

## **KAZALO**

|          |                                                                                        |           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>UVOD</b>                                                                            | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>MATERIAL IN METODE</b>                                                              | <b>7</b>  |
| 2.1      | <i>VZORČENJE</i>                                                                       | 7         |
| 2.1.1    | <b>Monitoring kakovosti morja</b>                                                      | 7         |
| 2.1.2    | <b>Monitoring kakovosti brakičnih voda</b>                                             | 12        |
| 2.1.3    | <b>Monitoring kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev</b> | 15        |
| 2.2      | <i>METODE</i>                                                                          | 18        |
| <b>3</b> | <b>REZULTATI</b>                                                                       | <b>23</b> |
| 3.1      | <i>MONITORING KAKOVOSTI MORJA</i>                                                      | 23        |
| 3.1.1    | <b>Splošni parametri</b>                                                               | 23        |
| 3.1.2    | <b>Prednostni in indikativni parametri</b>                                             | 63        |
| 3.2      | <i>MONITORING KAKOVOSTI BRAKIČNIH VODA</i>                                             | 66        |
| 3.2.1    | <b>Splošni parametri</b>                                                               | 66        |
| 3.2.2    | <b>Prednostni in indikativni parametri</b>                                             | 68        |
| 3.3      | <i>MONITORING KAKOVOSTI VODE ZA ŽIVLJENJE IN RAST MORSKIH ŠKOLJK IN MORSKIH POLŽEV</i> | 71        |
| <b>4</b> | <b>LITERATURA</b>                                                                      | <b>80</b> |

## IZVLEČEK

Projektna naloga ***Izvajanje monitoringa kakovosti morja, brakičnih voda in voda za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev v letu 2004*** je obsegala tri podprograme 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, živeli morski organizmi. Vsak podprogram je imel določeno število in tip merilnih mest, število in vrsto 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 – 00DR) in Rižane (osnovno merilno mesto - ERI2), 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).

Osnovne fizikalno-kemične lastnosti morske vode na štirih postajah obalnega morja so se razlikovale od tistih iz leta 2003, ki je bilo zaradi visokih temperatur, visoke slanosti in nizke fitoplanktonske biomase, izjemno. Tako je bilo leto 2004 spet znotraj meja vrednosti, ki jih ponavadi beležimo v Tržaškem zalivu. Najvišje temperature vode (25,8 do 26,7 °C) so bile izmerjene v avgustu, ko je bil vodni stolp tudi najbolj temperaturno razslojen z izrazito termoklino v sloju od 5 do 10 m. Najnižje temperature okoli 7,7 °C so bile izmerjene v marcu. Povečani sladkovodni vnosi v Tržaški zaliv (reke, padavine) in taljenje snežne odeje v spomladanskih mesecih, so imeli za posledico padec površinske slanosti, ki je bil največji v maju (< 28 psu) na osrednji postaji zaliva. Nižje slanosti v površinskem sloju ( $\approx$  36,5 psu) smo izmerili tudi v marcu, juniju in avgustu. Koncentracije raztopljenega kisika se navkljub velikemu padcu v poznopoletnih mesecih ( $\approx$  4,8 mg/l) niso nikoli približale hipoksičnim koncentracijam (< 2,86 mg/l). Sezonska dinamika različnih anorganskih in organskih hranil je odražala njihov izvor in poti kroženja. Tako smo viške nitrata praviloma izmerili v površinskem sloju v času slanostnih nizkov, najvišje koncentracije amonija, in tudi fosfata, pa smo določili v pridnenem sloju v poletno-jesenskih mesecih. Le-te koncentracije kažejo na razgradnjo nakopičene organske snovi v sloju pri dnu, ki je bil gostotno oddeljen od zgoraj ležečih slojev. Viške silikata smo izmerili tako v pridnenem (jesen: razgradnja), kot površinskem sloju (pomlad, pozna jesen: rečni vnosi). Takšna dinamika hranilnih snovi se je odražala na primarnih producentih, ki potrebujejo hranila za svojo rast in povečanje biomase. Povprečna fitoplanktonska biomasa v letu 2004 (1,55 – 1,92  $\mu$ g/l) je bila višja kot v letu 2003 (1,19 – 1,28  $\mu$ g/l), z značilnima sezonskima viškoma v spomladanskih (maj, junij) in jesenskih (november) mesecih, medtem ko je pridneni avgustovski višek označeval neporabljeno, posedeno biomaso. Ob spomladanskem povečanju koncentracij klorofila *a* in abundance fitoplanktona so prevladovali mikroflagelati, ob jesenskem pa diatomeje. Povprečne vrednosti TRIX indeksa za posamezen mesec in postajo v razponu od 2,96 do 4,96 odražajo visok do dober trofični status morja in se ne razlikujejo veliko od lanskoletnih vrednosti. Referenčna postaja 000F je bila na letni skali v povprečju najbolj oligotrofna. Analize kemičnih onesnaževalcev (PAH-i, težke kovine) v sedimentu so pokazale na največjo vsebnost živega srebra (0,515 mg/kg) na postaji 00CZ, ki pa je bila vseeno nižja kot v letu 2003. Nasprotno pa je bila vsebnost kadmija na vseh postajah večja kot v letu 2003. Primerjava med dodatnima merilnima mestoma je pokazala večjo obremenitev sedimenta z nekaterimi težkimi kovinami in PAH-i v Koprskem zalivu (000K) v primerjavi s postajo pred portoroško marino (00MA).

Merilni mesti na območju brakičnih voda smo v letu 2004 na novo določili, tako da smo ju prestavili iz pretežno morskega okolja bližje rečnim izlivom (estuarij Rižane: postaja ERI2) oz. strugam (spodnji tok Dragonje: postaja 00DR). Rezultati osnovnih fizikalno-kemičnih parametrov so pokazali, da je za postajo ERI2 značilno mešano morsko - sladkovodno okolje z veliki variiranjem slanosti v površinskem sloju in pa tudi vpliv bližnje Centralne čistilne naprave Koper. Nasprotno je bila postaja 00DR pod manjšim vplivom morja in je odražala geološke značilnosti podlage in poljedeljske aktivnosti v porečju Dragonje. Postaja ERI2 je bila kemično bolj onesnažena kot postaja 00DR, vsaj kar zadeva vsebnost težkih kovin v sedimentu. Vendar so bile koncentracije nekaterih kovin (živo srebro, svinec, nikelj) celo nižje

od tistih v morskih sedimentih. Anionaktivni detregenti v vodi so bili, podobno kot v letu 2003, blizu ali pod mejo detekcije metode.

Meritve kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev 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 večjih posebnosti. Vrednosti parametrov kakovosti so nakazovale dobre kisikove razmere, medtem ko so se mikrobiološke značilnosti teh območij v primerjavi z letom 2003 poslabšale. Na obeh odvzemnih mestih smo zaznali povečano fekalno onesnaženje vode, ki je bilo večje na školjčišču v Seči (postaja 0035). Tudi koncentracije težkih kovin, vendar le v sedimentu, so se povečale v primerjavi z letom poprej. Najbolj je izstopala koncentracija živega srebra, izmerjena na postaji 0035 (4,121 mg/kg). Abundanca in vrstna sestava toksičnega fitoplanktona sta bili podobni kot v prejšnjih letih.

## **1 UVOD**

Pričujoče delo je letno poročilo projektne naloge »Izvajanje monitoringa kakovosti morja, brakičnih voda in voda za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev v letu 2004«, kot to določa 1. točka 2. člena pogodbe št. 2523-04-500272, sklenjena med naročnikom, Ministrstvom za okolje in prostor, Agencija RS za okolje (v nadaljevanju MOP-ARSO) in izvajalcem, Nacionalnim inštitutom za biologijo, Morska biološka postaja Piran (v nadaljevanju NIB-MBP).

Zakonske podlage za izvajanje programa monitoringa v takšni obliki, kot bo predstavljen na naslednjih straneh, ki sta jih v letu 2002 pripravila Vlada Republike Slovenije oz. pristojno ministrstvo (MOP), so:

- **Uredba o kemijskem stanju površinskih voda (UL RS 11/02)** s pripadajočim pravilnikom, ki določa način in obseg izvajanja imisijskega monitoringa za površinske vode (**UL RS 42/02**);
- **Uredba o kakovosti vode za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev (UL RS 46/02)** s pripadajočim pravilnikom 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 vode za vzgojo lupinarjev.

Program monitoringa je razdeljen na tri podprograme oz. sklope, 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 podprograma 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 podprogram 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. Tako kot v letu 2003, smo tudi v 2004 izvajali pregledne meritve, ki so obsegale vse parametre, našete 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 smo prav tako izvajali meritve vseh parametrov na mreži merilnih mest, kot je to predvideno za imisijski monitoring.

V nasprotju s prejšnjim letom je v letu 2004 pri izvedbi monitoringa sodeloval samo en podizvajalec - Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Odsek za zanosti o okolju (v nadaljevanju IJS) (Tab. 1), medtem ko Zavod za zdravstveno varstvo iz Maribora tokrat ni sodeloval kot podizvajalec pogodbe št. 2523-04-500272. To poročilo zato tudi ne vključuje večine kemičnih parametrov z liste prednostnih in indikativnih parametrov. Potrebno pa je poudariti, da so vzorčevanja za **vse parametre**, ki so našete v obeh pravilnikih, potekala istočasno s pomočjo raziskovalnega plovila NIB-MBP.

Rezultati monitoringa v letu 2004 so zbrani v tabeli v elektronski obliki Excel (**ARSO\_pod2004.xls**) in kot slikovno gradivo (**Grafi04\_CZ.xls**, **Grafi04\_F.xls**, **Grafi04\_K.xls**, **Grafi04\_MA.xls**, **Grafi04\_morje.xls**, **Grafi04\_brakicne.xls**, **Grafi04\_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\_metode04.xls**, kot to zahteva projektna naloga.

Podatki in poročilo so zaščiteni po določenih avtorskega prava, uporaba podatkov in tisk zunaj NIB-MBP in MOP-ARSO pa sta dovoljena le v obliki izvlečkov z navedbo vira.

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

| <b>Izvajalec</b>                                                                                             | <b>Ustanova</b> | <b>Parameter</b>                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------|
| dr. Patricija Mozetič                                                                                        | NIB-MBP         | vodja programa, toksični fitoplankton                    |
| dr. Oliver Bajt                                                                                              | NIB-MBP         | PAH-i v sedimentu                                        |
| dr. Nives Kovač<br>dr. Branko Čermelj                                                                        | NIB-MBP         | skupna suspendirana snov in partikulatni organski ogljik |
| dr. Valentina Turk                                                                                           | NIB-MBP         | mikrobiološki parametri                                  |
| Franc Kravos<br>Tihomir Makovec<br>Alma Hvala                                                                | NIB-MBP         | vzorčenje na terenu, CTD sonda, priprava terenov         |
| Mira Avčin<br>Silva Maslo                                                                                    | NIB-MBP         | splošni fizikalno-kemični parametri                      |
| Vladimir Bernetič                                                                                            | NIB-MBP         | skupna suspendirana snov in detergenti                   |
| Milijan Šiško                                                                                                | NIB             | fitoplankton                                             |
| dr. Milena Horvat, vodja odseka<br>Vesna Fajon<br>Darija Gibičar<br>dr. Radmila Milačič<br>dr. Janez Ščančar | IJS             | težke kovine                                             |

## 2 MATERIAL IN METODE

### 2.1 VZORČENJE

#### 2.1.1 Monitoring kakovosti morja

**Merilna mesta.** Mreža merilnih mest v programu monitoringa kakovosti morja obsega eno osnovno, eno referenčno in dve dodatni merilni mesti v slovenskem delu Tržaškega zaliva (Tab. 2). Osnovno merilno mesto je značilno za ugotavljanje kemijskega stanja določenega vodnega telesa in lahko tudi meji na teritorialne vode druge države (npr. Italija), kar velja za postajo 00CZ sredi Tržaškega zaliva (Sl. 1).



Sl. 1: Mreža merilnih mest treh programov nacionalnega monitoringa v letu 2004 v južnem 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.

Referenčno merilno mesto (000F) leži po dosedanjih podatkih na najmanj onesnaženem območju obalnega morja – v južnem delu Tržaškega zaliva, kjer je vpliv s kopnega najmanjši - in predstavlja referenčno točko za določanje meril za ugotavljanje kemijskega stanja površinskih voda. Dodatni merilni mesti ležita na območjih obalnega morja, ki sta pod vplivom enega ali več točkovnih, kot tudi netočkovnih virov onesnaženja. Merilno mesto 000K je v Koprskem zalivu, v neposredni bližini Luke 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>Zemljepisna širina (N)</b> | <b>Zemljepisna dolžina (E)</b> | <b>Globina postaje (m)</b> |
|----------------------|------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 00CZ                 | osnovno    | 45°37,40'                     | 13°37,93'                      | 24                         |
| 000F                 | referenčno | 45°32,30'                     | 13°33,00'                      | 21                         |
| 000K                 | dodatno    | 45°33,60'                     | 13°43,20'                      | 16                         |
| 00MA                 | dodatno    | 45°30,20'                     | 13°34,20'                      | 16                         |

**Frekvenca vzorčenja.** Slošne parametre smo vzorčili 12-krat v letu na osnovnem in referenčnem merilnem mestu, na dodatnih pa 4-krat letno (Tab. 3). 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. 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. Septembra oz. novembra v obdobju premešanega vodnega stolpa. V Tabeli 3 podajamo popis datumov vzorčevanj za posamezna merilna mesta, sklope parametrov in matriks za vse merjene parametre, ne glede na izvajalca meritev.



**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 |
|----------|---------------|----------|------------------|
| 20.01.04 | 00CZ          | voda     | S                |
|          | 000F          | voda     | S                |
| 18.02.04 | 00CZ          | voda     | S, P, I          |
|          | 000F          | voda     | S, P, I          |
|          | 000K          | voda     | S, P, I          |
|          | 00MA          | voda     | S, P, I          |
| 17.03.04 | 00CZ          | voda     | S                |
|          | 000F          | voda     | S                |
| 14.04.04 | 00CZ          | voda     | S                |
|          | 000F          | voda     | S                |
| 11.05.04 | 00CZ          | voda     | S, P, I          |
|          | 000F          | voda     | S, P, I          |
|          | 000K          | voda     | S, P, I          |
|          | 00MA          | voda     | S, P, I          |
| 15.06.04 | 00CZ          | voda     | S                |
|          | 000F          | voda     | S                |
| 14.07.04 | 00CZ          | voda     | S                |
|          | 000F          | voda     | S                |
| 10.08.04 | 00CZ          | voda     | S, P, I          |
|          | 000F          | voda     | S, P, I          |
|          | 000K          | voda     | S, P, I          |
|          | 00MA          | voda     | S, P, I          |
| 14.09.04 | 00CZ          | voda     | S                |
|          | 000F          | voda     | S                |
|          | 000K          | sediment | I                |
|          | 00MA          | sediment | I                |
| 14.10.04 | 00CZ          | voda     | S                |
|          | 000F          | voda     | S                |
| 17.11.04 | 00CZ          | voda     | S, P, I          |
|          |               | sediment | P                |
|          | 000F          | voda     | S, P, I          |
|          |               | sediment | P                |
| 000K     | voda          | S, P, I  |                  |
|          | sediment      | P, I     |                  |
| 00MA     | voda          | S, P, I  |                  |
|          | sediment      | P, I     |                  |
| 15.12.04 | 00CZ          | voda     | S                |
|          | 000F          | voda     | S                |

**Popis parametrov.** Parametri so razdeljeni v tri sklope: **splošni, prednostni in indikativni**. Splošni parametri vključujejo osnovne fizikalno-kemične in nekatere biološke parametre morske vode, indikativni in prednostni parametri pa so izključno kemični in dajejo največjo težo pri opisovanju kemijskega stanja obalnega morja. V

Tabelah 4-7 prikazujemo popis parametrov za posamezno merilno mesto in matriks, ki smo jih merili v okviru pogodbe skupaj s podizvajalcem IJS.

**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 |
|---------------|------------|----------|------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| 00CZ          | osnovno    | voda     | FIZ-KEM, Chl <i>a</i> , TRIX       | -                    | -                     |
|               |            | sediment | -                                  | kadmij, živo srebro  | -                     |
| 000F          | referenčno | voda     | FIZ-KEM, Chl <i>a</i> , FITO, TRIX | -                    | -                     |
|               |            | sediment | -                                  | kadmij, živo srebro  | -                     |
| 000K, 00MA    | dodatno    | voda     | FIZ-KEM, Chl <i>a</i> , TRIX       | -                    | -                     |
|               |            | sediment | -                                  | kadmij, živo srebro  | PAH, KOV              |

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

| Parameter                                                   |                                             |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| FIZIKALNO-KEMIČNI                                           | partikulatni organski ogljik (POC)          |
| temperatura zraka                                           | skupni dušik (TN)                           |
| temperatura vode                                            | amonij (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )      |
| pH                                                          | nitrit (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )      |
| električna prevodnost                                       | nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )      |
| kisik (O <sub>2</sub> )                                     | skupni fosfor (TP)                          |
| nasičenost s kisikom (% O <sub>2</sub> )                    | ortofosfat (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) |
| biokemijska potreba po kisiku v 5. dneh (BPK <sub>5</sub> ) | silikat (SiO <sub>4</sub> <sup>4-</sup> )   |
| prosojnost                                                  | BIOLOŠKI                                    |
| slanost                                                     | klorofil <i>a</i> (Chl <i>a</i> )           |
| skupna suspendirana snov (TSS)                              | število in sestava fitoplanktona            |
|                                                             | TRIX                                        |

Tab. 6: Seznam prednostnih parametrov v sedimentu.

| Parameter           |
|---------------------|
| <b>Težke kovine</b> |
| kadmij (Cd)         |
| živo srebro (Hg)    |

Tab. 7: Seznam indikativnih parametrov v sedimentu.

| Parameter                                         |                         |
|---------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH)</b> | benzo(a)piren*          |
| naftalen                                          | benzo(g,h,i)perilen*    |
| acenaftilen                                       | dibenzo(a,h)antracen    |
| acenaften                                         | indeno(1,2,3-c,d)piren* |
| fluoren                                           | PAH* - skupaj           |
| fenantren                                         | PAH - vsota             |
| antracen                                          | <b>Težke kovine</b>     |
| fluoranten*                                       | baker (Cu)              |
| piren                                             | cink (Zn)               |
| benzo(a)antracen                                  | krom (Cr)               |
| krizen                                            | nikelj (Ni)             |
| benzo(b)fluoranten*                               | svinec (Pb)             |
| benzo(k)fluoranten*                               |                         |

**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 previdno natočili v Winklerjeve stekleničke, podvzorce za ostale kemične in biološke parametre pa smo razdelili iz skupne 5-litrške steklenice 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), na 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, 5, 15 m).

Prednostne in indikativne parametre smo analizirali le v sedimentu. Vzorce sedimenta (zgornji 2-cm sloj, 2 paralelki) smo jemali z gravitacijskim korerjem s plastično (za

težke kovine) ali kovinsko cevjo (za PAH-e). Vzorce 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 predpisuje isti 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 bila v letu 2003 določena izliva dveh najpomembnejših rek, ki se stekata v morje – Rižana in Dragonja. Ustje reke Rižane s postajo 0ERI, ki ga geomorfološko lahko definiramo kot estuarij, je bilo izbrano za osnovno merilno mesto, na izlivnem območju reke Dragonje pa smo določili referenčno merilno mesto (0EDR). Vendar se je v obeh primerih, še posebej pa pri postaji 0EDR, izkazalo, da gre pravzaprav za morski okolji z visoko slanostjo, zato smo v letu 2004 določili novi merilni mesti (Tab. 8, Sl. 1). V estuariju reke Rižane smo se skušali čimbolj približati ustju reke – kolikor je bilo moč s plovilom zapluti proti strugi – in tako določili novo osnovno merilno mesto ERI2 v bližini »starega«. Na izlivnem območju Dragonje pa smo določili postajo v spodnjem toku reke (00DR) in, v nasprotju z letom 2003, vzorčevali s kopnega. Največja globina obeh merilnih mest je bila ob vsakem vzorčenju nekoliko drugačna zaradi različnega vodostaja rek in obsega plimovanja ob vzorčevanju. V povprečju je bila globina postaje ERI2 8,7 m, globina postaje 00DR pa okoli 1 m.

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

| <b>Merilno mesto</b> | <b>Tip</b> | <b>Zemljepisna širina (N)</b> | <b>Zemljepisna dolžina (E)</b> |
|----------------------|------------|-------------------------------|--------------------------------|
| ERI2                 | osnovno    | 45°33,52                      | 13°44,67                       |
| 00DR                 | referenčno | 45°27,53'                     | 13°37,60'                      |

**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 |
|----------|---------------|------------------|------------------|
| 18.02.04 | ERI2          | voda             | S, P, I          |
| 19.02.04 | 00DR          | voda             | S, P, I          |
| 10.05.04 | 00DR          | voda             | S, P, I          |
| 11.05.04 | ERI2          | voda             | S, P, I          |
| 10.08.04 | ERI2          | voda             | S, P, I          |
| 11.08.04 | 00DR          | voda             | S, P, I          |
| 17.11.04 | ERI2          | voda<br>sediment | S, P, I<br>P, I  |
| 18.11.04 | 00DR          | voda<br>sediment | S, P, I<br>P, I  |

**Popis parametrov.** Tako kot v programu monitoringa kakovosti morja, smo tudi tu merili vse splošne fizikalno-kemične parametre, iz sklopa prednostnih in indikativnih parametrov pa le anionaktivne detergente v vodi in težke kovine v sedimentu (Tab. 10-12).

**Tab. 10: Seznam splošnih fizikalno-kemičnih parametrov v vodi.**

| Parameter                                                   |                                             |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| temperatura zraka                                           | slanost                                     |
| temperatura vode                                            | skupna suspendirana snov (TSS)              |
| pH                                                          | partikulatni organski ogljik (POC)          |
| električna prevodnost                                       | skupni dušik (TN)                           |
| kisik (O <sub>2</sub> )                                     | amonij (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )      |
| nasičenost s kisikom (% O <sub>2</sub> )                    | nitrit (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )      |
| biokemijska potreba po kisiku v 5. dneh (BPK <sub>5</sub> ) | nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )      |
| prosojnost                                                  | skupni fosfor (TP)                          |
|                                                             | ortofosfat (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) |
|                                                             | silikat (SiO <sub>4</sub> <sup>4-</sup> )   |

**Tab. 11: Seznam prednostnih parametrov v sedimentu.**

| <b>Parameter</b>    |
|---------------------|
| <b>Težke kovine</b> |
| kadmij (Cd)         |
| živo srebro (Hg)    |

**Tab. 12: Seznam indikativnih parametrov v vodi in sedimentu.**

| <b>Parameter</b>               |
|--------------------------------|
| VODA                           |
| anionaktivni detergenti (MBAS) |
| SEDIMENT                       |
| <b>Težke kovine</b>            |
| baker (Cu)                     |
| cink (Zn)                      |
| krom (Cr)                      |
| nikelj (Ni)                    |
| svinec (Pb)                    |

**Vzorčenje.** Tudi postopek vzorčenja vode in sedimenta je bil enak kot pri monitoringu kakovosti 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 večini primerov je bila to globina 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 so gojišča užitne klapavice *Mytilus galloprovincialis* (Tab. 13, Sl. 1).

**Tab. 13:** 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                  |

**Popis parametrov in frekvenca vzorčenja.** Na obeh merilnih mestih smo izvajali imisijski monitoring, ki določa meritve vseh **parametrov onesnaževanja** in **parametrov kakovosti** ter njihove priporočene in mejne vrednosti. Popis merjenih parametrov je v Tabeli 14.

Frekvenca in globina vzorčenja sta bili za posamezne parametre različni (Tab. 15), 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 letno. Vzorčeni parametri in frekvenca vzorčenja sta bili za obe merilni mesti enaki.

Tab. 14: Seznam merjenih 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> )   |
| fekalne koliformne bakterije (FK)          |
| toksični fitoplankton - število in sestava |
| SEDIMENT                                   |
| kadmij (Cd)                                |
| živo srebro (Hg)                           |
| ORGANIZMI                                  |
| kadmij (Cd)                                |
| živo srebro (Hg)                           |

**Vzorčenje.** Postopek vzorčenja vode in sedimenta je bil enak kot pri monitoringu kakovosti morja. Vzorce vode smo zajemali s 5-litrsko Niskino posodo. 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 (0,5 m). 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 (20-25 školjk enakih dimenzij) smo pobrali ročno in jih shranili v polietilenske vreče.



**Tab. 15: Datumi vzorčenj in popis vseh vzorčenih parametrov na merilnih mestih 0024 in 0035 (HAB: toksični fitoplankton).**

| <b>Datum</b> | <b>Matriks</b> | <b>Parametri</b>                                                                            |
|--------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 20.01.04     | voda           | slanost, O <sub>2</sub>                                                                     |
| 18.02.04     | voda           | slanost, O <sub>2</sub> , temperatura, pH, TSS, FK, mineral.olja, halogen.org.spoj., kovine |
| 17.03.04     | voda           | slanost, O <sub>2</sub>                                                                     |
|              | organizmi      | Cd, Hg                                                                                      |
| 14.04.04     | voda           | slanost, O <sub>2</sub>                                                                     |
| 11.05.04     | voda           | slanost, O <sub>2</sub> , temperatura, pH, TSS, FK, mineral.olja, HAB                       |
| 26.05.04     | voda           | HAB                                                                                         |
| 15.06.04     | voda           | slanost, O <sub>2</sub> , HAB                                                               |
| 30.06.04     | voda           | HAB                                                                                         |
| 14.07.04     | voda           | slanost, O <sub>2</sub> , HAB                                                               |
| 28.07.04     | voda           | HAB                                                                                         |
| 10.08.04     | voda           | slanost, O <sub>2</sub> , temperatura, pH, TSS, FK, mineral.olja, HAB                       |
| 25.08.04     | voda           | HAB                                                                                         |
| 14.09.04     | voda           | slanost, O <sub>2</sub> , HAB                                                               |
|              | organizmi      | Cd, Hg                                                                                      |
|              | sediment       | Cd, Hg                                                                                      |
| 29.09.04     | voda           | HAB                                                                                         |
| 14.10.04     | voda           | slanost, O <sub>2</sub>                                                                     |
| 17.11.04     | voda           | slanost, O <sub>2</sub> , temperatura, pH, TSS, FK, mineral.olja, halogen.org.spoj., kovine |
| 15.12.04     | 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 morsko 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.

**Hranilne snovi.** Vodne raztopine različnih dušikovih, fosforjevih in silicijevih soli nastopajo v ionski obliki kot nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), amonij (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), anorganski fosfat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) in silikat (SiO<sub>4</sub><sup>4-</sup>). 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 zrnici 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.

**Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH).** 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 SiO<sub>2</sub> in Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in določili koncentracijo v obeh frakcijah. Točnost določanja smo preverili z analizo standardnega referenčnega materiala IAEA 408.

#### **Težke kovine.**

Kovine v sedimentu. Vzorce sedimentov (zgornji 2-cm sloj sedimenta) smo posušili na 30 °C, zmleli na cirkonijevem krogličnem mlinu in jih do analize shranili v

plastičnih prahovkah. Elemente Cd, Pb, Cr, Cu, Zn in Ni smo analizirali tako, da smo zatehtali pribl. 250 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 s tehniko elektrometrične atomske absorpcijske spektrometrije (ETAAS), Zn in Cu pa s FAAS pri optimalnih pogojih merjenja. Hg v sedimentu smo določili tako, da smo pribl. 150 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. Po razkroju smo vsebino kvantitativno dopolnili do značke (25,8 cm<sup>3</sup>) z Milli-Q vodo. Hg smo določili s tehniko atomske absorpcijske spektrometrije hladnih par (AAS HP). 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, ki je vseboval 20 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 100 °C 12 ur. Po razkroju smo vsebino kvantitativno dopolnili do značke (25,8 cm<sup>3</sup>) z Milli-Q vodo. Hg smo določili z AAS HP. 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 Standard Reference Material Mussel Tissue 2977).

***Biološki parametri.*** Koncentracija klorofila a (Chl a) je pokazatelj biomase fitoplanktona. Kocentracijo 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.*).

**Celotni fitoplankton.** Število ali abundanco in taksonomsko sestavo celotnega fitoplanktona smo določali pod invertnim mikroskopom po Utermöhlovi metodi (Utermöhl, 1958). Vzorce morske vode (1 l), zajete na treh globinah na postaji 000F (0, 5, 15 m) 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.*). Vzorce morske vode (1 l) smo zajeli na dveh globinah (0,5 in 6 m) na območju gojišč užitne klapavice (postaji 0024 in 0035) in konzervirali z 2% nevtraliziranim formalinom. 100 ml podvzorca smo pustili posedati 48 ur v sedimentacijski komorici. 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:

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

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 monitoringa podajamo posebej za vsak podprogram in za vsak sklop parametrov.

