

# Procjena mikrobiološkog stanja mora priobalja zapadne Istre

---

Sović, Tamara

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:137:874727>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-10**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Preddiplomski studij Znanost o moru  
Pula

**Tamara Sović**

**PROCJENA MIKROBIOLOŠKOG STANJA MORA  
PRIOBALJA ZAPADNE ISTRE**

Završni rad

Pula, 2017.

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Preddiplomski studij Znanost o moru  
Pula

**Tamara Sović**

**PROCJENA MIKROBIOLOŠKOG STANJA MORA  
PRIOBALJA ZAPADNE ISTRE**

Završni rad

**Ime i prezime: Tamara Sović**

JMBAG: 0303053683, redoviti student

Studijski smjer: Znanost o moru

Kolegij: Sanitarna kontrola mora

Mentor: doc.dr.sc Emina Pustijanac,

Neposredni voditelj: dr.sc Paolo Paliaga

Pula, rujan 2017.



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisana TAMARA SOVIĆ, kandidatkinja za prvostupnicu ZNANOSTI O MORU ovime izjavljujem da je ovaj Završni rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Završnog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Student

---

U Puli, 20 rujna 2017 godine



## IZJAVA

### o korištenju autorskog djela

Ja, TAMARA SOVIĆ dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj završni rad pod nazivom **PROCJENA MIKROBIOLOŠKOG STANJA MORA PRIOBALJA ZAPADNE ISTRE** koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu s Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama.

Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, 20 rujna 2017.

Potpis

---

## Sadržaj

1.	Uvod .....	1
2.	Ciljevi istraživanja .....	2
3.	Literaturni pregled.....	3
3.1	Sanitarna kakvoća mora .....	3
3.2	Indikatori sanitarne kakvoće mora.....	5
3.2.1	<i>Ukupni (totalni) koliformi</i> .....	6
3.2.2	<i>Fekalni koliformi (FK)</i> .....	6
3.2.3	<i>Fekalni streptokoki (FS)</i> .....	7
3.3	Bakterijske zajednice u moru.....	8
3.3.1	Heterotrofne bakterije .....	8
3.3.2	Nanoflagelati .....	10
3.3.3	Cijanobakterije .....	10
4.	Materijali i metode.....	12
4.1	Područja istraživanja .....	12
4.1.1	<i>Medulin</i> .....	13
4.1.2	<i>Pula</i> .....	14
4.1.3	<i>Rovinj</i> .....	15
4.1.4	<i>Poreč</i> .....	16
4.2	Uzorkovanje.....	17
4.3	Hidrografski uvjeti .....	17
4.4	Sanitarna kakvoća mora .....	18
4.5	Brojnost heterotrofnih bakterija, flagelata i cijanobakterija .....	19
5.	Rezultati i diskusija .....	20
5.1	Rezultati.....	21
5.1.1	<i>Medulin</i> .....	21
5.1.2	<i>Pula</i> .....	25
5.1.3	<i>Rovinj</i> .....	30
5.1.4	<i>Poreč</i> .....	35
5.2	Diskusija .....	40
6.	Zaključak.....	43
7.	Temeljna dokumentacijska kartica .....	44
8.	Basic documentation card .....	45
9.	Literatura.....	46
	Popis slika.....	49
	Popis tablica .....	51
	PRILOG .....	52

## 1. Uvod

Porastom broja stanovništva raste sve veći pritisak na priobalna područja koja istovremeno imaju visoku ekološku, gospodarsku, socijalnu i kulturološku vrijednost (UNEP, 2008). Jedan od glavnih problema koji direktno utječe na priobalne ekosustave, je ispuštanje kanalizacijskih otpadnih i oborinskih voda u morski ekosustav. Takve vode imaju visok udjel patogenih mikroorganizama koji povećavaju mogućnost širenja infekcija i bolesti kod ljudi i životinja. Sadrže i visoki udjel organskog materijala i anorganskih soli. Njihov preveliki unos može značajno utjecati na funkcioniranje hranidbene mreže i u ekstremnim slučajevima dovesti do eutrofikacije, cvjetanja mora, hipoksije i anoksije. Također, onečišćenje otpadnim vodama narušava gospodarsko-estetsku vrijednost onečišćenog područja i ugrožava morski ekosustav. Praćenje procesa akumulacije fekalnog onečišćenja u moru i odgovor ekosustava na takav antropogeni pritisak predstavljaju važan korak u očuvanju okoliša i gospodarskih aktivnosti vezanih uz more.

Za Istru, kao jednu od najjačih turističkih regija u Hrvatskoj, očuvanje visoke kvalitete priobalnog područja predstavlja jedan od strateških temelja razvoja. Gradske luke, osim što su sidrišta turističkih i ribarskih brodova, imaju značajan utjecaj na estetsku vrijednost grada. Kako bi se procijenio antropogeni pritisak na zapadnu obalu Istre i potencijalni rizik za ljudsko zdravlje, analizirala se struktura mikrobne zajednice i odredila sanitarna kakvoća mora u četiri lučka akvatorija – Medulin, Pula, Rovinj i Poreč.

## **2. Ciljevi istraživanja**

Odrediti sanitarnu kakvoću mora u lukama gradova zapadne Istre - Medulin, Pula, Rovinj i Poreč.

Odrediti brojnost mikrobne zajednice.

Usporediti sanitarnu kakvoću mora i mikrobiološke zajednice među istraživanim lukama.



### 3. Literaturni pregled

#### 3.1 Sanitarna kakvoća mora

Sanitarna kakvoća mora omogućuje procjenu potencijalnog rizika zaraze patogenim mikroorganizmima. Temelji se na prisutstvu patogenih mikroorganizama dospjelih u more rijekama, otpadnim vodama i erozijom tla.

Standardi kakvoće mora za kupanje i rekreaciju na morskoj plaži regulirani su Uredbom o kakvoći mora za kupanje (NN 73/08) i EU direktivom o upravljanju kakvoćom vode za kupanje (br. 2006/7/EZ). Mikrobiološki pokazatelji koji se prate u moru su crijevni enterokoki i *Escherichia coli* (baltazar.izor.hr, 08.02.17). Granične vrijednosti su propisane Tablicama 1 i 2.

Prema Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 87/2010), propisane su granice vrijednosti fekalnih koliforma i fekalnih streptokoka u vodama koje se koriste za kupanje i rekreaciju. Vrijednosti su prikazane u Tablici 3.

**Tablica 1. Standardi za ocjenu kakvoće mora za kupanje nakon svakog ispitivanja**

Pokazatelj	Kakvoća mora			Metoda ispitivanja
	Izvrсна	Dobra	Zadovoljavajuća	
crijevni enterokoki (bik*/100 ml)	<60	61 – 100	101 – 200	HRN EN ISO 7899-1 ili HRN EN ISO 7899-2
<i>Escherichia coli</i> (bik*/100 ml)	<100	101 – 200	201- 300	HRN EN ISO 9308-1 ili HRN EN ISO 9308-3

\*bik – broj izraslih kolonija

**Tablica 2. Standardi za ocjenu kakvoće mora na kraju sezone kupanja i za prethodne tri sezone kupanja**

Pokazatelj	Izvrсна	Dobra	Zadovoljavajuća	Nezadovoljavajuća
crijevni enterokoki (bik*/100 ml)	≤ 100*	≤ 200*	≤185**	> 185**
<i>Escherichia coli</i> (bik*/100 ml)	≤ 150*	≤ 300*	≤ 300**	> 300**

\*bik – broj izraslih kolonija

**Tablica 3. Granične vrijednosti emisija pročišćenih komunalnih otpadnih voda koje se ispuštaju u površinske vode, a koje se koriste za kupanje i rekreaciju te referentne metode ispitivanja**

POKAZATELJI	MJERNA JEDINICA	GRANIČNE VRIJEDNOSTI		REFERENTNE METODE ISPITIVANJA
		KOPNENE POVRŠINSKE VODE	PRIOBALNE VODE	
1	2	3	4	5
Koliformne bakterije	broj u 100 ml	10 000	2 000	HRN EN ISO 9308-1:2000
Koliformne bakterije fekalnog podrijetla	broj u 100 ml	2 000	500	HRN EN ISO 9308-1:2000
Streptokoki fekalnog podrijetla	broj u 100 ml	400	200	HRN EN ISO 7899-2:2000

### 3.2 Indikatori sanitarne kakvoće mora

Patogeni mikroorganizmi predstavljaju potencijalni rizik za ljudsko zdravlje (Krstulović i Šolić, 2006.). Kvantitativno su najznačajnija kategorija alohtonih mikroorganizama u morskom okolišu, a uključuju predstavnike bakterija, virusa, gljivica i protista. Uzročnici su širokog spektra bolesti poput kolere, tifusa, dizenterije, gastroenteritisa, hepatitisa te raznih infekcija i mikoza.

U morski okoliš dospijevaju otpadnim vodama, atmosferom, zemljom, balastnim vodama, ali mogući izvor su i sami kupači. Preživljavanje mikroorganizama koji u more dospijevaju putem otpadnih voda fekalnog porijekla relativno je kratko – od nekoliko sati do nekoliko dana (Krstulović i Šolić, 2006.). U morskoj vodi šire se putem turbulencije, difuzije i vjetrom, a mogu se apsorbirati na sve vrste čestica u moru. Dio mikroorganizama se akumulira u različitim morskim organizmima kao što su školjkaši te njihova koncentracija doseže znatno više koncentracije nego u okolnoj vodi.

Kako bi se očuvalo ljudsko zdravlje pri korištenju mora za rekreaciju i proizvodnju, hrane potrebno je odrediti sanitarnu kvalitetu mora. Ona omogućuje procjenu potencijalnog rizika zaraze patogenim mikroorganizmima, odnosno ukazuje da li broj prisutnih patogena predstavlja neprihvatljiv rizik za zdravlje (Krstulović i Šolić, 2006.). Indikatori su pokazatelji sanitarne kakvoće mora tj. potencijalnog rizika od zaraze patogenima prilikom njihova korištenja morskog okoliša.

Najbolji indikatori bili bi oni koji pokazuju najveći stupanj korelacije sa stupnjem rizika za ljudsko zdravlje (Krstulović i Šolić, 2006.). Neke od osobina koje mora imati indikator jesu sljedeće: u onečišćenom mediju mora biti prisutan u koncentraciji koja je proporcionalna koncentraciji patogena; ne smije se razmnožavati u mediju gdje se mjeri; ne smije biti patogen za čovjeka; vrijeme njegovog preživljavanja mora biti slično vremenu preživljavanja patogena kojeg se prati.

Postoje 3 vrste klasičnih indikatora fekalnog onečišćenja mora:

1. Ukupni (totalni) koliformi (UK)
2. Fekalni koliformi (FK)
3. Fekalni streptokoki (FS)

### **3.2.1 Ukupni (totalni) koliformi**

Predstavljaju skupinu aerobnih i fakultativno anaerobnih Gram-negativnih, nesporogenih štapića koji fermentiraju laktozu na temperaturi od 35 °C i pri tome u razdoblju od 24 h proizvode kiselinu i plin. Skupini ukupnih koliforma pripadaju rodovi *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* i *Enterobacter*.

Oslobađaju se u okoliš preko fekalija ljudi u koncentraciji od oko  $10^7$  stanica/g ili oko  $10^9$  stanica dnevno. Osim što se mogu koristiti kao pokazatelji fekalnog onečišćenja, skupina ukupnih koliforma uključuje i bakterije nefekalnog porijekla (Krstulović i Šolić, 2006.). Neki koliformi se mogu razmnožavati u prirodnim vodama te mogu ukazati na lažno onečišćenje.

Ukupni koliformi kratko preživljavaju u moru pa njihova prisutnost ukazuje isključivo na svježije onečišćenje fekalnim materijalom ili zemljom.

### **3.2.2 Fekalni koliformi (FK)**

Predstavljaju skupinu aerobnih i fakultativno anaerobnih Gram-negativnih nesporogenih štapića koji fermentiraju laktozu na temperaturi od 44.5 °C pri kojoj u razdoblju od 24h proizvode kiselinu i plin.

Pokazuju vrlo visoku korelaciju sa stupnjem fekalnog onečišćenja koje potječe od toplokrvnih životinja. Najzastupljenija vrsta je *E.coli* (75-95%). Indikator je svježeg onečišćenja mora s fekalnim materijalom (Krstulović i Šolić, 2006.).

### 3.2.3 Fekalni streptokoki (FS)

Fekalni streptokoki su Gram-pozitivni, izduženi ili ovalni koki porijeklom iz crijeva toplokrvnih organizama. Njihovo prisutstvo u morskom okolišu također ukazuje na onečišćenje fekalnim materijalom. Budući da preživljavaju duže nego ukupni i fekalni koliformi, pokazatelji su nešto starijeg onečišćenja.

Fekalni streptokoki mogu pružiti precizniju informaciju o izvoru onečišćenja. Utvrđivanjem kvantitativnog sastava fekalnih streptokoka moguće je razlikovati da li određeni izvor fekalnog otpada potječe iz domaćinstava ili od životinja.

Omjer između koncentracija fekalnih koliforma i fekalnih streptokoka (FK:FS) u uzorku može se upotrijebiti kao pokazatelj porijekla fekalnog onečišćenja. FK:FS < 0,7 pokazatelj je životinjskog porijekla, dok je omjer FK:FS > 4,0 pokazatelj isključivo ljudskog porijekla fekalnog materijala, s tim da ovi odnosi vrijede isključivo za svježi fekalni otpad, ne stariji od 24 sata (Krstulović i Šolić, 2006.).



**Slika 1. Shematski prikaz klasičnih indikatora fekalnog onečišćenja mora.**

### 3.3 Bakterijske zajednice u moru

#### 3.3.1 Heterotrofne bakterije

Heterotrofne bakterije najbrojnija su komponenta morskih mikrobni zajednica (Sanders i sur., 1992). Njihova se brojnost kreće u rasponu od  $10^3$  do  $10^8$  stanica  $\text{ml}^{-1}$  te ovisi o trofičkom statusu određenog područja (Sanders i sur., 1992; Krstulović i Šolić, 2006). Po veličini spadaju u klasu pikoplanktona (od 0,2 do  $2\mu\text{m}$ ), imaju vrlo jednostavnu morfologiju i visoku specifičnu stopu rasta (oko 0,4/sat) koja im omogućava udvostručavanje populacije tijekom kratkog vremena (oko 2 dana) (Krstulović i Šolić, 2006). Bakterije spadaju u prokariote te mogu biti klasificirane pomoću bojanja po Gramu, oblikom stanica, potrebom za kisikom, pokretljivošću, metaboličkim i prehrambenim osobinama (Krstulović i Šolić, 2006).

Najveći dio zajednice prokariotskog pikoplanktona na globalnoj razini čini razred *Alphaproteobacteria* (koljeno *Proteobacteria*). Predstavnici ove skupine bakterija mogu sačinjavati i do 50% ukupne pikoplanktonske zajednice u eufotičkoj i 25% u mezopelagičkoj zoni (Cohan, 2001; Carlson i sur., 2009; Vergin i sur., 2013). Stanice su im manje od  $1\mu\text{m}$  i dobro su prilagođene oligotrofnim uvjetima koji vladaju u velikom dijelu oceana.

Skupini morskih prokariota pripadaju i arheje koje se morfološki razlikuju od bakterija jer imaju jednostruku staničnu membranu i nemaju peptidoglikan (spoj šećera i aminokiselina) u staničnim stijenkama. Arheje često žive u ekstremnim uvjetima, ali njihova brojnost u određenim dijelovima oceana može biti jako visoka. Procjenjuje se da u oceanima ima u prosjeku oko  $1,3 \times 10^{28}$  arheja i  $3,1 \times 10^{28}$  bakterija. Opisano je oko 250 vrsta arheja koje su svrstane u dva koljena: *Euryarchaeota* i *Crenarchaeota* (Schattenhofer i sur., 2009; Korlević, 2015). Koljeno *Euryarchaeota* karakteristično je za površinske vode (Kirchman, 2008) dok je koljeno *Crenarchaeota* brojnije u dubokim vodama (Herndl i sur., 2005).

Bakterije su sveprisutne u moru te imaju temeljnu ulogu u kruženju nutrijenata u hranidbenim mrežama (Azam, 1998). Glavni izvor energije i ugljika za heterotrofne bakterije je organski otopljeni ugljik (engl. Dissolved Organic Carbon, DOC). Imaju i višestruku ulogu vezanu za anorganska hranjiva. U uvjetima kada ima dovoljno

otopljenog organskog dušika (engl. Dissolved Organic Nitrogen, DON) i otopljenog organskog fosfora (engl. Dissolved Organic Phosphorus, DOP), mogu mineralizirati organsku tvar i osloboditi dušik i fosfor koji su potrebni za primarnu proizvodnju. Kada se smanji količina raspoloživih hranjivih soli, bakterije mogu postati kompetitori fitoplanktonu. Ovisno o količini anorganskih i organskih supstrata, bakterije će biti neto proizvođači ili neto potrošači anorganskih soli (Azam i Smith, 1991). Većina morskih bakterija je pokretljiva, a uz pokretljivost se veže kemotaksija, odnosno sposobnost bakterija da se gibaju prema kemijskom podražaju. Prema tome, bakterije mogu mijenjati svoj prostorni raspored kao odgovor na gradijent hranjivih tvari u njihovom okolišu. Primjer za to jesu „fikosfere“, odnosno područja u blizini stanica algi koja su bogata otopljenom organskom tvari (Šolić i Krstulović, 2000).

