

Dušan VARDA\*

## VREDNOST „PLAVOG” UGLJENIKA (BLUE CARBON) U LIVADAMA MURAVE (*POSIDONIA OCEANICA*) KAO IZVOR DODATNOG FINANSIRANJA BUDUĆEG ZAŠTIĆENOG PODRUČJA U MORU KATIČ

**Sažetak:** Livade morske trave murave (*Posidonia oceanica*) se mogu vrednovati na više načina – bilo da se procenjuju kao najznačajniji ekosistem Mediterana ili da se vrednuje izuzetno važna uloga koju ima u kruženju ugljenika u prirodi. Najnovija naučna saznanja pokrenula su inicijative da se programi zaštite ove biljke mogu finansirati u okviru projekata „plavog ugljenika”, koji mogu značajno povećati prihode i kvalitet života u okolini budućeg zaštićenog područja u moru Katič.

**Cljučne reči:** murava, *Posidonia oceanica*, plavi ugljenik, rezervoari ugljenika, ZPM, MPA, zaštita prirode, konzervacija, Katič

### 1. UVOD

Livade morske trave murave (*Posidonia oceanica*) predstavljaju najvažniji ekosistem Sredozemnog mora (Mediterana), njen gusto isprepletan „tepih” (*matte*<sup>1</sup>) – sistem korenova i rizoma stabilizuje sediment, livada ublažava uticaj talasa i pomaže očuvanju plaža stvaranjem prostora za razmnožavanje i odrastanje brojnih vrsta, tako da su glavna područja raznolikosti mediteranskih vrsta. Oko 20% svih poznatih morskih vrsta u Mediteranu (što predstavlja preko 2.000 vrsta) registrovane su u livadama murave [1]. *Posidonia oceanica* formira prostrane livade od same morske površine do dubine 35–40 metara, u celom basenu Mediterana, izuzev krajnjeg jugoistoka (Turska, Sicilija, Korzika i Libija su najviše opisivana staništa). Ova vrsta igra važnu ulogu na ekološkom, sedimentnom i ekonomskom nivou; takođe predstavlja važan činilac kvaliteta vode i ima glavnu ulogu u vezivanju i deponovanju ugljenika – „rezervoari ugljenika” (*carbon sinks* – *eng.*) [2, 3, 4]. *Posido-*

---

\* Dušan Varda, NVO Mediteranski centar za ekološki monitoring – MedCEM, Sutomore

<sup>1</sup> Donji deo biljke predstavljaju gusto isprepletane stabljike i korenje, koji imaju svoj naziv (*matte* – *franc.*) „mat”

nija stabilizuje tlo, vezuje pesak i čestice i presudno utiče na formiranje dna ili nestanak pojedinih plaža, kao i celih podvodnih pejzaža koji menjaju svoju površinsku geološku slojevitost kroz dugi niz godina. Posidonija stabilizuje podvodne pešćane dine, smanjuje obalnu eroziju, utiče na hidrodinamizam talasa itd. Smanjivanje ovih livada je najčešće povezano sa uticajem čoveka, mada vrsta nestaje i u delovima gde je antropogeni uticaj veoma mali [5].

Morski i priobalni ekosistemi, poput mangrova, slatina, i livada submerznih morskih cvetnica [6] asimiluju znatne količine ugljenika [7], koji se često naziva „plavi ugljenik”. Ovi tipovi ekosistema i vegetacije mogu ostvariti godišnje umanjene između 300 i 900 Mt CO<sub>2</sub>. To je jednako 7–20% godišnje emisije od globalne degradacije i seče šuma [8], uprkos činjenici da se ekosistemi „plavog ugljenika” prostiru na svega 1–2% površine u odnosu na celokupnu površinu kopnenih šumskih ekosistema. Livade ove morske trave imaju značajan potencijal izdvajanja ugljenika, i u vreme kada šema trgovine kreditima ugljenika postaje važna u borbi protiv klimatskih promena, povećana pažnja je posvećena morskim ekosistemima. Najbolje rešenje bila bi *in situ* zaštita ekosistema priobalja koji prirodno vezuju ugljenik (tzv. „rezervoari ugljenika” – *carbon sinks*).

Uzimajući u obzir ubrzani gubitak staništa murave u Mediteranu i njenog kapaciteta da uskladišti ugljenik, razvoj projekata „plavog ugljenika” mogao bi da predstavlja jednu od prilika za finansiranje zaštite staništa ove submerzne morske makrofite. Očuvane livade *Posidonia oceanica* mogu vezati 4 tone CO<sub>2</sub> po hektaru godišnje [9]. Još važnije, ukoliko se izbegnu uništavanja podvodnih livada murave sprečiće se oslobađanje ugljenika iz njenih sedimenata vezanih za morsko dno, te se na taj način može izbeći otpuštanje i do 500 tona CO<sub>2</sub> po hektaru (valja istaći i da 4 tone CO<sub>2</sub>/ha godišnje livada deponuje ako je živa, a ako odumire oslobađa prosečno 400 tona CO<sub>2</sub>/ha godišnje). Ovo je značajnija količina vezivanja i deponovanja ugljenika, kada se pravi poređenje sa svim drugim ekosistemima – čak i sa tropskim šumama.

