



B & B
VISOKA ŠOLA ZA TRAJNOSTNI RAZVOJ

Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študija
Program: Varstvo okolja

UMETNI PODVODNI GREBENI – VARSTVO ALI DODATNA URBANIZACIJA MORJA

Mentor: mag. Robert Turk
Lektorica: Valentina Jazbec Zečiri

Kandidatka: Lara Marn

Ljubljana, december 2019

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju mag. Robertu Turku za nasvete in strokovno pomoč pri izdelavi diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi lektorici Valentini Jazbec Zečiri, ki je moje diplomsko delo jezikovno in slovnično pregledala.

IZJAVA

Študentka Lara Marn izjavljam, da sem avtorica tega diplomskega dela, ki sem ga napisala pod mentorstvom mag. Roberta Turka.

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.

Dne _____

Podpis: _____

POVZETEK

V le nekaj zadnjih desetletjih je izkoriščanje naravnih dobrin in uničevanje okolja doseglo zaskrbljujočo raven ogroženosti našega planeta. Okolje je obremenjeno že do te mere, da ne more več proizvesti toliko dobrin, kot jih človeštvo porablja, saj smo dobrine, ki jih planet letno proizvede, porabili že sredi leta. Za trenutno zadovoljevanje potreb s tem tempom, bi potrebovali tri planete. Morja in oceani so vedno bolj ogroženi prav zaradi človekovih nepremišljenih dejanj. Morja so vse bolj onesnažena, morski ekosistemi so se pričeli krčiti in se spreminjati, močno ogrožena je tudi morska biotska raznovrstnost. Vse to povzroča človek z onesnaževanjem morja, degradacijo obalnih območij, povečanim številom plovil in drugimi posegi ter dejavnostmi.

Prav zaradi posledic naštetega morska favna in flora izgubljata svoj življenjski prostor. Potrebno je vedeti, da morja in oceani proizvajajo približno 70 % našega kisika in upravljajo globalne vremenske razmere, priobalna območja pa so najbolj bogata s hranili, omogočajo rast morskim algam in cvetnicam in posledično veliko pestrost struktur, združb in vrst na morskem dnu. Če želimo ohraniti morske ekosisteme, rastlinstvo in živalstvo v morjih, je potrebno zmanjšati intenzivnost izkoriščanja naravnih virov oziroma slednje prilagoditi danim razmeram.

V diplomskem delu so obravnavani umetni morski grebeni, njihova postavitve in vpliv na okolje. Pri tem se postavlja vprašanje, ali z umetnimi morskimi grebeni pripomoremo k ohranjanju morskih ekosistemov, ali pa je to le dodatna urbanizacija morja. V delu je tudi konkretno opisan primer dobre prakse postavitve umetnega balvanskega grebena.

KLJUČNE BESEDE

- umetni morski grebeni
- morski ekosistemi
- koralni grebeni
- zakonodaja EU (Evropske unije) in Republike Slovenije

ABSTRACT

Over the last few decades, the exploitation of our planet and degradation of our environment have gone up at an alarming rate. The environment is already burdened to the point where it can no longer produce as much goods as humanity consumes and in fact, we consumed the goods the planet produces annually in the middle of this year. It would take three planets to meet the needs at this pace. The seas and oceans are increasingly threatened precisely by man's reckless actions. The seas are becoming increasingly polluted, the marine ecosystems are beginning to shrink and change, and marine biodiversity is at high risk. All this is caused by man with marine pollution, degradation of coastal areas, increased number of vessels and other activities.

Due to the consequences of the above, marine fauna and flora are losing their habitats. It is important to know that the oceans produce about 70% of our oxygen and manage global weather. The coastal areas, rich in nutrients, host seagrass meadows, algal associations and consequently a great diversity of structures, biocenosis and species. In order to preserve marine ecosystems, the pace of exploitation needs to be adjusted to the carrying capacity of the planet.

The work is dealing with artificial reefs, their placement and their impact on the marine environment and particularly with the question whether they can contribute to the conservation of marine ecosystems, or is it just an additional urbanization of the marine environment. The paper also describes in concrete terms an example of the good practice of placing an artificial boulder ridge.

KEYWORDS

- artificial reefs
- marine ecosystems
- coral reefs
- EU and Slovenian legislation

KAZALO

1 UVOD	1
1. 1 Predstavitev problema.....	1
1. 2 Cilji naloge.....	1
1. 3 Predstavitev okolja	1
1. 4 Predpostavke in omejitve	2
1. 5 Metode dela	2
2 VODNI EKOSISTEMI.....	2
2. 1 Ogroženost morskih ekosistemov.....	3
3 MORSKI GREBENI	6
3. 1 Koradni morski grebeni.....	6
3. 2 Slovensko morje in koradni greben pred rtičem Ronek	9
3. 2. 1 Rtič Ronek	10
4 UMETNI PODVODNI GREBENI	12
4. 1 Zgodovina umetnih podvodnih grebenov	13
4. 2 Sestava, zgradba, gradnja in postavitve umetnih podvodnih grebenov.....	13
4. 3 Prednosti in slabosti umetnih podvodnih grebenov	16
4. 4 Primerjava bioloških združb na umetnih podvodnih grebenih	17
4. 5 Umetni podvodni grebeni v Evropi.....	18
4. 5. 1 Dovoljevanje in nameni postavljanja umetnih podvodnih grebenov v Sredozemskem morju	21
4. 5. 2 Dovoljevanja in nameni postavljanja umetnih podvodnih grebenov na območju Konvencije OSPAR	26
4. 5. 3 Dovoljevanja in nameni postavljanja umetnih podvodnih grebenov v Baltskem morju.....	30
4. 5. 4 Dovoljevanja in nameni postavljanja umetnih morskih grebenov v Črnem morju	32
4. 6 Primer dobre prakse: ekološke koristi od umetnega balvanskega grebena..	32
4. 6. 1 Začetek obnove	33
4. 6. 2 Vzorčenje in metode	33
4. 6. 3 Rezultati raziskave	35
4. 6. 4 Ekološka korist.....	37
4. 7 Umetni podvodni grebeni v slovenskem morju.....	37
5 Zakonodaja.....	38
5. 1 Evropska zakonodaja	38
5. 2 Slovenska zakonodaja.....	41
5. 3 Pomembne konvencije, katerih podpisnica je tudi Republika Slovenija	44
6 ZAKLJUČEK.....	46
7 LITERATURA IN VIRI	48

KAZALO SLIK

Slika 1: Travnik Pozejdonke (<i>Posidonia oceanica</i>).....	4
Slika 2: Veliki leščur (<i>Pinna nobilis</i>), otok Cres, Hrvaška.....	5
Slika 3: Belobodičasti morski ježek (<i>Sphaerechinus granularis</i>).....	10
Slika 4: Iz zgibanke Zavarovani deli Slovenskega morja. Avtor: mag. Robert Turk.	12
Slika 5: Lokacije umetnih grebenov v Evropi.....	20
Slika 6: Vrste umetnih grebenov v Evropi.....	22

POJMOVNIK

Biogena formacija	Vse tvorbe, ki so rezultat nalaganja apnenca s strani morskih organizmov tekom svojega življenja.
Linjski transekt	Metoda linijskega transekta se v biologiji uporablja za razmeroma enostavno in učinkovito ugotavljanje relativne gostote in številčnosti organizmov na raziskovanem območju.
Globigerini apnenec	<i>Globigerina sp.</i> je rod planktonskih luknjičark, ki so naselile svetovne oceane od sredine jure.
Evtrofikacija	Proces večanja količine biomase v vodi kot posledica povečane koncentracije anorganskih hranil v ekosistemu.
Bentos	Na dnu živeča bitja.
SCUBA	Vrsta potapljanja, kjer potapljači uporabljajo samostojen dihalni aparat (Self-Contained Underwater Breathing Apparatus).
DFMR	Ministrstvo za ribištvo in morske raziskave (Department of Fisheries and Marine Research).

KRATICE IN AKRONIMI

NOAA:	National Oceanic and Atmospheric Administration
OSPAR:	Konvencija Oslo--Pariz
ICES:	International Council for the Exploration of the Sea
HELCOM:	Helsinška konvencija, 1992
UNEP-MAP:	United Nations Environment Programme – Mediterranean Action Plan
NUMO:	Načrt upravljanja z morskim okoljem
UNCED:	United Nations Conference on Environment and Development
MEPA:	Malta Environment and Planning Authority
EIPP:	European Investment Project Portal
AMPN:	Association Monégasque pour la Protection de la Nature

1 UVOD

1. 1 Predstavitev problema

Morje pokriva več kot 70 % zemeljske površine. Na okoljske spremembe morskega ekosistema vpliva predvsem človek, ki s svojimi dejanji povzroča degradacijo morskega okolja, naravne nesreče in katastrofe. Negativni vplivi človekovih aktivnosti so predvsem posledica prelova, povečevanja vnosa hranil zaradi kmetijske proizvodnje, vedno večjih količin odpadnih voda, ki končajo v morju in pridobivanje energije iz fosilnih goriv in biomase. Vplivi se med drugim kažejo v dvigovanju temperatur na planetu, v zakisovanju morij in oceanov zaradi povečanega raztapljanja ogljikovega dioksida (CO₂) ter v upadu koncentracij kisika v priobalnih morjih. Po podatkih raziskav, ki so jih opravili oceanografi, koncentracije kisika upadajo že vsaj zadnjih 50 let. Upad koncentracije kisika v prvi vrsti ogroža sesilne bentoške organizme, saj ti pomanjkanju kisika ne morejo ubežati.

Kisik v morju, ki ga potrebujemo za življenje, proizvedejo alge, plankton in algalna zarast. V diplomskem delu je opisanih več različic postavljanja novih umetnih grebenov, prav tako je prikazano, da lahko v nekaterih primerih z umetnimi grebeni nadomestimo uničen ali odmrli del naravnega grebena in tako pripomoremo k ponovni vzpostavitvi nekaterih bentoških ekosistemov oziroma struktur in združb. Prikazano je tudi, kako področje umeščanja umetnih struktur v morje ureja zakonodaja po svetu, v Evropi in Sloveniji.

1. 2 Cilji naloge

Cilj diplomskega dela je v prvi vrsti ugotoviti, kakšno vlogo imajo umetni morski grebeni pri ohranjanju nekaterih morskih ekosistemov oziroma združb in vrst. V zvezi z umeščanjem umetnih grebenov so preverjene zakonodajne možnosti oziroma ali zakonodaja to dovoljuje ali ne in zakaj je to tako.

V delu je obrazloženo, kaj so umetni podvodni grebeni, kako izginjajo naravni morski grebeni ter izjema, ki jo predvideva Zakon o vodah, po katerem je na vodna zemljišča mogoče postavljati različne konstrukcije s ciljem ohranjanja narave. Diplomsko delo naj bi pripomoglo tudi k spoznavanju življenja morskih živali in njihovem prilagajanju na vse bolj agresivne podnebne spremembe. Ugotovljeno je tudi, ali so umetni podvodni grebeni bolj pomembni za ohranjanje in obnovo morskih ekosistemov ali so bolj pomembni z ekonomskega vidika – za večji ulov rib.

1. 3 Predstavitev okolja

Morje lahko poimenujemo tudi ocean, definirano kot povezano telo slane vode, ki pomembno vpliva na podnebje in ima najpomembnejšo vlogo v vodnem krogu. Morski ekosistemi v različnih delih morij ali oceanov zagotavljajo življenje številnim organizmom: živalim, rastlinam, virusom, bakterijam itd. Morje je pomembno tudi za

človeka in njegov obstoj, tako zaradi podnebja in vodnega kroga, kakor tudi zaradi hrane in drugih potreb, kot so transport, izkoriščanje rudnin in nenazadnje pristočasne dejavnosti.

1. 4 Predpostavke in omejitve

Glavna predpostavka v diplomskem delu je, da so umetni podvodni grebeni nekaj pozitivnega oziroma ukrep, s katerim bi lahko obnovili ali ponovno vzpostavili strukture nekaterih morskih ekosistemov. Vemo, da nekaterih naravnih tvorb, kot je na primer hitro izginjajoči Veliki koralni greben, ne bomo mogli nikdar nadomestiti, predpostavljamo pa, da lahko s postavitvijo umetnih morskih grebenov rešimo vsaj nekatere dela tega pomembnega ekosistema. Seveda je to mogoče zgolj v primeru, da smo pred tem odpravili vzroke njegove degradacije ali uničenja. Ključnega pomena je tudi material, iz katerega so ti grebeni narejeni, saj se z njihovo postavitvijo odpira vprašanje onesnaževanja okolja.

Umetni podvodni grebeni bi morali biti sestavljeni iz čim bolj naravnih materialov, ki ne škodujejo okolju in bi zagotavljali varno in zdravo zatočišče za morske prebivalce.

Predpostavljamo tudi, da je izjema, ki jo predvideva Zakon o vodah, po katerem je mogoče postavljati na vodna zemljišča konstrukcije, sprejeta z namenom ohranjanja narave.

1. 5 Metode dela

V diplomskem delu so uporabljene naslednje metode raziskovanja:

- deskriptivna metoda dela z analizo obstoječe literature;
- primerjalna metoda – primerjava naravnih in umetnih morskih grebenov;
- induktivno–deduktivno metodo – ocenitev na obstoječih primerih, kakšen vpliv ima postavljanje umetnih konstrukcij na morske ekosisteme;
- analitična metoda – opisan primer dobre prakse; ekološke koristi od umetnega balvanskega grebena.

2 VODNI EKOSISTEMI

Morski ekosistem je morje ali ocean, ki vključuje dve komponenti: življenjsko združbo (biocenoza) in življenjski prostor (biotop). Ti dve komponenti sta med seboj neločljivo povezani, saj se energija v sistemu neprestano pretaka, snovi med deli ekosistema pa neprestano krožijo. Najbolj stabilni so tisti ekosistemi, ki imajo bolj zapleteno zgradbo, zato imajo tudi večje možnosti prilagoditve na spremembe v okolju (Vrhovšek in drugi, 2004).

Ekosistemi so lahko naravni (človek nanje ni vplival) in umetni (spremenjeni zaradi poseganja človeka). V labilnem ravnovesju, kjer so med seboj povezani živi organizmi in neživa narava, ki se spreminja s kroženjem vode, podnebnimi razmerami in človeškimi posegi, so vodni ekosistemi (Lah, 2002). Vodni krog pomeni povezanost vseh zemeljskih vodnih virov v krožni – transportni proces, ki ga sestavljajo izhlapevanje, kondenzacija, transpiracija, odtok vode, padavine in infiltracija. Kot okoljski regulator pri vzdrževanju ravnotežja med ogljikovim in kisikovim krogom pa je izredno pomembna oceanska voda – morje (Jogan in drugi, 2004).

V diplomskem delu bodo v zvezi s postavljanjem umetnih podvodnih grebenov obravnavani naslednji morski ekosistemi: odprto morje, podvodni morski travniki, bibavični pas in usedlinsko školjčno dno.

2. 1 Ogroženost morskih ekosistemov

Okoljsko stanje morja se na območju EU ocenjuje na osnovi analiz naravnih značilnosti morskega okolja in kazalnikov dobrega okoljskega stanja, ki so opredeljeni v morski direktivi.

Dolgo je veljalo, da so oceani brezmejni in zunaj področja pomembnih človeških vplivov. Obsežen svetovni ribolov, ki se je dolga desetletja ali celo stoletja izvajal brez omejitev količin in ribolovnih orodij, je povzročil pomembno degradacijo nekaterih morskih habitatnih tipov in velik upad ribolovnih vrst. Glede na to ohranjanje morja ni več zgolj opcija, ampak je nujno potrebno (Roff, 2011). Izguba vrst, degradacija ekoloških procesov in onesnaževanje mreže življenja, delujejo na zmanjšanje okoljskega in človekovega zdravja na planetu. Posledica človekovih pritiskov je vidna v biološkem osiromašenju (izguba biotske raznovrstnosti, razdrobljenost habitatov in spreminjanje ekoloških procesov), v veliki meri zaradi vse večjega števila prebivalstva na svetu in s tem porabe naravnih virov (Tabor, 2001). Ob tem naj omenimo še enega izmed načinov degradacije in spreminjanja habitatov, in sicer invazijo tujerodnih vrst (Ruiz in sod., 1997). Vnos tujerodnih vrst ima lahko številne negativne posledice na prvotne biološke sisteme, saj lahko izrinejo avtohtone vrste, spremenijo dinamiko hranil v okolju in delovanje prehranjevalnih spletov, lahko pa tudi privedejo do ekonomskih posledic in posledic za zdravje človeka (Ruiz in sod., 1997).

Globokomorske korale so eden ključnih morskih ekosistemov, saj so habitat številnih vrst rib in različnih skupin nevretenčarjev, delujejo kot žarišča morske biotske raznovrstnosti v odprtih morjih in prispevajo k ohranjanju delovanja ekosistema (Piraino, Fanelli & Boero, 2002). Globokomorske korale imajo dolgo življenjsko dobo, predvsem pa počasno rast, saj zrastejo le do nekaj milimetrov letno (Andrews, A. et al., 2005).

Zaradi svojih lastnosti so globokomorske korale zelo občutljive na človekove vplive, kot je ribolov s pridnenimi kočami ali grabljami, onesnaževanje, obalni razvoj, invazivne vrste in podnebne spremembe (Tsounis, G. et al., 2010). Njihovo

ohranjanje je bistveno za ohranitev morske biotske raznovrstnosti, saj so pokazatelj stanja morja. Za zagotovitev ohranjanja teh habitatov je nujno potreben globalni dogovor o izkoriščanju oceanov izven območja pristojnosti posameznih držav, v slednjem pa pomorsko prostorsko načrtovanje, na osnovi katerega bodo človekove aktivnosti umeščene tako, da ne bodo imele negativnih vplivov na morski ekosistem (Pham, C. K. et al., 2014).

V Sredozemskem morju so med najpomembnejšimi in hkrati tudi najbolj ogroženimi deli ekosistema travniki pozejdonke (*Posidonia oceanica*). Pozejdonka je sredozemski endemit (Slika 1).



Slika 1: Travniki Pozejdonke (*Posidonia oceanica*).

(Vir: lasten)

S taksonomskega vidika spada med morske cvetnice (rastline s cvetovi in semeni). Je ključna vrsta obalnega ekosistema, saj raste na treh odstotkih Sredozemskega morja, torej pokriva približno 38.000 km² morskega dna. Pozejdonka živi na peščenem in tudi delno muljevitem dnu, v povprečju od 1 do 40 metrov globine, a tudi globlje. V morskno dno je pritrjena s koreniko, iz katere rastejo korenine in šopi listov. V ustreznih razmerah je gostota travnika tudi več kot 700 šopov na kvadratni meter.

Odpadlo listje tokovi in valovanja nosijo na obalo in plaže, kjer gradi t. i. bankete (kupe odpadlih listov in steljk alg), ki so pomemben življenjski prostor, hkrati pa tudi zmanjšujejo silo valovanja in ščitijo peščeno obalo pred erozijo. Travniki pozejdonke so izredno pomembni morski ekosistemi. V prvi vrsti zaradi proizvodnje organskih snovi in kisika. Tega lahko proizvedejo tudi 20 ton na hektar travnika letno. Zaradi odstranjevanja ogljikovega dioksida (CO₂) iz ozračja so tudi zelo pomembni ponori ogljika. Ob vsem tem so življenjski prostor velikega števila morskih živali, od številnih vrst rib, rakov, mehkužcev do algastlin.

V Sredozemskem morju v zavetju travnikov pozejdonke živi približno 20 % vseh različnih vrst v Sredozemskem morju.

