

**IZVAJANJE MONITORINGA KAKOVOSTI  
MORJA, BRAKIČNIH VODA IN VODA ZA  
ŽIVLJENJE IN RAST MORSKIH ŠKOLJK IN  
MORSKIH POLŽEV V LETU 2003**

**LETNO POROČILO**

Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje  
Vojkova ulica 1 b, Ljubljana

Izvajalec: Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja Piran  
Fornače 41, Piran

Sodelavci na projektu:

- NIB-MBP
- IJS
- ZZV Maribor

Piran, februar 2004

# KAZALO

<b>1</b>	<b>UVOD</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL IN METODE</b>	<b>8</b>
2.1	<i>VZORČENJE</i>	8
2.1.1	Monitoring kakovosti morja	8
2.1.2	Monitoring kakovosti brakičnih voda	14
2.1.3	Monitoring kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev	16
2.2	<i>METODE</i>	20
<b>3</b>	<b>REZULTATI</b>	<b>27</b>
3.1	<i>MONITORING KAKOVOSTI MORJA</i>	27
3.1.1	Splošni parametri	27
3.1.2	Prednostni in indikativni parametri	55
3.2	<i>MONITORING KAKOVOSTI BRAKIČNIH VODA</i>	59
3.2.1	Splošni parametri	59
3.2.2	Prednostni in indikativni parametri	61
3.3	<i>MONITORING KAKOVOSTI VODE ZA ŽIVLJENJE IN RAST MORSKIH ŠKOLJK IN MORSKIH POLŽEV</i>	644
<b>4</b>	<b>LITERATURA</b>	<b>711</b>

## IZVLEČEK

Projektna naloga **Izvajanje monitoringa kakovosti morja, brakičnih voda in voda za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev v letu 2003** je obsegala tri programe nacionalnega monitoringa – 1. Monitoring kakovosti morja, 2. Monitoring kakovosti brakičnih voda, 3. Monitoring kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev - od katerih sta prva dva namenjena ugotavljanju in spremljanju kemijskega stanja površinskih voda, tretji pa spremljanju kakovosti površinske vode, v katerem živijo ali bi lahko, v primeru zmanjšanja onesnaženja, živel morski organizmi. Vsak program je imel določeno število in tip merilnih mest, število in vrsto (sklop) parametrov, določenih za posamezen matriks (voda, tla, organizmi) ter frekvenco vzorčenja. Za obalno morje so bila določena štiri merilna mesta (osnovno – 00CZ, referenčno – 000F in dve dodatni – 000K in 00MA), kot brakični vodni telesi sta bili izbrani izlivni območji rek Dragonje (referenčno merilno mesto – 0EDR) in Rižane (osnovno merilno mesto - 0ERI), kot morski območji za spremljanje kakovosti vode za rast morskih organizmov pa merilni mesti na obstoječih gojiščih užitne klapavice (Strunjanski zaliv – 0024 in Piranski zaliv - 0035).

Glavne oceanografske značilnosti morske vode v letu 2003 so bile zelo visoke površinske slanosti in temperature ter velika prosojnost morja tako v obalnih kot osrednjih delih Tržaškega zaliva. Visoke površinske temperature morja v poletnih mesecih (max okoli 28°C) smo sicer že izmerili v preteklih letih, vendar so bile to trenutne vrednosti, medtem ko so bile letošnje temperature nad 27°C dolgotrajne, saj smo jih merili vse od junija dalje, hkrati z visokim porastom temperature ozračja. Visoke vrednosti slanosti v površinskem sloju (v povprečju okoli 38 na odprtih postajah zaliva) in velika prosojnost vodnih slojev (do 15 m v poletnih mesecih) sta posledica izredno sušnega leta 2003, ki je bilo vse od začetka zaznamovano s pomanjkanjem padavin in z zelo nizkimi pretoki rek. Pomanjkanje hranil se je odražalo na nizki fitoplanktonski biomasi, tako da letos nismo opazili značilnega spomladanskega cvetenja rastlinskega planktona. Porast fitoplanktonske biomase smo opazili šele v drugi polovici leta, vendar so bile koncentracije klorofila *a* v povprečju nižje (1,19-1,28 µg/l) kot v prejšnjih letih (okoli 1,7 µg/l). Vrednosti TRIX indeksov, izračunane iz določenih parametrov (kisik, hranilne snovi dušika in fosforja, klorofil *a*), so v povprečju (3,2-4,7) odražale visok do dober trofični status obalnega morja. Velika večina koncentracij kemičnih spojin, ki odražajo kemijski status morja, je bila pod mejo detekcije, tako v vodi kot sedimentu. V primeru težkih kovin se je pokazalo, da je sediment na postaji v Koprskem zalivu (000K) najbolj obremenjen, medtem ko smo najvišje povprečne koncentracije kovin v vodi, vendar le za živo srebro, ki ga je bilo edinega moč kvantificirati ob vseh meritvah, zabeležili na referenčni postaji 000F. Vsekakor pa je kemične onesnaževalce, njihove vrednosti ter časovno in prostorsko porazdelitev težko razlagati oz. primerjati, ker so to prve tovrstne meritve na tem območju.

Meritve na območjih brakičnih voda na rečnih ustjih Dragonje in Rižane so pokazale, da je merilno mesto 0EDR na izlivu Dragonje neprimerno, saj ne odraža brakičnih razmer, tj. mešanja sladke in slane vode. V nekoliko bolj oslajenem okolju je bilo merilno mesto v estuariju Rižane (najnižja slanost okoli 33), vendar smo se tudi tu odločili za spremembo postaje, tako da bosta v letu 2004 obe merilni mesti ležali višje od obstoječih. Vrednosti osnovnih fizikalno-kemičnih parametrov so bile višje v estuariju Rižane (oz. nižje v primeru slanosti), medtem ko so bile predvsem koncentracije hranil in skupne suspendirane snovi ter  $BPK_5$  na izlivu Dragonje primerljive s koncentracijami "morskih" postaj. Podobno kot v obalnem morju, je bila večina koncentracij različnih kemičnih onesnaževalcev pod mejo detekcije tudi na izlivih rek, kjer smo sklop prednostnih in indikativnih parametrov prav tako prvič vzorčili. To velja za pesticide in metabolite, halogenirane organske spojine, detergente in tiste težke kovine, ki jih nismo mogli kvantificirati. Koncentracije celotnega deleža kovin v vodi, ki pa smo jih lahko kvantificirali ob vseh vzorčenjih (baker, krom in živo srebro), so bile v povprečju višje na postaji 0ERI. V estuariju Rižane smo izmerili najvišjo koncentracijo živega srebra v vodi nasploh (0,00192 µg/l), pa tudi sediment je bil tu bolj obremenjen z različnimi kovinami kot na izlivu Dragonje. Le koncentracije adsorbiranih organskih halogenov so bile v povprečju višje na postaji 0EDR.

Meritve kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev, ki sodijo v tretji program monitoringa, smo izvajali na območjih gojišč školjk (*Mytilus galloprovincialis*).

Parametri onesnaženja (temperatura, slanost, skupna suspendirana snov) so bili primerljivi z vrednostmi, izmerjenimi na postajah obalnega morja in niso kazali kakšnih posebnosti oz. odstopanj. Vrednosti parametrov kakovosti so nakazovale dobre kisikove razmere, neznatno fekalno onesnaženost ter porazdelitev in abundanco toksičnega fitoplanktona, ki sta značilni za ti dve območji. Halogenirane organske spojine so bile pod mejo detekcije, pa tudi koncentracije mineralnih olj so bile z izjemo ene meritve blizu meje zaznavnosti metode. Več kot polovica vseh meritev težkih kovin v vodi je bila pod mejo detekcije metode (nikelj, srebro, svinec in krom ter ponekod še baker, cink in kadmij). Koncentracije kovin, ki smo jih lahko kvantificirali, so bile praviloma višje v Strunjanskem zalivu. Vsebnost kadmija v zgornjem sloju sedimenta je bila podobna na obeh postajah, medtem ko je bilo živega srebra nekoliko več na postaji 0024; tudi školjke s te postaje so vsebovale višje koncentracije kadmija in živega srebra kot tiste s postaje 0035.

## 1 UVOD

To delo je letno poročilo naloge »Izvajanje monitoringa kakovosti morja, brakičnih voda in voda za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev v letu 2003«, kot to določa 1. točka 2. člena pogodbe št. 2523-03-500265, sklenjena med naročnikom, Ministrstvom za okolje, prostor in energijo (v nadaljevanju MOPE), Agencija RS za okolje in izvajalcem, Nacionalnim inštitutom za biologijo, Morska biološka postaja Piran (v nadaljevanju NIB-MBP).

Program monitoringa kakovosti morja je v letu 2003, po več kot desetletju izvajanja s strani NIB-MBP za potrebe naročnika, doživel korenito spremembo. K temu so pripomogle zakonske spremembe oz. na novo sprejeti vladni predpisi, izhajajoči iz krovnega zakona o varstvu okolja, na področju spremljanja kemijskega stanja površinskih voda ter spremljanja kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev. Tako sta Vlada Republike Slovenije oz. pristojno ministrstvo (MOPE) v letu 2002 izdala **Uredbo o kemijskem stanju površinskih voda (UL RS 11/02)** in **Uredbo o kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev (UL RS 46/02)** ter pripadajoča pravilnika, ki določata način in obseg izvajanja imisijskega monitoringa za površinske vode (**UL RS 42/02**) oz. za površinske vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev (**UL RS 71/02**). Oba pravilnika povzemata evropske predpise in predstavljata prehodno obdobje do leta 2007, ko bo Slovenija pričela izvajati evropsko Direktivo 2000/60/EC o skupni politiki do vod. To velja predvsem za Pravilnik o monitoringu kemijskega stanja površinskih voda, ki vsebinsko povzema 8. člen in 1. točko aneksa 5 Direktive 2000/60/EC, tj. tisti del, ki se nanaša na predstavitev rezultatov monitoringa kemijskega stanja površinskih voda. Pravilnik o monitoringu kakovosti površinske vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev pa vsebinsko povzema Direktivo 79/923/EEC o kakovosti voda za vzgojo lupinarjev.

Konkretno to pomeni, da se je dosedanji enovit program nacionalnega monitoringa kakovosti morja močno spremenil in da sedaj obsega tri programe, katerih rezultate tudi prikazujemo posebej:

1. **Monitoring kakovosti morja**
2. **Monitoring kakovosti brakičnih voda**

### **3. Monitoring kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev**

Po uredbi o kemijskem stanju površinskih voda so površinske vode reke, potoki, naravna in umetna jezera, brakične vode in obalno morje, zato prva dva programa pokrivata merilna mesta v obalnem morju in na območju brakičnih voda, tj. tam, kjer prihaja do mešanja morske in celinske vode (npr. izlivi rek, mokrišča ipd.). Tretji program pa smo v določenem obsegu izvajali že v prejšnjih letih, vendar je sodil v okvir izvajanja določil Barcelonske konvencije.

Uredba in pravilnik o kemijskem stanju površinskih voda med drugim opredeljujeta število in tip merilnih mest, frekvenco vzorčenja ter vrsto parametrov v sklopu splošnih, prednostnih in indikativnih parametrov. Poleg tega določata izvajanje preglednih in rednih meritev monitoringa. V letu 2003 smo izvajali pregledne meritve, kar pomeni, da smo merili vse parametre, ki so naštetih v pravilniku. Pregledne meritve se bodo izvajale tudi v naslednjih letih vse do sprejetja Direktive 2000/60/EC. Po uredbi in pravilniku o kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev pa smo izvajali meritve vseh parametrov na mreži merilnih mest kot je to predvideno za imisijski monitoring.

Pri izpeljavi vseh treh programov nacionalnega monitoringa sta poleg glavnega izvajalca sodelovali še dve inštituciji, na katere je odpadla glavnina analiz kemičnih parametrov (Tab. 1). Ti inštituciji sta Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Odsek za zanosti o okolju (v nadaljevanju IJS) in Zavod za zdravstveno varstvo iz Maribora (v nadaljevanju ZZV).

Rezultati vseh treh programov so zbrani v tabeli v elektronski obliki Excel (**ARSO\_pod2003.xls**) in kot slikovno gradivo (**Grafi03\_CZ.xls**, **Grafi03\_F.xls**, **Grafi03\_K.xls**, **Grafi03\_morje.xls**, **Grafi03\_brakicne.xls**, **Grafi03\_skoljci.xls**). Popisi uporabljenih metod z vsemi pripadajočimi podatki (povsod tam, kjer je bilo možno navesti podatke), so urejeni v elektronski obliki Excel v tabeli **EB\_tabela\_metode03.xls**, kot to zahteva projektna naloga.

Podatki in poročilo so zaščiteni po določilih avtorskega prava, uporaba podatkov in tisk zunaj NIB-MBP in MOPE-Agencija RS za okolje pa sta dovoljena le v obliki izvlečkov z navedbo vira.

**Tab. 1: Popis ustanov, ki so sodelovale na programih nacionalnega monitoringa, odgovorne za posamezne analize, vzorčenje in izvedbo programov.**

<b>Ustanova</b>	<b>Parameter</b>
NIB-MBP	vzorčenje na terenu, CTD sonda
NIB-MBP	splošni fizikalno-kemični parametri
NIB-MBP	skupna suspendirana snov in partikulatni organski ogljik
NIB-MBP	skupna suspendirana snov in detergenti
NIB-MBP	vodja programov, fitoplankton
NIB-MBP	toksični fitoplankton
NIB-MBP	mikrobiološki parametri
NIB-MBP	PAH-i v sedimentu
NIB-MBP	izračun TRIX-a
IJS	težke kovine
ZZV	halogenirane organske spojine pesticidi in metaboliti PAH-i v vodi adsorbirani organski halogeni ekstrahirani organski halogeni mineralna olja

## **2 MATERIAL IN METODE**

### **2.1 VZORČENJE**

#### **2.1.1 Monitoring kakovosti morja**

**Merilna mesta.** Mreža merilnih mest v programu monitoringa kakovosti morja obsega osnovna, dodatna in referenčna merilna mesta. V slovenskem delu Tržaškega zaliva smo določili eno osnovno, eno referenčno in dve dodatni merilni mesti (Tab. 2), pri čemer, je osnovno merilno mesto značilno za ugotavljanje kemijskega stanja določenega vodnega telesa in v primeru postaje 00CZ, ki leži sredi Tržaškega zaliva, meji tudi na teritorialne vode druge države – Italije (Sl. 1). Referenčno merilno mesto (000F) je na najmanj onesnaženem območju obalnega morja – v južnem delu Tržaškega zaliva, kjer je vpliv sladkovodnih pritokov s kopnega najmanjši - in predstavlja referenčno točko za določanje meril za ugotavljanje kemijskega stanja površinskih voda. Dodatni merilni mesti sta na območjih obalnega morja, ki so pod vplivom enega ali več točkovnih, kot tudi netočkovnih virov onesnaženja. Merilno mesto 000K leži v Koprskem zalivu, v neposredni bližini pristanišča – Luka Koper in izliva reke Rižane, v katero se stekajo komunalne in nekatere industrijske odplake po primarnem, mehanskem čiščenju. Merilno mesto 00MA leži v Piranskem zalivu na vhodu v portoroško marino.

**Tab. 2: Mreža merilnih mest za ugotavljanje kemijskega stanja obalnega morja.**

<b>Merilno mesto</b>	<b>Tip</b>	<b>Globina postaje (m)</b>
00CZ	osnovno	24
000F	referenčno	21
000K	dodatno	16
00MA	dodatno	16





*Sl. 1: Mreža merilnih mest treh programov nacionalnega monitoringa v letu 2003 v jugovzhodnem delu Tržaškega zaliva. Z rdečo barvo so označena merilna mesta v morju, z zeleno merilna mesta v rečnih ustjih, z rumeno pa merilna mesta na območjih gojišč školjk.*

**Frekvenca vzorčenja.** Število oz. pogostost vzorčenj v letu 2003 sta bila za posamezen tip merilnih mest in za posamezen sklop parametrov različna (Tab. 3). Sklop splošnih parametrov smo vzorčili 12-krat v letu na osnovnem in referenčnem merilnem mestu, na dodatnih pa 4-krat letno. Sklop prednostnih in indikativnih parametrov smo vzorčili 4-krat letno na vseh štirih merilnih mestih, vendar se je število prednostnih oz. indikativnih parametrov razlikovalo za posamezna merilna mesta. Natančen popis vseh parametrov prikazujemo v nadaljevanju. Prav tako se je razlikovalo število vzorčenj za različna matriksa – vodo in sediment. Zgoraj opisana vzorčevalna shema velja za morsko vodo, sediment (različni prednostni in indikativni parametri) pa smo vzorčili le enkrat, tj. v hladnejšem delu leta in v obdobju premešanega vodnega stolpa (november).

**Tab. 3: Datumi vzorčenj in popis vzorčenih sklopov parametrov za posamezna merilna mesta (S – splošni, P – prednostni, I – indikativni parametri).**

Datum	Merilno mesto	Matriks	Sklop parametrov
29.01.03	00CZ	voda	S
	000F	voda	S
20.02.03	00CZ	voda	S, P, I
	000F	voda	S, P, I
	000K	voda	S, P, I
	00MA	voda	S, P, I
19.03.03	00CZ	voda	S
	000F	voda	S
16.04.03	00CZ	voda	S
	000F	voda	S
19.05.03	00CZ	voda	S, P, I
	000F	voda	S, P, I
	000K	voda	S, P, I
	00MA	voda	S, P, I
10.06.03	00CZ	voda	S
	000F	voda	S
31.07.03	00CZ	voda	S
	000F	voda	S
20.08.03	00CZ	voda	S, P, I
	000F	voda	S, P, I
	000K	voda	S, P, I
	00MA	voda	S, P, I
17.09.03	00CZ	voda	S
	000F	voda	S
20.10.03	00CZ	voda	S
	000F	voda	S
18.11.03	00CZ	voda sediment	S, P, I P
	000F	voda sediment	S, P, I P
	000K	voda sediment	S, P, I P, I
	00MA	voda sediment	S, P, I P, I
15.12.03	00CZ	voda	S
	000F	voda	S

**Popis parametrov.** Kot že omenjeno, merjeni parametri so razdeljeni v tri sklope: **splošni, prednostni in indikativni.** Splošni parametri vključujejo osnovne fizikalno-kemične parametre morske vode in dodatno še biološke, indikativni in prednostni parametri pa so izključno kemični in dajejo največjo težo pri opisovanju kemijskega stanja obalnega morja. Ta dva sklopa parametrov predstavljata novost letošnjih programov nacionalnega monitoringa in jih do sedaj (v veliki meri) nismo analizirali,

zato so večino analiz opravili podizvajalci (Tab. 1). Splošni parametri pa so bili stalnica dosedanjih programov monitoringa kakovosti morja, vendar sta od bioloških ostala v programu za leto 2003 le klorofilna biomasa ter abundanca in sestava fitoplanktona, mikrozooplankton in suha teža mrežnega zooplanktona pa sta izpadla. V Tabelah 4-7 prikazujemo popis parametrov za posamezno merilno mesto in matriks.

*Tab. 4: Sklopi parametrov za posamezna merilna mesta in matriks (FIZ-KEM: splošni fizikalno-kemični parametri; Chl a: klorofil a; TRIX: trofični indeks; FITO: abundanca in taksonomska sestava fitoplanktona; KOV: težke kovine; PAH: policiklični aromatski ogljikovodiki).*

Merilno mesto/tip	Matriks	Splošni parametri	Prednostni parametri	Indikativni parametri
<b>00CZ / osnovno</b>	voda	FIZ-KEM, Chl a, TRIX	vsi	KOV, pesticidi
	sediment	-	vsi	-
<b>000F / referenčno</b>	voda	FIZ-KEM, Chl a, FITO, TRIX	vsi	KOV, pesticidi
	sediment	-	vsi	-
<b>000K, 00MA / dodatno</b>	voda	FIZ-KEM, Chl a, TRIX	kadmij, živo srebro	PAH, KOV
	sediment	-	kadmij, živo srebro	PAH, KOV

**Tab. 5: Seznam splošnih parametrov, merjenih v morski vodi.**

Parameter
FIZIKALNO-KEMIČNI
temperatura zraka
temperatura vode
pH
električna prevodnost
kisik (O <sub>2</sub> )
nasičenost s kisikom (% O <sub>2</sub> )
biokemijska potreba po kisiku v 5. dneh (BPK <sub>5</sub> )
prosojnost
slanost

skupna suspendirana snov (TSS)
partikulatni organski ogljik (POC)
skupni dušik (TN)
amonij (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )
nitrit (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )
nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
skupni fosfor (TP)
ortofosfat (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )
silikat (SiO <sub>4</sub> <sup>4-</sup> )
BIOLOŠKI
klorofil <i>a</i> (Chl <i>a</i> )
število in sestava fitoplanktona
TRIX

**Tab. 6: Seznam prednostnih parametrov.**

Parameter
VODA
kadmij-filt. (Cd-filt.)
kadmij-susp. (Cd-susp.)
živo srebro-filt. (Hg-filt.)
živo srebro-susp. (Hg-susp.)
pentaklorofenol
heksaklorobenzen
heksaklorobutadien
α-HCH (α-heksaklorocikloheksan)
β-HCH (β-heksaklorocikloheksan)
γ-HCH (γ-heksaklorocikloheksan - lindan)
δ-HCH (δ-heksaklorocikloheksan)
triklorobenzen

triklorometan
1,2-dikloroetan
1,1,2,2-tetrakloroeten (perkloretilen)
1,1,2-trikloroeten
SEDIMENT
kadmij (Cd)
živo srebro (Hg)
heksaklorobenzen
heksaklorobutadien
α-HCH (α-heksaklorocikloheksan)
β-HCH (β-heksaklorocikloheksan)
γ-HCH (γ-heksaklorocikloheksan - lindan)
δ-HCH (δ-heksaklorocikloheksan)
pentaklorofenol
triklorobenzen

Tab. 7: Seznam indikativnih parametrov.

Parameter	
	VODA
<b>Težke kovine</b>	
baker-filt. (Cu-filt.)	fluoren
baker-susp. (Cu-susp.)	fenantren
cink-filt. (Zn-filt.)	antracen
cink-susp. (Zn-susp.)	fluoranten*
krom-filt. (Cr-filt.)	piren
krom-susp. (Cr-susp.)	benzo(a)antracen
nikelj-filt. (Ni-filt.)	krizen
nikelj-susp. (Ni-susp.)	benzo(b)fluoranten*
svinec-filt. (Pb-filt.)	benzo(k)fluoranten*
svinec-susp. (Pb-susp.)	benzo(a)piren*
<b>Pesticidi in metaboliti</b>	benzo(g,h,i)perilen*
alaklor	dibenzo(a,h)antracen
metolaklor	indeno(1,2,3-c,d)piren*
atrazin	PAH* - skupaj
desetil-atrazin	PAH - vsota
simazin	
<b>Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH)</b>	SEDIMENT
naftalen	<b>Težke kovine</b>
acenaftilen	baker (Cu)
acenaften	cink (Zn)
	krom (Cr)
	nikelj (Ni)
	svinec (Pb)
	<b>Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH)<sup>1</sup></b>

<sup>1</sup> enak seznam kot za vodo

**Vzorčenje.** Za analizo splošnih parametrov smo vzorce morske vode zajemali s 5-litrsko Niskinovo posodo. Podvzorce za kisik in BPK<sub>5</sub> smo takoj prelili v Winklerjeve stekleničke, podvzorce za ostale kemične in biološke parametre pa smo razdelili iz skupne 5-litrške steklenice takoj po prihodu v laboratorij. Sklop splošnih parametrov smo določevali na standardnih oceanografskih globinah in sicer na štirih na postajah 000K in 00MA (0, 5, 10 m in pridneni sloj), petih na postaji 000F (0, 5, 10, 15 m in pridneni sloj) ter na šestih globinah na postaji 00CZ (0, 5, 10, 15, 20 m in pridneni sloj). Vzorce vode za analizo fitoplanktonske združbe na postaji 000F smo zajeli na treh globinah (0, 10 m in dno).