## 2. OPIS PROBLEMA

Biodiverzitet Mediterana je danas ugrožen antropogenim uticajima, introdukovanim vrstama i klimatskim promenama. Faktori ugrožavanja su u Mediteranu proporcionalno veći nego bilo gde u svetskim okeanima [10]; uz dodatni intenzitet specifičnosti ovog ugrožavanja, brzina kojom se ovi faktori uvećavaju je od posebnog značaja. Budući biodiverzitet Sredozemlja je usko povezan sa aktivnostima koje će biti preuzete od strane ljudskog društva tokom narednih decenija. Sve morske trave u Mediteranu pokrivaju između 1,35 do 5 miliona hektara, što predstavlja 5–17% površine svih vrsta morskih trava na planeti [10]. Brzina nestanka morske trave je globalno iznad 1,2% godišnje, dok je u Mediteranu to čak i do 5% [11]. U basenu Mediterana povlačenje morske trave je relativno ograničeno (između 0 i

10% tokom 20. veka [5]). Ipak, u pojedinim regionima koji su pod jakim antropogenim uticajem, povlačenje može biti značajnije (5–8% godišnje [12]). Staništa *Posidonia oceanica* su najugroženija od svih morskih trava: gotovo polovina istraživanih područja Mediterana trpi čist gubitak gustine populacije od 20% tokom poslednjih 10 godina. Osim direktnog ugrožavanja od ljudskih aktivnosti, tu su i povećanje temperature mora i invazivne vrste [13, 14]. CO<sub>2</sub> rastvoren u morima i okeanima stvara ugljenu (karbonatnu) kiselinu H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, što rezultuje povećanjem H<sup>+</sup> jona i umanjenju pH morske vode. U poređenju sa preindustrijskom erom, pH površinske vode u okeanima je pala za 0.1 pH, i to je trend koji će se nastaviti u predstojećim decenijama. Od 1870. do 2001, promena u vodenom stubu Mediterana dovela je do zakiseljenosti između –0.14 do –0.05 [15]; ove vrednosti svrstavaju Mediteran u jednu od najugroženijih svetskih regija pogođenih ovim fenomenom.

Gubitak svih vrsta morske trave na morskom dnu razlikuje se po tome što ga primarno uzrokuje pad kvaliteta vode, kao i mehanička oštećenja izazvana bagerisanjem, nasipanjem, kočarenjem i sidrenjem. Ovi uticaji variraju geografski, a direktna proporcija sa pojedinim faktorima zahteva posebna istraživanja [9]. Pozitivne prakse razvijenih zemalja u finansiranju projekata konzervacije „plavog ugljenika” u zemljama u razvoju, mogu značajno unaprediti stanje lokalne zajednice, istovremeno unapređujući organizaciju celokupnog sistema zaštite prirode.

### 3. PREPORUČENI RAZVOJNI MEHANIZMI

Zaštićena područja u moru (ZPM = MPA *eng. Marine Protected Area*) su posebna područja za očuvanje priobalnih ekosistema, koja mogu imati i dodatnu ulogu u vezivanju ugljenika. U njima su već upregnuti potrebni ljudski resursi i tehnički kapaciteti, u cilju efikasne primene neophodnih aktivnosti koje se vezuju i za projekte „plavog ugljenika”: monitoring, mapiranje, primena mera zaštite, proce-  
ne itd. Funkcionalno ZPM ima upravljačke mere koje primenjuje, a koje omogućavaju lakšu primenu projekata „plavog ugljenika”, umanjujući time troškove koji se vezuju za ovakve projekte. Zaštićeno područje u moru bi, pokretanjem projekta „plavog ugljenika”, moglo zauzvrat da ostvari održivi izvor prihoda za svoje finansiranje i dnevno upravljanje [16].

Uprkos svom značaju i potencijalima isplativosti čiste redukcije emisije gasova, prirodni rezervoari „plavog ugljenika” umnogome su ostali izvan raznih međunarodnih i nacionalnih programa i planova borbe sa klimatskim promenama. Dok se *Okvirna konvencija Ujedinjenih nacija o klimatskim promenama* (UNFCCC) eksplicitno odnosi na konzervaciju i proširivanje priobalnih i morskih ekosistema, zapravo nikada nisu vođene diskusije posvećene ovim ekosistemima u okviru *Konvencije* i *Kjoto protokola*, što je najverovatnije rezultat nerazumevanja uloge koju oni imaju u ciklusu kruženja ugljenika. Iako ugljenik sadržan u priobalnoj morskoj vegetaciji nije obuhvaćen *Kjoto protokolom*, studije ukazuju na glavnu ulogu

koju ova prirodna skladišta („rezervoari” – *eng. sink*) imaju sa učešćem oko 40% ( $50 \cdot 10^6$  tC a<sup>-1</sup>) sveukupnog ugljenika koji godišnje uskladišti kopnena vegetacija [6]. Rezervoari ugljenika su prirodni ili veštački rezervoari u kojima je ugljenik akumuliran u nekom dužem vremenskom periodu. Od početka industrijske ere, emisija ugljenika nastala kao rezultat ljudskih aktivnosti ( $9.1 \cdot 10^9$  tC a<sup>-1</sup>, Candell *et al.*, 2007) značajno je uticala na ciklus kruženja ugljenika u prirodi (kao primer mogu poslužiti globalno zagrevanje i povećanje kiselosti okeana). Uzimajući u obzir rezervoare organskog ugljenika (maksimalna procena vezivanja  $8.75 \cdot 10^6$  tC a<sup>-1</sup>), livade *Posidonia oceanica* čine glavni rezervoar ugljenika za CO<sub>2</sub> u Mediteranu. Procene iznete ovde mogu se smatrati za polazne tačke. Sa objavljivanjem najnovijih podataka postalo je jasno da su količine vezanog ugljenika osetljivije i varijabilnije nego što se smatralo, te se redefinišu i koncepti morskih „rezervoara” ugljenika.