Ena najznačilnejših živali, ki rastejo v travnikih pozejdonke je veliki leščur (*Pinna nobilis*), največja sredozemska školjka, ki lahko zraste do metra in živi z delom telesa, zakopanem v pesku. Tako kot pozejdonka je tudi leščur sredozemski endemit in zavarovana vrsta v Sloveniji, na Hrvaškem in v celotnem Sredozemlju opredeljena kot ogrožena vrsta (Slika 2).



Slika 2: Veliki leščur (*Pinna nobilis*), otok Cres, Hrvaška.

(Vir: lasten)

Znanstveniki iz Mednarodnega programa za preučevanje stanja v oceanih (IPSO) ugotavljajo, da je stanje v svetovnih morjih in oceanih slabše, kot so mislili, saj se vplive škodljivih ekoloških sprememb že občuti; neurejen morski ribolov, onesnaževanje in podnebne spremembe. Preučeni človekovi vplivi na morja in oceane so zaskrbljujoči, saj se spremembe dogajajo hitreje in na načine, ki niso bili predvideni, zato je stopnja izumiranja hitrejša kot kdaj koli prej. Zaradi tega se bomo morali kmalu soočiti s posledicami, ki jih bo izumiranje imelo na naš planet (Rogers, 2013).

Veliko grožnjo morskim ekosistemom predstavljajo plastični odpadki, ki jih ljudje bodisi odvržejo v morje bodisi končajo v morju z rečnimi vnosi in odpadnimi vodami.

Jacob González Solís z Oddelka za biologijo živali Univerze v Barceloni opozarja, da je Sredozemsko morje zelo občutljiv ekosistem, saj je njegova obala zelo urbanizirana in industrializirana, pritiski človekovih dejavnosti (promet, ribolov, turizem) pa vsako leto večji.

Morebitno razlitje nafte prav tako predstavlja veliko grožnjo morskim ekosistemom v Sredozemlju in tudi v ostalih evropskih morjih, saj je Evropa največji svetovni uvoznik surove nafte. Viri onesnaževanja niso samo nesreče na morju, ampak tudi nesreče na kopnem. Viri onesnaževanja na morju so predvsem izlivi iz ladij ali z morskih ploščadi. Onesnaževanje je lahko naključno ali namerno (Martinič, 2018).

3 MORSKI GREBENI

Morski grebeni so podvodne ali ob nizkem plimovanju morja vidne kamnite strukture in biogene tvorbe, ki se dvigajo z morskega dna. Običajno so oddaljeni od obale, v primeru neprekinjenih rastlinskih in živalskih kolonij, pa se lahko raztezajo do priobalnih področij. Grebeni na splošno pripomorejo k širitvi bentoških skupin alg in živalskih vrst, vključujoč skorjaste in koralne tvorbe. Številni grebeni so posledica naravnih, abiotskih procesov (odlaganja peska in erozije, ki nastaja zaradi premikanja kamnov zaradi valov). Vsaka razširitev takšnega habitata, izgradnja umetnega grebena, poveča število živali, ki lahko živijo na določenem območju morskega dna (Yip, 1998).

Najbolj znani morski grebeni so koralni grebeni, ki so se razvili z biotskimi procesi, ustvarjajo jih živi organizmi, v katerih prevladujejo kamene korale in koralne alge. Ko korale odmirajo, se njihova telesa razgradijo, ogrodja pa ostanejo. Morski valovi te ostanke razdrobijo in odložijo na morskem dnu. Na ta način se ustvarja apnenčasta struktura, na kateri rastejo nove korale. Tako nastajajo velike zapletene tvorbe, ki nudijo živalim zatočišče in raznolike možnosti prehranjevanja. Koralni grebeni dajejo ribam zavetje pred plenilci in plimnimi tokovi (tako se povečujejo prehranski potenciali), v razpokah svoje domovanje najdejo različne vrste rakov, kamnine na grebenu pa ponujajo dragocen prostor različnim vrstam morskih alg in nevretenčarjem (Yip, 1998).

3.1 Koralni morski grebeni

Koralni grebeni so eden najbolj zapletenih ekosistemov. So verjetno najpomembnejši morski ekosistemi. Ne samo, da varujejo in negujejo morskno življenje, ampak tudi ščitijo obrežje pred erozijskim delovanjem morja.

Največji koralni greben je Veliki koralni greben v Avstraliji, dolg 2.300 km, sestavlja pa ga dejansko okoli 2.800 manjših koralnih grebenov.

Grebeni se oblikujejo, ko korale zrastejo v plitvi vodi blizu obale celin ali manjših otokov. Večinoma gre za obalne ali obrobne grebene, ker mejijo na obalno črto bližnjega kopenskega grebena. Poleg teh koralnih grebenov ločimo še pregradne grebene, ravne grebene in atole. Pregradni grebeni so bolj oddaljeni od obale kot obrobni in od nje ločeni z laguno. Ravni grebeni pa so okrogle tvorbe, ki nastanejo na odprtem oceanu na vzpetinah, na katerih je premalo prostora za nastanek lagune in so lahko samostojni ali del večjega grebenskega sistema. Kadar pa koralni greben raste okoli vulkanskega otoka, se zgodi zanimiv pojav. V milijonih let vulkan postopoma tone, korale pa še naprej rastejo proti površju in navzven proti odprtemu oceanu. Sčasoma se med koralami in potopljenim otokom oblikuje laguna, okoli lagune pa se oblikuje pregradni greben. Ko je vulkan popolnoma potopljen, ostane samo obroč koral, ki mu pravimo atol. Valovi lahko sčasoma naložijo pesek in koralne naplavine na rastočih koralah v atolu in tako ustvarijo trak zemlje.

Največji atol na svetu je Kwajalein, eden izmed Marshallovih otokov v Tihem oceanu, ki obsega 2.800 km² površine. Zaradi počasne rasti koralnih grebenov (manj kot centimeter na leto) je izračunano, da je Veliki koralni greben začel rasti pred približno 20.000 leti.

Koralni grebeni so najbolj raznoliki izmed vseh morskih ekosistemov in predstavljajo dom več kot 25 % vsem morskim živalim ter spadajo med najbolj občutljive in ogrožene ekosisteme na svetu.

To je izjemna statistika, če upoštevamo, da grebeni predstavljajo manj kot odstotek zemeljske površine in manj kot dva odstotka oceanskega dna. Zaradi njihove raznolikosti jih lahko imenujemo tudi morski pragozdovi. Korale sicer živijo v vseh svetovnih oceanih, tako v plitvih kot v globokih vodah, medtem ko so globokomorske korale, ki gradijo grebene, bolj poznane v plitvih tropskih ali subtropskih vodah. Alge, ki jih najdemo v njihovih tkivih, potrebujejo svetlobo za fotosintezo in najbolje uspevajo pri temperaturi vode od 22 do 29° C. Koralni grebeni so prav tako kot za živali pomembni tudi za ljudi. Njihova vrednost je bila ocenjena od 30 do 172 milijard ameriških dolarjev letno, saj zagotavljajo hrano, zaščito obrežij, delovna mesta, ki temeljijo na turizmu in celo snovi za izdelavo zdravil in drugih naravnih farmacevtskih izdelkov. Koralne grebene po vsem svetu nenehno motijo naravni pojavi in stresi, ki jih povzroči človek, kar znatno slabša njihovo stanje (Wilkinson, 2000).

V zadnjih nekaj desetletjih je bilo zaradi človekove dejavnosti v 93 državah po svetu uničenih več kot 35 milijonov hektarjev koralnih grebenov. V kolikor se bo trend uničevanja morskih grebenov nadaljeval, bo še v našem življenjskem obdobju uničenih vsaj 70 % koralnih grebenov (Yip, 1998). Največje nevarnosti, ki pretijo koralnim grebenom so:

- Sedimentacija kot posledica urbanizacije: Obalna gradnja, rudarstvo ali sečnja tropskih gozdov povzroča erodiranje tal, umazanija, pesek in mulj pa se izlivajo v morje. Vse to povzroča motno in blatno vodo, kar uničuje korale, ki zaradi pomanjkanja svetlobe ne morejo preživeti. Tudi sečnja mangrov, ki jih sekajo zaradi drv in ustvarjanja umetnih plaž, močno vpliva na obstoj koralnih grebenov, saj ta drevesa delujejo kot filtri za usedline. Sečnja pa povzroča povečanje usedlin, ki pridejo do koralnih grebenov.
- Ribolov z eksplozivi: Gre za smrtonosno kombinacijo obupanih revnih ribičev in območij koralnih grebenov, kjer je veliko rib. Ribiči v grebene nastavljajo eksplozivna sredstva, narejena iz materialov, kot je kalijev nitrat (običajno gnojilo), ki povzročajo močne eksplozije, po katerih poberejo mrtve ribe, korale pa uničijo za vedno.
- Ribolov s cianidom: Velike komercialne ribiške flote s strupom cianid omrtnijo (tropske) ribe, katere lovijo predvsem za akvaristiko, s tem pa uničujejo tudi koralne polipe in ostale morske prebivalce na območju, katerega zastrepajo.

- Zbiranje in izkopavanje: Pri tem gre za odstranjevanje koral za uporabo kot gradbeni material in izdelovanje spominkov za prodajo.
- Onesnaževanje morja s kemikalijami: To se nanaša predvsem na naftne derivate in ostale kemikalije, ki se odlagajo v bližini obale.
- Onesnaževanje morja s smetmi: Tu gre za enega večjih problemov današnjega časa – plastiko. Plastične vrečke in druga plastika namreč zaidejo v želodce morskih živali, tako jim preprečijo normalno prehranjevanje in jih posledično izstradajo do smrti. Koralam pa, podobno kot pri sedimentaciji, zakrivajo svetlobo. V to skupino spadajo tudi stare odvržene ribiške mreže (»mreže duhov«), ki plavajo pod gladino, v katere se ujame in nato pogine na tisoče rib.
- Odplake: Vse odplake in gnojila, ki se iztekajo v obalne vode, povzročajo hitro rast alg, s tem pa ovirajo dovajanje svetlobe, kar zaduši koralne polipe.
- Brezbrižna rekreacija in turizem: K uničevanju koralnih grebenov v veliki meri prispeva tudi neprevidna plovba in sidranje, potapljanje in rekreativni ribolov.
- Globalno segrevanje: Zaradi globalnega segrevanja in posledično prekomernega onesnaževanja z ogljikovim dioksidom (CO₂) se zvišujejo temperature morij in povečuje kisanje oceanov. Zaradi višjih temperatur korale postajajo bele barve (»koralno beljenje« nastane, ko koralni polipi izgubijo svoje simbiotske alge, saj so brez njih živa tkiva skoraj prozorna), kisanje morja pa zmanjšuje tudi stopnjo rasti koral, ki bi lahko prav kmalu v prihodnosti izgubile sposobnost ohranitve svoje telesne zgradbe (Yip, 1998).

Največjo grožnjo za koralne grebene predstavlja globalno segrevanje ozračja, saj s tem narašča tudi temperatura morja, oceani pa postajajo vse bolj kisli. Na simpoziju v Cairnsu (Avstralija) leta 2012 so znanstveniki prišli do zastrašujočih ugotovitev: v 35 letih je izginilo že tri četrtine koral, nekatere, ki bodo preživele, pa bodo živele v bolj topli vodi, kot so je navajene (Huges, 2003). Zato so izdali izjavo z 2600 podpisi, v kateri so zahtevali zaščito oceanov in koralnih grebenov. Izginjanje koralnih grebenov bo imelo tudi neposredne posledice za človeka: slabša zaščita obale pred cunami in sprememba življenjskih navad nekaterih ribjih vrst (predvsem smer gibanja). To postaja velik problem človeštva, ki bi ga lahko vsaj delno omilili z občutnim zmanjšanjem izpustov ogljikovega dioksida (CO₂) v zrak (Lubchenco, 2012).

Na morskih koralnih grebenih živi več kot četrtina vseh morskih živalskih in rastlinskih vrst, zato so ti podatki še toliko bolj zaskrbljujoči.

Znanstveniki predvidevajo, da bodo oceanske razmere do leta 2085 dovolj kisle, da se bodo korale po vsem svetu začele raztapljati. Za en greben na Havajih je to že postalo resničnost (Harvey, 2018).

Eno izmed idej v zvezi z obnavljanjem življenja v morju sta prispevala dr. Thomas J. Goreau in Wolf Hilbertz iz Globalnega zavezništva za koralne grebene, ki jima je

Društvo za ekološko obnovo podelilo priznanje za njuno delo v zvezi z uporabo solarnih plošč za gojenje velikih apnenčastih struktur v morju, ki omogočajo rast koral in zagotavljajo življenjski prostor ribam in drugim vrstam živih bitij koralnih grebenov. Ta metoda (predstavljena leta 1996) za obnovo in ustvarjanje novih koralnih grebenov je trajnostna, okolju varna in ekonomsko ter biološko izvedljiva.

3. 2 Slovensko morje in koralni greben pred rtičem Ronek

Slovensko morje obsega južni del Tržaškega zaliva, najsevernejšega zaliva Sredozemskega morja (Lipej, Turk, Makovec: Ogrožene vrste in habitatni tipi v slovenskem morju).

Slovensko obalo odlikujeta dva tipa obale:

- abrazivni tip, za katerega so značilni visoki flišni klifi in stopničasto trdno morsko dno, ki so ga skozi tisočletja oblikovali morski tokovi, plimovanje in valovanje in
- akumulativni tip, ki se je oblikoval ob izlivih rek in potokov, zanj so značilne poplavne ravnice, ki postopoma prehajajo v peščeno in muljevito morsko dno.

Na morskem dnu slovenskega morja se nahajajo trije habitatni tipi, zaradi katerih so bila opredeljena območja Natura 2000:

- peščena obrežja, stalno prekrita s tanko plastjo morske vode,
- morski grebeni in
- podvodni travniki s pozejdonko (*Posidonia oceanica*).

Podvodni grebeni v severnem Jadranu so zaradi svoje geološke strukture nekaj posebnega, saj takih struktur drugje v Sredozemskem morju ni. Spominjajo na koralne grebene, saj se prav tako vzpenjajo v višino nekaj metrov iz morskega dna. Za slovensko morje je, kljub kratki obali, plitvosti in intenzivni urbanizaciji, značilna velika raznovrstnost struktur, habitatnih tipov in vrst, hkrati pa tudi velika ogroženost slednjih (Lipej, Orlando Bonaca, 2015). Degradacija habitatov je proces, v katerem prihaja do slabšanja njihove kakovosti in ki se lahko konča z njegovo popolno izgubo (sensu Kryštufek, 1999). Na osnovi podatkov iz literature lahko sklepamo, da je takšna usoda doletela travnike pozejdonke (*Posidonia oceanica*), saj jo danes najdemo le na kilometer dolgem odseku obalnega morja med Kopro in Izolo, medtem ko je pred 30 ali 40 leti izginil obsežen travnik na plitvini, kakšne tri milje pred Piranom.

Med značilnimi primeri degradacije morskih ekosistemov je uničevanje trdnega dna infralitorala zaradi nabiranja morskega datlja (*Lithophaga lithophaga*). Morski datlji so zaščitena vrsta in zelo pomemben biogradnik v slovenskem morju.

V opuščeni rovi živi pestra množica bentoških nevretenčarjev in nekaterih vrst rib, ki si v luknjah v skalah naredijo gnezda.

Morski datlji se nabirajo z močnim udarjanjem pnevmatskega kladiva (ali celo z eksplozivom) po skalah (blokkih peščenjaka), ki se drobijo na manjše kamne.

Posledica je fragmentacija habitata, nestabilnost podlage in izguba bivališča za številne vrste morskih nevretenčarjev, alg in rib.

Ponovno naseljevanje flore na manjše kamnite podlage je oteženo tudi zaradi paše črnega morskega ježka (*Paracentrotus lividus*), (Fanelli in sod., 1994), (Slika 3).



Slika 3: Belobodičasti morski ježek (*Sphaerechinus granularis*).

(Vir: lasten)

Zadnje raziskave kažejo, da degradacija obale povzroča spremembe v številu osebkov in strukturi ribje favne skalnatih habitatov v celotnem Jadranskem morju, povzroča tudi upad populacije tistih rib, ki so odvisne od goste algalne vegetacije, zaradi skrivališč, gnezdenja in prehranjevanja. Guidetti in sodelavci (2004) opozarjajo na upadanje populacij rastlinojedih rib v opustošenih območjih, kot so ustnače (*Symphodus spp.*) in špary (*Diplodus spp.*).

3. 2. 1 Rtič Ronek

V Sloveniji imamo tri morska zavarovana območja:

- Krajinski park Strunjan z istoimenskim naravnim rezervatom,
- Krajinski park Debeli rtič, ki vključuje tudi del, ki je bil leta 1991 razglašen za naravni spomenik,
- naravni spomenik rt Madona v Piranu.

Naravni rezervat Strunjan je del omrežja Natura 2000 (SCI) zaradi zagotavljanja ugodnega ohranitvenega stanja za dve živalski vrsti in sedem habitatnih tipov. Na območju rezervata se nahaja rtič Ronek, najsevernejša točka celotnega Strunjanskega klifa (Slika 4).

Greben pred rtičem Ronek je največji podvodni greben v slovenskem morju, ki ga v celoti sestavljajo koraliti odmrlih sredozemskih kamenih koral (*Cladocora caespitosa*). V končnem poročilu terenskega kartiranja morskih habitatnih tipov Natura 2000 v slovenskem morju (Lipej, Mavrič, Šiško, Trkov, Orlando-Bonaca, 2018) je področje rtiča Ronek ocenjeno kot edinstven, homogen habitatni tip, ki je

nekakšna različica koralnega grebena. Habitat so poskušali opredeliti na podlagi gostote rasti kamene korale.

Koraliti so okamenele korale, ki s svojo postavitvijo na morskem dnu ustvarjajo sekundarno trdno dno, s tem pa povečujejo možnosti za naseljevanje pridnene makroepifavne.

Najbolj značilna za biogeno formacijo je pestra skupnost pridnenih nevretenčarjev; epifavna, kamor spadajo tudi redke in ogrožene vrste ter nekateri biogradniki, kot sta sredozemska kamena korala (*Cladocora caespitosa*) in spužva možganjača (*Geodia cydonium*).

Njihova gostota v slovenskem morju je najvišja na biogeni formaciji, po številčnosti elementov biogene formacije pa prevladujejo iglokožci, najpogostejši med njimi so belobodičasti morski ježki (Slika 3).

Ta biogena formacija je v obliki elipse (širši del je smer vzhod–zahod), najvišja izmerjena točka je na 12,4 metrov globine, najnižja pa na globini 21 metrov, kjer preide v muljasto dno. Biogena formacija Ronek je brez mulja na površju, iz česar se lahko sklepa, da je na tem območju precej močan morski tok, kar pomembno vpliva tudi na strukturo živalstva. Kolonije kamenih koral na rtiču Ronek so v premeru manjše kot ostale korale v slovenskem morju, so pa zato kolonije gostejše. Na tej biogeni formaciji (Slika 4) je zelo pestra tudi pridnena morska favna in pridnene gruče morskih organizmov ter pridneni nevretenčarji (Lipej, Orlando-Bonaca, Mavrič, Pitacco: Biodiverziteteta biogenih formacij, 2016).

Upoštevajoč, da je to ekološko pomembno območje, bi bil v našem primeru učinek uničenja grebena slab, zato bi bila nujno potrebna obnovitev obstoječih grebenov.



Slika 4: Iz zgibanke Zavarovani deli Slovenskega morja. Avtor: mag. Robert Turk.