Prednostne in indikativne parametre smo analizirali v vodi in sedimentu. Vzorce morske vode smo zajemali le v površinskem sloju s posebej označenimi vzorčevalnimi posodami za posamezne parametre oz. skupine parametrov (plastične

za težke kovine, steklene za ostale parametre), bodisi ročno, bodisi s kovinsko palico z ležiščem za vzorčevalno posodo in označeno globino. Vzorce sedimenta (zgornji 2-cm sloj) smo jemali z gravitacijskim korerjem s plastično (za težke kovine) ali kovinsko cevjo (za ostale parametre). Vzorce vode in sedimenta za analizo težkih kovin smo do prihoda v laboratorij shranili posebej v hladilne torbe, da bi preprečili kontaminacijo.

### **2.1.2 Monitoring kakovosti brakičnih voda**

Monitoring kakovosti brakičnih voda, ki so površinska vodna telesa, predpisuje enak pravilnik kot monitoring kakovosti morja, zato sta si vzorčevalni shemi (merilna mesta, pogostost in način vzorčenja) in listi parametrov obeh monitoringov zelo podobni.

**Merilna mesta.** Kot brakični vodni telesi sta bili vzdolž slovenske obale določena izliva dveh najpomembnejših rek, ki se stekata direktno v morje – Rižane in Dragonje. Ustje reke Rižane, ki ga geomorfološko lahko definiramo kot estuarij, je bilo izbrano za osnovno merilno mesto (0ERI), na izlivu reke Dragonje pa smo določili referenčno merilno mesto (0EDR) (Tab. 8, Sl. 1). Največja globina obeh merilnih mest je bila ob vsakem vzorčenju nekoliko drugačna zaradi različnega vodostaja in plimskih tokov v trenutku vzorčenja. V povprečju je bila globina postaje 0ERI 9,7 m, globina postaje 0EDR pa 2,3 m.

**Tab. 8: Mreža merilnih mest za ugotavljanje kemijskega stanja brakičnih voda.**

Merilno mesto	Tip	Zemljepisna širina (N)	Zemljepisna dolžina (E)
0ERI	osnovno	45°33,51'	13°44,57'
0EDR	referenčno	45°28,82'	13°35,01'

**Frekvenca vzorčenja.** Frekvenca vzorčenja je bila za obe merilni mesti in za vse tri sklope parametrov 4-krat letno za vodo in 1-krat letno za sediment (Tab. 9).

**Tab. 9: Datumi vzorčenj in vzorčeni sklopi parametrov za posamezna merilna mesta (S – splošni, P – prednostni, I – indikativni parametri).**

Datum	Merilno mesto	Matriks	Sklop parametrov
20.02.03	0ERI	voda	S, P, I
	0EDR	voda	S, P, I
19.05.03	0ERI	voda	S, P, I
	0EDR	voda	S, P, I
20.08.03	0ERI	voda	S, P, I
	0EDR	voda	S, P, I
20.10.03	0ERI	voda	S, P, I
		sediment	P, I
	0EDR	voda sediment	S, P, I P, I

**Popis parametrov.** Na obeh postajah smo merili vse parametre iz splošnega, prednostnega in indikativnega sklopa. Seznam splošnih, prednostnih in indikativnih parametrov je v veliki meri enak seznamu parametrov za določevanje kemijskega statusa obalnega morja (poglavje 2.1.1; Tab. 5- 7). Razlike so sledeče:

- splošni parametri (glej Tabelo 5): ni bioloških parametrov (Chl *a* in fitoplankton) in trofičnega indeksa (TRIX), dodatno pa se meri kemijska potreba po kisiku (KPK);
- prednostni parametri (glej Tabelo 6): ni razlik;
- indikativni parametri: na seznamu indikativnih parametrov je največ razlik, zato ga za brakične vode predstavljamo posebej (Tab. 10);

**Tab. 10: Seznam indikativnih parametrov, merjenih v brakičnih vodah.**

Parameter
VODA
<b>Težke kovine</b>
baker-filt. (Cu-filt.)
baker-susp. (Cu-susp.)
cink-filt. (Zn-filt.)
cink-susp. (Zn-susp.)
krom-filt. (Cr-filt.)
krom-susp. (Cr-susp.)
nikelj-filt. (Ni-filt.)
nikelj-susp. (Ni-susp.)
svinec-filt. (Pb-filt.)
svinec-susp. (Pb-susp.)
<b>Pesticidi in metaboliti</b>
alaklor
metolaklor
aldrin

dieldrin
endrin
atrazin
desetil-atrazin
simazin
propazin
<b>Druga onesnaženja</b>
anioaktivni detergenti
adsorbirani organski halogeni (AOX)
SEDIMENT
<b>Težke kovine</b>
baker (Cu)
cink (Zn)
krom (Cr)
nikelj (Ni)
svinec (Pb)
<b>Druga onesnaženja</b>
ekstrahirani organski halogeni (EOX)

**Vzorčenje.** Tudi postopek vzorčenja vode in sedimenta je bil enak kot pri monitoringu kakovosti obalnega morja. Razlika je bila le v številu vzorčevalnih globin za splošne parametre: na merilnih mestih brakičnih voda smo vzorčevali le eno globino in sicer tik pod površino oz. v tankem zgornjem sloju vodnega stolpa, kjer je bilo še opaziti vpliv sladke vode (znižana slanost). V primeru, ko padca slanosti nismo zaznali, smo vzorčili na globini 0,3 m.

### **2.1.3 Monitoring kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev**

**Merilna mesta.** Uredba in pravilnik o kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev določata kakovost vodnega telesa, v katerem živijo ali bi lahko, v primeru zmanjšanja onesnaženja, živel morski organizmi. Tu gre predvsem za organizme, ki so namenjeni prodaji na trgu, zato sta bili kot merilni mesti izbrani območji v notranjosti Strunjanskega in Piranskega zaliva, kjer že več let intenzivno gojijo školjke – užitne klapavice *Mytilus galloprovincialis*. Ta monitoring bi bilo potrebno vzpostaviti tudi povsod tam, kjer bi želeli na novo začeti z marikulturno



dejavnostjo. Dve merilni mesti v bližini obstoječih školjčiščih in njune značilnosti sta prikazani na Sliki 1 in v Tabeli 11.

**Tab. 11: Mreža merilnih mest za ugotavljanje kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev na gojiščih školjk vrste *Mytilus galloprovincialis*.**

Merilno mesto	Značilnost	Zemljepisna širina (N)	Zemljepisna dolžina (E)	Globina postaje (m)
0024	školjčišče Strunjanski zaliv	45°31,79'	13°35,80'	16
0035	školjčišče Piranski zaliv	45°29,49'	13°34,83'	12

**Tab. 12: Seznam parametrov onesnaževanja in kakovosti.**

Parameter
<b>PARAMETRI ONESNAŽEVANJA</b>
VODA
temperatura
slanost
skupna suspendirana snov (TSS)
<b>PARAMETRI KAKOVOSTI</b>
VODA
pH
kisik (O <sub>2</sub> )
nasičenost s kisikom (% O <sub>2</sub> )
mineralna olja
fekalne koliformne bakterije (FK)
toksični fitoplankton - število in sestava
<b>Halogenirane organske spojine</b>
1,2-dikloreten
heksaklorobenzen
heksaklorobutadien
α-HCH (α-heksaklorocikloheksan)
β-HCH (β-heksaklorocikloheksan)

γ-HCH (γ-heksaklorocikloheksan - lindan)
δ-HCH (δ-heksaklorocikloheksan)
tetrakloroeten
trikloroeten
triklorometan
<b>Kovine - total</b>
srebro (Ag)
arzen (As)
kadmij (Cd)
krom (Cr)
baker (Cu)
živo srebro (Hg)
nikelj (Ni)
svinec (Pb)
cink (Zn)
<b>SEDIMENT</b>
kadmij (Cd)
živo srebro (Hg)
<b>ORGANIZMI</b>
kadmij (Cd)
živo srebro (Hg)

**Popis parametrov in frekvenca vzorčenja.** V letu 2003 smo na obeh merilnih mestih izvajali imisijski monitoring, ki določa meritve **parametrov onesnaževanja** in

**parametrov kakovosti** ter njihove priporočene in mejne vrednosti. Oba sklopa parametrov sta prikazana v Tabeli 12.

Frekvenca in globina vzorčenja sta bili za posamezne parametre različni (Tab. 13), poleg tega so se določeni parametri merili v treh različnih matriksih (npr. težke kovine v vodi, sedimentu in organizmih). Frekvenca vzorčenja v vodi je nihala od 2-krat do 12-krat letno, sediment smo vzorčili enkrat, organizme (tj. školjčje meso) pa dvakrat v letu. Vzorčeni parametri in frekvenca vzorčenja sta bili za obe merilni mesti enaki.

**Vzorčenje.** Postopek vzorčenja vode in sedimenta je bil enak kot pri monitoringu kakovosti obalnega morja. Vzorce za splošne kemične in biološke parametre (kisik, pH, suspendirana snov, toksični fitoplankton) smo zajemali s 5-litrsko Niskinovo posodo, vzorce za ostale parametre pa smo zajemali s posebej pripravljenimi vzorčevalnimi posodami. Slanost, kisik in število toksičnega fitoplanktona smo določali na dveh globinah vodnega stolpca (0,5 in 6 m globine), ostale parametre pa le v površinskem sloju. Vzorce sedimenta za določevanje vsebnosti kadmija in živega srebra smo jemali z gravitacijskim korerjem s plastično cevjo, pri čemer smo vzeli zgornji 2-cm sloj. Vzorce školjk smo pobirali z ročnim grabilom in jih shranili v polietilenske vreče.

**Tab. 13: Datumi vzorčenj in popis vzorčenih parametrov na merilnih mestih 0024 in 0035 (HAB: toksični fitoplankton).**

<b>Datum</b>	<b>Matriks</b>	<b>Parametri</b>
29.01.03	voda	slanost, O <sub>2</sub>
20.02.03	voda	slanost, O <sub>2</sub> , temperatura, pH, TSS, halogen.org.spoj.
19.03.03	voda	slanost, O <sub>2</sub> , FK
	organizmi	Cd, Hg
16.04.03	voda	slanost, O <sub>2</sub> , mineral.olja
19.05.03	voda	slanost, O <sub>2</sub> , temperatura, pH, TSS, FK, mineral.olja, kovine, HAB
27.05.03	voda	HAB
10.06.03	voda	slanost, O <sub>2</sub> , HAB
24.06.03	voda	HAB
25.07.03	voda	HAB
31.07.03	voda	slanost, O <sub>2</sub> , HAB
20.08.03	voda	slanost, O <sub>2</sub> , temperatura, pH, TSS, FK, mineral.olja, HAB
05.09.03	voda	HAB
17.09.03	voda	slanost, O <sub>2</sub> , temperatura, pH, TSS, FK, mineral.olja, halog.org.spojine, kovine, HAB
	organizmi	Cd, Hg
	sediment	Cd, Hg
30.09.03	voda	HAB
20.10.03	voda	slanost, O <sub>2</sub>
18.11.03	voda	slanost, O <sub>2</sub>
15.12.03	voda	slanost, O <sub>2</sub>

## **2.2 METODE**

**Meteorološki parametri.** Temperaturo zraka smo izmerili po standardnih metodah.

**Splošni fizikalno-kemični parametri.** Temperaturo in električno prevodnost vode na posameznih globinah smo odčitali iz vertikalnih profilov naštetih parametrov, posnetih s CTD sondo, ki je bila izdelana na Univerzi v zahodni Avstraliji (CTD: *Conductivity, Temperature, Depth*). Slanost vode smo izračunali iz električne prevodnosti vode, ki je odvisna od narave in količine prisotnih ionov ter temperature. Prosojnost vode smo določali po standardnem postopku s ploščo Secchi - okrogla bela plošča s premerom 30 cm.

pH smo izmerili v laboratoriju s pH metrom ISKRA MA 5794 in kombinirano stekleno elektrodo.

Kisik smo določali po Winklerjevi metodi (Winkler, 1888) s titracijo sproščenega joda z natrijevim tiosulfatom, kjer je sproščen jod ekvivalenten raztopljenemu kisiku v vodi.

Za določitev biokemijske potrebe po kisiku v petih dneh (BPK<sub>5</sub>) smo Winklerjeve stekleničke z morskovo vodo inkubirali pet dni pri temperaturi 20°C v popolni temi. Po končani inkubaciji smo raztopljeni kisik določili po Winklerju (*ibid.*). Biološka potreba po kisiku predstavlja razliko v količini raztopljenega kisika med takoj analiziranim vzorcem in vzorcem, v katerem se je kisik porabljal pet dni.

Kemijsko potrebo po kisiku (KPK) smo določali po standardni metodi za analizo voda in odpadnih voda (*Standard methods for the examination of water and wastewater*, 1971). Metoda za določevanje KPK obsega razklop s kalijevim bikromatom ( $K_2Cr_2O_7$ ) in titracijo prebitega reagenta z  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ .

**Hranilne snovi.** Vodne raztopine različnih dušikovih, fosforjevih in silicijevih soli nastopajo v ionski obliki kot nitrit ( $NO_2^-$ ), nitrat ( $NO_3^-$ ), amonij ( $NH_4^+$ ), anorganski fosfat ( $PO_4^{3-}$ ) in silikat ( $SiO_4^{4-}$ ). Koncentracije hranilnih snovi smo izmerili v nefiltriranih vzorcih po standardnih kolorimetričnih metodah, ki so široko uporabljene v oceanografskih raziskavah (Grasshoff *et al.*, 1983). Vse spektroskopske analize (absorpcije raztopin hranilnih snovi) so bile opravljene s PERKIN ELMER UV/VIS Lambda 14 spektrometrom, s 5 in 10 cm kivetami.

Nitrit smo določili kot rožnato azobarvilo, ki reagira z dodanim sulfanilamidom in N-naftil-etilendiamin dihidrokloridno raztopino (Bendschneider & Robinson, 1952). Nitrat smo najprej reducirali do nitrita ob prehodu vzorca skozi kolono, napolnjeno z zrnci kadmija, ki so prevlečena z bakrom (Grasshoff, 1970), nato pa ga določimo po metodi za nitrit. Za določitev amonija smo uporabili indofenol modro metodo (Koroleff, 1969, 1970), po kateri smo vzorcu dodali citrat, fenol-nitroprisidni reagent in bazično raztopino hipoklorita.

Anorganski fosfat ali ortofosfat smo določili po metodi Murphy & Riley (1962), modificirani po Koroleffu (1963, neobjavljeni podatki), kjer nastaja fosfomolibdatni kompleks, ki ga z askorbinsko kislino reduciramo v modro obarvano spojino.

Reaktivni silikat smo določili po dodatku heptamolibdata, ki ga nato reduciramo z askorbinsko kislino v prisotnosti oksalne kisline v močno modro obarvan kompleks (Koroleff, 1971).

Skupni fosfor in skupni dušik smo določili po oksidaciji vzorca s persulfatom, nato pa smo uporabili že opisane metode za določitev anorganskega fosfata in nitrata.

***Skupna suspendirana snov (TSS) in partikulatni organski ogljik (POC).*** Vzorce morske vode smo filtrirali skozi predhodno prežgan Whatmanov filter GF/F iz steklenih vlaken s povprečno velikostjo por 0,7 µm. Pred uporabo smo filtre žgali pri temperaturi 480°C približno 4 ure, da smo odstranili organske nečistoče. Delce, ki so se ustavili na filtru, smo spirali z destilirano vodo, da smo odstranili soli. Koncentracije TSS so bile določene gravimetrično, relativni deleži POC pa izračunani po predhodnem zakisanju filtrov in analizi z elementnim analizatorjem (Carlo Erba elemental analyser 1108) po metodi Hedges & Stern (1984).

***Detergenti.*** Detergente smo določali po metodi metilen-modro, kot je opisana v priročniku *Standard methods for the examination of water and wastewater* (1971) in temelji na formiranju kationov in anionskih surfaktantov, ki jih določamo z merjenjem absorbance organske faze pri valovni dolžini 652 nm.

***Mineralna olja.*** Vzorce vode smo ekstrahirali z 1,1,2-triklorotrifluoroetilenom. Ekstrakt smo posušili z brezvodnim natrijevim sulfatom in na Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> koloni odstranili lipofilne snovi. Vsebnost mineralnih olj smo analizirali na IR spektrofotometru pri specifičnih absorpcijskih pasovih za CH<sub>3</sub> in CH<sub>2</sub> vezi.

**Adsorbirani organski halogeni (AOX).** Z metodo AOX smo določali organske halogenirane spojine v vodi, ki se adsorbirajo na aktivno oglje. Prisotne anorganske kloride smo spirali z raztopino  $\text{NaNO}_3$ , sledila je membranska filtracija, nato pa sežig filtrne pogače (z aktivnim ogljem) pri 950 do 1100°C v atmosferi kisika. Nastali so halogeni ioni, katerih koncentracijo smo izmerili z mikrokolumetrično titracijo z Ag ioni.

**Ekstrahirani organski halogeni (EOX).** Koncentracijo EOX v sedimentu smo določali po ekstrakciji z ustreznim organskim topilom (heksan). Alikvotni del ekstrakta smo injicirali v sežigni del v atmosferi mešanice argona in kisika. Nastali so halogeni ioni, katerih koncentracijo smo izmerili z mikrokolumetrično tritracijo z Ag ioni.

**Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH).** Vodne vzorce smo ekstrahirali z diklorometanom in po koncentriranju ekstrakt injicirali v plinski kromatograf (GC) z masno selektivnim detektorjem (GC-MS).

Ogljikovodike v sedimentu smo določali z metodo plinske kromatografije (UNEP/IOC/IAEA, 1992). Po ekstrakciji ogljikovodikov z zmesjo heksan-metilenklorid smo izločili žveplo s Hg. Po koncentraciji vzorca smo ločili alifatske (AH) od aromatskih ogljikovodikov (PAH) s kromatografijo na  $\text{SiO}_2$  in  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in določili koncentracijo v obeh frakcijah. Točnost določanja smo preverili z analizo standardnega referenčnega materiala IAEA 408.

#### ***Halogenirane organske spojine, pesticidi in metaboliti.***

Pentaklorfenol v vodi smo acetilirali, ekstrahirali v organsko topilo (metilenklorid) in analizirali na plinskem kromatografu (GC) z masnim detektorjem (GC-MS). Fenole v sedimentu (zračno suhi sediment) smo določili z ekstrakcijo trdno-tekoče in analizirali na plinskem kromatografu (GC) z masnim detektorjem (GC-MS).

Triklorometan, triklorobenzen (posamezne izomere), 1,2-dikloroetan, 1,1,2-trikloroeten, 1,1,2,2-tetrakloroeten in heksaklorobutadien. Koncentracijo hlapnih organskih halogeniranih ogljikovodikov (klorirana topila) smo določimo z metodo "head-space" (HS) na plinskem kromatografu (GC) z detektorjem za zajem elektronov (ECD). Koncentracijo triklorobenzena in heksaklorobutadiena v sedimentu smo določili po isti metodi.

Aldrin, dieldrin, endrin,  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH,  $\delta$ -HCH in heksaklorobenzen v vodnih vzorcih smo določili po ekstrakciji tekoče-tekoče z organskim topilom. Po potrebi smo ekstrakt očistili s kolonsko absorpcijsko kromatografijo ter nato koncentrirali in injicirali v plinski kromatograf (GC) z detektorjem na zajem elektronov (ECD). Za analizo  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH,  $\delta$ -HCH in heksaklorobenzena v vzorcih sedimenta smo ustrezno zatehto zračno suhega vzorca ekstrahirali z mešanico organskih topil. Sledilo je čiščenje s kolonsko absorpcijsko kromatografijo. Ekstrakt smo koncentrirali in injicirali v plinski kromatograf (GC) z detektorjem za zajem elektronov (ECD).

Za izolacijo ostalih pesticidov (alaktor, atrazin, desetil-atrazin, simazin, metolaklor in propazin) iz vode (pH = 7) smo uporabili ekstrakcijo na trdno polimerno fazo. Pesticide smo nato eluirali iz sorbenta z etilacetatom, ekstrakt skoncentrirali in injicirali v plinski kromatograf z masno selektivnim detektorjem (GC-MS).

### ***Težke kovine.***

Kovine v vodi. Za določanje Cd, Pb, Ni, Cr, Zn, Cu in Ag v vodi smo vzorce zajemali v polietilenske posode volumna 1,0 l. Za določanje Hg in As smo vzorce vode vzorčili v teflonske posode volumna 1 l. En alikvot vzorcev smo nakisali (1 ml HNO<sub>3</sub> s.p. na 1 l vzorca), da smo določili celotno koncentracijo kovin v vzorcih. Drug alikvot pa smo najprej prefiltrirali skozi membranski filter 0,45  $\mu$ m in nato nakisali z 1 ml HNO<sub>3</sub> s.p. na 1 l vzorca, da smo določili delež topnih kovin. Koncentracije kovin v morski in brakični vodi smo določali s tehnikami plamenske in elektrotermične atomske absorpcijske spektrometrije ter z merjenjem emisije v induktivno sklopljeni plazmi (FAAS, ETAAS, ICE-AES) po protokolu ISO standardov ter po postopkih, opisanih v Ščančar *et al.* (1999, 2000a, 2000b). Hg smo določali s tehniko atomske absorpcijske spektrometrije hladnih par (CV AAS), As pa s tekočinsko kromatografijo visoke ločljivosti ter atomsko fluorescenčno spektrometrijo s hidridno tehniko (HPLC-HG-AFS). Točnost določanja kovin v vodi smo preverili s standardnim referenčnim materialom SPS-SW1 (Spectrapure Standards As, Oslo, Norveška). Točnost določanja Hg smo preverili z analizo certificiranega referenčnega materiala IAEA 405 (Estuarine Sediment) ali NIST 2977 (Mussel Tissue).

