

7 Biogeokemijske značilnosti in onesnaženost slovenskega morja

Oliver Bajt, Nives Kovač

7.1 Snov v morju

V vodnih sistemih ponavadi snov delimo glede na velikostni razred delcev, tj. na suspendirano (particulate matter - PM) in raztopljeno (dissolved matter-DM) snov. Pri filtriranju skozi filter z velikostjo por 0,45 μm ostane suspendirana snov na filtru, ki jo dogovorno opredelimo z velikostnim razredom od 0,45 do 250 μm . Pri tem gre raztopljena snov določena z velikostnim razredom <0,4 μm skozi filter. Ta vključuje še mnoge koloidne delce, kot so virusi in majhne bakterije. Koloidi so natančneje opredeljeni z velikostnim razredom med 1 nm in 1 μm (Santschi in sod., 1997). Suspendirano in raztopljeno frakcijo lahko nadalje delimo na anorgansko in organsko frakcijo, ki sta lahko avtohtonega in alohtonega (npr. kopenskega) izvora.

7.1.1 Organska snov

Glavni izvor organske snovi v morju je primarna produkcija avtotrofnih organizmov (enoceličnih in večceličnih alg ter morskih trav). Primarna produkcija je rezultat rasti teh organizmov zaradi fotosinteze. V procesih fotosinteze rastline, ki vsebujejo asimilacijska barvila, privzemajo iz vode CO_2 in hranila ter jih v prisotnosti sončne svetlobe pretvorijo v kompleksne organske snovi. V morju je za večino primarne produkcije odgovoren fitoplankton, tj. prosto lebdeče mikroskopsko majhne enocelične alge. Prispevek kemoavtotrofne produkcije je majhen, produkcija na dnu rastočih rastlin pa je pomembna le v obalnih vodah. K organski snovi morskega okolja prispeva še vnos organske snovi s kopnega (reke in drugi dotoki) in ozračja, hidrotermalni izviri, izločanje morskih organizmov, avtoliza celic ter resuspenzija organske snovi z morskega sedimenta. Dodatni izvor organske snovi so tudi podvodni izviri nafte.

Raztopljeni organski ogljik (dissolved organic carbon - DOC) predstavlja približno 50 % raztopljene organske snovi, suspendirani organski ogljik (particulate organic carbon - POC) pa približno 50 % suspendirane organske snovi (Millero, 2006). Koncentracija raztopljenega organskega ogljika je v morski vodi ponavadi višja (povprečana vrednost za površinsko morsko vodo: 75-170 μM) od koncentracije suspendiranega organskega ogljika (povprečna vrednost za površinsko morsko vodo: 1-17 μM). Sezonska variabilnost DOC in POC je značilna predvsem za obalna območja in je podobna variabilnosti primarne produkcije.

Za Tržaški zaliv so značilne precejšnje inter- in intraletne variacije biogeokemičnih parametrov ogljika. Fonda Umani in sod. (2007) poročajo o različnih vrednostih integrirane primarne letne produkcije, ki je v letu 1999 znašala 135 g C/m²L, v letu 2000 414 g C/m²L ter v letu 2001 150 g C/m²L. Vrednosti koncentracij raztopljenega organskega ogljika, merjene v Tržaškem zalivu v petletnem obdobju (1999-2003), so znašale od 50 do 194 µM z letnimi medianami od 88 do 98 µM (De Vittor in sod., 2008). Analiza podatkov suspendiranega organskega ogljika (Orlando in sod., 2009, 2010), določenih v območju Tržaškega zaliva v obdobju 2003-2006, kažejo razpon vrednosti od 1,1 µM do 48 µM. Delež organskega ogljika je predstavljal od 0,7 do 50,5 % celotne suspendirane snovi. Izstopajoče vrednosti so lahko povezane s trenutnim kopičenjem suspendirane snovi (npr. organskih agregatov, fitoplanktonski višek, organska onesnaženja) oziroma so posledica resuspenzije sedimenta (npr. v pridnenem sloju) ali vnosa delcev (povečan pretok rek, atmosferski vnos).

7.1.2 Hranila

Katerikoli snovi, ki pospešujejo rast rastlin, lahko označimo kot »biolimitirajoče« elemente ali hranila (Libes, 2009). Dušik in fosfor, ki sta potrebna v večjih koncentracijah glede na mikroelemente, imenujemo tudi makroelementi. Organizmi, ki imajo silicijevo frustulo, npr. kremenaste alge (diatomeje), potrebujejo v večji meri tudi silicij (Si). Primarni producenti potrebujejo za rast in razvoj poleg fosforja in dušika še določene elemente v sledovih. Elementi, kot so železo (Fe), mangan (Mn), baker (Cu), cink (Zn), kobalt (Co) in molibden (Mo), so tudi esencialni za fitoplanktonsko rast, vendar v splošnem ne predstavljajo inhibitorne oz. limitativne elemente. Elementi v sledovih so sestavni deli proteinov (npr. encimov). Prav tako pa so pomembne tudi določene organske spojine, kot so vitamini.

Podatki spremljanja slovenskega morja kažejo (Mozetič in sod., 1989-2009), da znašajo koncentracije skupnega fosforja, ki obsega tako organske kot anorganske fosforjeve spojine v raztopljeni in suspendirani obliki, od 0,13-0,54 µmol/L. Organska frakcija v posameznih primerih lahko predstavlja večji delež fosforjevih spojin (70-80 %). Koncentracije anorganskega fosfata (ortofosfata) pa so ponavadi zelo nizke (od 0,01 µmol/L do 0,5 µmol/L) ter kažejo velika nihanja v času in prostoru. V poletno-jesenskih mesecih so v pridnenih slojih ponavadi prisotne višje koncentracije, ki kažejo razgradnjo organske snovi v sloju pri dnu. Izmerjene vrednosti lahko v nekaterih primerih kažejo tudi specifične razmere posameznega merilnega območja (npr. večji vpliv komunalnih voda).

Koncentracije skupnega dušika (anorganski in organski) so v območju 20-72 µmol/L in pri tem anorganski dušik ($\sum N_{\text{anorg.}} = \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) predstavlja od 0,9 do 65,5 % celotnega dušika. Organski dušik (razlika med skupnim in anorganskim dušikom) predstavlja praviloma večinski delež skupnega dušika. Povprečna vrednost (mediana) koncentracij anorganskega dušika znaša v površinskem sloju 3,26 – 3,79 µmol/L in pridnenem sloju 3,27 – 4,34 µmol/L. Koncentracije raztopljenega anorganskega dušika na splošno kažejo trend koncentracije nitrata v površinskem sloju oziroma amonija v sloju pri dnu. Izmerjene vrednosti nitrata so

v razponu od 0,01 do 15 (izjemoma tudi več kot 25) $\mu\text{mol/L}$. Viški anorganskega nitrata v površinskem sloju se ponavadi ujemajo z nižjo slanostjo (Turk in sod., 2007). V poletno-jesenskem obdobju so v sloju pri dnu zaradi regeneracije oziroma intenzivne razgradnje tu nakopičene organske snovi prisotne višje koncentracije amonija (0,07–11,5 $\mu\text{mol/L}$) (Turk in sod., 2007). Statistična ocena podatkov iz rečnih estuarijev slovenskega morja kaže porast koncentracij celotnega dušika in upad celotnega fosforja (Turk in sod., 2007).