(Vir: R. Turk, 2006)

4 UMETNI PODVODNI GREBENI

Zaradi pospešenega uničevanja koralnih grebenov so se v svetu pojavile zamisli o njihovi nadomestitvi. Kot možno nadomestilo za rehabilitacijo in obnovo grebenov so bili predlagani umetni podvodni grebeni (Clark & Edwards, 1999; Spieler, Gilliam, & Sherman, 2001), narašča pa tudi zavedanje o pomembnosti razumevanja medsebojnih vplivov med naravnimi in umetnimi grebeni in potreba po primerjavi med obojimi (Badalamenti, Chemello, D Anna, Henriquez Ramoz, & Riggio, 2002; Carr & Hixon, 1997; Perkol-Finkel & Benayahu, 2004).

Kljub zgodnjemu razvoju bentoških skupnosti na umetnih grebenih je bilo to področje podrobneje raziskano šele v zadnjih nekaj desetletjih (npr. Ardizzone, Gravina, & Belluscio, 1989; Aseltine Neilson, Bernstein, Palmer-Zwahlen, Riege, & Smith, 1999; Cummings, 1994; Qiu, Thiyagarajan, Leung, & Qian, 2003), pri čemer

pa poznavanje poznih razvojnih faz skupnosti na umetnih grebenih še vedno ni zadostno. Dolgoročno spremljanje razvoja življenja na umetnih grebenih je bistvenega pomena za razumevanje ekoloških procesov in za njihovo ocenjevanje koristnosti ter možnega vpliva na naravno okolje (Aseltine-Neilson et al., 1999; Perkol-Finkel & Benayahu, 2005).

Umetni podvodni grebeni so predlagani kot potencialno orodje za obnovo in sanacijo grebenov (Clark & Edwards, 1999, Spieler, Gilliam & Sherman, 2001).

4. 1 Zgodovina umetnih podvodnih grebenov

Zgodovina umetnih podvodnih grebenov sega v čas starodavnih Perzijcev, le da so bili takrat zgrajeni za drugačne namene kakor danes, in sicer za preprečevanje vdora indijskih piratov in zajetje sovražnih ladij. Predvideva se, da so bili prvi umetni grebeni za namene ekologije zgrajeni v 17. stoletju na Japonskem. Takrat so namreč japonski ribiči potapljali kamne in ruševine z namenom gojenja alg in s tem povečanje ulova.

Umetni podvodni grebeni in ostale zaščite (sistemi za zaščito obale in ribogojnic, valobrani, ostale morske ovire) se uspešno uporabljajo že od šestdesetih let prejšnjega stoletja naprej (Shulman, 2011).

Porast števila umetnih podvodnih grebenov se je močno povečala v zadnjih tridesetih letih, saj se je sčasoma izkazalo, da le ti bistveno pripomorejo k boljšemu ulovu rib, predvsem v otoških državah (Rutger, 2018). S postavitvijo umetnih podvodnih grebenov človek lahko bogati lokalno morsko življenje, predvsem pa pripomore k rehabilitaciji morskih habitatov, ki so jih uničile naravne nesreče ali človekove dejavnosti. V zadnjem času so postali umetni podvodni grebeni tudi velika zanimivost za turiste, biološko bogastvo na njih pa je izziv za potapljače. Torej razvoj umetnih grebenov sovпада s programi za povečanje virov morske prehrane.

4. 2 Sestava, zgradba, gradnja in postavitve umetnih podvodnih grebenov

Umetni podvodni grebeni so potopljene ali delno potopljene strukture, nameščene na morsko dno z namenom oponašanja nekaterih funkcij naravnega grebena, to je zaščita in regeneracija morskega življenja, predvsem habitatov. Služijo kot življenjski prostor, ki deluje kot del naravnega ekosistema, medtem ko "ne škoduje" (FAO, 2015).

Umetni grebeni se fizično definirajo po zasnovi in razporeditvi materialov, ki se uporabljajo v gradbeništvu ter funkcionalno glede na njihov namen. Predmeti, ki se uporabljajo pri gradnji grebenov, dodajo vertikalni oziroma pokončni profil bentičnemu okolju, lahko so sestavljeni izrecno kot greben, lahko pa so pridobljeni po tem, ko se uporabljajo za drug, običajno nepovezan namen (Seaman, Jensen, 2000).

Izraz umetni podvodni greben izključuje ploščadi, kable, cevovode, umetne otoke, priveze in objekte za obalno plovbo (valobrani, nasipi ...), saj so ti zgrajeni predvsem za druge namene. Kljub temu pa so številni grebeni sestavljeni iz objektov, ki so bili zgrajeni za druge namene, kot so naftne ploščadi (po programu Rigs-to-Reefs) ali namerno potapljanje ladij. Izdelujejo se tudi z uporabo gradbenih odpadkov, lahko so zgrajeni tudi iz PVC ali betona. Nekateri umetni grebeni so lahko tudi ladijske razbitine. Ne glede na način gradnje, umetni grebeni na splošno zagotavljajo trdne površine, na katere se vežejo alge in nevretenčarji, kot so školjke, korale in ostrige. Kopičenje pripadajočega morskega življenja pa nadalje zagotavlja zapleteno strukturo in s tem hrano za različne vrste rib (NOAA, 2014).

Oblika in velikost umetnih podvodnih grebenov je različna glede na vrsto morskega dna, glede na morski tok in glede na prvotni namen postavitve umetnega grebena. Japonske raziskave so pokazale, da so za spodbujanje rasti školjk in morskih alg, najbolj primerni majhni in nizki predmeti. Konstrukcije z veliko režami in luknjami so najbolj primerne za nevretenčarje (jastogi, kozice, ostali raki) in za mlade ribe, medtem ko so višje in večje strukture z razpokami najbolj primerne za odrasle ribe. Primerno mesto za izgradnjo umetnega podvodnega grebena se običajno izbere s posvetovanjem z različnimi uporabniki tega območja. Umetnih podvodnih grebenov se ne postavlja v območju, kjer je vodni tok močan, saj se lahko s premikanjem grebena, materiali raztresajo, s tem uničujejo druge morske organizme in lahko onesnažujejo morje (Yip, 1998).

Pri postavitvi novega umetnega grebena je pomembna tudi lokacija, saj je sestava oceanskega dna pomemben dejavnik, ker se z neprimerno odločitvijo postavitve lahko material potopi v usedline ali ga te prekrijejo, s tem pa greben izgubi svojo učinkovitost. Izbira globine je odvisna od navigacijske razdalje in stabilnosti materiala. Materiale za lahke grebene je potrebno uporabljati v globokih vodah ali zaščitenih rečnih ustjih, kjer podvodni tok ni tako močan in je manjši vpliv valov. Materiali za težke grebene pa so lahko uporabljeni v vseh globinah.

Za vsako posamezno izgradnjo vsakega umetnega podvodnega grebena morajo imeti vse vlade in države ustrezna dovoljenja za izgradnjo umetnih podmorskih grebenov (Yip, 1998).

V svoji raziskavi umetnih grebenov, ki je bila objavljena leta 1985 (Pregled s priporočili za prihodnje prednostne naloge), sta bila in nekoliko kritična. Glede na to, da je to relativno star vir, lahko ocenimo, da znanje o okolju prijaznih in neškodljivih materialih še ni bilo tako razširjeno. Raziskava je bila narejena z namenom, da bi ugotovili, kakšno znanje o biologiji, ekologiji in ekonomiji umetnih grebenov je bilo pri gradnji upoštevano in znanstveno utemeljeno ter ali bi lahko opredelili in priporočili prihodnje projekte, področja in metode raziskovanja. Sklepi v večini objavljenih člankov, ki so se ukvarjali z gradnjo umetnih podvodnih grebenov ali sukcesijskimi spremembami in opazovanimi vrstami, so temeljili na malo ali nič znanstvenih podatkih. Le malo raziskav je uporabilo kvantitativne eksperimentalne metode, mnogi pa niso imeli znanstveno veljavnih kontrol. V raziskavi je bilo ugotovljeno, da imajo države po svetu različne pristope do umetnih grebenov, v smislu financiranja,

raziskav, materialov in velikosti. V Združenih državah Amerike je velika večina umetnih grebenov naključno zgrajena iz odpadnega materiala, predvsem pa nizkoprorračunska, zgrajeni so v globljih morskih vodah, ki jih večinoma uporabljajo rekreativni ribiči s čolni. Nasprotno so na Japonskem umetni morski grebeni izdelani iz trajnih, neobdelanih, montažnih materialov, ki so jih zasnovali in izdelali inženirji. Postavljeni so na izbrana območja v plitvih in globokih morskih vodah, uporabljajo pa jih predvsem komercialni ribiči. V tej raziskavi je podanih devetindvajset priporočil za prihodnje študije, ki zajemajo predvsem naslednje:

- Večji poudarek je potreben pri določanju optimalne zasnove, velikosti in postavitve umetnih podvodnih grebenov, da bi povečali populacijo rib.
- Več pozornosti je potrebno nameniti majhnim, plitvim, obalnim grebenom, ki so dostopni brez čolna.
- Bolj je treba upoštevati tudi grebene, ki so bili zgrajeni z namenom povečanja števila juvenilnih osebkov (mladičev) in njihovim preživetjem ter rastjo.
- Izboljšati je potrebno tehnike kvantitativne ocene za opis skupnosti grebenov in spremljanje biotskih sprememb.
- Podatke o umetnih morskih grebenih je potrebno hraniti, da bi tako lažje ocenili učinkovitost različnih podvodnih grebenov.
- Ustrezno bi bilo treba obravnavati pomembnost privabljanja rib v primerjavi s proizvodnjo rib ter razmerje med stalnim pridelkom in ulovom rib.
- Bolj skrbno bi bilo treba proučiti ekonomijo in družbeni vpliv umetnih grebenov, zlasti koristi od alternativnih modelov in pristopov.

V sodobnih načrtih gradnje umetnih podvodnih grebenov so materiali za gradnjo zakonsko določeni, v zvezi s tem pa je bilo sprejetih tudi več sporazumov (Macdonald, 2009).

Zaradi naraščajočega povpraševanja, so se s strani različnih svetovnih vlad, javnosti in zasebnih interesov, začela pojavljati vprašanja glede učinkovitosti umetnih grebenov v zvezi z ribolovom, ekologijo, vplivi na okolje, gradbenimi praksami in ekonomskimi vprašanji (Seaman, 2000).

Za izgradnjo grebenov je ključnega pomena celovito načrtovanje, kajti material za izgradnjo, lokacijo grebenov, potrebna dovoljenja, prostor za montažo, delo, postavljanje boj, financiranje, prevoz in morebitna navzkrižja interesov je potrebno skrbno pretehtati na začetku vsakega projekta. Rešitve teh premislekov lahko najbolje pripravijo tisti, ki zastopajo lokalne in državne vlade, državne in zvezne ribiče, športnike in komercialne ribiče, turistični odbor in zainteresirane posameznike (Yip, 1998).

4. 3 Prednosti in slabosti umetnih podvodnih grebenov

Mnenja o umetnih podvodnih grebenih so deljena: nekateri menijo, da je umeščanje umetnih predmetov v ocean priložnost za vzpostavitev habitata za vse vrste morskega življenja (morsko favno in floro), spet drugi pa, da je to le preprost način odlaganja odpadkov v ocean. Materiali, ki so bili do sedaj potopljeni so: betonski predmeti, jeklene konstrukcije, stari uničeni avtomobili, letala, stare pnevmatike, vojaški tanki, doki, stare ladje in čolni, zastarele naftne ploščadi ... Kjer velja okoljska zakonodaja (različni zakoni glede na določena območja), bi morali biti ti materiali varni in neškodljivi za okolje in morski ekosistem, potopljeni bi morali biti na območjih, kjer ne bodo motili habitatov, ki že obstajajo v naravi, ne bi smeli predstavljati nevarnosti za plovbo, ali ustvariti potencialne pasti za potapljače in morske vretenčarje (Rutger, 2018).

Zagovorniki umetnih grebenov menijo, da se z odstranjevanjem kopenskih elementov prihrani prostor na odlagališčih, ustvari prihodek od ribolova in potapljanja na morju, poveča stalež rib, zmanjša pritisk na naravne grebene z zagotavljanjem nadomestnih območij za potapljanje in športni ribolov SCUBA in da je to tudi stroškovno učinkovit način, kako se znebiti neuporabnih predmetov.

Drugi poudarjajo negativne vidike v tem, da so nekateri od teh materialov zarjaveli, se odtrgali zaradi neurja in valovov, potopili v pesek in mnogi izpustili škodljive strupene kemikalije v oceanske vode.

Nekatere pozitivne posledice postavitve umetnih podvodnih grebenov:

- Zagotavljajo zatočišča in mirne vode za različne morske vrste ter vplivajo na vodne tokove tako, da lahko ribe varčujejo z energijo, ki jo sicer porabljajo s plavanjem proti toku (Yip, 1998).
- Privabljajo manjše organizme, ki so bistveni viri hrane za različne vrste morskih živali.
- Služijo kot vizualne referenčne točke za ribe, ki se naselijo proč od grebena in povečajo celotno območje grebena, ki lahko gosti večje število grebenskih rib (Yip, 1998).

Najpomembnejše prednosti umetnih podvodnih grebenov so torej v povečanju ribjega staleža, namenjenim ribolovu na določenem območju in možnost ribolova na novih lokacijah, s čimer se razbremenijo naravni grebeni. So tudi odličen način, da se človeštvo znebi velikih predmetov, ki bi drugače končali kot odpadki. Umetni grebeni so lahko turistično ravno tako zanimivi kot naravni grebeni, saj v posameznih državah pripomorejo k povečanju zaslužkov od potapljaške in nasploh turistične dejavnosti. Predvsem pripomorejo pri obnovi ribje populacije in s tem večjimi zaslužki od priobalnega ribolova.

Umetni podvodni grebeni imajo tudi slabosti:

- V primeru, ko grebeni niso pravilno oblikovani ali nameščeni, lahko povzročijo marsikatero težavo, saj neuravnoteženi materiali lahko končajo več milj stran od grebena (npr. pnevmatike), med svojo potjo pa mimogrede poškodujejo tudi morske organizme v okolici, ali se ujamejo v odpadne plavajoče mreže ribičev (Yip, 1998).
- Neustrezne označevalne boje, ki označujejo umetni podvodni greben, in verige, na katere so pritrjene ter izgubljene boje povečujejo količino neustreznih materialov, spuščениh v morje. Prav tako motijo ladijski promet, ovirajo razvoj mineralov in jih je težko najti v primeru, da se strgajo in odplavajo.
- Uporaba strupenih materialov, ki onesnažujejo vodno okolje (snovi, ki vsebujejo benzen ali težke kovine), povečuje že tako velik antropogeni vpliv.
- Umetni podvodni grebeni niso označeni, zato se jim ribiči in druga plovila ne morejo izogniti in lahko prihaja do nesreč.
- Nekateri umetni grebeni lahko dajejo prednost nezaželenim, invazivnim vrstam živih bitij, spreminjajo se naravni procesi in okolje, favorizira se del prehranskega spleta.

Nekatere okoljevarstvene organizacije (vključno s skupino *Ocean Conservancy Group*) trdijo, da umetni podvodni grebeni naredijo več škode kot koristi: od že omenjenih uporabljenih nepravilnih materialov, ki škodijo ekosistemu, do ugotovitev, da nekatera podjetja uporabljajo postavitve umetnih grebenov kot razlog, da se znebijo stvari, ko jih odložijo v ocean.

Prav tako organizacije niso prepričane, da je izbira lokacije za postavitve novega umetnega grebena vedno prava, saj lahko v nasprotnem primeru povzroči škodo morskemu življenju in naravnim grebenom v neposredni bližini.

Kakor so umetni podvodni grebeni pozitivni za ribolov, obstaja strah, da bi lahko povzročili pretiran ribolov, s tem pa ponovno izgubo ali zmanjšanje populacije določenih vrst rib (Rutger, 2018).

4. 4 Primerjava bioloških združb na umetnih podvodnih grebenih

Metode, uporabljene za ocenjevanje učinkovitosti umetnega grebena se razlikujejo glede na namen, za katerega je bil ta zgrajen. Da bi lahko ugotovili, kako dobro umetni podvodni grebeni blažijo izgube zaradi človekove dejavnosti pri naravnih grebenih, je potrebno učinkovitost umetnih grebenov ovrednotiti s sočasnimi primerjavami s sorazmerno nemotenimi naravnimi grebeni. Te primerjave pa so večkrat zmedene zaradi razlik v velikosti, starosti in izolaciji grebenov. V članku revije *Fisheries* avtorja Mark Carr in Mark A. Hixton objavljata primerjavo kolonizacije in kasnejšo strukturo grebenskih rib na koralnih in umetnih podvodnih grebenih, v kateri je standardizirana velikost, starost in izolacija grebenov. Bogastvo

vseh živih vrst skupaj je bilo večje na grebenih naravne, kot umetne strukture, vendar znatne razlike v sestavi vrst niso bile odkrite. Rezultati kažejo, da bodo umetni podvodni grebeni s strukturno kompleksnostjo in drugimi abiotskimi ter biotskimi značilnostmi, podobnimi tistim iz naravnih grebenov, najboljše ublažili izgube populacije grebenskih rib in ostalih združb, ki prebivajo v naravnih grebenih. V članku, ki so ga leta 2005 napisali S. Perkol-Finkel, N. Shashar, Y. Benayahu so se v naslovu spraševali, ali lahko umetni podvodni grebeni nadomestijo naravne grebene, saj se je potreba po rehabilitaciji ali obnovitvi morskega okolja močno povečala. Umetni grebeni so predvideni kot sredstvo za ohranjanje in obnovo naravnih grebenov. Čeprav je bilo naseljevanje na umetnih podvodnih grebenih že temeljito proučeno, je razumevanje interakcij med umetnimi in naravnimi grebeni še vedno slabo, zato vprašanje iz naslova tega članka, ostaja aktualno. V zvezi z naravnimi in umetnimi podvodnimi grebeni, ki so eden zraven drugega, so postavili tri hipoteze, in sicer:

- na obojih bodo zrasle enake strukture, če jim damo dovolj časa;
- podobni so le, če imajo enake strukturne značilnosti;
- razlikujejo se ne glede na starostne ali strukturne značilnosti.

Te hipoteze so bile preizkušene na umetnem podvodnem grebenu, 119 let stari ladijski razbitini, ki je ležala poleg naravnega morskega grebena.

Organizmi, ki so se naselili, vključno s trdnimi in mehкими koralami, spužvami, plaščarji (vodne sesilne živali iz debla strunarjev), morskimi vetrnicami in drugimi ožigalkarji, so bili zabeleženi in izmerjeni vzdolž linijskega transekta (metoda linijskega transekta se v biologiji uporablja za razmeroma enostavno in učinkovito ugotavljanje relativne gostote in številčnosti organizmov na raziskovanem območju).

Rezultati raziskave podpirajo drugo hipotezo in kažejo na to, da bo tudi po enem stoletju umetni greben oponašal naravni greben, ki je v njegovi bližini le, če bo imel strukturne značilnosti, podobne tistim, ki so v naravnem okolju. V primeru, ko se grebena strukturno razlikujeta, bodo njune združbe ostale različne.

Ob upoštevanju glavnega razloga za propadanje naravnih morskih grebenov, tj. zakisanja morja, je dolgoročno zelo vprašljivo tudi umeščanje umetnih podvodnih grebenov.

