
4. Morfološko-funkcionalna študija, analiza kompleksnosti in presaditev vrst, ki si ustvarijo habitat (*habitat forming species*)

Macrophytobenthos

Delovna skupina

Odgovorna osebe: univ. dipl. Annalisa FALACE
univ. dipl. Elisa ZANELLI

Uvod

Poselitve makrofitobentos na umetnih substratih je bila vedno drugotnega pomena v primerjavi s poselitvijo z gospodarskega stališča pomembnejših organizmov (Falace & Bressan, 2000; Miller & Falace, 2000), kljub temu da sta obe v tesni medsebojni povezavi. Biotska raznovrstnost nekega območja se ne razlikuje samo po ustreznosti okolja kot habitata, temveč lahko organizmi z medsebojnim učinkovanjem vplivajo na okoljske razmere in posledično na habitat drugih vrst (Ray *et al.*, 1997). Stratifikacija vegetacije vpliva na sestavo in razvoj populacije v spodnjih plasteh, tako da razraščanje *canopy-forming algae*¹ lahko na ekološki ravni povzroči vrsto soodvisnih abiotskih in biotskih učinkov.

Pri podrobnejšem opazovanju (10^{-2} , 10^{-3} m) je bilo opaziti, da razvoj *canopy-forming algae* prispeva k večji prostorski heterogenosti trdne podlage in tridimenzionalni kompleksnosti (Hicks, 1980; Dean & Connell, 1987; Gibbons, 1988; Jenkins *et al.*, 1999; Benedetti-Cecchi *et al.*, 2001; Chemello & Milazzo, 2002). Alge *canopy* spreminjajo kemijsko-fizikalne lastnosti, kot so svetloba (Reed & Foster, 1984; Kennelly, 1989; Figueiredo *et al.*, 2000; Melville & Connell, 2001), vlažnost (Menge, 1978; McCook & Chapman, 1991), hidrodinamičnost (Hawkins, 1983; Duggins *et al.*, 1990; Jenkins *et al.*, 1999) in stopnja sedimentacije (Hawkins,

1 "*habitat forming species*", "*keystone species*" *sensu* Paine, 1969 ali "*ecological engineering species*" *sensu* Jones *et al.*, 1994, makroalge, ki zaznamujejo zgornjo plast rastlinske združbe (Dayton, 1975).

1983; Jenkins *et al.*, 1999; Bulleri *et al.*, 2002; Airoidi, 2003; Piani *et al.*, 2004). Tako razvijajoče se makro alge oblikujejo dodaten habitat, v katerem se spremenita kompleksnost in umrljivost epibiontov kakor tudi številčnost plenilcev in njihova učinkovitost, saj živalim in algam zagotavlja zaščito in varno zavetje (Hicks, 1980; Edgar, 1983; Dean & Connell, 1987; Menge & Sutherland, 1987; Gibbons, 1988; Beleggratis & Bitis, 1989; Jones *et al.*, 1994; Russo, 1997; Aarnio & Mattila, 2000; Hernández-Carmona *et al.*, 2000; Bulleri *et al.*, 2002; Chemello & Milazzo, 2002; Piraino *et al.*, 2002).

V Sredozemskem morju se vrsta *Cystoseira* (Fucales, Phaeophyta), za katero so značilne velike dendritične steljke, razprostira od bibavičnega pasu do infralitorala. Morfološka in strukturna kompleksnost teh vrst alg, ki je posledica posebne strukture prilista in vejic, omogoča lažjo stratifikacijo epifitov (Rull & Gomez Garreta, 1989; Otero-Schmitt & Pérez-Cirera, 1996; Beleggratis *et al.*, 1999) in sprejemanje bentonske favne (Russo, 1997).

