

Uloga morske cvjetnice *Posidonia oceanica* u ublažavanju klimatskih promjena - potencijal zaštićenih morskih područja u hrvatskom dijelu Jadrana

Raić, Nika

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:162:331721>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-05**



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu

Sveučilišni diplomski studij

Održivo upravljanje vodenim ekosustavima



Nika Raić

Uloga morske cvjetnice *Posidonia oceanica* u ublažavanju klimatskih promjena – potencijal zaštićenih morskih područja u hrvatskom dijelu Jadrana

Diplomski rad

Zadar, 2024.

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu

Sveučilišni diplomski studij

Održivo upravljanje vodenim ekosustavima

**Uloga morske cvjetnice *Posidonia oceanica* u ublažavanju klimatskih promjena –
potencijal zaštićenih morskih područja u hrvatskom dijelu Jadrana**

Diplomski rad

Student/ica:

Nika Raić

Mentor/ica:

doc.dr.sc. Melita Mokus

Komentor/ica:

doc.dr.sc.Ivana Zubak-Čižmek

Zadar, 2024.



Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Nika Raić**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom **Uloga morske cvjetnice *Posidonia oceanica* u ublažavanju klimatskih promjena – potencijal zaštićenih morskih područja u hrvatskom dijelu Jadrana** rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

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

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

Zadar, 30. listopada 2024.

SAŽETAK

Uloga morske cvjetnice *Posidonia oceanica* u ublažavanju klimatskih promjena – potencijal zaštićenih morskih područja u hrvatskom dijelu Jadrana

Plavi ugljik je organski ugljik pohranjen u oceanskim i obalnim ekosustavima, a posebno u obalnim ekosustavima kao što su šume mangrova, slane močvare i livadama morskih cvjetnica. Predstavlja sav zarobljeni ugljik u sedimentu i biomasi. Plavi ugljik, pohranjen u tlima tj. sedimentu priobalnih ekosustava, može biti pohranjen vrlo dugo vremensko razdoblje (stoljećima i tisućljećima) što rezultira velikim zalihama ugljika. Morska cvjetnica *Posidonia oceanica* pohranjuje najveće količine organskog ugljika te time doprinosi ublažavanju klimatskih promjena. S obzirom na rasprostranjenost ove vrste u Jadranskom moru i brojnost zaštićenih morskih područja postoji veliki potencijal za pohranu organskog ugljika u sedimentu ove vrste.

Ovaj rad dao je uvid u ulogu i značaj *P. oceanica* za pohranu ugljika te ublažavanja klimatskih promjena, pregled najčešćih prijetnji naseljima *P. oceanica*, pregled njene rasprostranjenosti u nacionalnim parkovima i parkovima prirode u Hrvatskoj, procjenu zaliha ugljika u tim područjima te se osvrnuo na važnost očuvanja zaštićenih morskih područja u svrhu očuvanja morske cvjetnice i ublažavanja klimatskih promjena.

Ključne riječi: zaštićena morska područja, plavi ugljik, morske cvjetnice, klimatske promjene, *Posidonia oceanica*

ABSTRACT

The role of seagrass *P. oceanica* in climate change mitigation- the potential of marine protected areas in Croatian Adriatic

Blue carbon is organic carbon stored in oceanic and coastal ecosystems, especially coastal ones, such as mangroves, salt marshes and seagrass meadows. It represents all of the trapped carbon in sediment and biomass. Blue carbon, stored in soil, viz the coastal ecosystem's sediment can be stored for a very long period (centuries or milleniums), which results in vast supplies of carbon. Seagrass *P. oceanica* is the biggest storage of organic carbon, which contributes to climate change mitigation. Considering the prevalence of mentioned species in the Adriatic Sea and the abundance of marine protected areas there's a large potential for storing organic carbon in its sediment.

This paper provided an insight into the role and significance of *P. oceanica* for carbon storage and mitigating climate change, an overview of the most common threats to *P.oceanica* habitats, an overview of its distribution in national parks and nature parks in Croatia, an assessment of carbon stocks in these areas, and referred to the importance of preserving marine protected areas for the purpose of preserving seagrasses and mitigating climate change.

Keywords: marine protected areas, blue carbon, seagrasses, climate change, *Posidonia oceanica*

SADRŽAJ

1.	1
2. CILJEVI I SVRHA RADA.....	4
3. RAZRADA TEME	5
3.1. Morska cvjetnica <i>Posidonia oceanica</i>	5
3.2. Pohrana ugljika u morske cvjetnice - “ponor ugljika”.....	8
3.3. Prijetnje i upravljanje livadama morskih cvjetnica	11
3.3.1. Pregled najčešćih prijetnji livadama morskih cvjetnica	11
3.3.2. Upravljanje naseljima morskih cvjetnica	13
3.4. Rasprostranjenost i ugroženost morske cvjetnice <i>Posidonia oceanica</i> u Hrvatskoj	14
3.5 <i>Posidonia oceanica</i> u zaštićenim morskim područjima u RH	17
3.5.1. Nacionalni park Brijuni.....	17
3.5.2. Park prirode Telašćica.....	19
3.5.3. Nacionalni park Kornati.....	21
3.5.4. Nacionalni park Mljet.....	22
3.5.5. Park prirode Lastovsko otočje	23
3.6. Usporedba pokrivenosti i procjena zaliha ugljika u zaštićenim morskim područjima.....	25
4. ZAKLJUČAK.....	27
5. LITERATURA	29

1. UVOD

Gospodarske aktivnosti i gospodarski razvoj dovodi do povećanja koncentracije CO₂ i drugih stakleničkih plinova u atmosferi što doprinosi klimatskim promjenama. Paralelno s porastom emisija stakleničkih plinova uništavaju se i prirodna staništa i ekosustavi što smanjuje njihovu mogućnost upijanja CO₂. Klimatske promjene uzrokuju promjene u vremenskim obrascima, proizvodnji hrane, bioraznolikosti te posljedično djeluju i na čovjeka i društvo te je za njihovo ublažavanje ključno održati i unaprijediti mogućnost šuma i mora da upijaju i uklanjaju CO₂ (Nellemann i sur., 2009).

Obalni ekosustavi su važni zbog održavanja ljudske dobrobiti i svjetske bioraznolikosti (pogotovo šume mangrova, slane močvare i livade morskih cvjetnica). Oni osiguravaju brojne usluge ekosustava što omogućuje ljudima smanjenje utjecaja klimatskih promjena, ali i prilagodbu na iste (Fourqurean i sur., 2019). Neke od tih usluga ekosustava su zaštita od oluja i povišenja razine mora, sprečavanje erozije, regulacija kvalitete vode, recikliranje nutrijenata, staništa brojnim životinjskim zajednicama, osiguranje hrane, itd. (Kennedy, 1984; Howard i sur., 2019).

Karakteristike obalnih ekosustava da pohranjuju i skladište velike količine ugljika, znanog kao "plavi ugljik", iz atmosfere i oceana, omogućuje ovim sustavima sudjelovanje u smanjenju utjecaja klimatskih promjena. Iako su ekosustavi plavog ugljika jedni od najugroženijih ekosustava na svijetu svake godine se uništava između 340 000 do 980 000 ha obalnih ekosustava (Murray i sur., 2011; Howard i sur., 2019).

Plavi ugljik je ugljik pohranjen u mangrovama, slanim močvarama i livadama morskih cvjetnica (McLeod i sur., 2011; Howard i sur., 2019). Može biti dio tla, dio žive biomase cvjetnice iznad tla (lišće, grane, stabljike) ili dio biomase ispod tla (korijenje) te dio nežive biomase, primjerice uvelo lišće i drvo (McLeod i sur., 2011; Howard i sur., 2019). Plavi ugljik u živoj biomasi ostaje kratko vremensko razdoblje; godine do desetljeća, dok ugljik iz obalnih tla ostaje zarobljen duže razdoblje; stoljećima ili tisućljećima (Duarte i sur., 2005; Lo Iacono i sur., 2008; Howard i sur., 2019).

Razlika u akumulaciji ugljika između kopnenih ekosustava i obalnih ekosustava je ta da je potencijalno spremište ugljika u kopnenim ekosustavima gorskih predjela ograničeno visokom količinom kisika omogućujući aerobnu mikrobnu oksidaciju ugljika koja ga vraća natrag u

atmosferu (Schelsinger i Lichter, 2001, Howard i sur., 2019). U morskim ekosustavima sediment bogat ugljikom je saturiran vodom, čime se održava njegovo anaerobno stanje (stanje bez prisustva kisika) te se konstantno vrši vertikalno nagomilavanje ugljika tokom vremena (Chmura i sur. 2003, Howard i sur., 2019).

Jedan od najvećih primjera skladišta ugljika u obalnim sedimentima su livade morske cvjetnice *Posidonia oceanica* u zaljevu Portlligat u Španjolskoj te šume mangrova u Belizeu. U mangrovama Belizea se nakupilo više od deset metara debelog sloja ugljika koji je star preko 6000 godina (McKee i sur., 2007; Lo Iacono i sur., 2008; Serrano i sur., 2014, Howard i sur., 2019).

Nadalje, plavi ugljik može se podijeliti na autohtoni ili alohtoni ugljik (Middelburg i sur., 1997; Kennedy i sur., 2010; Howard i sur., 2019). Autohtoni ugljik je tip ugljika koji se proizvodi i deponira na istoj lokaciji. Proces nastanka autohtonog ugljika počinje tako što biljke uklanjaju ugljikov dioksid (CO₂) iz atmosfere ili oceana putem primarne proizvodnje te ga koriste za izgradnju biljnih tkiva (stabljike, korijenje, rizomi). Na taj način povećava se biomasa biljke (Middelberg i sur., 1997; Kennedy i sur., 2010; Howard i sur., 2019).