4. 5 Umetni podvodni grebeni v Evropi

Prvi umetni podvodni grebeni v Evropi so se pojavili pred približno petdesetimi leti (v Franciji leta 1968). Večina je nameščena v Sredozemskem morju, vse bolj pa narašča interes zanje v severnoevropskih državah. Skale, ki so služile kot sidrišča za ribolovne mreže za tune v Sredozemskem morju, so bile na koncu vsake ribolovne sezone puščene na morskem dnu, zato so se sčasoma nabrale in ustvarile nove skalnate habitate, naseljene z ribami, ki so jih lokalni ribiči izkoriščali v

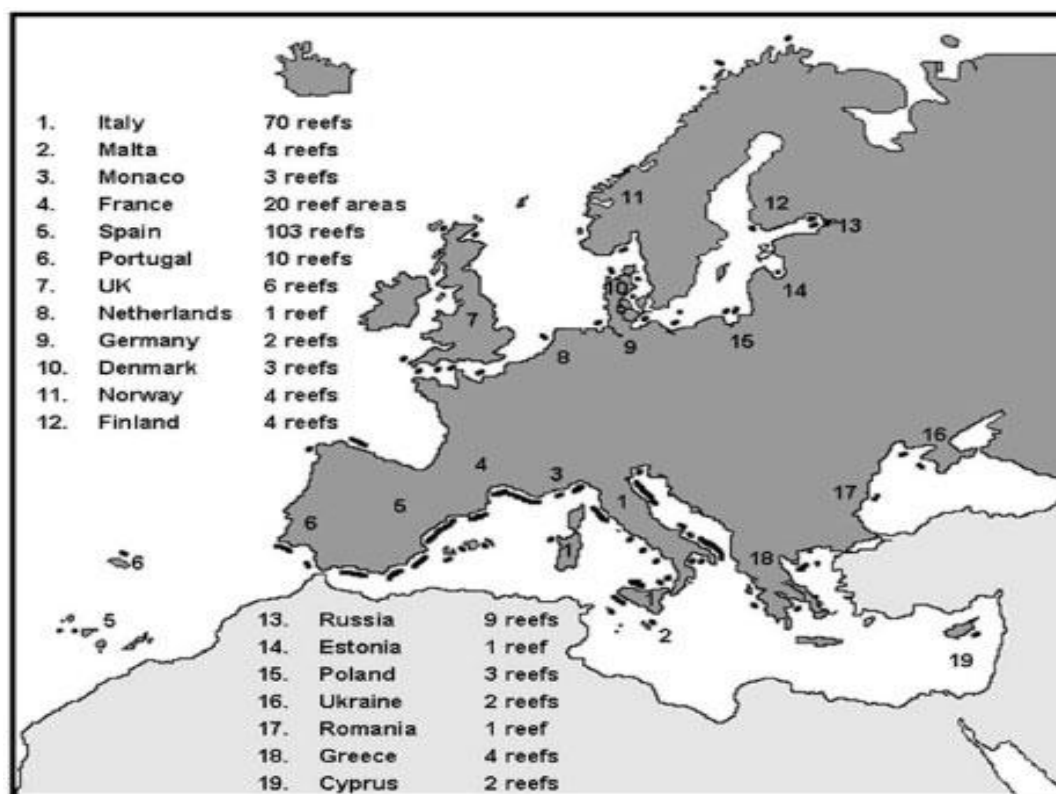
obdobjih med sezonami ribolova na tune (Riggio in sod., 2000). Najverjetneje so ribiči z enakimi cilji uporabljali podobne prakse po celem svetu (Simard, 1995).

Razvoj umetnih grebenov je bil predvsem v zadnjih štiridesetih letih rezultat različnih ciljev, kot so ohranjanje in obnova narave, povečanje ribjih zalog, upravljanje in izboljšanje ribolova, ribogojništvo, raziskave in rekreacija. Povečanje ribjih zalog in upravljanje ribolova sta glavna cilja gradnje grebenov v Sredozemskem morju in na atlantski obali Iberskega polotoka, medtem ko so bili v drugih evropskih regijah doslej glavni cilji varstvo oziroma obnova narave, raziskave in rekreacija.

V Evropi delimo morje na splošno na štiri območja:

- Baltsko morje,
- območje severovzhodnega Atlantika, ki ga pokriva konvencija o varstvu morskega okolja severovzhodnega Atlantika – OSPAR,
- Sredozemsko morje z Barcelonsko konvencijo in
- Črno morje.

Umetni podvodni grebeni se v Sredozemskem morju uporabljajo za upravljanje ribištva, zaščito obalnih območij ali drugih občutljivih habitatov pred nezakonitim lovom z vlečno mrežo, izboljšanjem malega ribolova in zmanjšanjem konfliktov med različnimi ribolovnimi dejavnostmi. V Baltskem in Črnem morju je nameščenih manj umetnih grebenov, saj so na teh področjih glavni cilji obnova in ohranjanje habitatov, zmanjšanje stopnje eutrofikacije ter zmanjšanje stopnje onesnaženja, ki je predvsem, kot smo že omenili, posledica človekovih dejavnosti. V Evropi je na različnih lokacijah postavljenih več kot 250 umetnih podvodnih grebenov, na Sliki 5 je predstavljeno tudi število grebenov po državah.



Slika 5: Lokacije umetnih grebenov v Evropi.

(Vir: Fabi, 2011)

Kot je razvidno iz Slike 5, je največja koncentracija umetnih podvodnih grebenov v Biskajskem zalivu in ob Iberski obali. Gonilni motivi za gradnjo umetnih podvodnih grebenov v območju OSPAR so zaščita in proizvodnja ribištva, zaščita in izboljšanje habitatov, raziskave in rekreacija (OSPAR Commission, 2009).

Umeščanje, gradnjo umetnega grebena določajo nekateri splošni predpisi o zaščiti morja pred onesnaževanjem zaradi odlaganja neprimernih materialov. Iz teh splošnih predpisov so bili v Sredozemlju izpeljani posebni regionalni načrti za uporabo umetnih grebenov v morskem okolju, kjer se načeloma uporabljata Londonska konvencija (konvencija o preprečevanju onesnaževanja morja z odmetavanjem odpadkov in drugih snovi, 1972) in Barcelonska konvencija, ki predstavlja pravno in vsebinsko osnovo za izpolnjevanje Sredozemskega akcijskega načrta (UNEP / MAP).

Kljub razvoju v zadnjih letih so nacionalni in/ali regionalni programi za uporabo umetnih grebenov in/ali njihova vključitev v splošne načrte upravljanja za celostno upravljanje obalnih območij veljavni le v večini sredozemskih držav, medtem ko je le nekaj do sedaj izvedenih projektov v drugih evropskih regijah. Poleg tega je v številnih državah opazno pomanjkanje načrtov za upravljanje grebenov po njihovi izgraditvi.

Poleg vse večjega razvoja na področju raziskovanja grebenov v uveljavljenih državah, kot so Italija, Španija in Portugalska, je v zadnjem času opazen razvoj tudi v drugih državah.

Grčija je, na primer, sprejela nacionalni načrt za uporabo umetnih grebenov, vse večje zanimanje za uporabo umetnih grebenov za obnovo habitata in upravljanje ribolova pa kažejo tudi številne države severne Evrope, kjer je bila ta tehnologija doslej le malo uporabljena.

Raziskave znanstvenih, inženirskih, pravnih in socialno-ekonomskih vidikov so veliko prispevale k razvoju gradnje in umeščanju umetnih grebenov, saj so nudile osnovo informacij in izkušenj, ki so bile zelo koristne za boljše razumevanje številnih izzivov, ki jih umetni grebeni ponujajo za ohranjanje in trajnostno rabo morskega okolja in izkoriščanje virov (Jensen, 2002). V tem procesu je pomembno vlogo odigrala Evropska mreža za raziskovanje umetnih grebenov (1995–1998).

Na podlagi dokazov, predloženih v raziskavah, so bile v zadnjem desetletju na mednarodni ravni razvite smernice za pomoč državam pri gradnji umetnih grebenov v evropskem morju (KOMISIJA OSPAR, 1999; UNEP MAP, 2005). Čeprav le te za države niso zavezujoče, jih je več držav uradno priznalo. Smernice podajajo nedvoumno opredelitev umetnega grebena in tako prispevajo k izogibanju nesporazumom, kot so bili v preteklosti. Poleg tega zagotavljajo skupne protokole za uporabo umetnih grebenov in oceno njihove učinkovitosti in vplivov. Kljub nedavnemu razvoju, pa trenutno nacionalni ali regionalni programi za uporabo umetnih grebenov in njihovo vključitev v splošne načrte upravljanja ribištva in ohranjanja narave, veljajo le v večini Sredozemskih držav. Dejansko so ukrepi upravljanja, ki so namenjeni urejanju ali omejevanju dostopa do grebenov, bistvenega pomena za zagotavljanje vzdrževanja virov o grebenih skozi čas in preprečevanje morebitnih konfliktov med različnimi uporabniki. Hkrati bi se moralo raziskovanje in sodelovanje med raziskovalci različnih držav nadaljevati, da bi olajšali izmenjavo izkušenj in načrtovanje novih raziskovalnih programov. Nadaljnje raziskave bi se morale še naprej osredotočati na popolno razumevanje ekoloških procesov, povezanih z umetnimi grebeni, zlasti v zvezi z obnašanjem rib in načini upravljanja grebenov, da bi dobili zelene biološke in socialno-ekonomske rezultate.

4. 5. 1 Dovoljevanje in nameni postavljanja umetnih podvodnih grebenov v Sredozemskem morju

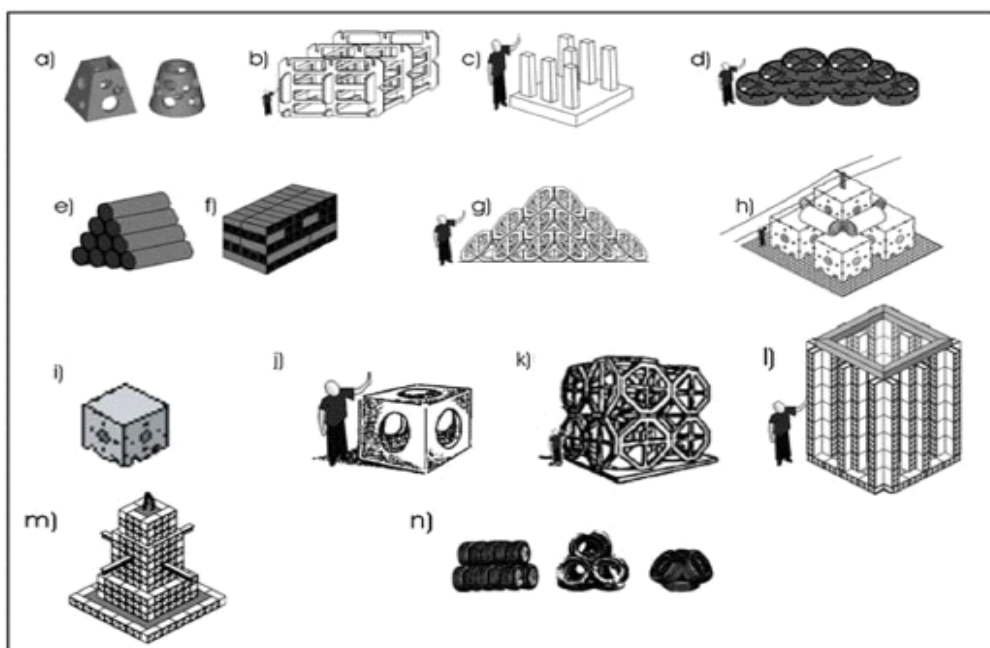
FRANCIJA

Prva evropska država, ki je izvedla raziskave na umetnih grebenih, je bila Francija, ki je že leta 1968 začela s postavljanjem nekaterih pilotnih grebenov iz odpadnih materialov (karoserije avtomobilov). Kljub temu pa je bil program v zvezi s tem razvit šele sredi osemdesetih let prejšnjega stoletja s potopitvijo 30.000 m³ posebej izdelanih betonskih modulov, ki jih je treba sestaviti »in situ« (na licu mesta) (RELINI et al., 2008).

Do danes je bilo na dvajsetih mestih vzdolž francoske obale Sredozemskega morja razporejenih okoli 90.000 m³ umetnih podvodnih grebenov, narejeni pa so predvsem iz betona (Slika 6: dela b in c).

V razprave o postavitvi umetnih grebenov je običajno vključeno več strani z različnimi interesi: uradniki, poklicni ribiči, znanstveniki in okoljska združenja. Dovoljenja za postavitve struktur na morsko dno v Franciji izdajo regionalna prefektura – uprava, ki pripada Ministrstvu za notranje zadeve.

V Franciji se upravljanje grebenov razlikuje po območjih: v Languedocu (južna francoska regija ob Sredozemskem morju) so vsi grebeni odprti za ribiče, medtem ko se v Provansi–Alpah–Azurni obali (jugovzhodna francoska regija ob Sredozemskem morju) večina grebenov nahaja v zavarovanih območjih, kjer je ribolov prepovedan. Drugačna situacija je v morskem parku Côte Bleue (zahodno od Marseilla), kjer so nekateri grebeni odprti za poklicni in rekreacijski ribolov, drugi pa so zaščiteni. Vendar pa je v primeru odprtega dostopa do grebenov potrebna splošna ureditev upravljanja z ribiči, finančniki ali izvajalci. Za pripravo in razvoj francoske pomorske politike sta odgovorna Ministrstvo za ekologijo, trajnostni razvoj in prostorsko načrtovanje ter Ministrstvo za promet, infrastrukturo, turizem in morje.



Slika 6: Vrste umetnih grebenov v Evropi.

(Vir: Fabi, 2011)

ŠPANIJA

Španija je umetne podvodne grebene začela postavljati leta 1982, ko je bila pripravljena prva pravna in politična ureditev na tem področju. Po vstopu države v

Evropsko unijo se je javni interes za umetne podvodne grebene povečeval, od konca osemdesetih let pa je španska vlada spodbujala politiko uporabe umetnih podvodnih grebenov kot sredstev za upravljanje ribištva. Izgradnja se je financirala iz evropskih sredstev ter nacionalnih in regionalnih španskih proračunov.

Gradnjo umetnih podvodnih grebenov urejajo Kraljevi odlok 798/1995 in "Metodološke smernice za umestitev umetnega grebena", ki jih je leta 2008 pripravilo špansko Ministrstvo za okolje in podeželje ter pomorske zadeve.

Ti dokumenti določajo metodologijo za namestitev grebenov in upravne postopke, potrebne za pridobitev dovoljenj za njihovo namestitev na morju. Ker so umetni grebeni zgrajeni z javnimi sredstvi, so del javne domene in zato niso predmet izključnih pravic izkoriščanja, za njihovo upravljanje pa se običajno ne uporabljajo pravila, čeprav se na nekaterih področjih lahko uvedejo predpisi o posebnih uporabah. Pravni postopki zahtevajo splošno študijo o okoljskih značilnostih območja, habitatih, virih in njihovi uporabi, obstoječih infrastrukturah in socialno-ekonomskih vidikih. Španija ima več kot 103 razporejene umetne grebene, največ jih je v Sredozemskem morju. Glavni cilji njihovega uvajanja so: varovanje in povečevanje populacije ribjih skupin, preprečevanje nezakonitega ribolova z vlečnimi mrežami, zaščita občutljivih ekosistemov, na primer travnikov pozejdonke (*Posidonia oceanica*) in naravnih habitatov, pomembnih za ribištvo ter zmanjšanje sporov med različnimi gospodarskimi ribolovi. Uporabljata se dve vrsti umetnih grebenov: zaščitni grebeni (za zaščito ribolovnih virov, zmanjšanje sporov med uporabniki - ribiči, ohranitev ekosistemov in naravnih habitatov, pomembnih za ribištvo, ter varovanje človeške infrastrukture) in proizvodni grebeni (uporabljajo se za povečanje staleža rib in izkoriščanje biomase z zagotavljanjem zavetišča in hrane, privabljanjem morskih organizmov in prostorsko prerazporeditvijo ribjih populacij). Običajno se uporabljajo tri vrste modulov: zaščitni moduli so betonske enote, ki so dovolj težke, da ovirajo nezakonit ribolov z vlečnimi mrežami in so pogosto opremljene z železnimi nosilci, ki zapletajo mreže, proizvedeni moduli so večji in imajo luknje različnih oblik in velikosti, ki zagotavljajo zavetje za morske organizme ter mešani moduli, ki združujejo značilnosti obojih (Slika 6: dela l in m).

ITALIJA

V Italiji je bil prvi umetni podvodni greben zgrajen leta 1970, ob italijanski obali pa je postavljenih že več kot 70 umetnih grebenov. Večina podvodnih grebenov je srednje velikih in narejenih iz betona (Slika 6: dela g in h). Glavni namen in smoter gradnje umetnih grebenov je upravljanje ribištva, saj služijo predvsem kot sredstvo za zaščito obalnih območij ali drugih občutljivih habitatov pred nezakonitim ribolovom z vlečno mrežo.

S tem se zmanjšujejo tudi konflikti med različnimi kategorijami ribičev, hkrati pa se povečuje mali priobalni ribolov. V državi kot celoti ne obstaja nacionalni program za gradnjo ali postavitve umetnih podvodnih grebenov, birokratski postopki in predpisi pa se lahko med regijami razlikujejo. Kljub temu pa, zaradi preprečevanja odlaganja

odpadnih snovi in izpustov onesnaževal, obstajajo skupne omejitve glede materialov, ki se lahko uporabijo. Večina umetnih podvodnih grebenov je bila zgrajena s finančno pomočjo evropskih držav.

Projekte za postavitve umetnih podvodnih grebenov lahko predlagajo in realizirajo tudi lokalni organi in/ali zasebna združenja, na primer: potapljaški klubi, poklicni ribiči ter klubi za rekreacijski ribolov, ki projekte tudi podpirajo z lastnimi finančnimi sredstvi. Birokratski postopki postavitve umetnih grebenov se lahko razlikujejo od regije do regije, kadar pa greben gradijo lokalna združenja, morajo projekt predložiti deželnemu organu za dovoljenje in v ta namen zakupiti območje morskega dna. Da se lahko ocenijo učinki struktur na okolje in ribolovne vire, se pred in po postavitvi umetnih grebenov nad njimi izvaja večletni nadzor in spremljava. Pristojni organ za pomorstvo pri Ministrstvu za promet je oddelek za navigacijo, pomorski promet in letalstvo.

CIPER

Na Cipru so leta 2007 razvili program UNEP – MAP (integrirano upravljanje obalnih območij na Cipru: skrb za biotsko raznovrstnost), ki navaja, da so umetni podvodni grebeni eden najučinkovitejših ukrepov za preprečevanje nezakonitega ribolova z vlečnimi mrežami. Zato je bila nedavno izdelana strategija za uporabo umetnega grebena, ki jo je pripravil odbor, ustanovljen posebej za to nalogo. Ta se usklajuje z oddelkom za ribištvo in raziskave morja (DFMR) Ministrstva za kmetijstvo, naravne vire in okolje Cipra, ciprsko turistično organizacijo in združenjem ciprskih potapljaških centrov. Prvi pilotni umetni greben je bil postavljen na območju Amanta (južni Ciper), trije pa so bili načrtovani za prihodnost. Načrtovan je bil še en umetni podvodni greben severnega Cipra, ki ga je spodbujalo združenje ribičev solidarnosti za razvoj in občino Iskele. Vse grebene bo sofinancirala Evropska skupnost. Glede na vse faktorje, ki jih je potrebno upoštevati pri postavitvi umetnih grebenov, so se na Cipru odločili za betonske module z luknjami (Slika 6: del a), sestavljene naključno ali geometrijsko.

GRČIJA

V Grčiji se je gradnja umetnih podvodnih grebenov začela leta 2000 v okviru večletnega programa za razvoj ribištva, ki vključuje posebne ukrepe glede postavitve umetnih podvodnih grebenov kot sredstva za zaščito in upravljanje ribolovnih virov.

Gradnja in spremljanje umetnih podvodnih grebenov je v pristojnosti Ministrstva za kmetijstvo, ki zagotavlja tudi potrebna sredstva, kot v vseh evropskih državah pa je pri postavitvi umetnih podvodnih grebenov potrebno biti posebno pozoren na zaščitena območja Natura 2000.