Broj bakterija može biti značajno smanjen interakcijama s drugim mikroorganizmima kao što su mikro i nanoflagelati, cilijati i fitoplankton. Na brojnost zasigurno utječu nanoplanktonski protisti koji mogu ukloniti od 54 do 75% bakterijske populacije na dan (Caron i sur., 1992). Znatno utjecaj imaju i virusi budući da mogu ukloniti oko 20% dnevne bakterijske proizvodnje (Šolić i Krstulović, 2000).

U sjevernom Jadranu bakterije pokazuju brojnosti u rasponu od  $0,1 \times 10^9$  do  $6 \times 10^9$  stanica po litri dok se u srednjem Jadranu kreću od  $0,41 \times 10^9$  do  $3,43 \times 10^9$  (Krstulović i Šolić, 2006). Najviše vrijednosti izmjerene su u površinskom sloju u zapadnom dijelu sjevernog Jadrana (Fuks i sur., 2005). Najvažniji abiotički čimbenik koji utječe na morske bakterije jest temperatura. Brojnost heterotrofnih bakterija zimi se smanjuje i relativno je ravnomjerno raspoređena u cijelom vodenom stupcu. Zagrijavanjem morske vode, dolazi do postepenog rasta brojnosti bakterija, pogotovo u površinskom sloju. Osim na brojnost, temperatura utječe i na stanične procese poput metabolizma i funkcije stanične membrane.

Postoji i antropogeni utjecaj na bakterije budući da čovjek ispušta velike količine tvari i energije u morski okoliš. Porastom ljudske populacije konstantno se povećava antropogeni pritisak na morski ekosustav, posebice u priobalnim područjima (Seguel i sur., 2001).

### 3.3.2 Nanoflagelati

Bičaši (*Mastigophorea*), potkoljeno je praživotinja s jednom, dvjema ili više protoplazmatskih izraslina poput bičeva kojima se gibaju i primaju podražaje (enciklopedija.hr, 10.09.2017). Pokazuju značajke biljnog i životinjskog carstva pa ih prema tome botaničari svrstavaju u Dinophyte, dok ih zoolozi svrstavaju u red *Dinoflagellidae* iz razreda *Mastigophorae*.

U morskom okolišu dinoflagelati su, uz dijatomeje, najvažniji predstavnici morskog fitoplanktona. Oko 90% vrsta ove skupine su stanovnici mora, a najveći dio živi slobodno u morskoj vodi (Krstulović i Šolić, 2006).

Najbrojnija skupina heterotrofnih flagelata su oni veličine 2 – 10  $\mu\text{m}$ , sferičnih do ovalnih stanica s dva biča, od kojih jedan ili oba imaju flagelarne dlačice (mastigoneme). Najznačajnije taksonomske skupine heterokontnih flagelata uključuju rodove: *Chryomonades*, *Bicosoecides*, *Pedinellides*, *Choanoflagellates*, *Bodonides* i *Nanodinoellates*. Smatra se da su pripadnici skupina *Choanoflagellates* i *Chryomonades* najefikasniji bakteriovorci u moru i da su njihove koncentracije veće od  $10^3 \text{ ml}^{-1}$  (Krstulović i Šolić, 2006). Nanoplanktonski protisti veliki su potrošači prokariota i mogu ukloniti od 54% do 75% cijanobakterija i heterotrofnih bakterija svaki dan (Caron i sur., 1991).

### 3.3.3 Cijanobakterije

Cijanobakterije spadaju u autotrofne prokariote. Sve cijanobakterije sadrže klorofil a u tilakoidama te mogu provoditi fotosintezu (Fuhrman i Hagström, 2008; Krstulović i Šolić, 2006). Obuhvaćaju širok raspon kokoidnih i nitnastih – filamentnih prokariota te postoje 3 osnovna morfološka oblika: 1) jednostanični štapići i koki 2) filamenti 3) filamenti s heterocistama. Postoje pokretni i nepokretni oblici, a ukoliko se kreću čine to klizanjem po površini (Krstulović, Šolić, 2006). Oblici koji sadrže heterociste mogu fiksirati molekularni dušik. Unutar heterociste vladaju anaerobni uvjeti koji enzimu nitrogenazi omogućuju fiksaciju dušika.



Prisutnost cijanobakterija u morskom okolišu utvrđena je u oceanskim i neritičkim vodama, “morskom snijegu” i fekalnim peletima. Gustoća im se u morskoj vodi kreće u rasponu od  $10^2$  do  $10^5$  ml<sup>-1</sup> (Waterbury i Stanier, 1981).

Rodovi *Prochlorococcus* i *Synechococcus* su najvažniji predstavnici morskih cijanobakterija. Cijanobakterije roda *Prochlorococcus* otkrivene su krajem 80-tih metodom protočne citometrije (Chisholm i sur., 1988). Ova skupina se smatra kao jedna od najvažnijih komponenti autotrofnog pikoplanktona svjetskih oceana (Partensky i sur., 1999).

Rod cijanobakterija *Synechococcus* je vrlo važna prokariotska komponenta autotrofnog pikoplanktona (Šilović, 2012). Vrste ovog roda prisutne su u gotovo svim oceanskim područjima u koncentracijama od nekoliko desetaka do  $10^9$  stanica l<sup>-1</sup>, pri čemu je veća brojnost uočena u eufotičkoj zoni, no prisutne su i u jako oligotrofnim područjima (Partensky i sur., 1999). Ova skupina cijanobakterija otkrivena je nešto ranije u odnosu na *Prochlorococcus* zbog posjedovanja pigmenta fikoeritrina koji snažno autofluorescira žuto do narančasto pod plavim ili zelenim ekscitacijskim svjetlom (Johnson i sur., 1979; Waterbury i sur., 1979).

Rod *Prochlorococcus* brojniji je u oligotrofnim vodama, za razliku od roda *Synechococcus* čija se brojnost povećava u vodama s većim koncentracijama nutrijenata. Rod *Synechococcus* ne prodire toliko duboko u vodu kao rod *Prochlorococcus*, ali pokazuje širu geografsku distribuciju koja uključuje vode bogate nutrijentima te polarne vode (Partensky i sur., 1999).

Predstavnici oba roda pokazuju afinitet prema uzimanju nukleozida i aminokiselina iz okoliša te ih se može smatrati fotoheterotrofima (Beja i Suzuki, 2008).

## **4. Materijali i metode**

### **4.1 Područja istraživanja**

Ispitivanje sanitarne kakvoće voda provedeno je u lučkim akvatorijima Medulina, Rovinja, Pule i Poreča.

Ispitivanje je obuhvatilo ukupno 37 postaja (5 u Medulinu, 8 u Puli, 17 u Rovinju i 7 u Poreču).

Koordinate izabranih postaja prikazane su u Prilogu u Pomoćnim tablicama 1. – 4. Postaje su prikazane na slikama 2. – 5.

#### **4.1.1 Medulin**

Medulinska luka dio je Medulinskog zaljeva koji se nalazi između rtova Kamenjak i Marlera, a poluotok Kašteja ga dijeli na dva dijela – unutarnji i vanjski.

U unutarnjem dijelu nalaze se brodice i mali brodovi uglavnom lokalnih mještana. Unutarnji dio je uzak i plitak, dubine do 9 m (od 0,5 m do 9 m). Struje su brzine do 0,3 čv, a olujni SE i NE vjetrovi mogu povećati brzinu struje do 1 čv. Srednje amplitude morskih mijena iznose 0,3 do 0,5 m. Luka je izložena jugu i buri koja može poprimiti olujnu jakost (lup.hr, 08.02.2017).

Vanjski bazen kreće se oko poluotoka Vižule, dok unutarnji bazen obuhvaća površinu između medulinske rive i poluotoka Vižule. Prema podacima sa geoportala DGU dužina obale iznosi 697 m, dok površina unutarnjeg bazena iznosi 0,13 km<sup>2</sup>.

Prema popisu stanovništva iz 2011. godine Medulin je imao 6 481 stanovnika. Podatci istarskog turističkog portala za 2016. godinu bilježe 3 685 dolazaka turista u zimskom periodu (2 mjesec) i 116 798 dolazaka turista u ljetnom periodu (8 mjesec).



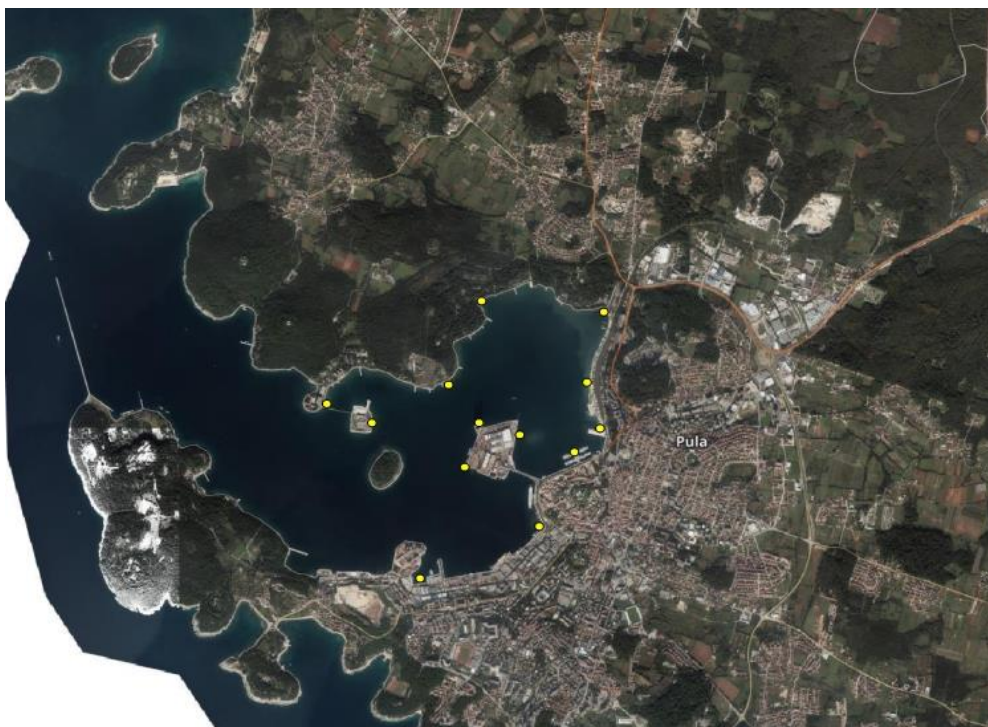
**Slika 2.** Prikaz luke Medulin

#### 4.1.2 Pula

Pulska luka prirodno je zaštićeni bazen sa S i SW poluotokom i lukobranom dužine 1210 m. Otocima Sv. Katarina i Sv. Andrija podijeljena je na vanjsku i unutarnju luku. Prosječna dubina mora u vanjskom dijelu iznosi 30 – 35 m, dok u unutrašnjem dijelu iznosi 20 m. Uz obalu u najdubljem dijelu uvale izvor je slatke vode. U unutarnjem dijelu bazena nalazi se brodogradilište Uljanik (Bertoša i Matijašić, 2005).

Prema podacima sa geoportala DGU dužina obale iznosi 1,41 km, dok površina unutarnjeg bazena iznosi 1,42 km<sup>2</sup>. U unutarnjem bazenu nalazi se ACI Marina koja sadrži 194 veza (aci-marinas.com, 13.09.2017). Osim brodova iz marine, tu se još nalaze ribarice i postaja hidroaviona. U brodogradilištu Uljanik postoji ispust oborinskih voda iz Uljanika, dok se na rivi, kod veslačkog kluba, nalazi kanalizacijski ispust. Na kraju rive, prema Velom vrhu (PU 2), nalaze se brodice lokalnih mještana ali i izvor slatke vode.

Prema popisu stanovništva iz 2011. godine Pula je imala 57 460 stanovnika. Podatci istarskog turističkog portala za 2016. godinu bilježe 1 742 dolazaka turista u zimskom periodu (2 mjesec) i 105 490 dolazaka turista u ljetnom periodu (8 mjesec).



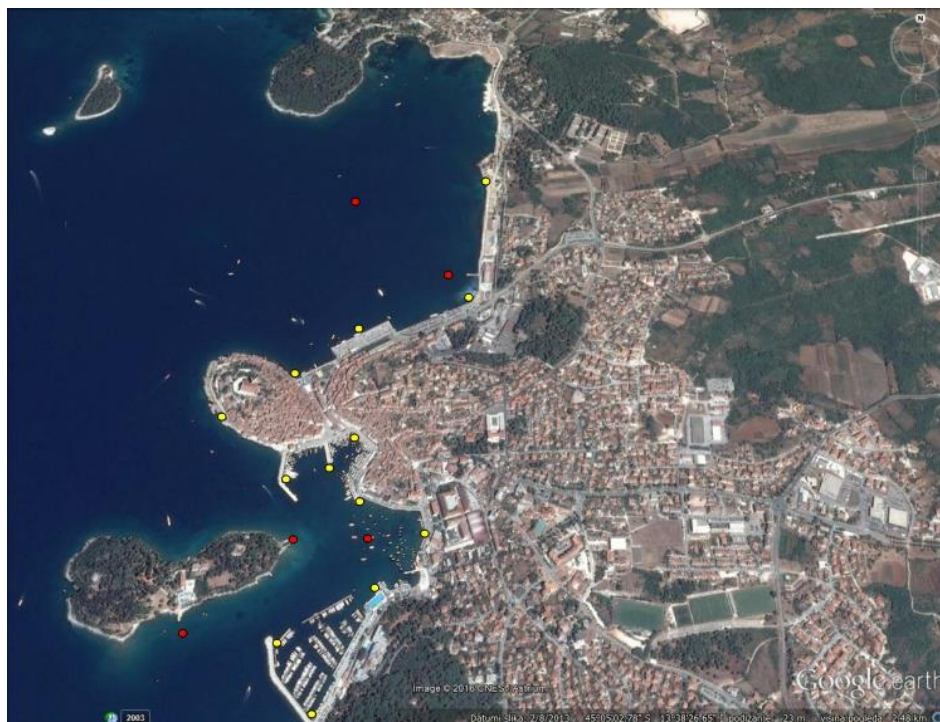
**Slika 3.** Prikaz pulske luke

### 4.1.3 Rovinj

Područje rovinjske obale dijeli se na sjevernu i južnu luku. Sjeverna luka ili uvala Valdibora, smještena je na sjevernoj strani grada Rovinja. Proteže se od starogradske jezgre do ortopedске bolnice „Martin Horvat“. Površina iznosi oko 1,5 km<sup>2</sup>, a dubine se kreću između 10 i 20m. Izložena je ispuštanju gradskih i industrijskih kanalizacijskih voda. Najveći utjecaj ima tvornica za preradu ribe „Mirna“, dok manji utjecaj imaju gradski i oborinski ispusti.

Južna luka proteže se od starogradske jezgre (Luka Andana) do ACI Marine. Zauzima površinu od 0,26 km<sup>2</sup>, s prosječnom dubinom od oko 8m. U luci je usidreno 929 plovila, od kojih je 545 smješteno u starogradskoj jezgri, dok je 384 smješteno u ACI Marini.

Rovinj, tijekom ljeta ,ima stalno prisutnih oko 40 000 turista, dok tijekom zime ima oko 1500 turista.

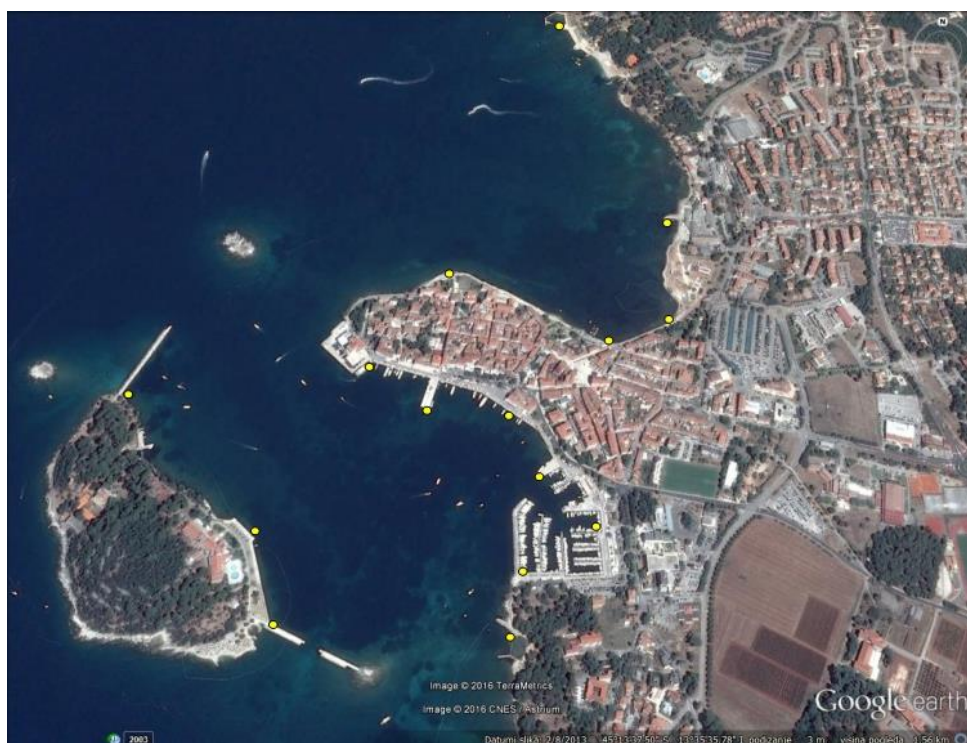


**Slika 4.** Prikaz rovinjske luke

#### 4.1.4 Poreč

Ukupna površina porečke luke iznosi 0,27 km<sup>2</sup>. Povijesna jezgra grada, smještena na poluotoku dužine 400 m i širine 200 m te dijeli lučko područje na dvije cjeline. Otok Sv.Nikola zatvara luku jugozapadno i štiti južnu gradsku luku. Postoje 4 ulaza u luku, a dubina luke je 1 m – 3,5 m. Prevladavaju izlazno/ulazne struje morskih mijena do 0,3 čv. Jugo i NW vjetar mogu uzrokovati valovito mo unutar luke, ali mogu i povećati brzinu struje na 0,6 čv. U luci se nalazi Marina Poreč s oko 129 vezova. Luka je namijenjena za pristajanje, sidrenje i zaštitu brodova, ukrcavanje i iskrcavanje putnika i robe, vez jahti i brodova u međunarodnom prometu, tranzitni vez jahti, pristajanje brodova u svrhu ukrcaja/iskrcaja putnika u međunarodnom prometu i ulazak stranih plovila u Republiku Hrvatsku kao i za vez brodica izletničke i taxi djelatnosti ([www.porec-port.com](http://www.porec-port.com), 28.02.2017).