S druge strane, alohtoni ugljik je tip ugljika proizveden na jednoj lokaciji, a zatim spremljen drugdje (Middelberg i sur., 1997; Kennedy i sur., 2010; Howard i sur., 2019). Ekosustavi plavog ugljika izloženi su različitim hidrodinamičkim uvjetima, što znači da su konstantno izloženi utjecajima valova, plime i oseke, obalnim strujama koje prenose sedimente i organski ugljik iz okolnih ekosustava (Middleberg i sur., 1997; Kennedy i sur., 2010; Howard i sur., 2019). Prema tome, biljke iz takvih ekosustava posjeduju kompleksne strukture korijenja, te imaju mogućnost zarobiti sediment dok se kreće kroz sustav. Time se povećava količina uskladištenog ugljika (Middleberg i sur., 1997; Kennedy i sur., 2010; Howard i sur., 2019).

Količina ugljika u ekosustavima varira, međutim kod livada morskih cvjetnica procjenjuje se da je 50% ugljika pohranjeno u tlu prema porijeklu alohtono (Kennedy i sur., 2010; Howard i sur., 2019). Za razliku od morskih cvjetnica, šume mangrova i slane močvare direktno proizvode ugljik; odnosno većina ugljika u tim ekosustavima je autohtono (Middleton i McKee, 2011; Howard i sur., 2019).

Upravljanje ekosustavima plavog ugljika i njihovo očuvanje važni su za smanjenje utjecaja klimatskih promjena. Plavi ugljik nudi nove mogućnosti za resursima i spajanje najboljih politika upravljanja s ciljem smanjenja klimatskih promjena. Jedna od tih novih mogućnosti je

izrada popisa koji kvantitativno mjeri količinu ugljika u tim ekosustavima. Ti popisi mogu biti na regionalnoj, nacionalnoj ili svjetskoj razini. Primjeri popisa su kvantificiranje ukupnih GHG (“greenhouse gases”) emisija (emisije stakleničkih plinova) koje su rezultat ljudskih aktivnosti na određenom području (Howard i sur., 2019).

Ekosustavi plavog ugljika važni su jer pružaju zaštitu od valova i erozije (King i Lester, 1995; Gedan i sur., 2011; Howard i sur., 2019). To su već priznate glavne uloge slanih močvara (McIvor i sur., 2012a; McIvor i sur., 2012b; Howard i sur., 2019). Ekosustavi slanih močvara također reguliraju kvalitetu vode, staništa su mnogim ribama i školjkašima, izvor su drva i ostalih produkata za konzumaciju lokalnih populacija ljudi, te pružaju dom raznolikim ugroženim vrstama (Howard i sur., 2019). Uz to su i izvor hranjivih tvari okolnim ekosustavima, sklonište ekonomski važnim vrstama, te su cijenjeni zbog svoje estetike od strane ekoturizma (Howard i sur., 2019).

2. CILJEVI I SVRHA RADA

Ciljevi ovog rada bili su:

- opisati ulogu i značaj morske cvjetnice *Posidonia oceanica* za pohranu ugljika u sedimentu i ublažavanje klimatskih promjena
- navesti najznačajnije antropogene prijetnje naseljima morske cvjetnice *P. oceanica*
- prikazati rasprostranjenost morske cvjetnice *P. oceanica* u nacionalnim parkovima i parkovima prirode u Hrvatskoj
- procijeniti zalihu ugljika u naseljima *P. oceanica* u navedenim zaštićenim područjima u Jadranskom moru.

Svrha rada je doprinijeti boljem poznavanju važnosti i uloge morske cvjetnice *P. oceanica* u Jadranskom moru te ukazati na njen značaj za sekvestraciju ugljika u kontekstu klimatskih promjena te potrebu njene zaštite.

3. RAZRADA TEME

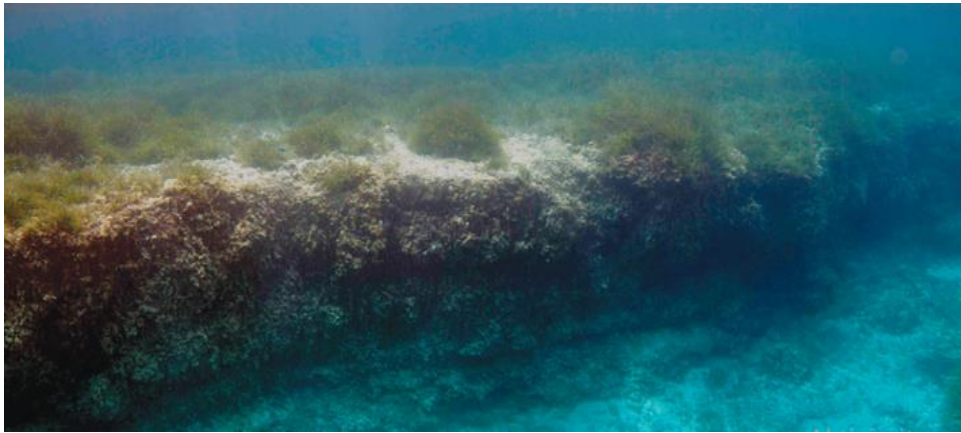
3.1. Morska cvjetnica *Posidonia oceanica*

Naselja morskih cvjetnica pokrivaju maleni dio morskog dna (manje od 0,2% površine svjetskih oceana), ali kapacitet “ponora” ugljika čini petinu od sveukupnog spremljenog ugljika u oceanu. Prema tome morske cvjetnice imaju važnu strukturnu i funkcionalnu ulogu u mnogim obalnim ekosustavima (Röhr i sur., 2016). A kao važna komponenta ekosustava, livade morskih cvjetnica pružaju brojna dobra i usluge rastućoj ljudskoj populaciji (Pergent i sur., 2014). Nadalje, jedan su od najproduktivnijih ekosustava na Zemlji. Iako prekrivaju manje od 0,2% morskog dna, kapacitet za spremanje ugljika procjenjuje se na otprilike 27.4 Tg¹ ugljika godišnje što je 10% od godišnje procjene pohranjenog organskog ugljika (C_{org}) u oceanu (Fourqurean i sur., 2012). Dna na kojem žive morske cvjetnice bogata su organskom tvari te se mogu sastojati od autohtonog i alohtonog organskog ugljika, a kako su tla anaerobna, ugljik može ostati zarobljen tisućljećima (Fourqurean i sur., 2012).

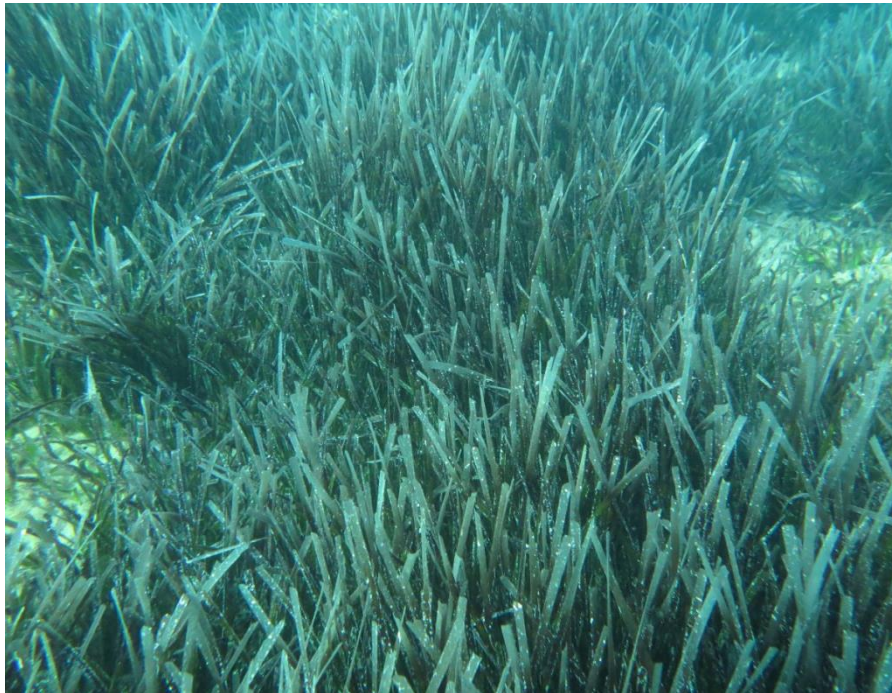
Morska cvjetnica *P. oceanica* (Slika 2) je endemska vrsta Sredozemnog mora koja stvara prostrane livade što se protežu od površine prema dubini do 40 metara najčišćih voda (Pergent i sur., 2014), a u Jadranskom moru do 36 m (Zubak Čižmek i sur., 2020). Nalazimo ih u cijelom Sredozemnom bazenu, osim na jugoistočnoj strani bazena (Slika 3). Ova cvjetnica igra važnu ulogu na ekološkoj i ekonomskoj razini; koristi kao alat za procjenu sveukupne kvalitete vode, ali i kao spremište “plavog ugljika” (Pergent i sur., 2014). Iako ima mnoge važne uloge, među najvažnijim ulogama uključuje stabilizaciju morskog dna, smanjenje utjecaja valova te pojačavanje taloženja sedimentnih čestica (Sanchez-Gonzales i sur., 2011; Boudouresque i sur., 2012; Infantes i sur., 2012; Pergent i sur., 2014).

Livade cvjetnice *Posidonia oceanica* imaju jedan od najvećih spremišta organskog ugljika dosad dokumentirano. Te nakupine organskog ugljika na površini listova cvjetnice stvaraju nakupine ili “matte” (Slika 1), što ne vidimo kod drugih vrsta morskih cvjetnica (Fourqurean i sur., 2012). “Matte” čini sloj lista, rizoma i korijena cvjetnice (mrtvi ili živi) nakupljenih u debele naslage na površini morske cvjetnice ugrađenih u sediment (Monnier i sur., 2022).