Po pravilih, po katerih se umetni podvodni greben postavi, je po končani izgradnji potrebno izvesti še raziskavo, ki traja pet let. Ta raziskava vključuje oceanografske

raziskave, preiskave ribjih združb znotraj grebena in okoliških območij, študije o kolonizaciji struktur z bentoškimi organizmi in spremljanje ulova v najbližjih ribiških pristaniščih. Umetni podvodni grebeni so oblike mešanih modulov, sestavljeni iz betonskih kubičnih blokov z luknjami in razporejenih eden za drugim na morskem dnu ali sestavljeni v piramide, ki so bile najpogostejše enote.

Uporabljeni so bili tudi proizvodni moduli, kot so obsežne cementne opeke na betonski podlagi in betonske cevi, sestavljene v piramidah (Slika 6: dela e in f). Vse umetne grebene, ki so bili zgrajeni v preteklosti, je v celoti financiralo Ministrstvo za kmetijstvo.

MALTA

Na Malti je bila leta 2002 proučena možna gradnja grebena s trajnimi odpadki, leta 2004 pa je malteški organ pristojen za okolje in prostor (MEPA) izvedel pilotni projekt, ki obsega postavitve štirih umetnih podvodnih grebenov v zalivu Balluta (severovzhodni del Malte). Dva od njih sta bila zgrajena z globigerinim apnencem (globigerina je rod planktonskih luknjičark, ki so naselile svetovne oceane od sredine jure) in dva z betonskimi bloki, razporejenimi v piramide. Gradnjo umetnih podvodnih grebenov in z njimi povezane znanstvene raziskave je financirala MEPA s pomočjo Programa partnerstva za okoljske pobude (EIPP), ki se je začel novembra leta 2001. Cilj je bil oceniti okoljske vplive, primerjati primernost in čas kolonizacije različnih substratov z morsko floro in favno ter oceniti stabilnost grebena skozi čas (Borg et al., 2005).

Postavitve umetnih podvodnih grebenov na Malti urejajo uredbe o presoji vplivov na okolje, ki jih je leta 2007 objavil minister za podeželje in okolje, opisujejo pa splošne birokratske postopke in okoljske študije, potrebne za namestitve kakršne koli umetne strukture na kopnem ali na morju znotraj obalnega območja, vključno z umetnimi podvodnimi grebeni. Glede na dimenzije umetnih podvodnih grebenov je potrebno projekte predložiti v celovito presajo vplivov na okolje ali pa v omejeno presajo vplivov na okolje.

Pomorska uprava na Malti je bila ustanovljena kot samostojno telo, ki nadzira organizacijo primarnih pomorskih služb in je sestavljena iz treh direktoratskih uradov.

MONAKO

V Monaku je od leta 1976 potekal program sodelovanja, ki vključuje vladne in državljanske interese in obravnava umetne podvodne grebene kot sredstvo za upravljanje obalnih virov.

Program je organizirala in vodila Monaška zveza za varstvo narave (AMPN). Vsi umetni grebeni so bili razporejeni na zaščitenih morskih območjih vzdolž obale Monaka (Allemand et al., 2000). Prvič so v Monaku umetni greben zgradili leta 1977, sestavljen pa je bil iz 300 ton skal, ki so bile potopljene na globini od 28 do 30

metrov. Vendar je bil ta projekt neuspešen, ker se je izkazalo, da globina in razporeditev materialov nista bila primerna za privabljanje rib.

Umetni podvodni grebeni, ki so sestavljeni iz različnih tipov modulov, kot so alveolarni moduli, alveolarni kesoni, sestavljeni v piramide in t. i. "Thalame" strukture, ki imajo obliko želvjega oklepa, so bile razporejene v podmorskem rezervatu Monaka od 1979 do 1992 za obnovo in zaščito travnikov Pozejdonke in morske favne. Financiranje je zagotovil AMPN s tehnično podporo vlade Kneževine. V podvodni rezervat Monaka so leta 1988 postavili še en umetni podvodni greben z namenom zaščite koralnega pobočja. Izdelan je bil iz umetnih jam (vsaka je tehtala štiri tone), in sicer s ciljem eksperimentalne pridelave rdečih koral. V tem primeru je podjetje des Grands Travaux Monégasque načrtovalo module in financiralo večino stroškov gradnje. Leta 2007 je bil postavljen umetni podvodni greben v podvodnem rezervatu Larvotto, za raziskovalne in pedagoške namene (uporabljena piramida z maso 1,2 tone, izdelana iz vetrovnihih blokov in betonskih plošč) ga je postavil AMPN v sodelovanju s šolo François d'Assise-Nicolas Barré in Ecole Bleue).

4. 5. 2 Dovoljevanja in nameni postavljanja umetnih podvodnih grebenov na območju Konvencije OSPAR

DANSKA

Na Danskem sta bila od leta 2005 do 2008 vzdolž obale razporejena dva umetna podvodna grebena. Glavni cilji namestitve so bili izboljšanje in obnova naravnih habitatov in vrst, kot so morske alge in poraščenost grebenov v plitvih vodah, kot poseben habitat z visoko stopnjo biotske raznovrstnosti, ki jo je odstranjevanje velikih balvanov za izgradnjo morske obrambe in pristanišč v preteklosti, popolnoma osiromašilo (OSPAR Commission, 2009). Prvi umetni greben je bil zgrajen v fjordu Vejle (na vzhodni obali) leta 2005 in je bil sestavljen iz vreč, polnih školjk klapavic (*Mytilus edulis*).

Leta 2008 je Dansko Ministrstvo za okolje zgradilo umetni greben Laeso Trindel (Kattegat), z namenom obnovitve in ohranitve lokalnega balvanskega grebenskega habitata, ki je ena redkih vrst morskih habitatov, ki so vključene v direktivo o habitatih EU in v dansko mrežo Nature 2000.

Projekt je sofinancirala Evropska komisija in je vključeval potopitev okoli 60.000 m³ balvanov različnih velikosti in teže (od 1 do 6 ton). Na različno določenih območjih je bil glavni poudarek ustvarjanje kupov in s tem podvodnih jam, s katerimi bi ustvarili strukturne grebene, približno 27.400 m² morskega dna pa so pokrili novi balvani. Ponovna postavitev nekaterih balvanov je potekala leta 2009.

Izvajal se je šestletni program spremljanja, vključno s preiskavami pred gradnjo balvanskega grebena in po njej, s poudarkom na hidrografskih značilnostih, kolonizaciji makrofitov in bentoške favne, favni rib in lupinarjev, analizah vsebnosti želodca v atlantski trski (*Gadus morhua*) in Goldsinny Wrasse (*Ctenolabrus*

rupestris) ter obnašanju in migracijah ribe trske (*Gadus morhua*) ter evropskega jastoga (*Homarus gammarus*), z označevanjem z običajnimi oznakami v obliki črke T (t-bar) in akustičnimi oznakami (majhne zvočne naprave, ki omogočajo daljinsko sledenje rib v treh dimenzijah).

Rezultat projekta je ocenjen na presežek skoraj 700 milijonov posameznih živali. Zaradi obnovitve grebena so največ pridobile grebenske ribe in ribe trske, predvsem v plitvejših delih obnovljenega grebena.

Vzporedna študija na LæsøTrindelu, ki jo je izvedla univerza Aarhus (Mikkelsen et al., 2013), je dokumentirala, da so tudi pojavi manjših kitov in pristaniških pliskavk po obnovitvi grebenov pogostejši in v daljših obdobjih. To kaže na ekološko kakovost obnovljenega grebena, saj se je s tem povečalo tudi območje za hranjenje.

NIZOZEMSKA

Prva ideja glede umestitve umetnih podvodnih grebenov na Nizozemskem se je pojavila leta 1986, ko je nizozemska delovna skupina za alternativne materiale v vodnem inženiringu predlagala namestitve umetnega grebena ob nizozemski obali. To zamisel je direkcija za severno morje Rijkswaterstaat vključila v načrt politike upravljanja iz leta 1989, kasneje pa ga je sprejela nizozemska vlada. Kot rezultat je bil postavljen terenski eksperiment.

Greben je bil postavljen leta 1992 v morju Noordwijk, in sicer po izhodiščni oceni morfologije in granulometrije (velikost kamnitih zrn) morskega dna, bentoških skupnosti in favne. Sestavljen je iz štirih ovalnih, 125-tonskih nasipov iz bazaltne kamnine, katerih premer je približno 12 metrov, višina pa 1,5 metrov.

Greben se je z namenom preiskave morebitnih sprememb naravnega habitata in morske biotske raznovrstnosti spremljal pet let (od 1992 do 1995) (Leewis; Hallie, 2000; OSPAR Commission, 2009).

Na Nizozemskem je potrebno dovoljenje za postavljanje katere koli konstrukcije ali materiala (vključno z umetnimi podvodnimi grebeni).

To dovoljenje izda izvršni organ, imenovan Rijkswaterstaat; Direktorat Generalnega direktorata za javna dela in upravljanje voda. Dokument določa stroge omejitve glede uporabljenih materialov, saj je na Nizozemskem odstranjevanje kemičnih odpadkov v morje strogo prepovedano.

Pridobljena licenca vsebuje tudi obvezno zagotovilo, da bo umetni greben odstranjen in obnovljeno morsko dno, če to zahtevajo oblasti, ter zahtevo, da se območje grebena prve dve leti po namestitvi označi z osvetljenimi navigacijskimi bojami, da bodo vse zainteresirane strani obveščene o lokaciji umetnega podvodnega grebena (Leewis; Hallie, 2000).

NORVEŠKA

Na Norveškem je tehnologija umetnih podvodnih grebenov še zelo nova in je še vedno v poskusni fazi. Prvi manjši umetni podvodni greben je bil postavljen leta

2002 v Nordfjordnu (južna obala Norveške) z namenom, da bi ugotovili učinke na rastlinstvo in živalstvo, zlasti ribe. Greben je bil sestavljen iz dveh enot, imenovanih "Rundle reef« (okroglih grebenov), od katerih je vsaka izdelana iz centralnega betonskega valja, ki je bil napolnjen s kamnom, da bi povečal svojo težo in stabilnost, opremljen s štirinajstimi navpičnimi vrstami plastičnih cevi, ki segajo vodoravno navzven.

Vsaka enota je imela skupno površino 250 m² in je tehtala devet ton. Leta 2004 sta bila na Lofotenovih otokih (ležijo severno od arktičnega kroga, mesto Lofoten pa se danes ocenjuje kot trajnostna destinacija) s ciljem privabljanja rib postavljena še dva grebena iz betonskih sten in piramid z luknjami. Najnovejši umetni podvodni greben je bil zgrajen leta 2006 ob Hammerfestu (občina, ki obsega dele treh velikih otokov: Kvaløya, Sørøya in Seiland na severni obali) z uporabo okroglih grebenov t. i. »Rundle reefs«. Namen je bil ponovno vzpostavljanje in povečanje alg, drugih morskih plevelov in s tem povezanih živali (OSPAR Commission, 2009).

Norveška uprava za pomorstvo je podrejena dvema vladnima oddelkoma, in sicer: Ministrstvu za okolje in z njim povezanimi zadevami ter ladjami, Ministrstvom za trgovino in industrijo v vseh drugih zadevah, povezanih z ladjami, varnostjo in pomorščaki.

PORTUGALSKA

Čeprav so se umetni podvodni grebeni na Portugalskem začeli graditi pozneje kot v drugih evropskih državah, je država zdaj na poti, da postane ena najpomembnejših uporabnikov te tehnologije.

Prvi poizkusi so se začeli leta 1983 s potopitvijo karoserij avtomobilov, pnevmatik in lesenih čolnov s ciljem, da bi povečali ribolovno letino ob otoku Madeira. Zatem se je aktiviral program za namestitev grebenih modulov (Slika 6: dela j in k).

Največji razvoj je gradnja umetnih podvodnih grebenov dosegla ob obali Algarve na južnem Portugalskem od leta 1990 naprej. V začetku je Nacionalni inštitut za ribištvo in morske raziskave (IPIMAR) namestil dva pilotna umetna grebena.

Glavni cilj je bil oceniti vpliv na okolje in ribolovne donose ter uporabnost umetnih grebenov kot instrumenta za upravljanje in povečanje obalnih virov staležev rib.

Na tem območju je bilo od leta 1998 do 2003 razporejenih šest večjih umetnih grebenov. Vse projekte sta finančno podprla Evropska komisija (75 %) in nacionalna vlada (25 %). Vsak greben je sestavljen iz najmanj 2940 zaščitnih modulov majhne velikosti in 36 velikih eksploatacijskih enot. Na splošno bo kompleks umetnih grebenov sestavljen iz več kot 21.500 modulov, ki bodo s prekinitvami zavzemali skupno površino 43 km² in predvideno vplivno območje okoli 70 km². Predvidoma bo to najverjetneje predstavljalo največji sistem grebenov v Evropi. Vsakdo lahko namreč spodbuja namestitev umetnega grebena, vendar mora biti projekt predložen v postopek ocenjevanja, ki vključuje številne nacionalne in lokalne organe, združenja uporabnikov, nevladne organizacije, povezane z okoljskimi vprašanji, in vse druge, ki so prav tako upravičeni, da izrazijo svoje mnenje.

Vsak projekt poteka skozi tri faze, za projekte, ki se izvajajo z javnimi sredstvi, pa je potrebno štiriletno obdobje spremljanja. Pri izbiri lokacije se upoštevajo različni vidiki, kot so: dokazi o potrebi umetnega podvodnega grebena, odsotnost kakršnih koli predvidenih negativnih vplivov na okolje, ki bi nastali zaradi uporabe umetnega podvodnega grebena, odsotnost potencialnih konfliktov med lokalnimi uporabniki in obveznosti bivših in prihodnjih uporabnikov, globina in podlaga, ki bosta zagotovili strukturno stabilnost grebena, bližina pristanišč glavnih uporabnikov in globina, povezana s potrebo po varovanju mladice ribjih vrst.

VELIKA BRITANIJA

Ob obalah Velike Britanije so od leta 1984 zgradili šest umetnih grebenov za raziskave vplivov umetnih struktur na žive morske organizme (npr. jastoge), potapljanja v prostem času in izobraževanja. Uporabljene so različne vrste materialov in modulov (Slika 6: del n). Prvi umetni podvodni greben iz naravnih kamnin je bil leta 1984 postavljen ob Tornessu (jugovzhodna škotska obala) z namenom, da bi izboljšal žive morske vire.

Temu grebenu je sledil umetni podvodni greben Poole Bay (srednja in južna obala Anglije), zgrajen leta 1989 z eksperimentalnimi bloki iz premogovega pepela in postavljen leta 1998 s potopitvijo betonskih modulov in pnevmatik. Naslednji je bil greben Salcombe (jugo zahodna obala Anglije), zgrajen leta 2000 iz naravnih kamnin.

Leta 2001 se je začela gradnja grebena Loch Linne, ki se je dokončala leta 2006. Grebenki kompleks je sestavljalo pet skupin s po šestimi posamičnimi grebeni iz betonskih blokov, ki so bili celi ali luknjasti (Jensen, 2002; OSPAR Commission, 2009). Prvi tovrstni umetni greben v državi je bila leta 2004 potopljena ladja HMS Scylla v zalivu Whitsand (Cornwall) v jugovzhodni Angliji.

Najnovejši umetni podvodni greben (Bournemouth, Južna Anglija) je bil zgrajen leta 2009 za turistične namene surfanja in je sestavljen iz geotekstilnih vrečk, napoljenih z gramozom in peskom (OSPAR Commission, 2009).

V Veliki Britaniji ne obstajajo nacionalni ali regionalni načrti za uporabo umetnih grebenov. Postopke določijo lokalne vlade v Angliji, Walesu, Škotskem in Severnem Irskem, na splošno pa je treba vse umetne podvodne grebene licencirati in upoštevati smernice OSPAR. Vsakdo lahko spodbuja izgradnjo umetnih grebenov, sredstva lahko zagotovi kdor koli, ki ga predlagatelj lahko prepriča v podporo projektu. Trenutno je za njihov razvoj zelo zainteresirana potapljaška industrija.

Za pridobitev dovoljenj za gradnjo umetnega podvodnega grebena mora predlagatelj predložiti projektni načrt, v katerem so s soglasjem čim več zainteresiranih skupin opredeljeni cilji, mesto, gradivo in pričakovani vplivi na okolje. Potrebna so tri dovoljenja: plovno dovoljenje, ki ga izda navigacijski organ, dovoljenje za zakup morskega dna in dovoljenje za dejansko postavitve grebena na morsko dno.

4. 5. 3 Dovoljevanja in nameni postavljanja umetnih podvodnih grebenov v Baltskem morju

Baltsko morje je podvrženo progresivni degradaciji, predvsem zaradi antropogenih pritiskov, ki so povezani s posebnimi okoljskimi značilnostmi območja. Izpusti iz odplak, ki so običajno neobdelani ali delno obdelani, razlitje nafte in nesreče, v katerih so vključeni tankerji, pa tudi ribogojnice, povzročajo onesnaževanje in eutrofikacijo (prevelika količina hranil v vodah povzroča pregosto rastlinje in s tem pomanjkanje kisika za živali), kar vodi v poslabšanje kakovosti vode in spremembo geografske porazdelitve zooplanktona, bentosa in morskih rib (Antsulevich in sod., 2000; Chojnacki, 2000).

V tem okviru je bil namen uporabe umetnih podvodnih grebenov predvsem kot sredstva za izboljšanje naravnih procesov samoočiščevanja s širjenjem organizmov, ki so pritrjeni na morsko dno in delujejo kot filtri. Vendar so razpoložljive informacije o grebenih držav tega območja pomanjkljive in z nekaj izjemami objavljene v Evropski raziskovalni mreži za umetne grebene – EARRN, ustanovljeni leta 1995.

NEMČIJA

Umetne podvodne grebene je Nemčija postavila na območja ob Kielu in Nienhagenu, Poljska v ustju reke Odre, Puck in v Pomorjanskem zalivu, Poljska in Rusija v laguni Visla, Estonija v Riškem zalivu in Finska skupaj z Rusijo v Finskem zalivu. V Nemčiji sta bila od leta 2001 zgrajena dva umetna grebena, eden ob Kielu (jugozahodno od obale Baltskega morja) in drugi ob Nienhagenu (na obali Baltskega morja).

Prvega je zgradilo zasebno podjetje za raziskave in ga je sestavljalo dvanajst grebenskih kroglic, narejenih iz različnih betonskih mešanic in površinskih tekstur, da bi določili vrsto, ki je najbolj primerna za naselitev bentoških organizmov. Slednji je edini greben v Baltskem morju, namenjen izboljševanju ribolovnih vrst in ribolovu. Gre za greben velikega obsega, postavljen leta 2003 na območju varstva ribolova v Nienhagenu z namenom ustvariti primerne habitate za mladice rib in poleg običajnih ukrepov upravljanja (npr. kvote, minimalne velikosti iztovarjanja, najmanjše velikosti mrež ...) razvijati alternativna sredstva za uravnavanje in stabilizacijo velikosti populacije gospodarsko pomembnih in ogroženih vrst. Projekt sta financirala Evropska komisija (75 %) in nemško Ministrstvo za hrano, kmetijstvo, gozdarstvo in ribištvo (25 %). Uporabljeni so bili različni tipi betonskih modulov: stožci z luknjami, odprtine za luknje in tetrapodi (betonske strukture v obalnem inženiringu). Program spremljanja je bil izpeljan čez štiri leta, usmerjen pa je bil v raziskave biologije rib, dolgotrajna podvodna videoopazovanja, ribolovne preiskave, študije o vplivu umetnih podvodnih grebenov na naravni habitat, možnosti komercialne uporabe alg, nadaljnje možne uporabe, kot so ribogojstvo, ribolov in podvodni turizem ter oceno ekonomskih vidikov.