Pomen alg v procesih razvoja/zorenja na umetnih grebenih je spodbudil k iskanju tehnično-inženirskih rešitev, ki bi omogočile optimalno poselitev z algami (Falace & Bressan, 1997; 2000a; 2002; Miller & Falace, 2000) s pomočjo inokulacije spor ali presaditve posameznih razvitih organizmov (Carter *et al.*, 1985a; Yoshida *et al.*, 2004; Heise & Bortone, 1999; Dean & Jung, 2001; Hernández-Carmona *et al.*, 2000). Takšne metode so se v veliki meri izvajale na umetnih grebenih v Ameriki in na Japonskem, in sicer s pomočjo umetno razmnoženih spor ali pa s presaditvijo bračiča in uporabo umetno gojenih alg (McPeak, 1977; Dayton *et al.*, 1984; Carter *et al.*, 1985b; Rice *et al.*, 1989; Dean & Deysher, 1994; Patton *et al.*, 1994; Vasquez & McPeak, 1994; Hernández-Carmona *et al.*, 2000; Deysher *et al.*, 2002; Godoy & Coutinho, 2002; Holbrook *et al.*, 2002; Terawaki *et al.* 2003). Nasprotno je bilo v Sredozemskem morju opravljenih zelo malo poizkusov na področju presaditve makro alg s tovrstnimi metodami (Gros & Knoepffler-Peguy, 1978; Susini *et al.*, 2004); slednje so se večinoma izvajale za namene marikulture (Falace & Bressan, 1997).

Cilji

Študija, ki je bila opravljena na vrstah *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh in *Cystoseira compressa* (Esper) Gerloff & Nizamuddin, izbranih zaradi njihove izredne sposobnosti prilagajanja okolju in ustreznosti za poselitev in obnovo poškodovanega okolja, se deli na naslednje faze:

fenološka analiza, v kateri sta se z uporabo morfoloških meritev in opisom razmnoževalne fenologije določili spremenljivost določevalnih znakov ter sezonska periodičnost rasti in razmnoževanja vrst *C. barbata* in *C. compressa*;

morfogeneza vrste *C. barbata*, izvedena s tehnikami gojenja v laboratoriju, da bi se ugotovilo najugodnejše obdobje za presaditev embriov v morje;

presaditev razvitih steljk vrst *C. barbata* in *C. compressa* s pomočjo inovativnih tehnik, da bi se povečala poselitev vegetacije, ki bi omogočila oblikovanje umetno spodbujenega naravnega ekosistema. Takšni postopki, ki so ustrezno razviti in uporabljeni na umetnih grebenih, spodbudijo primarno produkcijo, posledično pa tudi sekundarno.

študija prostorske in strukturne kompleksnosti vrst, ki oblikujejo habitat (*habitat-forming species*), cilj katere je bilo opredeliti zgradbo tovrstnih alg (*habitat former*) in umetno vgojiti alge za uporabo pri obnovi okolja in umetnih struktur

Metodološki oris

Fenologija

Pri opisu morfološke in razmnoževalne fenologije vrst *C. compressa* in *C. barbata* so se uporabile naslednje morfološke meritve:

C. compressa:

- višina steljke od pritrjevalne ploščice do vrha vejice;
- dolžina 10. naključno izbranih glavnih poganjkov, njihov srednji premer in premer na razdalji 1cm od razvejenosti kavloida;
- dolžina 5. naključno izbranih stranskih poganjkov in njihov srednji premer.

C. barbata:

- višina steljke od pritrjevalne ploščice do vrha vejice;
- dolžina 10. naključno izbranih glavnih poganjkov in njihov srednji premer;
- dolžina 5. naključno izbranih stranskih poganjkov;
- dolžina 5. naključno izbranih nadomestnih poganjkov.

Raziskava razmnoževalne fenologije obeh vrst je potekala tako, da se je določila prisotnost-odsotnost konceptaklov in opisala stopnja zrelosti.