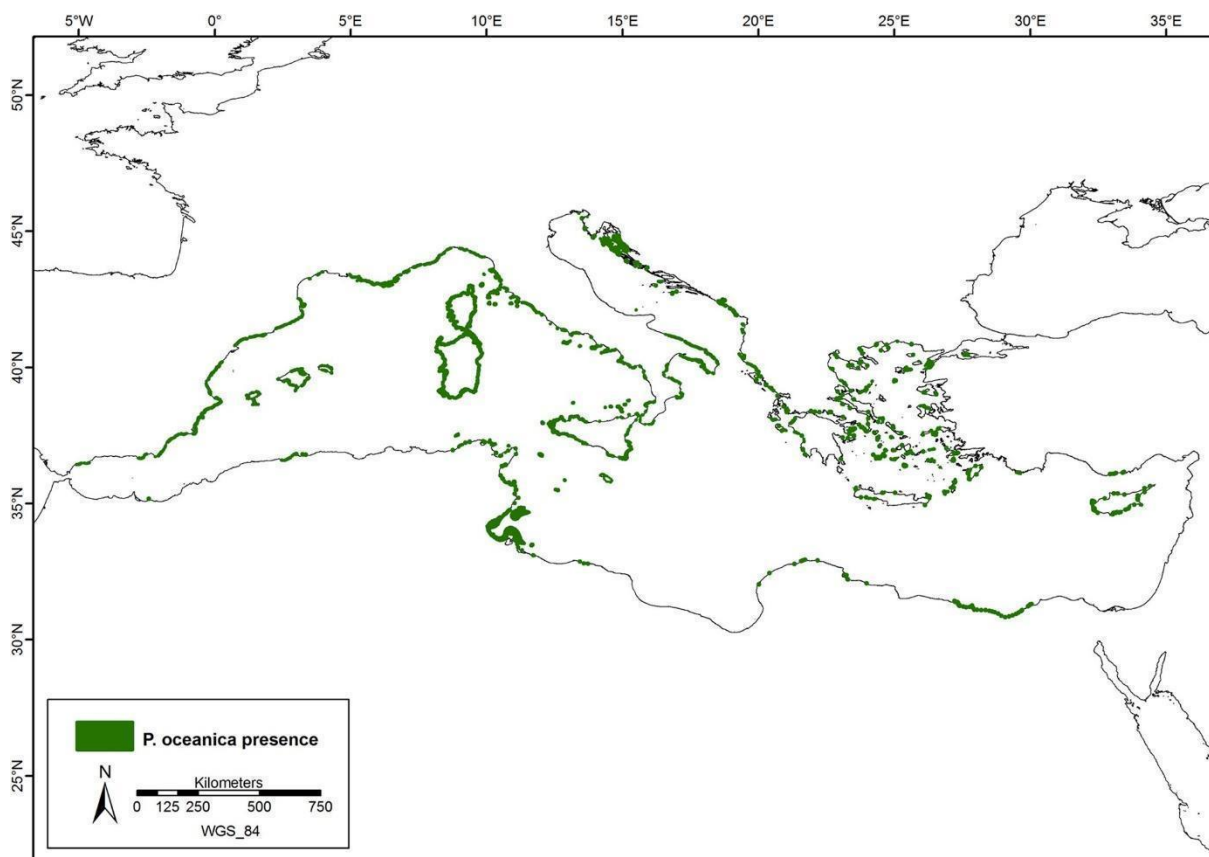
¹ Tg- simbol za teragram, jednak je 10¹² grama (izvor: <https://en.wiktionary.org/wiki/Tg>, 14.5.2022.)



Slika 1. Nataloženi "matte" na morskoj cvjetnici *P. oceanica* u Sredozemlju (izvor: Fourqurean i sur., 2012)



Slika 2. Naselje morske cvjetnice *Posidonia oceanica* - Lastovo, Jadransko more (izvor: <https://gorgonija.com/2018/03/13/zastitimo-posidoniju/>, 18.10.2024..)



Slika 3. Geografska rasprostranjenost morske cvjetnice *P. oceanica* (Telesca i sur., 2015)

Nadalje, jedna od karakteristika ove cvjetnice u Sredozemlju je odbacivanje osušenog i uginulog lišća u jesen. Plutajući mrtvi listovi nakon određenog vremena dopiju do obale gdje se nakupljaju te se na plažama stvaraju nataložene, kompaktne naslage sačinjene od mrtvih listova cvjetnica, tzv. „banketi“ (“banquettes”) (Slika 4). Takve naslage sačinjene od 95% uginule biomase cvjetnice mogu dosezati visinu do 2 metra te širinu do 20 metara i godinama služiti kao zaštita obale od erozije (Pergent i sur., 2014).



Slika 4. Naslage ili „banketi“ *P. oceanica* na obali Stagnone Marsala, zapadna Sicilija, južna Italija (Iaciofano i Lo Bruto, 2016.)

Osim navedenog, jedna od najznačajnijih uloga *P. oceanica* i ostalih morskih cvjetnica je sekvestracija ili pohrana ugljika (“plavi ugljik”).

3.2. Pohrana ugljika u morske cvjetnice - “ponor ugljika”

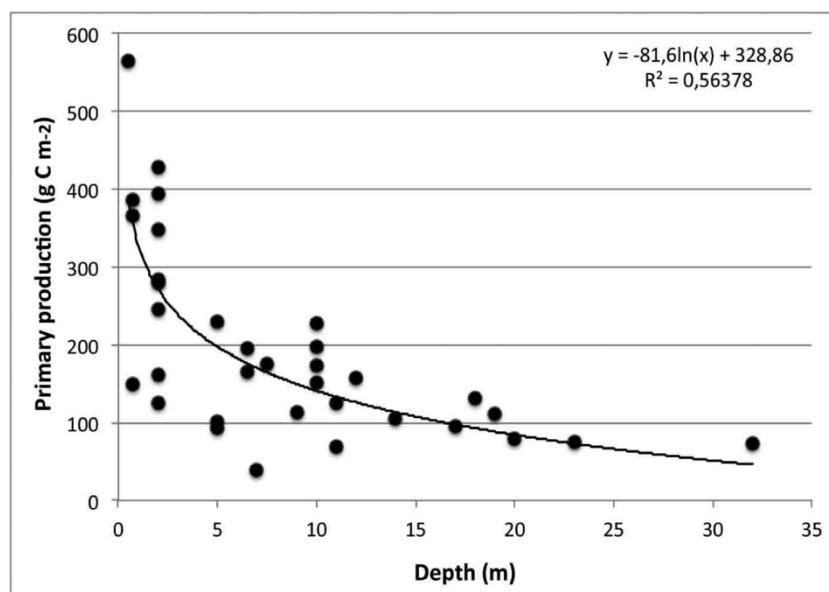
Ponor ugljika definira se kao bilo koji prirodni ili umjetni rezervoar u kojem se nakuplja ugljik tijekom određenog vremenskog razdoblja. Što je duži vremenski period nakupljanja ugljika u rezervoaru, tzv. “residence time”², ponor ugljika će vremenom biti veći. Uz “residence time” javlja se i preokret (eng.: “turnover”)³ kao rezultat ravnoteže između ulaza ugljika (C_{input}) i izlaza ugljika iz rezervoara (C_{output}). Što je ulaz ugljika (C_{input}) veći od izlaska ugljika (C_{output}), zalihe ugljika postaju veće, odnosno što veća neravnoteža između *inputa* i *outputa* biti će veće količine akumuliranog ugljika (Mateo i Serrano, 2012).

² Residence time: u kemiji, vrijeme u kojem neka tvar provede u apsorbiranom, suspendiranom ili otopljenom stanju (izvor: <https://www.dictionary.com/browse/residence-time>, 26.6.2022.)

³ Turnover: broj molekula supstrata transformiranih u minuti of strane enzimske molekule kada je enzim ograničavajući faktor (izvor: Microsomes, Drug Oxidations and Chemical Carcinogenesis, Volume 1, 1980, <https://www.sciencedirect.com/topics/biochemistry-genetics-and-molecular-biology/turnover-number>, 26.6.2022.)

Istraživanja su pokazala veliku ulogu u pohrani ugljika ima obalna vegetacija (slane močvare, mangrove i morske cvjetnice). Procjenjuje da pohranjuju 40% ugljika koji svake godine pohrani obalna vegetacija (Nelleman i sur., 2009; Pergent i sur., 2014). Također, globalno je procijenjeno da morske cvjetnice skladište između 4,2 i 8,4 Pg ugljika godišnje, a dok maksimalna vrijednost može doseći 19,9 Pg (Fourqurean i sur., 2012; Pergent i sur., 2014).

Posidonia oceanica čini izuzetak među morskim cvjetnicama jer ima najveće dokumentirano skladište ugljika u kojem, kako je već spomenuto, ugljik može ostati spremljen tisućljećima (Pergent i sur., 2014). Upravo je to razlog zašto je važno zaštititi livade morske cvjetnice, jer gubitak može rezultirati erozijom i ubrzanom remineralizacijom organske tvari pri čemu može doći do ispuštanja ugljikovog dioksida (CO₂) u atmosferu i ubrzanja utjecaja klimatskih promjena (Pergent i sur., 2014). Nadalje, *P. oceanica* ima visoku neto primarnu proizvodnju (NPP) (Slika 5). Procjenjuje se da udio NPP koji je uskladišten u „matte“-u iznosi čak oko 30% (Pergent i sur., 2014).



Slika 5. Primarna proizvodnja vrste *Posidonia oceanica* NPP u Sredozemlju, kao funkcija dubine (izvor: Pergent i sur. 2014)

Organski ugljik zakopan u sedimentu glavni je ponor ugljika koji se veže za livade morske cvjetnice *P. oceanica*. Izvor je višak proizvodnje organskog ugljika u visokoproduktivnom ekosustavu, kojeg je *Posidonia oceanica* dio, a koji u konačnici potječe iz atmosfere (Mateo i Serrano, 2012).

U prirodi razlikujemo dvije vrste ponora ugljika; kratkoročni ponor i dugoročni ponor. Kratkoročni ponor ugljika kod *P. oceanica* predstavlja sustav u kojem se tek dio organske tvari remineralizira kroz dvije do šest godina. Dugoročni ponor je sustav u kojem dominira iznimno spora remineralizacija, ti procesi traju dugo i ugljik može ostati u organskom obliku čak nekoliko tisućljeća (Pergent i sur., 2012). Prosječna stopa spremišta ugljika u kratkoročnom ponoru u sedimentu iznosi 133 gC m²/god.(Kennedy i Bjork, 2009). Za usporedbu, prosječna stopa pohrane dugoročnog ponora iznosi 83 gC m²/god.(Kennedy i Bjork, 2009). Podaci korišteni za izračunavanje dugoročnog ponora ugljika odnose se na dvije vrste cvjetnica (*Cymodocea nodosa* i *Posidonia oceanica*), a uzeti su s područja Sredozemlja (Kennedy i Bjork, 2009).