Na porazdelitev silikata vplivajo sladkovodni vnosi (posebno v površinskem sloju) ter remineralizacijski procesi (ponavadi bolj izrazito v sloju pri dnu, npr. raztapljanje diatomejskih frustul po končanem cvetenju in posedanju celic). K določenim viškom silicija v pridnenem sloju lahko prispevajo tudi bentoške diatomeje. Običajne vrednosti koncentracij raztopljenega silikata lahko variirajo od 0,5 $\mu\text{mol/L}$ do 60 $\mu\text{mol/L}$.

Vnosi hranilnih snovi v Tržaški zaliv vplivajo na porast fitoplanktonske biomase in primarne produkcije. Značilni jesenski in spomladanski povečani sladkovodni vnosi se tako praviloma kažejo v klorofilnih viških v tem obdobju. V poletnih mesecih so koncentracije klorofila praviloma nizke predvsem v zgornjih vodnih slojih nad termoklino. Koncentracija klorofila a, ki služi kot ocena fitoplanktonske biomase, se giblje od vrednosti, značilnih za oligotrofna področja ($< 0,5 \mu\text{g/L}$), pa do evtrofnih razmer (okoli 14 $\mu\text{g/L}$). Analiza dolgoletnih časovnih nizov podatkov (Lipej in sod., 2007) kaže povprečne koncentracije klorofila a okoli 1,00 $\mu\text{g/L}$. Analiza dolgoletne serije klorofilne biomase kaže splošen negativni trend koncentracij klorofila a v Tržaškem zalivu in tudi v celotnem severnem Jadranu v zadnjem desetletju (1998–2007) (Možetič in sod., 2010).

7.2 Viri onesnaževanja

Slovensko obalno območje je v zadnjem obdobju doživelo hiter razvoj, kar se kaže tudi v naraščanju prebivalstva, intenzivnejši proizvodni dejavnosti, kmetijski dejavnosti, turizmu in naglemu razvoju prometa. Obalno območje sestavljajo tri občine, Koper, Izola in Piran, ki obsegajo približno 384 km^2 površine. Gostota naseljenosti je približno dvakrat višja kot v drugih delih Slovenije, saj živi v tem delu približno 80.000 prebivalcev. Večina vseh prebivalcev (več kot 80 %) živi v ozkem pasu (1,5 km) ob obali. To pa pomeni pomemben vir onesnaževanja našega morja, predvsem z odvajanjem komunalnih odplak v morje. Seveda so te odplake predhodno čiščene, vendar je bilo do pred kratkim to čiščenje precej omejeno, saj sta imeli čistilni napravi v Kopru in Piranu zgolj mehansko fazo čiščenja, v Izoli pa čiščenja skoraj ni bilo. V letih 2009–2010 se je stanje zaradi izgradnje oz. obnove čistilnih naprav v Piranu in Kopru (vključuje tudi obdelavo odplak iz Izole) ter z obnovo kanalizacijskega sistema v obalnem območju precej izboljšalo.

Obravnavano območje je tudi pod vplivom drugih virov onesnaževanja. Odpadne vode okoliške kovinske, kemične in prehranske industrije so ali pa še prehajajo v naše morje z rekama Badaševico in Rižano kot tudi z izpusti industrijskih odpadnih vod (npr. Delamaris).

V javni kanalizacijski sistem pridejo tudi meteorne oz. odpadne vode lokalnih transportnih podjetij in avtopralnic. Reke, ki se izlivajo v naše morje (Rižana, Badaševica, Drnica, Dragonja), prinašajo tudi vode, ki spirajo kmetijska področja v zaledju, na katerih gojijo predvsem sezonsko zelenjavo, sadje, vinsko trto in oljke. To pomeni najverjetnejši povečani vnos hranil in pesticidov v obalno morje. Najpomembnejše izvore dušika in fosforja pa predstavljajo dejavnosti, kot so obdelava odpadnih vod (čistilne naprave), kmetijstvo, prehrambena industrija in marikulture (Muri, 2009). Poleg rek in drugih pritokov pa k celotni vrednosti hranil prispeva še vnos iz ozračja (Malej in sod., 1997), sproščanje iz sedimenta in onesnaževanje, povezano s pomorskim prometom.

Preglednica 7.1: Ocenjeni vnos nekaterih snovi iz komunalnih čistilnih naprav v Kopru in Piranu ter izpusta v Izoli v letu 2000 (Turk in Potočnik, 2001).

	Pretok (m ³ /leto)	KPK (t/leto)	BPK ₅ (t/leto)	TotN (t/leto)	TotP (t/leto)	TSS (t/leto)	DET (t/leto)
ČN Koper	4,7 x 10 ⁶	2054	583	126	14,6	662	12,4
ČN Piran	2,7 x 10 ⁶	594	270	92	8,1	270	5,4
Izola	3,1 x 10 ⁶	1976	641	88	16,2	641	5,1

Obalno območje je razmeroma dobro prometno povezano z notranjostjo države, zato je prometna obremenitev tega območja kar visoka, še zlasti v poletnem času, ko se čez to območje valijo kolone vozil turistov. Poseben potencialni vir onesnaževanja predstavlja pristanišče Luka Koper s svojimi različnimi terminali. Naj omenimo samo najpomembnejše. To so terminal za naftne derivate (več kot 2 milijona ton derivatov letno), terminal za kemikalije, RO-RO terminal in terminal za avtomobile, lesni terminal, terminal za kovine (predvsem železo), premogovni terminal, terminal za umetna gnojila in živinski terminal. Ob obali našega morja so tudi tri marine, v Kopru, Izoli in Luciji, vsako mesto pa ima tudi svoj komunalni mandrač.

Poleg naštetih virov onesnaževanja, ki jih lahko obravnavamo kot točkovne vire, lahko v primeru onesnaževanja slovenskega morja navedemo še spiranje kopnega, vnos iz ozračja, tako suhi kot mokri, saj ne smemo prezreti, da je obravnavano območje razmeroma blizu gospodarsko zelo razvitemu severnemu delu Italije.

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 odpadne vode, komunalne odpadne vode in vode, ki spirajo območja opuščenih rudnikov svinca (reka Koritnica) in živega srebra (reka Idrijca). Za celotni Tržaški zaliv je pomemben intenziven pomorski promet v pristanišči v Trstu in Kopru. Pomemben je predvsem prevoz surove nafte in naftnih derivatov, katerih letna količina je približno 35 milijonov ton. V celotnem Tržaškem zalivu je razvit tudi navtični turizem z več marinami.

V zadnjem obdobju je bila v Trstu dograjena tudi sežigalnica trdnih odpadkov, ki je potencialni vir onesnaževanja ozračja in posledično vnosa v morje Tržaškega zaliva.

7.2.1 Evtrofikacija

Evtrofikacija je prevelika obremenitev vod s hranili, zlasti s spojinami dušika in fosforja ter organskimi snovmi. To nadalje povzroči povečano rast, primarno produkcijo in biomaso alg (cvetenja alg) ter višjih rastlin ter tudi spremembe, kot so porušenje ravnotežja organizmov (strukturne spremembe prahranjevalnih verig). Povečanju biomase sledi zmanjšanje prozornosti vode in s tem manjše prehajanje svetlobe skozi vodo, večja sedimentacija snovi, večja poraba in tudi pomanjkanje kisika (zlasti v pridnenih vodnih slojih, kar včasih vodi do pogina bentoških organizmov), poslabšanje kakovosti vode oziroma degradacija samega morskega ekosistema.