Tabela 1: Procene deponovanog ugljenika i izvora povezanih sa livadama murave[17]

Protok u Mediteranu		
	g C m <sup>2</sup> a <sup>-1</sup>	10 <sup>6</sup> tC a <sup>-1</sup>
Rezervoari organskog C (sequestration)	6 to 175	0.15 to 8.75
Ugljenik nastao taloženjem (emission)	28 to 83	0.7 to 4.2
Balans	-147 to + 77	-8.1 to + 4.1

Pored navedenih vrednosti koje se odnose na ulogu rezervoara (*sequestration*) ili izvora (*emission*) ugljenika u livadama *Posidonia oceanica*, izgleda jasno da glavna briga za ove formacije leži u akumulaciji, stvaranoj tokom dugog vremenskog perioda, značajne količine ugljenika vezanog u *matte*. Stoga se dalji naponi usredsređuju na zaštitu podvodnih livada murave, kako bi bilo izbegnuto da se ugljenik sadržan u njima raspadanjem ubrzano oslobađa u dalju cirkulaciju, i u atmosferu.

#### 4. KONZERVACIONI PRISTUPI SPORORASTUĆOJ BILJCI

Mnoge studije naglašavaju sposobnost murave da rekolonizuje podlogu kada se otkloni uzrok koji je izazvao njeno nestajanje<sup>[18]</sup>. U svakom slučaju, ona raste veoma sporo (maksimalni rast tokom godine od 7 cm zabeležio Caye, 1982), a vreme potrebno za povratak u prethodno stanje je najčešće predugo sa stanovišta ljudskog veka. Njena sposobnost i brzina rekolonizacije zavise od prirode inicijalnog poremećaja, kao što i odsustvo poremećaja ne povlači automatski rekolonizaciju. Spororastuća životna strategija biljke dodatno otežava precizno praćenje rekolonizacije. Period od 10 godina (što je bio maksimalni period trajanja prethodnih aranžmana u okviru *Kjoto protokola*), u budućim kalkulacijama plavog ugljenika u livadama murave bi trebalo uzeti kao minimalni period za pouzdanije rezultate merenja. Čak i tada, sa stanovišta rasta ove biljne zajednice sa izuzetno dugim život-

nim vekom (meri se vekovima i milenijumima), kratkoročna postignuća u periodu od 10 godina, mogu lako nestati „preko noći”, usljed normalnih varijacija uslova sredine i prirodne smrtnosti u biljnoj populaciji. Ovo se mora uzeti u obzir kod rezultata postignutih veštačkim i eksperimentalnim sađenjem i transplantacijom biljke, kao moguće merne vrednosti prilikom aranžmana vezanih za „plavi ugljenik”. Potvrda uspešne ciljane rekolonizacije jedne livade stoga mora biti uzeta u obzir kao projekat koji traje „ceo život” naučnika ili onoga ko projekat sprovodi.

Raznovrsnost površina pod muravom je u tome da područja koja se mogu vrednovati u pogledu „plavog ugljenika”, pre svega su područja sa značajnim slojem *mattea*, koji je glavni rezervoar ugljenika. Debljina ovoga sloja varira i rezultat je životnog veka livade, koji odražava dugački period pogodnih uslova sredine u kojima je biljka rasla. U slučaju odumiranja biljke, *matte* ima najintenzivniji period raspada tokom narednih 30 godina, uz oslobađanje 400 tona/ha CO<sub>2</sub> godišnje (u izuzetnim slučajevima moguće i do 500 tona/ha/godišnje). Ova karakteristika livade je dodatno bitna u proceni efektivnosti konzervacionih metoda koje su preduzete. Specifičnosti livada murave treba imati u vidu prilikom svakog budućeg mehanizma procene efikasnosti zaštite, posebno uzimajući u obzir da su dosadašnji aranžmani pod *Kjoto protokolom* za slične projekte pravljeni najviše za period od 10 godina, a samo u izuzetnim prilikama za period od 7 + 7 ( + 7) godina.

## 5. METODE PROCENJIVANJA [19]

U okviru aktivnosti našeg multidisciplinarnog projekta (MedCEM/MedPAN *Economic benefits of sustainable development and potential blue carbon value of Katič MPA*) tokom 2012/13. godine, posebna pažnja je bila usmerena na proučavanje situacije u prvom budućem projektovanom Zaštićenom području u moru – Katič, koje se nalazi u centralnom delu Crnogorskog primorja. Od 10 odabranih pozicioniranih transekata, 4 su bila udaljena najmanje jednu nautičku milju od drugog (Maljevik, Čanj, Buljarica 1 i Buljarica 2). Preostalih 6 transekata pozicionirani su u okviru jednog kvadratnog kilometra, koji okružuje ostrvo Katič. Istraživanju se pristupilo na tri prostorna nivoa: 1) na razmeri celokupnih livada (postojeći satelitski snimci, ronjenje, osmatranje drop-kamerom sa plovila), 2) na lokalnoj razmeri pojedinačnih livada (cementni markeri, metalni kočiči, fotografije) i 3) na mikroskali (gustina trave, opis i merenja izdanaka i listova, laboratorijsko-hemijske analize uzoraka).