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

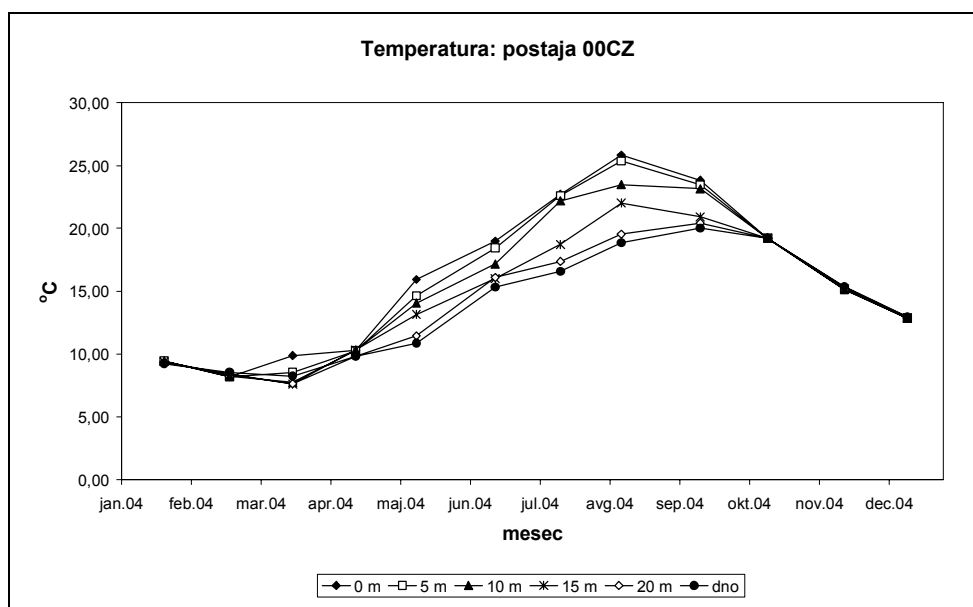
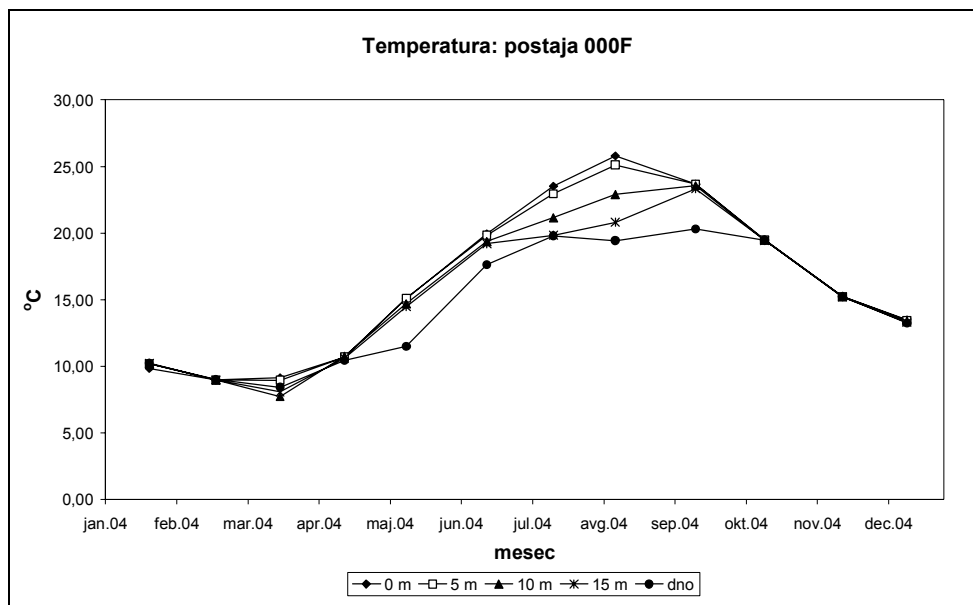
##### **3.1.1 Splošni parametri**

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**

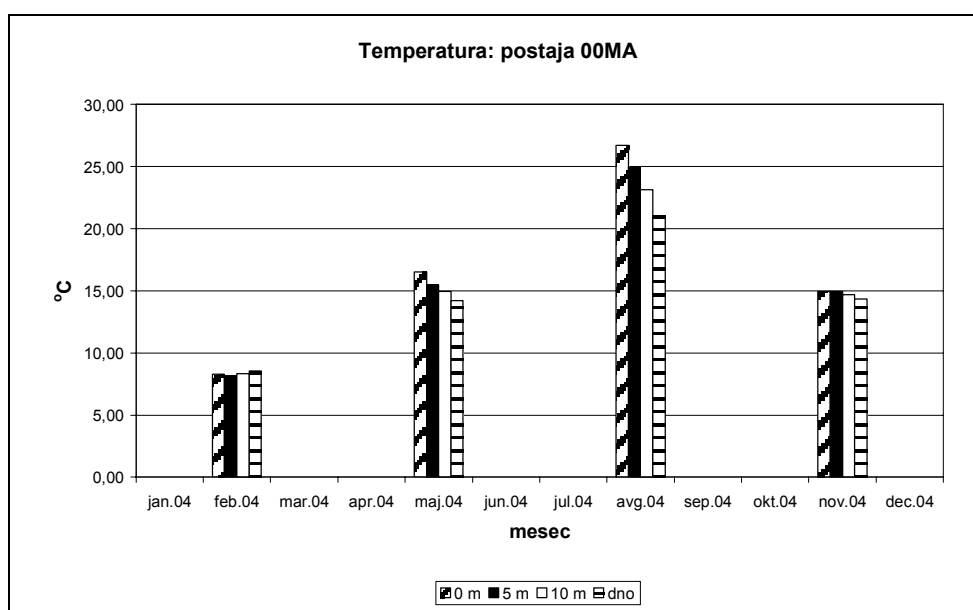
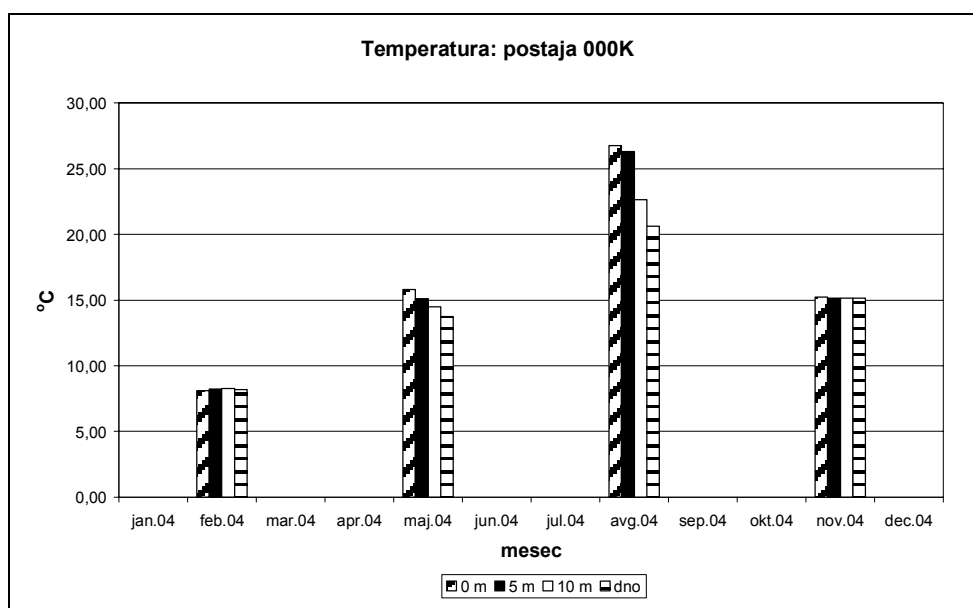
**Temperatura.** Temperatura morske vode, izmerjena na štirih postajah, je prikazana na Slikah 2 in 3. Najvišje temperature smo izmerili v mesecu avgustu na vseh postajah v površinskem sloju, vendar so bile za razliko od leta 2003, ko so presegle vrednosti 27 °C, v letu 2004 bistveno nižje: na zunanjih postajah, tj. 000F in 00CZ so bile najvišje vrednosti okoli 25,8 °C, na obeh notranjih postajah v Koprskem (000K) in Piranskem (00MA) zalivu pa za okoli stopinjo višje ( $\approx 26,7$  °C). Najnižja temperatura morske vode je bila izmerjena v marcu na postajah 000F in 00CZ v srednjem, 10 do 15-metrskem vodnem sloju. Ker v tem mesecu nismo vzorčili na obeh dodatnih postajah, so bile najnižje vrednosti s teh postaj izmerjene v februarju v zgornjem 5-metrskem sloju. Nizke vrednosti temperature  $\leq 10$  °C so bile značilne za prve štiri mesece leta 2004 in tako kot v prejšnjih letih, se je vodni stolpec pričel temperaturno razslojevati v maju. Tedaj so zgornji sloju (do globine okoli 15 m) dosegli temperaturo med 15 in 13 °C, pridneni sloj pa je bil še vedno razmeroma hladen (okoli 11 °C). Razlike med zgornjimi in spodnjimi sloji so bile nekoliko manjše na notranjih in plitvejših postajah (000K in 00MA z globino 16 m), pa tudi temperature so bile nekoliko višje v primerjavi z bolj odprtima in globljima postajama 000F in 00CZ. Razlike v temperaturah med zgornjimi sloji in pridnenim slojem so v poletnih mesecih samo še naraščale in bile največje v avgustu. V juliju je bila termoklina na globini med 10 in 15 m, z nadaljnjim segrevanjem ozračja in predvsem zgornjih vodnih slojev pa smo

izrazit temperaturni preskok v avgustu zabeležili v plitvejših slojih, v globini 5-10 m. Temperatura pridnenih slojev se je na globljih postajah šele v septembru dvignila nad 20 °C. Vodni stolp je bil spet popolnoma premešan od oktobra dalje.



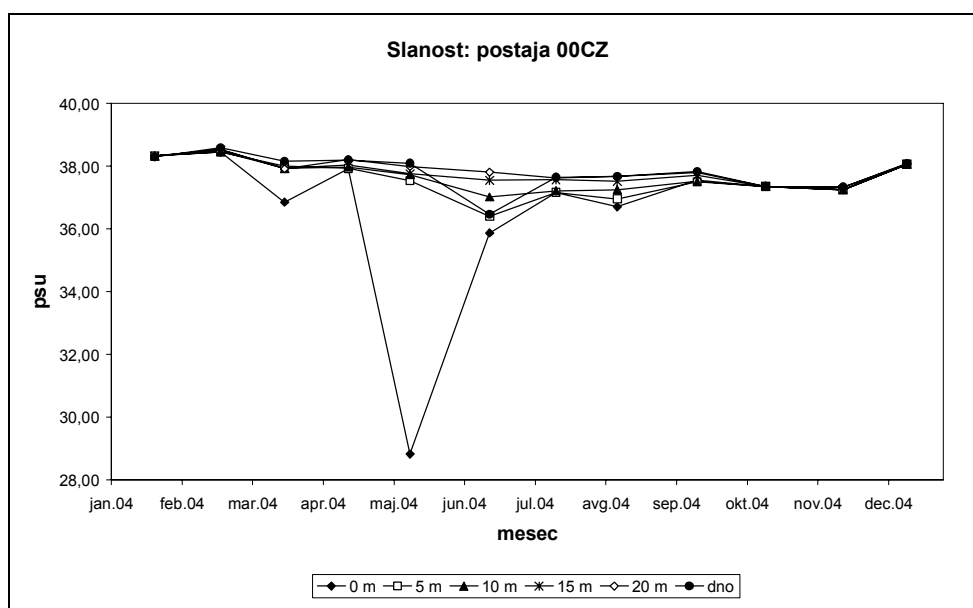
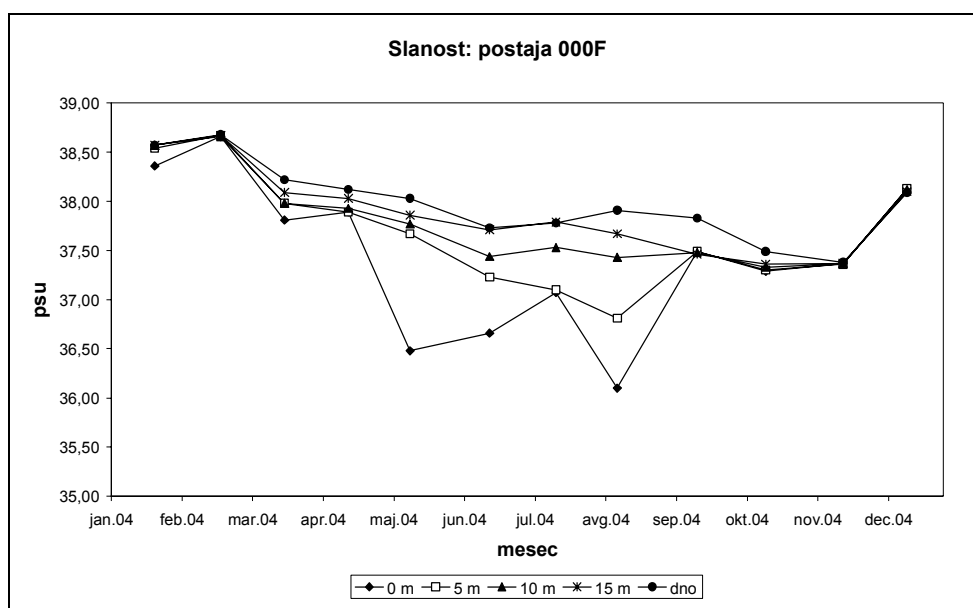
**Sl. 2:** Sezonska dinamika temperature morske vode na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2004.





**Sl. 3:** Meritve temperature morske vode na dodatnih merilnih mestih v letu 2004.

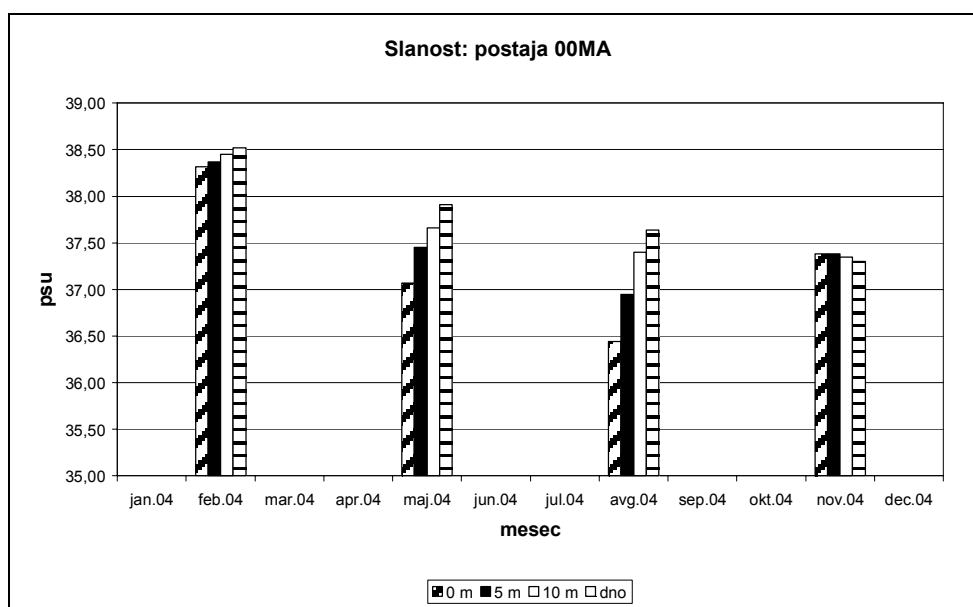
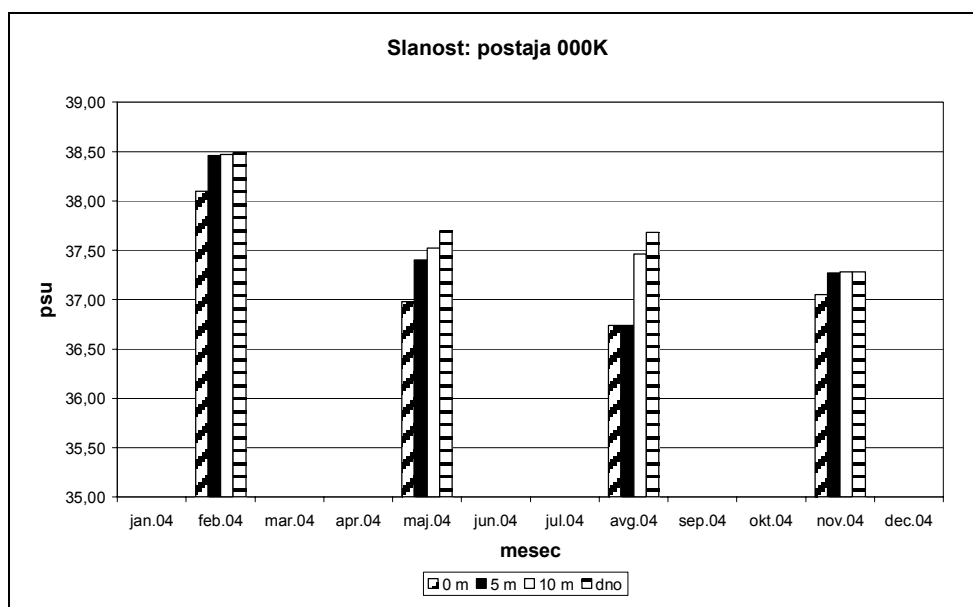
**Slanost.** V splošnem so največja nihanja slanosti zabeležena v površinskem sloju, kjer se najbolj kaže vpliv padavin in povečanih sladkovodnih pretokov; ta vpliv lahko ob izjemnih razmerah zaznamo tudi v globljih slojih vodnega stolpa (5-10 m). Najnižjo vrednost smo izmerili maja na postaji 00CZ na površini (28,82 psu), podoben padec, vendar z bistveno višjimi vrednostmi (36,48 psu) je bil zabeležen tudi na postaji 000F (Sl. 4).



**Sl. 4: Sezonska dinamika slanosti morske vode na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2004.**

Na dodatnih merilnih mestih majski nižek slanosti (okoli 37 psu) ni bil tako izrazit v primerjavi s postajama 000F in 00CZ (Sl. 5). Nižje površinske slanosti < 37 psu so bile značilne za celotno pozno spomladansko-poletno obdobje predvsem na postaji 000F, kjer smo v avgustu ponovno zabeležili padec slanosti (36,10 psu). V istem mesecu smo izmerili tudi najnižje vrednosti v površinskem sloju na postajah 000K

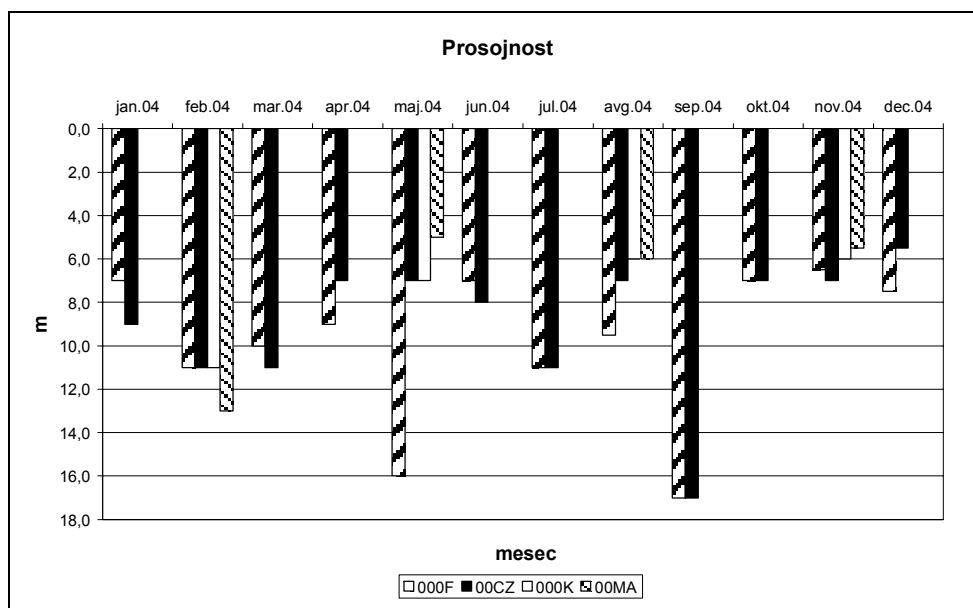
(36,74 psu) in 00MA (36,44 psu). Vpliv sladke vode je bil v avgustu zaznaven tudi v 5-metrskem sloju na vseh postajah (36,7-36,9 psu), na postaji 000F pa tudi v ostalih poletnih mesecih. Od septembra naprej vpliva sladke vode ni bilo več zaznati, saj so bile vse vrednosti > 37 psu, v decembru celo > 38 psu. Najvišje površinske slanosti so bile na vseh postajah izmerjene v februarju.



**Sl. 5: Meritve slanosti morske vode na dodatnih merilnih mestih v letu 2004.**

V splošnem kaže porazdelitev slanosti v letu 2004 na povečan vpliv sladke vode v spomladanskih mesecih z viškom v maju, kot posledica deževja in taljenja debele

snežne odeje v lanskem letu, nekoliko manj značilen za to območje pa je drugi sezonski nižek, izmerjen v avgustu.

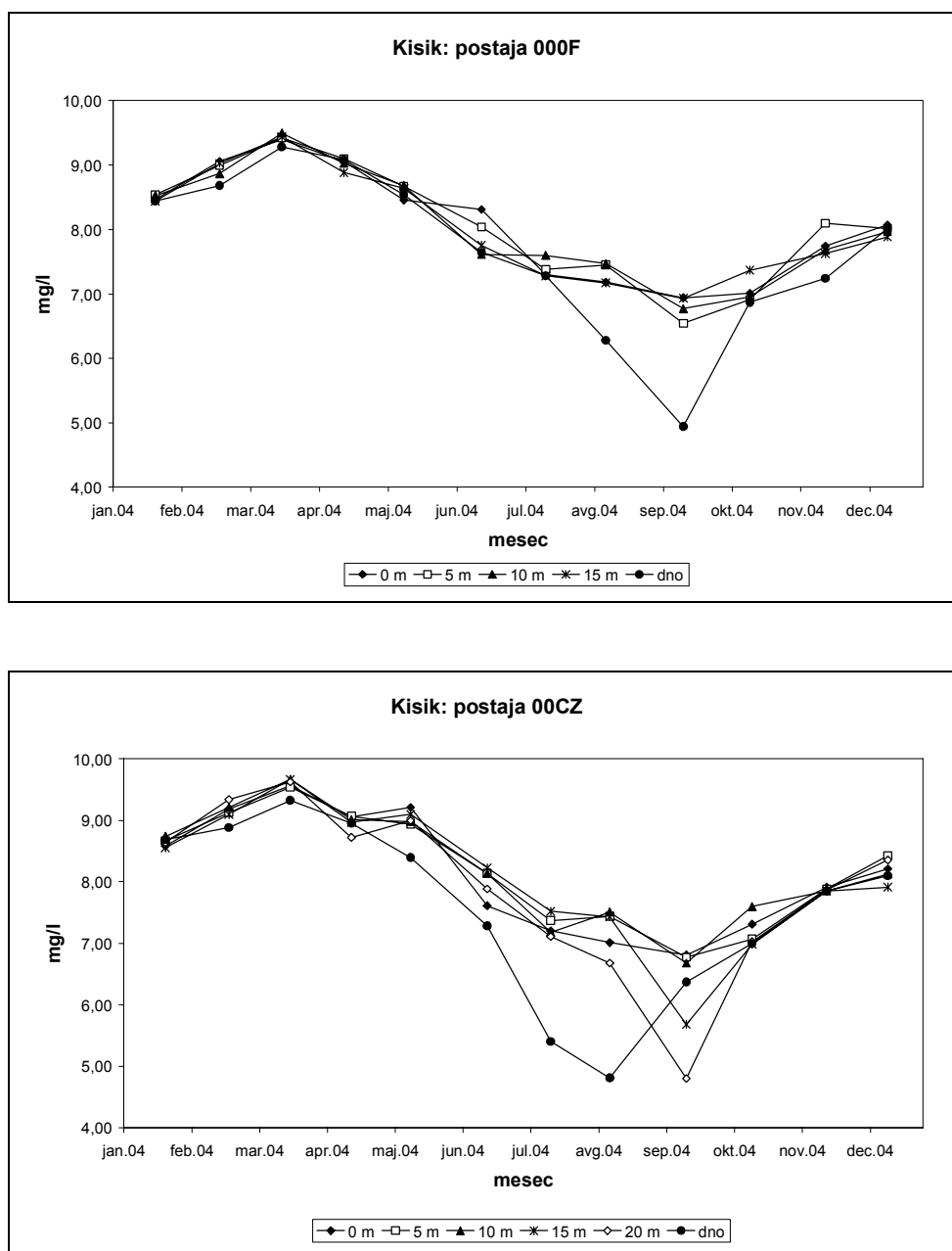


**Sl. 6: Prosojnost vodnega stolpa na štirih postajah obalnega morja v letu 2004.**

**Prosojnost.** Največjo prosojnost vodnega stolpa smo zabeležili v septembru, ko je bila globina Secchi plošče kar 17 m na postajah 000F in 00CZ (Sl. 6). Tako visokih vrednosti celo v letu 2003, ki je bilo izrazito sušno in revno s planktonsko biomaso ter drugimi lebdečimi delci, nismo zabeležili (Mozetič *et al.*, 2004). Veliko prosojnost smo izmerili tudi maja na postaji 000F (16 m), navkljub povečanemu vplivu sladke vode (posledično povečan vnos delcev) v tem mesecu. Najslabše razmere so bile značilne za jesensko-zimske mesece (oktober-december), pa tudi za mesece površinskih slanostnih nižkov na nekaterih postajah (npr. 00MA). V povprečju je vodni stolp vseboval najmanj delcev, ki vplivajo na prosojnost vode, na postaji 000F. Tu je bila povprečna globina Secchi plošče okoli 10 m, na postaji 00CZ pa približno en meter manj. Tudi v letu 2004 so bile, tako kot leto poprej, najslabše razmere na postaji 00MA (v povprečju 7,4 m), kjer smo izmerili tudi nasploh najmanjšo globino Secchi plošče, ki ni preseгла 5 m (maj).

## Kisik

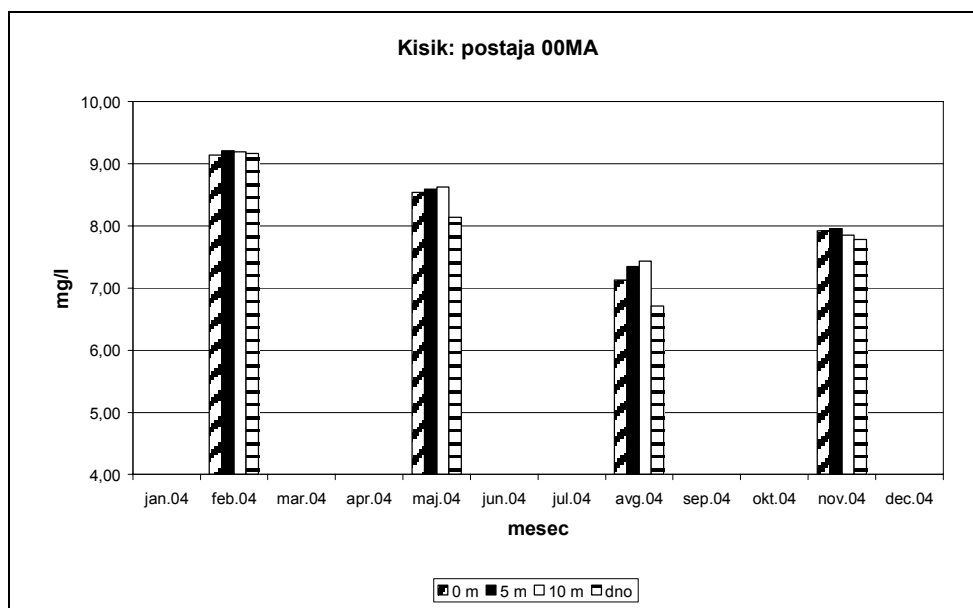
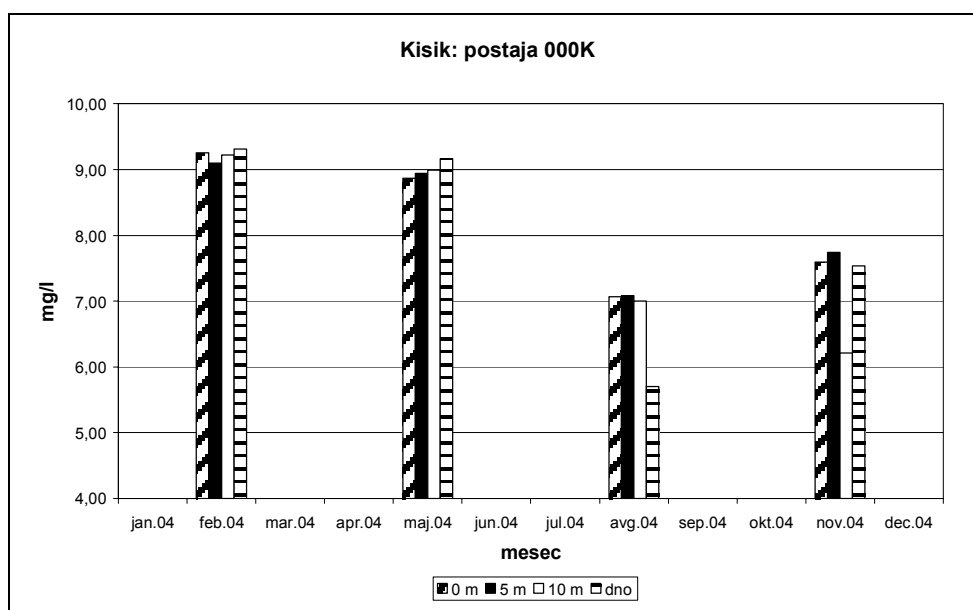
**Raztopljeni kisik.** Porazdelitev koncentracij raztopljenega kisika na postajah 000F in 00CZ je podobna (Sl. 7). Po marčevskem višku na globini 10-15 m (9,50 mg/l na postaji 000F in 9,67 mg/l na postaji 00CZ), je sledilo daljše obdobje postopnega upadanja vrednosti, ki so bile v povprečju najnižje v septembru (6,19 in 6,42 mg/l).