Prema popisu stanovništva iz 2011. godine Poreč je imao 14 239 stanovnika. Podatci istarskog turističkog portala za 2016. godinu bilježe 5 657 turista u zimskom periodu (2 mjesec) i 117 876 turista u ljetnom periodu (8 mjesec).



**Slika 5.** Prikaz porečke luke

## **4.2 Uzorkovanje**

Uzorci vode prikupljeni su sterilnim staklenim bocama od 500 ml na ukupno 37 postaja 20 cm ispod morske površine. Za odabrane postaje, 250 ml vode odvojeno je u plastične boce radi određivanja saliniteta.

Polietilenskim bočicama sa svake postaje prikupljeno je 200 ml za analizu brojnosti mikrobne zajednice. Uzorci su fiksirani dodavanjem 1 ml 36% formaldehida i čuvani u hladnjaku na temperaturi od 4 °C do analize.

Do laboratorija, uzorci su transportirani u prijenosnom hladnjaku kako ne bi bili izloženi svjetlu i promjenama temperature. Obrada uzoraka vršila se u laboratoriju za morsku mikrobnu ekologiju Centra za istraživanje mora Instituta Ruđer Bošković u Rovinju.

Uzorkovanje je obuhvatilo zimski (veljača) i ljetni (srpanj) period 2016.godine.

## **4.3 Hidrografski uvjeti**

Mjereni su opći hidrografski parametri – temperatura i salinitet.

Temperatura je određena na mjestu uzorkovanja termometrom, dok se određivanje saliniteta vršilo u laboratoriju mjerenjem vodljivosti salinometrom.

#### 4.4 Sanitarna kakvoća mora

Sanitarna kakvoća mora određena je na osnovu brojnosti *E.coli* i fekalnih streptokoka metodom membranske filtracije.

Iz svake boce isfiltrirano je 100 ml prikupljene morske vode kroz membranske filtre (47 mm) s dijametrom pora od 0,45 µm. Za unaprijed određene kritične postaje, uz 100 ml, isfiltrirano je još 10 ml i 1 ml.

Pripremljene su tri vrste selektivnih hranjivih podloga – *Chromogenic coliform agar* (CCA), Slanetz-Bartley agar i *bile aesculin agar*, koje su stavljene u petrijeve zdjelice.

Za određivanje *E. coli* i fekalnih koliforma membranski filtri su postavljeni na površinu hranjive podloge CCA u petrijevim zdjelicama te su inkubirani 24 sata na temperaturi od 44,5 °C. Prebrojane su kolonije koje su izrasle i pokazale karakterističnu plavu boju. Zbroj plavih i ružičastih kolonija dao je broj fekalnih koliforma. Izračunata je srednja vrijednost svih razrijeđenja i rezultat je izražen kao broj kolonija fekalnih koliforma u 100 ml.

Za određivanje fekalnih streptokoka membranski filtri postavljeni su na površinu hranjive podloge Slanetz-Bartley agar u petrijevim zdjelicama te su inkubirani 48 sati pri temperaturi od 36 °C. Filtri na kojima su bile vidljive crvene kolonije premješteni su u petrijevke s hranjivom podlogom *bile aesculin agar* za potvrdno testiranje. Podloge s filtrima inkubirane su 2 sata na temperaturi od 44,5 °C. Izbrojane su kolonije koje su poprimile tamnu boju ili koje su oko sebe stvorile tamni krug. Nakon što je izračunata srednja vrijednost svih razrijeđenja rezultati su izraženi kao broj kolonija fekalnih streptokoka u 100 ml.



#### **4.5 Brojnost heterotrofnih bakterija, flagelata i cijanobakterija**

Za određivanje brojnosti heterotrofnih bakterija, od prethodno prikupljenih uzoraka, napravljeni su poduzorci od 2 ml. Poduzorcima je dodano 100 µl DAPI (4',6-diamidino-2-phenylindole) boje. DAPI je fluorescentna boja koja ulazi u stanice i veže se za DNK. Nakon 15 minuta, obojani uzorci su profiltrirani kroz crne polikarbonatne filtre promjera 25 mm s porama od 0,2 µm. Filtri su postavljeni na mikroskopsko stakalce, dodano je imerzijsko ulje i pokrovno stakalce.

Za određivanje brojnosti flagelata, od prethodno prikupljenih uzoraka, napravljeni su poduzorci od 10 ml. Poduzorcima je dodano 500 µl DAPI boje. Nakon 15 minuta, obojani uzorci su profiltrirani kroz crne polikarbonatne filtre promjera 25 mm s porama od 0,4 µm.

Postupak za određivanje brojnosti cijanobakterija sličan je postupku za određivanje flagelata samo što uzorcima za određivanje brojnosti cijanobakterija nije potrebno dodavati DAPI budući da njihovi fotosintetski pigmenti prirodno fluoresciraju kad su izloženi zelenom svjetlu.

Nakon pripreme uzoraka, abundancija heterotrofnih bakterija, flagelata i cijanobakterija određena je epifluorescentnim mikroskopom. Uzorci su osvijetljeni UV-svijetlom prouzročivši fluorescenciju DAPI boje koja je emitirala plavu boju te omogućila brojanje mikroorganizama. Za brojanje cijanobakterija korištena je ekscitacija zelenim svjetlom koja je prouzročila fluorescenciju pigmenata cijanobakterija narančasto-crvene boje.

Za svaki uzorak određena je srednja vrijednost abundancije po vidnom polju mikroskopa i pomnožena specifičnim faktorom konverzije mikroskopa kako bi se dobio broj mikroorganizama po ml morske vode.

## 5. Rezultati i diskusija

Sjeverni Jadran najplići je dio kontinentalnog šelfa Jadranskog mora s prosječnom dubinom od 33,5 m. Opća cirkulacija u sjevernom Jadranu je ciklonalna, s tim da je u jesen i zimu razvijenija ulazna komponenta duž istočne, a izlazna duž zapadne obale, dok je intezitet strujanja u proljeće i ljeto podjednak na zapadnoj i istočnoj strani. U uvjetima intezivnog miješanja vodenog stupca, od sredine jeseni do kraja zime, kada je protok slatke vode snižen, prevladava ciklonalno strujanje. Slatka voda se miješa u skoro cijelom vodenom stupcu i stvara se fronta duž zapadne obale. Tada je, u otvorenim vodama i duž istočne obale, salinitet najviši. U sezonama kada je vodeni stupac izrazito raslojen, od kraja proljeća i ljeti, kada je utjecaj slatkih voda posebno izražen, u sjevernom Jadranu razvijaju se ciklonalni i anticiklonalni vrtlozi.

Zbog relativno malog volumena ( $635 \text{ km}^3$ ), sjeverni Jadran je pod jakim utjecajem vanjskih čimbenika koji utječu na sezonska i višegodišnja kolebanja u tom akvatoriju. To su kolebanja temperature, sezonski raspored padalina, dotok rijeka, vjetrovi, isparavanje, strujanje te raslojavanje vodenog stupca.

Također, visoki donosi slatke vode rijeke Po utječu na uvjete u sjevernom Jadranu. U prvom redu donosi goleme količine nutrijenata koji mogu izazvati eutrofikaciju, te posljedično može doći do hipoksije, rjeđe anoksije. Osim nutrijenata, rijekom se donose i velike količine pesticida te otpada porijeklom iz najindustrijaliziranog dijela sjeverne Italije.

Značajan lokalni utjecaj na kvalitetu mora i na onečićenje imaju velike luke poput Venecije, Trsta, Kopra, Pule i Rijeke; rafinerije i velike industrije (Rijeka i Venecijanska laguna). Također, zagađenje teškim metalima poput žive, duž talijanske obale utječe na kvalitetu mora. Veliki utjecaj na pelagički sustav Jadrana ima i intenzivno ribarstvo. Uz to, jedan od najvećih pritisaka na priobalje proizlazi iz sezonskog turizma, zbog čega u nekim regijama poput Istre i Primorsko-goranske županije dolazi do udvostručenja populacije.

## 5.1 Rezultati

### 5.1.1 Medulin

U Medulinu je u veljači 2016., tijekom zimskog perioda uzorkovanja, temperatura varirala između 10,9 – 11,1 °C. Najniža temperatura izmjerena je na postaji ME 3 (10,9 °C), dok je najviša temperatura izmjerena na postaji ME1 (11,1 °C). Prosječna temperatura iznosila je 11 °C. U srpnju 2016., tijekom ljetnog perioda uzorkovanja, temperatura morske vode varirala je između 23 – 24 °C. Najniža temperatura izmjerena je na postaji ME 1 (23 °C), dok su najviše temperature izmjerene na postajama ME 4 i ME 5 (24 °C). Prosječna temperatura za ljetni period uzorkovanja iznosila je 23,5 °C (Slika 6).

Salinitet je tijekom zimskog perioda varirao između 25 i 36. Prosječan salinitet iznosio je 31,2. Najniži salinitet zabilježen je na postaji ME 3 (25), dok je najviši zabilježen na postaji ME 1 (36). U ljetnim mjesecima salinitet morske vode varirao je između 32 – 36,5. Najniža vrijednost saliniteta zabilježena je na postaji ME 2 (32), dok je najviša vrijednost izmjerena na postaji ME 1 (36, te postepeno prelazi u 36,5). Prosječan salinitet iznosio je 34,1 (Slika 7).

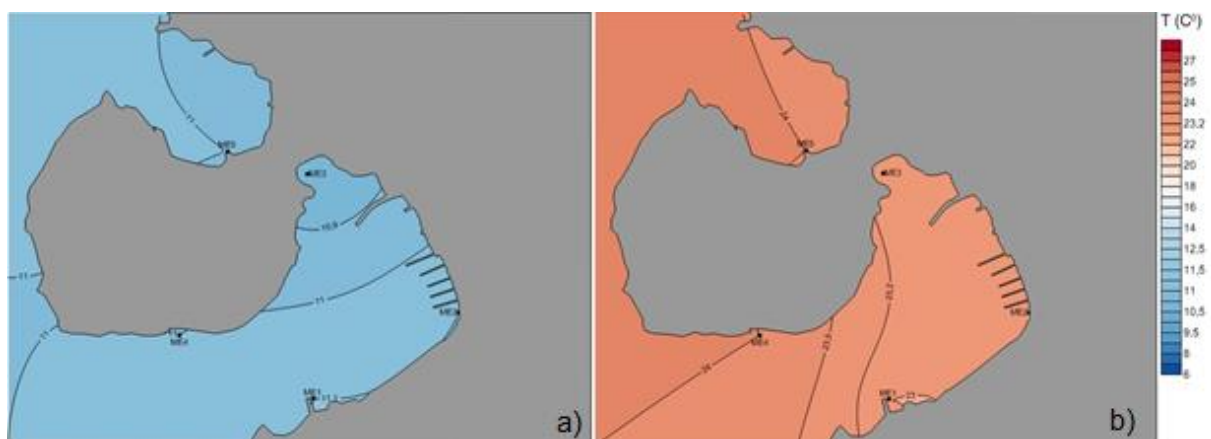
Koncentracija *E.coli* u veljači 2016. varirala je između 5 CFU – 50 CFU/100 ml. Najmanja koncentracija izmjerena je na postaji ME 1 (5 CFU/100 ml), dok je najveća koncentracija izmjerena na postaji ME 2 (50 CFU/100 ml). Prosječna koncentracija *E.coli* iznosila je 18 CFU/100 ml. U srpnju, koncentracija *E.coli* varirala je između 10 CFU – 2000 CFU/100 ml. Najmanja koncentracija izmjerena je na postaji ME 5 (10 CFU/100 ml), dok je najveća koncentracija izmjerena na postaji ME 1 (2000 CFU/100 ml). Prosječna koncentracija *E.coli* iznosila je 635 CFU/100 ml (Slika 8).

Koncentracija fekalnih streptokoka u veljači varirala je između 5 CFU – 75 CFU/100 ml, s prosječnom koncentracijom od 33 CFU/100 ml. Najmanja koncentracija izmjerena je na postaji ME 1 (5 CFU/100 ml), dok je na postaji ME 2 (75 CFU/100 ml) izmjerena najveća koncentracija. U srpnju, koncentracija je varirala između 0 CFU – 100 CFU/100 ml, s prosječnom koncentracijom od 38 CFU/100 ml. Na postaji ME 5 (0 CFU/100 ml) izmjerena je najmanja koncentracija, dok je na postaji ME 1 (100 CFU/100 ml) izmjerena najveća koncentracija (Slika 9).

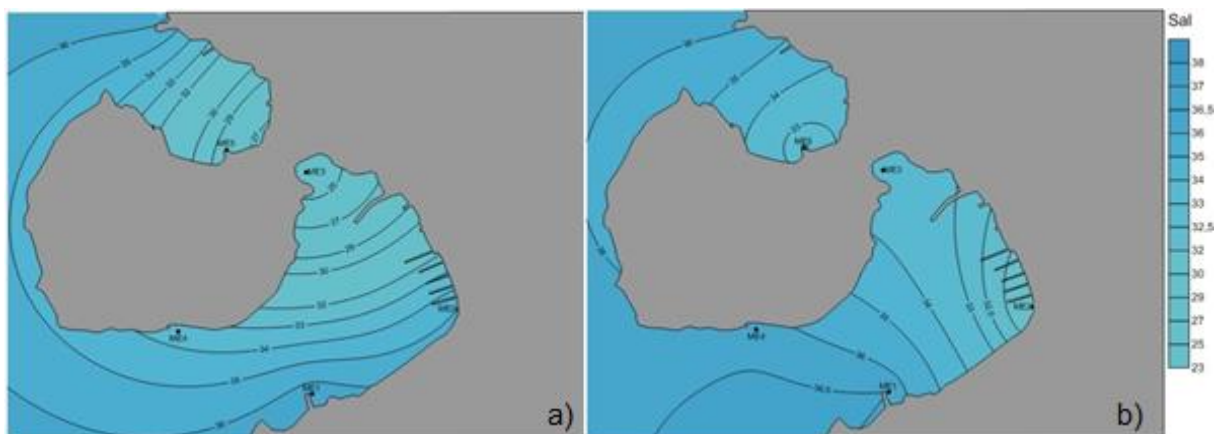
U zimskom periodu brojnost heterotrofnih bakterija varirala je između  $1,75 \cdot 10^5$  –  $2 \cdot 10^5$ /ml, s prosječnim brojem bakterija od  $1,88 \cdot 10^5$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postaji ME 5 ( $1,75 \cdot 10^5$ /ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postaji ME 2 ( $2 \cdot 10^5$ /ml). U ljetnim mjesecima brojnost je varirala između  $9 \cdot 10^5$  –  $1,5 \cdot 10^6$ /ml, s prosječnim brojem od  $1,175 \cdot 10^6$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postaji ME 4 ( $9 \cdot 10^5$ /ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postaji ME 1 ( $1,5 \cdot 10^6$ /ml) (Slika 10).

U zimskom periodu brojnost cijanobakterija varirala je između  $2,75 \cdot 10^3$  –  $3,5 \cdot 10^3$ /ml, s prosječnim brojem bakterija od  $3,1 \cdot 10^3$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postaji ME 5 ( $2,75 \cdot 10^3$ /ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postaji ME 2 ( $3,5 \cdot 10^3$ /ml). U ljetnim mjesecima brojnost je varirala između  $1 \cdot 10^4$  –  $5 \cdot 10^4$ /ml, s prosječnim brojem od  $2,8 \cdot 10^4$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postaji ME 4 ( $1 \cdot 10^4$  /ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postaji ME 3 ( $5 \cdot 10^4$ /ml) (Slika 11).