Kovine v sedimentu. Vzorce sedimentov (zgornji 2-cm sloj sedimenta) smo posušili na 30°C, zmleli na cirkonijevem krogličnem mlinu in presejali skozi 63  $\mu$ m sito. Tako

pripravljeni vzorci so bili do analize shranjeni v plastičnih prahovkah. Elemente Cd, Pb, Cr, Cu, Zn in Ni smo analizirali tako, da smo zatehtali pribl. 300 mg sedimenta v teflonsko posodo in opravili razkroj v mikrovalovnem sistemu z mešanico kislin HNO<sub>3</sub>, HCl in HF. Cd, Pb, Ni in Cr smo določili z ETAAS, Zn in Cu pa s FAAS pri optimalnih pogojih merjenja. Hg v sedimentu smo določili tako, da smo pribl. 250 mg sedimenta razkrojili v zaprti teflonski posodici z mešanico kislin HNO<sub>3</sub>, HCl in HF in s segrevanje na 135°C 12 ur. Hg smo določili s CV AAS. Za kontrolo točnosti postopka smo analizirali standardni referenčni material NIST CRM 320 (Trace elements in river sediment) in standardni referenčni material IAEA 405 (Estuarine sediment).

Kovine v organizmih. Z vsakega merilnega mesta smo vzeli po en kompozitni vzorec školjk. Vsak kompozitni vzorec je vseboval 15 školjk podobnih izmetričnih parametrov. Za določanje Cd smo vzorce školjk (pribl. 1 g mokre teže) razkrojili v zaprtem mikrovalovnem sistemu s 4 cm<sup>3</sup> konc. HNO<sub>3</sub> s.p. Po razkroju smo vsebino kvantitativno dopolnili do značke (25,8 cm<sup>3</sup>) z Milli-Q vodo. Cd v školjkah smo določili s ETAAS. Hg smo določili tako, da smo vzorce školjk (pribl. 1 g mokre teže) razkrojili v zaprti teflonski posodici s 4 cm<sup>3</sup> konc. HNO<sub>3</sub> s.p. in s segrevanjem na 115°C 12 ur. Po razkroju smo vsebino kvantitativno dopolnili do značke (25,8 cm<sup>3</sup>) z Milli-Q vodo. Hg smo določili s CV AAS (za natančen opis metode glej Horvat *et al.*, 1986, 1991). Analizni postopek za določanje Cd in Hg v vzorcih školjk smo preverili z analizo standardnega referenčnega materiala tkiva ostrig (NIST Standard Reference Material Oyster Tissue 1566b) in standardnega referenčnega materiala tkiva klapavic (NIST Mussel Tissue 2977).

***Biološki parametri.*** Koncentracija klorofila a (Chl a) je pokazatelj biomase fitoplanktona. Koncentracijo klorofila a smo določili z uporabo fluorometrične metode (Holm-Hansen *et al.*, 1965). 20 ml morske vode smo filtrirali skozi membranski filter z velikostjo por 0,22 µm, filter pa homogenizirali in ekstrahirali v 90% acetonu. Fluorescenco ekstrakta smo izmerili s pomočjo fluorometra (TURNER fluorometer Model 112), umerjenega s standardnim materialom znane koncentracije (SIGMA Chlorophyll a from spinach) in izmerjeno vrednost preračunali po formuli v koncentracijo klorofila a (*ibid.*).

Fitoplankton. Število ali abundanco in taksonomsko sestavo celotnega fitoplanktona smo določali pod invertnim mikroskopom po Utermöhlovi metodi (Utermöhl, 1958).



Vzorci morske vode (1 l), zajete na treh globinah na postaji 000F (0, 10 m, dno) smo konzervirali z nevtraliziranim formalinom (2% končna koncentracija). 50 ali 25 ml podvzorca smo pustili posedati preko noči v sedimentacijski komorici in naslednji dan prešteli celice v 100 poljih pri 400x povečavi. V rezultatih podajamo skupno število fitoplanktona (št. cel/l) in sestavo po glavnih razredih (diatomeje, dinoflagelati, kokolitoforidi, silikoflagelati) in netaksonomskih skupinah (mikroflagelati, ostalo).

Toksične vrste fitoplanktona. Število in vrstno sestavo toksičnega fitoplanktona iz razreda dinoflagelatov (oklepni bičkarji) smo določili pod invertnim mikroskopom, prav tako po Utermöhlovi metodi (*ibid.*). Vzorec morske vode (1 l), zajete na dveh globinah (0,5 in 6 m) na območju gojišč užitne klapavice (postaji 0024 in 0035), smo pustili posedati v 1-litrskem valju najmanj 48 ur, potem pa smo oddekantirali vodo do približno 200 ml. V tem volumnu so bili skoncentrirani vsi lebdeči delci, vključno s planktonskimi celicami. Četrtno koncentriranega vzorca (50 ml) smo ponovno pustili posedati v sedimentacijski komorici 24 ur. Število posameznih vrst iz rodu *Dinophysis* ter drugih večjih toksičnih dinoflagelatov (>20 µm) smo določili po pregledu celotnega dna sedimentacijske komorice pri 200-kratni povečavi, manjše predstavnike iz rodu *Alexandrium* (okoli 20 µm) pa smo prešteli v 150 poljih pri 400-kratni povečavi. Predstavnike *Alexandriuma* smo v večini primerov določili le do nivoja rodu (podajamo kot *Alexandrium* spp.). Število najdenih vrst v vzorcu smo preračunali na liter.

Mikrobiološki parametri. Število fekalnih koliformnih bakterij (FK) smo določali z metodo membranske filtracije po navodilih in priporočilih UNEP/WHO (1995a, 1995b). Ustrezen volumen vode smo filtrirali skozi filtre velikosti por 0,45 µm (Millipore) in filtre inkubirali 24 ur na gojišču m-FC agar (Difco) pri temperaturi 44,5±0,2°C. Rezultat predstavlja število zraslih kolonij v 100 ml vzorca vode (FK/100 ml).

Trofični indeks – TRIX. Ta indeks uporabljamo za oceno trofičnega statusa nekega morskega okolja (Vollenweider *et al.*, 1998). TRIX je namenjen predvsem obalnim vodam, kot je tudi Tržaški zaliv. Izračunamo ga iz koncentracij klorofila *a* (Chl *a*), anorganskega dušika ( $N=NO_2^- + NO_3^- + NH_4^+$ ), celotnega fosforja (P) in absolutne deviacije od nasičenosti z raztopljenim kisikom (aD%O) po sledeči formuli:

$$TRIX = (\log [\text{Chl } a \times \text{aD\%O} \times \text{N} \times \text{P}] - [-1,5]) / 1,2$$

Računsko so vrednosti indeksa med 0 in 10, pri čemer vrednosti med 2 in 4 označujejo visok trofični status, vrednosti med 4 in 5 dober, med 5 in 6 srednji ter med 6 in 8 slab trofični status morske vode.

### **3 REZULTATI**

Rezultate podajamo posebej za vsak program in za vsak sklop parametrov.

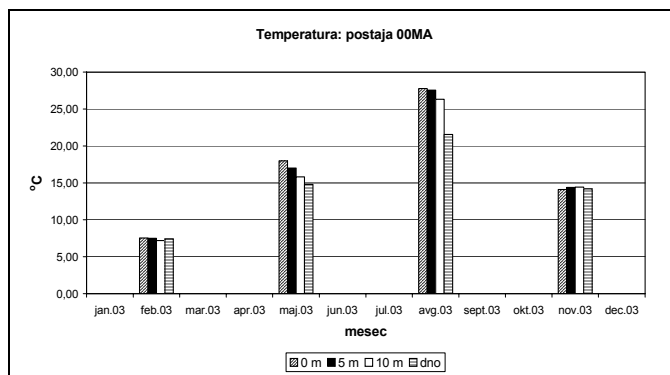
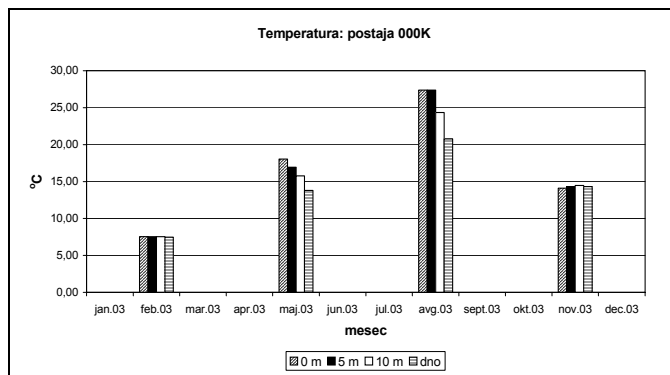
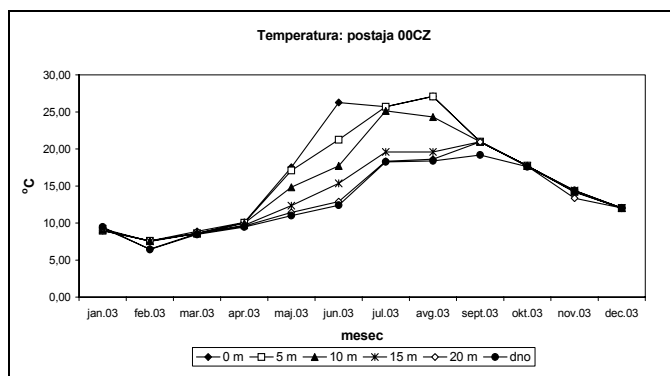
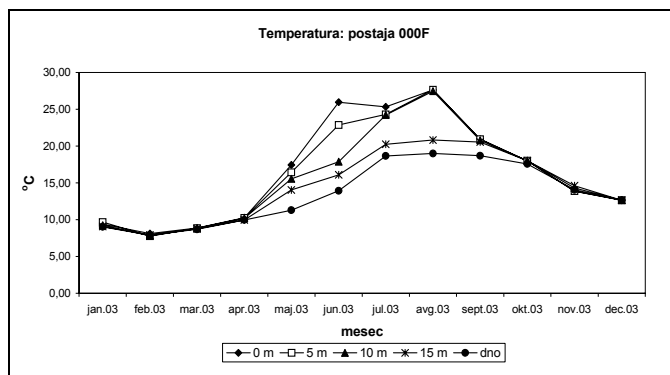
#### **3.1 MONITORING KAKOVOSTI MORJA**

##### **3.1.1 Splošni parametri**

Frekvenca vzorčenja splošnih parametrov je bila različna za referenčno in osnovno merilno mesto (12-krat letno) v primerjavi z dodatnimi merilnimi mesti (4-krat letno). Zato rezultate za postaji 000F in 00CZ slikovno prikazujemo kot časovni potek, tj. kot mesečna nihanja v letu, medtem ko štiri meritve na postajah 000K in 00MA prikazujemo nezvezno v obliki stolpičev.

##### **Temperatura, slanost, prosojnost**

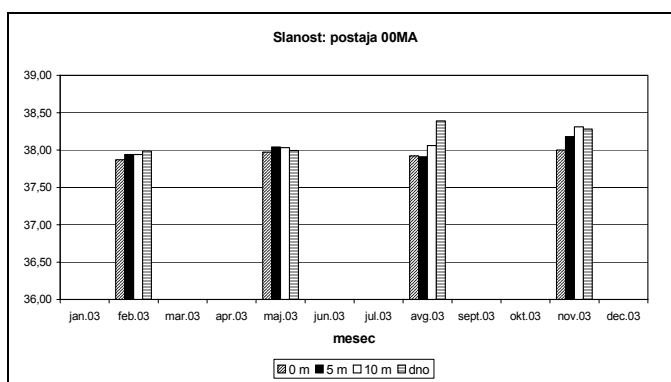
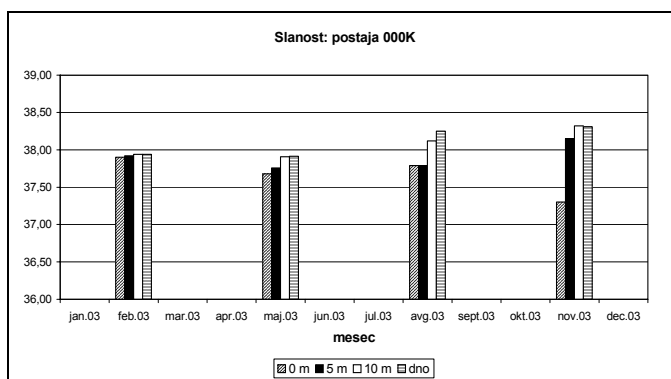
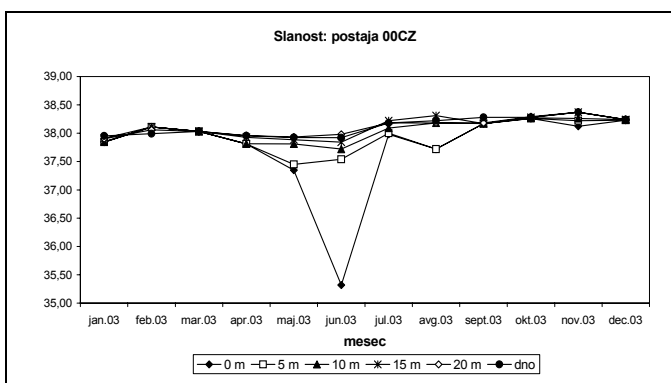
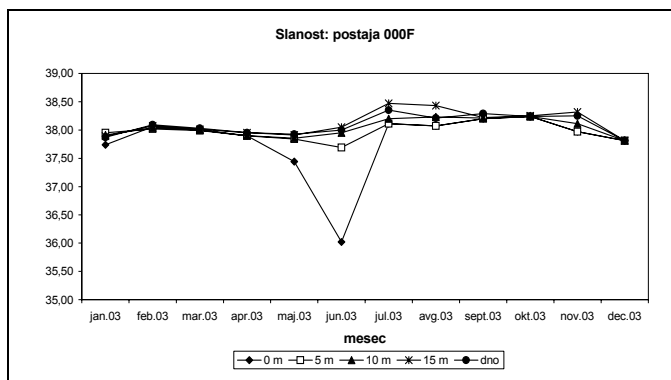
Časovni potek oz. posamezne vrednosti temperature morske vode so prikazane na Sliki 2. Najvišje vrednosti ( $>27^{\circ}\text{C}$ ) so bile izmerjene avgusta na vseh postajah v površinskem sloju in na globini 5 m. Najvišjo temperaturo smo v tem mesecu izmerili na postaji 00MA ( $27,75^{\circ}\text{C}$ ). Najnižje vrednosti smo, tako kot običajno, izmerili v februarju. Na vseh postajah so bile te najnižje vrednosti pod  $8^{\circ}\text{C}$ , najhladnejši sloj vode nasploh pa je bil značilen za postajo 00CZ na globini 24 m ( $6,45^{\circ}\text{C}$ ). Nizke temperature vode pod  $10^{\circ}\text{C}$  so bile značilne za vse tri zimske mesece (januar-marec) in šele v aprilu, vendar le v zgornjem 5 do 10-metrskem sloju, se je temperatura dvignila nad  $10^{\circ}\text{C}$ . Maja so temperature zlasti v površinskem sloju močno narasle, medtem ko so bili pridneni sloji še razmeroma hladni (okoli  $11^{\circ}\text{C}$ ). Zaradi intenzivnega segrevanja zgornjih slojev so se temperaturne razlike med posameznimi vodnimi sloji povečevale; v juniju smo izračunali največjo razliko med površinskimi in pridnenimi sloji (okoli  $13^{\circ}\text{C}$ ), v juliju in avgustu pa so bile te razlike manjše ( $6,7-8,6^{\circ}\text{C}$ ), ker se je tudi temperatura pridnenih slojev povečala. Od oktobra dalje pa je bil vodni stolpec spet homogen.



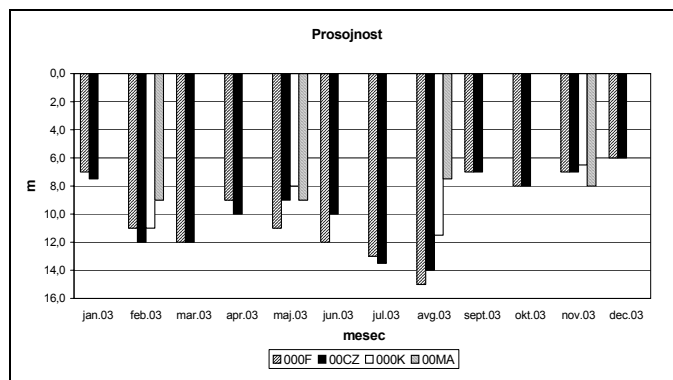
**Sl. 2: Temperatura morske vode na štirih postajah obalnega morja v letu 2003.**

Največja nihanja slanosti so ponavadi opazna v površinskem sloju, kjer se najbolj kaže vpliv padavin in povečanih sladkovodnih pretokov; ta vpliv lahko ob izjemnih razmerah zaznamo tudi v globljih slojih vodnega stolpa (5-10 m). Vendar je bilo leto 2003 izredno sušno. Z izjemo junijskega padca površinske slanosti, ki pa v primerjavi s prejšnjimi leti (tudi <30) ni bilo tako izrazit, so bile površinske vrednosti v povprečju visoke ( $37,96 \pm 0,24$ ; izračunano za postaji 000F in 00CZ), kar dejansko kaže na zelo omejeno zadrževanje/razlivanje sladke vode po površini Tržaškega zaliva v letu 2003 (Sl. 3). Najnižjo površinsko slanost smo izmerili junija na postaji 00CZ (35,32), le nekoliko višja pa je bila v istem mesecu na postaji 000F (36,02). Tega padca površinske slanosti iz slik posamičnih vrednosti slanosti na postajah 000K in 00MA ni moč razbrati. Še najnižja je bila novembra na površini postaje 000K (37,30), vendar je bila tudi tedaj razmeroma visoka. Najvišje vrednosti so bile praviloma izmerjene v pridnenem sloju.

Prosojnost vodnega stolpa je bila v letu 2003 razmeroma dobra. Največjo prosojnost smo izmerili avgusta, kar kaže na močno osiromašen vodni stolpec z delci (Sl. 4). Na postaji 000F je globina Secchi plošče znašala 15 m, na postaji 00CZ 14 m, na postaji 000K pa 11,5 m. Le na postaji 00MA so bile razmere v tem mesecu slabše (7,5 m). Nasploh so bile vrednosti v prvih osmih mesecih leta, z izjemo januarskih, visoke in skoraj vedno več kot 10 m (izjema januar). Po avgustovskem višku prosojnosti se je vsebnost delcev v vodi povečala, kar je vplivalo na slabšo prosojnost vode v zadnjih štirih mesecih leta (od 6 do 8 m). Najnižje vrednosti smo izmerili decembra (6 m). V povprečju je bila globina Secchi plošče največja na postaji 000F ( $9,8 \pm 2,9$  m), sledijo postaje 00CZ ( $9,7 \pm 2,7$  m) in 000K ( $9,3 \pm 2,4$  m), najslabše razmere pa so bile značilne za postajo 00MA ( $8,4 \pm 0,8$  m).



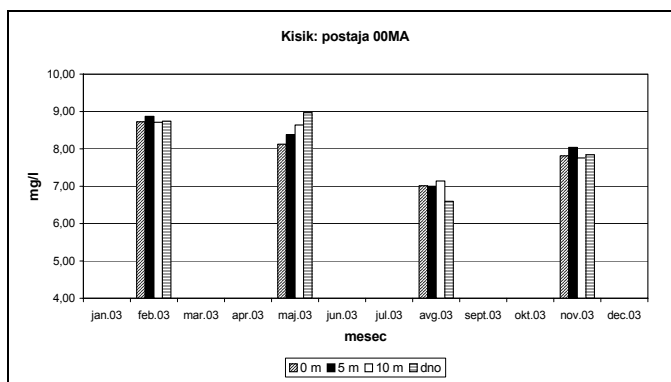
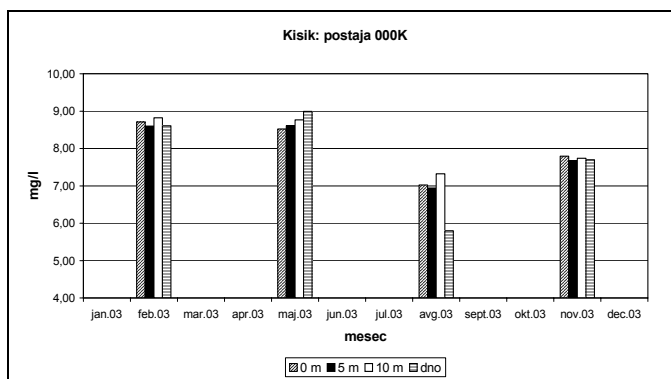
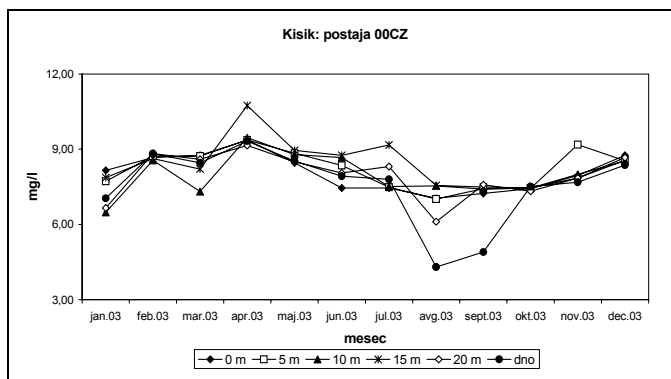
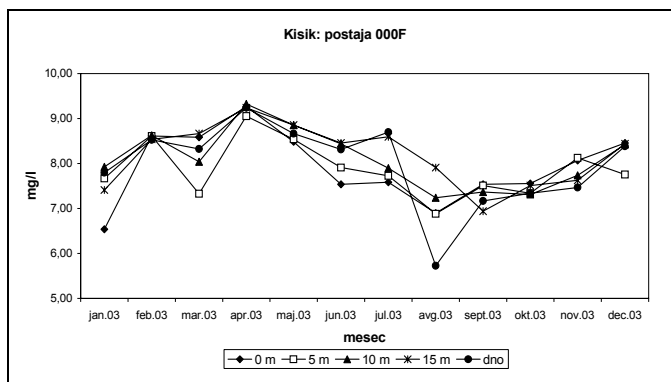
**Sl. 3: Porazdelitev slanosti morske vode na štirih postajah obalnega morja v letu 2003.**