Sl. 7: Sezonska dinamika koncentracij raztopljenega kisika v vodi na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2004.

V oktobru je sledil znaten dvig koncentracij kisika, ki so do konca leta še naraščale, vendar niso dosegle zimskih vrednosti iz prvih treh mesecev leta 2004, ki sovpadajajo tudi z najnižjimi temperaturami morske vode.

Na obeh zunanjih postajah smo absolutne najnižje koncentracije kisika izmerili septembra, vendar na postaji 000F v pridnenem sloju (4,94 mg/l), na postaji 00CZ pa na globini 20 m (4,80 mg/l). Na tej postaji smo razmeroma nizke vrednosti izmerili tudi julija in avgusta v pridnenem sloju (< 5,5 mg/l).

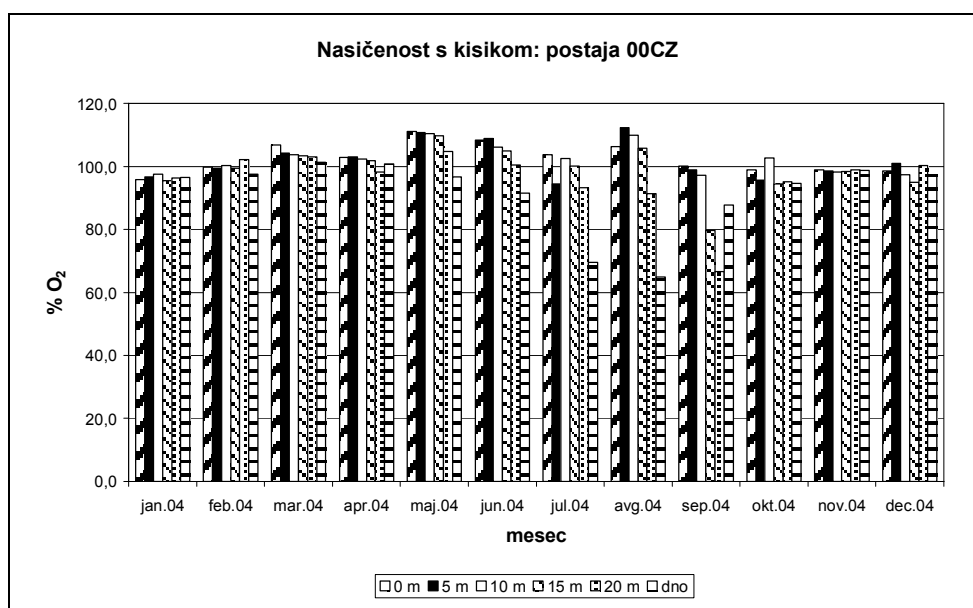
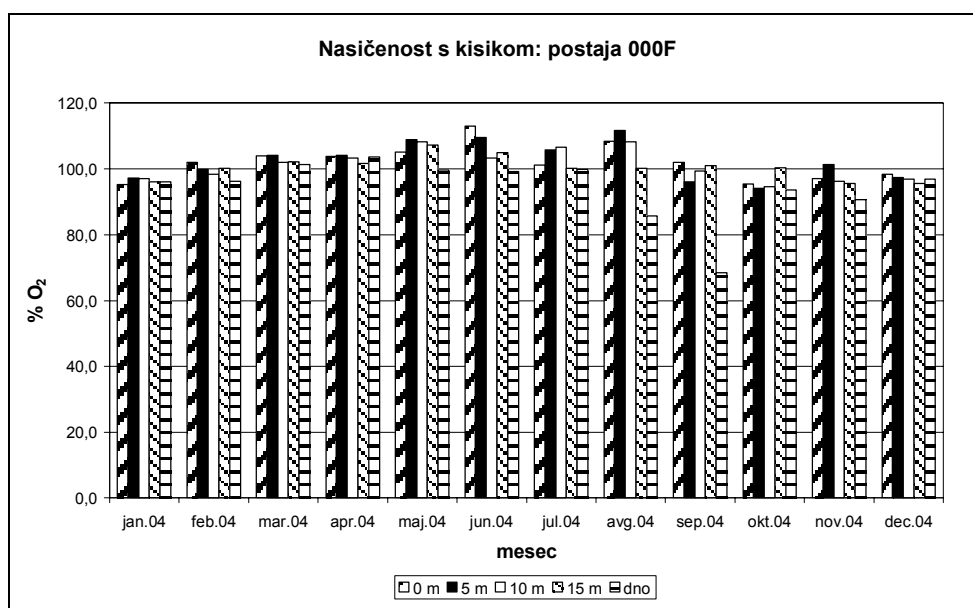


**Sl. 8: Meritve koncentracij raztopljenega kisika v vodi na dodatnih merilnih mestih v letu 2004.**

Ob štirikratnem vzorčenju na dodatnih merilnih mestih smo izmerili najvišje koncentracije v najhladnejšem mesecu – februarju (9,21-9,31 mg/l), najnižje pa avgusta v pridnenem sloju (Sl. 8). Razmere so bile slabše na postaji 000K v Koprskem zalivu (5,70 mg/l) kot pa na postaji 00MA v bližini Marine Portorož (6,71 mg/l). O kisikovih razmerah v septembru, mesecu najnižjih vsebnosti raztopljenega kisika, nimamo podatkov, ker na teh postajah ni bilo predvideno vzorčevanje. Vsekakor pa na osnovi vseh meritev iz leta 2004 ne moremo poročati o pomanjkanju kisika, saj so bile najnižje vrednosti okoli 4,8 mg/l daleč od mejne koncentracije, ki označuje hipoksične razmere (< 2,86 mg/l).

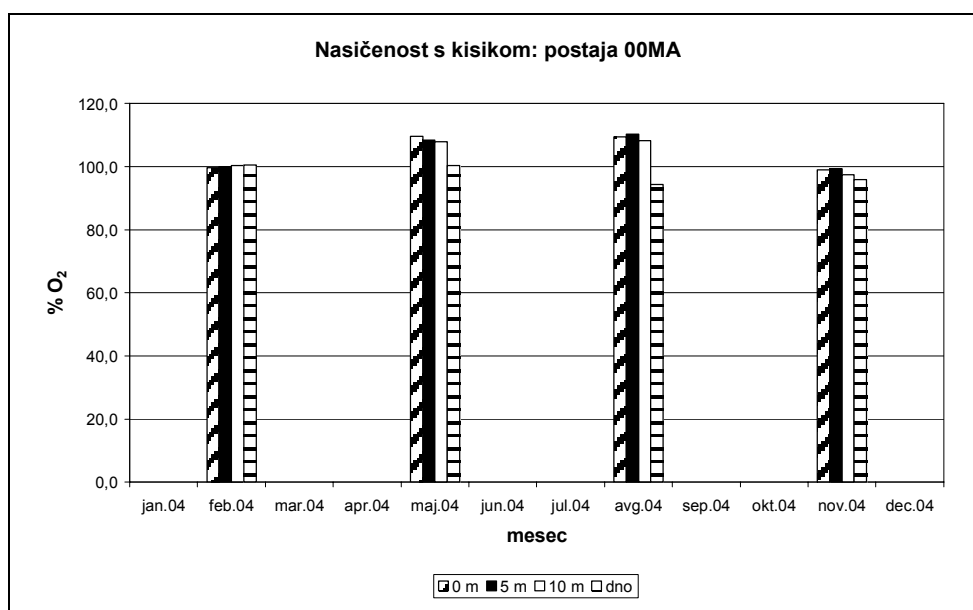
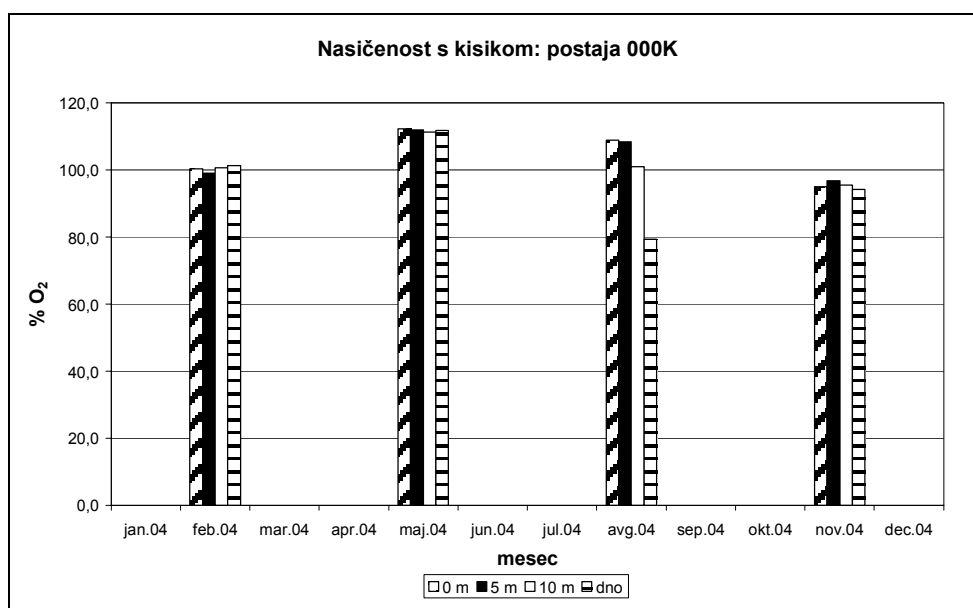
**Nasičenost s kisikom.** Nasičenost s kisikom nad 100% na postajah 000F in 00CZ je bila značilna za daljše spomladansko-poletno obdobje od marca do avgusta, praviloma na vseh globinah vodnega stolpa v marcu in aprilu ter v zgornjem 15-metrskem sloju od maja do avgusta (Sl. 9). Največja nasičenost s kisikom je bila 113% v površinskem sloju postaje 000F v juniju, pa tudi 5-metrski sloj v avgustu je bil močno nasičen s kisikom (okoli 112%). V istem mesecu, pa tudi v septembru, smo izračunali prav tako izredno nizek odstotek nasičenosti (64-69%) v pridnenem sloju obeh postaj in tudi v globini 20 m na postaji 00CZ. Od septembra dalje so bile vrednosti nasičenosti le v redkih primerih večje od 100%, vendar kljub temu še vedno visoke (> 90%).

Podobne razmere so bile značilne tudi za obe notranji postaji (Sl. 10), vendar so bile najnižje vrednosti nasičenosti (79%) še zmeraj večje od tistih na obeh zunanjih postajah. 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. 9: Deleži nasičenosti vode s kisikom na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2004.**

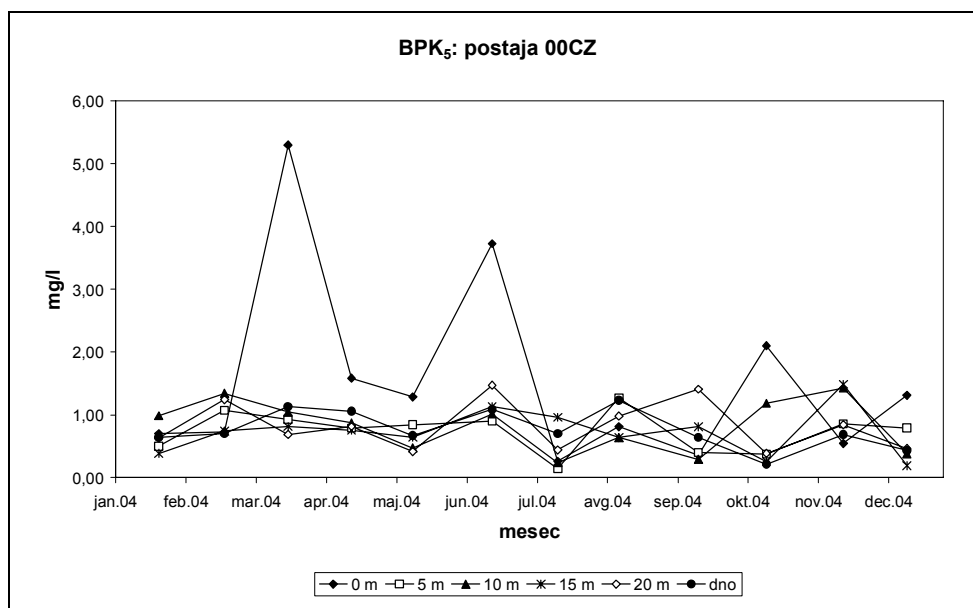
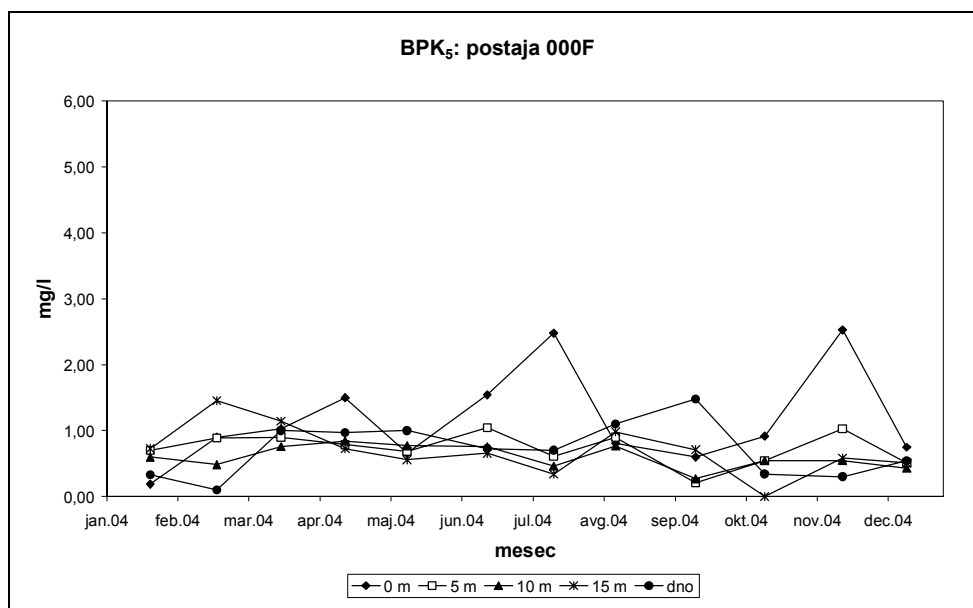




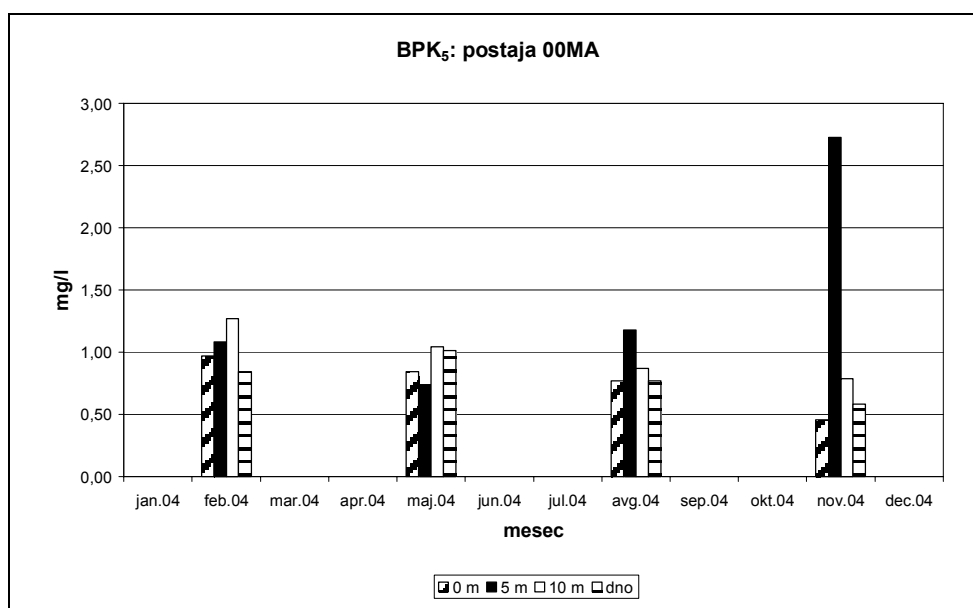
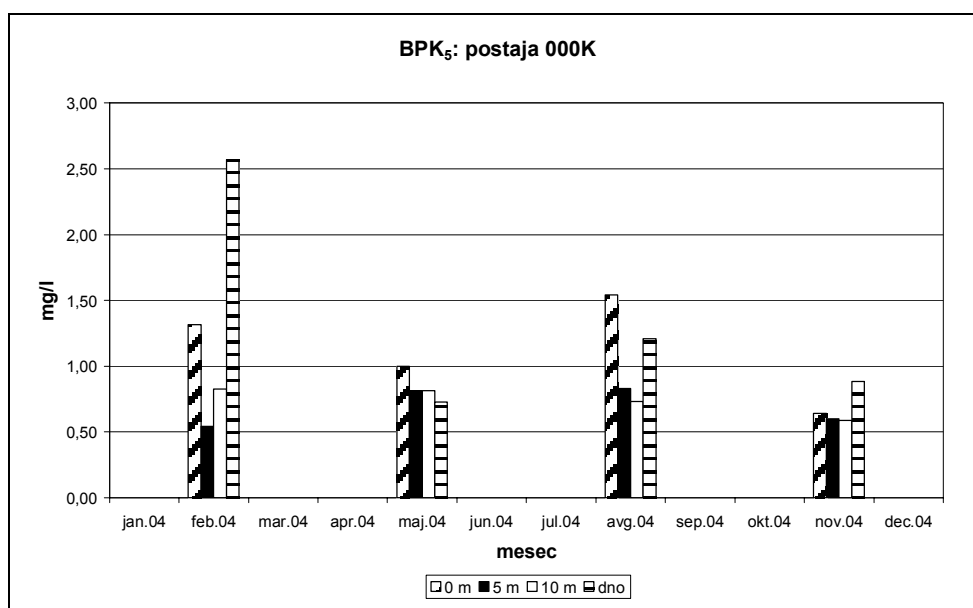
**Sl. 10: Deleži nasičenosti vode s kisikom na dodatnih merilnih mestih v letu 2004.**

**Biokemijska potreba po kisiku (BPK<sub>5</sub>).** Biokemijska potreba po kisiku je eden tistih parametrov, ki zelo nihajo preko leta in med postajami, kar je tudi razvidno iz slik časovne porazdelitve (Sl. 11 in 12). Najvišje koncentracije smo izmerili marca (5,30 mg/l) in junija (3,73 mg/l) na postaji 00CZ v površinskem sloju, povečane vrednosti pa smo zabeležili tudi na postaji 000F julija in novembra (okoli 2,5 mg/l). Nobeden od teh viškov ne sovпада s padcem slanosti na omenjenih postajah (izjema marec na

postaji 00CZ), kar bi sicer lahko povezali s povečanimi sladkovodnimi vnosi organske snovi, ki je primerna za bakterijsko razgradnjo in porabo kisika.



**Sl. 11:** Meritve biokemijske potrebe po kisiku v 5. dneh (BPK<sub>5</sub>) na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2004.



**Sl. 12: Meritve biokemijske potrebe po kisiku v 5. dneh (BPK<sub>5</sub>) na dodatnih merilnih mestih v letu 2004.**

Vrednosti BPK<sub>5</sub> kažejo, da je bila postaja 00CZ v povprečju ( $0,91 \pm 0,74$  mg/l) nekoliko bolj obogatena z razpoložljivo organsko snovjo za bakterijsko razgradnjo v primerjavi s postajo 000F ( $0,78 \pm 0,46$  mg/l); kljub temu so vse te vrednosti zelo nizke v primerjavi s tistimi iz močno onesnaženih voda (npr. komunalne odplake), za katere je ta parameter eden od indikatorjev stopnje onesaženja. Tudi dodatni merilni mesti

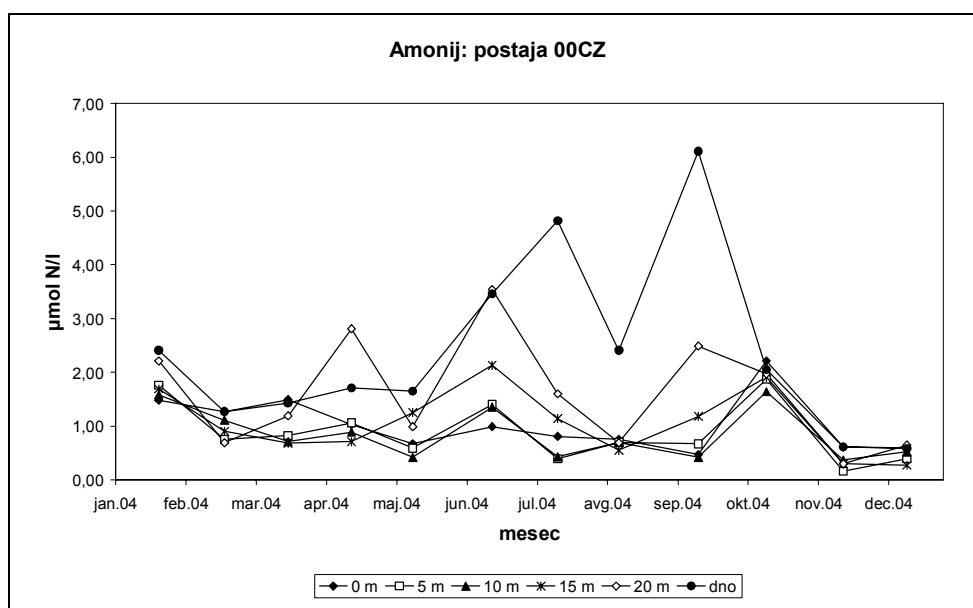
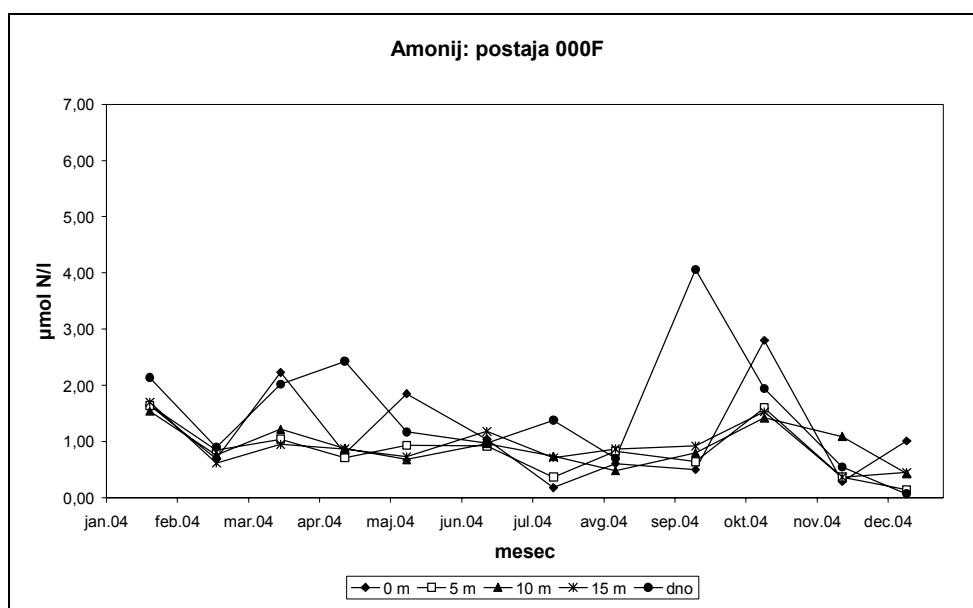
ne kažeta viskroh koncentracij BPK<sub>5</sub>; najvišje vrednosti smo izmerili novembra na globini 5 m na postaji 00MA (2,73 mg/l) in februarja v pridnenem sloju postaje 000K (2,57 mg/l) (Sl. 12).

### **Hranilne snovi dušika**

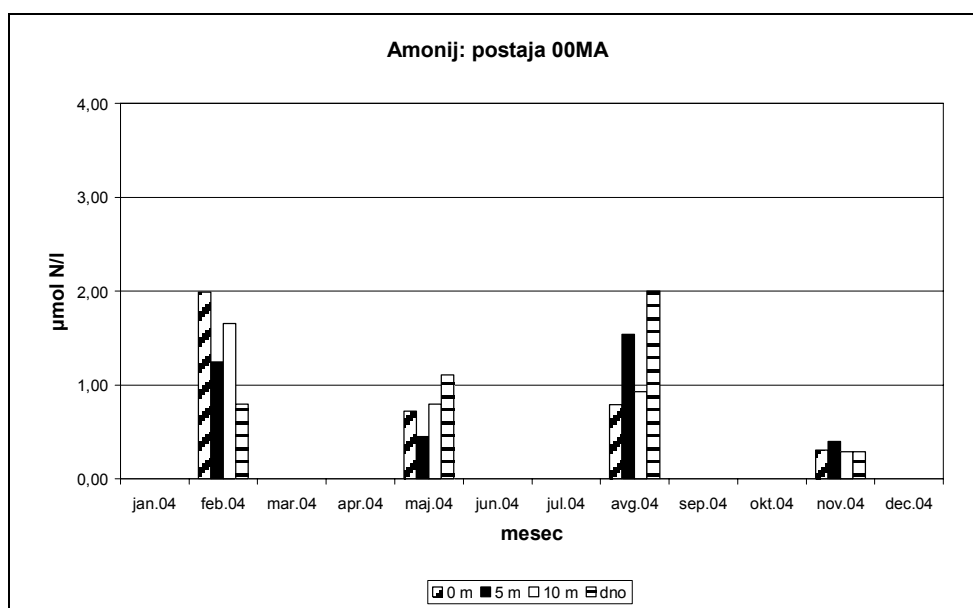
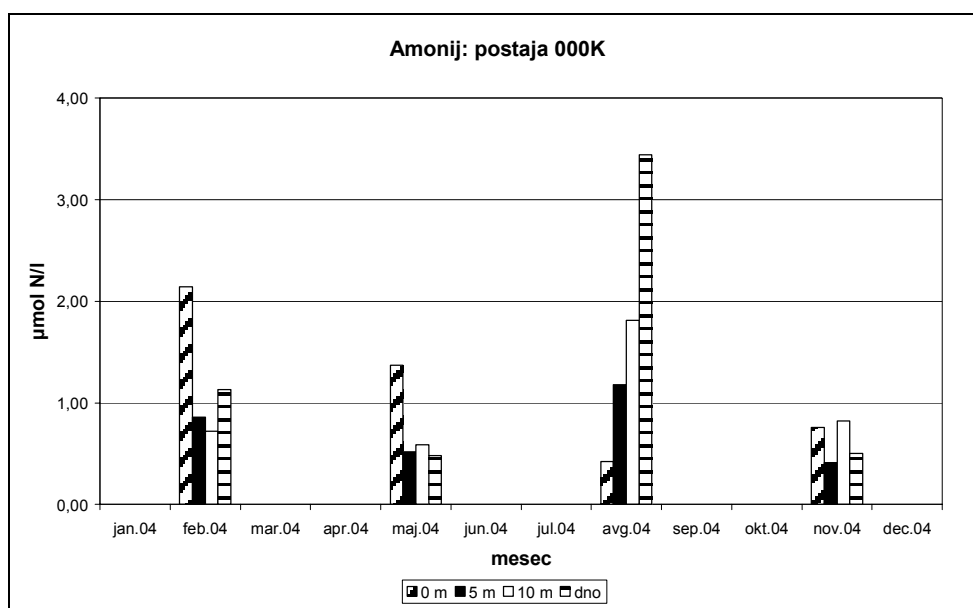
Anorganski raztopljeni dušik se v morski vodi nahaja v obliki nitratnega (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), nitritnega (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) in amonijevega (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) iona. Ker so koncentracije nitrita zelo nizke in malo prispevajo k celotnemu rezervoarju anorganskega dušika (v povprečju okoli 9% v letu 2004), predstavljamo le dve najpomembnejši obliki anorganskega dušika: amonij in nitrat.