Stopa dugoročne akumulacije u livadama *Posidonia oceanica* prelazi stopu dugoročne akumulacije kopnenih ekosustava (Tablica 1) (Kennedy i Bjork, 2009).

Tablica 1: Podaci o stopi dugoročne akumulacije ugljika u livadama *P. oceanica* i ostalim ekosustavima

TIP EKOSUSTAVA	Stopa dugoročne akumulacije ugljika (gC/ m ² a ⁻¹)
Tropske šume	2.3-2.5
Šume umjerenog pojasa	1.4-12.0
Borealne šume	0.8-2.2
Savane umjerenog pojasa	2.2
Pustinje umjerenog pojasa	0.8
Tundra	0.2-5.7
Močvarna područja	20
Livade <i>Posidonia oceanica</i>	9-112

Izvor: Kennedy i Bjork, Seagrass Meadows, (2009)

Kao što se može vidjeti iz tablice iznad, livade morske cvjetnice *Posidonia oceanica* imaju najveću stopu dugoročne akumulacije ugljika od ostalih obalnih ekosustava (9-112 gC/m²a⁻¹). To se može objasniti time da veće vrste morskih cvjetnica imaju tendenciju razvijanja visoke podzemne biomase i stoga veću sposobnost akumulacije ugljika. Konkretno, *P. oceanica* zbog sposobnosti zakopavanja velikih količina ugljika, stvara djelomično mineralizirane, nekoliko

metara debele, podzemne naslage tzv. „matte“ s udjelom organskog ugljika od čak 40%. Ti slojevi mogu postojati tisućljećima predstavljajući tako dugotrajni ponor ugljika (Kennedy i Bjork, 2009). Ugljik pohranjen u naslagama ili “matte”-u pridonosi smanjenju utjecaja klimatskih promjena (Monnier i sur., 2020). Procjenjuje se da zaliha ugljika („carbon stock“) u naseljima *P. oceanica* iznosi između 40 i 410 kg C_{org}/m² (Romero i sur., 1994; Mateo i Serrano, 2012; Lavery et al., 2013).

Zbog toga je važno očuvanje cvjetnica, ali i morskih područja u kojima te cvjetnice obitavaju. Uništavanje morske cvjetnice oslobađa znatne količine ugljika koji se akumulirao sve više prolaskom vremena natrag u atmosferu. Dakle, uništavanjem livada cvjetnice *P. oceanica* i vraćanjem ugljika u atmosferu učinilo bi cvjetnicu sudionikom u povećanju utjecaja klimatskih promjena, umjesto njihovom smanjenju, što je između ostalog, jedna od glavnih karakteristika cvjetnice (Monnier i sur., 2020).

3.3. Prijetnje i upravljanje livadama morskih cvjetnica

3.3.1. Pregled najčešćih prijetnji livadama morskih cvjetnica

Najveće prijetnje morskim cvjetnicama su antropogene prirode. Ljudske intervencije drastično su promijenile izgled obalnih staništa, što se može vidjeti u smanjenju populacija morskih cvjetnica kao na primjer pad populacije morskih cvjetnica roda *Zostera*, za čak 65%, u sjeverozapadnom dijelu Atlantskog oceana (Kennedy i Bjork, 2009).

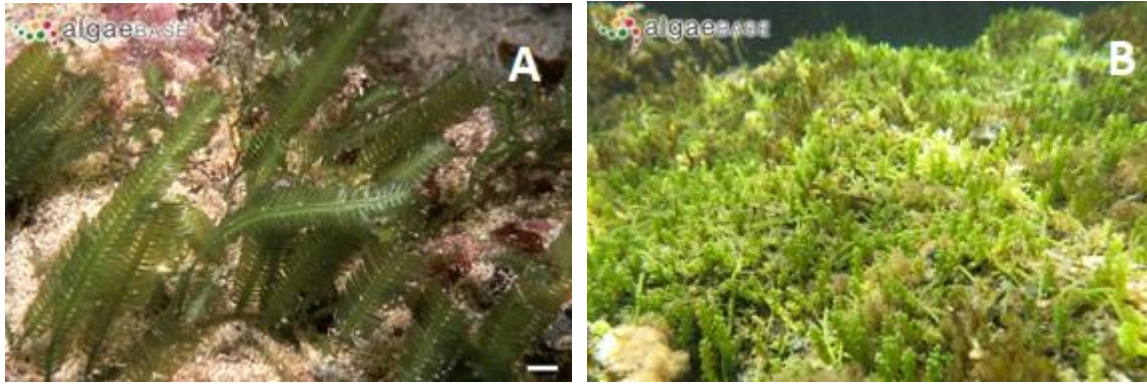
Jedna od posljedica ljudskih aktivnosti koje imaju negativan utjecaj na morske cvjetnice je eutrofikacija pri čemu dolazi do zamućenja vodenog stupca što smanjuje prozirnost vode te onemogućuju normalan rast i razvoj morskih cvjetnica. Naime, zbog eutrofikacije (Slika 6) dolazi do smanjenje količine sunčeve svjetlosti u vodi što ometa proces fotosinteze cvjetnica. To je važno jer su *P. oceanica* i ostale cvjetnice posebno osjetljive na promjene u čistoći i prozirnosti vode od nekih drugih vodenih biljaka i potrebno im je znatno više svjetlosti za rast i razvoj (Kennedy i Bjork, 2009).



Slika 6. Primjer eutrofikacije na obali (URL: <https://projecteutrophication.weebly.com/>, 20.10.2024.)

U Sredozemnom moru primjerice, sve vrste morskih cvjetnica (*P. oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina*, *Zostera noltei*) izložene su raznim negativnim antropogenim utjecajima koji uzrokuju smanjenje populacija. Glavni razlozi smanjenja populacija morskih cvjetnica su uglavnom vezani za urbani razvoj obale, uništavanje staništa, eksploataciju resursa (akvakultura, koćarenje, sidrenje), onečišćenje te rast turizma (Pergent i sur., 2014). Primjerice sidrenje i koćarenje su antropogene aktivnosti koje dovode do mehaničkog uništavanja livada *P. oceanica*. Struganjem sidra ili kočice po morskom dnu uništava se ne samo dno, već nanosi fizička šteta naseljima morskih cvjetnica utječući time na razvoj populacija (Lenzi i sur., 2013).

Invazivne vrste koje se natječu za prostor s autohtonim vrstama također ugrožavaju *P. oceanica*. U Sredozemnom moru, kao primjer se može navesti utjecaj vrsta algi iz obitelji *Caulerpaceae* (Slika 7) kao što su *Caulerpa taxifolia*, *Caulerpa racemosa* i *Caulerpa cylindracea* koje posebno utječu na smanjenje populacija *P. oceanica* i *C. nodosa*. Ove invazivne vrste utječu na: 1) smanjenu gustoću listova morske cvjetnice, 2) povećano ulaganje energije u spolno razmnožavanje, 3) povećanje sinteze fenolnih spojeva kao odgovor na stres i 4) smanjenje kvalitete sedimenta (Pergent i sur., 2014.).



Slika 7. Alge iz roda *Caulerpaceae*: a) *Caulerpa taxifolia* i b) *Caulerpa racemosa*
(izvor: <https://www.algaebase.org/> 22.10.2024.)

Nadalje, posljedice klimatskih promjena, kao što je porast temperature mora i snižavanje pH (zakiseljavanje oceana) mogu direktno utjecati na rast, razvoj i fotosintezu cvjetnica. Povišena temperatura površine morske vode vrlo negativno utječe na morske cvjetnice i postaje dodatni stresor. Naime, zagrijavanje morske vode dovodi do snažnije stratifikacije vodenog stupca što utječe na biokemijske i fiziološke procese (Coma i sur., 2009). Povećanjem temperature morske vode za 1°C pretpostavlja se povećanje smrtnosti cvjetnice za 2,5% godišnje (Marbà i Duarte, 2010). Nadalje, temperatura od 28°C prepoznata je kao prag iznad kojeg se smrtnost biljke drastično povećava što je dokazano gubitcima livada *P. oceanica* nekoliko tjedana nakon toplinskog vala u ljeto 2003. te 2006. godine na području Balearskih otoka u Španjolskoj kada su temperature u Sredozemlju prelazile 28,5°C (Marbà i Duarte, 2010) što ukazuje na to da su livade *P. oceanica* osjetljivije na kratke periode iznimno visokih temperatura od postupnog povećanja temperature (Marbà i Duarte, 2010; Guerrero Meseguer i sur., 2017).

3.3.2. Upravljanje naseljima morskih cvjetnica

Staništa morskih cvjetnica vrlo su važni ekosustavi za svijet, posebno za područje Sredozemlja. Od njih, najvažnija su naselja *P. oceanica*. Zbog toga što rastu u relativno plitkom moru, posebno su osjetljive na povećanje temperature jer ono može pojačati osjetljivost na klimatske promjene. Zbog toga je važno da ta područja dobiju što više pozornosti u programima monitoringa (Pergent i sur., 2014). Nadalje, upravljanje takvim područjima trebalo bi biti fokusirano na: 1) smanjenje pada populacija *P. oceanica*, 2) očuvanje spremnika ugljika; kako

ne bi došlo do vraćanja stoka ugljika natrag u atmosferu, 3) sprječavanje uvođenja neautohtonih vrste te borba protiv širenja već uvedenih invazivnih vrsta (Pergent i sur., 2014).

Dobro upravljanje morskim cvjetnicama iznimno je važno za njihovo održavanje u ekosustavu. Kako je već spomenuto, obalna područja i vegetacija su pod najvećim stresom vanjskih utjecaja te su jedni od najugroženijih staništa (Duarte i sur., 2008; Duarte, 2009; Nelleman i sur., 2009; Kersting i Webster, 2018). Gubitak morskih cvjetnica utječe na bioraznolikost ekosustava, gubitak prirodnih ponora ugljika te nemogućnost uklanjanja antropogenih CO₂ emisija iz biosfere (Kersting i Webster, 2018). Zaštita i obnavljanje staništa plavog ugljika, pogotovo u zaštićenim morskim područjima, važni su radi održavanja njihovog potencijala pohrane ugljika i uloge u smanjivanju utjecaja klimatskih promjena (Hilmi i sur., 2021).