Evtrofikacija je velik problem polzaprtih morij in obalnih območij, kamor sodi tudi slovensko morje oziroma Tržaški zaliv. Značilnosti pojavov (intenziteta, pogostost), povezanih z evtrofikacijo, so odvisne od sovpadanja več dejavnikov, kot so vnosi hranil s kopnega, meteoroloških razmer, razslojenosti vodnega stolpca in horizontalne advekcije vodnih mas (Turk in sod., 2007).

7.3 Kovine

Kovine so med najbolj obstojnimi onesnažili v okolju, saj niso podvržene mikrobni razgradnji kot npr. organska onesnažila ali pa so ti procesi razmeroma počasni. Tako pride do večje stopnje kopičenja, pomembni pa so procesi oksidacije in redukcije, ki kovine pretvarjajo bodisi v netopno obliko bodisi v topnejšo obliko. Seveda je v morskem okolju tudi mnogo kovin naravnega izvora, saj so sestavina mineralov, ki sestavljajo morske sedimente in kamnine na obali (npr. sestavine glin).

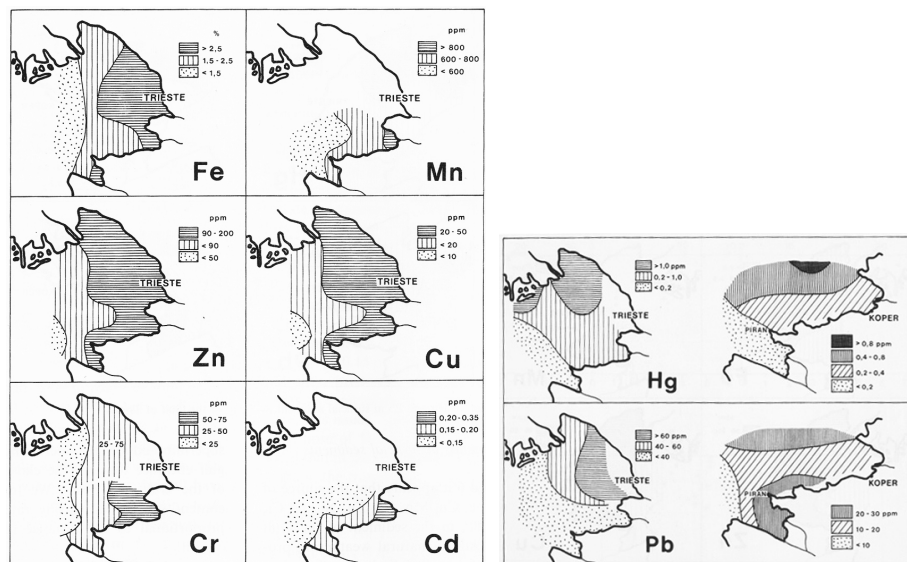
7.3.1 Kovine v vodi in sedimentih

Kljub zavedanju o posledicah onesnaževanja našega morja je razmeroma malo novejših podatkov o vsebnosti različnih onesnažil v našem morju. Tudi o vsebnosti kovin obstajajo le nekoliko starejši podatki. Za večino najpomembnejših kovin (Pb, Fe, Mn, Zn, Cu, Cr, Cd) velja, da so koncentracije višje v obalnem območju, padejo pa proti odprtemu morju (Ogorelec, 1991; Mozetič in sod., 2004). Tako so koncentracije Pb do 30 ppm, Fe višje od 2,5 %, Mn do 800 ppm, Zn do 200 ppm, Cu do 50 ppm, Cr do 75 ppm in Cd do 0,35 ppm.

V primeru Hg pa imamo obrnjeno situacijo, saj je opazen močan vpliv reke Soče, ki vnaša pomembne količine Hg v morje Tržaškega zaliva. Vsebnost Hg na italijanski strani je tudi nad

1 ppm, proti slovenski obali pa pade do približno 0,4 ppm v Koprskem zalivu, v Piranskem zalivu pa zasledimo še več kot dvakrat nižje koncentracije.

Slika 7.1: Razporeditev kovin v površinskem sedimentu (0-5 cm) Tržaškega zaliva (Faganeli in sod. 1991, z dovoljenjem Elsevier).



Preglednica 7.2: Povprečne vrednosti koncentracij izbranih kovin v vrtini V-3 ob izlivu Rižane (Dolenec, osebno sporočilo).

Kovina	Srednja vrednost (ppm)	Standardni odklon (ppm)	Št. meritev
Cu	38,4	10,1	19
Pb	18,5	4,1	19
Zn	84,6	12,8	19
Cd	< 0,4		19
Ni	94,9	21,5	19
Co	16,9	3,6	19
Cr	104,7	19,8	19

Seveda se tukaj zastavlja vprašanje, kakšen delež vsebnosti kovin lahko pripišemo samemu onesnaževanju v zadnjem obdobju. Za pomoč bomo prikazali povprečne koncentracije nekaterih kovin, ki so bile izmerjene v sedimentu vrtine V-3 ob izlivu reke Rižane v morje (preglednica 7.2). Po oceni naj bi v tem povprečju zajeli obdobje zadnjih 10.000 let. Tako lahko te vrednosti vzamemo kot neko naravno ozadje. Primerjava koncentracij v glavnem pokaže, da se te v sedanjem času niso bistveno povišale. Tako ne moremo govoriti o pomembnem onesnaževanju našega morja s kovinami.

Rezultati meritev kovin v vodi slovenskega morja (Mozetič in sod., 2004) kažejo nizke koncentracije raztopljenih kovin, v glavnem pod mejo zaznavanja (Zn pod 5,0; Cd pod 0,2; Ni pod 1,0; Pb pod 1,0; Cu pod 0,4 in Cr pod 0,2 $\mu\text{g/L}$). Le nekajkrat sta bili koncentraciji Cu in Cr malo nad mejo detekcije. Tudi tukaj je stvar nekoliko drugačna v primeru Hg, saj je očitno opazen vpliv reke Soče. Tako so koncentracije Hg višje proti sredini Tržaškega zaliva (do 0,0025 $\mu\text{g/L}$), v Koprskem zalivu pa so vrednosti precej nižje, povprečno 0,00037 $\mu\text{g/L}$.

7.3.2 Kovine v morskih organizmih

V zadnjih nekaj letih so bile opravljene predvsem analize vsebnosti Cd in Hg v tkivu užitne klapavice (*Mytilus galloprovincialis*) (Turk in sod., 2006). Školjke so primeren organizem za spremljanje onesnaženosti z različnimi onesnažili, saj so to t. i. filtratorski organizmi. V fazi prehranjevanja filtrirajo večje količine vode in v svojem tkivu tako kopičijo različne snovi. Vsebnost Cd v klapavicah, nabranih ob koprski marini na vhodu v Luko Koper, je bila od 0,61 do 1,27 mg/kg suhe teže. Koncentracije Hg v istih vzorcih klapavic so bile v območju od 0,07 do 0,24 mg/kg suhe teže. Vsebnosti obeh kovin v užitnih klapavicah so bile v zadnjih petih letih primerljive z vsebnostmi na referenčni postaji v Strunjskem zalivu.

V letih od 1983 do 1985 so bile povprečne koncentracije Cd v užitnih klapavicah, nabranih v koprskem pristanišču, $1,16 \pm 0,65$ mg/kg suhe teže in koncentracije Hg $0,15 \pm 0,05$ mg/kg suhe teže (Tušnik in Planinc, 1988). Primerjava kaže, da se vsebnosti obravnavanih težkih kovin v užitnih klapavicah v zadnjih 20 letih niso bistveno spremenile.