Gojenje celic v laboratoriju

Na podlagi podatkov, pridobljenih v študiji o razmnoževalni fenologiji vrste *C. barbata*, ki je bila opravljena maja 2004, se je nacepil vzorec glavnih poganjkov desetih plodnih steljk, odbranih iz populacije v Izoli (SLO) in Miljah (IT) in v posodi Dewar skupaj z morskovo vodo prenesenih v laboratorij. Za pridobitev enovrstnega gojišča so se dozorele plodnice ločile od glavnega poganjka in temeljito očistile epifitov z večkratnim izpiranjem v sterilni morski vodi. Plodnice so se nato vstavile v sterilne petrijevke; ker se stekelca neposredno dotikajo dna posodice, se je nanj položilo 5 steklenih stojalc, ki so slonela na steklenih palicah,

da bi se tako preprečil nastanek anoksičnih in stagnantnih razmer (Sl. 4.2a – 4.2b). Petrijevke so se nato položile v termostatisirane komore s 16-17°C in fotoperiodo L:D 12:12 (Sl. 4.3). Osvetljavo so omogočale fluorescenčne cevi z belo svetlobo (Fluorescent Tubes Osram L36W/840 Cool White), ki se razprši 120 μ mol fot m⁻² s⁻¹ (Flux Radiometer Delta Ohm HD9021). Vsake tri dni obnovljeno gojišče je vsebovalo Von Stoschovo tekočino (1963), razredčeno s 50-odstotki prefiltrirane morske vode, ki se je sterilizirala 20 minut v avtoklavi (121°C, 1atm). Dodal se je GeO₂ (2mg l⁻¹), ki preprečuje kontaminacijo z diatomejo (Lewin, 1966). Gojišča ni bilo potrebno v celoti zamenjati, temveč se je vzdrževalo tako, da so se petrijevke vsakič znova napolnile z vodo do roba, kar je preprečilo morebitne reakcije, ki bi jih lahko povzročila prevelika nihanja v kemijski sestavi vodi. Morfogeneza se je dokumentirala s pomočjo optičnega mikroskopa Nikon Labofot, na katerega je bil nameščen fotografski aparat Nikon FX-35. V prvih fazah razvoja in segmentacije zigot so se vzorci opazovali vsak dan, v nadaljevanju pa dvakrat tedensko.

Presaditev

V poizkusu, opravljenem v Izoli (Slovenija – severni del Jadranskega morja) (zemljepisna širina: 45°32'41.3" N; zemljepisna dolžina: 13°40'39.2" E), so se uporabile razvite steljke vrst *C. barbata* in *C. compressa*. V prvem delu so se preizkusile različne metode presaditve, da bi se ugotovilo, katera najbolj ustreza morfologiji proučevanih vrst. Steljke, odbrane iz naravne populacije, so se oštevilčile in z atoksičnimi lepili pritrdile na umetne vzorce, sestavljene iz 4. preluknjanih zidakov, ki so bili položeni v plastične zabožčke. Uspešnost presaditve se je določila glede na stopnjo preživetja steljk. Na podlagi pridobljenih rezultatov so se izbrale naslednje tehnike presaditve:

- 1) tehnika s polymat-box units, pri kateri se je 2/5 kavloidov vrste *C. barbata* pritrdilo in pripojilo s pomočjo poliuritanske pene v luknje na zidkih
- 2) tehnika hooking mat-box unit, pri kateri so se pritrdilne ploščice vrste *C. compressa* pritrdile na kovinske trnke, nasajene na plutovinastih podstavkih.

Marca 2002 je bilo v Izoli presajenih 288 steljk, ki so se namestile na 24 naključno postavljenih presaditvenih mest znotraj naravne populacije na globini med 2-4m. Pred presaditvijo se je izmerila dolžina steljke od pritrdilne ploščice do vrha. Od aprila 2002 do marca 2003 sta se spremljali rast in stopnja preživetja sporofitov, tako da so se odbrale 3 steljke posamezne vrste iz naravnega in umetnega substrata. Zaradi birokratskih ovir v avgustu in decembru ni bilo mogoče opraviti vzorčenja. Odbrani vzorci so bili fiksirani v morsko vodo in 4% formalina za nadaljnje morfološko-strukturne analize v laboratoriju.