**Sl. 4: Prosojnost vodnega stolpa na štirih postajah obalnega morja v letu 2003.**

### Kisik

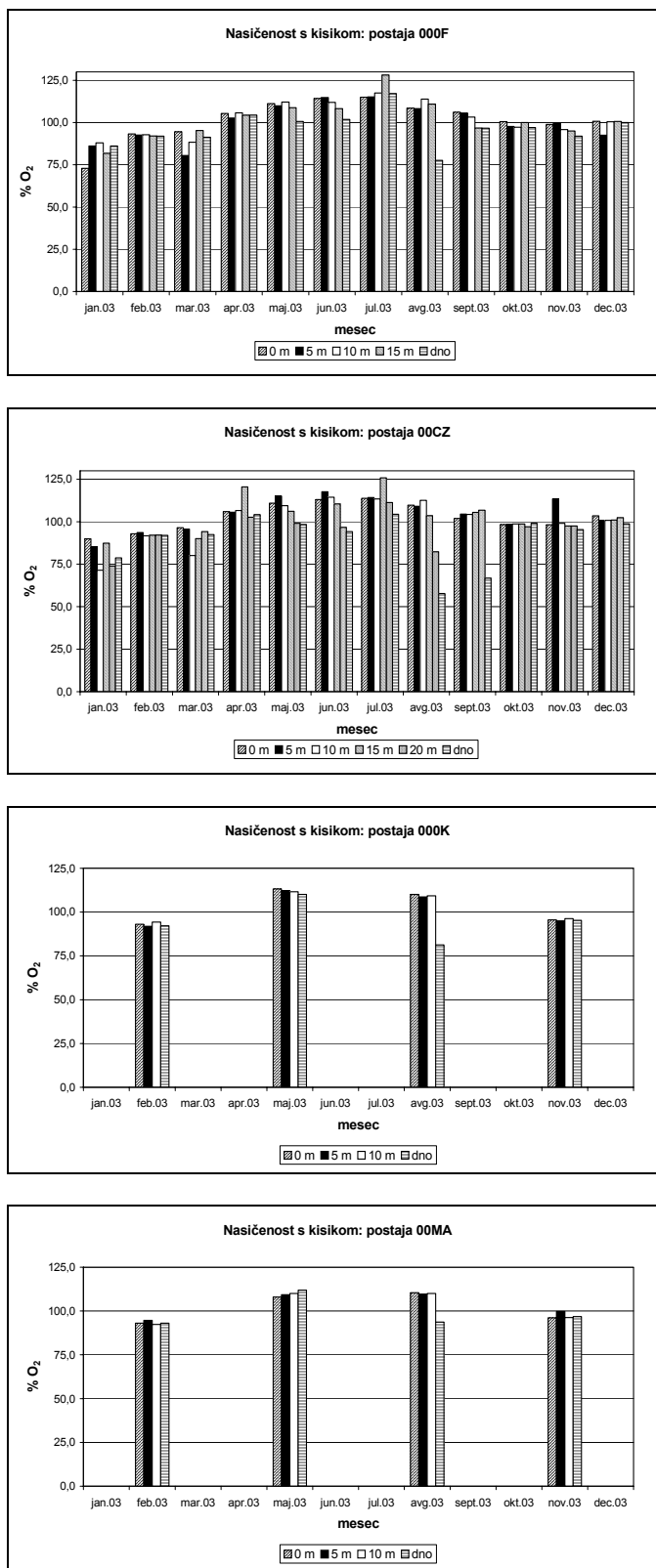
Časovna porazdelitev koncentracij kisika, ki jo lahko sledimo na postajah 000F in 00CZ, je bila med posameznimi sloji vodnega stolpa zelo podobna, le vrednosti so se razlikovale (Sl. 5). Visoke koncentracije so bile značilne za hladnejši del leta (zimazgodnja pomlad), absolutne viške pa so izmerili aprila na globini 10 m (000F: 9,32 mg/l) oz. 15 m (00CZ: 10,74 mg/l). V naslednjih mesecih so koncentracije postopoma padale in v obdobju maj-julij smo najvišje vrednosti praviloma izmerili v globljih slojih oz. pri dnu. To je dobro razvidno iz Slike 5, ki prikazuje tudi naraščanje koncentracij raztopljenega kisika vzdolž vodnega stolpa na postajah 000K in 00MA (mesec maj). Poletni meseci, predvsem pa avgust in september, so bili, tako kot običajno, zaznamovani z najnižjimi koncentracijami kisika, ki so bile na vseh postajah izmerjene v pridnenem sloju. Najnižje pridnene vrednosti so bile od 4,30 mg/l (00CZ) do 6,60 mg/l (00MA). Izrazita razslojenost vodnega stolpa v tem mesecu, razgrajevanje posedenega organskega materiala in največja globina postaje 00CZ (24 m) so pripomogle k velikemu padcu koncentracij v avgustu v primerjavi z mesecem poprej. Podobno smo opazili tudi na postaji 000F. Najnižja koncentracija 4,30 mg/l (ali 3,01 ml/l) je blizu koncentracijam, ki označujejo hipoksične razmere (<2 ml/l ali <2,86 mg/l), ki pa jih v letu 2003 kljub vsemu nismo izmerili. Že septembra so se pridnene kisikove razmere izboljšale, do konca leta pa so koncentracije le še naraščale.



**Sl. 5: Koncentracije raztopljenega kisika v morski vodi na štirih postajah obalnega morja v letu 2003.**

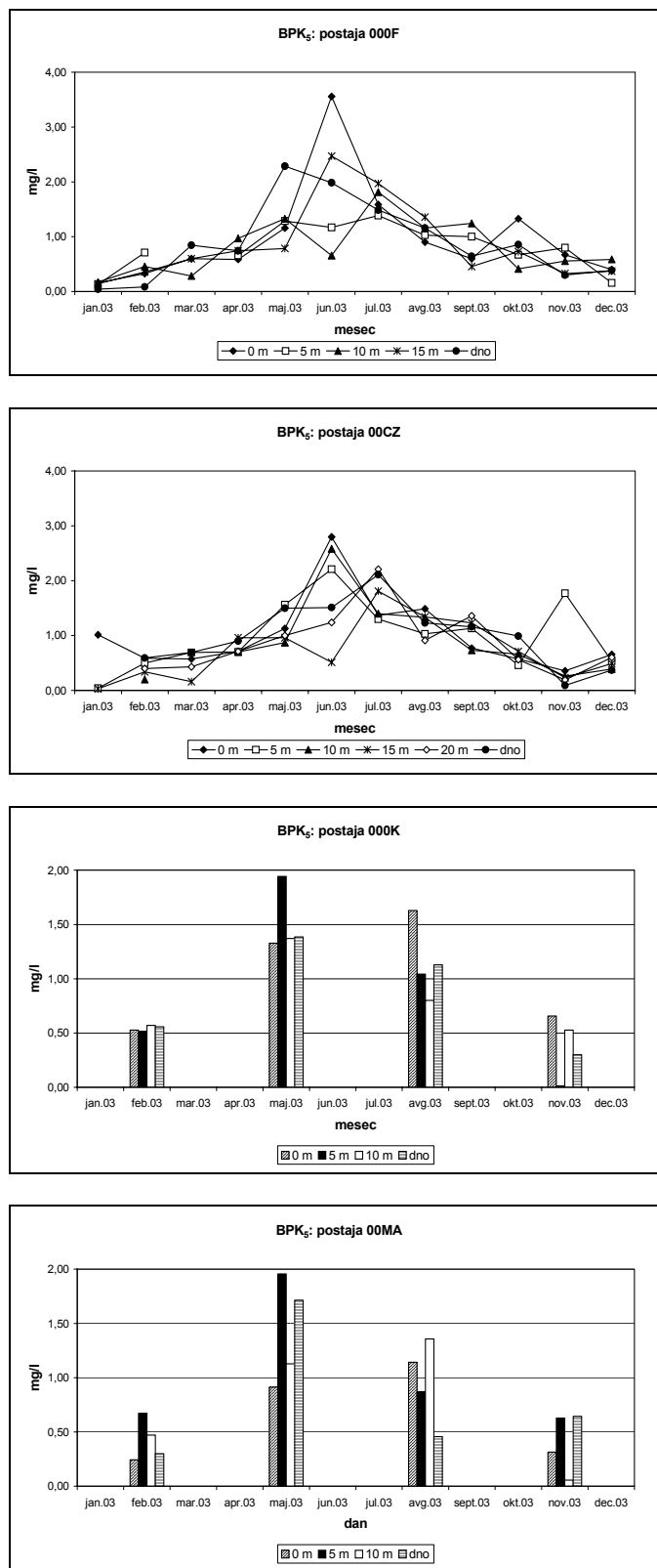


Nasičenost s kisikom nad 100% smo izračunali v spomladansko-poletnih mesecih (april-september), tako na obeh postajah (000F in 00CZ) kot tudi (praviloma) na vseh globinah vodnega stolpa (Sl. 6). Izjema je bil pridneni vodni sloj (<20 m) v avgustu. Tedaj smo izračunali tudi najnižjo nasičenost s kisikom na postaji 00CZ (57,7%). Najvišjo nasičenost s kisikom pa smo zabeležili v juliju na globini 15 m: 125,8% na postaji 00CZ in 128,1% na postaji 000F. V hladnejšem delu leta, predvsem v prvih treh mesecih, pa so bile vrednosti vedno pod 100%, kar pomeni, da bi se pri tedanjih temperaturah lahko raztapljajo še več kisika, kot se ga dejansko je. Večina odstopanj od 100% saturacije je posledica nekonservativnih kemičnih procesov, pri katerih plin hitreje nastaja oz. se porablja kot lahko morska voda vzpostavi ravnotežje z ozračjem. Supersaturacijske razmere nad 120% so največkrat značilne za evfotsko cono, kjer je fotosintetska produkcija kisika večja od hitrosti izmenjave plinov na meji zrak-voda, potrebne za vzpostavitev plinskega ravnotežja. Podsaturacijske razmere, ki lahko padejo tudi na 0%, praviloma nastanejo v mirujoči vodi v območju termokline oz. pod njo, kjer je gibanje vodnih slojev zelo zmanjšano. Tedaj je hitrost porabe kisika zaradi aerobnega dihanja organizmov večja od hitrosti izmenjave kisika med gostotno različnimi vodnimi sloji v območju termokline.



**Sl. 6: Deleži nasičenosti s kisikom na štirih postajah obalnega morja v letu 2003.**

Biokemijska potreba po kisiku (BPK<sub>5</sub>) je eden tistih parametrov, ki zelo nihajo preko leta in ne kaže kakšne izrazite sezonskosti. Vrednosti BPK<sub>5</sub> na med seboj primerljivih postajah (000F in 00CZ ter 000K in 00MA) so bile zelo podbne (Sl. 7). Največja biokemijska potreba po kisiku je bila izmerjena junija v površinskem sloju postaje 000F (3,56 mg/l), le nekoliko nižja je bila največja poraba kisika na postaji 00CZ (2,80 mg/l). Te junijske viške bi lahko povezali z rahlo povečanimi sladkovodnimi vnosi (površinski padec slanosti), ki so s seboj prinesli večje količine organske snovi, tj. substrata za bakterijsko rast oz. porabo kisika. Najvišje vrednosti BPK<sub>5</sub> na dodatnih merilnih mestih (000K in 00MA) so bile nekoliko nižje (okoli 1,95 mg/l), vendar primerjava ni ustrezna, saj smo na teh mestih vzorčili le štirikrat. Na teh postajah smo viške BPK<sub>5</sub> izmerili v maju na globini 5 m. Občasno smo v zimsko-spomladanskih mesecih na nekaterih postajah namesto porabe izračunali sintezo kisika po petih dneh (negativna razlika med začetno koncentracijo in koncentracijo po 5 dneh; v bazi podatkov le-te po dogovoru izpisujemo kot 999,99). Ker so vrednosti BPK<sub>5</sub> v morski vodi zelo nizke v primerjavi s tistimi iz močno onesnaženih voda (npr. komunalne odplake), za katere je ta parameter eden od indikatorjev stopnje onesnaženja, lahko že majhne napake pri vzorčevanju in natančnost metode prikažejo navidezno sintezo kisika po petih dneh.

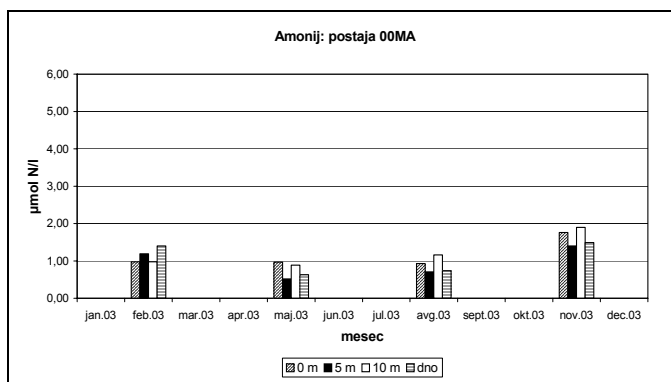
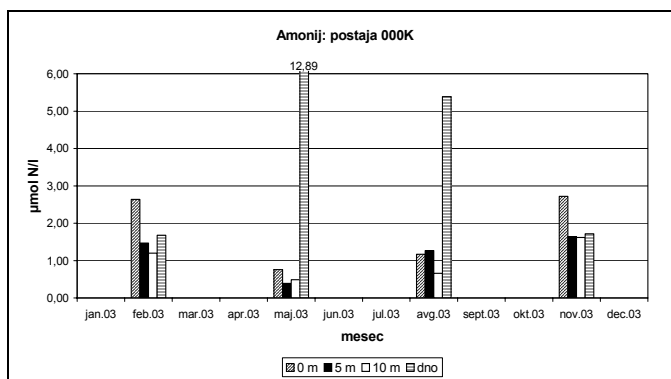
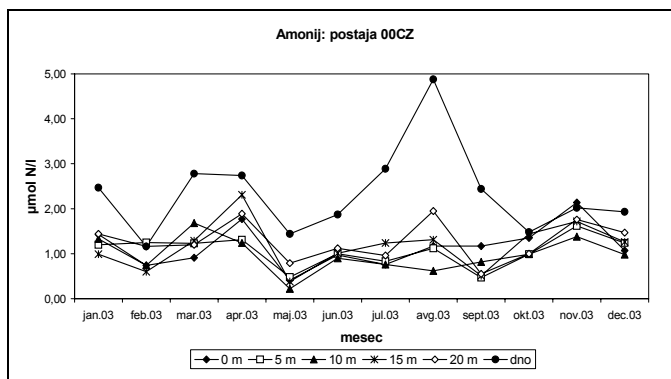
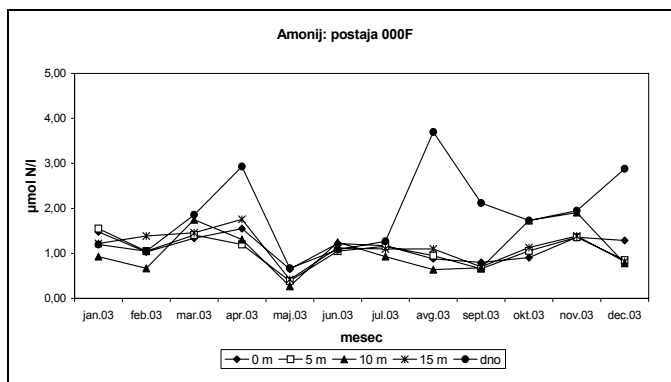


**Sl. 7: Porazdelitev biokemijske potrebe po kisiku v 5. dneh (BPK<sub>5</sub>) na štirih postajah obalnega morja v letu 2003.**

### **Hranilne snovi dušika**

Anorganski raztopljeni dušik se v morski vodi nahaja v obliki nitratnega ( $\text{NO}_3^-$ ), nitritnega ( $\text{NO}_2^-$ ) in amonijevega ( $\text{NH}_4^+$ ) iona. Ker so koncentracije nitrita zelo nizke in malo prispevajo k celotnemu rezervoarju anorganskega dušika (v povprečju okoli 5% v letu 2003), v tem poročilu predstavljamo dve najpomembnejši obliki anorganskega dušika: amonij in nitrat.

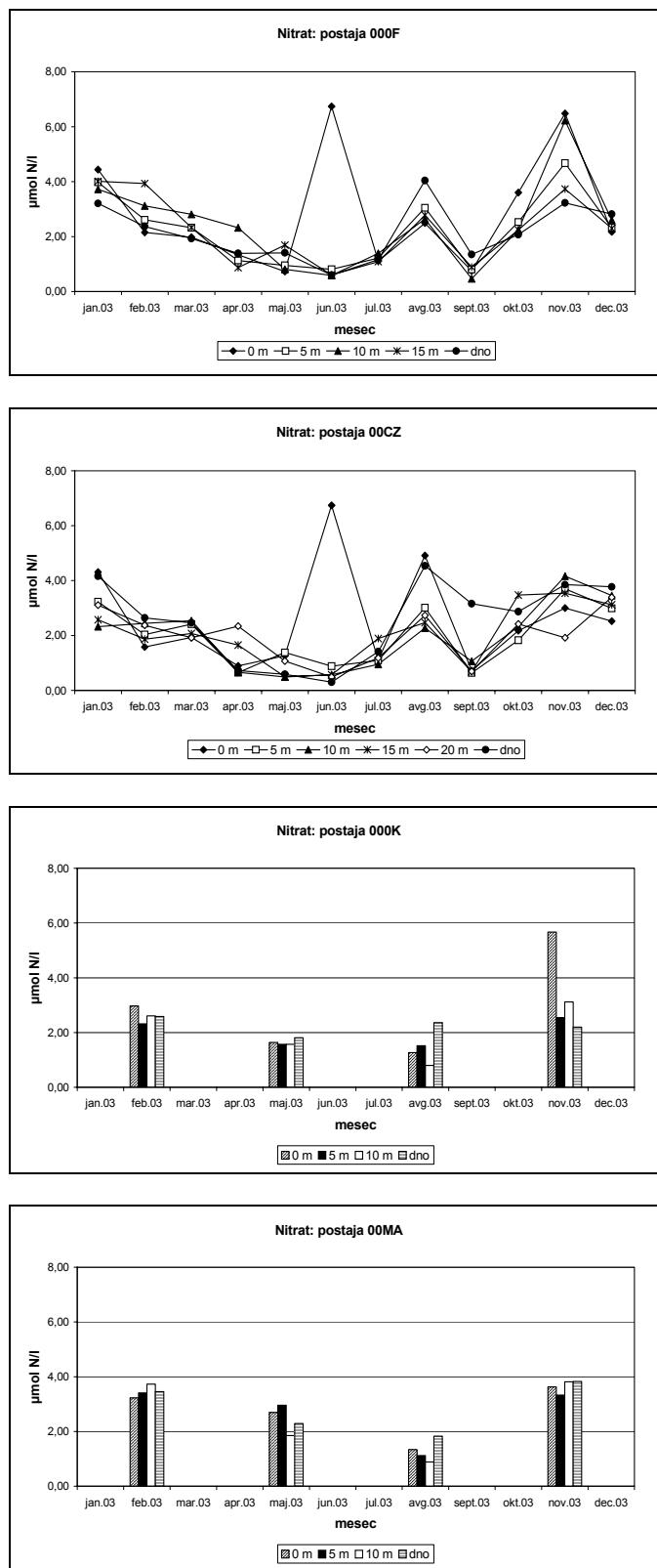
Sezonska in prostorska (vzdolž vodnega stolpa) porazdelitev amonija, kot tudi vrednosti so si na postajah 000F in 00CZ zelo podobne (Sl. 8). Viške smo zabeležili v istih mesecih in v istem vodnem sloju. Tako so bile najvišje koncentracije izmerjene avgusta v pridnenem sloju (00CZ: 4,88  $\mu\text{mol/l}$ ; 000F: 3,70  $\mu\text{mol/l}$ ). Povčane vrednosti smo zabeležili tudi v aprilu (2,74-2,93  $\mu\text{mol/l}$ ), decembru (2,88  $\mu\text{mol/l}$ ) in januarju (2,47  $\mu\text{mol/l}$ ), prav tako v najglobljih slojih. Za postajo 00CZ je bilo značilno, da so bile z izjemo februarja in novembra, najvišje koncentracije vedno v pridnenem sloju. Postaja 000K je bila zaznamovana z izredno visokimi koncentracijami amonija v pridnenem sloju: maja smo izmerili absolutno najvišjo koncentracijo (12,89  $\mu\text{mol/l}$ ), pa tudi avgustovska je bila visoka (5,39  $\mu\text{mol/l}$ ). V nasprotju s tem so bile koncentracije na postaji 00MA bistveno nižje, viške pa smo zabeležili v novembru. Tedaj so bile koncentracije amonija prav na vseh globinah najvišje izmed 4-kratnih meritev v letu 2003 (od 1,40  $\mu\text{mol/l}$  na 5 m do 1,90  $\mu\text{mol/l}$  na 10 m). Najnižje koncentracije so bile v povprečju značilne za mesec maj; izjemi sta bili postaja 00MA in izstopajoča pridnena vrednost na postaji 000K. Nizke koncentracije (pribl.  $\leq 1$   $\mu\text{mol/l}$ ) so bile značilne tudi za poletne mesece (junij-sptember), vendar le za zgornji 15 metrski vodni sloj. Visoke pridnene koncentracije so posledica remineralizacijskih procesov, pri katerih se na dnu nakopičena organska snov bakterijsko razgradi do osnovnih anorganskih spojin – amonija, ki ponovno preide v kroženje. Izrazita razslojenost vodnega stolpa v pozno spomladanskih-poletnih mesecih je preprečevala mešanje vodnih slojev in obnovo zgornjih plasti z amonijem, ki se je zaradi tega zadrževal pri dnu.



