

Važnost zaštite i značaj bioma mangrova

Lazović, Teodora

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:005845>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-29**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)





SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
Biološki odsjek

VAŽNOST ZAŠTITE I ZNAČAJ BIOMA MANGROVA

Importance of protection and significance of the
mangrove biome

SEMINARSKI RAD

Teodora Lazović
tlazovic.stud.biol@pmf.hr

Prediplomski studij biologije
Undergraduate studies of biology

Mentor: izv. prof. dr. sc. Petar Kružić

Zagreb, 2020.

SADRŽAJ

Sažetak / Abstract	2
1 DEFINICIJA EKOSUSTAVA	3
1.1 UVOD	3
1.2 MANGALSKA FLORA	5
1.2.1 GEOGRAFSKA DISTRIBUCIJA	5
1.2.2 EKOTIPOVI I PODJELA MANGROVA	6
1.2.3 OSOBINE STANIŠTA I OSNOVNE PRILAGODBE	7
1.2.4 KARAKTERISTIČNE VRSTE	8
2 ZNAČAJ BIOMA MANGROVA	11
2.1 UBLAŽAVANJE KLIMATSKIH PROMJENA I APSOPCIJA CO ₂	12
2.2 ZAŠTITA OD EKSTREMNIH UVIJETA I AKUMULACIJA SEDIMENTA	14
2.3 KRUŽENJE NUTRIJENATA I HRANIDBENA MREŽA	15
2.4 MANGAL KAO HABITAT	16
2.5 EKONOMSKA VRIJEDNOST	17
3 RAZLOZI DEGRADACIJE I VAŽNOST ZAŠTITE	18
3.1 DEGRADACIJA I FRAGMENTACIJA STANIŠTA	18
3.2 TRENUTNI STATUS I TRENDOVI	20
4 ZAKLJUČAK	23
5 LITERATURA	24

Sažetak

Šume mangrova javljaju se u većini tropskih i subtropskih litoralnih područja u zoni plime i oseke i predstavljaju jedan od najproduktivnijih i najkompleksnijih morskih ekosustava. Vodenim staništima rijetko kada dominiraju biljke, no mangrove su jedne od njih i čine ključnu kariku između kopnenih i vodenih ekosustava. Mangrove imaju niz bitnih funkcija: ublažavaju efekte klimatskih promjena uslijed globalnog zatopljenja, skladište znatne količine asimiliranog ugljika u sediment (tzv. blue carbon) i štite obale od erozije. Osim toga mangrove akumuliraju sedimente, pročišćuju vodu i čine ključno stanište posebice za akva i avifaunu. Stanovnici obalnih regija nerijetko su socijalno-ekonomski direktno vezani za mangrovu, te resurse dobivene iz ekosustava koriste kao primarni izvor za stvaranje prihoda. Iz tog razloga neophodno je mudro i ekološki orijentirano upravljanje ekosustavom mangrova kako bi upotreba resursa bila održiva i kako bi se maksimalno minimizirala antropogena devastacija već ionako ugroženog ekosustava.

Ključne riječi: mangrove, ekosustav, blue carbon, akumulacija sedimenta, deforestacija

Abstract

Mangrove forests occur in most tropical and subtropical littoral areas in the tidal zone and represent one of the most productive and complex marine ecosystems. Aquatic habitats are rarely dominated by plants, but mangroves are one of them and form a key link between terrestrial and aquatic ecosystems. Mangroves have a number of important functions: they mitigate the effects of climate change due to global warming, store significant amounts of assimilated carbon in sediment (so-called blue carbon) and protect coasts from erosion. In addition, mangroves accumulate sediments, purify water and form a key habitat, especially for aqua and avifauna. Residents of coastal regions are often socio-economically directly linked to mangroves, and use ecosystem-derived resources as their primary source of income generation. For this reason, wise and ecologically oriented management of the mangrove ecosystem is necessary in order for the use of resources to be sustainable and in order to minimize the anthropogenic devastation of the already endangered ecosystem.

Keywords: mangrove, ecosystem, blue carbon, sediment accumulation, deforestation

1 DEFINICIJA EKOSUSTAVA

1.1 UVOD

Mangrove su specifični vegetacijski tip obalnih šuma halofitnih¹ drvenastih biljaka koje nalazimo cirkumtropski² najčešće u zaštićenim estuarijima, lagunama i na obalama rijeka na prijelazu sa kopna u more. Prilikom opisivanja ovog ekosustava treba razlikovati dva pojma: „mangrove“ koji se odnosi isključivo na biljnu populaciju i „mangal“ koji je sinonim za ukupnu šumsku populaciju koju osim biljaka sačinjavaju i mikrobi, gljive, biljke i životinje (Macnae, 1968). Oba izraza se vjeruje da potječu od malezijske riječi „manggi-manggi“ koja znači „iznad tla“, a ukazuje na karakterističan izgled zračnog korijenja mangrova. Mangal, zajedno sa pripadajućim abiotičkim faktorima čini kompleksan i specifičan ekosustav (vidi Slika 1), a zbog svoje posebnosti svi mangali diljem svijeta predstavljaju jedan od svjetski najugroženijih i ujedno najinteresantnijih bioma. Mangal je blisko povezan sa druga dva globalno ugrožena ekosustava - koraljnim (eng. coral reef ecosystem) te ekosustavom morskih cvjetnica (eng. seagrass bed ecosystem)(vidi Slika 8, Slika 13), a u nekim područjima i sa tropskim prašumama (eng. tropical rain forests; (Duke N. C., 2017)).



Slika 1 Fizičke i biološke komponente mangalskih bioma; prilagođeno prema (Kathiresan & Bingham, 2001)

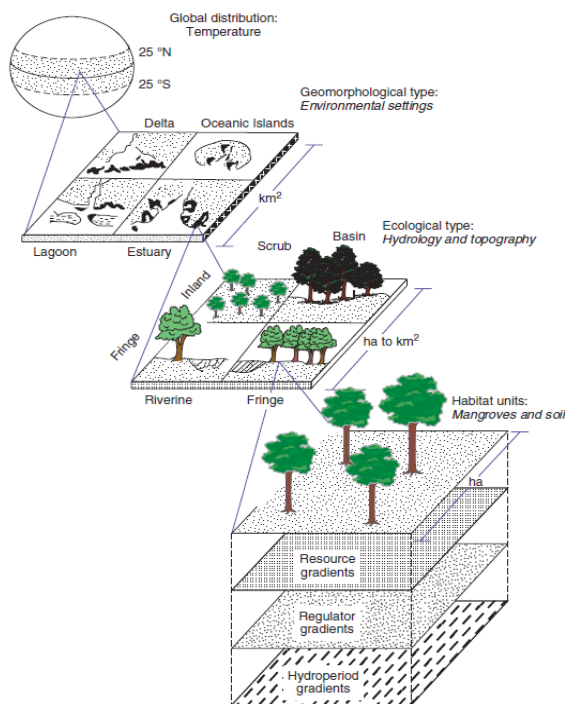
¹ biljne vrste prilagođene na rast u uvjetima visokog saliniteta (Grigore, 2019)

² subtropska i tropska rasprostranjenost na obje strane ekvatora između 30° sj. i 30° j. geogr. širine (Spalding, 1997)

Kada se govori o šumama mangrova, najčešće korišteni nazivi su “tidal forest” (hrv. šume plime i oseke), „coastal woodlands / swamps“ (hrv. obalne šume / močvare) i „oceanic rain forests“ (hrv. oceanske prašume) (Tomilson, 1987) (Saenger, 2013); (Duke, i dr., 2007) (Spalding, Kainuma, & Collins, 2010)) što sve upućuje na jedinstveno stanište i ekstremne uvijete u kojima te biljke rastu – oscilirajući salinitet, periodičke poplave, ekstremne razlike plime i oseke, jake vjetrove, povremene periode ekstremno visokih temperatura te muljeviti anaerobni sediment. Da bi preživjele u takvim ostrim uvjetima, mangrove su razvile visoko specifične morfološke i fiziološke adaptacije – zračno korijenje, viviparne sjemenke te razne mehanizme regulacije i izlučivanja viška soli (Duke & Larkum, 2008). Upravo zbog tih prilagodbi tvore ključnu sponu između kopnenih i morskih ekosustava te su nužni za opstanak i održanje kako jednih tako i drugih.

Region/subregion	Mangrove area (1 000 ha)
Eastern and Southern Africa	905
Northern Africa	31
Western and Central Africa	2 304
Total Africa	3 240
East Asia	32
South and Southeast Asia	5 331
Western and Central Asia	184
Total Asia	5 547
Total Europe	0
Caribbean	892
Central America	484
North America	1 195
Total North and Central America	2 571
Total Oceania	1 298
Total South America	2 130
WORLD	14 786

a)



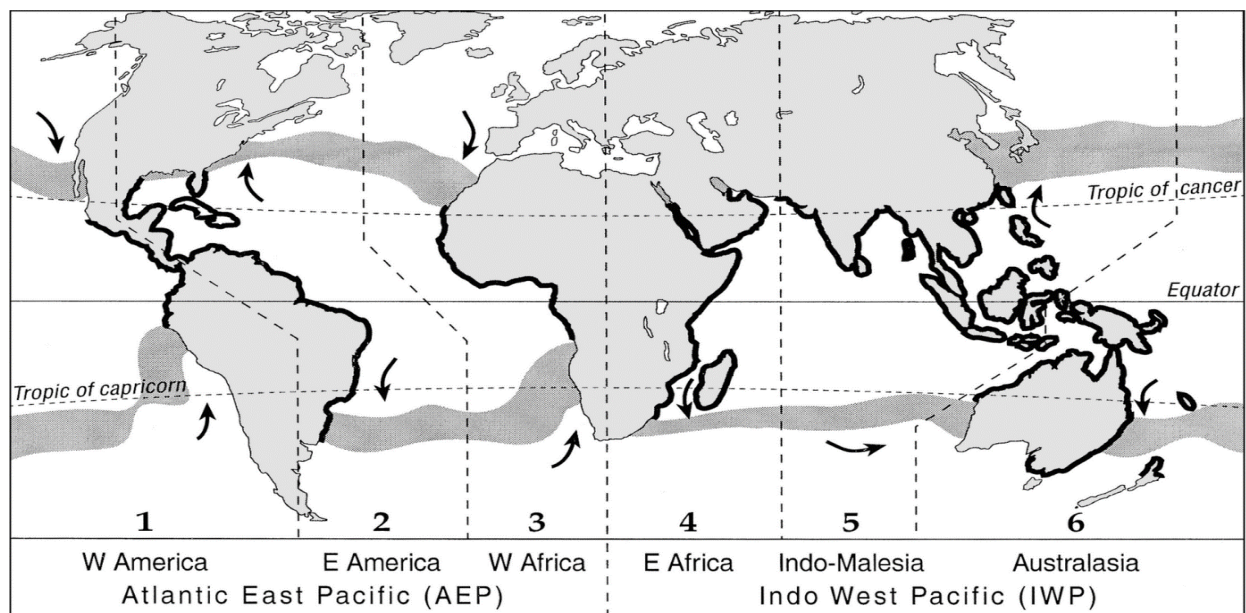
b)

Slika 2 a) Područje mangrova, prema regiji, 2020. (preuzeto iz (FAO, 2020)); b) Hijerarhijski sustav klasifikacije za opisivanje obrazaca strukture i funkcije mangrova na temelju globalnih, geomorfoloških (regionalnih) i ekoloških (lokalnih) čimbenika koji kontroliraju koncentraciju hranjivih resursa i regulatore gradijenta u tlu od rubnih obalnih prema unutaršnjim lokacijama šume. (Twilley & Day, 2013)

1.2 MANGALSKA FLORA

1.2.1 GEOGRAFSKA DISTRIBUCIJA

Na globalnoj razini, područje okupirano mangalnim ekosustavima može se podijeliti na IWP¹ (Indo-zapadni Pacifik) i AEP² (Atlantik, Istočni Pacifik) regiju te svaka regija ima drugačije grupacije vrsta mangrova (Hogarth, 2007); (Spalding, Kainuma, & Collins, 2010), vidi Slika 3). IWP regija pokriva 57% svjetskog mangalskog područja sa oko 90% vrsta, a AEP regija ima nešto manje od 10% vrsta mangrova i pokriva 43% svjetskih mangalskih područja. Raspodjela mangrova korelira s temperaturama površine zraka i mora te je uočeno da se protežu između 20°C izoterma od 30° sjeverne geografske širine do 28° južne geografske širine na Atlantskoj obali i u IWP regiji (Soares, Estrada, Fernandez, & Tognella, 2012) te do 38°45' južne geografske širine u Australiji i na Novom Zelandu (Hogarth, 2007).