Rezultati so pokazali, da bi umetni podvodni grebeni lahko ponudili priložnosti za nadomestne ukrepe za izgubo habitata za podvodno rastlinstvo in živalstvo, ki je nastala zaradi človekovih dejavnosti. Nacionalna vlada je pristojni organ za uporabo umetnih grebenov v Nemčiji.

Ustvarjanje umetnih podvodnih grebenov ureja zvezni zakon o ohranjanju narave, zakon o vodnih virih in ustrezni zakoni zveznih držav ter zakon o narodnem parku. V skladu z zakonodajo EU (Natura, 2000) je na zakonsko varovanih območjih potrebna ocena učinka postavitve grebenov.

FINSKA

V Finskem zalivu je bilo v okviru sporazuma o sodelovanju med finsko in rusko raziskovalno skupino zgrajenih nekaj pilotnih umetnih podvodnih grebenov, katerih namen je bilo oceniti potencialni prispevek teh struktur k čiščenju zaliva z razvojem bentoških skupnosti prečiščevalcev. Na Finskem Ministrstvo za promet in zveze, obravnava zadeve, povezane s pomorskim in drugim vodnim prometom, morskimi raziskavami in pristanišči, kjer jih druga ministrstva ne obravnavajo. Ruske raziskovalne skupine so leta 1992 na štirih lokacijah postavile prve grebenske module. Sestavljene so bile iz jeklenega okvirja, opremljenega s ploščami iz različnih materialov.

Namen je bil proučevanje razvoja in ekološkega nasledstva bentoške skupnosti (Antsulevich, 1994; Antsulevich et al., 2000). Nov projekt, ki se je začel leta 1993, je v Arhipelaškem morju (jugozahodna Finska) na tri lokacije postavil boje na vrveh, pritrjene na aluminijaste okvirje.

Trije poskusni grebeni so bili razporejeni zaporedno na različnih lokacijah od Turkuja ter na različnih razdaljah od ribogojnice, da bi preizkusili vpliv proizvodnje hranil na kmetijah na kolonizacijo struktur z bentoško biomaso.

POLJSKA

Na Poljskem sta se načrtovanje in uporaba umetnih podvodnih grebenov začela v osemdesetih letih prejšnjega stoletja, z namestitvijo prvega umetnega podvodnega grebena v ustju reke Odre. V devetdesetih letih prejšnjega stoletja sta bila postavljena še dva grebena, eden v Pomorjanskem zalivu in drugi v zalivu Puck z namenom, da bi ustvarili trdna tla za razvoj pritrjenih organizmov, ki bi služili kot zalogovniki hrane. Umetni greben Pomorjanskega zaliva je sestavljalo dvanajst struktur iz betonskih cevi in starih avtomobilskih pnevmatik, postavljenih v različnih oblikah (zvezde, piramide, predori ...). Ekološke raziskave bentoške kolonizacije grebenov, izvedene po njihovi namestitvi, so pokazale visoko stopnjo poselitve prečiščevalcev, ki kažejo, da lahko umetni podvodni grebeni prispevajo k samoočiščenju morja (Chojnacki, 2000). V tem času je bil v laguni Visla v sodelovanju z Rusijo postavljen še en umetni greben. V letu 2006 so za obalno

območje načrtovali tri nove umetne komplekse, ki jih je financiralo Ministrstvo za ribištvo in razvoj podeželja, da bi povečali staleže rib.

Eden izmed njih je vključeval potopitev petdesetih modulov Reef Ball iz ustja Visle (Gdańsk zaliv; Kruk-Dougiallo in sod., 2006).

4. 5. 4 Dovoljevanja in nameni postavljanja umetnih morskih grebenov v Črnem morju

Črno morje je prizadeto zaradi resnih okoljskih težav, ki so posledica visokih stopenj vodikovega sulfida. Te so povzročili pretekli geološki dogodki, eutrofikacija zaradi kmetijstva, industrijske dejavnosti in izpusta skoraj popolnoma neobdelanih odpadkov, onesnaženje z vnosom škodljivih snovi, zlasti naftnimi proizvodi, vnos tujerodnih vrst in prekomerno izkoriščanje rib zaradi neurejenega ribolova. Skoraj 87 % Črnega morja je povsem anoksično (mikroorganizmi dobivajo kisik iz nitritnega in nitratnega dušika).

Podobno kot v Baltskem morju so tudi na tem območju umetni grebeni testirani kot tehnologija za obnovo habitata z biofiltracijo in izboljšanjem morskega življenja. Gradnja umetnih podvodnih grebenov se je začela v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja. Doslej so bili postavljeni štirje grebeni: eden vzdolž romunske obale, eden v turških vodah in dva v ukrajinskem obalnem pasu. Uporabljene so bile rabljene pnevmatike in betonski moduli okroglih oblik (Reef Balls). Poleg tega so bili potopljeni grebeni razporejeni vzdolž romunske obale v okviru »Načrta za zaščito obal za južno obalno enoto«, ki je bil razvit v sodelovanju z Japonsko agencijo za mednarodno sodelovanje in ima časovni okvir do leta 2020.

Primarni cilj postavljanja umetnih podvodnih grebenov je zaščita obale zaradi erozije in ponovna vzpostavitev plaž, na katerih se pesek večinoma izgubi zaradi erozije, poleg tega pa bi prispevali tudi k razvoju morske favne in privabljanju rib (JICA, 2007).

4. 6 Primer dobre prakse: ekološke koristi od umetnega balvanskega grebena

Na Danskem so se v preteklosti skalni grebeni v plitvih vodah obsežno izkoriščali z namenom lahkega pridobivanja velikih skal (balvanov) za gradnjo valobranov (morskih pregrad) v pristaniščih. To je uničilo pomemben habitat z visoko stopnjo biotske raznolikosti, vključno z vrstami, živečimi v jamah. Greben v kraju LæsøTrindel znotraj območja Nature 2000, severnem delu Kattegata je eden od plitvih grebenov, ki jih je ekstrakcija balvanov močno prizadela. Najstarejši zemljevidi kažejo, da je bil vrh grebena pod gladino v obdobju od 1831 do 1911 v mestu LæsøTrindel 1,25 metrov, malo manj kot sto let kasneje, leta 1930 pa so našli prve dokaze o balvanih, odstranjenih z vrha grebena. Kasnejši zemljevidi prikazujejo, da je na LæsøTrindelu globina vode naraščala, dokler ni v

sedemdesetih letih vrh grebena dosegel globino skoraj štiri metre pod morsk gladino.

Greben je bil zaradi spremljanja vegetacije makroalg vključen v Nacionalni program za spremljanje morja leta 1991. Rezultati so jasno pokazali, da stanje grebena ni zadovoljivo.

Plitvejši del grebena je ostal večinoma zasut s kamni v velikosti od 10 do 20 centimetrov, biološki sestav s prevlado oportunističnih vrst pa je pokazal hitro stopnjo prirasta, ki ni običajna in primerljiva z ostalimi grebeni, v podobnih globinah. Spremljanje razpadanja grebena je pokazalo povečanje poraščenosti z algami na kamnih, ki so se odkotalili ob vznožje grebena, do globine 18 metrov. Greben ni bil stabilen zaradi visokih morskih valov iz odprtega morja, ki so prevladali nad relativno majhnimi kamni, ki so še ostali na grebenu.

4. 6. 1 Začetek obnove

Obnova grebena je potekala od junija do septembra leta 2008. Na že prej določena območja ob Læsø Trindel je bilo položenih približno 100.000 ton balvanov iz norveških kamnolomov. Na različno določenih območjih je bil glavni poudarek ustvarjanje kupov in s tem podvodnih jam, s katerimi bi ustvarili strukturne grebene. Novi balvani so pokrili približno 27.400 m² morskega dna. Ponovna postavitev nekaterih balvanov je potekala leta 2009

V programu monitoringa v primeru »Blue Reef« je bil uporabljen pristop »prej-potem«, kjer se je spremljalo dejavnosti pred in po restavraciji balvanskega grebena.

V Læsø Trindel je bila leta 2007 izvedena temeljna študija (Dahl et al., 2009), ki se osredotoča na številne ključne spremenljivke, ki opisujejo splošno stanje pred začetkom projektov obnove. Leta 2012 je bilo območje ponovno pregledano z uporabo iste metodologije in programa vzorčenja. Od leta 2008 do 2011 so na posebnih postajah na novih balvanih opravljali obsežen nadzor, da bi sledili kolonizaciji novih vrst.

Nadzor je opravil taksonomsko usposobljen potapljač (biološki sistematik), ki je poročal o zaplatah večjih alg in favne na novih balvanih. Rezultati nadzora so bili uporabljeni za podaljšanje celotnega obdobja projekta z dodatnim enim letom za nadomestitev zamude v fazi izgradnje grebena.

4. 6. 2 Vzorčenje in metode

Za dokumentiranje prednosti projekta obnove ekologije in biotske raznovrstnosti Læsø Trindel so bile v letih 2007 in 2012 uporabljene naslednje metode vzorčenja:

- a) Nadzor potapljača na kraju samem za dokumentiranje fizične stabilnosti in strukture grebena, kar je ključni kazalnik za njuno ocenjevanje.
- b) Sesalno vzorčenje za zbiranje vzorcev živalskih in rastlinskih vrst, da se oceni biomasa, številčnost in raznolikost vrst dna živalskih in rastlinskih vrst,

na m² stabilne trdne in nestabilne podlage. To je ključni kazalnik za dokumentiranje razvoja biološke skupnosti in zagotavlja kvantitativno in kvalitativno oceno biološke raznovrstnosti in biomase vrst.

Ribolov s posebnimi mrežami različnih gostot (da ne poškoduje rib), ki zagotavlja ulov rib v velikem obsegu, je pomemben za pridobitev informacije o velikosti rib, biotski raznovrstnosti rib in njihovi relativni številčnosti in porazdelitvi.

Lov s pastmi se je uporabljal za lovljenje evropskega jastoga (*Homarus gammarus*) in rjavega raka (*Cancer pagurus*) za oceno številčnosti in razširjenosti teh vrst. Populacija evropskega jastoga se je spremljala kot ključni kazalec biotske raznovrstnosti za vrste pečinastih grebenov.

Pregledovanje vsebine želodcev ribe trske (*Gadus morhua*) in ribe vrste Goldsinny wrasse (*Ctenolabrus rupestris*) je pomembno za to, da bi lahko količinsko ovrednotili spremembo dinamike prehranske mreže ter tesnejšo povezavo med razpoložljivostjo plena in hrano, ki jo zaužijejo stalne vrste.

Leta 2009 in 2012 je potekalo kartiranje, narejeno s strani Nacionalne agencije za okolje, za dokumentiranje nove batimetrije (merjenje globine oceanov in morij za izdelavo kart morskega dna) in stabilnost novih struktur grebenov. Vzorčenje številčnosti biomase makroalg in bentoške favne na morskem dnu je potekalo od 29. junija 2007 do 4. julija 2007. Pred postavitvijo novih balvanov na morsko dno je minilo nekaj več kot eno leto, nato pa je bila od 29. maja 2012 do 1. junija 2012, blizu konca obdobja financiranja celotnega projekta, izvedena nova preiskava.

Vsi vzorci so bili odvzeti na območjih, kjer je bila predvidena obnova balvanov. S prevelikih kamnov za ročno nabiranje je bila biota odstranjena s sesalcem ali postrgana s kamnov z nožem. Vsi odvzeti vzorci so bili v laboratoriju pod mikroskopom pregledani in ocenjeni.

Program vzorčenja ribje favne in školjk se je po pristopu »prej–potem« izvajal od aprila 2007 do oktobra 2007 in leta 2012, kar pomeni ocenjevanje stanja pred obnovitvijo grebena in po njem. Ribe so lovili s posebnimi mrežami, različnih gostot in ribjimi pastmi, različno časovno razporejenimi, ulov pa je bil določen glede na vrsto in skupno dolžino vsake ribe ter njihovo težo.

Število evropskih jastogov (*Homarus gammarus*) in rjavih rakov (*Cancer pagurus*) je bilo ocenjeno od zgodnjega poletja do jeseni, z uporabo pasti.

Z ulovom in opredelitvijo vrste so strokovnjaki analizirali glavni medsebojni vpliv »prej« (leta 2007) in »potem« (leta 2012) ter razporeditev območij. Analizirali so tudi prehranjevalne navade rib oktobra 2007 ter junija in oktobra 2012.

Kot ključne vrste so bile opredeljene: riba trska (*Gadus morhua*), ribe vrste Goldsinny wrasse (*Ctenolabrus rupestris*) in ribe vrste Saithe (*Pollachius virens*). Stopnja razgradnje plena je bila ocenjena na lestvici od ena (skoraj nobenih znakov prebave) do tri (popolnoma prebavljena hrana). Teža plena na prebavni lestvici 1 in 2 je bila ocenjena z izračunavanjem volumna ob predpostavki cilindrične oblike

plena in kasnejše pretvorbe v suho težo z uporabo pretvornikov na nivoju reda po Ricciardi & Bourget (1998) in Larsen (1986).

Uporabljeni pretvorniki po Ricciardi & Bourgetu (1998) na nivoju reda so se temu primerno združili s taksonomsko vrsto in razredom. Veliki raki (*Crustaceans Malacostraca*) so se najprej razdelili glede na njihov taksonomski red in družino (podred, če jih ni bilo možno identificirati na nivoju družine).

Ujete primerke so označili s posebnimi akustično kodiranimi oznakami, ki se vstavijo v ribe (Thelma LP9) in dajo na jastoge, kot jih opisujejo Moland in sod. (2013).

4. 6. 3 Rezultati raziskave

Šestletni program spremljanja morskega življenja po točno določenih pravilih na območju, kjer je bila predvidena obnova balvanov, s preiskavami pred gradnjo balvanskega grebena in po njej (s poudarkom na hidrografskih značilnostih, kolonizaciji makrofitov in bentoške favne, favni rib in lupinarjev, analizah vsebnosti želodca v atlantski trski in rib iz reda ostriznjakov *Goldsinny Wrasse* ter obnašanju in migracijah ribe trske in evropskega jastoga), je prinesel optimistične rezultate. Celotna pridobitev vegetacije makroalg je bila nekaj več kot šest ton biomase, številčnost posameznih vrst favne pa skoraj 700 milijonov organizmov. Obnova grebena je povzročila splošno povečanje biomase za 6- do 8-krat v dveh globinskih intervalih (od 5 do 6 metrov in od 9 do 10 metrov).

Po dobrih štirih letih obnavljanja balvanskega grebena je že bilo mogoče podati oceno celotnega prirasta bioloških mas in številčnosti vrst.

Ocena temelji na predpostavki, da ta razlika izraža »dodano vrednost« novega grebena, niso pa upoštevana naravna letna nihanja biomase, ki bi tudi lahko vplivala na rezultate raziskave. Ocena je rezultat izračuna razlike v biomasi in številčnosti od leta 2007 do 2012, v kombinaciji s poznavanjem porazdelitve globine nekdanjega morskega dna v letu 2007 ter območja in globinske razporeditve novo postavljenih struktur balvanskih grebenov. Kljub temu da je bilo območje vzorčenja leta 2007 v primerjavi z letom 2012 manjše za 33 %, na splošno obstaja povezava med številom vrst in območjem vzorčenja.

Skupno število posameznih vrst se je na območju Læsø-Trindel, v primerjavi z razmerami leta 2007, na obnovljenem balvanskem grebenu znatno povečalo. Povečanje je bilo več kot 4-kratno na globini od 5 do 6 metrov in več kot 6-kratno na globini od 9 do 10 metrov. Vendar pa je bila biotska raznovrstnost rastlin in živali (predvsem rib) na grebenu leta 2012 le nekoliko večja kot leta 2007. Glede na to, da so bili na tem območju prisotni veliki razpršeni balvani, so ti že pred obnavljanjem najverjetneje prispevali k ohranitvi razmeroma velikega števila vrst in vseh vrst, ki bi lahko kolonizirale na obnovljenem grebenu. Rezultati so pokazali 186 taksonomsko izrazitih taksonov (vsak takson običajno predstavlja eno vrsto) na peščeno-gramoznem morskem dnu, kjer naj bi se obnavljala narava, največ taksonov (140) pa je bilo najdenih na plitvem delu grebena. Pestrost vrst iz vsakega vzorca,

odvzetega s sesalno tehniko je bila, glede na spremenljive globinske postaje in lego (vzhod–zahod), zelo velika.

Tako v letu 2007 kot v letu 2012 so večino biomase predstavljale rjave in rdeče alge, le da se je po obnovitvi grebenov na novo pojavila tudi morska vetrnica (*Metridium senile*), ki je pred tem niso zaznali. Na splošno se je rast alg povečala tudi zaradi povečanja prostora za njihovo rast po obnovitvi grebena.

Vegetacija alg je bila večinoma vzorčena tam, kjer so prevladovale hitro rastoče oportunistične vrste ali manjše posamezne trajne vrste alg. To kaže na greben z nestabilno strukturo, ki preprečuje razvoj trajno rastočih alg, zato so le te v stanju nenehnega obnavljanja.

Število ribjih vrst je po obnovitvi grebena ostalo enako, prevladovale so ribe iz družine ustnač, število nekaterih vrst iz te družine se je zmanjšalo, število drugih iz te družine pa povečalo. Pomembne so tudi spremembe v strukturi ribjih skupnosti, saj se je po obnovi grebena številčnost teh povečala od 3- do 6-krat, predvsem večjih mladih rib (ICES 2012; Vinther & Eero 2013). Številčnost trske se je povečala in je bila najbolj vidna na območju plitvega balvanskega grebena na globini od 2 do 6 metrov. Ocenjuje se, da je bilo število rib trsk v starosti enega leta, v letu 2012 nekoliko višje kot leta 2011, vendar je bila raven drstenja še vedno manjša v primerjavi z zgodovinsko ravnijo (ICES 2012). Prisotnost rib v prebavilih iz vrst Trsk (*Gadus morhua*), rib vrste Goldsinny in rib vrste Saithe (*Pollachius virens*) po obnovitvi grebenov kaže na večjo razpoložljivost plena za obe vrsti rib. Trske imajo raje skalnato podlago (Gregory & Anderson, 1997) verjetno zato, ker jim zapletena sestava dna nudi zavetišče in hrano, zaradi česar lahko optimizira svoje krmljenje in zmanjša umrljivost plenilcev, saj je trska kanibalistična vrsta.

Trska je izkoristila tudi povečano prisotnost rakov, ki so jih opazili v študiji bentoške favne, saj so v želodčni vsebini opazili večjo biomaso, kot pred obnovo grebenov. To kaže na neposredno povezavo biomase rib z razvojem bentoške favne in prikazuje obnovljeno funkcijo grebenov za lokalno trofično dinamiko (ureja gibanje ogljika, hranil in energije med organizmi v ekosistemu). Kljub majhnim spremembam v strukturi skupnosti tipičnih grebenskih rib (iz družine ustnače), ni bilo opaziti sprememb pri hranjenju te vrste na tleh favne, ki se je razvila na obnovljenem grebenu.

Največja porast rakov se je pokazala zunaj območij obnove grebenov, zato te splošne rasti ni mogoče pripisovati obnovi grebena.

Analiza vzorčenja rjavih rakov in jastogov, ki je potekala na dveh različnih lokacijah v delu, kjer je globina manj kot 10 metrov in v delih, kjer je globina morja več kot 10 metrov, je pokazala rast števila rjavega raka na obeh lokacijah, izraziteje pa na lokacijah, kjer je globina večja od 10 metrov. Pri številu jastogov bistvenih sprememb ni bilo, kar pa bi lahko pripisali tudi njihovi počasni rasti, saj v Skandinavskih morjih odraščanje jastoga traja od 5 do 6 let (Agnalt, 1999).