**Sl. 8: Porazdelitev koncentracij amonija na štirih postajah obalnega morja v letu 2003.**

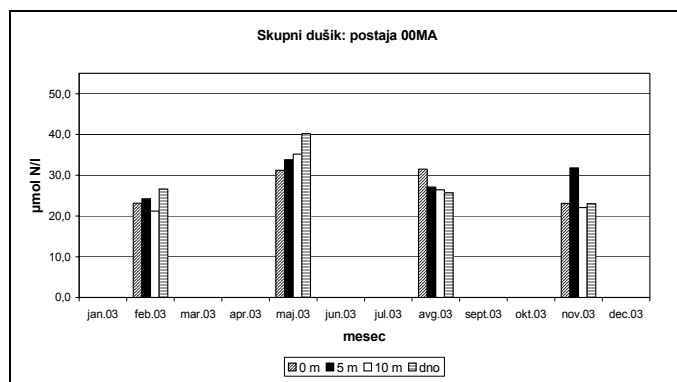
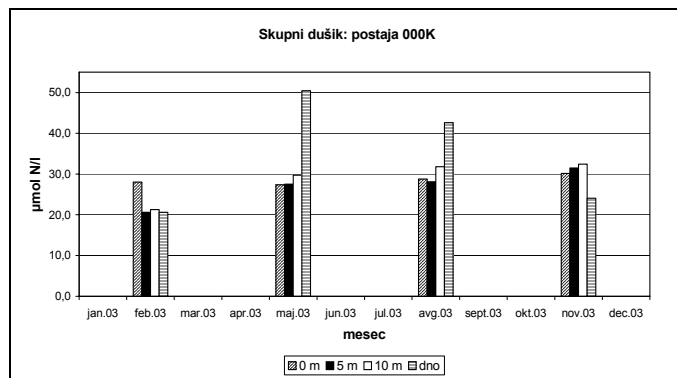
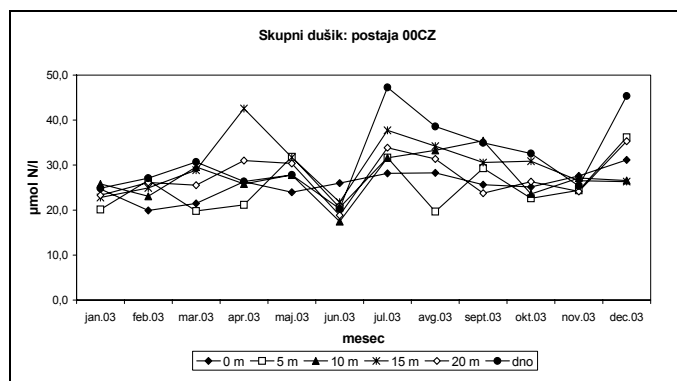
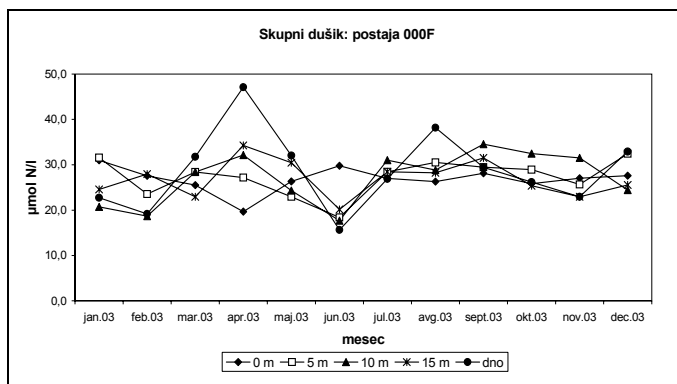
Sezonska dinamika koncentracij nitrata na postajah 000F in 00CZ kaže tri izrazite viške v juniju, avgustu in novembru ter enega manjšega v januarju (Sl. 9). Najvišje koncentracije nitrata, ki smo jih izmerili na obeh postajah junija v površinskem sloju (6,74  $\mu\text{mol/l}$ ), sovpadajo s padci površinske slanosti (Sl. 3) in so verjetno posledica sladkovodnih vnosov. Avgustovske visoke koncentracije so bile izmerjene v pridnenem sloju na postaji 000F (4,04  $\mu\text{mol/l}$ ), na postaji 00CZ pa so bile visoke koncentracije značilne tako za površinski (4,91  $\mu\text{mol/l}$ ) kot pridneni sloj (4,54  $\mu\text{mol/l}$ ). Novembra smo najvišje koncentracije, poleg na površini (6,48  $\mu\text{mol/l}$ ), zabeležili še na globini 10 m (4,16-6,22  $\mu\text{mol/l}$ ). Novembrski površinski višek nitrata je bil značilen tudi za postajo 000K (5,67  $\mu\text{mol/l}$ ), nekoliko povišane površinske vrednosti pa smo izmerili tudi v februarju (2,97  $\mu\text{mol/l}$ ) (Sl. 9). V ostalih mesecih so bile koncentracije bistveno nižje ( $<2 \mu\text{mol/l}$ ; izjema pridneni sloj v avgustu). Podobno sliko kažejo meritve na postaji 00MA: visoke koncentracije smo izmerili februarja in novembra (3,73 in 3,83  $\mu\text{mol/l}$ ), najnižje pa avgusta. Na globljih, zunanjih postajah zaliva (000F in 00CZ) smo najnižje koncentracije nitrata (v povprečju  $\leq 1 \mu\text{mol/l}$ ) izmerili v maju, juliju in septembru (izjema pridneni sloj na postaji 00CZ).

Poleg anorganskih dušikovih snovi smo merili tudi skupni dušik, ki vključuje še organske spojine. Delež organskih spojin (predvsem beljakovine) smo izračunali iz razlike med skupnim dušikom in anorganskim dušikom, tj. vsote koncentracij nitrita, nitrata in amonija. Izračun je pokazal, da so organske dušikove spojine prispevale velik delež k skupnemu dušiku, ki je v povprečju za vse postaje in za celotno vzorčevalno obdobje znašal  $83 \pm 13 \%$ . Na plošno bi lahko rekli, da je dinamika skupnega dušika sledila dinamiki amonija, medtem ko primerjava z nitratom kaže – v grobem – nasprotno sliko. Ta primerjava velja zlasti za postaji 000F in 00CZ, za kateri imamo tudi največ podatkov, pa tudi za postajo 000K (Sl. 10). Z izjemo junija, ko smo zabeležili tudi nanižje koncentracije skupnega dušika (absolutni nižek 15,63  $\mu\text{mol/l}$  na postaji 000F v sloju pri dnu), so bile visoke koncentracije skupnega dušika vedno izmerjene v globljih slojih (10-15 m) oz. pri dnu. Najvišjo koncentracijo smo izmerili maja v sloju pri dnu na postaji 000K (50,44  $\mu\text{mol/l}$ ), visoke vrednosti pa so bile izmerjene še aprila na postajah 000F (47,12  $\mu\text{mol/l}$ ) in 00CZ (42,55  $\mu\text{mol/l}$ ) ter julija in decembra na postaji 00CZ (47,27 in 45,37  $\mu\text{mol/l}$ ). Na postaji 000K smo visoke pridnene koncentracije izmerili še v avgustu (42,61  $\mu\text{mol/l}$ ), sicer pa so bile koncentracije med 20 in 30  $\mu\text{mol/l}$ .



**Sl. 9: Porazdelitev koncentracij nitrata na štirih postajah obalnega morja v letu 2003.**





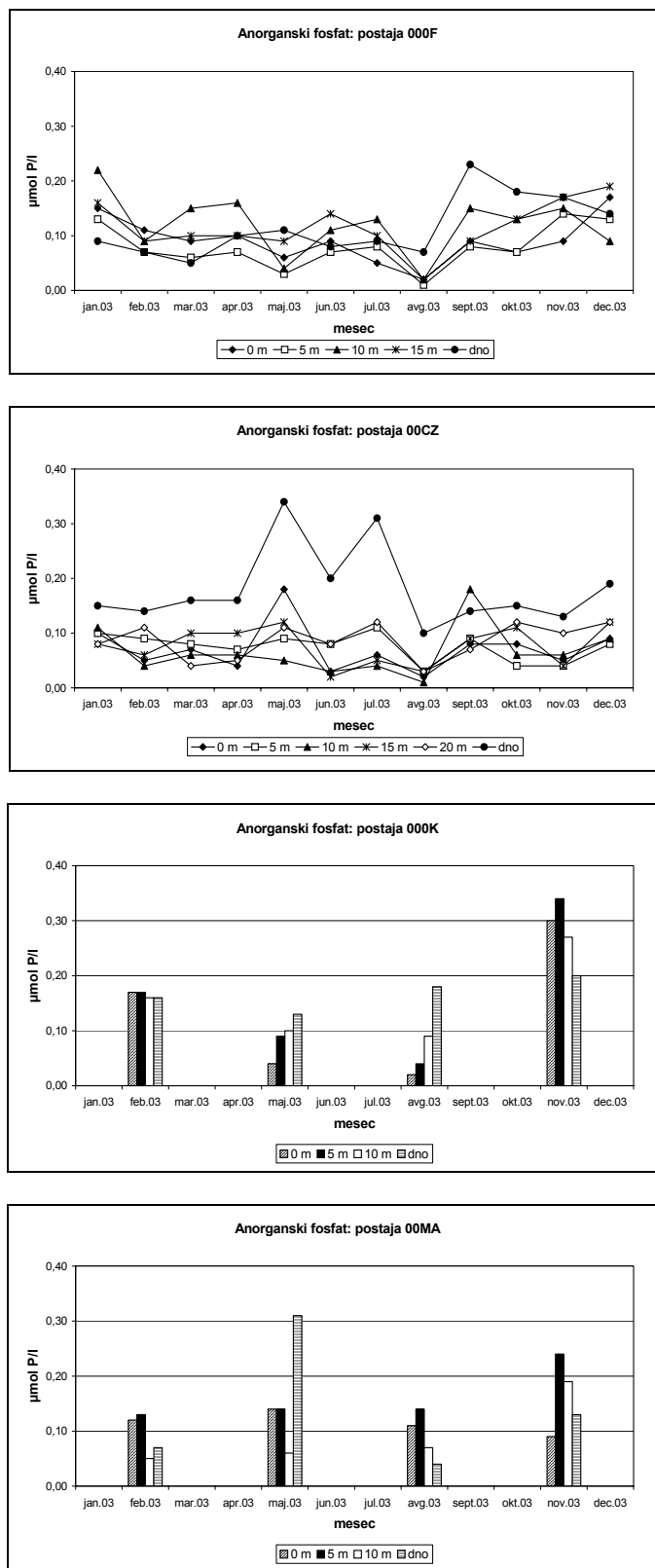
**Sl. 10: Porazdelitev koncentracij skupnega dušika na štirih postajah obalnega morja v letu 2003.**

Na postaji 00MA smo najvišjo vrednost izmerili prav tako v maju v sloju pri dnu (40,2  $\mu\text{mol/l}$ ), drugi viški pa so bili v nasprotju z ostalimi ostajami izmerjeni v zgornjem 5-metrskem sloju v avgustu in novembru (okoli 31  $\mu\text{mol/l}$ ).

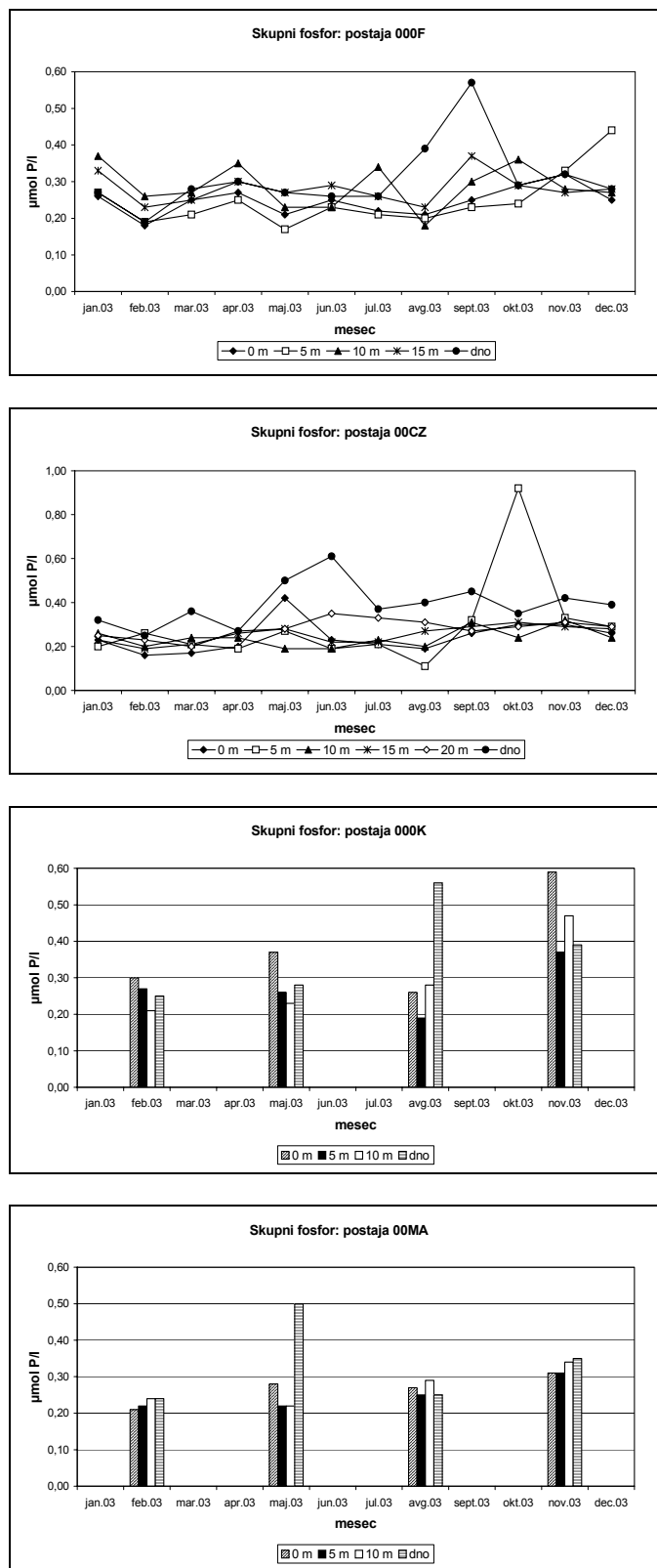
### **Hranilne snovi fosforja**

Koncentracije anorganskega fosfata so variirale od meje detekcije metode (0,01  $\mu\text{mol/l}$ ) do 0,34  $\mu\text{mol/l}$ . Ta najvišja koncentracija je bila izmerjena na postaji 00CZ maja v pridnenem sloju in tudi na postaji 000K novembra na globini 5 m (Sl. 11). Na ostalih postajah smo viške fosfata izmerili septembra v sloju pri dnu (000F: 0,23  $\mu\text{mol/l}$ ) in maja, prav tako v pridnenem sloju (0,31  $\mu\text{mol/l}$ ). Na splošno velja, da je bil pridneni sloj najbogatejši s fosfatom v večjem delu leta. To velja zlasti za postajo 00CZ, kjer so bile le ob enem vzorčenju (september) pridnene koncentracije nižje. Veliko odstopanje pridnenega sloja od zgornjih vodnih plasti, predvsem pa od površinskih, je bilo značilno zlasti za spomladansko-poletno obdobje (maj-julij), ko smo izmerili tudi dva viška anorganskega fosfata. Na postaji 000F smo opazili nekoliko drugačno dinamiko fosfata. Letni višek smo, razen v septembru, izmerili še v januarju na globini 10 m (0,22  $\mu\text{mol/l}$ ), pridneni sloj pa ni tako izstopal kot na postaji 00CZ. Najvišje mesečne koncentracije smo največkrat izmerili na globini 10 m, v obdobju od avgusta do septembra pa v pridnenem sloju. Posamične meritve fosfata na postajah 000K in 00MA ne kažejo nobene zakonitosti oz. podobnosti z ostalima dvema postajama. Visoke koncentracije smo izmerili tako v pridnenem sloju, kot tudi na globini 5 m. Visoke koncentracije na globini 5 m smo večkrat izmerili na postaji 00MA, pa tudi novembrski višek na postaji 000K je bil na tej globini.

Skupni fosfor predstavlja organske (fosforne spojine, vgrajene v organizmih) in anorganske fosforjeve spojine v raztopljeni in partikulatni obliki. Velikostni razpon koncentracij skupnega fosforja je bil za štiri merilna mesta podoben. Najnižje koncentracije so bile med 0,11  $\mu\text{mol/l}$  (00CZ: avgust, 5 m) in 0,22  $\mu\text{mol/l}$  (00MA: maj, 5 m). Viški so bili okoli 0,50  $\mu\text{mol/l}$  (0,50-0,59  $\mu\text{mol/l}$ ); izjema je bila postaja 00CZ, kjer smo v oktobru na globini 5 m izmerili 0,92  $\mu\text{mol/l}$ . Kot je razvidno iz Slike 12, so se najvišje koncentracije pojavljale v drugi polovici leta (september, oktober, november), le na postaji 00MA smo višek izmerili v maju. Primerjava celotnega fosforja s sezonsko dinamiko anorganskega fosfata kaže določene podobnosti, v primeru razhajanj pa je pomemben tudi "pool" organskega fosforja.



**Sl. 11: Porazdelitev koncentracij anorganskega fosfata na štirih postajah obalnega morja v letu 2003.**

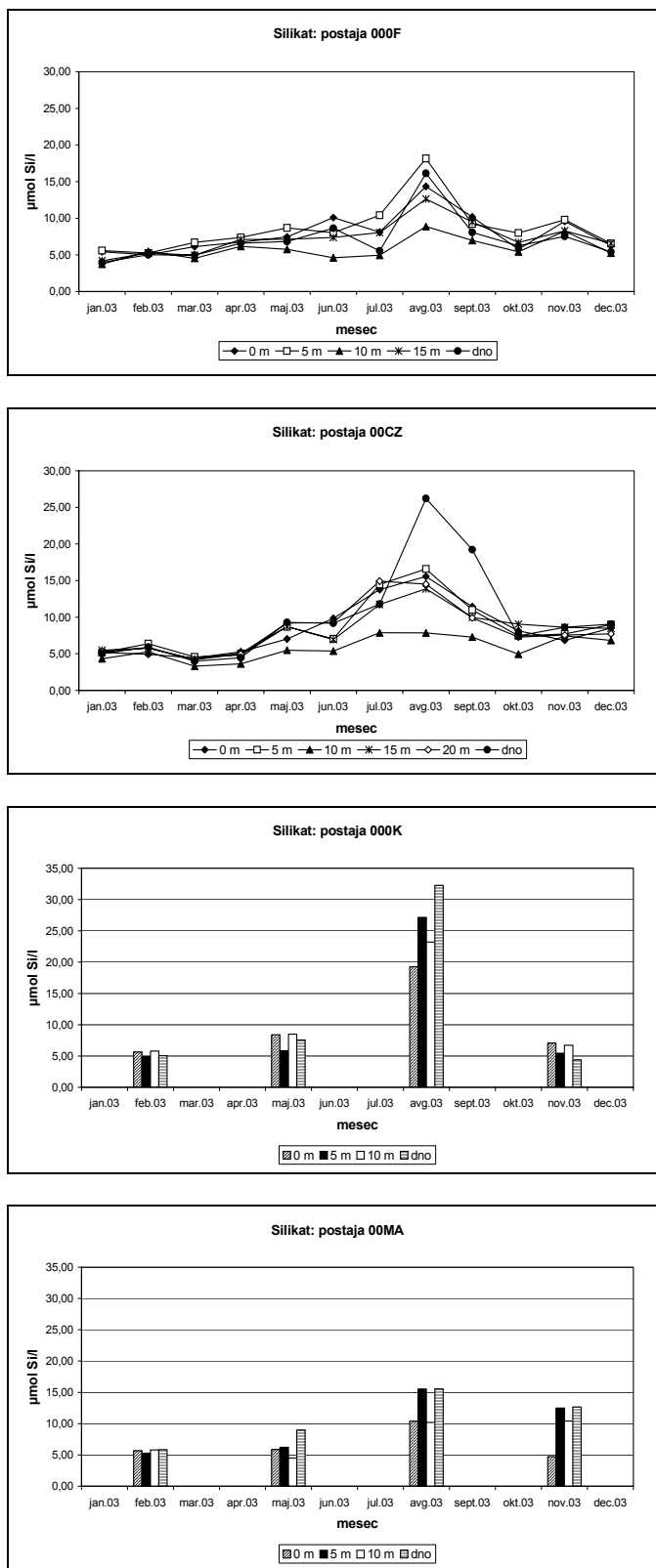


**Sl. 12: Porazdelitev koncentracij skupnega fosforja na štirih postajah obalnega morja v letu 2003.**

### **Hranilne snovi silicija**

Raztopljeni anorganski silicij se nahaja v morski vodi v obliki silikatnega iona  $\text{SiO}_4^{4-}$ . Koncentracije silikata so bile med 3,30 in 32,27  $\mu\text{mol/l}$ . Najnižjo koncentracijo smo izmerili marca na postaji 00CZ na globini 5 m, najvišjo pa avgusta v pridnenem sloju postaje 000K. Še največje podobnosti med posameznimi postajami smo opazili prav v primeru silikata (Sl. 13). Na postajah 00CZ in 000F so bile koncentracije vse do julija razmeroma nizke oz. od marca dalje so postopoma naraščale. Sledil je izrazit dvig koncentracij v juliju in še posebej v avgustu, ko smo na obeh postajah izmerili viške, vendar v različnih vodnih plasteh; na postaji 000F na globini 5 m (18,15  $\mu\text{mol/l}$ ), na postaji 00CZ pa v pridnenem sloju. Po tem višku so koncentracije spet močno padle (izjema sloju pri dnu na postaji 00CZ v septembru) in, z manjšimi odstopanji, postopoma padale do decembra. Skupna značilnost obeh postaj so bile tudi najnižje koncentracije silikata na globini 10 m v večjem delu leta. V juniju smo na obeh postajah opazili tudi porast koncentracij silikata v površinskem sloju, ki so bile tudi najvišje za ta mesec (pribl. 10  $\mu\text{mol/l}$ ), kar bi lahko pripisali zmernim vnosom sladke vode v tem času.

Tudi za postaji 000K in 00MA so bile značilne nizke koncentracije ( $<10 \mu\text{mol/l}$ ) v zimsko-spomladanskih mesecih (Sl. 13), avgusta pa smo izmerili najvišje koncentracije celotnega vzorčevalnega obdobja. Visoke vrednosti so bile v pridnenem sloju (15,55 in 32,27  $\mu\text{mol/l}$ ) in na globini 5 m (15,54 in 27,16  $\mu\text{mol/l}$ ). V novembru smo opazili določene razlike: na postaji 000K smo ponovno izmerili nizke koncentracije silikata, medtem ko ta padec ni bil tako izrazit na postaji 00MA. Na splošno lahko rečemo, da so na porazdelitev silikata bolj kot zunanji sladkovodni vnosi v površinskem sloju, vplivali remineralizacijski procesi v sloju pri dnu.

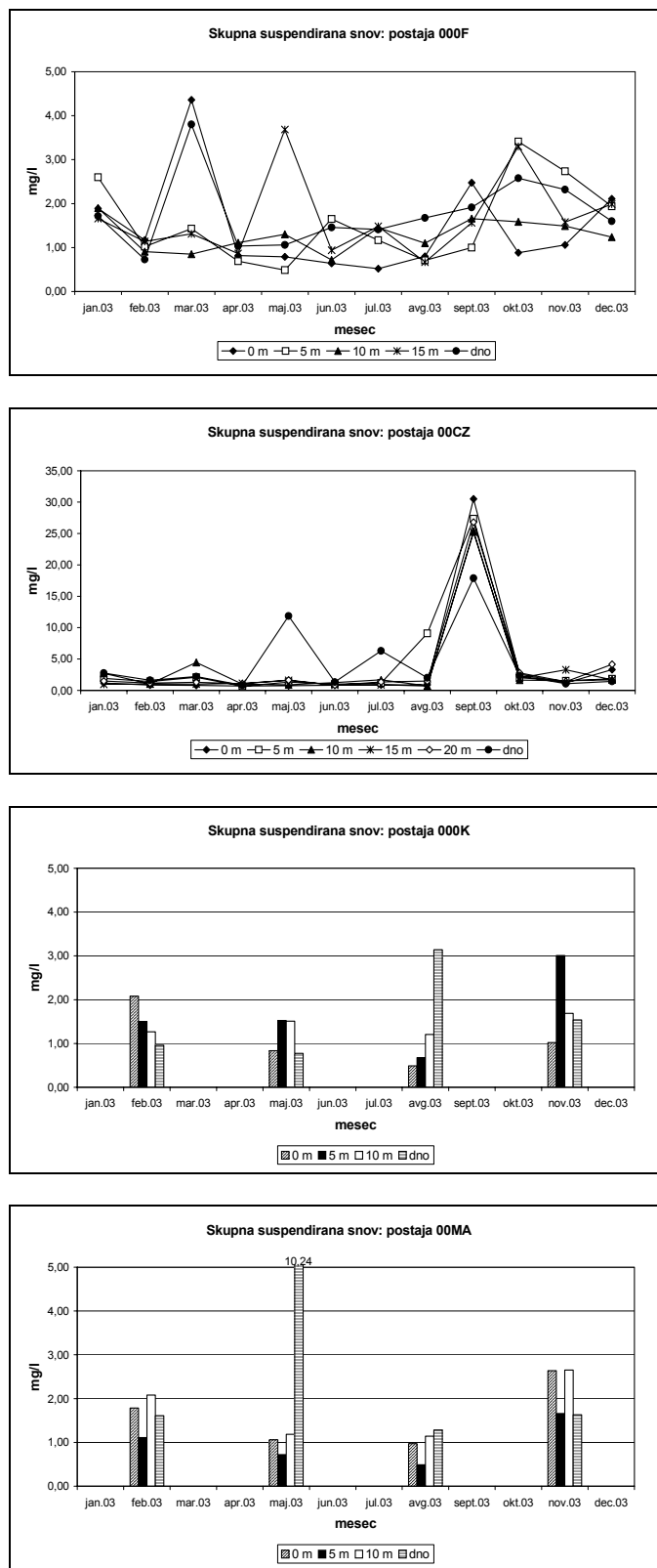


**Sl. 13: Porazdelitev koncentracij silikata na štirih postajah obalnega morja v letu 2003.**

### **Skupna suspendirana snov in partikulatni organski ogljik**

Koncentracije skupne suspendirane snovi (TSS) so bile od 0,49 do 30,51 mg/l (Sl. 14), deleži partikulatnega organskega ogljika (POC) pa od 0,97 do 42,85%.