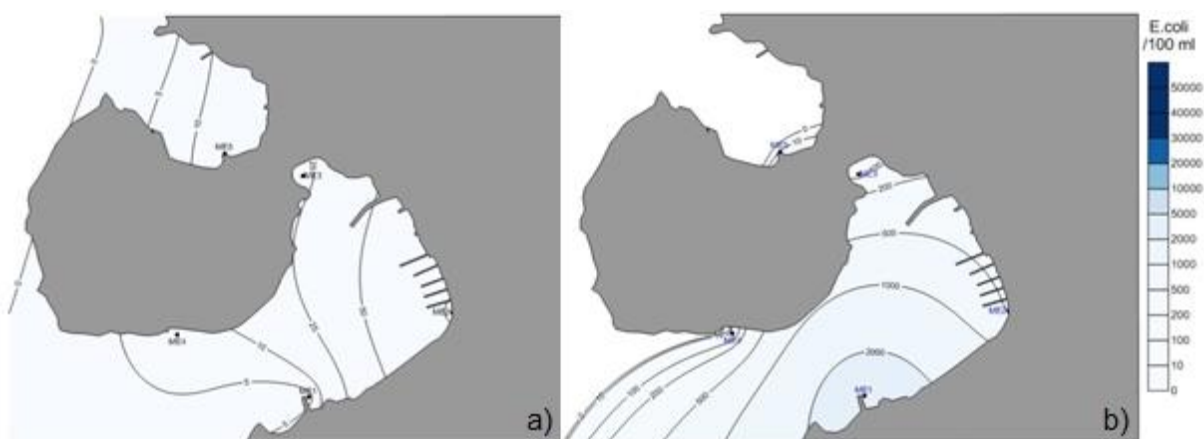
U zimskom periodu brojnost heterotrofnih nanoflagelata varirala je između  $7,5 \cdot 10^2$  –  $9 \cdot 10^2$ /ml, s prosječnim brojem bakterija od  $8,1 \cdot 10^2$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postajama ME 1 ME 4 ( $7,5 \cdot 10^2$ /ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postaji ME 5 ( $9 \cdot 10^2$ /ml). U ljetnim mjesecima brojnost je varirala između  $6 \cdot 10^3$  –  $1,2 \cdot 10^4$ /ml, s prosječnim brojem od  $8,6 \cdot 10^3$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postaji ME 4 ( $6 \cdot 10^3$ /ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postaji ME 1 ( $1,2 \cdot 10^4$ /ml) (Slika 12).



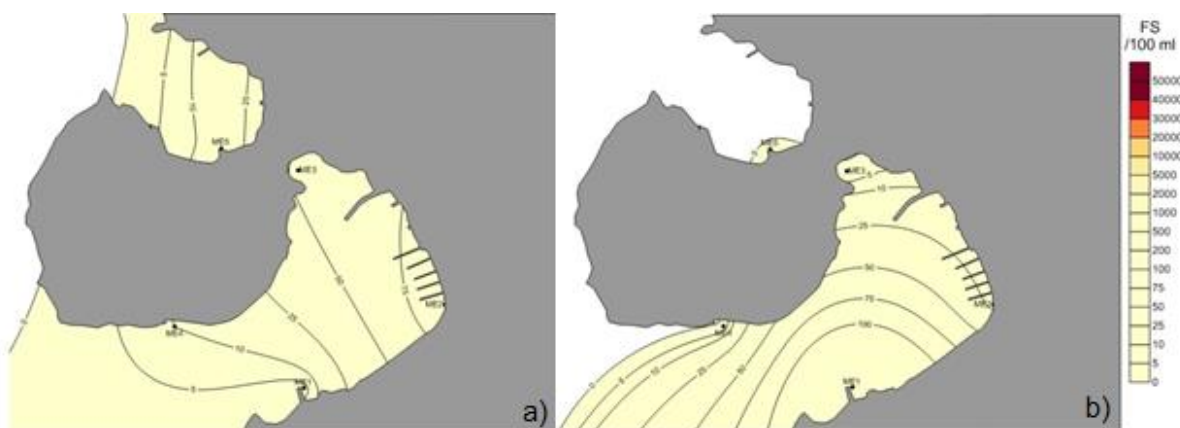
**Slika 6.** Raspodjela temperature ( $T/^{\circ}\text{C}$ ) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u luci Medulin.



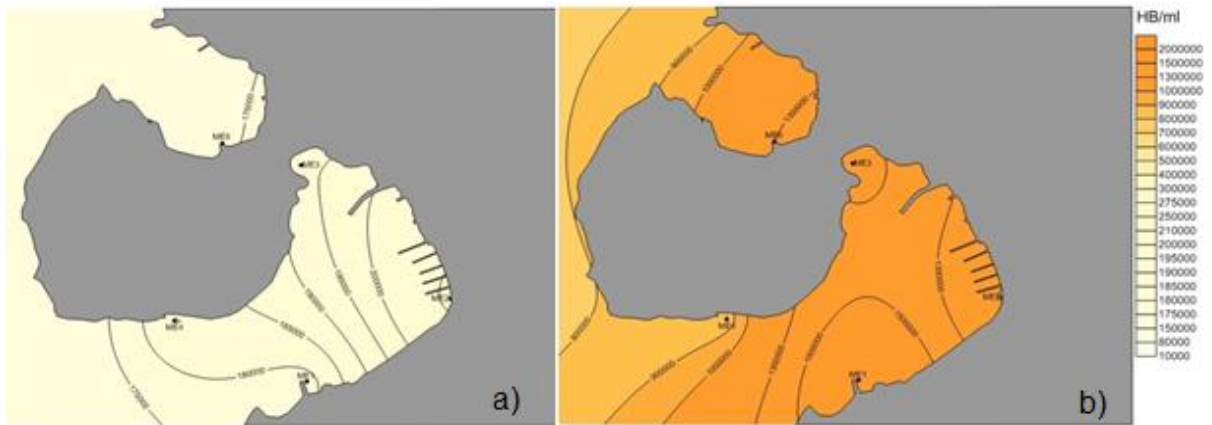
Slika 7. Raspodjela saliniteta (sal) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u luci Medulin.



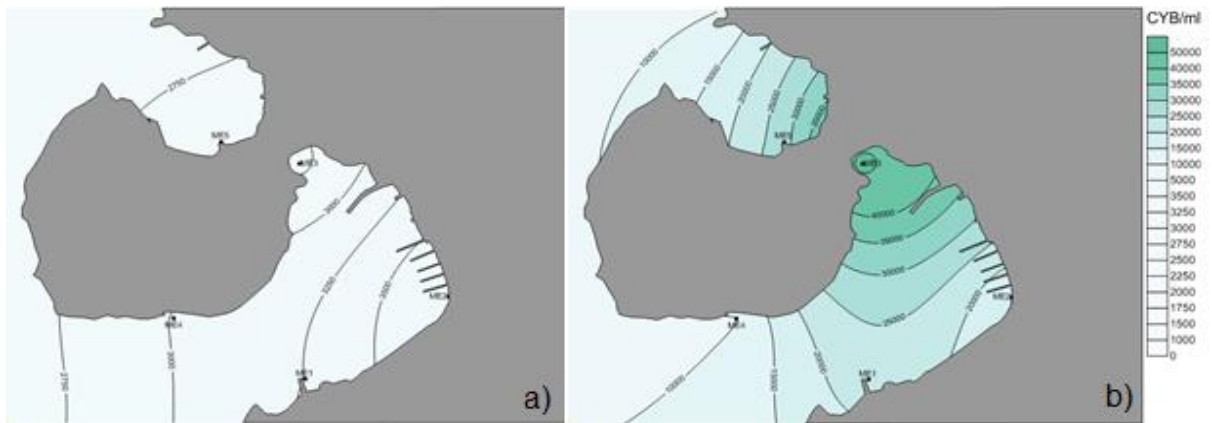
Slika 8. Raspodjela *E.coli* (CFU/100) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u luci Medulin.



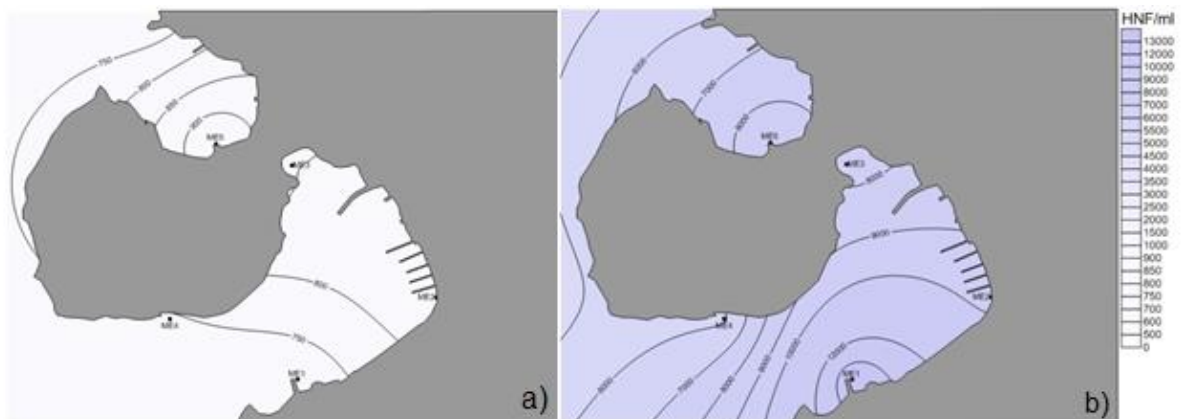
Slika 9. Raspodjela fekalnih streptokoka (CFU/100) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u luci Medulin.



Slika 10. Brojnost heterotrofnih bakterija u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u luci Medulin.



Slika 11. Brojnost cijanobakterija u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u luci Medulin.



Slika 12. Brojnost heterotrofnih nanoflagelata u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u luci Medulin.

### 5.1.2 Pula

U Puli je u veljači 2016. tijekom zimskog perioda uzorkovanja, temperatura varirala između 10 – 11,2 °C. Najniža temperatura izmjerena je na postajama PU 6 i PU 7 (10 °C), dok je najviša temperatura izmjerena na postaji PU 2 (11,2 °C). Prosječna temperatura iznosila je 10,6 °C. U srpnju 2016., tijekom ljetnog perioda uzorkovanja, temperatura morske vode varirala je između 23 – 25 °C. Najniža temperatura izmjerena je na postajama PU 3 i PU 7 (23 °C), dok su najviše temperature izmjerene na postajama PU 1, PU 4 i PU 5 (25 °C). Prosječna temperatura za ljetni period uzorkovanja iznosila je 24,1 °C (Slika 13).

Salinitet se tijekom zimskog perioda kretao između 15 i 35. Prosječan salinitet iznosio je 28. Najniži salinitet zabilježen je na postaji PU 2 (15), dok je najviši salinitet zabilježen na postajama PU 1, PU 7 i PU 8 (35). U ljetnim mjesecima salinitet morske vode kretao se između 20 – 37. Najniža vrijednost saliniteta zabilježena je na postaji PU 2 (20), dok je najviša vrijednost izmjerena na postajama PU 7 i PU 8 (37). Prosječan salinitet iznosio je 31,5 (Slika 14).

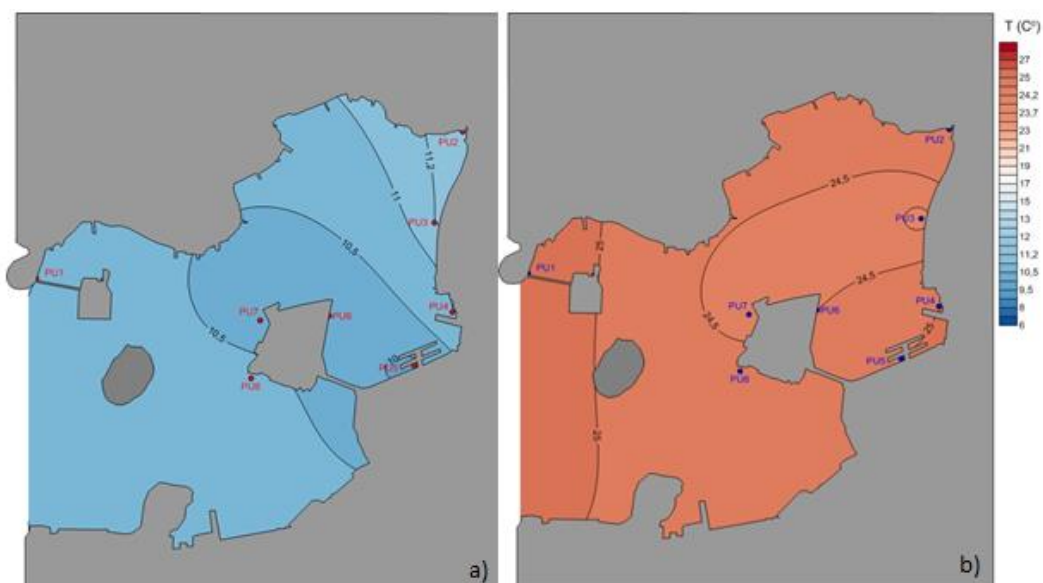
Koncentracija *E.coli* u veljači 2016. varirala je između 0 CFU – 30000 CFU/100 ml. Najmanja koncentracija izmjerena je na postajama PU 1 i PU 6 (0 CFU/100 ml), dok je najveća koncentracija izmjerena na postaji PU 2 (20000 CFU/100 ml). Prosječna koncentracija *E.coli* iznosila je 4837 CFU/100 ml. U srpnju, koncentracija *E.coli* varirala je između 0 CFU – 30000 CFU/100 ml. Najmanja koncentracija izmjerena je na postaji PU 8 (0 CFU/100 ml), dok je najveća koncentracija izmjerena na postaji PU 2 (30000 CFU/100 ml). Prosječna koncentracija *E.coli* iznosila je 7633 CFU/100 ml (Slika 15).

Koncentracija fekalnih streptokoka u veljači varirala je između 0 CFU – 10000 CFU/100 ml, s prosječnom koncentracijom od 2350 CFU/100 ml. Najmanja koncentracija izmjerena je na postajama PU 1 i PU 5 (0 CFU/100 ml), dok je na postaji PU 2 (10000 CFU/100 ml) izmjerena najveća koncentracija. U srpnju, koncentracija je varirala između 0 CFU – 200 CFU/100 ml, s prosječnom koncentracijom od 87,5 CFU/100 ml. Na postajama PU 1 i PU 8 (0 CFU/100 ml) izmjerena je najmanja koncentracija, dok je na postajama PU 2, PU 3, PU 4 i PU 7 (200 CFU/100 ml) izmjerena najveća koncentracija (Slika 16).

U zimskom periodu brojnost heterotrofnih bakterija varirala je između  $1,8 \cdot 10^5$  –  $3 \cdot 10^5$ /ml, s prosječnim brojem bakterija od  $2,4 \cdot 10^5$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postaji PU 7 ( $1,8 \cdot 10^5$ /ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postaji PU 2 ( $3 \cdot 10^5$ /ml). U ljetnim mjesecima brojnost je varirala između  $4 \cdot 10^5$  –  $9 \cdot 10^5$ /ml, s prosječnim brojem od  $5,9 \cdot 10^5$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postaji PU 8 ( $4 \cdot 10^5$  /ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postaji PU 7 ( $9 \cdot 10^5$ /ml) (Slika 17).

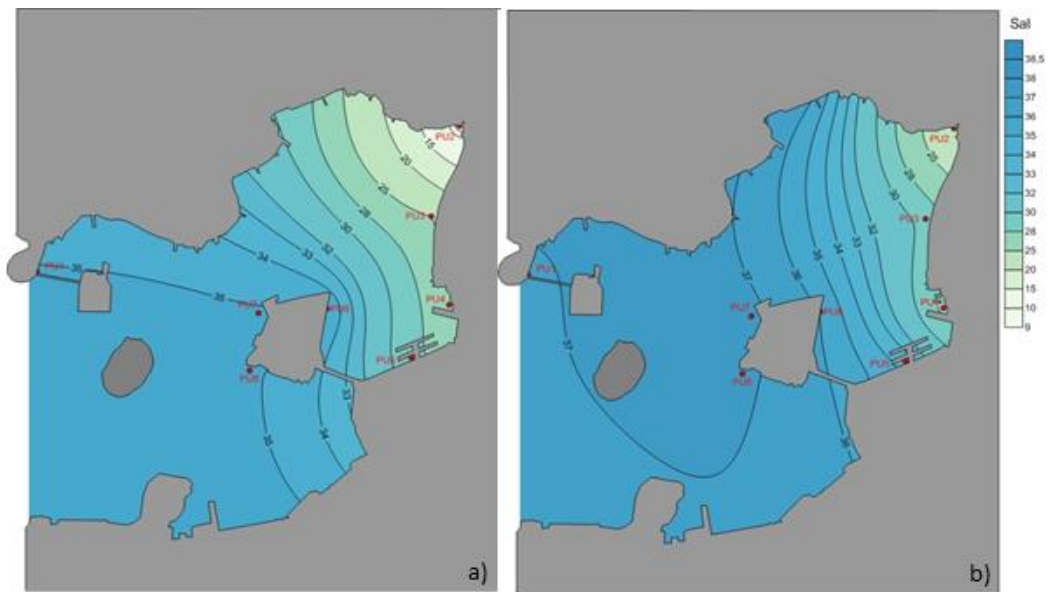
U zimskom periodu brojnost cijanobakterija varirala je između  $1,1 \cdot 10^4$  –  $1,5 \cdot 10^4$ /ml, s prosječnim brojem bakterija od  $1,3 \cdot 10^4$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postajama PU 1, PU 7 i PU 8 ( $1,1 \cdot 10^4$ /ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postaji PU 2 ( $1,5 \cdot 10^4$ /ml). U ljetnim mjesecima brojnost je varirala između  $1,5 \cdot 10^4$  –  $5 \cdot 10^4$ /ml, s prosječnim brojem od  $3,25 \cdot 10^4$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postaji PU 8 ( $1,5 \cdot 10^4$ /ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postajama PU 2, PU 4, PU 5, PU 6 i PU 7 ( $1,5 \cdot 10^4$ /ml) (Slika 18).

U zimskom periodu brojnost heterotrofnih nanoflagelata varirala je između  $3 \cdot 10^3$  –  $7 \cdot 10^3$ /ml, s prosječnim brojem bakterija od  $5 \cdot 10^3$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postaji PU 7 ( $3 \cdot 10^3$ /ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postaji PU 2 ( $7 \cdot 10^3$ /ml). U ljetnim mjesecima brojnost je varirala između  $3 \cdot 10^3$  –  $8 \cdot 10^3$ /ml, s prosječnim brojem od  $5,1 \cdot 10^3$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postaji PU 1 ( $3 \cdot 10^3$ /ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postajama PU 4 i PU 5 ( $8 \cdot 10^3$ /ml) (Slika 19).