**Amonij.** Sezonska dinamika amonija na obeh zunanjih postajah je podobna (Sl. 13), saj smo viške praviloma zabeležili v enakih mesecih, le da so bile koncentracije v povprečju večje na postaji 00CZ (1,30±1,03 μmol/l) v primerjavi s postajo 000F (1,07±0,70 μmol/l). Viške koncentracij amonija smo izmerili septembra v pridnenem sloju obeh postaj (6,11 μmol/l na postaji 00CZ in 4,06 μmol/l na postaji 000F), visoke koncentracije pa so bile značilne še julija in junija na postaji 00CZ (3,46 in 4,82 μmol/l), oktobra na postaji 000F (2,80 μmol/l) ter tudi aprila na obeh postajah (2,43 in 2,81 μmol/l). Poletni pridneni viški amonija se praviloma pojavljajo vsako leto, ker je v teh mesecih vodni stolp najbolj stratificiran in poteka v sloju pri dnu, ki je gostotno oddeljen od zgornjih slojev, razgradnja nakopičene organske mase. Ti pridneni viški sovpadajo tudi z nizkimi koncentracijami raztopljenega kisika, kar potrjuje porabo kisika pri aerobni razgradnji organske snovi. Da je bila v tem sloju res nakopičena organska snov, kažejo tudi povečane koncentracije rastlinske planktonske biomase v mesecu pred viškom amonija, tj. v avgustu (Sl. 29). Najnižje koncentracije (< 1 μmol/l) smo izmerili v novembru in decembru, ko tudi nismo opazili večjih razlik med posameznimi vodnimi sloji.

Tudi na dodatnih merilnih mestih so bile koncentracije amonija in njihova prostorska porazdelitev vzdolž vodnega stolpa zelo podobne (Sl. 14). Viške smo izmerili avgusta v sloju pri dnu, pri čemer je bila koncentracija na postaji 000K (3,44 μmol/l) skoraj še enkrat večja od tiste na postaji 00MA (2,00 μmol/l). Povečane koncentracije (okoli 2 μmol/l) smo izmerili tudi februarja v površinskem sloju, podobno kot na postaji 000F, medtem ko so bile najnižje koncentracije zabeležene v novembru.



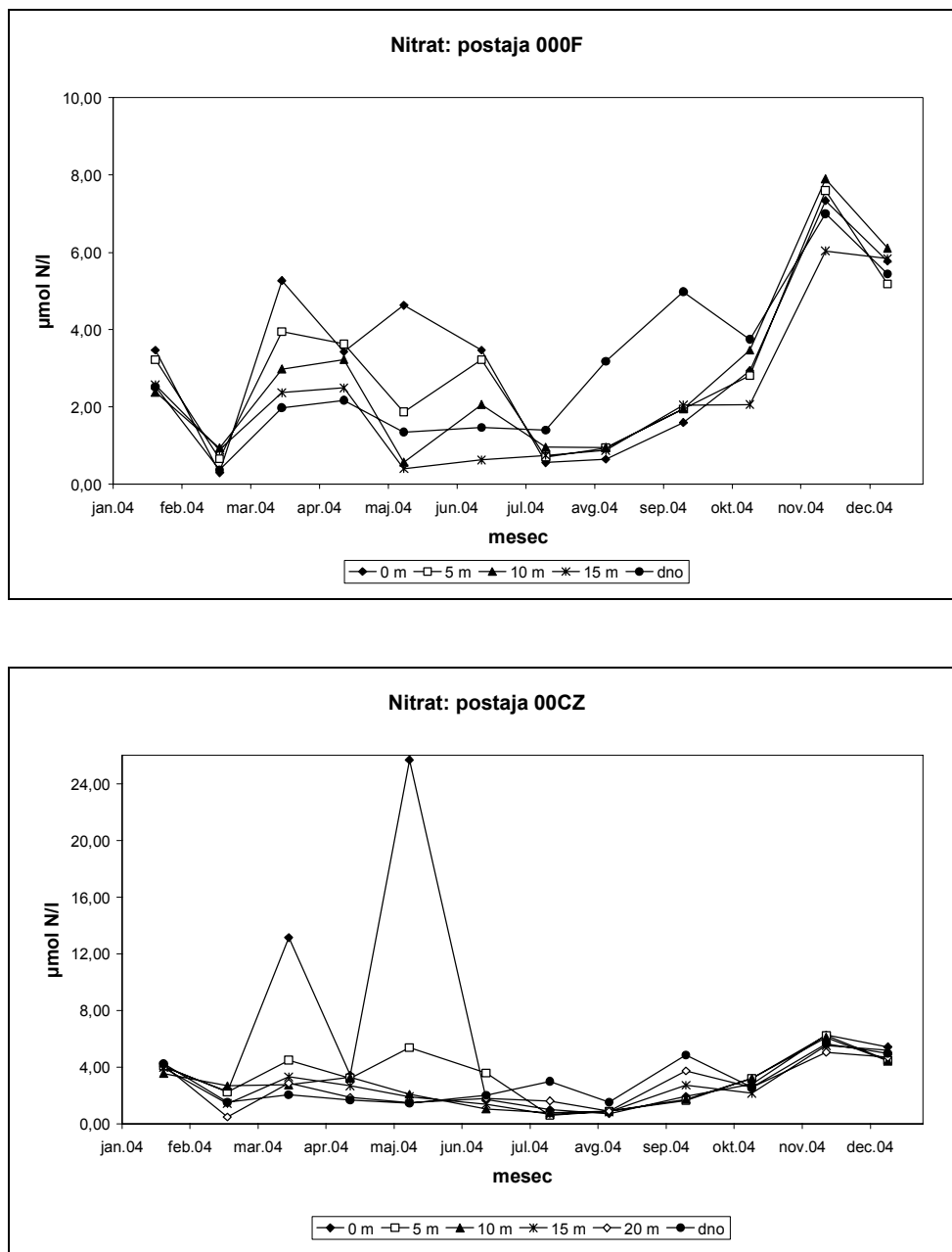
**Sl. 13: Sezonska dinamika koncentracij amonija na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2004.**



**Sl. 14: Meritve koncentracij amonija na dodatnih merilnih mestih v letu 2004.**

**Nitrat.** Porazdelitev koncentracij nitrata je prikazana na Slikah 15 in 16. Sezonska dinamika na postajah 000F in 00CZ je primerljiva, vendar so absolutni viški in povprečne vrednosti večji na postaji 00CZ ( $3,33 \pm 3,33 \mu\text{mol/l}$ ) kot na postaji 000F ( $2,85 \pm 2,03 \mu\text{mol/l}$ ). Na obeh postajah smo najvišje koncentracije izmerili v maju (4,63 in  $25,69 \mu\text{mol/l}$ ), marcu (5,27 in  $13,15 \mu\text{mol/l}$ ) in novembru (7,90 in  $6,27 \mu\text{mol/l}$ ), pri čemer sta bila površinski sloj, pa tudi sloj 5-10 m, najbogatejša z

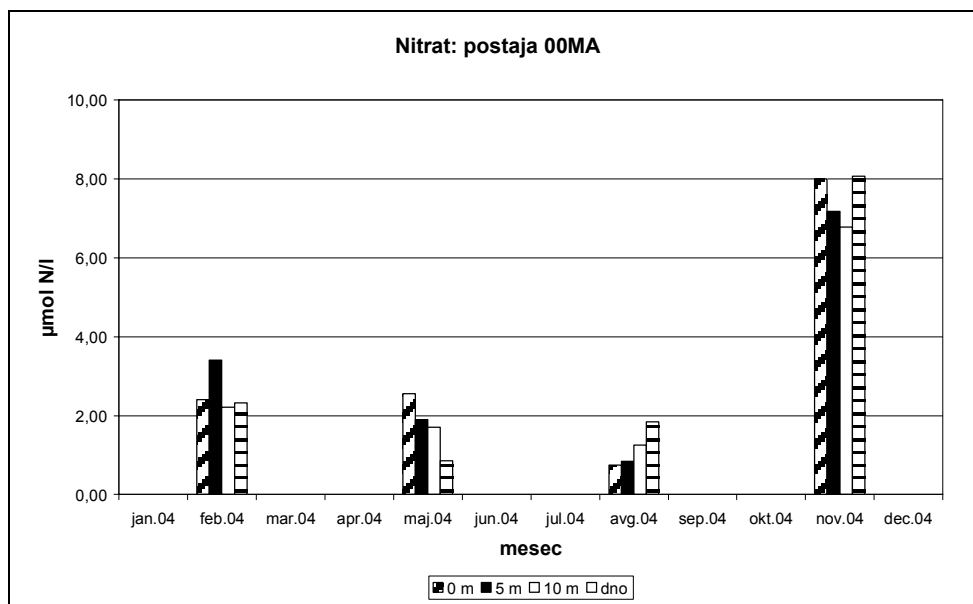
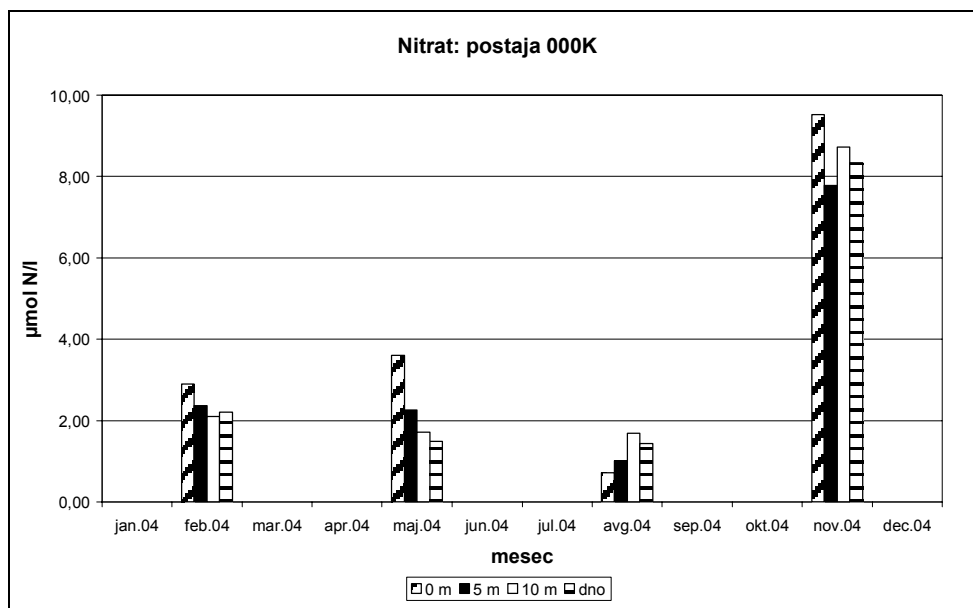
nitratom. Površinska viška, izmerjena v maju in marcu na postaji 00CZ, sta močno odstopala in sta sovpadala z izrazitima padcema slanosti v istem obdobju na tej postaji (Sl. 4).



**Sl. 15: Sezonska dinamika koncentracij nitrata na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2004.**

Podobno velja tudi za postajo 000F, čeprav avgustovski padec površinske slanosti ni bistveno vplival na koncentracije nitrata v tem sloju. Nasprotno, v poletno-jesenskih

mesecev (julij-oktober) smo povišane koncentracije nitrata izmerili v pridenenem sloju (max okoli 5  $\mu\text{mol/l}$  v septembru). Tretji, novembrski višek je odražal razmere premešanega vodnega stolpa, saj so bile visoke koncentracije nitrata izmerjene prav na vseh globinah (6,04-7,90  $\mu\text{mol/l}$  na postaji 000F in 5,06-6,27  $\mu\text{mol/l}$  na postaji 00CZ).



**Sl. 16: Meritve koncentracij nitrata na dodatnih merilnih mestih v letu 2004.**

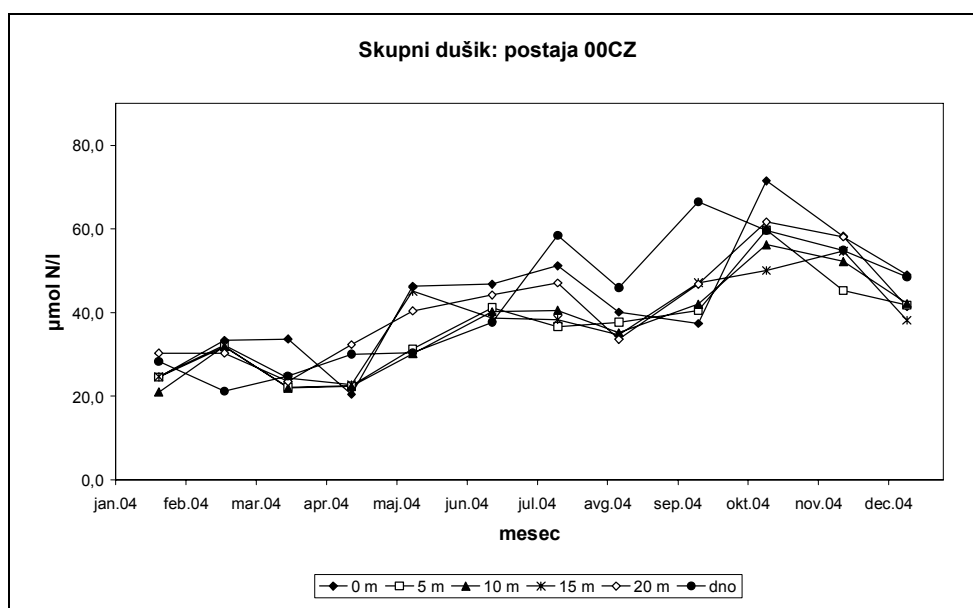
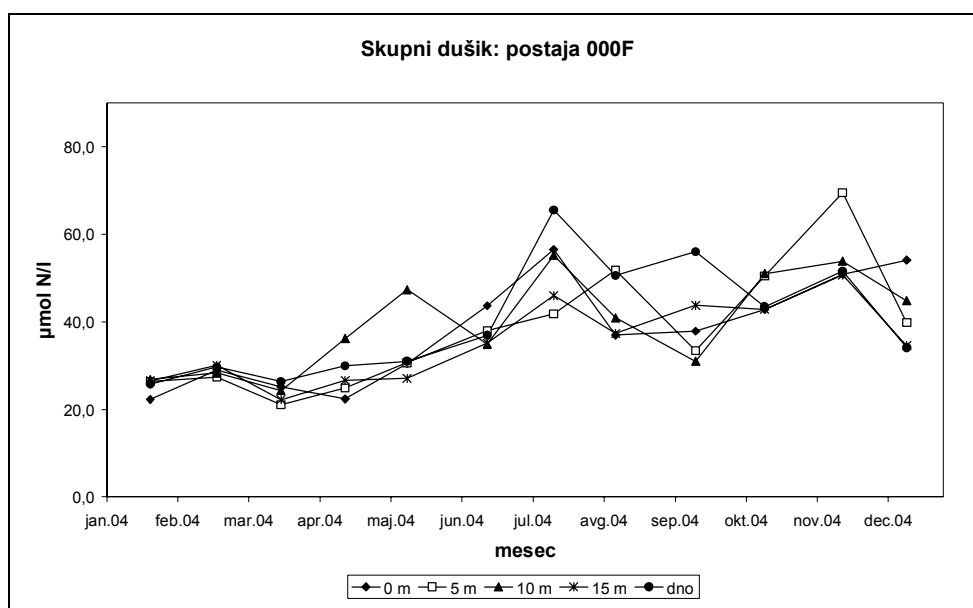


Na dodatnih merilnih mestih sta izstopala novembrska viška, ko smo visoke koncentracije nitrata prav tako izmerili vzdolž celotnega premešanega vodnega stolpa (7,78-9,52  $\mu\text{mol/l}$  na postaji 000K in 6,78-8,07  $\mu\text{mol/l}$  na postaji 00MA). Nekoliko povišane so bile tudi površinske koncentracije v maju – na postaji 000K (3,60  $\mu\text{mol/l}$ ) bolj kot na postaji 00MA (2,56  $\mu\text{mol/l}$ ) – vendar se niso približale vrednostim na referenčni postaji 000F, še manj pa tistim na osnovnem merilnem mestu 00CZ, kar, skupaj z meritvami slanosti (Sl. 5), kaže na manjši vpliv sladkovodnih pritokov na obeh dodatnih postajah v tem mesecu.

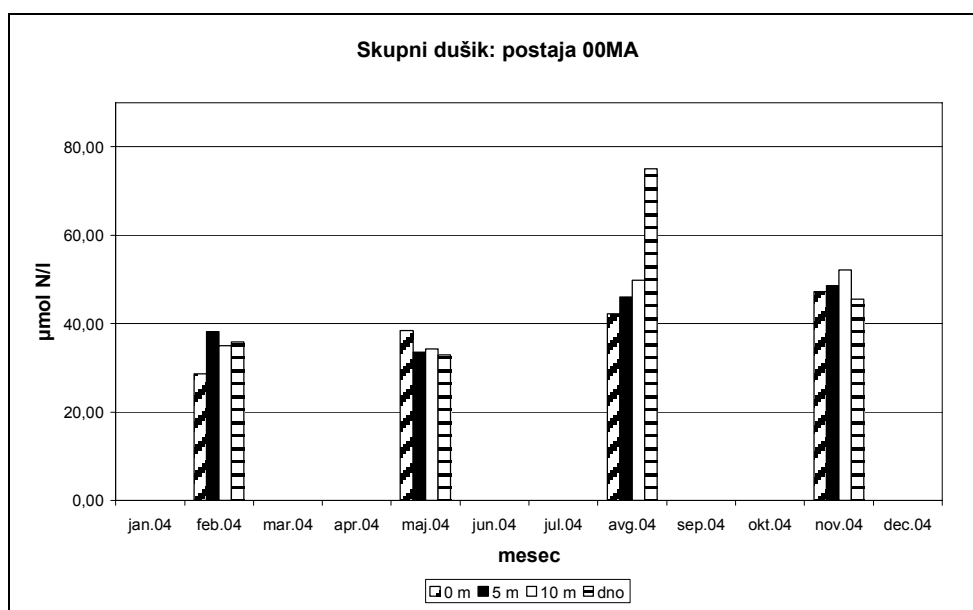
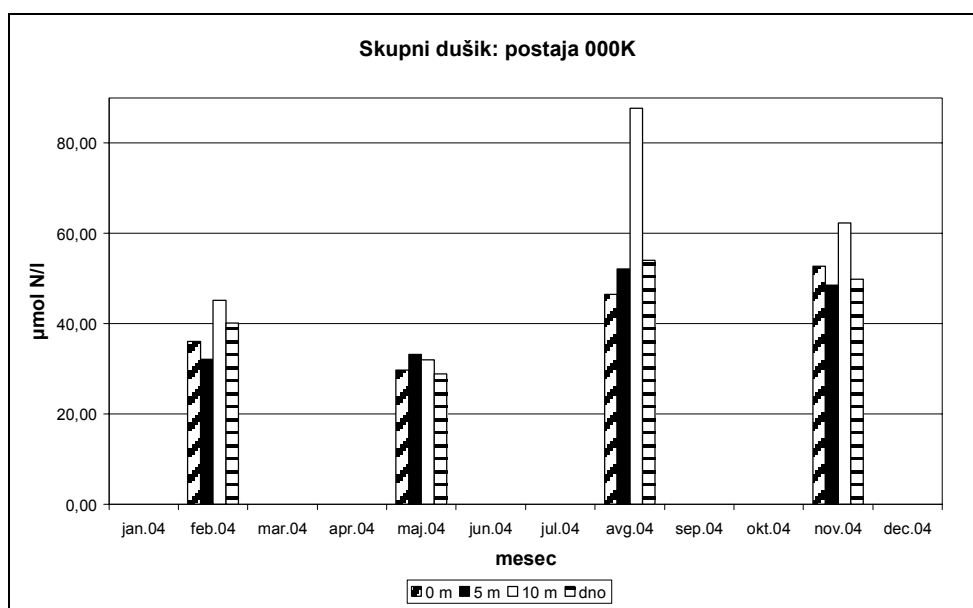
**Skupni dušik.** Poleg anorganskih dušikovih spojin smo merili tudi skupni dušik, ki vključuje še organske spojine. Delež organskih spojin smo izračunali iz razlike med skupnim dušikom in anorganskim dušikom (vsota koncentracij nitrita, nitrata in amonija). Organske dušikove spojine so, tako kot v preteklih letih, veliko prispevale k skupnemu dušiku. Njihov povprečni delež za vse postaje in za celotno vzorčevalno obdobje je znašal  $87\pm 8\%$  skupnega dušika.

Najmanjši delež organskega dušika smo izračunali ob površinskih viških nitrata v maju na postaji 00CZ (43%) in novembru na postaji 000K (79%). V grobem smo na zunanjih postajah (Sl. 17) opazili časovno ujemanje povečanih vrednosti skupnega dušika v poletnih mesecih v sloju pri dnu z visokimi koncentracijami amonija. Sicer pa smo najvišje koncentracije skupnega dušika izmerili oktobra v površinskem sloju postaje 00CZ (71,51  $\mu\text{mol/l}$ ) in novembra na globini 5 m na postaji 000F (69,51  $\mu\text{mol/l}$ ). Kot že omenjeno, so bile visoke vrednosti med 56 in 66  $\mu\text{mol/l}$  značilne za pridneni sloj v poletnem obdobju med junijem in septembrom. Na obeh postajah pa smo najnižje koncentracije ( $< 33 \mu\text{mol/l}$ ) zabeležili v prvih treh mesecih.

Na dodatnih merilnih mestih (Sl. 18) je med štirimi vzorčevanji v letu 2004 izstopal mesec avgust, ko smo na obeh postajah izmerili viške skupnega dušika in sicer na globini 10 m na postaji 000K (87,76  $\mu\text{mol/l}$ ) in v sloju pri dnu na postaji 00MA (75,00  $\mu\text{mol/l}$ ). Avgustovski višek na postaji 000K je bila absolutna najvišja koncentracija skupnega dušika na vseh postajah v letu 2004. Tudi na teh dveh postajah so visoke koncentracije skupnega dušika v avgustu sovpadale z visokimi koncentracijami amonija. Najnižje vrednosti pa smo zabeležili v maju (okoli 35  $\mu\text{mol/l}$ ).



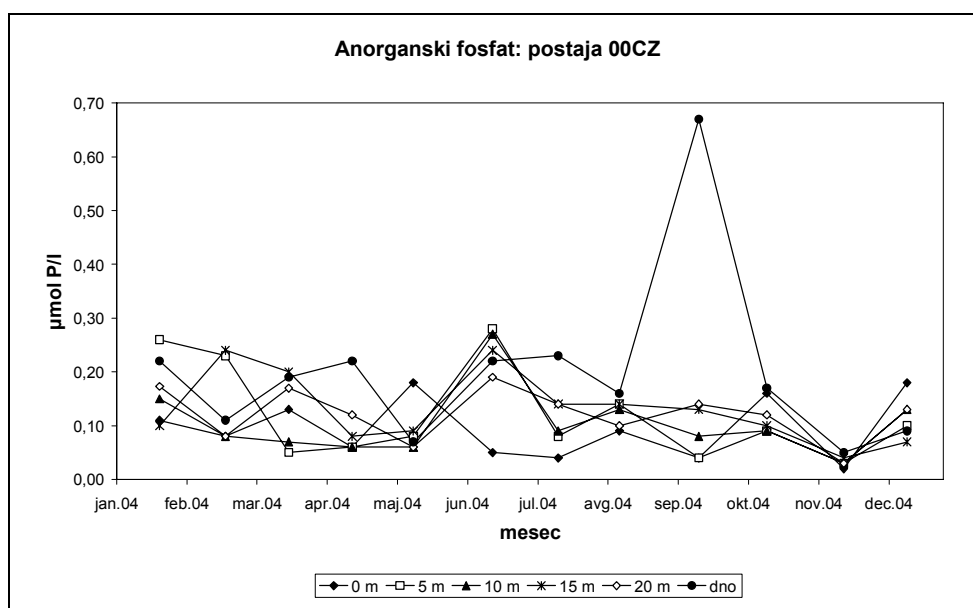
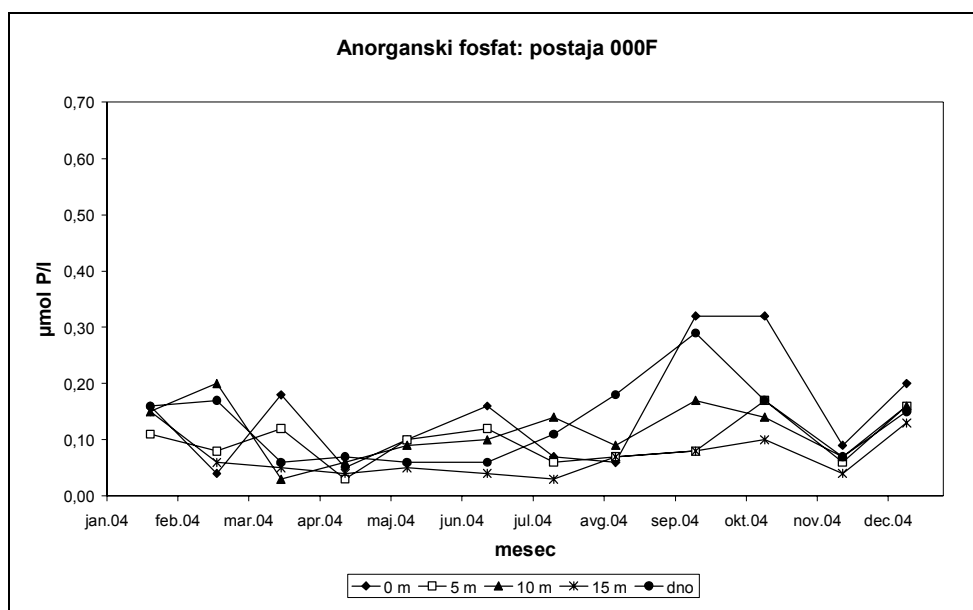
**Sl. 17:** Sezonska dinamika koncentracij skupnega dušika na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2004.