 Isotherm of 20°C for the coldest month

 Major ocean currents

(redrawn from Duke *et al.*, 1998)

Slika 3 Globalna rasprostranjenost mangrova, 2000. Okomite isprekidane linije odvajaju biogeografska područja, a strelice predstavljaju glavne oceanske struje. Vodoravne isprekidane linije označavaju granice tropskog pojasa (23,5 ° S i J). Preuzeto i modificirano prema (Spalding, 1997) i precrtano prema (Duke, Ball, & Ellison, 1998)

Širina rasprostranjenosti mangrova ograničena je ključnim klimatskim uvjetima kao što su suhoća i učestalost ekstremno hladnih vremenskih perioda (Osland, Enwright, Day, & Doyle,

¹ eng. Indo-West Pacific

² eng. Atlantic, East Pacific

2013). Rasprostranjenost i strukturni razvoj unutar područja s prikladnim temperaturama dodatno je ograničen padalinama ili dostupnošću slatke vode ((Osland, i dr., 2019); (Alongi, 2014)). Fokus mnogih studija u prethodnom desetljeću bio je određivanje veličine mangalskog bioma diljem svijeta, što je konačno rezultiralo interaktivnom svjetskom mapom (The Mangrove Restoration Potential Map, 2018)(Worthington, i dr., 2018)). Iako su mangrove široko rasprostranjene na 123 tropska i subtropska teritorija, oni su zapravo rijetki na globalnoj razini, gdje pokrivanju manje od 1% svih tropskih šuma u svijetu (Spalding, Kainuma, & Collins, 2010).

1.2.2 EKOTIPOVI I PODJELA MANGROVA

Jedan od glavnih problema preciznosti određivanja raspona šuma mangrova bio je upravo u određivanju i definiciji prave mangrovske vegetacije. Tomilson (1986) je predložio podijelu mangrova na tri osnovne grupe: glavne vrste mangrova (eng. major mangrove species), sporedne vrste mangrova (eng. minor mangrove species) i suradnici mangrova (eng. mangrove associates).

Glavne vrste mangrova, tzv. istinske ili prave mangrove možemo prepoznati od ostalih vrsta prema sljedećim kriterijima:

1. pojavljuju se u isključivo u mangalima i ne proširuju na terestričke zajednice
2. imaju veliku ulogu u strukturi same mangalske zajednice
3. imaju morfološke specijalizacije koje im omogućuju prilagodbu na ekstremni okoliš u kojem rastu – posebice zračno korijenje i specijalizirane mehanizme izmjene plinova
4. imaju fiziološke mehanizme za izbacivanje i / ili ekskreciju soli
5. imaju viviparnu reprodukciju – tzv. plivajuće propagule
6. taksonomski su izolirane od terestričkih srodnika

	IWP	AEP	Worldwide
Families	17	9	18
Genera	24	11	32
Species + hybrids	63	19	80
Hybrids	9	2	11
Species – Hybrids	54	17	69
Subspecific taxa	4	1	5

Slika 4 Raspodjela porodica, rodova i vrsta u dvije žarišne točke u IWP i AEP podregijama (preuzeto iz (Duke N. C., 2017))

Prema Tomilsonu (1987) dva reda – Myrtales i Malpighiales¹ čine 25% svih porodica mangrova (Tomilson, 1987). Diljem svijeta u svim mangalskim ekosustavima pojavljuju se rodovi *Rhizophora* i *Avicennia* (Duke & Schmitt, 2015), a ostali dominantni rodovi mangrova su *Bruguiera* i *Sonneratia*. Međutim, postoji mnogo problema prilikom određivanja taksonomije mangrova, a većina njih se odnosi na hibridizacije između navedenih vrsta. Tom problemu je probao doskočiti Duke (2017) te je filogenetskim metodama potvrdio 18 porodica, podijeljenih u 32 roda i 69 vrsta pravih mangrova, ne uključujući hibride (Slika 4) (Duke N. C., 2017).

Zadnja grupa, suradnici mangrova, su biljke koje su pravi halofiti koji tipično rastu na kopnenim staništima, ali se znaju naći unutar ili u rubnom području mangalskih močvara. Biljke mangrova kolektivno tvore ekološki tip, više nego genetski entitet, s jedinstvenim genetskim sastavom za suočavanje s životom između plime i oseke (Twilley & Day, 2013). Upravo iz tog razloga, Worthington i Spalding (2018) su razvili novu globalnu ekotipologiju šuma mangrova četiri tipa: deltoidni, estuarijski, lagunski i rubni sustav. Prema toj tipologiji je trenutno diljem svijeta određeno 6000 tipoloških jedinica (Worthington, i dr., 2018)(vidi Slika 2b).

1.2.3 OSOBINE STANIŠTA I OSNOVNE PRILAGODBE

Vrlo je malo morskih ekosustava kojima dominiraju biljke, ali mangrove su jedan od njih. Biogeografska pozicija i specifičnost uvjeta mediolitoralne zone izmjene plime i oseke suočila je mangrove sa par ključnih ograničavajućih čimbenika za koje su morali razviti usko specijalizirane adaptacije koje su znatno utjecale na raspodjelu biljaka unutar mangala, a to su: oscilacije saliniteta vode i tla, poplavljenost, tj. promjene razine mora usred plime i oseke te dostupnost nutrijenata (vidi Slika 2b) (Duke N. C., 2017).

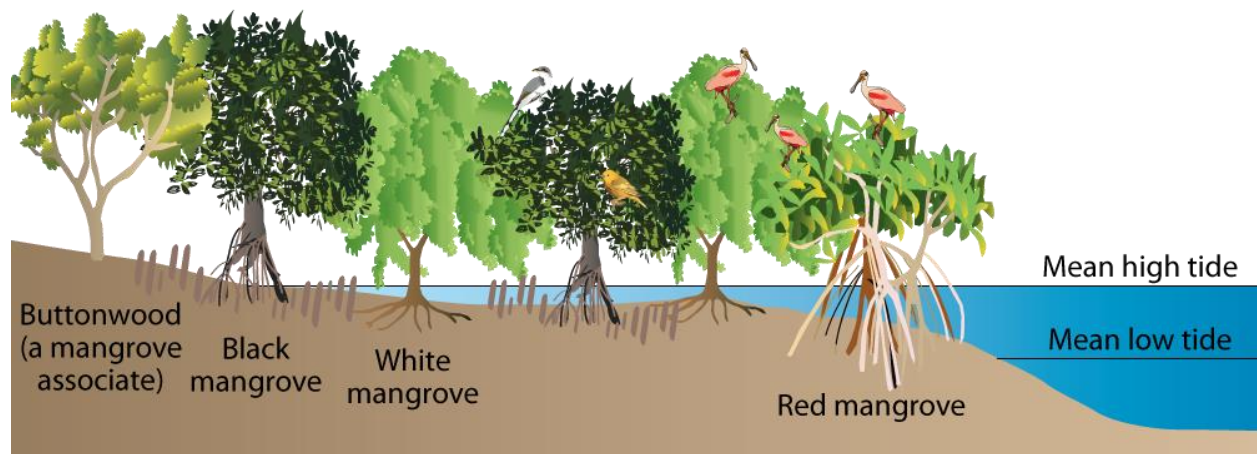
Neke od ključnih prilagodbi uključuju (Kruczynski & Fletcher, 2012):

1. Izlučivanje ili uklanjanje viška soli putem lišća, aktivno putem slanih žlijezda ili skladištenjem u senescentno lišće koje se apscizijom po potrebi odbacuje;
2. Kserofitni listovi koji štede vodu kako bi uspješno podnijeli stresna razdoblja visokog saliniteta;
3. Plutajuće, viviparne propagule² za uspješno širenje i uspostavu novih i postojećih kolonija; (Slika 7)
4. Niski potencijal vode i visoke unutarstanične koncentracije soli kako bi se održao idealni osmotski potencijal sa okolnom vodom u slanom okruženju;
5. Korijeni za disanje iznad površine vode sa specijalnim mehanizmom dopremanja vode i zraka u sustav podzemnog i podvodnog korijenja koji rastu u anaerobnim sedimentima; i,
6. Posebne potporne strukture korijena za rast s plitkim korijenskim sustavima. (Slika 6)

¹ u originalu Rhizophorales, ispravljeno prema (ITIS) -u (<https://www.itis.gov/>)

² Sadnica koja raste iz ploda; proces maturacije započinje dok je plod još uvijek pričvršćen za drvo.

Prirodna rasprostranjenost pojedinih vrsta i genotipova uglavnom je različita, a malo ih zauzima isti raspon (Duke N. C., 2017) upravo radi razvitka različitih prilagodba na limitirajuće faktore kod različitih vrsta. Zato kažemo da vegetacija mangrova pokazuje karakteristike vertikalne zonacije¹ duž gradijenta soli. Mangrove koje rastu bliže moru imaju veću toleranciju na salinitet i jače djelovanje morskih struja. Princip zonacije prikazan je konceptualnim dijagramom na Slika 5, a može se objasniti kroz četiri karakteristična vrste za mangalske ekosustave: crvena, crna i bijela mangrova te vrstu koja ne spada u prave mangrove ali je redovito stanovnik prijelazne zone viših stepenica mangala, gumeno drvo² *Conocarpus erectus*. (Kruczynski & Fletcher, 2012).



Slika 5 Konceptualni dijagram zonacije dominantnih vrsta mangrova u južnoj Floridi. (preuzeto od (Kruczynski & Fletcher, 2012))

1.2.4 KARAKTERISTIČNE VRSTE

Uz rub obale gdje su najteži uvjeti nalazi se crvena mangrova, *Rhizophora mangle*, a od ostalih vrsta se lako razlikuje po zamršenim, crvenkastim potpornim korijenima koji se iz debla granaju prema dolje. Korijenje crvene mangrove na područjima iznad razine vode puno je lenticela³ kroz koje „udiše“ zrak i skladišti ga u spužvasti aerenhim korijen, pa otkud i naziv „zračno korijenje“⁴. Ovi klupci korijenskih sustava povećavaju stabilnost, kao i zadržavanje

¹ raspored ili uzorak rasprostranjenosti biljnih zajednica ili ekosustava u paralelne ili subparalelne biogeografske trake kao odgovor na promjenu nekog od čimbenika okoliša.

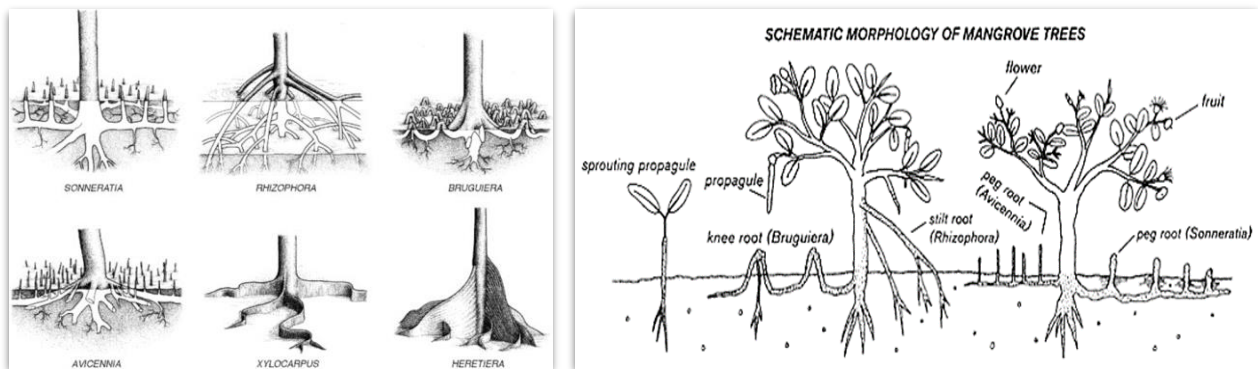
² eng. buttonwood, ne postoji službeni prijevod na hrvatski jezik

³ Pore u korijenu koje omogućavaju izmjenu plinova, ali ne i vode i otopljenih tvari. Lenticelle omogućavaju transport kisika kroz kanale u tkivima aerenhima pritom zadržavajući soli van korijena.

⁴ Eng. aerial roots, stilt roots

sedimenata iz okolne vode (Hogarth, 2007). Eliptični listovi glatkih rubova imaju sjajne, tamnozeleno gornje i blijedo zelene donje strane i javljaju se nasuprot jedni drugima duž grana. Vrste mangrova mogu se lagano razlikovati i po plutajućim viviparnim¹ sjemenkama – propagulama (Slika 7), a kod crvene mangrove one su izduljene i imaju oblik olovke.