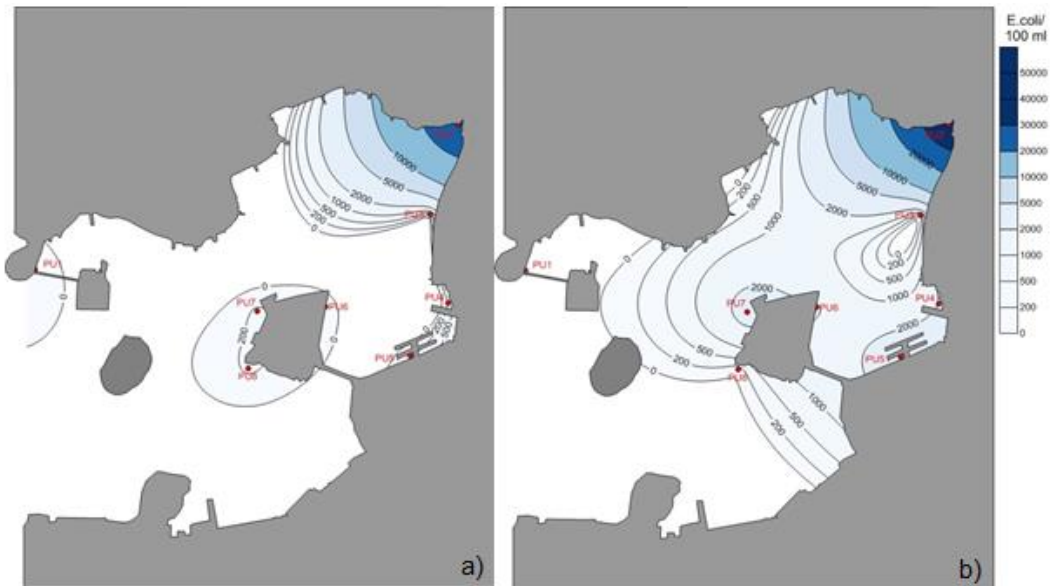


**Slika 13.** Raspodjela temperature ( $T/^{\circ}\text{C}$ ) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. Pulskoj luci.

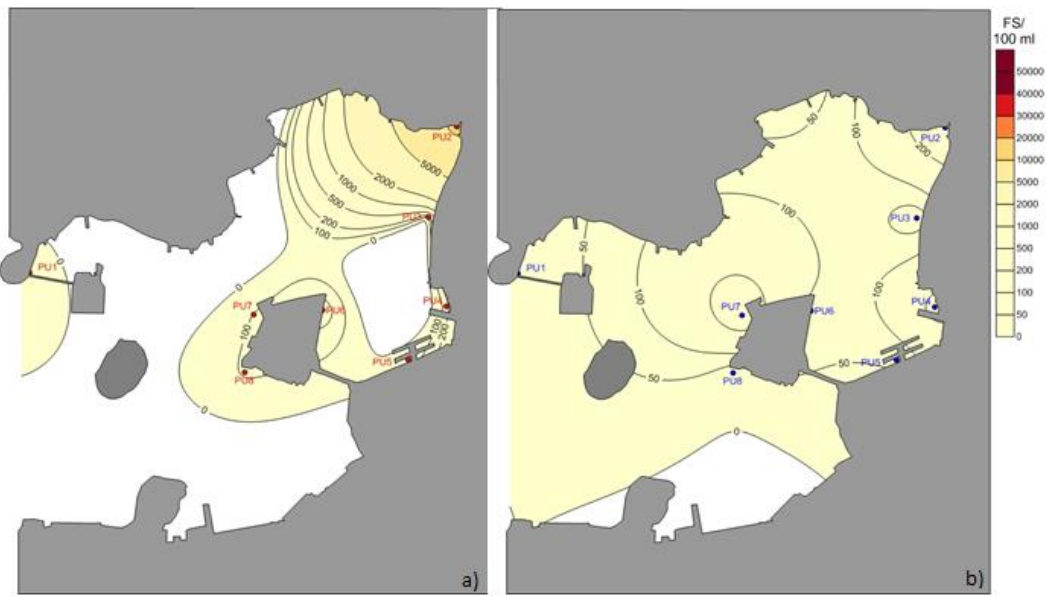




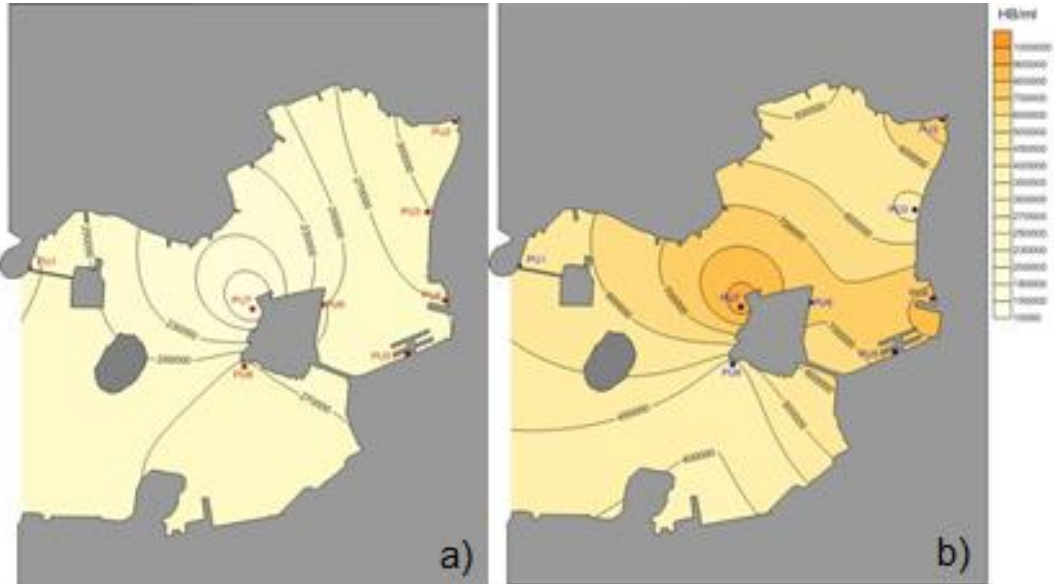
Slika 14. Raspodjela saliniteta (sal) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. Pulskoj luci.



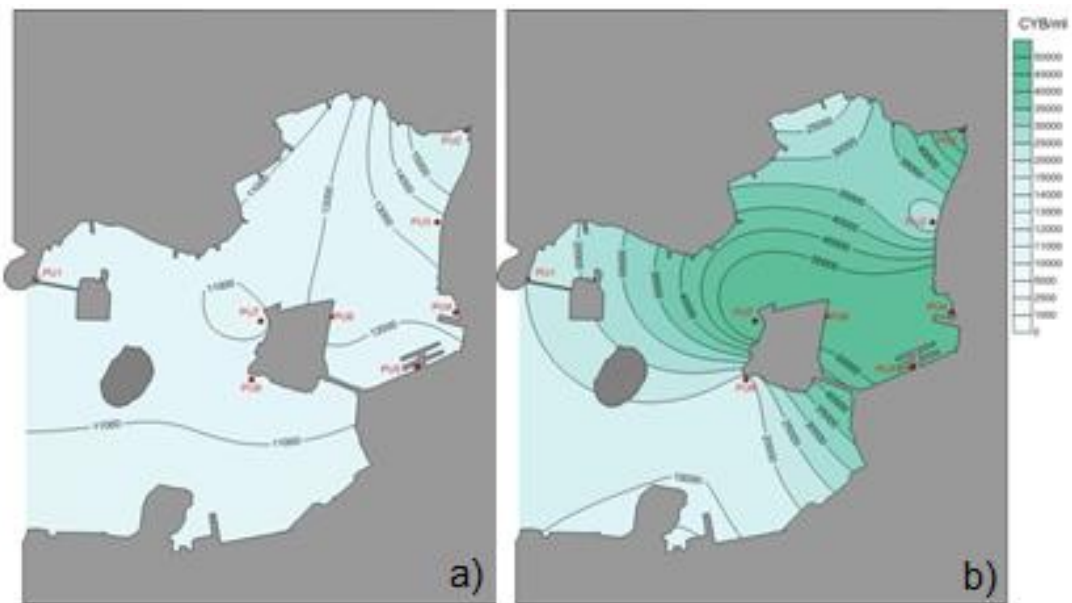
Slika 15. Raspodjela *E. coli* (CFU/100ml) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. Pulskoj luci.



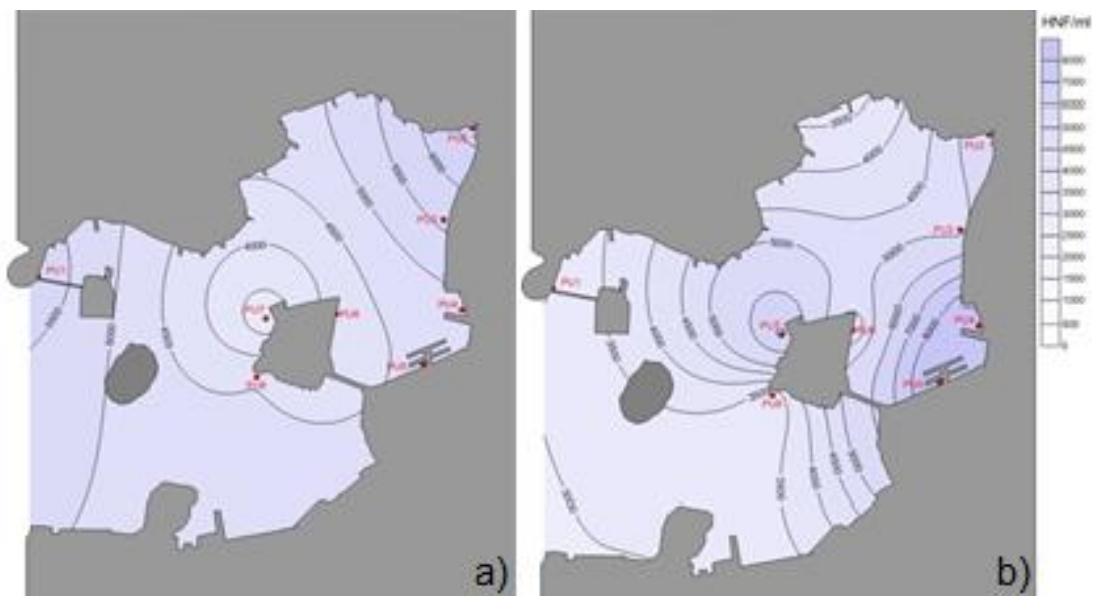
Slika 16. Raspodjela fekalnih streptokoka (CFU/100ml) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. Pulskoj luci.



Slika 17. Brojnost heterotrofnih bakterija površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Pulskoj luci.



**Slika 18.** Brojnost cijanobakterija površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Pulskoj luci.



**Slika 19.** Brojnost heterotrofnih nanoflagelata površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Pulskoj luci.

### 5.1.3 Rovinj

U Rovinjskom akvatoriju je u veljači 2016., tijekom zimskog perioda uzorkovanja, temperatura varirala između 11 – 13 °C. Najniža temperatura izmjerena je na postajama OB, V, L1, L4, JL, SK1 i SK2 (11 °C), dok je najviša temperatura izmjerena na postaji M0 (13 °C). Prosječna temperatura iznosila je 12 °C. U srpnju 2016., tijekom ljetnog perioda uzorkovanja, temperatura morske vode varirala je između 22 – 28 °C. Najniža temperatura izmjerena je na postaji M0 (22 °C), dok su najviše temperature izmjerene na postajama OB, V, L1, L2, L4, L5, JL, M2 (28 °C). Prosječna temperatura za ljetni period uzorkovanja iznosila je 25,6 °C (Slika 20).

Salinitet se tijekom zimskog perioda kretao između 33 i 38. Prosječan salinitet iznosio je 35,5. Najniži salinitet zabilježen je na postaji M0 (33), dok je najviši salinitet zabilježen na postajama OB, VB, M2, G0, SG, L1, L2, L7, SK1 i SK2 (38). U ljetnim mjesecima salinitet morske vode kretao se između 32 – 38. Najniža vrijednost saliniteta zabilježena je na postaji M0 (32), dok je najviša vrijednost izmjerena na postajama SK1 (38). Prosječan salinitet iznosio je 35 (Slika 21).

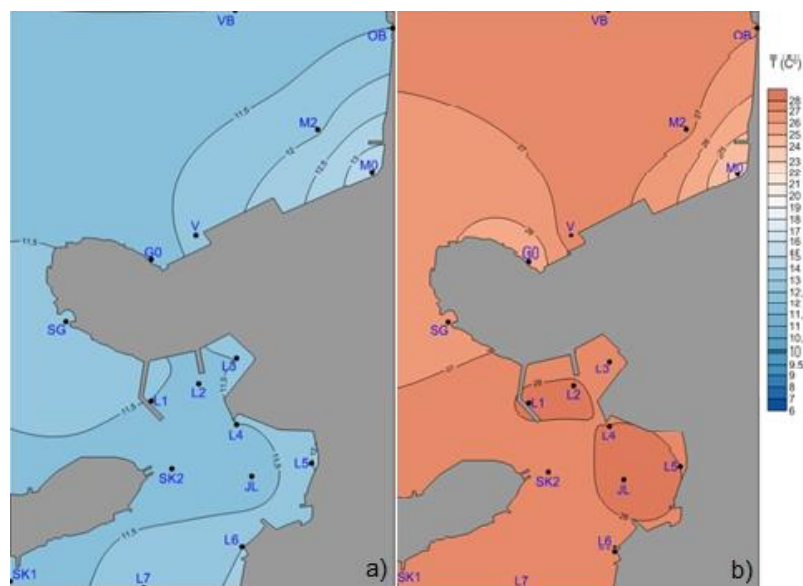
Koncentracija *E.coli* u veljači 2016. varirala je između 0 CFU – 20000 CFU/100 ml. Najmanja koncentracija izmjerena je na postajama SK1, L7, L6, L4, G0 (0 CFU/100 ml), dok je najveća koncentracija izmjerena na postaji M0 (20000 CFU/100 ml). Prosječna koncentracija *E.coli* iznosila je 4837 CFU/100 ml. U srpnju, koncentracija *E.coli* varirala je između 0 CFU – 50000 CFU/100 ml. Najmanja koncentracija izmjerena je na postajama SK1, SG, L4, L6, L7 (0 CFU/100 ml), dok je najveća koncentracija izmjerena na postaji M0 (50000 CFU/100 ml). Prosječna koncentracija *E.coli* iznosila je 15770 CFU/100 ml (Slika 22).

Koncentracija fekalnih streptokoka u veljači varirala je između 0 CFU – 40000 CFU/100 ml, s prosječnom koncentracijom od 14427 CFU/100 ml. Najmanja koncentracija izmjerena je na postajama SK1, L4, L7 (0 CFU/100 ml), dok je na postaji M0 (50000 CFU/100 ml) izmjerena najveća koncentracija. U srpnju, koncentracija je varirala između 0 CFU – 20000 CFU/100 ml, s prosječnom koncentracijom od 4837,5 CFU/100 ml. Na postajama SK1, L1, L2, L4 i L7 (0 CFU/100 ml) izmjerena je najmanja koncentracija, dok je na postaji M0 (20000 CFU/100 ml) izmjerena najveća koncentracija (Slika 23).

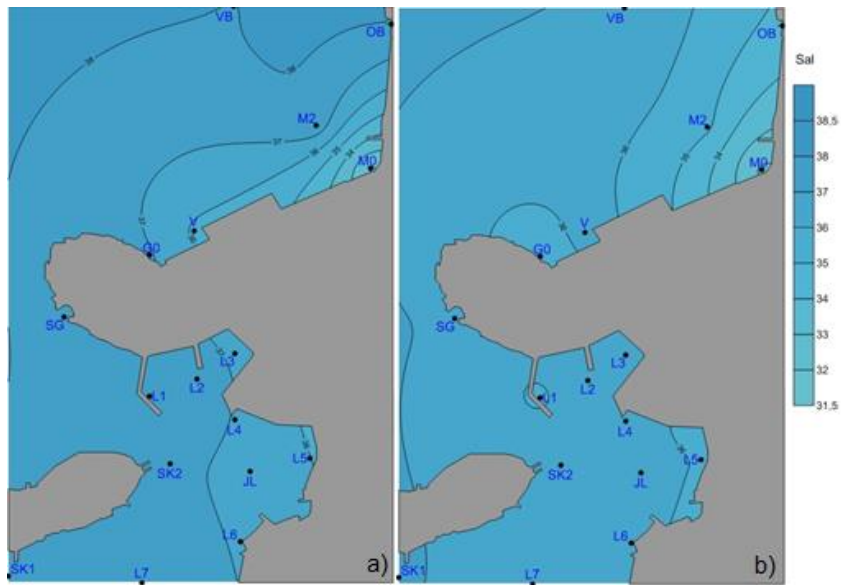
U zimskom periodu brojnost heterotrofnih bakterija varirala je između  $1 \cdot 10^5$  –  $1 \cdot 10^6$ /ml, s prosječnim brojem bakterija od  $4,8 \cdot 10^5$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postajama L7, L6, L5, JL i SG ( $1 \cdot 10^5$ /ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postaji M0 ( $1 \cdot 10^6$ /ml). U ljetnim mjesecima brojnost je varirala između  $3 \cdot 10^5$  –  $3 \cdot 10^6$ /ml, s prosječnim brojem od  $1,2 \cdot 10^6$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postajama SK1, SK2, L6 i L7 ( $3 \cdot 10^5$ /ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postaji M0 ( $3 \cdot 10^6$ /ml) (Slika 24).