Na prikupljanju ovih podataka sa terena provedeno je preko 20 sati na brodu za osmatranje dna sa drop-kamerom (podvodna kamera na produžnom kablju – Atlantis) u cilju određivanja prostiranja vegetacije dna, uz markiranje GPS lokacija (Garmin GPS 72). Preko 80 individualnih zarona na terenu obavljeno je od juna 2012. do juna 2013. godine u cilju neposrednog istraživanja, procena i uzimanja uzoraka. Merenje dubina, pravaca prostiranja livada i temperature obavljeno je

ručnim ronilačkim kompjuterima (Aladin, Galileo i Suunto). Svi relevantni podaci su georeferencirani i uneti u ArcGIS program. Transekti su obeleženi na tri tačke merenja gustine (metalni kočići) – na najdubljoj ivici trave, na relativnoj sredini transekta – dubini od 15 metara, kao i na najplićem delu livade. Na srednjoj tački transekta (dubina 15 metara) uzimano je po 10 izdanaka kao uzorak trave za merenje morfoloških karakteristika lista i laboratorijske analize. Urađena je podvodna foto i video dokumentacija svih aktivnosti. Merenje gustine izdanaka trave vršeno je kvadrantima 40 X 40 cm. Line Intercept Transect (LIT) metod [20, 21] je korišćen za kalkulaciju procenta indeksa pokrivenosti CI (Cover Index). Horizontalna providnost merena je *Secchi* diskom  $\varnothing$  20 cm, a vertikalna providnost sa  $\varnothing$  30 cm. U cilju dugotrajnog praćenja tendencije povlačenja ili napredovanja livada trave, kao stanice za monitoring postavljeno je 16 balisaža (balises – teške betonske polulopte kao markeri, učvršćene za morsko dno), koji su postavljeni na 4 lokacije, u redu po 4. Balisaži su postavljeni na izmerenoj udaljenosti od ivice livade i dokumentovane fotografijama i crtežima. Na uzorcima vertikalnih rizoma, sa dubine 15 metara, merene su morfološke karakteristike poput broja listova, njihove dužine, širine, koeficijenta A za svaki izdanak, i LAI indeksa koji su izračunati i zabeleženi.

Dodatno, saznanje o prostiranju livada je upoređeno sa satelitskim podacima koji su obrađeni putem daljinskog očitavanja i procesuiranja slika zahvaljujući dostupnim Planetek Italia – WorldView 2 satelitskim snimcima, koje je u Crnoj Gori predstavila 2012. godine inženjerska asocijacija DFS. Nihove GIS mape predstavljaju tipove morskog dna i pretpostavljenu rasprostranjenost vegetacije dna na dubinama od 0–25 m duž crnogorske obale. Obradjeni podaci sa tih mapa predstavljaju osnovu za buduće kartiranje tipova morskog dna celog Crnogorskog primorja.

## 6. UOBIČAJENI ALATI I PRAKSE – REFERENTNA PREDVIĐANJA I KALKULACIJE

Ustanovljenje sistema praćenja morskih livada skrivenosemenica je postavljeno kao prioritet poslednjih nekoliko decenija. Postoje dva sistema: Mreža praćenja morske trave (*SeagrassNet*) postavljena na globalnom nivou početkom 2000. godine, koja pokriva sve vrste morskih trava [22], i Mreža praćenja *Posidonie* (*Posidonia Monitoring Network* – RSP u Francuskoj), koja je krenula početkom 1980. [23], a koja se koristi samo za livade *P. oceanica*, mada se može prilagoditi i drugim vrstama u Mediteranu. Uzimajući prosečnu debljinu *mattea* u obzir (od 1 do 4 metra), ugljenik uskladišten na ovaj način može biti procenjen na količinu između 100 i 410 g C m<sup>2</sup> [24, 25, 26]. To predstavlja 2.5 do 20.5 10<sup>9</sup> tC u razmerama Mediterana, odnosno 11 do 89% od CO<sub>2</sub> emisije proizvedene od strane svih mediteranskih zemalja, putem sagorevanja raznih goriva od početka industrijske revolucije (23 10<sup>9</sup> tC po CDIAC (Carbon Dioxide Information Analysis Center, 2010). Na tr-

žištu trgovine ugljenikom, količina koju sekvencijom vezuju livade *P. oceanica* se vrednuje od 3 do 45 € m<sup>2</sup>, odnosno 17 do 250 puta više nego što je slučaj kod tropskih šuma [19]. *Kjoto protokolom* određeni su limiti emisije gasova staklene bašte u razvijenim zemljama za period 2008–2012, i ustanovljena tri „fleksibilna mehanizma” koji, pored ostalog, pomažu smanjenju troškova dostizanja ovih limita: *JI* (*Joint Implementation*) ili *Zajednička primena* je projekat baziran na mehanizmu mogućem u okviru zemalja iz Aneksa I, dok *CDM* (*Clean Development Mechanism*) ili *Mehanizam čistog razvoja* obuhvata i izvesne projekte u zemljama u razvoju. *CDM* ima dodatnu namenu da podrži održivi razvoj zemalja u razvoju. Treći „fleksibilni mehanizam” je trgovina međunarodnim emisijama, koja omogućava trgovinu emisijama kvotama, naknadama i kreditima. Uključenjem „plavog ugljenika” u zemlje Aneksa I (*Kjoto protokol*), zemlje obveznice i fleksibilni mehanizmi mogu biti značajan izvor finansiranja za pomoć projektima i očuvanju „plavog ugljenika” – ukoliko se nastavi trgovina po *Kjoto protokolu*.