Obnova grebena je do zdaj povzročila celotno povečanje biomase skoraj od 6– do 8-krat na morsko dno v dveh globinskih intervalih od 5 do 6 metrov in od 9 do 10 metrov. Število samotarskih vrst se je prav tako znatno povečalo s faktorjem blizu 4

oziroma 6 v dveh globinskih intervalih. Za pridobitev teh ocen so bile za izračun povečane površine trdne substance na novih večjih balvanih uporabljene nekatere predpostavke, in sicer da se favna in flora nahajata le na gornjih plasteh novih balvanov in da novi balvani niso stisnjeni med seboj.

Ugotavljamo, da je opisan primer dobre prakse obnove grebena uspešen, saj so greben najprej deloma uničili, ga ponovno postavili, s čimer so pridobili pri ohranjanju narave.

4. 6. 4 Ekološka korist

Ekološka korist projekta obnove je ocena dodatnega pridobivanja vegetacije makroalg in pridnene favne. Rezultat projekta je ocenjen na presežek skoraj 700 milijonov posameznih živali favne. Zaradi obnove grebena so največ pridobile grebenske ribe in ribe trske, predvsem v plitvejših delih obnovljenega grebena, vendar je v tem primeru šlo za nadomestitev uničenega grebena.

Vzporedna študija na Læsø Trindelu, ki jo je izvedla univerza Aarhus (Mikkelsen et al., 2013), je dokumentirala, da so manjši kiti in pristaniške pliskavke uporabljali grebene pogosteje in v daljših obdobjih po obnovitvi grebenov. To kaže na ekološko kvaliteto obnovljenega grebena, saj se je s tem povečalo tudi območje, ki ga omenjeni vrsti uporabljata za prehranjevanje.

Pomanjkanje stabilnega okolja za prehranjevanje, ki jo je v preteklosti povzročila ekstrakcija balvanov, je bilo eden od razlogov za oceno neugodnega stanja grebenov v območju habitatov Læsø Trindel in Tønneberg Banke.

Obnova in postavitve novih stabilnih balvanov je ta problem odpravila, celo več: v prihodnjih letih se pričakuje še večji obseg in raznolikost biomase.

4. 7 UMETNI PODVODNI GREBENI V SLOVENSKEM MORJU

V slovenskem morju nimamo umetnih podvodnih grebenov, vsaj ne takih, ki bi bili postavljeni načrtno in v skladu z zakonodajo.

Neke vrste slovenski umetni podvodni greben je piramida, poimenovana tudi »podvodni Triglav«. Leži približno 300 metrov pred piransko Punto, označena pa je z belo bojo, na kateri piše »Najgloblja točka«. Poleg tega je pred Punto potopljen tudi kip in nekaj plovil, vendar vse brez dovoljenja.

»Da na takšnih grebenih ali drugih predmetih raznih oblik najdejo zatočišče morske rastline in živali, ki se v mulju težko ohranijo, dokazuje tudi podvodni Triglav, saj se je na njem že v nekaj mesecih razbohotilo življenje in ga povsem prekrilo« (A. Žerdin, Delo 2018).

Želja legendarnega biologa in potapljača Uga Fonde, da bi v Piranskem zalivu postavili pravi umetni greben, na katerem bi se lahko razbohotilo morsko življenje, do sedaj še ni bila uresničena.

Fonda je v intervjuju za časopis Dnevnik (Objektiv) 23. junija 2007 obrazložil pomen umetnega grebena v slovenskem morju. Dejal je, da je za večino morskih

organizmov značilna hiperprodukcija mladičev, dozori pa le majhen delež mladičev. Razlog za to je pomanjkanje varnega prostora, zato se življenje ne razbohoti. S postavitvijo protitankovske piramide, pa se je to zgodilo že v nekaj mesecih. Fonda je zagovarjal dejstvo, da je okolje v slovenskem Jadranu degradirano in močno obremenjeno in da so zaradi tega potrebni različni ukrepi: po eni strani bi morali zmanjšati pritiske na okolje, po drugi strani pa bi morali vanj ostro poseči, tako se je kar nekaj let se je ukvarjal z idejo o postavitvi umetnega grebena v prepričanju, da bi le ta rastlinam in živalim dajal odlično zatočišče.

Povabljen je bil na predavanje na sejem Internautica, zato je imel maketo umetnega morskega grebena že sestavljeno: posamezne enote podvodnega grebena bi merile pet krat tri metre površine, visoke pa bi bile tri metre.

Na dno morja bi za začetek potopil 25 enot umetnega podvodnega grebena, ki bi čez čas dobile podobo preluknjanih kubusov in bi bile druga od druge oddaljene nekaj metrov. Prepričan je bil, da število vrst raste sorazmerno z velikostjo površine, kjer lahko bivajo, tako bi bilo na umetnem morskem grebenu veliko življenja. Kasneje bi greben povečevali. Glede na to, da imamo nekaj več kot 200 km² morja, bi lahko brez težav en kvadratni kilometer namenili umetnemu morskemu grebenu, je bil prepričan Fonda.

5 ZAKONODAJA

5. 1 Evropska zakonodaja

Na podlagi celostnega in ekosistemskega pristopa sta bili znotraj politike Evropske unije (EU) sprejeta dva glavna pravna okvira za zaščito in upravljanje s sladkovodnimi in morskimi viri. To sta okvirna direktiva o vodah in okvirna direktiva o morski strategiji.

»Vodna direktiva EU« določa pravila, s katerimi želi preprečiti nadaljnje poslabšanje stanja vodnih teles EU in doseči dobro stanje evropskih rek, jezer in podzemnih voda do leta 2015, kar pa vključuje zlasti:

- varovanje vseh vodnih oblik (površinske, podzemne, celinske vode ter somornice),
- obnavljanje ekosistemov v teh vodnih telesih in njihovi bližini,
- zmanjšanje onesnaženosti vodnih teles,
- zagotavljanje trajnostne rabe vode posameznikov in podjetij.

Ta direktiva se uporablja od 22. oktobra 2000, do 22. decembra 2003 pa so jo morale v svoj pravni red vključiti vse države EU.

Okoljski steber celostne pomorske politike EU je okvirna direktiva o morski strategiji. Vzpostavljena je bila za spodbujanje trajnostnega razvoja pomorskega gospodarstva in obenem za zaščito morskega okolja. Namen te direktive je do leta

2020 doseči dobro okoljsko stanje morskih voda, jih še naprej varovati in ohranjati ter preprečiti njihovo poslabšanje. V direktivi so opredeljene morske regije (Baltsko morje, severovzhodni Atlantik, Sredozemsko morje in Črno morje), v okviru geografskih meja, vzpostavljenih s konvencijami o regionalnih morjih.

Štiri mednarodne strukture za sodelovanje – konvencije o regionalnih morjih, med državami članicami in sosednjimi državami, s katerimi si delijo vode, ki v Evropi urejajo varstvo morskih voda, so:

- konvencija OSPAR, 1992 (za severovzhodni Atlantik, napisana na podlagi svojih predhodnic; Konvencije iz Osla in Pariške konvencije),
- Helsinška konvencija, 1992 (območje Baltskega morja; HELCOM),
- Barcelonska konvencija, 1995 (za Sredozemlje; UNEP–MAP),
- Konvencija iz Bukarešte, 1992 (za Črno morje).

Konvencijo OSPAR so v Parizu 22. septembra 1992 podpisale in ratificirale vse pogodbenice izvirnih konvencij v Oslu ali Parizu (Belgija, Danska, Evropska unija, Finska, Francija, Nemčija, Islandija, Irska, Nizozemska, Norveška, Portugalska, Španija, Švedska in Združeno kraljestvo Velike Britanije in Severne Irske) ter Luksemburg in Švica. V prilogah konvencije se obravnava:

- preprečevanje in odstranjevanje onesnaževanja iz kopenskih virov (Priloga I),
- preprečevanje in odpravljanje onesnaževanja z odmetavanjem ali sežiganjem (Priloga II),
- preprečevanje in odstranjevanje onesnaževanja iz priobalnih virov (Priloga III),
- ocena kakovosti morskega okolja (Priloga IV),
- o zaščiti in ohranjanju ekosistemov in biološki raznovrstnosti morskega območja (Priloga V).

Helsinško konvencijo so marca 1974 podpisale vse države, ki mejijo na Baltsko morje (Danska, Nemčija, Švedska, Estonija, Finska, Latvija, Litva, Poljska in Rusija). Konvencija si prizadeva zmanjšati onesnaženost Baltskega morja, katero povzroča predvsem odvajanje preko rek in rečnih ustij, odvodnih kanalov, cevovodov, ladijski promet, odmetavanje odpadkov iz plovil in prenašanje onesnaževal po zraku.

Barcelonska konvencija je bila sprejeta leta 1976, skupaj s sedmimi protokoli pa tvori t. i. barcelonski sistem. Leta 1995 je bila preimenovana v Konvencijo o varstvu morskega okolja in obalnih območij Sredozemlja, skupaj s protokoli predstavlja pravno in vsebinsko osnovo za delovanja Programa ZN za okolje (UNEP–MAP). Njen prvotni namen je zmanjšati onesnaževanje v Sredozemskem morju. Leta 1982 je bil sprejet tretji protokol glede posebej zavarovanih območij v Sredozemskem morju, ki je bil nadgrajen leta 1996 in preimenovan v »Protokol za posebej zavarovana območja in biotsko raznovrstnost v Sredozemlju«.

Konvencijo o varstvu Črnega morja pred onesnaževanjem je leta 1992 in 1994 v Bukarešti sprejelo šest držav pogodbenic. Namen konvencije je boj proti onesnaževanju iz virov na kopnem, pomorskega prometa in doseganje upravljanja morskih virov ter prizadevanje za trajnostni razvoj, vsebuje tri protokole: onesnaževanje iz kopenskih virov, odmetavanje odpadkov in nesreče zaradi razlitja nafte.

Medregionalno sodelovanje na področju okolja, ki je osredotočeno na morske vode in povodja, je pripomoglo k oblikovanju več makroregionalnih strategij v EU:

- Strategija za regijo Baltskega morja, 2009 (prva celovita strategija, ki je bila razvita za vso makroregijo),
- Strategije za Podonavje, 2011,
- Strategije za regijo Jadranskega in Jonskega morja, 2014.

EU je ustanovila Evropsko agencijo za pomorsko varnost, da je okrepila svojo vlogo na področju pomorske varnosti in onesnaževanja morja, k temu pa jo je spodbudila nesreča tankerja Erika (1999), ki je povzročila izlitje nafte. Agencija za pomorsko varnost je med drugim odgovorna tudi za preprečevanje in odzivanja na onesnaževanja, ki ga povzročajo ladje in naftni ter plinski objekti.

Za vzpostavitev trajnostnega pomorskega gospodarstva in zmanjševanje pritiskov na morsko okolje je potrebno ukrepanje v zvezi s podnebnimi spremembami in onesnaževanjem kopnega, ki doseže morja in oceane, onesnaževanjem morja in evtrofikacijo, zaščito, ohranjanjem in obnovo morskih ekosistemov in biotske raznovrstnosti ter trajnostno rabo morskih virov, Evropski parlament to poudarja v Resoluciji o mednarodnem upravljanju oceanov. V zvezi s tem poziva Komisijo:

- naj podpre mednarodna prizadevanja za zaščito morske biotske raznovrstnosti (pravno zavezujoč instrument za ohranjanje in trajnostno rabo biotske raznovrstnosti na območjih zunaj nacionalne jurisdikcije),
- naj okrepi zakonodajo, da se zagotovi ohranjanje in trajnostna uporaba morske biotske raznovrstnosti na območjih pod jurisdikcijo držav članic.

OKVIRNA DIREKTIVA O MORSKI STRATEGIJI

Države EU so z namenom učinkovitega in trajnostnega upravljanja z morskim okoljem sprejele institucionalni okvir – Okvirna direktiva o morski strategiji (2008/56/ES) ali t. i. Morsko direktivo, kateri so zavezane vse države članice EU. Cilj Morske direktive je doseganje dobrega okoljskega stanja evropskih morij do leta 2020 z uporabo ekosistemskega pristopa. Bistvo ekosistemskega pristopa je v iskanju ravnotežja med človekovimi aktivnostmi in omejitvami rabe naravnih virov, ki so potrebne za dolgoročno delovanje naravnih ekosistemov.

Skupna obremenitev zaradi človekovih dejavnosti ne sme ogroziti dobrega stanja okolja in sposobnosti morskih ekosistemov, da se odzovejo na spremembe, ki jih

povzročajo ljudje. Tak celostni pristop vsebuje elemente trajnostnega razvoja in združuje okoljske, socialne in ekonomske vidike upravljanja ter zagotavlja trajnostno rabo morskega okolja tudi naslednjim generacijam.

Okvirna direktiva o morski strategiji (56/2008/ES, zadnjič spremenjena 17. maja 2017; v nadaljevanju Direktiva 56/2008/ES), zavezuje članice EU k pripravi in kasnejšemu posodabljanju načrtov upravljanja z morskim okoljem v šestletnih ciklih ter določa naslednje morske regije in podregije:

- Baltsko morje;
- Črno morje;
- Severovzhodni Atlantski ocean, ki vključuje širše Severno morje s Kattegatom in Rokavskim prelivom, Keltsko morje, Biskajski zaliv in ibersko obalo Atlantskega oceana ter Makaroneško biogeografsko regijo, torej morske vode, ki obdajajo Azore, Madeiro in Kanarske otoke;
- Sredozemsko morje, razdeljeno na zahodno Sredozemsko morje, Jadransko morje, Jonsko morje, osrednje Sredozemsko morje, Egejsko-levatinsko morje.

5. 2 Slovenska zakonodaja

V slovenski zakonodaji je v zvezi z umeščanjem umetnih podvodnih grebenov najpomembnejši pravni akt Zakon o vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdril-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14 in 56/15), sprejet leta 2002, spremenjen in dopolnjen v letih 2004, 2008, 2012, 2013, 2014 in 2015 in pomeni prenos Skupne vodne politike Evropske unije v nacionalno zakonodajo, ki so jo narekovale naslednje direktive:

1. Direktiva Sveta z dne 8. decembra 1975 o kakovosti kopalnih voda (76/160/EGS) UL L št. 31 z dne 5. 2. 1976, str. 1), zadnjič spremenjena z Uredbo (ES) št.1137/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 22. oktobra 2008 o prilagoditvi nekaterih aktov, za katere se uporablja postopek, določen v členu 251 Pogodbe, Sklepu Sveta 1999/468/ES, glede regulativnega postopka s pregledom – Prilagoditev regulativnemu postopku s pregledom – Prvi del (UL L št. 311 z dne 21. 11. 2008, str. 1),
2. Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta 2000/60/ES z dne 23. oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike (UL L št. 327 z dne 22. 12. 2000, str. 1), zadnjič spremenjena z Direktivo Sveta 2013/64/EU z dne 17. decembra 2013 o spremembi direktiv Sveta 91/271/EGS in 1999/74/EC ter direktiv 2000/60/ES, 2006/7/ES, 2006/25/ES in 2011/24/EU Evropskega parlamenta in Sveta zaradi spremembe položaja Mayotta v razmerju do Evropske unije (UL L št. 353 z dne 28. 12. 2013, str. 8), (v nadaljnjem besedilu: Direktiva 2000/60/ES),

3. Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta 2006/7/ES z dne 15. februarja 2006 o upravljanju kakovosti kopalnih voda in razveljavitvi Direktive 76/160/EGS (UL L št. 64 z dne 4. 3. 2006, str. 37), zadnjič spremenjena z Direktivo Sveta 2013/64/EU z dne 17. decembra 2013 o spremembi direktiv Sveta 91/271/EGS in 1999/74/EC ter direktiv 2000/60/ES, 2006/7/ES, 2006/25/ES in 2011/24/EU Evropskega parlamenta in Sveta zaradi spremembe položaja Mayotta v razmerju do Evropske unije (UL L št. 353 z dne 28. 12. 2013, str. 8),
4. Direktiva 2007/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2007 o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti (UL L št. 288 z dne 6. 11. 2007, str. 27),
5. Direktiva 2008/56/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 17. junija 2008 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju politike morskega okolja (Okvirna direktiva o morskem strategiji) (UL L št. 164 z dne 25. 6. 2008, str. 19).

Zakon o vodah ureja upravljanje s površinskimi in podzemnimi vodami, vodnimi in priobalnimi zemljišči ter vodno infrastrukturo. Zakon ureja tudi javno dobro vode in javne službe na področju voda, vodne objekte in naprave ter druga vprašanja, povezana z vodami. Kot glavne naloge upravljanja z vodami je v zakonu določena skrb za trajnostno varstvo voda, odločanje o rabi voda ter načrtovanje in izvajanje urejanja voda z namenom zagotavljanja ekološke in gospodarske vloge voda ter z namenom obvladovanja ogroženosti pred poplavami. Prav tako je v zakonu urejena razdelitev celinskih voda na dva razreda, pri čemer imajo celinske vode 1. reda določen petnajstmetrski priobalni pas, vodotoki v drugem razredu pa petmetrski priobalni pas. V tem priobalnem pasu so ne glede na lastništvo nepremičnine možni le določeni posegi pod pogoji, ki so navedeni v določilih zakona. Namen pa je zagotoviti zaščito brežin vodotokov, zagotoviti varnost pred pojavom *erozije* in omogočiti dostop javnim službam, ki izvajajo vzdrževalna ali sanacijska dela na vodotoku. Novela zakona iz leta 2008 pa je priobalni pas vodotokov 1. reda izven urbanih območji razširila najmanj na 40 metrov z možnostjo, da vlada določi drugačno zunanjo mejo priobalnih zemljišč na podlagi četrte točke 14. člena.

Priobalno zemljišče celinskih voda je opredeljeno v 14. členu Zakona o vodah, in sicer kot zemljišče, ki neposredno meji na vodno zemljišče, tako imenujemo priobalno zemljišče celinskih voda, katerih zunanja meja sega na vodah 1. reda 15 metrov od meje vodnega zemljišča, na vodah 2. reda pa 5 metrov od meje vodnega zemljišča. Kot priobalna zemljišča štejejo tudi vsa zemljišča med visokovodnimi nasipi.

Vlada lahko določi (ne glede na določbe mej priobalnih zemljišč) drugačno zunanjo mejo priobalnih zemljišč, s katero razširi priobalno zemljišče, če je to potrebno zaradi:

- varstva voda ter vodnih in obvodnih ekosistemov,
- urejanja voda,
- izvajanja javnih služb po tem zakonu,
- omogočanja splošne rabe vodnega in morskega dobrega in določanja varstvenih režimov.

Prav tako kot lahko zakonodajalec razširi meje priobalnih zemljišč (ne glede na določbe mej priobalnih zemljišč) ali tudi zoži, če:

- gre za poseg na obstoječem stavbnem zemljišču znotraj obstoječega naselja,
- se s tem ne povečuje poplavne ali erozijske nevarnosti ali ogroženosti,
- se s tem ne poslabšuje stanje voda,
- je omogočeno izvajanje javnih služb,
- se ne omejuje obstoječe posebne rabe voda in
- to ni v nasprotju s cilji upravljanja z vodami.

V predlogu iz prejšnjega odstavka morajo biti v skladu s predpisi o vodah predvideni tudi ukrepi, potrebni za izravnavo vplivov nameravanega posega na doseganje ciljev upravljanja voda.

Na vodnih, priobalnih zemljiščih in območjih presihajočih jezer, ni dovoljeno posegati v prostor, razen v primerih, ki jih določa 37. člen Zakona o vodah.

