

50  
1969  
2019

POL STOLETJA DOLGA POT MORSKE BIOLOŠKE POSTAJE PIRAN  
1969–2019

Urednice: Janja Francé, Nives Kovač, Patricija Mozetič  
Založnik: Nacionalni inštitut za biologijo

Lektorica: Mirjana Kramarič-Francé  
Oblikovanje: Branka Smodiš  
Tisk: Collegium Graphicum d. o. o.  
Naklada: 500 izvodov  
Kraj in leto izida: Piran, 2019  
Brezplačna publikacija

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

574.5:005.71(497.4Piran)"1969/2019"  
574.5(262.3.04)

POL stoletja dolga pot Morske biološke postaje Piran : 1969-2019 /  
urednice Janja Francé, Nives Kovač, Patricija Mozetič. - Piran  
[i. e. Ljubljana] : Nacionalni inštitut za biologijo, 2019

ISBN 978-961-94802-0-5 (brezplačno)  
I. Francé, Janja  
COBISS.SI-ID 301706240

# POL STOLETJA DOLGA POT MORSKE BIOLOŠKE POSTAJE PIRAN

1969–2019

Urednice: Janja Francé  
Nives Kovač  
Patricija Mozetič

Piran, 2019



NACIONALNI INŠTITUT ZA BIOLOGIJO  
NATIONAL INSTITUTE OF BIOLOGY

MORSKA BIOLOŠKA POSTAJA PIRAN  
MARINE BIOLOGY STATION PIRAN

50  
1969  
2019

# VSEBINA

Predgovor	6	Ali je naše morje onesnaženo?	116
Poslanstvo in vizija Morske biološke postaje Piran v 21. stoletju	10	Oliver Bajt, Andreja Ramšak, Mateja Grego	
Patricija Mozetič		Fizika morja na MBP: sprehod med matematičnimi modeli in meritvami	124
Petdeset let Morske biološke postaje Piran	20	Matjaž Ličer, Boris Petelin, Martin Vodopivec, Branko Čermelj, Borut Umer, Vlado Malačič	
Alenka Malej		Znanost pod gladino morja	132
Raznolik in zapleten, prostemu očesu skrit svet velike modrine	44	Borut Mavrič, Tihomir Makovec	
Valentina Turk, Tinkara Tinta		Raziskovalna infrastruktura	140
Skrivnosti fitoplanktona	52	Branko Čermelj	
Janja Francé, Timotej Turk Dermastia, Patricija Mozetič		Svoje znanje radi tudi delimo	148
Rastlinska zakladnica slovenskega morja	60	Vesna Flander Putrle	
Martina Orlando-Bonaca, Lovrenc Lipej		Preteklost in prihodnost MBP skozi oko mladega raziskovalca	156
Pester svet lebdečih živali – zooplankton	68	Domen Trkov, Timotej Turk Dermastia, Ana Fortič, Borut Umer, Ivano Vascotto	
Tjaša Kogovšek, Alenka Malej		Kdo smo (bili)?	164
Obrežna ribja združba	74		
Lovrenc Lipej, Domen Trkov, Martina Orlando-Bonaca		Pregled dosežkov	166
Raziskovanje hrustančnic na MBP	84		
Lovrenc Lipej, Domen Trkov, Borut Mavrič		Slikarski natečaj Raziskujemo morski svet ob 50. obletnici MBP	184
Popotovanje od genov do ekosistemov z morsko genomiko	92		
Andreja Ramšak, David Stankovič		In memoriam	188
Kroženje organske snovi v morju	100		
Nives Kovač, Katja Klun, Jadran Faganeli			
Sediment Tržaškega zaliva – knjiga, katere skrivnostne zapise še vedno odkrivamo	108		
Branko Čermelj, Nives Kovač, Jadran Faganeli			

# PREDGOVOR

Začetki Morske biološke postaje Piran segajo v pozna šestdeseta leta prejšnjega stoletja, ko je skupina morskih biologov z veliko prostovoljnega zanosa pričela preurejati vilo na Sončni poti v Portorožu. Preselitev raziskovalne postaje v prenovljene industrijske prostore na Fornačah v letu 1980 se je izkazala za zelo primerno in trajno rešitev, saj na tem mestu, po prenovah in postavitvi povsem novih prostorov v letih 2004–2006, deluje tudi danes. Naj poudarim, da je takrat, nedvomno tudi po zaslugi prodornosti direktorice NIB Tamare Lah Turnšek, slovenska znanstvena politika razumela pomen vlaganj v znanstveno infrastrukturo. Morska biološka postaja Piran je danes namreč locirana v priobalni stavbi, ki nudi vse, kar potrebuje moderna naravoslovna znanost: lokacijo ob objektu raziskovanj, sodobne laboratorijske prostore, potapljaško bazo, vajatnice, dormitorij za obiskovalce ter primerne kabinetne prostore za raziskovalke in raziskovalce. Prav tu na Fornačah mi je dana naloga pisati tale uvodnik, inspirativno okolje pa mi nudi prelep pogled na Piranski zaliv.

Danes Morska biološka postaja Piran, ki jo vsi poznamo s kratico MBP, deluje kot samostojna organizacijska enota Nacionalnega inštituta za biologijo. Je edina od štirih enot inštituta, ki ni locirana v Ljubljani. To dejstvo in pa usmeritev MBP, katere objekt raziskovanja je obalno morje severnega Jadrana, utrjujeta vodilno vlogo MBP v raziskovanju ekologije in varovanja morja ter v decentralizaciji slovenske znanosti.

V tej knjigi je podanih nekaj zanimivih pogledov na raziskovanje morja, vključno z zgodovinskim pregledom 50-letnega razvoja MBP. Iz prispevkov med drugim izvemo, da je znanost, ki se je v prvih 50 letih dogajala na MBP, ustvarila nič manj kot 600 izvirnih znanstvenih publikacij. Mnoge izmed njih predstavljajo reference, ki jih citirajo po celem svetu. Vodja MBP Patricija Mozetič vodi prodoren in dobro podprt dolgoletni raziskovalni program, ki v

## Predgovor

našem okolju pomeni približek stabilnega financiranja raziskovalnih skupin. V njem se prepletajo biološke, kemijske, fizikalne in mikrobiološke vsebine in pristopi, poudarek pa je seveda na našem obalnem morju, ki je, majhnosti navkljub, izjemno biotsko pestro. Člani programske skupine delujejo tako lokalno (severni Jadran je med najbolj raziskanimi morskimi območji sveta) kot tudi izrazito mednarodno, tako skozi partnerstva v evropskih projektih kot tudi skozi živahne dvostranske izmenjave. MBP je in bo ostala vpetta v globalno, meddisciplinarno okoljsko znanost.

Ob lepi okrogli obletnici čestitam vsem akterjem, posebej sodelavkam in sodelavcem MBP, ter jim želim čimveč stabilnega vetra v raziskovalna jadra. Prihodnost raziskav morja je zanimiva, četudi polna izzivov.

izr. prof. dr. Matjaž Kuntner,  
direktor Nacionalnega inštituta za biologijo





---

MBP ... 1969–2019  
IN NAPREJ

---

Patricija Mozetič

# POSLANSTVO IN VIZIJA MORSKE BIOLOŠKE POSTAJE PIRAN V 21. STOLETJU

Morska biološka postaja Piran (MBP) v letu 2019 praznuje 50-letnico svojega obstoja.

**Poslanstvo edine slovenske raziskovalne enote, ki se ukvarja izključno z raziskavami morskih ekosistemov, je ustvarjanje vrhunskega znanja za razumevanje procesov in sprememb v morju. S tem raziskovalci MBP zagotavljamo strokovne temelje za trajnostni razvoj morskega in obalnega prostora.**

Vendar je bila pot do današnje vloge MBP na lokalni in državni ravni ter v severnojadranski regiji dolga, včasih bolj, drugič manj naporna in vijugasta, ko smo iskali pravo ravnotežje med lastnimi raziskovalnimi izzivi in 'oportunističnimi' potrebami družbe za ohranitev postaje.

Če je bilo še sredi 70-ih let na MBP deset zaposlenih, osem biologov in dva kemika, nas je danes 37; od tega je med raziskovalci (27) še vedno največ biologov (15), sledijo kemiki, geologa, fizika, mikrobiologinja, računalničar in matematik. Prve raziskave nadobudnih raziskovalcev so obsegale popise favnističnih in florističnih posebnosti slovenskega morja, poleg tega pa so spremljali tudi ekonomsko pomembne ribje vrste v severnem Jadranu. Skozi desetletja so se področja raziskav na MBP širila glede na poklicno strukturo zaposlenih ter potrebe domače in mednarodne strokovne javnosti. Zanimivo pa je, da so ostale raziskave biodiverzitete osrednji steber naše dejavnosti vse do danes in so vključene v

mnoge temeljne in aplikativne projekte, a se dopolnjujejo in povezujejo z modernimi metodami in drugimi biološkimi področji oz. naravoslovnimi vedami. Danes so naša najpomembnejša raziskovalna področja biologija in ekologija morja in obalnega pasu, biogeokemijsko kroženje snovi, fizikalna oceanografija, podnebne spremembe, onesnaževanje in drugi antropogeni vplivi, varstvo narave in okolja ter morska biotehnologija.

Dejavnosti MBP bi lahko razdelili v tri velika področja:

- temeljne in aplikativne raziskave
- nacionalni monitoringi ter podpora okoljskim politikam in različnim deležnikom pri trajnostno usmerjenem gospodarskem in družbenem razvoju obalnega prostora in morja
- popularizacija in promocija znanja o morju za večanje morske pismenosti v strokovni in laični skupnosti

Prav gotovo je prvo področje najpomembnejše in naša primarna dejavnost, ki nam omogoča uresničevanje raziskovalnega poslanstva in inovativnega potenciala. Kot nacionalno pomembnega ga je prepoznala tudi Agencija RS za raziskovalno dejavnost (ARSS), ki že od leta 1999 financira, sicer s pet do šestletnim preverjanjem odličnosti skupine in rezultatov, raziskovalni program »Raziskave

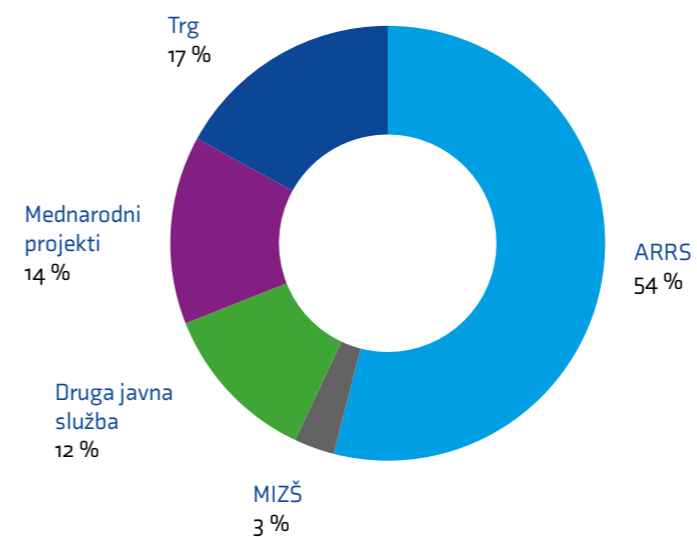
Sodelavci Morske biološke postaje Piran maja 2019 (Foto: Tihomir Makovec)



obalnega morja« (P1-0237). V manjši meri smo vpeti tudi v program »Kroženje snovi v okolju, snovna bilanca in modeliranje okoljskih procesov ter ocena tveganja« (P1-0143), ki ga vodi Milena Horvat z Instituta »Jožef Stefan«.

Interdisciplinarne raziskave v okviru programov zagotavljajo temeljna znanja o zgradbi in delovanju ekosistemov ter biogeokemijskih procesih v obalnem morju, kjer so organizmi in ekosistemi izpostavljeni kombinaciji številnih dejavnikov, ki delujejo v različnih prostorskih in časovnih skalah. Vse to je bilo v večji meri vključeno v letos iztekajoči se petletni program »Raziskave obalnega morja«. V novem programskem obdobju pa želimo to znanje nadgraditi z bolj poglobljenimi raziskavami strukturne in funkcionalne biodiverzitete na različnih nivojih – od genov do ekosistema in s proučevanjem vplivov podnebnih sprememb v vseh njihovih oblikah (dvig morske gladine, ekstremni vremenski pojavi, spremembe v razširjenosti vrst, segrevanje morja in zakisanost oceanov) kot eni glavnih gonilnih sil sprememb v morskem okolju in biodiverziteti. Kot novi komponenti raziskav smo dodali onesnaženje s plastiko, ki je že nekaj časa globalni problem morij (še posebej Sredozemskega) in oceanov, in biotehnološke raziskave, ki podpirajo modro gospodarstvo.

Divjanje burje na piranski panti februarja 2015  
(Foto: Tihomir Makovec)



Struktura prihodkov (v %)  
Morske biološke postaje Piran  
(povprečje zadnjih 10 let, 2008–2018)

Poleg programskega financiranja je treba pod prihodke ARRS prišteti še sredstva za delovanje Infrastrukturnega centra MBP (IC MBP) in, glede na uspešnost prijav, še temeljne in aplikativne projekte. Ti relativno stalni prihodki ARRS v povprečju zadnjega desetletja, 2008–2018, predstavljajo zgolj dobro polovico vseh prihodkov MBP. Majhen del neposredno prispeva matično ministrstvo (Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport, MIZŠ) za stalno delovanje Nacionalnega odbora Medvladne oceanografske komisije (NO IOC) pri Slovenski nacionalni komisiji za UNESCO (SNKU) in za dva projekta iz naslova 'Raziskovalci na začetku kariere', ki smo ju pridobili leta 2017. Preostali del moramo pridobiti drugje – bodisi v okviru dejavnosti druge javne službe (nacionalni monitoringi), bodisi iz mednarodnih (14 %) ali tržnih projektov, kjer so naročniki druga ministrstva, javni zavodi in lokalna uprava ter pravi trg oz. gospodarstvo (17 %).

Takšna struktura prihodkov, predvsem pa medletna variabilnost manj stabilnega, a skoraj polovičnega dela prihodkov pomeni, da se ne smemo nikoli ustaviti, ampak moramo biti vedno »na preži« za projekti, če želimo ohraniti zaposlitveno strukturo in s tem naše dejavnosti. To »mrzlično« razpoloženje dobro poznajo sorodni javni raziskovalni zavodi. Variabilnost prihodkov izven ARRS je tudi odraz svetovnih gospodarskih nihanj, kot se je pokazalo po zadnji svetovni gospodarski krizi s konca prejšnjega in z začetka zdajšnjega desetletja, ki je z določenim zamikom udarila tudi po naši raziskovalni dejavnosti. V letu 2018 se je negativni trend po petih letih obrnil in naša želja oz. vizija je, da ohranimo zdajšnjo rast tudi v bodoče.



Nova stavba Morske biološke postaje Piran  
(Foto: Tihomir Makovec)

Tudi nacionalni monitoringi, ki jih izvajamo po pooblastilih Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) in Uprave RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin (UVHVVR), predstavljajo razmeroma kontinuiran vir prihodkov. Program ARSO monitoringa, ki se je začel že pred več desetletji kot program spremljanja kakovosti slovenskega morja, ima od leta 2007 zakonske podlage v evropski vodni zakonodaji, ki je bila prevedena v slovenski pravni red. Po Okvirni direktivi o vodah – ODV (2000/60/ES) določamo ekološko stanje obalnega morja, Okvirna direktiva o morskem strategiji – ODMS (2008/56/ES) pa določa kazalnike za spremljanje okoljskega stanja morja v vseh teritorialnih vodah držav članic Evropske skupnosti. En del nacionalnega ARSO monitoringa pa določa mednarodna Konvencija Združenih narodov o varovanju Sredozemskega morja pred onesnaženjem s kopnega, t. i. Barcelonska konvencija, izvajanje njenih protokolov pa poteka skozi Sredozemski akcijski načrt (UNEP/MAP). MBP ni zgolj izvajalka določenih vsebin nacionalnih monitoringov, ampak je tudi »oralna ledino« pri razvoju metodologij za oceno ekološkega in okoljskega stanja morja po obeh direktivah, ODV in ODMS. Proces implementacije ODV v nacionalno zakonodajo in interkalibracija metod za določitev ekološkega stanja po treh skupinah bioloških elementov kakovosti (fitoplankton, bentoški nevretenčarji ter makroalge in morske trave), ki jih je razvila posamezna država (v našem primeru se je ta primerjava odvijala med sredozemskimi



Stik kopnega in morja na Debelem Rtiču  
(Foto: Tihomir Makovec)

državami), se je začel že leta 2004, zaključil pa l. 2018. Strokovne naloge z naslova Morske strategije pa še vedno potekajo, saj tudi pri Evropski komisiji ta proces ni zaključen in se pripravljajo vedno nove uredbe, ki usmerjajo določitev dobrega okoljskega stanja po 11 različnih deskriptorjih. Bistveno manj obsežen je program monitoringa za spremljanje toksičnega fitoplanktona na območjih školjčičišč v slovenskem morju pod okriljem UVHVVR, ki ga izvajamo vse od leta 1994, kmalu po prvem znanstveno zabeleženem dogodku o vsebnosti toksinov v gojenih školjkah leta 1989. Naš prispevek v tem programu, ki smo ga aktivno pomagali oblikovati, je analiza vrst mikroalg, ki povzročajo različne oblike škodljivih cvetenj, najpogosteje pa zastrupitve morske hrane s toksini.

Državi pomagamo tudi pri trajnostno usmerjenem gospodarskem in družbenem razvoju z izvajanjem strokovnih nalog in ekspertiz, ki so v podporo lokalnim in regionalnim deležnikom. Samo v zadnjih 10 letih smo za potrebe lokalnih skupnosti (obalne občine) in njihovih javnih podjetij, državnih inštitucij (Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano – MKGP, Ministrstvo za okolje in prostor – MOP, Zavod RS za varstvo narave – ZRSVN) in javnih zavodov (Inštitut za vode RS – IzVRS, Krajinski park Strunjan) ter





Burja je februarja 2015 takole bičala Piran.  
(Foto: Tihomir Makovec)

gospodarskih družb opravili 31 strokovnih nalog in ekspertiz. Število in vrednost projektov za podjetja sta razmeroma majhna, čemur botrujeta tako naša okoljsko in ekološko naravnana dejavnost kot pomanjkanje prave industrije na Obali, ki je predvsem turistično oz. storitveno usmerjena. Kljub vsemu pa naš prispevek h krepitvi trajnostno usmerjenega lokalnega gospodarstva in razvoju kadrov ni zanemarljiv, kot izkazujejo sodelovanja z Luko Koper, d. d., podjetjem SOLINE Pridelava soli, d. o. o., ribogojnico FONDA.SI, d. o. o., računalniškimi podjetjem Arctur, d. o. o. ter manjšimi strojnimi in elektrotehničnimi podjetji, s katerimi razvijamo in izboljšujemo določene produkte in merilne naprave.

Že od samega začetka delovanja MBP nas zaznamujeta tudi mednarodna vpetost in sodelovanje. V prvih letih se je mednarodni vpliv kazal predvsem skozi agencije Organizacije združenih narodov (OZN) in njihova telesa. Poleg že omenjenega sodelovanja v okviru UNEP/MAP, ki je imel namen nuditi podporo sredozemskim državam pri oceni in nadzoru onesnaženja morja, sta imela pomembno vlogo v prvih letih tudi FAO in UNESCO. Danes so cilji UNEP/MAP veliko bolj ambiciozni in sledijo recentnim pritiskom in spremembam v obalnem in morskem prostoru, zato se za oceno stanja in načrte upravljanja s Sredozemskim morjem upošteva ekosistemski pristop. Kot primer današnje mednarodne projektne vpetosti in razpršenosti lahko navedemo 31 projektov iz šestih evropskih finančnih instrumentov: Okvirni programi, strukturni skladi (Interreg Slovenija-Italija, Program čezmejnega sodelovanja IPA Adriatic, Adrion), razpisi generalnih direktoriatov (DG Mare in DG Environment), EIP program (*Entrepreneurship and Innovation Programme*), razpisi agencije EASME (*Executive Agency for Small and Medium-sized Enterprises*) in COST program (*European Cooperation in Science and Technology*). Trenutno je v teku 10 evropskih projektov, od tega štirje iz programa Obzorje 2020 in tri COST akcije; pri eni od akcij MBP deluje kot vodja. Prepoznavnost v mednarodnem prostoru, ki je že zdavnaj preseгла tradicionalne povezave s sosednjimi italijanskimi in hrvaškimi inštitucijami, izpričujejo članstva in sodelovanja MBP v evropskih in mednarodnih mrežah in združenjih (EuroMarine, EmodNet, MARS, EuroGOOS), infrastrukturah (LifeWatch-Slovenia) in programih IOC-UNESCO (pod okriljem SNKU).

Prav gotovo pa so širjenje znanja o morju, ozaveščanje javnosti ter promocija znanosti tista področja, po katerih smo še posebej prepoznavni. Sodelavci MBP predavamo na štirih slovenskih univerzah v študijskih programih na vseh treh bolonjskih stopnjah in na Mednarodni podiplomski šoli 'Jožef Stefan' ter predajamo novim

rodovom znanje s področja morske ekologije, biodiverzitete, kemije in fizikalne oceanografije. Razlagamo nenavadne in redne pojave v morju v obliki intervjujev in izjav za medije, zelo je bogata tudi naša publicistična dejavnost. Vse naštetje je razlog, da so bili sodelavci MBP večkrat nagrajeni s priznanjem Slovenske znanstvene fundacije 'Prometej znanosti za odličnost v komuniciranju'. Naš zaščitni znak pa je prav gotovo vsakoletni Dan odprtih vrat MBP, s katerim obeležimo Svetovni dan oceanov (8. junij) in svoje delo predstavimo osnovnošolcem, srednješolcem in drugim obiskovalcem.

Združeni narodi so desetletje 2021–2030 razglasili za Desetletje oceanografije za trajnostni razvoj.



Pomen morskih znanosti in oceanskih raziskav za »Ocean, ki ga potrebujemo za prihodnost, ki si jo želimo« so prepoznali tudi Združeni narodi, ko so na zasedanju Generalne skupščine decembra 2017 razglasili desetletje 2021–2030 kot Desetletje oceanografije za trajnostni razvoj. Vloga oceanskih raziskav in tehnologij je ključna za uresničevanje 14. cilja trajnostnega razvoja (*Sustainable Development Goal 14 – SDG 14*) Agende 2030. Slovenija kot članica OZN in še bolj kot članica IOC, ki vodi to Desetletje, se mora te pomembne vloge zavedati in izkoristiti priložnost, da postavi morje na mesto, ki si ga zasluži. MBP se je tega zavedala že pred 50 leti in od tedaj goji do našega majhnega, a zelo pomembnega morja čisto poseben odnos.

Pol stoletja na življenjski poti je po navadi tista prelomnica, ko se z nostalgijo obračamo nazaj, a hkrati zaradi dolgoletnih izkušenj samozavestno stremimo k novim izzivom. Verjamemo, da so rezultati dela, naša zagnanost in vztrajnost – smo vendar ob obali, ki kljubuje razburkanemu morju – zagotovilo, da bo naša vizija (p)ostala stalnica:

**MBP je mednarodno priznana in na nacionalnem nivoju vodilna raziskovalna skupina za morske vede, ki z naprednimi metodami preučuje in rešuje aktualne izzive v morskem okolju.**

MBP ... NEKOČ  
IN DANES



Alenka Malej

# PETDESET LET MORSKE BIOLOŠKE POSTAJE PIRAN

*in prav zato morja sem preplul (...)  
bom prepeval o tistem,  
kar bilo je, bo ali mineva.*

(W. B. Yeats)



## Začetki na Sončni poti 3, Portorož (1969–1979)

Ob desetletnici Morske biološke postaje Piran (MBP) sta Jože Štirn in Miroslav Zei (1979) zapisala: »MBP ... je bila ustanovljena leta 1969 kot delovna enota Inštituta za biologijo v Ljubljani. Posebna zasluga za ustanovitev gre podpora Sklada B. Kidriča in osebni iniciativi prof. dr. Sušnika«, takratnega direktorja inštituta. MBP je dobila prostore v preurejeni družinski vili na Sončni poti v Portorožu, ki jo je Inštitut za biologijo (IBU) odkupil iz stečajne mase Zavoda za raziskovanje morja SRS. Finančna sredstva za odkup hiše in raziskovalne opreme je zagotovila Raziskovalna skupnost Slovenije. Aleksander Vukovič o začetkih MBP pravi: »Spomladi 1969 smo absolventi biologije Lado Kubik, Igor Keržan in jaz na pobudo direktorja IBU prostovoljno urejali stavbo na Sončni poti v Portorožu in čistili zaraščen vrt. Kot prvi stalno zaposleni delavec sem z majem 1969 pričel opravljati vzorčenja po programu raziskovalne naloge Flora in favna severnega Jadrana, katere nosilec je bil Janez Matjašič. Julija se mi je pridružil Lado Kubik, kmalu nato še Andrej Avčin in Igor Keržan. Konec leta 1969 smo dobili čoln, leseno pasaro PI-50, s katerim je MBP še vrsto let uspešno opravljala različna opazovanja, vzorčenja in potapljanje.« Kljub težkemu začetku se je sistematično zbiranje biološkega materiala in podatkov o živalskih in rastlinskih vrstah nadaljevalo in rezultati so bili l. 1975 objavljeni v obsežni monografiji o rastlinstvu in živalstvu severnega Jadrana (Matjašič in sod. 1975).

Konec leta 1971 je imela MBP enajst zaposlenih, med njimi enega z doktoratom znanosti in šest diplomiranih biologov. Vodja MBP je po povratku iz Tunisa postal Jože Štirn, ki je z zrelim



Družinska vila na Sončni poti v Portorožu je bila prvo domovanje Morske biološke postaje Piran. (Foto: arhiv MBP)

poznavanjem in s praktičnimi izkušnjami iz biološke oceanografije ter z bogatimi osebnimi zvezami zanesljivo podprl prve, še negotove korake novoustanovljene postaje in njene mlade skupine. Zasnova je ambiciozen program raziskav bioloških, fizikalnih in kemijskih značilnosti obalnega morja vključno s pritoki; spoznavanje morskega rastlinstva in živalstva ter raziskave morskih združb in onesnaženja pa so bile osrednje teme programa. Podjetje Delamaris Izola se je že sredi šestdesetih let soočilo s pomanjkanjem domačih rib za predelavo, zato je podprlo raziskave populacijske dinamike in ekologije malih pelaških rib, predvsem sardele in inčuna, zanimale pa so ga tudi možnosti za gojenje školjk. Spoznanje, da so zaprta morja, kakršno je tudi Jadransko, med najbolj ogroženimi zaradi onesnaženja, je narekovalo usmeritev v raziskave onesnaženja morja z različnimi onesnaževali. Raziskovalna skupina pod vodstvom Jožeta Štirna si je kmalu pridobila upoštevanja vredno mesto v sredozemskem prostoru, zlasti z inovativnimi raziskavami evtrofikacije. Podobno kot v mnogih obalnih območjih po svetu so se tudi v severnem Jadranu posledice prekomernega vnosa hranil vse očitneje kazale s pogostimi cvetenji fitoplanktona, velikimi masami nekaterih pridnenih alg in pomanjkanjem kisika v slojih na dnu morja. Izvirno zasnovan dveletni kontrolirani poskus odvajanja komunalnih odpadkov v ograjene bazene v Strunjanskih solinah je nazorno predočil posledice vnosa neprečiščenih komunalnih odpadkov za naravne ekosisteme. Podobne razmere kot v onesnaženem bazenu smo lahko spremljali v notranjosti Koprškega zaliva, kamor so se dolga leta stekale neprečiščene odplake.



Vzorčenje na PI-50: Nansenova posoda in odčitavanje temperature morja (na sliki: Aleksander Vukovič in Franc Hvala) (Foto: arhiv MBP)

Kontroliran poskus dovajanja komunalnih odpadkov in spremljanje sprememb na združbi Strunjanske lagune (1973–1976) (Foto: arhiv MBP)

Udeleženci poletne šole MAMBO septembra 1973 na raziskovalni ladji A. Mohorovičič. Vodja MBP in poletne šole Jože Štirn stoji drugi z desne. (Foto: arhiv MBP)



Glasbena skupina, ki so jo sestavljali Neda Fanuko Kovačič, Jože Štirn in Janez Forte (Foto: arhiv MBP)

V tem obdobju je bila zelo plodna tudi izobraževalna dejavnost MBP. Jože Štirn je zasnoval mednarodno poletno šolo z uglednimi predavatelji z vsega sveta. Tečajev so se udeležili študenti iz sedemnajstih držav, zaradi uspešne izvedbe pa je Medvladna oceanografska komisija Organizacije Združenih narodov za izobraževanje, znanost in kulturo (*Intergovernmental Oceanographic Commission of United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization – IOC-UNESCO*) podelil MBP status regionalnega izobraževalnega centra za temeljno in aplikativno ekologijo. Za razvoj MBP je bila zelo pomembna vzpostavitev regionalnega programa za Sredozemsko morje (Sredozemski akcijski načrt, *Mediterranean Action Plan – MAP*) v okviru Programa Združenih narodov za okolje (*United Nations Environment Programme – UNEP*) l. 1975, v katerem MBP sodeluje še danes; več o tem kasneje.

Po odhodu Jožeta Štirna v tujino je MBP nekaj časa vodil Miroslav Zei, ki se je l. 1975 vrnil domov po več kot desetletju delovanja v tujini kot izvedenec in direktor ribiško-oceanografskih projektov za Organizacijo Združenih narodov za prehrano in kmetijstvo (FAO).

### MBP v preurejeni stavbi tovarne Salvetti (1980–1991)

Z vsebinskim in kadrovskim širjenjem MBP so postajali prostori na Sončni poti premajhni in vse bolj neprimerni za vzpostavljanje dobre laboratorijske prakse. Stavba je bila precej oddaljena od morja, kar je oteževalo eksperimentalno delo. Selitev v preurejene prostore opuščene tovarne mila Salvetti na Fornáčah pred

Piranom, ki je bila zaključena l. 1980, je pomenila za MBP pomembno izboljšanje delovnih pogojev. Stavbo neposredno ob morju je zagotovila piranska občina, denar za preureditev pa deloma takratna Raziskovalna skupnost Slovenije, deloma pa Inštitut za biologijo. Poleg laboratorijev in kabinetov za raziskovalce so bili v prenovljeni stavbi urejeni knjižnica, večja predavalnica oz. vajalnica ter najnujnejši prostori za bivanje 20 študentov.

V prvi polovici osemdesetih let je bilo na MBP zaposlenih 29 ljudi, a le dva raziskovalca sta imela doktorat znanosti. Takratna Raziskovalna skupnost Slovenije je financirala temeljne raziskave ekologije in varstva morja. Vzporedno z raziskovalno dejavnostjo je MBP v začetku sedemdesetih začela vzpostavljati sistem rednega spremljanja kakovosti morja (monitoring), kakršnega so poznale razvite države. Monitoring morja je bila tudi ena od obveznosti vseh obalnih držav – pogodbenic Konvencije o zaščiti Sredozemskega morja (Barcelonska konvencija). Program stalnih mesečnih meritev kakovosti morja (temperatura, slanost, kisik, hranilne snovi, fitoplankton, vsebnost izbranih onesnaževal v vodi, sedimentu in organizmih ter spremljanje fekalnega onesnaženja v obsežni mreži obalnih postaj) je financirala tedanja Zveza vodnih skupnosti. Dobrodošla so bila tudi sredstva, ki smo jih morske raziskovalne inštitucije ob vzhodni jadranski obali dobile iz t. i. Matičevega sklada kot spodbudo za sodelovanje pri raziskavah morja. Veliko pozornosti smo posvetili študiju procesov, ki vplivajo na razvoj sezonskega pomanjkanja kisika ob morskem dnu, poglobilo se je proučevanje biogeokemijskih procesov, začele so se raziskave mikrobne ekologije in dinamike vodnih mas. Obdobje so zaznamovali tudi pojavi škodljivih cvetenj morja (obarvanost morja in prisotnost toksičnih vrst fitoplanktona), množično pojavljanje meduz mesečink in sluzenje morja.

Razglednica Fornáč s tovarno Salvetti okrog leta 1930 (Foto: arhiv MBP)



Privlačna zunanost stare stavbe MBP ob morju je skrivala sicer obnovljene, a za laboratorije le deloma primerne prostore. (Foto: arhiv MBP)



Za raziskave teh pojavov smo s prijavo projektov uspeli pridobiti tudi sredstva iz tujine, ki so bila za nas v času pomanjkanja deviz v Jugoslaviji zelo pomembna. Za študij pomanjkanja kisika smo pridobili štiriletni projekt (1986–1989) takratne Evropske skupnosti, za raziskave vpliva onesnaženja na morske ekosisteme (1976–1979), fitoplanktona (1980–1983) in meduz (1983–1985) pa sredstva UNEP/MAP. IOC-UNESCO je finančno podprla raziskave o vlogi posedanja delcev pri onesnaženju morja (1985–1986) in kasneje tudi projekt razvoja indikatorjev onesnaženja s komunalnimi odplakami (1999–2000). Mednarodna agencija za jedrsko energijo (*International Atomic Energy Agency – IAEA*) je financirala projekt o možnosti uporabe izotopske in kemijske sestave organske snovi za opredelitev njenega izvora (1988–1989) ter kasneje (1999–2000) raziskave o vplivu ribogojnice na okolje. Največ sredstev pa smo pridobili za raziskave sluzenja morja v okviru programa Delovne skupnosti Alpe Jadran, ki je tedaj združevala italijanske pokrajine ob severnem Jadranu, Slovenijo, Hrvaško ter avstrijski pokrajini Koroška in Štajerska. Pri skupnih terenskih raziskavah sluzenja in spremljanju stanja morja v severnem Jadranu so poleg MBP sodelovali še rovinjski Zavod za raziskave morja, tržaški Laboratorio di biologia marina in beneški Istituto di Biologia del Mare. Vse štiri inštitucije smo časovno uskladile izhode na morje in tako smo lahko pridobili sinoptično sliko razmer v severnem Jadranu. Meritve in vzorčenja so potekali enkrat mesečno, sledili so sestanki raziskovalcev, na katerih smo izmenjali podatke in pripravili skupno sporočilo za medije. Projekt se je začel l. 1990 in je trajal do l. 1993, poglobljeno sodelovanje med severnojadranskimi inštitucijami pa je trajalo še dlje.

Stari laboratorij MBP (na sliki: Patricija Mozetič) (Foto: arhiv MBP)



## Delovanje MBP v samostojni Sloveniji

Z osamosvojitvijo Slovenije MBP pridobi še večji pomen, saj postane edina slovenska morska raziskovalna enota. Tedaj je bilo na MBP skupno zaposlenih 20 ljudi; raziskovalcev, vključno z mladimi raziskovalci, je bilo trinajst (sedem biologov, štiri kemiki, en fizik, en geolog), med njimi pet z doktoratom znanosti, trije z magistriranjem. Vsebinsko so se nadaljevale raziskave oceanografskih značilnosti, planktonskih in bentoških združb, pridobili smo nova spoznanja o značilnostih dna, tokovih, o mikrobih in biotski raznovrstnosti Tržaškega zaliva. Zlasti v prvi polovici devetdesetih smo intenzivno raziskovali vzroke in posledice sluzenja morja, nadaljevale so se tudi raziskave onesnaženja, predvsem vplivov komunalnih odplak in nekaterih drugih onesnaževal.

Že po dobrem desetletju delovanja na novi lokaciji se je izkazalo, da je stara stavba kljub preureditvi neprimerna za moderne laboratorije. Zato naj bi investicija takratnega Ministrstva za šolstvo, znanost in šport v dveh gradbenih fazah (2000–2001 in 2002–2003)

Faze graditve nove stavbe MBP: postopno rušenje stare stavbe (Foto: arhiv MBP)





Faze graditve nove stavbe MBP: dokončana 1. faza gradnje z novimi laboratoriji (Foto: arhiv MBP)

omogočila izgradnjo novih prostorov ob sočasnem delovanju MBP na isti lokaciji. Gradnja se je zaradi različnih zapletov zavlekla, tako da smo zaposleni od leta 2000, ko je bil porušen del stare stavbe, delali v skrčenih prostorih dobesedno sredi gradbišča. L. 2004 je bila zaključena prva faza gradnje: večji del nove stavbe so zavzemali raziskovalni laboratoriji s pomožnimi prostori (pomivalnica, tehtalnica, skladišče vzorcev ...), pomembne pridobitve so bile potapljaška baza in delavnica, prostor za praktične vaje in delo študentov, akvarij s pretočno morsk vodo in manjša konferenčna soba. V drugi fazi gradnje (2004–2006) je bil dokončno odstranjen preostali del stare stavbe MBP in zgrajen nov objekt, v katerem so knjižnica, večja konferenčna dvorana in nekoliko manjša predavalnica, delovni kabineti in dormitorij za 24 oseb s kuhinjo in bivalnim prostorom ter prostori za gostujoče profesorje. Velike zasluge za to, da je do investicije sploh prišlo, kot tudi za dokončanje novih prostorov MBP, ima takratna direktorica NIB Tamara Lah Turnšek.

### Raziskovalno delo na morju

Raziskave MBP so ves čas njenega delovanja temeljile na terenskem delu na morju. Najbolj redno in sistematično vseskozi potekajo meritve in vzorčenja v jugovzhodnem delu Tržaškega zaliva, kamor so do l. 1992 spadala tudi vzorčevalna mesta ob savudrijski

obali, pred Umagom in na odprtem morju proti Gradežu. V okviru sodelovanja z avstrijskimi in nemškimi univerzami (dunajska univerza, Univerza Göttingen, Univerza Innsbruck) smo v sedemdesetih in osemdesetih letih opravljali tudi raziskave ob istrski obali in v odprtih severnojadranskih vodah.

Do druge polovice osemdesetih let je premogla MBP za terensko delo le desetmetrski lesen čoln (PI-50), šele kasneje smo pridobili nekoliko večje plovilo, skoraj 30 let star gliser PI-1100. Zato je v tem obdobju delo na morju večkrat potekalo tudi z najetimi plovili. Pravo raziskovalno plovilo je MBP dobila šele l. 2000. Dvanajstmetrski čoln je bil izdelan v ZDA, kjer taka serijska plovila uporablja obalna straža. Plovilo smo z nekaterimi predelavami bolj prilagodili raziskovalnemu delu MBP, nekaj opreme je na plovilu stalno, večina pa je nameščena glede na vsebino raziskav in meritev na morju. Ime Sagita je plovilo dobilo po rodu puščic iz debla ščetinočeljstnic. Kasneje (2009) se je »floti« MBP pridružila še Karolina, hiter manjši gliser, ki je uporaben zlasti za delo v obrežnem pasu. Ob prelomu tisočletja pa je pomemben napredek za raziskave in stalno spremljanje razmer v morju pomenila postavitve oceanografske boje z merilnimi instrumenti v morju nedaleč od piranske Punte.

Raziskovalci MBP so sodelovali tudi na ekspedicijah izven severnega Jadrana. Raziskovalna križarjenja, namenjena oceni ribolovnih virov sardele in inčuna, so v sedemdesetih potekala mesečno

PI-1100 pred Piranom (na čolnu sta Tihomir Makovec in Franc Kravos) (Foto: arhiv MBP)





Raziskovalno plovilo Sagita v Velikem jezeru na otoku Mljet, Hrvaška (na plovilu so Tihomir Makovec, Aleksander Vukovič in Marko Tadejevič) (Foto: arhiv MBP)

z ladjami izolskega Delamarisa (Knežak, Zlatoperka, Jež), vzorčevalna mesta pa so bila postavljena od Tržaškega zaliva do Dugega otoka.

V obdobju od marca 1973 do l. 1986 smo sodelovali pri več križarjenjih v Jadranskem morju z raziskovalno ladjo Andrija Mohorovičić takratne jugoslovanske vojne mornarice. Po prihodu ladje iz poljske ladjedelnice v Gdansku smo se prve odprave marca 1973 udeležili samo raziskovalci MBP, na naslednjih pa so sodelovali tudi raziskovalci drugih jadranskih inštitutov, predvsem iz Rovinja, Splita in Dubrovnika. Najdaljša ekspedicija je trajala 28 dni, meritve, vzorčenja in analize za opredelitev fizikalnih, kemijskih in bioloških lastnosti pa so potekali na številnih postajah od severnega Jadrana do severnega dela Jonskega morja. Zanimivo je bilo srečanje raziskovalcev MBP v Telaščici septembra 1974, ko smo nekateri opravljali raziskave na krovu A. Mohorovičića, drugi pa so se udeležili križarjenja za oceno ribolovnih virov z ladjo Knežak izolskega Delamarisa. Nekaj odprav A. Mohorovičić je bilo v obdobju 1976–1978 omejenih na globoke dele srednjega in južnega Jadrana, saj so bile namenjene raziskavam globokega sloja sipanja zvoka (*Deep Scattering Layer, DSL*).

Raziskovalci MBP smo sodelovali tudi pri številnih drugih meritvah in vzorčenjih v severnem, srednjem in južnem Jadranu na krovu italijanskih (*Urania, Explora, Dallaporta*) in hrvaških

raziskovalnih ladij (*Vila Velebita, Bios* in po letu 2000 *Naše more*). Udeležili smo se več raziskovalnih križarjenj v Sredozemskem morju: v izlivnem območju reke Rone, v Lyonskem zalivu, okoli Balaerskega otočja. Sodelovali smo tudi na nekaterih daljših ekspedicijah izven Sredozemskega morja, in sicer Malaspina v Atlantskem oceanu na krovu španske vojaško-raziskovalne ladje *Hesperides*, v Rokavskem prelivu in vzhodnem Atlantiku z britansko raziskovalno ladjo *F. Russell*, v zahodnem Atlantiku na ameriški raziskovalni ladji ter v Baltičkem morju (*Skagerrak-Kattegat*) s švedsko ladjo *Argos*. Zanimiva so bila tudi krajša opazovanja in vzorčenja v Ariaškem morju na Japonskem in v zalivu *Guelfo Nuevo* ob argentinski patagonski obali. Skupaj z raziskovalci iz Hrvaške, Italije in ZDA smo opravili številne meritve in opazovanja meduz v Velikem jezeru na Mljetu, najprej v sklopu mednarodnega projekta *MEDUZA*, ki ga je sofinanciral ameriški State Department, nato v okviru dvostranskega sodelovanja s Hrvaško. Pri dveh daljših tovrstnih raziskavah je pri delu v tem mljetskem jezeru sodelovalo tudi raziskovalno plovilo *MBP Sagita*. V okviru slovensko-ruskega projekta smo raziskovali populacije želatinoznega planktona v Modrem zalivu blizu Gelendžika v Črnem morju. Bilateralni projekt z Brazilijo je omogočil vzorčenje meduz v kanalu *Sao Sebastian* in pri *Cabo Frio* v bližini *Rio de Janeiro*, v okviru evropskega projekta raziskav vpliva marikulture na morsko okolje pa smo analizirali razmere v bližini ribogojnice pri *Eilat* v Izraelu. Omenjene terenske raziskave in sodelovanje s tujimi raziskovalci so privedli do številnih pomembnih objav v kvalitetni znanstveni periodiki, katerih odmevnost izpričujejo tudi mnogi citati.



V južnem Jadranu s hrvaško raziskovalno ladjo *Naše more* (mednarodni projekt *CREICO*, na sliki sta *Vesna Flander Putrle* in *Janez Forte*) (Foto: arhiv MBP)

Prva jadranska odprava z raziskovalno ladjo vojne mornarice *A. Mohorovičić* po njenem prihodu iz Poljske marca 1973: strokovni vodja je bil *Jože Štirn*, takratni vodja MBP (stoji), ostali udeleženci so bili (z leve proti desni): geolog *Miran Veselič* (kot mornar med služenjem vojaškega roka), *Alenka Malej*, *Maruška Lenarčič*, *Igor Keržan* in *Peter Tušnik* (Foto: arhiv MBP)



Patricija Mozetič na krovu španske raziskovalne ladje Hesperides med transatlantsko odpravo, desno znanstveni vodja ekspedicije Carlos M. Duarte, levo vodja vzorčevalne ekipe (Foto: osebni arhiv Patricije Mozetič)

Vzorčenje meduz v Ariaškem morju, Japonska (na sliki: Alenka Malej in japonski sodelavci) (Foto: arhiv MBP)

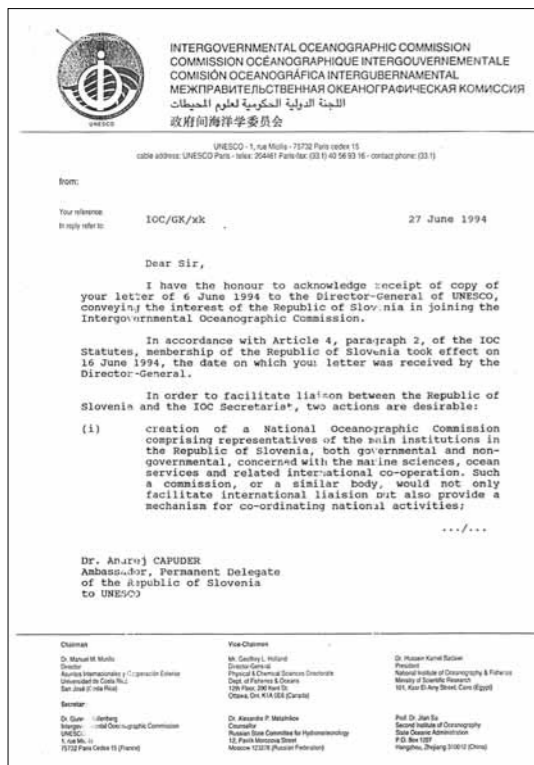


### Vključevanje v delo medvladnih in nevladnih organizacij, dvostransko in večstransko mednarodno sodelovanje

Po stockholmski konferenci o okolju l. 1972 je Generalna skupščina Združenih narodov s 27. resolucijo vzpostavila Program ZN za okolje (UNEP), ki je že čez dve leti pričel z dejavnostmi v okviru regionalnih programov za morja. Med prvimi je bil l. 1975 vzpostavljen program za Sredozemsko morje (MAP) s ciljem, da pomaga sredozemskim državam pri varovanju morskega okolja. Program je vključeval raziskave in stalno spremljanje stanja morja (monitoring) ter dejavnosti za razvoj in boljše upravljanje z obalnim prostorom in viri onesnaženja na kopnem. Sodelovanje sredozemskih obalnih držav je politično uokvirila konvencija, ki je bila sprejeta leta 1976 na zasedanju v Barceloni (Barcelonska konvencija), l. 1982 pa je bila v Atenah vzpostavljena Koordinacijska enota za MAP. MBP je bila v program, takrat še znotraj Jugoslavije, vključena od začetka. Za njen razvoj je bilo to sodelovanje zelo pomembno, saj je UNEP/MAP zagotavljal finančno podporo: MBP je dobila raziskovalno opremo (plinski kromatograf, atomski absorpcijski spektrometer, spektrofotometer, sistemi za filtracijo ...), razne kemikalije in drug laboratorijski material, kar je bilo takrat težko zagotoviti zaradi pomanjkanja deviz v Jugoslaviji. Med raziskovalnimi projekti MBP, ki jih je financiral UNEP/MAP, so bili raziskave vplivov onesnaževal na morske združbe, študij evtrofikacije in cvetenja planktona, raziskave meduz. Finančna podpora je bila vseskozi zagotovljena programu monitoringa onesnaženja Sredozemskega morja (*Mediterranean Marine Pollution Monitoring and Research Programme – MED POL*), ki je bil usklajen s koordinacijsko enoto MAP-a v Atenah. MED POL-ovi fazi I in II sta potekali še v okviru jugoslovanskega programa. Raziskovalci so bili vključeni v sredozemsko mrežo z ostalimi sodelujočimi institucijami, UNEP/MAP je finančno podpiral tudi vzdrževanje opreme, usposabljanje raziskovalcev, sodelovanje pri interkalibracijskih vajah in udeležbo raziskovalcev na mednarodnih konferencah.

V obdobju 1991–1992 smo si na MBP aktivno prizadevali za pristop Slovenije k Barcelonski konvenciji in večkrat posredovali pri koordinacijski enoti v Atenah. V tem procesu je veliko pomagal Ljubomir Jeftić, tedanji koordinatorski MAP-a. Septembra 1993 je Slovenija tudi uradno pristopila k Barcelonski konvenciji in novembra 1993 je takratni minister za okolje in prostor imenoval posameznike in institucije, ki so postali slovenska središčna mesta (*Focal Points*) za posamezne dejavnosti MAP-a. Na MBP je bil sedež programa





Dopis generalnega sekretarja IOC-UNESCO s potrditvijo MBP kot akcijskega naslova slovenskega nacionalnega odbora

MED POL, nov nacionalni program monitoringa, ki smo ga pripravili v okviru projekta PHARE, je bil usklajen s Koordinacijsko enoto MAP-a v Atenah.

Predstavniki MBP smo do osamosvojitve sodelovali tudi pri delu jugoslovanskega odbora za IOC, ki od ustanovitve l. 1960 deluje kot funkcionalno avtonomna enota pod okriljem UNESCO. Na pobudo MBP in Slovenskega urada za UNESCO se je Slovenija leta 1994 vključila v delovanje IOC kot članica. V skladu s statutom IOC je bil takrat ustanovljen nacionalni odbor in na sedež IOC v Pariz je bil posredovan akcijski naslov (Morska biološka postaja Piran, Fornace 41). MBP zastopa Slovenijo tudi v Medvladnem odboru za škodljiva cvetenja alg.

Projekti, ki sta jih financirala UNEP/MAP in IOC do leta 2000, so bili že predstavljeni, kasneje je raziskave ekološkega statusa in biodiverzitete podprl Center MAP za zaščiteni morska območja. V letih 2001–2003 je MBP sodelovala tudi pri projektu raziskav za opredelitev populacijskih enot ekonomsko pomembnih organizmov s pomočjo genetskih analiz, ki ga je financiral FAO.

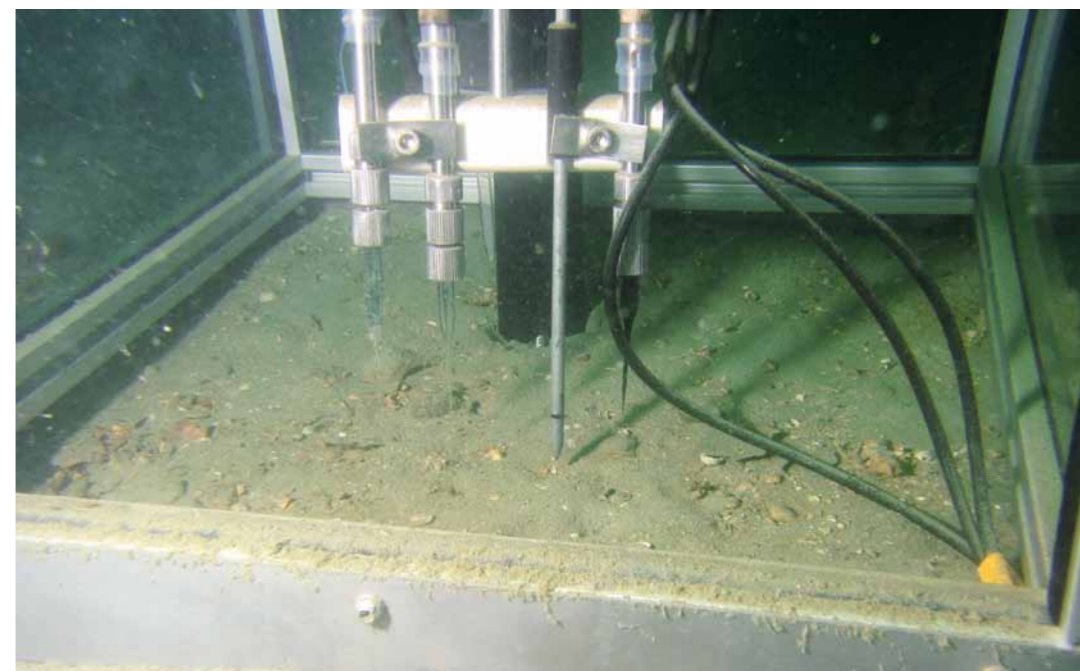
Na našo pobudo se je Slovenija vključila tudi v delo Sredozemske komisije za raziskovanje morja (*Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Méditerranée* – CIESM). CIESM je ena najstarejših medvladnih znanstvenih organizacij na svetu in letos (2019) praznuje stoletnico delovanja. Na ustanovitvenem sestanku je sodelovalo sedem držav, danes pa ima triindvajset članic, med katerimi je od l. 1992 tudi Slovenija. Slovenski raziskovalci so v različnih znanstvenih odborih CIESM-a aktivno sodelovali tudi pred uradno pridružitvijo naše države, od l. 1992 pa ima Slovenija predstavnika v CIESM-ovem upravnem odboru.

MBP je bila leta 1994 povabljen, naj se pridruži evropski mreži morskih postaj (*The European Network of Marine Stations* – MARS), katere članica je še danes. MARS podpira in povezuje delovanje morskih raziskovalnih postaj v Evropi in je povezana s svetovnim združenjem morskih postaj (*The World Association of Marine Stations* – WAMS). L. 2003 je bil, s sedežem na MBP, vzpostavljen operativni center nevladnega Mednarodnega inštituta za oceane (*International Ocean Institute* – IOI), katere ustanoviteljica je bila Elisabeth Mann Borgese. Pobudnik vzpostavitve operativnega centra v Sloveniji je bil Anton Vratuša, ki je veliko sodeloval z ustanoviteljico IOI. Tudi danes MBP sodeluje v več združenjih in projektno organiziranih raziskovalnih in strokovnih mrežah (*European Marine Research Network* – EuroMarine, *European Marine Observation and Data Network* – EmodNet, *European Global Ocean Observing System* – EuroGOOS, LifeWatch).

Z osamosvojitvijo Slovenije se je raziskovalcem MBP ponudila priložnost za sodelovanje z raziskovalci iz različnih držav v okviru dvostranskih projektov. Od l. 1993 so raziskovalci MBP izvajali dvostranske projekte, skupno jih je bilo več kot 30, s kolegi iz 12 držav: Argentine, Avstrije, Brazilije, Črne gore, Francije, Hrvaške, Italije, Izraela, Japonske, Rusije, Velike Britanije in ZDA.

Zagotovo pa je bilo za raziskovalni razcvet MBP v zadnjih dveh desetletjih najpomembnejše sodelovanje v projektih, ki jih je prek različnih mehanizmov finančno podprla Evropska skupnost. Prvi projekt (1986–1989) smo na MBP pridobili še v okviru sporazuma o znanstveno-tehnološkem sodelovanju, ki ga je imela Jugoslavija z Evropsko skupnostjo; raziskovali smo vzroke in posledice pomanjkanja kisika v sloju morja pri dnu. Leta 1994 je bila MBP pridružena partnerica evropskega projekta v okviru mehanizma PECO (*Pays d'Europe Centrale et Orientale*), ki je članicam EU omogočil, da so k skupnim raziskavam pritegnile tudi nečlanice. Projekt o produkciji in akumulaciji organske snovi v morju (PALOMA) je koordiniral francoski raziskovalec Gustave Cauwet, na MBP pa smo v sodelovanju s tujimi partnerji izvedli več laboratorijskih in terenskih poskusov. Od 5. Okvirnega programa EU do sedanjega programa Obzorje 2020 pa Slovenija pri raziskovalnih projektih sodeluje kot polnopravna partnerica, kar se odraža tudi v številnih projektih, ki jih je pridobila MBP. Projektne raziskave so vključevale mnoge teme, ki so bile za Slovenijo še posebej zanimive:

Raziskave vpliva pomanjkanja kisika v osrednjem delu Tržaškega zaliva (Foto: arhiv MBP)





Raziskave različnih vrst želatinoznega planktona so potekale v okviru več dvostranskih in evropskih projektov (na sliki Valentina Turk). (Foto: Tihomir Makovec)

o učinkih marikulture na morsko okolje in možnostih za zmanjšanje vplivov, več projektov je bilo osredotočenih na različne vidike biotske pestrosti v morju, na razvoj operativne oceanografije in zagotavljanje podatkov o osnovnih značilnostih morja, na razvoj senzorjev in metodologij za spremljanje stanja morja. Poleg projektov v okviru evropskih programov za raziskave (Okvirni programi in Obzorje 2020) je bila MBP uspešna tudi pri pridobivanju projektov preko nekaterih drugih finančnih instrumentov EU, kot so regionalni in čezmejni projekti, Izvajalska agencija za mala in srednja podjetja (EASME), omrežja za usposabljanje, direktorat za pomorstvo in ribištvo, program LIFE. Sodelovali smo tudi pri treh projektih evropskega programa COST in dveh projektih, namenjenih modernizaciji visokega šolstva, v okviru evropskega programa TEMPUS (*Trans-European Mobility Programme for University*).

MBP je bila v petdesetih letih obstoja uspešna pri raziskovalnih objavah. V svoji zgodovini je imela, skupaj z mladimi, zaposlenih le okoli 50 raziskovalcev. Informacijski sistem o raziskovalni dejavnosti v Sloveniji (*Slovenian Current Research Information System – SICRIS*) za raziskovalce MBP navaja krepko prek 3000 enot, med njimi več kot 600 izvirnih znanstvenih člankov in več kot 800 prispevkov na znanstvenih konferencah. Raziskovalci MBP so na področjih bioloških raziskav, vodarstva in varstva okolja med najuspešnejšimi slovenskimi raziskovalci po različnih kriterijih.

Poleg znanstvenoraziskovalnega dela so raziskovalci MBP vložili veliko energije tudi v uporabne raziskave in pripravili številna strokovna mnenja, predvsem glede kakovosti morja in vplivov

različnih človekovih dejavnosti na morsko okolje. Znanje, pridobljeno v okviru nacionalnih in mednarodnih temeljnih in uporabnih raziskav, omogoča kompetentno vrednotenje različnih posegov v morsko okolje. Navajam le nekaj večjih nalog: študije ekologije morja za opredelitev pogojev za izgradnjo izolske marine (1976), ocena posledic predvidene industrijske proizvodnje morske soli (1978), več študij za načrtovanje lokacije in nato spremljanje stanja podmorskega izpusta odplak v Piranu (1974–1990) in več študij za reševanje problematike komunalnih odplak v Koprskem zalivu (1976–1986), ekološko-oceanografska študija pogojev terminala za utekočinjeni plin (1981), vplivi in posledice izlivov nafte na ekologijo in izkoriščanje morja (1984), mnenje in smernice za ureditev platoja pod korenem Seča-Portorož (1984), študije za potrebe dolgoročnih planov občin Izola, Koper in Piran (1985), opredelitev namembnosti naravnega prostora v Strunjanu za potrebe marikulture, ureditev čelnih nasipov na solinah (1991). Zaradi kratke obale in majhne površine je varovanje morja v samostojni Sloveniji postalo še pomembnejše. MBP je s študijami podajala pomembne usmeritve za varstvo morja in priobalnega pasu, npr. za razvojni projekt občine Koper 2020 (1994), analizirali smo tudi vpliv obalne ceste na morje med Kopro in Izolo (1994). Kasneje so bile pripravljene še mnoge okoljske študije za potrebe Luke Koper, študije o cirkulaciji in okoljskih razmerah v Koprskem zalivu, ocena sprejemljivosti vpliva plinskega terminala v odprtih vodah

Mednarodni simpozij mikrobne ekologije (SAME11), ki ga je MBP organizirala ob svoji štiridesetletnici, plenarni predavatelj Farooq Azam (Foto: arhiv MBP)



Tržaškega zaliva in v Žavljah, kartiranje habitatnih tipov in organizmov na mnogih odsekih slovenske obale. Poleg teh nalog ima MBP od leta 2004 tudi pomembno vlogo pri implementaciji evropskih direktiv, predvsem Vodne direktive in Okvirne direktive o morskimi strategiji.