Crna ili siva mangrova, *Avicennia germinans*, raste poviše crvene gdje promjene plime i oseke izlažu korijenje zraku na dulje periode. Za crnu mangrovu su karakteristični dugi vodoravni podzemni korijeni iz kojih izrastaju negativno geotropne izbočine u obliku olovke koje nazivamo pneumatofori. Pneumatofori strše iz tla oko debla, pružajući kisik podzemnim i podvodnim korijenskim sustavima koji se nalaze u anaerobnim sedimentima (Hogarth, 2007). Listovi se javljaju jedni nasuprot drugima duž grana, s gornjom sjajnom stranom i donjom gusto prekrivenom dlačicama. Osim roda *Avicennia*, pneumatofore imaju i rodovi *Sonneratia* i *Lumnitzera* (Kathiresan & Bingham, 2001). Viviparne propagule crne mangrove graškastog su oblika (Slika 7).



a)

b)

Slika 6 a) Različiti oblici strukture korijena mangrova. Preuzeto iz (Göltenboth & Schoppe, 2006) b) Shematski prikaz morfoloških prilagodbi različitih vrsta mangrova. (preuzeto iz (Teh, 2015))

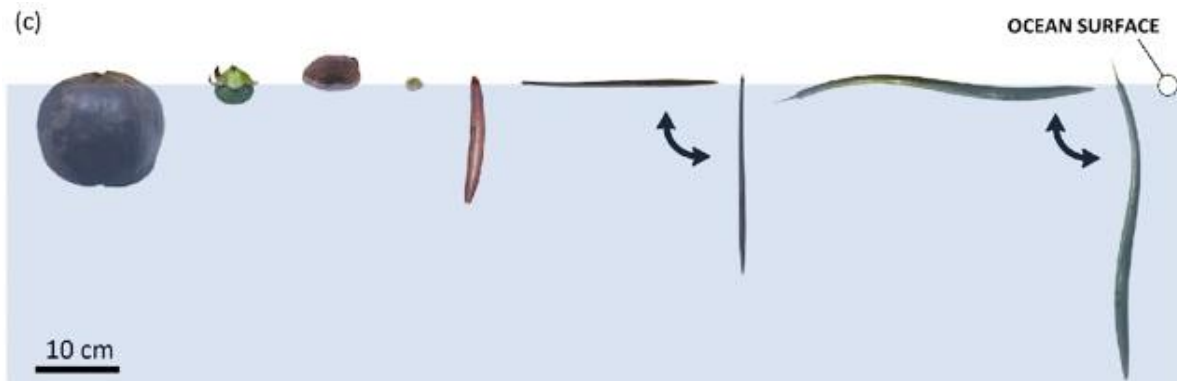
Bijela mangrova, *Laguncularia racemosa*, zauzima najvišu stepenicu mangala prema unutrašnjosti te za razliku od crvene i crne mangrove nema vidljivih zračnih korijena. Međutim, u slučajevima duljih poplava ili kada se nalazi u sedimentima osiromašenim kisikom bijela mangrova često razvija klinasto korijenje². Zadnji tip korijenja sa Slika 6 su tzv. „knee roots“ koje imaju rodovi *Bruguiera*, *Ceriops* i *Xylocarpus*. Listovi bijele mangrove su svijetle žuto-zelene boje, široki i ravni, s dva nektarija³ smještena pri dnu lista gdje počinje stabljika.

¹ Germinacija embrija iz ploda dok je još pričvršćen za majčinsku biljku

² eng. peg roots

³ šećerne žlijezde za privlačenje oprašivača

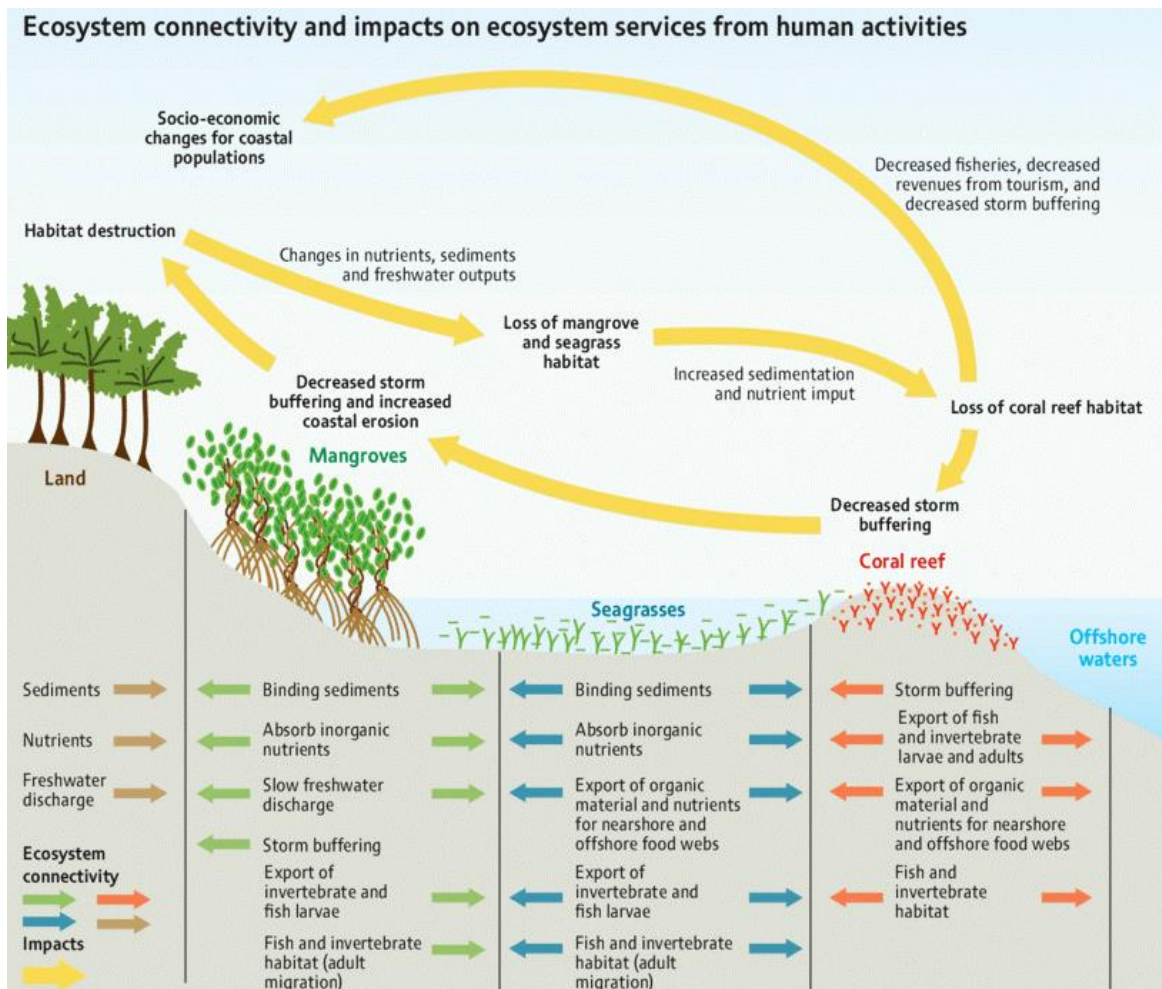
Na prijelaznoj zoni prema terestričkim habitatima, u zoni koja gotovo nikad nije potopljena nalazi se gumeno drvo, *Conocarpus erectus* i nerijetko je povezano sa zajednicama mangrova u mangal. Osim toga ova se biljka ne razmnožava propagulama, već stvara sjemenke, što dodatno ukazuje na njenu razliku od pravih mangala. Dok sve tri vrste mangrova imaju listove koji se javljaju jedni nasuprot drugima, listovi *Conocarpus erectus* alterniraju, kožasti su sa zašiljenim vrhovima i glatkim rubovima. U dnu svakog lista nalaze se dvije žlijezde koje izlučuju višak soli.



Slika 7 Različiti oblici propagula sljedećih vrsta mangrova (slijeva nadesno): *Xylocarpus granatum* (plod), *Sonneratia alba* (plod), *Heritiera littoralis*, *Avicennia marina*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Ceriops tagal* i *Rhizophora mucronata*. Za posljednje dvije vrste, propagule mogu plutati vodoravno ili okomito, promjenama između skiciranih položaja (dvostruka strelica); preuzeto iz (Stocken, Vanschoenwinkel, Ryck, & Koedam, 2018)

2 ZNAČAJ BIOMA MANGROVA

Značaj mangrova diljem svijeta istovremeno ima dvije međusobno zavisne komponente - ekonomsku i ekološku. Uspješno gospodarenje šumama mangrova i nedrvinim resursima ovisi o razumijevanju prvenstveno ekoloških i šumsko-uzgojnih¹ parametara (primarna proizvodnja), a zatim i bioloških uloga koju primarna proizvodnja igra u hranidbenoj mreži drugih vodenih ekosustava (sekundarna proizvodnja, vidi Slika 8). Također je bitno razumijevanje uloge ključnih vrsta u održavanju ravnoteže ovog specifičnog ekosustava.

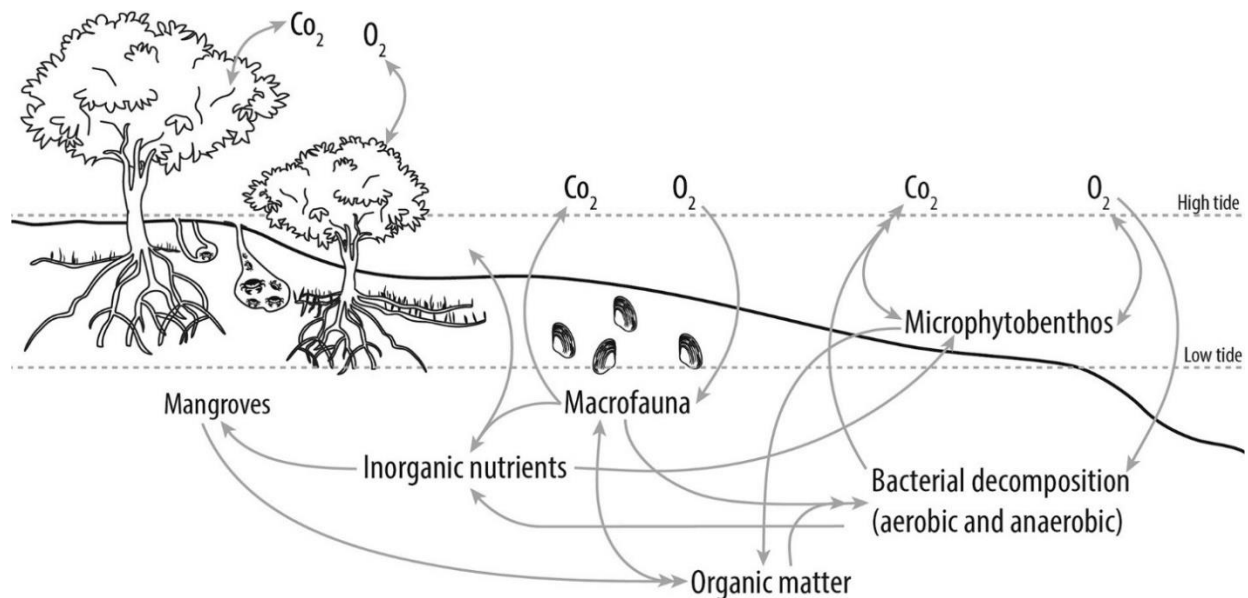


Slika 8 Dijagram povezanosti ekosustava mangrova, morskih cvjetnica i koraljnih grebena. Ekološka i fizička povezanost između ekosustava prikazana je za svaki ekosustav: **kopneni** (smeđe strelice), **mangrove** (zelene strelice), **morske trave** (plave strelice) i **koraljni grebeni** (crvene strelice). Prikazane su i potencijalne povratne informacije u ekosustavima zbog utjecaja različitih **ljudskih aktivnosti** na usluge ekosustava (žute strelice). (preuzeto iz (Silvestri & Kershaw, 2010))

¹ eng. silvicultural

2.1 UBLAŽAVANJE KLIMATSKIH PROMJENA I APSOPCIJA CO₂

Poput ostalih stabala, i mangrove asimiliraju atmosferski CO₂ u organske spojeve kako bi održavali postojeće te proizveli novo lišće, korijenje, granje i stabljike. Mangrove brzo rastu, što znači da fiksiraju puno CO₂, a u spletu korijenja imaju puno organskih tvari u obliku čestica (POM¹). Obilje POM rezultira visokom stopom naseljavanja bakterija u okolnim sedimentima. Korijenje mangrova blokira svjetlost i onemogućava rast bentoskih algi pa se tako razvija anoksični sediment koji sadrži puno sulfida. Anoksične sedimentne naslage mogu biti i po nekoliko metara debele, a nastanjene su obilnom i raznolikom mikrobiološkom faunom - reduktorima sulfata i metala, metanogenim i denitrificirajućim bakterijama što privlači i više organizme poput protista te meo- i makrofaune (Slika 9) (Bulmer, i dr., 2017). Njihove biogene strukture i biološke aktivnosti rezultiraju šumskim tlom koje je temeljito prožeto rupama, cijevima, pukotinama i jamama te istovremeno grubim i finim korijenskim sustavima. Takvo tlo stoga djeluje poput spužve, koja se alternativno drenira i natapa tekućinom i otopljenim plinovima i česticama uslijed redovitih plimnih poplava. U takvoj dinamičnoj rizosferi jedinstvene, visoko učinkovite i visoko specijalizirane skupine arheja, bakterija i gljivica modificiraju svoje mikrookruženje pretvarajući organsku otopljenu tvar (DOM²) u razne metabolite, uključujući metaboličke plinove poput metana i CO₂. Mangrove mijenjaju tlo translocirajući kisik u svoje korijene kako bi pomogli oksidaciji toksičnih metabolita, te na taj način pročišćuju sami sediment i okolnu vodu od onečišćenja. (Alongi, 2014).