*Sl. 18: Meritve koncentracij skupnega dušika na dodatnih merilnih mestih v letu 2004.*

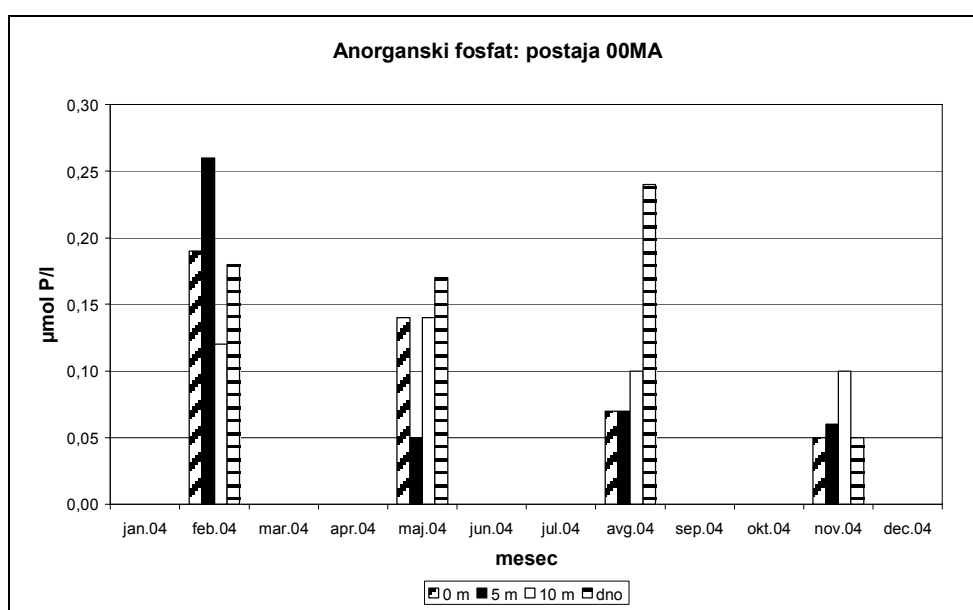
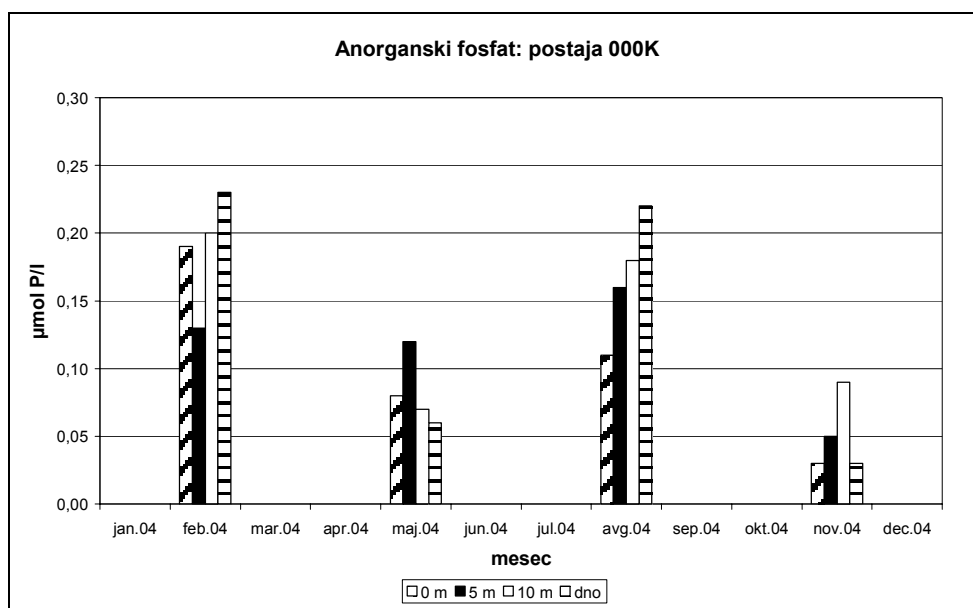
## Hranilne snovi fosforja

**Anorganski fosfat.** Viške koncentracij anorganskega fosfata na zunanjih postajah smo izmerili v septembru (Sl. 19), pri čemer je bila koncentracija na postaji 00CZ (0,67  $\mu\text{mol/l}$ ) še enkrat večja kot na 000F (0,32  $\mu\text{mol/l}$ ). Na postaji 00CZ je ta višek nastopal v pridnenem sloju, na postaji 000F pa v površinskem, čeprav je bil tudi sloj pri dnu na tej postaji bogat z anorganskimi fosforjevimi spojinami (0,29  $\mu\text{mol/l}$ ).



Sl. 19: Sezonska dinamika koncentracij anorganskega fosfata na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2004.

Pridneni sloj na postaji 00CZ pa je nasprotno močno odstopal od zgoraj ležečih slojev, kjer je bila najvišja koncentracija le 0,14  $\mu\text{mol/l}$ . Visoke koncentracije smo izmerili tudi oktobra na postaji 000F (0,32  $\mu\text{mol/l}$  v površinskem sloju) ter junija (0,28  $\mu\text{mol/l}$ ) in januarja (0,26  $\mu\text{mol/l}$ ) na postaji 00CZ na globini 5 m. Najnižje vrednosti so bile na obeh postajah izmerjene v novembru na vseh globinah vodnega stolpa (0,02-0,09  $\mu\text{mol/l}$ ). Navkljub izstopajočemu septembrskemu višku na postaji 00CZ sta bili povprečni letni vrednosti obeh postaj podobni (00CZ:  $0,13 \pm 0,09$   $\mu\text{mol/l}$ , 000F:  $0,11 \pm 0,07$   $\mu\text{mol/l}$ ).



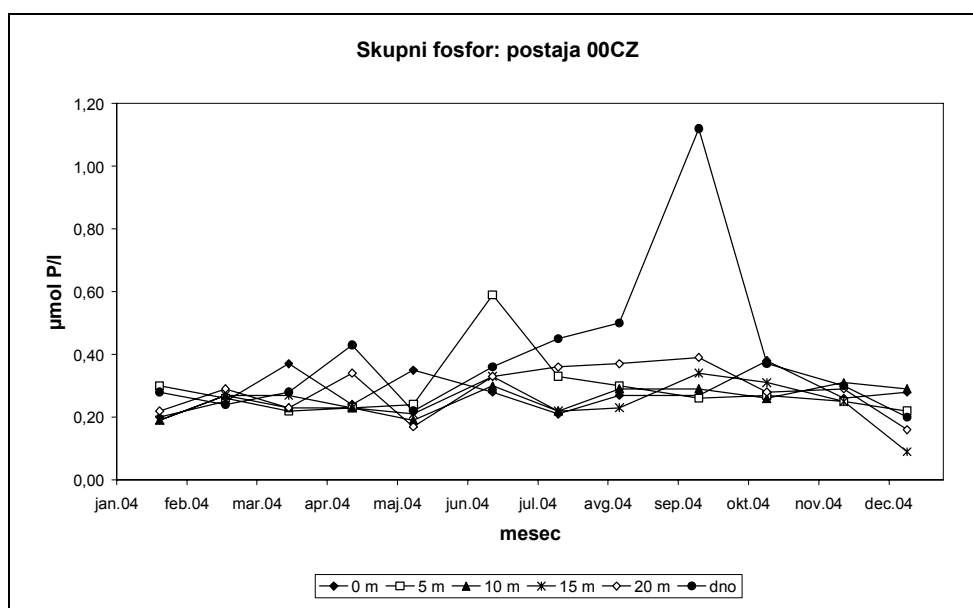
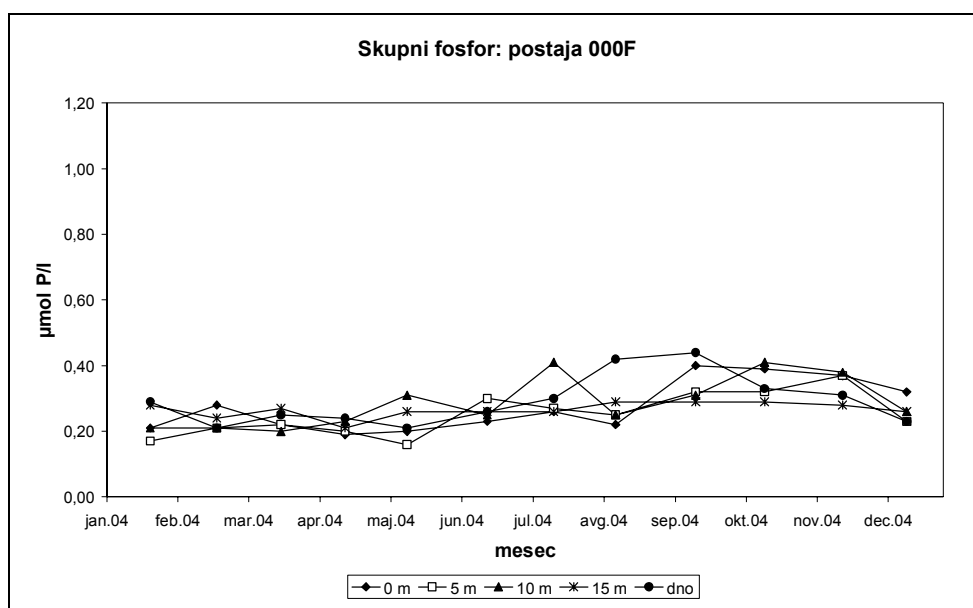
**Sl. 20: Meritve koncentracij anorganskega fosfata na dodatnih merilnih mestih v letu 2004.**

Na dodatnih merilnih mestih so bile najvišje koncentracije anorganskega fosfata izmerjene februarja (0,23 in 0,26  $\mu\text{mol/l}$ ), visoke vrednosti pa smo zabeležili tudi v avgustu (0,22 in 0,24  $\mu\text{mol/l}$ ) (Sl. 20). Na postaji 000K smo najvišje vrednosti vedno izmerili v pridnenem sloju, na postaji 00MA pa v zgornjem 5-metrskem vodnem sloju in pri dnu. Koncentracije anorganskega fosfata so bile rahlo višje na postaji 00MA, poleg tega pa so bile avgustovske koncentracije na obeh merilnih mestih večje kot na postajah 000F in 00CZ v tem mesecu. Najnižje koncentracije smo izmerili v novembru ( $\leq 0,10 \mu\text{mol/l}$ ).

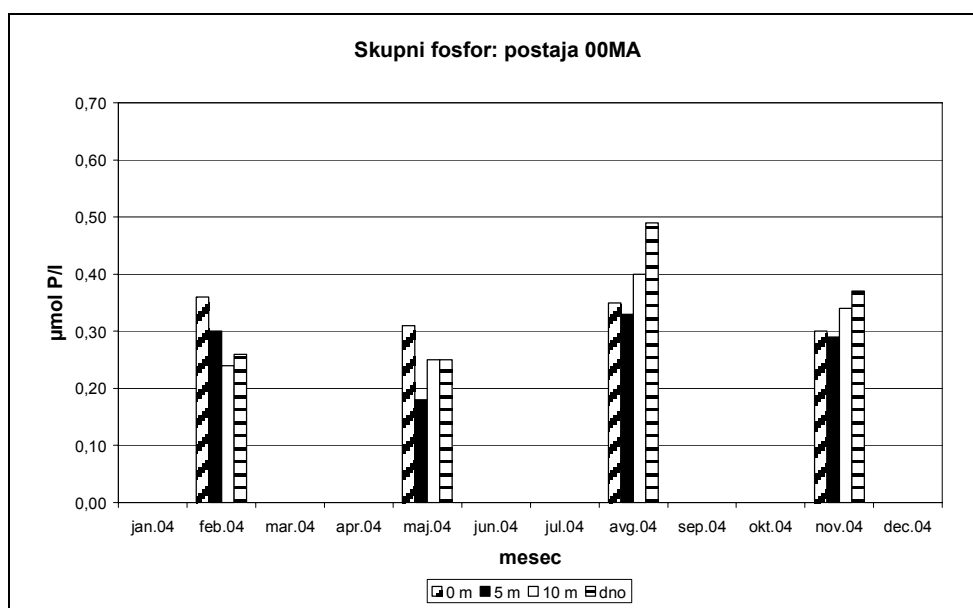
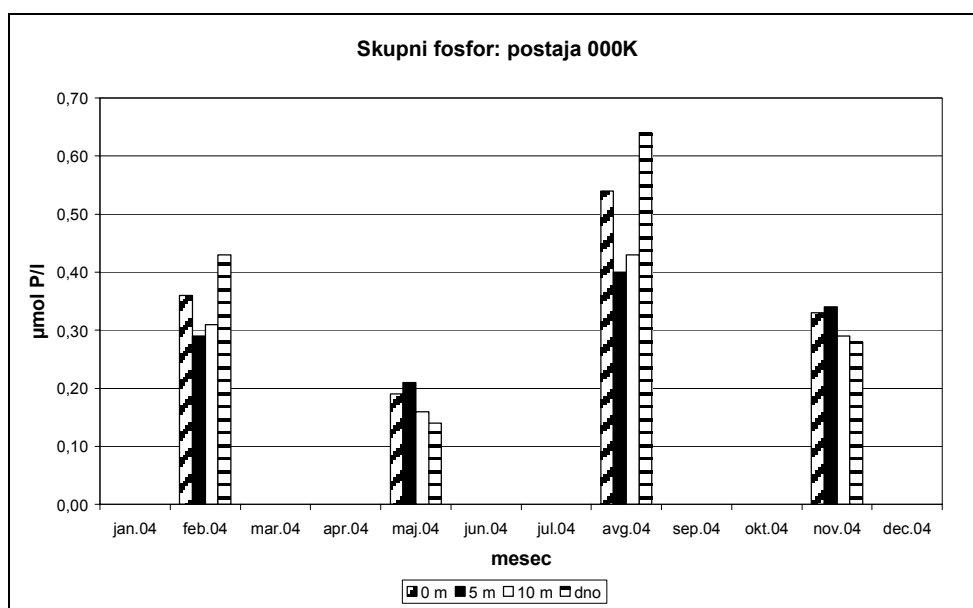
**Skupni fosfor.** Skupni fosfor predstavlja organske (fosforne spojine, vgrajene v organizmih) in anorganske fosforjeve spojine v raztopljeni in partikulatni obliki. Primerjava celotnega fosforja s sezonsko dinamiko anorganskega fosfata kaže določene podobnosti.

Skupna značilnost sezonske dinamike anorganskega fosfata (Sl. 19) in skupnega fosforja (Sl. 21) na obeh zunanjih postajah, je pojavljanje sezonskih viškov v enakih mesecih. Najvišje koncentracije skupnega fosforja smo prav tako izmerili v septembru v pridnenem sloju (1,12  $\mu\text{mol/l}$  na postaji 00CZ in 0,44  $\mu\text{mol/l}$  na postaji 000F). Povišane koncentracije smo izmerili tudi junija na globini 5 m na postaji 00CZ (0,59  $\mu\text{mol/l}$ ), kar se ujema z drugim viškom anorganskega fosfata (Sl. 19) ter julija v 10-metrskem vodnem sloju postaje 000F (0,41  $\mu\text{mol/l}$ ). Najnižje koncentracije smo izmerili decembra (0,09-0,32  $\mu\text{mol/l}$ ), nizke vrednosti pa so bile značilne še za dva zimska meseca (januar in februar).

Na dodatnih merilnih mestih smo viške izmerili v avgustu (0,64  $\mu\text{mol/l}$  na postaji 000K in 0,49  $\mu\text{mol/l}$  na postaji 00MA), vendar smo praviloma višje koncentracije skupnega fosforja vedno izmerili na postaji 000K (Sl. 22). Povišane koncentracije smo zabeležili tudi v februarju (0,36-0,43  $\mu\text{mol/l}$ ). Porazdelitev visokih koncentracij vzdolž vodnega stolpa je zelo variirala, saj smo jih izmerili v pridnenem sloju, površinskem sloju in na globini 5 m.



**Sl. 21:** Sezonska dinamika koncentracij skupnega fosforja na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2004.



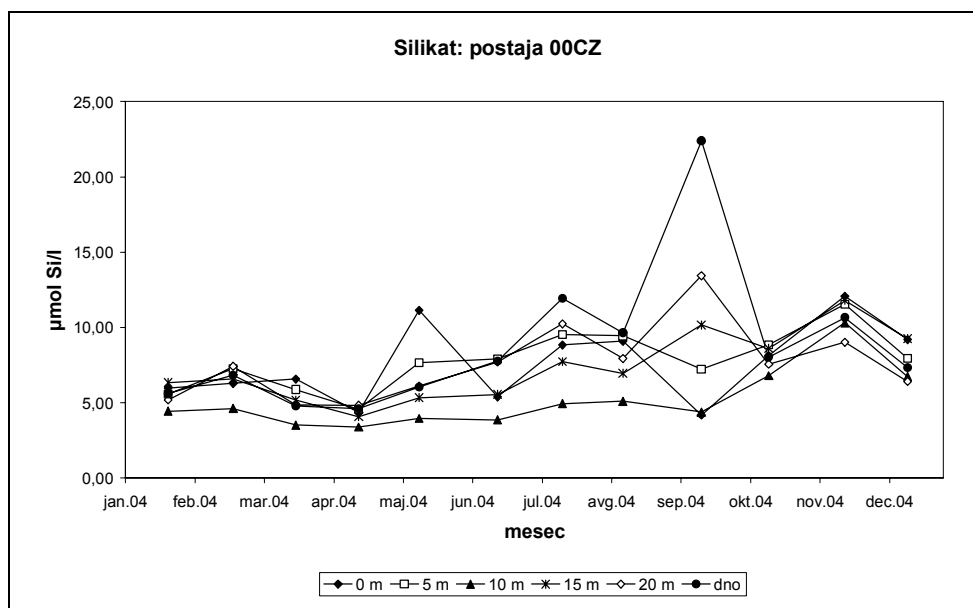
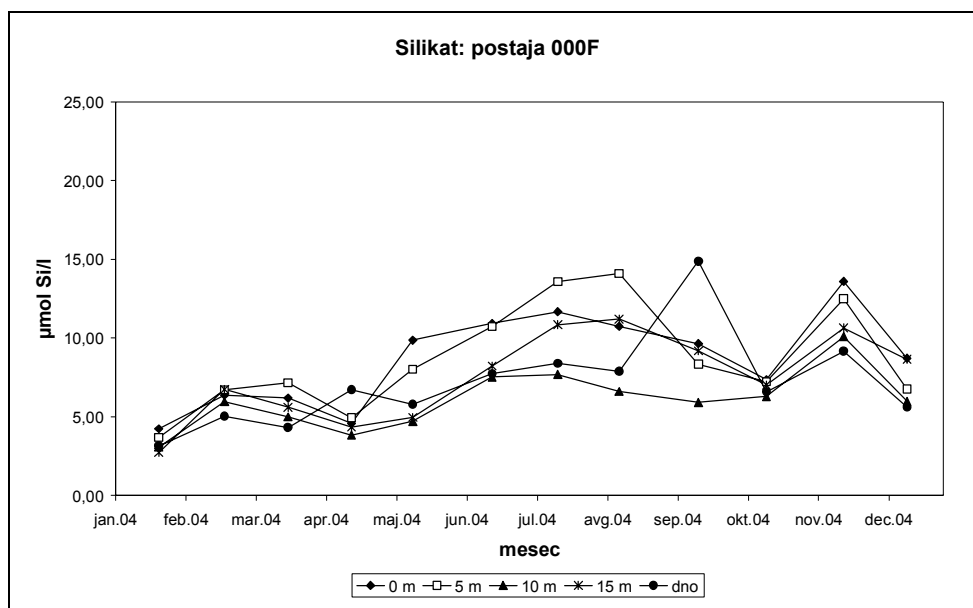
*Sl. 22: Meritve koncentracij skupnega fosforja na dodatnih merilnih mestih v letu 2004.*

### **Hranilne snovi silicija**

Raztopljeni anorganski silicij se v morski vodi nahaja v obliki silikatnega iona  $\text{SiO}_4^{4-}$ . Praviloma se viški silikata pojavljajo v pridnenem sloju, kar je bilo značilno tudi za leto 2004. Tako smo na zunanjih postajah najvišje koncentracije izmerili septembra (Sl. 23), kar je, podobno kot v primeru amonija, posledica razgrajevanja



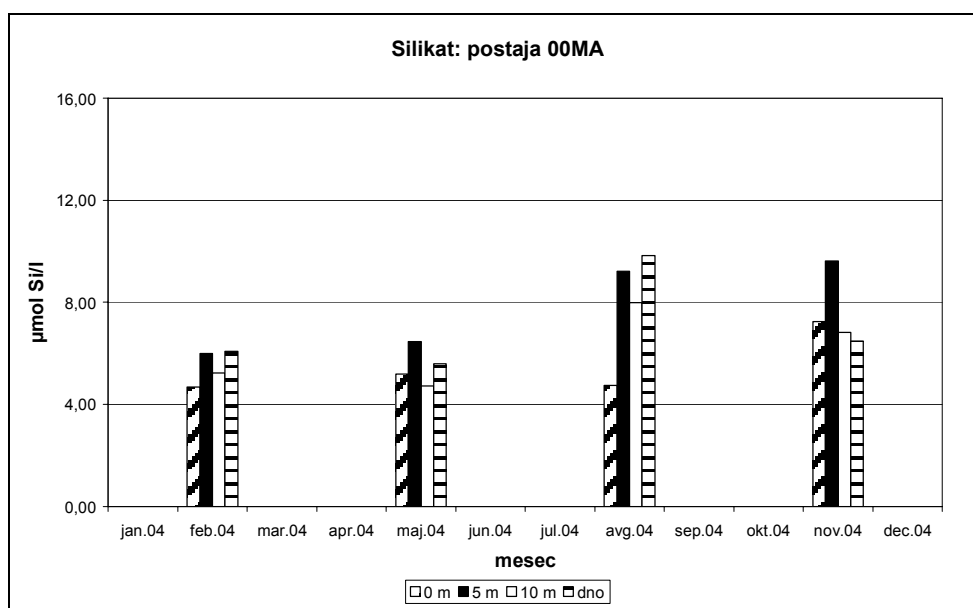
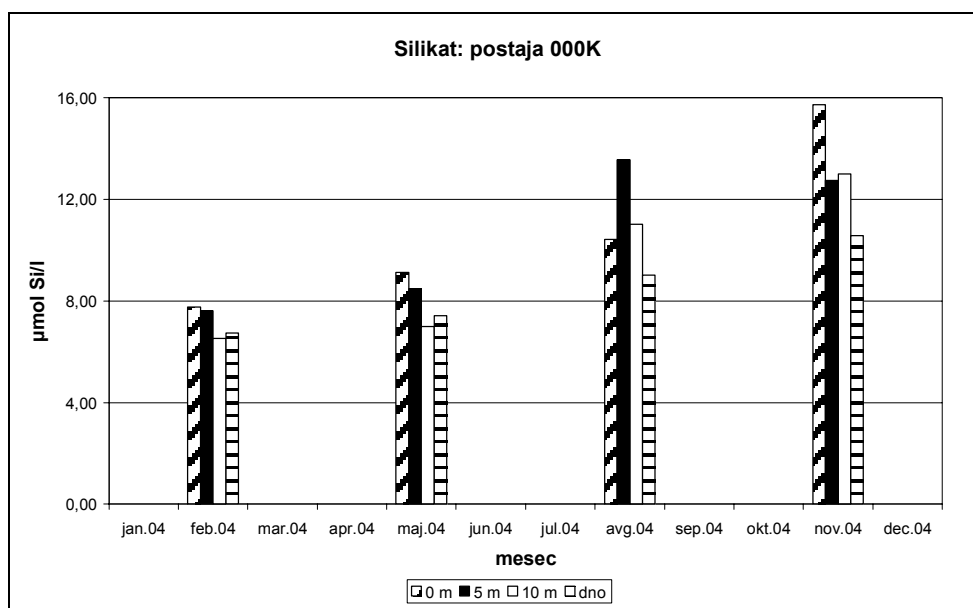
sedimentirane fitoplanktonske mase, tj. raztapljanja diatomejskih skeletnih delov iz silicija (frustule).



**Sl. 23:** Sezonska dinamika koncentracij silikata na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2004.

Ponovno je bil septembrski višek večji na postaji 00CZ (22,20 µmol/l) kot pa na postaji 000F (14,88 µmol/l), vendar je bila povprečna letna vrednost večja na postaji 000F (7,60±2,90 µmol/l) v primerjavi s podtajo 00CZ (7,36±2,97 µmol/l). Visoke

koncentracije v sloju pri dnu, kot tudi na globini 15-20 m, so bile značilne za preostala dva poletna meseca (julij in avgust), zlasti na postaji 00CZ, medtem ko so bile na postaji 000F v teh mesecih najvišje koncentracije izmerjene na globini 5 m (okoli 14  $\mu\text{mol/l}$ ). V površinskem sloju, kjer se najbolj kaže vpliv vnosa hranilnih snovi s sladkovodnimi pritoki, smo največje koncentracije silikata izmerili v maju (9,87-11,14  $\mu\text{mol/l}$ ) in novembru (12,08-13,6  $\mu\text{mol/l}$ ). Najnižje vrednosti smo praviloma izmerili na globini 10 m, sezonski nizki pa so se pojavljali januarja, aprila in tudi oktobra.

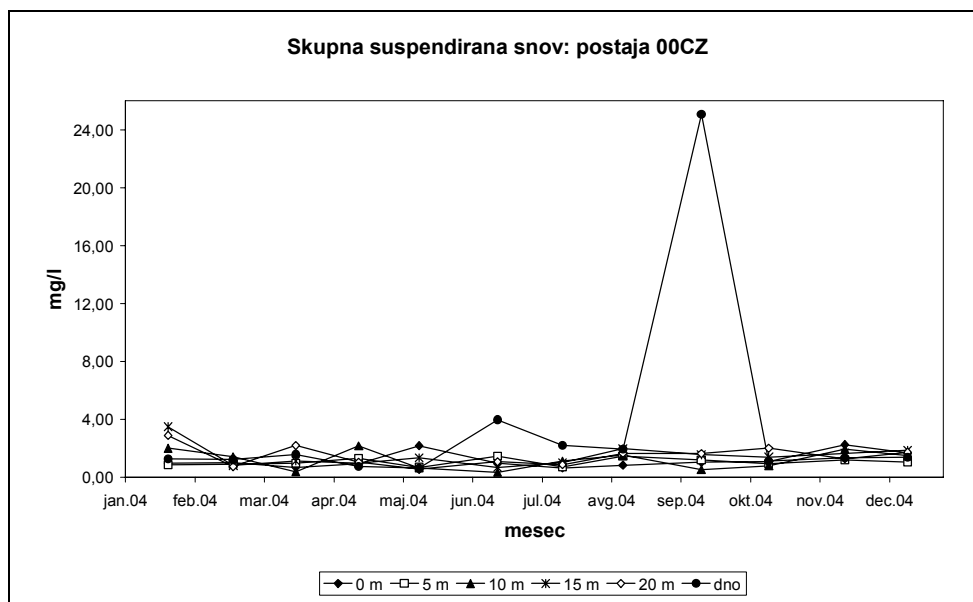
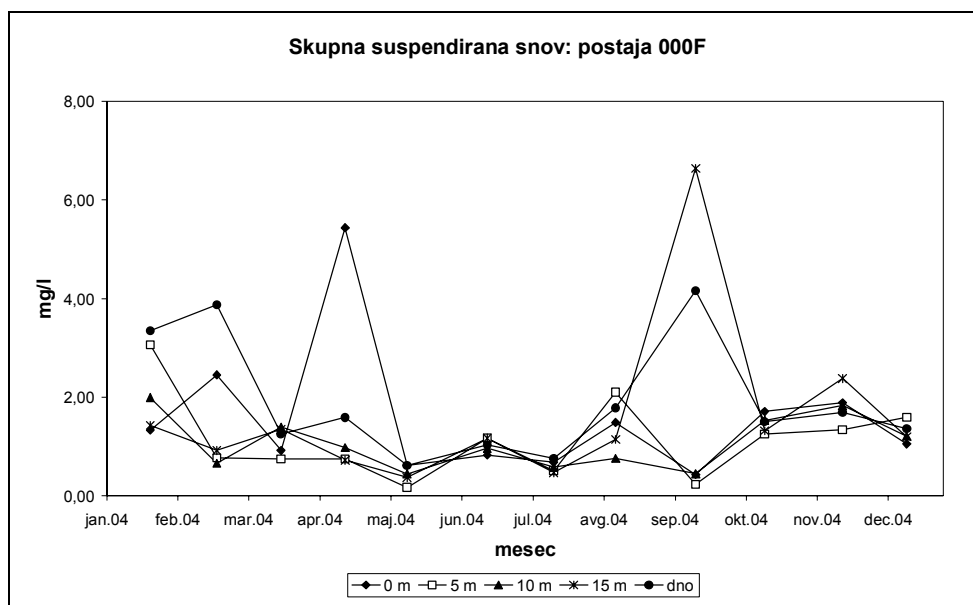


**Sl. 24: Meritve koncentracij silikata na dodatnih merilnih mestih v letu 2004.**

Štirikratne meritve na dodatnih merilnih mestih kažejo na to, da smo visoke koncentracije silikata praviloma zabeležili v zgornjem 5-metrskem vodnem sloju (Sl. 24). Najvišjo koncentracijo smo izmerili novembra na površini postaje 000K (15,73  $\mu\text{mol/l}$ ), visoke vrednosti pa smo zabeležili tudi avgusta prav tako na tej postaji na globini 5 m (13,56  $\mu\text{mol/l}$ ) ter novembra in avgusta na postaji 00MA na globini 5 m (9,63 in 9,21  $\mu\text{mol/l}$ ). Absolutni viški so bili na postaji 00MA manjši v primerjavi s postajo 000K. Najvišje pridnene vrednosti smo izmerili le enkrat in sicer avgusta na postaji 00MA (9,83  $\mu\text{mol/l}$ ). Omenjene vrednosti in njihova porazdelitev vzdolž vodnega stolpa kažejo na to, da so v vzorčevalnih mesecih na porazdelitev silikata bolj vplivali zunanji sladkovodni vnosi kot pa remineralizacijski procesi v sloju pri dnu.