Analiza kompleksnosti

Geometrija biogenskega substrata se je izmerila s pomočjo strukturnih (predel, obseg) in prostorskih (*intercepting area*, volumen, intersticijski predel) parametrov, značilnih za zgradbo steljke. Prestrezni predel (*intercepting area*) se je ocenil z izvorno metodo, pri kateri se uporablja prizma s kvadratno podlago, na kateri je nameščena naprava, ki omogoča obračanje steljke za 45° glede na podolžno os (Sl. 4.5). Tako so se steljke analizirale v 3. dimenzijah s štirih nezrcalnih zornih kotov. Na obe strani prizme je bila položena mreža (člen = 1cm), pokritost steljke v posamezni komori pa se je ocenila vizualno. Nato so se izračunali podatki 4. odčitkov posameznega vzorca, pridobljene matrice pa obdelale s pomočjo programske opreme Surfer. Na ta način sta bila tridimenzionalna kompleksnost vzorca in prestrezni predel prikazana v ploskovni sliki, ki se je obdelala tako, da so se predeli z "enako možnostjo prisotnosti" združili v 5 razredov po gostoti: 1 (< 20%); 2 (21 - 40%); 3 (41- 60%); 4 (61 - 80%); 5 (> 81%). Odstotek vsakega razreda na posamezni sliki se je izračunal s programom Adobe Photoshop 6.0, medtem ko sta se površina in obseg steljk izmerili na podlagi digitalnih slik, potem ko je bil posamezen vzorec poskeniran. Za vsako vrsto se je uporabil drugačen postopek. *C. compressa* je bila neposredno položena na steklo skenerja (Sl. 4.6), medtem ko je bila *C. barbata*, ki je gosto poraščena z epifiti, analizirana v prizmi: za vsak vzorec sta bili poskenirani dve sliki, pri čemer se je steljka znotraj prizme obrnila za 90°. Da bi se preprečila interferenca, ki nastane zaradi vodnega stolpca, nameščenega med senzorjem skenerja in predmetom, so se posnetki pridobili s 600dpi na lestvici sivih barv in kasneje obdelali s programom Adobe Photoshop 6.0. Volumetrična analiza, pri kateri je bila alga položena v merilni cilindar, napolnjen s filtrirano morskovo vodo, se predlaga kot posredna in neuničevalna metoda za merjenje primarne produkcije. Pri vrsti *C. barbata* sta se najprej analizirala basifitni in epifitni sistem, kasneje pa še posamezni deli.

Na podlagi pridobljenih podatkov in digitalnih slik so se izračunali biostrukturni indeksi, potrebni za analizo mikrotopografije steljke.

Fragmentation Index (CP/A), ki ga predlaga Austin (1984) za analizo likov nepravilnih geometičnih oblik, temelji na popravku razmerja obseg/predel ($CP/A = 0.282 \text{ obseg} / \sqrt{\text{predel}}$). Ta indeks se je uporabil pri obeh vrstah.

Za vrsto *C. barbata* se predlagajo še naslednji indeksi:

- *Interstitial Area Index* (cm²) za merjenje količine prostih mest znotraj poganjkov (IA= skupni predel/vsota intersticijskih predelov).

- *Surface Complexity Index* za merjenje stopnje nagubanosti ali nepravilnosti površine steljke (SC= obseg/obseg tangenta pravokotnika).

Rezultati

V nadaljevanju so povzeti glavni rezultati, pridobljeni v različnih fazah študije:

C. compressa

C. compressa je grmičasta makroalga, ki je z majhno bazalno ploščico pritrjena na substrat. Od novembra do januarja imajo analizirani vzorci obliko rozete, poganjki I. reda so sploščeni, II. reda pa kratki, izmenično razrasli in dihotomni. Januarja so poganjki na konicah gosteje razcepljeni kot na dnu. Od februarja do marca steljke preidejo v prehodno razvojno fazo, v kateri se pojavita dve tipologiji poganjkov I. reda: -kratki in sploščeni, kakor pozimi; -dolgi in ozki na 3/4 zgornjega dela osi. Na konici vejice so poganjki II. reda tanki, razvejeni in razprostrti na več ravneh, medtem ko so na spodnjem delu izmenično razraščeni in dihotomni. Aprilski in majski vzorci so pokončni in gosto razvejeni, še posebej na zgornjem predelu; poganjki II. reda postanejo daljši, tanjši in razvejeni. Od julija naprej se struktura poganjkov postopoma izgublja: poganjki I. reda nekaterih primerkov so na dnu goli, medtem ko so poganjki II. reda manj razvejeni. Konec poletnega obdobja, ko stari poganjki I. reda odpadejo in poženejo novi, steljka dobi ponovno obliko rozete, kakršno ima pozimi.

Povprečne mesečne dolžine analiziranih steljk nihajo od najmanj 54mm v mesecu novembru do največ 448,3mm v mesecu maju. Poganjki I. reda (Tab. 4.1 – Sl. 4.7) so bolj razviti v obdobju od aprila do julija (povprečna dolžina: 209,0mm), maja so najdaljši (324,3mm), oktobra pa najkrajši (24,9mm). Zabeležene morfološke variacije so opazne tudi v spremembah premera poganjkov I. reda (Tab. 4.1 – Sl. 4.8). Pozimi, kadar je fotoperioda manjša, se steljka mehanomorfno prilagodi, kar pomeni, da so poganjki krajši, širši in sploščeni v dorzoventralni smeri. Premeri poganjkov I. reda, oddaljenih 1cm od razvejenosti kavloida, se gibljejo od najmanj 1.9mm v juliju in septembru do največ 2.7mm v novembru in marcu (Tab. 4.1 – Sl. 4.8). Podobno velja za premer, izmerjen na sredini dolžine poganjkov I. reda: slednje imajo najmanjši premer (1,5mm) od aprila do julija, kadar so poganjki valjasti, medtem ko je največji premer (2,7mm) značilen za meseca oktober in november, kadar se steljka prilagodi zimskim razmeram. Pri poganjkih II. reda je razmerje dolžina/premer enako kot pri poganjkih I. reda. (Sl. 4.9).

Steljke preučene populacije vrste *C. compressa* so plodne v obdobju od maja do julija (Tab. 4.1, Raz. 4.1).

Vrednosti prostorske gostote prestreznega predela (Sl. 4.7) pri naravni populaciji presegajo 61% vse leto (razreda 4 in 5), razen novembra in januarja, kadar ima steljka obliko rozete. V tej fazi so omenjene vrednosti pod 40% in so omejene na spodnji del grmičastega kavloida, kjer se poganjki I. reda najbolj prekrivajo (Sl. 4.1). Na začetku

pomladi se zaradi daljšega razvoja na sredinsko-bazalnem predelu steljke poganjkov I. in II. reda beležijo vrednosti nad 60% (razred 4). Aprila in maja, kadar so listi zelo kompleksno zgrajeni in jih zaznamuje bujna vegetativna rast, prestrezni predel presega 80% (razred 5).

Povprečni mesečni predeli vrste *C. compressa* so navedeni v Tab. 4.1.

Glede ocenitve učinkovitosti presaditvene tehnike so se primerjali podatki o predelih steljk naravne in umetne populacije. Vsi v Izoli odbrani in presajeni osebki so kmalu postali manjši v primerjavi z nadzorovanimi primerki (april Δ predel= 366.5 cm²; maj Δ predel= 770.6 cm²). Iz statistične analize je razvidno, da je razlika med presajenimi steljkami in tistimi v naravnem okolju zelo velika (ANOVA: F1, 20 = 24.98; p = < 0.001). Stopnja preživetja presajenih steljk vrste *C. compressa* na vzorcih je 25-odstotna.