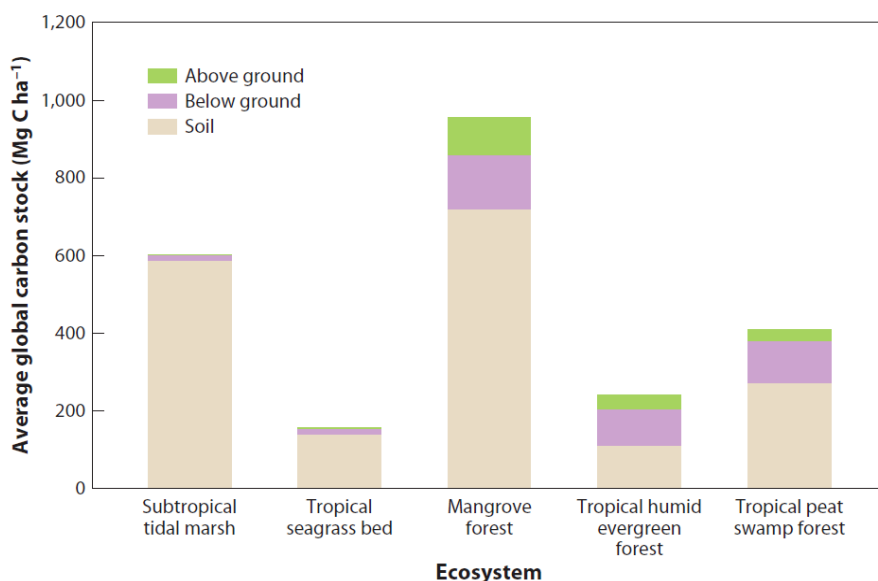


Slika 9 Pojednostavljena shema kruženja nutrijenata i CO₂. Preuzeto iz (Bulmer, i dr., 2017))

¹ eng. particulate organic matter, uglavnom mrtvo tkivo

² eng. dissolved organic matter, obrađeno mrtvo tkivo pretvoreno u otopljene čestice

Dio nastalog CO₂ se otopi u intersticijskoj vodi ili iscure iz šumskog dna preko površine tla, iz cijevi ili iz rupa van. Međutim, velike količine proizvedene kroz nekoliko metara podzemnih naslaga ostaju zarobljene u anoksičnom sedimentu. Razgradnja organskog biljnog materijala znatno je sporija kada nema kisika, pa ugljik većinom ostaje netaknut, umjesto da ga mikrobi razgrade i vrata u atmosferu. Kao rezultat, mangrove su vrlo dobre riznice¹ pohranjenog inertnog ugljika koji može tamo stajati stotinama ili čak tisućama godina. (Lavieren, i dr., 2012). Takav ugljik, očuvan u sedimentima i tlima vodenih ekosustava naziva se tzv. „blue carbon“ (hrv. plavi ugljik) te je sve češće sinonim za projekte usmjerene ka povećanju asimilacije i skladištenja atmosferskog ugljika povećanjem površina šuma mangrova. (Alongi, 2014). Mangal ima i sekundarne izvore fiksacije ugljika, drugi najveći unos ugljika dolazi od makroalgi koje koloniziraju nadzemno korijenje i mikroalgi koje čine „tepih“ šumskog dna. Dio unosa dolazi i transportom i taloženjem materijala uzvodno i iz susjednog obalnog područja. (Alongi, 2014).



Slika 10 Prosječne globalne zalihe ugljika u subtropskim močvarnim područjima izmjene plime i oseke, tropskim livadama morskih cvjetnica, vlažnoj zimzelenoj tropskoj šumi i šumskim ekosustavima močvarnih treseta u usporedbi s onim u subtropskim i tropskim ekosustavima mangrova. Preuzeto iz (Alongi, 2014)

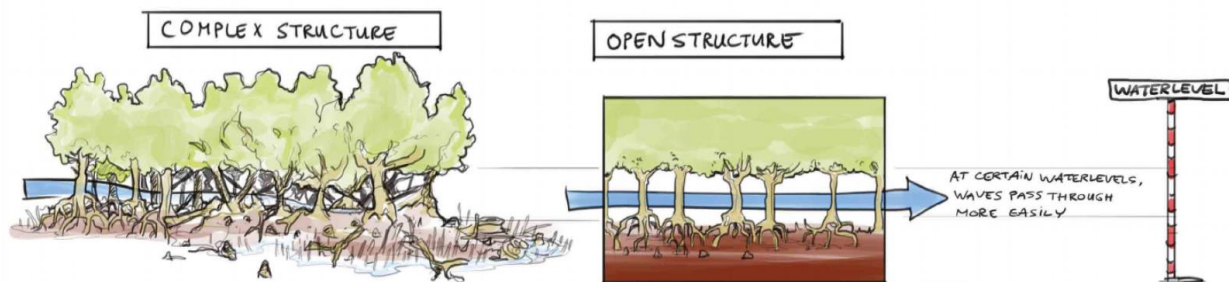
Iako su prosječne zalihe ugljika mangrova po jedinici površine najveće među svjetskim ekosustavima (ako izuzmemo tundre i tresetišta) (Ellison, Gilman, Duke, & Field, 2010), globalne zalihe ugljika mangrova iznose samo 1,6% ukupnih zaliha ugljika svih kopnenih ekosustava. Što se tiče sekvenciranja ugljika u obalnom okruženju, livade morske cvjetnice zapljenuju nešto više od dvostruke količine koju asimiliraju mangrove. Od ukupnih svjetskih tropskih zaliha podzemnog ugljika mangrove čine oko 50%, ali samo 4% u usporedbi s

¹ eng. carbon sink

kopnenim ekosustavima. (Alonghi, 2020). Sve to ukazuje na to da mangrove kao ekosustav vrlo malo pridonose globalnom skladištenju i sekvestraciji ugljika (Slika 10), pa je uloga mangrova u ublažavanju klimatskih promjena mala na globalnoj razini, ali iznimno značajna u tropskom obalnom području i učinkovita na nacionalnoj i regionalnoj razini, posebice u područjima s visokim stopama krčenja i uništavanja šuma.

2.2 ZAŠTITA OD EKSTREMNIH UVIJETA I AKUMULACIJA SEDIMENTA

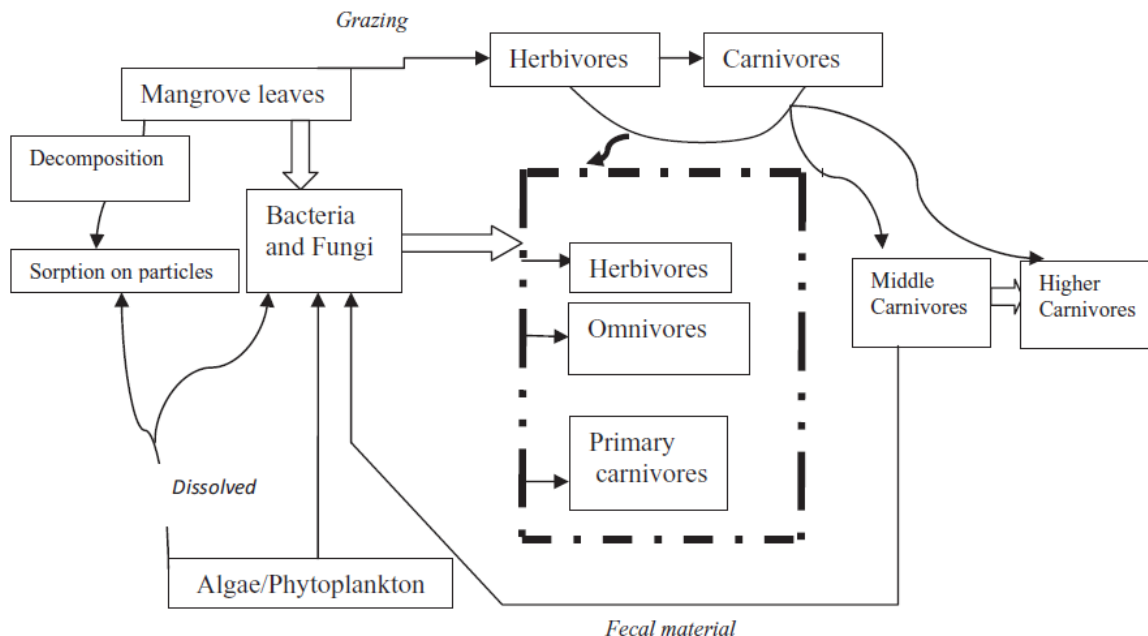
Ekosustavi mangrova su od značajne vrijednosti okolnim ekosustavima i ljudskim zajednicama te su za njih neophodna „pufer zona“ između kopna i mora. Sliv kopnene oborinske vode sa sobom donosi hranjive čestice, fini koloidni sediment i nerijetko otpad i toksine koji mreža korijenja mangrova zadržava, iznimno učinkovito filtrira i pretvara u gusti mulj pritom taložeći sedimente i ispuštajući samo čistu vodu van (Barbier, 2017). Zadržavanjem sedimenta dodatno pružaju stabilizaciju tla i postepeno podižu obalu (Murray, Pendleton, Jenkins, & Sifleet, 2011) (McIvor, Spencer, Möller, & Spalding, 2013), a filtracijom vode i upijanjem anorganskih hranjivih tvari i toksina poboljšavaju njenu kvalitetu. Prolaskom kroz splet korijenja protok slatke vode s kopna se znatno usporava čime se sprječava erozija obalnog sedimenta i štite staništa poput koraljnih grebena od zamuljivanja (Valiela, Bowen, & York, 2001). Okolni vodeni ekosustavi poput šuma kelpa, livada morskih cvjetnica i koraljnih grebena čine uzajamno isprepletenu mrežu međusobne suradnje (vidi Slika 8, Slika 13) u kojoj mangrove igraju bitnu ulogu. Zbog gustoće vegetacije i zamršenog korijenskog sustava mangrove također ublažavaju i suzbijaju vjetrove (McIvor, Möller, Spencer, & Spalding, 2012) kao i snažne vodene mase koje dolaze sa oceanske strane prema kopnu i nastaju olujama, tajfunima i ciklonima (Barbier, i dr., 2008). Na taj način obala i obalno stanovništvo u područjima s niskom nadmorskom visinom iza šuma mangrova ostaju zaštićeni (Slika 11), a štete na kopnenoj infrastrukturi drastično su manje. (Akber, Patwary, Islam, & Rahman, 2018) (Elliott & Wolanski, 2015) (Das & Vincent, 2009).



Slika 11 Mangrove kao prirodni sustav zaštite obalnih naselja. Preuzeto sa (Spalding, McIvor, Tonnejck, Tol, & Eijk, 2014)

2.3 KRUŽENJE NUTRIJENATA I HRANIDBENA MREŽA

Dvije glavne funkcije svakog ekosustava su razmjena nutrijenata među različitim trofičkim razinama (tok nutrijenata) i protok energije. Osnovno znanje o protoku energije u ekosustavu mangrova uglavnom se temelji na pionirskom radu na hranidbenim lancima mangrova na Floridi (Odum, Mcivor, & Smith III, 1984), a dijeli protok energije na dva osnovna puta: predatorski lanac iniciran grickanjem otpalog lišća i detritivorni hranidbeni lanac.