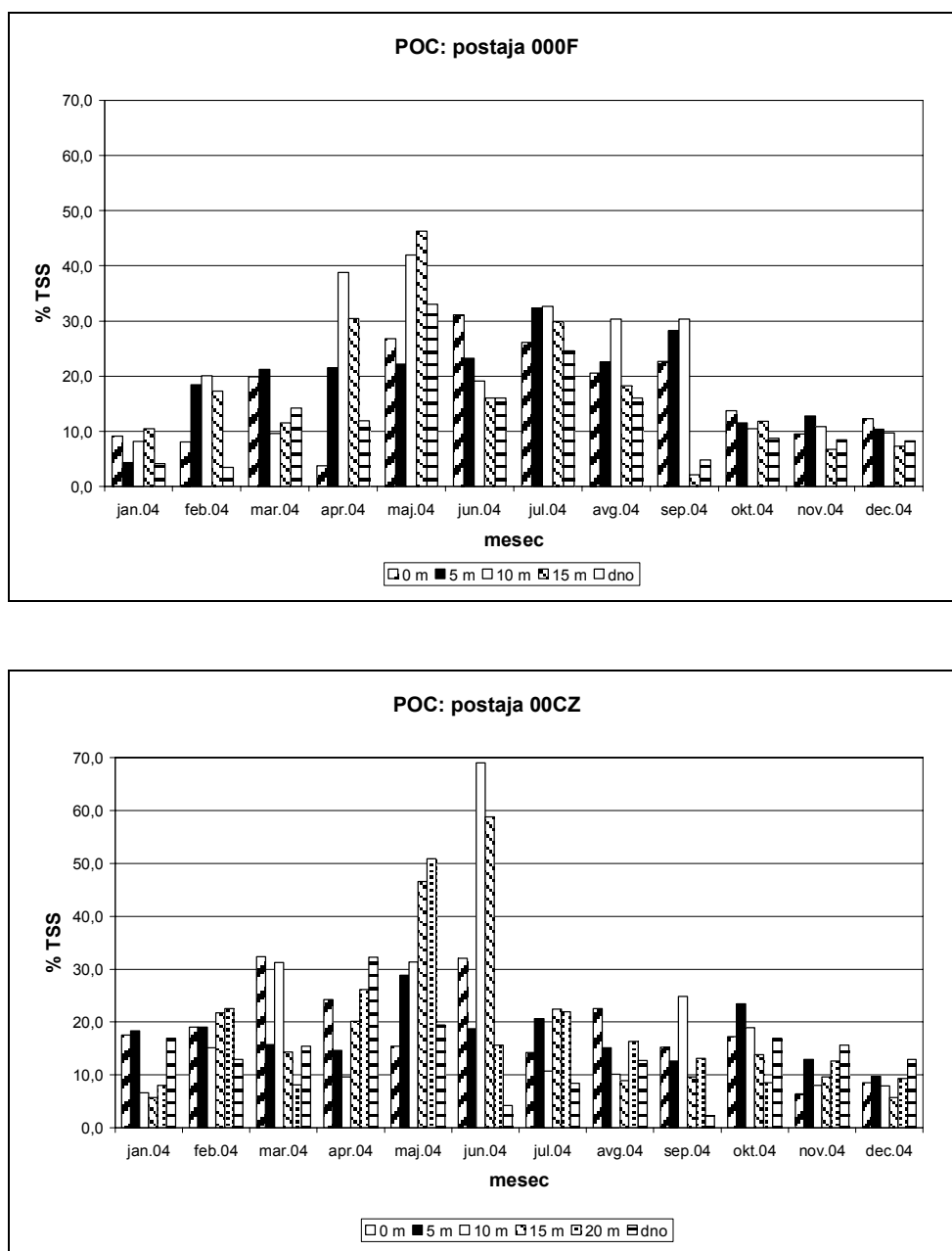
## Skupna suspendirana snov in partikulatni organski ogljik

V vzorcih vseh postaj smo ugotovili porast vsebnosti organskega ogljika (v % TSS) v obdobju od januarja do julija, nato pa je sledil padec. Opažen trend je verjetno povezan z razvojem sluzastih makroagregatov, ki so bili v poletnem obdobju 2004 prisotni v vsem severnem Jadranu.



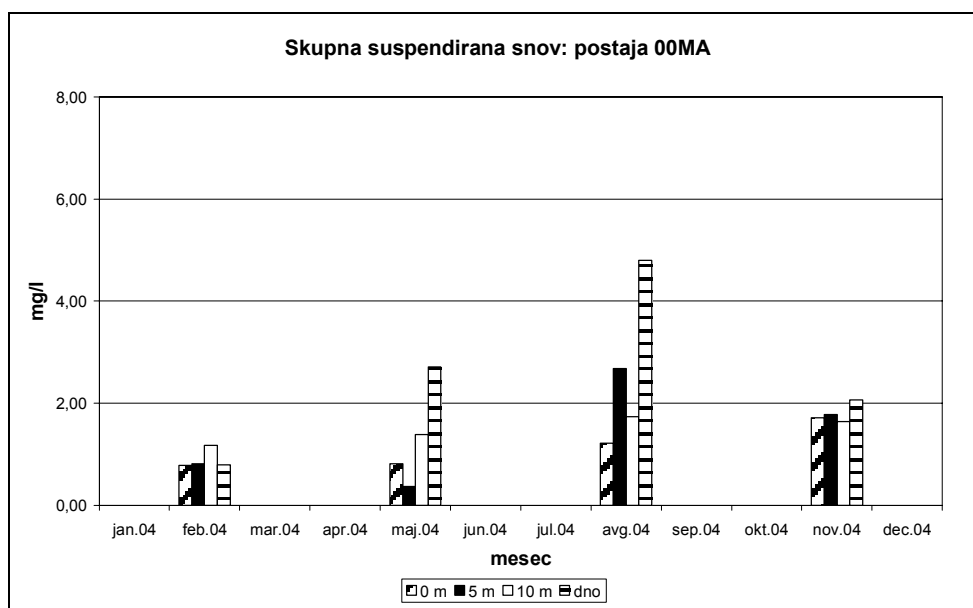
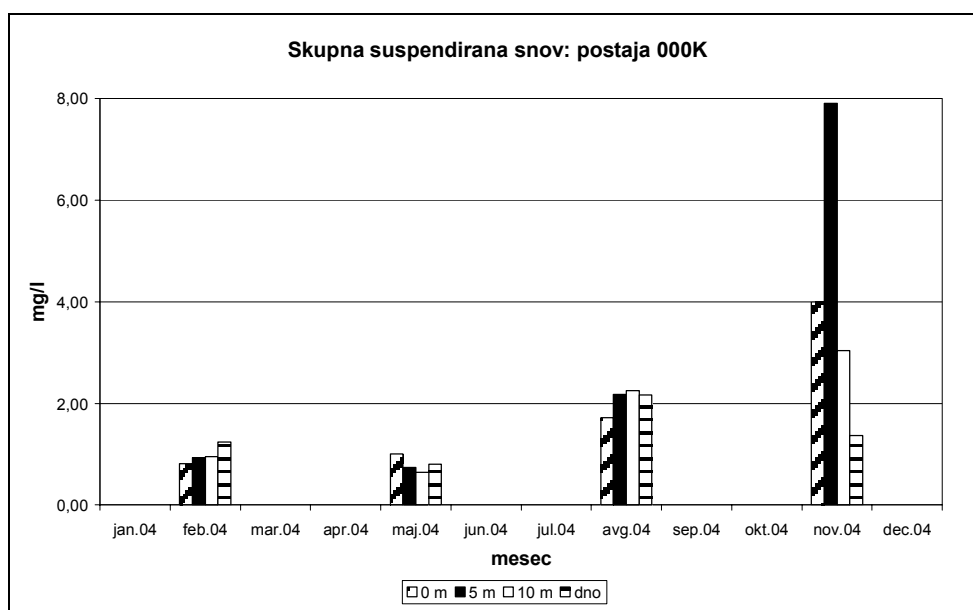
Sl. 25: Sezonska dinamika koncentracij skupne suspendirane snovi na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2004.

Na postaji 00CZ smo najvišjo vrednost celotne suspendirane snovi (25,08 mg/l) in nanižjo koncentracijo organskega ogljika določili v pridnenem sloju v mesecu septembru (Sl. 25), kar je verjetno posledica resuspenzije sedimenta. Najvišje povprečne deleže POC na tej postaji pa smo izračunali v maju (32,1±14,2 %) in juniju (33,1±25,7 %) (Sl. 26). Podoben trend kaže tudi analiza podatkov na postaji 000F.



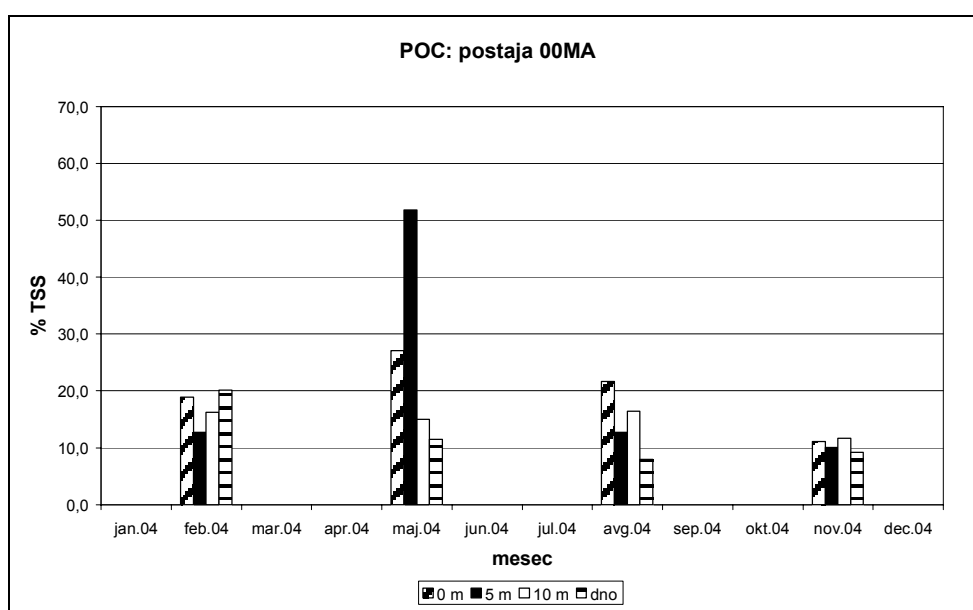
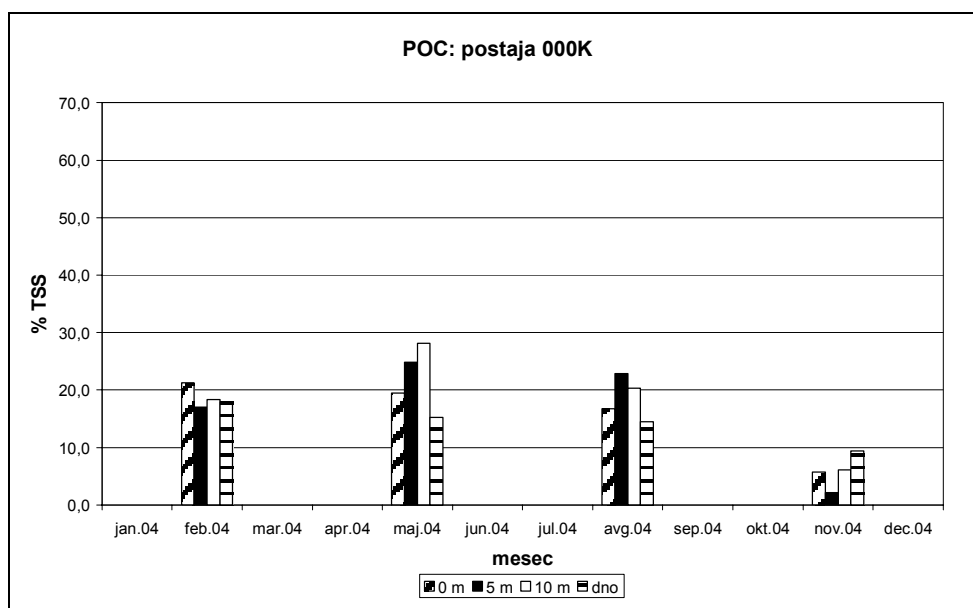
**Sl. 26:** Deleži partikulatnega organskega ogljika na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2004.

Tu smo najvišje koncentracije TSS prav tako izmerili v septembru na globini 15 m (6,64 mg/l), povišane vrednosti pa so bile tudi v pridnenem sloju v istem mesecu (4,16 mg/l) ter aprila na površini te postaje (5,43 mg/l). Nizki deleži organskega ogljika (< 5 %), ki smo jih določili v teh treh vzorcih, kažejo na velik prispevek sedimenta k sestavi suspendirane snovi. Tako kot na postaji 00CZ, smo tudi na 000F najvišji %POC določili v maju (46%). Avgustovska vrednost atomskega razmerja  $C_{org}/N$  pridnenega sloja (6,13) pa odraža visoko koncentracijo klorofila *a* (5,34  $\mu\text{g/l}$ ).



**Sl. 27: Meritve koncentracij skupne suspendirane snovi na dodatnih merilnih mestih v letu 2004.**

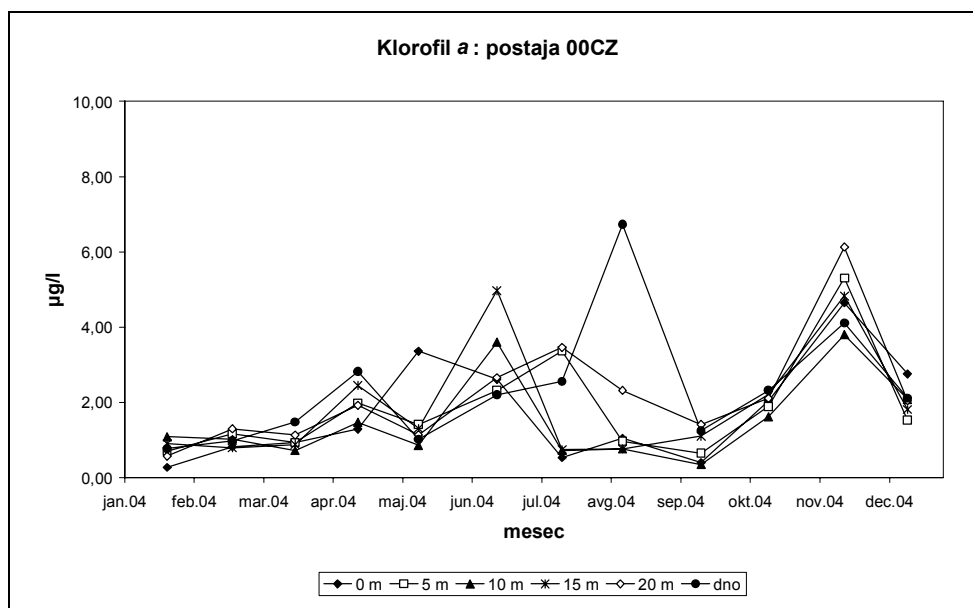
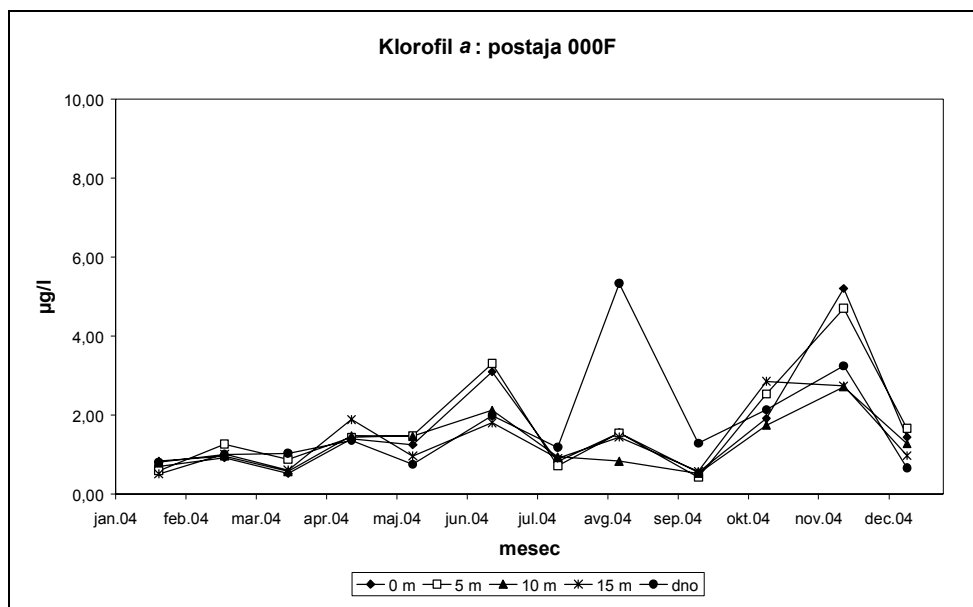
Na dodatnih merilnih mestih smo največje koncentracije TSS izmerili v novembru na postaji 000K (7,90 mg/l na globini 5 m) in avgusta v pridnenem sloju postaje 00MA (4,81 mg/l) (Sl. 27). Istočasno smo v teh vzorcih določili najnižji delež partikulatnega organskega ogljika (2 in 8%) (Sl. 28). Najvišji delež organskega ogljika pa smo na obeh postajah izmerili v maju (28 in 52% v 5-10-metrskem vodnem sloju). Povečane koncentracije fitoplanktonske biomase v novembru (Sl. 30), so vplivale na elementno sestavo suspendirane snovi iz obeh vzorčevalnih postaj, ko je povprečna vrednost atomskega  $C_{org}/N$  razmerja vodnega stolpa znašala 6,1.



**Sl. 28:** *Deleži partikulatnega organskega ogljika na dodatnih merilnih mestih v letu 2004.*

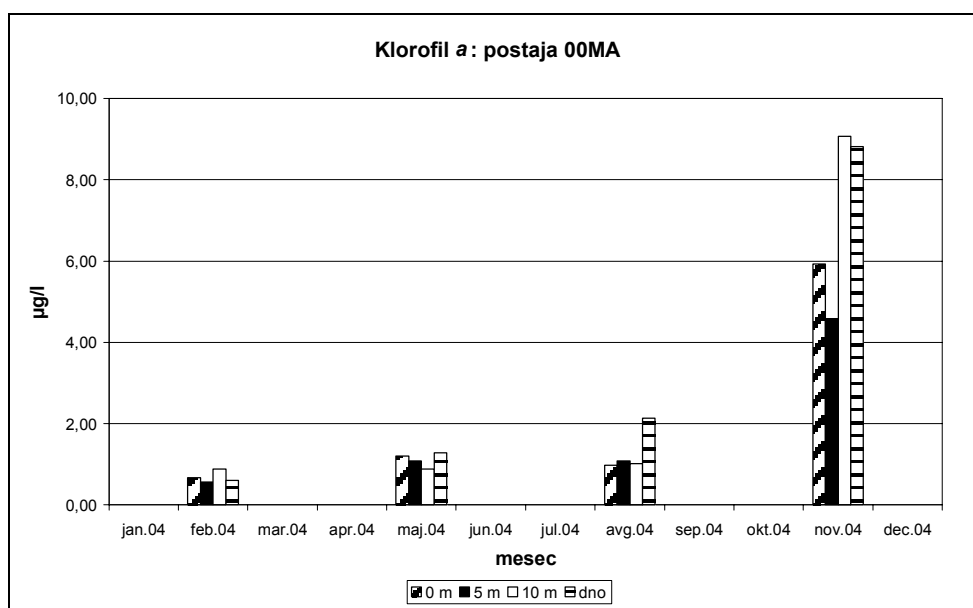
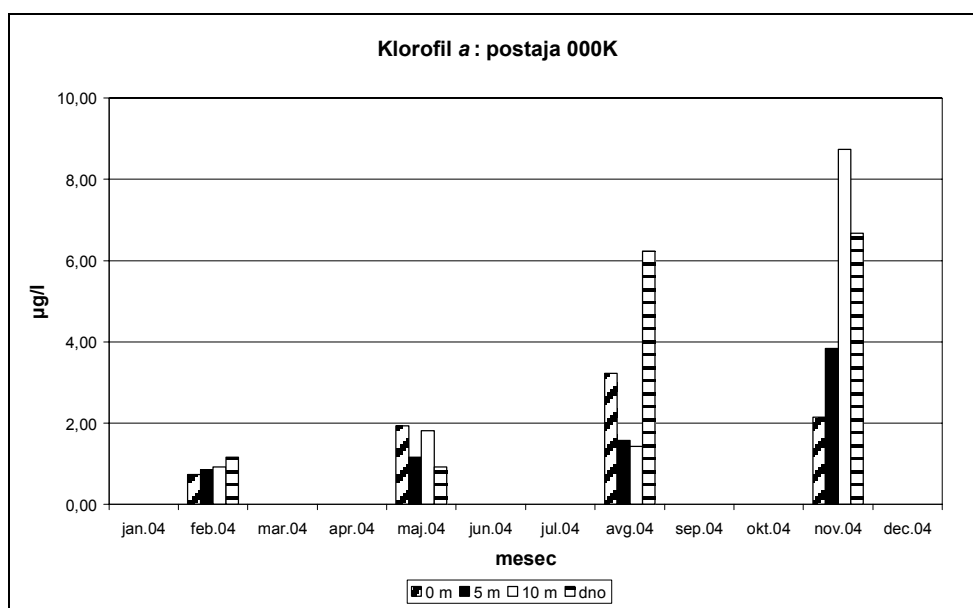
## **Biomasa fitoplanktona**

Porazdelitev biomase fitoplanktona v letu 2004, ki jo podajamo v koncentracijah glavnega fotosintetskega barvila – klorofila *a*, je prikazana na Slikah 29 in 30.



**Sl. 29:** Sezonska dinamika koncentracij klorofila *a* na referenčnem (000F) in osnovnem (00CZ) merilnem mestu v letu 2004.





**Sl. 30: Meritve koncentracij klorofila *a* na dodatnih merilnih mestih v letu 2004.**

Kljub temu, da smo najvišje koncentracije klorofila *a* na obeh zunanjih postajah izmerili v pridnenem sloju v avgustu (5,34 µg/l na postaji 000F in 6,73 µg/l na postaji 00CZ), lahko v splošnem za največji sezonski višek na vseh štirih postajah označimo mesec november. Avgustovski pridneni viški so bili ločeni od zgoraj ležečih slojev in predstavljajo tisti del fitoplanktonske mase, ki se je posedla in počasi razgrajeval pri dnu ter tako ni prešla v višje trofične nivoje (planktonski rastlinojedci), kar je bistveno

za produktivnost nekega vodnega sistema. Ti procesi so v naslednjem mesecu – septembru prispevali k skokovitemu porastu koncentracij hranilnih snovi v istem sloju, predvsem amonija, silikata, fosforjevih spojin, delno pa tudi nitrata. Povečane koncentracije fitoplanktonske biomase v juniju v zgornjih 5 m (3,31 µg/l na postaji 000F) do 15 m (4,97 µg/l na postaji 00CZ) vodnega stolpa, bi lahko bile posledica obilnih sladkovodnih vnosov v maju (izrazit padec površinske slanosti; Sl. 4). Vendar menimo, da smo neposredni vpliv majskega viška sladkovodnih pretokov z enkratmesečnim vzorčevanjem najverjetneje zamudili, saj je odziv fitoplanktona na zunanje vnose hranil zelo hiter (nekaj ur do dni; Malej *et al.*, 1997, 2003). Nasprotno pa je novembrski višek odraz premešenega vodnega stolpa in obogatjenja zgornjih slojev s hranili, ki so se v poletnih mesecih zadrževali pri dnu. To je povzročilo veliko namnožitev fitoplanktonskih celic vzdolž celotnega vodnega stolpa in ne samo v določenih slojih kot npr. avgusta ali junija. Povprečne vrednosti tega meseca so za vse postaje največje v letu 2004: od 3,73±1,16 µg/l na postaji 000F do 7,10±2,20 µg/l na postaji 00MA. Najnižja vsebnost fitoplanktonske biomase pa je bila v povprečju značilna za zimske mesece – v januarju za zunanji postaji ter v februarju za notranji postaji.

**Tab. 16: Srednje vrednosti (<X>), standardne deviacije (SD) ter najnižje (MIN) in najvišje (MAX) koncentracije klorofila *a* (µg/l) na postajah Tržaškega zaliva v letu 2004. (No.=število podatkov)**

| postaja        | 00CZ          | 000F          | 000K          | 00MA          |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <X>            | 1,92          | 1,55          |               |               |
| SD             | 1,40          | 1,10          |               |               |
| MIN<br>(mesec) | 0,27<br>(jan) | 0,43<br>(sep) | 0,73<br>(feb) | 0,57<br>(feb) |
| MAX<br>(mesec) | 6,73<br>(sep) | 5,34<br>(sep) | 8,73<br>(nov) | 9,07<br>(nov) |
| No.            | 72            | 60            | 16            | 16            |

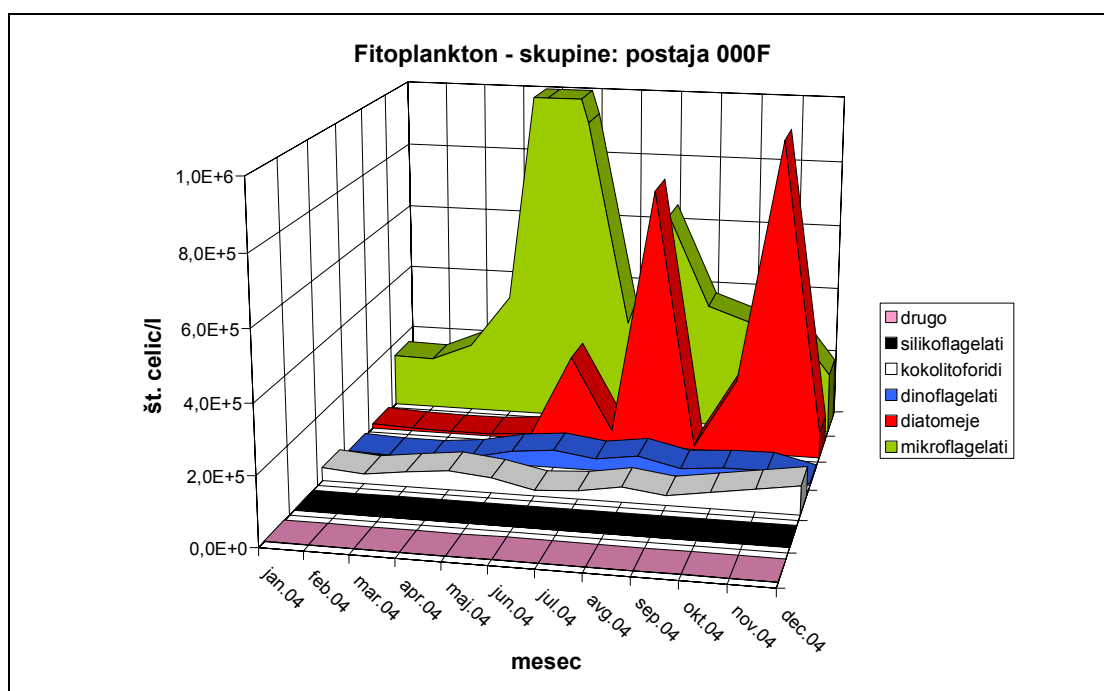
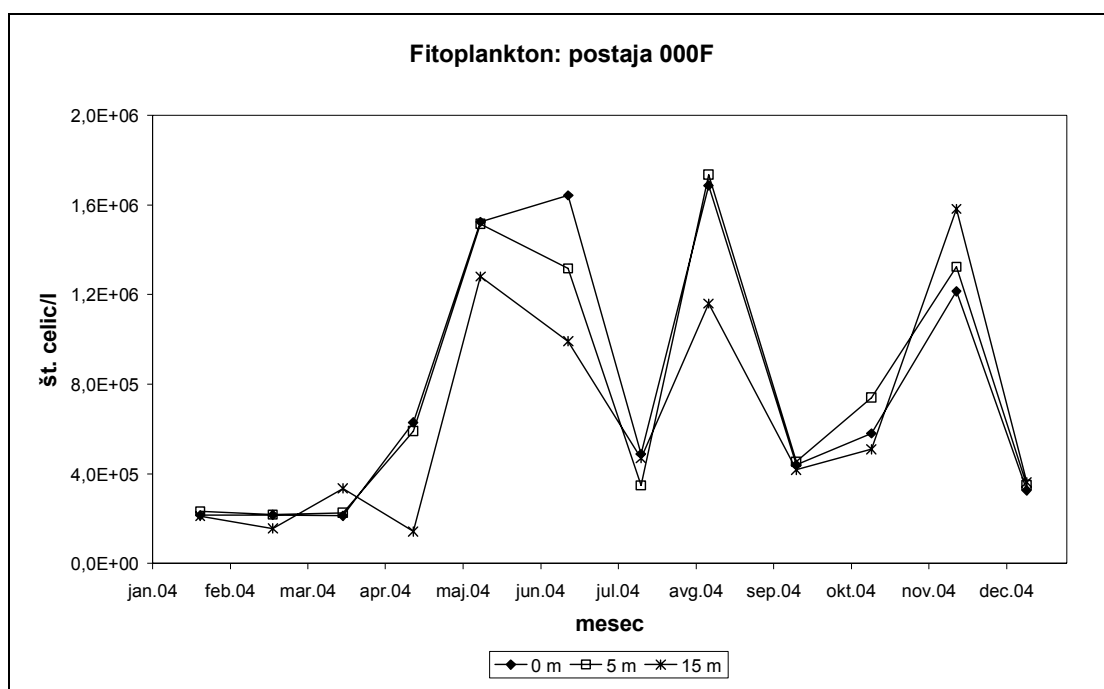
Izračunali smo tudi povprečne letne vrednosti za postaji 000F in 00CZ in ju primerjali s prejšnjimi leti, medtem ko za postaji 000K in 00MA podajamo samo najnižje in najvišje koncentracije, saj bi bila primerjava srednjih vrednosti neustrezna zaradi majhnega števila podatkov (Tab. 16). Koncentracije klorofila *a* so bile od 0,27 do

9,07 µg/l. Sezonska porazdelitev najvišjih in najnižjih vrednosti je podobna med dodatnimi merilnimi mesti na eni strani ter med referenčnim in osnovnim merilnim mestom na drugi, saj se viški in nizki praviloma pojavljajo v enakim mesecih. Zelo nizke koncentracije koncentracije klorofila *a* so bile značilne tako za januar kot september (izjema pridneni sloj) na postajah 000F in 00CZ. Povprečne letne vrednosti so višje kot v letu 2003, vendar je bilo to leto izjemno sušno, značilne so bile nizke koncentracije hranilnih snovi in fitoplanktonske biomase v večjem delu letu (Mozetič *et al.*, 2004). Poleg tega so na postaji 00CZ večje kot na postaji 000F, kar je v splošnem pravilo za Tržaški zaliv (npr. Mozetič *et al.*, 2003).