Delo MBP ne nazadnje zagotavlja sprotne in objektivne podatke o različnih naravnih in drugih pojavih v morju ter o ekoloških spremembah. Z različnimi tipali opremljena oceanografska postaja, ki je zasidrana dobro miljo od obale, pa prek spletne strani že skoraj dve desetletji omogoča vpogled v trenutno stanje morja.

### Organizacija konferenc in drugih mednarodnih srečanj

MBP se je dokazala tudi z uspešno organizacijo mnogih mednarodnih srečanj in konferenc, predstavila bom le nekaj najodmevnejših.

Že l. 1973 (26.–30. 9. 1973) je 6. mednarodni simpozij o medicinski oceanografiji pritegnil preko 150 udeležencev iz 26 držav. Častni predsednik je bil Nobelov nagrajenec za fiziologijo oz. medicino iz leta 1965 André Lwoff, simpoziju je predsedoval Maurice Aubert, direktor CERBOM-a (*Centre d'Études et de Recherches de Biologie et d'Océanographie Médicale*, Nica), generalni sekretar in

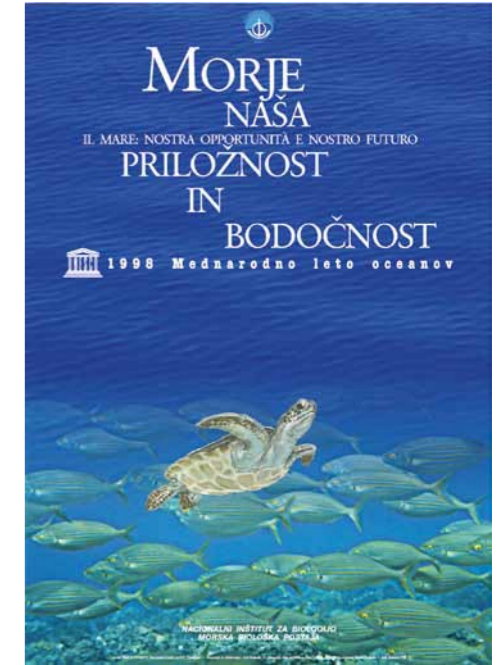
Udeleženci mednarodne delavnice »Severni Jadran – Chesapeake Bay«, ki je potekala maja 1995 v Piranu in Rovinju (Foto: arhiv MBP)



lokalni organizator pa je bil Jože Štirn. Teme simpozija so bile: stanje onesnaženja v Sredozemskem morju, prenos onesnaževal v morskih ekosistemih, organska onesnaževala in eutrofikacija, biološko ravnovesje v morju. Slovenske prispevke so predstavili Ivka Munda, Igor Keržan in Jože Štirn. Slednji je prikazal obširne rezultate interdisciplinarnih študij o onesnaženju Jadranskega morja (*Pollution Problems of the Adriatic Sea: An Interdisciplinary Approach*), prispevek pa je bil objavljen v *Revue Internationale d'Océanographie Médicale*.

Problemato vnosov hranil in njihovih posledic za morje so obravnavali tudi udeleženci mednarodne konference »Trends in Land-Use, Water Quality and Fisheries: A Comparison of the Northern Adriatic Sea and the Chesapeake Bay«. Konferenca je potekala od 14. do 19. 5. 1995 v Piranu in Rovinju, finančno pa jo je podprl ameriški State Department. Udeleženci iz Slovenije, Hrvaške, Italije, Avstrije in ZDA so s primerjavo dveh morskih sistemov, severnega Jadrana in zaliva Chesapeake ob vzhodni obali ZDA, analizirali vire, poti in učinke hranil, opredelili prioritete raziskave in pripravili smernice za spremljanje oz. izboljšanje kakovosti morja. Dotedanja spoznanja in rezultate razprav so udeleženci strnili v dvanajstih poglavjih knjige *Ecosystems at the Land-Sea Margin: Drainage Basin to Coastal Sea*, ki je izšla 1999 pri znanem ameriškem založniku znanstvenih knjig American Geophysical Union, Washington. Sourednica knjige je bila tudi organizatorica konference v Piranu Alenka Malej. Na osnovi zaključkov konference je bilo pripravljeno še več tematskih srečanj (*Coastal Adriatic Observing System – CAOS in Cooperative Research on Ecological Interactions in the Coastal Oceans – CREICO*), vzpostavljeni so bili sodelovanje med ameriški in jadranskimi znanstveniki ter večletna skupna opazovanja in raziskave z različnimi tematikami (prekomerno sluzenje morja, želatinozni plankton, oceanografske značilnosti in njihov vpliv na izbrane pelaške ribe).

Poseben izziv je bila za sodelavce MBP soorganizacija elektronske konference »The Southern and Eastern Mediterranean Sea and the Black Sea: New Challenges for Marine Biodiversity Research and Monitoring« med 6. in 24. 9. 2004. Pripravljena je bila s finančno podporo evropskega projekta MARBENA, koordinatorica projekta (VLIZ Oostende, Belgija) pa je gostila spletno stran. Poleg MBP sta konferenco soorganizirala še mednarodni center IMC (*International Marine Centre*) iz Oristana v Italiji in Oceanološki inštitut iz Varne v Bolgariji, predsedovali pa so ji Paolo Magni, Alenka Malej in Snejana Moncheva. Konferenca je potekala v treh sekcijah, dve sta bili posvečeni ločenim temam za Sredozemsko in



Ob razglasitvi IOC-UNESCO Mednarodnega leta oceanov leta 1998 je MBP organizirala različne dejavnosti v okviru programa »Morje – naša priložnost in bodočnost« (Foto: arhiv MBP)



Predsednik vlade Janez Drnovšek je na svetovni razstavi EXPO'98 z naslovom »Oceani – dediščina prihodnosti« maja 1998 v Lizboni podpisal Listino o oceanih. (Foto: Valentina Turk)

Črno morje, zaključna pa je bila skupna za obe morji. Teme konference so bile: vpliv podnebnih sprememb in bioinvazij na morsko biodiverzitetu, vloga plenilcev, globokomorska in mikrobna biodiverzitetu, vpliv človeka, spremljanje, indikatorji in ohranjanje biodiverzitetu ter regionalno in drugo mednarodno sodelovanje. Posamezne sekcije in teme so z uvodnimi sporočili odprli povabljeni raziskovalci (z MBP Lovrenc Lipej), ki so pripravili tudi končne povzetke razprav. Registrirani udeleženci (skupno 1250 iz 46 držav) so svoje prispevke lahko posredovali v angleščini in francoščini, dodatno pa smo zagotovili še prevod dnevnih povzetrov razprav v arabščino. V času trajanja elektronske konference je imela njena spletna stran 41.723 zadetkov.

Leta 2009 je MBP praznovala štiridesetletnico delovanja in v njeno počastitev je med drugimi dogodki organizirala odmevno mednarodno konferenco, katere častni pokrovitelj je bil tedanji predsednik države Danilo Türk. 11. mednarodni simpozij mikrobne ekologije (*Symposium on Aquatic Microbial Ecology – SAME11*) je potekal med 30. 8. in 4. 9. 2009, predsednica organizacijskega odbora je bila Valentina Turk, na konferenci pa je sodelovalo 210 raziskovalcev iz 30 držav. Udeleženci konference so s petindesetimi predavanji in osemindesetimi posterji predstavili rezultate svojih raziskav v okviru sedmih tem. Izbrani prispevki so bili natisnjeni v mednarodni reviji *Aquatic Microbial Ecology*.

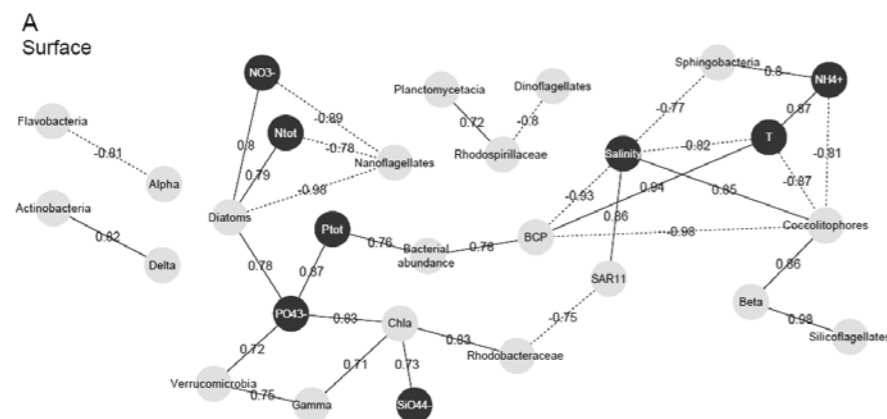
Evropski raziskovalci morja se srečujejo na rednih letnih konferencah že več kot pet desetletij. Serijo letnih simpozijev je 1966 začel Otto Kinne, tedanji direktor Biologische Anstalt Helgoland v Nemčiji. Od tedaj je simpozij evropske morske biologije (*European Marine Biology Symposium – EMBS*) gostoval že v dvajsetih evropskih državah, leta 2017 tudi v Sloveniji. Organizacijskemu odboru 52. EMBS (25.–29. 9. 2017) je predsedovala Andreja Ramšak, konference pa se je udeležilo 171 raziskovalcev iz 32 držav. Program simpozija je bil razdeljen na tematike: Morske simbioze, Mezofotški ekosistemi, Vizualizacija v morski biologiji, Bentoško-pelaške povezave, Morska metagenomika in Splošno, obsegal pa je devetinsedemdeset predavanj in dvaindeset posterjev. Poleg knjige povzetrov vseh predavanj in posterjev so bili izbrani prispevki, ki sta jih uredili gostujoči urednici Andreja Ramšak in Patricija Mozetič, objavljeni v reviji *Journal of the Marine Biology Association of the UK*.

Naj zaključim ta kratki pregled delovanja MBP z ugotovitvijo, da tudi priznanja za opravljeno delo niso izostala, tako od naročnikov kot od širše skupnosti. Sodelavci MBP so za svoje delo prejeli več priznanj in nagrad. Nagrado Kidričevega sklada je l. 1972 dobil



Leta 2017 je MBP organizirala 52. simpozij evropske morske biologije (EMBS52), plenarno predavanje Monike Bright. (Foto: Anja Šimon)

Jože Štirn za delo *Ecological Consequences of Marine Pollution*, leta 1989 pa Jadran Faganeli, Neda Fanuko Kovačič in Alenka Malej za raziskave s področja spremljanja stanja morja. Mednarodno priznanje »Bricola d'oro« so skupaj z raziskovalci Fakultete za pomorstvo Univerze v Ljubljani l. 1999 prejeli sodelavci MBP Oliver Bajt, Vlado Malačič in Alenka Malej, in sicer za *Studio di fattibilità sul traffico marittimo*. Nacionalno priznanje Ambasador znanosti za dosežke, s katerimi se utrjuje in razvija identiteta Slovencev, je leta 2000 dobila Alenka Malej. Priznanje Pro Natura je leta 2001 prejela Patricija Mozetič, priznanje Zlati legat pa Lovrenc Lipej in Tihomir Makovec (1998). Ana Rotter je bila l. 2011 dobitnica nagradne štipendije programa UNESCO – L'Oreal »Za ženske v znanosti«, Lovrenc Lipej pa je l. 2013 prejel bronasto plaketo Slovenske potapljaške zveze za delo na področju raziskovalne dejavnosti. Trije sodelavci MBP so dobili veliko nagrado Miroslava Zeia: 2011 Alenka Malej, 2012 Jože Štirn in 2014 Jadran Faganeli. Za najboljšo doktorsko delo na NIB sta priznanje dobila dva raziskovalca MBP: l. 2012 Tjaša Kogovšek in l. 2017 Martin Vodopivec. Mateja Grego je prejela priznanje mednarodnega združenja meiofavnologov za najboljšo predstavitev na 13. Mednarodni konferenci leta 2007. Raziskovalci MBP so bili dobitniki več priznanj za znanstvene dosežke: priznanje za izjemni znanstveni dosežek za članek *Vpliv topografije na vetrno cirkulacijo v severnem Jadranu* so leta 2012 dobili Vlado Malačič s sodelavci, priznanje »Odlični v znanosti«



Asociacijske mreže, podprte z dolgoročnimi serijami podatkov, omogočajo vpogled v medsebojne povezave in spremembe znotraj mikrobne združbe. (povzeto po Tinta in sod., 2015)

pa l. 2015 Tinkara Tinta in sodelavci za članek *Vpliv antropogenih dejavnikov in podnebnih sprememb na morske mikroorganizme*. Lovrenc Lipej, soavtor članka *Vpliv dvigovanja morske gladine na nekatere ptice gnezdilke v Krajinskem parku Sečoveljske soline*, je priznanje »Odlični v znanosti« dobil l. 2017, leta 2018 pa sta ga prejeli Neli Glavaš in Nives Kovač s sodelavci za članke, ki obravnavajo raziskave mikrobne plasti petole in solinskega blata v Sečoveljskih solinah.

Več sodelavcev MBP se je izkazalo pri promociji znanosti, kar Slovenska znanstvena fundacija nagraduje s priznanjema Prometej znanosti za odličnost v komuniciranju in Komunikator znanosti. Leta 2006 sta priznanje Prometej znanosti prejela Alenka Malej in

Raziskave petole in solinskega blata v Sečoveljskih solinah (Foto: arhiv MBP)



Tihomir Makovec, leta 2011 pa Mateja Grego in Janez Forte, Alenka Malej je bila finalistka izbora komunikatorice znanosti za leto 2014. Priznanje Prometej znanosti za odličnost v komuniciranju so l. 2016 dobili Lovrenc Lipej, Martina Orlando-Bonaca, Borut Mavrič in Domen Trkov, l. 2018 pa Timotej Turk Dermastia.

Po štiridesetih letih se letos spominjamo velikega uspeha, ko so Slovenci po zelo težavni smeri priplezali na najvišji vrh na Zemlji, Mt. Everest. Pred tem dosežkom zbledijo mnogi drugi, a vendar je pomemben del našega bivanja in identitete vezan tudi na morje, ne le na gore in kopno. In zato bi morali Slovenci svojo Morsko biološko postajo Piran negovati in jo podpirati. Predstavlja namreč tudi našo odprtost v svet.

## Literatura

- Glavaš, N., C. Defarge, P. Gautret, C. Joulain, P. Penhoud, M. Motelica, N. Kovač. 2018. The structure and role of the "petola" microbial mat in sea salt production of the Sečovlje (Slovenia). *Science of the total environment*, 644: 1254–1267
- Glavaš, N., L. M. Mourelle, C. P. Gómez, J. L. Legido, N. Rogan Šmuc, M. Dolenc, N. Kovač. 2017. The mineralogical, geochemical, and thermophysical characterization of healing saline mud for use in pelotherapy. *Applied clay science*, 135: 119–128.
- Ivajnsič, D., L. Lipej, I. Škornik, M. Kaligarič. 2017. The sea level rise impact on four seashore breeding birds: the key study of Sečovlje Salina Nature Park. *Climatic change*, 140: 549–562
- Kovač, N., N. Glavaš, T. Ramšak, M. Dolenc, N. Rogan Šmuc. 2018. Metal(oid) mobility in a hypersaline salt marsh sediment (Sečovlje Salina, northern Adriatic, Slovenia). *Science of the total environment*, 644: 350–359
- Malačič, V., B. Petelin, M. Vodopivec. 2012. Topographic control of wind-driven circulation in the northern Adriatic. *Journal of geophysical research*, 117: 1–16
- Matjašič J., J. Štirn, A. Avčin, L. Kubik, T. Valentinčič, F. Velkoverh, A. Vukovič. 1975. Flora in favna Severnega Jadrana. Razprave SAZU, IV. razred, 75 str.
- Štirn J., A. Avčin, J. Cencelj, M. Dorer, S. Gomišček, S. Kveder, A. Malej. 1974. Pollution problems of the Adriatic Sea: an interdisciplinary approach. *Revue Internationale d'Océanographie Médicale*, 35–36: 21–78
- Štirn J., M. Zei. 1979. Desetletnica delovanja Morske biološke postaje (MBP) Portorož. V: Povzetki prikazanih prispevkov na srečanju Biologija danes – jutri, Ljubljana, 14.–16. 1979. VTO za biologijo Univerze E. Kardelja, 3 str.
- Tinta, T., J. Vojvoda, P. Mozetič, I. Talaber, M. Vodopivec, F. Malfatti, V. Turk. 2015. Bacterial community shift is induced by dynamic environmental parameters in a changing coastal ecosystem (northern Adriatic, northeastern Mediterranean Sea) – a 2-year time-series study. *Environmental microbiology*, 17: 3581–3596
- Zei M. 1989. Ob dvajsetletnici Morske biološke postaje. *Biološki vestnik* 37: 3–8



---

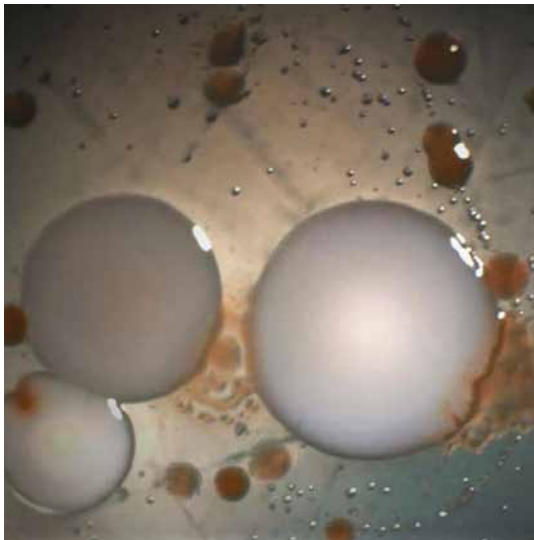
# DEJAVNOSTI MBP

---

Naš vsakdan in zanimivosti  
pri delu raziskovalcev morja

Valentina Turk  
Tinkara Tinta

## RAZNOLIK IN ZAPLETEN, PROSTEMU OČESU SKRIT SVET VELIKE MODRINE

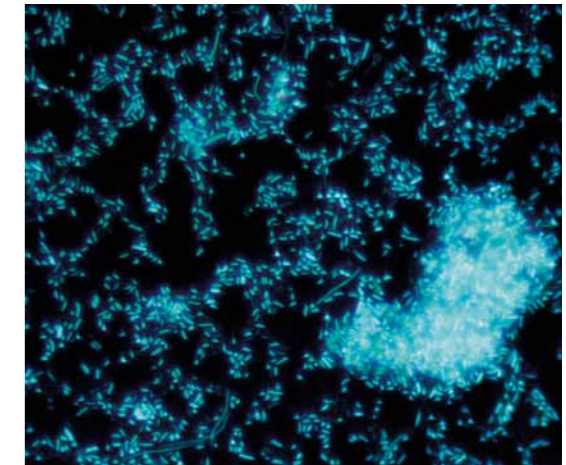
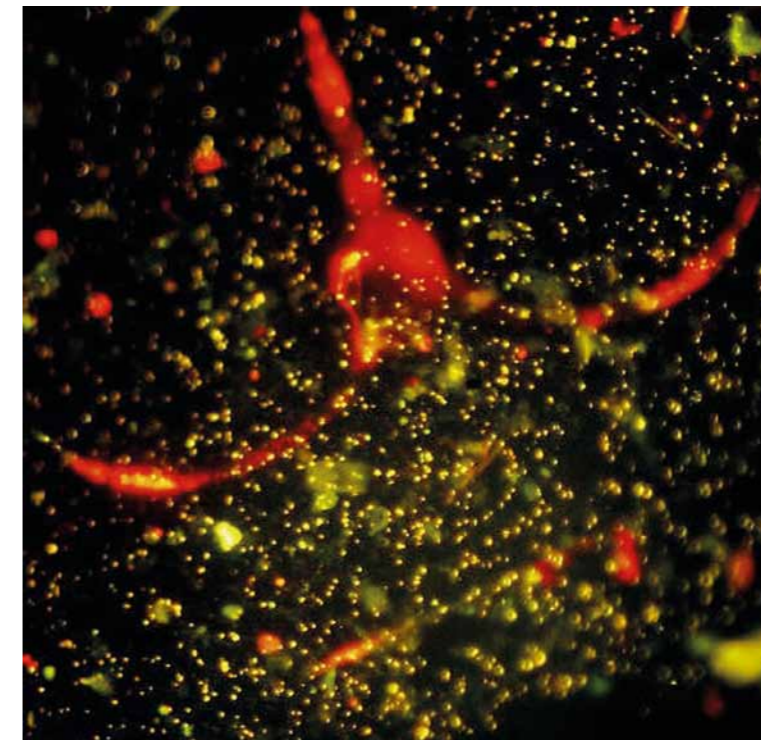


Posnetek različnih kolonij morskih bakterij  
(Foto: Valentina Turk)

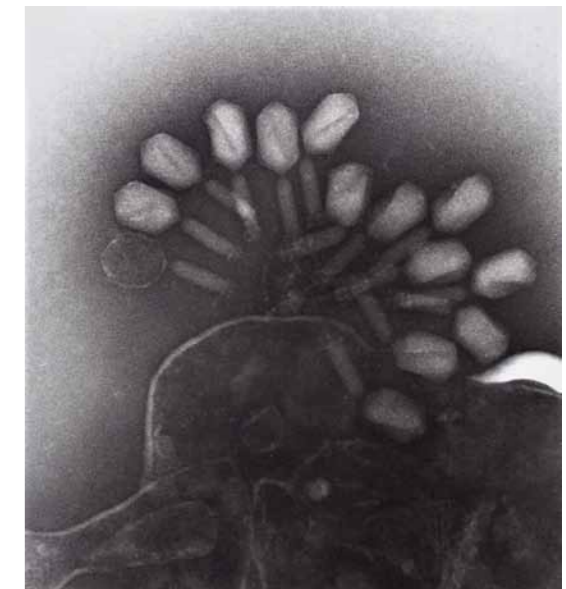
Manj kot dve tisočinki milimetra merijo v povprečju bakterije in arheje, prebivalci prostemu očesu skritega sveta morij in oceanov. Bakterije in arheje so enocelični organizmi, ki jih po videzu težko razlikujemo zaradi preprostih, največkrat okroglih ali podolgovatih paličastih oblik. Nekatere so enocelične in so prosto živeče ali se pritrjajo na podlage, organizme, anorganske in organske delce, druge tvorijo kolonije ali dolge niti. Najbolj razširjena in ta hip najmanjša morska bakterija v oceanih in morjih, *Pelagibacter ubiqua*, meri le pol mikrometra. Seveda so nekatere tudi večje, med slednjimi so na primer nitaste cianobakterije, katerih velikost presega 5  $\mu\text{m}$  in ki so pomemben gradnik trdne mikrobne preproge na dnu naših solinskih bazenov – petole. Bakterije so, kljub svoji preprosti zgradbi, najbolj številčni in najbolj produktivni organizmi v oceanih in v našem morju. Mililiter našega morja vsebuje v povprečju kar milijon bakterij. Njihovo število se sicer spreminja z letnimi časi od nekaj sto tisoč pa do dveh milijonov celic na mililiter, kar je odvisno predvsem od temperature, slanosti in količine hranilnih snovi, smrtnosti zaradi okužbe z virusi in plenilcev. Pozimi in zgodaj spomladi je število bakterij nizko in nato narašča do najvišjih vrednosti sredi oktobra. Poleg števila se v različnih mesecih spreminja tudi vrstna sestava, sezonsko in medletno pa se spreminja tudi hitrost rasti. V optimalnih pogojih že v nekaj urah podvojijo svojo biomaso in tvorijo velike populacije. V Tržaškem zalivu je število bakterij višje v površinskih slojih in naraste v območjih, obremenjenih z organskimi in anorganskimi hranili, kot so izlivno območje reke Rižane ter okolice izpustov komunalnih odpadkov. Primerjava rezultatov v dveh dolgoročnih obdobjih spremljanja,

1985–1996 in 2006–2016, kaže na spremembe števila bakterij med obdobjema. Od leta 2009 dalje opazujemo zmanjševanje števila bakterij na vseh globinah, kar je v skladu z drugimi raziskavami, ki kažejo na zmanjševanje produktivnosti (oligotrofikacijo) severnega Jadrana.

Čeprav so bakterije in arheje po svojem videzu preproste in med seboj navidezno podobne, so v primerjavi z višjimi organizmi skozi evolucijo razvile specifične sposobnosti presnove in koriščenja različnih hranil za rast in razvoj. Razvile so receptorje za zaznavanje svetlobe, temperature, koncentracij kisika, ogljikovega dioksida in hranilnih snovi ter mehanizme za uravnavanje plovnosti v vodnem stolpu, kot so plinske vakuole, ali magnetosome za orientacijo v globinah. Poznani so tudi mehanizmi komunikacije s pomočjo kemičnih spojin, ki omogočajo bakterijam, da si v združbah delijo delo. V okoljih z nizkimi koncentracijami hranil prevladujejo bakterije, ki imajo bičke in dobro razvito kemotakso (gibanje organizma glede na smer koncentracijskega gradienta določene spojine), da zaznajo in naselijo različne hranilno bogate niše. V svoje mikro okolje izločajo hidrolitične encime, s katerimi učinkovito razgrajujejo organske polimere ali organske delce, ki se kopičijo zaradi izločanja in odmiranja morskih organizmov. Poleg fotosinteze in aerobnega dihanja so bakterije in arheje razvile številne

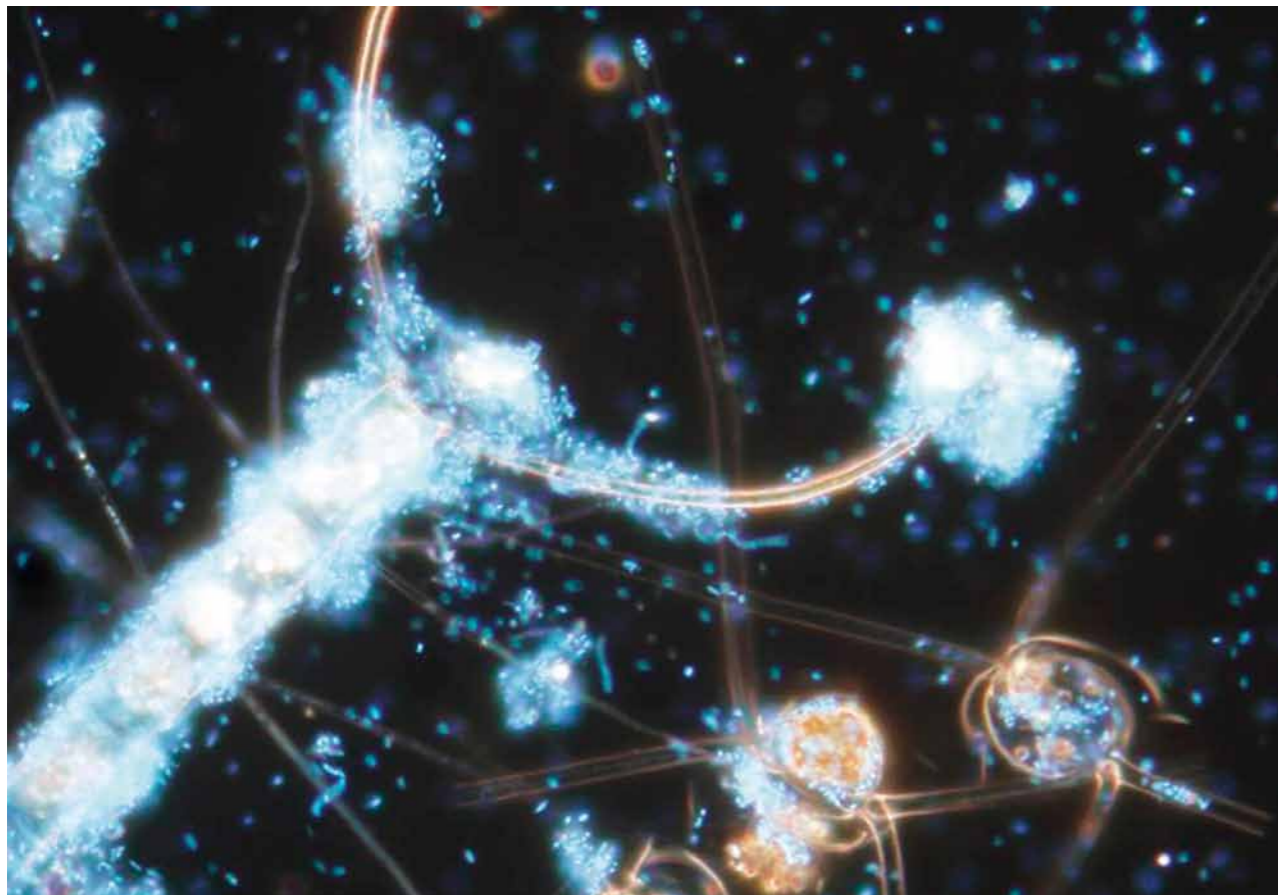


V mililitru morske vode lahko preštejemo milijon bakterij. (Foto: Valentina Turk)



Elektronski posnetek številnih virusov, pritrjenih na bakterijsko celico. (Foto: Mateja Poljšak-Prijatelj)

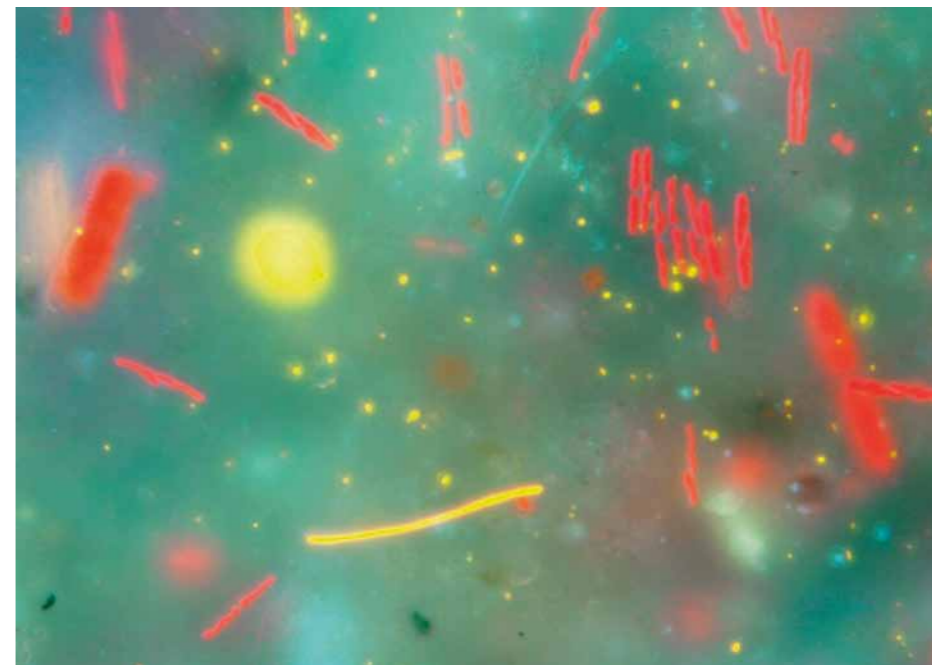
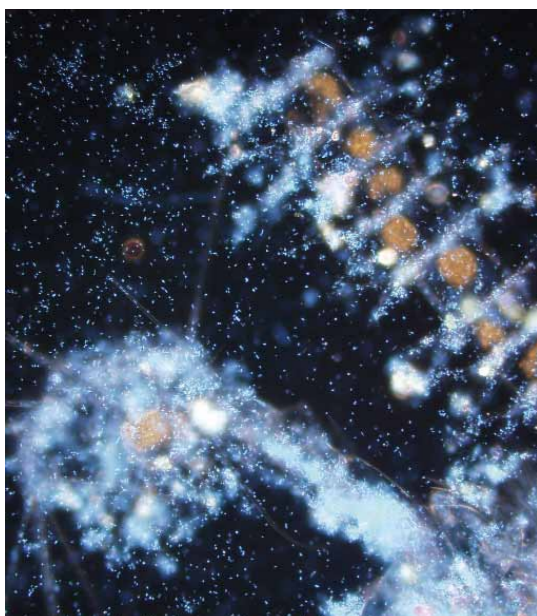
Cianobakterije (oranžno obarvane celice) so, tako kot večje enocelične evkariotske alge (rdeče obarvane celice), pomembni primarni producenti in tvorci kisika v atmosferi ter pomemben člen v prehranski verigi. (Foto: Valentina Turk)



Planktonske organizme naseljujejo različne bakterije. (Foto: Valentina Turk)

metabolne poti, ki vplivajo na biogeokemijsko kroženje in imajo pomembno vlogo pri globalnih ciklih ogljika, dušika, fosforja, žvepla in kisika ter vseh drugih elementov. Raznovernost vseh teh procesov smo mikrobiologi sprva proučevali samo na nivoju celotne združbe, vpeljava tehnik in metod naslednje generacije sekvenciranja pa omogoča razumevanje procesov na nivoju posameznih populacij ali celice.

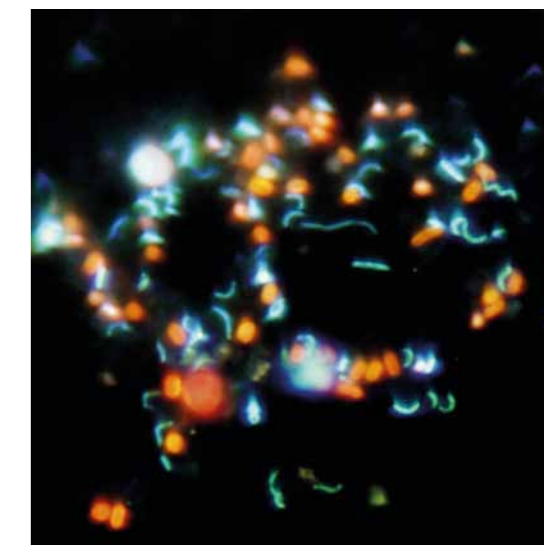
Prve bakteriološke analize smo na MBP začeli izvajati v osemdesetih letih 20. stoletja in so bile namenjene spremljanju fekalnega onesnaženja in evtrofikacije v obalnem morju. Program, ki se v nekoliko spremenjeni obliki izvaja še danes vzdolž celotne slovenske obale, zagotavlja pomembno bazo mikrobioloških podatkov za določanje trenutnega ali dolgoročnega ekološkega stanja obalnega morja. Že sredi osemdesetih let smo pričeli uporabljati nove metode določanja števila in rasti bakterijskih populacij, ki so sprožile pravo revolucijo v morski ekologiji. Vloga morskih mikroorganizmov je bila namreč pred tem podcenjena in v modelih pretoka ogljika v pelaškem prehranjevalnem spletu večinoma prezrta.



Združbe mikroorganizmov na delcih organske snovi (Foto: Valentina Turk)

Uporaba različnih sodobnih metod mikroskopije ali metod avtomatskega štetja celic je potrdila, da lahko gojimo manj kot 10 % bakterij in da je število metabolno aktivnih celic v resnici veliko večje. Sodelovanje bakterij in drugih mikrobov (arhej, gliv, heterotrofnih protistov, enoceličnih alg in virusov) pri kroženju energije in biološko pomembnih elementov v morskem okolju danes imenujemo mikrobna zanka. Mikrobna zanka predstavlja krogotok prenosa energije in hranil od raztopljenih in suspendiranih organskih snovi do avtotrofnih in heterotrofnih bakterij, arhej ter preko heterotrofnih enoceličarjev ali protistov (npr. migetalkarjev) na višje trofične nivoje. Zaradi recikliranja hranil so bakterije primarni člen za pretok energije, ogljika, dušika in vseh ostalih elementov. Spremembe v njihovem delovanju lahko povzročijo spremembe v ekosistemu, vplivajo na podnebje, na zdravje oceanov in morij ter posledično na zdravje ljudi.

Dosedanje študije raznolikosti mikrobne populacije so pokazale, da je sestava mikrobne združbe v Tržaškem zalivu podobna sestavi v različnih obalnih morskih ekosistemih drugod po svetu. Na strukturo združbe v zgornjih slojih morja vplivajo predvsem količina in kakovost hranil, ki jih prinašajo reke in odpadne vode, ter količina fitoplanktona ali drugih planktonskih organizmov. Z rekami prihajajo v morje tudi bakterije, značilne za sladke vode, z odpadnimi vodami pa človeku in predvsem morskim organizmom nevarne patogene bakterije in virusi. Med avtotrofnimi bakterijami





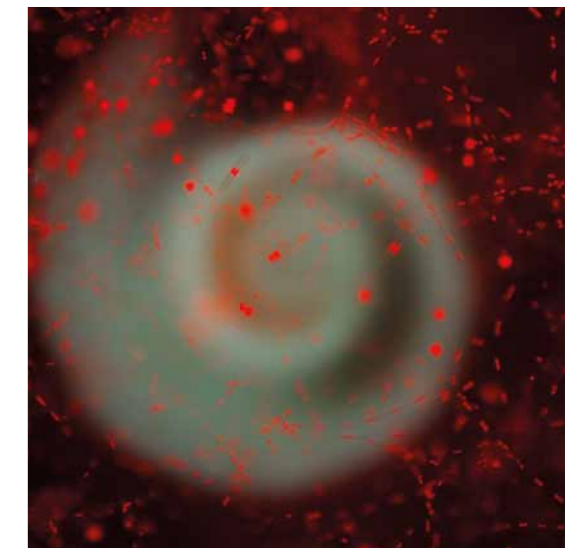
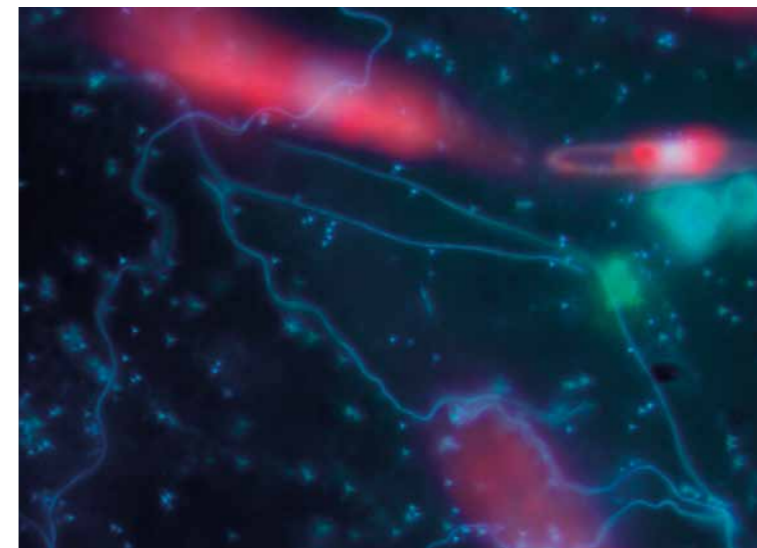
prevladujejo enocelične cianobakterije, ki so pomemben člen v prehranski verigi, zlasti v oligotrofnih okoljih. Vsebujejo fotosintezna barvila, ki učinkovito vpijajo svetlobo različnih valovnih dolžin in lahko naseljujejo večje globine, kar pojasnjuje njihovo konkurenčno prednost pred večjimi evkariontskimi avtotrofi. Povečana številčnost različnih vrst fitoplanktona vpliva na porast t. i. gamaproteobakterij (*Alteromonadaceae*, SAR86 in *Vibrionaceae*) in povzroči spremembo združbe alfa-proteobakterij tako, da prevladujejo SAR11 nadomestijo predstavniki iz družine *Rhodobacteraceae*. Sestava združbe v sloju nad morskim dnom je bolj raznolika in pod vplivom resuspenzije sedimenta. V tem sloju imajo, med drugimi, pomembno vlogo tudi nekatere bakterije, ki sodelujejo v procesih metilacije in demetilacije živega srebra ali nitrifikacije. Več kot stoletje je veljalo prepričanje, da oksidacijo amonijevega iona opravljajo samo nekatere bakterije, nove metode molekularne biologije pa so pokazale, da v procesih sodelujejo tudi arheje. Njihovo prisotnost smo potrdili tudi v naših vzorcih in izolirali dve novi vrsti arhej, poimenovani *Nitrosopumilus adriaticus* in *Nitrosopumilus piranensis*, ki se filogenetsko uvrščata v rod *Nitrosopumilus* (*Thaumarchaeae*).

Združbe mikroorganizmov v vzorcih morske vode  
(Foto: Valentina Turk)

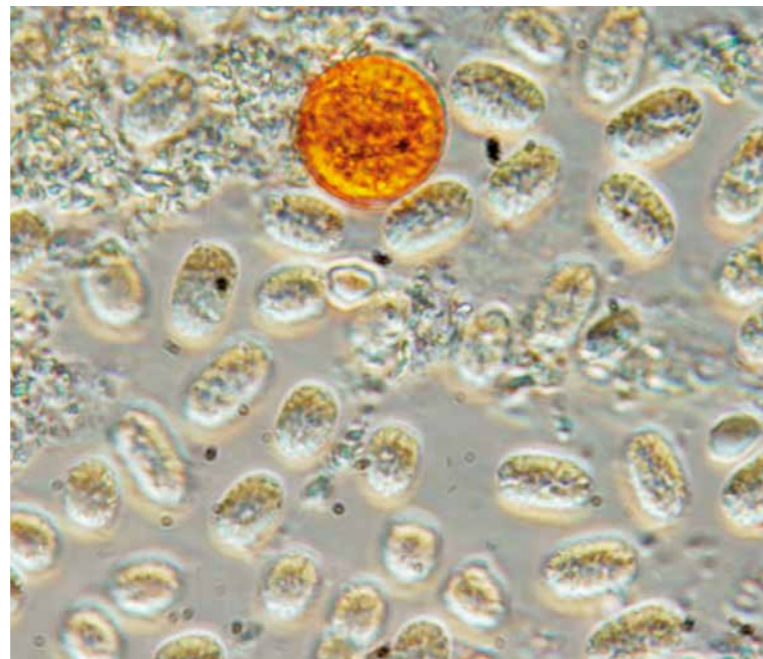


Bakteriološke raziskave predstavljajo pomemben del interdisciplinarnih proučevanj vzrokov in posledic nekaterih izjemnih pojavov, značilnih za naše morje. Mednje lahko štejemo različna cvetenja in pojavljanja želatinoznega planktona ter velikih količin sluzastih makroagregatov, kar je v preteklosti vzbudilo največ pozornosti. S terenskimi in laboratorijskimi raziskavami smo v 90-ih letih 20. stoletja proučevali odziv bakterijske združbe na vnose odpadne vode in anorganskih hranil ter hitrost razgradnje organske snovi po cvetenju fitoplanktona. Za Jadransko morje je značilno pomanjkanje fosfata, kar vpliva na rast bakterijske populacije in učinkovitost encimske razgradnje ter lahko pomembno prispeva k prekomernemu kopičenju organske snovi (pojav makroagregatov oz. sluzenja morja). Čeprav so o sluzenju morja pisali lokalni časopisi že v 18. stoletju, šele mnogo kasneje pa so se s pojavom začeli ukvarjati raziskovalci, mehanizmi nastanka in posledice razgradnje makroagregatov še vedno niso povsem jasni. Razgradnja v agregat vezane organske snovi poteka s pomočjo bakterijskih ekso- in ektoencimov, kar dokazujejo povišane aktivnosti hidrolitičnih encimov. Pojav nepopolne razgradnje tako velikih količin organske snovi je verjetno pogojen s prenizko koncentracijo fosfata in dušikovih anorganskih spojin, kar imenujemo tudi »motnja v delovanju mikrobne zanke«. Sicer pa bakterije poleg fitoplanktona sodelujejo tudi pri samem nastajanju omenjenih agregatov. Sintetizirajo lahko polisaharidne ovojnice, ki omogočajo pritrjanje na delce in nastanek kompleksnih tridimenzionalnih struktur v obliki satovja, ki jih lahko opazujemo pod velikimi povečavami z elektronskim mikroskopom. Vloga takšnih tridimenzionalnih

Makro- in mikroorganizmi na površini plastike  
(Foto: Valentina Turk)



Oranžna celica alge *Dunaliella salina* in bakterije v slanici sečoveljskih solin  
(Foto: Valentina Turk)

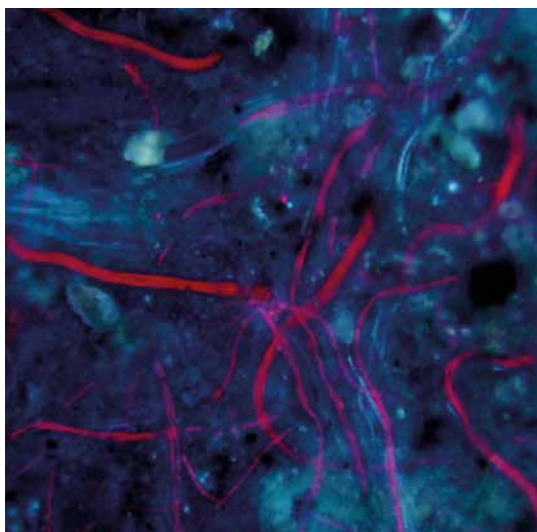


mrež ni povsem znana, predvidevamo pa, da lahko predstavljajo komunikacijsko omrežje za prenos signalov med bakterijskimi celicami, transportne poti po katerih se celice premikajo ali celo »električno omrežje« za prenos elektronov med celicami.

V zadnjih letih smo se osredotočili na spremljanje pojavljanja velikega števila različnih vrst meduz. Raziskave kažejo, da meduze, ki se redno pojavljajo v naših morjih ali so prisotne celo leto v polzaprtih morjih kot je Veliko jezero na Mljetu, zaradi načina prehranjevanja vplivajo na trofične povezave posameznih skupin organizmov v prehranjevalnem spletu in vplivajo na kakovost ekosistema. V času razgradnje meduz se beljakovinsko bogata tkiva hitro razgradijo, pri tem se sproščajo amonijevi ioni, koncentracija kisika pa se zaradi oksidativnih procesov razgradnje zmanjšuje. V obdobju odmiranja meduz in ob sami razgradnji prihaja tudi do sprememb vrstne sestave bakterioplanktona v okolni vodi.

Bakterije imajo veliko afiniteto do pritrjanja na različne površine, tudi na morske organizme. Dosedanje raziskave bakterijske združbe na površini meduz in v njihovem telesu so pokazale prisotnost raznolikih in specifičnih bakterij, ki se razlikujejo pri različnih vrstah meduz ali med posameznimi telesnimi deli meduze in so le malo podobne združbam v okolni vodi. Bogata zbirka izoliranih sevov bakterij s površin meduz kot tudi iz okolne morske vode, ki jo hranimo na MBP, predstavlja potencial uporabe bakterijskih sevov in njihovih produktov v biotehnologiji.

Nitaste cianobakterije (rdeče obarvane celice) v petoli Sečoveljskih solin  
(Foto: Valentina Turk)



Bakterije naseljujejo različne površine morskih organizmov, tudi meduz.  
(Foto: Valentina Turk)

Vse več je tudi dokazov, da podnebne spremembe povzročajo spremembe v sestavi mikrobioloških združb v oceanih in morjih. Izbruhi bolezni pri morskih organizmih postajajo številčnejši, povzročitelji pa so avtohtoni in v morsko okolje vneseni patogeni mikrobi. Smrtnost velikih razsežnosti zaradi izbruhov bolezni je prizadela številne organizme v oceanih in število novih bolezni se je v zadnjem času povečalo predvsem za skupine, kot so korale in morski sesalci. Patogeni mikrobi, ki povzročajo množično smrtnost, vplivajo tudi na spremembe v prehranjevalnem spletu in posledično na zdravje ekosistema. Zato so izjemnega pomena raziskave, ki jih v zadnjih letih namenjamo odzivu mikrobov na antropogene pritiske, predvsem na vnose mešanice onesnaževal in prenose patogenih vrst z odpadnimi ali balastnimi vodami. V preteklih dveh letih smo z novo metodo koncentracije in detekcije virusov potrdili prisotnost patogenih *rotavirusov* in *norovirusov* ne samo na viru onesnaženja, pač pa tudi na območjih kopališč in gojišč školjk. Preliminarni rezultati so pokazali, da potrebujemo nove, občutljive in hitre metode za odkrivanje patogenov v morskih okoljih ter modelske napovedi za boljše razumevanje odnosov med okoljskimi dejavniki in naravnimi populacijami patogenih mikrobov.

Mikroskopski posnetek polipa uhatega klobučnjaka (Foto: Valentina Turk)



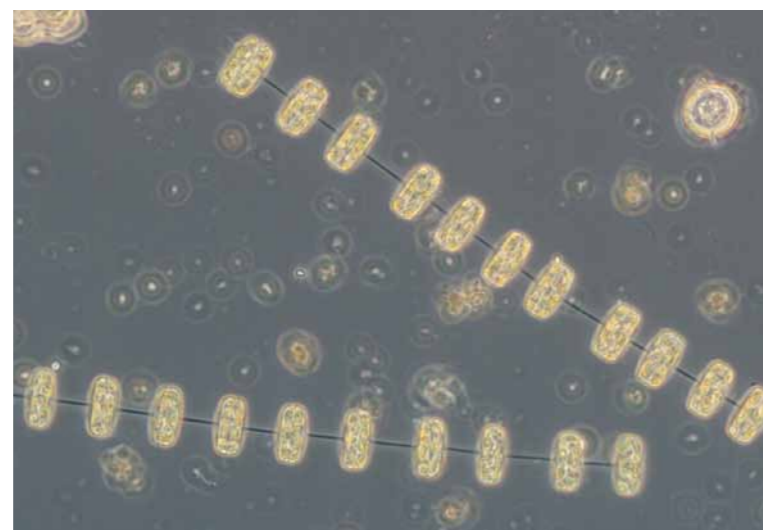
Janja Francé  
Timotej Turk Dermastia  
Patricija Mozetič

## SKRIVNOSTI FITOPLANKTONA

Beseda fitoplankton izhaja iz grških besed *phyton*, ki pomeni rastlinski, in *planktos*, ki pomeni klatež, to pa zato, ker označuje organizme, ki niso aktivni plavalci in jih naokoli raznašajo tokovi. Fitoplankton najdemo v vseh površinskih vodah, vendar je daleč najbolj pomemben v morjih in oceanih, saj ti pokrivajo okoli 70 % Zemljine površine. Sestavljajo ga mikroskopsko majhni organizmi, ki kot vir energije izkoriščajo sončno svetlobo. Med fitoplankton uvrščamo enocelične organizme iz različnih evlucijskih skupin, tako prokariotov kot evkariotov, ki nas očarajo s pestro paleto oblik, če jih le imamo priložnost pogledati pod mikroskopom.ocene o številu vrst fitoplanktona na Zemlji so zelo različne, od nekaj tisoč do nekaj deset tisoč, zagotovo pa število opisanih vrst z napredkom znanosti vseskozi narašča.



Fitoplanktonska združba pod mikroskopom  
(Foto: Janja Francé)



Ena izmed prilagoditev fitoplanktona na lebdenje v vodi: diatomeje iz rodu *Thalassiosira* so povezane v verigo (Foto: Janja Francé)



Diatomeja *Trieres mobiliensis* se zaradi izrastkov lažje obdrži v osvetljenem delu vodnega stolpa.  
(Foto: Janja Francé)

Tako kot rastline na kopnem vsebujejo tudi fitoplanktonske celice klorofil *a*, ki je univerzalno rastlinsko barvilo. Ta jim omogoča, da s pomočjo sončne energije v procesu, imenovanem fotosinteza, iz vode vežejo raztopljeni ogljikov dioksid in ga pretvorijo v organsko snov. Pri tem potrebujejo še hranilne snovi, kot so dušikove in fosforjeve soli, železo in vitamin B. Takemu načinu prehranjevanja pravimo avtotrofija. Nekatere vrste fitoplanktona lahko poleg fotosinteze dodatno energijo dobijo s prehranjevanjem z drugimi organizmi oziroma s privzemom raztopljenih organskih snovi. Takim vrstam pravimo miksotrofi. Določene vrste, ki so zelo sorodne avtotrofnim in jih uvrščamo v iste taksonomske skupine, pa nimajo klorofila *a* in se prehranjujejo samo heterotrofno.

Fitoplankton zaznamujejo predvsem prilagoditve na življenje v prosti vodi, saj stremijo k obstanku v zgornjem delu vodnega stolpa, kjer je dovolj svetlobe. Pri tem jim pomaga ugodno razmerje med površino in prostornino, ki ga mnoge vrste še izboljšajo z različnimi izrastki, razvejano obliko in s povezovanjem celic v kolonije. Obstanek v prosti vodi podaljša tudi skladiščenje snovi, lažjih od vode. To so lahko oljne kapljice ali plinske vakuole. Veliko vrst fitoplanktona se lahko tudi premika s pomočjo enega ali več bičkov.

Ostanki diatomeje v fekalnem peletu (iztrebku) zooplanktona (Foto: Janja Francé)





*Ceratocorys horrida* je redka, a zelo lepa vrsta dinoflagelata. (Foto: Petra Slavinec)



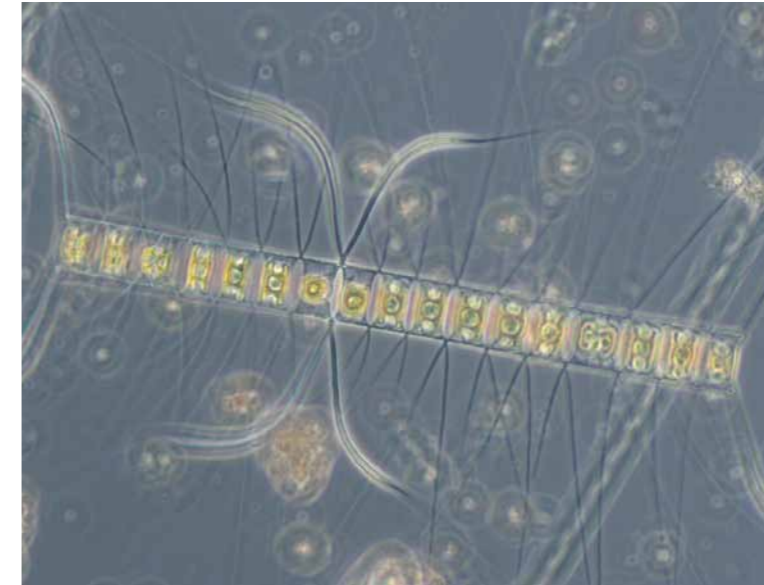
Živi celici golih dinoflagelotov (brez celulozних ploščic), vidne so oljne kapljice (Foto: Janja Francé)

Dinoflagelat *Tripos candelabrum*, obarvan s fluorescentnim barvilom, ki poudari celulozne ploščice oklepa, ki obdaja celico. (Foto: Petra Slavinec)

Fitoplankton je zelo pomemben za ravnovesje morskega ekosistema. Pri fotosintezi proizvede ogromno organske snovi, s katero se prehranjujejo živali, od mikroskopskega zooplanktona pa vse do nekaterih kitov. Tako fitoplankton predstavlja začetni člen v morskem prehranjevalnem spletu, od katerega so energetske odvisne populacije rib, nekaterih ptičev in sesalcev.

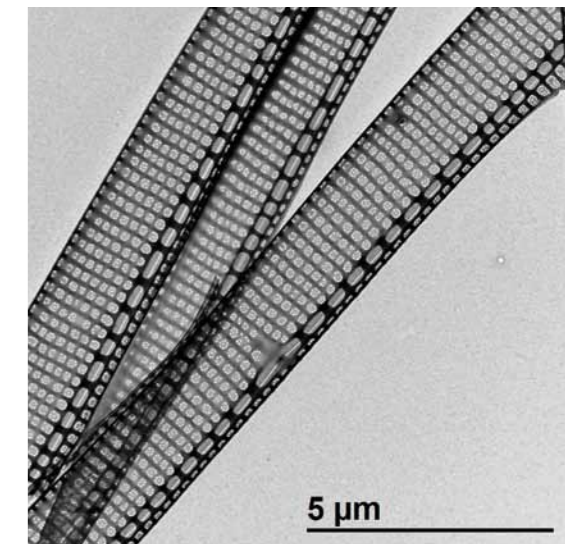
Fitoplankton prispeva v ozračje kar polovico vsega kisika, toliko kot vse kopenske rastline skupaj. Ključno vlogo ima pri kroženju ogljika. S privzemom ogljikovega dioksida, katerega del iz ozračja se raztaplja v morski vodi, poganja t. i. biološko ogljično črpalko. Del fitoplanktonske biomase pojedjo heterotrofni organizmi, del pa odmre in potone na dno. Tudi odmrli heterotrofni organizmi in skupki razgrajene organske snovi potonejo. Tako ogljik iz atmosfere preide v globoke dele oceanov, kjer je vsaj za nekaj časa izločen iz kroženja, kar pomembno prispeva k zmanjšanju koncentracije ogljikovega dioksida v ozračju.

Fitoplankton je občutljiv na spremembe v okolju zaradi različnih naravnih in človeških dejavnikov kot so onesnaževanje morja in podnebne spremembe. Če se zaradi le-teh spremeni biomasa ali sestava fitoplanktonske združbe, to lahko vpliva na koncentracijo ogljikovega dioksida v ozračju in naprej na podnebne spremembe. Poleg tega lahko spremembe pri fitoplanktonu pomembno vplivajo na prehranjevalne spletke. Na primer, manj fitoplanktona ali pa prevlada manj hranljivih vrst lahko zmanjšata številčnost rib, rakov in školjk, od katerih je odvisna človekova prehrana.