Povprečni mesečni volumni vrste *C. compressa* so razvidni iz Tab. 4.1 in SI.4.11 Največja volumna obeh populacij sta bila zabeležena aprila (naravna: 41,6 cm³; umetna: 11,6 cm³) in maja (naravna: 62,3 cm³; umetna: 12,4cm³); najmanjši volumni pa januarja pri steljkah naravne populacije (0,9 cm³) in februarja-marca pri steljkah umetne populacije (4,3 cm³). Iz teh vrednosti volumna, s katerim se posredno oceni biomasa, je razvidno, da je primarna produkcija večja pri steljkah naravne populacije kakor pri tistih umetne populacije.

C. barbata

Steljka vrste *C. barbata* ima valjast, enoosen kavloid, ki je prisoten vse leto in bolj ali manj razvejen, z gladko in izrazito konico, plavalni mehurji (areociste) so manjšega volumna, plodnice pa imajo koničaste dele (Raz. 4.2). Kavloid se razcepi na dva tipa poganjkov: na poganjke I. reda ali glavne poganjke in nadomestne, ki so običajno krajši. Spomladi so poganjki I. in II. reda analiziranih vzorcev najbolj razviti in gosto razvejeni. Plodnice vzdolž poganjkov II. reda so preproste ali valjaste oblike, običajno pecljate in lahko prerastejo eden ali dva plavalna mehurja. Kavloid ima na dnu številne nadomestne poganjke. Od julija naprej je vrh konice manj izrazit, poganjki I. reda so krajši in imajo veliko kratkih in tankih poganjkov II. reda, plodnice pa so manjše kot spomladi. Na vrhnjih poganjkih II. reda so plavalni mehurji ločeni. Konec poletja so poganjki I. reda analiziranih steljk krajši, II. reda pa redki, nitkasti in neplodni; starejši poganjki so temnejši s plodnicami, ki imajo tenek koničasti del. Septembra in oktobra razraslost vej postopoma izgublja strukturo, vzdolž razrasti pa se povečajo z dlačicami poraščene vdolbinice. Poganjki I. reda postopoma izgubljajo plodnost, plodnice postanejo krajše, suličaste ali valjaste, medtem ko starejši poganjki odpadejo, tako da na primarni osi ostane štrcelj, iz katerega poženejo nadomestni poganjki. Na začetku zime so poganjki I.

reda bolj razviti, plavalni mehurji pa izolirani ali verižno razporejeni, veliko je valjastih in pecljatih plodnic. Starejši poganjki I. reda so slabo razvejeni, z manjšimi suličastimi plodnicami. Na dnu kavloida je malo nadomestnih poganjkov ali jih sploh ni.

Morfološke in razmnoževalne lastnosti, opisane za posamezne vzorce Tržaškega zaliva, se delno ujemajo s tistimi, ki jih je opisal Marzocchi *et al.*, (2003) za Beneško laguno; primerki iz Tržaškega zaliva so najverjetneje krajši zato, ker je analizirana vrsta občutljiva na lokalne hidrodinamične razmere.

Povprečna mesečna višina steljke, ki se pri tej vrsti odraža predvsem v dolžini kavloida, niha od najmanj 13,2cm (septembra) do največ 40,5cm (aprila), njena povprečna letna višina pa je 23,1cm (Tab. 4.2 - Raz. 4.2). Povprečna dolžina poganjkov I. reda je največja aprila (13,3cm), medtem ko se od maja do julija poganjek skrajša, tako da je oktobra najkrajši (1,7cm). Sezonska periodičnost, opisana za poganjke I. reda, velja tudi za tiste II. reda in za nadomestne poganjke. V obdobju marec-april, ko je vegetacija najbolj bujna, so poganjki II. reda in nadomestni poganjki najdaljši (poganjki II. reda: 5,5cm, nadomestni poganjki: 6,4cm). Julija, nekoliko preden se vegetacija umiri (september-november), je opaziti postopno krajšanje dolžine, ki doseže najmanjše vrednosti septembra-oktobra (poganjki II. reda: 0,5cm, nadomestni poganjki: 1,1cm) (Sl. 4.13).