Dva su osnovna mehanizma za plaćanje emisijama limitnih kvota za izbegnutu emisiju ili uvećanja zaliha deponovanog ugljenika: 1) Tržište usluga baziranih na *Okviru Konvencije Ujedinjenih nacija o klimatskim promenama* (*United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC*) i 2) Dobrovoljna tržišta (*Voluntary markets*). Na tržištu usluga, *UNFCCC* (kao i *Kjoto protokol* iz 1997) udružio je preko 190 zemalja u dogovor oko smanjivanja emisije ugljenika (CO<sub>2</sub>, kao i drugih gasova staklene bašte). *Kjoto protokolom* omogućeno je državama da trguju svojim vlasništvom nad emisijama kvotama (dozvoljenim limitima emisije CO<sub>2</sub>) u cilju lakšeg i efikasnijeg postizanja konačnog efekta (cilja). Trenutno ne postoji mogućnost direktnog ulaska za aktivnosti vezane za „plavi ugljenik” pod *EU ETS* (*Emission System Trading*). Jedan od mogućih puteva za stvaranje mogućnosti ulaska ovih aktivnosti bi bio angažman Evropske komisije (*European Commission*) i lobista za prihvatanje kredita „plavog ugljenika” pod *EU ETS* posle 2020. godine. Broj trenutnih projekata „plavog ugljenika” na tržištu je još uvek ograničen i postoji velika potražnja da se razvijaju projekti koji obuhvataju aktivne rezervoare ugljenika kakve su morske trave Mediterana. [16]

## 7. REZULTATI ISTRAŽIVANJA POTENCIJALA ZPM KATIČ

Različiti uporedni podaci sakupljeni iz svakog transeka i merne tačke su prikazani u okviru višestrukih uporednih tabela i grafikona kao „Rezultati laboratorijskih analiza iz prikupljenih uzoraka”, koji su sastavni deo zaključne dokumentacije *MedCEM/MedPAN* projekta „Ekonomska dobit u održivom razvoju putem vrednovanja plavog ugljenika u budućem ZPM Katič” (<https://medcem.org>). Sveukupnost rezultata ukazuje na to da je generalno stanje livada *Posidonia oceanica* u budućem ZPM Katič dobro ili iznad proseka, ali su uočene i degradacije livada na određenim mestima. Uslovi sredine su povoljni za rast na svim podlogama (uklju-

čujući i stene) i na različitim dubinama, stvarajući na pojedinim mestima sloj *matte* debljine (visine) 1–2 metra (dok arhivski podaci ukazuju da su se u neposrednom okruženju planirane ZPM Katič – Barskom zalivu – nalazili slojevi debljine i do 14 metara!). Nijedna invanzivna vrsta za sada nije uočena kao ozbiljna pretnja za ove livade, ali je i zaključeno da je prenamnoženost morskih ježeva važan parametar za dalje praćenje.



Gis karta 4 – Nove površine murave utvrđene istraživanjem ZPM Katič i okoline

GIS mape bazirane na satelitskim snimcima pokazuju u okviru planiranog ZPM pokrivenost od 1,72 km<sup>2</sup> livadama *Posidonia oceanica*, fragmentiranih u 29 manjih livada, prosečne površine od 590 m<sup>2</sup>. Iako granice ZPM još nisu definitivno usvojene, po sadašnjim planovima ovo područje zahvata oko 27,22 km<sup>2</sup>, odnosno 2.722 hektara. Primećene su i značajne razlike između livada mapiranih prema satelitskim snimcima i podacima unesenim u GIS prikupljenih našim istraživanjima na terenu. Ovo je posebno uočljivo u okruženju ostrva Katič, gde je veći deo istraživanja sproveden. Površine livada ucrtanih na osnovu satelitskih snimaka i površine livada ucrtanih iz rezultata našeg istraživanja na terenu u ovom posebnom slučaju preklapaju, samo u 5%, što predstavlja važan činilac za relevantnost podataka. Zaključeno je da deo površina upisanih kao „Sun glint” ovde zapravo kriju satelitskim snimcima neprepoznatljive livade murave. Prema primeru provizornog kvadratnog kilometra oko ostrva Katič, može se izračunati da je površina livada murave samo u ovom kvadrantu najmanje 68% veća od one koju prikazuje mapa koja se oslanja na satelitske snimke. I na pojedinim drugim transektima (Maljevik, Čanj) takođe je uočeno prostiranje livada daleko izvan granica ucrtanih prema satelitskim podacima napravljenim GIS mapama, tako da možemo proceniti da je blizu 50% postojećih površina pod livadama morske trave ostalo neprepoznato i označeno kao „Sun glint”. To ukazuje da je verovatnija procena od 2,58 km<sup>2</sup> (258 hektara) stvarne površine u ZPM koje pokrivaju livade murave, nego da je to površina od 1,72 km<sup>2</sup>, koliko nam pokazuju aktuelne mape zasnovane isključivo na satelitskim analizama.