Jedan od glavnih pokušaja upravljanja obalnim ekosustavom radi zaštite bioraznolikosti je stvaranje zaštićenih morskih područja (ZMP). Zaštićena morska područja su zaštićena područja čiji se dizajn, lokacija i upravljanje koriste u svrhu zaštite morskih staništa i svih organizama koji tamo obitavaju; primjerice zaštita livada *P. oceanica* kako bi se zaštitio pohranjeni ugljik (Howard i sur., 2017). Zaštićena morska područja sprječavaju degradaciju staništa morskih cvjetnica te omogućuju njihovu restauraciju i očuvanje te je očuvanje morskih cvjetnica u ZMP nužno kako bi se očuvao njihov potencijal za pohranu ugljika te ublažavanje klimatskih promjena (Hilmi i sur., 2021). Primjerice, ZMP gdje se nalaze *P. oceanica* i *C. nodosa*, osim što štite cvjetnice, sprječavaju nestanak tzv. "ponora" ugljika. ZMP su također ekonomski isplativi za smanjenje posljedica klimatskih promjena i očuvanje "plavog ugljika" zbog čega je važno prepoznati njihovu ulogu te pomoći državama u njihovoj implementaciji (Kersting i Webster, 2018).

3.4. Rasprostranjenost i ugroženost morske cvjetnice *Posidonia oceanica* u Hrvatskoj

Staništa morske cvjetnice *Posidonia oceanica* iznimno su važan dio morskog ekosustava. A kao jedan od glavnih izvora kisika još ih se naziva "plućima" Mediterana. Njezina populacija na sredozemnom području ima mogućnost proizvodnje kisika od 14 do 20 L/m² dnevno (Medwet.org, 2017). Iako su livade *P. oceanica* česte u Jadranskom moru i dalje dosadašnja istraživanja nisu dovoljna te postoji vrlo malo rezultata koji pokazuju točnu distribuciju i status (Guala i sur., 2014). Nadalje u Hrvatskoj je donesen Pravilnik o popisu stanišnih tipova i karti staništa čija je zadaća utvrditi stanišne tipove. Te stanišne tipove potrebno je očuvati u

povoljnom stanju. Primjer je Nacionalna klasifikacija staništa (NKS), a svi stanišni tipovi sukladni su europskoj klasifikaciji. NKS ima različite razine klasifikacije; stanišni tipovi s cvjetnicom *P. oceanica* pripadaju trećoj razini- pod stanišnim tipom 1120; prioritetni tip staništa (Narodne novine, 2021.).

U Jadranskom moru mogu se pronaći četiri vrste morskih cvjetnica: morska svilina (*Zostera marina*), patuljasta svilina (*Zostera noltii*), čvorasta morska resa (*Cymodocea nodosa*) i posidonija (*Posidonia oceanica*), ali najrasprostranjenija je *P. oceanica* (HAOP 2017). Njezine livade posebno su vrijedna kao staništa za brojne organizme, što je još jedan od razloga zašto je važno osigurati adekvatnu zaštitu livada. Osim što je stanište za organizme, ima vrlo važnu ulogu ublažavanja klimatskih promjena, a može služiti i kao indikator kvalitete morske vode jer raste isključivo u čistim vodama (Medwet.org, 2017).

Nadalje, kao i u svijetu, u Jadranskom moru cvjetnicama prijete jednake prijete. Najugroženije su na područjima gdje su izravno izložene antropogenim aktivnostima poput sidrenja te područjima povećane zamućenosti zbog nasipavanja i izgradnje na obali što dovodi do eutrofikacije i onečišćenja. Stres može uzrokovati i nepropisno ribarenje; korištenje tzv. povlačnih mreža (koća) koje osim cvjetnica oštećuju i morsko dno i sediment dok ih se povlači te širenje invazivnih vrsta. Upravo zbog toga, ali i svoje važnosti za okoliš *P. oceanica* je Direktivom o zaštiti prirodnih staništa i mrežom zaštićenih područja Natura 2000 uvrštena u prioritetna staništa (Slika 8) na europskoj razini, dok je na razini Hrvatske strogo zaštićena vrsta, zaštićena Zakonom o zaštiti prirode (HAOP, 2017). Tim direktivama i zakonima želi se očuvati i obnoviti biološka raznolikost.



Slika 8. Karta Hrvatske livada cvjetnice *P. oceanica* prema Natura 2000 (stanišni tip 1120) (izvor: Guala i sur., 2014)

Morska zaštićena područja prema definiciji Međunarodne unije za očuvanje prirode (IUCN) predstavljaju morska područja koja su odvojena u svrhu dugoročnog očuvanja prirode i povezanih usluga koje ekosustav nudi te očuvanja kulturnih vrijednosti ekosustava. Zaštićena morska područja su područja smanjenog stresa koja osiguravaju kontinuiranu zaštitu svim vrstama koje žive na tom području te izbjegavanje negativnih utjecaja klimatskih promjena (Adriadapt.eu, 2022).

Najvažnija takva područja su tzv. “plavi ekosustavi”, odnosno ekosustavi močvara i morskih cvjetnica koji nude brojne mogućnosti prilagodbe na klimatske promjene; suprotstavljaju se eroziji, utočište su za brojne morske organizme te pridonose suzbijanju zakiseljavanja morske vode (Adriadept.eu,2022).

Republika Hrvatska iznimno je bogata zemlja kada se govori o krajoliku i klimatskim uvjetima koji utječu na biološku raznolikost. Razlog tomu je jedinstveni geografski položaj gdje se isprepliću panonski, dinaridski, sredozemni i predalpski biogeografski utjecaji. Zato bilo je važno odrediti zaštićena područja i proglasiti Zakon o zaštiti prirode. Hrvatska ima 432 zaštićena područja (broj se odnosi samo na područja od nacionalnog značaja), od toga 10 priznatih morskih područja. Obuhvaćaju oko 8,47% ukupne površine zemlje (742 790,24 ha), odnosno 12,06% kopna i 1,97% površine teritorijalnog mora (IUCN-Med., RAC/SPA 2014).

3.5 *Posidonia oceanica* u zaštićenim morskim područjima u RH

U ovom radu spomenuto je pet zaštićenih morskih područja (Tablica 2) u kojima obitava morska cvjetnica *P. oceanica*; 1) Nacionalni Park Brijuni, 2) Park Prirode Telašćica, 3) Park Prirode Lastovsko otočje, 4) Nacionalni Park Mljet i 5) Nacionalni Park Kornati). Sva zaštićena morska područja spomenuta u ovom radu imaju visoku bioraznolikost, stanište su mnogim životinjskim i biljnim vrstama.

Tablica 2: Prikaz pet zaštićenih morskih područja s naseljima *P. oceanica* u RH

ZMP	Kategori ja	Morska površina (%)	Površina (ha)	Zauzeta površina cvjetnico	Kvalitet a podatak	Očuvano st staništa	Postojan ost plana

				m <i>P.oceanica</i> (ha)	a		upravlj nja, monitori ng
Brijuni	NP	77.87	3400.46	2.35	dobro	dobra	DA
Kornati	NP	76.80	21571.14	2100	loše	dobra	DA
Lastovsk o otočje	PP	73.13	19572.21	470	dobro	dobra	DA
Mljet	NP	46.10	5287.53	300	umjereno	dobra	DA
Telašćica	PP	63.81	6999.28	21	dobro	prosječna	DA

Izvor: Bioportal.hr (21.10.2024.)

3.5.1. Nacionalni park Brijuni

Nacionalni park Brijuni (Slika 9) čini najveću skupinu otoka zapadne obale Istre (14 otoka i otočića) i zauzima površinu od 7,42 km². Najveći otok arhipelaga je Veliki Brijun koji se kultivirao u harmoničan krajolik livada i parkova, sadrži bogate ostatke arhitektonskog nasljeđa te očuvanu vegetaciju, tipičnu za klimu zapadne Istre. Takvu nevjerojatnu bioraznolikost može zahvaliti svojem geografskom položaju i geomorfologiji te umjerenj mediteranskoj klimi koja donosi dovoljno sunca, toplog vremena i vlažnosti (Bioportal.hr <https://interni.bioportal.hr/ekomreza/natura/report/site?site-code=HR2000604>, 12.9.2023.).

Morski dio čini 80% površine Parka i sadrži gotovo sve elemente morskog ekosustava Jadrana. More oko Brijuna stanište je i mrijestilište za brojne morske organizme tipične za sjeverni Jadran. Primjerice, ovdje možemo naći i zakonom zaštićene vrste poput plemenite periske (*Pinna nobilis*) i prstaca (*Lithopaga lithopaga*), morske kornjače i dupine te endemsku vrstu poput jadranskog bračića (*Fucus virsoides*). Obala je niska i kamenita, ali lako dostupna. Nadalje, kako se može vidjeti u Tablici 2, iako pokrivenost cvjetnicom *P. oceanica* nije velika u usporedbi s ostalim morskim područjima (samo 2,35 ha), dostupnost podataka i očuvanost naselja cvjetnice je zadovoljavajuća (Bioportal.hr <https://interni.bioportal.hr/ekomreza/natura/report/site?site-code=HR2000604>, 12.9.2023.).

da je jedna od najsigurnijih, najljepših i najvećih luka u Jadranu; sastoji se od 25 manjih uvala i 69 km dobro uvučene obale. Također, tamo se nalazi i poznato slano jezero Mir, koje se nalazi na 161 m nadmorske visine i do 90 m ispod razine mora (Bioportal.hr, <https://interni.bioportal.hr/ekomreza/natura/report/site?site-code=HR4000002>,12.9.2023).

Dom je brojnim endemičnim vrstama. Neke od njih su posidonija (*Posidonia oceanica*), plemenita periska (*Pinna nobilis*), jastučasti koralj (*Cladocora caespitosa*), velika rožnjača (*Paramuricea clavata*) (Bioportal.hr, <https://interni.bioportal.hr/ekomreza/natura/report/site?site-code=HR4000002>,12.9.2023)).