Slika 12 Konceptualni dijagram toka doprinosa lista mangrove prehranbenom lancu. Preuzeto od (Saifullah, Kamal, Idris, Rajae, & Bhuiyan, 2016)

Amphipoda i račići grickanjem¹ fragmentiraju otpalo lišće u POM i time započinju prvi hranidbeni lanac (Odum & Heald, 1975) (Sasekumar, Chong, Leh, & D’Cruz, 1992). Tek kada je lišće potopljeno napadaju ga gljivice, a nedugo nakon na njih se nasele bakterijske kolonije (Kathiresan & Bingham, 2001). Mikrobnom obradom nastaju DOM kojima se hrani fitoplankton koji čini 95% primarne produkcije mangrova. DOM koriste i razni korijenski epifiti i bentičke alge tamo gdje korijenje nije jako zasjenjeno, ali i livade morskih cvjetnica i šume kelpa u blizini ili na samim rubovima mangala. Međutim, bentoski udio algi u ušćima s visokom razinom suspendiranih sedimenata je dosta nizak, a tamo gdje je kontinentalni pojas rascjepkan ili gdje je nagib vrlo strm, u kombinaciji s visokoenergetskom obalnom linijom i visokom amplitudom

¹ eng. grazing

plime, vrlo je malo morskih cvjetnica. Iz tog razloga fitoplankton iz mangrova iznimno je važan izvor energije za relativno bistre duboke vodene mase siromašne nutrijentima u neposrednoj blizini mangala. Od fitoplanktona krug se dalje nastavlja predacijom sve do najviših trofičkih razina (Saifullah, Kamal, Idris, Rajae, & Bhuiyan, 2016), a u konačnici, kada autotrofi i heterotrofi uginu, saprotrofi razgrađuju složene organske molekule i vraćaju nastale hranjive tvari u tlo čime se ciklus zatvara.

Samo jedan dio listova mangrova bude napadnut „grazerima“, a velika većina ulazi u detritusni hranidbeni lanac koji započinje mikrobnom i gljivičnom razgradnjom potopljenih listova u lisni detritus (Aksornkoe, 1993). Čestice detritusa (DOM) i reciklirani detritusni materijal (fekalije) koriste razni detritivori, počevši od vrlo malih beskralješnjaka (meiofauna) pa do crva, mekušaca, kozica i rakova koje zauzvrat kao plijen love niži karnivori. Hranidbeni lanac završava višim zvijerima poput velikih riba, grabežljivih ptica, divljih mačaka ili samog čovjeka. Hranidbeni mreže u mangalu su obično kratke, ali vrlo kompleksnih uzoraka. (Aksornkoe, 1993).

2.4 MANGAL KAO HABITAT

Stablo mangrova centralni je dio ekosustava. Debla koja redovito potapaju plime te složene mreže kanala i plitki bazeni obrubljeni zapetljanim, međusobno isprepletenim i povezanim korijenima pružaju izvrsno sklonište i stanište ne samo ribama nego i mnogim drugim vrstama (alge, kamenice, dagnje, spužve i dr.) koje kao epifitski stanovnici korijena dodatno povećavaju dostupne habitatske niše (Kaiser, 2005). Zbog visoke produktivnosti mangrove osiguravaju pouzdane i bogate zalihe hrane složenom nizu vrsta morske, ali i kopnene faune (Nagelkerken, i dr., 2002). Alge koje se nakupljaju na površinama korijenja hrana su brojnim puževima, rakovima i škampima, a blatni sedimenti su idealan medij za kopanje jama u kojima oni žive. Puževi i juvenilne ribe hrana su močvarnim i vodenim pticama, a krošnje stabla mangrove nude arborealna staništa i gnjezdilišta širokom spektru avifaune, ali i brojnim terestričkim vrstama, uključujući i sisavce.

Postoji nekoliko ključnih indikatorskih vrsta mangala poput kamenice *Saccostrea cucullata*, puža *Cerithidea obtuse* i priljepka *Littoraria carnifera*. U mangalima možemo naći i dekapodne račiće, a jedna od rasprostranjenijih vrsta je *Uca chlorophthalmus*. Karakteristične vrste za mangal su riba *Toxotes jaculatrix* koja vodenim mlazom obara beskralježnjake sa grana i puž *Cerithidea decollata* svaki dan vertikalno migrira tražeći hranu na površini blata tijekom oseke da bi se prije nadolazeće visoke plime povukao natrag na drveće.

Nekoliko studija je pokazalo da mangrove mogu znatno utjecati na prisutnost i biomasu riba koraljnih grebena i ostalih obalnih tropskih staništa (vidi Slika 8 (Aburto-Oropeza, i dr., 2008)) jer pružaju važno mrjestilište i utočište za juvenilne jedinke koje su u složenim mrežama poplavljenog korijenja izvan dohvata većih grabežljivaca, pa mogu narasti dovoljno velike da bi potom preživjele u otvorenim morima. (Nagelkerken, i dr., 2002); (Mumby, 2006) (Jones, Walter,

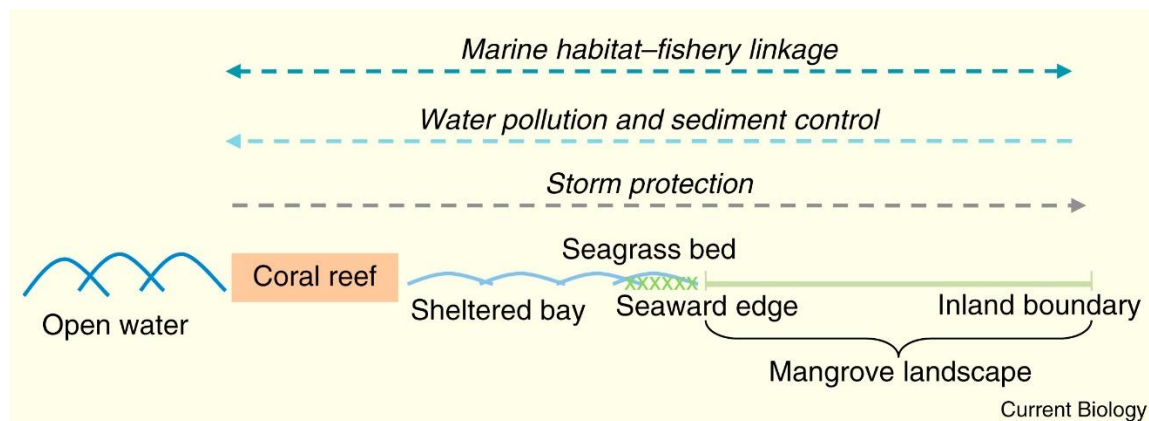
Brooks, & Serafy, 2010) (El-Regal & Ibrahim, 2014). U juvenilnim stadijima na mangrove se oslanjaju i mnoge komercijalno upotrebljive vrsta riba, no koriste ih kao hranilišta i kao odrasle jedinke.

Mangrove su važan habitat i za mnoge kopnene, estuarine i morske vrste: od morskih kornjača poput kritično ugrožene *Eretmochelys imbricata* (Gaos, i dr., 2012) do ugroženog bengalskog tigra, *Panthera tigris tigris*, koji živi u mangalu Sundarban u Indiji i Bangladešu (Gopal & Chauhan, 2006) (IUCN). Sisavci i ptice također su dio mangala na područjima bliže kopnu gdje sklonište i gnjezdilište traže u krošnjama najčešće bijelih mangrova. Brojne vrste ptica selica oslanjaju se na mangale kao mjesta za zimovanje i noćenje na svojim migracijskim putevima. To uključuje ugrožene i kritično ugrožene vrste vodenih ptica, od kojih se mnoge staju hraniti baš u mangalima (Kirby, i dr., 2008). Zbog svoje uloge u pružanju potpore migracijskim i endemičnim vrstama ptica ograničenog staništa, mangali su ključno stanište sa više od 300 važnih područja za ptice (IBA¹) samo na prostoru Amerike (Polidoro, i dr., 2010). Iz svih tih razloga, mangali čine jedan od svjetski najraznovrsnijih habitata širokog spektra vrsta i bogati je genetski bazen svjetske bioraznolikosti.

2.5 EKONOMSKA VRIJEDNOST

Šume mangrova važan su resurs ključan za socio-ekonomsku dobrobit obalnog stanovništva u mnogim djelatnostima: građevini, rudarstvu, ribarstvu, stočarstvu, akvakulturi, apikulturi, agrokulturi te farmaceutskoj i kemijskoj industriji. Uloga mangala u konstantnoj opskrbi drugih tropskih ekosustava novim ribama i beskralježnjacima često je podcijenjena (Nagelkerken, i dr., 2002), ali mangali su izvor hrane i za mnoge komercijalno upotrebljive ribe te ključan izvor mekušaca i rakova za trgovinu i prehranu čime čine glavni oslonac za ribarstvo i akvakulturu (Hinsley, 2011) (vidi Slika 13)). Šume mangrova su također izvor drvnog materijala za gorivo (posebice na području Kariba i Pacifika), drva za ogrjev, drvene masu za namještaj i građevinu te sekundarnih produkata poput meda (apikultura), lijekova (farmacija) i adheziva. Usporedbom svjetskih ekosustava, ekonomske vrijednosti šumarstva, ribarstva i turizma dobivene od mangrova iznimno su visoko rangirane. Mjerenja nakon tsunamija u Indiji ukazala su na iznimne ekonomske prednosti zaštite obale mangrovima (Barbier, 2017). Oporavak od poplava bio je znatno brži, a zaslanjivanje tla znatno manje u naseljima koja su se nalazila zaštićena iza mangrova nego u onima koja ih nisu imala, a bila su zaštićena nasipom (Spalding, McIvor, Tonneijck, Tol, & Eijk, 2014), a ekonomski gubitci su bili više nego četiri puta veći (Salem & Mercer, 2012). Osim što štite od erozije i prirodnih katastrofa te pročišćavaju vodu i doprinose vertikalnom nanošenju sedimenata, kompleksni mangali su izvrstna podloga za znanstvena istraživanja i dodatno obrazovanje, a njihova bioraznolikost i specifičan habitat su temelj za uspješan rekreacijski i ekoturizam.

¹ (Important Bird and Biodiversity Areas (IBAs))



Slika 13 Morski pejzaž mangrove – morske trave-koraljnog grebena i usluge morskog ekosustava.(preuzeto iz (Barbier, *Marine ecosystem services*, 2017))

3 RAZLOZI DEGRADACIJE I VAŽNOST ZAŠTITE

3.1 DEGRADACIJA I FRAGMENTACIJA STANIŠTA

Tijekom prošlog stoljeća došlo je do velikih gubitaka i znatne degradacije staništa mangrova zbog urbanizacije, zagađenja, prenamjene staništa i pretjerane eksploatacije šumskih resursa. Najčešći vid prenamjene staništa je u polja za akvakulturu, ali česte su i prenamjene u pašnjake za stoku, polja riže te u zadnje vrijeme sve češće u plantaže palme uljarice. Kao rezultat, između 1980. i 2005. izgubljeno je 20% ukupne površine mangrova (Crooks, Herr, Tamelander, Laffoley, & Vandever, 2011), a Valiela (2001) je u 2001. g. procijenio da je do tad 52% staništa mangrova degradirano zbog kulture škampa i/ili riba, 26% zbog pretjerane eksploatacije i 11% zbog preusmjerenja slatke vode (Valiela, Bowen, & York, 2001)

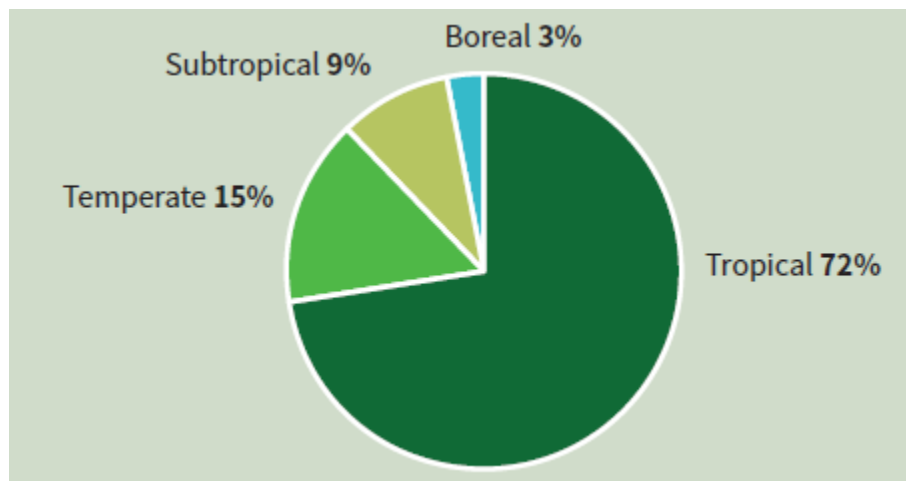
Međutim, čimbenici koji rezultiraju gubitkom staništa i funkcije ekosustava ponešto se razlikuju među regijama (Valiela, Bowen, & York, 2001), a dva područja koja su zabilježila najveći postotak gubitka mangala između 1980. i 2005. godine bili su: Indo-malajsko-filipinski arhipelag (IMPA) s 30% i Karibi s 24-28% (McKee, Rooth, & Feller, 2007); (Gilman, Ellison, Duke, & Field, 2008); (Polidoro, i dr., 2010)). Najčešći razlog degradacije i nestanka mangrova u IMPA regiji bila je prenamjena zemljišta u akvakulturu škampa. U Karipskom području je na gubitak staništa utjecalo više faktora: urbano širenje i razvoj obalne infrastrukture, uključujući gradnju cesta i luka, s uklanjanjem šuma najizraženijim na mjestima gdje se obalno stanovništvo ubrzano širi, odlaganje krupnog otpada, sječa i prikupljanje drva za ogrjev i gorivo te prenamjena u poljoprivredne svrhe i za plantaže raznih akvakultura (Polidoro, i dr., 2010).