Ukoliko kalkulišemo najmanju moguću predviđenu cenu za rezervoare „plavog ugljenika” asimilovanog od strane livada murave (ona iznosi 6 evra po m<sup>2</sup> godišnje, ako uzimamo cenu CO<sub>2</sub> od 15 evra po toni), to bi značilo da celokupna vrednost livada *P. oceanica* u budućem ZPM Katič može biti procenjena na približno 15.480.000 evra. Još uvek je teško predvideti troškove upravljanja budućim ZPM Katič, ali se kao relevantna može uzeti prosečna cena održavanja prosečnog morskog rezervata srednje veličine, gde se cena troškova kreće u rasponu 50–300 eura po hektaru godišnje [27]. Ukoliko kao najpribližniju uzmemo pretkalkulaciju nešto viših troškova zbog zahtevnijih cenovnika upravljanja (200 evra po hektaru godišnje), možemo proračunati da će troškovi upravljanja, koji podrazumevaju i sve osnovne metode praćenja i kalkulacije „plavog ugljenika” u planiranom ZPM Katič, iznositi najviše 500.000 eura na godišnjem nivou. Iz svih ovih srednjih vrednosti i procena, može se prognozirati da bi maksimalna investicija do 5 miliona evra u ovakve projekte zaštite prirode – koji bi na 10 godina bili predmet kvota trgovine „plavim ugljenikom” – mogla obezbediti prihod i do 30 miliona evra posle 10 godina uspešno sprovedene zaštite.

## 8. DISKUSIJA

Najveći izazov u zaštiti livada murave je prevazilaženje povećanja ugrožavajućih faktora koji pogađaju biljku, kao i da se obezbede precizni dokazi o održivoj i uspešnoj konzervaciji. Zaštićeno područje u moru (ZPM) koje bi sprovodilo projekat „plavog ugljenika” prvu dobit bi ostvarilo prodajom ugljenikovih kredita i ti prihodi mogu biti značajni. Zavisno od površine koju projekat pokriva, kao i cene CO<sub>2</sub> na tržištu, prodaja kredita može ostvariti profit za ZPM u cilju finansiranja troškova upravljanja. Poslednje procene vrednosti morske trave u Mediteranu kreću se od 6 do 23 evra po m<sup>2</sup> godišnje (ako uzimamo cenu CO<sub>2</sub> od 15 evra po toni), što je 9 do 35 puta viša cena za m<sup>2</sup> godišnje nego kod tropskih šuma [7, 19]. Dodatno, mere kojima je izbegnuta degradacija ekosistema mogu obezbediti značajan indirektan doprinos kod drugih usluga koje morska trava obezbeđuje: stanište i uzgajalište za ribolovne vrste, ekoturizam, povećanu kontrolu erozije, unapređen sistem prečišćavanja voda i otpada itd.<sup>[16]</sup>

Stepen koristi koji će države biti u stanju da ostvare iz međunarodne podrške, uglavnom će zavisiti od njihove sposobnosti da primene robusna i verodostojna praćenja i evidenciju GHG sistema. Iako će detaljne mogućnosti i procedure za ovakve sisteme praćenja tek biti definisane, sadašnja praksa pokazuje da to neće biti iskazano samo na osnovu tona CO<sub>2</sub> koje su umanjene ili izbegnute da budu otpuštene, već i da će biti bazirane na upotrebi konzervativno procenjenih zastupnika i zahteva kvaliteta. Ovo će se dešavati pre svega u zemljama koje još uvek izgrađuju sveobuhvatno praćenje sistema izveštaja za precizna merenja emisija CO<sub>2</sub> u različitim sektorima.

## 9. ZAKLJUČAK

Postoji nekoliko različitih karakteristika livada morske trave koje moraju biti analizirane na raznim nivoima – uporedno sa uobičajenim pristupom za projekte sekvestracije ugljenika radi trgovinskih kvota koje se koriste za tropske šume, slatine ili zaštite mangrova. *Posidonia oceanica* je značajni subjekat u procesu klimatskih promena, ali je do sada bila izvan centra pažnje zbog specifične biologije i životnog ciklusa same biljke, kao i činjenice da se nalazi u dubinama Sredozemnog mora. Poslednji naučni zaključci ukazuju da konzervacija ove vrste predstavlja jedno od najefikasnijih i nipoželjnijih sredstava za zaštićena morska područja Mediterana.

Postojeće mape budućeg zaštićenog područja u moru Katič nisu pouzdane za određivanje precizne distribucije livada *Posidonia oceanica*. Za relevantna izračunavanja vrednosti „plavog ugljenika” na osnovu sadašnjih tendencija ovih livada, različiti parametri moraju biti praćeni tokom višegodišnjeg perioda. Zbog spororastuće prirode same biljke, kompjutersko modelovanje staništa (deo procesa ekološkog inženjeringa, koje se oslanja na matematičko modeliranje i simulacije u ekologiji, kao i modelovanje biodiverziteta) i prognoziranje distribucije vrste u konkretnom ZPM Katič mogu biti nepouzdana, jer se baziraju samo na raspoloživim podacima prikupljenim tokom poslednje 2–3 godine. Podaci emisije gasova staklene bašte (GHG) za ovo područje nisu dostupni.