Nadalje, iz Tablice 2 vidi se da pokrivenost cvjetnicom *P. oceanica* iznosi 21 ha, što je više nego u NP Brijuni, ali i dalje pri dnu, ako uspoređujemo s ostatkom zaštićenih područja. Također, iako je kvaliteta podataka dobivenih iz istraživanja dobra, očuvanost naselja je ocijenjena ocjenom “prosječno”, što znači da ima prostora za napredak (Bioportal.hr,<https://interni.bioportal.hr/ekomreza/natura/report/site?site-code=HR4000002>,12.9.2023).



Slika 11: Karta zaštićenog morskog područja PP Telašćica (izvor: Bioportal.hr <https://bioportal.hr/gis/?lang=hr> 23.10.2024.)

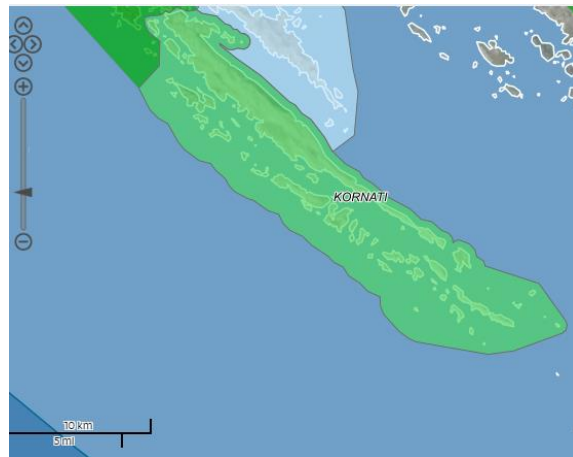


Slika 12. Prikaz različitih stanišnih tipova u PP Telašćica: ■ označava stanišni tip Biocenozna naselja vrste *Posidonia oceanica* (=Asocijacija s vrstom *Posidonia oceanica*) (Zavod za zaštitu okoliša i prirode Ministarstva zaštite okoliša i zelene tranzicije (2024.): Bioportal – Karta morskih staništa, 2023. Dostupno na <http://www.bioportal.hr/>. Pristupljeno: 27.10.2024.

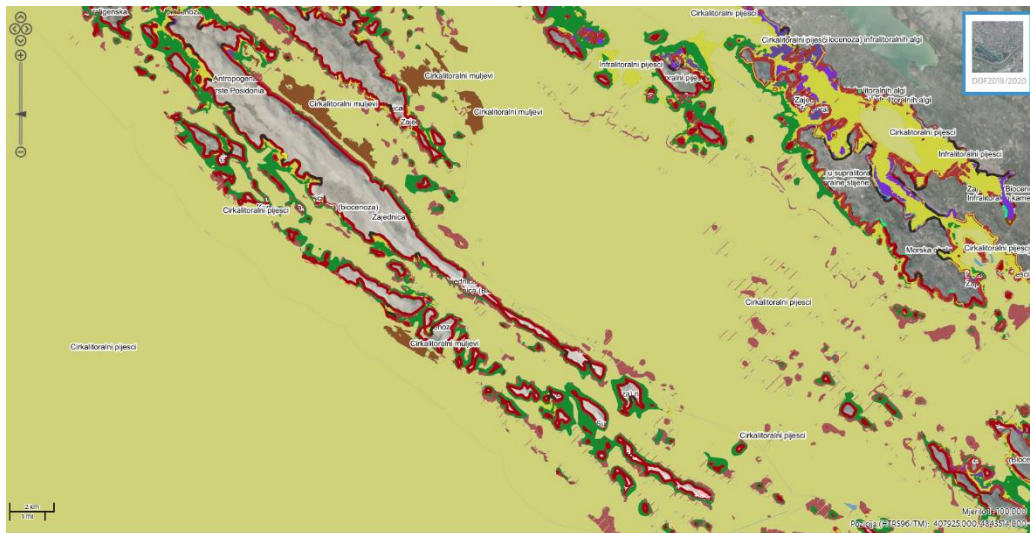
3.5.3. Nacionalni park Kornati

Nacionalni park Kornati (Slika 13) ima vrlo razvijenu obalu; sastoji se od 89 otoka, otočića i litica te brojnih zaljeva. Bez obzira na razvijenost obale i velikog broja otoka i otočića, kopno zauzima vrlo mali udio (manje od 25%), ostatak čini more. To se može vidjeti iz Tablice 2, naime NP Kornati ima jednu od najvećih morskih površina između opisanih zaštićenih područja (76.80%). Odlikuje se bogatom bioraznolikošću, ali vegetacija ovisi o ljudskoj obradi i aktivnostima. Neke od ljudskih aktivnosti zastupljene u NP Kornati su uzgoj ovaca, maslinarstvo, ribolov i turizam (Bioportal.hr,<https://interni.bioportal.hr/ekomreza/natura/report/site?site-code=HR4000001>, 12.9.2023).

Pokrivenost cvjetnicom *P. oceanica* iznosi 2100 ha morskog dna Parka (Tablica 2). To čini NP Kornati područjem s najvećom pokrivenošću ovom cvjetnicom (Bioportal.hr,<https://interni.bioportal.hr/ekomreza/natura/report/site?site-code=HR4000001>, 12.9.2023).



Slika 13: Karta zaštićenog morskog područja NP Kornati (izvor: Bioportal.hr <https://bioportal.hr/gis/?lang=hr> 23.10.2024.)



Slika 14. Prikaz različitih stanišnih tipova u NP Kornati: ■ označava stanišni tip Biocenozoza naselja vrste *Posidonia oceanica* (=Asocijacija s vrstom *Posidonia oceanica*) (Zavod za zaštitu okoliša i prirode Ministarstva zaštite okoliša i zelene tranzicije (2024.): Bioportal – Karta morskih staništa, 2023. Dostupno na <http://www.bioportal.hr/>. Pristupljeno: 27.10.2024.

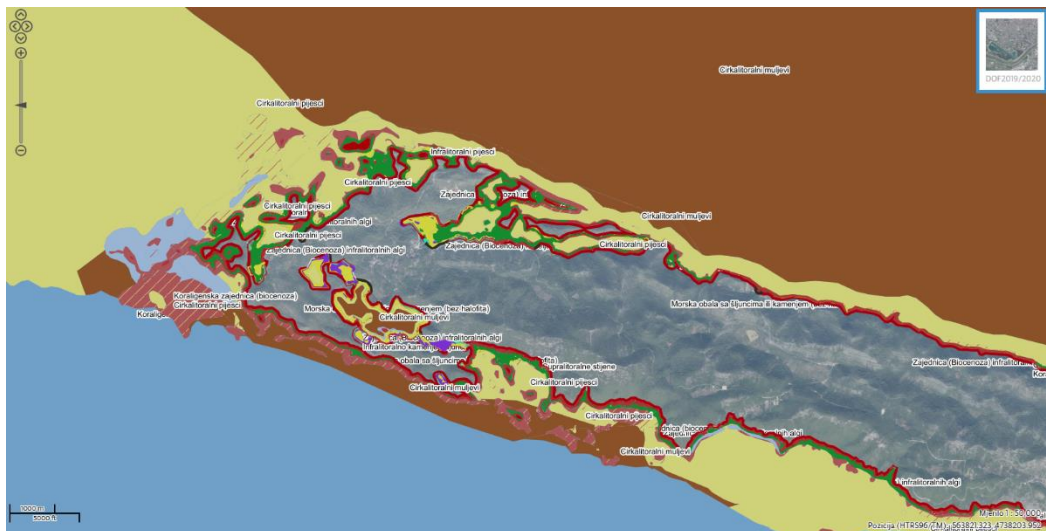
3.5.4. Nacionalni park Mljet

Nacionalni Park Mljet (Slika 15) je područje većinom prekriveno šumom (90%), od toga najveći udio ima alepski bor (*Pinus halepensis*). Slijedi ga hrast crnika (*Quercus ilex*). Međutim, bogati živi svijet u NP Mljet još uvijek nije u potpunosti istražen (Bioportal.hr <https://interni.bioportal.hr/ekomreza/natura/report/site?site-code=HR5000037> ,12.9.2023).

Pokrivenost u NP Mljet iznosi 300 ha morskog dna (Bioportal.hr <https://interni.bioportal.hr/ekomreza/natura/report/site?site-code=HR5000037> ,12.9.2023). Također, Veliko i Malo jezero (slana jezera) glavne su atrakcije u Parku. Obala NP Mljet ima mnogo uvala, zaljeva i otoka. Najviši vrh seže do čak 514 m, a svoj današnji oblik otoka može zahvaliti transgresiji mora nakon zadnjeg glacijalnog razdoblja. Sve to čini NP Mljet jedinstvenim geološkim i oceanografskim fenomenom (Bioportal.hr <https://interni.bioportal.hr/ekomreza/natura/report/site?site-code=HR5000037> , 12.9.2023).



Slika 15: Karta zaštićenog morskog područja NP Mljet (izvor: Bioportal.hr <https://bioportal.hr/gis/?lang=hr> 23.10.2024.)