Na postaji 000F smo najvišje koncentracije TSS izmerili v mesecu marcu ( $2,35 \pm 1,61$  mg/l), najvišje deleže organskega ogljika ( $27,77 \pm 1,07\%$ ) pa v aprilu. V aprilu smo v globini 15 m določili tudi najnižje atomsko Corg/N razmerje (6,97), tj. v vodnem sloju z najvišjo koncentracijo klorofila *a*. Velik vpliv visoke koncentracije klorofila *a* na elementno sestavo suspendirane snovi smo opazili tudi v okviru novembrskega vzorčevanja, ko je povprečna vrednost atomskega Corg/N razmerja znašala ( $6,8 \pm 0,6$ ). Podoben trend kaže tudi analiza rezultatov s postaje 00CZ. Tu smo najvišje vrednosti TSS in nanižje deleže POC določili v mesecu septembru (v povprečju  $25,51 \pm 4,21$  mg/l in  $1,08 \pm 0,12\%$ ). Rezultati nakazujejo bolj razgrajeno naravo suspendirane snovi ter visoko vsebnost anorganske frakcije v analiziranih vzorcih. V tem času izmerjena najnižja vrednost atomskega razmerja Corg/N (6,5) pridnenega sloja odraža visoke koncentracije klorofila *a*. Najvišje povprečne koncentracije (celotnega vodnega stolpca) organskega ogljika smo določili v februarju, aprilu in maju, nižje vrednosti pa v zadnjem vzorčevalnem tromesečju. Na postajah 00MA in 000K smo določili višje deleže organskega ogljika v februarju in maju, nižje pa v avgustu in novembru. Najvišjo vrednost TSS na postaji 000K smo določili v avgustu v pridnenem sloju ( $3,14$  mg/l), kar je verjetno posledica resuspenzije sedimenta (če upoštevamo nizek delež organskega ogljika). Kljub temu pa lahko vsebnost organskega ogljika v večji meri pripišemo fitoplanktonu, saj smo v tem sloju istočasno določili visoko koncentracijo klorofila *a*. Podobno situacijo smo opazili tudi v pridnenem sloju na postaji 00MA, vendar tokrat v mesecu maju. V tem času smo na tej postaji izmerili tudi najvišji delež organskega ogljika v vodnem sloju na globini 10 m ( $41,33\%$ ).



**Sl. 14: Koncentracije skupne suspendirane snovi na štirih postajah obalnega morja v letu 2003.**



### **Biomasa fitoplanktona**

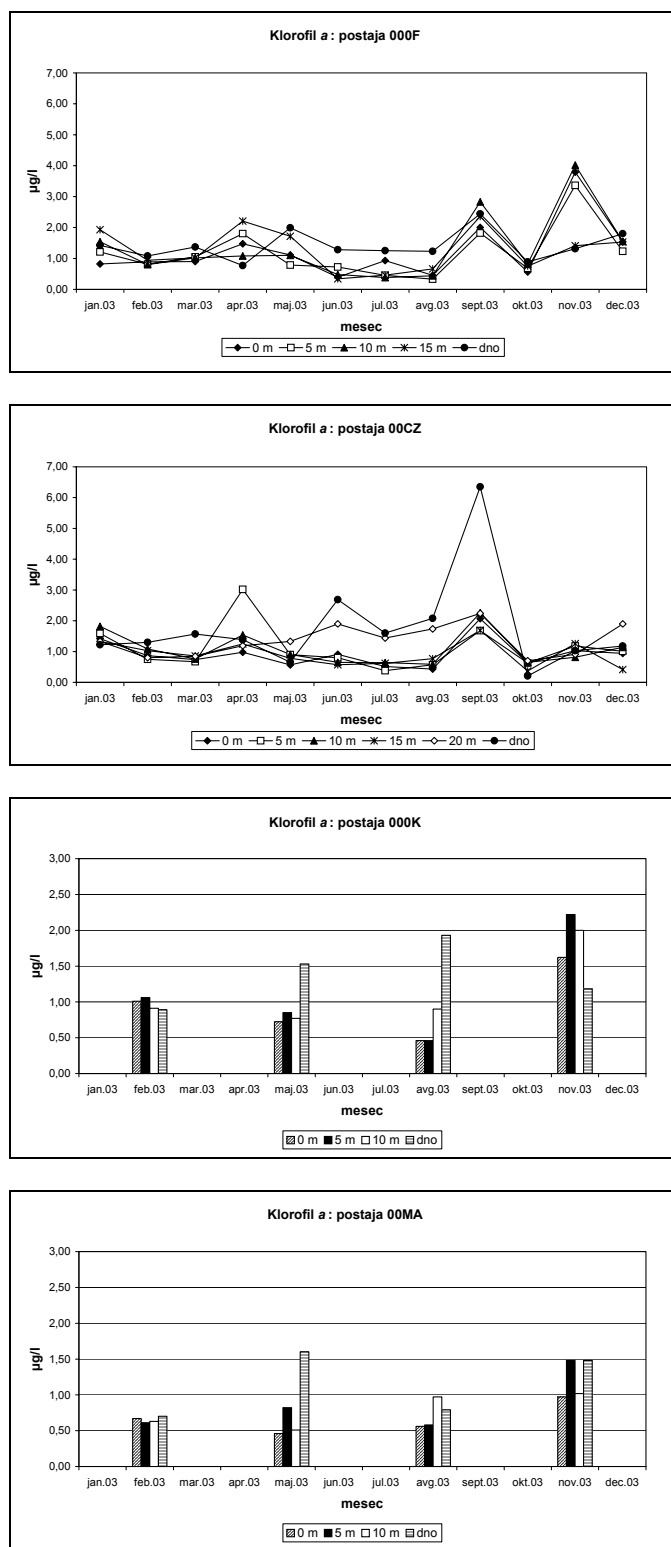
Značilnosti fitoplanktonske združbe v Tržaškem zalivu označujejo njena biomasa (koncentracija glavnega fotosintetskega barvila klorofila *a*) ter abundanca in vrstna sestava. Porazdelitev biomase fitoplanktona v letu 2003 je prikazana na Sliki 15. Koncentracije klorofila *a* so bile od 0,21 do 6,35 µg/l (Tab. 14). Najvišjo koncentracijo smo izmerili septembra v pridnenem sloju postaje 00CZ, najnižjo pa prav tako na tej postaji v mesecu oktobru v sloju pri dnu. Viški na ostalih postajah so bili med 1,60 in 4,02 µg/l, zabeležili pa smo jih novembra na globini 5 m (000K) oz. 10 m (000F) ter v pridnenem sloju postaje 00MA v mesecu maju. Povprečne vrednosti klorofilne biomase smo izračunali le za postaji 000F in 00CZ, ker primerjava srednjih vrednosti vseh postaj zaradi različnega števila podatkov ne bi bila smiselna. Povprečne koncentracije klorofila *a* na letni skali so okoli 1,2 µg/l in so nižje v primerjavi s prejšnjim letom (1,60 µg/l za postajo 00CZ in 1,41 µg/l za postajo 000F), presenetljivo pa je bila v letu 2003 postaja 000F bogatejša s fitoplanktonsko biomaso.

**Tab. 14: Srednje vrednosti (<X>), standardne deviacije (SD) ter najnižje (MIN) in najvišje (MAX) koncentracije klorofila *a* (µg/l) na postajah Tržaškega zaliva v letu 2003. (No.=število podatkov)**

<b>postaja</b>	<b>00CZ</b>	<b>000F</b>	<b>000K</b>	<b>00MA</b>
<X>	1,19	1,28		
SD	0,83	0,80		
MIN (mesec)	0,21 (okt)	0,33 (avg)	0,46 (avg)	0,46 (maj)
MAX (mesec)	6,35 (sep)	4,02 (nov)	2,22 (nov)	1,60 (maj)
No.	72	60	16	16

Nižje letne srednje vrednosti v primerjavi s prejšnjimi leti (npr. Mozetič & Lipej, 2002, 2003) so odraz dolgotrajnega sušnega obdobja ter nizkih koncentracij hranilnih snovi, zlasti nitrata in silikata. Šele v jesenskih mesecih se je klorofilna biomasa povečala, pri čemer izgleda, da je bil pomembnejši novembrski višek, kjer smo visoke koncentracije zabeležili predvsem v zgornjih 10 m vodnega stolpa. Izjema je bila postaja 00CZ, kjer je bil novembrski višek manjši v primerjavi z ostalimi postajami. Visoke pridnene koncentracije klorofila *a* septembra (in poletnih mesecev) na postaji

00CZ so bolj posledica nakopičene fitoplanktonske mase in ne na novo zgrajene biomase kot je bilo to značilno za november.



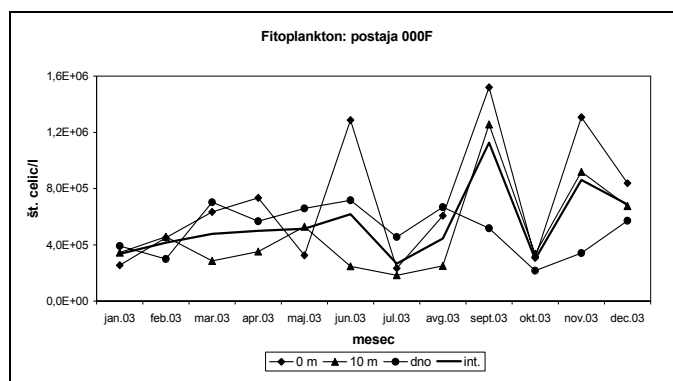
**Sl. 15: Porazdelitev koncentracij klorofila a na štirih postajah obalnega morja v letu 2003.**

Podobne procese (posedanja in kopičenja celic) bi lahko pričakovali v primeru majskega pridnena viška na postaji 00MA.

Navkljub manjšemu padcu površinske slanosti in visokim koncentracijam nitrata v juniju, se to ni pokazalo na porastu klorofilne biomase. V tem mesecu smo nizke koncentracije pod 1 µg/l zabeležili v debelem vodnem sloju od površine do globine 15 m. Razlog za to bi lahko bil časovni zamik med sladkovodnimi vnosi in največjo hitrostjo privzemanja hranil oz. razmnoževanja celic. V poznojesenskih in zimskih mesecih je bila klorofilna biomasa enakomerno porazdeljena po vodnem stolpu, v ostalih mesecih pa je izstopal pridneni sloj oz. sloji, globlji od 15 m.

### **Abundanca in sestava fitoplanktona**

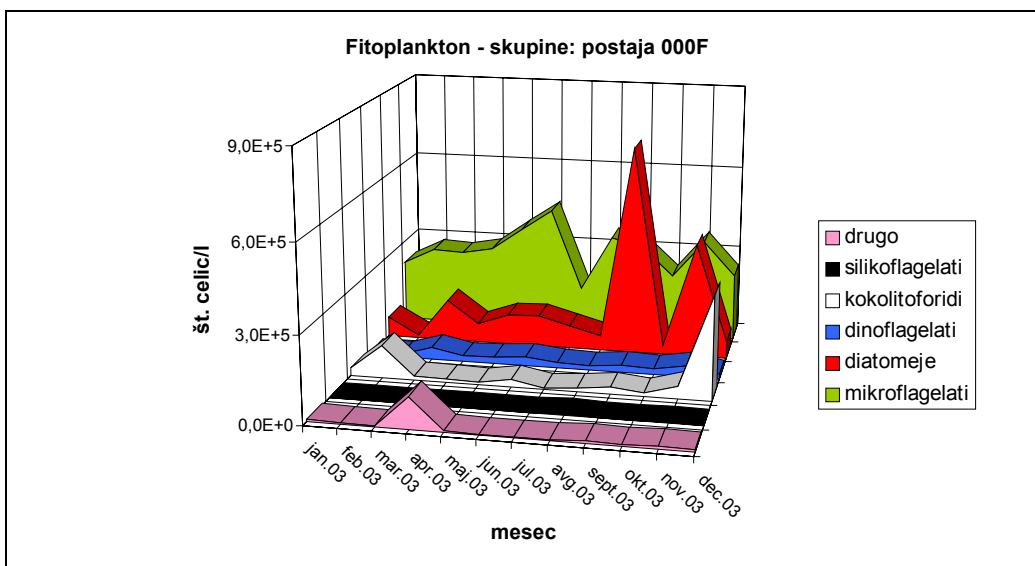
Abundanco in taksonomsko sestavo fitoplanktona smo spremljali na postaji 000F na treh globinah: 0, 10 m in dno. Porazdelitev abundanc na teh globinah in izračunanih integriranih vrednosti je prikazana na Sliki 16. Abundanca fitoplanktona je bila med  $1,8 \times 10^5$  cel./l (julij, globina 10 m) in  $1,5 \times 10^6$  cel./l (september, globina 0 m). Zabeležili smo še tri viške nad  $1 \times 10^6$  cel./l in sicer v juniju ( $1,3 \times 10^6$  cel./l) in novembru ( $1,3 \times 10^6$  cel./l), oba v površinskem sloju ter ponovno v septembru na globini 10 m ( $1,2 \times 10^6$  cel./l).



**Sl. 16: Porazdelitev abundance fitoplanktona (diskretne in integrirane vrednosti) na postaji 000F v letu 2003.**

Junjski višek je bil omejen le na tanek površinski sloj, saj je število celic na 10 m že močno padlo ( $2,5 \times 10^5$  cel./l). Za oba jesenska viška pa so bile značilne visoke abundance fitoplanktona v zgornjem 10-metrskem sloju. Iz krivulje integriranih vrednosti, ki visoke in nizke vrednosti posameznih globin približa, to lahko še lažje

razberemo. Z izjemo majhnega porasta integriranih vrednosti abundance v juniju, je bilo prvih osem mesecev leta 2003 siromašnih s fitoplanktonskimi celicami. V juliju smo, tako kot običajno, zabeležili najnižje absolutne ( $1,8 \times 10^5$  cel./l) in integrirane vrednosti ( $2,7 \times 10^5$  cel./l). Nato je sledil velik porast števila v septembru, ponoven padec, ko je bila integrirana vrednost abundance okoli  $3 \times 10^5$  cel./l ter ponoven dvig v novembru (integr. vred.:  $8,6 \times 10^5$  cel./l). Nizke vrednosti gostote fitoplanktona smo zabeležili tudi v januarju ( $2,5$ - $3,9 \times 10^5$  cel./l) in februarju ( $2,9$ - $4,6 \times 10^5$  cel./l). Oba jesenska viška lahko primerjamo z visokimi koncentracijami klorofila *a*, medtem ko junijskega površinskega viška klorofilne biomase nismo zasledili. V tem mesecu so prevladovali mikroflagelati, majhni organizmi, katerih vsebnost klorofila je manjša v primerjavi z večjimi diatomejami, ki so bile najštevilčnejše prav v septembru in novembru.



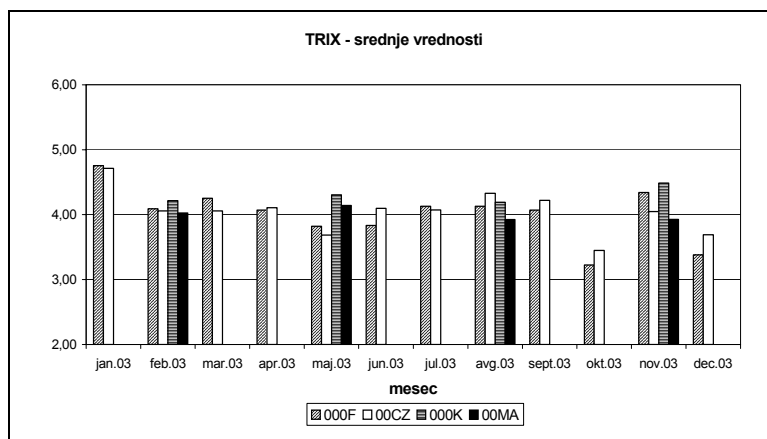
**Sl. 17: Porazdelitev abundance posameznih razredov in netaksonomskih skupin fitoplanktona (integrirane vrednosti) na postaji 000F v letu 2003.**

V večjem delu leta so prevladovali mikroflagelati (Sl. 17), netaksonomska skupina golih, avtotrofnih bičkarjev, reda velikosti okoli 10  $\mu$ m, dvakrat so bile številčnejše diatomeje, enkrat pa kokolitoforidi. Spomladanski višek fitoplanktona, h kateremu ponavadi največ prispevajo diatomeje, v letu 2003 ni nastopil, kar je najverjetneje posledica izjemno sušnega vremena in majhnih pritokov rek. Tako so bili vse do septembra najštevilčnejši mikroflagelati (integr. vred.:  $1,6$ - $4,4 \times 10^5$  cel./l), septembra

se je močno povečalo število diatomej (integr. vred.:  $7,4 \times 10^5$  cel./l), v oktobru je sledil njihov padec, potem pa znova porast v novembru (integr. vred.:  $4,1 \times 10^5$  cel./l). Kljub temu število mikroflagelatov ob diatomejskih viških ni padlo v primerjavi s prejšnjimi meseci in je bilo v novembru zelo podobno številu diatomej. Najnižje število diatomej smo zabeležili v februarju (integr. vred.:  $1,0 \times 10^4$  cel./l), nizko pa je bilo tudi v oktobru in decembru. V decembru se je močno povečalo število kokolitoforidov (integr. vred.:  $3,6 \times 10^5$  cel./l), predvsem ene vrste – *Emiliana huxleyi*, ki se je že večkrat pojavila v velikem številu v zimskih mesecih. Rahlo povečanje abundance te vrste smo zabeležili tudi v februarju. Kokolitoforidi, skupina majhnih bičkastih alg s kalcitnim skeletom, je bila najmanj številčna v spomladanskih mesecih in v juliju. Dinoflagelati so bili najštevilčnejši marca (integr. vred.:  $4,3 \times 10^4$  cel./l), vendar v nobenem primeru absolutne vrednosti niso presegle  $7,0 \times 10^4$  cel./l. Predstavnike razreda silikoflagelatov smo v vzorcih morske vode opazili v januarju, avgustu in vse od oktobra dalje. Njihovo število je bilo največje avgusta v pridnem sloju ( $1,8 \times 10^4$  cel./l).

### **Trofični indeks – TRIX**

Izračunane vrednosti trofičnega indeksa TRIX prikazujemo kot srednje vrednosti vodnega stolpa za posamezno postajo (Sl. 18).



**Sl. 18: Izračunane srednje vrednosti trofičnega indeksa – TRIX za štiri postaje obalnega morja v posameznih mesecih leta 2003.**

TRIX vrednosti so bile med 3,22 in 4,75 in tako odražajo dober (TRIX: 4-5) do visok (TRIX: 2-4) trofični status morja. Tako najnižji (oktober) kot najvišji (januar) TRIX je bil izračunan za postajo 000F, vendar so bile izračunane vrednosti za postajo 00CZ zelo podobne. Tudi letni povprečni TRIX za obe postaji (000F:  $4,01 \pm 0,55$ ; 00CZ:

4,04±0,50) je zelo podoben in kaže na to, da na obeh postajah vladajo zelo podobne trofične razmere. Še najbližje visokemu trofičnemu statusu smo se približali v oktobru, ko smo na globini 15 m na postaji 000F izračunali TRIX 1,68. Primerjava vseh štiri postaj ob štirih vzorčenjih v letu 2003 je pokazale vedno najvišje srednje vrednosti TRIX za postajo 000K (izjema avgustovski mesec).

### **3.1.2 Prednostni in indikativni parametri**

Skupini prednostnih in indikativnih parametrov predstavljamo skupaj, saj gre za spojine – kemične onesnaževalce, ki najbolj odražajo kemijski status nekega okolja. Poleg tega se določeni parametri (npr. težke kovine) pojavljajo tako na listi prednostnih kot indikativnih parametrov, zato jih je smiselno podajati skupaj.