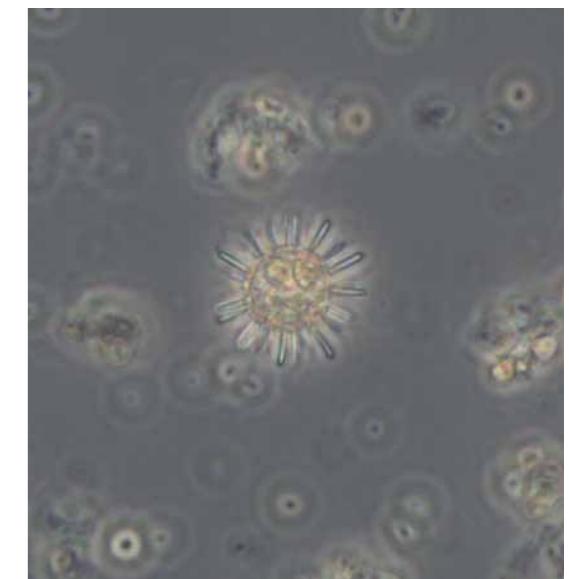


Diatomeja *Chaetoceros affinis* tvori dolge verige in se ponaša z dolgimi izrastki. (Foto: Patricija Mozetič)

Diatomeja *Pseudo-nitzschia calliantha* pod transmisijskim elektronskim mikroskopom (Foto: Timotej Turk Dermastia)



Kokolitoforida *Rhabdosphaera stylifera* je pogost predstavnik fitoplanktonske združbe. (Foto: Patricija Mozetič)



Raziskave fitoplanktona v povezavi s podnebnimi spremembami, onesnaževanjem in spremembami v prehranjevalnih spleteh so v zadnjih desetletjih vse številnejše. Študije pestrosti fitoplanktona so se začele v 18. stoletju, ko so raziskovalci proučevali diatomeje ali kremenaste alge. Tudi v Jadranskem morju so bile prve raziskave v sredini 19. stoletja usmerjene v proučevanje sestave fitoplanktonske združbe. Kasneje, ko so se raziskave usmerile v ekologijo fitoplanktona, pa je bila zibelka jadranskih študij ravno Tržaški zaliv, kjer je v začetku 20. stoletja delalo veliko raziskovalcev. Kasneje, od 70-ih let 20. stoletja dalje, ko se je zaradi prekomerne bogatitve morja s hranilnimi snovmi, predvsem zaradi gnojenja in uporabe fosfatov v pralnih sredstvih, fitoplankton pogosto zelo namnožil in obarval vodo, so se pričele vrstiti študije o njegovi povezanosti z okoljskimi dejavniki, pri čemer so raziskovalci ugotovili odločilno vlogo rečnih pritokov; v Tržaškem zalivu ima največji vpliv na dinamiko fitoplanktonske združbe pritok reke Soče.

V 80-ih letih 20. stoletja so raziskovalci MBP pričeli podrobno proučevati tudi fitoplanktonsko združbo slovenskega morja. V okviru nacionalnega monitoringa kakovosti morja že od leta 1989 poteka vzorčenje morske vode, pri katerem poleg nekaterih fizikalnih in kemičnih dejavnikov spremljamo tudi biomaso, številčnost in sestavo fitoplanktonske združbe. Ta tri desetletja dolga serija podatkov nam omogoča prepoznavanje sezonske dinamike in odkrivanje morebitnih dolgoletnih sprememb.

Številčnost in sestava fitoplanktona se v slovenskem morju zelo spreminjata, saj so razmere glede na letni čas, vreme, količino



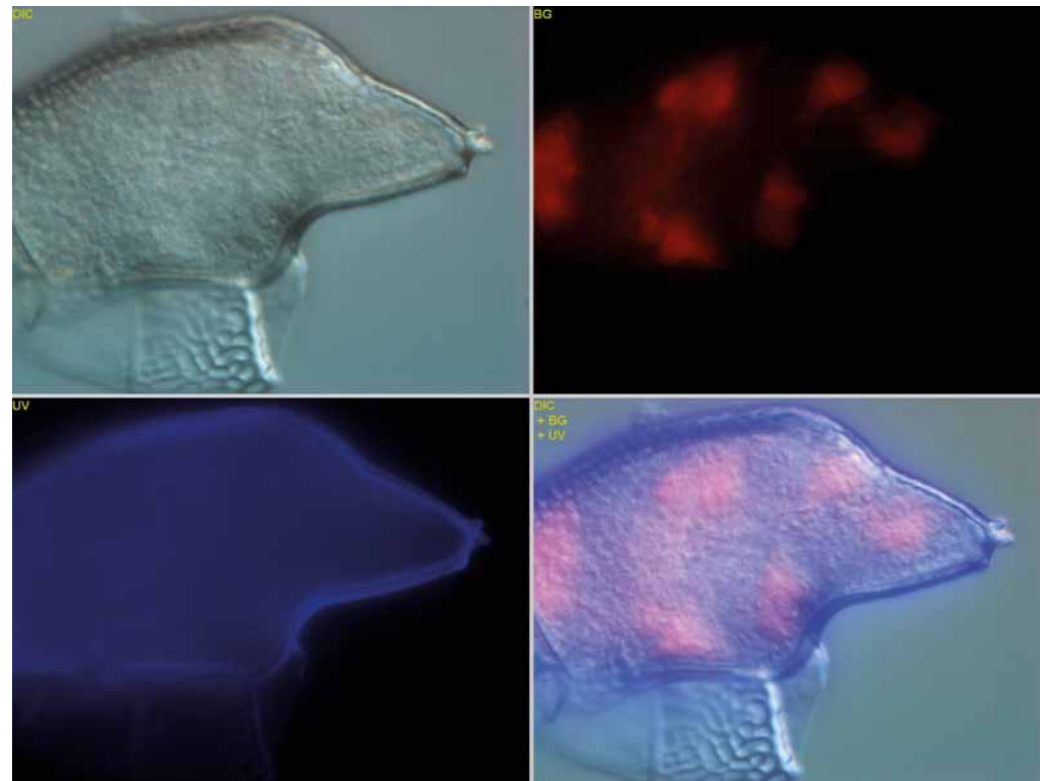
Popolna krožna oblika diatomeje iz rodu *Coccinodiscus* (Foto: Janja Francé)

rečnih vnosov in morske tokove, tako kot v mnogih drugih obalnih morjih, zelo dinamične. Najmanj številčen je fitoplankton pozimi, ko ga omejuje šibka svetloba, in pozno poleti, ko v zgornjem vodnem sloju primanjkuje hranilnih snovi. Skoraj preko celega leta so najštevilčnejša skupina v fitoplanktonu nanoflagelati; običajno je v litru morske vode nekaj 100.000 celic teh organizmov. V to raznoliko skupino uvrščamo majhne enocelične organizme (od 2 do 20  $\mu\text{m}$ ), ki lahko zaradi različnega števila bičkov aktivno plavajo.

Ko spomladi zaradi taljenja snega in dežja reke prinesejo večje količine hranilnih snovi, to najbolje izkoristijo diatomeje. Enako se zgodi jeseni, ko močnejši vetrovi premešajo vodne sloje in so padavine spet obilnejše. Diatomeje so praviloma večje (od 20 do 200 in več  $\mu\text{m}$ ), nimajo bičkov, vendar lahko bolje izkoristijo hranilne snovi in se včasih močno razbohotijo. Takrat v litru vode naštejemo tudi do nekaj milijonov celic. Njihova celična stena je iz silicija in kot nekakšna škatlica iz dveh polovic obdaja celico. Številne vrste tvorijo kolonijske življenjske oblike. V slovenskem morju smo našli že preko 80 vrst teh lepih organizmov.

Še dve skupini imata pomembno vlogo v fitoplanktonski združbi. Dinoflagelati ali oklepni bičkarji imajo dva bička in so izjemno pestrih oblik. Mnoge vrste so prekrivane s celuloznimi ploščicami, ki so

Dinoflagelat *Dinophysis caudata*, posnet pod različnimi svetlobami (Foto: Patricija Mozetič)



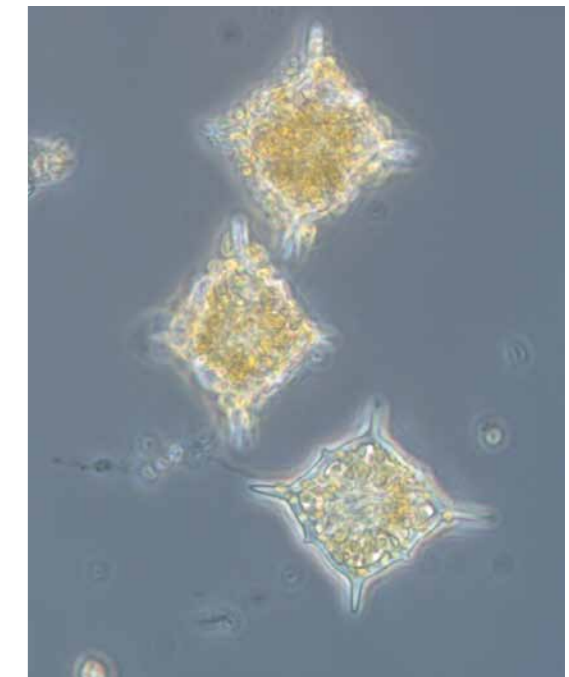
Dinoflagelat *Dinophysis tripos* med delitvijo (Foto: Janja Francé)



Predstavnica evglen iz rodu *Eutreptiella* z lepo vidnimi številnimi kloroplasti (Foto: Janja Francé)

lahko prav virtuozno ornamentirane, nekatere pa teh ploščic nimajo. V slovenskem morju smo zabeležili že okoli 100 vrst. Dinoflagelati so le redkokdaj zelo številčni, največ jih najdemo spomladi in jeseni. Kokolitoforide, ki imajo celice prekrivane s kalcitnimi ploščicami zelo različnih oblik, so najbolj številčne jeseni in pozimi. Do sedaj smo jih v slovenskem morju določili le nekaj čez deset vrst, vendar bo to število v prihodnosti z uporabo elektronskega mikroskopa nedvomno naraslo. Fossilne vrste kokolitoforid so pomemben gradnik nekaterih sedimentnih kamnin. Ker izločajo dimetil-sulfid, ki v ozračju predstavlja kondenzacijsko jedro pri tvorbi oblakov, pa so pomembne tudi pri uravnavanju podnebja.

Tri celice silikoflagelata *Dictyocha fibula*, bičkarja s silikatnim eksoskeletom (Foto: Janja Francé)



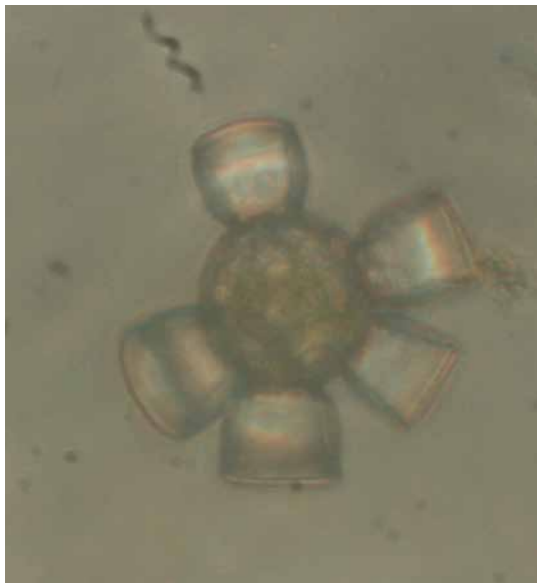
Vzorec poletne fitoplanktonske združbe v slovenskem morju (Foto: Janja Francé)



Fitoplankton je zelo dober indikator stanja morja, saj je občutljiv na spremembe v okolju, poleg tega pa ga je relativno enostavno vzorčiti, prepoznati in prešteti oziroma izmeriti njegovo biomaso. Za oceno ekološkega stanja slovenskega morja se, tako kot drugod po Evropi in svetu, uporabljajo nekatere značilnosti fitoplanktona. Že utečeno je ocenjevanje stanja z meritvami koncentracije klorofila *a* v morski vodi, metodologijo za to pa smo razvili prav na MBP. Intenzivno proučujemo tudi obetavno možnost uporabe sestave fitoplanktonske združbe za oceno stanja biodiverzitete v pe-llaškem habitatu. Kar nekaj sprememb v biomasi in sestavi fitoplanktona, ki smo jih zaznali v tridesetletnem obdobju proučevanja, lahko pripišemo posledicam človekovega delovanja, tudi pozitivnim. Tako so se povprečne letne koncentracije klorofila *a* v zadnjih petnajstih letih precej znižale v primerjavi s predhodnim obdobjem, za katerega so bila značilna občasna množična cvetenja diatomej. To je najverjetneje posledica upadanja koncentracij hranilnih snovi v morju, predvsem dušikovih zaradi boljših postopkov čiščenja odpadnih voda in fosforjevih zaradi prepovedi njihove uporabe v detergentih. Pomembno vlogo ima tudi upadanje rečnih pretokov. Vzporedno z upadom biomase smo opazili naraščanje številčnosti nanoflagelatov. Prevlada manjših celic v fitoplanktonu pa lahko vodi v spremembe energetskega pretoka skozi prehranjevalni splet.

Še en pomemben vidik fitoplanktonskih raziskav, s katerimi se ukvarjamo na MBP, so toksična cvetenja. Pojem cvetenje morja sicer opisuje prekomerno namnožitve fitoplanktonskih celic ob

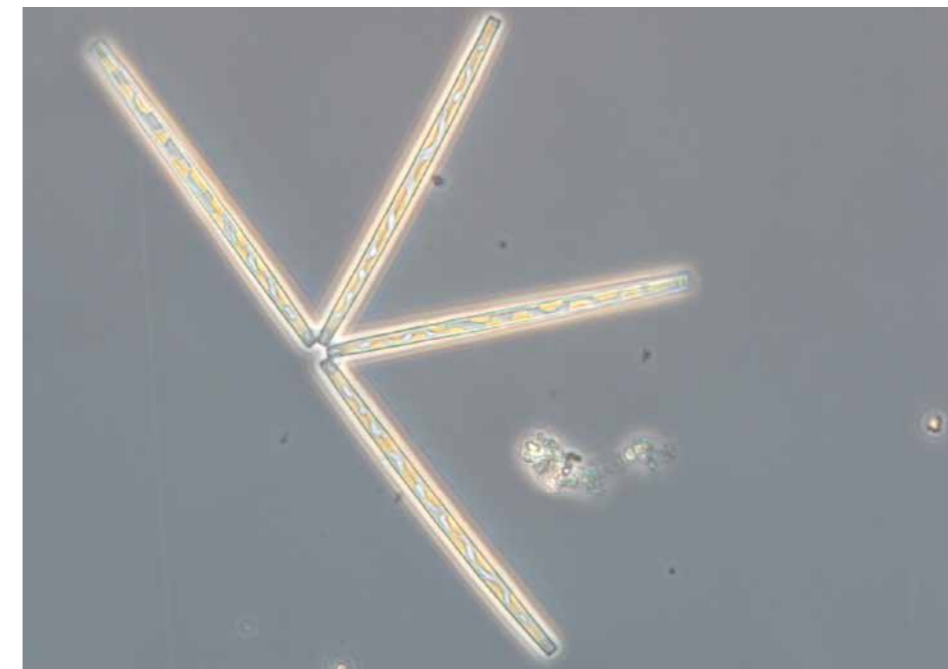
Kokolitoforida *Syracosphaera apsteinii* iz subtropskega severnega Atlantika (Foto: Patricija Mozetič)



ugodnih razmerah. Če celice dosega gostoto do nekaj milijonov celic na liter, se lahko morje obarva v različne barve glede na značilne fotosintezne pigmente prevladujočih vrst, denimo rjavo-zeleno pri diatomejah, rdečo pri dinoflagelatih ali zeleno pri zelenih algah. Včasih lahko cvetenje morja vodi v zmanjšano vsebnost kisika v pridnenem sloju, kar seveda škoduje tam živečim organizmom.

Fitoplanktologi na MBP spremljamo te pojave in proučujemo ekologijo vrst, ki jih povzročajo. Za nas so najbolj zanimiva cvetenja, ko se do določene mere namnožijo vrste, ki so strupene. Največ takih najdemo med dinoflagelati, njihovi strupi pa se kopičijo v organizmih, ki se z njimi prehranjujejo, na primer v školjkah ali ribah. K sreči se v slovenskem morju srečujemo le z eno vrsto zastrupitev, čeprav lahko v fitoplanktonski združbi najdemo povzročitelje mnogih vrst zastrupitev. To je diarejogena zastrupitev s školjkami, ki jo v največji meri povzročajo dinoflagelati iz rodu *Dinophysis*. Tudi dinamika pojavljanja tega rodu se spreminja skozi čas, najbolj pa nas zanimajo povezave s podnebnimi dejavniki.

Podrobno se posvečamo še diatomejam iz rodu *Pseudo-nitzschia*, ki so pomemben predstavnik fitoplanktonske združbe v slovenskem morju. Posebno pozornost si te vrste zaslužijo tudi zaradi zmožnosti proizvodnje domojke kisline, strupa, ki povzroča amnezijsko zastrupitev. Tega lahko človek zaužije s školjkami, ki se prehranjujejo z diatomejami. Za prepoznavo vrst je potrebna uporaba elektronskega mikroskopa, poslužujemo pa se tudi genetskih analiz.



Dinoflagelat *Tripos massiliense* plava s pomočjo dveh bičkov, eden je viden na sliki. (Foto: Janja Francé)

Diatomeje iz rodu *Thalassionema* tvorijo geometrijsko pravilne kolonije. (Foto: Janja Francé)

Martina Orlando-Bonaca  
Lovrenc Lipej

## RASTLINSKA ZAKLADNICA SLOVENSKEGA MORJA

Makroalge in morske cvetnice uvrščamo med najbolj pomembne organizme v pridnenem sloju slovenskega morja, saj tvorijo nujno potrebna življenjska okolja za množico živali (npr. rake, polže, školjke, spužve in ribe) in manjših alg. Morske cvetnice tvorijo obsežne morske travnike na sedimentnem (peščnem in muljastem) dnu; makroalge, ki so bolj preprosti organizmi in nimajo korenin, pa se pritrjajo na trde podlage z bazalno ploščico (npr. na kamne, skale in pomole). Pridnene algalne združbe (skupnosti različnih vrst, ki živijo v določenem prostoru v enakih življenjskih razmerah) in morski travniki so ključnega pomena za ohranjanje biotske raznovrstnosti morskega okolja. Kljub omejeni globinski

Iz Tržaškega zaliva je v zadnjih letih izginil bračič (*Fucus virsoides*), rjava alga, ki je v Jadranskem morju endemična vrsta. (Foto: Tihomir Makovec)



razširjenosti (večinoma do 8–10 m), lahko trdimo, da izjemna kompleksnost rastlinskih združb pomembno prispeva k delovanju ekosistemov v celotnem Tržaškem zalivu.

Prve raziskave o flori (seznamu rastlinskih vrst na določenem območju) slovenskega morja so potekale v šestdesetih in sedemdesetih letih prejšnjega stoletja. Takrat so morski biologi v laboratorijih raznih inštitutov določevali v morju nabrane rastline. Tako so nastali prvi dragoceni sezname flore slovenskega morja, pričelo pa se je tudi raziskovanje okoljskih vplivov na pridnene rastline. Tako je v osemdesetih letih 20. stoletja Aleksander Vukovič med prvimi opozarjal na popolno uničenje pridnene vegetacije (rastlinskih združb na določenem območju) v Piranskem zalivu, ki ga je povzročil vijoličasti morski ježek (*Paracentrotus lividus*). Ta se je v tistih letih izjemno namnožil (populacijska eksplozija) in v celoti popasal algalni pokrov.

Na začetku novega tisočletja so raziskovalci pozornost vedno bolj usmerjali v ugotavljanje vplivov antropogenih pritiskov na vse vrste morskih organizmov, vključno s tistimi, ki tvorijo pridneno vegetacijo. Sedaj, ko smo del pritiskov uspeli ovrednotiti, se

Na kamniti podlagi zgornjega infralitorala prevladuje vegetacija velikih rjavih alg, kot so cistozire (*Cystoseira* spp.), ki s svojo grmičasto razrastjo tvorijo t. i. gozdičke. (Foto: Borut Mavrič)





Najbolj pogoste ribe, ki jih lahko srečamo med gosto vegetacijo, so ustnače (Labridae), kot je pavlinka (*Symphodus ocellatus*). (Foto: Tihomir Makovec)

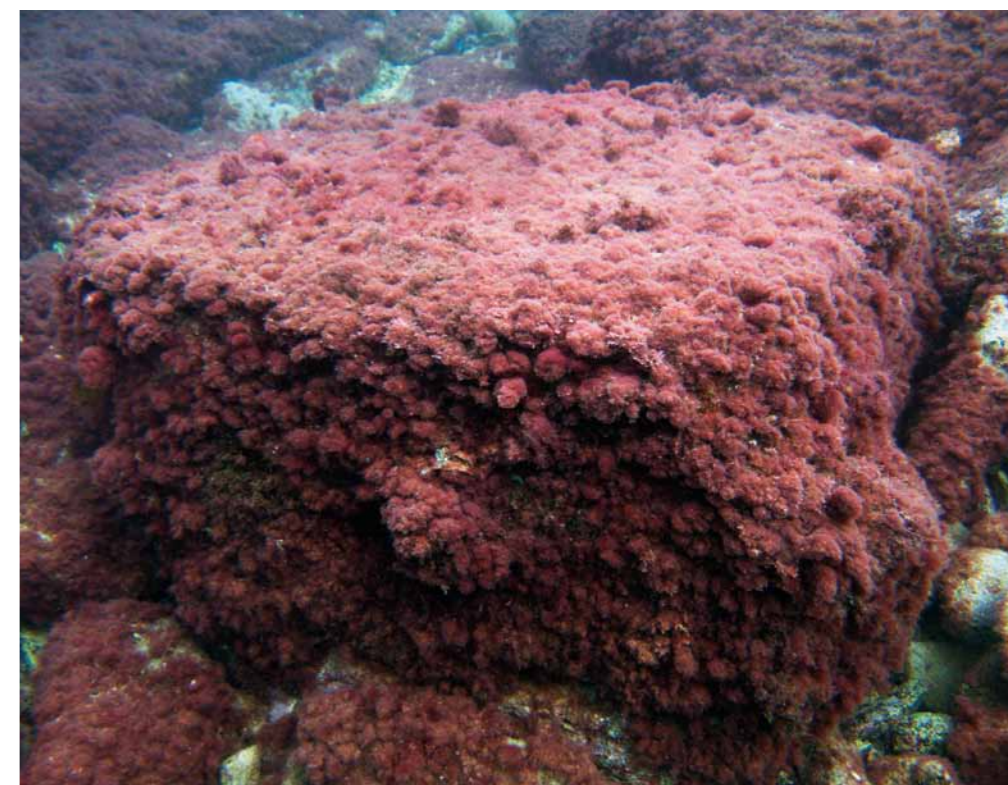
raziskovalci intenzivno ukvarjamo tudi z iskanjem rešitev za negativne posledice, predvsem zaradi človekovega delovanja. Ostaja še veliko odprtih vprašanj o vzrokih za spremembe, ki smo jim priča v pridenem sloju. Še vedno ni jasno, zakaj je pred kratkim iz Tržaškega zaliva dokončno izginil bračič (*Fucus virsoides*), ki je v Jadranskem morju endemična vrsta rjave alge (edinstvena za točno določeno zemljepisno območje). Še na začetku tega desetletja je bila ta rjava alga zelo pogosta na mediolitoralnih skalah (torej v bibavičnem pasu), po letu 2015 pa ob slovenski obali nismo več našli nobene steljke. Domnevamo, da mediolitoralno vegetacijo ogrožajo trajne spremembe kot so gradnje pomolov, privezov, podpornih zidov, čelnih nasipov in drugih objektov, ki ne spreminjajo le strukture podlage za naselitev alg, ampak imajo velik vpliv tudi na hidrodinamične razmere. Raziskujemo tudi, ali je izginotje bračiča povezano s podnebnimi spremembami, saj se tudi severni Jadransko sooča s povišanjem temperature morja, ki v poletnih mesecih pa vse do septembra dosega vedno višje vrednosti.

Prav tako smo priča občutnim spremembam vegetacije v infralitoralnem pasu, ki sega do globine, kjer še uspevajo morske cvetnice ali zelene alge. V zgornjem infralitoralju (do globine 4–5 m) slovenskega morja je v prejšnjem stoletju prevladovala vegetacija velikih rjavih alg kot so cistozire (*Cystoseira* spp.), ki s svojo grmičasto razrastjo tvorijo t. i. gozdičke in predstavljajo končni stadij

sukcesije sonceljubne algalne združbe na kamnitih podlagah. Steljke cistozir, ki dosežejo v povprečju 60 cm višine, so svetlo- do temnorjave barve in se na kamnito dno pritrjajo z veliko pritrjevalno ploščico, s katere rastejo glavni poganjki. Spomladi in poleti bujno rastejo, njihova tridimenzionalna razrast pa zagotavlja habitat in zatočišče za številne pritrjene epibionte, kot so male spužve, trdoživnjaki, mahovnjaki, črvi cevkarji, plaščarji in tudi manjše alge. Gozdički cistozir so zelo pomembni tudi za množico obrežnih rib. Najbolj pogoste ribe, ki jih lahko srečamo med gosto vegetacijo iz rjavih alg, so ustnače (Labridae) kot so gnezdivka (*Symphodus cinereus*), kosirica (*S. roissali*), pisana ustnača (*S. tinca*) in pavlinka (*S. ocellatus*). Za omenjene vrste je značilno, da si v takem okolju ustvarijo gnezda, ki so še posebej pri pavlinki zelo umetelna in po obliki in videzu prav nič ne zaostajajo za ptičjimi. Med cistozirami pa se lahko dobro skrivajo tudi dolgonosi morski konjički (*Hippocampus guttulatus*) in velika morska šila (*Syngnathus acus*).

Cistozire torej tvorijo precej raznovrstne in bogate združbe na območjih, kjer so antropogeni pritiski zanemarljivi. Zagotavljajo številne ekosistemske storitve, saj omogočajo visoko primarno produkcijo in vire hrane, podlago za naselitev, zaščito pred plenilci in zavetišča pred različnimi motnjami. Poleg tega so skoraj vse

V slovenskem morju v zadnjih letih pogosto najdemo tujerodno rdečo algo *Asparagopsis armata*, ki se pojavlja predvsem v jesenskih in zimskih mesecih. (Foto: Lovrenc Lipej).







Zelena alga *Halimeda tuna* spada med sencoljubne vrste, ki tvorijo prekorraligen v spodnjem infralitoralalu. (Foto: Martina Orlando-Bonaca)

vrste cistozir vključene v Seznam ogroženih morskih vrst v Sredozemlju, ki je objavljen v protokolu o posebej zavarovanih območjih in biotski raznovrstnosti Barcelonske konvencije. Zaradi vsega naštetega so primerni kazalci okoljskega stanja in je treba njihovo izginotje s priobalnega kamnitega dna šteti za kazalnik degradacije morskega okolja. V zadnjem desetletju so bile namreč v slovenskem morju zaznane prostorske in sezonske spremembe raznovrstnosti in abundance makroalg, vključno s cistozirami. V zgornjem infralitoralnem pasu še vedno pogosto najdemo dve vrsti: *Cystoseira barbata* in *C. compressa*, medtem ko so druge vrste iz tega rodu že redke. Poleg tega se številčnost najbolj razširjenih vrst cistozir v obalnem območju zmanjšuje, kar vodi do prevlade manjših in obstojnih vrst, ki tvorijo nizko algalno obrast imenovano turf. Te nizke alge nato tvorijo alternativno stabilno stanje, ki lahko zavira naseljevanje dna s strani cistozir in drugih pokončnih alg. Podatki za slovensko morje potrjujejo trend regresije vrst, ki tvorijo gozdičke, v celotnem Sredozemskem morju. To skoraj zaprto morsko območje je izpostavljeno prekomernemu ribolovu in pomorskemu prometu, onesnaževanju s kopnega, uničenju naravnih habitatov zaradi obalne gradnje in vedno bolj tudi segrevanju vodnih mas zaradi podnebnih sprememb, kar vodi do številnih negativnih učinkov, vključno z regresijo združb pokončnih rjavih alg.

Omeniti moramo, da so v slovenskem morju prisotne tudi nekatere tujerodne vrste alg, ki so v severni Jadran prišle na več načinov. Plovba je najpomembnejši vektor vnosa, saj plovila prevažajo organizme v balastnih vodah, kakor tudi pritrjene na svojem trupu in dnu. Drugi zelo pomemben vir vnosa tujerodnih alg je marikultura, zaradi katere se alge nehote vnesejo v evropska morja skupaj s tujerodnimi školjkami (npr. japonsko ostrigo *Magallana gigas*). Tujerodne alge vstopajo v Sredozemsko morje tudi skozi Sueški prekop, ki je bil zgrajen leta 1869. Večina tujerodnih alg v novem okolju kmalu pogine. Tiste, ki preživijo, pa lahko povzročijo ogromno škodo. V našem morju v zadnjih letih pogosto najdemo tetrasporofit, razvojno stopnjo v življenjskem krogu nežne rdeče alge *Asparagopsis armata*. Le-ta se pojavlja predvsem v jesenskih in zimskih mesecih v spodnjem mediolitoralalu in zgornjem infralitoralalu. Za zdaj ni dokazov, da bi vrsta povzročala škodo domorodnim algam, je pa treba njeno prisotnost spremljati, da lahko pravočasno ugotovimo morebitne negativne posledice.

V globljih vodah, kjer so svetlobne razmere prešibke za uspevanje t. i. sencoljubnih makroalg, prevladujejo sencoljubne alge. Te tvorijo različne oblike trših formacij, ki nastajajo kot posledica naganja apnenčastega materiala. Skalnatim habitatom, prekritim in

zlepljenim s tovrstno apnenčasto prevleko, pravimo prekorraligen. Še posebej v globinskem razponu med 5 in 8 m je kamnito dno prekrito s prekorraligenom, v katerem prevladujejo zelene sencoljubne alge, kot sta npr. *Halimeda tuna* in *Flabellia petiolata*. Prekorraligen se lahko postopno razvije v zreli stadij koraligenske formacije, lahko pa do tega nikoli ne pride. V slovenskem morju je prekorraligen dobro razvit predvsem na območju naravnega spomenika Rt Madona, kjer se pojavlja povsod ob severni obali. Najdemo ga tudi vse od Naravnega rezervata Strunjan do Pirana, kjer so najlepše razviti odseki pri Pacugu, Fiesi in pod piransko cerkvijo. V cirkalitoralnem pasu slovenskega morja (v globinskem pasu od 10 do 22 m) pa naletimo na izrazito sencoljubne in barvite združbe s koraligenimi rdečimi algami (npr. rodovi *Jania*, *Corallina*, *Lithothamnion*, *Lithophyllum* in *Peyssonnelia*), spužvami, koralami, plaščarji, iglokožci in mahovnjaki.

Na sedimentnem dnu infralitorala slovenskega morja tvorita potopljene travnike dve vrsti morskih cvetnic: pozejdonka (*Posidonia oceanica*) in kolenčasta cimodoceja (*Cymodocea nodosa*). Včasih sta morske travnike tvorili tudi prava morska trava (*Zostera marina*) in mala morska trava (*Zostera noltei*), danes pa ti dve vrsti najdemo le na manjših površinah. V našem morju so izjemnega

Koraligene rdeče alge (npr. rodovi *Jania* in *Corallina*) tvorijo izrazito sencoljubne in barvite združbe skupaj s spužvami, koralami, plaščarji in mahovnjaki. (Foto: Martina Orlando-Bonaca)





Leščurje (*Pinna nobilis*), ki spadajo med zavarovane vrste, pogosto srečamo v travnikih kolenčaste cimodoceje (*Cymodocea nodosa*). (Foto: Tihomir Makovec)

pomena predvsem travniki kolenčaste cimodoceje in pozejdonke. Ti nudijo hrano in zavetišče mnogim organizmom v lagunskih in morskih ekosistemih, obenem pa stabilizirajo sediment, umirjajo delovanje valov in urejajo kroženje hranilnih snovi.

Morska trava pozejdonka je zavarovana vrsta, ki je po starejših zapisih sodeč poseljevala več območij v Tržaškem zalivu, po letu 1960 pa je prišlo do obsežne degradacije. Danes je v Tržaškem zalivu navzoč le še en majhen travnik pozejdonke, ki raste v obliki večjih ali manjših »otočkov« in se nahaja v bližini ceste, ki iz Žusterne vodi proti Izoli. Čeprav je v primerjavi z drugimi sredozemskimi travniki te vrste res zelo majhen (le 1 km v dolžino na globini od 0,5 do 4 m), je travnik pozejdonke ob slovenski obali izjemno pomemben za morskó okolje in hkrati izredno ranljiv.

Kolenčasta cimodoceja je najbolj razširjena in najmanj občutljiva morska cvetnica v slovenskem morju. Njeni travniki so bili prisotni skoraj povsod na sedimentnem dnu, v globinskem razponu med 1 in 11 m. Čeprav je za to vrsto značilno, da je sposobna različnih prilagoditev, s katerimi kljubuje naravnim in antropogenim pritiskom, se v zadnjem desetletju soočamo s krčenjem travnikov kolenčaste cimodoceje tako pri nas kot v različnih predelih

Sredozemskega morja. Največje grožnje za njihov obstoj predstavljajo ribolov z vlečno mrežo in sidranje, pozidava obale, vnos neprečiščenih odplak oz. prekomeren vnos hranil s kopnega ter v zadnjih desetletjih tudi okužbe z določenimi mikroorganizmi, ki jih še zelo slabo poznamo.

Za ohranjanje pestre in pisane vegetacije slovenskega morja je potrebno upoštevati več korakov. Prvi korak je kontinuirano spremljanje stanja omenjenih algalnih združb v zgornjem infralitoralu, prekoraligenskih formacij in morskih travnikov. Nadzorovati moramo tako globinsko kot prostorsko razširjenost vegetacijske odeje in njeno gostoto, da bi zaznali morebitno krčenje ali pa tudi širjenje vegetacije. Drugi korak je med algami in cvetnicami določiti indikatorske vrste, s pomočjo katerih lahko bolje ovrednotimo vplive človekovih dejavnosti, ki dolgoročno vodijo k neizogibnim spremembam. Tretji korak pa predvideva, da na odsekih slovenskega morja, kjer so omenjeni pritiski že privedli do negativnih posledic na pridneni vegetaciji, uvedemo smiselne naravovarstvene ukrepe za ponovno naselitev makroalg in morskih cvetnic.

Zelena alga, imenovana morski dežniček (*Acetabularia acetabulum*), se pogosto pritrjuje na lupine školjk v travnikih kolenčaste cimodoceje. (Foto: Martina Orlando-Bonaca)

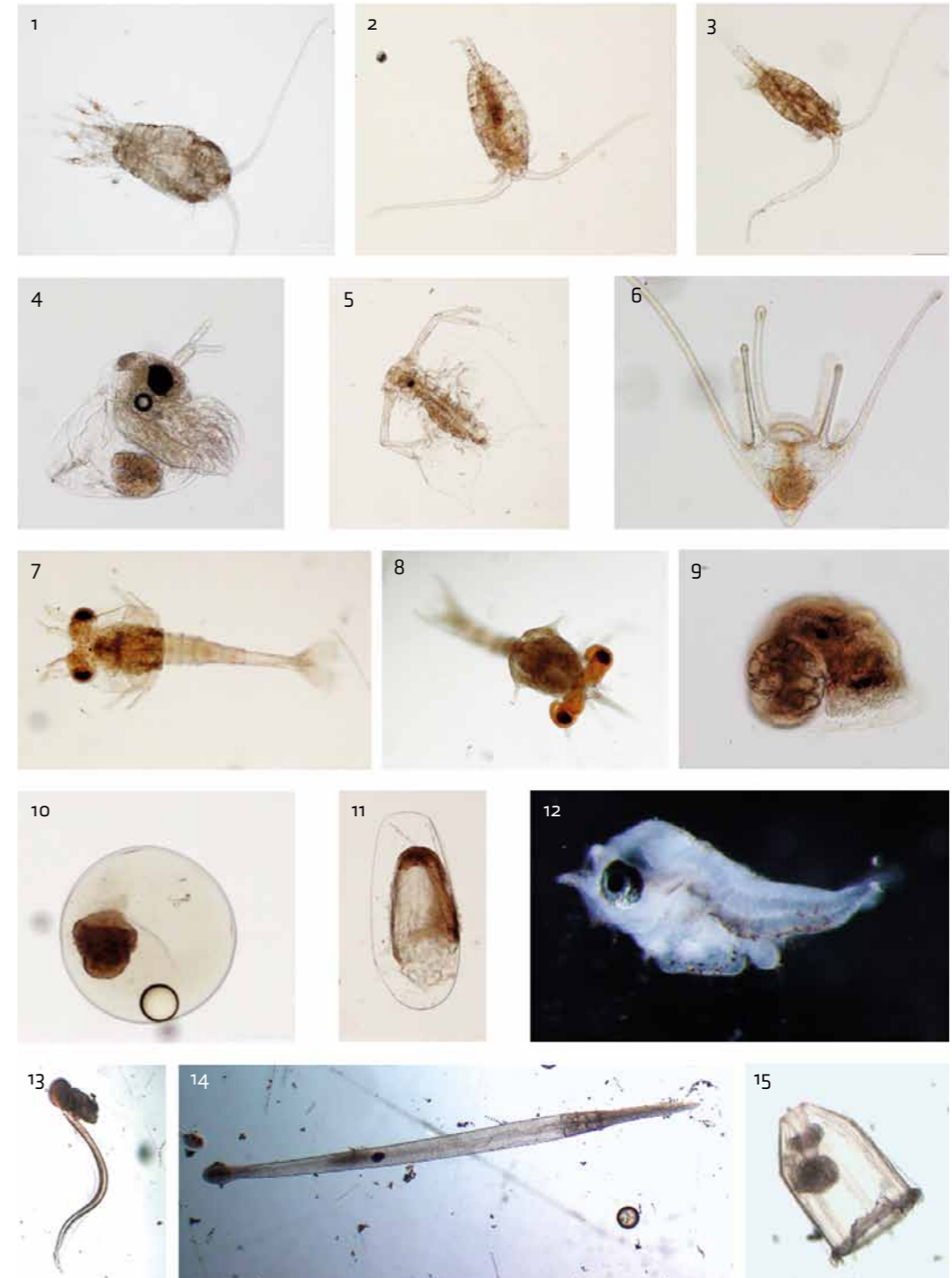


Tjaša Kogovšek  
Alenka Malej

## PESTER SVET LEBDEČIH ŽIVALI – ZOOPLANKTON

Na MBP se že desetletja posvečamo raziskovanju zooplanktonskih organizmov. Izraz zooplankton opisuje združbo živali, ki živijo v vodnem stolpu. Čeprav lahko plavajo, niso dovolj dobri plavalci, da bi kljubovali morskim tokovom, zato je njihovo gibanje v največji meri odvisno od gibanja morja. Med zooplankton uvrščamo organizme, ki pripadajo številnim taksonomskim skupinam: od preprostih, nekaj mikrometrov velikih enoceličarjev, kot je na primer morska iskrnica, nekaj desetink milimetra velikih vodnih bolh, ceponožnih rakov in ličink številnih organizmov, do klobučnjaških meduz, katerih premer klobuka lahko dosega tudi 2 m. Nekateri med njimi preživijo v vodnem stolpu, torej kot plankton, vse svoje življenje. Ti organizmi so holoplanktonski, medtem ko so tisti, ki kot plankton preživijo zgolj del svojega življenja, meroplanktonski. To so na primer jajčeca in ličinke rib (s skupno besedo ihtioplankton) ter ličinke organizmov številnih taksonomskih skupin, npr. polžev, školjk, rakov, morskih ježkov in drugih bentoških organizmov.

Takšna biotska pestrost planktonskih živali se odraža tudi v morfološki raznolikosti. Ker so slabši plavalci, so skozi svojo evolucijsko zgodovino razvile mnoge prilagoditve, ki jim olajšajo lebdenje in premikanje. Nekateri imajo številne izrastke in antene, s katerimi povečajo površino telesa in s tem plovnost (vodne bolhe, ceponožni raki, poliheti), ali pa se v njihovem telesu kopičijo oljne kapljice (ceponožni raki). Množica drugih pa je ubrala čisto drugačno strategijo: njihovo telo je sestavljeno iz precejšnega deleža vode, tudi preko 90 odstotkov mokre mase. Organizmom s takšno sestavo telesa pravimo želatinozni, med njimi so plavalcu in opazovalcu s kopnega najbolj poznane meduze ožigalkarjev in rebrače,

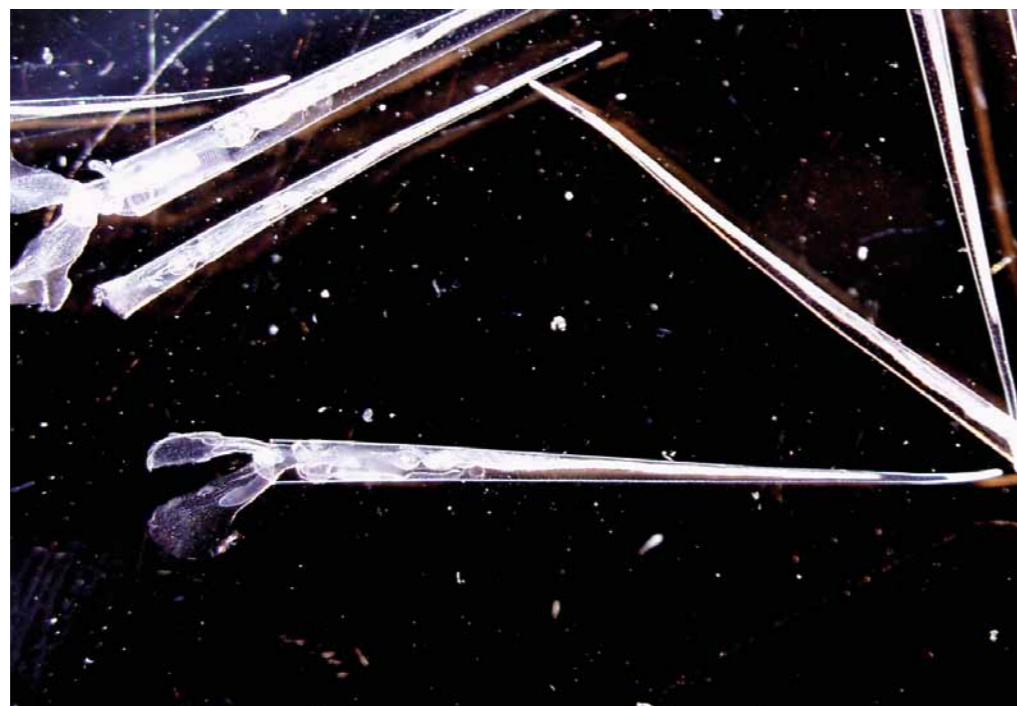


Najpogostejši zooplanktonski organizmi: ceponožni raki (1-3), vodne bolhe (4-5), ličinke kačjerepa (6), rakov (7-8) in polža (9), ribja jajčeca (10-11) in ribja mladica (12), repati plaščar (13), ščetinočeljustnica (14), trdoživnjaška meduza (15)  
(Foto: Valentina Turk in Tjaša Kogovšek)



Koničaste hišice planktonskega polžka *Criseis* sp., ujete v kopalke (Foto: Vladimir Bernetič)

Planktonski polžek iz rodu *Criseis* s koničasto karbonatno hišico cel življenjski cikel preživi v vodnem stolpu. (Foto: Borut Mavrič)



bioluminiscentne morske iskrnice, zaradi katerih se lahko morje ponoči ob mešanju zaiskri, ali pa morebiti pelaška vrsta polža, ki ima koničasto karbonatno hišico, ki nas, če se namnoži, med kopanjem v morju rahlo zbada v kožo ali pa se nam zaplete v tkanino kopalke. Planktonskih živali je nekaj tisoč, včasih nekaj deset tisoč v zgolj enem kubičnem metru vode, a jih s prostim očesom le redko opazimo, saj so večinoma manjše od milimetra. Najmanjše, manj kot 0,2 mm velike organizme, uvrščamo v mikrozooplankton, nekoliko večje, med 0,2 in 2 mm, v mezozooplankton, tiste največje, katerih velikosti lahko dosega tudi meter ali več, pa v makro- in megazooplankton.

Na podlagi dolgoletnih raziskav vemo, da so v Tržaškem zalivu običajno najbolj številčna skupina zooplanktona raki ceponožci, le v poletnih mesecih praviloma prevladujejo vodne bolhe, ki so prav tako raki. Tudi meroplankton, katerega najštevilčnejši predstavniki so ličinke kačjerepov, polžev in rakov deseteronožcev, občasno predstavlja velik delež zooplanktona. Med želatinoznimi organizmi, ki jih zajamemo s planktonsko mrežo, so pogoste ščetinočeljustnice, trdoživnjaške meduze in repati plaščarji. Občasno se ena vrsta organizmov namnoži in prevlada v planktonski združbi. Niso tako redki primeri, ko zasledimo obilico celic morske iskrnice, ki v zaprtih predelih zalivov morje obarva rdeče. Takšen pojav imenujemo rdeča plima.



Rdeča plima, ki jo povzroča morska iskrnica (Foto: Martina Orlando-Bonaca)

Da lahko plankton proučujemo, moramo zajeti reprezentativen vzorec vodnega stolpa z nepoškodovanimi organizmi. V ta namen vzorčujemo s planktonskimi mrežami, ki se med seboj razlikujejo po odprtini obroča in po velikosti očes svile. Mrežo potopimo do določene globine in jo počasi vlečemo. Svila, skozi katero se preceja voda, zadrži vse zajete organizme, večje od očes. Ti se v zadnjem delu mreže zgostijo v vzorčevalnem zbiralniku. Vzorcem najpogosteje dodamo fiksativ, ki preprečuje razgradnjo, nato pa jih v laboratoriju pod povečevalno lupo skrbno pregledamo in s pomočjo taksonomskih ključev določimo vrstno pestrost in številčnost posameznih taksonomskih skupin.

Za večje, makroplanktonske želatinozne organizme vzorčevanje s planktonskimi mrežami pogosto ni učinkovito. Zaradi krhkega telesa se v mreži poškodujejo do neprepoznavnosti ali v celoti razpadejo in nam v zbiralniku mrežnega vzorca ostane le gmota želatinozne mase. Zaradi človekovih vplivov sta se v zadnjih desetletjih številčnost in pogostost pojavljanja želatinoznega makroplanktona, predvsem klobučnjaških in trdoživnjaških meduz ter rebrač, v obalnih svetovnih morjih znatno povečali. Ko se ti organizmi namnožijo, tvorijo obsežne in goste agregacije in s tem znatno vplivajo na strukturo in delovanje morskega ekosistema. Poleg tega lahko zavirajo ali celo onemogočajo številne človekove dejavnosti: polnijo ribiške mreže in tako zmanjšajo ulov in kvaliteto rib, poškodujejo ribiško opremo, v kopalni sezoni odvrtačajo turiste,

Mikroskopski posnetek morske iskrnice (*Noctiluca scintillans*) (Foto: Valentina Turk)



Vzorčenje zooplanktona sredi 1970-ih let (levo: na sliki sta Aleksander Vukovič in Franc Hvala) in danes (desno: planktonska mreža z vzorčevalnim zbiralnikom in vzorcev) (Foto: Tjaša Kogovšek in arhiv MBP)



ožigi meduz pa so lahko človeku nevarni. Prav zato je pomembno, da lahko pravilno ocenimo in predvidimo množično pojavljanje želatinoznega makroplanktona. Nekateri raziskovalci se za oceno številčnosti teh organizmov poslužujejo podatkov o prilovu v povlečnih mrežah ribičev, vendar so te ocene zgolj približek, saj se želatinozni organizmi združujejo v agregacije, ki se jim ribiči raje izognejo. Slaba stran takšnega pristopa je tudi v tem, da se v mreži nepoškodovani ohranijo zgolj večji primerki želatinoznih organizmov in predstavniki večjih, bolj rigidnih vrst. Na MBP želimo pridobiti kar se da natančno oceno pojavljanja želatinoznih organizmov, predvsem klobučnjaških meduz in rebrač. V znanstveni literaturi, ki zajema številne zapise naturalistov, ki so aktivno raziskovali območje Tržaškega zaliva že pred več kot dvesto leti, in novejše strokovne objave, smo poiskali podatke o pojavu klobučnjaških meduz v zalivu. Te podatke smo dopolnili z našimi terenskimi opazovanji in obenem spodbujali opazovalce, jadralce in kopalce, naj nam poročajo o svojih opazovanjih (t.i. *citizen science*). Na

takšen način smo izoblikovali časovni niz podatkov o pojavljanju klobučnjaških meduz, ki zajema več kot dvesto let. Na osnovi analize teh podatkov vemo, da se pri nas pogosto pojavlja 5 vrst klobučnjaških meduz: uhati klobučnjak (*Aurelia aurita*), kompasna meduza (*Chrysaora hysoscella*), morska cvetača (*Cotylorhiza tuberculata*), morski klobuk (*Rhizostoma pulmo*) in mesečinka (*Pelagia noctiluca*). Zelo poredko so bile zabeležene diskaste meduze (*Discomedusa lobata*) in dalmatinske lasaste meduze (*Drymonema dalmatinum*). Pred kratkim pa so sodelavci MBP skupaj z italijanskimi raziskovalci opisali za znanost nov rod meduz Mawia (Pelagiidae). Med pogostimi meduzami človeka najbolj neprijetno opeče mesečinka, za občutljivejše ljudi zaznaven ožig pa imata še kompasna meduza in morski klobuk. Pomemben zaključek analize pojavljanja klobučnjaških meduz v severnem Jadranu je predvsem ta, da se v zadnjem obdobju pojavljajo vedno pogosteje. Vzroki za ugotovljeno pogostejše množično pojavljanje meduz zaenkrat še niso popolnoma jasni. Predvidoma gre za posledico posegov v okolje, kot so gradnja umetnih podvodnih struktur ob obali (npr. valobrani, pristanišča, marine) in na odprtem morju (npr. različne platforme), ki nudijo podlago za pritrditev klobučnjaških polipov. Zaradi prelova rib lahko ti organizmi najdejo nove niše v pelagialu, lahko pa na porast vplivajo tudi podnebne spremembe, ki spreminjajo celoten pelaški prehranjevalni splet.

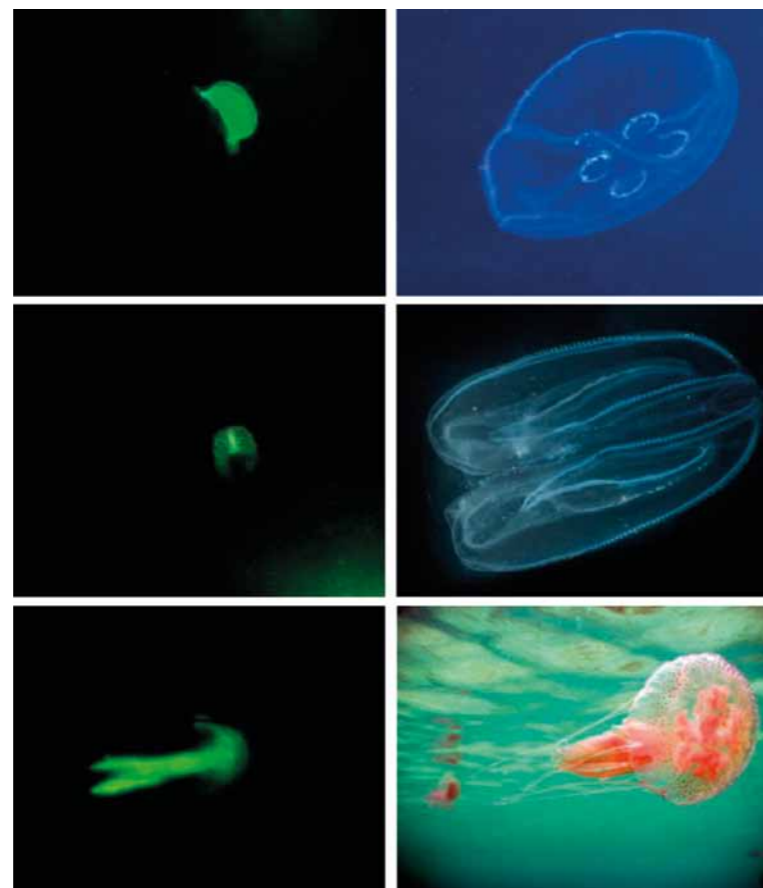
Za natančnejšo oceno številčnosti želatinoznega makroplanktona trenutno razvijamo inovativen pristop, ki temelji na vizualnem preiskovanju vodnega stolpa v realnem času. Sistem za proučevanje je sestavljen iz kamere z merilcem globine v vodotesnem ohišju, ki preko kabla pošilja podatke na računalnik, kjer lahko v realnem času spremljamo dogajanje pod morskno gladino. Pod kamero je nameščen obroč znane dimenzije, tako ob spuščanju kamere vemo, kolikšen delež vodnega stolpa smo preiskali in tako ovrednotimo število želatinoznih makroorganizmov, ki so ob pregledovanju prešli skozi obroč. Ta sistem deluje odlično v ugodnih svetlobnih razmerah. Za proučevanje vodnega stolpa v slabših svetlobnih razmerah pa smo razvili napravo, katere glavni sestavni del je laserski žarek, ki se vrti okoli osi in ob stiku s predmetom oziroma organizmom povzroči, da se ta zasveti, blisk in podatek o globini pa se zabeležita na kameri. Ta sistem smo z obale in iz plovila testirali v različnih morjih in pri različnih pogojih in izkazal se je za izredno učinkovitega za raziskovanje želatinoznih organizmov. Uporabili smo ga že v odprtih vodah Sredozemskega morja, v obalnih vodah Črnega morja in severnega Jadrana ter v slanem jezeru na hrvaškem otoku Mljet.



Inovativna metoda za vizualno preiskovanje vodnega stolpa v realnem času (Foto: Matej Marinac)

Zooplanktonski organizmi so heterotrofni. Prehranjujejo se s fitoplanktonom ali z drugimi zooplanktonskimi organizmi in tako v zapletenem pelaškem prehranjevalnem spletu predstavljajo pomemben vezni člen med fitoplanktonom in organizmi višjih trofičnih nivojev, od rib do želv in sesalcev. Zooplankton je pomemben prehranski vir za mnoge ribje mladice in ekonomsko pomembne pelaške vrste rib. Zato je poleg fitoplanktona ključen element, ki vpliva na produktivnost in zdravje morskih ekosistemov. Spremembe v biomasi in sestavi zooplanktona pomembno vplivajo na celotno prehranjevalno verigo v pelagialu, zato zooplanktonsko biomaso že nekaj časa v številnih obalnih morjih uporabljamo kot indikator okoljskega stanja.

V zadnjih letih vse bolj prepoznavamo industrijsko uporabno vrednost posameznih vrst zooplanktona ali njihovih izvlečkov. Biomaso antarktičnih rakov svetlečih kozic se uporablja kot nadomestek beljakovin ribjega izvora v krmi za ribogojstvo. Poleg tega so svetleče kozice dragocen vir omega 3 maščobnih kislin, ki veljajo za pomembno prehransko dopolnilo. Veliko raziskav se posveča tudi



Zaznavanje želatinoznega planktona z novim sistemom (levo) in podvodne fotografije (desno): uhati klobučnjak (zgoraj), invazivna rebrača morski oreh (v sredini) in mesečinka (spodaj) (Foto: Tihomir Makovec in arhiv MBP)

oblikovanju novih možnosti in tehnologij za uporabo presežka biomase želatinoznih organizmov, predvsem klobučnjaških meduz. Ker so le-te lahko škodljive za ekosistem in ljudi, če se prekomerno namnožijo, jih velikokrat namensko ali kot stranski produkt nekaterih aktivnosti izlovijo iz morja. Izlovljeno biomaso je potrebno pravilno predelati in odlagati, zato so v porastu raziskave, ki iščejo rešitve. Nekaj vrst klobučnjaških meduz je primernih za prehrano ljudi. V azijskih državah, predvsem na Kitajskem, so specialiteta že nekaj stoletij. Poleg možnosti, da bi postale eden izmed tarčnih lovnih organizmov, pa se kažejo tudi potenciali za številne druge uporabe. Klobučnjaške meduze so sestavljene pretežno iz vode (>90 %) in strukturnih beljakovin, ki skupaj predstavljajo hidroskelet organizma. Kolagen, ki je ena od strukturnih beljakovin, je dragocen prehranski dodatek in pomembna sestavina kozmetičnih izdelkov. Ker je v beljakovinah vezanega veliko dušika, so lahko meduze uporabne tudi kot gnojilo za poljščine in za sanacijo tal po plazenju pobočij ali gozdov po požaru. Nekatere pilotne študije nakazujejo možnost uporabe učinkovin, izoliranih iz meduz, tudi za zaščito poljščin pred škodljivci. Z beljakovinami bogata želatinozna biomaso bi lahko nadomestila beljakovine ribjega izvora v krmi za ribogojstvo, kar bi znatno prispevalo k trajnostnemu razvoju marikultur. Kot zanimivost lahko dodamo, da so izraelski raziskovalci letos (2019) naredili prototip bio-plastike, narejene iz mešanice, ki vsebuje tudi želatinozno biomaso meduz.

V severnem Jadranu se klobučnjaške meduze pojavljajo vedno pogosteje in se velikokrat tudi zelo namnožijo. Na sliki je uhati klobučnjak. (Foto: Tihomir Makovec)



Lovrenc Lipej  
Domen Trkov  
Martina Orlando-Bonaca

## OBREŽNA RIBJA ZDRUŽBA



Pavlinka (*Symphodus ocellatus*) je predstavnica rib ustnač, za katere je značilno, da delajo gnezda, podobna ptičjim. (Foto: Lovrenc Lipej)

Tržaški zaliv velja za zibelko morskih naravoslovnih ved. Tu so se začele mnoge pionirske raziskave, še posebej o favni in flori tega najsevernejšega dela Jadranskega morja. Odtlej se je v tem prostoru zvrstilo ogromno raziskav. Gotovo lahko ta del Jadrana označimo za enega od najbolj raziskanih predelov na svetu. S tega vidika je zaskrbljujoče, ko v sredstvih javnega obveščanja beremo ali slišimo, da rib v našem morju skorajda ni več ali pa da bodo izginile do leta 2050. Ta populizem je povsem odveč in gotovo ne polepša

### Obrežna ribja združba

dneva ljudem, ki jim ni vseeno za naše morje, najhuje pa je, da sploh ne odslíkava resnice. Pogosto tudi poslušamo tarnanje ribičev, da rib v našem morju ni več. Ribiči imajo seveda v mislih tiste vrste rib, ki imajo neko tržno vrednost oziroma komercialni pomen, teh pa je le manjši delež. Če je bilo doslej v slovenskem delu Jadranskega morja zabeleženih 243 vrst rib, je v tej množici manj kot petina tistih, ki so komercialno zanimive, pa še med temi je veliko takih, ki so bile včasih precej bolj cenjene kot so danes. Po drugi strani pa v naše okolje prihajajo nove, manj znane vrste.