7.4 Organska onesnažila

Vsebnost različnih skupin organskih onesnažil v slovenskem morju je razmeroma slabo poznana. Še največ je dosegljivih podatkov o vsebnosti ogljikovodikov, nekaj je tudi rezultatov raziskav onesnaženosti z organokositrovimi spojinami, zelo malo pa je dosegljivih podatkov o vsebnosti pesticidov, halogeniranih organskih spojin, PCB-jev, ftalatov ... Glede na redke dosegljive rezultate različnih meritev lahko rečemo, da so koncentracije teh spojin v našem morju nizke, velikokrat pod mejo zaznavanja same analize metode (Mozetič in sod., 2004). Zato bodo v nadaljevanju predstavljeni zgolj ogljikovodiki in organokositrove spojine.

7.4.1 Ogljikovodiki

Ogljikovodiki, alifatski in policiklični aromatski (PAH), so spojine, ki so bile poleg težkih kovin do sedaj deležne največje pozornosti. To so spojine, ki v naravno okolje pridejo kot posledica razlitij nafte in derivatov, nastajajo tudi pri gorenju fosilnih goriv, nekaj teh spojin pa v morsko okolje zaide po naravni poti. Pomembni so predvsem podatki o vsebnosti teh spojin v sedimentu in školjkah užitnih klapavicah, saj so ti podatki del programa spremljanja kakovosti slovenskega morja.

Vsebnost policikličnih aromatskih in alifatski ogljikovodikov v površinskih sedimentih slovenskega morja v letu 2007 prikazujeta preglednici 7.3 in 7.4. Razporeditev vzorčevalnih mest pa prikazuje slika 7.2. Koncentracije PAH-ov so najvišje v portoroški marini, povišane pa še v Luki Koper ter v sredini Tržaškega in Koprškega zaliva.

Slika 7.2: Vzorčevalna mesta v okviru programa spremljanja kakovosti našega morja.



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 ...). Sestava PAH-ov kaže prevladujoči pirogeni izvor policikličnih aromatskih ogljikovodikov (izgorevanje fosilnih goriv). Prevladujejo namreč PAH-i s štirimi in petimi kondenziranimi aromatskimi obroči. Tudi razmerje substituiranih in nesubstituiranih analogov potrjuje prevladujoči pirogeni izvor PAH-ov, saj močno prevladujejo nesubstituirani analogi. Primerjave z rezultati vsebnosti PAH-ov v drugih delih Tržaškega zaliva pokažejo podobne vrednosti, razen za del zaliva ob mestu Trst, kjer so koncentracije približno dvakrat višje (Notar in sod., 2001).

Glede na izmerjene koncentracije PAH-ov lahko ugotovimo, da je sediment Koprškega zaliva zmerno onesnažen s PAH-i. To dodatno potrjujejo tudi rezultati vsebnosti PAH-ov v sedimentu vrtine, ki je bila izvrtana v severnem delu Tržaškega zaliva (Notar in sod., 2001). Pred letom 1900 so bile koncentracije PAH-ov ustaljene malo nad 100 ng/g.

Koncentracije alifatskih ogljikovodikov, prikazane v preglednici 7.4, so v povprečju višje v Luki Koper, v sredini Koprškega zaliva in v portoroški marini. Vsekakor tudi koncentracije alifatskih ogljikovodikov kažejo na vpliv pomorskega prometa, določeni parametri pa kažejo tudi na znaten delež ogljikovodikov naravnega izvora s kopnega.

Preglednica 7.3: Vsebnost policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAH) v površinskem sedimentu (0-2 cm) slovenskega morja (ng/g suhega sedimenta) v letu 2007, prazno polje pomeni pod 1 ng/g.

PAH	00CZ	0014	00PM	000K	00KK	00MA	000F
Naftalen		10	28	16			
1-metilnaftalen	13	9	11	31			
1-etilnaftalen							
Acenaften			47	30			11
Acenaftilen			24	36			12
Fenantren	17	17	28	13	8	18	10
Antracen	11	6	1	5	5	21	6
Fluoren				16			
2-metilfenantren	21	29	7	19	18		
1-metilfenantren	30	11	5	39	11	11	12
Fluoranten	44	27	88	30	25	26	5
Piren	49	33	93	42	33	21	2
3,6-dimetilfenantren			22		6		
1-metilpiren							
Perilen							
Krizen	49	80	82	37	6	4	3
Squalan							
Benzo(a)antracen	28	22	36	20	20	14	8
Benzo(b)fluoranten	33	40	93	41	13	30	31
Benzo(k)fluoranten	101	125	198	88	47	65	65
Benzo(e)piren	53	35	50	48	30	32	48
Benzo(a)piren	42	25	50	43	35	27	55
Indeno(1,2,3-c,d)piren	61	57	60	92	37	30	14
Dibenzo(a,h)antracen	22	43	56	63	22	19	3
Benzo(g,h,i)perilen	24	30	72	94	18	27	12
Ločeni poliaromatski	598	599	1051	803	334	345	297

Preglednica 7.4: Vsebnost alifatskih ogljikovodikov v površinskem sedimentu slovenskega morja (ng/g suhega sedimenta) v letu 2007.

Ogljikovodiki	00CZ	0014	00PM	000K	00KK	00MA	000F
n-heptadekan (C17)	49	134	360	10	43	295	51
Pristan	37	126	16	55	31	50	10
n-oktadekan (C18)	23	98	34	25	12	18	12
Fitan	17	87	42	21	14	27	13
n-C14 do n-C34	1923	7123	3489	2923	1262	2527	780
Ločeni alifatski	2049	7568	3941	3034	1362	2917	866

Preglednica 7.5: Povprečne vsebnosti celokupnih alifatskih in policikličnih aromatskih ogljikovodikov v užitnih klapavicah od 2005-2009.

Ogljikovodiki	0024 ng/g	±SD	00TM ng/g	±SD
Alifatski ogljikovodiki	1868	149	4843	975
PAH	520	178	1123	463

Vsebnost ogljikovodikov, alifatskih in PAH-ov, v školjkah užitnih klapavicah (*Mytilus galloprovincialis*), nabranih ob vhodu v Luko Koper v zadnjih nekaj letih, je bila približno dvakrat višja v primerjavi s tistimi v Strunjanu, ki velja za bolj neonesnaženo območje našega morja. Podobne vsebnosti PAH-ov v užitnih klapavicah so bile določene tudi na južnem in severnem delu Kopskega zaliva (ob obalni cesti Koper-Izola in ob ankaranski obali). Nekoliko višje so bile določene vrednosti na južnem delu (1,6 mg/kg) v primerjavi s severno obalo zaliva (1,3 mg/kg), kar kaže na vpliv cestnega prometa na cesti Koper – Izola (Vrišer in sod., 1995).

7.4.2 Organokositrove spojine

Uporaba organokositrovih spojin (OTC) je poznana v industriji, kmetijstvu in medicini. Za morsko okolje je najpomembnejša uporaba kot dodatek k barvam za plovila, saj preprečujejo obrast na plovilih. Najpomembnejši je tributilkositer (TBT) skupaj z razgradnima produktoma dibutilkositrom (DBT) in monobutilkositrom (MBT). Fenilni derivati kositra so za morsko okolje manj pomembni, saj se v večji meri uporabljajo v kmetijstvu. Koncentracije butilkositrovih spojin so na nekaterih morskih območjih še vedno pomembne, kljub temu da je uporaba teh spojin že nekaj let prepovedana.