U zimskom periodu brojnost cijanobakterija varirala je između  $1 \cdot 10^4$  –  $3,5 \cdot 10^4$ /ml, s prosječnim brojem bakterija od  $2,1 \cdot 10^4$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postajama OB, L3 i L5 ( $1 \cdot 10^4$ /ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postaji VB ( $3,5 \cdot 10^4$ /ml). U ljetnim mjesecima brojnost je varirala između  $0$  –  $1 \cdot 10^4$ /ml, s prosječnim brojem od  $5 \cdot 10^3$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postaji SK2 (0/ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postaji M0 ( $1 \cdot 10^4$ /ml) (Slika 25).

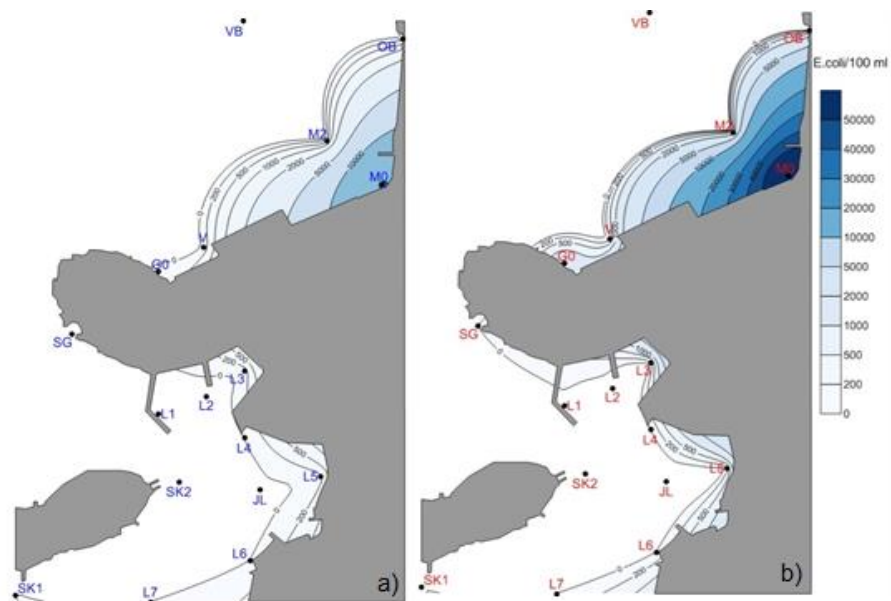
U zimskom periodu brojnost heterotrofnih nanoflagelata varirala je između  $1,5 \cdot 10^3$  –  $6,5 \cdot 10^3$ /ml, s prosječnim brojem bakterija od  $4 \cdot 10^3$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postaji M0 ( $1,5 \cdot 10^3$ /ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postaji SG ( $6,5 \cdot 10^3$ /ml). U ljetnim mjesecima brojnost je varirala između  $1,5 \cdot 10^3$  –  $5,5 \cdot 10^3$ /ml, s prosječnim brojem od  $3,8 \cdot 10^3$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postajama SK1 i SK2 ( $1,5 \cdot 10^3$ /ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postaji M0 ( $5,5 \cdot 10^3$ /ml) (Slika 26).



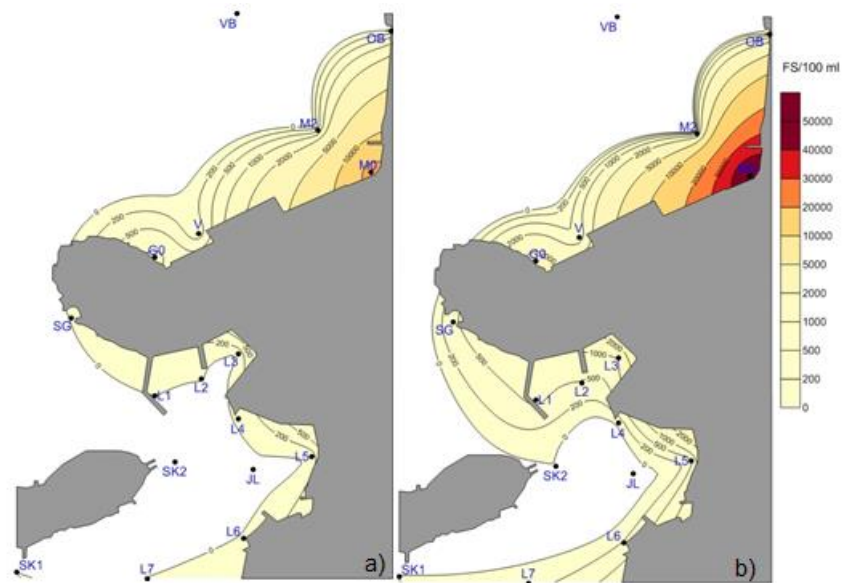
**Slika 20.** Raspodjela temperature ( $T/^{\circ}\text{C}$ ) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Rovinjskom akvatoriju.



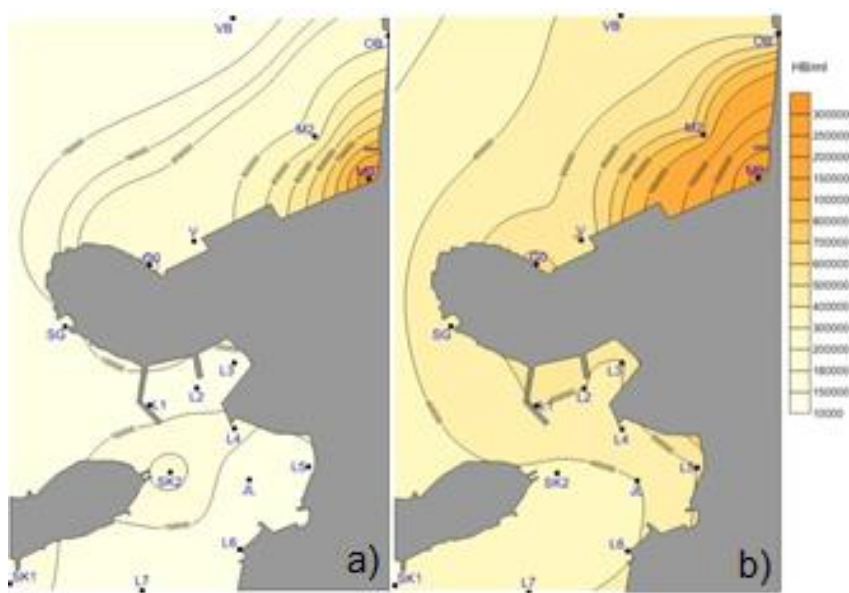
Slika 21. Raspodjela saliniteta (sal) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Rovinjskom akvatoriju.



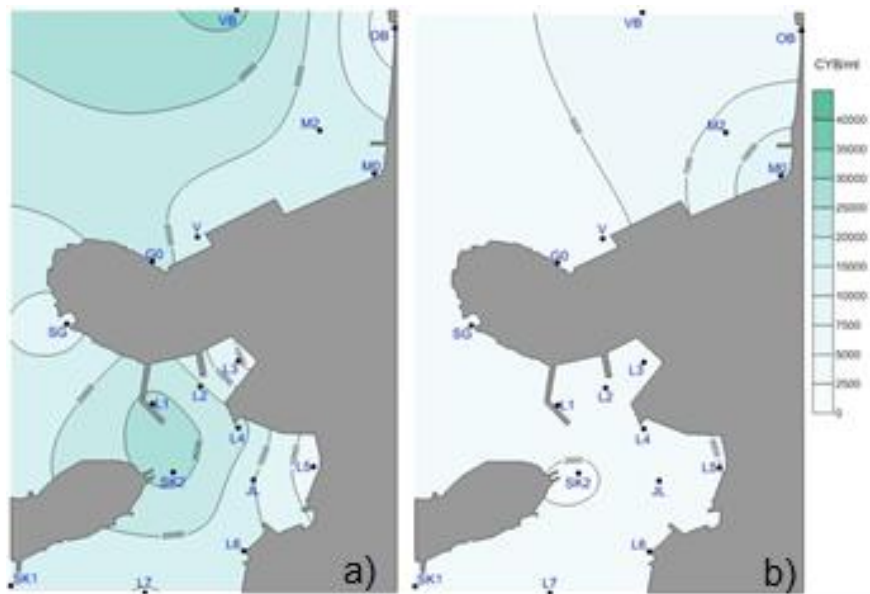
Slika 22. Raspodjela *E. coli* (CFU/100ml) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. Rovinjskom akvatoriju.



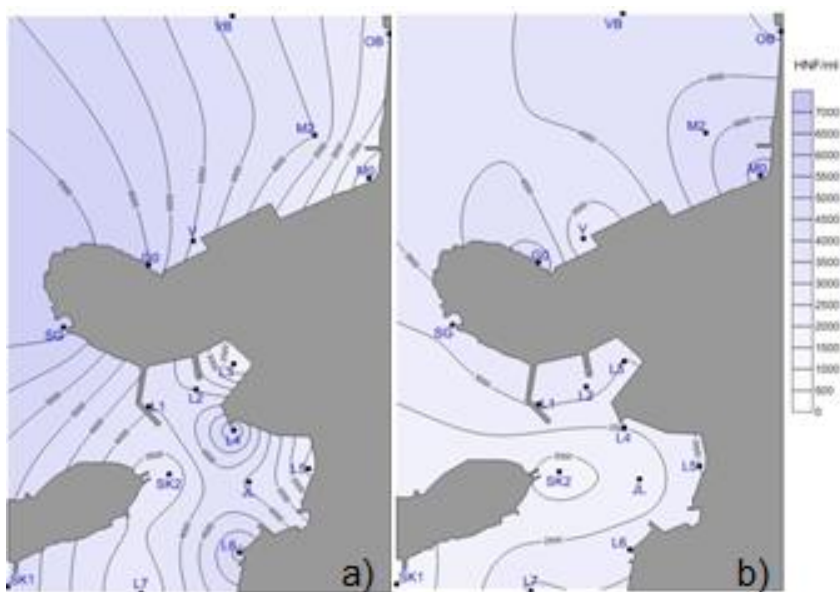
**Slika 23.** Raspodjela fekalnih streptokoka (CFU/100ml) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. Rovinjskom akvatoriju.



**Slika 24.** Brojnost heterotrofnih bakterija površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Rovinjskom akvatoriju.



Slika 25. Brojnost cijanobakterija površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Rovinjskom akvatoriju.



Slika26. Brojnost heterotrofnih nanoflagelata površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Rovinjskom akvatoriju.



#### 5.1.4 Poreč

Na području luke Poreč je u veljači 2016., tijekom zimskog perioda uzorkovanja, temperatura varirala između 11 – 11,2 °C. Najniža temperatura izmjerena je na postajama PO 1, PO 5 i PO 6 (11 °C), dok je najviša temperatura izmjerena na postajama PO 3 i PO 4 (11,2 °C). Prosječna temperatura iznosila je 11,1 °C. U srpnju 2016., tijekom ljetnog perioda uzorkovanja, temperatura morske vode varirala je između 25,3 – 28 °C. Najniža temperatura izmjerena je na postajama PO 2, PO 3, PO 5 i PO 6 (25,3 °C), dok je najviša temperatura izmjerene na postaji PO 7 (28 °C). Prosječna temperatura za ljetni period uzorkovanja iznosila je 26,8 °C (Slika 27).

Salinitet se tijekom zimskog perioda kretao između 37,3 - 38. Prosječan salinitet iznosio je 37,6. Najniži salinitet zabilježen je na postajama PO 2 i PO 7 (27,25), dok je najviši salinitet zabilježen na postajama PO 1, PO 5 i PO 6 (38). U ljetnim mjesecima salinitet morske vode kretao se između 36,9 – 37,1. Najniža vrijednost saliniteta zabilježena je na postaji PO 2 (36,9), dok je najviša vrijednost izmjerena na postaji PO 5 (37,1). Prosječan salinitet iznosio je 37 (Slika 28).

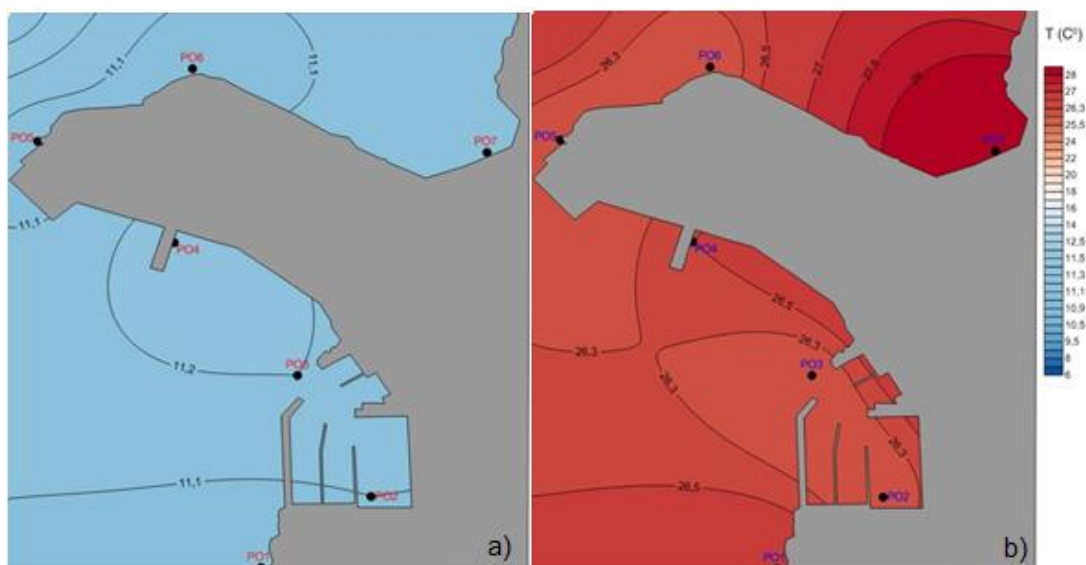
Koncentracija *E.coli* u veljači 2016. varirala je između 10 CFU – 50 CFU/100 ml. Najmanja koncentracija izmjerena je na postajama PO 1, PO 4 i PO 6 (10 CFU/100 ml), dok je najveća koncentracija izmjerena na postaji PO 3 (50 CFU/100 ml). Prosječna koncentracija *E.coli* iznosila je 28 CFU/100 ml. U srpnju, koncentracija *E.coli* varirala je između 0 CFU – 200 CFU/100 ml. Najmanja koncentracija izmjerena je na postaji PO 5 (0 CFU/100 ml), dok je najveća koncentracija izmjerena na postaji PO 2 (200 CFU/100 ml). Prosječna koncentracija *E.coli* iznosila je 64 CFU/100 ml (Slika 29).

Koncentracija fekalnih streptokoka u veljači varirala je između 0 CFU – 50 CFU/100 ml, s prosječnom koncentracijom od 21 CFU/100 ml. Najmanja koncentracija izmjerena je na postajama PO 1 i PO 5 (0 CFU/100 ml), dok je na postajama PO 2 i PO 7 (50 CFU/100 ml) izmjerena najveća koncentracija. U srpnju, koncentracija je varirala između 0 CFU – 50 CFU/100 ml, s prosječnom koncentracijom od 21 CFU/100 ml. Na postajama PO 5, PO 4 i PO 7 (0 CFU/100 ml) izmjerena je najmanja koncentracija, dok je na postaji PO 1 (50 CFU/100 ml) izmjerena najveća koncentracija (Slika 30).

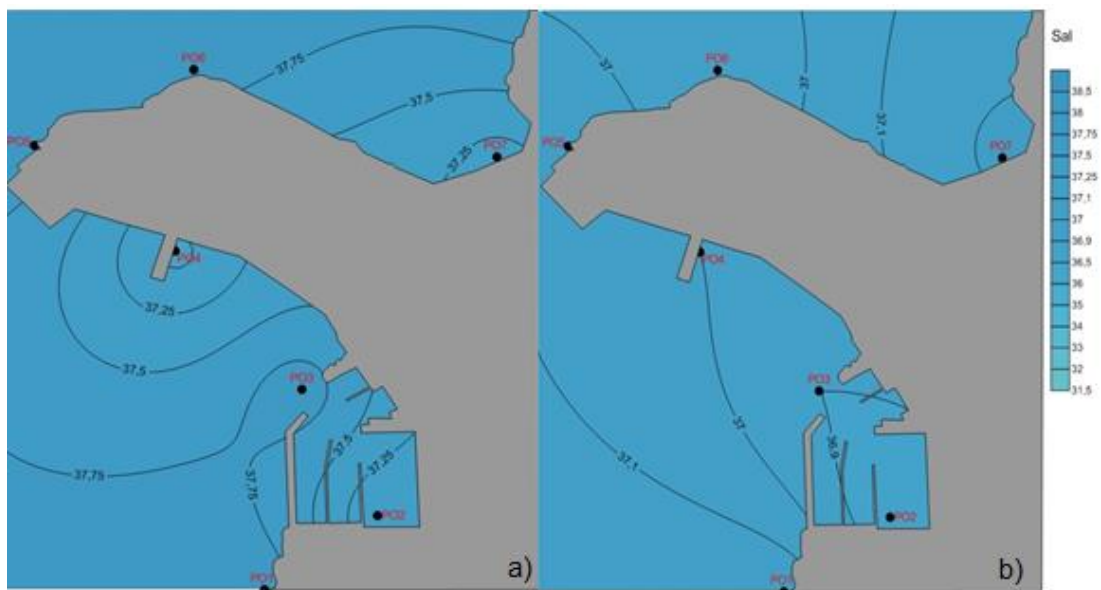
U zimskom periodu brojnost heterotrofnih bakterija varirala je između  $2,5 \cdot 10^5$  –  $3,5 \cdot 10^5$ /ml, s prosječnim brojem bakterija od  $3 \cdot 10^5$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postajama PO 1 i PO5 ( $2,5 \cdot 10^5$ /ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postaji PO 3 ( $3,5 \cdot 10^5$ /ml). U ljetnim mjesecima brojnost je varirala između  $2,5 \cdot 10^5$  –  $1 \cdot 10^6$ /ml, s prosječnim brojem od  $5,3 \cdot 10^5$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postajama PO5 i PO 6 ( $2,5 \cdot 10^5$ /ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postaji PO 7 ( $1 \cdot 10^6$ /ml) (Slika 31).