Ljudska pohlepa je dovela do novih valova ogoljivanja velikih šumskih područja mangrova i u jugoistočnoj Aziji koja u 2020. bilježi globalno najveća područja gubitka i propadanja mangala s gotovo 40% od ukupnih svjetskih gubitaka i preko 60% degradacije prethodno

postojeće vegetacije. Postoje i područja na kojima je početno smanjenje ili propadanje mangrova vremenom dovelo do potpunog gubitka šume jer obalna linija više nije bila zaštićena „živim zidom“ pa su erozijom nestale i preostale mangrove uključujući i kompletno obalno zemljište na kojem su nekada rasle. Neto svjetski gubici danas iznose preko 6 000 km² ili više od 4% šumske pokrivenosti u 1996. godini (FAO, 2020).

Promjene riječnih tokova uzrokuju drastične promjene saliniteta, suše i/ili znatno propterećenje hranjivim tvarima i sedimentima i kao rezultat uzrokuju disbalans ekosustava i promjenu u biomasi šume te posljedično smanjenje bioraznolikosti. Mangrove su osjetljive na onečišćenje, posebice ulje i druge naftne spojeve ali i na dotok herbicida rijekama s kopna. Osim toga, kao i druge šumske vegetacije i mangrove mogu patiti od napada štetočina i parazitskih vrsta. Znatne promjene razine mora uslijed globalnog zatopljenja dovode do isušivanja i/ili poplava viših stepenica mangrova i predstavljaju prijetnju svim svjetskim staništima mangrova ((Gilman, Ellison, Duke, & Field, 2008) (Lavieren, i dr., 2012) (Ellison, Gilman, Duke, & Field, 2010)). Smatra se da su najosjetljivija područja mangali niskoreljefnih karbonatnih otoka s niskom stopom opskrbe sedimentom i malo raspoloživog gorskog prostora na koji bi se povukli, kao i ona u aridnim, poluaridnim i suhim poluvlažnim regijama (Osland, i dr., 2016). Mangrove na vlažnim obalnim staništima s amplitudom plime i oseke većom od 4 m i značajnim riječnim prinosima smatra se da su najmanje ranjivi iz razloga što imaju dovoljno stabilne okolišne uvijete kako bi se postepeno premjestili na uzvišenije stanište (McIvor, Spencer, Möller, & Spalding, 2013).

Neki od ostalih učinaka klimatskih promjena mogu naprotiv povećati sposobnost mangrova da prate korak s porastom razine mora (Lovelock, Krauss, Osland, Reef, & Ball, 2016) jer povišeni CO₂ povećava produktivnost (Gilman, Ellison, Duke, & Field, 2008) i biotičke kontrole nadmorske visine tla (Krauss, i dr., 2017)), a zbog smanjenja intenziteta, trajanja i učestalosti ekstremno hladnih vremenskih prilika povećane temperature su u korelaciji sa širenjem raspona mangrova (Osland, Enwright, Day, & Doyle, 2013) (Osland, i dr., 2016) (Osland, i dr., 2019)).



Slika 14 Udio u ukupnoj šumskoj površini zemalja koje izvještavaju o degradaciji šuma, prema klimatskim područjima (FAO, 2020)

U najnovijim radovima vezanim uz degradaciju staništa mangrova fragmentacija se spominje kao glavni pokretač degradacije jer smanjuje kapacitet staništa za obavljanje mnogih važnih funkcija poput sprečavanja erozije, zaštite obale i ublažavanja klimatskih promjena (putem sekvestracije ugljika) jer se pokazalo da njihova učinkovitost ovisi o veličini i rasporedu šumskih dijelova, a mi o širokim uzorcima fragmentacije šume mangrova trenutno znamo jako malo.

Bryan-Brown (2020) je u svom istraživanju uočio da je fragmentacija mangrova sveprisutna, ali da postoje geografske razlike između gubitka mangrova i fragmentacije; neke regije, poput Kambodže i južnih Kariba, imale su relativno mali gubitak, ali njihove su šume u velikoj mjeri fragmentirane. U jugoistočnoj Aziji, globalnom žarištu gubitka mangrova, pretvaranje šuma u plantaže akvakulture i riže bili su najveći pokretači gubitaka (> 50%) i fragmentacije. Iznenadujuće je da je pretvaranje šuma u plantaže uljane palme, odgovorno za > 15% svih krčenja šuma u jugoistočnoj Aziji, ali je slabo povezano s fragmentacijom mangrova (Bryan-Brown, Connolly, & Richards, 2020). Dakle, upravljanje različitim pokretačima deforestacije može povećati ili smanjiti fragmentacija, a o odnosu između gubitka staništa i fragmentacije i čimbenicima koji na to djeluju u budućnosti će se trebati pomnije istražiti.

3.2 TRENUTNI STATUS I TRENDVI

Stanište mangrova nastavlja opadati po procjeni od 1-2% godišnje. Kao rezultat, mangrove i vrste koje o njima ovise imaju povišen rizik od izumiranja, a prema trenutnoj stopi gubitka, svijet se suočava sa stvarnim rizikom da u sljedećih 100 godina potpuno izgubi sve dobrobiti i resurse koje pružaju mangrove (Duke, i dr., 2007).

Od 70 pravih vrsta mangrova, tri su ugrožene, a dvije kritično ugrožene (IUCN) (Polidoro, i dr., 2010). Barem 40% životinjskih vrsta koje su ograničene na stanište mangrova pod povećanim je rizikom izumiranja zbog velikog gubitka staništa (Luther & Greenberg, 2008). Na primjer, *Bradypus pygmaeus*, endem malog otoka Paname, hrani se prvenstveno lišćem mangrova i navedena je kao kritično ugrožena upravo zbog drastičnog suženja habitata (IUCN). Gubitak staništa mangrova utječe i na lokalne zajednice koje o njima ovise, izravno ili neizravno. To se posebice vidi u razornim utjecajima prirodnih katastrofa poput uragana i tajfuna koji osim što uzrokuju znatne štete šumama mangrova, istovremeno su i među najvećim prijetnjama s kojima se suočavaju i niska ljudska obalna naselja diljem svijeta.

FRA¹ 2020 izvještaj je objedinio najnovije informacije o mangrovima iz sveukupno 223 zemlje i teritorija, od kojih je 113 naznačilo da posjeduju mangrove (preostalih 110 su izvijestili da ih nemaju), te se trenutno svjetsko područje bioma procjenjuje na 14,8 milijuna ha. Azija ima najveće područje (5,55 milijuna ha), slijedi Afrika, Amerika pa Oceanija (Slika 3). Jedini

¹ eng. Forest Resource Assessment

kontinent bez mangrova u cjelosti je Europa. Više od 40 % globalnog područja mangrova nalazi se u četiri države: Indoneziji (19% globalnog ukupnog broja), Brazilu (9%), Nigeriji (7 %) i Meksiku (6 %). (FAO, 2020)

Globalna površina mangrova smanjila za 1,04 milijuna ha između 1990. i 2020. godine (vidi *Slika 15*). Međutim, stopa gubitaka prepolovila se tijekom zadnja tri desetljeća, sa 46 700 ha godišnje u 1990–2000 na 21 200 ha godišnje u posljednjem desetljeću. Do porasta površine mangrova u Južnoj Americi došlo je najviše zbog Gvajane djelomično zbog projekta obnove mangrova, ali dijelom i zbog poboljšanja u mapiranju (pa prema tome povećanje ne mora nužno odražavati stvarne promjene u području mangrova). Iz istog razloga se bilježi i porast u Srednjoj Americi, točnije na Kubi. Zabilježen je značajan porast prosječne godišnje stope gubitka mangrova u Aziji, posebice u Indoneziji od čak 37,2% od 2000. do danas. Tamo gdje se uoči degradacija šume prije nego što se vegetacija potpuno izgubi, postoji velika šansa za brzu i učinkovitu rehabilitaciju šume regulacijom ljudskih aktivnosti i pravovremenom intervencijom.

Region/subregion	Mangrove area (1 000 ha)				Annual change (1 000 ha/yr)		
	1990	2000	2010	2020	1990–2000	2000–2010	2010–2020
Eastern and Southern Africa	929	902	883	905	-2.7	-1.9	2.2
Northern Africa	34	31	32	31	-0.3	0.1	-0.1
Western and Central Africa	2 436	2 400	2 349	2 304	-3.6	-5.1	-4.5
Total Africa	3 398	3 332	3 264	3 240	-6.6	-6.9	-2.3
East Asia	24	22	25	32	-0.2	0.3	0.7
South and Southeast Asia	6 117	6 108	5 713	5 330	-0.8	-39.6	-38.3
Western and Central Asia	190	190	190	184	0.0	0.0	-0.7
Total Asia	6 331	6 320	5 928	5 545	-1.0	-39.3	-38.2
Total Europe	0	0	0	0	0	0	0
Caribbean	787	789	774	891	0.2	-1.6	11.7
Central America	492	482	483	466	-1.0	0.1	-1.8
North America	1 152	1 167	1 190	1 195	1.5	2.3	0.5
Total North and Central America	2 431	2 439	2 447	2 552	0.8	0.8	10.5
Total Oceania	1 447	1 150	1 314	1 255	-29.6	16.4	-5.9
Total South America	2 152	2 050	1 976	2 124	-10.2	-7.4	14.8
WORLD	15 759	15 292	14 928	14 717	-46.7	-36.3	-21.2

Slika 15 Područje mangrova i godišnje promjene, po regijama i podregijama, 1990. – 2020 (FAO, 2020)

Zaštita ugroženih područja pokazala se kao jedan od učinkovitijih alata za zaštitu biološke raznolikosti i dugoročno osiguravanje koristi od ekosustava. Više međunarodnih konvencija i programa se pridružilo zajedničkim svjetskim naporima u zaštiti globalnih staništa mangrova. Određena područja mangrova zaštićena su i Ramsarskom konvencijom te se čak 26 mangrovskih

staništa nalazi pod zaštitom UNESCO-ovog programa za čovjeka i biosferu. Posebno bitan globalni projekt obnove je tzv „Bonn challenge“, kojemu je pod vodstvom IUCN-a i GPFLR¹-a cilj da do 2030. godine obnovi 350 milijuna hektara degradiranih šumskih staništa diljem svijeta. Što se tiče obnove mangrova, pokazalo se da su mangrove oportunistički tip vegetacije, tj. ako im se daju pravi preduvjeti često se mogu obnoviti uz minimalnu sadnju i trud. Većina akcija obnove su dobro dokumentirane i danas postoje razni priručnici za obnovu i pošumljavanje ugroženih područja.

Bangladeš, Brazil i SAD su među mnogim državama s izuzetno proporcionalnom pokrivenošću zaštićenim područjima i dijelovima mangrova unutar tih zaštićenih područja. Za razliku od njih, nekoliko država s najobimnijom svjetskom vegetacijom mangrova postiglo je vrlo mali napredak u pogledu zaštite: Indonezija, s najvećim stupnjem mangrova u svijetu, ima samo 24% svojih mangrova unutar zaštićenih područja, dok Nigerija, Mjanmar, Malezija i Papua Nova Gvineja imaju između 2% i 5%, svrstavajući se time među najniže pokrivenosti mangrova zaštitnim područjima od bilo koje druge nacije mangrove.

Razvitkom digitalne mape svjetskog potencijala obnove mangrova (The Mangrove Restoration Potential Map, 2018) pokreću se pitanja finog podešavanja varijabli koje utječu na degradaciju staništa mangrova radi što bolje procjene potencijala obnove određenih regija i pozitivnog omjera uloženi sredstava i vraćene ekonomske dobiti nakon obnove.