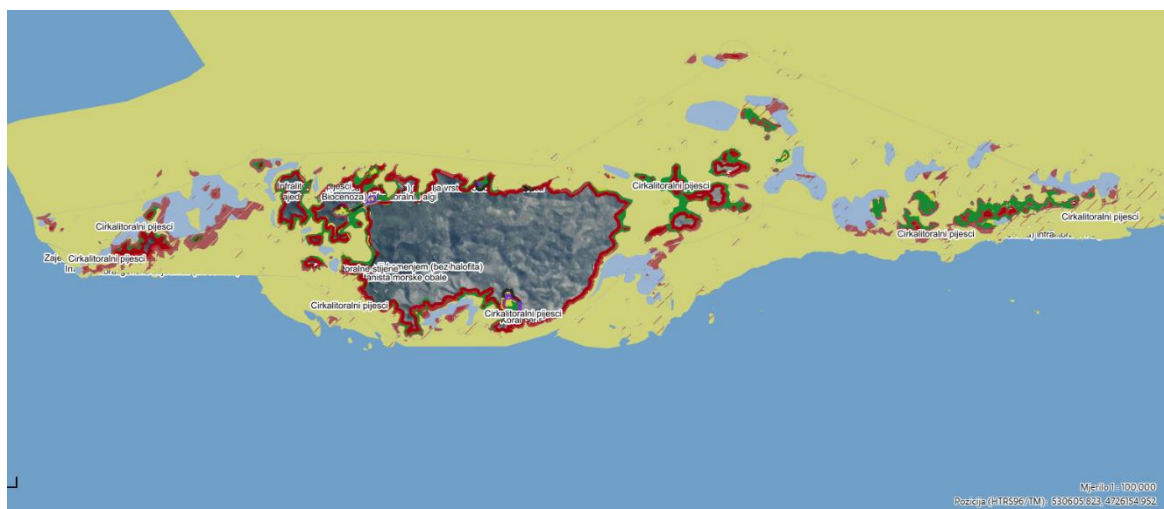
Slika 16. Prikaz različitih stanišnih tipova u NP Mljet: ■ označava stanišni tip Biocenezoa naselja vrste *Posidonia oceanica* (=Asocijacija s vrstom *Posidonia oceanica*) (Zavod za zaštitu okoliša i prirode Ministarstva zaštite okoliša i zelene tranzicije (2024.): Bioportal – Karta morskih staništa, 2023. Dostupno na <http://www.bioportal.hr/>. Pristupljeno: 27.10.2024.

3.5.5. Park prirode Lastovsko otočje

Park prirode Lastovsko otočje (Slika 17) jedan je od bogatijih i očuvanijih botaničkih područja Sredozemlja (Bioportal.hr <https://interni.bioportal.hr/ekomreza/natura/report/site?site-code=HR5000038>, 12.9.2023). U Parku se nalazi 810 biljnih vrsta (uključujući ugrožene, endemične i vrste koje drugdje više ne postoje). Najvažnije je odmaralište ptica, a stanište je za 248 morskih vrsta. Sezonski priljev nutrijenata iz dubokih voda omogućuje Parku bogat morski život; zbog velike količine zooplanktona Park prirode Lastovsko otočje bogato je koraljima, morskim spužvama, mekušcima, rakovicama i sličnim organizmima (Bioportal.hr <https://interni.bioportal.hr/ekomreza/natura/report/site?site-code=HR5000038>, 12.9.2023.). Morska cvjetnica *P. oceanica* pokriva 470 ha morskog dna Parka (Bioportal.hr <https://interni.bioportal.hr/ekomreza/natura/report/site?site-code=HR5000038>, 12.9.2023.).



Slika 17. Karta zaštićenog morskog područja PP Lastovsko otočje (izvor: Bioportal.hr <https://bioportal.hr/gis/?lang=hr> 23.10.2024.)



Slika 18. Prikaz različitih stanišnih tipova u PP Lastovsk^o otočje: ■ označava stanišni tip Biocenoza naselja vrste *Posidonia oceanica* (=Asocijacija s vrstom *Posidonia oceanica*) (Zavod za zaštitu okoliša i prirode Ministarstva zaštite okoliša i zelene tranzicije (2024.): Bioportal – Karta morskih staništa, 2023. Dostupno na <http://www.bioportal.hr/>. Pristupljeno: 27.10.2024.

3.6. Usporedba pokrivenosti i procjena zaliha ugljika u zaštićenim morskim područjima

Iz podataka navedenih u Tablici 2 možemo usporediti pet zaštićenih morskih područja s obzirom na pokrivenost cvjetnicom *P. oceanica*, njenu očuvanost, kvalitetu podataka monitoringa i slično. Prvo što se može zamijetiti je da NP Kornati ima najveću pokrivenost cvjetnicom *P. oceanica* dok je u NP Brijuni vrlo mala pokrivenost cvjetnicom (2,35 ha). Nadalje, sva područja imaju plan upravljanja i monitoring, ali kvaliteta podataka nije zadovoljavajuća u NP Kornati te je umjereno zadovoljavajuća u NP Mljet (Bioportal.hr). Što se tiče očuvanosti naselja cvjetnice, naselja posidonije u četiri od pet morskih područja su dobro očuvana, dok u PP Telašćica postoji prostor za poboljšanje jer je ocjena očuvanosti “prosječna” (Bioportal.hr, <https://interni.bioportal.hr/ekomreza/natura/report/site?site-code=HR4000002>, 12.9.2023).

S obzirom na poznatu površinu pokrivenosti navedenih zaštićenih područja morskom cvjetnicom *P. oceanica* i podacima iz literature o količini pohranjenog ugljika u naseljima *P. oceanica* u Tablici 3 je dana procjena pohranjenog ugljika u tim područjima.

Tablica 3. Procjena količine pohranjenog ugljika („carbon stock“) u naseljima *P. oceanica* u nacionalnim parkovima i parkovima prirode u Hrvatskoj

ZMP	Kategorija	Pokrivenost dna cvjetnicom <i>P. oceanica</i> (ha)	Procijenjena zaliha ugljika (tC/ha) ili (MgC/ha)
Brijuni	NP	2,35	940 – 9 635

Kornati	NP	2100	840 000 – 8 610 000
Lastovsko otočje	PP	470	188 000 – 1 927 000
Mljet	NP	300	120 000 – 1 230 000
Telašćica	PP	21	8 400 – 86 100

Iz podataka možemo uočiti da je najveći procijenjeni „carbon stock“ u NP Kornati koji kao najveće zaštićeno morsko područje i ima najveću pokrivenost dna cvjetnicom *P. oceanica*. Slijede ga PP Lastovsko otočje i NP Mljet. NP Brijuni i PP Telašćica najvjerojatnije imaju mali udio pohranjenog ugljika obzirom na udio pokrivenosti dna s *P. oceanica*.

S obzirom da se ovi podaci temelje samo na podacima iz postojeće literature za područje Sredozemnog mora, potrebno je provesti terenska istraživanja kako bi se utvrdilo realno stanje.

4. ZAKLJUČAK

Livade morskih cvjetnica, posebno *P. oceanica* izuzetno su vrijedni ekosustavi. Brojne usluge ekosustava koje one pružaju (stanište za razne organizme, zaštita obale od erozije i valova, spremanje ugljika i smanjenje koncentracije CO₂ u atmosferi) dokazuju njihovu korist za cjelokupni Zemljin ekosustav; od morskih organizama kopnenih pa sve do čovjeka.

Posidonia oceanica ima izniman kapacitet dugoročne pohrane ugljika te je procijenjeno da pohranjuje 40-410 kgC/m² što doprinosi ublažavanju klimatskih promjena uklanjanjem velikih količina CO₂. Najveći dio pohranjenog ugljika nalazi se u „matte“-u.

Prijetnje ovim ekosustavima većinom su antropogene aktivnosti (koćarenje, sidrenje, turizam) koje uzrokuju propadanje livada morskih cvjetnica. Ljudske aktivnosti poput koćarenja i sidrenja uzrokuju fizičku štetu naseljima morskih cvjetnica dok se povlače po morskome dnu te time utječu na razvoj populacija. Nadalje, rastom turizma; izgradnjom luka i molova za brodove, kemijski se utječe na populacije morskih cvjetnica mijenjanjem sastava vode i kakvoće sedimenta ispuštanjem zagađivala u komunalne, poljoprivredne i industrijske otpadne vode.

U nacionalnim parkovima i parkovima prirode u Hrvatskoj, *Posidonia oceanica* zauzima najveću površinu u NP Kornati, zatim PP Lastovsko otočje i NP Mljet te je na tim područjima

očuvanost staništa dobra. Najmanja površina je zabilježena u NP Brijuni te u PP Telašćica gdje je očuvanost staništa prosječna.

Procijenjena zaliha pohranjenog ugljika tzv. „carbon stock“ najveća je na području NP Kornati, zatim PP Lastovsko otočje i NP Mljet što je u skladu sa stanjem očuvanosti i rasprostranjenošću, dok je najmanja zaliha procijenjena za područja NP Brijuni i PP Telašćica.

Kako bi se očuvala naselja *P. oceanica* potrebno je kvalitetno upravljati područjima na kojima se ona nalazi jer uništenje cvjetnica može uzrokovati vraćanja CO₂ u atmosferu što ima direktan negativan utjecaj i pogoršava utjecaj klimatskih promjena na bioraznolikost na Zemlji. Očuvanje se može postići kvalitetnim upravljanjem postojećih i uspostavljanjem novih zaštićenih morskih područja. U Hrvatskoj ne postoje podaci niti istraživanja o zalihama ugljika u naseljima *P. oceanica* te je nužno provoditi terenska znanstvena istraživanja zaliha ugljika kako bi se bolje odredila količina ugljika koji je uskladišten ne samo u NP i PP nego i zaštićenih područjima ostalih kategorija kao što su Natura 2000 područja. Navedene aktivnosti pomogle bi pri obnovi, očuvanju i zaštiti livada kako bi one mogle neometano obavljati svoje ekološke funkcije.

Zaključno, bolje očuvanje i kvalitetnije upravljanje livadama morskih cvjetnica doprinijet će boljem skladištenju ugljika u moru te tako doprinijeti ublažavanju klimatskih promjena. Kako bi se to postiglo potrebno je: 1) provoditi stalan monitoring livada morskih cvjetnica, 2) pratiti utjecaj antropogenih aktivnosti koje dovode do degradacije naselja *P. oceanica* kao npr. sidrenje/kočarenje i smanjivati njihovu prisutnost u zaštićenim područjima i 3) povećati svijesti ljudi o pozitivnom utjecaju *P. oceanica* i ostalih cvjetnica na okoliš.

5. LITERATURA

Chmura G.L., Anisfeld S.C., Cahoon D.R., Lynch J.C. (2003). Global carbon sequestration in tidal, saline wetland soils. *Global biogeochemical cycles*, 17, Article 11

Croatia and Marine Protected Areas: Legal and Institutional framework assesment for conservation of coastal and marine biodiversity and the establishment of MPAs IUCN-Med.Ed. RAC/SPA- MedMPAnet Project Tunis. 60 pp https://www.rac-spa.org/sites/default/files/doc_medmpanet/final_docs_croatia/a.croatia_and_mpas_hr.pdf pristupljeno 20.7.2023.