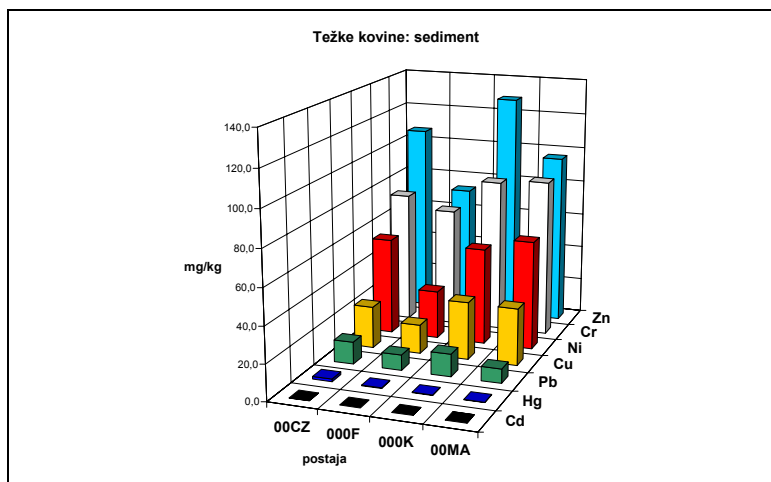
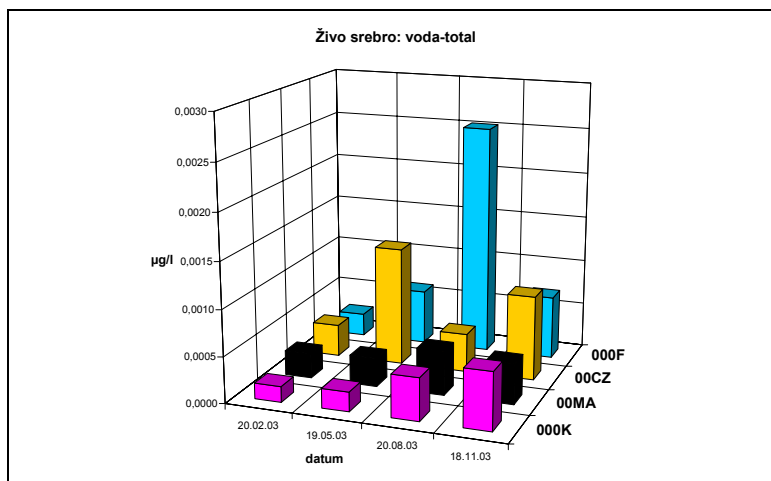
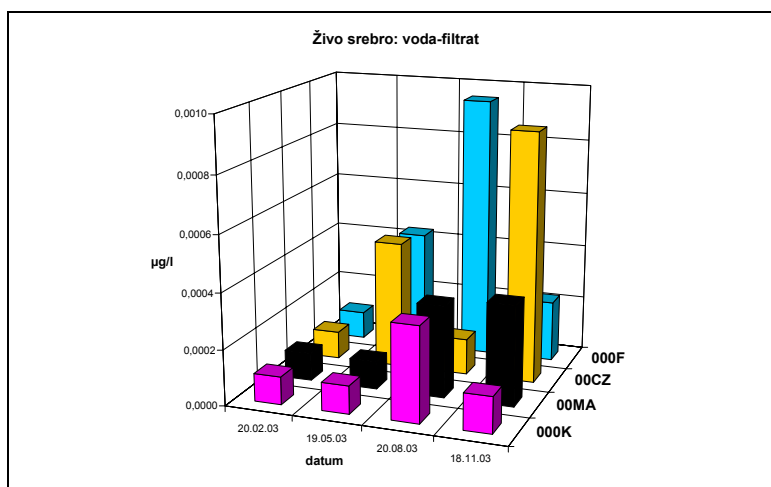
#### **Težke kovine**

Sedem težkih kovin smo določali v vodi (filtrat in total) in sedimentu. Razen maloštevilčnih izjem so bile koncentracije topnega deleža kovin v vodi na vseh štirih postajah in štirih vzorčenjih pod mejo detekcije metode (88% vseh meritev). To velja za cink (<5,0 µg/l), kadmij (<0,2 µg/l), nikelj (<1,0 µg/l) in svinec (<1,0 µg/l). Topna deleža bakra in kroma v vodi sta bila le enkrat oz. trikrat kvantitativno določena, sicer pa vedno pod mejo detekcije (<0,4 µg Cu/l oz. <0,2 µg Cr/l).

Le v primeru živega srebra smo lahko pri več kot polovici meritev topni delež tudi kvantitativno določili (Sl. 19). Meritve v februarju so bile na vseh postajah pod mejo detekcije (<0,0001 µg/l), potem pa so se koncentracije, zlasti v avgustu in novembru, v površinskem sloju povečale. Najvišje koncentracije topnega deleža Hg smo izmerili avgusta na postaji 000F (0,00095 µg/l), visoke pa so bile tudi novembra na postaji 00CZ (0,00090 µg/l). Postaja 000F (njen površinski sloj) je bila v povprečju najbolj obremenjena z živim srebrom (0,00043±0,00038 µg/l), le nekoliko manj postaja 00CZ (0,00040±0,00037 µg/l), najmanj pa postaji 000K (0,00017±0,00012 µg/l) in 00MA (0,00022±0,00014 µg/l), ki predstavljata dodatni merilni mesti. Pri računanju srednjih vrednosti smo upoštevali nedoločljive koncentracije pod mejo detekcije kot vrednost 0,00010 µg/l.

Podobno je bilo pri meritvah celotnega deleža koncentracij težkih kovin. Koncentracije svinca ter z izjemo ene meritve tudi niklja, kadmija in cinka, so bile pod mejo detekcije metode. Raklo povišane koncentracije bakra in kroma smo izmerili le trikrat. oz štirikrat. Največ celotnega deleža bakra smo izmerili na postaji 00MA v februarju (1,5 µg/l), kroma pa na postaji 00CZ v avgustu (2,2 µg/l). Koncentracije živega srebra v celotnem, nefiltriranem vzorcu površinskega sloja vode, so bile v vseh primerih kvantitativno določene (Sl. 19) in velik del je odpadel na

suspendirano frakcijo. Porazdelitev celotnega deleža Hg na posameznih postajah in v posameznih mesecih je podobna porazdelitvi topnega deleža Hg.



**Sl. 19: Koncentracije živega srebra v vodi (topni in celotni delež) in koncentracije težkih kovin v sedimentu, izmerjene na štirih postajah obalnega morja v letu 2003.**



Najnižje koncentracije smo na vseh postajah izmerili v februarju, nato so narasle, vendar smo najvišje vrednosti na posameznih postajah izmerili vedno v različnem mesecu. Absolutno najvišjo vrednost Hg smo določili avgusta na postaji 000F (0,00252 µg/l); visoko koncentracijo smo izmerili tudi maja na postaji 00CZ (0,00129 µg/l). Podobnosti s topnim deležem Hg se kažejo tudi pri povprečnih koncentracijah. Najbolj obremenjena je bila postaja 000F (0,00102±0,00102 µg/l), skoraj trikrat manjše povprečne koncentracije Hg pa smo izračunali za postaji 000K in 00MA (0,00037±0,00021 µg/l in 0,00038±0,00010 µg/l). Povprečne koncentracije Hg na postaji 00CZ so bile vmes med obema skrajnostima (0,00075±0,00044 µg/l).

Rezultati analiz težkih kovin v zgornjem sloju sedimenta (2 cm) kažejo drugačno sliko kot tisti v vodi (Sl. 19). Vse vrednosti so bile nad mejo detekcije metode. Upoštevajoč mejne vrednosti za posamezno kovino, so bile koncentracije kadmija najnižje, daleč najvišje pa v primeru živega srebra. V nasprotju z (nizkimi) koncentracijami kovin v vodi in njihovimi povprečnimi vrednostmi, smo najvišje koncentracije skoraj vseh kovin izmerili na postaji 000K v Koprskem zalivu. Sediment te postaje je vseboval največ bakra, cinka, kroma, svinca in kadmija (zelo nizke koncentracije te kovine tudi na vseh postajah) ter visoke vrednosti niklja. Sledila je postaja 00MA. Nasprotno pa so bile koncentracije živega srebra na teh dveh postajah najnižje (0,274 in 0,164 mg/kg), daleč najvišje pa na postaji 00CZ (1,470 mg/kg). Za postajo 000F, kjer smo izračunali najvišje povprečne koncentracije kovin v vodi, je bil značilen najmanj obremenjen sediment s težkimi kovinami, le živega srebra smo določili več kot v Koprskem in Piranskem zalivu (0,388 mg/kg).

### **Halogenirane organske spojine**

Halogenirane organske spojine smo določali na dveh postajah (000F in 00CZ) v vodi in sedimentu. V obeh matriksih, na vseh postajah in ob vseh vzorčenjih so bile koncentracije pod mejo detekcije uporabljenih metod.

### **Pesticidi in metaboliti**

To skupino kemičnih onesnaževalcev morske vode smo prav tako določali na postajah 000F in 00CZ, vendar le v vzorcih morske vode. Izmerjene koncentracije so bile vedno pod mejo detekcije.

### **Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH)**

PAH-e smo določali na postajah 000K in 00MA v vodi (4-krat) in sedimentu (enkrat). Koncentracije vseh različnih policikličnih aromatskih ogljikovodikov v vodi so bile vedno pod mejo detekcije, le februarske vrednosti naftalena so bile rahlo povišane (0,015 µg/l na postaji 000K in 0,012 µg/l na postaji 00MA).

Vsebnost PAH-ov v sedimentu, vzorčenih v novembru, je bila na obeh merilnih mestih zmerno povišana in med seboj primerljiva (Tab. 15). V obeh primerih gre najverjetneje za vpliv pomorskega prometa - Luke Koper na postaji 000K in Marine Portorož na postaji 00MA - verjetno pa nekaj prispevata tudi mesti Koper in Piran. Med PAH-i so prevladovale spojine, ki so bolj značilne za pirogeni izvor. Tako so bile nekoliko višje koncentracije pirena in fluorantena, predstavnika ogljikovodikov pirogenega izvora. Takšen izvor PAH-ov pa še potrjujejo PAH-i z več kondenziranimi aromatskimi obroči (benzo, dibenzo in indeno derivati).

**Tab. 15: Koncentracije PAH-ov v zgornjem sloju sedimenta na postajah 000K in 00MA (vzorčenje 18.11.2003).**

<b>PAH</b>	<b>000K (mg/kg)</b>	<b>00MA (mg/kg)</b>
Naftalen	0,007	0,015
Acenaftilen	<0,001	<0,001
Acenaften	0,003	<0,001
Fluoren	0,010	0,012
Fenantren	0,007	0,018
Antracen	0,019	0,022
Fluoranten*	0,041	0,020
Piren	0,070	0,075
Benzo(a)antracen	0,032	0,030
Krizen	0,074	0,055
Benzo(b)fluoranten*	0,051	0,030
Benzo(k)fluoranten*	0,032	0,023
Benzo(a)piren*	0,027	0,029
Benzo(g,h,i)perilen*	0,029	0,030
Dibenzo(a,h)antracen	0,019	0,017
Indeno(1,2,3-c,d)piren*	0,021	0,051

## **3.2 MONITORING KAKOVOSTI BRAKIČNIH VODA**

### **3.2.1 Splošni parametri**

Podatke za splošne parametre, merjene v brakičnih vodah, podajamo v tabelah. Slikovni prikaz vseh rezultatov je v formatu Excel v datoteki **Grafi03\_brakicne.xls**. Osnovno merilno mesto je bilo v estuariju Rižane (0ERI), referenčno pa v ustju reke Dragonje (0EDR).

**Tab. 16: Vrednosti splošnih parametrov, merjenih v površinskem sloju vode na postajah 0ERI in 0EDR. Datumi vzorčenj so podani v Tabeli 9.**

Postaja		0ERI				0EDR			
Parameter	Enota	FEB	MAJ	AVG	NOV	FEB	MAJ	AVG	NOV
Temp.	°C	7,12	17,41	27,84	13,80	7,97	18,09	27,80	14,27
Slanost		36,50	37,23	37,31	33,24	37,49	38,02	37,88	38,05
pH		8,27	8,19	8,21	8,27	8,29	8,19	8,23	8,27
Prosojnost	m	4,0	1,5	2,5	4,0	1,1	1,9	3,0	3,0
O <sub>2</sub>	mg/l	9,02	7,05	6,54	7,74	8,28	8,70	7,80	7,60
% O <sub>2</sub>	%	86,8	92,3	102,8	92,0	97,2	115,8	122,8	93,9
BPK <sub>5</sub>	mg/l	0,59	3,47	2,14	1,56	0,54	1,71	1,80	0,91
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	μmol/l	3,02	4,58	6,45	9,29	1,02	0,28	1,48	1,88
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	μmol/l	3,04	1,38	2,13	52,82	3,55	0,76	1,31	3,93
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	μmol/l	0,47	0,22	0,17	0,40	0,34	0,04	0,06	0,16
TN	μmol/l	26,61	43,14	53,52	69,17	20,31	24,43	26,81	27,43
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	μmol/l	0,24	0,38	0,17	1,16	0,20	0,13	0,06	0,14
TP	μmol/l	0,41	0,96	1,18	1,57	0,27	0,30	0,28	0,29
SiO <sub>4</sub> <sup>4-</sup>	μmol/l	6,07	17,96	36,42	17,47	5,25	3,25	9,67	3,45
TSS	mg/l	2,49	3,90	4,47	3,84	2,69	1,54	1,92	1,82
POC	%	7,46	11,30	13,31	9,92	9,88	12,54	5,98	18,32

V Tabeli 16 predstavljamo vrednosti splošnih parametrov, merjenih 4-krat v letu na postajah 0ERI in 0EDR. Vzorčevali smo le zgornji sloj vode na globini 0,3 m oz. v sloju znižane površinske slanosti. Ena glavnih značilnosti tega vzorčevanja je ta, da ti dve postaji ne odražata pravih brakičnih razmer, saj so bile slanosti visoke, značilne za morsko vodo. Le v novembru smo na postaji 0ERI vzorčili nekoliko oslajen vodni sloj (33,42). Delno so k temu prispevali tudi zelo nizki pretoki, ki so zaznamovali velik del lanskega leta; kljub vsemu smo se na podlagi teh rezultatov odločili, da ti

dve merilni mesti v letošnjem letu spremenimo in se pomaknemo navzgor po obeh rečnih strugah.

V splošnem so bile vrednosti oz. koncentracije merjenih parametrov višje v estuariju Rižane v primerjavi z izlivom Dragonje in tudi višje v primerjavi s “pravim” morskim okoljem. Na veliko vsebnost delcev na postaji 0ERI z največjo globino 9,8 m v primerjavi s postajo 0EDR, kaže majhna prosojnost vodnega stolpca v estuariju Rižane v dveh mesecih (1,5-2,5 m), medtem ko smo dno postaje 0EDR videli s prostim očesom. Kisikove razmere, tako koncentracije raztopljenega plina kot nasičenost in  $BPK_5$ , ne kažejo posebnosti. Nižje vrednosti  $BPK_5$  na postaji 0EDR odražajo manj obremenjeno okolje z organsko snovjo, razpoložljivo za bakterijsko razgradnjo.

Postaji se močno razlikujeta tudi po koncentracijah hranilnih snovi. Koncentracije hranilnih snovi na postaji 0EDR so primerljive z “morskimi” postajami, medtem ko so vrednosti na postaji 0ERI bistveno višje. Primerjali smo površinski sloj postaje 000K, ki je najbližje postaji 0ERI in kjer tudi pričakujemo vpliv reke Rižane na to območje obalnega morja. Vrednosti amonija, anorganskega fosfata in skupnega fosfata so bile mnogo višje na postaji 0ERI, koncentracije silikata in skupnega dušika pa nekoliko povečane. Koncentracije nitrata so bile približno enake v estuariju in morju. Zanimivo je tudi dejstvo, da smo viške hranilnih snovi na obeh postajah praviloma zabeležili v enakih mesecih.

Najvišje koncentracije skupne suspendirane snovi na postaji 0EDR smo določili v februarju (2,69 mg/l), na postaji 0ERI pa meseca avgusta (4,47 mg/l). Najvišja izmerjena vrednost TSS v primeru estuarija Rižane sovпада z najvišjim deležem organskega ogljika (13,31%), medtem ko smo v vzorcih na izlivu Dragonje določili najvišjo vsebnost organskega ogljika v novembru (18,32%). Primerjava koncentracij TSS na postajah 0ERI in 000K kaže na nekoliko povečane vsebnosti suspendirane snovi v estuariju Rižane, predvsem v avgustu in novembru, medtem ko so bili deleži POC na tej postaji vedno nižji kot na površini Koprškega zaliva.

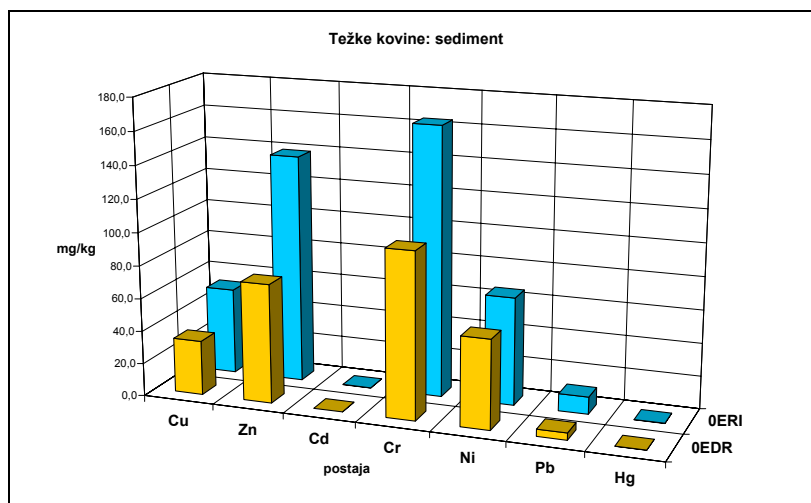
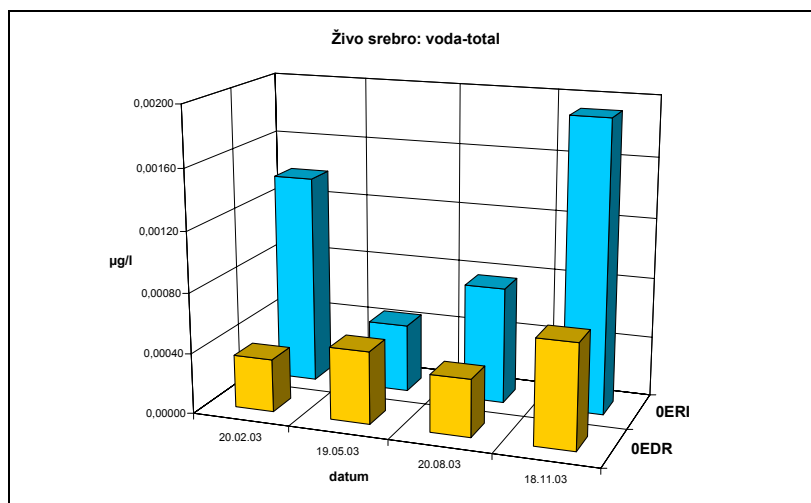
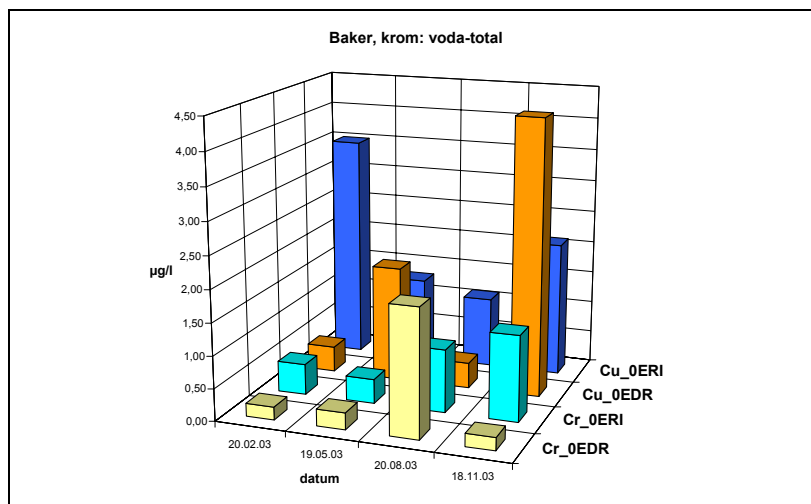
### **3.2.2 Prednostni in indikativni parametri**

Tako kot v programu za monitoring morja, tudi pri brakičnih vodah podajamo prednostne in indikativne parametre skupaj.

#### **Težke kovine**

Topni deleži težkih kovin v vodi so bili v večini primerov pod mejo detekcije; to velja predvsem za kadmij, nikelj, svinec in cink. V ostalih primerih so bile koncentracije le malo nad mejo detekcije. Tudi celotni deleži kadmija in svinca so bili pod mejo detekcije, nikelj in cink pa smo kvantificirali le v treh oz. dveh primerih. Zato slikovno prikazujemo (Sl. 20) samo celotne deleže tistih kovin, ki smo jih številčno ovrednotili ob vseh meritvah (živo srebro) oz. v večini primerov (baker, krom). Koncentracije bakra in kroma so bile v povprečju nekoliko višje na postaji 0ERI ( $2,0 \pm 1,1$   $\mu\text{g Cu/l}$  in  $0,79 \pm 0,44$   $\mu\text{g Cr/l}$ ) kot na postaji 0EDR ( $1,7 \pm 1,8$   $\mu\text{g Cu/l}$  in  $0,66 \pm 0,88$   $\mu\text{g Cr/l}$ ), vendar smo najvišje absolutne koncentracije teh kovin izmerili na izlivu reke Dragonje ( $4,3$   $\mu\text{g Cu/l}$  v novembru in  $1,97$   $\mu\text{g Cr/l}$  v avgustu). Koncentracije Hg v vodi, tako povprečne kot absolutne, pa so bile veliko večje v estuariju Rižane ( $0,00113 \pm 0,00065$   $\mu\text{g Hg/l}$  na 0ERI in  $0,00048 \pm 0,00015$   $\mu\text{g Hg/l}$  na 0EDR). Najvišjo koncentracijo Hg smo izmerili novembra na postaji 0ERI ( $0,00192$   $\mu\text{g/l}$ ), visoko vrednost pa smo določili tudi v februarju ( $0,00139$   $\mu\text{g/l}$ ). Najvišja koncentracije na postaji 0EDR ni presegla  $0,00070$   $\mu\text{g Hg/l}$ .

Tudi analize vzorcev sedimenta so pokazale večjo vsebnost težkih kovin na postaji 0ERI (Sl. 20). Vrednosti na postaji 0ERI so bile od 1,2- do 2,8-krat večje kot na postaji 0EDR.



**Sl. 20: Koncentracije celotnih deležev najbolj reprezentativnih kovin v vodi (baker, krom, živo srebro) ter koncentracije vseh težkih kovin v sedimentu, izmerjene na dveh postajah brakičnih voda v letu 2003.**

### **Halogenirane organske spojine**

Meritve halogeniranih organskih spojin v vodi so bile vedno pod mejo detekcije uporabljenih metod. Le v februarju smo v površinskem sloju obeh brakičnih postaj izmerili rahlo povišane koncentracije triklorometana (0,5 µg/l na postaji 0ERI in 0,7 µg/l na postaji 0EDR).

Tudi novembrske meritve halogeniranih organskih spojin v sedimentu kažejo zelo nizke vsebnosti teh spojin, tj. pod mejo detekcije metode, v zgornjem sloju sedimenta obeh postaj.

### **Pesticidi in metaboliti**

Vrednosti pesticidov in metabolitov v vodi so bile vedno pod mejo detekcije metode.

### **Detergenti**

Tudi koncentracije anioaktivnih detergentov v estuariju Rižane in na izlivu Dragonje so bile nizke in jih le v enem primeru nismo mogli kvantificirati (<0,025 mg MBAS/l). Koncentracija nad mejo detekcije metode je bila določena na postaji 0ERI v februarju (0,028 mg/l).

### 3.3 MONITORING KAKOVOSTI VODE ZA ŽIVLJENJE IN RAST MORSKIH ŠKOLJK IN MORSKIH POLŽEV

Parametri tega programa monitoringa so razdeljeni v dve skupini: parametri onesnaženja in parametri kakovosti. Vendar jih v tem poročilu prikazujemo po sklopih glede na frekvenco vzorčenja in matriks.

V Tabeli 18 so zbrani podatki o parametrih, ki so bili merjeni 4-krat letno na dveh merilnih mestih na območju školjčič v Strunjanskem (0024) in Piranskem zalivu (0035).