Najvišje koncentracije TBT v morski vodi so bile določene v portoroški (nad 300 ng Sn/L) in izolski marini (do 100 ng Sn/L), druge pa so koncentracije precej nižje (Milivojevič Nemanič in sod., 2002; Milivojevič Nemanič in sod., 2009). Tudi koncentracije obeh razgradnih produktov DBT in MBT so bile višje v portoroški marini, bile pa so višje tudi v okolici marine, vse do

sredine Piranskega zaliva. Koprski del morja se zdi precej manj onesnažen s temi spojinami (Milivojevič Nemanič in sod., 2009). Nekoliko drugačno sliko dobimo v primeru onesnaženosti sedimentov (Milivojevič Nemanič in sod., 2009). Tudi v tem primeru najvišje vrednosti v obeh marinah krepko presegajo 1000 ng Sn/g, visoke vsebnosti pa so bile dobljene tudi v Koprskem zalivu. To kaže na dolgotrajno onesnaževanje in kopičenje teh snovi v sedimentu. Rezultati analiz vsebnosti OTC v užitnih klapavicah tudi kažejo na večje onesnaženje Piranskega zaliva v primerjavi s Koprskim (Milivojevič Nemanič in sod., 2009).

7.5 Nekateri pojavi v slovenskem morju

7.5.1 Cvetenje alg

Pojem "cvetenje alg" (tudi cvetenje morja, cvetenje fitoplanktona, cvetenje mikroalg ...) označuje množično namnožitev več milijonov celic v litru vode. Ponavadi gre za enocelične, mikroskopsko majhne (2-200 μm) rastlinske organizme, ki lebdiijo v vodi ter jih strokovno imenujemo fitoplankton. Pojav je značilen za sladkovodna in morska okolja in ga v splošen povezujemo z ugodnimi razmerami za množični razvoj fitoplanktona. Ponavadi pri tem prevladuje ena ali majhno število fitoplanktonskih vrst.

Fitoplankton (okoli 400 vrst) lahko povzroča razne biološke pojave v morju, ki imajo škodljive posledice za ekosistem in ljudi (Mozetič in Francé, 2006). Te pojave strokovno imenujemo škodljiva cvetenja alg (harmful algal blooms - HABs), ki jih razvrščamo v tri skupine (Mozetič in Francé, 2006):

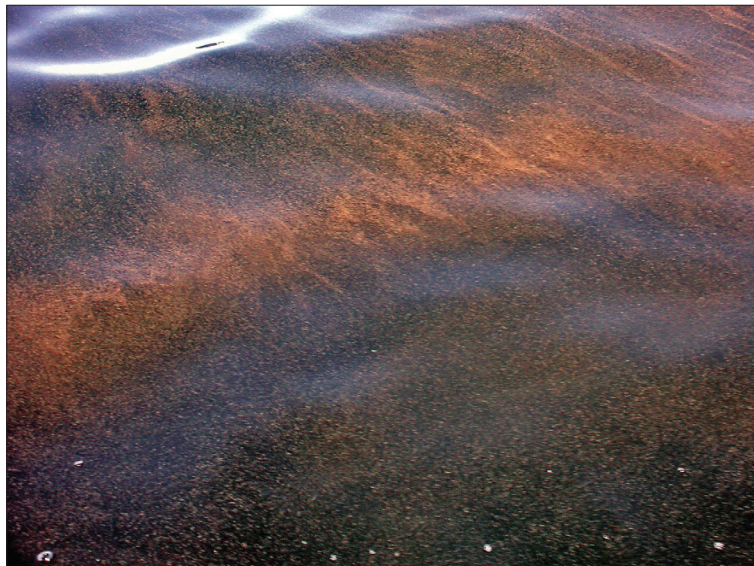
- Množična namnožitev vrst, ki zaradi visoke koncentracije pigmentiranih celic prevladujoče vrste povzroči značilno obarvanje morja (zeleno, rumeno rjavo, belo itd.). Kljub temu da ne gre vedno za rdeče obarvanje morja, omenjeno cvetenje imenujemo "rdeče plime". Ponavadi gre za neškodljiva cvetenja in le v nekaterih primerih pride zaradi pomanjkanja kisika do pogina rib in nevretenčarjev. Za slovensko morje so značilne rdeče plime (slika 7.3), ki jih v spomladanskem obdobju povzroča heterotrofni oklepni bičkar morska iskrnica (*Noctiluca scintillans*, slika 7.4).
- Cvetenje strupenih vrst vodi do prenosa strupov skozi prehranjevalne verige, zaradi česar lahko pride do pogina rib, morskih ptic in sesalcev ter tudi do obolevanja ljudi zaradi uživanja morske hrane. Možna nevarnost predstavlja npr. uživanje školjk, ki so filtrirale vodo z veliko koncentracijo omenjenih strupov in njihovega kopičenja v mesu školjk.

V Tržaškem zalivu se prav tako pojavljajo strupene fitoplanktonske vrste, kar ima lahko negativne vplive tako na morske organizme kot tudi na ljudi (Mozetič, 2003; Francé in Mozetič, 2006; Turk in sod., 2007). Pri tem so možne tri vrste zastrupitev s školjkami. Diaroično (DSP; edina pri nas zabeležena zastrupitev) in paralitično zastrupitev (PSP; pri nas ta ni bila odkrita) s školjkami povzročajo oklepni bičkarji (dinoflagelati), amnezijsko zastrupitev (ASP; še ni bila določena v našem okolju) pa povzročajo nekatere diatomejske vrste (kremenaste alge). Redne preiskave na prisotnost strupov v morski hrani in nadzor

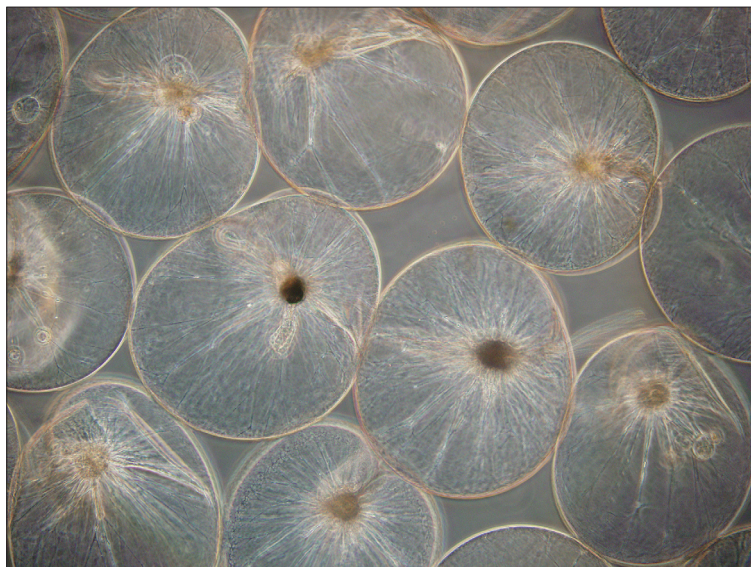
kakovosti vode v območju marikultur (v gojiščih školjk na Debelem Rtiču, v Strunjanu in Seči) predstavljata nadzor nad oporečnostjo hrane in varovanje zdravja ljudi.