U zimskom periodu brojnost cijanobakterija varirala je između 0 –  $4,5 \cdot 10^3$ /ml, s prosječnim brojem bakterija od  $3,2 \cdot 10^3$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postajama PO 2, PO 5 i PO 6 (0/ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postajama PO 3 i PO 7 ( $4,5 \cdot 10^3$ /ml). U ljetnim mjesecima brojnost je varirala između  $1 \cdot 10^4$  –  $4 \cdot 10^4$ /ml, s prosječnim brojem od  $2,5 \cdot 10^4$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postaji PO 3 ( $1 \cdot 10^4$ /ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postajama PO 4 i PO 7 ( $4 \cdot 10^4$ /ml) (Slika 32).

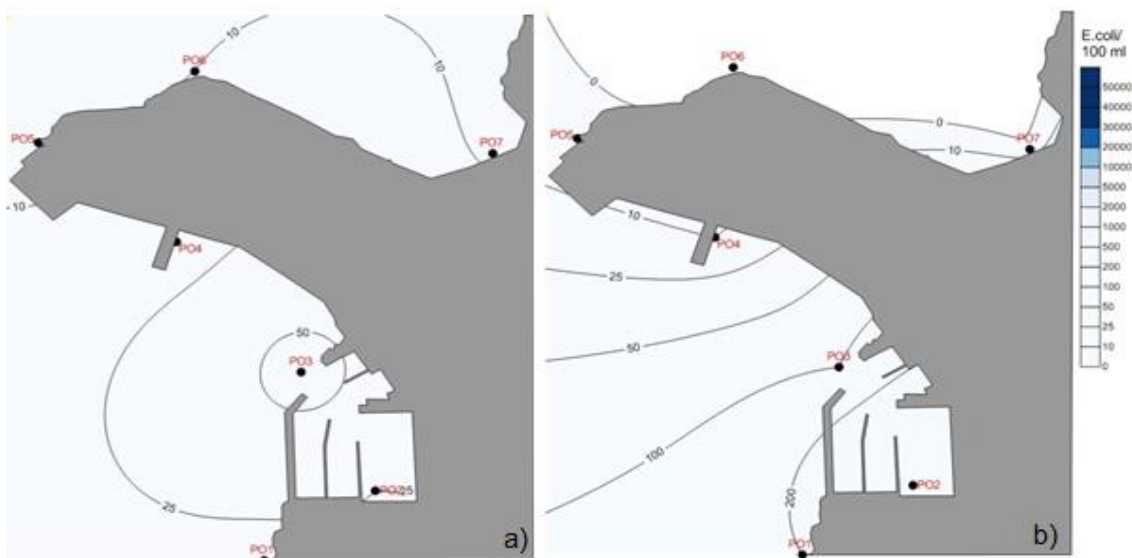
U zimskom periodu brojnost heterotrofnih nanoflagelata varirala je između  $2 \cdot 10^3$  –  $3,5 \cdot 10^3$ /ml, s prosječnim brojem bakterija od  $2,7 \cdot 10^3$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postaji PO 1 ( $2 \cdot 10^3$ /ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postajama PO 2 i PO 4 ( $3,5 \cdot 10^3$ /ml). U ljetnim mjesecima brojnost je varirala između  $2,5 \cdot 10^3$  –  $1,5 \cdot 10^4$ /ml, s prosječnim brojem od  $7,1 \cdot 10^3$ /ml. Najmanja brojnost izmjerena je na postaji PO 5 ( $2,5 \cdot 10^3$ /ml), dok je najveća brojnost izmjerena na postaji PO 7 ( $1,5 \cdot 10^4$ /ml) (Slika 33).



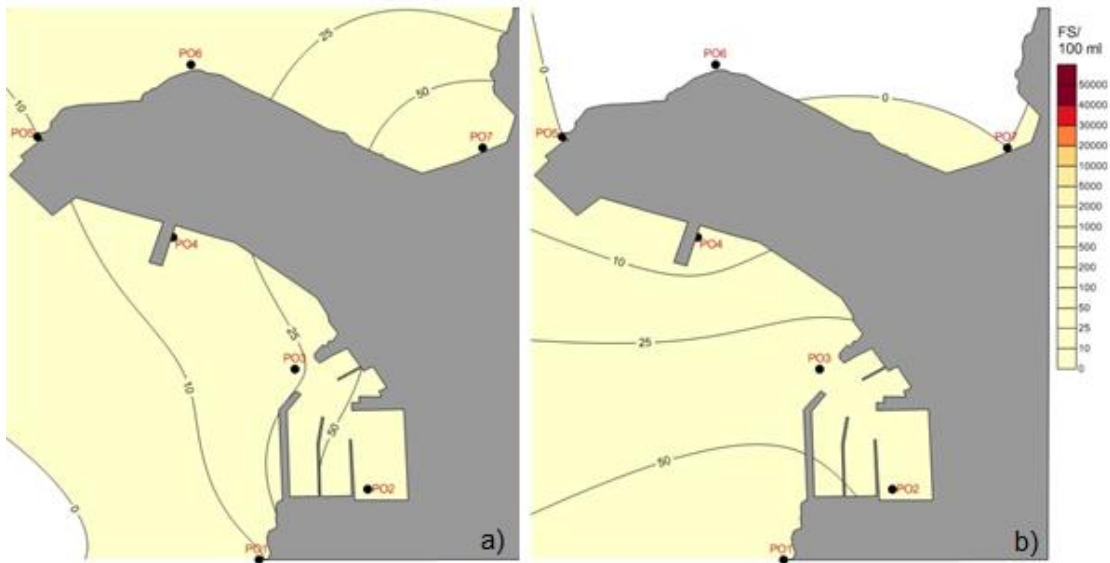
Slika 27. Raspodjela temperature (T/°C) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Porečkoj luci.



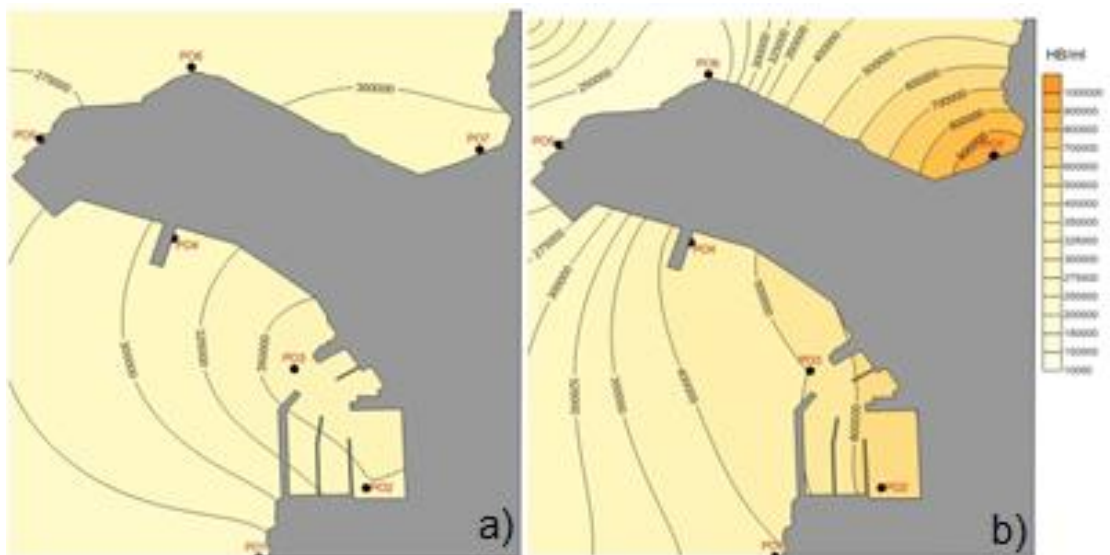
Slika 28. Raspodjela saliniteta (sal) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Porečkoj luci.



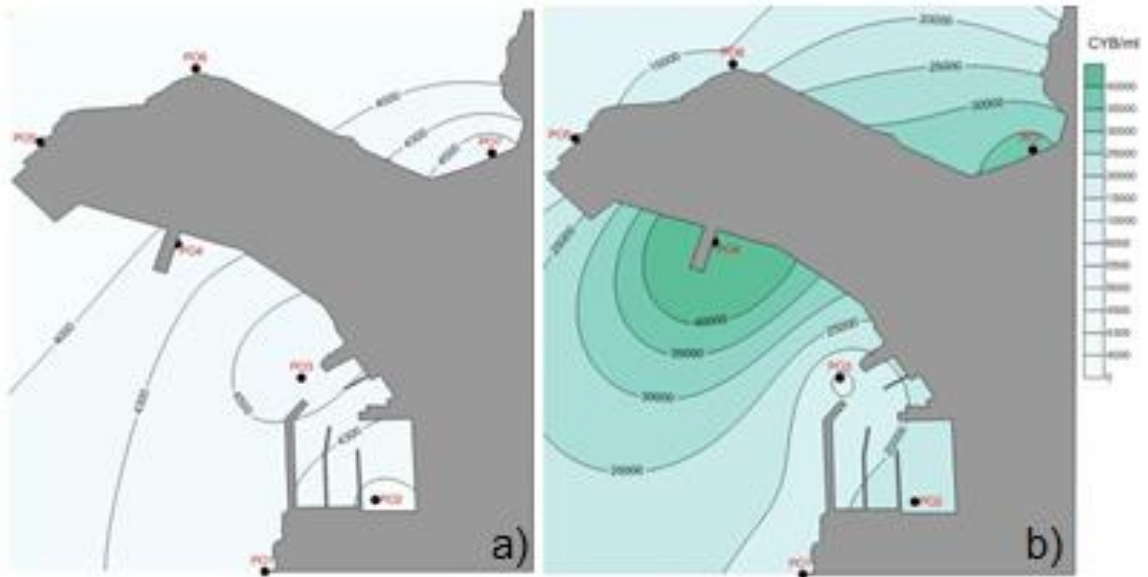
Slika 29. Raspodjela *E. coli* (CFU/100 ml) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Porečkoj luci.



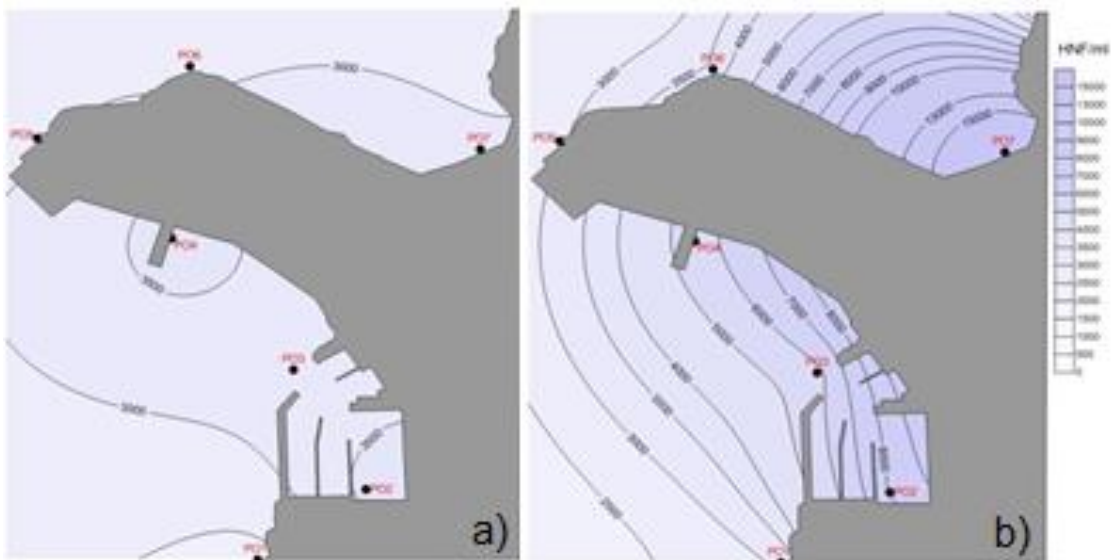
Slika 30. Raspodjela fekalnih streptokoka (CFU/100 ml) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Porečkoj luci.



Slika 31. Brojnost heterotrofnih bakterija površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Porečkoj luci.



Slika 32. Brojnost cijanobakterija površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Porečkoj luci.



Slika 33. Brojnost heterotrofnih nanoflagelata površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Porečkoj luci.

## 5.2 Diskusija

Izmjerene temperature površine mora, na ispitanim područjima, nisu pokazivale velika odstupanja, osim u Rovinju, gdje je; kraj ispusta tvornice za preradu ribe, temperatura bila nešto viša u oba razdoblja ispitivanja, u odnosu na ostala istraživana područja.

Salinitet je pokazao nehomogenost, uglavnom zbog prirodnog sezonalnog unosa slatke vode iz izvora, ali i zbog ispuštanja otpadnih voda. U sjeveroistočnom dijelu pulske luke prevladava niži salinitet zbog donosa slatke vode, dok je u Rovinju, u uvali Valdibora, salinitet niži zbog velike količine otpadne vode iz tvornice „Mirna“.

Sanitarna kakvoća mora procijenjena je na osnovu bakterijskih indikatora fekalnog onečišćenja: fekalni koliformi, *E.coli* i fekalni streptokoki. U Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 87/2010) koje se ispuštaju u površinske vode, a koje se koriste za kupanje i rekreaciju, propisane su granične vrijednosti za koliforme fekalnog porijekla i za streptokoke fekalnog porijekla. Prema Tablici 2b, Pravilnika (Tablica 3.), granična vrijednost za koliforme fekalnog porijekla (FK) iznosi 500 CFU/100 ml, a za streptokoke fekalnog porijekla (FS) 200 CFU/100 ml.

U veljači 2016., u Medulinu je izmjerena niska koncentracija *E.coli*, dok je u srpnju, na postaji ME2, izmjerena 4 puta veća koncentracija od dozvoljene. Postaja ME2 nalazi se u središtu medulinske luke, gdje je usidren i najveći broj brodica, ali ujedno postoji i nešto manji kanalizacijski ispust. Izmjerene koncentracije fekalnih streptokoka u oba perioda bile su niske i unutar dozvoljenih granica. U veljači je ispitana ispravnost vode bila dobre kakvoće, dok je u srpnju bila nezadovoljavajuće kakvoće.

U sjeveroistočnom dijelu pulske luke koncentracija fekalnih koliforma i *E. coli*, u oba ispitana razdoblja bila je veća 40, odnosno 60 puta od dozvoljene granice. Koncentracija fekalnih streptokoka je u ljeto bila veća 50 puta od dozvoljene granice, dok je zimi koncentracija bila u dozvoljenim granicama. Najveće koncentracije su zabilježene na postaji PU 2, gdje se ujedno nalazi slatkovodni izvor koji donosi veliku količinu hranjivih tvari pogodnih za rast mikroorganizama. U oba ispitana perioda kakvoća vode je bila nezadovoljavajuća.

U Rovinjskom području, u južnoj luci i Valdibori nisu zabilježene visoke koncentracije *E.coli* s izuzetkom područja u krugu od 150 m oko ispusta otpadnih voda tvornice za preradu ribe, gdje su koncentracije indikatorskih bakterija prelazile za 20 do 100 puta dozvoljene granice. U oba ispitana razdoblja izmjerene su visoke koncentracije fekalnih koliforma čak 200 puta više od dozvoljene granice u veljači, odnosno 75 puta u srpnju. Najveće vrijednosti su izmjerene kod postaje M0, gdje se nalazi tvornica za preradu „Mirna“ koja ispušta veliku količinu otpadne vode bogatu hranjivim tvarima pogodnu za rast mikroorganizama. U oba ispitana perioda kakvoća vode je bila nezadovoljavajuća.

Na području Poreča, su u veljači i srpnju izmjerene niske koncentracije *E.coli* i fekalnih streptokoa te možemo reći da je za oba razdoblja, ispitana ispravnost vode bila izvrsne kakvoće.

Primjećena su sezonska kolebanja brojnosti bakterija u svim lukama. Povećanjem temperature, dolazi do povećanja brojnosti mikroorganizama.

U Medulinu, je u zimskom periodu brojnost heterotrofnih bakterija i cijanobakterija bila najveća oko postaje ME 2, gdje postoji manji kanalizacijski ispust. Otpadna voda bogata je otopljenim i partikularnim organskim materijalom što pozitivno utječe na rast mikroorganizama. Brojnost heterotrofnih nanoflagelata bila je najveća oko postaje ME5. U srpnju je brojnost heterotrofnih bakterija i heterotrofnih nanoflagelata na postaji ME 1. Najveća brojnost cijanobakterija zabilježena je na području postaje ME 3. Budući da svjetlost pozitivno utječe na fotosintezu cijanobakterija, koja omogućava porast biomase, područje postaje ME 3 je najplići dio bazena, te možemo reći da je tu najveći utjecaj svjetlosti na brojnost.