**Obrežna ribja združba.** Obrežno ribjo združbo razdelimo z ekološkega vidika na različne skupine rib. Prave nektonske vrste rib so tiste, ki niso v ničemer povezane z morskim dnom. Druge skupine rib pa so z dnom tako ali drugače povezane in jih uvrščamo v skupino nektobentoških vrst. Lahko se pojavljajo v vodnem stolpu, na morskem dnu pa odlagajo jajca v pridnena gnezda, kot npr. črnik (*Chromis chromis*). Vrste, ki se nad dnom ali na samem dnu vedno aktivno prehranjujejo, tvorijo veliko večino obrežne ribje favne. Nekatere ribe se pojavljajo na morskem dnu, vendar plavajo aktivno samo med iskanjem plena. V to skupino, ki ji pravimo

Samček rdečega sprehajalčka (*Tripterygion tripteronotus*) izstopa z rdečim barvnim vzorcem. (Foto: Lovrenc Lipej)





Rjavi škarpoč (*Scorpaena porcus*) je mojster prikrivanja. (Foto: Lovrenc Lipej)

epibentoške ribe, prištevamo predvsem babice (Blenniidae) in sprehajalčke (Tripterygiidae). Druge epibentoške ribe so slabe plavalke, zato stavijo predvsem na to, da so v svojem okolju težko opazne. Taka je npr. družina morskih šil (Syngnathidae), v katero poleg morskih šil uvrščamo tudi morske konjičke (vrsti iz rodu *Hippocampus*). Nekatere epibentoške ribe bolj ali manj nepremično čakajo, da se jim plen približa na doseg. Take epibentoške ribe, ki so pogosto tudi zelo dobro prikrite v svojem okolju, so na primer glavači (Gobiidae) ter škarpane in škarpoči (Scorpaenidae). Obstaja pa še skupina rib, ki se vedno skriva v raznih skrivališčih, kot so rovi, razpoke, spodmoli in votline. V to skupino prištevamo nekatere vrste glavačev, sencoljubne vrste babic in ribe prisesnice (Gobiesocidae). Tej skupini rib pravimo kriptobentoške vrste.

**Naravi prijazna vzorčenja.** Danes je marsikje v Sredozemskem morju, predvsem pa na koralnih grebenih v tropskem pasu, uveljavljena metoda nedestruktivnega vzorčenja. Gre za razmeroma preprosto tehniko vzorčenja, pri kateri potapljač z avtonomno potapljaško opremo plava vzdolž določene razdalje in na prilegajoči se površini popiše obrežno ribjo združbo. Popisovalec mora biti izkušen z vidika prepoznavanja obrežne združbe, obenem pa mora večkrat ponoviti popis na danem vzorčevalnem transektu. Sočasno na vzorčevalnih transektih poteka tudi snemanje habitatnih



Dolgonosi morski konjiček (*Hippocampus guttulatus*) je prebivalec morskih travnikov in z algami bogato zaraslega skalovja. (Foto: Lovrenc Lipej)

tipov, kar nam omogoča pridobivanje podatkov o povezanosti med vrstami rib in določenim habitatnim ali mikrohabitatnim tipom. Za nekatere obrežne ribe je namreč značilno, da se pojavljajo le v specifičnem življenjskem okolju. Spet druge potrebujejo posebne bivalne niše, kot so razne špranje, razpoke, spodmoli ali druge naravne votline. S tega vidika so še posebej zanimivi izpraznjeni rovi morskega datlja (*Lithophaga lithophaga*), ki jih naseljuje pestra množica babic (Blenniidae). Nekatere babice so neposredno odvisne (obligatne uporabnice) od razpoložljivosti datljevih rogov v okolju, saj v takih naravnih votlinah gnezdiijo. Druge pa lahko ob pomanjkanju datljevih rogov izberejo za gnezdišča tudi umetne



votline kot so nosilci senčnikov, prazne pločevinke in steklenice, odvržene opeke in podobno (fakultativne uporabnice).

Število osebkov in vrst rib je odvisno predvsem od treh dejavnikov, in sicer od življenjskega okolja, globinskega učinka in prostorske raznolikosti. Tako lahko opazimo največ obrežnih rib v okoljih, kjer so veliki skalni balvani, kjer uspeva bogato razrasla algalna vegetacija in kjer obala strmo pada proti dnu. Gostote obrežnih rib so v takih okoljih lahko tudi večje od 100 osebkov/100 m<sup>2</sup>.

Nedestruktivne tehnike popisovanja so danes uveljavljena in standardna metoda vzorčenja v zavarovanih območjih, saj ne povzročajo motenj ali kakršnihkoli posledic na živem svetu in v habitatih, kjer ribe prebivajo. Poleg tega gre za tehnike, ki so cenovno ugodne.

**Dolgi nizi podatkov.** Na podlagi dvajsetletnega rednega spremljanja stanja obrežnih ribjih populacij (1999–2019) z metodo podvodnih tehnik popisovanja smo sodelavci MBP v različnih okoljih od Debelega rtiča do Sečoveljskih solin opravili več kot 800 vzorčevalnih popisov. Najvišja gostota rib na preiskovanih transektih je znašala 298 osebkov/100 m<sup>2</sup>. Najbolj pogoste ribje vrste, ki jih v zadnjih letih popisujemo na vzorčevalnih transektih, so ustnača gnezdivka (*Symphodus cinereus*), bleđi glavač (*Gobius fallax*) in Bathijev glavaček (*Pomatoschistus bathi*), pred petnajstimi leti pa je bila med najpogostejšimi ustnača kosirica (*Symphodus roissali*). Po številu vrst so najbogatejša okolja v prekorali genu, ki ga prepoznamo

Veliki prisesnik (*Lepadogaster lepadogaster*) je kriptobentoška vrsta, ki se pojavlja v bibavičnem pasu. (Foto: Domen Trkov)



Prisesnik vrste *Apletodon incognitus* je redka in manj znana kriptobentoška riba. (Foto: Domen Trkov)

po značilnih vrstah koraligenih alg iz rodu *Peyssonnelia* in *Pseudolithophyllum*. Le-te kot nekakšna preproga prekrivajo velike skale in skalnate balvane, obenem pa imajo veliko število naravnih votlin. V takem okolju se pojavljajo nekatere značilne redke vrste, kot so mediteranka (*Symphodus mediterraneus*), vrana (*Labrus merula*), črnoglava babica (*Microlipophrys nigriceps*), jelenjeroga babica (*Parablennius zvonimiri*), kaval (*Johnius umbra*) in ugor (*Conger conger*).

V dvajsetletnem trendu so vidne razlike v nekaterih prevladujočih vrstah rib, saj je nekaterih ustnač danes manj, so pa zato gostote drugih rib večje. Ugotovili smo, da prihaja do upada gostot tistih ribjih vrst, ki so tesno povezane z gosto obrežno vegetacijo. Upad teh rib, predvsem ustnač (družina Labridae), je povezan s pokrovnostjo algalne vegetacije, ki ponekod upada.

Z vidika gostote obrežne ribje združbe izstopajo predvsem zavarovana območja, z naravnim spomenikom Rt Madona in naravnim rezervatom Strunjan na čelu. Pri tem je potrebno omeniti, da je po številu vrst skalnato dno veliko bolj pestro kot sedimentno dno. V naravnem rezervatu Strunjan je bilo popisanih kar 83 vrst različnih rib, kar je približno 38 % vseh v Sloveniji ugotovljenih vrst. Razlog za to izjemno pestrost tiči v tem, da je zavarovano območje od Strunjana pa vse do plaže pod Belvederjem bogato z različnimi življenjskimi okolji. Nekatera od teh, na primer z algami cistozirami (*Cystoseira barbata*, *C. compressa*) gosto porasli habitati in



Salpe (*Sarpa salpa*) so ena izmed redkih povsem rastlinojedih rib v našem morju. (Foto: Lovrenc Lipej)

prekoraligenska okolja, nudijo vzrejno območje za mnoge vrste ribjih mladice. Te v varnem zavetju zaraslih habitatov preživijo kritično mladostno obdobje. To velja tudi za morske travnike pozejdovke (*Posidonia oceanica*) in kolenčaste cimodoceje (*Cymodocea nodosa*), čeprav v znatno manjši meri kot življenjska okolja na skalnatem dnu.

**Vedno skrite ribe.** Kriptobentoške vrste rib so med najmanj raziskanimi ekološkimi skupinami rib. Šele v zadnjih desetletjih je zaradi uporabe avtonomne potapljaške opreme in novih tehnik vzorčenja prišlo do velikega napredka v poznavanju teh vrst. Njihovo skrivališče nekoliko spominja na kamnite rove endolitskih vrst, vendar pri teh vrstah ni (drastičnih) omejitev glede premera rova. Zato da jih lahko izbezamo na podvodnih vzorčenjih, uporabljamo narkotično sredstvo, ki jih za krajši čas omami. Po opravljenih meritvah in določitvi vrste ribe izpustimo nazaj v matično okolje. Med kriptobentoške vrste lahko prištevamo tudi večje vrste rib, kot sta npr. ugor (*Conger conger*) in murena (*Muraena helena*), ki pa je bila doslej v slovenskem delu Jadrana zabeležena le v dveh primerih. Obe vrsti bolj ali manj trajno uporabljata svoje rove.

Kako slabo je poznavanje kriptobentoških vrst kaže primer rib prisesnic. Navzlic dejstvu, da živijo nekatere prisesnice v bibavičnem pasu, je o njihovi biologiji in ekologiji komajda kaj znanega. Zato tej skupini in drugim kriptobentoškim vrstam namenimo veliko raziskovalne pozornosti. Še posebej to velja za vrsto *Apletodon incognitus*, o kateri sploh ni na voljo konkretnih podatkov, kje živi, s čim se hrani ali kako se razmnožuje. Ta vrsta je ozko vezana na pojavljanje leščurjev (*Pinna nobilis*), vendar le v določenem globalnem razponu in samo na leščurjih z gosto obrastjo.

Obrežna ribja združba je dragocen element, ki nam pomaga razumeti vlogo ekoloških dejavnikov, kot so habitatne značilnosti, poraščenost z vegetacijo, učinek globine in drugo. Poleg tega nam daje vpogled v pomen različnih življenjskih okolij za določene vrste rib, pa naj gre za ekonomsko pomembne, redke ali ogrožene. Dolgoročni nizi nam omogočajo spoznavanje učinkov tegob današnjega časa, med katerimi so zagotovo pomembne podnebne spremembe in prihod tujerodnih vrst.



Knez (*Coris julis*) se v slovenskem morju spet redno pojavlja šele po letu 1999. (Foto: Lovrenc Lipej)

Lovrenc Lipej  
Domen Trkov  
Borut Mavrič

## RAZISKOVANJE HRUSTANČNIC NA MBP

Čeprav je slovensko morje le večja luža na vrhu Jadranskega morja, se v njem pojavljajo tudi nekatere vrste hrustančnic, to je vretenčarske skupine, ki se v zadnjih desetletjih povsod v Sredozemskem morju in v svetovnih oceanih sooča s hudim zdesetkanjem populacij. Hrustančnice so ogrožene predvsem zaradi dejstva, da jih veliko konča v ribiških mrežah. Običajno to niso lovne oziroma tarčne vrste, tudi ne posebno cenjene ribe, zato takemu ulovu pravimo prilov (*by-catch*). Pogosto se zgodi, da že na mestu samem ribiči tak ulov odvržejo nazaj v morje, možnost preživetja izločenih primerkov pa je zelo majhna. Glede na dejstvo, da gre za plenilce na vrhu prehranjevalne verige, je to potemtakem za morsko okolje velika škoda.



Skoraj desetmetrski morski pes orjak (*Cetorhinus maximus*) med velikonočnimi prazniki leta 2001 (Foto: Boris Šuligoj)



Beli morski volk (*Carcharodon carcharias*) na izolskem pomolu leta 1963 (Foto: arhiv Lovrenca Lipeja)

Med hrustančnice uvrščamo morske pse (Pleurotremata), skate (Hypotremata) in morske podgane (Holocephalii). Slednje živijo le v velikih globinah, zato jih v slovenskem delu Jadrana ni, se pa v njem pojavljajo različne vrste morskih psov in skatov. V našem morju je bilo doslej ugotovljenih najmanj 26 vrst morskih psov in skatov, a so bili nekateri od njih pri nas opaženi le nekajkrat. Bolj ali manj redno se pojavljajo predvsem navadni morski pes (*Mustelus mustelus*) in črnopikasti morski pes (*M. punctulatus*), od skatov pa pegasta (*Raja asterias*) in trnasta raža (*R. clavata*), navadni (*Myliobatis aquila*) in kljunati morski golob (*Aetomylaeus bovinus*), električni morski skat (*Torpedo marmorata*) ter navadni (*Dasyatis pastinaca*) in vijoličasti morski bič (*Pteroplatytrigon violacea*). Druge vrste se pojavljajo zelo neredno in slučajno, nekatere pa niso bile opažene že več kot petdeset let. Taka vrsta je npr. navadni sklat (*Squatina squatina*), ki pa je bil včasih ena izmed najpogostejših vrst morskih psov, še posebej v Tržaškem zalivu.

Na MBP že od leta 1998 redno spremljamo pojavljanje hrustančnic v slovenskem delu Jadranskega morja. Pri tem so ključnega pomena primerki hrustančnic, ki nam jih odstopijo ribiči, ko jih ulovijo v svoje mreže. Tak ulov ogroženih in danes že zelo redkih vrst je velika škoda za naravno okolje, saj potrebujejo veliko časa, da spolno dozori in se razvijejo. S tega vidika je še toliko bolj

Študent Jernej Uhan s primerkom mladiča atlantskega skušolovca (*Lamna nasus*), ki se je zapletel v ribiške mreže decembra 2015. (Foto: Lovrenc Lipej)



Modropego ražo (*Raja miraletus*) prepoznamo po belo obrobljenih pegah na disku.  
(Foto: Borut Mavrič)



pomembno, da tako ulovljene vrste, ki jih dobimo od ribičev, uporabimo za karseda veliko možnih analiz. Najprej opravimo biometrične meritve, pri katerih izmerimo tudi več kot 70 morfometričnih parametrov. Nato shranimo vsebino želodca za raziskave prehranjevalne ekologije ter pregledamo razmnoževalne organe, da ugotovimo približno zrelost primerkov. Sledi odvzem vzorcev pomembnih tkiv, kot so jetra, mišičje in koža. Preverimo še okuženost

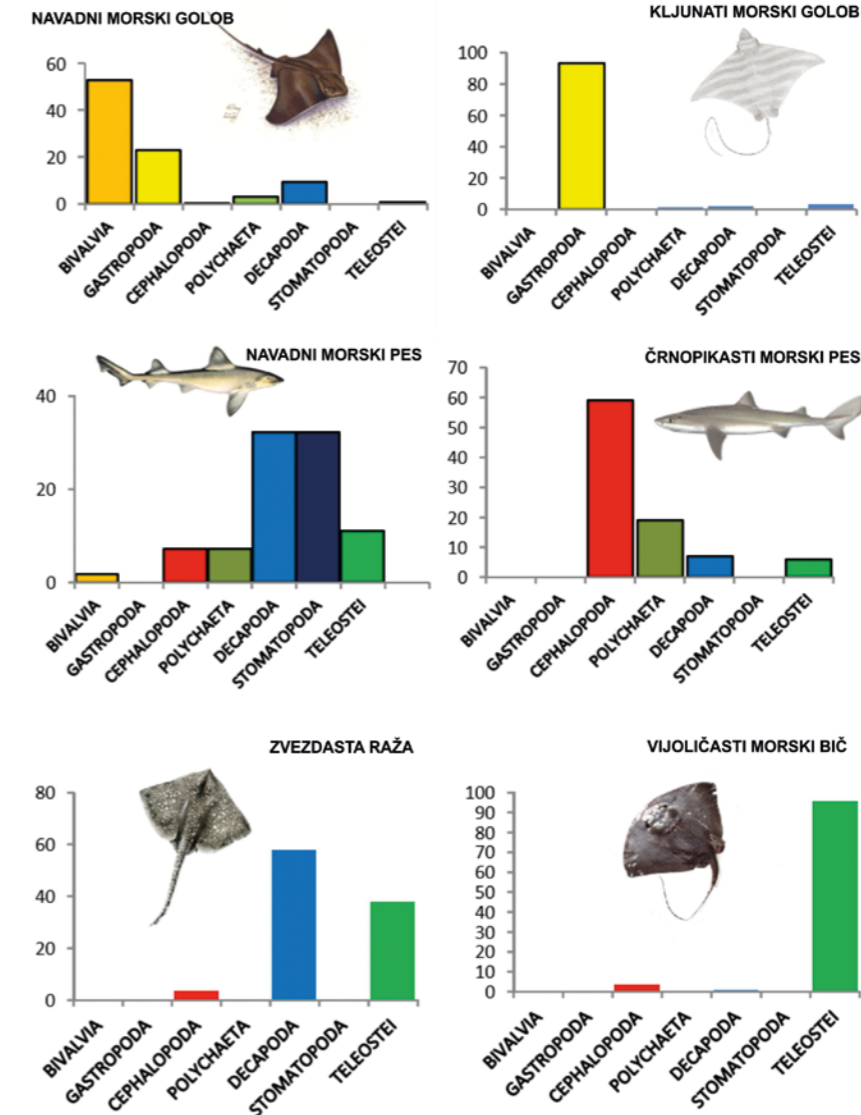
Na MBP preučujemo tudi črnousto morskó mačko (*Galeus melastomus*) iz globokomorskih jarkov v Jadranu.  
(Foto: Borut Mavrič)



z zunanjimi in notranjimi zajedavci, ki jih shranimo v alkoholu. Ulovljene primerke morskih psov in skatov občasno uporabljamo pri pedagoških procesih uvajanja študentov naravoslovnih ved v osnove morske ekologije in zoologije.

**Velikani in pritlikavci.** Redno spremljanje populacij hrstančnic v našem morju je privedlo do zanimivih spoznanj o tej ogroženi skupini rib. V slovenskem morju se od leta 2000 bolj ali manj redno pojavlja morski pes orjak (*Cetorhinus maximus*). Pred tem obdobjem so bila poročila o najdbah te vrste v Jadranskem in tudi Sredozemskem morju maloštevilna, obenem pa so bile znane le iz vzhodnega dela Jadranskega morja. To je druga največja vrsta morskega psa na svetu, ki lahko zraste do neverjetnih 13 m dolžine.

Prehranjevalne preference (izraženo kot delež abundance plena) šestih vrst hrstančnic v Tržaškem zalivu in bližnji okolici na podlagi raziskav, ki so jih opravili raziskovalci MBP.

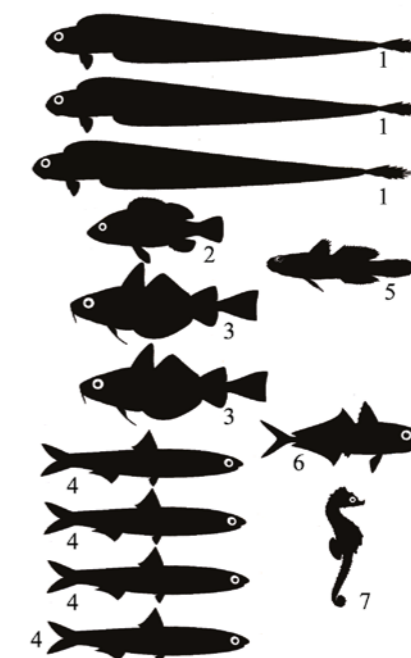


Največji opaženi in fotografirani primerek v slovenskem morju je meril 9,5 m.

Neredno, a znatno redkeje kot prej, se v ribiških mrežah pojavlja tudi morska lisica (*Alopias vulpinus*), ki v dolžino meri do okoli 5 m. Pri tem je potrebno opozoriti, da njen orjaški rep predstavlja dobro polovico telesa. Med velikani je še posebej zanimiv kljunati morski golob, ki je povsod v Sredozemskem morju redka vrsta skatov. Še pred nekaj leti naj bi največji primerki te vrste na svetu tehtali kvečjemu do 60 kg, v slovenskem delu Jadrana pa je kar pet primerkov presegló to težo, največji med njimi pa je tehtal kar 116 kg! Izstopali so tudi po dolžini, saj so z repom vred merili slabe 3 m; največji je bil dolg kar 294 cm. Prav vse so bile orjaške samice, ki so imele v sebi zarodke.

Po drugi strani pa je paradoksalno, da so bili doslej v slovenskem obalnem morju ujeti ali opaženi vsaj štirje razmeroma majhni mladiči morskih psov orjakov. Leta 2000 so ribiči v mreže slučajno ujeli dva mladiča orjakov, in sicer maja primerek, ki je meril 299 cm v dolžino, in julija primerek, dolg 249 cm. Leto kasneje je bil aprila opazovan in fotografiran orjak, ki je v dolžino meril 3 m.

Morski pes orjak (*Cetorhinus maximus*) je največja sredozemska riba, ki se v zadnjih letih občasno pojavlja tudi v slovenskem delu Jadrana. (Foto: Tomislav Rus)



Prehrana vijoličastega morskoga biča (*Pteroplatytrigon violacea*) v severnem Jadranu. 1 – vrvica, 2 – volčič, 3 – molič, 4 – inčun, 5 – črni glavač, 6 – šnjur in 7 – kratkonosi morski konjiček (Foto in risba: Tihomir Makovec)

Za božič leta 2015 pa so pred MBP ujeli še 217 cm dolgega mladiča. Vsi štirje primerki so zelo majhni, božični primerek iz Pirana pa je sploh eden najmanjših, ki so bili kadarkoli ujeti kjerkoli na svetu.

**Odlični indikatorji okoljskega stanja.** Morski psi in skati so plenilci na vrhu prehranjevalne verige, ki so navadno tudi dolgoživi, zato lahko služijo kot »spomin okolja«. S tega vidika so izjemno pomembne analize bioakumulacije in biomagnifikacije strupenih in drugih snovi pri ribah hrustančnicah. Primerjalna analiza bioakumulacije metil živega srebra (MeHg) v treh vrstah skatov je pokazala, da so vrednosti tega onesnaževala razmeroma visoke in premosorazmerne z dolžino telesa in maso. Da je bioakumulacija tesno povezana z velikostjo oziroma starostjo primerkov, so pokazale tudi raziskave kopičenja selena, celotnega arzena in arzenobetaina pri omenjenih vrstah skatov. Še posebej visoke vrednosti metil živega srebra so bile izmerjene pri vijoličastem morskem biču, ki se v slovenskem morju pojavlja šele od leta 1999.

Septembra 2009 sta bila v dveh različnih dnevih na bolj ali manj isti lokaciji ob izpustu piranske kanalizacije ujeta dva še živa bledična primerka električnega morskoga skata. Albino samček in samička sta nekaj časa gostovala v piranskem akvariju. Izkazalo se je, da gre za sploh prva bledična primerka te vrste na svetu. Tudi sicer je do danes znanih komaj 14 primerov albinizma pri skatih. Za zdaj je pre zgodaj povezovati te primere z onesnaženjem okolja, čeprav so pri drugih vrstah rib že odkrili možne povezave.

Albino primerka električnih morskih skatov (*Torpedo marmorata*), ujeta v Piranskem zalivu. (Foto: Borut Mavrič)





Velika morska mačka (*Scylliorhinus stellaris*) je bila včasih v slovenskem morju znatno bolj pogosta kot danes. (Foto: Borut Mavrič)

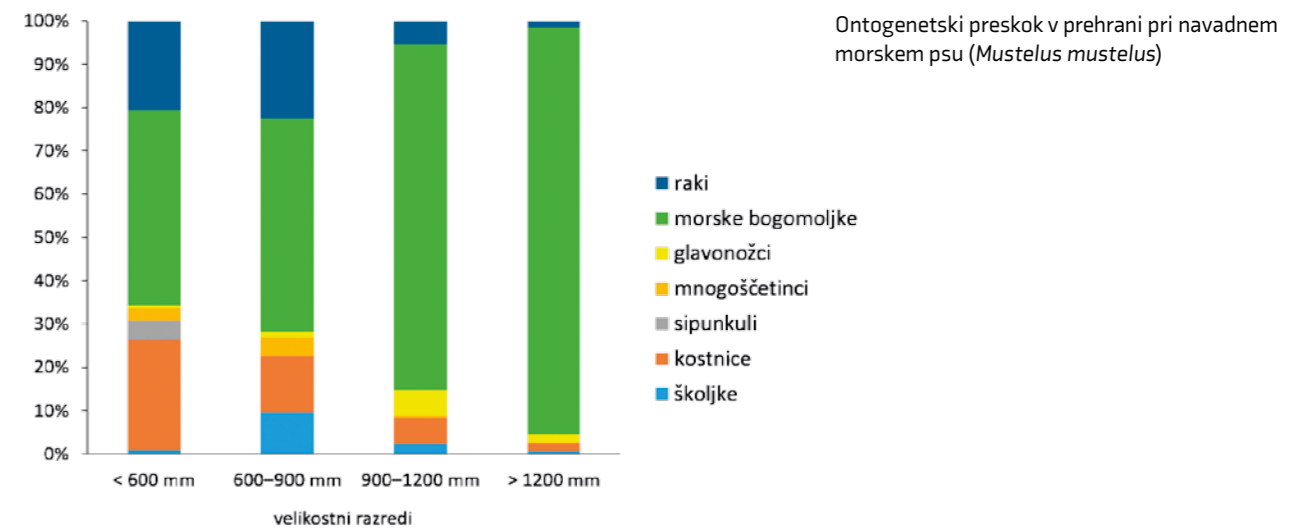
**Razmnoževalno okolje.** Ena pomembnejših ugotovitev, ki izhajajo iz raziskav na MBP, je gotovo odkritje, da sta slovensko morje in širši severni Jadran eno od dveh razmnoževalnih okolij za skate in za morske pse v Sredozemskem morju. Drugo tako območje je Gabeški zaliv v Tuniziji. Plitvo in razmeroma zavetno okolje teh predelov nudi možnost za razmnoževanje, obenem pa tudi za razvoj mladih primerkov v najbolj ranljivih obdobjih njihovega življenja. V Tržaškem zalivu in bližnji okolici so bili najdeni zelo mladi primerki nekaterih morskih psov in skatov. Med morskimi psi so bili najdeni mladi primerki sinjega (*Prionace glauca*) in sivega morskega psa (*Carcharhinus plumbeus*) s še vidno nezaceljeno poporodno brazgotino. Veliko je bilo ujetih tudi mladih primerkov navadnega in črnopikastega morskega psa, pri skatih pa pega-ste raže, vijoličastega morskega biča, električnega morskega skata ter navadnega in kljunatega morskega goloba.

**Za vsakogar nekaj.** V slovenskem morju so se doslej pojavljali zelo različni morski psi in skati. Med njimi je največji posebnost morski pes orjak, ki je v celoti planktivor, kar pomeni, da se hrani predvsem z drobnimi, planktonskimi živalicami. Druge večje vrste kot so morska lisica, skušolovec (*Lamna nasus*) in sinji morski pes, ki so bile doslej opažene v slovenskem morju, se hranijo predvsem z ribami in večjimi glavonožci. Tipični pridneni morski psi so morske mačke (obe vrsti iz rodu *Scylliorhinus*) in navadni morski

psi (*Mustelus punctulatus* in *M. mustelus*). Te vrste se hranijo v največji meri s pridnenimi organizmi, kot so rakovice, polži, školjke, glavonožci in pridnene ribe kostnice. Navadni morski golob z močnimi zobmi tre predvsem školjke in polže, njegov sorodnik kljunati morski golob pa skoraj izključno obe vrsti morskih polžev volekov. Med skati najbolj izstopa vijoličasti morski bič, ki se hrani skoraj izključno z ribami, poleg tega pa pleni v vodnem stolpu in ne na dnu, kot njegovi sorodniki med skati. Na podlagi opravljenih raziskav prehranjevalne ekologije na MBP se je izkazalo, da so si različne vrste hrustančnic do neke mere razdelile razpoložljive prehranjevalne niše in na ta način zmanjšale tekmovalnost za hrano.

Za nekatere vrste skatov in morskih psov je bilo ugotovljeno, da na obeh omenjenih razmnoževalnih območjih pride do ontogenetskega preskoka v prehrani, kar pomeni, da se mladiči prehranjujejo z drugačnimi vrstami plena kot odrasli primerki. Njihova prehrana je v osnovi bolj raznovrstna, z odraščanjem pa pridobivajo izkušnje, ki vodijo v specializacijo prehranjevanja oziroma v bolj enolično prehrano. Nekaj podobnega so ugotovili v severnem Jadranu tudi pri želvi kareti (*Caretta caretta*).

Raziskave v ribiške mreže ulovljenih primerkov morskih psov in skatov so zelo pomembne, saj omogočajo pridobivanje osnovnih ekoloških in bioloških podatkov o vrstah hrustančnic, ki se stalno, občasno ali neredno pojavljajo v našem delu Jadranskega morja. Po drugi strani pa je uporaba primerkov, ki so se nesrečno zapletli v mreže, etično upravičena, saj bi bila škoda še večja, če tega dragocenega vira podatkov o stanju populacij hrustančnic ne bi uporabili v znanstvene namene.



Andreja Ramšak  
David Stankovič

## POPOTOVANJE OD GENOV DO EKOSISTEMOV Z MORSKO GENOMIKO

Skokovit napredek tehnologije sekvenciranja konec 20. stoletja je omogočil lažje in hitrejše pridobivanje številnih informacij iz **genoma**. Uporaba različnih tehnik za raziskovanje informacij v DNA in izolacija genetskih markerjev sta bili ob koncu 90-ih let že zelo uveljavljeni v različnih vedah o življenju kakor tudi v ribištvu. Na MBP smo se z molekularno genetiko začeli ukvarjati leta 1999. Sprva smo uporabljali zgolj tehnike klasične verižne reakcije s polimerazo (PCR) in Sangerjevo sekvenciranje, medtem ko danes uporabljamo PCR v realnem času (q-PCR), sekvenciranje nove generacije (NGS) in metabarkodiranje. Na začetku je bilo raziskovalno



Naš prvi PCR aparat, še danes je nepogrešljiv del osnovne opreme v laboratorijih za pomnoževanje nukleinskih kislin.  
(Foto: arhiv NIB)



Veliko organizmov naberemo s preprostim grabilom, nepogrešljivim za nabiranje večjih meduz in strganje školjk.  
(Foto: Vladimir Bernetič)

delo povezano s problemi v ribištvu v Jadranskem morju, kjer si populacije ribolovnih organizmov delijo sosednje države. Tako morajo jadranske države upravljati s t. i. **deljivimi staleži**, pri čemer so zelo koristni podatki iz genetskih študij. Koncept staležev temelji na predpostavki, da ima vsak stalež viške, ki jih lahko izlovimo in pri tem ne prizadenemo njihovega naravnega obnavljanja, to pa naj bi zagotavljalo trajnostno izkoriščanje staležev ob maksimalnem ekonomskem izkoristku. Leta 1999 je FAO financiral regionalni projekt IPUAS, ki je spodbujal sodelovanje v regiji, da bi izboljšali upravljanje z ribolovnimi viri v Jadranskem morju. Ponudila se nam je priložnost, da sodelujemo v obsežni raziskavi in raziščemo, ali obstajajo populacijske enote znotraj deljivih staležev 15-ih najpomembnejših demerzalnih (pridnenih) in pelaških ribolovnih virov za jadransko ribištvo. Študija je temeljila na analizi **mikrosatelitov** (ponavljajoča se zaporedja v DNA, kot je (AT)<sub>n</sub>), ki smo jih na novo poiskali v genomu rib in hobotnic ter jih nato pomnoževali s PCR. Mikrosateliti so izjemno raznoliki in zato uporabni za študije populacij morskih rib, ki kažejo manjšo genetsko strukturiranost kot populacije rib v celinskih vodah ali anadromne vrste, ki ob drstenju migrirajo iz morja v reke. Genski pretok med morskimi subpopulacijami je večji kot med celinskimi populacijami, ker v morju pogosto ni geografskih ovir, ki bi preprečevale



Občutljive organizme brez skeleta je potrebno nabrati in shraniti že v morju, sicer se pod lastno težo zunaj vode razlomijo.  
(Foto: Andreja Ramšak)

genski prenos. Časovna in prostorska analiza na osnovi mikrosatelitnih markerjev je pokazala, da je stalež sipe in lignja v Jadranskem morju mnogo manj raznolik v primerjavi s staleži v Atlantiku ob Iberskem polotoku ter da gre za genetsko homogene populacije obeh vrst. V takih primerih je potrebno skrbno upravljanje skupnih staležev, kar smo tudi svetovali upravljavcem.

Trenutno skupaj s partnerskimi inštitucijami razvijamo metodologije za hitro, zanesljivo identifikacijo ribolovnih vrst v različnih proizvodih kot so konzerve, nasoljene ribe in ribje palčke. Metode za detekcijo, ki jih razvijamo, temeljijo na občutljivih tehnikah q-PCR in NGS, ker omogočajo natančnejšo detekcijo markerjev na jedrni ali na mitohondrijski DNA kakor klasične metode PCR. S tem prispevamo k trajnostnemu ribištvu in varni hrani, kajti potrebe po ribah in ribjih proizvodih neprestano naraščajo, ulov divje živečih rib pa se neprestano zmanjšuje.

Veliko težavo v ribištvu in tudi v turizmu so v letih od 2003 naprej povzročali klobučnjaki, ki so se množično pojavljali po celotnem Sredozemskem morju ter tudi v sosednjih morjih. Ribičem je povzročal velike težave zlasti veliki klobučnjak (*Rhizostoma pulmo*) in za povzročeno gospodarsko škodo jim je Evropska komisija



odobrila pomoč. Poleg te zanimive in slabo poznane vrste so bili med najpogostejšimi še: uhati klobučnjak (*Aurelia aurita*) in mesečinka (*Pelagia noctiluca*), kompasni klobučnjak (*Chrysaora hysoscella*) ter tudi meduze trdoživnjakov, kot sta morsko kolesce (*Aequorea* spp.) in *Olindias* sp. Filogeografija in populacijska genetika klobučnjakov sta bili zelo slabo raziskani, predvsem zaradi nepredvidljivega pojavljanja in zahtevnega vzorčenja. Zaorali smo ledino v raziskovanju filogeografije mesečinke, vrste, ki se je množično pojavljala že v 80-ih letih 20. stoletja in povzroča neprijetne ožige. V razmeroma kratkem času smo uspeli nabrati vzorce iz Jadranskega morja in iz drugih delov Sredozemskega morja ter Atlantika. Tokrat smo v analizah uporabili gene za 28S, ITS1 in ITS2, ki so na jedrni DNA, in gen z mitohondrijske DNA (podenoto I citokrom c oksidaze – COI). Ugotovili smo, da je v sedanji **panmiktični** populaciji mesečinke ostala sled nekdanje delitve na populacijo, ki je živela v Sredozemskem morju, in na populacijo, ki je živela v Atlantiku. Kasneje v evolucijski zgodovini, ko je bila odstranjena ovira, ki je preprečevala selitve in je prišlo do mešanja osebkov, je nastala sedanja enotna populacija.

Na enak način smo se lotili raziskovanja filogeografske strukture velikega in uhatega klobučnjaka. Še posebej zanimiva je vrsta uhati klobučnjak, ki je sedaj razdeljena na več vrst, od katerih dve naseljujeta Jadransko morje. Primerjave haplotipov z mitohondrijske DNA in z jedrne DNA so pokazale, da je nominalna vrsta

Razvrščanje ulovljenih rib po vrstah, natančno označevanje posameznih osebkov in skrbno zbiranje tkiv za nadaljnje genetske analize so potrebni zaradi zanesljivosti podatkov.  
(Foto: Bojan Marčeta)





*Aurelia* sp. 5 (sedaj *Aurelia relictata*), ki živi v Mljetskih jezerih, popolnoma ločena od druge vrste *Aurelia* sp. 8 (sedaj *Aurelia solida*), ki živi v Jadranskem morju. Trenutno smo raziskave na velikem klobučnjaku razširili na celoten rod, da bi pojasnili način speciacije (nastanka vrst) in natančno opisali lastnosti vrst iz rodu *Rhizostoma*.

Za nas je bilo največje odkritje, ko smo leta 2016 uspeli opisati nov klobučnjaški rod *Mawia* in s tem stopili v disciplino **integrativne taksonomije**, ki združuje morfološke podatke z molekularnimi, geografskimi, ekološkimi, reproduktivnimi ter vedenjskimi podatki. Takrat neznana vrsta meduze, ki smo jo hranili v vodni raztopini metanala (formalinu) kot dragocen primerek, je bila opažena v novembru leta 2001 v ulovu malih pelaških rib. V septembru 2013 je bila vrsta še enkrat opažena v ulovu sardel v severnem Jadranu, kjer je takoj vzbudila pozornost. Pregled starejših opazovanj je pokazal, da je bila ista vrsta opažena v Tržaškem zalivu tudi še v februarju leta 2005, kar dokazuje dokumentiran posnetek. Neznano vrsto so nato opisali kot *Pelagia benovici*. V novo opisani vrsti in v drugih vrstah znotraj družine Pelagiidae smo skupaj z raziskovalci iz Italije opravili filogenetsko analizo 32-ih morfoloških znakov in genetskih markerjev na jedrni in mitohondrijski DNA. Izjemno natančno smo proučili morfologijo meduz in markerje z jedrne (28S, ITS1/ITS2) ter mitohondrijske DNA (COI, 12S, 16S). Na podlagi rezultatov smo opisali nov rod *Mawia* ter novo vrsto imenovali *Mawia benovici*. Takšno odkritje je pomemben podatek, ki prispeva v zakladnico znanja in je relevantno tudi za upravljanje z okoljem. Natančen opis vrst je pomemben za številna področja, kot so ekologija, prepoznavanje invazivnih vrst in njihove nevarnosti za ekosisteme in človeka, za evolucijske študije in študij speciacije, seveda pa tudi dopolnjuje popise vrst. Dosežek je pomemben, ker je sistematika klobučnjakov zapletena zaradi njihovega kompleksnega življenjskega kroga, nepredvidljivega pojavljanja, ekološke prilagodljivosti in žal vedno večjega pomanjkanja taksonomov.

Nekateri klobučnjaki, na primer morska cvetača (*Cotylorhiza tuberculata*), imajo simbiotske alge iz skupine dinoflagelatov, ki so mnogo manj raziskane v primerjavi s simbionti koral in nekaterih vetrnic. Raziskovali smo, katere vrste alg iz družine Symbiodiniace najbolj pogosto naseljujejo klobučnjake, ki živijo v zmerno toplih in subtropskih podnebjih. Ugotovili smo, da se vrste simbiotov med leti izmenjujejo in potrdili, da se v morski cvetači najpogosteje pojavljajo alge *Symbiodinium* skupin A in B, medtem ko v subtropski meduzi *Cassiopea xamachana* živijo alge *Symbiodinium* skupin B in C. Tudi v tem primeru smo za prepoznavo s PCR pomnožili

gene za 28S in ITS2, ki so na DNA v jedru alge. Raziskovanje simbiotov smo razširili še na kamene korale (*Cladocora caespitosa*), ki jih ogrožajo podnebne spremembe in onesnaževanje morja. Raziskati želimo, kako se kamena korala in njeni simbionti odzovejo na toplotni šok in na kateri točki si še lahko opomorejo, da ne pride do izgube simbiotov in do pojava beljenja koral.

Raziskovalci populacijske genetike in genomike morskih vrst se pogosto soočajo s težavo, da nimajo na voljo veliko genomskih podatkov in markerjev za analize ekološko relevantnih modelnih organizmov. Zato je običajno prvo opravilo izolacija primernih genetskih markerjev, ki ji šele potem sledi prava analiza. Z razvojem biodiverzitetnih študij, ki vključujejo barkodiranje in metabarkodiranje, je potreba po razvoju univerzalnih začetnih oligonukleotidov za pomnoževanje s PCR še večja in to predvsem za taksone, ki so bili do sedaj slabše raziskani. Sodelovali smo v študiji, v kateri smo testirali raznolikost intronov na velikem številu nevretenčarskih morskih vrst, o katerih ni veliko genomskih podatkov. **Introni** so

*Mawia benovici* je skrivnostna vrsta, o kateri ne vemo veliko, ne poznamo njenega življenjskega kroga in niti njenega geografskega izvora. (Foto: Tihomir Makovec)



nekodirajoče regije v genomu in v teh regijah je možno najti zelo raznolike in uporabne markerje. Pomnožimo jih lahko v PCR z univerzalnimi začetnimi oligonukleotidi, ki nalegajo v ohranjenih regijah v **eksonih**. Takšne markerje smo poimenovali s kratico EPIC (ang. *Exon Primed Intron Crossing*) in jih testirali tudi pri ožigalkarjih ter drugih deblih morskih živali. Tako smo uspeli pri treh vrstah klobučnjakov (uhatem in velikem klobučnjaku ter mesečinki) pomnožiti 24 lokusov z univerzalnimi začetnimi oligonukleotidi. EPIC markerji so uporabni v študijah populacijske genetike, filogeografije in filogenetike.

Čeprav je užitna klapavica (*Mytilus galloprovincialis*) vrsta, ki jo pogosto uporabljamo v ekotoksikoloških študijah, o tej vrsti školjke še vedno veliko premalo vemo. Raziskovali smo gensko družino, v katero sodijo geni p53, p63 in p73, ki kodirajo beljakovine, izjemno pomembne za regulacijo celičnega cikla, še posebej, kadar se v celici kopičijo poškodbe DNA. Naloga teh beljakovin je nadzor **apoptoze** ali programirane celične smrti, s čimer preprečujejo delitve poškodovanih celic. V raziskavah smo natančno opredelili izvor in število genov v genski družini p53 ter zgradbo gena p63 v klapavici. Poznavanje te genske družine je pomembno, ker na njevo izražanje vplivajo kemikalije iz okolja, ki povzročajo poškodbe

Po terenskem delu je potrebno nabrane osebkje izmeriti, stehtati in shraniti tkiva za genetske analize. (Foto: Andreja Ramšak)



Klobučnjak morska cvetača (*Cotylorhiza tuberculata*) živi v simbiozi z algo *Symbiodinium* sp. Fotografija prikazuje odvzem tkiva za nadaljnje analize. (Foto: Andreja Ramšak)

DNA, zato lahko geni iz te družine služijo kot biomarkerji za genotoksičnost. Pomembno orodje v raziskavah vplivov onesnaženja so tudi ekspresijski profili jetrnih encimov rib, še posebej pridnenih vrst, ki se hranijo tudi z detritom z morskega dna. Ena takih vrst, ki je razširjena po celotnem Sredozemskem morju, je ovčica (*Lithognathus mormorys*), za katero smo izdelali ekspresijski profil. Uporabimo ga lahko za primerjavo z drugimi vrstami, ki živijo v istem okolju ter izražajo verjetno enak fenotipski odgovor. Na ta način lahko odgovorimo na vprašanja o tem, kako onesnaženje vpliva na veliko število vrst in kakšen je njihov specifičen odziv.

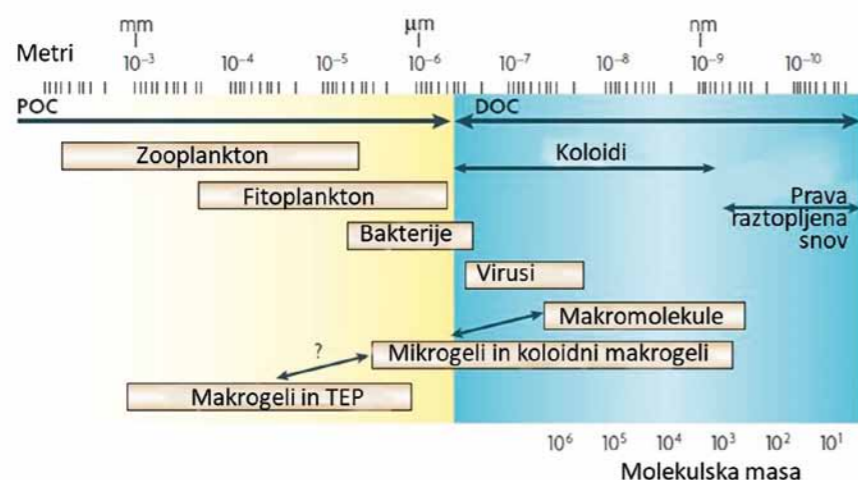
Raziskovanja biodiverzitete si ne moremo več zamišljati brez sodobnih genomskih pristopov, kot so metabarkodiranje, sekveniranje NGS, bioinformatične analize ogromnega števila podatkov. Leta 2017 smo se priključili pobudi znotraj projekta AssemblePlus (H2020), kjer se vzpostavlja mreža **genomskih observatorijev** za monitoring in raziskave planktonskih in bentoških organizmov. Takšni observatoriji so pomembni, ker lahko z metabarkodiranjem zaznamo veliko vrst, ki jih s klasičnim vzorčenjem ne moremo. Tako lahko hitro zaznamo tujerodne vrste ali spremembe v sestavi vrst zaradi spremenjenih pogojev v okolju, kot so podnebne spremembe ali onesnaženje.

Nives Kovač  
Katja Klun  
Jadran Faganeli

## KROŽENJE ORGANSKE SNOVI V MORJU

Največji izvor organske snovi v morju je primarna produkcija fitoplanktona. V plitvih obalnih območjih, kot je severni Jadran, so pomembni tudi vnos (alohtone) organske snovi s kopnega (reke) in iz ozračja, bentoška primarna produkcija, izločanje organizmov (npr. živali in mikrobov) ter resuspenzija organske snovi z morskega sedimenta. Drugi izvori organske snovi so povezani s človekovo dejavnostjo, kot so izpusti komunalnih odpadkov in industrijske odpadne vode, marikultura, pomorski promet itd. Sestava in reakcijske hitrosti pretvorb avtohtone in alohtone organske snovi so različne, zato so različni tudi nastali produkti. Pri tem je pomembna relativna zastopanost težje in lažje razgradljivih spojin v organski snovi. Med sedimentacijo v vodnem stolpu potekajo fizikalni (agregacija, disagregacija, transport), biogeokemijski (odmiranje, razgradnja, izločanje, prehranjevanje, iztrebljanje) in kemijski

Porazdelitev organske snovi v morju  
(povzeto po Azam in Malfatti, 2007)



### Kroženje organske snovi v morju

(fotokemijski) procesi. Fotokemijski procesi, ki potekajo sočasno z mikrobnimi, pretvarjajo težko razgradljivo organsko snov v lažje razgradljivo in obratno. Sestava in količina organske snovi se spreminjata med posedanjem, zato ima sedimentirana organska snov na meji med vodo in sedimentom drugačno sestavo kot organska snov v površinskem sloju vodnega stolpa. Poleg anorganskih snovi so v morju tako prisotne še neraztopljene in raztopljene organske snovi, ki jih podrobneje obravnavamo v raziskavah kroženja snovi v morju.

Organsko snov v morju delimo na raztopljeno (DOM – *dissolved organic matter*), koloidno (COM – *colloidal organic matter*) in suspendirano organsko snov (POM – *particulate organic matter*). Raztopljena organska snov je definirana kot organska frakcija v raztopini, ki je pri filtriranju prešla skozi filter z velikostjo por  $0,45 \mu\text{m}$  in vključuje tudi koloidne. Raztopljena snov nastaja predvsem pri razgradnji organizmov in s sproščanjem oz. z izločanjem zunajceličnih sestavin iz živih organizmov. Poleg tega je treba omeniti še antropogeni prispevek raztopljene organske snovi, npr. v povezavi z obdelavo odpadnih vod, kmetijstvom, pristaniškimi in drugimi dejavnostmi. Koloidi pa so natančneje definirani z velikostnim razredom med  $1 \text{ nm}$  in  $1 \mu\text{m}$ . Večinoma so sestavljeni iz naravnih organskih snovi, v sledovih pa so prisotne še kovine, metaloidi, radionuklidi, onesnaževala in spremenljive količine nanodelcev in nanoplastov antropogenega izvora. Koloidno organsko



Sluzasti makroagregati (površinske odeje) v površinskem sloju morja  
(Foto: Tihomir Makovec)

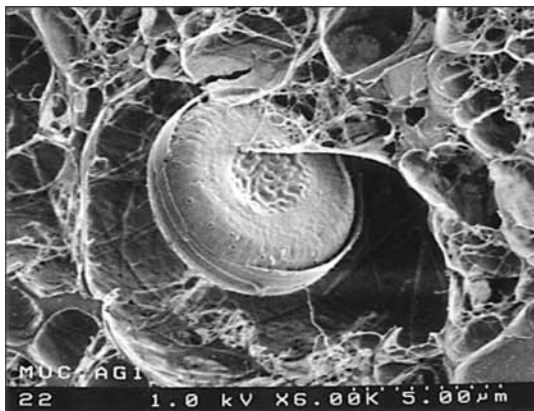
Lebdeči delci ali t. i. morski sneg v vodnem stolpu  
(Foto: Tihomir Makovec)





Pojav morske pene je večinoma naravnega izvora in je le redko povezan z onesnaženjem. (Foto: Nives Kovač)

Posnetki zamrznjenih vzorcev sluzastih makroagregatov z uporabo krioelektronskega mikroskopa potrjujejo, da so v organsko omrežje sluzastih makroagregatov ujeti različni organski in anorganski delci (povzeto po Kovač in sod., 2005).



snov sestavljajo biopolimeri (naravni polimeri), ki jih večinoma izločajo fitoplankton in bakterije. Biopolimeri so pretežno sestavljeni iz polisaharidov in v morski vodi spontano tvorijo tridimenzionalne mreže preko ionskih in hidrofobnih interakcij.

Pri filtriranju skozi filter z velikostjo por  $0,45 \mu\text{m}$  ostane suspendirana organska snov na filtru in jo dogovorno opredelimo kot delce z velikostjo nad  $0,45 \mu\text{m}$ . Njene sestavine so ogljikovi hidrati, proteini, lipidi in huminske snovi. Alohtona frakcija pa je lahko bogata s strukturnim materialom kopenskih rastlin (lignin, celuloza). Organsko frakcijo suspendirane snovi tako pretežno sestavljajo živi in odmrli fitoplankton, zooplankton, bakterije, organski produkti izločanja in razgradnje (detrit) ter organska snov makroskopskih agregatov. K zadnjim uvrščamo tudi morski sneg (angleško *marine snow*) ter za severni Jadran značilne sluzaste makroagregate (glej pojav sluzenja morja).

Plitev Tržaški zaliv ima kot najsevernejši del Jadranskega morja specifične meteorološke, oceanološke in sedimentološke lastnosti. Posamezni dejavniki, kot so smer in hitrost vetra, usedanje aerosolov, časovna porazdelitev padavin, rečni vnosi in temperaturne razmere v ozračju neposredno vplivajo na hidrografske razmere in s tem na organske procese ter na sestavo in porazdelitev organske snovi v morju. V plitvem Tržaškem zalivu so v biogeokemijskem

kroženju organske snovi (ogljika, dušika in fosforja) pomembne tudi fotokemijske pretvorbe, še posebno v poletnem razslojenem vodnem stolpu. Za to območje (kot tudi za celotni severni Jadran) je značilno občasno pojavljanje hipoksij (včasih celo anoksij), morske pene, morskega snega in sluzastih makroagregatov, ki predstavljajo pomembno mesto kopičenja in razgradnje organske snovi ter tako prispevajo k neenakomerni porazdelitvi organske snovi (tudi onesnaževal) v vodnem stolpu.

Pojav **morske pene** je večinoma naravnega izvora in je le redko povezan z onesnaženjem. Povečana vsebnost raztopljenih organske snovi (proteini, sladkorji, lipidi, huminske snovi ...) prispeva k manjši površinski napetosti vode in tako, podobno kot detergenti, omogoča penjenje morske vode. Vetrovi in valovanje morja prav tako prispevajo k oblikovanju mehurčkov. Glavni izvor organske snovi v peni je odmrli fitoplankton, k njenemu nastanku pa prispevajo še razgradni proizvodi kopenskih rastlin, izločki fitoplanktona, makrofitskih alg in površinsko aktivne snovi odpadnih voda. Sestava in koncentracija raztopljenih organske snovi vplivata na obstojnost pene. V peni opazimo tudi povečano vsebnost anorganskih in organskih delcev (npr. fitoplanktonskih celic), ki vplivajo na njeno obarvanost. Morske pene, kakor tudi fitoplanktonske celice v njih, običajno niso škodljive za kopalce.



Sluzasti makroagregati (v obliki mreže) v vodnem stolpu (Foto: Tihomir Makovec)

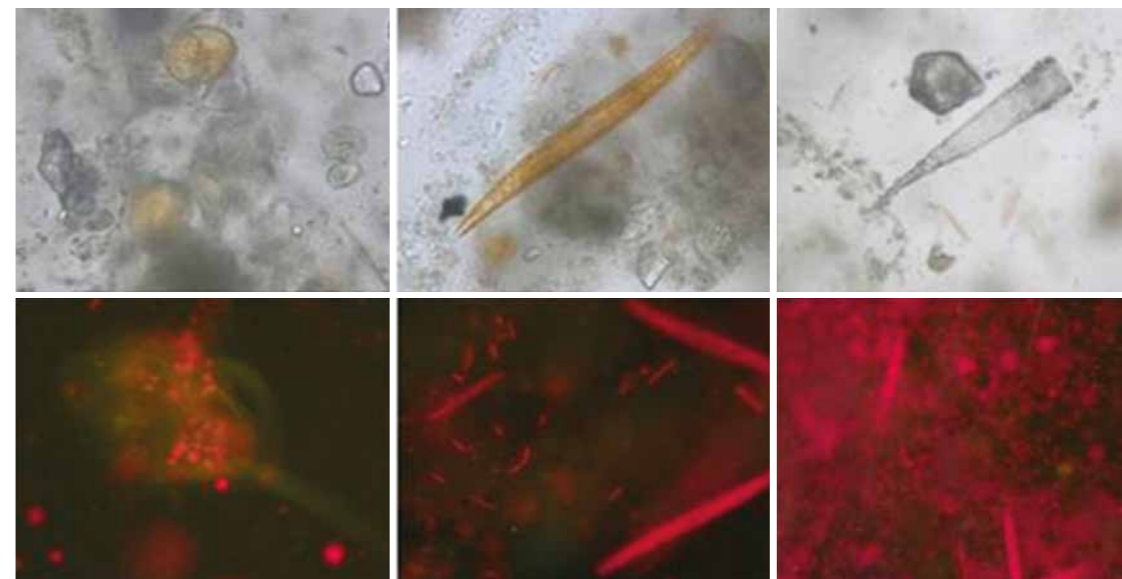
Sluzasti makroagregat (oblak) v vodnem stolpu (Foto: Tihomir Makovec)



Tudi t. i. **morski sneg** oziroma prisotnost makroskopskih (očesu vidnih) lebdečih delcev s premerom večjim od 0,5 mm je v priobalnih vodah, tudi v severnem Jadranu, že dolgo znan pojav. Tu gre predvsem za agregacijo manjših organskih delcev, kot so bakterije, fitoplankton, fekalni peleti in različni razgrajeni ostanki organizmov, ter anorganskih mineralnih delcev kopenskega in morskega izvora. Ti skupki spominjajo na drobne kosmiče oz. snežinke, ki lahko dosežejo tudi večcentimetrovsko velikost. Nekateri delci lahko ostanejo v vodnem stolpu več tednov, preden končno dosežejo morsko dno. Morski sneg je pomemben za regulacijo vertikalne razporeditve in transport suspendirane snovi v vodnem stolpu, hkrati pa zagotavlja hrano oz. je pomemben vir energije za številne bentoške organizme.

Za severni Jadran je značilna tudi občasna hiperprodukcija **sluzastih makroagregatov** (skupkov). Prvi zapisi o tem pojavu segajo v leto 1729, v obdobje daleč pred razcvetom kmetijstva, industrije,

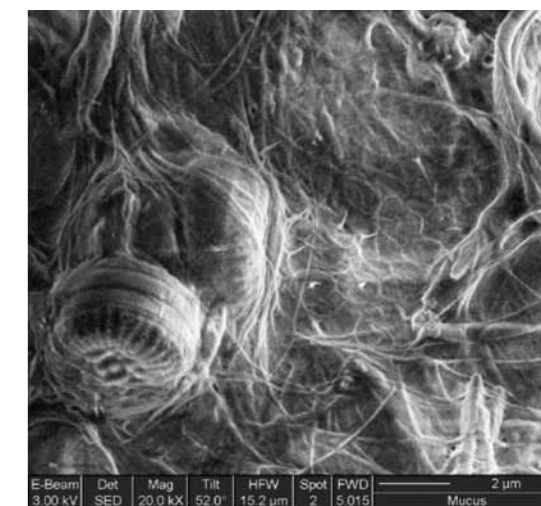
Sluzasti makroagregati lahko prekrijejo na dnu živeče morske organizme. (povzeto po Kovač in sod., 2008)



Mikroskopski posnetki sedimentiranih sluzastih makroagregatov (zgornja vrstica: navadna svetloba, spodnja vrstica: modrozeleno svetloba) (Foto: Patricija Mozetič)

urbanizacije in turizma. Z imenom "umazano morje" (prevod italijanskega poimenovanja "*mare sporco*") so ta pojav opisali tudi v prvem letniku revije Proteus leta 1934, kljub temu pa so se intenzivne raziskave začele šele po letu 1988, ko so se sluzasti makroagregati v zelo velikem obsegu ponovno pojavili v severnem Jadranu. V zadnjem desetletju je ta pojav prisoten le v manjši meri, nasprotno pa je sluzenje morja močno zaznamovalo poznospomladanska ali/in poletna obdobja v letih 1989, 1991, 1997, 2000, 2002 in 2004. Takrat smo lahko opazovali sluzaste makroagregate različnih barv (mlečno beli, rožnati, rumeno do rjavi), oblik (drobni sluzasti kosmiči, nitke, zavese, spleti, oblaki, sluzaste oz. želatinaste površinske odeje) in velikosti (od nekaj milimetrov do nekaj kilometrov). Kopičenje agregacij ter njihova vodoravna in navpična razporeditev so odvisni od različnih dejavnikov, kot so hidrometeorološke značilnosti vodnega stolpa, velikost, oblika ter biološka in kemijska sestava makroagregatov. Običajno se agregacije sluzi kopičijo v sloju temperaturnega in slanostnega oz. gostotnega preskoka.