- c) V nekaterih primerih gre za cvetenja vrst, ki niso nevarna za ljudi, lahko pa povzročajo poškodbe škrg in ne nazadnje tudi pogin organizmov.

Slika 7.3: Cvetenje morske iskrnice. (foto: T. Makovec)



Slika 7.4: Morska iskrnica. (foto: V. Turk)

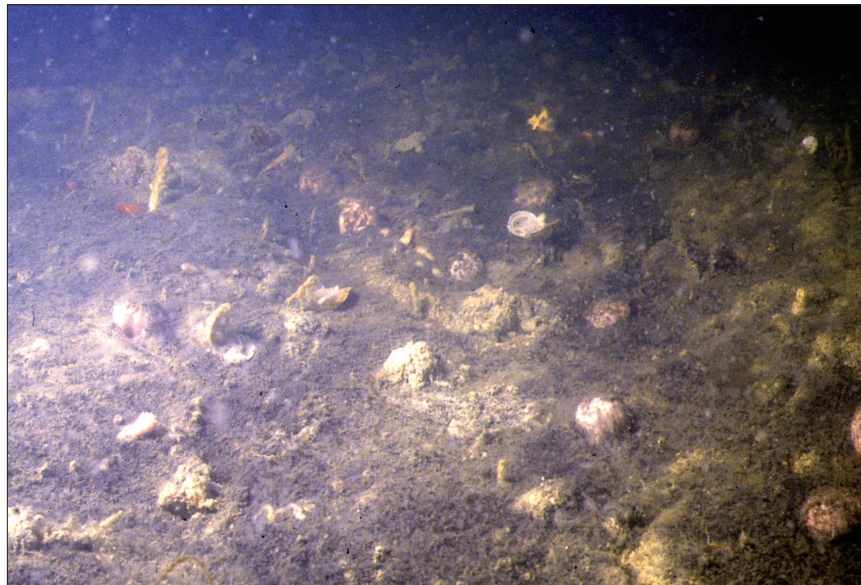


7.5.2 Hipoksija, anoksija

V obalnih morjih poteka obnova kisika predvsem z raztapljanjem atmosferskega kisika v morski vodi (površinski sloj) in v procesu fotosinteze. Vse živali in rastline dihaajo in porabljajo kisik, ta pa se tudi porablja v procesih razkrajanja organske snovi in drugih oksidativnih procesih. Če je v nekem območju hitrost porabe večja od hitrosti nastanka kisika, lahko pride do pomanjkanja kisika oziroma do hipoksičnih (hipoksija) ali anoksičnih razmer (anoksija). V hipoksičnih vodah je koncentracija raztopljenega kisika manjša kot 2 ppm oziroma 2 mg/L. Če se koncentracija raztopljenega kisika približa ničli, govorimo o anoksičnih razmerah.

Na posameznih vzorčevalnih postajah in v posameznih slojih slovenskega morja opazimo različno sezonsko dinamiko koncentracij kisika. Rezultati kažejo, da so v poznopoletnih mesecih v pridnenih slojih Tržaškega zaliva (polzaprt, plitev zaliv) prisotne nižje koncentracije kisika, ki se včasih približajo hipoksičnim koncentracijam. Poleg poletne razslojenosti vodnega stolpca prispeva k nižjim koncentracijam še povečana razgradnja posedle organske snovi. Kisikove razmere so tako praviloma boljše v prvi polovici leta. Pogostost pojavljanja nizkih koncentracij kisika v pridnenem sloju v obalnem in morskem okolju na območju Tržaškega zaliva ne nakazuje prepoznavnega trenda (medmrežje 1). Hipoksije so bile v zadnjih dveh desetletjih opažene v osrednjem delu Tržaškega zaliva v obdobju avgust-oktober (Malej in Malačič, 1995), občasen pojav anoksij pa sega v leta 1974, 1980, 1983 (največji obseg), 1987, 1989 in 1990.

Slika 7.5: Anoksija v sredini Tržaškega zaliva. (foto: T. Makovec)



7.5.3 Morski sneg

Prisotnost oziroma pojav »morskega snega« je značilen tudi za severni Jadran in Tržaški zaliv. "Morski sneg" označuje v morski vodi lebdeče makroskopske (očesu vidne) delce/kosmiče oziroma agregate (premer > 0,5 mm; Fowler in Knauer, 1986), ki predstavljajo pomembno sestavino suspendirane in posedajoče se snovi v morju. Podobne amorfne agregate opazamo tudi v jezerih (jezerski sneg) in rekah (rečni sneg) (Alldredge in Silver, 1988; Simon in sod., 2002). Ta je pomemben v prehranjevalnih verigah, za regulacijo vertikalne razporeditve in transport/prenos suspendirane snovi v vodnem stolpcu. Morski sneg nastaja pretežno s koagulacijo fitoplanktona, detrita in prozornih eksopolimernih delcev (TEP=transparent exopolymeric particles; izločki fitoplanktona in bakterij) v evfotski coni (Kjørboe in sod., 1994; Passow in sod., 2001). Visoka vsebnost organske frakcije omogoča, da morski sneg deluje kot mikrookolje (z drugačnimi fizikalnimi in kemijskimi značilnostmi kot v okolni vodi) z visoko heterotrofno aktivnostjo. Remineralizacija hranil vodi do višjih koncentracij hranil fosforja in dušika ter nižjih koncentracij kisika znotraj in v bližnji okolici morskega snega.

7.5.4 Sluzenje morja

Pojav "sluzenja morja" ali "pojav sluzastih makroagregatov" označuje kopičenje sluzastega materiala na površini morja in v vodnem stolpcu. Izraz/pojav ni istoveten z izrazom/pojavom "cvetenje morja". Pod imenom "umazano morje" (prevod italijanskega poimenovanja pojava "mare sporco") so o sluzenju severnega Jadrana pisali v prvem letniku revije *Proteus* leta 1934, prvi zapisi o pojavu sluzi pa segajo že v leto 1729 (Fonda-Umani in sod., 1989). Podoben pojav kopičenja penastih in sluzastih mas pa je poznan tudi za območja Severnega morja (obale Francije, Belgije, Nizozemske in Nemčije), v Črnem morju ter v drugih obalnih območjih Jadrana (obalna območja Dalmacije) in Sredozemskega morja (predvsem v grških vodah, v Tirenskem morju in ob obalah Sicilije).

V zadnjih desetletjih so bili v slovenskem morju sluzati makroagregati prisotni v večjem obsegu leta 1988, 1989, 1991, 1997, 2000, 2002 in 2004. Popis preteklih pojavov sluzi in območje razširjenosti pojava (povzeto po Vollenweider in sod., 1995, in dopolnjeno z lastnimi opazovanji) je podan na spletnih straneh Morske biološke postaje Piran (MBP Piran), tj. oddelka Nacionalnega inštituta za biologijo Ljubljana (medmrežje 2). Čeprav omemba sluzenja morja v severnem Jadranu sega pred razvoj kmetijstva, turizma, industrije in urbanizacije, so se intenzivne raziskave pojava pričele šele po letu 1988 (Giani in sod., 2005, in tu navedeni viri). Sluzasti skupki ali makroagregati so najrazličnejših oblik (drobni sluzasti kosmiči, nitke, zavesa, splete, oblaki, sluzaste površinske odeje, slika 7.6), barv (mlečno beli, rožnati, rumeni do rjavi) in velikosti (od nekaj milimetrov do nekaj kilometrov) (Stachowitsch, 1990).