### **Abundanca in sestava fitoplanktona**

Abundanco in taksonomsko sestavo fitoplanktona smo spremljali na postaji 000F na treh globinah, pri čemer se je vzorčevalna shema nekoliko spremenila, saj smo namesto do sedaj vzorčevanih slojev 10 m in dno (poleg 0 m), v letu 2004 vzorčevali na globini 5 in 15 m.

Abundanca fitoplanktona je bila med  $1,4 \times 10^5$  cel./l (april, globina 15 m) in  $1,7 \times 10^6$  cel./l (avgust, globina 5 m) (Sl. 31). Viške, ki so presegli  $1 \times 10^6$  cel./l, smo zabeležili v spomladanskih mesecih (maj, junij), avgustu in novembru. V spomladansko-poletnih mesecih so bile visoke abundance značilne za zgornji 5-metrski sloj (med  $1,3 \times 10^6$  in  $1,6 \times 10^6$  cel./l), v novembru pa smo veliko število celic prešteli na vseh treh globinah vodnega stolpa ( $1,2-1,6 \times 10^6$  cel./l). Slika abundance celotnega fitoplanktona prikazuje zelo skokovito dinamiko enoceličnega rastlinskega planktona v letu 2004: v prvih treh mesecih leta je bila gostota zelo nizka (v povprečju  $2,8 \times 10^5 \pm 1,6 \times 10^5$  cel./l), od aprila dalje pa smo zabeležili skokovit porast abundance, zlasti v zgornjih 5 m, ki je dosegla višek v maju in junju. Sledil je prav tako skokovit padec v juliju ter ponoven porast v avgustu. V hladnejšem delu leta, v novembru, smo zabeležili še en višek, v preostalih mesecih pa je bilo število ponovno nizko, zlasti v decembru ( $> 4 \times 10^5$  cel./l).



**Sl. 31: Sezonska dinamika abundance (zgoraj) celotnega fitoplanktona in (spodaj) posameznih skupin fitoplanktona (integrirane vrednosti) na postaji 000F v letu 2004.**

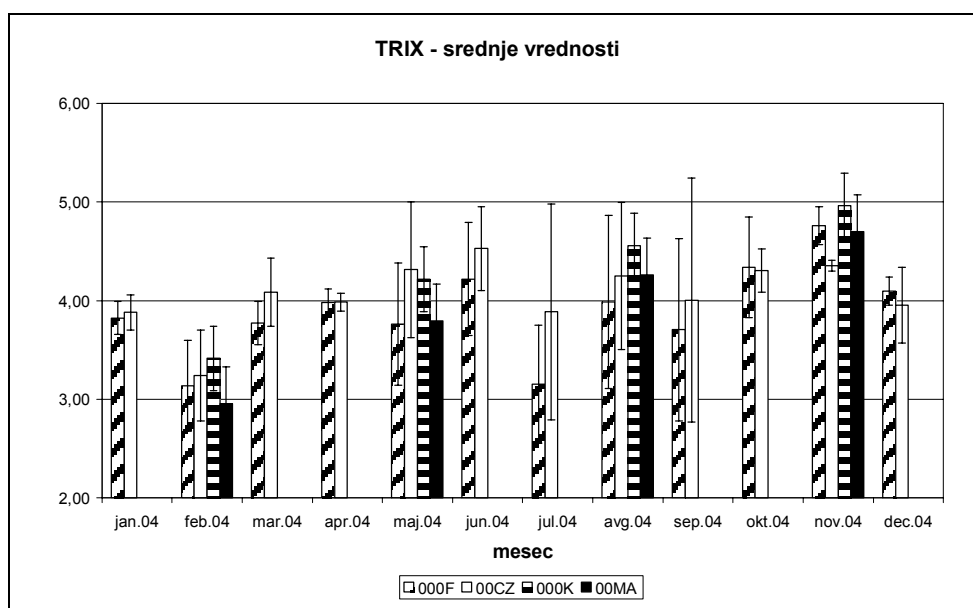
Iz Slike 31, ki prikazuje abundanco posameznih skupin fitoplanktona (integrirane vrednosti abundance v zgornjih 15 m vodnega stolpa), lahko razberemo, katere

skupine oz. razredi primarnih producentov so največ prispevali k celotnemu številu. Tako kot vedno, sta bili najštevilčnejša razred diatomej in netaksonomska skupina majhnih ( $\leq 10 \mu\text{m}$ ), avtotrofnih bičkarjev – mikroflagelatov, ki združuje predstavnike različnih razredov planktonskih mikroalg. V povprečju so bili mikroflagelati najštevilčnejši ( $4,5 \times 10^5 \pm 3,7 \times 10^5 \text{ cel./l}$ ) in so prevladovali v večjem delu leta ( $68 \pm 20\%$  skupnega števila). Njihov višek smo zabeležili ob spomladanskem porastu fitoplanktona (maj-junij:  $7,8 \times 10^5 - 1,4 \times 10^6 \text{ cel./l}$ ). Ker imajo ti organizmi manjšo vsebnost klorofila *a* v celicah kot npr. diatomeje, se njihova velika abundanca v teh dveh mesecih, zlasti pa v maju, ni odražala na povečani količini klorofila *a* (Sl. 29, postaja 000F). Drugi višek mikroflagelatov pa je nastopil v avgustu (max  $9,1 \times 10^5 \text{ cel./l}$ ), ko je njihovo število predstavljalo okoli 45% celotnega fitoplanktona. S podobnim deležem (47%) so k skupnemu številu fitoplanktona v tem mesecu prispevale tudi diatomeje, ki so bile najštevilčnejše zlasti na globini 5 m (okoli  $1,0 \times 10^6 \text{ cel./l}$ ). Drugi, še večji diatomejski višek, pa smo zabeležili v novembru ( $8,0 \times 10^5$  do  $1,1 \times 10^5 \text{ cel./l}$ ). Ta poznojesenski višek se praviloma redno pojavlja v Tržaškem zalivu. Delež diatomej je bil novembra 2004 okoli 68%. Temu je ustrezal tudi novembrski višek klorofila *a*.

Razmeroma pomemben delež (do 25%) so k skupnemu številu fitoplanktona prispevali tudi kokolitoforidi, ki so bili najštevilčnejši v decembru ( $7,9 - 8,9 \times 10^4 \text{ cel./l}$ ). To je bilo značilno tudi za leto 2003. Njihovo število je poraslo še v novembru in aprilu. Nasprotno od kokolitoforidov, ki so bolj hladnoljubni organizmi, je bil razred oklepnih bičkarjev – dinoflagelatov, najštevilčnejši v poznospomladanskih in poletnih mesecih (max  $7,5 \times 10^4 \text{ cel./l}$ ).

### **Trofični indeks – TRIX**

Izračunane vrednosti trofičnega indeksa TRIX prikazujemo kot srednje vrednosti vodnega stolpa za posamezno postajo (Sl. 32). Srednje vrednosti trofičnega indeksa so bile med 2,96 (postaja 00MA v februarju) in 4,96 (postaja 000K, v novembru). Najnižja vrednost TRIX indeksa odraža visok trofični status morja (2 - 4), najvišja pa dober (4 - 5) do visok. Sicer pa smo visoke vrednosti TRIX-a v novembru izračunali za vse postaje, prav tako pa so bile na vseh postajah vrednosti TRIX-a najnižje v februarju.



Sl. 32: Srednje vrednosti ( $\pm$  SD) trofičnega indeksa TRIX na štiri postajah obalnega morja v posameznih mesecih leta 2004.

Meseci s srednjim oz. dobrim trofičnim statusom so bili v povprečju še avgust, junij, oktober in maj, vendar le na postajah 000K in 00CZ. Postaja, ki je v povprečju odražala najboljše trofične razmere, je bila referenčna postaja 000F. Srednja letna vrednost TRIX-a ( $3,89 \pm 0,65$ ) je bila na meji med zelo visokim in dobrim statusom, postaja 00CZ pa je bila v povprečju, čeprav le za malo, v dobrem trofičnem razredu ( $4,07 \pm 0,65$ ).

Dodatni merilni mesti je moč primerjati le med seboj zaradi manjšega števila vzorcev; štiri meritve kemičnih in bioloških parametrov, povezanih v TRIX indeks, odražajo v povprečju slabše trofične razmere na postaji v notranjosti Koprškega zaliva (000K:  $4,29 \pm 0,71$ ) v primerjavi s postajo 00MA v bližini Marine Portorož ( $3,93 \pm 0,77$ ), kar pa je še zmerja znotraj dobrega trofičnega razreda.

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

Iz skupine prednostnih in indikativnih parametrov predstavljamo le rezultate analiz težkih kovin in PAH-ov v sedimentu.

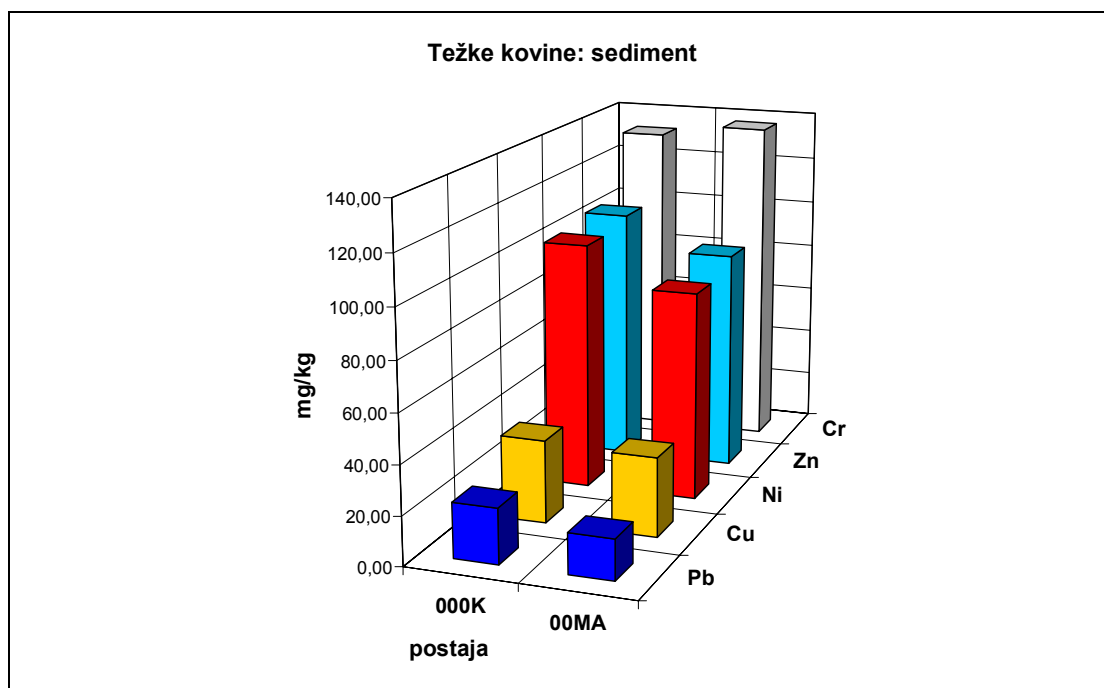
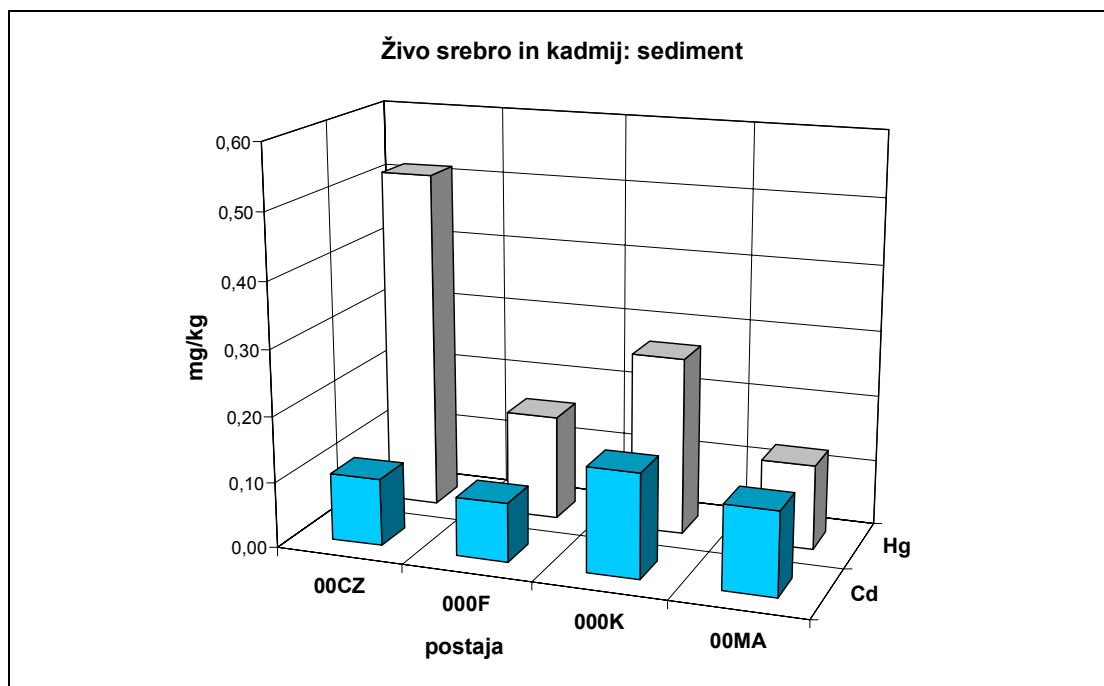
#### **Težke kovine**

Na vseh štirih postajah obalnega morja smo z liste prednostnih parametrov določevali vsebnost živega srebra in kadmija v zgornjem 2-cm sloju sedimenta. Na dodatnih merilnih mestih pa smo določili še preostalih 5 kovin, ki sodijo med indikativne parametre. Meritve smo izvajali v novembru, rezultate pa prikazujemo na Sliki 33, posbej za živo srebro in kadmij ter za preostalih pet kovin.

Koncentracije živega srebra so bile najvišje na postaji 00CZ sredi Tržaškega zaliva (0,515 mg/kg), najnižje pa na postaji 00MA (0,128 mg/kg). Tej je sledila postaja 000F s 0,159 mg/kg, skoraj še enkrat večjo vsebnost živega srebra pa smo izmerili na postaji 000K (0,269 mg/kg). Predvidevamo, da so najvišje koncentracije živega srebra na postaji 00CZ posledica bližine izliva oz. vpliva reke Soče. V primerjavi z letom 2003, so bile koncentracije v letu 2004 nižje. Razlike med letoma so bile najmanjše na postajah 00MA in 000K, zelo očitne pa na postajah 00CZ (pribl. 3-krat nižja vsebnost Hg v 2004) in 000F (pribl. 2,5-krat nižja vsebnost Hg v 2004).

Ravno nasprotno pa je bilo v primeru kadmija, kjer so bile vse koncentracije iz leta 2004 tudi do 3,2-krat večje kot v letu 2003. Razlika je bila največja na postaji 00MA. Sicer pa smo v letu 2004 največjo vsebnost kadmija v sedimentu izmerili na postaji 000K (0,158 mg/kg), sledila je postaja 00MA (0,127 mg/kg), najmanj kadmija pa je bilo v sedimentu postaje 000F (0,089 mg/kg).

Meritve kroma, cinka, niklja, bakra in svinca na dodatnih merilnih mestih so pokazale večjo vsebnost vseh težkih kovin, razen kroma, na postaji 000K. Razlike so bile največje v primeru cinka in niklja, ostale vrednosti pa so si bolj podobne. Nekoliko višjo koncentracijo kroma na postaji 00MA v primerjavi s postajo 000K smo izmerili tudi v letu 2003.



Sl. 33: Koncentracije (zgoraj) kadmija in živega srebra v sedimentu štirih postaj obalnega morja in (spodaj) preostalih težkih kovin v sedimentu postaj 000K in 00MA v novembru 2004.



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

PAH-e smo določali na postajah 000K in 00MA v sedimentu, vzorčevanje pa je potekalo v septembru.

Vsebnost PAH-ov v sedimentu je bila na obeh merilnih mestih zmerno povišana in praviloma nekoliko višja na postaji 000K v primerjavi z 00MA (Tab. 17). Zmerno onesnaženost najverjetneje lahko pripišemo vplivu pomorskega prometa - Luke Koper na postaji 000K in Marine Portorož na postaji 00MA. Svoj del pa verjetno prispevata tudi mesto Koper in naseljeno območje do Pirana, ki je tudi pomembno turistično območje. Med PAH-i so prevladovale spojine, ki so bolj značilne za pirogeni izvor (nealkilirani PAH-i). 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. 17: Koncentracije PAH-ov v zgornjem sloju sedimenta na postajah 000K in 00MA (vzorčenje 14.9.2004).**

| <b>PAH</b>              | <b>000K (mg/kg)</b> | <b>00MA (mg/kg)</b> |
|-------------------------|---------------------|---------------------|
| Naftalen                | 0,009               | 0,012               |
| Acenaftilen             | <0,001              | <0,001              |
| Acenaften               | <0,001              | <0,001              |
| Fluoren                 | <0,001              | 0,003               |
| Fenantren               | 0,038               | 0,029               |
| Antracen                | 0,020               | 0,038               |
| Fluoranten*             | 0,075               | 0,039               |
| Piren                   | 0,110               | 0,043               |
| Benzo(a)antracen        | 0,044               | 0,025               |
| Krizen                  | 0,074               | 0,052               |
| Benzo(b)fluoranten*     | 0,093               | 0,064               |
| Benzo(k)fluoranten*     | 0,048               | 0,037               |
| Benzo(a)piren*          | 0,041               | 0,016               |
| Benzo(g,h,i)perilen*    | 0,077               | 0,082               |
| Dibenzo(a,h)antracen    | 0,017               | 0,051               |
| Indeno(1,2,3-c,d)piren* | 0,050               | 0,054               |

## 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 **Grafi04\_brakicne.xls**. Osnovno merilno mesto je bilo v estuariju Rižane (ERI2), referenčno pa v spodnjem toku reke Dragonje, ki je pod vplivom morja (00DR).

**Tab. 18: Vrednosti splošnih parametrov in anionaktivnih detergentov (MBAS), merjenih v površinskem sloju vode na postajah ERI2 in 00DR.**

| Parameter                      | Postaja | ERI2   |        |       |        | 00DR   |        |        |        |
|--------------------------------|---------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                |         | ENOTA  | FEB    | MAJ   | AVG    | NOV    | FEB    | MAJ    | AVG    |
| Temp.                          | °C      | 8,47   | 14,98  | 27,36 | 10,96  | 7,70   | 15,00  | 18,00  | 10,50  |
| Slanost                        | psu     | 32,09  | 31,24  | 34,79 | 9,82   | 3,00   | 0,00   | 1,50   | 2,00   |
| pH                             |         | 8,21   | 8,21   | 8,24  | 8,28   | 7,82   | 7,74   | 7,27   | 7,33   |
| Prosojnost                     | m       | 3,0    | 1,5    | 1,5   | 4,0    | 1,5    | 0,1    | 0,5    | 2,0    |
| O <sub>2</sub>                 | mg/l    | 8,71   | 9,27   | 6,14  | 7,25   | 10,71  | 10,82  | 5,91   | 9,95   |
| % O <sub>2</sub>               | %       | 95,2   | 111,5  | 94,6  | 70,1   | 88,9   | 107,5  | 63,1   | 90,5   |
| BPK <sub>5</sub>               | mg/l    | 3,89   | 1,40   | 1,83  | 0,87   | 2,33   | 0,66   | 2,27   | 3,31   |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>   | μmol/l  | 40,03  | 7,77   | 21,35 | 2,37   | 0,48   | 2,26   | 4,28   | 1,42   |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>   | μmol/l  | 31,46  | 55,98  | 5,34  | 14,61  | 195,72 | 175,09 | 280,90 | 244,38 |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>   | μmol/l  | 0,67   | 0,67   | 0,60  | 0,75   | 0,23   | 0,45   | 1,63   | 0,23   |
| TN                             | μmol/l  | 100,92 | 80,57  | 99,64 | 45,62  | 292,05 | 365,93 | 401,65 | 312,81 |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>  | μmol/l  | 3,26   | 0,80   | 1,62  | 0,23   | 0,67   | 0,99   | 3,31   | 0,27   |
| TP                             | μmol/l  | 3,32   | 1,65   | 3,13  | 0,73   | 0,68   | 1,45   | 4,03   | 0,69   |
| SiO <sub>4</sub> <sup>4-</sup> | μmol/l  | 5,90   | 25,90  | 11,22 | 11,97  | 94,22  | 108,84 | 105,57 | 132,79 |
| TSS                            | mg/l    | 1,60   | 3,75   | 4,00  | 4,21   | 2,21   | 6,80   | 1,40   | 3,11   |
| POC                            | %       | 17,15  | 16,37  | 23,28 | 3,14   | 7,51   | 3,66   | 14,05  | 12,24  |
| MBAS                           | mg/l,,  | <0,025 | <0,025 | 0,102 | <0,025 | <0,025 | <0,025 | <0,025 | <0,025 |

V Tabeli 18 predstavljamo vrednosti splošnih parametrov, merjenih 4-krat v letu na postajah ERI2 in 00DR. Vzorčevali smo le zgornji sloj vode na globini 0,3 m oz. v sloju znižane površinske slanosti. Ker sta bili merilni mesti, določeni v letu 2003, preveč »morski«, smo ju v letu 2004 na novo določili in postavili navzgor proti rečni strugi, tako da bi dejansko odražali brakične razmere. Izkazalo se je, da je postaja ERI2 bolj tipična brakična postaja, saj so bila nihanja slanosti v zgornjem sloju dosti

večja (10-35 psu) kot na postaji 00DR, ki je bila pod majhnim vplivom morske vode (okoli 2 psu).

Največja globina obeh merilnih mest se je spreminjala zaradi različnega vodostaja izlivnih območij; to je bilo zlasti opazno na postaji 00DR, kjer je bila ob visokem vodostaju v novembru največja globina 2 m, v bolj sušnem obdobju (maj in avgust) pa le pol metra. Povprečna globina postaje ERI2 je bila okoli 9 m. Navkljub plitvi globini na izlivu Dragonje pa prosojnost vode na postaji 00DR ni bila vedno dobra; spreminjala se je od zelo dobrih razmer (globina Secchi plošče do dna struge) pa do nekaj cm.

Koncentracije raztopljenega kisika so bile višje na postaji 00DR razen v avgustu. V tem mesecu smo na obeh postajah zabeležili najnižje vrednosti. 100% nasičenost s kisikom oz. supesaturacijske razmere smo zabeležili le enkrat in sicer v maju na obeh postajah. Vrednosti BPK<sub>5</sub> so bile ob prvih dveh vzorčenjih večje na postaji ERI2, ko je bila izmerjena tudi aboslutno največja koncentracija (3,89 mg/l), kar kaže na bolj obremenjeno okolje z organsko snovjo, razpoložljivo za bakterijsko razgradnjo. Ob zadnjih dveh vzorčenjih pa so bile vrednosti BPK<sub>5</sub> večje na postaji na izlivu Dragonje.

Postaji se močno razlikujeta tudi po koncentracijah hranilnih snovi. Vendar za razliko od leta 2003, ko so bile koncentracije vseh hranilnih snovi mnogo nižje na postaji 0EDR in primerljive z morskimi vrednostmi, je bila v letu 2004, zaradi na novo določenih postaj, slika popolnoma drugačna. Koncentracije amonija so bile mnogo višje na postaji ERI2 in v dveh primerih (februar in avgust: > 21 µmol/l) so močno presegle tudi morske vrednosti. Nasprotno so bile koncentracije nitrata, celotnega dušika in silikata veliko večje na postaji 00DR. Ti rezultati kažejo na različne vplive s kopnega oz. naravno ozadje obeh brakičnih vodnih teles. Ker se na spodnji tok reke Rižane priključijo tudi mehansko očiščene odplake iz Centralne čistilne naprave Koper, se to odraža na kemični sestavi oz. obremenjenosti vode tudi nekoliko nižje, v estuariju. Visoke koncentracije amonija so značilen pokazatelj fekalnega onesnaženja. Na drugi strani pa so visoke koncentracije nitrata v spodnjem toku Dragonje najverjetneje posledica uporabe gnojil na kmetijskih površinah v dolini Dragonje, zaradi spiranja flišne podlage pa je značilna visoka vsebnost silikata. Koncentracije le-tega so bile na postaji ERI2 bistveno nižje in podobne najvišjim koncentracijam v morju, verjetno tudi zaradi večjega redčenja z morsko vodo. Koncentracije fosfata in skupnega fosforja so bile še najbolj podobne med postajama in le nekoliko višje na

postaji ERI2; vir fosforjevih spojin v estuariju Rižane je prav tako čistilna naprava (produkti presnove v človekovem organizmu, čistilna sredstva), na izlivnem območju Dragonje pa ponovno uporaba gnojil v poljedelstvu. V sklopu celotnih dušikovih in fosforjevih spojin je bil v obeh primerih delež organskih spojin v povprečju večji v estuariju Rižane ( $45\pm 25\%$  N<sub>org.</sub> in  $42\pm 28\%$  P<sub>org.</sub> na postaji ERI2;  $33\pm 13\%$  N<sub>org.</sub> in  $28\pm 25\%$  P<sub>org.</sub> na postaji 00DR), vendar veliko nižji kot v morju.