Z mikroskopskimi pregledi v makroagregatih najdemo fitoplankton, mikrozooplankton, različne skeletne delce oz. druge ostanke različnih rastlinskih in živalskih celic (prazne fitoplanktonske celice, hitinski oklepi rakcev ...), bakterije, fekalne pelete, mineralne delce avtohotnega in alohtonega izvora, ličinke in jajca živali, cvetni prah itd. »Zreli« makroagregati vsebujejo tudi velik delež vode (tudi več kot 95 %), kar je povezano z njihovo gelsko naravo. Rezultati kemijskih analiz kažejo na zapleteno in zamreženo strukturo, sestavljeno predvsem iz heteropolisaharidov



Posnetek vzorca sluzastih makroagregatov, narejen z vrstičnim elektronskim mikroskopom (Foto: Valentina Turk in Kazimir Drašler)



Prispevek o sluzenju morja, objavljen v prvi številki revije Proteus (Avtor prispevka: Jovan Hadži)

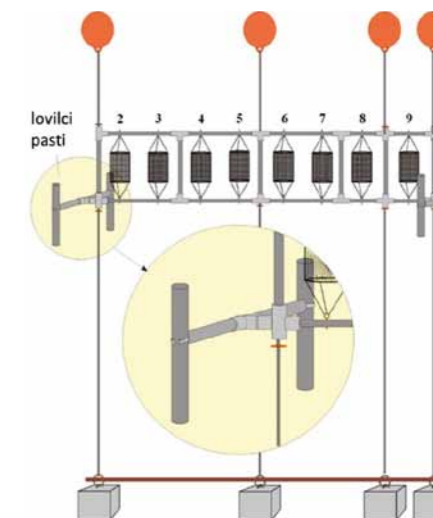
(sladkorjev), lipidov (maščob in maščobam podobnih snovi), organosilicijevih spojin ter mineralnih delcev (npr. kalcit, glineni minerali). V manjši meri so v makroagregatih prisotni še proteini ter aromatske spojine. Sestava suspendirane organske snovi iz poletnega obdobja se razlikuje od sestave makroagregatov, medtem ko podobno sestavo kaže koloidna organska snov, ki je predhodnik (prekurzor) nastanka makroagregatov. Povezave organske snovi in mineralnih delcev pomembno prispevajo k stabilnosti strukture sluzastih makroagregatov, k njihovem nastanku in pretvorbam. Prisotnost makroagregatov negativno vpliva na ribištvo in marikulturo, ker mašijo mreže, na turizem, saj zmanjšujejo estetsko vrednost morja, in na bentos, ker pridnene sluzaste prevleke otežujejo gibanje organizmov ter izmenjavo med bentosom in okolico. Dosedanje raziskave kažejo, da sluz ni neposredno škodljiva za zdravje ljudi.

Razgradnja makroagregatov vključuje predvsem mikrobne in fotokemijske procese, v manjši meri pa k njej prispevajo tudi ribe in zooplankton. Najhitreje se razgradijo ogljikovi hidrati in proteini, počasneje pa lipidna frakcija. V poletnem razslojenem vodnem stolpu omenjena razgradnja sluzastih makroagregatov pomembno prispeva k manjši sedimentaciji organske snovi. Različno sestavo svežih površinskih in bolj zrelih makroagregatov v vodnem stolpu potrjujejo raziskave, pri katerih smo uporabili encimsko hidrolizo in spektroskopske metode, kot sta infrardeča spektroskopija in jedrska magnetna resonanca. Zaradi razgradnih procesov in drugih pretvorb so pridneni makroagregati vsebovali več »starajočih se« in razgrajenih fitoplanktonskih celic kot tudi večji delež organske

snovi, dušika in mineralnih delcev. Sluzenje morja traja tudi več mesecev (od maja/junija do septembra), njegov ponor pa je običajno povezan s slabimi vremenskimi razmerami, najpogosteje z burjo in nevihtami. Porušenje piknokline (gostotne meje) ter vzpostavitev homogenega vodnega stolpa prispevata k hitri sedimentaciji in nadaljnji razgradnji makroagregatov na morskem dnu. Primerjava rezultatov iz obdobja brez makroagregatov in tistih, v katerih so bili prisotni, kaže, da imajo ti epizodni pojavi le majhen vpliv na povprečno letno masno bilanco ogljika in dušika v obalnih območjih.

Kljub mnogim raziskavam sluzastih makroagregatov v severnem Jadranu pa vzroki in mehanizmi njihovega nastanka še danes niso popolnoma razjasnjeni. Prevladuje mnenje, da gre za naravni pojav, ki je v osnovi povezan s fitoplanktonom ter z njegovim razpadom in prekomernim izločanjem raztopljenih snovi. Pri tem gre za prehod makromolekularne raztopljene organske snovi (iz nasičene raztopine) v koloidno organsko snov in dalje v očesu vidne makroagregate. Koloidna organska snov ima v severnem Jadranu tudi pomembno vlogo pri vezavi, porazdelitvi, transportu in biološki dostopnosti kovin (še posebej živega srebra), polkovin in radionuklidov.

Na osnovi prikazanih raziskav, ki se vključujejo v raziskave globalnega biogeokemijskega kroženja organske snovi in biogenih elementov, smo leta 2015 v Piranu soorganizirali 22. Simpozij o okoljski biogeokemiji (*International Society for Environmental Biogeochemistry* - ISEB).



Pri raziskavah kroženja snovi vzorčimo suspendirano snov tudi s postavitvijo sedimentacijskih pasti. (Foto: arhiv MBP)

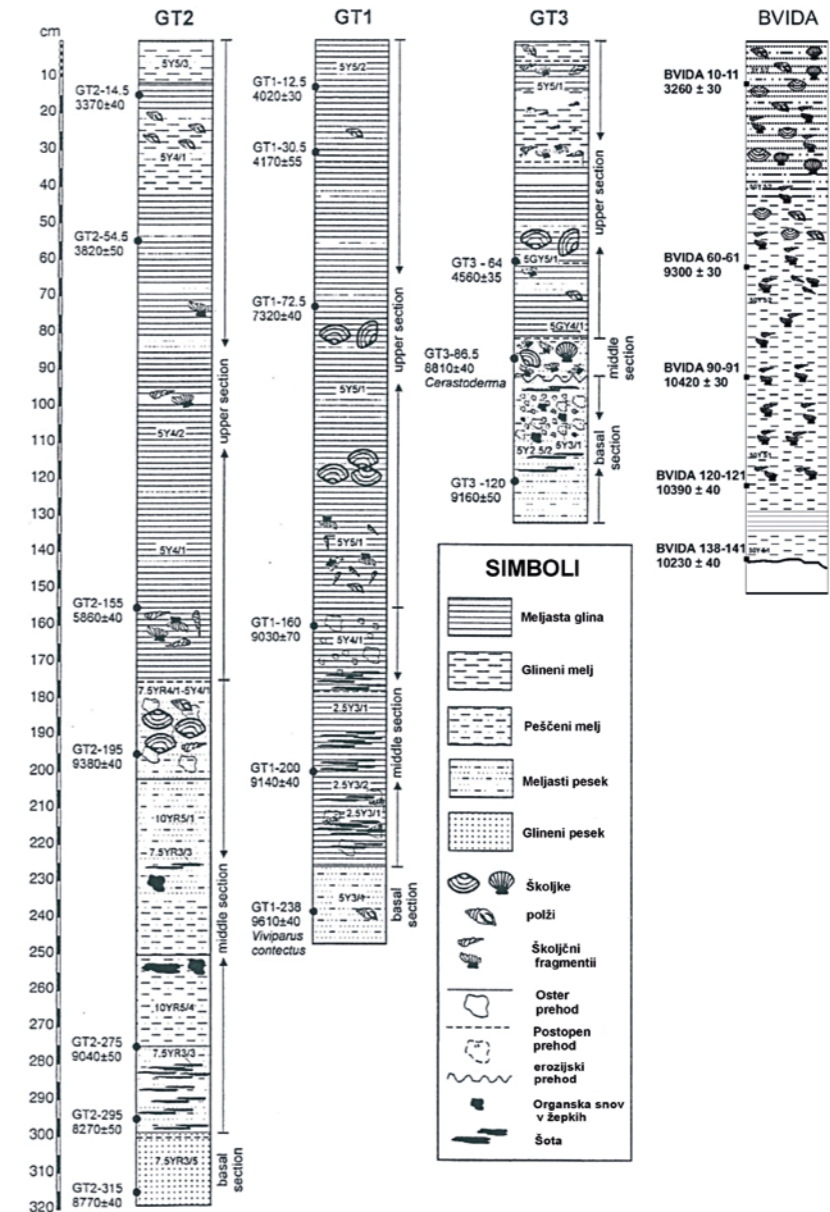
Sluzenje morja negativno vpliva na poletno kopalno sezono. (Foto: Valentina Turk)

Branko Čermelj  
Nives Kovač  
Jadran Faganeli

## SEDIMENT TRŽAŠKEGA ZALIVA – KNJIGA, KATERE SKRIVNOSTNE ZAPISE ŠE VEDNO ODKRIVAMO

Globalne podnebne spremembe so danes stalnica naših razmišljanj. Povečan vpliv človekove dejavnosti na naravne sisteme v zadnjih nekaj stoletjih je prekril naravni razvoj številnih regij v času pred človekovim posegom. Šele s proučevanjem obdobja pred človekom lahko bolje predvidevamo, kako se bo lokalno okolje odzivalo na sedanje in bodoče globalne spremembe, in nato zasnujemo dolgoročne ukrepe za zaščito tako naravnega kot grajenega okolja (infrastrukture). Raznolike plasti morskih sedimentov so kot strani v knjigi. Predstavljajo edinstven arhiv, v katerem nam fosilni ostanki, organska snov v sedimentih ter avtigeni in detritični minerali pričajo o podnebnih in okoljskih razmerah v preteklosti.

Tržaški zaliv hrani ključne podatke tako o lokalnih kot o globalnih okoljskih spremembah, ki jih povzročajo astronomski in tektonski dejavniki, dodatno pa še pritisk človekovih vplivov. Sedimentni material je v zaliv prispel na zelo različne načine. Nanesli so ga hudourniki, potoki, reke, veter, ledeniki. Najpogosteje so to različno veliki drobci kamnin, mineralov, ostanki organske snovi in na žalost dandanes vse pre pogosto tudi odpadki. Del sestavin pa se nahaja ali živi kar v samem morju. Praviloma posedanje sedimenta ni dirka s časom, odlaganje poteka počasi, čas je tu obrobnega pomena. V plitvem morju se ob obali lahko odloži nekaj milimetrov sedimenta na leto, v osrednjem delu zaliva je ta hitrost desetkrat nižja, na oceansko, globokomorsko dno pa se odloži 1 mm sedimenta vsakih 1000 let. To obenem pomeni, da je lahko 1 mm sedimenta zapis zgodovine enega leta ali pa 1000 let. Skozi geološko zgodovino so tako iz nekdanjih sedimentov nastale vse sedimentne kamnine. In vemo, da so iz sedimentnih kamnin naše



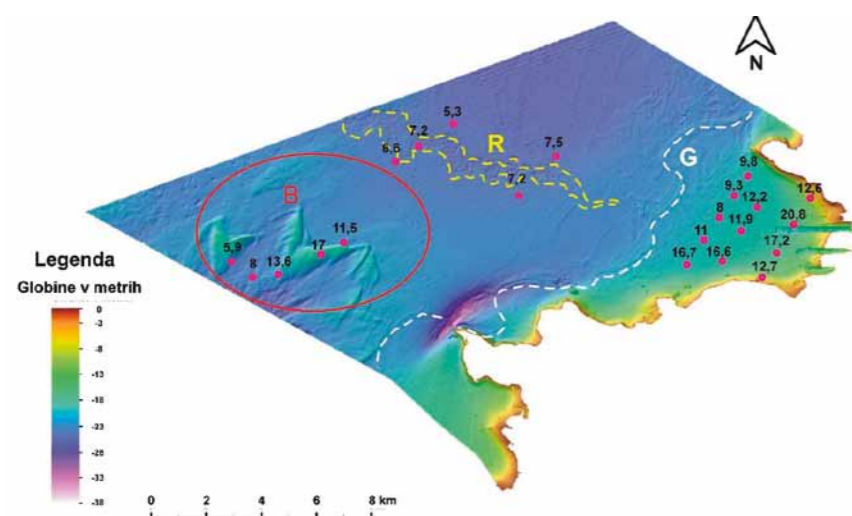
Kronostratigrafski presek skozi holocenski sediment na treh lokacijah v osrednjem delu Tržaškega zaliva (Covelli in sod., 2006) in na lokaciji pod oceanografsko bojo Vida.

gore. Prosesi, ki so nanje vplivali v obdobju od zgodnje do pozne faze preobrazbe v kamnine pa se odražajo v raznolikosti kamnin, ki nas obdajajo.

Sedimente Tržaškega zaliva lahko v grobem razdelimo na pliocensko-kvartarne in holocenske (sedimenti mlajši od ~11.000 let). Takšno ločevanje je umestno, saj sovpada z dvigom morske gladine po zadnji ledeni dobi, ko je morje doseglo ta najsevernejši zaliv Jadranskega morja. Debelina deloma kopenskih deloma morskih pliocensko-kvartarnih nanosov postopoma narašča proti sredini zaliva. Nekaj sto metrov debel sloj usedlin je posledica več ciklov

dviga morske gladine (transgresije) in umika morja (regresije) v času ledenih in medledenih dob. Ob istrski obali je material večinoma erodirani, eocenski fliš, deloma pa tudi kredni apnenec. V severnem delu zaliva pa je največji izvor tega materiala reka Soča, katere vpliv je čutiti vse do slovenske obale. Debelina morskih, holocenskih sedimentov (obdobje po zadnji ledeni dobi) pa ravno nasprotno upada proti sredini Tržaškega zaliva. Tam je hitrost sedimentacije tudi danes najnižja (0,2 mm/leto).

Sodobne akustične metode raziskav morskih sedimentov so v zadnjih dveh desetletjih dale novo razsežnost odkrivanju skrivnosti pod morskim dnom. S sonarji že desetletja merimo morske globine, toda zvok lahko prodre tudi pod morsko dno. V slovenskem delu zaliva tako prepoznamo potopljeni paleostrugi rek Rižane in neznane »Paleoreke«, izvore podtalne sladke vode, ki se napajajo iz eocenskih apnencev v podlagi holocenskih sedimentov pred Izolo, ter sipine v osrednjem delu zaliva.



Z akustičnimi metodami ocenjena debelina holocenskih morskih sedimentov na različnih točkah v slovenskem morju. Območje z oznako B je območje sipin, območje R označuje paleostrugo reke Rižane, območje G pa strugo »Paleoreke« (povzeto po Slavec, 2012)

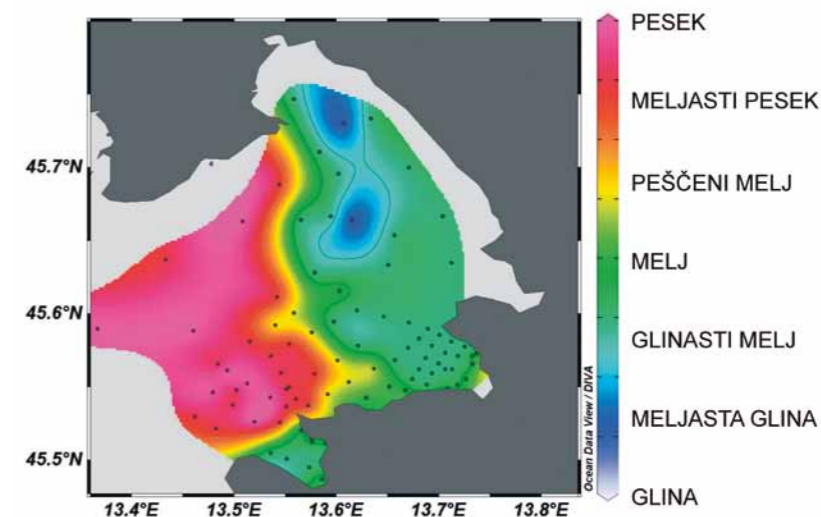
V slovenskem delu Tržaškega zaliva morfološko ločimo osrednji del zaliva, dva široko odprta zaliva, Piranski in Koprski, ter Sečoveljske soline. Oba omenjena zaliva sta potopljeni dolini rek Dragonje in Rižane. Povezuje ju podoben nastanek in relativno velika hitrost posedanja sedimenta. Nastala sta ob zadnjem dvigu morske gladine. Osrednji, odprti del Tržaškega zaliva je v morfološkem pogledu bolj preprost oz. bolj enoten. Tržiški zaliv na italijanski strani pa je nastal že nekoliko prej kot posledica odlaganja materiala, ki ga je prinesla reka Soča. Sečoveljske soline so zgrajene na močvirski ravnici ob izlivu reke Dragonje, vpete so med flišne plasti Šavrinskega gričevja na severu in apnenec Savudrijskega polotoka na jugu.



Sedimentno dno v osrednjem, odprtem delu zaliva je navkljub globini polno življenja. (Foto: Tihomir Makovec)

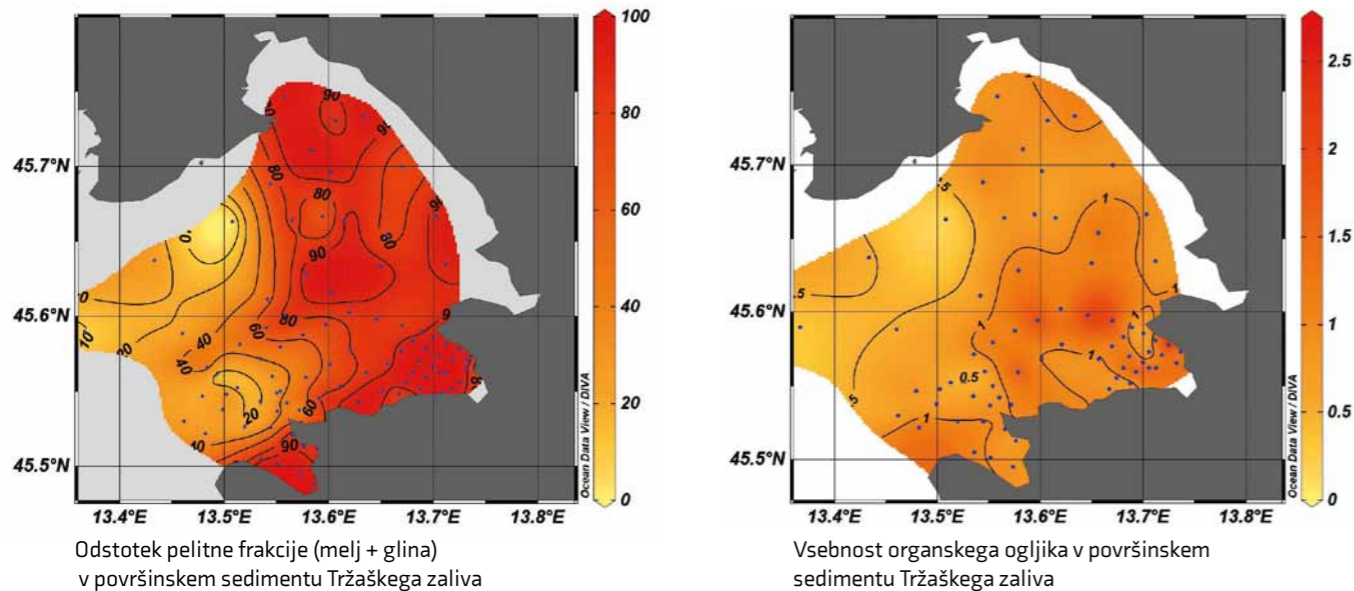
Zrnavost in mineralna sestava ponazarjata strukturo sedimentov. Temelje povojnih sedimentoloških raziskav v severovzhodnem Jadranu so položili nemški sedimentologi v 60-ih in 70-ih letih prejšnjega stoletja. V 80-tih letih pa je v sodelovanju z raziskovalci MBP prve tovrstne raziskave opravil Bojan Ogorelec s sodelavci Geološkega zavoda iz Ljubljane. V desetletju, ki je sledilo, je bilo opravljeno obsežno vzorčenje recentnega sedimenta, le redke lise

Sedimentološki prikaz površinskega sedimenta Tržaškega zaliva (klasifikacija po Shepardu)





na zemljevidu zaliva niso bile pregledane. V zadnjem desetletju so bile zapolnjene tudi te vrzeli in izdaja sedimentološke karte Tržaškega zaliva je le še vprašanje časa. Po velikosti ločimo v grobem tri velikostne razrede delcev: pesek (2–0,063 mm), melj (0,063–0,002 mm) in glino (<0,002 mm). Sediment Koprškega in Piranskega zaliva je pretežno glinasti melj z 20 do 40 % mineralov glin, v osrednjem delu, kjer velikost zrn naraste, prevladuje pesek, ki vsebuje do 45 % biogenega detrita. Zrnavosti ustrezno je spremenljiva tudi mineralna sestava sedimenta. Vsebnost celotnega karbonata v sedimentu se giblje med 20 in 75 % in narašča v smeri proti osrednjemu delu zaliva. Največje vrednosti celotnega karbonata so namerili na sredi zaliva, kjer so odraz akumulacije skeletov organizmov, in ob Savudrijskem polotoku, ki je zgrajen iz krednih apnencev. Na meji sediment-voda poteka obarjanje karbonatov, saj so vode prenasičene s kalcitom in aragonitom. Le v poletnem obdobju prihaja do raztapljanja karbonatov ob nastanku kislin.

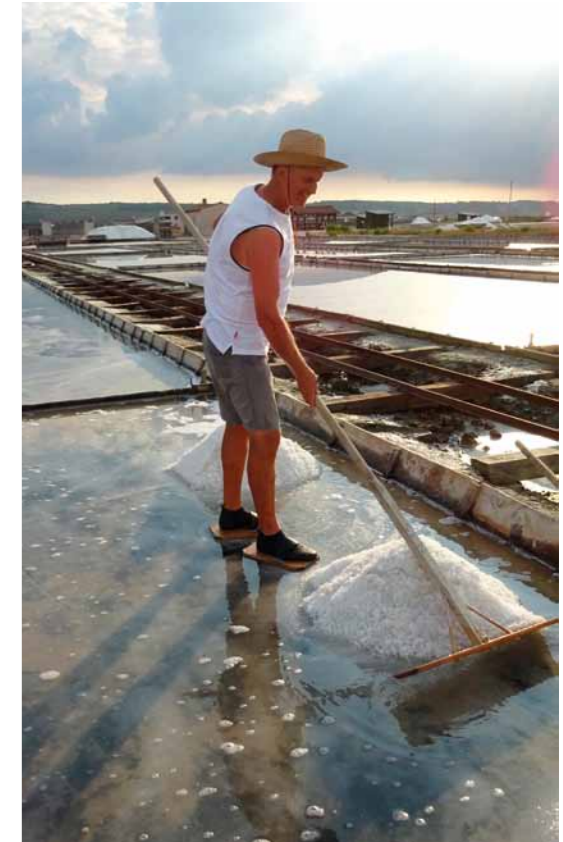


Vzporedno z raziskavami zrnivosti in mineralne sestave so potekale tudi biogeokemijske analize sedimentov. V začetnem obdobju po usedanju delcev in organske snovi so spremembe v sedimentu odvisne od pogojev na meji med vodo in sedimentom, predvsem pa od prisotnosti ali odsotnosti raztopljenega kisika v plasti pri dnu in tik nad njim. V tem obdobju je delež organske snovi, prisotne v sedimentih, največji, biološki procesi pa najpomembnejši. Prisotnost ali pomanjkanje raztopljenega kisika uravnava ravnovesje med oksidnimi in anoksidnimi procesi v

sedimentu. Na prodiranje kisika v globino sedimenta vplivajo različni dejavniki, kot so struktura, velikost, sestava sedimentov, koncentracija organske snovi, aktivnost organizmov (npr. bioturbacija), koncentracija kisika v vodi nad sedimentom in drugi fizikalni dejavniki (temperatura, tokovi itd.). Večina sedimentnih kamnin (~75 %) je v geološki zgodovini nastajala v anoksičnih pogojih, saj je sestava atmosfere, kakršno poznamo danes, relativno novejšega nastanka.

Biogeokemijske lastnosti sedimentov najbolje odražajo elementi, ki sestavljajo organsko snov (ogljik, dušik, fosfor in žveplo), in elementi v sledovih ter kovine, polkovine in druge nekovine. Elementna sestava organske snovi odsljkava zgodnje diagenetske razmere v sedimentu ter kroženje organske snovi med vodo in sedimentom, koncentracije elementov v sledovih pa praviloma kažejo na geološko ozadje, vnos kovin v morje oz. vpliv kopnega v zaledju. Najvišje vrednosti vseh treh organogenih elementov, ogljika, dušika in fosforja, so praviloma omejene na glinene melje v notranjosti široko odprtih Piranskega in Koprškega zaliva in deloma tudi na glinene melje v osrednjem delu Tržaškega zaliva. Koncentracija organskega ogljika v sedimentu Tržaškega zaliva je spremenljiva, v razponu od 0,5 do 3,0 utežnih %. Nekoliko manj spremenljivi sta koncentraciji celotnega dušika (0,03–0,5 ut. %) ter celotnega fosforja (150–550 ppm). Pretežni del celotnega dušika predstavljajo organsko vezani dušik in tri anorganske frakcije: amonij, nitrit in nitrat. Med njimi s približno 90 % prevladuje amonijev ion in večji del le-tega je ujet v kristalno strukturo mineralov glin, še zlasti illita. Povprečni sediment osrednjega dela Tržaškega zaliva vsebuje okoli 0,5 ut. % neproteinskega, manj reaktivnega organskega ogljika. To je tisti del organske snovi, ki se v sedimentu ohranja skozi dolga obdobja (lahko nekaj tisoč let) in ga lahko tokovi nekajkrat presedimentirajo vzdolž osrednjega dela zaliva. Debelozrnati melji in meljasti peski v zunanem delu Tržaškega zaliva vsebujejo najmanj organogenih sestavin. Temu botrujejo tokovi pri dnu, ki prenašajo velik del glinene frakcije proti osrednjemu delu Tržaškega zaliva, skupaj z njo pa prenašajo tudi organsko snov. V odprtem delu zaliva je glinene frakcije v sedimentu manj kot 10 ut. %, v meljastih peskih zunanjega prehodnega območja pa manj kot 15 ut. %. Sedimenti, ki vsebujejo 40 % glinene frakcije, vsebujejo približno 1,5 ut. % organskega ogljika, sedimenti s samo 10 % glinene frakcije pa manj kot 0,5 ut. %.

Povečana prisotnost živega srebra (Hg) v sedimentu Tržaškega zaliva je zagotovo ena izmed bolj neprijetnih lastnosti zaliva. Po naravni poti, po rekah Idrijci in Soči, je živo srebro tisočletja dotekalo v morje, rudarjenje v Idriji pa je naravni vnos samo še povečalo. K



Raziskovalci MBP smo v sodelovanju s podjetjem SOLINE Pridelava soli d. o. o. na območju Krajinskega parka Sečoveljske soline raziskovali solinski sediment, slanico in sol. (Foto: Nives Kovač)



Vzorčenje nekaj milimetrov debele mikrobne preproge, t. i. petole, ki prekriva dno kristalizacijskih bazenov v Sečoveljskih solinah (na sliki: Neli Glavaš). Petola je sestavljena iz različnih mikroorganizmov (bakterije, mikroalge, glive) in mineralov (kremen, karbonati, sadra, halit, glineni minerali ...). Prevladujoči mikroorganizmi petole so nitaste cianobakterije vrste *Coleofasciculus chthonoplastes*.

temu je pripomoglo tudi živahno trgovanje z njim v 18. in 19. stoletju skozi tržaško pristanišče. In v sedimentu je zabeleženo tudi to. Koncentracija Hg v trdni fazi sedimenta hitro upada z večanjem razdalje od ustja Soče. V zgornjih 5 cm sedimenta najvišje izmerjene vrednosti Hg ob ustju reke Soče presegajo 14 µg/g suhe teže sedimenta, v osrednjem delu zaliva so te vrednosti med 0,5 in 2,0 µg/g suhe teže sedimenta. Ob slovenski obali južno od Ankara na so vrednosti pod 0,5 µg/g suhe teže sedimenta, vhod v Tržaški zaliv na jugozahodni strani pa je s Hg najmanj obremenjeni del in je primerljiv s koncentracijami, ki so značilne za naravno ozadje (naravno ozadje).

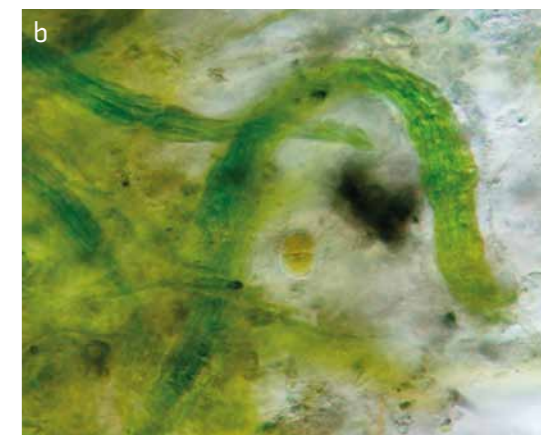
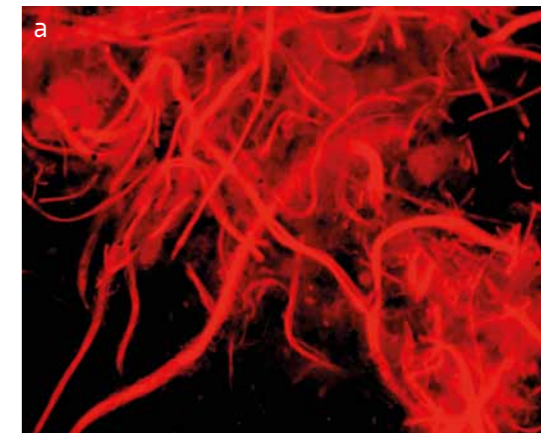
Viri železa (Fe), kadmija (Cd), bakra (Cu), mangana (Mn), niklja (Ni) in kroma (Cr) so preperevanje kamnin ob zalivu, rečni ali hudourniški vnosi in izpusti čistilnih naprav, ko gre za svinec (Pb) in cink (Zn) pa predvsem reka Soča. Vsebnosti naštetih kovin postopoma upadajo z oddaljenostjo od obale. Njihove koncentracije so odvisne od prisotnosti drobne frakcije v sedimentu, na katero se najbolj adsorbirajo.

Vsebnost kovin in polkovin (posebno potencialno strupenih) ter drugih anorganskih in organskih sestavin je pomembna za nadaljnjo uporabo sedimentov. V hiperslanem okolju na sedimentu Sečoveljskih solin poteka pridelava soli, črno solinsko blato ali t. i. fango in tudi slanica pa se že stoletja tradicionalno uporabljata v

obalnih zdraviliščih in velnes centrih za zdravilne, lepotne in sprostitvene namene. Kljub stoletni tradiciji solinarstva in balneologije v slovenskem Primorju je znanstvenih raziskav v povezavi s pridelavo soli in uporabo solinskega blata še vedno premalo. Zato so v zadnjem desetletju na MBP potekale intenzivne raziskave solinskega sedimenta, vključno s petolo, tj. mikrobno preprogo kristalizacijskih bazenov, kjer poteka pobiranje soli. Posebno pozornost smo namenili raziskavam kemične sestave in strukture mikrobne združbe petole v odvisnosti od sezonske dinamike z uporabo klasičnih in sodobnih analiznih pristopov (FTIR in NMR spektroskopija, vrstična elektronska mikroskopija itd.). Ugotovili smo, da imajo mikroorganizmi petole in njihove zunajcelične polimerne snovi (EPS) "inženirsko" vlogo, saj oblikujejo tridimenzionalno organsko omrežje. To posredno vpliva na postopke pridelave soli, na njeno sestavo in kakovost. V primeru solinskega blata pa smo raziskali potencial mobilnosti kovin in polkovin ter njihovo biološko razpoložljivost in geokemične in termofizikalne lastnosti, ki neposredno vplivajo na potencialno rabo tega sedimenta kot zdravilnega blata. Z uporabo multidisciplinarnega pristopa smo znanstveno potrdili njihovo primernost za terapevtske ali estetske namene.



Na slovenski obali sega uporaba zdravilnih solinskih produktov v 13. stoletje. Raziskovalci MBP smo v okviru nacionalnih projektov in mednarodnega sodelovanja podrobneje raziskali in določili geokemične in termofizikalne lastnosti zdravilnega solinskega blata oziroma t. i. fanga. (Foto: arhiv Lepa Vida SOLINE Pridelava soli d. o. o.)



Nitaste cianobakterije petole lahko opazujemo z uporabo različnih mikroskopskih tehnik. Posnetki petole, narejeni s pomočjo epifluorescentnega mikroskopa pri različnih valovnih dolžinah (a, b; foto: Valentina Turk) in z vrstično elektronsko mikroskopijo (c; povzeto po Glavaš in sod., 2018)

Oliver Bajt  
Andreja Ramšak  
Mateja Grego

## ALI JE NAŠE MORJE ONESNAŽENO?

Slovensko obalno območje je v zadnjem obdobju doživelo hiter razvoj, kar se kaže tudi v naraščanju prebivalstva, intenzivnejši proizvodni dejavnosti, kmetijski dejavnosti, turizmu in razvoju prometa. Gostota naseljenosti je približno dvakrat višja kot v drugih delih Slovenije, večina vseh prebivalcev pa živi v ozkem pasu ob obali. Še pred desetletjem je to pomenilo pomemben vir onesnaževanja obalnega morja, na srečo se je stanje v zadnjih desetih letih precej izboljšalo zaradi obnovitve čistilnih naprav, ki komunalne odplake očistijo pred izpustom v morje. Na naše morje

Klapavica (*Mytilus galloprovincialis*) je občutljiv organizem in je pogosto uporabljena v ekotoksikoloških študijah, s katerimi ugotavljamo stopnjo onesnaženosti morskega okolja. (Foto: Andreja Ramšak)



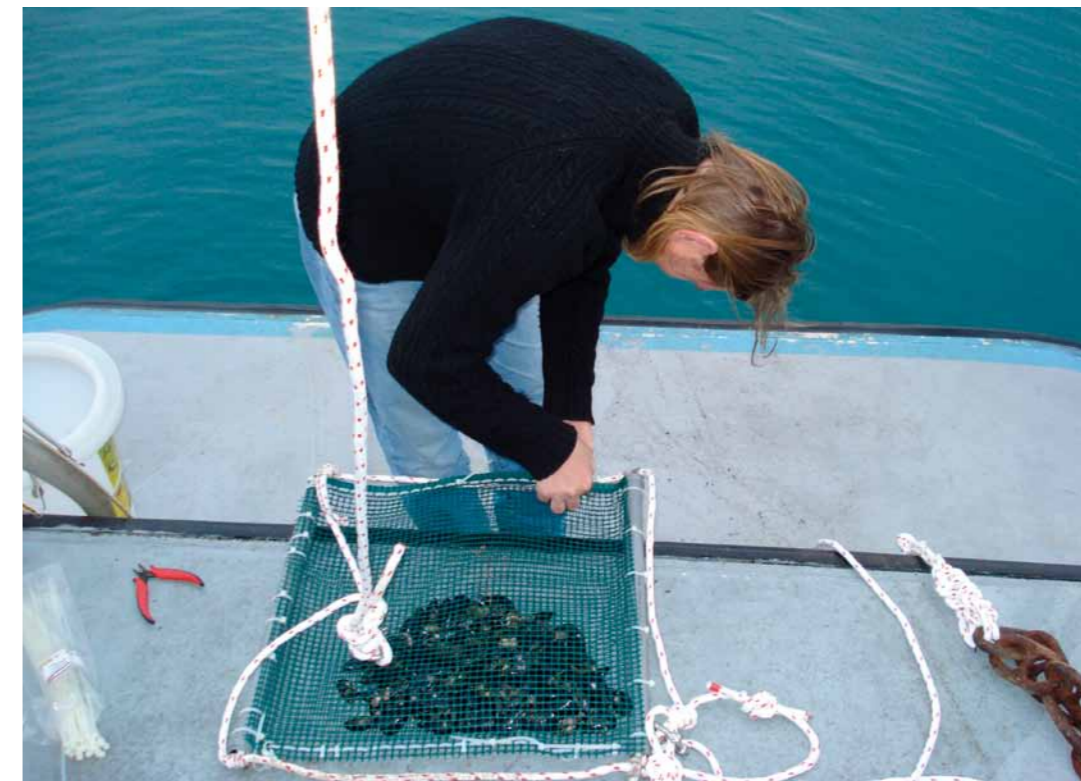
### Ali je naše morje onesnaženo?

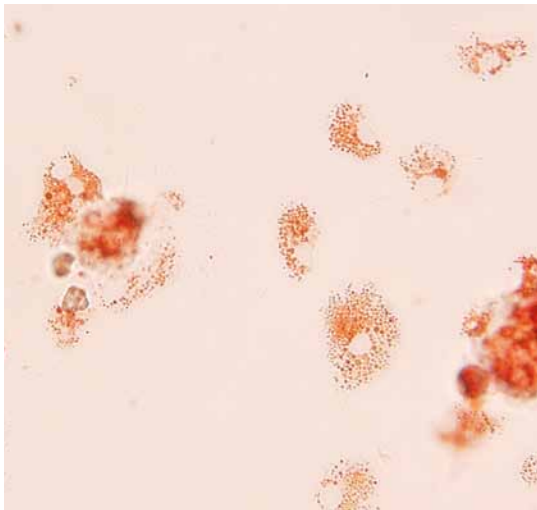
vplivajo tudi drugi viri onesnaževanja. Reke, ki se izlivajo vanj (Rižana, Badaševica, Drnica, Dragonja), prinašajo tudi industrijske odpadne vode in vode, ki spirajo kmetijske površine v zaledju, na katerih gojijo predvsem sezonsko zelenjavo, sadje, vinsko trto in oljke. Tudi nekatere dejavnosti na morju, kot je marikultura, pomenijo vir onesnaževanja, ki pa je omejen na samo območje gojenja oz. na oddaljenost nekaj deset do sto metrov. Poseben potencialni vir onesnaževanja predstavlja pristanišče Luka Koper z različnimi terminali, kot so npr. terminal za naftne derivate, terminal za kemikalije in premogovni terminal. Ob obali našega morja so tudi tri marine, vsako mesto pa ima tudi svoje komunalno pristanišče. Seveda pa našega morja ne moremo obravnavati ločeno, brez upoštevanja razmer v celotnem Tržaškem zalivu. Pomemben točkasti vir onesnaževanja je reka Soča, ki v svojem povodju zbira industrijske ter komunalne odpadne vode in vode, ki spirajo območja opuščanih rudnikov svinca (reka Koritnica) in živega srebra (reka Idrija). Za ves Tržaški zaliv je pomemben intenzivni pomorski promet v pristanišča v Trstu, Kopru in Trzinu, še zlasti prevoz surove nafte in naftnih derivatov, katerih letna količina še vedno narašča. V celotnem Tržaškem zalivu je razvit tudi navtični turizem z več marinami.



Pobiranje košar s klapavicami ob koncu poskusa  
(Foto: Janez Forte)

Priprava košar za poskus; klapavice so v morski vodi izpostavljene kemikalijam, katerih škodljive učinke ugotavljamo z laboratorijskimi analizami  
(Foto: Andreja Ramšak)





Obarvani lizosomi v celicah iz hemolimfe klapavic. Če klapavice živijo v onesnaženem okolju, njihovi lizosomi ne morejo zadrževati barvila, ker kemikalije iz okolja poškodujejo njihove membrane. (Foto: Danijela Domazet)

Klapavice stehamo in izmerimo, nato sledijo občutljive laboratorijske analize, s katerimi ugotavljamo, ali so v okolju nevarne kemikalije ali školjkam škodljivi paraziti. (Foto: Andreja Ramšak)



**Kovine** so zelo obstojna onesnaževala v okolju in se kopičijo v sedimentih in morskih organizmih. Pri višjih koncentracijah postanejo za organizme škodljive. Mnogo kovin je tudi naravnega izvora, saj so sestavina mineralov, ki sestavljajo morske sedimente in kamnine na obali (npr. sestavine glin). Za večino najpomembnejših kovin (svinec, železo, mangan, cink, baker, krom in kadmij) velja, da so koncentracije v sedimentih višje v obalnem območju in se znižujejo proti odprtemu morju, ker jih v morje prinašajo reke. Pri živem srebru je stanje nekoliko drugačno, saj reka Soča vnaša pomembne količine te kovine v morje Tržaškega zaliva, a se na srečo koncentracija proti slovenski obali precej zniža. Ne moremo pa vsega tega pripisati onesnaževanju. Koncentracije kovin v nekaterih vrtnah na dnu slovenskega morja, ki so zajele več tisoč let stare sedimente, se namreč ne razlikujejo bistveno od koncentracij iz sedanjega obdobja. To kaže na pomemben naraven vir kovin v našem morju.

Vsebnosti svinca in živega srebra spremljamo tudi v tkivu užitne klapavice (*Mytilus galloprovincialis*). Školjke so primeren organizem za spremljanje onesnaženosti z različnimi onesnaževali, saj so filtratorski organizmi. Prehranjujejo se tako, da filtrirajo večje količine vode in v svojem tkivu kopičijo različne snovi. Koncentracije v



školjkah, nabranih v Koprskem zalivu, kjer je največ potencialnih virov onesnaževanja, so bile v zadnjih letih primerljive z vsebnostmi na referenčni postaji v Strunjanskem zalivu. Tudi primerjava koncentracij s tistimi izpred tridesetih let pokaže, da se vsebnosti obravnavanih težkih kovin v užitnih klapavicah niso bistveno spremenile.

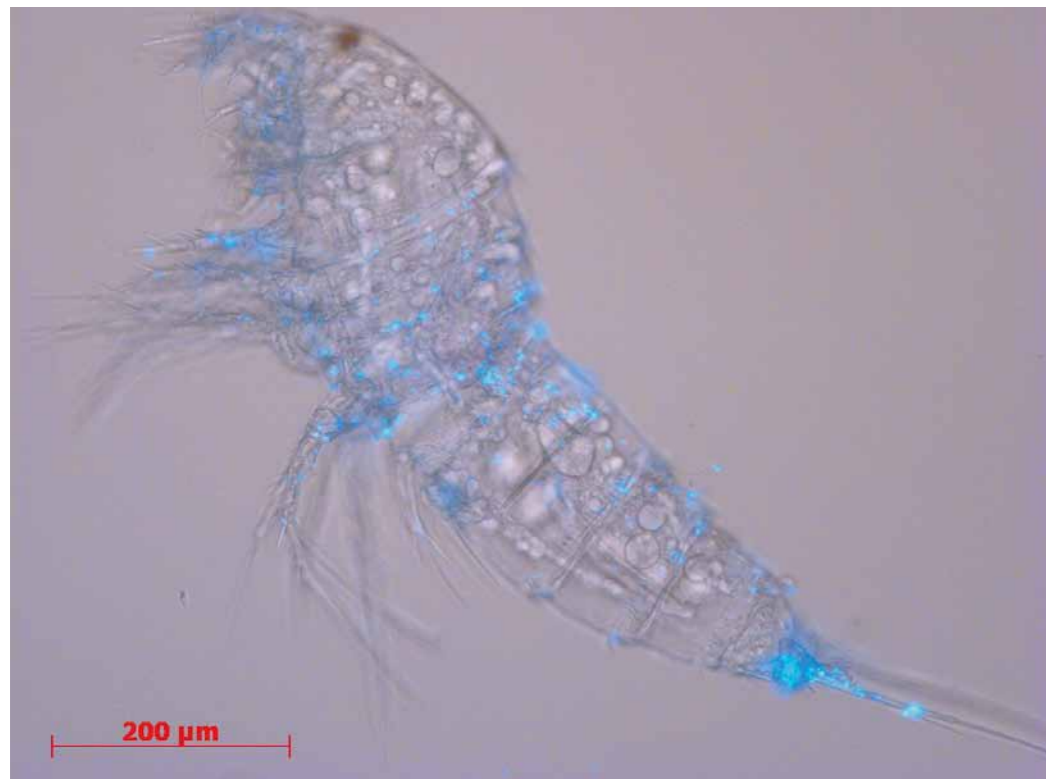
Najpomembnejša **organska onesnaževala** v našem morju so ogljikovodiki in organokositrove spojine. Koncentracije drugih onesnaževal (klorirani pesticidi, halogenirane organske spojine, poliklorirani bifenili – PCB, ftalati...) so pričakovano nizke, saj na našem obalnem območju ni pomembnih virov onesnaževanja s temi snovmi. Alifatski in policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH-i) so spojine, ki v naravno okolje pridejo kot posledica razlitiij nafte in derivatov, nastajajo tudi pri gorenju fosilnih goriv, poznamo pa tudi naravne vire teh spojin. Vsebnosti alifatskih ogljikovodikov in PAH-ov v površinskih sedimentih slovenskega morja so v glavnem višje na območjih bližje obali, proti sredini Tržaškega zaliva se koncentracije znižajo. Koncentracije ogljikovodikov so najvišje v portoroški marini, povišane so še v Luki Koper ter v sredini Tržaškega in Koprškega zaliva. To jasno kaže na vpliv pomorskega prometa in navtičnega turizma. V sredini Koprškega in Tržaškega zaliva pa se kaže tudi vpliv obeh mest (odplake, kurišča v zimskem času). V primeru alifatskih ogljikovodikov je močno izražen tudi naravni vir, tako vnos organske snovi z rekami, iz katere v

Ribe so zelo občutljive na določene kemikalije v okolju, še posebej vrste, ki živijo na morskem dnu, kjer se kemikalije kopičijo zaradi posedanja na organskih delcih. Črni glavač (*Gobius niger*) je primerna bioindikatorska vrsta, ki je občutljiva na onesnaženje z obstojnimi organskimi kemikalijami, kot so PCB-ji; na sliki je samica črnega glavača. (Foto: Tihomir Makovec)

morskih sedimentih nastanejo tudi alifatski ogljikovodiki, kot tudi sinteza nekaterih ogljikovodikov v morskih mikroalgah. Vsebnost ogljikovodikov, alifatskih in PAH-ov, v užitnih klapavicah, nabranih ob vhodu v Luko Koper v zadnjih nekaj letih, je bila približno dvakrat višja v primerjavi s tisto v Strunjanu, ki velja za neonesnaženo območje našega morja. To kaže na razmeroma majhen vpliv pomorskega prometa na onesnaževanje. Primerjava koncentracij ogljikovodikov v sedimentih in školjkah našega morja s tistimi z drugih območij po svetu namreč pokaže, da je naše morje v splošnem le zmerno onesnaženo s temi snovmi.

Uporaba organokositrovih spojin je poznana v industriji, kmetijstvu in medicini, za morsko okolje je najpomembnejša kot dodatek k barvam za plovila, saj preprečuje obrast na plovilih. Najpomembnejši je tributilkositer (TBT) skupaj z razgradnima produktoma dibutilkositrom (DBT) in monobutilkositrom (MBT). Uporaba teh snovi je že več kot deset let prepovedana, a so še vedno prisotne v morskem okolju. Najvišje koncentracije TBT v morski vodi so bile izmerjene v slovenskih marinah, drugje pa so koncentracije precej nižje. Tudi koncentracije obeh razgradnih produktov, DBT in MBT, so bile višje v marinah. Nekoliko drugačno sliko riše onesnaženost sedimentov. Poleg višjih vsebnosti v

Delci mikroplastike na hitinu drobnega rakca; ko ga plenilec požre, vstopi mikroplastika v prehranjevalno verigo. (Foto: Mateja Grego)



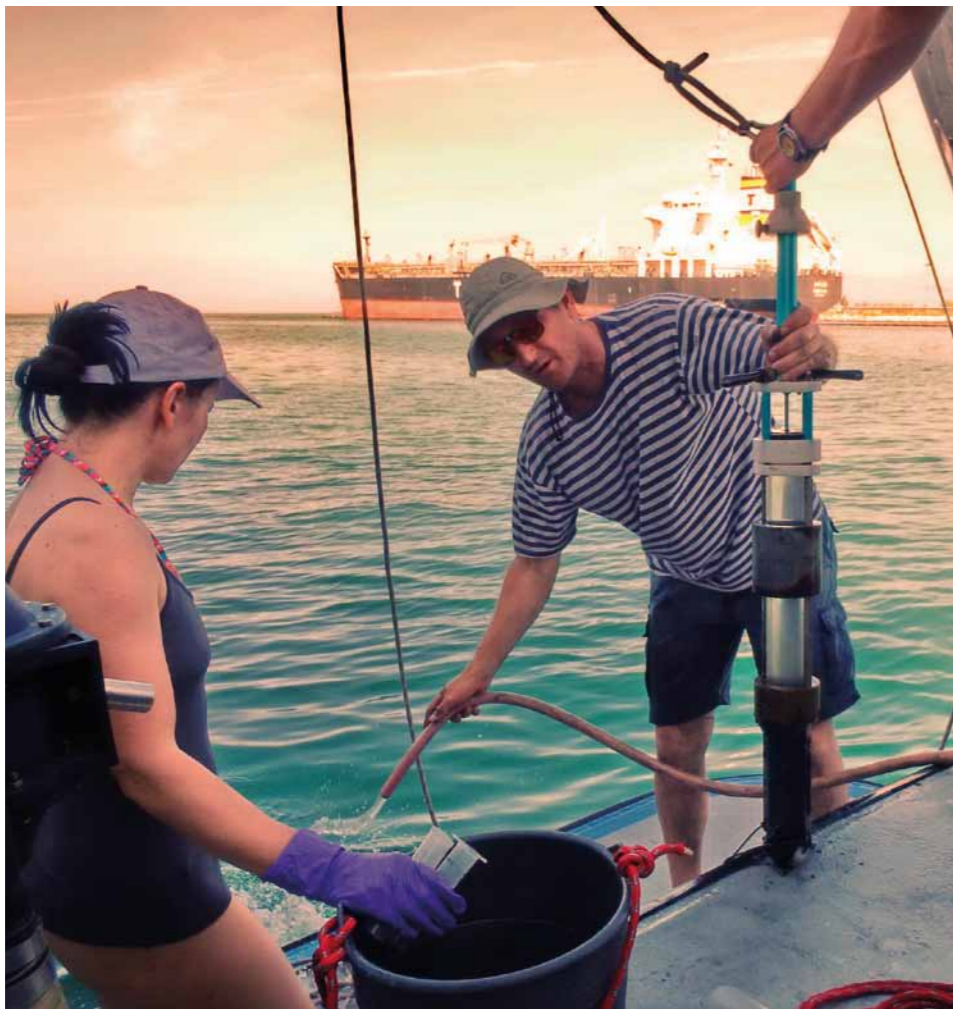
marinah so bile višje koncentracije izmerjene tudi v Koprskem zalivu. To kaže na preteklo dolgotrajno onesnaževanje in kopičenje teh snovi v sedimentu. Sproščanje organokositrovih snovi iz sedimentov je najverjetneje tudi botrovalo povišanim koncentracijam v morski vodi, te so večkratno presegle predpisane okoljske standarde iz Okvirne direktive o vodah (2000/60/ES). Ob zadnjih meritvah so se koncentracije organokositrovih spojin znižale, kar bi lahko vodilo do boljše ocene okoljskega stanja pri naslednji presoji.

**Mikroplastika** so drobni delci plastike velikosti od približno 1 μm do 5 mm. Do vnosa mikroplastike v morje prihaja s spiranjem s kopnega, z rečnimi vnosi in iz čistilnih naprav. V slednjih se sicer odstrani več kot 97 % plastike iz odpadne vode, ki pa še vedno zaradi ogromnih količin bistveno prispeva k onesnaženju morja s plastiko. Mikroplastika nastane tudi v morju z razpadanjem večjih kosov plastike, npr. platenk, zabojev, gum, ribiških mrež, ter mrež, ki jih uporabljajo za gojenje morskih organizmov. Mikroplastika je sporna tudi zato, ker vsebuje različne strupene dodatke, ki jo naredijo bolj obstojno, hkrati pa je nosilec drugih snovi, ki so nanjo vezane. Prisotnost mikroplastike določamo v morski vodi, na morskem dnu in v morskih organizmih. Mikroplastiko najdemo tudi v organizmih, ki so pomembni v človekovi prehrani. V želodcih brancinov in orad iz portoroškega ribolovnega rezervata smo poleg običajne hrane našli tudi več različnih vrst plastike, največ je bilo polietilenskih ali poliamidnih niti ali fragmentov. Prav tako so bile plastične niti prisotne v užitnih klapavicah. Raziskovali smo tudi, koliko je mikroplastike v morskih sedimentih in ugotovili, da so nekatera območja našega morja bolj onesnažena, npr. obalni pas od Simonovega zaliva do Mesečevega zaliva, ki je izpostavljen burji. Tudi v sedimentih najdemo največ plastike v obliki niti, nekaj v obliki fragmentov ter manj v obliki folije. V sedimentu živijo številni drobni organizmi, kopepodni raki, ki so na nižjem nivoju prehranjevalnega spleta, saj se z njimi prehranjujejo večji bentoški organizmi in ribje mladice. Bentoške kopepodne rake smo hranili s fluorescentno obarvanimi plastičnimi granulami mikrometrskih velikosti, ki pa jih raki niso pojedli, ampak so se delci zalepili na njihov zunanji skelet. To negativno vpliva na gibljivost drobnih organizmov in tudi tako se mikroplastika prenaša po prehranskem spletu do višjih prehranjevalnih nivojev.

Morski organizmi, ki zasedajo različne niše in prehranjevalne nivoje, ter še posebej vrste, ki so sposobne biokemične razgradnje različnih snovi, so primerni **bioindikatorski organizmi**, preko katerih ocenimo škodljivost onesnaževal. Bodisi da v organizmu



Plastične niti v morskem sedimentu (Foto: Mateja Grego)



Vzorčenje morskih sedimentov z uporabo gravitacijskega jedrnika (Foto: arhiv MBP)

merimo koncentracije izbranih onesnaževal ali fiziološke odzive nanje, imajo te meritve veliko uporabno vrednost predvsem, ko jih lahko opravimo kmalu po onesnaženju in služijo kot zgodnje opozorilo. V ta namen raziskujemo odziv na onesnaženje z že prej omenjenimi onesnaževali v klapavicah in tudi v ribah, še posebej so primerne vrste, ki se ne selijo in žive na morskem dnu, kot so črni glavači (*Gobius niger*). Odzive merimo z različnimi biomarkerskimi testi. Eden takih je metalotioneinski test; metalotioneini so namreč zaščitne beljakovine, ki nase vežejo odvečne ione nekaterih kovin in tako zaščitijo organizem pred njihovimi škodljivimi vplivi. Zelo uporabne so meritve encimske aktivnosti določenih encimov, kot so etoksiresorufin-*D*-etilaza (EROD), glutation-*S*-transferaza in katalaza, ki sodelujejo pri razgradnji onesnaževal ali pa zavirajo njihovo delovanje (npr. organofosforni pesticidi zavirajo delovanje acetilholinesteraze). Pogosto onesnaženja v vodi ne

vidimo, a ga lahko s takimi testi zaznamo. Če je, na primer, aktivnost EROD povišana, vemo, da je riba živela v okolju, onesnaženem s PAH-i in PCB-ji. Povišana aktivnost ostane še tri tedne po akutnem onesnaženju.

Od leta 1999 in vse do leta 2012 smo v tkivih klapavic merili koncentracije kadmija in živega srebra ter metalotioneine. Rezultati meritev so pokazali, da mejne vrednosti obeh kovin niso bile nikoli presežene. Meritve aktivnosti katalaze in glutation-*S*-transferaze ravno tako niso kazale povečanih vrednosti, ki so značilne za onesnažena okolja, prav tako vrednosti acetilholinesteraze niso bile znižane. Številne kemikalije povzročijo tudi poškodbe DNA, kar ima lahko daljnosežne posledice. Analize trajnih poškodb DNA v različnih tkivih klapavic ter tudi prehodne poškodbe DNA so pokazale, da so klapavice v obalnem pasu zdrave.

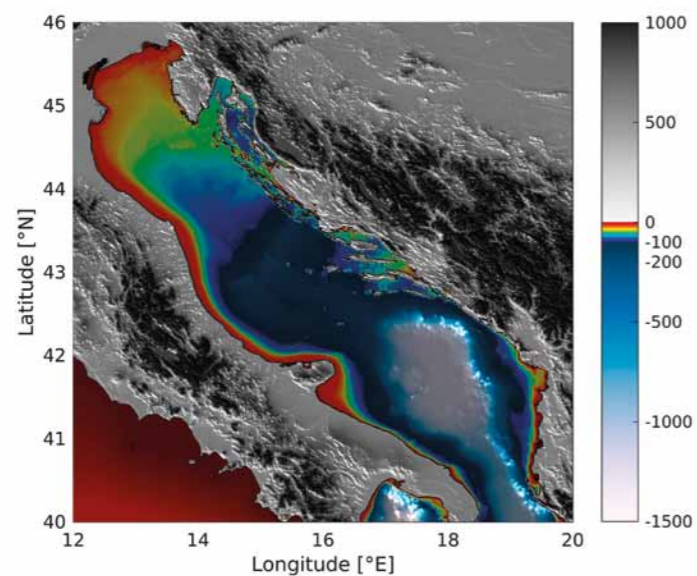
Na koncu se lahko vprašamo, ali je naše morje res tako onesnaženo, kot se večkrat sliši med prebivalci Slovenije in občasno prebere v naših medijih? Ni! Seveda se opazi določen vpliv človekovih dejavnosti, a ta še zdaleč ne povzroča pomembnejšega onesnaževanja slovenskega morja. Žal slednje ne velja za mikroplastiko, vendar pa to novodobno onesnaženje ni značilno samo za naše morje, temveč je velik globalni problem.

Soxhlet ekstrakcija organskih onesnaževal iz vzorcev morskih sedimentov (Foto: Oliver Bajt)



Matjaž Ličer, Boris Petelin  
Martin Vodopivec, Branko Čermelj  
Borut Umer, Vlado Malačič

## FIZIKA MORJA NA MBP: SPREHOD MED MATEMATIČNIMI MODELI IN MERITVAMI

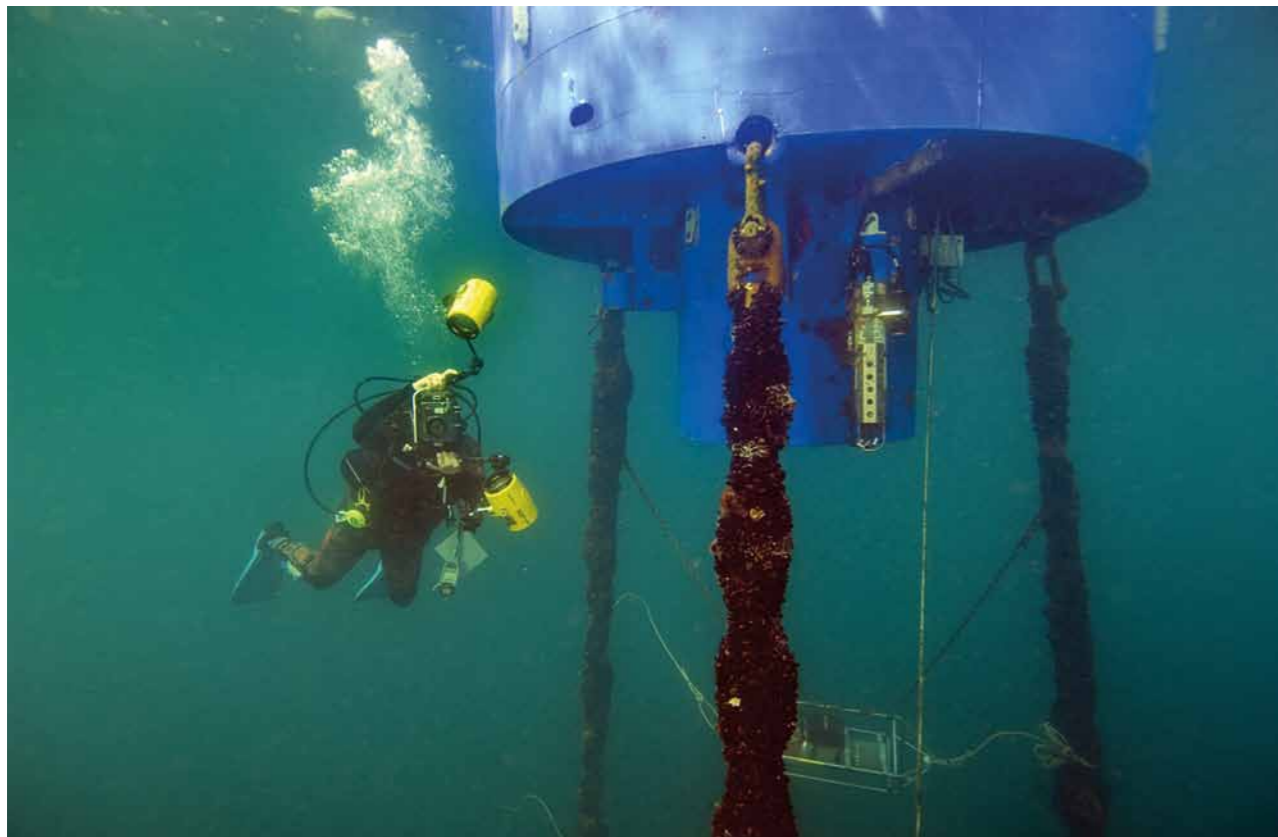


Oblika morskega dna (t. i. batimetrija)  
Jadranskega morja

Fizikalna oceanografija je veja geofizike tekočin, ki se ukvarja s fizikalnimi zakonitostmi morja. Enačbe fizikalne oceanografije so pogosto poenostavljene in zanemarijo številne vplive ali jih opisujejo zgolj v grobem, vseeno pa morajo korektno opisati tisti segment procesov, ki nas zanima. Sistemu matematično-fizikalnih enačb, ki opisujejo vedénje morja, pravimo *matematično-fizikalni model morja*. Poenostavljene modele rešujemo analitično, kompleksnejše, ki zajemajo hkrati več pomembnih odvisnosti, pa rešujemo z računalniškimi simulacijami. Kakorkoli že pridemo do rešitve, pa vselej velja: *dober* je tisti opis morja, katerega rešitve sistema enačb se skladajo z *opazovanji* procesa.