Kopičenje in njihova horizontalna in vertikalna razporeditev je časovno heterogena in odvisna od različnih dejavnikov, kot so hidrometeorološke značilnosti vodnega stolpca, velikost, oblika in sestava (biološka in kemijska) makroagregatov, ter od razmer v okolju. Običajno opazimo

največje kopičenje sluzi v sloju temperaturnega (termoklina) in slanostnega (haloklina) oziroma gostotnega preskoka (piknoklina).

Slika 7.6: Sluzasta površinska odeja v Piranskem zalivu. (foto: T. Makovec)



Kljub mnogim raziskavam vzroki in mehanizmi pojava sluzenja morja še niso razjasnjeni v celoti (Kovač in sod., 2008, in tu navedeni viri). Prevladuje pa mnenje, da gre za naravni pojav, kjer je nastanek sluzastih makroagregatov biološko določen in v osnovi povezan s fitoplanktonskim cvetenjem ter z njihovim prevelikim izločanjem raztopljenih snovi. Ti ekstracelularni izločki so sestavljeni predvsem iz sladkorjev. V osnovi gre za prehod makromolekularne raztopljene organske snovi (iz nasičene raztopine) v očesu vidne sluzaste makroagregate različnih velikosti in oblik. Pred pojavom sluzenja ponavadi opazamo v vodnem stolpcu morski sneg, toda njegova prisotnost ni predpogoj za (ne napoveduje) razvoj pojava sluzenja morja. Ker zaenkrat še ne poznamo vseh vzrokov, neposredni kazalci napovedovanja tega pojava še niso določeni. Pri tem pa je seveda izredno pomembna koncentracija raztopljene makromolekularne snovi, ki je sposobna agregirati.

Mikroskopske analize vzorcev so pokazale heterogeno sestavo makroagregatov, tj. prisotnost fitoplanktona, mikrozooplanktona, ostanke različnih rastlinskih in živalskih celic (prazne fitoplanktonske celice, hitinski oklepi rakcev ...), bakterij, fekalnih peletkov, ličinke in jajca drugih živali, cvetni prah ter mineralnih delcev. Natančnejša biološka sestava pa je seveda odvisna od "zrelosti-razvojne stopnje" ali "starosti" samega vzorca (razgradnih procesov). Med fitoplanktonskimi vrstami ponavadi "v zrelih makroagregatih" prevladujejo kremenaste alge ali diatomeje.

Sluzaste makroagregate lahko pojmujeemo tudi kot hidrogеле, ki lahko vsebujejo tudi več kot 95 % vode. Kemijske analize kažejo na zapleteno in zamreženo strukturo, sestavljeno predvsem iz heteropolisaharidov (sladkorjev), lipidov (maščob in maščobam podobnih snovi), iz organosilicijevih spojin ter mineralnih delcev (predvsem kalcit, kremen, gline). V manjši meri so v makroagregatih prisotni še proteini in aromatske spojine. K njihovi zamreženi strukturi bistveno prispevajo esterske in amidne skupine. Prav zato predstavljajo sluzasti makroagregati obstojne in na razgradnjo dokaj odporne snovi. Njihovo obstojnost povezujemo še z asociacijami organske snovi in mineralnih delcev, ki predstavljajo pomembno sestavino ne le v strukturi, ampak tudi v razvoju sluzastih makroagregatov severnega Jadrana.

Glavni razkrojevalci makroagregatov so bakterije, v manjši meri lahko k njihovi razgradnji prispevajo tudi ribe in zooplankton ter fotokemične in druge kemične pretvorbe. Sluzenje morja lahko traja od enega do več mesecev (maj/junij do septembra). Ponor pojava je običajno povezan s slabimi vremenskimi razmerami (nevihte) in spremembami strukture vodnega stolpca (porušenje razlojenosti) in gibanja vode. Nestanovitno vreme v prvi fazi predvsem prispeva k razbitju večjih agregatov in nadalje k njihovemu posedanju.

Slika 7.7: Sluzasti makroagregati prekrivajo bentoške organizme. (foto: T. Makovec)



Dosedanje raziskave kažejo, da sluz ni neposredno škodljiva za zdravje ljudi. Ker pa so sluzasti makroagregati želatinasti in sami po sebi lepljivi, se nanje lahko ujamejo različni delci in organizmi (tudi patogeni organizmi). Sluzasti agregati ob morskem dnu ali sedimentirani agregati lahko tudi prekrijejo organizme, ki živijo na morskem dnu (bentos) ter tako otežujejo njihovo dihanje (oskrbo s kisikom) in premikanje. K znižanju koncentracije kisika pa prispevajo tudi razgradni procesi samih makroagregatov. V skrajnem primeru lahko bentoški or-

ganizmi tudi poginejo. Najslabše razmere se razvijejo pod sedimentiranimi makroagregati (anoksične cone), ki jih opazamo kot črne madeže na morskem dnu. Kljub vsemu pa v našem morju dosedaj nismo opazili večjih anoksij zaradi sluzenja morja. Prisotnost makroagregatov pa vsekakor vpliva na ribištvo (mazanje mrež) in marikulture (gojenje rib in školjk), turizem (zmanjšanje estetske vrednosti morja), na življenjska dogajanja (npr. prehranjevalne verige) v vodnem stolpcu in na dnu ter na neenakomerno porazdelitev in transport snovi v vodnem stolpcu.

Viri in literatura

- Allredge, A. L., Silver, M. W., 1988. Characteristics, dynamics and significance of marine snow. *Progress in Oceanography*, 20, str. 41-82.
- De Vittor, C., Paoli, A., Fonda Umani, S., 2008. Dissolved organic carbon variability in a shallow coastal marine system (Gulf of Trieste, northern Adriatic Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 78, str. 280-290.
- Faganeli, J., Planinc, R., Pezdič, J., Smodiš, B., Stegnar, P., Ogorelec, B., 1991. Marine geology of the Gulf of Trieste (northern Adriatic): Geochemical aspects. *Marine Geology*, 99, str. 93-108.
- Fonda Umani, S., Del Negro, P., Larato, L., De Vittor, C., Cabrini, M., Celio, M., Falconi, C., Tamberlich, F., Azam, F., 2007. Major inter-annual variations in microbial dynamics in the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea) and their ecosystem implications. *Aquatic Microbial Ecology*, 46, str. 163 - 175.
- Fonda-Umani, S., Ghiarardelli, E., Specchi, M., 1989. Gli episodi di "mare sporco" nell'Adriatico da 1729 ai nostri giorni. Regione autonoma Friuli-Venezia Giulia, Trieste, 178 str.
- Fowler, S. W., Knauer, G. A., 1986. Role of large particles in the transport of elements and organic compounds through the oceanic water column. *Progress in Oceanography*, 16, str. 147-194.
- Francé, J., Mozetič, P., 2006. Škodljiva cvetenja alg v slovenskem morju. Naravoslovne terenske tablice MBP Piran 4. Prva izdaja. NIB-MBP-Piran, Morska biološka postaja. 2 str.
- Giani, M., Degobbi, D., Rinaldi, A., (ured.), 2005. Mucilages in the Adriatic and Tyrrhenian Seas; *The Science of the Total Environment*; Elsevier: Amsterdam, NL, 379 str.
- Kiørboe, T., Lundsgaard, C., Olesen, M., Hansen, J. L. S., 1994. Aggregation and sedimentation processes during a spring phytoplankton bloom: A field experiment to test coagulation theory. *Journal of Marine Research*, 52, str. 297-323.
- Kovač, N., Faganeli, J., Bajt, O., 2008. Mucous macroaggregates in the northern Adriatic. V: "Geochemistry research Advances", Olafur Stefansson (ur.), Nova Science Publishers, Inc., str. 119-141.