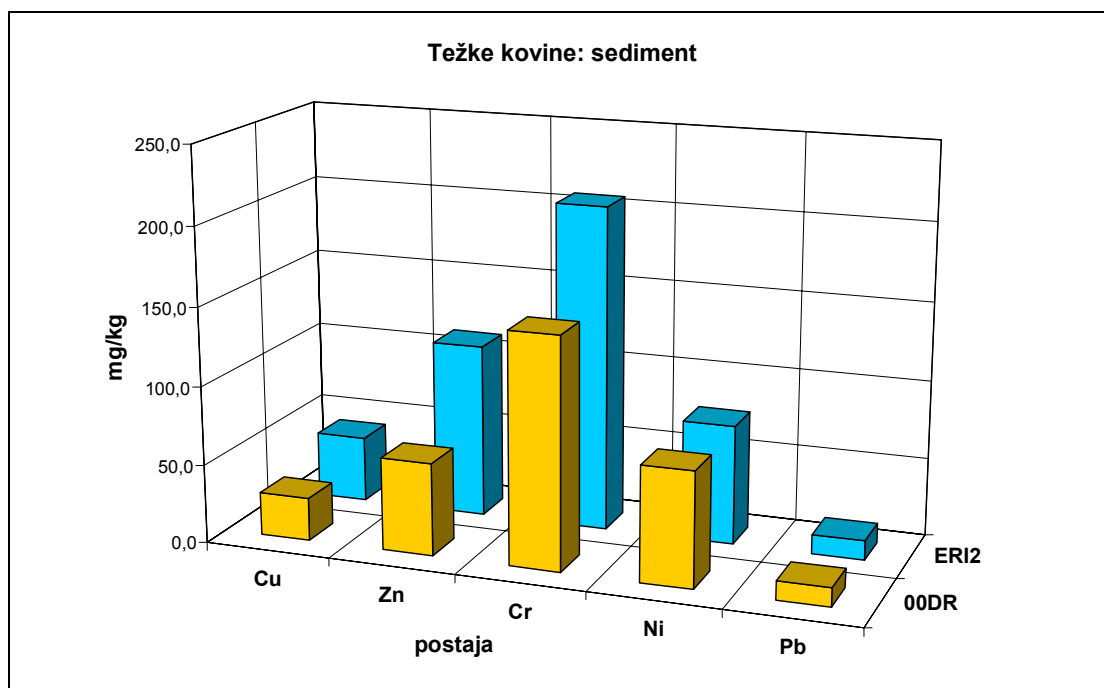
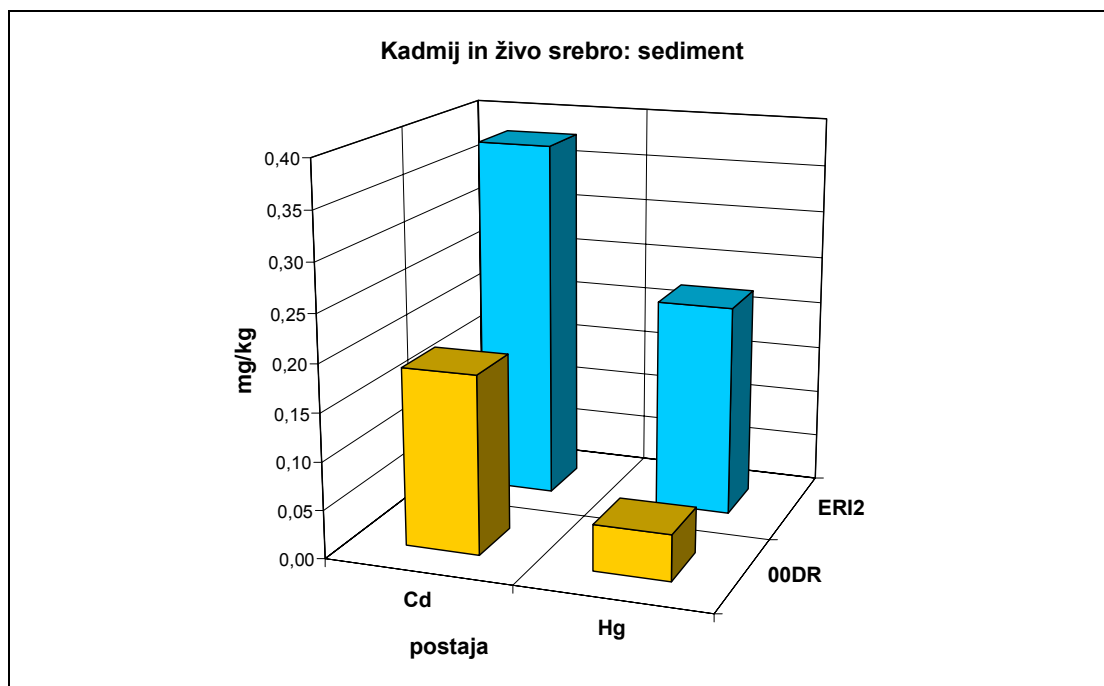
Najvišje koncentracije celotne suspendirane snovi smo na postaji 00DR določili v maju (6,80 mg/l), na postaji ERI2 pa v novembru (4,21 mg/l). Kljub temu je bila vsebnost TSS v povprečju enaka za obe postaji (okoli 3,4 mg/l). Najvišji delež organskega ogljika smo v vzorcih obeh izlivnih območij rek določili v avgustu, posamezne vrednosti pa so bile praviloma (prva tri vzorčevanja) višje na postaji ERI2.

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

Tako kot v podprogramu monitoringa morja, tudi pri brakičnih vodah podajamo prednostne (kadmij in živo srebro v sedimentu) in indikativne (detergenti v vodi, ostale kovine v sedimentu) parametre skupaj.

#### **Težke kovine**

Težke kovine v sedimentu obeh postaj smo merili v novembru. Analize so pokazale večjo vsebnost skoraj vseh težkih kovin na postaji ERI2, le v primeru niklja in svinca so bile razlike med postajama zanemarljive (Sl. 34). Največje razlike med postajama smo opazili v vsebnosti živega srebra (4,6-kratna koncentracija na postaji ERI2 v primerjavi z 00DR), kadmija in cinka (2-krat več na postaji ERI2). Vsebnost živega srebra na postaji ERI2 (0,222 mg/kg) je zelo podobna količini Hg na bližnji postaji 000K v Koprskem zalivu (Sl. 33), medtem ko je vsebnost Hg na postaji 00DR (0,048 mg/kg) sploh najnižja izmerjena koncentracija na vseh postajah obalnega morja (Sl. 33), brakičnih voda in školjčičišč (Tab. 19). Koncentracije kadmija v sedimentih postaj ERI2 in 00DR so večje kot v vseh morskih sedimentih; podobno velja tudi za krom, medtem ko so koncentracije svinca in niklja celo nižje v obeh brakičnih vodnih telesih.



Sl. 34: Koncentracije (zgoraj) kadmija in živega srebra ter (spodaj) preostalih težkih kovin v sedimentu postaj ERI2 in 00DR v novembru 2004.

## **Detergenti**

Anionaktivne detergente v vodi v večini primerov nismo mogli določiti (Tab. 18). Koncentracija nad mejo detekcije metode (0,025 mg MBAS/l) je bila izmerjena enkrat in sicer na postaji ERI2 v avgustu (0,102 mg/l).

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

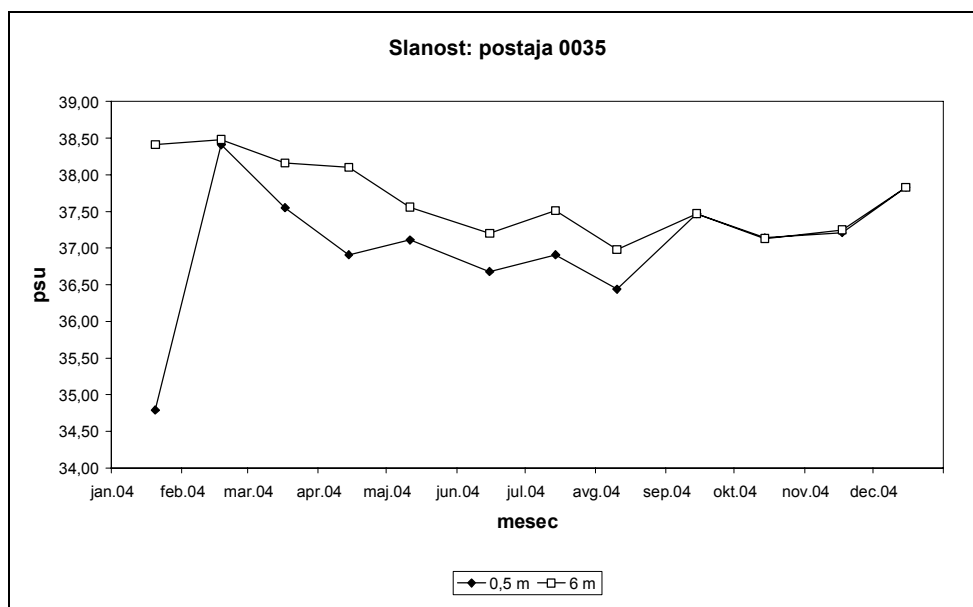
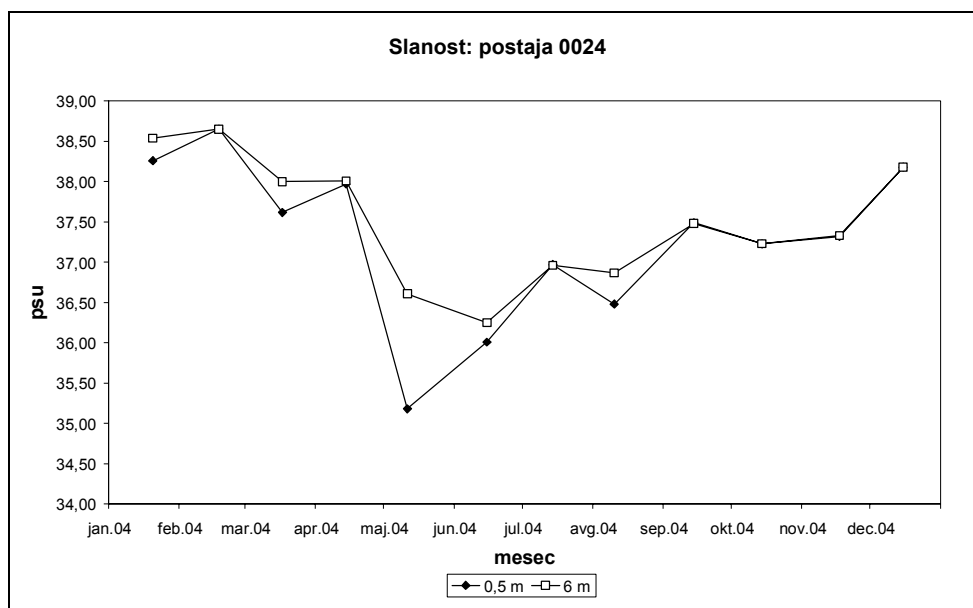
Parametri tega programa monitoringa so razdeljeni v dve skupini: parametri onesnaženja in parametri kakovosti. Vendar jih v tem poročilu prikazujemo po sklopih glede na frekvenco vzorčenja in matriks.

#### **Slanost in kisik**

Vrednosti slanosti in koncentracij raztopljenega kisika ter stopnje nasičenosti s kisikom so bile na postajah 0024 in 0035 podobne kot na postajah obalnega morja.

Najnižjo površinsko slanost na postaji 0024 smo izmerili maja (35,18 psu), na postaji 0035 pa januarja (34,79 psu) (Sl. 35). Tega padca površinske slanosti na školjčičišču v Strunjanskem zalivu nismo opazili; sicer je bila sezonska dinamika slanosti na tej postaji zelo podobna tisti na postaji 000F (Sl. 4). Poleg majskega površinskega nižka, smo zabeležili še dva v juniju (36,01 psu) in avgustu (36,48). Na postaji 0035 smo znižanje površinske slanosti prav tako zabeležili v juniju in avgustu, ki pa ni bilo tako izrazito kot na postaji 0024. Da je bila postaja v Strunjanskem zalivu pod večjim vplivom razširjanja sladke vode, priča tudi podatek o znižani slanosti (< 37 psu) na globini 6 m vse od maja do avgusta.

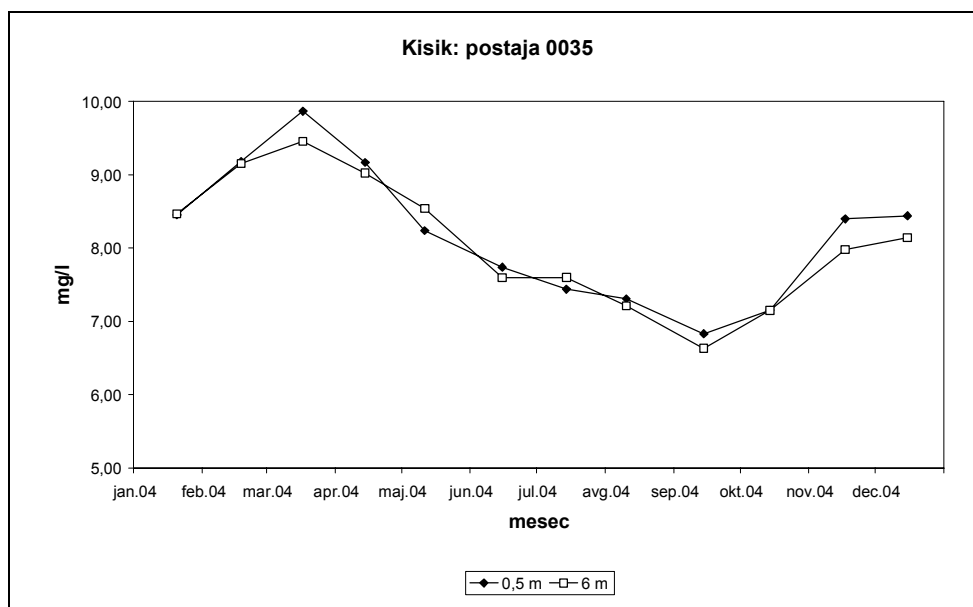
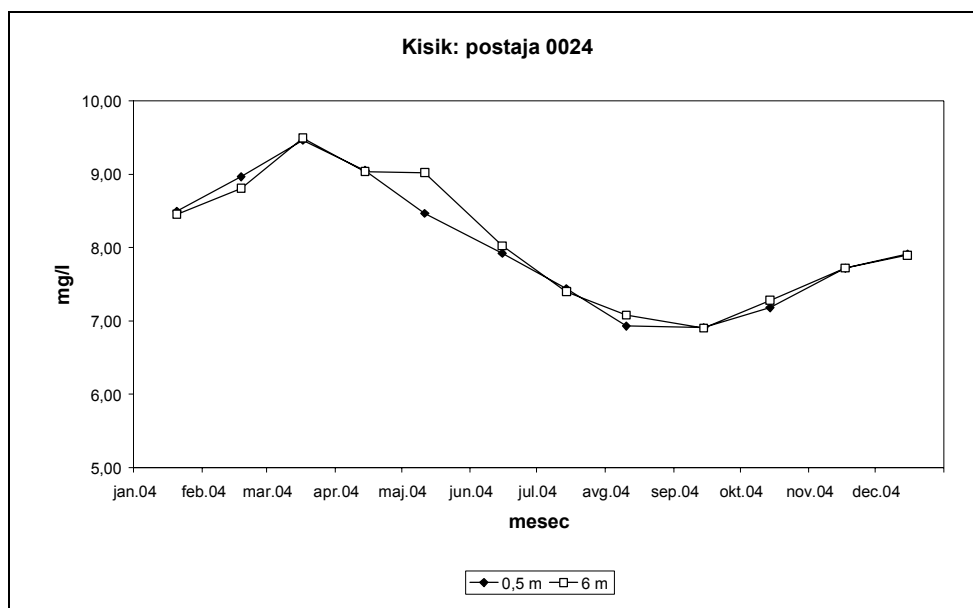
Koncentracije raztopljenega kisika (Sl. 36) so bile najvišje v zimskih mesecih, še posebej pa v marcu (od 9,5 do 9,9 mg/l), ko nastopijo najnižje temperature morske vode. S segrevanjem morske vode je vsebnost kisika pričela postopoma padati in najnižje koncentracije smo izmerili septembra na obeh postajah (6,63 mg/l na postaji 0035 in 6,90 mg/l na postaji 0024). Proti koncu leta so koncentracije ponovno narasle. Preko celega leta smo višje vrednosti praviloma zabeležili na postaji 0035. Med površinskim slojem in slojem na globini 6 m ni bilo večjih razlik, nekoliko presenetljivi pa je bil zasuk koncentracij v maju, ko smo višje vrednosti izmerili na globini 6 m in ne na površini. Ta pojav je bil bolj izrazit na postaji 0024 in je najverjetneje povezan s padcem površinske slanosti v tem mesecu.



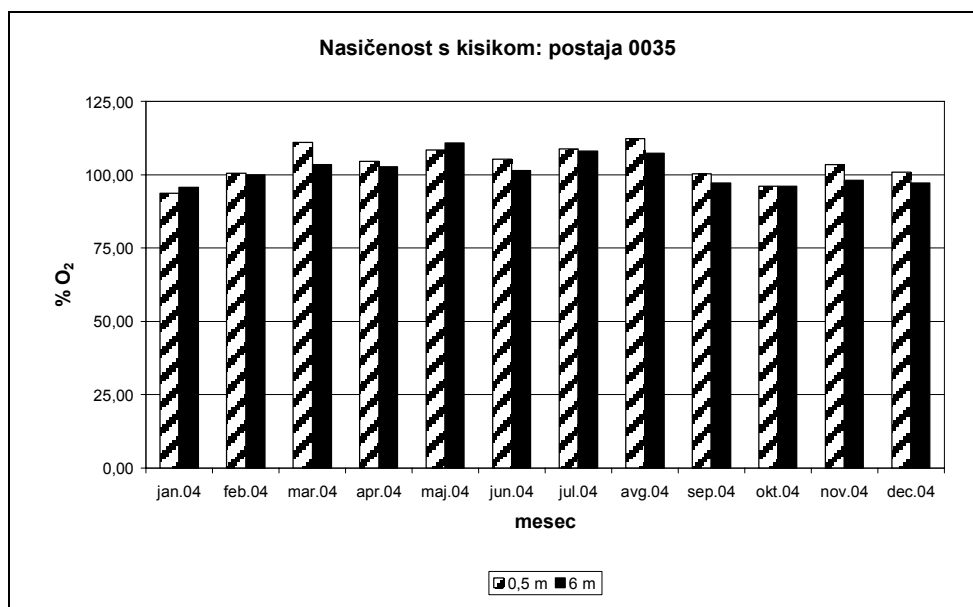
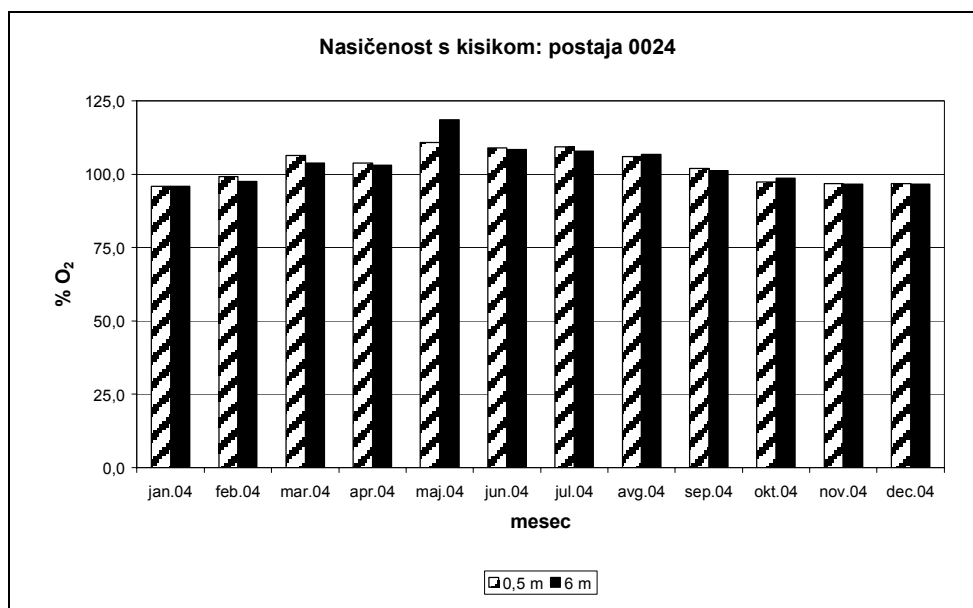
**Sl. 35: Sezonska dinamika slanosti morske vode na območjih gojišč školjk v letu 2004.**

Nasičenost s kisikom je bila zelo visoka in vedno nad 95% (Sl. 37). Izjema je bil le površinski sloj postaje 0035 v januarju, kar je bilo podobno kot v letu 2003. V polovici vseh mesecev so bile kisikove razmere supersaturirane (do 119% nasičenosti).





**Sl. 36: Sezonska dinamika koncentracij raztopljenega kisika v vodi na območjih gojišč školjk v letu 2004.**



Sl. 37: Deleži nasičenosti vode s kisikom na območjih gojišč školjk v letu 2004.

### Toksični fitoplankton

Vzorci morske vode, v katerih smo določevali število in vrstno sestavo dinofalgelatov, povzročiteljev DSP in PSP zastrupitve, smo vzorčevali dvakrat mesečno od maja do vključno septembra na obeh postajah. Vzorčevali smo na globini 0 in 6 m.





Drugačna in bolj skokovita je bila dinamika dinoflagelatnih vrst iz rodov *Dinophysis*, *Phalocroma* in *Prorocentrum*, ki so povzročitelji DSP zastrupitev (Sl. 39). Abundanca potencialnih DSP povzročiteljev je variirala od »meje detekcije« (noben osebek opažen v vzorcu) do 150 cel./l oz. 170 cel./l. Te viške smo zabeležili maja na postaji 0035 v površinskem sloju in v začetku septembra na postaji 0024 na globini 6 m.

Na postaji 0035 je po sezonskem višku že ob naslednjem vzorčenju število močno padlo in nato v začetku junija ponovno naraslo (150.cel./l). Vendar sta bila oba spomladanska viška omejena zlasti na površinski sloj; še posebej je bilo to značilno za mesec maj, ko na globini 6 m nismo zabeležili niti enega predstavnika DSP povzročiteljev. V avgustu smo zabeležili še en višek, ki se je v prvi polovica avgusta pojavil na površini, ob koncu meseca pa še na globini 6 m. Ob kocu vzorčevalnega obdobja je bila gostota DSP povzročiteljev nizka.

Na postaji 0024 nismo opazili tako velikega variiranja abundance v spomladanskih mesecih, pa tudi ne tako velikih razlik med obema vodnima slojema. Z izjemo majskega površinskega viška (130 cel./l), je bilo število celic vedno večje v 6-metrskem vodnem sloju. Ob koncu vzorčevalnega obdobja v vzorcih morske vode nismo našli nobenega DSP povzročitelja.

Tako po številu vrst kot skupni abundanci, je prevladoval rod *Dinophysis* (*D. caudata*, *D. fortii*, *D. rotundata*, *D. sacculus* in *D. sp.*), določili pa smo tudi vrsti *Phalocroma mitra* in *Prorocentrum lima*. Vsaka vrsta je imela svojo značilno dinamiko in je različno prispevala k skupni abundanci. Najštevilčnejša vrsta v maju je bila *D. rotundata*, v juniju pa *D. sacculus*. K drugemu sezonskemu višku v avgustu sta največ doprinesli vrsti *D. caudata* in *D. rotundata*. Le-ta vrsta je bila praviloma opažena v vseh mesecih. Vrsto *D. fortii* smo opazili v zelo nizkem številu ( $\leq 20$  cel./l) le v septembrskih vzorcih in predvsem na globini 6 m.

V letu 2004 smo v vzorcih opazili tudi dve potencialno strupeni vrsti dinoflagelatov - *Lingulodinium polyedra* in *Protoceratium reticulatum*, ki izločata jesotoksine in se redno pojavljata v slovenskem morju. *L. polyedra* je bil najštevilčnejši na postaji 0035 (190 cel./l), potem pa je njegova abundanca močno padla (20 cel./l) in le občasno smo ga opazili v vzorcih morske vode, praviloma bolj na postaji 0035 kot na postaji 0024. Tudi abundanca vrste *P. reticulatum* je bila največja v maju (30 cel./l), vendar veliko

manjša kot pri vrsti *L. polyedra*. Vrsto *P. reticulatum* smo beležili skoraj v vseh vzorcih vse do konca avgusta.

### **Parametri kakovosti in onesnaženja**

V Tabeli 19 so zbrani podatki o nekaterih parametrih kakovosti in onesnaženja, ki smo jih merili 4-krat letno.

**Tab. 19: Vrednosti fizikalnih, kemičnih in mikrobioloških parametrov, merjenih v površinskem sloju vode na postajah 0024 in 0035.**

| Parameter       | Postaja    | 0024 |       |       |       | 0035 |       |       |       |
|-----------------|------------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
|                 | Enota      | FEB  | MAJ   | AVG   | NOV   | FEB  | MAJ   | AVG   | NOV   |
| Temp.           | °C         | 8,90 | 18,13 | 26,70 | 15,17 | 8,41 | 17,67 | 26,72 | 14,42 |
| pH              |            | 8,22 | 8,26  | 8,33  | 8,25  | 8,28 | 8,26  | 8,35  | 8,26  |
| TSS             | mg/l       | 2,28 | 2,86  | 3,90  | 4,33  | 3,57 | 1,43  | 3,87  | 4,06  |
| FK <sup>1</sup> | št./100 ml | 15   | 0     | 5     | 15    | 20   | 0     | 15    | 35    |

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

Temperatura površinskega sloja vode je bila vedno za nekaj desetink °C višja na postaji 0024, le v poletnem času sta bila sloja obeh postaj enako segreta. Bistvenih razlik med količino skupne suspendirane snovi na obeh školjčičiščih ni bilo. Najvišje koncentracije smo izmerili v novembru, kar je verjetno povezano s fitoplanktonskim cvetenjem. Število fekalnih koliformnih bakterij kaže na večjo fekalno onesnaženost na školjčičišču v Seči (0035) v primerjavi s tistim v Strunjanu (0024). Le v mesecu maju ni v vzorcih vode z obeh postaj zrasla nobena kolonija bakterij na gojišču.

V letu 2004 so bile razmere glede fekalnega onesnaženja vode slabše kot v letu 2003. Tedaj smo ob vseh vzorčenjih prešteli manj fekalnih bakterij, pa tudi postaja 0024 je bila bolj onesnažena kot postaja 0035.

### **Težke kovine**

Kadmij in živo srebro smo določali v sedimentu (enkrat) in v organizmih (dvakrat). Rezultati meritev so prikazani v Tabeli 20.

Postaja 0035 se je izkazala za bolj onesnaženo s kadmijem in živim srebrom v primerjavi s postajo 0024. To velja še zlasti za vsebnost živega srebra v sedimentu, ki je bila v Seči kar 7,7-krat večja in daleč večja od vseh meritev na postajah obalnega

morja in brakičnih voda. Tudi koncentracije Hg v sedimentu postaje 0024 je visoka v primerjavi s šestimi postajami in primerljiva le s postajo 00CZ (Sl. 33). Tako visoko koncentracijo Hg na postaji 0035 si težko razlagamo, še zlasti, če jo primerjamo z letom 2003 (0,106 mg/kg). Bodisi, da je iz nekega vzroka vsebnost Hg v enem letu tako narasla, ali pa je bila med vzorčevanjem storjena napaka (kontaminacija vzorca). Za boljšo razlago so vsekakor potrebne nadaljnje meritve, saj je iz dosedanjih dveh meritev težko kaj zaključiti.

**Tab. 20: Koncentracije težkih kovin v sedimentu in organizmih (vrsta školjke *Mytilus galloprovincialis*) na postajah 0024 in 0035.**

| Parameter  | 0024  |       | 0035  |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|
|            | MAR   | SEP   | MAR   | SEP   |
| ŠKOLJKE    |       |       |       |       |
| Cd (mg/kg) | 0,920 | 0,926 | 1,240 | 0,850 |
| Hg (mg/kg) | 0,170 | 0,115 | 0,190 | 0,108 |
| SEDIMENT   |       |       |       |       |
| Cd (mg/kg) |       | 0,112 |       | 0,119 |
| Hg (mg/kg) |       | 0,533 |       | 4,121 |

Koncentracije Cd v sedimentu pa so podobne ali celo nižje od koncentracij, izmerjenih na postajah obalnega morja in brakičnih voda. V primerjavi z letom 2003, je bila vsebnost Cd v 2004 bolj ali manj nespremenjena.

Primerjava spomladanskega in jesenskega vzorčevanja kaže na nekoliko višje marčevske koncentracije Hg in Cd v mesu školjk. Razlike se kažejo tudi v primerjavi z letom 2003; v letu 2004 so se razmere poslabšale predvsem na postaji 0035.

## 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.
- 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).
- Malej, A., P. Mozetič, V. Malačič & V. Turk. 1997. Response of summer phytoplankton to episodic meteorological events (Gulf of Trieste, Adriatic Sea). *P.S.Z.N.I.: Mar. Ecol.*, 18: 273-288.
- Malej, A., P. Mozetič, V. Turk, S. Terzić, M. Ahel & G. Cauwet. 2003. Changes in particulate and dissolved organic matter in nutrient-enriched enclosures from an area influenced by mucilage: the northern Adriatic Sea. *J. Plankton Res.*, 25 (8): 949-966.
- 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.
- Mozetič, P., O. Bajt, J. Francé, N. Kovač, S. Lapajne, R. Milačič & V. Turk. 2004. Izvajanje monitoringa kakovosti morja, brakičnih voda in voda za življenje in rast morskih školjk in morskih polžev v letu 2003. Letno poročilo. (Poročila MBP – Morska biološka postaja, 61). Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja Piran, 2004, 71 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.
- 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.