U Puli je u veljači, u sjeveroistočnom dijelu (PO 2), brojnost heterotrofnih bakterija, cijanobakterija i heterotrofnih nanoflagelata bila najviša. Budući da se tamo nalazi slatkovodni izvor koji donosi veće količine organskih tvari, očekivana je veća brojnost mikroorganizama nego u ostatku luke. U srpnju, je najveća brojnost heterotrofnih bakterija i cijanobakterija izmjerena na području postaje PU 7, koja se nalazi na otoku Uljanik. Na tom području se nalazi ispust oborinskih voda iz Uljanika, te možemo primjetiti da je u ljetnom razdoblju taj ispust povećan što pozitivno utječe na brojnost mikroorganizama. Također, najveća brojnost cijanobakterija zabilježena je i na postaji

PU 2, gdje je, osim prisutnosti slatkovodnog izvora, ta postaja ujedno i najbliži dio luke. Kao i u slučaju Medulina u najbližem dijelu luke je najveći utjecaj svjetlosti što utječe na brojnost cijanobakterija. Brojnost heterotrofnih nanoflagelata najveća je oko postaje PU 4, gdje se nalazi kanalizacijski ispust. Iako su otpadne vode bogate hranjivim tvarima, s druge strane mogu zamutiti vodeni stupac i otežati fotosintezu ili čak mogu sadržavati antibiotike koji mogu negativno djelovati na bakterijski rast. Možemo zaključiti da je neki od ova dva čimbenika negativno utjecao na rast heterotrofnih bakterija i cijanobakterija, te je zbog toga brojnost heterotrofnih nanoflagelata bila najveća.

U Rovinjskom području je u veljači brojnost heterotrofnih bakterija najveća na postaji M0, gdje je najveći utjecaj otpadne vode tvornice „Mirna“. Brojnost cijanobakterija bila je najveća na postaji VB, dok je brojnost heterotrofnih nanoflagelata bila najveća na području starog grada (SG). Cijanobakterije najbrojnije su u sredini uvale, jer je blizu ispusta voda mutna i fotosintetska aktivnost je manje efikasna. Heterotrofni flagelati nisu potpuno pratili abundanciju njihovog plijena. U srpnju je brojnost heterotrofnih bakterija, cijanobakterija i heterotrofnih nanoflagelata bila najveća na području postaje M0, oko tvornice za preradu ribe koja ispušta veliku količinu otpadne vode bogatu hranjivim tvarima pogodnu za rast mikroorganizama.

U Poreču je u zimskom periodu brojnost heterotrofnih bakterija i cijanobakterija izmjerena na postaji PO 3. Postaja PO 3 nalazi se na samom ulazu u luku Poreč, te vjerovatno postoji neki manji potpovršinski ispust koji utječe na brojnost mikroorganizama. Također, najveća brojnost cijanobakterija izmjerena je i na postaji PO 7, koja se nalazi u najbližem dijelu luke. U ljeto je brojnost heterotrofnih bakterija, cijanobakterija i heterotrofnih nanoflagelata najveća bila na postaji PO 7. Pozitivni utjecaj temperature i svjetlosti povećali su brojnost.



## 6. Zaključak

Iz provedenih analiza može se zaključiti da je generalno sanitarna kvaliteta mora zadovoljavajuća. Međutim na pojedinim lokacijama zabilježene su visoke koncentracije fekalnih indikatora koje značajno prelaze propisane vrijednosti. Na tim područjima postoji ozbiljan zdravstveno – sanitarni rizik za osobe koje dolaze u kontakt sa takvom vodom ili konzumiraju hranu (ribe, školjke) uhvaćene na tim područjima. Te dvije kritične točke su ispušt otpadne vode tvornice za preradu ribe „Mirna“ u uvali Valdibora u Rovinju i područje izljevanja kanalizacijsko/oborinskih voda u sjeveroistočnom dijelu Puskog zaljeva. Generalno Medulinska i Porečka luka imale su najbolju sanitarnu kvalitetu mora u odnosu na Pulu i Rovinj. Preporuča se dodatno praćenje kritičnih točaka i njihova eventualna sanacija.

Mikrobna zajednica većinom je ujednačena te je u većini postaja u prirodnim granicama koncentracije. Vidljiv je i trend porasta brojnosti mikroorganizama, s povećanjem temperature i količine otpadnih voda. Iako je na svim istraživanim područjima isti trend, zimi manja brojnost, ljeti veća, najveće brojnosti mikroorganizama zabilježene su u Rovinju, blizini tvornice „Mirna“.

## 7. Temeljna dokumentacijska kartica

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

Završni rad

Sveučilišni preddiplomski studij Znanost o moru

### Procjena mikrobiološkog stanja mora priobalja zapadne Istre

Tamara Sović

#### SAŽETAK

Porastom broja stanovništva raste sve veći pritisak na priobalna područja koja istovremeno imaju visoku ekološku, gospodarsku, socijalnu i kulturološku vrijednost. Jedan od glavnih problema koji direktno utječe na priobalne ekosustave, je ispuštanje kanalizacijskih otpadnih i oborinskih voda u morski ekosustav. Takve vode imaju visok udjel patogenih mikroorganizama koji povećavaju mogućnost širenja infekcija i bolesti kod ljudi i životinja.

Kako bi se procijenio antropogeni pritisak na zapadnu obalu Istre i potencijalni rizik za ljudsko zdravlje, analizirala se struktura mikrobne zajednice i odredila sanitarna kakvoća mora u četiri lučka akvatorija – Medulin, Pula, Rovinj i Poreč.

Rad je pohranjen u knjižnici Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli. Izvornik je na hrvatskom jeziku (stranica, slika, tablica, literaturni navodi)

**Ključne riječi:** sanitarna kontrola mora, mikrobna zajednica, priobalje zapadne Istre

**Mentor:** doc.dr.sc Emina Pustijanac; neposredni voditelj dr.sc Paolo Paliaga

**Ocjenjivači:** doc.dr.sc Emina Pustijanac

dr.sc Tamara Đakovac

dr.sc Mirjana Dragić Najdek

dr.sc Paolo Paliaga

**Datum obrane:** 20. rujna 2017.

## 8. Basic documentation card

Jurja Dobrila University of Pula

Bachelor thesis

University Undergraduate Study Programme – Marine Sciences

### Microbiological assessment of west Istrian coastal waters

Tamara Sović

#### ABSTRACT

With the increase in population, there is a growing pressure on coastal areas, which at the same time have a high ecological, economic, social and cultural value. One of the major problems that directly affects coastal ecosystems is the discharge of sewage waste and rainwater into the marine ecosystem. Such waters have a high share of pathogenic microorganisms that increase the possibility of spreading infections and diseases in humans and animals.

In order to assess the anthropogenic pressure on the western coast of Istria and the potential risk to human health, the structure of the microbial community was analyzed and the sanitary quality of the sea was determined in four port facilities – Medulin, Pula, Rovinj and Poreč.

This thesis is deposited in the Library of Jurja Dobrila University of Pula. Original in Croatian (pages, figures, tables, references).

**Key words:** sanitary control of the sea, microbial community, west Istrian coastal waters

**Supervisor:** doc.dr.sc Emina Pustijanac; dr.sc Paolo Paliaga

**Reviewers:** doc.dr.sc Emina Pustijanac

dr.sc Tamara Đakovac

dr.sc Mirjana Dragić Najdek

dr.sc Paolo Paliaga

**Thesis defence:** 20<sup>th</sup> September 2017.

## 9. Literatura

**Azam, F.** (1998) Microbial control of oceanic carbon flux: The plot thickens. *Science*, Vol. 280 no. 5634, pp: 694-696.

**Azam, F. i Smith, D.C.** (1991) Bacterial influence on the variability in the ocean's biogeochemical state: a mechanistic view. *Particles analysis in oceanography*, pp: 213-236.

**Béja O, Suzuki MT.** 2008. Photoheterotrophic marine prokaryotes, str. 131–158. *U Kirchman, DL (prir.), Microbial Ecology of the Oceans, 2. izd. Wiley-Blackwell.*

**Bertoša M, Matijašić R.** 2005. Istarska enciklopedija. Leksikografski zavod Miroslav Krleža

**Carlson CA, Morris R, Parsons R, Treusch AH, Giovannoni SJ, Vergin K.** 2009. Seasonal dynamics of SAR11 populations in the euphotic and mesopelagic zones of the northwestern Sargasso Sea. *ISME J.* **3**:283–295.

**Chisholm SW, Olson RJ, Zettler ER, Goericke R, Waterbury J, Welshmeyer N.** 1988. A novel free-living prochlorophyte abundant in the oceanic euphotic zone. *Nature* **334**: 340-343.

**Cohan FM.** 2001. Bacterial Species and Speciation. *Syst. Biol.* **50**:513–524.

**Fuhrman JA, Hagström A.** 2008. Bacterial and archaeal community structure and its patterns, str. 45–90. *U Kirchman, DL (prir.), Microbial Ecology of the Oceans, 2. izd. Wiley-Blackwell, New Jersey.*

**Herndl GJ, Reinthaler T, Teira E, van Aken H, Veth C, Pernthaler A, Pernthaler J.** 2005. Contribution of *Archaea* to Total Prokaryotic Production in the Deep Atlantic Ocean. *Appl. Environ. Microbiol.* **71**:2303–2309.

**Johnson PW, Sieburth JM.** 1979. Chroococcoid cyanobacteria in the sea: A ubiquitous and diverse phototrophic biomass. *Limnol. Oceanogr.* **24**:928–935.

**Kirchman DL.** 2008. Introduction and overview, str. 1–26. u Kirchman, DL (prir.), Kirchman, DL (prir.), *Microbial Ecology of the Oceans*, 2. izd. Wiley-Blackwell, New Jersey.

**Korlević M.** 2015. Detaljna analiza bakterijske raznolikosti jadranskoga mora. Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, PMF.

**Krstulović, N., Šolić, M.** 2006. Mikrobiologija mora. Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split.

**Partensky F, Blanchot J, Vaulot D.** 1999. Differential distribution and ecology of *Prochlorococcus* and *Synechococcus* in oceanic waters: a review. *Bull. l'Institut océanographique* **19**:457–475.

**Sanders, R.W., Caron, D.A., Berninger, U-G.** (1992) Relationships between bacteria and heterotrophic nanoplankton in marine and fresh waters: an inter-ecosystem comparison. *Marine ecology progress series*, Vol. 86, pp: 1-14.

**Seguel, C.G., Mudge, S., Salgado, C., Toledo, M.** (2001) Tracing sewage in the marine environment: altered signatures in Conception Bay, Chile. *Water research*, Vol. 35 (17), pp: 4166-4174.

**Šilović T.** 2012. Struktura i dinamika pikofitoplanktona Jadrana s naglaskom na cijanobakterije roda *Synechococcus*. Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, PMF.

**Šolić M, Krstulović N.,** 2000. Ekologija morskog bakterioplanktona. Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split.

**UNEP** (2008) Benefits of marine and coastal ecosystems to human wellbeing. An overview of the state of the world's fresh and marine waters, 2nd edition.

**Vergin KL, Beszteri B, Monier A, Cameron Thrash J, Temperton B, Treusch AH, Kilpert F, Worden AZ, Giovannoni SJ.** 2013. High-resolution SAR11 ecotype dynamics at the Bermuda Atlantic Time-series Study site by phylogenetic placement of pyrosequences. *ISME J.* **7**:1322–1332.

**Waterbury JB, Watson SW, Guillard RRL, Brand LE.** 1979. Widespread occurrence of a unicellular, marine, planktonic, cyanobacterium. *Nature* **277**:293–294.

## Internet izvori

Adriatic Croatia International Club - <http://www.aci-marinas.com/> (13.09.2017)

Geoportal DGU - <https://geoportal.dgu.hr/> (12.09.2017)

Hrvatska enciklopedija - <http://www.enciklopedija.hr/> (10.09.2017)

Kakvoća mora u Republici Hrvatskoj – Uredba o kakvoći mora za kupanje, dostupno na: [http://baltazar.izor.hr/plazepub/kakvoca\\_detalji10](http://baltazar.izor.hr/plazepub/kakvoca_detalji10) (08.02.2017)

Lučka uprava Poreč - <http://www.porec-port.com/> (28.08.2017)

Lučka uprava Pula - <http://www.lup.hr/> (08.02.2017)

Narodne novine – Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda, dostupno na: [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2010\\_07\\_87\\_2460.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2010_07_87_2460.html) (10.09.2017).

Turistički portal Istre - <http://www.istra.hr/> (08.02.2017)

## Popis slika

Slika 1. Shematski prikaz klasičnih indikatora fekalnog onečišćenja mora

Slika 2. Prikaz luke Medulin

Slika 3. Prikaz pulske luke

Slika 4. Prikaz rovinjske luke

Slika 5. Prikaz porečke luke

Slika 6. Raspodjela temperature ( $T/^{\circ}\text{C}$ ) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u luci Medulin.

Slika 7. Raspodjela saliniteta (sal) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u luci Medulin.

Slika 8. Raspodjela *E.coli* (CFU/100) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u luci Medulin.

Slika 9. Raspodjela fekalnih streptokoka (CFU/100) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u luci Medulin.

Slika 10. Brojnost heterotrofnih bakterija u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u luci Medulin.

Slika 11. Brojnost cijanobakterija u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u luci Medulin.

Slika 12. Brojnost heterotrofnih nanoflagelata u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u luci Medulin.

Slika 13. Raspodjela temperature ( $T/^{\circ}\text{C}$ ) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. Pulskoj luci.

Slika 14. Raspodjela saliniteta (sal) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. Pulskoj luci.

Slika 15. Raspodjela *E.coli* (CFU/100ml) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. Pulskoj luci.

Slika 16. Raspodjela fekalnih streptokoka (CFU/100ml) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. Pulskoj luci.

Slika 17. Brojnost heterotrofnih bakterija površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Pulskoj luci.

Slika 18. Brojnost cijanobakterija površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Pulskoj luci.

Slika 19. Brojnost heterotrofnih nanoflagelata površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Pulskoj luci.

Slika 20. Raspodjela temperature (T/°C) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Rovinjskom akvatoriju.

Slika 21. Raspodjela saliniteta (sal) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Rovinjskom akvatoriju.

Slika 22. Raspodjela *E.coli* (CFU/100ml) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. Rovinjskom akvatoriju.

Slika 23. Raspodjela fekalnih streptokoka (CFU/100ml) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. Rovinjskom akvatoriju.

Slika 24. Brojnost heterotrofnih bakterija površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Rovinjskom akvatoriju.

Slika 25. Brojnost cijanobakterija površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Rovinjskom akvatoriju.

Slika 26. Brojnost heterotrofnih nanoflagelata površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Rovinjskom akvatoriju.

Slika 27. Raspodjela temperature (T/°C) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Porečkoj luci.



Slika 28. Raspodjela saliniteta (sal) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Porečkoj luci.

Slika 29. Raspodjela *E.coli* (CFU/100 ml) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Porečkoj luci.

Slika 30. Raspodjela fekalnih streptokoka (CFU/100 ml) u površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Porečkoj luci.

Slika 31. Brojnost heterotrofnih bakterija površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Porečkoj luci.

Slika 32. Brojnost cijanobakterija površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Porečkoj luci.

Slika 33. Brojnost heterotrofnih nanoflagelata površinskom sloju mora u veljači (a) i srpnju (b) 2016. u Porečkoj luci.

## **Popis tablica**

Tablica 1. Standardi za ocjenu kakvoće mora za kupanje nakon svakog ispitivanja

Tablica 2. Standardi za ocjenu kakvoće mora na kraju sezone kupanja i za prethodne tri sezone kupanja

Tablica 3. Granične vrijednosti emisija pročišćenih komunalnih otpadnih voda koje se ispuštaju u površinske vode, a koje se koriste za kupanje i rekreaciju te referentne metode ispitivanja

## PRILOG

Pomoćna tablica 1. Koordinate postaja – Medulin

POSTAJA	E KOORDINATA	N KOORDINATA
ME1	296707	4967096
ME2	297041	4967310
ME3	296680	4967616
ME4	269585	4967288
ME5	296522	4967660

Pomoćna tablica 2. Koordinate postaja – Pula

POSTAJA	E KOORDINATA	N KOORDINATA
PU1	288474	4974489
PU2	290488	4974938
PU3	290335	4974449
PU4	290425	4973976
PU5	290226	4973721
PU6	289739	4974004
PU7	289419	4973945
PU8	289361	4973662

Pomoćna tablica 3. Koordinate postaja – Rovinj

POSTAJA	E KOORDINATA	N KOORDINATA
VB	274276	4998856
OB	274962	4998867
M2	274779	4998094
M0	274882	4998041
V	274412	4997833
G0	274255	4997800
SG	274054	4997607
L1	274319	4997394
L2	274408	4997427
L3	274534	4997472
L4	274529	4997307
L5	274733	4997215
L6	274279	4996922
L7	274079	4996737
JL	274560	4997195
SK1	273881	4996898
SK2	274343	4997185

Pomoćna tablica 4. Koordinate postaja – Poreč

POSTAJA	E KOORDINATA	N KOORDINATA
PO1	271766	5013310
PO2	271880	5013389
PO3	271878	5013589
PO4	271645	5013775
PO5	271436	5013931
PO6	271660	5014045
PO7	272129	5013925