¹ Global Partnership on Forest Land Restoration (Globalna suradnja za obnovu šumskog krajolika)

4 ZAKLJUČAK

Globalne klimatske promjene i antropogeno djelovanje i dalje imaju znatan negativan utjecaj na degradaciju šuma mangrova, ali mogućnost obnove postoji gotovo u svakoj regiji gdje mangrove rastu. Lokacije s najvećim ukupnim površinama ujedno imaju i najbolji potencijal obnove te su trenutno od gorućeg interesa za globalne programe obnove. Mangrove polako postaju jedne od glavnih interesnih zona ne samo očuvanja, već i aktivnog pošumljavanja i obnove što se već donekle odražava u činjenici da je gotovo 40% mangrova ugrađeno u zaštićena područja.

60% svjetskih mangrova još uvijek je izvan zaštićenih područja, pa je i dalje potrebno poticati napore na obnavljanju i usmjeriti se ka sustavnim globalnim akcijama zaštite i pošumljavanja kako bi se povratila prethodna staništa mangrove u prvobitno stanje i ojačale lokalne zajednice.

Korist obnove nije vidljiva momentalno i može proći više godina da mangrove povrate svoju funkciju koju su imale prije devastacije. Iz tog razloga nužno je kontinuirano praćenje promjena u kvaliteti i rastu šume, a tamo gdje gospodarska potražnja za zemljištem zahtijeva prenamjenu, lokacije treba pravilno procijeniti prije prenamjene kako bi se smanjila šteta na ekosustavu mangrove u cjelini.

Kontinuirano praćenje bitan je dio održivog gospodarenja mangrovama, a drastičan pad globalnog pokrova mangrova i kontinuirano uništavanje staništa naveli su razne vladine i nevladine organizacije da udruže snage u poduzimanju dodatnih mjera za zaštitu područja na kojima se nalaze mangrove. Kako bi se osigurao opstanak cjelokupnog ekosustava ključan je holistički pristup gospodarenju šumama, a zahvaljujući digitalnoj mapi mangrova monitoring svjetske rasprostranjenosti mangrova i planiranje budućih akcija znatno su olakšani. Ostaje pitanje fragmentacije staništa kao još jednog od bitnih faktora stabilnosti mangala kao i fino podešavanje značaja dosad poznatih parametara kako bi se što bolje predvidjeli potencijali obnove i potrebe za zaštitom. Očuvanje i promicanje biološke raznolikosti odabirom vrsta koje će se sjeći i obnavljati i zaštitom vrsta morskih i kopnenih životinja od posebnog značaja imperativ je za održavanje zaštitne i socio-ekonomske uloge mangala duž riječnih i morskih obala u budućnosti za ljudsku populaciju.

5 LITERATURA

- Aburto-Oropeza, O., Ezcurra, E., Danemann, G., Valdez, V.c., Murray, J. D., & Sala, E. (2008). Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(30), 10456-10459. Preuzeto 28. 9 2020 iz <https://pnas.org/content/105/30/10456>
- Akber, M. A., Patwary, M. M., Islam, M. A., & Rahman, M. R. (2018). Storm protection service of the Sundarbans mangrove forest, Bangladesh. *Natural Hazards*, 94(1), 405-418. Preuzeto 27. 9 2020 iz <https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-018-3395-8>
- Aksornkoae, S. (1993). *Ecology and management of mangroves*. Preuzeto 28. 9 2020 iz <https://portals.iucn.org/library/node/7311>
- Alonghi, D. M. (2020). Global Significance of Mangrove Blue Carbon in Climate Change mitigation. *Sci*, 2(67).
- Alongi, D. M. (2014). Carbon Cycling and Storage in Mangrove Forests. *Annual Review of Marine Science*, 6(1), 195-219. Preuzeto 26. 9 2020 iz <https://annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-marine-010213-135020>
- Barbier, E. B. (2017). Marine ecosystem services. *Current Biology*, 27(11). Preuzeto 28. 9 2020 iz <https://sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982217302890>
- Barbier, E. B., Koch, E. W., Silliman, B. R., Hacker, S. D., Wolanski, E., Primavera, J. H., . . . Reed, D. J. (2008). Coastal Ecosystem-Based Management with Nonlinear Ecological Functions and Values. *Science*, 319(5861), 321-323. Preuzeto 27. 9 2020 iz <https://science.sciencemag.org/content/319/5861/321.full>
- Bulmer, R. H., Bulmer, R. H., Schwendenmann, L., Lohrer, A. M., Lundquist, C. J., & Lundquist, C. J. (2017). Sediment carbon and nutrient fluxes from cleared and intact temperate mangrove ecosystems and adjacent sandflats. *Science of The Total Environment*, 599, 1874-1884. Preuzeto 27. 9 2020 iz <https://sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717312391>
- Crooks, S., Herr, D., Tamelander, J., Laffoley, D., & Vandever, J. (2011). *Mitigating Climate Change through Restoration and Management of Coastal Wetlands and Near-shore Marine Ecosystems : Challenges and Opportunities*. Preuzeto 28. 9 2020 iz <http://siteresources.worldbank.org/environment/resources/mtgtnccthrumgtofoastalwetlands.pdf>
- Das, S., & Vincent, J. R. (2009). Mangroves protected villages and reduced death toll during Indian super cyclone. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(18), 7357-7360. Preuzeto 27. 9 2020 iz <https://pnas.org/content/106/18/7357>

- Duke, N. C. (2017). *Mangrove Floristics and Biogeography Revisited: Further Deductions from Biodiversity Hot Spots, Ancestral Discontinuities, and Common Evolutionary Processes*. Preuzeto 26. 9 2020 iz https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-62206-4_2
- Duke, N. C., & Larkum, A. W. (2008). *Mangroves and seagrasses*. Preuzeto 25. 9 2020 iz <https://researchonline.jcu.edu.au/48526>
- Duke, N. C., & Schmitt, K. (2015). *Mangroves: unusual forests at the seas edge*. Preuzeto 26. 9 2020 iz <https://researchonline.jcu.edu.au/43468>
- Duke, N. C., Ball, M. C., & Ellison, J. C. (1998). *Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves*. Preuzeto 26. 9 2020 iz <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1466-8238.1998.00269.x>
- Duke, N., Meynecke, J., Dittmann, S., Ellison, A., Anger, K., Berger, U., . . . Dahdouh-Guebas, F. (2007). A world without mangroves. *Science*, 317, 41-42.
- Elliott, M., & Wolanski, E. (2015). Editorial - Climate change impacts on rural poverty in low-elevation coastal zones, Edward B. Barbier. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 165. Preuzeto 27. 9 2020 iz <https://researchonline.jcu.edu.au/43469>
- Ellison, J. C., Gilman, E., Duke, N. C., & Field, C. D. (2010). *Mangroves and climate change*. Preuzeto 29. 9 2020 iz <http://ecite.utas.edu.au/64997>
- El-Regal, M. A., & Ibrahim, N. K. (2014). Role of mangroves as a nursery ground for juvenile reef fishes in the southern Egyptian Red Sea. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 40(1), 71-78. Preuzeto 27. 9 2020 iz <https://sciencedirect.com/science/article/pii/S168742851400003x>
- FAO. (2020). *Global Forest Resources Assessment*. Main report, United Nations, Rome. doi:10.4060/ca9825en
- Gaos, A. R., Lewison, R. L., Yañez, I. L., Wallace, B. P., Wallace, B. P., Liles, M. J., . . . Seminoff, J. A. (2012). Shifting the life-history paradigm: discovery of novel habitat use by hawksbill turtles. *Biology Letters*, 8(1), 54-56. Preuzeto 27. 9 2020 iz <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rsbl.2011.0603>
- Gilman, E., Ellison, J. C., Duke, N. C., & Field, C. D. (2008). Threats to mangroves from climate change and adaptation options: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), 237-250. Preuzeto 30. 9 2020 iz <https://sciencedirect.com/science/article/pii/S030437700800003x>
- Göltenboth, F., & Schoppe, S. (2006). 10 - MANGROVES. U *Ecology of Insular Southeast Asia* (str. 187-214). Elsevier. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-044452739-4/50011-5>
- Gopal, B., & Chauhan, M. (2006). Biodiversity and its conservation in the Sundarban Mangrove Ecosystem. *Aquatic Sciences*, 68(3), 338-354. Preuzeto 28. 9 2020 iz <https://link.springer.com/article/10.1007/s00027-006-0868-8>

- Grigore, M. (2019). Defining halophytes: a conceptual and historical approach in an ecological frame. U *Halophytes and climate change: adaptive mechanisms and potential uses* (str. pp.3-18). CABI. doi:10.1079/9781786394330.0003
- Hinsley, A. (2011). World Atlas of Mangroves by Mark Spalding, Mami Kainuma and Lorna Collins (2010), 336 pp., Earthscan, London, UK. ISBN 9781844076574 (hbk), GBP 65.00. *Oryx*, 45(2), 306-306. Preuzeto 29. 9 2020 iz http://journals.cambridge.org/abstract_s0030605311000585
- Hogarth, P. (2007). The Biology of Mangroves. 35(1). Preuzeto 25. 9 2020 iz <https://link.springer.com/article/10.1023/a:1011471526905>
- Important Bird and Biodiversity Areas (IBAs)*. (n.d.). Preuzeto 28. 9 2020 iz BirdLife International: <https://www.birdlife.org/worldwide/programmes/important-bird-and-biodiversity-areas-ibas>
- ITIS. (n.d.). *ITIS Standard Report Page: Anemone Richardsonii*. Preuzeto 28. 9 2020 iz Integrated Taxonomic Information System: <https://www.itis.gov>
- IUCN. (n.d.). *IUCN Red List of Threatened Species*. Preuzeto 28. 9 2020 iz International Union for Conservation of Nature and Natural Resources: <http://www.iucnredlist.org/search>
- Jones, D. L., Walter, J. F., Brooks, E. N., & Serafy, J. E. (2010). Connectivity through ontogeny: fish population linkages among mangrove and coral reef habitats. *Marine Ecology Progress Series*, 401, 245-258. Preuzeto 27. 9 2020 iz https://int-res.com/articles/meps_oa/m401p245.pdf
- Kaiser. (2005). *Marine Ecology. Processes, Systems and Impacts*. Oxford University Press. Preuzeto 27. 9 2020
- Kathiresan, K., & Bingham, B. L. (2001). Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems. *Advances in Marine Biology*, 40, 81-251. Preuzeto 25. 9 2020 iz <https://sciencedirect.com/science/article/pii/S0065288101400034>
- Kirby, J. S., Stattersfield, A. J., Butchart, S. H., Evans, M. I., Grimmett, R., Jones, V. R., . . . Newton, I. (2008). Key conservation issues for migratory land- and waterbird species on the world's major flyways. *Bird Conservation International*, 18. Preuzeto 28. 9 2020 iz <https://cambridge.org/core/journals/bird-conservation-international/article/key-conservation-issues-for-migratory-land-and-waterbird-species-on-the-worlds-major-flyways/b6ae87a5cb971e0b9690b625e3dd9436>
- Krauss, K. W., Cormier, N., Osland, M. J., Kirwan, M. L., Stagg, C. L., Nestlerode, J. A., . . . Almario, A. E. (2017). Created mangrove wetlands store belowground carbon and surface elevation change enables them to adjust to sea-level rise. *Scientific Reports*, 7(1), 1030-1030. Preuzeto 30. 9 2020 iz <https://nature.com/articles/s41598-017-01224-2>
- Kruczynski, W., & Fletcher, P. (2012). *Corals are the building blocks of reefs*. Preuzeto 26. 9 2020 iz <https://pubs.er.usgs.gov/publication/70158618>