Boja Vida, dve miljii severno od piranskega  
Rta Madona (Foto: arhiv MBP)



Boja Vida in potapljač MBP pod vodo  
(Foto: Tihomir Makovec)

Opazovanj, s katerimi lahko primerjamo matematične modele, je premalo ali pa jih sploh ni. Oceanske meritve so pogosto drage, saj so oddaljene od obale, za njih potrebujemo raziskovalna plovila, posadko, ekipo vzdrževalcev, potapljače, robustno nerjavečo in natančno merilno opremo, pogosto tudi boje ali priveze, kamor merilne instrumente pritrdimo, itn. Poleg tega se procesi v morju odvijajo v različnem prostorskem in časovnem merilu: nekatere spremembe se odvijajo v metrskem merilu in s tipičnimi časi nekaj ur ali celo nekaj sekund (recimo premikanje gladine morja s površinskimi valovi), spet drugi se odvijajo na razdaljah stotin kilometrov in v obdobjih mesecev ali let (recimo povprečne tokovanje v celotnem Jadranskem bazenu). Slehera posamezna meritev zato običajno zajame zgolj omejen segment v mozaiku morske dinamike.

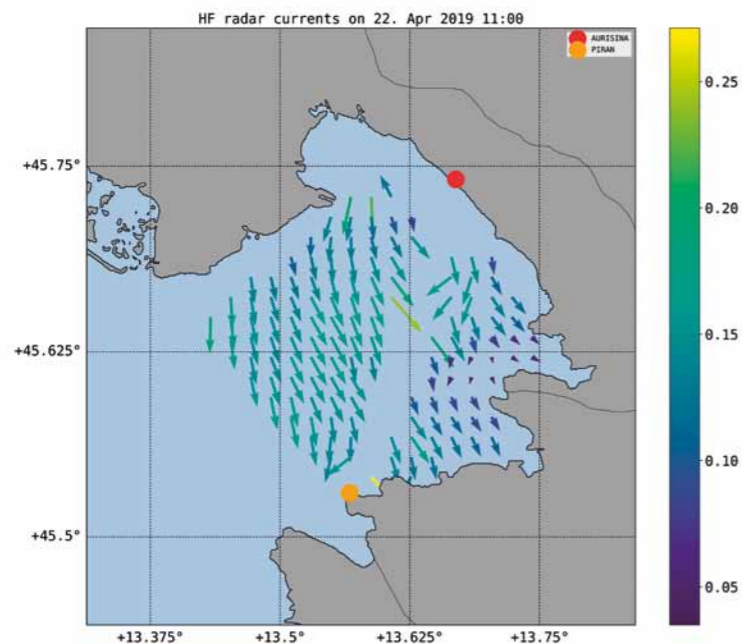
Medtem ko so meritve morja ostro zamejene v prostoru in času, nam po drugi strani matematični modeli ponujajo širšo sliko morja, na podlagi katere lahko nato sklepamo o gibanju planktona, meduz, odplak, naftnih razlitij ter nenazadnje tudi plastičnih odpadkov, ki danes predstavljajo enega največjih ekoloških problemov. Fizikalno stanje morja je zato pogosto oder, na katerem potekajo kompleksnejši procesi, ki jih proučujejo druge morske vede.



Visokofrekvenčni radar (24,5 MHz) morskih tokov v Piranu – sprejemne antene so pritrjene na lesene stebre ograje. (Foto: arhiv MBP)

Med ljudmi, ki so tlakovali pot fizikalnim meritvam v severnem Jadranu ter s tem tudi slovenski oceanografiji, gre omeniti morskega biologa Jožeta Štirna, ki je leta 1965 vodil prva sistematična vzorčenja oceanografskih razmer v severnem Jadranu. Rezultate teh križarjenj je leta 1968 popisal France Bernot. Leta 1970 se je Jože Štirn pridružil ravno ustanovljeni MBP tedanjega Inštituta za biologijo (kasneje Nacionalnega inštituta za biologijo) Univerze v Ljubljani in jo je v obdobju 1970–1977 tudi vodil. Raziskovalci z MBP smo tako vse od ustanovitve leta 1969 tesno vpeti v meritve fizikalnih, kemijskih in bioloških lastnosti morja. Prve uspešne in dokumentirane meritve tokov smo na MBP opravili v letih 1986–1987, čeprav so bili prvi (neuspešni) poskusi opravljeni že v 70-ih letih 20. stoletja. V letu 1991 smo na MBP vpeljali prve meritve slanosti, ki so temeljile na meritvah električne prevodnosti morske vode; pred tem so slanost merili z določevanjem koncentracije kloridov v morski vodi. V letu 2000 smo na mesto, kjer je danes zasidrana boja Vida, postavili prvo testno oceanografsko bojo, ki je bila leta 2002 zamenjana z operativno oceanografsko bojo COSP (Coastal Oceanographic Station Piran) s podatkovno bazo in zajemanjem podatkov v realnem času. Leto 2002 tako pomeni začetek operativne oceanografije na MBP. Operativne meritve odtlej potekajo neprekinjeno. Iz njih smo se naučili, da se lahko tokovanje na površini bistveno razlikuje od tistega pri dnu in da za dober modelski opis pogosto potrebujemo tridimenzionalne numerične modele.





Površinsko tokovanje 22. aprila 2019 ob 11h dopoldne, izmerjeno z visokofrekvenčnimi radijskima merilnikoma (rumena in rdeča pika) površinskih tokov in valov.

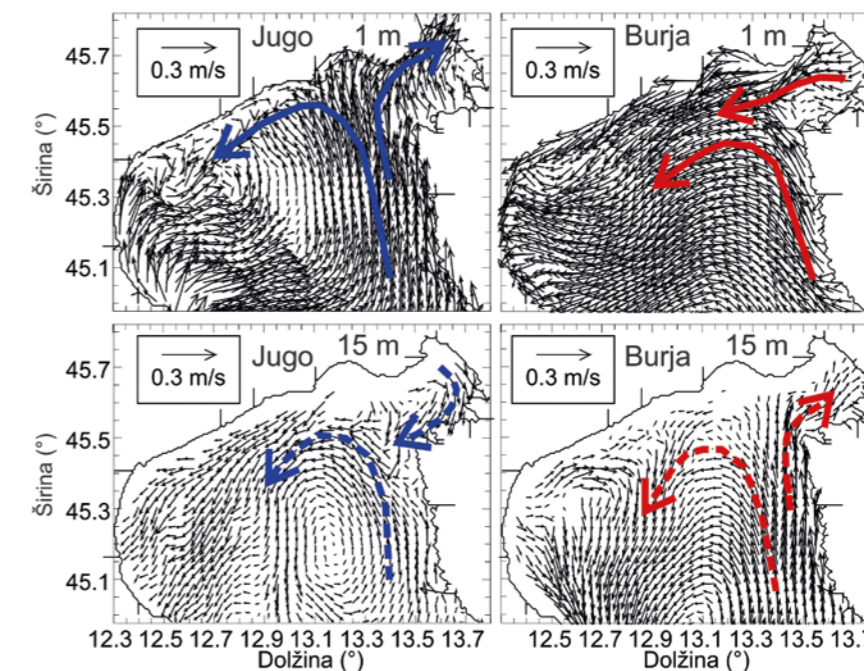
Boja COSP je bila leta 2008 posodobljena, nabor merjenih parametrov se je razširil, bojo pa smo krstili za Vido. Boja Vida danes na isti lokaciji 2,3 km severozahodno od Pirana (azimut 335°) meri tokove, valove, temperaturo, slanost in koncentracijo raztopljenega kisika. Meritve so spletno in javno dostopne v realnem času. MBP je bila udeležena tudi pri dveh postavitvah visokofrekvenčnih radijskih merilnikov površinskih tokov, s katerimi lahko naenkrat izmerimo celotno površinsko tokovno polje v Tržaškem zalivu. Postavitvi sta plod sodelovanja s kolegi z Italijanskega inštituta za oceanografijo in eksperimentalno geofiziko (*Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale - OGS*) iz Trsta. Eden od sistemov, katerega skrbnik in lastnik je NIB, pa je bil postavljen tudi s sodelovanjem ARSO. Radijske meritve tega sistema so danes javne in spletno dostopne v realnem času. Poleg tega ekipa MBP z lastnim raziskovalnim plovilom že desetletja opravlja redne mesečne meritve temperature, slanosti in raztopljenega kisika na merilnih postajah v slovenskem akvatoriju.

Numerični modeli so po drugi strani vstopili v raziskave skozi glavna vrata šele v 90-ih letih 20. stoletja, ko je procesorska moč postala dovolj široko dostopna. Takrat smo raziskovalci MBP vzpostavili prve numerične (2D) modele plimovanja Jadranskega morja ter severnega Jadrana. Prve različice modelov, ki so kasneje (december 2009) postale operativne in so se dnevno zaganjale za prognozo cirkulacije, so temeljile na javno dostopni kodi z univerze Princeton (Princeton Ocean Model – POM) in so omogočale

dnevno izračunavanje plimovanja, cirkulacije, elevacije proste gladine ter temperaturnih in slanostnih polj v celotnem modelskem bazenu. Modeli so vsebovali realno obliko morskega dna, realna vetrovna vsiljevanja ter realne rečne vnose, kjer so ti bili dosegljivi. Bili so koristni za študije tridimenzionalne dinamike vodnih mas ob močnih vetrovih, še zlasti za oceno vplivov obale in reliefa dna na vzorce tokovanja ob burji in jugu. Cirkulacija, izračunana s severnojadranskim modelom (t. i. North Adriatic POM ali NAPOM), je bila v letih 2011–2013 podrobno proučena in ovrednotena tako s podatki z boje Vide kot z visokofrekvenčnimi radijskimi meritvami površinskih tokov v Tržaškem zalivu. Z modelom je bila potrjena topografska kontrola vetrnih tokov. Razvita je bila tudi podrobnejša slika izmenjave vodne mase Tržaškega zaliva s severnim Jadrantom: ob burji vodna masa izstopa iz zaliva predvsem v severni (italijanski) polovici zaliva, vstopa pa (v globinah) v južni (slovenski) strani zaliva.

Obenem je bil model POM primeren za študije medsebojnih vplivov morja in atmosfere. Raziskovalci z MBP smo skupaj s sodelavci z ARSO ter s kolegi z Oddelka za fiziko in modeliranje oceanov Univerze v Atenah uspešno izpeljali sklopitev med atmosferskim modelom ALADIN SI ter modelom Jadranskega morja (Adriatic POM ali ADRIPOM). Sklopitev med oceanskim in atmosferskim modelom pomeni, da modela izmenjujeta podatke o svojem stanju že med računanjem ter tako neposredno vplivata na

Morski tokovi v severnem Jadraniu ob jugu in burji na 1 m globine (gornji dve sliki) ter na 15 m globine (spodnji dve sliki). Z barvnimi puščicami so označeni glavni vzorci tokovanja.



vzajemno dinamiko. S sklopljenim numeričnim sistemom je bilo možno podrobno študirati medsebojne vplive ter pretoke toplote in gibalne količine na morski gladini, vpliv morja na atmosfero med močnimi lokalnimi padavinskimi dogodki ter vpliv interakcij med morjem in atmosfero na izhlapevanje živega srebra iz (Jadranskega) morja z globokim mešanim slojem.

V zadnjih letih smo se raziskovalci z MBP pričeli posluževati tudi drugih računalniških modelov morja, kot sta NEMO (Nucleus of European Modelling of the Ocean) in ROMS (Regional Ocean Modelling System), ki trenutno predstavljata vrhunec razvoja numeričnega modeliranja. Slednjega smo uporabili za dvajsetletno reanalizo fizikalnega stanja Jadrana v obdobju 1995–2015 in za petletno simulacijo širjenja meduz vrste uhati klobučnjak (*Aurelia aurita* s.l.).

Širjenje in premikanje snovi ali objektov v morju večinoma uspešno ocenimo s t. i. metodo sledenja delcem. Metoda je vsebinsko nadvse preprosta: če poznamo tokovanje (denimo iz radijskih meritev ali iz numeričnega modela), lahko v računsko območje raztrosimo navidezne delce in opazujemo, kam jih nosijo morski tokovi. Zgodovina rabe fizikalnih oceanografskih modelov za modeliranje gibanja meduz sega v obdobje projekta SESAME, ko so raziskovalci uporabili takratni model Jadrana, osnovan na programski kodi POM, za simulacije gibanja zloglasne mesečinke (*Pelagia noctiluca*). Petletna reanaliza gibanja meduz vrste uhati klobučnjak z modelom ROMS je pokazala velik vpliv umetnih konstrukcij, predvsem plinskih ploščadi, na povezljivost med nahajališči polipov omenjene vrste in močan vpliv tokovanja na prisotnost meduz na posameznih segmentih jadranske obale. Izkazalo se je, da lahko meduze prepotujejo tudi nekaj sto kilometrov dolge razdalje in da so vplivi umetnih konstrukcij zelo daljnosežni.

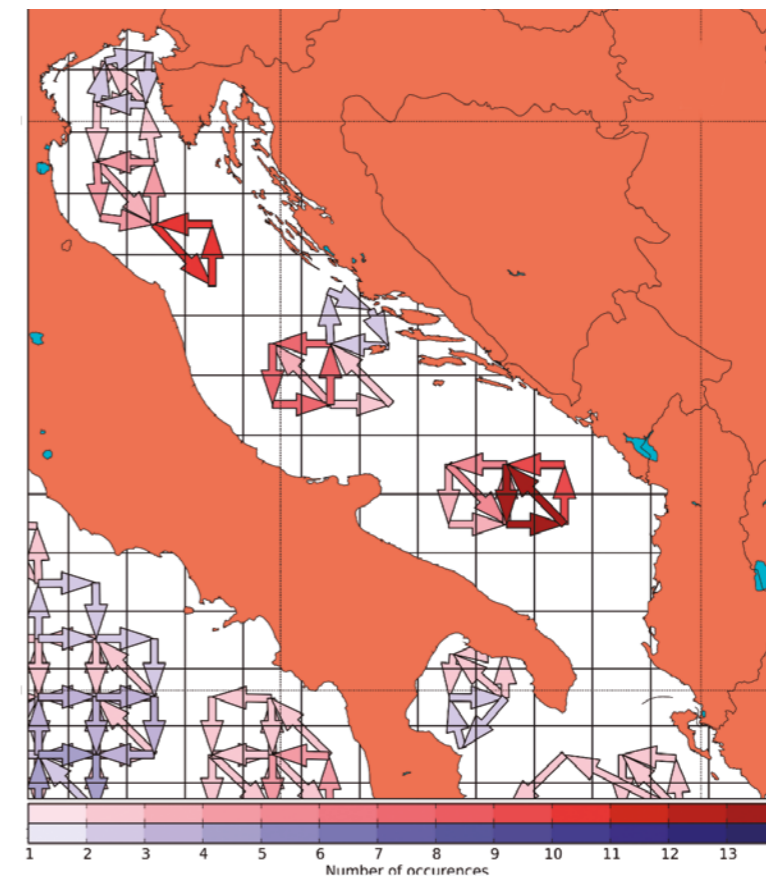
V zadnjih letih so se odprle tudi možnosti za obdelavo ogromnih količin (modelskih in izmerjenih) podatkov, ki zahtevajo nove pristope za učinkovito analizo in interpretacijo. Eden od teh pristopov, s katerim se ukvarjamo tudi na MBP, je prostorsko-časovno podatkovno rudarjenje po operativnih in raziskovalnih podatkovnih zbirkah po vsem svetu. Prednost prostorsko-časovnega podatkovnega rudarjenja v primerjavi s tradicionalnimi metodami je v ustrezni obravnavi prostorskih in časovnih atributov in posledično sposobnost odkrivanja skritih informacij, ki jih vsebujejo obsežne podatkovne zbirke.

Na osnovi hitrostnih polj prej omenjenih modelov lahko z metodo sledenja delcem tvorimo veliko število trajektorij navideznih delcev, ki jih nosijo morski tokovi. Nato poiščemo prostorsko-časovna povezovalna pravila za verjetnosti prehodov navideznih

delcev iz posameznih območij v sosednja območja v določenem časovnem intervalu. Te verjetnosti prikažemo v obliki grafov. Naš prispevek predstavljajo algoritmi za rudarjenje takšnih grafov, npr. za iskanje značilnih struktur (ciklov) v grafih. Grafi so učinkovito orodje za prikaz sezonskega značaja gibanja vodnih mas v Sredozemskem morju s ciklom 12 mesecev, omogočajo pa tudi študij dolgoročnih prehodnih pojavov, kot je denimo obrat cirkulacije v Jonskem morju približno vsakih 10 let. Z uporabo dodatnih dejavnikov (npr. moč vetra) lahko s to metodo ocenimo, kako so verjetnosti premikov vodnih mas povezane s temi dejavniki.

Naše razumevanje dogajanja v morju je tako preplet treh vidikov: teoretičnega znanja, numeričnega modeliranja in oceanografskih meritev. A četudi bi fiziko morja popolnoma razumeli, s tem nikakor ne bi izčrpali barvite kompleksnosti dogajanja v morju, kjer se srečujejo fizikalni, kemijski, biološki, ekološki in geološki vplivi. Danes je oceanografija temu primerno razpršena v navedene usmeritve. Prav gotovo pa je dobro razumevanje fizike morja nujna podlaga za dobro razumevanje vseh ostalih, pogosto bistveno kompleksnejših procesov.

Tipični cikli v grafih, dobljenih iz rezultatov oceanografskega numeričnega modela na območju Jadranskega morja, ki se ujemajo z že znanimi povprečji tokov v daljših časovnih obdobjih



Borut Mavrič  
Tihomir Makovec

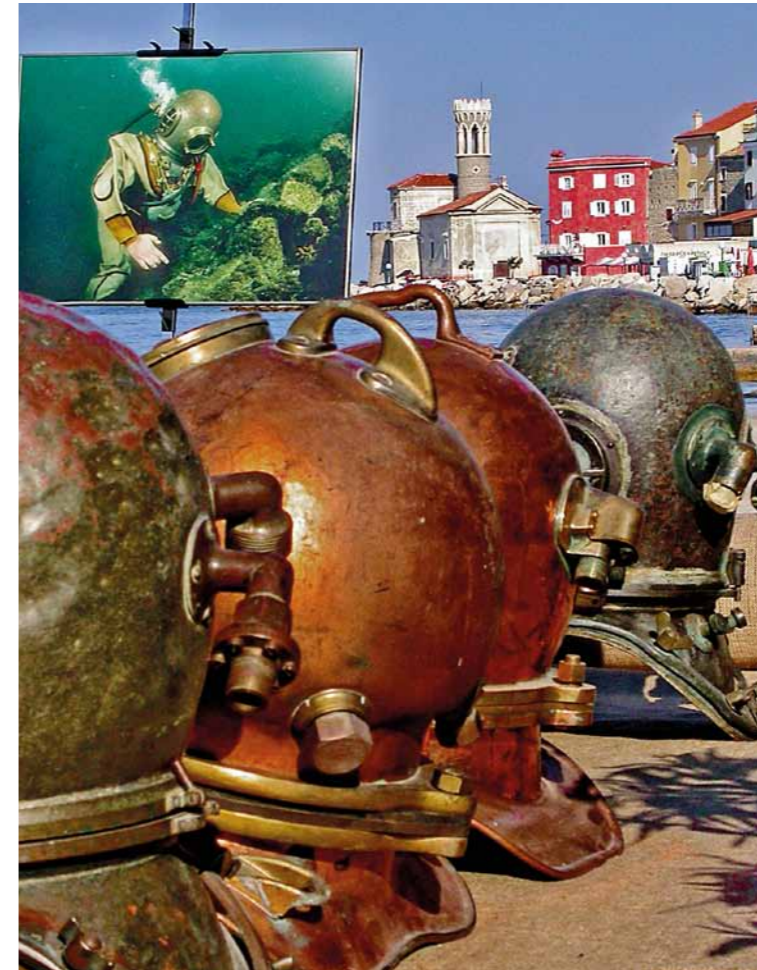
## ZNANOST POD GLADINO MORJA

*Oglušujoč ropot kompresorja in črpalk za slano vodo obdaja potapljaško bazo Morske biološke postaje Piran na Fornacah. Brnenje zabriše zvoke zunanjega sveta. Še kako dobrodošlo, da se lažje osredotočiš na pripravo potapljaške in druge podvodne raziskovalne opreme. Maska, plavutke, obleka. Jeklenka s stisnjenim zrakom, regulator, kompenzator plovnosti, uteži. Označevalna boja. Potapljaški računalnik in plan potopa. Podvodna foto in video oprema. Podvodni zvezek. Mreža, posodice in vrečke za vzorce... Vse mora biti popolno za varno in uspešno izvedbo podvodnega raziskovalnega dela.*

Danes v svetu praktično ni več inštitucije, ki pri raziskovanju morja ne bi uporabljala tudi znanstvenega potapljanja, torej potapljanja v raziskovalne namene. A še ne dolgo nazaj še zdaleč ni bilo tako. Ljudje smo sicer že od nekdaj tesno povezani z morjem in hitro smo spoznali nekatere njegove površinske značilnosti, vendar so nam predstave o tem, kakšno okolje se dejansko skriva pod njegovo večno spreminjajočo se gladino, do nedavnega ostajale skrite. Človekova želja po potapljanju je že zelo stara, a je zaradi nezmožnosti dihanja pod vodo in zelo omejenega podvodnega vida dolgo ostala neizpolnjena ali le deloma izpolnjena.

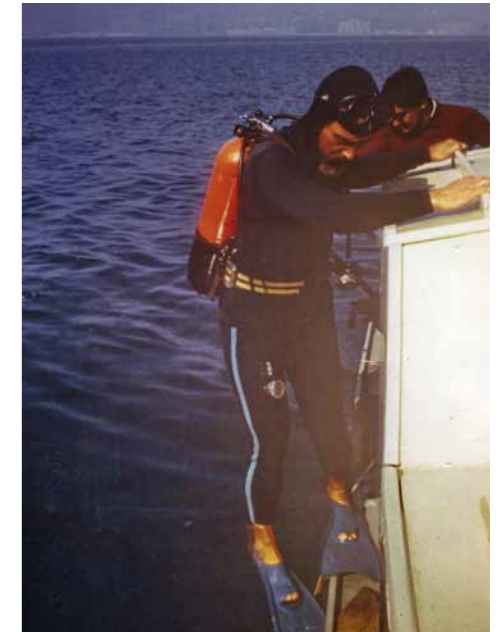
Prvi zapisi o potapljanju in njegove upodobitve segajo tudi več tisoč let nazaj. A gre zgolj za krajše izlete pod gladino z zadrževanjem vdiha in z namenom lova in nabiranja hrane, poleg tega pa tudi za obrambne in vojaške namene, kot so skrivanje pred sovražnikom, tihotapljenje, zaseda. Dokončen preskok, ki je omogočil manj omejeno in dolgotrajnejše bivanje pod vodo, se je zgodil leta 1942, ko sta Jacques-Yves Cousteau in Émile Gagnan izdelala prvi varen odprtokrožni avtonomni potapljaški aparat, ki je povezal visokotlačno zalogo zraka in izboljšan regulator, ki je avtomatsko dovajal zrak le na zahtevo. Po drugi svetovni vojni je sledil silovit razmah, ki je omogočil neposreden vpogled v podvodni svet velikemu delu človeštva.

Poleg dihanja je problem pod vodo tudi vid. Že zelo zgodaj se je človek na različne načine poskušal izogniti tem omejitvam. Opisani so primeri zbistritve s pomočjo olja, ki so ga potapljači shranjevali v ustih in ga po kapljicah spuščali v vodo. V srednjem veku so se pojavile prve znane potapljaške maske oz. očala, izdelana iz oklepov želv in rogov, ki so jih s pomočjo pare obdelali do te mere,



da so postali prozorni. Kasneje so te naravne materiale zamenjali steklo in druge prozorne snovi, tudi plastika, s čimer se je videnje podvodnega sveta močno izboljšalo.

Neposreden stik s podvodnim svetom je imelo izredno malo ljudi, predstave o njem pa so se širile predvsem z besedo. Z razvojem fotografije so slike začele dopolnjevati in zamenjavati pripovedi. Prvi znan primer podvodnega ohišja, ki je ščitil kamero pred vodo, sega v leto 1856, prva ohranjena podvodna fotografija pa je nastala nekaj desetletij kasneje, leta 1893, medtem ko so prvo barvno fotografijo posneli leta 1923. Leta 1916 so bili v filmu *20.000 milj pod morjem* prvič uporabljeni podvodni filmski posnetki. Med najbolj zaslužnimi za množično popularizacijo in spoznavanje podvodnega sveta pa so vsekakor filmi Jacquesa Yvesa Cousteauja, ki je svoja podvodna raziskovanja ovekovečil na filmskem traku v številnih dokumentarnih filmih in televizijskih serijah (Podvodni svet Jacquesa Cousteauja). Cousteau je soodgovoren tudi za večji



Potapljač pred vstopom v morje v času, ko potapljači še niso uporabljali kompenzatorja plovnosti (Foto: arhiv MBP)

Nekoč je bila potapljaška oprema zelo okorna, glavna značilnost pa je bila potapljaška čelada, v katero so potapljaču s kopnega dovajali zrak. (Foto: Tihomir Makovec)

Nekdanje skladišče kompletov potapljaške opreme na MBP (Foto: arhiv MBP)





Potapljač pri podvodnem dokumentiranju s podvodno video opremo (Foto: Tihomir Makovec)

komercialni razcvet podvodne fotografije, ki se je začel konec 60-ih let 20. stoletja z razvojem amfibijske kamere Calypso. Z novim tisočletjem in razvojem digitalnih foto in video kamer je podvodna fotografija doživela izjemen razmah in danes skoraj ni potapljača, ki svojih podvodnih utrinkov ne bi prinesel na kopno tudi v obliki fotografij in filmov.

Tudi Slovenci smo razvoju potapljanja vtisnili svoj pečat. Med prvimi slovenskimi potapljači so bili Kontovelci, ki so se konec 19. stoletja in v začetku 20. stoletja usposabljali v avstro-ogrski in italijanski vojni mornarici. Za pravo rojstvo slovenskega športnega potapljanja pa štejemo leto 1937, ko se je skupina naravoslovcev (Ivan in Dušan Kuščer, Drago Leskovšek, Marko Zalokar) v vasi Sv. Juraj pod Velebitom potopila v modrino Jadranskega morja z doma narejeno potapljaško čelado. Naslednje leto so v Rači posneli tudi prvo fotografijo, leta 1952 pa so bili izvedeni prvi podvodni filmski poskusi. S to skupino so se začela tudi prva podvodna raziskovanja, ki so se kasneje nadaljevala tudi prek Društva za znanstveno raziskovanje morja in podvodno tehniko, Republiškega centra za podvodna raziskovanja, Zavoda za raziskovanje morja in nato od leta 1969 tudi na novoustanovljeni MBP.

Potapljanje je že od same ustanovitve pomemben del delovanja in raziskovanja na MBP. Prvo potapljaško opremo je MBP pridobila od ukinjenega Zavoda za raziskovanje morja in je sploh ena od



Potapljač med snemanjem podvodnega profila s prvo podvodno video opremo (Foto: arhiv MBP)



Potapljač pri podvodnem dokumentiranju s podvodno fotografsko opremo (Foto: Borut Mavrič)

prvih oprem, ki jih je imela MBP. V njej so bile plavutke, maske, jeklenke in enostopenjski regulatorji, ni pa bilo regulatorja plovnosti in potapljaške obleke. Aleksander Vukovič, prvi zaposlenec na MBP, je bil tudi prvi, ki si je to opremo nadel in z njo opravil prve MBP-jeve potope. Glavnina začetnih potopov je bila namenjena nabiranju organizmov za projekt evidentiranja favne in flore severnega Jadrana. Pred vsakim potopom se je od sedeža MBP na Sončni poti v Portorožu po hribu navzdol vila kolona mladcev, ki so na plečih nosili vso opremo do obale pri Bernardinu, kjer jih je čakala novozgrajena lesena barka PI-50. In po vsakem potopu so isti koraki, ob znatno počasnejšem tempu, vso to opremo, obogateno z nabranim materialom in kopico prigrad, nosili nazaj navkreber do postaje. Te korake so na začetku poleg Aleksandra Vukoviča ubirali še Ladislav Kubik, Igor Kržan, Mišo Avčin, Tine Valentinčič ter nekoliko kasneje še Borut Vrišer in Janez Forte. Večji del 70-ih in 80-ih let 20. stoletja so se potopi izvajali bolj posamično in večjih akcij ni bilo. Glavnina podvodnega raziskovanja je bila vezana na delo avstrijskih raziskovalcev, ki se jim je zgolj občasno pridružil kateri od potapljačev z MBP.

Konec 80-ih let je prišlo do pojava sluzenja morja in takrat se je začelo tudi načrtno podvodno spremljanje tega pojava in njegovih posledic. Temu podvodnemu proučevanju sta se občasno priključili tudi raziskovalki Alenka Malej in Valentina Turk, saj sta želeli objekt svojega raziskovanja spoznati tudi v živo, v njegovem okolju. V 90-ih letih smo začeli izvajati vedno več projektov (npr.

Potapljač pri proučevanju sluzi (Foto: Valentina Turk)



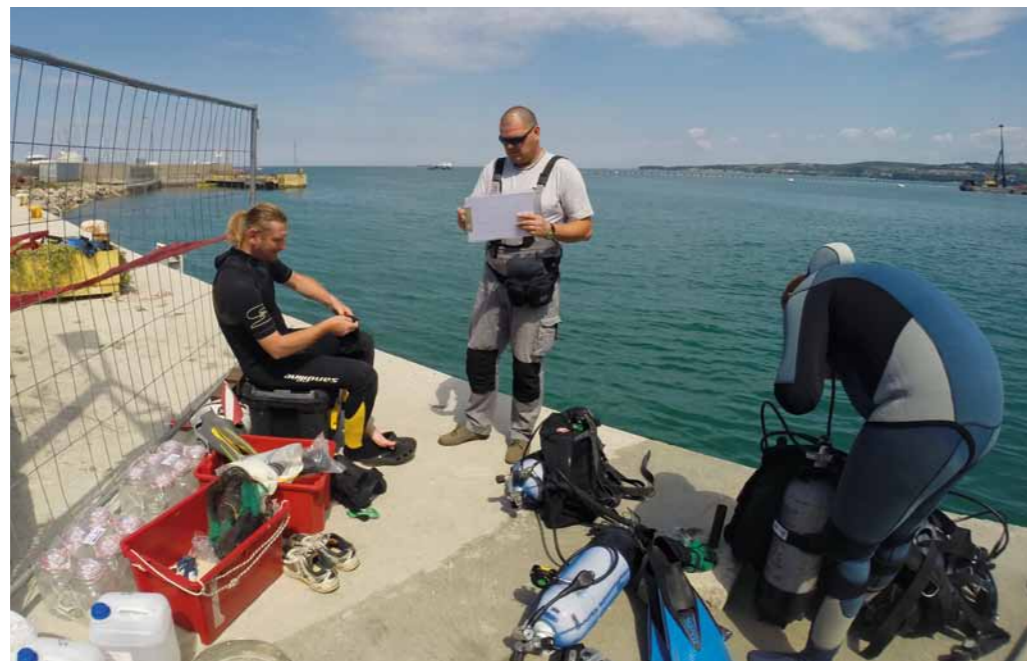


Potapljač pri raziskovanju morske trave pozejdonke (*Posidonia oceanica*)  
(Foto: Borut Mavrič)

projekti, vezani na pomanjkanje kisika), ki so zahtevali tudi podvodno delo in raziskovanje, denimo redna vzorčenja sedimentov s sedimentnimi jedrniki (korerji), ki jih je vodil Borut Vrišer, ali pa raziskave naseljevanja in sukcesije na premičnem sedimentnem dnu, ki jih je vodil Aleksander Vukovič. V tem času je prišlo tudi do prve pomembnejše posodobitve potapljaške opreme, ko je MBP med drugim pridobila tudi prvi lasten kompresor za polnjenje jeklenk z zrakom in prve kompenzatorje plovnosti ter suhe obleke. Potapljaško ekipo je s svojim prihodom okreplil Tihomir Makovec, pri poskusih z naseljevanjem in sukcesijo pa je sodelovala tudi Vesna Flander Putrle.

Prehod v novo tisočletje so zaznamovali trije veliki projekti: Evidentiranje favne in flore slovenskega morja, ECASA (*Ecosystem Approach for Sustainable Aquaculture*) in BIOFAQ (*Biofiltration and Aquaculture: an evaluation of hard substrate deployment performance within mariculture developments*). Še posebej bomo izpostavili prvi projekt, ki ga je vodil Lovrenc Lipej, ki je z obsežno ekipo potapljačev MBP, zunanjih sodelavcev in študentov biologije z Univerze v Ljubljani začel izvajati popise in kartiranje priobalnega morja vzdolž slovenske obale. Potapljači so na morskno dno v ravni črti postavili merilni trak, vzdolž katerega so nato popisovali značilnosti morskega dna in opažene organizme, vse skupaj pa dokumentirali tudi s pomočjo video in foto opreme. Količina in kakovost tako pridobljenih podatkov sta izjemni in metoda se je

Za uspešen potop in dobro opravljeno delo je ključnega pomena dobra priprava.  
(Foto: Borut Mavrič)



zaradi tega, pa tudi zaradi svoje nedestruktivnosti, izkazala za zelo uspešno. Takšni podvodni pregledi, popisi in kartiranja se preko različnih projektov kontinuirano izvajajo že vse od leta 1998. Majhna stalna potapljaška ekipa MBP se je občasno okreplila s prihodi študentov in mladih raziskovalcev pod mentorstvom Lovrenca Lipeja, med njimi so bili Martina Orlando-Bonaca, Borut Mavrič, Žiga Dobrajc, Samo Alajbegović, Valentina Pitacco, Jernej Uhan, Domen Trkov in Ana Fortič ter številni drugi, ki so tako v sklopu svojih raziskovalnih nalog dobili možnost, da so od blizu spoznali slovensko podmorje in podvodno raziskovanje. Tudi z zaposlitvijo Milijana Šiška je potapljaška ekipa dobila dodatno pomoč, začinjeno z energično zagnanostjo in izkušnjami, ki vključujejo tudi znanstveno potapljanje v visokogorskih jezerih. V letu 2005 so potapljači z novo stavbo MBP dobili tudi prvo pravo potapljaško bazo, ki skupaj z novim, močnejšim kompresorjem in banko zraka ter s posodobljeno potapljaško opremo omogoča zelo dobre pogoje za uspešno opravljanje nalog. Vodja potapljaške baze je postal Tihomir Makovec, ki tudi sicer skrbi za tehnično brezhibnost potapljaške in druge podvodne raziskovalne opreme ter učinkovito načrtovanje in izvajanje podvodnih del.

Dobri rezultati podvodnega raziskovanja so odprli tudi vrata v tujino. Potapljači MBP so tako svoje podvodne raziskovalne veščine uporabili na številnih ekspedicijah v tujini: med prvimi omenimo potapljanje z Američani na južnem Jadranu, od bolj oddaljenih

Podvodni raziskovalci MBP smo si uspešno utrli pot tudi zunaj slovenskega morja, med drugim redno sodelujemo pri raziskovanju biodiverzitete v nacionalnih parkih na Brionih in otoku Mljetu na Hrvaškem. (Foto: Borut Mavrič)

Potapljači se pod vodo velikokrat srečamo z nepredvidljivimi, težkimi pogoji, kot je npr. slaba vidljivost, ki lahko močno oteži samo izvedbo dela. (Foto: Borut Mavrič)





Potapljača pri vzorčenju bentoških nevretenčarjev (Foto: Žiga Dobrajc)

pa ekspediciji v Eilat v Izraelu in v Argentino. Najštevilčnejše so zagotovo ekspedicije po Jadranu, kjer je potrebno še posebej izpostaviti otok Mljet in tamkajšnji nacionalni park ter Nacionalni park Brioni, kamor podvodne raziskovalne ekipe redno zahajajo v zadnjem desetletju.

Že od samih začetkov potapljače na MBP spremlja tudi podvodna fotografska oprema, ki se ji je nekoliko kasneje pridružila še video oprema. Prvi podvodni fotoaparati, legendarno amfibijsko kamero Calypso, je na MBP prinesel Jože Štirn. Veliko podvodnih fotografij, ki so bile podpora raziskovalnemu delu in njegovi popularizaciji, je predvsem v prvih tridesetih letih prispeval tudi znani podvodni fotograf Marjan Richter. Še pomembnejše pa je podvodno snemanje in fotografiranje postalo ob koncu 90-ih let 20. stoletja, ko je ta oprema postala dostopnejša. Podvodni video posnetki in fotografije, ki so nastale med podvodnim raziskovalnim delom, so obarvali številne razstave, publikacije in televizijske prispevke, ki so v širšo javnost ponesli zgodbe iz slovenskega podmorskega sveta.



Potapljanje je velikokrat močno oteženo zaradi številnih raziskovalnih rekvizitov, ki jih je potrebno vzeti s seboj pod vodo. (Foto: Borut Mavrič)



Ropotanje potapljaške baze zamenja brnenje Yamahinega motorja na gliserju, poimenovanem Karolina. Potapljači drsijo po vodni gladini do mesta tokratnega potopa. Pred flišnim klifom rta Ronek spustijo sidro in izobesijo potapljaško zastavo. Oblačenje potapljaške obleke in ostale opreme zagotovo ni najlepši del potapljanja, znanstveni potapljač pa ima velikokrat zaradi dodatne raziskovalne opreme še dodatne »radosti«. Ko so nameščeni zadnji fotoaparati, podvodne knjižice, metri, vzorčevalni kvadrati in posodice za shranjevanje vzorcev, človeško silhueto zamenja podoba okrašenega božičnega drevesca. Prišel je čas za potop, čas ko bodo tudi potapljači nakratko postali del podmorskega sveta. Kaj bo prinesel? Bo vidljivost dobra? Kaj bodo videli? Bodo uspeli opraviti delo? Teга seveda nikoli ni mogoče vedeti z gotovostjo. A pravi opazovalec in raziskovalec bo med prav vsakim potopom našel kaj zanimivega, s čimer bo obogatil naše védenje o tem mokrem svetu tišine in tako noben njegov potop ne bo zaman.

Podvodne raziskave izvajamo tudi v zimskem času, ko lahko temperatura morja pade pod 10°C, zato takrat potapljači mokre obleke zamenjajo s suhimi. (Foto: Borut Mavrič)

Branko Čermelj

## RAZISKOVALNA INFRASTRUKTURA

Vzorčenje z zooplanktonsko mrežo se v pol stoletja ni veliko spremenilo. (Foto: arhiv MBP)



Pred petdesetimi leti bi za meritve v globljem ali celo globokem morju uporabili jeklenico, na katero bi zaporedno obesili več Nansenovih vzorčevalnikov vode, opremljenih s parom obratnih, živosrebrnih termometrov. Vzorčevalniki bi bili nameščeni na jeklenico zaporedno, na določenih globinah, vzorčenje pa bi bilo sproženo s preprosto utežjo – »tončkom«, ki bi zdrsnil po jeklenici z ladijskega krova in tako bi se pričela verižna reakcija. Ko bi »tonček« prispel do prvega vzorčevalnika, bi obrnil termometer in zaprl vzorčevalnik – zajel vodo. Istočasno bi se sprožil drugi »tonček« in zdrsnil do naslednjega vzorčevalnika. V idealnem primeru bi se ta verižna reakcija nadaljevala do najglobljega vzorčevalnika in nato bi bilo treba celotno postavitve le še potegniti na krov, kjer bi odčitali izmerjeno temperaturo. Nerodna reč pri vsem tem bi bila, da se bi kaka utež lahko zataknila ali pa bi tokovi jeklenico močno zanesli in ves postopek bi bilo potrebno ponoviti. Pridobljenih podatkov bi bilo relativno malo: temperatura, izmerjena na določeni globini, v vzorcu vode laboratorijsko izmerjena slanost, raztopljeni kisik ter drugi kemični ali biološki parametri. Danes enaka postavitve, opremljena s senzorsko in elektronsko opremo, omogoča 5000-krat več podatkov, izmerjenih v realnem času in shranjenih v elektronski in grafični obliki. Tako so, na primer, temperatura, slanost in koncentracija raztopljenega kisika izmerjeni skozi celoten profil vodnega stolpa, na vsake tri cm. Količina podatkov je lahko še izdatnejša, če instrumentalnemu paketu dodajamo različne optične senzorje.

Ustrezna in hitra plovila, sodobna potapljaška oprema in avtonomna podvodna plovila, raznoliki in avtomatizirani vzorčevalniki, opazovalni sistemi na kopnem ali na morju ter seveda

najsodobnejša analitska oprema na plovilih ali v laboratorijih so nekaj, brez česar danes v morskem raziskovanju ne gre. Vreme je kajpak še vedno pomemben igralec, vendar pa večja plovila in izurjene posadke zmorejo premagati tudi manjše vremenske nevšečnosti. Slabemu vremenu kljubujejo tudi robustni opazovalni sistemi, kjer se predvsem fizikalne in kemične meritve izvajajo na avtomatiziran način in so praviloma v skoraj realnem času (z zakasnitvijo do 30 minut) na voljo uporabnikom podatkov. Pretežni del vzorčenj in meritev pa je vendarle še vedno omejen na obdobja lepšega vremena.

Ne glede na to, ali je šlo za terensko ali za laboratorijsko opremo, je bilo opreme v tistih začetkih pred petdesetimi leti relativno malo. MBP je prevzela nekaj opreme in prostore propadlega Zavoda za raziskovanje morja. Bili pa sta zagnanost in želja po novem znanju. »Takrat v sedemdesetih smo imeli PI-50 in majhen Elanov čoln« pravijo bivši sodelavci, ki se tega obdobja še spominjajo. Spomini o tem, ali je bil mali Elanov čoln plastičen ali lesen, pa že niso čisto enotni. Pasara z oznako PI-50 nam je služila dobro in dolgo, vse do leta 2010, ko smo jo prodali, a še vedno pluje; popolnoma obnovljena in lepša kot kdajkoli prej. S tema dvema ploviloma so sodelavci pluli in vzorčili od Debelega rtiča do obale pred Savudrijskim polotokom. Z njima so jemali vzorce za bakteriološke



Leseni čoln PI-50 v poznih sedemdesetih letih pred skladiščem soli na Bernardinu (Foto: Arhiv MBP)

Isti čoln in isti krmar (Franc Kravos) trideset let kasneje na morju pred MBP (Foto: Tihomir Makovec)





Različna potapljaška oprema ima svoje mesto v potapljaški bazi MBP. (Foto: Tihomir Makovec)

Pri uporabi opreme sta včasih potrebni domišljija in iznajdljivost. (Foto: Tihomir Makovec)

analize ter izvajali monitoring morja. Za vzorčenje so uporabljali Niskinove in Nansenove vzorčevalnike, temperaturo vzorcev so merili z obratnimi termometri, morske tokove pa do leta 1986 z Merz-Ekmanovim mehanskim tokomerom, kasneje pa z digitalnim SD4. Na krmo PI-50 je bil nameščen manjši škripec, s katerim so težke vzorčevalnike, polne vode, vlekli iz globin na površje. Z mehanskim batitermografom so merili profile temperaturnih sprememb z globino. Ob obali so gojili školjke, izvajali eksperimentalno delo v Strunjanskih solinah, o izsledkih pa pisali v znanstvenih razpravah in člankih, objavljenih v mednarodnih revijah.

Tuji, predvsem nemški raziskovalci, ki so na severnem Jadranu opravljali raziskave v 70-ih letih 20. stoletja, so na MBP občasno pustili kak kos opreme, ki se ga je dalo s pridom uporabljati, nekaj opreme pa so si raziskovalci izborili v okviru okoljskega programa Združenih narodov (UNEP). Dobro sodelovanje s kolegi iz splitskega in rovinjskega inštituta je ponudilo priložnost za izmenjavo in izposojno opreme ter udeležbo na skupnih križarjenjih v južnih, globljih delih Jadrana. Nakup nove opreme je bil namreč zelo otežen zaradi takratne finančne situacije in kroničnega pomanjkanja tujih valut.

Konec 80-ih let 20. stoletja je MBP pridobila »novo« plovilo. Registrirano je bilo z oznako PI-1100, ki je postala tudi njegovo



ime. Šlo je za некоč potopljeno, a kasneje obnovljeno plovilo. Dolgo je bilo 9,5 m, opremljeno z dvema pogonskima motorjema, dosegalo je hitrost od 15 do 16 vozlov. Dovolj, da so prejšnji dvodnevni tereni postali enodnevni, pa vendar ne dovolj, da bi lahko z njim raziskovalno pluli mimo Istre v Kvarner ali pa še dlje v Dalmacijo. Raziskovalnim namenom je služilo dobro desetletje.

Vse do leta 1991 smo na MBP merili slanost s titrimetrično metodo, z določevanjem kloridov. V letu 1991 pa smo vpeljali prve konduktometrične meritve slanosti pri nas. Izvajali smo jih s prototipno sondo, ki je sprejemala podatke senzorjev s frekvenco 50 Hz. V nasprotju z večino podobnih v Sredozemlju je bila prosto padajoča in je odražala vodilo, ki se je razvilo skupaj z izvajanjem meritev: »Če želimo biti konkurenčni velikim, moramo biti tudi nekoliko drugačni, posebni.« Sonda je omogočala surove meritve temperature, slanosti, koncentracije klorofila *a* in raztopljenega kisika v vertikalni ločljivosti 2,5–3 cm (pri hitrosti tonjenja 1 m/s).

Leta 1998, z ustanovitvijo instrumentalnega centra MBP, se je organizirano delo z veliko terensko in raziskovalno opremo še dodatno učvrstilo.

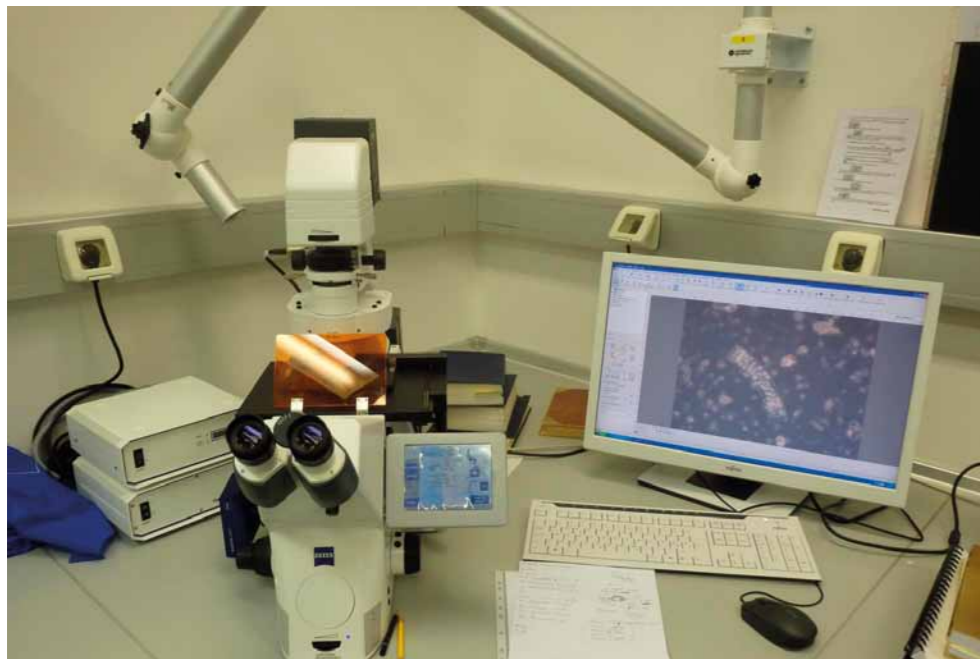
Želje po hitrem, daljšem plovilu, na katerem bi bilo omogočeno tudi laboratorijsko delo, so bile posledica izvajanja številnih projektov, pri katerih smo na plovilu »PI 1100« te lastnosti pogrešali. Leta 2000 je iz ZDA prispelo povsem novo plovilo, ki smo ga krstili in splovili v portoroški marini. Biologi z MBP so ga poimenovali



Analizator za segmentno-pretočno analizo (SFA) vzorcev morske vode (Seal Analytical QuAAtro 39) (Foto: arhiv MBP)

Rozeta Niskinovih vzorčevalnikov močno olajša zajemanje vode na različnih globinah. V ozadju je Marko Tadejevič pri vzorčenju s planktonsko mrežo. (Foto: arhiv MBP)





Invertni epifluorescentni mikroskop uporabljamo predvsem za opazovanje planktona.  
(Foto: arhiv MBP)

»Sagita«, po elegantnem morskem organizmu, puščici, iz debla ščetinočeljstnic, takratna Uprava za pomorstvo pa nam je dodelila oznako PI-800. »Da bo lepa in okrogla številka,« so še rekli na luški kapitaniji. Lani je Sagita dopolnila 18 let. Z njo lahko v domačih vodah izvajamo daljše, 24- ali 48-urne meritve na morju, smo se pa z njo nekajkrat podali tudi v Dalmacijo (na otok Mljet).

Decembra 2000 smo na pozicijo današnje boje postavili prvo oceanografsko bojo, ki je takrat delovala testno. Po letu in pol smo jo s pomočjo sredstev iz programa čezmejnega sodelovanja Phare CBC nadomestili z resno delujočo oceanografsko bojo »*Coastal Oceanographic Station Piran*« (COSP). Postavili smo relacijsko podatkovno bazo, kvalitetno uredili elektroniko in sinhroniziran zajem podatkov. Čez nekaj let so na MBP sledili tudi numerični modeli cirkulacije, seveda smo pričeli s plimovanjem. S postavitvijo numerične gruče računalnikov smo še dodatno učvrstili temelje operativne oceanografije, tudi zato, ker ponujamo podatke različnim mednarodnim infrastrukturam ter mrežam za shranjevanje in izmenjavo podatkov.

Po šestih letih smo bojo COSP zamenjali z današnjo oceanografsko bojo Vido, ki smo jo razvili s sredstvi projekta Interreg ITA-SLO Informacijski sistem o stanju morskoga okolja v Tržaškem zalivu (ISMO) tudi zaradi velikega zanimanja laične javnosti za njene meritve. Za razliko od predhodnice ima boja Vida vso elektroniko in napajalni sistem nameščen v trupu. Tako je njena

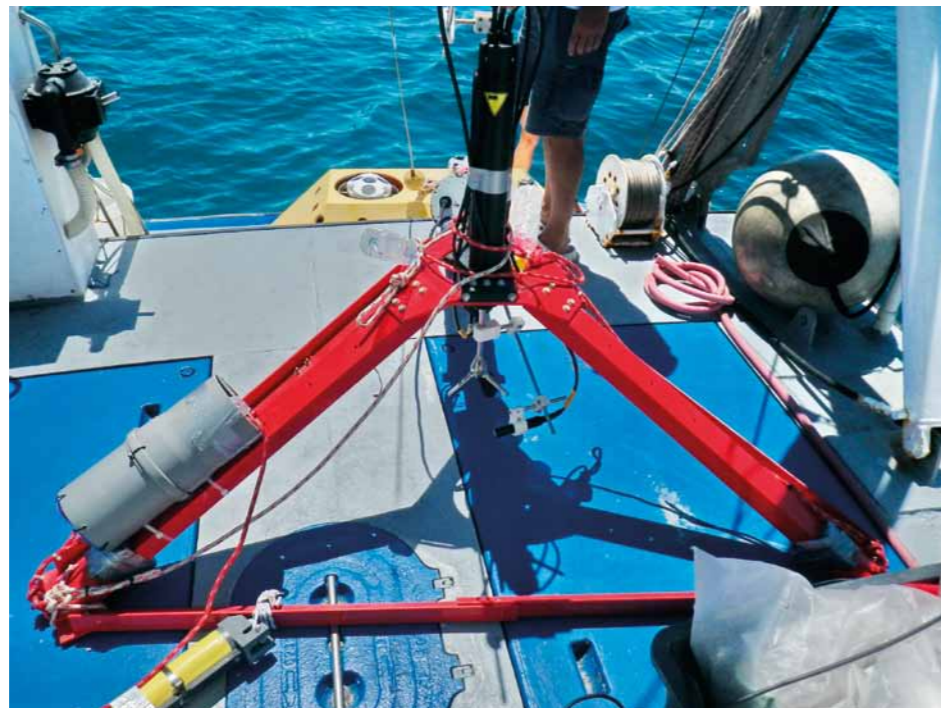


Helikopter pomaga pri postavljanju visokofrekvenčnega radarja v Piranu  
(Foto: Vlado Malačič)

»pamet« zaščiten pred ostrim vremenom na morju in tudi pred morskimi pticami, ki si jo pogosto izberejo za počivališče. Prostor v trupu nam je omogočil tudi razvoj dodatne elektronike in namestitve novih merilnikov. Na boji Vidi opravljamo meteorološke meritve, merimo temperaturo in slanost morja na globini 2,5 m, morske tokove na 20-ih različnih globinah in površinske valove. Pri dnu merimo tudi koncentracijo raztopljenega kisika ter temperaturo in motnost morske vode. Vidina spletna stran je daleč najbolj obiskani del spletne strani NIB.

Sicer pa boja COSP ni odšla v staro železo. Očistili smo jo, jo prebarvali in nato podarili raziskovalcem Inštituta za morskobioologijo v črnogorskem Kotorju. Upali smo, da bo svoje delo nadaljevala v Kotorskem zalivu.

Vzporedno z razvojem terenske infrastrukture so rasle tudi potrebe po prostorski širitvi delovnih prostorov. V poznih 70-ih letih 20. stoletja se je MBP preselila na Fornace, k morju, v del



Merilnik pridnenih tokov (Foto: arhiv MBP)

prostorov stare tovarne mila Salvetti. Leta 2006 smo po sedmih letih gradnje končno prevzeli novo stavbo s sodobno infrastrukturo. V stavbi z več kot 3000 m<sup>2</sup> površine so nameščeni številni sodobni laboratoriji: laboratorij za splošno biologijo, mikrobiološki laboratorij, mikroskopirnica, mokri laboratorij, laboratorij za morsko genomiko, laboratorij za organske polutante, laboratorij za splošno kemijo, laboratorij za dinamiko tekočin, laboratorij za kromatografijo, laboratorij za fotokemijo, laboratorij za fluorometrijo in laboratorij za elementno analizo. Poleg laboratorijev so svetle pisarne za nemoteno delo z računalnikom, sejna soba, vajalnica in učilnica ter velika predavalnica. Novi stavbi je dodana potapljaška baza in sodobno opremljen dormitorij za več kot 20 obiskovalcev.

Posodabljanje in obnavljanje raziskovalne infrastrukture je neprekinjen proces. Ena zadnjih pridobitev je radijski oddajnik ali visokofrekvenčni (HF) radar, ki smo ga s pomočjo občine Piran umestili v ograjo na brežini ob piranski stolnici. Z dvojčkom, nameščenim v Nabrežini v Italiji, nepretrgano merita površinske tokove in valove po celotnem Tržaškem zalivu.

V petdesetih letih se je raziskovalno delo na morju nedvomno zelo spremenilo. Vzorčevalniki so postali avtomatizirani, merilniki pa izrabljajo različne merilne principe (optične, laserske, akustične ...). S hitrim razvojem tehnologije se je tudi količina podatkov, ki jih pri takem delu pridobimo, zelo povečala. Današnja tehnologija tudi

Sistem za podvodno komunikacijo med potapljači in del podvodne fotografske opreme (Foto: arhiv MBP)



omogoča shranjevanje in objavljanje podatkov v realnem ali pa skoraj realnem času (z zakasnitvijo do 30 minut). V korak s tem so se razvijali tudi opazovalni sistemi na morju, ta razvoj pa so na neki način spodbudile prav globalne podnebne spremembe. Napovedovanje posledic teh sprememb in spoprijemanje z njimi pa bo nedvomno učinkovitejše, ko bodo morski opazovalni sistemi povezani v večja omrežja in bodo omogočili boljše napovedovanje stanja morja. Seveda mora razvoj znanja teči vzporedno, brez znanja je vsaka raziskovalna infrastruktura neuporabna.



Še zadnji test pred spustom v globino (Foto: arhiv MBP)



Prikaz merilnih instrumentov na boji Vidi (Foto: Vlado Malačič)

Čigra – daljinsko vodeno plovilo (Foto: arhiv MBP)

Vesna Flander Putrle

## SVOJE ZNANJE RADI TUDI DELIMO



Tematske delovne pole o morju in življenju v njem, za delo z učenci (Foto: Vesna Flander Putrle)

Raziskovalno delo ni edino poslanstvo sodelavcev Morske biološke postaje Piran (MBP). Od nekdaj delimo svoje znanje s širšo javnostjo vseh starostnih skupin. Naša pedagoška in promocijska dejavnost je usmerjena predvsem na področja spoznavanja naravnih značilnosti morja, njegove ekologije in varstva, zadnje čase pa vse pogosteje tudi na različne problematike, povezane z njim (tuje-rodni in invazivni organizmi, balastne vode, plastika).