Tab. 18: Vrednosti fizikalnih, kemičnih in mikrobioloških parametrov, merjenih v površinskem sloju vode na postajah 0024 in 0035. Datumi vzorčenj so podani v Tabeli 13.

Parameter	Postaja	0024				0035			
	Enota	FEB	MAJ	AVG	SEP	FEB	MAJ	AVG	SEP
Temp.	°C	7,57	18,33	27,76	21,01	7,56	17,62	27,77	21,09
pH		8,19	8,20	8,21	8,15	8,28	8,20	8,19	8,25
TSS	mg/l	2,96	7,05	4,21	3,40	1,27	6,39	2,33	2,58
FK <sup>1</sup>	št./100 ml	<3	5	<3	5	<3	<3	<3	<3
Mineral. olja <sup>2</sup>	µg/l	5	5	130	5	5	5	5	7

<sup>1</sup> prvo vzorčenje za fekalne koliformne bakterije je bilo v marcu

<sup>2</sup> prvo vzorčenje za mineralna olja je bilo v aprilu

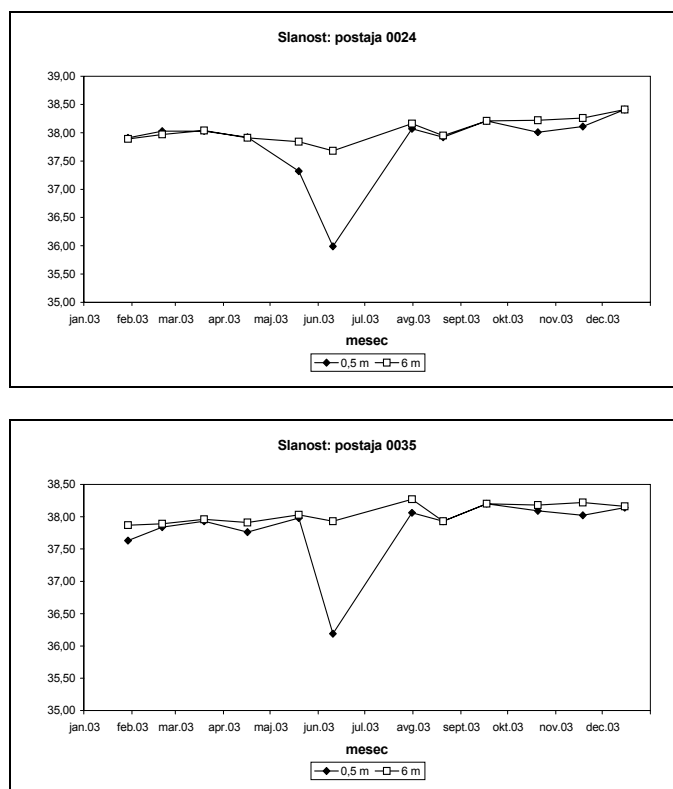
Število fekalnih koliformnih bakterij je bilo v skoraj vseh analizah pod vrednostjo 3 FK/100ml, kar kaže na dobre sanitarne razmere na področju gojišč školjk v Seči in Strunjanu. Nekoliko boljše so bile razmere v Seči (postaja 0035), medtem ko smo v Strunjanu (postaja 0024) v dveh primerih prešteteli 5 FK/100 ml. Koncentracije mineralnih olj so bile v polovici primerov nizke (glede na mejo detekcije metode - 4 µg/l), le v avgustu smo v površinskem sloju postaje 0024 izmerili visoko koncentracijo. Ta vrednost je mogoče precenjena zaradi napak pri vzorčevanju (čistost posod).

#### Slanost in kisik

Vrednosti slanosti in koncentracije raztopljenega kisika so bile na postajah 0024 in 0035 podobne kot na postajah obalnega morja. Letni potek je prikazan na Slikah 21 in 22. Najnižjo površinsko slanost (35,99) smo izmerili v juniju na postaji 0024 (Sl. 21);

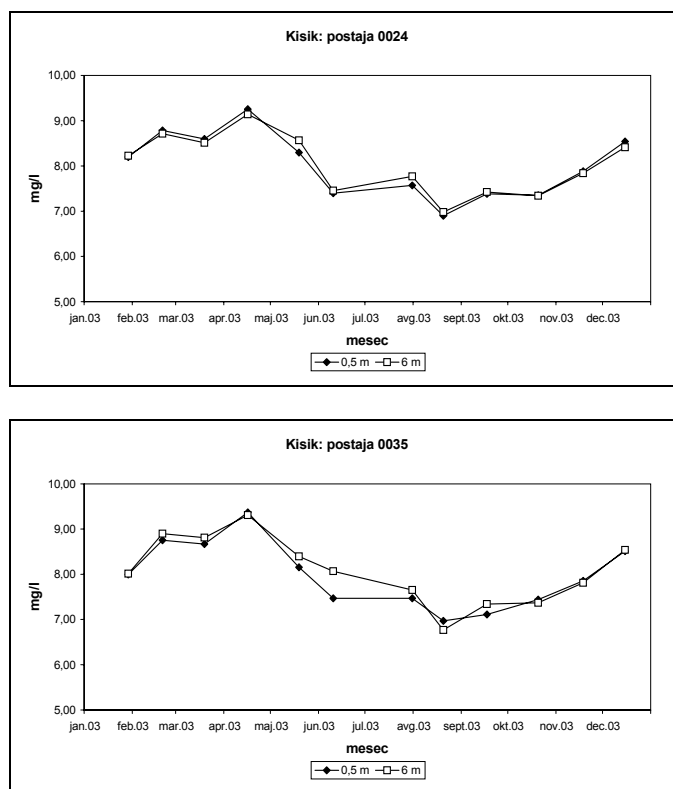


ta padec je bil značilen tudi za postajo 0035 (36,19). Na globini 6 m se vpliv sladke vode, tako v juniju ali kateremkoli drugem mesecu, ni poznal.



**Sl. 21: Porazdelitev slanosti morske vode na območjih gojišč školjk (postaji 0024 in 0035) v letu 2003.**

Koncentracije raztopljenega kisika (Sl. 22) so bile zelo podobne na obeh postajah (letne povprečne vrednosti  $8,02 \pm 0,67$  mg/l na postaji 0024 in  $8,03 \pm 0,72$  mg/l na postaji 0035). Najnižje koncentracije smo izmerili avgusta v površinskem sloju postaje 0024 (6,90 mg/l) in na globini 6 m na postaji 0035 (6,77 mg/l). Najvišje vrednosti so bile značile za marec (9,25-9,37 mg/l). Razlike med površinskim slojem in slojem na globini 6 m so bile zelo majhne. Nasičenost s kisikom je bila zelo visoka in vedno nad 90%; izjema sta bili le meritvi v januarju na postaji 0035. V nekaterih mesecih so bile kisikove razmere supersaturirane (do 155% nasičenosti s kisikom).

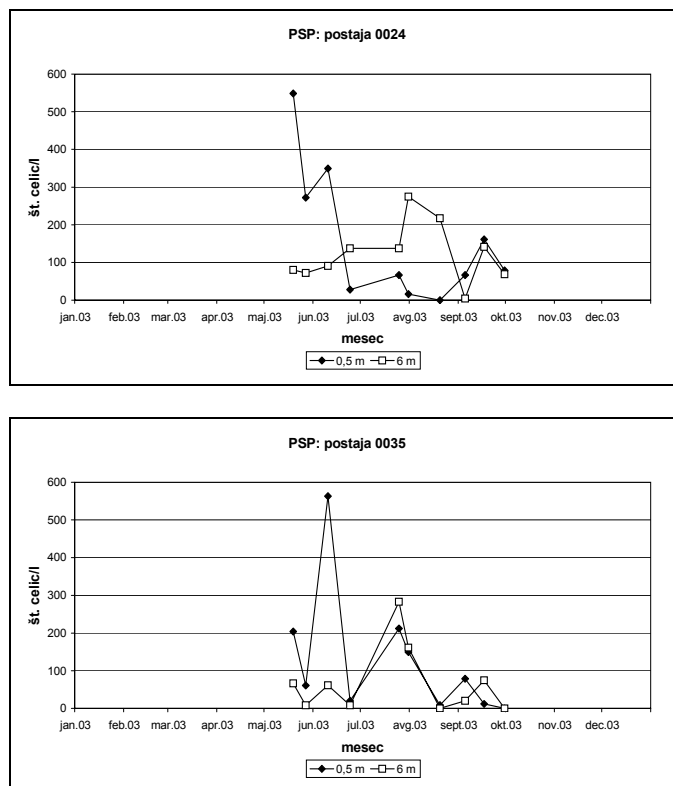


**Sl. 22: Koncentracije raztopljenega kisika na območjih gojišč školjk (postaji 0024 in 0035) v letu 2003.**

### **Toksični fitoplankton**

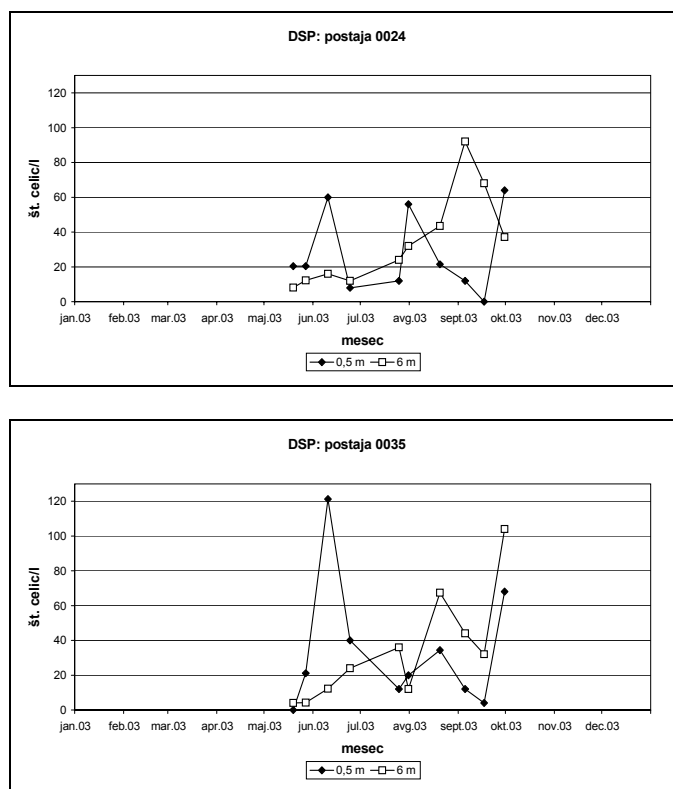
Številčnost potencialnih povzročiteljev PSP zastrupitve iz rodu *Alexandrium* je v vzorčevalnem obdobju nihala med 0 in 548 cel./l na postaji 0024 ter med 0 in 563 cel./l na postaji 0035 (Sl. 23). V površinskem sloju smo višek abundance zabeležili maja na postaji 0024 in skoraj mesec dni kasneje na postaji 0035. Na globini 6 m je rod *Alexandrium* dosegel višek na obeh postajah šele v juliju, abundance pa so bile nižje kot pri viških v površinskem sloju. V površinskem sloju vode so se visoke vrednosti nad 200 cel./l pojavljale od maja do junija, nato so večinoma padle pod 100 cel./l in se ohranile na nizkih vrednostih do konca vzorčevalnega obdobja. Izjema je bil ponovni dvig konec julija na postaji 0035. Nasprotno pa v sloju 6 m nismo zabeležili visokih vrednosti v maju in juniju; abundanca je na obeh postajah narasla šele julija. Največja razlika med obema slojema je bila ravno v času majskega in junijskega viška. Absolutno najvišje vrednosti abundance *Alexandriuma* so bile vedno dosežene na postaji 0035. Med najdenimi osebki iz rodu *Alexandrium* smo do vrste

določili le *A. pseudogonyaulax*, katerega pojavljanje je bilo omejeno na mesec junij, z viškom 61 cel./l. V ostalih mesecih se ta vrsta v vzorcih ni pojavljala oziroma smo opazili le posamične osebke. Glavni delež abundance PSP povzročiteljev so predstavljali drugi predstavniki rodu *Alexandrium*.



**Sl. 23: Abundanca toksičnih dinoflagelatov iz rodu *Alexandrium* (PSP povzročitelj) na območjih gojišč školjk (postaji 0024 in 0035) v letu 2003.**

Popolnoma drugačna je bila dinamika vrst iz rodu *Dinophysis*, ki je znan kot povzročitelj DSP zastrupitev. Dinoflagelat *Prorocentrum lima*, ki tudi izloča DSP toksine, se je v celotnem vzorčevalnem obdobju pojavil le v enem vzorcu v zelo nizkem številu. Med vrstami iz rodu *Dinophysis* pa smo med majem in septembrom 2003 določili le štiri, za naše morje najbolj značilne in najpogostejše vrste: *D. caudata*, *D. fortii*, *D. rotundatum* in *D. sacculus*. V nekaj primerih osebkov nismo mogli določiti do vrste in smo jih uvrstili v kategorijo *Dinophysis* spp. Vse štiri vrste so imele v vzorčevalnem obdobju zelo raznoliko dinamiko in so različno prispevale k celokupnemu številu DSP celic. To število je nihalo med 0 in 92 cel./l na postaji 0024 ter med 0 in 121 cel./l na postaji 0035 (Sl. 24).



Sl. 24: Abundanca toksičnih dinoflagelatov iz rodu *Dinophysis* (DSP povzročitelji) na območjih gojišč školjk (postaji 0024 in 0035) v letu 2003.

Višek abundance *Dinophysisa* na postaji 0024 smo zabeležili na globini 6 m, medtem ko je bil višek na postaji 0035 v površinskem sloju v juniju. Število celic, povzročiteljev DSP, je v površinskem sloju obeh postaj skokovito naraslo že takoj na začetku vzorčevalnega obdobja in vrednosti so dosegle običajni pozno-spomladanski višek v prvi polovici junija. K temu je v največji meri prispeval *D. sacculus*, saj je večinoma dosegal 100% delež v vzorcih. Po junijskem višku je število celic na postaji 0024 v naslednjem mesecu padlo in ob koncu julija ponovno naraslo na junijske vrednosti. K temu je skoraj v celoti prispeval *D. caudata* (86% celotnega števila). Tega porasta na postaji 0035 nismo zasledili. Ob zadnjem vzorčenju smo na obeh postajah ponovno opazili porast števila celic povzročiteljev DSP, ki ga je na postaji 0024 tvoril *D. fortii* (50%), skupaj z nekaterimi neidentificiranimi vrstami (20%) in *D. rotundatum* (10%), na postaji 0035 pa *D. rotundata* z 41% skupnega števila, *D. fortii* z 29%, neidentificirani predstavniki z 18% in *D. caudata* z 12%. V primerjavi s površinskim slojem je bila dinamika na globini 6 m popolnoma drugačna, vendar podobna na obeh postajah. Pozno-pomladnega viška v tem sloju vode nismo zasledili,

saj so vrednosti začele naraščati šele avgusta. Na postaji 0024 so dosegle višek v začetku septembra, ko sta ga tvorila *D. caudata* s 65% in *D. rotundata* s 35% celotnega števila. Na postaji 0035 pa je bil višek ob zadnjem vzorčenju, ki so ga tako kot na površini tvorile različne vrste *Dinophysisa*.

V slovenskem morju se pojavljata tudi potencialno strupena dinoflagelata *Lingulodinium polyedra* in *Gonyaulax grindleyi*, ki izločata yessotoksine. *Lingulodinium polyedra* se je leta 2003 pojavljal večinoma v maju in juniju, na postaji 0024 je višek dosegel že maja (61 cel./l), na postaji 0035 pa junija s kar 174 cel./l. Pojavljanje te vrste je bilo večinoma omejeno na površinski sloj. *G. grindleyi* smo v vzorcih opazili predvsem v prvi polovici vzorčevalnega obdobja. Višek je v površinskem sloju obeh postaj dosegel proti koncu junija z 28 cel./l, po tem pa smo ga v vzorcih opazili le občasno. Podobno dinamiko smo opazili tudi na globini 6 m.

### **Težke kovine**

Težke kovine smo določali v vodi (celotni delež), sedimentu in organizmih. Rezultati meritev so prikazani v Tabeli 19.

**Tab. 19: Koncentracije težkih kovin v vodi, sedimentu in organizmih (školjke *Mytilus galloprovincialis*) na postajah 0024 in 0035. Datumi vzorčenj so podani v Tabeli 13.**

Parameter	0024			0035		
	MAR	MAJ	SEP	MAR	MAJ	SEP
VODA						
As (µg/l)		2,6	3,8		2,5	3,7
Cu (µg/l)		<0,4	5,0		<0,4	3,8
Zn (µg/l)		<5,0	28,8		<5,0	10,8
Cd (µg/l)		<0,2	2,3		<0,2	3,2
Cr (µg/l)		0,22	<0,2		<0,2	<0,2
Ni (µg/l)		<1,0	<1,0		<1,0	<1,0
Ag (µg/l)		<10,0	<10,0		<10,0	<10,0
Pb (µg/l)		<1,0	<1,0		<1,0	<1,0
Hg (µg/l)		0,00109	0,0011		0,00045	0,0017
SEDIMENT						
Cd (mg/kg)			0,117			0,119
Hg (mg/kg)			0,150			0,106
ŠKOLJKE						
Cd (mg/kg)	0,83		1,07	0,80		0,74
Hg (mg/kg)	0,121		0,134	0,096		0,114

Več kot polovica vseh meritev težkih kovin v vodi je bila pod mejo detekcije metode. To velja za nikelj, srebro, svinec in krom (le na 0035), ki so bili vedno najdeni v sledih na obeh postajah, ob spomladanskem vzorčenju pa še baker, cink in kadmij. Koncentracije kovin, ki smo jih lahko kvantificirali, so bile praviloma višje na postaji 0024 (izjema kadmij). Največje razlike so bile v primeru cinka ob septembrskem vzorčenju. Koncentracije živega srebra so bile v večini primerov 10-krat večje od meje detekcije (0,0001 µg/l). Najnižjo vsebnost živega srebra smo izmerili maja v površinskem sloju postaje 0035.

Vsebnost kadmija v zgornjem sloju sedimenta je bila podobna na obeh postajah, medtem ko je bilo živega srebra nekoliko več na postaji 0024. Tudi školjke s postaje 0024 so vsebovale večje koncentracije težkih kovin kot tiste s postaje 0035. Na obeh postajah so bile koncentracije nekoliko višje v septembru (izjema kadmij na postaji 0035).

### **Halogenirane organske spojine**

Koncentracije halogeniranih organskih spojin, ki smo jih vzorčevali dvakrat v letu v površinskem sloju morja na območjih gojišč školjk, prikazujemo v Tabeli 20.

**Tab. 20: Koncentracije halogeniranih organskih spojin v vodi na postajah 0024 in 0035. Datumi vzorčenj so podani v Tabeli 13.**

Parameter	0024		0035	
	FEB	SEP	FEB	SEP
1,2-dikloretan	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
heksaklorobenzen	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
heksaklorobutadien	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
α-HCH	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
β-HCH	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
γ-HCH	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
δ-HCH	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
tetrakloroeten	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
trikloroeten	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
triklorometan	2,0	<0,3	<0,3	<0,3

Razen ene meritve triklorometana v februarju na postaji 0024, so bile vse koncentracije pod mejo detekcije metode.

## 4 LITERATURA

- Bendschneider, K. & R.J. Robinson. 1952. *J. Marine Res.* 2, 1.
- Grasshoff, K. 1970. Technicon Paper (69I-57).
- Grasshoff, K., M. Ehrhardt & K. Kremling. 1983. *Methods of Seawater Analysis*. 2<sup>nd</sup>, Revised and Extended Edition. Verlag Chemie, 419 pp.
- Hedges, J.I. & J.H. Stern. 1984. Carbon and nitrogen determinations in carbonate - containing solids. *Limnol. Oceanogr.*, 29: 657-663.
- Holm-Hansen, O., C.J. Lorenzen, R.W. Holmes & J.D.H. Strickland. 1965. Fluorimetric determination of chlorophyll. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer.*, 30: 3-15.
- Horvat, M., T. Zvonarič & P. Stegnar. 1986. Optimization of a wet digestion method for the determination of mercury in blood by cold vapour absorption spectrometry (CV AAS). *Vestn. Slov. Kem. Društ.* 33(4): 475-486.
- Horvat, M., V. Lupšina & B. Pihlar. 1991. Determination of total mercury in coal fly ash by gold amalgamation cold vapour atomic absorption spectrometry. *Anal. Chim. Acta*, 243: 71-79.
- Koroleff, F. 1969. ICES, C. M. 1969/C: 9 (mimeo).
- Koroleff, F. 1970. ICES, Interlab. Rep. 3: 19-22.
- Koroleff, F. 1971. ICES, C. M. 1971/C: 43 (mimeo).
- Mozetič, P. & L. Lipej. 2002. Izvajanje monitoringa kakovosti morja za leto 2001. Zaključno poročilo. (Poročila MBP – Morska biološka postaja, 30). Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja Piran, 2002, 84 str.
- Mozetič, P. & L. Lipej. 2003. Izvajanje monitoringa kakovosti morja za leto 2002. Letno poročilo. (Poročila MBP – Morska biološka postaja, 46). Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja Piran, 2003, 81 str.
- Murphy, J. & J.P. Riley. 1962. *Analytica chim. Acta* 27: 31-36.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastwaters. 13<sup>th</sup> ed. 1971. American Public Health Association. American Water Works Association. Water Pollution Control Federation. Inc., New York, 1971, 874 pp.
- Ščančar, J. R. Milačič, M. Benedik & P. Bukovec. 1999. Problems related to determination of trace elements in spent continuous ambulatory peritoneal dialysis fluids by electrothermal atomic absorption spectrometry. *Clin. chim. Acta*, 283: 139-150.
- Ščančar, J. R. Milačič, M. Benedik & P. Bukovec. 2000a. Determination of trace elements and calcium in bone of the human iliac crest by atomic absorption spectrometry. *Clin. chim. Acta*, 293: 187-197.
- Ščančar, J. R. Milačič, I. Falnoga, M. Čemažar & P. Bukovec. 2000b. Use of nitric acid in sample pretreatment for determination of trace elements in various biological samples by ETAAS. *J. pharm. biomed. anal.*, 22: 993-1002.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommung der Quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mit. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol.*, 9: 1-38.
- UNEP/IOC/IAEA, 1992. Determination of petroleum hydrocarbons in sediments. Reference Methods for Marine Pollution Studies No. 20. UNEP. Copenhagen.
- UNEP/WHO. 1995a. Guidelines for monitoring the quality of coastal recreational and shellfish areas.

UNEP/WHO. 1995b. Determination of faecal coliforms in sea water by the membrane filtration (MF) culture method. Reference Methods for Marine Pollution Studies No. 3.

Vollenweider, R.A., F. Giovanardi, G. Montanari & A. Rinaldi. 1998. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. *Environmetrics* 9(3): 329-357.

Winkler, L.W. 1888. *Ber. dtsh. chem. Ges.*, 21: 2843-2855.