Ko se vegetacija srednje-bazalnega predela steljke, kjer se nahaja celoletni kavloid, umiri, prostorska gostota na prestreznem predelu doseže vrednost od 20÷60% (razreda 2 in 3). Na začetku pomladi (Sl. 4.14), ko se na kavloidu razrastejo nadomestni poganjki, vrednosti gostote presegajo 80% (razreda 4 in 5). Maja in aprila so vejice steljk naravne in umetne populacije najbolj kompleksno razraščene. Predeli z največjo prostorsko gostoto (60-100%), na katerih obstaja največja verjetnost, da so prisotni poganjki, se nahajajo v središčnem predelu razrasta vejic; medtem ko nižji razredi zasedajo širšo zunanjo površino, ki je manj razvejena. Slika 4.15 prikazuje tridimenzionalno zgradbo vseh analiziranih primerkov. Pri obeh populacijah se razred 5 (gostota>80%) opazuje marca in aprila, pri presajenih primerkih pa maja.

V Tab. 4.2 in na Sl. 4.14 so povzeti predeli vrste *C. barbata*. Največje povprečne vrednosti steljk so se izmerile aprila (umetne: 391,3cm²; naravne: 443,4cm²), maja (umetne: 436,8cm²) in marca (naravne: 553,3cm²); najmanjše povprečne vrednosti pa septembra (umetne: 45,6cm²; naravne: 43,5cm²).

Indeksa CP/A vrste *C. barbata* sta prikazana v Tab. 4.2 in na Sl. 4.15: največje vrednosti se nanašajo na vzorce, ki predstavljajo neenakomerno razporejene vejice, medtem ko so najmanjše značilne za steljke z gosto razvejenimi in kompaktnimi vejicami.

Ker sta indeksa IA in SC odvisna samo od morfološke variabilnosti analiziranih osebkov, so kot ponazoritev prikazani samo nekateri primeri:

- Interstitial Area Index (IA): da bi bilo mogoče videti stopnjo variacije tega indeksa, sta se izbrala in primerjala dva primera, ki sta tipična za razvojni proces vejic (Sl. 4.16). Steljka na sliki 4.16a, ki ima razvite vejice in polno intersticijskih mest, ima indeks IA = 11; medtem ko steljka na sliki 4.16b, ki je brez vejic in posledično tudi brez intersticijskih mest, ima indeks IA = 113.

-Surface Complexity Index (Sl. 4.17). Steljke brez vejic in z razvejenim celoletnim kavloidom imajo septembra (Sl. 47b) indeks SC= 0,13, aprila (Sl. 4.17a), ko so vejice dendritne in močno razvejene, pa SC= 0.50.

Povprečni mesečni volumen vrste *C. barbata* in epifitov je prikazan v Tab. 4.2. V presajeni populaciji ima basifit večje vrednosti (Tab.1a – Sl.13) aprila ($34,1\text{cm}^3$) in maja ($39,9\text{cm}^3$), pri naravni populaciji pa aprila ($38,3\text{cm}^3$) in marca ($62,7\text{cm}^3$). Pri epifitih so se največje vrednosti (Tab.1) izmerile pri obeh populacijah spomladi, pri čemer so največje vrednosti pri naravnih steljkah marca ($79,6\text{cm}^3$). Kvantitativni prispevek epifitov znotraj basifitnega-epifitnega sistema variira med 40 in 70 %: februarja na primer je povprečen volumen epifitov ($32,4\text{cm}^3$), odbranih s steljk naravne populacije, več kot dvakrat večji v primerjavi z volumnom basifitov ($14,3\text{cm}^3$).

Upoštevajoč povprečni letni predel obeh vrst (*C. barbata*: 194cm^2 ; *C. compressa*: $162,6\text{cm}^2$) *kot potencialno površino na voljo za poselitev, se ocenjuje, da če se opremi umetni vzorec šestih steljk, se bo poselitveni predel povečal na 1164cm^2 pri vzorcu vrste* *C. barbata* *ali na $975,7\text{cm}^2$ pri vzorcu vrste* *C. compressa*.