Vrednost „plavog ugljenika” sadržanog u livadama *Posidonia oceanica* u području Katiča (kao i na drugim mestima) predstavlja dobru priliku za buduće dodatne mehanizme finansiranja zaštite prirode i ublažavanja efekata klimatskih promena. To je win-win-win strategija: na globalnom nivou svetskih programa konzervacije, održivom razvoju lokalne zajednice i opstanku same ugrožene vrste. Iako se još uvek sa oprezom mogu posmatrati proračuni na osnovu vrednosti koje su trenutno dostupne, proučavanje organskih rezervoara ugljenika potvrđuje da su livade *Posidonia oceanica* izuzetno značajni rezervoari CO<sub>2</sub>, što je i slučaj kod ZPM Katič. Evidentno je da suštinski interes za morsku travu *Posidonia oceanica* leži u akumulaciji (nastaloj tokom dugog vremenskog perioda) značajnih količina ugljenika vezanih u obliku *mattea*. Stoga se naponi pre svega odnose na konzervaciju ovih rezervoara, u cilju izbegavanja da ugljenik uskladišten u njima ponovo bude ubrzano oslobođen u cirkulaciju.

Imajući u vidu bitan doprinos morskih trava (*Posidonia oceanica* iznad svih ostalih) u vezivanju ugljenika putem izbegnute degradacije, i relativno ograničenih mogućnosti razvoja trgovine „plavim ugljenikom” na tržištu usluga, izgleda da bi projekti „plavog ugljenika” na Mediteranu trebali da budu usmereni ka dobrovoljnom tržištu (*Voluntary markets*).

*Ekonomska dobit u održivom razvoju putem vrednovanja plavog ugljenika u budućem ZPM Katič (MedCEM/MedPAN) je prvi projekat vezan za „plavi ugljenik” koji se realizuje u Mediteranu.* [16]

## LITERATURA

- [1] B. Haj, S. B. Nakhla, L. A. Ouerghi, C. Rais: „Specially Protected Areas in the Mediterranean Assessments and Perspectives” *UNEP-MAP-RAC/SPA, 2010. p. 9.*
- [2] G. Pergent, J. Romero, C. Pergent-Martini, M. A. Mateo, C. F. Boudouresque: „Primary production, stocks and fluxes in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*” *Marine Ecology Progress Series, vol. 106, March 1994. p. 139–146.*
- [3] M. A. Mateo, J. Romero: „Detritus dynamics in the seagrass *Posidonia oceanica*: elements for an ecosystem carbon and nutrients budget” *Marine Ecology Progress Series, vol. 151, May 1997. p. 43–52.*
- [4] C. M. Duarte, J. J. Middelburg, N. Caraco: „Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle”, *Biogeosciences, vol. 2. 2005. p. 1–8.*
- [5] C. F. Boudouresque, G. Bernard, G. Pergent, A. Shili, M. Verlaque: „Regression of Mediterranean Seagrasses caused by natural processes and anthropogenic disturbances and stress: a critical review” *Botanica Marina, vol. 52. November 2009. p. 395–418.*
- [6] C. Nellemann, E. Corcoran, C. M. Duarte, L. Valdés, C. De Young, L. Fonseca, G. Grimsditch: „Blue Carbon – A Rapid Response Assessment” *UNEP, 2009. p. 6–7.*
- [7] D. Laffoley and G. Grimsditch: *The Management of Natural Coastal Carbon Sinks IUCN, 2009. p. 1–3.*
- [8] „State of the World’s Forests” *FAO, 2011.*
- [9] B. C. Murray, L. Pendleton, W. A. Jenkins, S. Sifliit: „Green Payments for Blue Carbon: Economic Incentives for Protecting Threatened Coastal Habitats” *DUKE Nicholas Institute Report, April 2009. p. 1–37.*
- [10] C. Lejeune, P. Chevaldonné, C. Pergent-Martini, C. F. Boudouresque, T. Perez: „Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea” *Trends in Ecology & Evolution, vol. 25, No 4. April 2010. p. 250–260.*
- [11] N. Marba: „Loss of seagrass meadows from the Spanish coast: Results of the Praderas project” in „Global loss of coastal habitats: Rates, causes, and consequences” *Fundación BBVA, 2009. p. 61–84.*
- [12] N. Marbà, C. M. Duarte, J. Cebrián, S. Enríquez, M. E. Gallegos, B. Olesen, K. Sand-Jensen: „Growth and population dynamics of *Posidonia oceanica* on the Spanish Mediterranean coast: elucidating seagrass decline” *Marine Ecology Progress Series, vol. 137, June 1996. p. 203–213.*
- [13] J. Claudet and S. Fraschetti: „Human-driven impacts on marine habitats: A regional meta-analysis in the Mediterranean Sea” *Biological Conservation, vol. 143. No 9. July 2010. p. 2195–2206.*
- [14] S. Crooks, D. Herr, J. Tamelander, D. Laffoley and J. Vandever: „Mitigating Climate Change through Restoration and Management of Coastal Wetlands and Near-Shore Marine Ecosystems: Challenges and Opportunities” *The World Bank – Environment Department, Paper No. 121, March 2011.*
- [15] F. Touratier and C. Goyet: „Impact of the Eastern Mediterranean Transient on the distribution of anthropogenic CO<sub>2</sub> and first estimate of acidification for the Mediterranean Sea” *Deep-Sea Research Part I, vol. 58 No 1. 2011. p. 1–15.*
- [16] Thomas Binet: „Opportunities for seagrass blue carbon development in the Mediterranean Sea”, *Oral presentation on Petrovac MedCEM/MedPAN Workshop, May 2013.*
- [17] G. Pergent, H. Bazari, C. N. Bianchi, C. F. Boudouresque, M. C. Buia, P. Calabut, M. Harmelin-Vivien, M. A. Mateo, M. Montefalcone, C. Morri, S. Orfandis, C. Pergent-Martini, R. Semurod, O. Serrano, M. Verlaque: „Mediterranean Seagrass Meadows: Resili-