- Lavieren, H. V., Spalding, M., Alongi, D. M., Kainuma, M., Clüsener-Godt, M., & Adeel, Z. (2012). *Securing the Future of Mangroves*. Preuzeto 29. 9 2020 iz http://unesco.org/science/doc/mab/mangrovespolicybrief2012_final_oct17_web.pdf
- Lovelock, C. E., Krauss, K. W., Osland, M. J., Reef, R., & Ball, M. C. (2016). *The physiology of mangrove trees with changing climate*. Preuzeto 30. 9 2020 iz <https://pubs.er.usgs.gov/publication/70170216>
- Luther, D., & Greenberg, R. (2008). *A GLOBAL PERSPECTIVE ON THE EVOLUTION AND CONSERVATION OF TERRESTRIAL VERTEBRATE SPECIES IN MANGROVES*. Preuzeto 28. 9 2020 iz http://citation.allacademic.com/meta/p_mla_apa_research_citation/2/4/4/0/7/p244074_index.html
- Macnae, W. (1968). A General Account of the Fauna and Flora of Mangrove Swamps and Forests in the Indo-West-Pacific Region. *Advances in Marine Biology*, 6, 73-103, 104a, 104b, 105-270. doi:10.1016/S0065-2881(08)60438-1
- McIvor, A., Möller, I., Spencer, T., & Spalding, M. (2012). *Reduction of Wind and Swell Waves by Mangroves*. Preuzeto 29. 9 2020 iz <https://conservationgateway.org/conservationpractices/marine/crr/library/documents/wind-and-swell-wave-reduction-by-mangroves.pdf>
- McIvor, A., Spencer, T., Möller, I., & Spalding, M. (2013). *The response of mangrove soil surface elevation to sea level rise*. Preuzeto 29. 9 2020 iz <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:6655e6c9-14c8-4660-9262-7d42e6bf73e1?collection=research>
- McKee, K. L., Rooth, J. E., & Feller, I. C. (2007). Mangrove recruitment after forest disturbance is facilitated by herbaceous species in the Caribbean. *Ecological Applications*, 17(6), 1678-1693. Preuzeto 30. 9 2020 iz <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/06-1614.1>
- Mulligan, M., Guerry, A., Katy, A., Kenneth, B., Ferdinando, V., & Silvestri, S. (2010). Capturing and Quantifying the Flow of Ecosystem Services. U S. Silvestri, & F. Kershaw, *Framing the Flow: Innovative Approaches to Understand, Protect and Value Ecosystem Services Across Linked Habitat* (str. 62).
- Mumby, P. J. (2006). Connectivity of reef fish between mangroves and coral reefs: Algorithms for the design of marine reserves at seascape scales. *Biological Conservation*, 128(2), 215-222. Preuzeto 27. 9 2020 iz <https://sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320705003927>
- Murray, B. C., Pendleton, L., Jenkins, W. A., & Sifleet, S. (2011). *Green payments for blue carbon: economic incentives for protecting threatened coastal habitats*. Preuzeto 28. 9 2020 iz <https://cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113354202>

- Nagelkerken, I., Roberts, C. M., Velde, G. v., Dorenbosch, M., Riel, M. v., Morinière, E. C., & Nienhuis, P. H. (2002). How important are mangroves and seagrass beds for coral-reef fish? The nursery hypothesis tested on an island scale. *Marine Ecology Progress Series*, 244, 299-305. Preuzeto 27. 9 2020 iz <https://int-res.com/abstracts/meps/v244/p299-305>
- Odum, W. E., & Heald, E. J. (1975). *Mangrove Forests and Aquatic Productivity*. Preuzeto 29. 9 2020 iz https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-86011-9_5
- Odum, W., Mcivor, C., & Smith III, T. (1984). *The ecology of the mangroves of South Florida: A community profile*. U.S. Fish & Wildlife Service.
- Osland, M. J., Day, R. H., Hall, C. T., Feher, L. C., Armitage, A. R., Cebrian, J., . . . Snyder, C. M. (2019). Temperature thresholds for black mangrove (*Avicennia germinans*) freeze damage, mortality and recovery in North America: Refining tipping points for range expansion in a warming climate. *Journal of Ecology*. Preuzeto 25. 9 2020 iz <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2745.13285>
- Osland, M. J., Enwright, N. M., Day, R. H., & Doyle, T. W. (2013). Winter climate change and coastal wetland foundation species: salt marshes vs. mangrove forests in the southeastern United States. *Global Change Biology*, 19(5), 1482-1494. Preuzeto 25. 9 2020 iz <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gcb.12126>
- Osland, M. J., Enwright, N. M., Day, R. H., Gabler, C. A., Stagg, C. L., & Grace, J. B. (2016). Beyond just sea-level rise: considering macroclimatic drivers within coastal wetland vulnerability assessments to climate change. *Global Change Biology*, 22(1), 1-11. Preuzeto 30. 9 2020 iz <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gcb.13084>
- Polidoro, B. A., Carpenter, K. E., Collins, L., Collins, L., Duke, N. C., Ellison, A. M., . . . Yong, J. W. (2010). The Loss of Species: Mangrove Extinction Risk and Geographic Areas of Global Concern. *PLOS ONE*, 5(4). Preuzeto 28. 9 2020 iz <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0010095>
- Saenger, P. (2013). *Mangrove Ecology, Silviculture and Conservation*. Springer. Preuzeto 25. 9 2020 iz <https://books.google.com/books?id=WUbrCAAAQBAJ&pg=PR4>
- Saifullah, A. S., Kamal, A. H., Idris, M. H., Rajae, A. H., & Bhuiyan, M. K. (2016). Phytoplankton in tropical mangrove estuaries: role and interdependency. *Forest Science and Technology*, 12(2), 104-113. Preuzeto 28. 9 2020 iz <https://tandfonline.com/doi/full/10.1080/21580103.2015.1077479>
- Salem, M. E., & Mercer, D. E. (2012). The Economic Value of Mangroves: A Meta-Analysis. *Sustainability*, 4(3), 359-383. Preuzeto 28. 9 2020 iz <https://mdpi.com/2071-1050/4/3/359>
- Sasekumar, A., Chong, V. C., Leh, M., & D'Cruz, R. (1992). Mangroves as a habitat for fish and prawns. *Hydrobiologia*, 247, 195-207. Preuzeto 29. 9 2020 iz https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-3288-8_21

- Silvestri, S., & Kershaw, F. (2010). *Framing the Flow: Innovative Approaches to Understand, Protect, and Value Ecosystem Services Across Linked Habitats*. Preuzeto 26. 9 2020 iz <https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc28503>
- Soares, M. L., Estrada, G. C., Fernandez, V., & Tognella, M. M. (2012). Southern limit of the Western South Atlantic mangroves: Assessment of the potential effects of global warming from a biogeographical perspective. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 101, 44-53. Preuzeto 25. 9 2020 iz <https://sciencedirect.com/science/article/pii/S0272771412000558>
- Spalding, M. (1997). The global distribution and status of mangrove ecosystems. *Intercoast Network. 1 (Spec. Ed.)*, 20-21.
- Spalding, M., Kainuma, M., & Collins, L. (2010). *World Atlas of Mangroves*. London: Earthscan Publishers Ltd. Preuzeto 25. 9 2020
- Spalding, M., McIvor, A., Tonneijck, F. H., Tol, S., & Eijk, P. v. (2014). *Mangroves for Coastal Defence. Guidelines for Coastal Managers & Policy Makers*. Preuzeto 27. 9 2020 iz https://researchgate.net/profile/femke_tonneijck/publication/272791554_mangroves_for_coastal_defence_guidelines_for_coastal_managers_policy_makers/links/56e2d6b208ae1c52fafda36e.pdf
- Stocken, T. V., Vanschoenwinkel, B., Ryck, D. D., & Koedam, N. (2018). Caught in transit: offshore interception of seafaring propagules from seven mangrove species. *Ecosphere*, 9(4). Preuzeto 27. 9 2020 iz <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/ecs2.2208>
- Teh, L. H. (2015). *Vulnerability assessment and blue carbon potential of two mangrove sites in Malaysia / Teh Lay Hoon*. Preuzeto 27. 9 2020 iz <http://studentsrepo.um.edu.my/7915>
- Tomilson, P. B. (1987). *The Botany of Mangroves*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. Preuzeto 25. 9 2020 iz <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1756-1051.1987.tb00912.x>
- Twilley, R., & Day, J. (2013). Mangrove wetlands. U *Estuarine Ecology* (Second Edition izd.). John Wiley & Sons, Inc. doi:10.1002/9781118412787
- University of Cambridge; The Nature Conservancy; IUCN. (2018). Preuzeto 25. 9 2020 iz The Mangrove Restoration Potential Map: <https://maps.oceanwealth.org/mangrove-restoration/>
- Valiela, I., Bowen, J. L., & York, J. K. (2001). Mangrove Forests: One of the World's Threatened Major Tropical Environments. *BioScience*, 51(10), 807-815. Preuzeto 27. 9 2020 iz <https://academic.oup.com/bioscience/article/51/10/807/245210>
- Wilkie, M., & Fortuna, S. (2003). *Status and trends in mangrove area extent worldwide*. Preuzeto 28. 9 2020 iz http://agris.fao.org/agris-search/search.do?request_locale=ar&recordid=xf2008433657

Worthington, T. A., Bunting, P., Cormier, N., Donnison, A., Fatoyinbo, L., Friess, D., . . . Spalding, M. (2018). *Mangrove Restoration Potential: A global map highlighting a critical opportunity*. Preuzeto 26. 9 2020 iz <https://repository.cam.ac.uk/handle/1810/292000>

6 POPIS SLIKA

<i>Slika 1</i> Fizičke i biološke komponente mangalskih bioma; prilagođeno prema (Kathiresan & Bingham, 2001)	3
<i>Slika 2</i> a) Područje mangrova, prema regiji, 2020. (preuzeto iz (FAO, 2020)); b) Hijerarhijski sustav klasifikacije za opisivanje obrazaca strukture i funkcije mangrova na temelju globalnih, geomorfoloških (regionalnih) i ekoloških (lokalnih) čimbenika koji kontroliraju koncentraciju hranjivih resursa i regulatore gradijenta u tlu od rubnih obalnih prema unutarnjim lokacijama šume. (Twilley & Day, 2013)	Error! Bookmark not defined.
<i>Slika 3</i> Globalna rasprostranjenost mangrova, 2000. Okomite isprekidane linije odvajaju biogeografska područja, a strelice predstavljaju glavne oceanske struje. Vodoravne isprekidane linije označavaju granice tropskog pojasa (23,5 ° S i J). Preuzeto i modificirano prema (Spalding, 1997) i precrtano prema (Duke, Ball, & Ellison, 1998).....	5
<i>Slika 4</i> Raspodjela porodica, rodova i vrsta u dvije žarišne točke u IWP i AEP podregijama (preuzeto iz (Duke N. C., 2017)).....	6
<i>Slika 5</i> Konceptualni dijagram zonacije dominantnih vrsta mangrova u južnoj Floridi. (preuzeto od (Kruczynski & Fletcher, 2012)).....	8
<i>Slika 6</i> a) Različiti oblici strukture korijena mangrova. Preuzeto iz (Göltenboth & Schoppe, 2006) b) Shematski prikaz morfoloških prilagodbi različitih vrsta mangrova. (preuzeto iz (Teh, 2015)).....	9
<i>Slika 7</i> Različiti oblici propagula sljedećih vrsta mangrova (slijeva nadesno): <i>Xylocarpus granatum</i> (plod), <i>Sonneratia alba</i> (plod), <i>Heritiera littoralis</i> , <i>Avicennia marina</i> , <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> , <i>Ceriops tagal</i> i <i>Rhizophora mucronata</i> . Za posljednje dvije vrste, propagule mogu plutati vodoravno ili okomito, promjenama između skiciranih položaja (dvostruka strelica); preuzeto iz (Stocken, Vanschoenwinkel, Ryck, & Koedam, 2018).....	10
<i>Slika 8</i> Dijagram povezanosti ekosustava mangrova, morskih cvjetnica i koraljnih grebena. Ekološka i fizička povezanost između ekosustava prikazana je za svaki ekosustav: kopneni (smeđe strelice), mangrove (zelene strelice), morske trave (plave strelice) i koraljni grebeni (crvene strelice). Prikazane su i potencijalne povratne informacije u ekosustavima zbog utjecaja različitih ljudskih aktivnosti na usluge ekosustava (žute strelice). (preuzeto iz (Silvestri & Kershaw, 2010)).....	11
<i>Slika 9</i> Pojednostavljena shema kruženja nutrijenata i CO ₂ . Preuzeto iz (Bulmer, i dr., 2017))	12
<i>Slika 10</i> Prosječne globalne zalihe ugljika u suptropskim močvarnim područjima izmjene plime i oseke, tropskim livadama morskih cvjetnica, vlažnoj zimzelenoj tropskoj šumi i šumskim ekosustavima močvarnih treseta u usporedbi s onim u suptropskim i tropskim ekosustavima mangrova. Preuzeto iz (Alongi, 2014).....	13
<i>Slika 11</i> Mangrove kao prirodni sustav zaštite obalnih naselja. Preuzeto sa (Spalding, McIvor, Tonnejck, Tol, & Eijk, 2014)	14
<i>Slika 12</i> Konceptualni dijagram toka doprinosa lista mangrove prehrambenom lancu. Preuzeto od (Saifullah, Kamal, Idris, Rajae, & Bhuiyan, 2016)	15
<i>Slika 13</i> Morski pejzaž mangrove – morske trave-koraljnog grebena i usluge morskog ekosustava. (preuzeto iz (Barbier, Marine ecosystem services, 2017)).....	18
<i>Slika 14</i> Udio u ukupnoj šumskoj površini zemalja koje izvještavaju o degradaciji šuma, prema klimatskim područjima (FAO, 2020)	19
<i>Slika 15</i> Područje mangrova i godišnje promjene, po regijama i podregijama, 1990. – 2020 (FAO, 2020).....	21