Že v samih zamatkih ideje o ustanovitvi MBP, po osvoboditvi Slovenskega primorja, se je kazala potreba po inštituciji, ki bi poleg znanstvenoraziskovalne dejavnosti vključevala tudi pedagoško, predvsem za takratne študente biologije in geografije ljubljanske Univerze.

Vse od leta 1973 prirejamo izobraževanja o morju za slušatelje domačih in tujih univerz. Ob desetletnici delovanja MBP sta Jože Štirn in Miroslav Zei zapisala, da ima MBP pomembno vlogo pri visokošolskem in drugih oblikah izobraževanja s področja morskih



Delavnica o mikroorganizmih na Dnevu odprtih vrat 2016 (Foto: Anja Šimon)

ved. V okviru takratnega VTOZD biologije Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani je MBP omogočala izvajanje izbirnih predmetov morske ekologije z oceanografijo ter ihtiologije z ekologijo ribištva. Prav tako je na novo organizirala podiplomski študij ekologije morja, na katerem je v prvih desetih letih njenega delovanja magistriralo sedem kandidatov, medtem ko so doktorske nazive pridobili štirje zunanji kandidati, trije domači pa so ob desetletnici obstoja MBP zaključevali svoj doktorski študij. In še danes smo močno vpeti v razvoj kadrov, ne le skozi program mladih raziskovalcev, ampak tudi pri vodenju študentov na obveznih praksah in pri diplomskih in magistrskih nalogah. Predavamo na vseh štirih slovenskih univerzah in na Mednarodni podiplomski šoli Jožefa Stefana. Leta 2007 smo v sodelovanju z Univerzo v Trstu in Univerzo na Primorskem začeli izvajati dveletni bolonjski magistrski študijski program morske biologije. Oblikovali in objavili smo tudi različna učna gradiva (učbeniki, skripte ...). Število študentov, ki pod mentorstvom ali somentorstvom raziskovalcev MBP opravljajo svoje diplomske, magistrske ali doktorske naloge, narašča. Zadnja leta redno gostimo študente z evropskih univerz in strokovnih šol, ki pri nas opravljajo obvezno prakso. Organiziramo tudi različna izobraževanja s področja biotske raznovrstnosti in ohranjanja morja.

Izobraževanje mladih ni posebnost današnje MBP. Že v prvih letih njenega obstoja smo prirejali morske raziskovalne taborne v okviru gibanja »Znanost mladini«, organizirali pa smo tudi poletne tečaje iz morske biologije za tuje univerze in mednarodne visokošolske programe. Tudi kasneje smo nudili strokovno pomoč pri različnih dejavnostih mladih raziskovalcev, poletnih taborih in Dnevih ustvarjalnih otrok.



Ko bom velik, bom... takole se na delavnicah mladi spoznavaajo z delom MBP.  
(Foto: Vesna Flander Putrle)

Naš prispevek k razvoju družbe je v širjenju znanja o morju med vsemi starostnimi skupinami, od predšolskih otrok do slušateljev univerz za tretje življenjsko obdobje. Poleg izobraževalnih dejavnosti za osnovnošolce in srednješolce ter za študente na dodiplomski in podiplomski stopnji, smo izvajali izobraževanja tudi za učitelje in profesorje naravoslovja na osnovnih in srednjih šolah v Sloveniji in tujini. Običejejo nas razni gostje, ki se želijo seznaniti z našo dejavnostjo. V ta namen jim razkažemo delovne prostore in instrumentarij ter predstavimo naše dejavnosti. Na leto opravimo okoli 20 takih predavanj in vodenih ogledov, gostujemo pa tudi v drugih ustanovah. Bilo je obdobje, ko so nas ob bližajočem se koncu šolskega leta redno obiskovali učenci slovenskih šol, za katere smo organizirali terenske ekskurzije in vzorčevanja s čolnom. Tako so se lahko učenci in dijaki seznanili z najpogostejšimi prebivalci morskega dna slovenskega morja, ki so jih zajeli s posebno mrežo strgačo.

V letu 2006 smo pričeli z rednim organiziranim promoviranjem dejavnosti MBP med mladimi. Že v prvem letu smo gostili šest osnovnih šol (skupno 291 učencev od 5. do 9. razreda) in dve gimnaziji (60 dijakov). Leta 2008 smo pripravili tematske učne liste, ki so zelo uporabni pri organizaciji naravoslovnih dni za učence in dijake ter obsegajo različna področja, povezana z morjem: Morje in življenje v njem (bivalna območja v morju), Morje in procesi v njem, Akvariji Morske biološke postaje Piran ter Potapljanje in potapljaška oprema.

Izdali smo dve promocijski zgoščenki na temo morja: »MORJE – naša priložnost in prihodnost« ter »Otrok in morje«. Za slednjo smo leta 2011 dobili priznanje »Prometej znanosti za odličnost v komuniciranju«, ki ga podeljuje Slovenska znanstvena fundacija.

Otroci na delavnici Pogled pod mikroskop spoznavaajo plankton in delo z mikroskopom.  
(Foto: Vesna Flander Putrle)



Le kaj se bo zgodilo s tole vrtljivo mizo?  
(Foto: Vesna Flander Putrle)

Priznanje »Prometej znanosti za odličnost v komuniciranju« so za različne promocijske dejavnosti sodelavci pridobili tudi v letih 2006 za spletno stran IOIKIDS, namenjeno otrokom in mladini, 2016 za dolgoletno spodbujanje razumevanja naravnih procesov v morju in vpliva človeka na okolje, ter 2018. Leta 2014 je bila Alenka Malej prejemnica častne listine in častnega naziva »Finalistka izbora komunikatorice znanosti za leto 2014«, ki ju prav tako podeljuje Slovenska znanstvena fundacija.

MBP že dolga leta zelo uspešno sodeluje z organizacijo UNESCO. V letih 1971 do 1973 smo preko pogodbe z UNESCOM organizirali poletne podiplomske šole iz morske ekologije, katerih se je udeležilo 34 kandidatov iz 21-ih, predvsem sredozemskih držav. Po zaslugi teh šol si je MBP pridobila izreden mednarodni ugled, kar je privedlo do tega, da je Medvladna oceanografska komisija (IOC) pod okriljem UNESCO leta 1975 izglasovala resolucijo, s katero je dodelila MBP status mednarodnega centra za bazično in aplikativno ekologijo Sredozemskega morja. Danes še vedno uspešno sodelujemo z organizacijo UNESCO pri promociji našega znanstvenoraziskovalnega dela. Med drugim smo s pripravo in tiskanjem izobraževalnega gradiva o tradicionalni pridelavi piranske soli in združbi halofitov prispevali k uresničevanju pobude Slovenske nacionalne komisije za UNESCO za vpis piranskih solin na



Ob Dnevu odprtih vrat otrokom predstavimo tudi delo na raziskovalnem plovilu in jih takole peljemo nanj. (Foto: Vladimir Bernetič)

UNESCOV seznam svetovne kulturne in naravne dediščine, čeprav do tega žal še ni prišlo. To izobraževalno gradivo je nadaljevanje zbirke t. i. izobraževalnih tablic, v okviru katere smo do sedaj že izdali tablice z naslovi Ribe slovenskega morja, Klobučnjaške meduze severnega Jadrana, Vetrovi ob slovenski obali, Škodljiva cvetenja alg v slovenskem morju, Ali morje še diha?, Ribja tržnica ter Morske cvetnice, ki laični javnosti na prijazen način predstavijo omenjene tematike. Leta 2008 smo v okviru UNESCOVEGA tabora Korenine in krila, ki ga je organizirala Osnovna šola Cirila Kosmača iz Pirana, gostili več kot 100 udeležencev iz 10 evropskih držav in jim predstavili raziskave ter ekološke probleme Tržaškega zaliva.

Pod okrilje programov sodelovanja z UNESCOM sodi tudi vsakoletna organizacija Dneva odprtih vrat (DOV) MBP, ki ga prirejamo že od leta 2007 in s katerim obeležujemo 8. junij, svetovni dan oceanov. DOV je osrednja promocijska dejavnost naše enote in je zelo priljubljen predvsem med osnovnošolsko mladino, ki se vsako leto udeležuje tematskih delavnic in predavanj na temo morja. Te izredno zanimive in poučne tematske delavnice na DOV prirejamo od leta 2011. Samo v zadnjih petih letih smo se na DOV predstavili več kot 1600 šolarjem in občanom.

Redno ali občasno sodelujemo tudi na drugih vsakoletnih dogodkih, kot so obeležje Mednarodnega dneva biotske raznovrstnosti (22. maj), Dan očarljivih rastlin, Znanstival, Café Scientifique

v okviru Evropske noči raziskovalcev, navtični sejem Internautica v Portorožu, Teden sredozemske obale idr. Leta 1998 smo s programom dejavnosti »Morje – naša priložnost in bodočnost« sodelovali tudi na svetovni razstavi EXPO '98 v Lizboni (Portugalska), leta 2006 pa s predstavitvijo »Ali morje še diha?« na Festivalu znanosti v Madridu (Španija). Svoje rezultate in dejavnosti redno predstavljamo na vabljenih predavanjih, na mednarodnih in domačih konferencah ter delavnicah projektov, mednarodnih šolah in tujih inštitucijah.

V sodelovanju z Akademijo za likovno umetnost smo sodelovali tudi pri pripravi likovne ter poljudnoznanstvene razstave »Barve zaliva«, ki je ob svetovnem dnevu oceanov leta 1999 sovpadala z obeleževanjem 30. obletnice obstoja MBP. Z razstavo smo želeli javnost seznaniti z nekaterimi značilnimi naravnimi pojavi in z njimi povezanimi ekološkimi problemi slovenskega morja. Hkrati smo želeli opozoriti na ogroženost in ranljivost obalnega morskega ekosistema. Zelo zanimivi sta bili tudi razstavi »O morju in soli«, na kateri so bile leta 2008, v mednarodnem letu planeta Zemlja, predstavljene naravoslovne fotografije dveh sodelavcev MBP, in »Življenje na stebrih«, na kateri smo leta 2012 predstavili podvodne fotografije sodelavca MBP, posvečene morski flori in favni. Samo v zadnjih petih letih smo postavili še štiri razstave: o biogenih formacijah v slovenskem morju, o sredozemskem vranjeku in o varstvu slovenskega morja (v sodelovanju s Prirodoslovnim muzejem Slovenije) ter še eno razstavo o podvodni fotografiji.



Mlada raziskovalca delita znanje s še mlajšimi raziskovalci. (Foto: Vesna Flander Putrle)

V veliki predavalnici MBP se vrstijo številna predavanja. (Foto: arhiv MBP)





Morski rastlinski svet smo predstavili na Dnevu očarljivih rastlin v Ljubljani, ki ga vsako leto organizira NIB. (Foto: Martina Orlando-Bonaca)

Svoje znanje javnosti ponujamo tudi v različnih monografijah. V zadnjih letih so tako izšle knjige Raziskovanje biodiverzitete v slovenskem morju (2004), Ogrožene vrste in habitatni tipi v slovenskem morju (2006), Jadranske babice (2008), Biogenic Formations in the Slovenian Sea (2016), Polži zaškrGARJI slovenskega morja (2018) ter Dinoflagelati, diatomeje, njihovi toksini in zastrupitve z morskno hrano (2018).



Na sliki so le nekatere od mnogih publikacij, ki so jih sodelavci MBP izdali v petdesetih letih njenega obstoja. (Foto: Vesna Flander Putrle)

Za popularizacijo znanosti o morju redno skrbimo tudi s poljudnoznanstvenimi prispevki v različnih medijih: dnevnem časopisu, revijah, radiu in televiziji. Vsako leto objavimo številne strokovne in poljudne članke. Z izjavami za javnost in intervjuji v

tiskanih, elektronskih in spletnih medijih poročamo o stanju morja in izrednih pojavih ter predstavljamo projekte, pri katerih sodelujemo. Pogosto gostujemo v radijskih in televizijskih oddajah nacionalne RTV, pa tudi na italijanski državni televiziji RAI. Večkrat smo sodelovali v oddaji Ugriznimo znanost, tudi s problematiko množičnega pojavljanja želatinoznega planktona in predlogi rešitev, kar so nato povzeli v reviji New Scientist in predvajali na kanadskem nacionalnem radiu v oddaji »The World This Weekend«. Rezultat našega sodelovanja z intermedijsko umetnico Robertino Šebjanič, ki povezuje umetnost z znanostjo in tehnologijo, pa je prispevek »How Does Biology Impact Art«, predvajan v okviru Bloombergovega programa »Art & Technology«.

Ob trideseti obletnici MBP in ob mednarodnem letu oceanov je bila leta 1998 posneta dokumentarna videokaseta Tržaški zaliv – zanimivosti in problemi, ki je prikazovala dejavnosti raziskovalcev MBP. Leta 1995 pa so raziskovalci MBP v sodelovanju z ekipo RTV Slovenije sooblikovali dokumentarni film »Ujeta modrina«, ki je gledalce seznanjal s takratnimi problemi našega morja. Nato smo leta 2015 sodelovali še pri pripravi dokumentarnega filma o problematiki balastnih vod, ki ga je posnel italijanski Nacionalni inštitut za zaščito okolja in raziskave.

Zgoraj omenjeni prispevki MBP k izobraževanju in promociji na temo raziskovanja morja še zdaleč niso vsi, ki so se nabrali v 50-letni zgodovini MBP. Z izobraževanjem in promocijo bomo vsekakor nadaljevali in verjamemo, da bomo tudi v prihodnje širši javnosti podajali zanimive in poučne vsebine o morju in življenju v njem.



Raziskave MBP in znanje o morju poskušamo približati čim širšemu krogu bralcev. Na sliki je Delova priloga Znanost iz leta 1998.

Monaški knez Albert je velik podpornik morskih raziskav v Sredozemlju, MBP je obiskal leta 2006 (Foto: Vladimir Bernetič)



Domen Trkov, Timotej Turk Dermastia  
Ana Fortič, Borut Umer  
Ivano Vascotto

## PRETEKLOST IN PRIHODNOST MBP SKOZI OKO MLADEGA RAZISKOVALCA

Vse od leta 1985 program mladih raziskovalcev ARRS vsako leto omogoča velikemu številu mladih v Sloveniji lažji vstop v svet znanosti. Nadobudni raziskovalci iz različnih okolij se tako lahko vpišejo na doktorski študij ter so hkrati zaposleni v raziskovalni organizaciji, za kar prejemajo tudi plačo. Raziskovalci MBP so v petdesetih letih njenega delovanja bili mentorji tridesetim študentom. Pet trenutnih mladih raziskovalcev (MR) smo povprašali, kako gledajo na prihodnost in preteklost postaje.

### Kaj te je pripeljalo na MBP?

**Ana:** Morje me je vedno navdihovalo in vselej znova presenečalo. Nikoli ne bom pozabila trenutka, ko sem na Lošinju prvokrat z masko pogledala pod morskno gladino. Očaranost nad tem barvitim svetom me je pripeljala do študija biologije in kasneje do Morske biološke postaje Piran.

**Borut:** Morje je fascinantno in čeprav prihajam iz teoretičnih (matematičnih) vod, sem zabredel v oprijemljivo fizikalno oceanografijo, da bi prispeval svoj kamenček k razumevanju dogajanja v našem morju.

**Domen:** Kot študenta biologije me je vedno najbolj veselilo terensko delo. Možnost, da kot MR prvič v življenju opravljam lastno raziskavo in se kot potapljač spoznam tudi s podvodnimi tereni in težkim delom, sem zagrabil z obema rokama.



Plastika v morju je lahko za raziskovalce tudi koristna. Ana Fortič pri nabiranju vzorcev. (Foto: Borut Mavrič)

**Ivano:** Lepota okolice in lokacija nedaleč stran od mojega doma. Pa seveda tudi moje veliko zanimanje za ekologijo, znanost o medvrstnih odnosih, ki zahteva širok nabor tehnik proučevanja in znanja, ki ga lahko najdem pri kolegih. Preden sem prišel sem, se nisem zavedal, da te lahko, prav tako kot fitoplankton, tudi vsakdanji pogovor s kolegi ob kavi popelje v izjemen svet čudnih oblik in fantastičnih pogledov na življenje.

**Timotej:** Mlad biolog z željo po raziskovanju morja in njegovih biotskih zakladov, pa čeprav prihaja iz Ljubljane in je za sodelavce »forešt«, v Sloveniji nima prav veliko možnosti zaposlitve. MBP je pravzaprav edina inštitucija, ki v Sloveniji zaposluje takšne kadre. In čeprav je ob bogastvu gozdov, jam, rek in gora naše morje nekako eksotično, se mi zdita njegov obstoj in obstoj MBP darilo in priložnost, ki sem jo zagrabil z obema rokama, ko se mi je ponudila ob zaključku študija upravljanja z morskimi viri na Škotskem.

### Kaj so po tvojem prednosti dela MRja na MBP?

**Ana:** Delo mlade raziskovalke je dinamično in raznoliko, saj v mojem primeru zajema vse od potapljanja do analize podatkov in je polno vsakodnevnih izzivov. Dovoljuje mi, da raziskujem tisto, kar me resnično veseli, ter omogoča, da ohranim pristno zanimanje za procese v morskem okolju, hkrati pa me spodbuja k vedno novim ciljem. Vedoželjnost, ki nas sili k temu, da drugo za drugo odgrinjamo tančice skrivnosti s sveta pod morsko gladino, je glavna gonilna sila, za katero mislim, da je skupna vsem (mladim) raziskovalcem na MBP.

**Borut:** Fleksibilen urnik in sproščeno vzdušje, ki me vleče novim podvigom naproti. Zavzetost mentorja in splošna povezanost raziskovalne skupine pa spodbujata med-disciplinarne raziskave. Vsa nova poznanstva so razširila moja znanstvena spoznanja in omogočila karierno in osebnostno rast. Podpora s strani mentorja ter sodelavcev in sodelavk je idealna odskočna deska za začetek znanstvene kariere na NAJPOMEMBNEJŠEM znanstvenem področju – fizikalni oceanografiji (smeh, o. p.).

**Domen:** Biti mladi raziskovalec je velika prednost in obenem odgovornost. Je edinstvena priložnost, da spoznaš delo raziskovalca, si razširiš obzorja ter se uveljaviš kot raziskovalec na svojem področju. Poleg tega v tem času spoznaš ogromno ljudi, s katerimi deliš spomine. Z delom na MBP sem se naučil predvsem samostojnosti in kritičnega razmišljanja.

**Ivano:** Biti MR na MBP je odlična priložnost, ki ponuja več kot samo doktorat, a hkrati tudi zahteva nekaj več. Republiki Sloveniji sem hvaležen za priložnost, da prispevam k obsežnemu znanju, ki ga razvija in hrani MBP.

**Timotej:** Kot mladi raziskovalec na razmeroma majhni in edinstveni inštituciji MBP imam pri delu precej proste roke, kar mi zelo ustreza, saj poklic raziskovalca dojemam kot poklic svobodomiselnega človeka, ki svojo iznajdljivost in kreativnost izkorišča za doseganje rezultatov. V majhnem kolektivu, kakršna je MBP, pa se zgodi, da imajo posamezni člani večjo odgovornost, kar krepi pripadnost in predvsem prinaša nam mladim dragocene izkušnje. To še dodatno potrjuje moja izmenjava mnenj s slovenskimi in tudi evropskimi kolegi, kjer opažam veliko težav v odnosu do mlajših kolegov in neupoštevanje njihovih pravic in mnenj, saj jih pogosto dojemajo le kot poceni izvrševalce idej in projektov starejših kolegov. Kot raziskovalec sem dobil tudi priložnost, da po različnih medijskih kanalih posredujem svoje znanje in ideje širši javnosti.



Borut Umer ob reševanju oceanografskih ugank uporablja najrazličnejše medije, od oken do ogledal, računalniških zaslonov in očal sodelavcev. (Foto: Ivano Vascotto in Timotej Turk Dermastia)



Biti lep in urejen na delovnem mestu je glavno vodilo Ivana Vascotta. (Foto: Petra Slavinec)

### Kaj ti pri delu predstavlja največji izziv?

**Timotej:** Glavni izziv se mi zdi prav majhnost in raznolikost kolektiva, saj si za določene trivialne naloge in iskanje odgovorov na metodološka vprašanja pogosto sam, zaradi česar se porodi tudi manj raziskovalnih idej, saj smo vsi preveč zaposleni. Majhnost in raznolikost pa je mnogokrat tudi prednost.

**Borut:** To, kar me pri delu tudi najbolj veseli. Iskanje rešitev za zastavljene znanstvene probleme.

**Ivano:** Zagotovo je to sprememba moje vloge znotraj znanstvene sfere. Do sedaj sem kot študent le nabiral znanje, ki so ga pridobili drugi raziskovalci. Od trenutka, ko sem postal mladi raziskovalec, pa se poleg vseživljenjskega procesa učenja od mene pričakuje tudi, da bom to znanje ustvarjal.



**Domen:** Največji izziv je reševanje problemov in vprašanj povezanih z razumevanjem morske biodiverzitete in ekoloških procesov. Pri delu z morskimi organizmi tako nikoli ne veš, kaj te čaka, zato si vedno znova prisiljen iskati nove rešitve, kar zahteva veliko iznajdljivosti.

**Ana:** Po mojem mnenju je eden izmed večjih izzivov pri raziskovalnem delu ravno tisto, kar ga dela zanimivega. Vsak dan se spopadaš z novimi vprašanji in problemi, da bi nanje odgovoril, pa moraš k delu pristopiti ustvarjalno. S tem so seveda povezani tudi vzponi in padci, ki pa so normalen del procesa.

#### Kakšna se ti zdi prihodnost MBP?

**Timotej:** Želim si, da bi MBP stopala v korak z globalnimi trendi v znanosti, da bi se raziskovalci učili novih metod in tehnik in da bi postali bolj kritični in še prodornejši. Super se mi zdi, da se vedno bolj odpira za tujce, saj nas obiskuje vedno več tujih študentov in raziskovalcev. Mislim, da bo prihodnost lepa in še bolj uspešna, kot je bila v zadnjih 50-ih letih. Naše ime in delo naj se slišita.

**Borut:** Čeprav je MBP nekaj, kar obstaja že 50 let, je na nas mladih, da se potrudimo in tudi sami zaznamujemo znanost ter ohranimo postajo v še boljši luči, kot je bila takrat, ko smo se ji pridružili.

Združene mlade sile pri igrah na Evropskem simpoziju morske biologije (EMBS52)  
(Foto: Anja Šimon)



Domen Trkov primerja velikosti svojih zob in zob morskega psa šesteroškrgarja. Temu zobje nikoli ne nehajo rasti, če jih izgubi, zrastejo novi. (Foto: Domen Trkov)

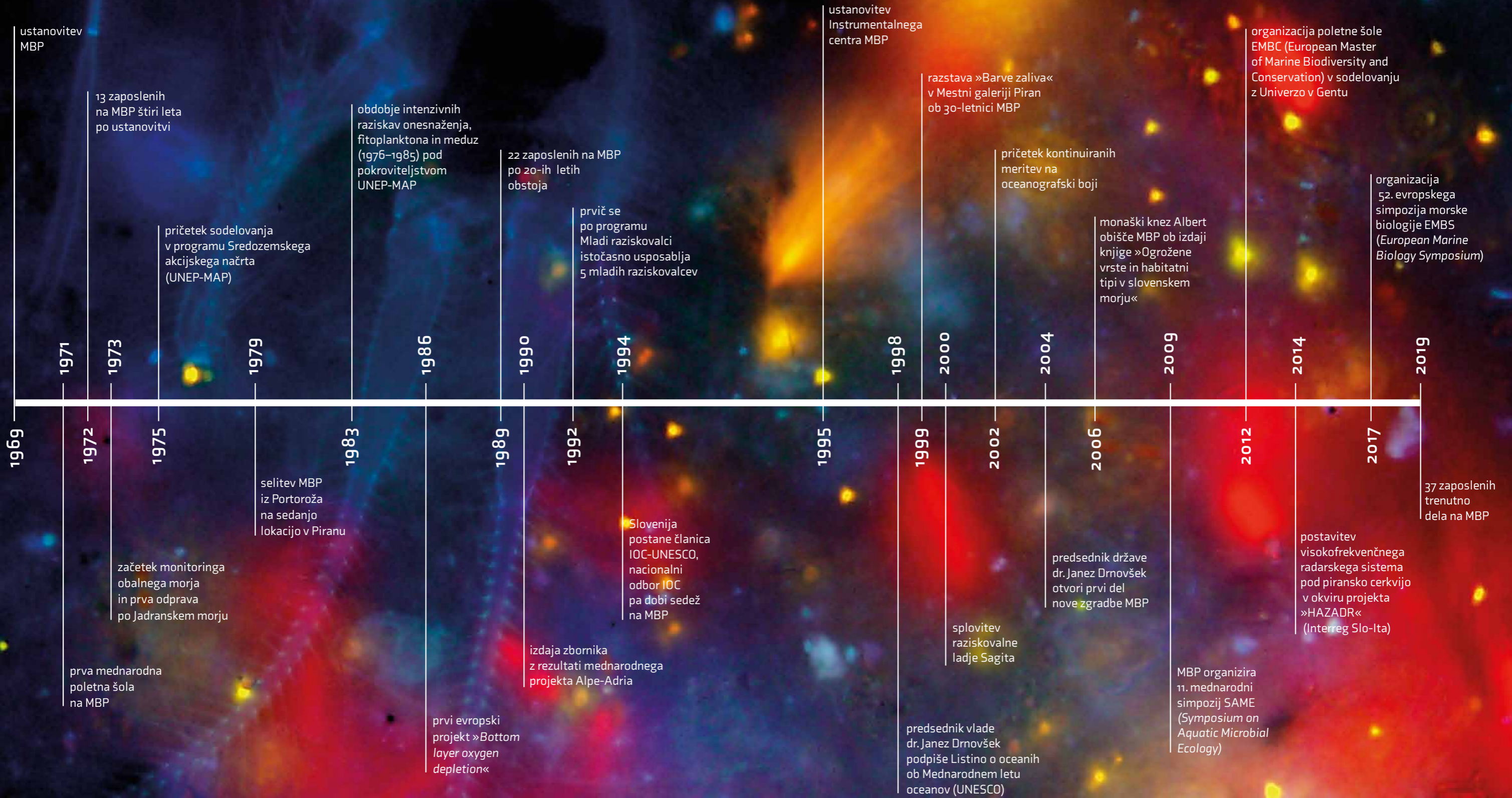


Timotej Turk Dermastia izžareva radost ob pogledu na svoje kulture diatomej. (Foto: Ivano Vascotto)

**Ivano:** Občutek imam, da se bodo povezave med lokalnimi institucijami iz Slovenije, Hrvaške in Italije v bližnji prihodnosti utrdile, z dopolnjevanjem znanja in dejavnosti pa bo celotna severno-jadranska regija, vključno z MBP, dobila priložnost, da se okrepi in postane še bolj konkurenčna na področju znanosti in inovacij.

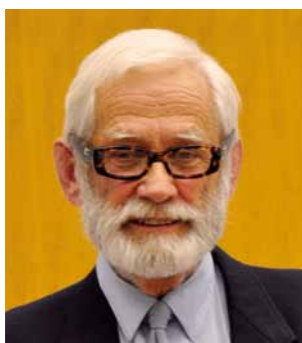
**Domen:** Glede na to, da se ljudje vedno bolj zavedamo pomembnosti našega okolja, sem mnenja, da bodo znanja raziskovalcev z MBP v prihodnosti še močno zaželeni in potrebni.

**Ana:** Mislim, da imata trenutno slovenska družba in predvsem politika malce večji posluš za znanost, kot sta ga imeli še pred kratkim. Za svetlo prihodnost MBP pa je ključnega pomena tudi dobra komunikacija med znanstveno in širšo javnostjo, saj se na ta način znanje o morskem okolju in njegovi pomembnosti širi med ljudmi. Če uspešno delo raziskovalcev MBP na tem področju dodamo ostalim dosežkom, mislim, da smo na dobri poti.

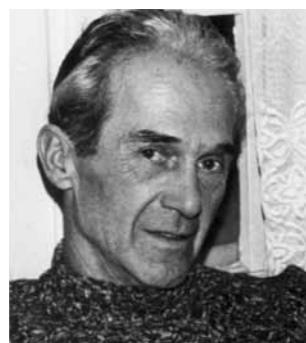


# KDO SMO (BILI)?

## Vodje



Jože Štirn (1970–1977)



Miroslav Zei (1977–1981)



Alenka Malej (1986–2009)



Vlado Malačič (2009–2016)



Andreja Ramšak (2016–2017)



Patricija Mozetič (2018–)

## Kdo smo (bili)?

### Sodelavci in sodelavke MBP

K 50-letnemu delovanju in razvoju MBP Piran so prispevali redno zaposleni in zunanji sodelavci in sodelavke. V seznamih so naštet redno zaposleni raziskovalci in raziskovalke ter strokovno, tehnično in administrativno osebje. Priimki v letu 2019 zaposlenih sodelavk in sodelavcev so zapisani z velikimi tiskanimi črkami.

#### RAZISKOVALKE IN RAZISKOVALCI

dr. Milan Ambrožič  
mag. Andrej Avčin  
izr. prof. dr. Oliver BAJT  
dr. Branko Bogunovič  
dr. Branko ČERMELJ  
prof. dr. Jadran FAGANELI  
dr. Neda Fanuko-Kovačič  
dr. Vesna FLANDER PUTRLE  
Ana FORTIČ, mlada raziskovalka  
dr. Janja FRANCÉ  
dr. Neli Glavaš  
dr. José Manuel Carita Gonçalves  
dr. Mateja GREGO  
mag. Igor Keržan  
dr. Katja KLUN  
dr. Tjaša KOGOVŠEK  
dr. Neža Koron  
Maja Kos Kramar  
izr. prof. dr. Nives (Posedel) KOVAČ  
dr. Jasmina Kožar-Logar  
mag. Ladislav Kubik  
mag. Maruška Lenarčič  
ddr. Matjaž LIČER  
prof. dr. Lovrenc LIPEJ  
prof. dr. Vlado MALAČIČ  
prof. dr. Alenka Malej  
dr. Borut MAVRIČ  
mag. Nikki Meith-Avčin  
izr. prof. dr. Patricija MOZETIČ  
Neža OREL, mlada raziskovalka  
dr. Martina ORLANDO-BONACA  
dr. Boris PETELIN  
dr. Valentina PITACCO  
Radovan Planinc  
Danijel Pokleka  
doc. dr. Andreja RAMŠAK

dr. Lucija Raspor Dall'Olio  
dr. Ana ROTTER  
dr. Peter Smerkol  
dr. David STANKOVIČ  
prof. dr. Jože Štirn  
dr. Iva Talaber  
dr. Tinkara Tinta  
Domen TRKOV, mladi raziskovalec  
dr. Daniela Turk  
Timotej TURK DERMASTIA,  
mladi raziskovalec  
izr. prof. dr. Valentina TURK  
dr. Peter Tušnik  
Borut UMER, mladi raziskovalec  
prof. dr. Tine Valentinčič  
Ivano VASCOTTO, mladi raziskovalec  
dr. Katja (Stopar) Venko  
dr. Martin VODOPIVEC  
dr. Jana Vojvoda  
dr. Borut Vrišer  
dr. Aleksander Vukovič  
prof. dr. Miroslav Zei  
izr. prof. dr. Jana Žel

#### STROKOVNI, TEHNIČNI IN ADMINISTRATIVNI SODELAVCI IN SODELAVKE

Mira (Palčič) Avčin  
Aleksander BENČIČ  
Vladimir Bernetič  
Žiga Dobrajc  
Tatjana Ferko  
Anja Fettich  
Janja Fišer  
mag. Janez Forte  
Karmen (Vidak) Forte  
Ernesta GRIGALIONYTE-BEMBIČ  
Jana (Gregorič) Hreščak  
Alma Hvala  
Franc Hvala  
Ana JANČAR  
Maja Jeromel  
Ljubica Josifovič  
Samanta Kastelic  
Franc Kravos  
Tihomir MAKOVEC  
mag. Bojan Marčeta  
Matej MARINAC  
Silva Maslo  
Anton Perc  
mag. Gašper POLAJNAR  
Marko Prohinar  
dr. Manja Rogelja  
Magda Rot  
Anja ŠIMON  
Milijan ŠIŠKO  
mag. Rosvita Sitar  
Majda Štirn-Štoviček  
Marko TADEJEVIČ  
Jernej Uhan  
Inge Zadravec

# PREGLED DOSEŽKOV

## Najpomembnejše objave in članstva

### Izvirni znanstveni članki

Navedeni so članki, ki imajo v bazi WoS (Web of Science) več kot 50 citatov, in članki, ki so objavljeni v revijah z visokim faktorjem vpliva. Pri sodelavkah in sodelavcih MBP so imena izpisana in priimki zapisani z velikimi tiskanimi črkami.

#### 1978

Kosta, L., V. Ravnik, A.R. Byrne, Jože ŠTIRN, M. Dermelj, P. Stegnar. 1978. Some trace elements in the waters, marine organisms and sediments of the Adriatic by neutron activation analysis. *Journal of Radioanalytical Chemistry*, 44, 2: 317-332.

#### 1984

FANUKO, Neda. 1984. The influence of experimental sewage pollution on lagoon phytoplankton. *Marine Pollution Bulletin*, 15, 5: 195-198.

MALEJ, Alenka, A. Benovič, M. Specchi, S. Fonda Umani. 1984. Net-zooplankton biomass of the Adriatic Sea. *Marine Biology*, 79, 2: 209-218.

#### 1985

FAGANELI, Jadran, Andrej AVČIN, Neda FANUKO, Alenka MALEJ, Valentina TURK, Peter TUŠNIK, Borut VRIŠER, Aleksander VUKOVIČ. 1985. Bottom layer anoxia in the central part of the Gulf of Trieste in the late summer of 1983. *Marine Pollution Bulletin*, 16, 2: 75-78.

#### 1986

Harris, R.P., Alenka MALEJ. 1986. Diel patterns of ammonium excretion and grazing rhythms in *Calanus helgolandicus* in surface stratified waters. *Marine ecology Progress series*, 31, 1: 75-85

Olivotti, R., Jadran FAGANELI, Alenka MALEJ. 1986. Eutrophication of coastal waters - Gulf of Trieste. *Water Science and Technology*, 18, 9: 303-316.

Olivotti, R., Jadran FAGANELI, Alenka MALEJ. 1986. Impact of 'organic' pollutants on coastal waters, gulf of Trieste. *Water Science and Technology*, 18, 9: 57-68.

#### 1987

Herndl, G.J., Vlado MALAČIČ. 1987. Impact of the pycnocline layer on bacterioplankton: Diel and spatial variations in microbial parameters in the stratified water column of the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea). *Marine Ecology Progress Series*, 38, 3: 295-303.

#### 1988

FAGANELI, Jadran, Alenka MALEJ, J. Pezdič, Vlado MALAČIČ. 1988. C: N: P ratios and stable C isotopic ratios as indicators of sources of organic matter in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic). *Oceanologica Acta*, 11, 4: 377-382.

#### 1989

FAGANELI, Jadran, M. Gačič, Alenka MALEJ, N. Smodlaka. 1989. Pelagic organic matter in the Adriatic Sea in relation to winter hydrographic conditions. *Journal of Plankton Research*, 11, 6: 1129-1141.

FANUKO-KOVAČIČ, Neda. 1989. Possible relation between a bloom of *Distephanus speculum* (Silicoflagellata) and anoxia in bottom waters in the Northern Adriatic, 1983. *Journal of Plankton Research*, 11, 1: 75-84.

## Pregled dosežkov

Herndl, G.J., P. Peduzzi, Neda FANUKO. 1989. Benthic community metabolism and microbial dynamics in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea). *Marine Ecology Progress Series*, 53, 2: 169-178.

MALEJ, Alenka. 1989. Behavior and trophic ecology of the jellyfish *Pelagia noctiluca* (Forsskål, 1775). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 126, 3: 259-270.

#### 1990

Peduzzi, P., Aleksander VUKOVIČ. 1990. Primary production of *Cymodocea nodosa* in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea): a comparison of methods. *Marine Ecology Progress Series*, 64, 1-2: 197-207.

Rosenberg, R., E. Dahl, L. Edler, L. Fyrberg, E. Granéli, Valentina TURK in sod. 1990. Pelagic nutrient and energy transfer during spring in the open and coastal Skagerrak. *Marine Ecology Progress Series*, 61: 215-231.

Stachowitsch, M., Neda FANUKO, M. Richter. 1990. Mucus Aggregates in the Adriatic Sea: An Overview of Stages and Occurrences. *Marine Ecology-Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli*, 11, 4: 327-350.

#### 1991

FAGANELI, Jadran, Radovan PLANINC, J. Pezdič, B. Smodiš, P. Stegnar, B. Ogorelec. 1991. Marine geology of the Gulf of Trieste (northern Adriatic): Geochemical aspects. *Marine Geology*, 99, 1-2: 93-108.

Ogorelec, B., M. Mišič, Jadran FAGANELI. 1991. Marine geology of the Gulf of Trieste (northern Adriatic): Sedimentological aspects. *Marine Geology*, 99, 1-2: 79-92.

POSEDEL, Nives, Jadran FAGANELI. 1991. Nature and sedimentation of suspended particulate matter during density stratification in shallow coastal waters (Gulf of Trieste, northern Adriatic). *Marine Ecology Progress Series*, 77: 135-145.

#### 1992

TURK, Valentina, A.S. Rehnstam, E. Lundberg, Å. Hagström. 1992. Release of bacterial DNA by marine nanoflagellates, an intermediate step in phosphorus regeneration. *Applied and Environmental Microbiology*, 58, 11: 3744-3750.

#### 1993

MALEJ, Alenka, Jadran FAGANELI, J. Pezdič. 1993. Stable isotope and biochemical fractionation in the marine pelagic food chain: the jellyfish *Pelagia noctiluca* and net zooplankton. *Marine Biology*, 116, 4: 565-570.

MALEJ, Alenka, R.P. Harris. 1993. Inhibition of copepod grazing by diatom exudates: a factor in the development of mucus aggregates? *Marine Ecology Progress Series*, 96, 1: 33-42.

#### 1994

FAGANELI, Jadran, J. Pezdič, B. Ogorelec, M. Mišič, M. Najdek. 1994. The origin of sedimentary organic matter in the Adriatic. *Continental Shelf Research*, 14, 4: 365-384.

#### 1995

Degobbis, D., S. Fonda Umani, P. Franco, Alenka MALEJ, R. Precali, N. Smodlaka. 1995. Changes in the Northern Adriatic ecosystem and appearance of hypertrophic gelatinous aggregates. *Science of the Total Environment*, 165, 1-3: 43-58.

FAGANELI, Jadran, Nives KOVAČ, H. Leskovšek, J. Pezdič. 1995. Sources and fluxes of particulate organic matter in shallow coastal waters characterized by summer macroaggregate formation. *Biogeochemistry*, 29, 1: 71-88.

MALEJ, Alenka, Patricija MOZETIČ, Vlado MALAČIČ, S. Terzić, M. Ahel. 1995. Phytoplankton responses to freshwater inputs in a small semi-enclosed gulf (Gulf of Trieste, Adriatic Sea). *Marine Ecology Progress Series*, 120, 1-3: 111-121.

#### 1996

ČERMEJ, Branko, Jadran FAGANELI, B. Ogorelec, T. Dolenc, J. Pezdič, B. Smodiš. 1996. The origin and recycling of sedimented biogenic debris in a subalpine eutrophic lake (Lake Bled, Slovenia). *Biogeochemistry*, 32: 69-91.

#### 1997

BAJT, Oliver, B. Šket, Jadran FAGANELI. 1997. The aqueous photochemical transformation of acrylic acid. *Marine Chemistry*, 58: 255-259.

Baldi, F., Patricija MOZETIČ, Valentina TURK, Alenka MALEJ, A. Minacci, A. Saliot in sod. 1997. Cell lysis and release of particulate polysaccharides in extensive marine mucilage assessed by lipid biomarkers and molecular probes. *Marine Ecology Progress Series*, 153: 45-57.

Bertuzzi, A., Jadran FAGANELI, C. Welker, A. Brambati. 1997. Benthic fluxes of dissolved inorganic carbon, nutrients and oxygen in the Gulf of Trieste (northern Adriatic). *Water, Air, and Soil Pollution*, 99, 1-4: 305-314.

Cushman-Roisin, B., Vlado MALAČIČ. 1997. Bottom Ekman pumping with stress-dependent eddy viscosity. *Journal of Physical Oceanography*, 27, 9: 1967-1975.

ČERMEJ, Branko, A. Bertuzzi, Jadran FAGANELI. 1997. Modelling of pore water nutrient distribution and benthic fluxes in shallow coastal waters (Gulf of Trieste, Northern Adriatic). *Water, Air, and Soil Pollution*, 99, 1-4: 435-443.

Hines, M.E., Jadran FAGANELI, Radovan PLANINC. 1997. Sedimentary anaerobic microbial biogeochemistry in the Gulf of Trieste, northern Adriatic Sea: Influences of bottom water oxygen depletion. *Biogeochemistry*, 39, 1: 65-86.

Ogrinc, N., S. Lojen, Jadran FAGANELI. 1997. The sources of dissolved inorganic carbon in pore waters of lacustrine sediment. *Water, Air, and Soil Pollution*, 99: 333-341.

**1998**

KOVAČ, Nives, Jadran FAGANELI, B. Sket, Oliver BAJT. 1998. Characterization of macroaggregates and photodegradation of their water soluble fraction. *Organic Geochemistry*, 29, 5-7: 1623-1634.

MOZETIČ, Patricija, S. Fonda Umani, B. Cataletto, Alenka MALEJ. 1998. Seasonal and inter-annual plankton variability in the Gulf of Trieste (northern Adriatic). *ICES Journal of Marine Science*, 55, 4: 711-722.

**1999**

Arčon, I., N. Ogrinc, A. Kodre, Jadran FAGANELI. 1999. EXAFS and XANES characterization of sedimentary iron in the Gulf of Trieste (N. Adriatic). *Journal of Synchrotron Radiation*, 6: 659-660.

Covelli, S., Jadran FAGANELI, M. Horvat, A. Brambati. 1999. Porewater distribution and benthic flux measurements of mercury and methylmercury in the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 48, 4: 415-428.

Fajon, C., G. Cauwet, P. Lebaron, S. Terzić, M. Ahel, Alenka MALEJ, Patricija MOZETIČ, Valentina TURK. 1999. The accumulation and release of polysaccharides by planktonic cells and the subsequent bacterial response during a controlled experiment. *FEMS Microbiology Ecology*, 29, 4: 351-363.

Horvat, M., S. Covelli, Jadran FAGANELI, M. Logar, V. Mandič, R. Rajar in sod. 1999. Mercury in contaminated coastal environments, a case study: the Gulf of Trieste. *Science of the Total Environment*, 237-238: 43-56.

**2000**

Hines, M.E., M. Horvat, Jadran FAGANELI, J.C. Bonzongo, T. Barkay, E.B. Major in sod. 2000. Mercury biogeochemistry in the Idrija River, Slovenia, from above the mine into the Gulf of Trieste. *Environmental Research*, 83, 2: 129-139.

MALAČIČ, Vlado, D. Viezzoli, B. Cushman-Roisin. 2000. Tidal dynamics in the northern Adriatic Sea. *Journal of Geophysical Research*, 105, C11: 26265-26280.

**2001**

BAJT, Oliver, G. Mailhot, M. Bolte. 2001. Degradation of dibutyl phthalate by homogeneous photocatalysis with Fe(III) in aqueous solution. *Applied catalysis B: Environmental*, 33, 2: 239-248.

ČERMELJ, Branko, N. Ogrinc, Jadran FAGANELI. 2001. Anoxic mineralization of biogenic debris in near-shore marine sediments (Gulf of Trieste, northern Adriatic). *Science of the Total Environment*, 266, 1-3: 143-152.

Covelli, S., Jadran FAGANELI, M. Horvat, A. Brambati. 2001. Mercury contamination of coastal sediments as the result of long-term cinnabar mining activity (Gulf of Trieste, northern Adriatic Sea). *Applied Geochemistry*, 16, 5: 541-558.

Notar, M., H. Leskovšek, Jadran FAGANELI. 2001. Composition, distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments of the Gulf of Trieste, northern Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 42, 1: 36-44.

**2002**

KOVAČ, Nives, Oliver BAJT, Jadran FAGANELI, B. Sket, B. Orel. 2002. Study of macroaggregate composition using FT-IR and <sup>1</sup>H-NMR spectroscopy. *Marine Chemistry*, 78, 4: 205-215.

Muri, G., Branko ČERMELJ, Jadran FAGANELI, A. Brancelj. 2002. Black carbon in Slovenian alpine lacustrine sediments. *Chemosphere*, 46, 8: 1225-1234.

Ogrinc, N., S. Lojen, Jadran FAGANELI. 2002. A mass balance of carbon stable isotopes in an organic-rich methane-producing lacustrine sediment (Lake Bled, Slovenia). *Global and Planetary Change*, 33, 1-2: 57-72.

Welker, C., E. Sdrigotti, S. Covelli, Jadran FAGANELI. 2002. Microphytobenthos in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea): Relationship with labile sedimentary organic matter and nutrients. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55, 2: 259-273.

**2003**

FAGANELI, Jadran, M. Horvat, S. Covelli, V. Fajon, M. Logar, Lovrenc LIPEJ, Branko ČERMELJ. 2003. Mercury and methylmercury in the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea). *Science of the Total Environment*, 304, 1-3: 315-326.

Horvat, M., B. Kontič, J. Kotnik, N. Ogrinc, V. Jereb, V. Fajon, Jadran FAGANELI in sod. 2003. Remediation of mercury polluted sites due to mining activities. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 33, 4: 291-296.

Horvat, M., N. Nolde, V. Fajon, V. Jereb, M. Logar, S. Lojen, Jadran FAGANELI in sod. 2003. Total mercury, methylmercury and selenium in mercury polluted areas in the province Guizhou, China. *Science of the Total Environment*, 304, 1-3: 231-256.

KOŽAR LOGAR, Jasmina, Alenka MALEJ, M. Franko. 2003. Hyphenated high performance liquid chromatography-thermal lens spectrometry technique as a tool for investigations of xanthophyll cycle pigments in different taxonomic groups of marine phytoplankton. *Review of Scientific Instruments*, 74, 1: 776-778.

MALEJ, Alenka, Patricija MOZETIČ, Valentina TURK, S. Terzić, M. Ahel, G. Cauwet. 2003. Changes in particulate and dissolved organic matter in nutrient-enriched enclosures from an area influenced by mucilage: the northern Adriatic Sea. *Journal of Plankton Research*, 25, 8: 949-966.

Muri, G., S.G. Wakeham, Jadran FAGANELI. 2003. Polycyclic aromatic hydrocarbons and black carbon in sediments of a remote alpine lake (Lake Planina, northwest Slovenia). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 22, 5: 1009-1016.

**2004**

Muri, G., S.G. Wakeham, T.K. Pease, Jadran FAGANELI. 2004. Evaluation of lipid biomarkers as indicators of changes in organic matter delivery to sediments from Lake Planina, a remote mountain lake in NW Slovenia. *Organic Geochemistry*, 35, 10: 1083-1093.

Stopar, D., A. Černe, M. Žigman, M. Poljšak-Prijatelj, Valentina TURK. 2004. Viral abundance and a high proportion of lysogens suggest that viruses are important members of the microbial community in the Gulf of Trieste. *Microbial Ecology*, 47: 1-8.

**2005**

KOVAČ, Nives, Patricija MOZETIČ, J. Trichet, C. Defarge. 2005. Phytoplankton composition and organic matter organization of mucous aggregates by means of light and cryo-scanning electron microscopy. *Marine Biology*, 147, 1: 261-271.

MALAČIČ, Vlado, Patricija MOZETIČ. 2005. Modeling of the spread of an effluent and the overturning length scale near an underwater source in the Northern Adriatic. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 45, 6: 1491-1501.

Ogrinc, N., G. Fontolan, Jadran FAGANELI, S. Covelli. 2005. Carbon and nitrogen isotope compositions of organic matter in coastal marine sediments (the Gulf of Trieste, N Adriatic Sea): indicators of sources and preservation. *Marine Chemistry*, 95, 3-4: 163-181.

**2006**

Cook, E.J., K.D. Black, M.D.J. Sayer, C.J. Cromey, D.L. Angel, E. Spanier, Alenka MALEJ in sod. 2006. The influence of caged mariculture on the early development of sublittoral fouling communities: a pan-European study. *ICES Journal of Marine Science*, 63, 4: 637-649.

Covelli, S., G. Fontolan, Jadran FAGANELI, N. Ogrinc. 2006. Anthropogenic markers in the Holocene stratigraphic sequence of the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea). *Marine Geology*, 230, 1-2: 29-51.

Covelli, S., R. Piani, J. Kotnik, M. Horvat, Jadran FAGANELI, A. Brambati. 2006. Behaviour of Hg species in a microtidal deltaic system: The Isonzo River mouth (northern Adriatic Sea). *Science of the Total Environment*, 368, 1: 210-223.

Dorman, C.E., S. Carniel, L. Cavaleri, M. Sclavo, J. Chiggiato, J. Doyle, Vlado MALAČIČ in sod. 2006. February 2003 marine atmospheric conditions and the bora over the northern Adriatic. *Journal of Geophysical Research*, 112, C3: C03S03.

FRANCÉ, Janja, Patricija MOZETIČ. 2006. Ecological characterization of toxic phytoplankton species (*Dinophysis* spp., *Dinophyceae*) in Slovenian mariculture areas (Gulf of Trieste, Adriatic Sea) and the implications for monitoring. *Marine Pollution Bulletin*, 52, 11: 1504-1516.

Hines, M.E., Jadran FAGANELI, I. Adatto, M. Horvat. 2006. Microbial mercury transformations in marine, estuarine and freshwater sediment downstream of the Idrija Mercury Mine, Slovenia. *Applied Geochemistry*, 21, 11: 1924-1939.

MALAČIČ, Vlado, M. Celio, Branko ČERMELJ, A. Bussani, C. Comici. 2006. Interannual evolution of seasonal thermohaline properties in the Gulf of Trieste (northern Adriatic) 1991-2003. *Journal of Geophysical Research*, 111, C8: C08009.

Ogrinc, N., Jadran FAGANELI. 2006. Phosphorus regeneration and burial in near-shore marine sediments (the Gulf of Trieste, northern Adriatic Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67, 4: 579-588.

**2007**

Covelli, S., R. Piani, A. Acquavita, S. Predonzani, Jadran FAGANELI. 2007. Transport and dispersion of particulate Hg associated with a river plume in coastal Northern Adriatic environments. *Marine Pollution Bulletin*, 55, 10-12: 436-450.

MALEJ, Alenka, Valentina TURK, D. Lučić, A. Benović. 2007. Direct and indirect trophic interactions of *Aurelia* sp. (Scyphozoa) in a stratified marine environment (Mljet Lakes, Adriatic Sea). *Marine Biology*, 151, 3: 827-841.

Odić, D., Valentina TURK, D. Stopar. 2007. Environmental stress determines the quality of bacterial lysate and its utilization efficiency in a simple microbial loop. *Microbial Ecology*, 53: 639-649.

**2008**

Andrič, M., B. Kroflič, M.J. Toman, N. Ogrinc, T. Dolenc, M. Dobnikar, Branko ČERMELJ. 2008. Late Quaternary vegetation and hydrological change at Ljubljansko barje (Slovenia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 270, 1-2: 150-165.

Covelli, S., Jadran FAGANELI, C. De Vittor, S. Predonzani, A. Acquavita, M. Horvat. 2008. Benthic fluxes of mercury species in a lagoon environment (Grado Lagoon, Northern Adriatic Sea, Italy). *Applied Geochemistry*, 23, 3: 529-546.

FLANDER-PUTRLE, Vesna, Alenka MALEJ. 2008. The evolution and phytoplankton composition of mucilaginous aggregates in the northern Adriatic Sea. *Harmful Algae*, 7, 6: 752-761.

Mangoni, O., M. Modigh, Patricija MOZETIČ, A. Bergamasco, P. Rivaro, V. Saggiomo. 2008. Structure and photosynthetic properties of phytoplankton assemblages in a highly dynamic system, the Northern Adriatic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 77, 4: 633-644.

ORLANDO-BONACA, Martina, Lovrenc LIPEJ, S. Orfanidis. 2008. Benthic macrophytes as a tool for delineating, monitoring and assessing ecological status: The case of Slovenian coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 56, 4: 666-676.

## 2009

FAGANELI, Jadran, N. Ogrinc, Nives KOVAČ, K. Kukovec, I. Falnoga, Patricija MOZETIČ, Oliver BAJT. 2009. Carbon and nitrogen isotope composition of particulate organic matter in relation to mucilage formation in the northern Adriatic Sea. *Marine Chemistry*, 114, 3-4: 102-109.

GREGO, Mateja, M. De Troch, Janez FORTE, Alenka MALEJ. 2009. Main meiofauna taxa as an indicator for assessing the spatial and seasonal impact of fish farming. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 8: 1178-1186.

MALAIČIČ, Vlado, Boris PETELIN. 2009. Climatic circulation in the Gulf of Trieste (northern Adriatic). *Journal of Geophysical Research*, 114: C07002.

Štifanić, M., M. Mičić, Andreja RAMŠAK, S. Blašković, A. Ruso, R. K. Zahn in sod. 2009. p63 in *Mytilus galloprovincialis* and p53 family members in the phylum Mollusca. *Comparative biochemistry and physiology. Part B, Biochemistry & molecular biology*, 154, 3: 264-273.

## 2010

FAGANELI, Jadran, B. Mohar, R. Kofol, V. Pavlica, T. Marinšek, A. Rozman in sod. 2010. Nature and lability of Northern Adriatic macroaggregates. *Marine Drugs*, 8, 9: 2480-2492.

KOGOVIŠEK, Tjaša, Branko BOGUNOVIČ, Alenka MALEJ. 2010. Recurrence of bloom-forming scyphomedusae: wavelet analysis of a 200-year time series. *Hydrobiologia*, 645, 1: 81-96.

MOZETIČ, Patricija, C. Solidoro, G. Cossarini, G. Socal, R. Precali, Janja FRANČE in sod. 2010. Recent trends towards oligotrophication of the Northern Adriatic: Evidence from chlorophyll *a* time series. *Estuaries and Coasts*, 33, 2: 362-375.

Stres, B., L. Philippot, Jadran FAGANELI, J.M. Tiedje. 2010. Frequent freeze-thaw cycles yield diminished yet resistant and responsive microbial communities in two temperate soils: a laboratory experiment. *FEMS Microbiology Ecology*, 74, 2: 323-335.

Tang, K.W., Valentina TURK, H.-P. Grossart. 2010. Linkage between crustacean zooplankton and aquatic bacteria. *Aquatic Microbial Ecology*, 61, 3: 261-277.

Turk, D., Vlado MALAIČIČ, M. Degrandpre, W.R. McGillis. 2010. Carbon dioxide variability and air-sea fluxes in the northern Adriatic Sea. *Journal of Geophysical Research*, 115, C10043: 1-12.

TURK, Valentina, Å. Hagström, Nives KOVAČ, Jadran FAGANELI. 2010. Composition and function of mucilage macroaggregates in the northern Adriatic. *Aquatic Microbial Ecology*, 61, 3: 279-289.

Veit-Koehler, G., M. De Troch, Mateja GREGO, T. Nara Bezerra, W. Bonne, G. De Smet in sod. 2010. Large-scale diversity and biogeography of benthic copepods in European waters. *Marine Biology*, 157, 8: 1819-1835.

VENKO, Katja, Andreja RAMŠAK, P. Trontelj, Alenka MALEJ. 2010. Lack of genetic structure in the jellyfish *Pelagia noctiluca* (Cnidaria: Scyphozoa: Semaestomeae) across European seas. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 1, 57: 417-428.

## 2011

Drinovec, L., Vesna FLANDER-PUTRLE, M. Knez, A. Beran, M. Zrimec Berden. 2011. Discrimination of marine algal taxonomic groups using delayed fluorescence spectroscopy. *Environmental and Experimental Botany*, 73: 42-48.

Emili, A., Neža KORON, S. Covelli, Jadran FAGANELI, A. Acquavita, S. Predonzani in sod. 2011. Does anoxia affect mercury cycling at the sediment-water interface in the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea)? Incubation experiments using benthic flux chambers. *Applied Geochemistry*, 26, 2: 194-204.

Krysa, J., J. Jirkovsky, Oliver BAJT, G. Mailhot. 2011. Competitive adsorption and photodegradation of salicylate and oxalate on goethite. *Catalysis Today*, 161, 1: 221-227.

Žižek, S., R. Milačić, Nives KOVAČ, R. Jačimović, M.J. Toman, M. Horvat. 2011. Periphyton as a bioindicator of mercury pollution in a temperate torrential river ecosystem. *Chemosphere*, 85, 5: 883-891.

## 2012

Acquavita, A., A. Emili, S. Covelli, Jadran FAGANELI, S. Predonzani, Neža KORON in sod. 2012. The effects of resuspension on the fate of Hg in contaminated sediments (Marano and Grado Lagoon, Italy): Short-term simulation experiments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 113: 32-40.

Acquavita, A., S. Covelli, A. Emili, D. Berto, Jadran FAGANELI, M. Giani, Neža KORON in sod. 2012. Mercury in the sediments of the Marano and Grado Lagoon (northern Adriatic Sea): Sources, distribution and speciation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 113: 20-31.

Bratkič, A., M. Burnik Šturm, Jadran FAGANELI, N. Ogrinc. 2012. Semi-annual carbon and nitrogen isotope variations in the water column of Lake Bled, NW Slovenia. *Biogeosciences*, 9, 1: 1-11.

Condon, R.H., W.M. Graham, C.M. Duarte, K.A. Pitt, C.H. Lucas, S.H.D. Haddock, Alenka MALEJ in sod. 2012. Questioning the rise of gelatinous zooplankton in the world's Oceans. *Bioscience*, 62, 2: 160-169.

Cozzi, S., C. Falconi, C. Comici, Branko ČERMELJ, Nives KOVAČ, Valentina TURK in sod. 2012. Recent evolution of river discharges in the Gulf of Trieste and their potential response to climate changes and anthropogenic pressure. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 115: 14-24.

De Vittor, C., Jadran FAGANELI, A. Emili, S. Covelli, S. Predonzani, A. Acquavita. 2012. Benthic fluxes of oxygen, carbon and nutrients in the Marano and Grado Lagoon (northern Adriatic Sea, Italy). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 113: 57-70.

Emili, A., A. Acquavita, Neža KORON, S. Covelli, Jadran FAGANELI, M. Horvat in sod. 2012. Benthic flux measurements of Hg species in a northern Adriatic lagoon environment (Marano and Grado Lagoon, Italy). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 113: 71-84.

FAGANELI, Jadran, M.E. Hines, S. Covelli, A. Emili, M. Giani. 2012. Mercury in lagoons: an overview of the importance of the link between geochemistry and biology. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 113: 126-132.