Coma R., Ribes M., Serrano E. i Pascual J. (2009) Global warming-enhanced stratification and mass mortality events in the Mediterranean

Duarte C.M., Middelburg J.J., Caraco N. (2005) Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. *Biogeosciences*, vol. 2, str. 1-8

Fourqurean J. W., Duarte C.M., Kennedy H. i sur. (2012) Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock, *Nature Geoscience*, NGE01477 str. 1-4.

Guerrero-Meseguer L., Marin A., Sanz-Lazaro C. (2017) Future heat waves due to climate change threaten the survival of *Posidonia oceanica*

Guala I., Nikolić V., Iveša L., Di Carlo G., Rajković Z., Rodić P., Jelić K. (2014), Monitoring programme for *Posidonia oceanica* beds https://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/03_prirodne/monitoring_prog/1120_Posidonia_mon_programme.pdf, pristupljeno 20.3.2023

HAOP, Hrvatska Agencija za Okoliš i Prirodu (2017) <https://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/prirodne-vrijednosti-stanje-i-ocuvanje/bioraznolikost/morske-vrste/morske>, pristupljeno 20.10.2024.

Hilmi N., Chami R., Sutherland M.D., Hall-Spencer J.M., Lebleu L., Benitez M.B., Levin L.A. (2021) The role of blue carbon in climate change mitigation and carbon stock conservation. *Frontiers in climate*, 3, 710546

Howard J. i sur. (2017), The potential to integrate blue carbon into MPA design and management, *Aquatic Conserv.: Marine Freshwater Ecosystems* 27(S1):100-115 str.1.

Howard, J., Isensee K., Kennedy H. i sur. (2019) Why measure carbon stocks, *Coastal Blue Carbon*, str.16.-21.

Iacofano D. i Lo Brutto S. (2016) Re-description of *Orchestia stephenseni* Cecchini, 1928: Designation of neotype and senior synonym to *Orchestia constricta* A. Costa, 1853 (Crustacea:Amphipoda:Talitridae) by Reversal of Precedence, *Slika* 4

Kennedy H. i Bjork M. (2009) Seagrass Meadows, *The Management of Natural Coastal Carbon Sinks*, str. 23.-27

Kennedy H., Beggins J., Duarte C.M., Fourqurean J.W., Holmer M., Marbà N. i sur (2010). Seagrass sediments as a global carbon sink: Isotopic constraints. *Global Biogeochemical Cycles*, 24.

Kennedy V.S. (1984) *The estuary as a filter*. Academic Press. New Your. NY, USA

Kersting Diego, Chloe Webster (2018), Blue carbon- The importance of marine conseervation in climate change, *Science for MPA management*, Vol. 8; str. 8.-10.

Lenzi M., Gennaro P., Volterrani M. i sur. (2013) Human impact on a small barrier reef meadow of *Posidonia oceanica* (L.) Delile on the north Tyrrhenian coast (Italy) <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X13006577> 21.10.2024.

Lo Iacono C., Mateo M.A., Gracia E., Guasch L., Carbonell R., Serrano L. i sur. (2008) Very high resolution seismo-acoustic imaging of seagrass meadows (Mediterranean Sea): Implications for carbon sink estimates. *Geophysical Research Letters*, 35

Marba N. i Duarte C.M. (2010) Mediterranean warming triggers seagrass (*Posidonia oceanica*) shoot mortality

Mateo M. A. i Serrano O. (2012) Chapter 1: The carbon sink associated to *Posidonia oceanica*, Centre for Advanced Studies of Blanes, Spanish High Council for Scientific Research, Resilience and Contribution to Climate change mitigation, IUCN str. 1.-3.

McIvor A., Möller I., Spencer T., Spalding M. (2012a) Reduction of wind and swell waves by mangroves. *Natural Coastal Protection Series: Report*, 1, 27

McIvor A., Spencer T., Möller I., Spalding M. (2012b) Storm surge reduction by mangroves. *Natural Coastal Protection Series: Report*, 2, 36

McLeod E., Chmura G.L., Bouillon S., Salm R., Bjork M., Duarte C.M. i sur. (2011) A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9, str. 552-560

McKee K.L., Cahoon, D.R., Feller, I.C. (2007). Caribbean mangroves adjust to rising sea level through biotic controls on change in soil elevation. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 545–556.

Medwet.org (2017) <https://medwet.org/2017/10/mediterranean-posidonia/> pristupljeno 22.10.2024.

Middelburg J., Nieuwenhuize J., Lubberts R., Van de Plassche, O. (1997). Organic carbon isotope systematics of coastal marshes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 45, 681–687.

Middleton B., McKee K. (2001). Degradation of mangrove tissues and implications for peat formation in Belizean island forests. *Journal of Ecology*, 89, 818–828.

Monnier B., Pergent G., Valette A., Boudouresque C. (2020) The *Posidonia oceanica* matte: a unique coastal carbon sink for climate change mitigation and implication for management

Monnier B., Pergent G., Mateo M.A. i sur. (2022) Quantification of blue carbon stocks associated with *Posidonia oceanica* meadows in Corsica (NW Mediterranean)

Murray B.C., Pendleton L., Sifleet S. (2011) State of the Science on Coastal Blue Carbon: A Summary for Policy Makers: In Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions Report NIR 11-06, str. 1-43

Narodne novine (2021) https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_03_27_588.html pristupljeno 18.10

Nellemann, C., Corcoran, E., Duarte, C. M., Valdés, L., De Young, C., Fonseca, L., Grimsditch, G. (Eds). 2009. Blue Carbon. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal, www.grida.no

Pergent G., Bazairi H., Bianchi C., Boudouresque C., Buia M., Calvo S., Clabaut P., Harmelin-Vivien M., Mateo M., Montefalcone M., Morri C., Orfanidis S., Pergent-Martini C., Semroud R., Serrano O. (2014), Climate change and Mediterranean seagrass meadows: a synopsis for environmental managers: *Mediterranean Marine Science*, Vol.15. str. 462.-468.

Pergent G., Bazairi H., Bianchi C.N., Boudouresque C.F., Buia M.C., Clabaut P., Harmelin-Vivien M., Mateo M.A., Montefalcone M., Morri C., Orfanidis S., Pergent-Martini C., Semroud R., Serrano O., Verlaque M. (2012), Mediterranean Seagrass Meadows : Las praderas de Magnoliofitas marinas del mar Mediterráneo: resiliencia y contribución a la mitigación del cambio climático, Resumen / Mediterranean Seagrass Meadows : Resilience and Contribution to Climate Change Mitigation, A Short Summary. Gland, Suiza y Málaga, España: IUCN

Röhr M. E., Boström C., Canal-Vergés P., Holmer M. (2016) Blue carbon stocks in Baltic Sea eelgrass (*Zostera marina*) meadows *Biogeosciences*. Vol.13 str. 1.

Serrano O., Lavery P.S., Rozaimi M., Mateo, M.Á. (2014). Influence of water depth on the carbon sequestration capacity of seagrasses. *Global Biogeochemical Cycles*. doi: 10.1002/2014gb004872

Schlesinger W.H., Lichter J. (2001). Limited carbon storage in soil and litter of experimental forest plots under increased atmospheric CO₂. *Nature*, 411, str 466–469.

Telesca L., Belluscio A., Criscoli A. i sur. (2015) Seagrass meadows (*Posidonia oceanica*) distribution and trajectories of change: Slika 3

Zubak-Čižmek I., Čižmek H., Mokos M. (2020) *Posidonia oceanica* lower depth limits along a latitudinal gradient in the eastern Adriatic Sea

Internetske stranice:

URL1: Bioportal.hr, NP Brijuni <https://interni.bioportal.hr/ekomreza/natura/report/site?site-code=HR2000604> (preuzeto 12.9.2023.)

URL2: Bioportal, PP Telašćica <https://interni.bioportal.hr/ekomreza/natura/report/site?site-code=HR4000002> (preuzeto 12.9.2023.)

URL3: Bioportal, NP Kornati <https://interni.bioportal.hr/ekomreza/natura/report/site?site-code=HR4000001> (preuzeto 12.9.2023.)

URL4: Bioportal, NP Mljet <https://interni.bioportal.hr/ekomreza/natura/report/site?site-code=HR5000037> (preuzeto 12.9.2023.)

URL5: Bioportal, PP Lastovsko otočje <https://interni.bioportal.hr/ekomreza/natura/report/site?site-code=HR5000038> (preuzeto 12.9.2023.)

URL6: Adriadapt.eu (2022) <https://adriadapt.eu/hr/adaptation-options/zasticena-morska-podrucja-i-druge-ucinkovite-prostorne-mjere-ocuvanja-mora/> , pristupljeno 3.7.2023.

Internetske stranice (slike):

Slika 1: Fourqurean i sur. (2012) Nature Geoscience, NGE01477, str. 2

Slika 2: <https://gorgonija.com/2018/03/13/zastitimo-posidoniju/>, 18.10.2024.

Slika 3: Telesca L., Belluscio A., Criscoli A. i sur. (2015) Seagrass meadows (*Posidonia oceanica*) distribution and trajectories of change

Slika 4: Iaciofano D. i Lo Brutto S. (2016) Re-description of *Orchestia stephenseni* Cecchini, 1928: Designation of neotype and senior synonym to *Orchestia constricta* A. Costa, 1853 (Crustacea: Amphipoda: Talitridae) by Reversal of Precedence

Slika 5: Pergent G. i sur. (2014), Climate change and Mediterranean seagrass meadows: a synopsis for environmental managers: Mediterranean Marine Science, Vol.15. str. 462.-468.

Slika 6: <https://projecteutrophication.weebly.com/>, 20.10.2024.)

Slika 7: <https://www.algaebase.org/> 22.10.2024.

Slika 8: Guala i sur. (2014), Monitoring programme for *Posidonia oceanica* beds
https://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/03_prirodne/monitoring_prog/1120_Posidonia_mon_programme.pdf, pristupljeno 20.3.2023

Slika 9-18: Biportal.hr <https://biportal.hr/gis/?lang=hr> 23.10.2024