Iz povprečnega volumna epifitov, prisotnih na vrsti *C. barbata* ($23,28\text{cm}^3$), *je razvidno, da se volumen za vsako presajeno enoto poveča za $139,68\text{cm}^3$ ($398,38\text{cm}^3$, ko je vegetativna rast steljke največja).*

Stopnja preživetja steljk vrste *C. barbata*, presajenih s tehniko polymat-box, je pribl. 80-odstotna. Pri sporofitih obeh populacij je opaziti sezonsko rast. Med predeli steljk, ki pripadajo tema populacijama, ni bistvenih razlik (ANOVA: F1, 36 = 0.78, p = 0.38).

Pri umetno gojenih sporah vrste *C. barbata* so se oosfere oplodile v približno 24 urah, na substrat pa so se pritrdile v 5-6 urah. Embrion se je dokončno oblikoval v 5 dneh, po enem mesecu pa so mlade steljke prevzele pokončno držo. Po dveh mesecih so dosegle velikost 200–250 μm . Steljke, ki so četrti mesec že povsem razvite in visoke 10–25mm, imajo povsem tipično zgradbo odrasle steljke in so primerne za presaditev. Kljub temu se z izbrano podporo ni zagotovila ustrezna podlaga za pritrditev na stranske rizoide odraslih steljk, ki so kljub njihovi pravilni rasti lebdele v rastišču.

Zaključek

V Tržaškem zalivu predstavljata *C. barbata* in *C. compressa* vidno morfološko plastičnost, ki nastane zaradi sezonske rasti vejic, katerih velikost in podoba sta odvisna od glavnih okoljskih parametrov, še posebej pa od hidrodinamičnih, svetlobnih in temperaturnih razmer.

Analizirane prostorske in strukturne značilnosti so omogočile kvantifikacijo kompleksnosti vrst *C. barbata* in *C. compressa*. Na podlagi prikaza treh velikosti zgradbe steljke so se pridobile mere, potrebne za temeljitejše razumevanje razvojnega vzorca vejic kakor tudi vloge vrst *canopy species* pri raznovrstnosti habitata.

Predlagani protokol in analizirani kvantitativni deskriptorji so omogočili razvrščanje teh makroalg na podlagi stopnje naraščanja kompleksnosti.

Kar zadeva optimizacijo poselitve umetnih substratov s pomočjo presaditve, je opravljena študija pokazala, da je tehnika *polymat-box* primernejša za presaditev vrste *C. barbata* kot tehnika *hooking-mat-box*, ki se je uporabila za vrsto *C. compressa*. Pridobljeni rezultati so povezani z različnimi morfološkimi lastnostmi kavloidov obeh vrst: monopodialnega vrste *C. barbata* in razvejenega simpodialnega vrste *C. compressa*, ki zmanjšuje odpornost na mehansko delovanje. Steljke vrste *C. compressa* so po presaditvi izgubile več poganjkov I. reda in se razprostrle.

Sezona, v kateri je bila opravljena presaditev, je temeljnega pomena, saj vpliva na naselitveno sposobnost vrst na umetne substrate z novimi osebki: v Tržaškem zalivu je pomlad najustreznejše obdobje za presaditev preučevanih vrst, ker so steljke tedaj plodne. Izkazalo se je, da so mlade steljke vrste *C. barbata* že po nekaj mesecih ponovno naselile presaditvene enote.

Presaditev vrst *canopy species* je z vidika obnove rastlinskih populacij lahko zelo uporabna: presaditvene enote, ki jih sestavljajo odrasle steljke v fazi razmnoževanja, lahko zmanjšajo čas rasti mladih substratov in omogočajo lažje oblikovanje okoljskega sestava, v katerem se med organizmi ekosistema vzpostavijo uravnovešeni trofični odnosi. Presaditev vzgojenih embriov vrste *Cystoseira* velja za ustrezno alternativo tradicionalnim uničevalnim metodam presaditve, pri katerih se odrasle posamezne organizme ali del teh odvzame iz naravnega okolja.