Na vodna zemljišča lahko tako posegamo v naslednjih primerih:

- za gradnjo objektov javne infrastrukture,
- za gradnjo objektov, ki so grajeni zaradi javnega dobrega po tem ali drugih zakonih,
- za ukrepe, ki se nanašajo na izboljšanje hidromorfoloških in bioloških lastnosti površinskih voda,
- za ukrepe, ki se nanašajo na ohranjanje narave,
- za gradnjo objektov, potrebnih za rabo voda, zagotovitev varnosti plovbe in zagotovitev varstva pred utopitvami v naravnih kopališčih,
- za gradnjo objektov, namenjenih varstvu voda pred onesnaženjem,
- za gradnjo objektov, namenjenih obrambi države, zaščiti in reševanju ljudi, živali in premoženja ter izvajanju nalog policije.

O umetnih podvodnih grebenih kot o ukrepu ohranjanja narave lahko govorimo le v primeru, da je bil ta ukrep predviden v kakšnem strateškem dokumentu (npr. Načrtu upravljanja z morskim okoljem ali nacionalni strategiji ohranjanja narave) ali kakšnem drugem specifičnem strateškem načrtu namenjenem ohranjanju morske biotske raznovrstnosti oziroma v načrtih upravljanja morskih zavarovanih območij ali območij Natura 2000.

5. 3 Pomembne konvencije, katerih podpisnica je tudi Republika Slovenija

Republika Slovenija je kot mnoge druge države prav tako podpisnica mnogih konvencij, ki zadevajo ohranjanje okolja. Med pomembnejšimi konvencijami, ki veljajo tudi v slovenskem pravnem redu so:

- Konvencija o Biotski raznovrstnosti,
- Konvencija o varstvu prostoživečega evropskega rastlinstva in živalstva ter njunih naravnih življenjskih prostorov,
- Konvencija o mednarodni trgovini z ogroženimi prostoživečimi živalskimi in rastlinskimi vrstami in
- Barcelonska konvencija.

Slovenija ima za enkrat še zelo ohranjeno naravo, pestro biotsko raznovrstnost, zelo veliko rastlinsko in živalsko raznolikost.

Že zaradi ohranjanja narave smo dolžni čim manj posegati v naravo in naslednjim generacijam omogočiti njeno ohranjenost v čim večji možni meri. Prav tako pa se moramo držati izvajanja zakonodaje in drugih mednarodnih pogodb, ki smo jih podpisali.

KONVENCIJA O BIOTSKI RAZNOVRSTNOSTI

V Nairobiju je bila maja leta 1992 sprejeta (v veljavo stopila leta 1993) Konvencija o biotski raznovrstnosti (odprta za podpise na Konferenci združenih narodov za okolje in razvoj (UNCED) v Riu de Janeiru, 5. maja leta 1992), v veljavo pa stopila 29. decembra 1993. Republika Slovenija jo je ratificirala leta 1996. Konvencija danes predstavlja prvi globalni sporazum o ohranjanju biodiverzitete in glavni mednarodni instrument za njeno obravnavo.

Države podpisnice se s podpisom konvencije zavezujejo, da bodo med drugim ohranjale biotsko raznovrstnost in njene sestavne dele: raznolikost ekosistemov in dovolj veliko populacijo posameznih vrst, v konvenciji pa je posebej poudarjen pomen območij z veliko biotsko raznovrstnostjo – vroče točke Zemlje, kamor spada tudi Slovenija.

Namen konvencije je ohraniti biotsko raznovrstnost s trajnostnim razvojem, saj podatki kažejo na močno siromašenje biotske raznovrstnosti na svetovni ravni, kar je posledica človekovih dejavnosti – vedno bolj intenzivnega ekonomskega razvoja, predvsem manjšega dela svetovne populacije.

Z upadanjem biotske raznovrstnosti je med drugim povezano tudi zmanjševanje kulturne pestrosti, skupaj z rastlinskimi in živalskimi vrstami izginjajo tudi številna plemena, narodi, jeziki, kulturna izročila ... Konvencija opozarja, da naravni viri niso neomejeni, stremi k njihovem ohranjanju in spoznava, da morajo biti ekosistemi in posamezne vrste v prid človeštva do te mere in na način, da ne povzročajo

dolgoročnega upada biološke diverzitete, saj ohranitev le te prinaša pomembne okoljske, ekonomske in socialne koristi.

Vladajoče telo Konvencije je t. i. Conference of the parties (COP), ki vključuje vse vlade držav, ki so sporazum ratificirale (več kot 187 držav).

Vsaka pogodbenica mora v skladu s 6. členom Konvencije na državni ravni sprejeti strategijo, načrte in programe za ohranjanje biotske raznovrstnosti in trajnostno rabo njenih sestavnih delov ali v ta namen prilagoditi že obstoječe strategije, načrte in programe. V Republiki Sloveniji velja Zakon o ratifikaciji Konvencije o biološki raznovrstnosti (Ur. l. RS, Mednarodne pogodbe, št. 7/1996), s katerim prevzema obveznost ohraniti biotsko raznovrstnost v Sloveniji.

KONVENCIJA O VARSTVU PROSTOŽIVEČEGA EVROPSKEGA RASTLINSTVA IN ŽIVALSTVA TER NJUNIH NARAVNIH ŽIVLJENJSKIH PROSTOROV

Konvencija o varstvu prostoživečega evropskega rastlinstva in živalstva ter njunih naravnih življenjskih prostorov je bila sprejeta leta 1979 v Bernu (Bernska konvencija), Republika Slovenija je navedeno konvencijo ratificirala leta 1999. Cilji konvencije so ohranitev prostoživečega rastlinstva in živalstva ter njunih naravnih življenjskih prostorov, katerih ohranitev zahteva sodelovanje med državami in takšno sodelovanje tudi spodbuja. V našem primeru je morda najbolj pomembno 5. poglavje, ki določa, da se vsaka podpisnica konvencije zaveže, da bo spodbujala ponovno naseljevanje domorodnih prostoživečih rastlinskih in živalskih vrst, in sicer kadar bi to prispevalo k varstvu določene ogrožene vrste, pod pogojem, da se naredi študija glede na izkušnje drugih podpisnic in ugotovi, da bi bilo tako ponovno naseljevanje učinkovito in sprejemljivo. Prav tako je v istem poglavju določeno, da bodo podpisnice konvencije strogo nadzirale naseljevanje tujerodnih vrst.

KONVENCIJA O MEDNARODNI TRGOVINI Z OGROŽENIMI PROSTOŽIVEČIMI ŽIVALSKIMI IN RASTLINSKIMI VRSTAMI

Konvencija o mednarodni trgovini z ogroženimi prostoživečimi živalskimi in rastlinskimi vrstami je bila v prvotni obliki sprejeta že 3. marca 1973 v Washingtonu, kasneje pa nekajkrat dopolnjena in spremenjena. Sporazum je znan tudi kot Washingtonska konvencija. Republika Slovenija jo je ratificirala leta 1999. Cilj konvencije je zavarovati rastlinske in živalske vrste, ki so ogrožene zaradi trgovine z njimi, njihovimi deli ali izdelki iz njih.

V zvezi z ohranjanjem morskih habitatnih tipov in vrst lahko omenimo prepoved nabiranja in trgovanja z morskim datljem, ki je pomemben gradnik pravega obalnega pasu.

BARCELONSKA KONVENCIJA

Že prej opisana Barcelonska konvencija je temelj za Akcijski načrt za Sredozemlje (MAP – Mediterranean Action Plan). Republika Slovenija je Barcelonsko konvencijo, vključno s pripadajočimi protokoli, ratificirala leta 2002.

Sredozemski akcijski načrt je bil sprva namenjen predvsem oceni in nadzoru onesnaževanja, kasneje, v tridesetih letih pa se je razvil v kompleksno orodje, s katerim podpisnice Barcelonske konvencije vedno bolj naslavlajo probleme, povezane z uveljavljanjem načel trajnostnega razvoja na vseh področjih človekovega delovanja, ne samo probleme, ki zadevajo onesnaževanje morja. Morska biološka postaja v Piranu je že od samega začetka ena od soustvarjalcev programa MEDPOL, enega stebrov celotnega Sredozemskega akcijskega načrta.

LONDONSKA KONVENCIJA

Londonska konvencija je bila podpisana z namenom nadzorovanja vseh virov onesnaževanja morja in preprečevanja onesnaževanja morja z regulacijo odlaganja odpadnih snovi v morje. Cilj Londonske konvencije in protokola je spodbujati učinkovit nadzor vseh virov onesnaževanja morja, sprejeti so učinkoviti ukrepi za preprečevanje onesnaževanja morskega okolja, ki ga povzroči odmetavanje v morsko okolje. T. i. pristop »črnega in sivega seznama« se uporablja za odpadke, ki se lahko upošteva za odlaganje v morskem okolju, glede na nevarnost, ki jo predstavljajo za okolje. To pomeni, da je elemente s črnega seznama prepovedano odlagati, za elemente s sivega seznama pa je potrebno posebno dovoljenje določenega nacionalnega organa pod strogim nadzorom in pod določenimi pogoji, vsi drugi materiali ali snovi pa se lahko odložijo po izdaji splošnega dovoljenja.

Protokol je bolj restriktiven, uporablja se »previdnostno načelo«, in sicer kot splošna obveznost, namen pa je podoben kot pri Londonski Konvenciji. Sprejeto je tudi načelo »obratnega seznama«, kar pomeni, da je prepovedano vse odlaganje, razen, če je to izrecno dovoljeno (prepovedano je sežiganje odpadkov na morju, prepovedan je izvoz odpadkov zaradi odlaganja ali sežiganja na morju).

Torej, Londonska konvencija in Protokol natančno opredeljujeta pogoje, pod katerimi lahko umeščamo umetne strukture v morsko okolje.

6 ZAKLJUČEK

Človekov vpliv na morske ekosisteme je iz leta v leto večji. Predvsem nespametna degradacija obalnih območij in povečan pomorski promet močno vplivajo na siromašenje biotske raznovrstnosti. Tudi ostali vzroki, kot so pritisk ribištva in onesnaževanje z različnimi viri, niso zanemarljivi, saj se vsi iz leta v leto povečujejo. Nesmiselno razbijanje obale in postavljanje objektov na obalna in priobalna

območja, iz leta v leto večje število plovil ob obalah, ekonomski razlogi – ribolov in onesnaževanje iz kopenskih (odplake) in morskih virov, vse to le zaradi človekovega nerazumevanja do okolja, zato je potrebno to omejiti, preden vse to privede do nepovratne stopnje.

Ohranjanje morskih ekosistemov bo mogoče le na osnovi zmanjševanja pritiskov oziroma odpravi vzrokov degradacije. Med ukrepe, ki bi lahko pripomogli k izboljšanju stanja nekaterih naravnih habitatov, bi pogojno lahko uvrstili tudi umetne podvodne grebene. Umeščanje slednjih se je v nekaterih primerih (primerna zaščita morskih travnikov pred kočarjenjem, nadomestitev uničenega naravnega grebena ipd.) izkazala za učinkovit ukrep ohranjanja narave. Tudi v teh primerih je umeščanje umetnih podvodnih grebenov smiselno le pod pogojem, da je predhodno opravljena študija obstoječega stanja, s predvidenimi učinki postavitve in z ustreznim programom spremljanja stanja. Vendar je takih primerov zelo malo. Večina obstoječih umetnih podvodnih grebenov je namenjena predvsem ribolovu, tj. povečanju ribolovnih virov za gospodarski, predvsem pa pristočasni ribolov, turizmu in zaščiti pred neprimernimi ribolovnimi praksami na območjih z občutljivimi bentoškimi habitatnimi tipi, kot so morski travniki, koraligen ... V vsakem primeru so umetni podvodni grebeni tujki, ki lahko negativno vplivajo na naravne procese in združbe, bodisi zaradi nepravilne izbire materiala ali nepravilne postavitve bodisi ker služijo kot podlaga tujerodnim ali celo invazivnim vrstam.

Po vsem, kar je opisano, se lahko upravičeno sprašujemo ali so umetni podvodni grebeni nekaj, kar nam lahko pomaga pri varstvu morskih ekosistemov, ali so le dodatna urbanizacija morja. Zaključimo lahko, da so umetni podvodni grebeni lahko tudi uspešen ukrep ohranjanja narave, vendar pa mora biti pred njihovim umeščanjem zadoščeno kar nekaj pogojev. V prvi vrsti je to natančno opredeljen cilj umestitve umetnih podvodnih grebenov ter poznavanje naravnih procesov, struktur in vrst na določeni lokaciji. Drugi pogoj pa je opredeljen program spremljanja stanja in načrt ukrepov v primeru, da se izkaže, da umestitev umetnih podvodnih grebenov negativno vpliva na morski ekosistem. Premišljeno postavljeni umetni podvodni grebeni bi lahko omogočili tudi na primer naselitev filtratorjev pod kletkami ribogojnic in na ta način zmanjšali vplive povišane količine organskih snovi. V vseh primerih, kjer zgornjim pogojem ni zadoščeno, lahko umetne podvodne grebene označimo kot dodatno urbanizacijo morja. Slednje posebej velja v primerih, ko so umeščeni v ohranjeno naravno okolje, ko so izdelani iz oporečnih materialov in ko so zgolj priročno opravičilo za odlaganje odpadnega materiala ali celo odpadkov (izrabljene pnevmatike, ladijske in avtomobilske lupine ipd.).

7 LITERATURA IN VIRI

- Bellan-Santini, D., Charbonnel, E., Fabi, G., García, J. J. G., Jensen, A. C., Kallianiotis, A., Santos, M. N., ... Çiçek, B. A. (2011). Overview on artificial reefs in Europe. *Brazilian Journal of Oceanography*, 59, 155–166.
- Bohnsack, James A., Sutherland, David L. (1985). Artificial Reef Research: A Review with Recommendations for Future Priorities. *Journal Bulletin of Marine Science* 37 (1): 11–39. FL: University of Miami Press.
- Carr, M. H., & Hixon, M. A. (April 01, 1997). Artificial Reefs: The Importance of Comparisons with Natural Reefs. *Fisheries*, 22, 4, 28–33.
- Claudet, J., & Pelletier, D. (April 01, 2004). Marine protected areas and artificial reefs: A review of the interactions between management and scientific studies. *Aquatic Living Resources*, 17, 2, 129–138.
- Fabi, G., Spagnolo, A., Bellan-Santini, D., Charbonnel, E., Cicek, B. A., Garcia, J. J. G., Jensen, A. C., ... dos, S. M. N. (2011). Overview on artificial reefs in Europe. *Brazilian Journal of Oceanography*, 59, 155–166.
- Hunter, M., & Gibbs, J. P. (2011). *Fundamentals of conservation biology*. Malden: Blackwell publishing.
- Islam, N., & Jørgensen, S. E. (2018). *Environmental management of marine ecosystems*. Boca Raton: CRC Press.
- Kassem, K., & Madeja, E. (2014). *The coral triangle*. Oxford: John Beaufoy.
- Klemenc, A., & Škapin, D. (2010). *Razmišljamo in delujemo trajnostno: priročnik za vključevanje vsebin trajnostnega razvoja v izobraževanje*. Pridobljeno iz <http://www.cpi.si/mednarodno-sodelovanje/ess/kakovost-in-prepoznavnost/zakladnica-znanja/trajnostni-razvoj.aspx>.
- Kocmur H., (20. 9. 2018). Dobro čuvana skrivnost [elektronska izdaja]. *Nedelo*, št. 217.
- Lauria, V., Garofalo, G., Fiorentino, F., Massi, D., Milisenda, G., Piraino, S., Gristina, M. (2017). Species distribution models of two critically endangered deep-sea octocorals reveal fishing impacts on vulnerable marine ecosystems in central Mediterranean Sea. *Scientific Reports*, 7(1).
- Lipej Lovrenc, Martina Orlando-Bonaca, Borut Mavrič, Valentina Pitacco, Janja Francé, Milijan Šiško, Tihomir Makovec, et al. 2016. *Biodiverziteta biogenih formacij*. Piran: Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja. https://www.nib.si/mbp/images/pdf/biodiverziteta/Biodiverziteta_biogenih_formacij.pdf.

- Lipej, L., Turk, R., Orlando-Bonaca, M., & Bettoso, N. (2006). *Ogrožene vrste in habitatni tipi v slovenskem morju = Endangered species and habitat types in the Slovenian sea*. Ljubljana: Zavod RS za varstvo narave.
- Lipej, L., B. Mavrič, M. Šiško, D. Trkov in M. Orlando-Bonaca (2018): *Terensko kartiranje morskih habitatnih tipov Natura 2000 v slovenskem morju* [elektronska izdaja]. Zaključno poročilo, oktober 2018. Poročila 172. Morska Biološka Postaja, Nacionalni Inštitut za Biologijo, Piran.
- Lovely, T. E., Hannah, L., & Wilson, E. (2019). *Biodiversity and climate change: Transforming the biosphere*. New Haven: Yale University Press.
- MacDonald, J. M. (January 01, 1994). Artificial reef debate: Habitat enhancement or waste disposal? *Ocean Development and International Law: the Journal of Marine Affairs*, 25, 1, 87–118.
- Macreadie, P. I., Fowler, A. M., & Booth, D. J. (January 01, 2011). Rigs-to-reefs: will the deep sea benefit from artificial habitat? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9, 8, 455–461.
- Ogrin, D., Bec, D., Lipej, L., & Klemenc, B. (2018). *Geografija stika Slovenske Istre in Tržaškega zaliva*. Ljubljana: Znanstvena založba Filozofske fakultete.
- *Okvirna direktiva o morski strategiji (2008)*. Pridobljeno 9. 9. 2019 z naslova: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=celex%3A32008L0056>.
- *OSPAR Convention (22. 9. 1992)*. Pridobljeno 10. 9. 2019 z naslova: <https://www.ospar.org/convention>.
- Perkol-Finkel, S., Shashar, N., & Benayahu, Y. (2006). Can artificial reefs mimic natural reef communities? The roles of structural features and age. *Marine Environmental Research*, 61(2), 121–135.
- Steele, J. H., Thorpe, S. A., & Turekian, K. K. (2009). *Encyclopedia of ocean sciences*. Boston: Elsevier Academic Press.
- Stenberg, C., Støttrup, J., Dahl, K., Lundsteen, S., Göke, C., & Andersen, O.N. (2015). *Ecological benefits from restoring a marine cavernous boulder reef in Kattegat, Denmark*. National Institute of Aquatic Resources, Danmarks Tekniske Universitet.
- Trench, R. K., & Goreau, T. J. (2013). *Innovative methods of marine ecosystem restoration*. Boca Raton: CRC Press.
- Turk, R. (2014). Strokovna srečanja o ohranjanju ključnih sredozemskih morskih habitatnih tipov – Symposia on the Conservation of Mediterranean Marine Key Habitats. *Annales. Series historia naturalis, letnik 24, številka 2*, 150–151.
- Turk, R., (2006). *Naravni rezervat Strunjan*. [zgiranka] Zavod RS za varstvo narave. Pridobljeno iz http://www.zrsvn.si/dokumenti/63/2/2006/NR-Strunjan_673.pdf.

- Vellend, M. (2016). *The Theory of ecological communities*. Princeton: Princeton University Press.
- *Zakon o vodah /ZV1/ (2002)*. Pridobljeno 8. 9. 2019 z naslova: <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO1244>.
- Žerdin A. H., (23. 6. 2007). Piramida na dnu morja [elektronska izdaja]. *Dnevnik, Objektiv*, str. 24.
- Yip, M. (1998). An overview of Artificial Reefs, Advantages and Disadvantages of Artificial Reefs. *Marine Biology I*, str. 1–11.