- ence and Contribution to Climate Change Mitigation, A Short Summary” IUCN, 2012. p. 30–33.
- [18] C. Pergent-Martini, V. Pasqualini, G. Pergent, L. Ferrat: „Effect of a newly set up wastewater-treatment plant on a marine phanerogam seagrass bed – a medium term monitoring program” *Bulletin Marine Sciences*, vol. 71. No 3. 2002. p. 1227–1236.
- [19] Primer: Kompenzacija emisije CO<sub>2</sub> od strane P. oceanica na Balearskim ostrvima: Balearska ostrva u Mediteranu su okružena velikim i izuzetno zdravim livadama murave. Iako ima mnogo mesta oko ostrva gde livade nisu mapirane ili gde su informacije o njenom prostiranju ograničene, pretpostavka je da se livade ove trave prostiru na približno 67.000 hektara. Poredeći ovo područje sa izuzetno visokim ugljenikovim naslagama u dugotrajnim rezervoarima, globalna naslaga je procenjena na 0.23 10<sup>6</sup> t C a-1. Ova vrednost odgovara 0.84 10<sup>6</sup> t CO<sub>2</sub> a-1. Kada se napravi poređenje sveukupne emisije CO<sub>2</sub> Balearskih ostrva, može se proceniti da murava koja okružuje ova ostrva kompenzuje 8.7% ove emisije. Sveukupna količina akumulacije jednaka je 105 godina ostrvske emisije CO<sub>2</sub>. Rezervoar ugljenika izdvojen u *matteu* je procenjen na 420 10<sup>3</sup> gC m<sup>2</sup>, što odgovara, po svakom kilometru obale, akumulaciji pet puta većoj od prosečne koja je zabeležena u Mediteranu. Na svetskom tržištu emisije ugljenika, ove rezerve iznose 4 milijarde evra, odnosno 6 € m<sup>2</sup>. Ove procene potvrđuju vanserijsku ulogu koju *Posidonia oceanica* ima na Balearskim ostrvima kao rezervoar ugljenika, i njenu jedinstvenu ulogu u kontekstu Mediterana. (Preuzeto iz F. MacCord and M. A. Mateo: „Estimating the size of the carbon sink represented by *Posidonia oceanica* meadows along the coasts of the Balearic Island” *Proyecto final de investigación, Master en Cambio Global, UIMP-CSIC*, 2010. p. 35)
- [20] C. N. Bianchi, R. Pronzato, R. Cattaneo-Vietti, L. Benedetti Cecchi, C. Morri, M. Pansini, R. Chemello, M. Milazzo, S. Frasciotti, A. Terlizzi, A. Peirano, E. Salvati, F. Benzoni, B. Calcinai, C. Cerrano, G. Bavestrello: „Hard bottoms” *Biol. Mar. Medit.*, vol. 11. suppl. 1, 2004. p. 185–215.
- [21] M. Montefalcone, G. Albertelli, C. Morri, C. N. Bianchi: „Urban seagrass: status of *Posidonia oceanica* facing the Genoa city waterfront (Italy) and implications for management” *Marine Pollution Bulletin*, vol. 54. No 2. February 2007. p. 206–213.
- [22] F. T. Short, L. J. McKenzie, R. G. Coles, K. P. Vidler, J. L. Gaeckle: „Seagrass-Net Manual for Scientific Monitoring of Seagrass Habitat” *Worldwide edition University New Hampshire Publication*, 2006.
- [23] C. F. Boudouresque, G. Bernard, P. Bonhomme, E. Charbonnel, G. Diviacco, A. Meinesz, G. Pergent, C. Pergent-Martini, S. Ruitton, L. Tunesi: „Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*” *RAMOGE Monaco pub 1-202*, 2006.
- [24] J. Romero, M. Pérez, M. A. Mateo, E. Sala: „The belowground organs of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* as a biogeochemical sink” *Aquatic Botany*, vol. 47, No 1. 1994. p. 13–19.
- [25] M. A. Mateo, P. Renom, R. H. Michener: „Long-term stability in the production of a NW Mediterranean *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadow” *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 291, No 3–4, May 2010. p. 286–296.
- [26] O. Serrano: „Insights in the mat of *Posidonia oceanica*: biogeochemical sink and paleoecological record. PhD Thesis”, *Ecology Department, University of Barcelona*, 2011.
- [27] A. Lopez: „Towards long-term financing mechanisms for the management and protection of the marine environment in Mediterranean” *Round table oral presentation, MedPAN Forum Antalya*, 2012.

Dušan VARDA

THE VALUE OF BLUE CARBON IN THE MEADOWS OF SEAGRASS  
(*POSIDONIA OCEANICA*) AS A SOURCE OF ADDITIONAL FINANCING  
FOR THE FUTURE PROTECTED KATIČ AREA OF THE SEA

*Summary*

Meadow of seagrass (*Posidonia oceanica*) can be evaluated on many levels – it could be estimated as the most important ecosystem of Mediterranean, but also due to important role that is performing in carbon cycles. New scientific research started initiatives for conservation programs that could be financed within „blue carbon” projects, which can bring additional benefits in planned Marine protected area of Katic.

Key words: *Posidonia oceanica*, blue carbon, carbon sinks, ZPM, MPA, nature protection, conservation, Katič