Hines, M.E., E.N. Poitras, S. Covelli, Jadran FAGANELI, A. Emili in sod. 2012. Mercury methylation and demethylation in Hg-contaminated lagoon sediments (Marano and Grado Lagoon, Italy). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 113: 85-95.

KORON, Neža, A. Bratkič, S. Ribeiro Guevara, M. Vahčić, M. Horvat. 2012. Mercury methylation and reduction potentials in marine water: an improved methodology using 197 Hg radiotracer. *Applied Radiation and Isotopes*, 70, 1: 46-50.

MALAIČIČ, Vlado, Boris PETELIN, Martin VODOPIVEC. 2012. Topographic control of wind-driven circulation in the northern Adriatic. *Journal of Geophysical Research*, 117: C06032.

Mandić-Mulec, I., K. Gorenc, M. Gams Petrišič, Jadran FAGANELI, N. Ogrinc. 2012. Methanogenesis pathways in a stratified eutrophic alpine lake (Lake Bled, Slovenia). *Limnology and Oceanography*, 57, 3: 868-880.

MOZETIČ, Patricija, Janja FRANČE, Tjaša KOGOVIŠEK, Iva TALABER, Alenka MALEJ. 2012. Plankton trends and community changes in a coastal sea (northern Adriatic): Bottom-up vs. top-down control in relation to environmental drivers. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 115: 138-148.

ORLANDO-BONACA, Martina, Borut MAVRIČ, G. Urbanič. 2012. Development of a new index for the assessment of hydromorphological alterations of the Mediterranean rocky shore. *Ecological Indicators*, 12, 1: 26-36.

Subida, M.D., P. Drake, E. Jordana, Borut MAVRIČ, S. Pinedo, N. Simbora in sod. 2012. Response of different biotic indices to gradients of organic enrichment in Mediterranean coastal waters: Implications of non-monotonic responses of diversity measures. *Ecological Indicators*, 19: 106-117.

TINTA, Tinkara, Tjaša KOGOVIŠEK, Alenka MALEJ, Valentina TURK. 2012. Jellyfish modulate bacterial dynamic and community structure. *PLoS ONE*, 7, 6: e39274.

Zenetos, A., S. Gofas, C. Morri, A. Rosso, D. Violanti, J.E. Garcia Raso, Lovrenc LIPEJ in sod. 2012. Alien species in the Mediterranean Sea by 2012. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part 2. Introduction trends and pathways. *Mediterranean Marine Science*, 13, 2: 328-352.

## 2013

Bratkič, A., N. Ogrinc, J. Kotnik, Jadran FAGANELI, D. Žagar, S. Yano in sod. 2013. Mercury speciation driven by seasonal changes in a contaminated estuarine environment. *Environmental research*, 125: 171-178.

Condon, R.H., C.M. Duarte, K.A. Pitt, K.L. Robinson, C.H. Lucas, K.R. Sutherland, Alenka MALEJ in sod. 2013. Recurrent jellyfish blooms are a consequence of global oscillations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110, 3: 1000-1005.

Cosoli, S., Matjaz LIČER, Martin VODOPIVEC, Vlado MALAIČIČ. 2013. Surface circulation in the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea) from radar, model, and ADCP comparisons. *Journal of Geophysical Research*, 118, 11: 6183-6200.

De Troch, M., M. Roelofs, B. Riedel, Mateja GREGO. 2013. Structural and functional responses of harpacticoid copepods to anoxia in the Northern Adriatic: an experimental approach. *Biogeosciences*, 10, 6: 4259-4272.

Duarte, C.M., K.A. Pitt, C.H. Lucas, J.E. Purcell, S.-I. Uye, K. Robinson, Alenka MALEJ in sod. 2013. Is global ocean sprawl a cause of jellyfish blooms? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11, 2: 91-97.

GREGO, Mateja, M. Stachowitsch, M. De Troch, B. Riedel. 2013. CellTracker Green labelling vs. Rose Bengal staining: CTG wins by points in distinguishing living from dead anoxia-impacted copepods and nematods. *Biogeosciences*, 10, 7: 4565-4575.

KORON, Neža, Jadran FAGANELI, I. Falnoga, D. Mazej, Katja KLUN, Nives KOVAČ. 2013. Association of macroaggregates and metals in coastal waters. *Marine Chemistry*, 157: 185-193.

Mihanović, H., I. Vilibić, S. Carniel, M. Tudor, A. Russo, A. Bergamasco, Vlado MALAIČIČ in sod. 2013. Exceptional dense water formation on the Adriatic shelf in the winter of 2012. *Ocean Science*, 9, 3: 561-572.

Muri, G., Branko ČERMELJ, R. Jačimović, D. Skaberne, A. Šmuc, M. Burnik Šturm in sod. 2013. Consequences of anthropogenic activity for two remote alpine lakes in NW Slovenia as tracked by sediment geochemistry. *Journal of Paleolimnology*, 50, 4: 457-470.

PETELIN, Boris, I. Kononenko, Vlado MALAIČIČ, M. Kukar. 2013. Multi-level association rules and directed graphs for spatial data analysis. *Expert Systems with Applications*, 40, 12: 4957-4970.

Raichich, F., Vlado MALAIČIČ, M. Celio, D. Giaiotti, C. Cantoni, R.R. Colucci, Branko ČERMELJ in sod. 2013. Extreme air-sea interactions in the Gulf of Trieste (North Adriatic) during the strong Bora event in winter 2012. *Journal of Geophysical Research*, 118, 10: 5238-5250.

Ramšak, V., Vlado MALAIČIČ, Matjaž LIČER, J. Kotnik, M. Horvat, D. Žagar. 2013. High-resolution pollutant dispersion modelling in contaminated coastal sites. *Environmental Research*, 125: 103-112.

Sjöstedt, J., M. Pontarp, Tinkara TINTA, H. Alfredsson, Valentina TURK, P. Lundberg in sod. 2013. Reduced diversity and changed bacterioplankton community composition do not affect utilization of dissolved organic matter in the Adriatic Sea. *Aquatic Microbial Ecology*, 71, 1: 15-24.

#### 2014

Cozzi, S., A. Mistaro, S. Sparnocchia, L. Calugnati, Oliver BAJT, L. Toniatti. 2014. Anthropogenic loads and biogeochemical role of urea in the Gulf of Trieste. *Science of the Total Environment*, 493: 271-281.

Garcia-Corral, L.S., E. Barber, A. Regaudie-De-Gioux, S. Sal, J.M. Holding, S. Agustí, Patricija MOZETIČ in sod. 2014. Temperature dependence of planktonic metabolism in the subtropical North Atlantic Ocean. *Biogeosciences*, 11, 1: 4529-4540.

GREGO, Mateja, B. Riedel, M. Stachowitsch, M. De Troch. 2014. Meiofauna winners and losers of coastal hypoxia: case study harpacticoid copepods. *Biogeosciences*, 11, 2: 281-292.

Horvat, M., N. Degenek, Lovrenc LIPEJ, J. Snoj Tratnik, Jadran FAGANELI. 2014. Trophic transfer and accumulation of mercury in ray species in coastal waters affected by historic mercury mining (Gulf of Trieste, northern Adriatic Sea). *Environmental Science and Pollution Research*, 21, 6: 4163-4176.

KOGOVIŠEK, Tjaša, Tinkara TINTA, Katja KLUN, Alenka MALEJ. 2014. Jellyfish biochemical composition: importance of standardized sample processing. *Marine Ecology Progress Series*, 510: 275-288.

Kristan, U., T. Kanduč, A. Osterc, Z. Šlejkovec, Andreja RAMŠAK, V. Stibilj. 2014. Assessment of pollution level using *Mytilus galloprovincialis* as a bioindicator species: the case of the Gulf of Trieste. *Marine Pollution Bulletin*, 89, 1-2: 455-463.

Kružič, P., Lovrenc LIPEJ, Borut MAVRIČ, P. Rodic. 2014. Impact of bleaching on the coral *Cladocora caespitosa* in the eastern Adriatic Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 509: 193-202.

Laglbauer Betty, J.L., R.M. Franco-Santos, M. Andreu-Cazenave, L. Brunelli, M. Papadatou, Mateja GREGO in sod. 2014. Macrodebris and microplastics from beaches in Slovenia. *Marine Pollution Bulletin*, 89, 1-2: 356-366.

Malfatti, F., Valentina TURK, Tinkara TINTA, Patricija MOZETIČ, M. Manganelli, T.J. Samo, J.A. Ugalde, Nives KOVAČ in sod. 2014. Microbial mechanisms coupling carbon and phosphorus cycles in phosphorus-limited northern Adriatic Sea. *Science of the Total Environment*, 470: 1173-1183.

Metzger, E., D. Langlet, E. Viollier, Neža KORON, B. Riedel, M. Stachowitsch, Jadran FAGANELI in sod. 2014. Artificially induced migration of redox layers in a coastal sediment from the Northern Adriatic. *Biogeosciences*, 11, 8: 2211-2224.

Mikaelyan, S., Alenka MALEJ, T.A. Shiganova, Valentina TURK, A. Sivkovitch, Tjaša KOGOVIŠEK in sod. 2014. Populations of the red tide forming dinoflagellate *Noctiluca scintillans* (Macartney): A comparison between the Black Sea and the northern Adriatic Sea. *Harmful Algae*, 33: 29-40.

Negrão Carvalho, R., A. Aruqwe, S. Ait-Aissa, A. Bado-Nilles, S. Balzamo, A. Baun, Vesna FLANDER-PUTRLE, Valentina TURK in sod. 2014. Mixtures of chemical pollutants at European legislation safety concentrations: How safe are they? *Toxicological sciences*, 141, 1: 218-233.

Rizzo, A., M. Arcagni, L. Campbell, Neža KORON, M. Pavlin, M. Arribère in sod. 2014. Source and trophic transfer of mercury in plankton from an ultraoligotrophic lacustrine system (Lake Nahuel Huapi, North Patagonia). *Ecotoxicology*, 23, 7: 1184-1194.

VOJVODA, Jana, D. Lamy, E. Sintes, J.A.L. Garcia, Valentina TURK, G.J. Herndl. 2014. Seasonal variation in marine-snow-associated and ambient-water prokaryotic communities in the northern Adriatic Sea. *Aquatic Microbial Ecology*, 73, 3: 211-224.

#### 2015

Crise, A., H. Kaberi, J. Ruiz, A. Zatsepin, E. Arashkevich, M. Giani, Alenka MALEJ in sod. 2015. A MSFD complementary approach for the assessment of pressures, knowledge and data gaps in Southern European Seas: The PERSEUS experience. *Marine Pollution Bulletin*, 1, 28: 39.

Crocetta, F., D. Agius, P. Balistreri, M. Bariche, Y.K. Bayhan, M. Cakir, Lovrenc LIPEJ in sod. 2015. New Mediterranean Biodiversity Records (October 2015). *Mediterranean Marine Science*, 16, 3: 682-702.

D'Ambra, I., Alenka MALEJ. 2015. Scyphomedusae of the Mediterranean: state of the art and future perspectives. *Central Nervous System Agents in Medicinal Chemistry*, 15, 2: 81-94.

GLAVAŠ, Neli, N. Rogan Šmuc, M. Dolenc, Nives KOVAČ. 2015. The seasonal heavy metal signature and variations in the microbial mat (petola) of the Sečovlje Salina (northern Adriatic). *Journal of Soils and Sediments*, 15, 12: 2359-2368.

Gollasch, S., M. David, Janja FRANČE, Patricija MOZETIČ. 2015. Quantifying indicatively living phytoplankton cells in ballast water samples - recommendations for Port State Control. *Marine Pollution Bulletin*, 101, 2: 768-775.

Kogovšek, P., J. Hodgetts, J. Hall, N. Prezelj, P. Nikolič, N. Mehle, Ana ROTTER in sod. 2015. LAMP assay and rapid sample preparation method for on-site detection of flavescence doree phytoplasma in grapevine. *Plant Pathology*, 64, 2: 286-296.

Kopf, A., M. Bicač, R. Kottmann, J. Schnetzer, I. Kostadinov, K. Lehmann, Valentina TURK, Tinkara TINTA in sod. 2015. The ocean sampling day consortium. *Gigascience*, 4: 27.

#### Pregled dosežkov

Kovacs, R., Z. Csenki, K. Bakos, B. Urbanyi, A. Horvath, V. Garaj-Vrhovac, Ana ROTTER in sod. 2015. Assessment of toxicity and genotoxicity of low doses of 5-fluorouracil in zebrafish (*Danio rerio*) two-generation study. *Water Research*, 77: 201-212.

ORLANDO-BONACA, Martina, Janja FRANČE, Borut MAVRIČ, Mateja GREGO, Lovrenc LIPEJ, Vesna FLANDER-PUTRLE, Milijan ŠIŠKO in sod. 2015. A new index (MediSkew) for the assessment of the *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson meadow's status. *Marine Environmental Research*, 110: 132-141.

PETELIN, Boris, I. Kononenko, Vlado MALAČIČ, M. Kukar. 2015. Dynamic fuzzy paths and cycles in multi-level directed graphs. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 37: 194-206.

Schiariti, A., V. Melica, Tjaša KOGOVIŠEK, Alenka MALEJ. 2015. Density-dependent effects control the reproductive strategy and population growth of *Aurelia aurita* s.l. scyphistomae. *Marine Biology*, 162, 8: 1665-1672.

Taheri, M., Mateja GREGO, B. Riedel, M. Vincx, J. Vanaverbeke. 2015. Patterns in nematode community during and after experimentally induced anoxia in the northern Adriatic Sea. *Marine environmental research*, 110: 110-123.

Tamše, S., N. Ogrinc, L.M. Walter, D. Turk, Jadran FAGANELI. 2015. River sources of dissolved inorganic carbon in the Gulf of Trieste (N Adriatic): stable carbon isotope evidence. *Estuaries and Coasts*, 38, 1: 151-164.

TINTA, Tinkara, Jana VOJVODA, Patricija MOZETIČ, Iva TALABER, Martin VODOPIVEC, F. Malfatti, Valentina TURK. 2015. Bacterial community shift is induced by dynamic environmental parameters in a changing coastal ecosystem (northern Adriatic, northeastern Mediterranean Sea) - a 2-year time-series study. *Environmental Microbiology*, 17, 10: 3581-3596.

#### 2016

Avian, M., Andreja RAMŠAK, V. Tirelli, I. D'Ambra, Alenka MALEJ. 2016. Redescription of *Pelagia benovici* into a new jellyfish genus, *Mawia*, gen. nov., and its phylogenetic position within *Pelagiidae* (Cnidaria: Scyphozoa: Semaestomeae). *Invertebrate Systematics*, 30, 6: 523-546.

Balasubramanian, M.N., N. Rački, José GONÇALVES, K. Kovač, M. Tušek-Žnidarič, Valentina TURK in sod. 2016. Enhanced detection of pathogenic enteric viruses in coastal marine environment by concentration using methacrylate monolithic chromatographic supports paired with quantitative PCR. *Water Research*, 106: 405-414.

Chust, G., E. Villarino, A. Chenuil, X. Irigoien, N. Bizsel, A. Bode, Patricija MOZETIČ in sod. 2016. Dispersal similarly shapes both population genetics and community patterns in the marine realm. *Scientific Reports*, 6, 28730.

Cvetković, M., Mateja GREGO, Valentina TURK. 2016. The efficiency of a new hydrodynamic cavitation pilot system on *Artemia salina* cysts and natural population of copepods and bacteria under controlled mesocosm conditions. *Marine Pollution Bulletin*, 105, 1: 341-350.

Estrada, M., M. Delgado, D. Blasco, M. Latasa, A. M. Cabello Mara, V. Benitez-Barrios, Patricija MOZETIČ in sod. 2016. Phytoplankton across tropical and subtropical regions of the Atlantic, Indian and Pacific Oceans. *PLoS ONE*, 11, 3: e0151699.

Falcieri, E.M., L. Kantha, A. Benetazzo, A. Bergamasco, D. Bonaldo, F. Barbariol, Vlado MALAČIČ in sod. 2016. Turbulence observations in the Gulf of Trieste under moderate wind forcing and different water column stratification. *Ocean Science*, 12: 433-449.

LIČER, Matjaž, Peter SMERKOL, Anja FETTICH, M. Ravdas, A. Papapostolou, A. Mantziafou, Vlado MALAČIČ in sod. 2016. Modeling the ocean and atmosphere during an extreme bora event in northern Adriatic using one-way and two-way atmosphere-ocean coupling. *Ocean Science*, 12, 1: 71-86.

Querin, S., M. Bensi, V. Cardin, C. Solidoro, S. Bacer, L. Mariotti, Vlado MALAČIČ in sod. 2016. Saw-tooth modulation of the deep-water thermohaline properties in the southern Adriatic Sea. *Journal of Geophysical Research*, 121, 7: 4585-4600.

#### 2017

Bonanno, G., Martina ORLANDO-BONACA. 2017. Trace elements in Mediterranean seagrasses: Accumulation, tolerance and biomonitoring. A review. *Marine Pollution Bulletin*, 125, 1-2: 8-18.

Cozzoli, F., E. Stanca, G.B. Selmečzy, Janja FRANČE, I. Varkitzi, A. Basset. 2017. Sensitivity of phytoplankton metrics to sample-size: a case study on a large transitional water dataset (WISER). *Ecological Indicators*, 82: 558-573.

GLAVAŠ, Neli, M. L. Mourelle, C. P. Gomez, J. L. Legido, N. R. Šmuc, M. Dolenc, Nives KOVAČ. 2017. The mineralogical, geochemical, and thermophysical characterization of healing saline mud for use in pelotherapy. *Applied Clay Science*, 135: 119-128.

Ivajnsič, D., Lovrenc LIPEJ, I. Škornik, M. Kaligarič. 2017. The sea level rise impact on four seashore breeding birds: the key study of Sečovlje Salina Nature Park. *Climatic change*, 140, 3-4: 549-562.

Krause, S., J. Lewandowski, D.M. Hannah, K.S. McDonald, Valentina TURK in sod. 2017. Ecohydrological interfaces as hotspots of ecosystem processes. *Water Resources Research*, 53: 6359-6376.

LIČER, Matjaž, B. Mourre, C. Troupin, A. Krietemeyer, A. Jansá, J. Tintoré. 2017. Numerical study of Balearic meteotsunami generation and propagation under synthetic gravity wave forcing. *Ocean Modelling*, 111: 38-45.

McDonald, K.S., Valentina TURK, Patricija MOZETIČ, Tinkara TINTA, F. Malfatti, D.M. Hannah in sod. 2017. Integrated network models for predicting ecological thresholds: Microbial carbon - interactions in coastal marine systems. *Environmental Modelling & Software*, 91: 156-167.

MOZETIČ, Patricija, M. Cangini, Janja FRANČE, M. Bastianini, F. Bernardi Aubry, M. Bužančič, Ana ROTTER in sod. 2017. Phytoplankton diversity in Adriatic ports: Lessons from the port baseline survey for the management of harmful algal species. *Marine Pollution Bulletin*, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.12.029>.

Perić, L., V. Nerlović, P. Žurga, L. Žilić, Andreja RAMŠAK. 2017. Variations of biomarkers response in mussels *Mytilus galloprovincialis* to low, moderate and high concentrations of organic chemicals and metals. *Chemosphere*, 174: 554-562.

Ripple, W.J., C. Wolf, T.M. Newsome, M. Galetti, M. Alamgir, E. Crist, Alenka MALEJ in sod. 2017. World scientists' warning to humanity: a second notice. *Bioscience*, 67, 12: 1026-1028.

Spagnolo, A., R. Auriemma, T. Bacci, I. Balković, F. Bertasi, L. Bolognini, Lovrenc LIPEJ, Borut MAVRIČ in sod. 2017. Non-indigenous macrozoobenthic species on hard substrata of selected harbours in the Adriatic sea. *Marine Pollution Bulletin*, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.12.031>.

VODOPIVEC, Martin, Á.J. Peliz, Alenka MALEJ. 2017. Offshore marine constructions as propagators of moon jellyfish dispersal. *Environmental Research Letters*, 12, 84003: 1-10.

## 2018

Azzurro, E., L. Bolognini, B. Dragičević, D. Drakulović, J. Dulčić, E. Fanelli, Lovrenc LIPEJ, Borut MAVRIČ in sod. 2018. Detecting the occurrence of indigenous and non-indigenous megafauna through fishermen knowledge: a complementary tool to coastal and port surveys. *Marine Pollution Bulletin*, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.016>.

Baldrighi, E., F. Semprucci, A. Franzo, I. Cvitković, D. Bogner, M. Despalatović, Mateja GREGO in sod. 2018. Meiofaunal communities in four Adriatic ports: baseline data for risk assessment in ballast water management. *Marine Pollution Bulletin*, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.056>.

Banchi, E., C. Gennaro Ametrano, David STANKOVIČ, P. Verardo, O. Moretti, F. Gabrielli in sod. 2018. DNA metabarcoding uncovers fungal diversity of mixed airborne samples in Italy. *PLoS ONE*, 13, 3: 1-20.

Bonanno, G., Martina ORLANDO-BONACA. 2018. Chemical elements in Mediterranean macroalgae. A review. *Ecotoxicology and environmental safety*, 148: 44-71.

Bonanno, G., Martina ORLANDO-BONACA. 2018. Perspectives on using marine species as bioindicators of plastic pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 137: 209-221.

Bonanno, G., Martina ORLANDO-BONACA. 2018. Ten inconvenient questions about plastics in the sea. *Environmental Science & Policy*, 85: 146-154.

Bonanno, G., Martina ORLANDO-BONACA. 2018. Trace elements in Mediterranean seagrasses and macroalgae. A review. *Science of the Total Environment*, 618: 1152-1159.

Bratklič, A., Tinkara TINTA, Neža KORON, G. Ribeiro, B. Sergio, B. Ermira, Jadran FAGANELI in sod. 2018. Mercury transformations in a coastal water column (Gulf of Trieste, northern Adriatic Sea). *Marine Chemistry*, 200: 57-67.

Cabrini, M., F. Cerino, A. De Olazabal, E. Di Poi, C. Fabbro, D. Fornasaro, Vesna FLANDER-PUTRLE, Janja FRANČE, Lovrenc LIPEJ, Patricija MOZETIČ, Tinkara TINTA, Valentina TURK in sod. 2018. Potential transfer of aquatic organisms via ballast water with a particular focus on harmful and non-indigenous species: a survey from Adriatic ports. *Marine Pollution Bulletin*, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.02.004>.

FAGANELI, Jadran, I. Falnoga, M. Horvat, Katja KLUN, Lovrenc LIPEJ, D. Mazej. 2018. Selenium and mercury interactions in apex predators from the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea). *Nutrients*, 10, 3: 278.

Giovanardi, F., Janja FRANČE, Patricija MOZETIČ, R. Precali. 2018. Development of ecological classification criteria for the Biological Quality Element phytoplankton for Adriatic and Tyrrhenian coastal waters by means of chlorophyll a (2000/60/EC WFD). *Ecological Indicators*, 93: 316-332.

GLAVAŠ, Neli, C. Defarge, P. Gautret, C. Jouliau, P. Penhoud, M. Motelica, Nives KOVAČ. 2018. The structure and role of the "petola" microbial mat in sea salt production of the Sečovlje (Slovenia). *Science of the Total Environment*, 644: 1254-1267.

GONCALVES, Jose, I. Gutierrez-Aguirre, M.N. Balasubramanian, M. Zagorščak, M. Ravnar, Valentina TURK. 2018. Surveillance of human enteric viruses in coastal waters using concentration with methacrylate monolithic supports prior to detection by RT-qPCR. *Marine Pollution Bulletin*, 128: 307-317.

Hykrdova, L., Oliver BAJT, J. Jirkovsky. 2018. Mechanism and kinetics of photochemical transformation of ketoprofen and its degradation intermediates. *Journal of Hazardous Materials*, 353: 70-79.

KOGOVIČEK, Tjaša, Martin VODOPIVEC, F. Raicich, S.-I. Uye, Alenka MALEJ. 2018. Comparative analysis of the ecosystems in the northern Adriatic Sea and the Inland Sea of Japan: Can anthropogenic pressures disclose jellyfish outbreaks? *Science of the Total Environment*, 626: 982-994.

KOVAČ, Nives, Neli GLAVAŠ, T. Ramšak, M. Dolenc, N. Rogan Šmuc. 2018. Metal(oid) mobility in a hypersaline salt marsh sediment (Sečovlje Salina, northern Adriatic, Slovenia). *Science of the Total Environment*, 644: 350-359.

Kraus, R., F. Grilli, N. Supić, I. Janeković, M. Brailo, M. Cara, ... Vesna FLANDER-PUTRLE, Janja FRANČE, Katja KLUN in sod. 2018. Oceanographic characteristics of the Adriatic Sea - support to secondary HAOP spread through natural dispersal. *Marine Pollution Bulletin*, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.10.062>.

Kraus, R., Ž. Ninčević Gladan, R. Auriemma, M. Bastianini, L. Bolognini, M. Cabrini, Vesna FLANDER-PUTRLE, Mateja GREGO, Lovrenc LIPEJ, Borut MAVRIČ, Patricija MOZETIČ, Martina ORLANDO-BONACA in sod. 2018. Strategy of port baseline surveys (PBS) in the Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.08.067>.

Luna, G.M., E. Manini, Valentina TURK, Tinkara TINTA, G. D'Errico, E. Baldrighi in sod. 2018. Status of faecal pollution in ports: a basin-wide investigation in the Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.03.050>.

Muri, G., Branko ČERMELJ, R. Jačimović, T. Ravnar, A. Šmuc, J. Turšič in sod. 2018. Factors that contributed to recent eutrophication of two Slovenian mountain lakes. *Journal of Paleolimnology*, 59, 4: 411-426.

ORLANDO-BONACA, Martina, Ana ROTTER. 2018. Any signs of replacement of canopy-forming algae by turf-forming algae in the northern Adriatic Sea? *Ecological Indicators*, 87: 272-284.

Petranich, E., S. Covelli, A. Acquavita, C. De Vittor, Jadran FAGANELI, M. Contin. 2018. Benthic nutrient cycling at the sediment-water interface in a lagoon fish farming system (northern Adriatic Sea, Italy). *Science of the Total Environment*, 644: 137-149.

Petrocelli, A., B. Antolić, L. Bolognini, E. Cecere, I. Cvitković, M. Despalatović, Martina ORLANDO-BONACA in sod. 2018. Port Baseline Biological Surveys and seaweed bioinvasions in port areas: What's the matter in the Adriatic Sea? *Marine Pollution Bulletin*, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.04.004>.

PITACCO, Valentina, Lovrenc LIPEJ, Borut MAVRIČ, M. Mistri, C. Munari. 2018. Comparison of benthic indices for the evaluation of ecological status of three Slovenian transitional water bodies (northern Adriatic). *Marine Pollution Bulletin*, 129, 2: 813-821.

ROTTER, Ana, P. Nikolić, N. Turnšek, P. Kogovšek, A. Blejec, K. Gruden in sod. 2018. Statistical modeling of long-term grapevine response to »Candidatus Phytoplasma solani« infection in the field. *European journal of plant pathology*, 150, 3: 653-668.

Stefanni, S., David STANKOVIČ, D. Borme, A. De Olazabal, T. Juretić, A. Pallavicini in sod. 2018. Multi-marker metabarcoding approach to study mesozooplankton at basin scale. *Scientific Reports*, 8: 1-13.

TALABER, Iva, Janja FRANČE, Vesna FLANDER-PUTRLE, Patricija MOZETIČ. 2018. Primary production and community structure of coastal phytoplankton in the Adriatic Sea: insights on taxon-specific productivity. *Marine Ecology Progress Series*, 604: 65-81.

Tomašových, A., I. Gallmetzer, A. Haselmair, D. S. Kaufman, Borut MAVRIČ, M. Zuschin. 2018. A decline in molluscan carbonate production driven by the loss of vegetated habitats encoded in the Holocene sedimentary record of the Gulf of Trieste. *Sedimentology*, 66, 3.

Tomažič, Š., Matjaž LIČER, D. Žagar. 2018. Numerical modelling of mercury evasion in a two-layered Adriatic sea using a coupled atmosphere-ocean model. *Marine Pollution Bulletin*, 315: 1164-1173.

Varkitzi, I., Janja FRANČE, A. Basset, F. Cozzoli, E. Stanca, S. Zervoudaki, Patricija MOZETIČ, Tinkara TINTA in sod. 2018. Pelagic habitats in the Mediterranean Sea: A review of Good Environmental Status (GES) determination for plankton components and identification of gaps and priority needs to improve coherence for the MSFD implementation. *Ecological Indicators*, 95: 203-218.

Vidjak, O., N. Bojanić, A. De Olazabal, M. Benzi, I. Brautović, E. Camatti, Lovrenc LIPEJ in sod. 2018. Zooplankton in Adriatic port environments: indigenous communities and non-indigenous species. *Marine Pollution Bulletin*, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.055>.

Volland, J.M., A. Schintlmeister, H. Zambalos, S. Reipert, Patricija MOZETIČ, S. Espada-Hinojosa, Valentina TURK in sod. 2018. NanoSIMS and tissue autoradiography reveal symbiont carbon fixation and organic carbon transfer to giant ciliate host. *The ISME Journal*, 12: 714-727.

## 2019

Azzurro, E., V. Sbragaglia, J. Cerri, M. Bariche, L. Bolognini, J. Ben Souissi, Lovrenc LIPEJ in sod. 2019. Climate change, biological invasions, and the shifting distribution of Mediterranean fishes: a large-scale survey based on local ecological knowledge. *Global Change Biology*, 25, 8: 2779-2792.

BAJT, Oliver, Andreja RAMŠAK, V. Milun, B. Andral, G. Romanelli, S. Alfonso in sod. 2019. Assessing chemical contamination in the coastal waters of the Adriatic Sea using active mussel biomonitoring with *Mytilus galloprovincialis*. *Marine Pollution Bulletin*, 141: 283-298.

Bonanno, G., Martina ORLANDO-BONACA. 2019. Non-indigenous marine species in the Mediterranean Sea – Myth and reality. *Environmental Science & Policy*, 96: 123-131.

Bratklič, A., Katja KLUN, Y. Gao. 2019. Mercury speciation in various aquatic systems using passive sampling technique of diffusive gradients in thin-film. *Science of the Total Environment*, 663: 297-306.

Di Poi, E., R. Kraus, M. Cabrini, S. Finotto, Vesna FLANDER-PUTRLE, Mateja GREGO in sod. 2019. Dinoflagellate resting cysts from surface sediments of the Adriatic Ports: distribution and potential spreading patterns. *Marine Pollution Bulletin*, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.014>.

Kralj, M., M. Lipizer, Branko ČERMELJ, M. Celio, C. Fabbro, F. Brunetti, Janja FRANČE, Patricija MOZETIČ in sod. 2019. Hypoxia and dissolved oxygen trends in the northeastern Adriatic Sea (Gulf of Trieste). *Deep-sea research: topical studies in oceanography Part II*, <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2019.06.002>.



KRAMAR KOS, Maja, Tinkara TINTA, D. Lučić, Alenka MALEJ, Valentina TURK. 2019. Bacteria associated with moon jellyfish during bloom and post-bloom periods in the Gulf of Trieste (northern Adriatic). *PLoS ONE*, 14, 1: 1-21.

MALAIČIČ, Vlado, N. Žagar. 2019. Seawater icicles of the Adriatic Sea. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 100, 6: 987-994.

MALAIČIČ, Vlado. 2019. Wind direction measurements on moored coastal buoys. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 36, 7: 1401-1418.

Malfatti, F., C. Lee, Tinkara TINTA, M.A. Pendergraft, M. Celussi, Y. Zhou, Ana ROTTER in sod. 2019. Detection of active microbial enzymes in nascent sea spray aerosol: implications for atmospheric chemistry and climate. *Environmental Science and Technology Letters*, 6, 3: 171-177.

ORLANDO-BONACA, Martina, Lovrenc LIPEJ, G. Bonanno. 2019. Non-indigenous macrophytes in Adriatic ports and transitional waters: trends, taxonomy, introduction vectors, pathways and management. *Marine Pollution Bulletin*, 145: 656-672.

Palatinus, A., M. Kovač Viršek, U. Robič, Mateja GREGO, Oliver BAJT, J. Šiljić in sod. 2019. Marine litter in the Croatian part of the middle Adriatic Sea: simultaneous assessment of floating and seabed macro and micro litter abundance and composition. *Marine Pollution Bulletin*, 139: 427-439.

Penko, L., Oliver BAJT. 2019. Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in surface seawater of the Gulf of Trieste (northern Adriatic). *Marine Pollution Bulletin*, 142: 103-111.

PETELIN Boris, I. Kononenko, Vlado MALAIČIČ, M. Kukar. 2019. Frequent subgraph mining in oceanographic multi-level directed graphs. *International Journal of Geographical Information Science*, 33, 10: 1936-1959.

PITACCO, Valentina, M. Mistri, Lovrenc LIPEJ. 2019. Species-Area Relationship (SAR) models as tools for estimating faunal biodiversity associated with habitat builder species in sensitive areas: the case of the Mediterranean stony coral (*Cladocora caespitosa*). *Marine Environmental Research*, 149: 27-39.

Štern, A., Ana ROTTER, M. Novak, M. Filipič, B. Žegura. 2019. Genotoxic effects of the cyanobacterial pentapeptide nodularin in HepG2 cells. *Food and Chemical Toxicology*, 124: 349-358.

TINTA, Tinkara, Tjaša KOGOVŠEK, Katja KLUN, Alenka MALEJ, G.J. Herndl, Valentina TURK. 2019. Jellyfish-Associated Microbiome in the Marine Environment: Exploring Its Biotechnological Potential. *Marine Drugs*, 17, 2: 94.

Travizi, A., I. Balković, T. Bacci, F. Bertasi, C. Cuicchi, Vesna FLANDER-PUTRLE, Lovrenc LIPEJ, Borut MAVRIČ in sod. 2019. Macrozoobenthos in the Adriatic Sea ports: soft-bottom communities with an overview of non-indigenous species. *Marine Pollution Bulletin*, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.016>.

## Znanstvene in strokovne monografije

V seznamu navajamo avtorje in avtorice, soavtorje in soavtorice ter urednice in urednike znanstvenih in strokovnih monografij, ki so jih napisali, uredili ali izdali sodelavci MBP. Priimki sodelavk in sodelavcev MBP so napisani z velikimi tiskanimi črkami.

### ZNANSTVENE MONOGRAFIJE

Matjašič, J., Jože ŠTIRN, Andrej AVČIN, Lado KUBIK, Tine VALENTINČIČ, F. Velkovich, Aleksander VUKOVIČ. 1975. Flora in favna Severnega Jadrana. Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana.

Malone, T.C., Alenka MALEJ, L. W. Harding, N. Smolaka, R.E. Turner (ur.). 1999. Ecosystems at the land-sea margin: drainage basin to coastal sea. American Geophysical Union, Washington.

ZEI, Miroslav, Lovrenc LIPEJ (ur.). 1999. Povest o hrbtenici. Zgodovinsko društvo za južno Primorsko: Znanstveno-raziskovalno središče Republike Slovenije, Koper.

LIPEJ, Lovrenc, A. De Maddalena, A. Soldo. 2004. Sharks of the Adriatic Sea. Univerza na Primorskem, Znanstveno-raziskovalno središče: Zgodovinsko društvo za južno Primorsko, Koper.

LIPEJ, Lovrenc, Martina ORLANDO-BONACA, Tihomir MAKOVEC. 2004. Raziskovanje biodiverzitete v slovenskem morju. Morska biološka postaja, Nacionalni inštitut za biologijo, Piran.

### Pregled dosežkov

LIPEJ, Lovrenc, R. Turk, Tihomir MAKOVEC. 2006. Ogrožene vrste in habitatni tipi v slovenskem morju = Endangered species and habitat types in the Slovenian sea (angleški prevod). Zavod RS za varstvo narave, Ljubljana.

LIPEJ, Lovrenc, Martina ORLANDO-BONACA, Tihomir MAKOVEC. 2008. Jadranske babice. Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja, Piran.

LIPEJ, Lovrenc, J. Dulčić. 2010. Checklist of the Adriatic Sea fishes. Magnolia Press, Auckland.

Gubbay, S., N. Sanders, T. Haynes, J.A.M. Janssen, L. Airoldi, C. Battelli, Lovrenc LIPEJ in sod. 2016. European red list of habitats. Part 1. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

LIPEJ, Lovrenc, Martina ORLANDO-BONACA, Borut MAVRIČ, Valentina PITACCO. 2016. Biodiverziteta biogenih formacij/Biogenic formations in the Slovenian sea (angleški prevod)/La biodiversità delle formazioni biogene (italijanski prevod). Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja, Piran.

LIPEJ, Lovrenc, Domen TRKOV, Borut MAVRIČ. 2018. Polži zaškrjarji slovenskega morja. Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja, Piran.

Turk, T. (ur.), Patricija MOZETIČ, Janja FRANČE, Timotej TURK DERMASTIA. 2018. Dinoflagelati, diatomeje, njihovi toksini in zastrupitve z morskno hrano. Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana.

### STROKOVNE MONOGRAFIJE

ŠTIRN, Jože. 1982. Manuel des méthodes de recherche sur l'environnement aquatique: huitième partie - évaluation des modifications des écosystèmes marins dues à la pollution: (directives destinées au projet commun coordonné FAO(CGMP)/PNUE sur la pollution en Méditerranée), (FAO Document technique sur les pêches, 209). Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome.

ZEI, Miroslav, L. Zei. 1983. Morski ribji trg. Mladinska knjiga, Ljubljana.

ZEI, Miroslav. 1987, 1988, 1991. Jadranske ribe: kako prepoznamo ribe, ki žive v Jadranskem morju. Cankarjeva založba, Ljubljana.

Alberotanza, L., Jadran FAGANELI, Alenka MALEJ in sod., A. Bramanti (ur.). 1988. Il fenomeno del »mare sporco« nell'Adriatico: [le opinioni di alcuni esperti]: (luglio-agosto 1988). Consiglio Nazionale delle Ricerche, Progetto strategico oceanografia e tecnologie Marine, Trieste; Roma.

ZEI, Miroslav. 1988. Življenje v morju: živali in rastline, ki naseljujejo Jadransko morje. Cankarjeva založba, Ljubljana.

ZEI, Miroslav. 1990. Život u moru: životinje i bilje Jadranskog mora. Cankarjeva založba, Ljubljana; Zagreb.

Gray, J.S., A.D. McIntyre, Jože ŠTIRN. 1992. Manual of methods in aquatic environment research. Part 11, Biological assessment of marine pollution. Food and agriculture organization of the United Nations, Rome.

Orel, G., S. Fonda Umani, F. Aleffi, Alenka MALEJ. 1993. Ipossie e anossie di fondali marini l'Alto Adriatico e il Golfo di Trieste. Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Direzione regionale dell'Ambiente, Trieste.

LIPEJ, Lovrenc, Martina ORLANDO-BONACA, Tihomir MAKOVEC. 2000. Pestrost življenja piranske Punte: naravna dediščina. Morska biološka postaja, Nacionalni inštitut za biologijo, Piran.

Božič, L., K. Denac, A. Figelj, A. Hudoklin, P. Kmecl, B. Lipej, Lovrenc LIPEJ in sod. 2006. Življenje med nebom in zemljo: naše ptice na 25 posebnih območjih varstva. Društvo za opazovanje in proučevanje ptic Slovenije DOPPS, Ljubljana.

Česen, M., P. Lah, T. Cegnar, T. Mekinda Majaron, A. Urbančič, S. Merše, Vlado MALAIČIČ in sod. 2006. Četrto državno poročilo Konferenci pogodbenic Okvirne konvencije ZN o spremembi podnebja. Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana.

LIPEJ, Lovrenc (ur.), M. Kaligarič (ur.), N. Pipenbaher. 2007. Živi svet porečja Dragonje. Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Maribor.

Božič, L., K. Denac, A. Figelj, A. Hudoklin, P. Kmecl, B. Lipej, Lovrenc LIPEJ in sod. 2008. Življenje med nebom in zemljo: naše ptice na 26 posebnih območjih varstva, 2. dopolnjena izdaja. Društvo za opazovanje in proučevanje ptic Slovenije (DOPPS), Ljubljana.

Peterlin, M., Martina ORLANDO-BONACA, Lovrenc LIPEJ, Alenka MALEJ, Janja FRANČE, Branko ČERMELJ, Oliver BAJT, Nives KOVAČ, Borut MAVRIČ, Valentina TURK, Patricija MOZETIČ, Andreja RAMŠAK, Tjaša KOGOVŠEK, Milijan ŠIŠKO, Vesna FLANDER-PUTRLE, Mateja GREGO, Tinkara TINTA, Boris PETELIN, Martin VODOPIVEC, Vlado MALAIČIČ, M. Vahtar (ur.) in sod. 2014. Trajnostno živeti z morjem: načrt upravljanja morskega okolja: začetna presoja morskih voda v pristojnosti Republike Slovenije: določitev dobrega stanja morskega okolja, ciljnih vrednosti in kazalnikov. Inštitut za vode Republike Slovenije

### Doktorske disertacije in mentorstva doktorandom

V 50-ih letih je bilo opravljenih 45 doktorskih disertacij, pri katerih so bili doktorandi, mentorji ali somentorji sodelavke in sodelavci MBP (priimki teh so napisani z velikimi tiskanimi črkami). Večina doktorskih del je bila opravljena v okviru programa mladih raziskovalcev oz. stažistov (označeni so z \*).

Ime in priimek	Naslov doktorske disertacije	Leto	Mentor ali somentor iz MBP
Jože ŠTIRN	Pelagial severnega Jadrana: njegove oceanološke razmere ter sestav in razporeditev biomase tekom leta 1965	1968	
Borut VRIŠER	Primerjave združb meiofavne čistih in onesnaženih področij	1982	
Alenka MALEJ*	Produksijske in biokemijske značilnosti zooplanktona v Severnem Jadranu	1984	
Jadran FAGANELI*	Produkcija in transformacije organsko vezanega dušika v obalnem morju (Tržaški zaliv)	1984	
Peter TUŠNIK	Raziskovanje bioloških in eko-fizioloških značilnosti školjk <i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck gojenih v čistem in onesnaženem okolju	1985	Jože ŠTIRN
Aleksander VUKOVIČ	Vpliv fekalnih odpadnih voda na vegetacijo lagunarnih področij	1986	
Neda FANUKO-KOVAČIČ	Neki ekološki parametri fitoplanktona otvorenih voda Trščanskega zaljeva	1986	
Ilija Vukadin	Biogeokemijski ciklus otopljenih hranjivih soli C, N, Si i P u vodama srednjega Jadrana	1991	Jadran FAGANELI
Valentina TURK	The microbial food web: Time scales and nutrient dynamics in the Gulf of Trieste	1992	
Vlado MALAČIČ*	Response of the sea to the air-pressure forcing	1993	
Oliver BAJT*	Vpliv reakcijskega medija na fotokemične transformacije izbranih organskih polutantov	1994	
Alessandra Bertuzzi	Rilascio dei nutrienti carbonio, fosforo, azoto e silice nei sedimenti superficiali del Golfo di Trieste (Nord Adriatico)	1995	Jadran FAGANELI
Lovrenc LIPEJ*	Prehranjevalna vloga planktonskih rastlinojedov v razslojenem in vertikalno premešanem obalnem morju	1996	Alenka MALEJ
Patricija MOZETIČ*	Odziv neritičnega fitoplanktona na dodatke hranil v naravnih in kontroliranih pogojih	1997	Alenka MALEJ
Nives Ogrinc	Karbonatno ravnotežje in izvori raztopljenega anorganskega ogljika v različnih vodnih okoljih	1997	Jadran FAGANELI
Branko ČERMELJ*	Zgodnja diageniza sedimentirane organske snovi v evtrofiranjem morskem in jezerskem okolju (Tržaški zaliv in Blejsko jezero)	1998	Jadran FAGANELI
Stefano Covelli	Ciclo biogeochimico del mercurio nei sedimenti del Golfo di Trieste	1998	Jadran FAGANELI
Nives KOVAČ*	Fotokemične pretvorbe izbranih polisaharidov in modelnih substratov v vodnih medijih	1999	Jadran FAGANELI
Marko Notar	Izvori, pretvorbe in porazdelitev policikličnih aromatskih ogljikovodikov v Tržaškem zalivu	2000	Jadran FAGANELI

### Pregled dosežkov

Vesna FLANDER-PUTRLE*	Biomarkerska barvila fitoplanktona kot pokazatelji trofičnega stanja obalnega morja	2003	Alenka MALEJ
Jasmina KOŽAR LOGAR*	Development of laser spectroscopic techniques for characterisation and studies of phytoplankton pigments	2003	Alenka MALEJ, Vlado MALAČIČ
Gregor Muri	Sestava in izvor organske snovi v oksičnih in anoksičnih alpskih jezerih	2003	Jadran FAGANELI
Martina ORLANDO-BONACA*	Izbira mikrohabitatov pri obrežni favni babic ( <i>Blenniidae</i> ) v Tržaškem zalivu	2006	Lovrenc LIPEJ
Janja FRANCÉ*	Dolgoletne spremembe strukture fitoplanktonske združbe Tržaškega zaliva	2009	Patricija MOZETIČ
Mateja GREGO*	Impact of fish culture on meiofauna in the Bay of Piran	2010	Alenka MALEJ
Katja (STOPAR) VENKO*	Genetska diferenciacija klobučnjaških meduz z analizo genetskih markerjev iz mitohondrijske in jedrne DNA	2011	Andreja RAMŠAK
Borut MAVRIČ*	Favnistična in ekološka analiza makrozoobentoških združb mehkega dna in opredelitev ekološkega stanja slovenskega obalnega morja	2011	Lovrenc LIPEJ
Tinkara TINTA*	Bacterial community structure and function in the Gulf of Trieste with some application studies	2011	Valentina TURK
Branko BOGUNOVIČ*	Water fluxes at the entrance to the Gulf of Trieste	2011	Vlado MALAČIČ
Tjaša KOGOVŠEK*	Trofična ekologija izbranih klobučnjaških meduz v obalnem morju	2012	Alenka MALEJ
Neža KORON*	Povezave med organsko snovjo in živim srebrom v obalnem morju in lagunah	2013	Jadran FAGANELI
Neli GLAVAŠ*	Sestava in pretvorbe petole in solinskega blata v Sečoveljskih solinah	2013	Nives KOVAČ
Claudio Battelli	Struktura in dinamika makrobentoških združb alg v mediolitoralu slovenskega morja	2013	Patricija MOZETIČ
Jana VOJVODA*	Letna dinamika in raznolikost amonij-oksidirajočih arhej in bakterij v obalnem morju Tržaškega zaliva	2013	Valentina TURK
Rok Soczka-Mandac	Vpliv rečnega vnosa na termohaline razmere in porazdelitev suspendirane snovi v malem zalivu (Koprski zaliv)	2014	Jadran FAGANELI
Iva TALABER*	Fotosintetske značilnosti in produktivnost fitoplanktona v Tržaškem zalivu	2014	Patricija MOZETIČ
Boris PETELIN	Večnivojski usmerjeni grafi za analizo prostorskih podatkov	2014	
Lucija RASPOR DALL'OLIO*	Symbiosis ecology of selected Scyphozoa	2016	Alenka MALEJ, Andreja RAMŠAK
Katja KLUN*	Sestava koloidne organske snovi in njena kompleksacija s kovinami v obalnem morju (Tržaški zaliv)	2016	Jadran FAGANELI
Valentina PITACCO*	Sredozemska kamena korala ( <i>Cladocora caespitosa</i> ) kot biogradnik življenjskega prostora v Tržaškem zalivu	2016	Lovrenc LIPEJ
Martina Cvetković	Development of the method for ballast water treatment on sea vessels for the protection of marine ecosystems from the introduction of alien species	2016	Valentina TURK
Martin VODOPIVEC*	Biophysical population model of moon jellyfish ( <i>Aurelia aurita</i> s. l., Scyphozoa)	2017	Alenka MALEJ
Elisa Petranich	Ciclo biogeochimico del mercurio in un ambiente lagunare modificato dall'attività di vallicoltura (Laguna di Grado)	2017	Jadran FAGANELI
Petra Furlan	Krajinski park Sečoveljske soline kot model spodbudnega naravnega interaktivnega učnega okolja	2018	Nives KOVAČ
José Manuel GONÇALVES CARITA	Distribution of enteric viruses in the Gulf of Trieste and their interactions with environmental and biological parameters	2018	Valentina TURK

### Članstva v mednarodnih organizacijah in telesih ter v odborih strokovnih združenj

European Global Ocean Observing System (*EuroGOOS*)

European Marine Research Network (*EuroMarine*)

Evropska mreža morskih postaj (*The European Network of Marine Stations – MARS*)

Izvršilni odbor Slovenske zveze za geodezijo in geofiziko

Mediterranean Marine Pollution Monitoring and Research Programme, Mediterranean Action Plan (*MED POL, MAP*)

*Mediterranean Operational Network for the Global Ocean Observing System (MONGOOS)*

Medvladni odbor za škodljiva cvetenja alg (*Intergovernmental Panel on Harmful Algal Blooms, IOC-UNESCO*)

Nacionalni odbor (NO) Medvladne oceanografske komisije (*Intergovernmental Oceanographic Commission - IOC*) pri UNESCO

Sredozemska komisija za raziskovanje morja (*Commission internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée-Bureau Central – CIESM*)

Upravni odbor evropske e-znanstvene infrastrukture za biodiverzitetne in ekosistemske raziskave (*European e-Science infrastructure for biodiversity and ecosystem research – LifeWatch – Slovenia*)

Upravni odbor Slovenskega mikrobiološkega društva (*SMD*)

Vladna komisija za oblikovanje stališč do problematike plinskih terminalov v Tržaškem zalivu

### Članstva v uredniških odborih in uredništva revij

Acrocephalus

Acta Adriatica

Acta Biologica Slovenica

Annales Series Historia Naturalis

Falco

Geologija

National Geographic Junior

Natura Sloveniae

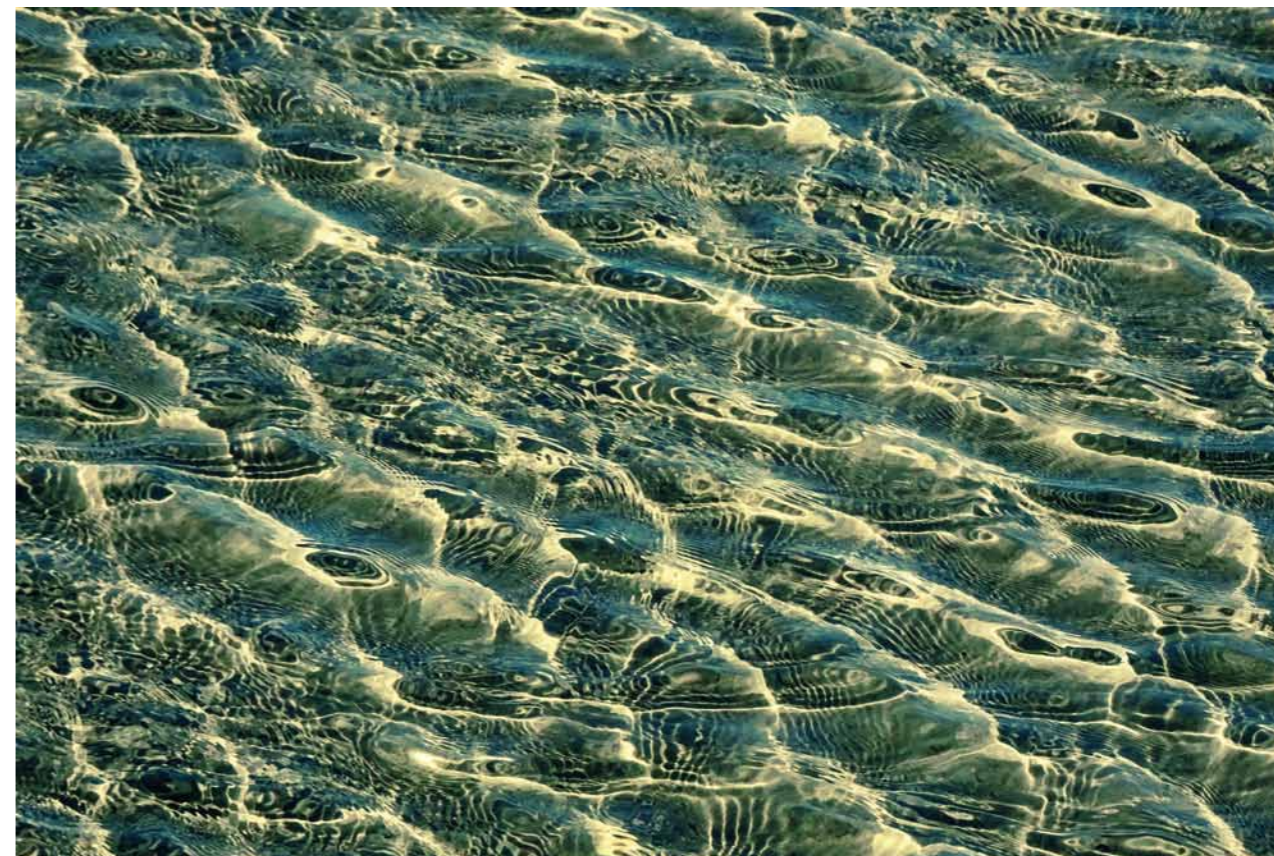
Potapljač

Rudarskometalurški zbornik

Studia marina

Svet ptic

Foto: Tihomir Makovec





# OTROŠKI POGLED NA MORSKI SVET

Posebna nagrada za izvorni  
morski vzorec, Tinkara Mohar

Janja Francé  
Vesna Flander Putrle

## SLIKARSKI NATEČAJ »RAZISKUJEMO MORSKI SVET« OB 50. OBLETNICI MBP

Petdeseto obletnico Morske biološke postaje Piran smo na svojevrsten način obeležili tudi skozi kreativne zamisli osnovnošolcev, saj smo zanje pripravili nagradni slikarski natečaj z naslovom *Raziskujemo morški svet*. Želeli smo, da nam učenci na ustvarjalni način razkrijejo, kako si predstavljajo raziskave živega in neživega morskega sveta. Verjamemo, da so ob ustvarjanju s pomočjo svojih mentorjev razmišljali o temah, ki niso pomembne le za nas raziskovalce, ampak bi se morale dotakniti prav vsakega izmed nas. Prepričani smo, da so mladi ob preživljanju prijetnih ustvarjalnih uric z mladostno odprtostjo razširili svoja obzorja.

Zelo smo bili veseli velikega odziva na natečaj, saj smo prejeli kar 227 likovnih del. Največ navdušenja so pokazali najmlajši osnovnošolci, za kategorijo od 1. do 3. razreda je namreč prispelo 98 čudovitih stvaritev. V drugi kategoriji, od 4. do 6. razreda, smo našli 78 del, najstarejši osnovnošolci iz kategorije od 7. do 9. razreda pa so prispevali 51 umetniških pogledov na raziskave morja. Dela so prišla iz 26 osnovnih šol z vseh koncev Slovenije. Tričlanska izbirna komisija je imela pri izboru najboljših del v posamezni kategoriji resnično težko nalogo. Izdelkov je bilo res veliko in prav vsak je bil po svoje enkraten. Po večurnem izbiranju in ocenjevanju se je komisija naposled odločila, da namesto razpisanih devetih nagrad podeli kar šestnajst. Tako smo v vsaki kategoriji podelili po dve tretji nagradi, poleg tega pa še tri posebna priznanja, za izviren morški vzorec, za najlepši morški portret in za inovativnost.

Mladim ustvarjalcem smo nagrade in priznanja podelili ob dnevu odprtih vrat MBP, s katerim vsako leto obeležimo svetovni dan oceanov (8. junij). Obiskovalci dneva odprtih vrat so si lahko



Prvonagrajeno delo Neže Mally  
v kategoriji od 1. do 3. razreda

ogledali tudi razstavo nagrajenih del in izdelkov, ki so se uvrstila v ožji izbor komisije.

Vsem sodelujočim ter seveda njihovim mentoricam in mentorjem se iskreno zahvaljujemo in jim želimo še obilo ustvarjalnih užitkov.

### Kategorija od 1. do 3. razreda:

1. nagrada: **Neža Mally**, 2. razred,  
OŠ Cirila Kosmača Piran, mentorica Senja Rojc Križman

2. nagrada: **Tadej Treven**, 2. razred,  
OŠ Rodica, Domžale, mentorica Breda Podbevšek



Prvonagrajeno delo Neže Vidovič  
v kategoriji od 4. do 6. razreda

3. nagrada: **Nia Grahor Kolega**, 1. razred,  
OŠ Vincenzo e Diego de Castro Piran, enota Sečovlje,  
mentorici Manuela Trani in Irene Ciani

3. nagrada: **Zala Tratnik**, 3. razred,  
OŠ Šturje Ajdovščina, mentorica Anuša Blažko

#### Kategorija od 4. do 6. razreda:

1. nagrada: **Neža Vidovič**, 5. razred,  
OŠ Šmartno pri Slovenj Gradcu, mentor Milan Bajželj

2. nagrada: **Mia Ratoša Rigler**, 6. razred,  
OŠ Vodmat, Ljubljana, mentorica Brigita Merše

3. nagrada: **Tea Štinjek**, 6. razred,  
OŠ Mislinja, mentor Milan Bajželj

3. nagrada: **Vita Hostnik**, 6. razred,  
OŠ Polzela, mentorica Urška Juhart

#### Kategorija od 7. do 9. razreda:

1. nagrada: **Sanela Šeruga in Larisa Šeruga**, 7. razred,  
OŠ Sveti Tomaž, mentorica Štefanija Šalamija

2. nagrada: **Lucija Olja Bulc**, 7. razred,  
OŠ Toneta Čufarja, Ljubljana, mentorica Patricija Čičmir

3. nagrada: **Nace Zdešar**, 7. razred,  
OŠ Vič, Ljubljana, mentorica Veronika Klošak

3. nagrada: **Lucija Bučan**, 8. razred,  
OŠ Vižmarje Brod, Ljubljana, mentorica Jasna Babič

#### Posebna priznanja:

Priznanje za prikaz inovativne metode čiščenja morskih odpadkov:

**Ajla Halilović**, 6. razred,  
OŠ Šmartno pri Slovenj Gradcu, mentor Milan Bajželj

Priznanje za izvirni morski vzorec:

**Tinkara Mohar**, 2. razred,  
OŠ Rodica, Domžale, mentorica Breda Podbevšek

Priznanje za najlepši morski portret:

**Dominik Dubokovič Dimitrov**, 2. razred,  
OŠ Medvode, mentorici Alenka Kuder Gaber in Katarina Czerny

Prvonagrajeno delo Sanele in Larise Šeruga  
v kategoriji od 7. do 9. razreda



---

## IN MEMORIAM

---

S svojim delom so Morsko biološko postajo Piran soustvarjali  
in nepozabno zaznamovali – na kopnem in morju, v dežju in  
soncu – sodelavci, ki jih danes žal ni več med nami:

*Žiga Dobrajc*

*Alma Hvala*

*Franc Hvala*

*Igor Keržan*

*Lado Kubik*

*Anton Perc*

*Peter Tušnik*

*Miroslav Zei*