- Libes, S., 2009. Introduction to Marine Biogeochemistry. Second Edition. Academic Press, 928 str.
- Lipej, L., Mozetič, P., Orlando-Bonaca, M., Mavrič, B., Šiško, M., Bettoso, N., 2007. Opredelitev ekološkega stanja morja v skladu z Vodno direktivo (Water Framework Directive, 2000/60/EC): dopolnjeno zaključno poročilo. (Poročila MBP - Morska biološka postaja, 96). NIB - Morska biološka postaja. Piran, 180 str.
- Malej, A., Malačič, V., 1995. Factors affecting bottom layer oxygen depletion in the Gulf of Trieste (Adriatic Sea). *Annales Ser. hist. nat.*, 5, str. 33-42.
- Malej, A., Mozetič, P., Malačič, V., Turk, V., 1997. Response of summer phytoplankton to episodic meteorological events (gulf of Trieste, Adriatic Sea). *P.S.Z.N. I: Marine Ecology*, 18, str. 273-288.
- Medmrežje 1: http://kazalci.arso.gov.si/?&ind_id=48&data=indicator (Citirano 26.10.2010).
- Medmrežje 2: <http://projects.mbss.org/osj/dokumenti.html> (Citirano 26.10.2010).
- Milivojevič Nemanič, T., Leskovšek H., Horvat, M., Vrišer, B., Bolje, A., 2002. Organotin compounds in the marine environment of the Bay of Piran, Northern Adriatic Sea. *Journal of Environmental Monitoring*, 4, str. 426-430.
- Milivojevič Nemanič, T., Milačič, R., Ščančar, J., 2009. A survey of organotin compounds in the Northern Adriatic Sea. *Water Air and Soil Pollution*, 196, str. 211-224.
- Millero, F. J., 2006. Chemical Oceanography. 3rd Edition. CRC Press, 496 str.
- Mozetič, P., 2003. Škodljiva cvetenja - HAB: izvajanje IOC HAB programa: tehnično poročilo za leto 2003 [za] Urad slovenske nacionalne komisije za UNESCO, Poročila MBP-Morska biološka postaja, 53. Nacionalni inštitut za biologijo: Morska biološka postaja Piran.
- Mozetič, P., Bajt, O., Čermelj, B., Francé, J., Kovač, N., Turk, V., 2004. Izvajanje monitoringa kakovosti morja, brakičnih voda in voda za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev v letu 2003: letno poročilo, Poročila MBP - Morska biološka postaja, 61. Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja Piran.
- Mozetič, P., Solidoro, C., Cossarini, G., Socal, G., Precali, R., Francé, J., Bianchi, F., De Vittor, C., Smodlaka, N., Fonda Umani, S., 2010. Recent trends towards oligotrophication of the Northern Adriatic: evidence from chlorophyll a time series. *Estuaries and Coasts*, 33, str. 362-375.
- Mozetič in sod. Letna poročila - Monitoring kakovosti morja, brakičnih voda in voda za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev oziroma Spremljanje ekološkega in kemijskega stanja morja in spremljanje kakovosti vode za življenje morskih školjk in morskih polžev - za obdobje 1989 – 2009, Poročila MBP - Morska biološka postaja. Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja Piran.

- Muri, G., 2009. National baseline budget for 2008 for Slovenia: Report prepared for the Mediterranean Action Plan (MAP) in the framework of the Strategic Action Plan (SAP). National Institute of Biology. Ljubljana, 20 str.
- Notar, M., Leskovšek, H., Faganeli, J., 2001. Composition, distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments of the Gulf of Trieste, Northern Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 42, str. 36-44.
- Ogorelec, B., Mišič, M., Faganeli, J., 1991. Marine geology of the Gulf of Trieste (northern Adriatic): Sedimentological aspects. *Marine Geology*, 99, str. 79-92.
- Orlando Bonaca, M., Lipej, L., Bajt, O., Kovač, N., 2009. Analiza prevladujočih pritiskov in vplivov v skladu z Okvirno direktivo o morski strategiji (Marine Strategy Framework Directive) v letu 2009 – 2. faza. Fazno poročilo. Poročila MBP - Morska biološka postaja. Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja Piran.
- Orlando Bonaca, M., Lipej, L., Šiško, M., Mavrič, B., Kovač, N., 2010. Analiza prevladujočih pritiskov in vplivov v skladu z Okvirno direktivo o morski strategiji (Marine Strategy Framework Directive) v letu 2009 – 1. faza: zaključno poročilo 2009. Poročila MBP - Morska biološka postaja, 118. Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja Piran.
- Passow, U., Shipe, R. F., Murray, A., Pak, D. K., Brzezinski, M. A., Alldredge, A. L., 2001. Origin of transparent exopolymer particles (TEP) and their role in the sedimentation of particulate matter. *Continental Shelf Research*, 21, str. 327-346.
- Santschi, P. H., Lenhart, J. J., Honeyman, B. D., 1997. Heterogeneous processes affecting trace contaminant distribution in estuaries: the role of natural organic matter. *Marine Chemistry*, 58, str. 99-125.
- Simon, M., Grossart, H. P., Schweitzer, B., Ploug, H., 2002. Microbial ecology of organic aggregates in aquatic ecosystems. *Aquatic Microbial Ecology*, 28, str. 175-211.
- Stachowitsch, M., Fanuko, N., Richter, M., 1990. Mucus aggregates in the Adriatic Sea: an overview of stages and occurrences. *P.S.Z.N. I: Marine Ecology*, 11, str. 327-350.
- Turk, V., Potočnik, B., 2001. Pollution hot spots and sensitive areas along the Slovenian coast. *Annales, Ser. Hist. Nat.* 11, 2, str. 239-252.
- Turk, V., Bajt, O., Horvat, M., Milačič, R., Mozetič, P., N., Ramšak, A., Malej, A., 2006. Kakovost morja in kontrola onesnaženja: poročilo za leto 2005. Poročila MBP - Morska biološka postaja, 84. Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja Piran.
- Turk, V., Mozetič, P., Malej, A., 2007. Overview of eutrophication related events and other irregular episodes in Slovenian coastal waters (Gulf of Trieste, Adriatic sea). *Annales, Ser. hist. nat.*, 17, str. 197-216.

- Tušnik, P., Planinc, R., 1988. Concentrations of the trace metals (Hg, Cd) and its seasonal variations in *Mytilus Galloprovincialis* from the Gulf of Trieste. *Biol. vestn.*, 36, str. 55-62.
- Vollenweider, R. A., Rinaldi, A., (ured.), 1995. Marine mucilages. *The Science of the Total Environment*; special issue. Elsevier, Amsterdam, 165, 236 str.
- Vrišer, B., Bajt, O., Faganeli, J., Jaklin, A., Leskovšek, H., Planinc, R., Venturini, D., Vukovič, A., Zohil, J., 1995. Vpliv obalne ceste med Koprom in Izolo, ekološka študija, zaključno poročilo. NIB, Morska biološka postaja Piran.