

Tekst: doc. dr. sc. Anita Rakić  
Fotografije: Martin Bučan

# Utjecaj oborina sliva Cetine na kakvoću mora za kupanje

► PRAĆENJEM MIKROBIOLOŠKIH POKAZATELJA VODA CETINE I PRIOBALNOG DIJELA KROZ PROJEKT „VODNO-GOSPODARSTVENA RJEŠENJA ZA SMANJENJE MIKROBIOLOŠKOG UTJECAJA NA OKOLIŠ U PRIOBALNOM PODRUČJU“ (WATERCARE) PROCJENJUJU SE RIZICI I PRONALAZE RJEŠENJA ZAŠTITE ZDRAVLJA LJUDI I OČUVANJA OKOLIŠA.

**Indikatori fekalne kontaminacije predstavljaju pokazatelje sanitarne kakvoće mora za kupanje. Nazivaju se i sanitarni indikatori stanja kod promjena ekoloških uvjeta u vodenim sredinama, a njihova aktivnost bitna je za praćenje prirodnih procesa samopročišćavanja vodotoka.**



Automatska mjerna postaja br. 1

Jedan od prioriteta hrvatskog turizma je ulaganje u poboljšanje učinkovitosti i preciznosti sustava kontrole kakvoće mora za kupanje što je u suglasju s preporukama Direktive o upravljanju kakvoćom vode za kupanje (2006/7/EC). U navedenoj Direktivi je navedeno da članice EU trebaju stalno poboljšavati program praćenja kakvoće mora za kupanje radi bolje zaštite javnoga zdravlja. Navedeni monitoring primarno je fokusiran na utvrđivanje fekalnog onečišćenja te rizika za zdravlje kupaca koji se javlja pri korištenju onečišćenih voda. Odredbe navedene Direktive prenijete su u Uredbu o kakvoći mora za kupanje (NN 73/2008) (dalje: Uredba), koja propisuje učestalost uzorkovanja, metode ispitivanja te mikrobiološke kriterije koji se koriste pri ocjeni kakvoće mora za kupanje.

Od 2019. godine Splitsko-dalmatinska županija sudjeluje u projektu *Interreg programa Hrvatska – Italija* skraćenog naziva *WATERCARE*. Cilj navedenog projekta je poboljšanje kakvoće površinskih voda kroz anuliranje novih zagađenja Jadranskog mora. U ovom projektu ciljna područja u Republici Hrvatskoj su ušća rijeke Raše, Cetine i Neretve te dva pilot područja u Italiji.

Važno je navesti da provođenje ispitivanja u okolišu spada u preventivne javnozdravstvene aktivnosti s ciljem očuvanja javnog zdravlja. Urbanizacija, a posebno izgradnja turističkih objekata u krškim područjima Dalmacije, je prikrivena opasnost od zagađenja podzemnih i površinskih voda. Operativno vođenje procesa nadzora utječaja oborina sliva rijeke Cetine na kakvoću priobalnog mora predstavlja izuzetno bitan element za njegovu kvalitetnu realizaciju. Stoga i ovaj projekt pomaže u procjeni rizika te omogućava pronalaženje optimalnog rješenja u cilju zaštite zdravlja ljudi te očuvanja okoliša.

Uredba navodi dva mikrobiološka pokazatelja, *Escherichia coli* i crijevni enterokoki, koje je potrebno ispitivati u morskoj vodi. Poznato je da *E. coli* ima kraće vrijeme opstanka u okolišnim vodama i koristan je pokazatelj fekalne kontaminacije novijeg datuma. Crijevni enterokoki duže opstaju u morskom okolišu u odnosu na koliformne bakterije (*E. coli*) te se stoga smatraju boljim pokazateljem fekalnog onečišćenja za morske sustave. Svaki uzorak sukladno граниčnim vrijednostima za mikrobiološke pokazatelje ocjenjuje se pojedinačnom ocjenom koja je definirana Uredbom.

Pokazatelj	Kakvoća mora		
	IZVRSNA	DOBRA	ZADOVOLJAVAJUĆA
crijevni enterokoki (cfu/100 ml)	<60	61-100	101-200
Escherichia coli (cfu/100 ml)	<100	101-200	201-300

Standardi za ocjenu kakvoće mora nakon svakog ispitivanja

**Ovo istraživanje sugerira da povećana koncentracija fekalnih bakterija u površinskim vodama može biti posljedica ekstremnih oborina te većeg dotoka oborinskih voda, uslijed čega dolazi do prelijevanja voda iz sustava javne odvodnje u rijeke tj. u more.**

## LEGENDA

**Mjesta uzorkovanja – Cetina:**

AP Cetina 1- AP1  
AP Cetina 2 - AP2

**Mjesta uzorkovanja – prijelazna (morska) voda:**

1. PV C o m
2. PV C T1 150 m
3. PV C T3 150 m
4. PV C T2 200 m
5. PV C T1 300 m
6. PV C Auto kamp Zapad



## Uzorkovanje rijeke Cetine i prijelazne, morske vode

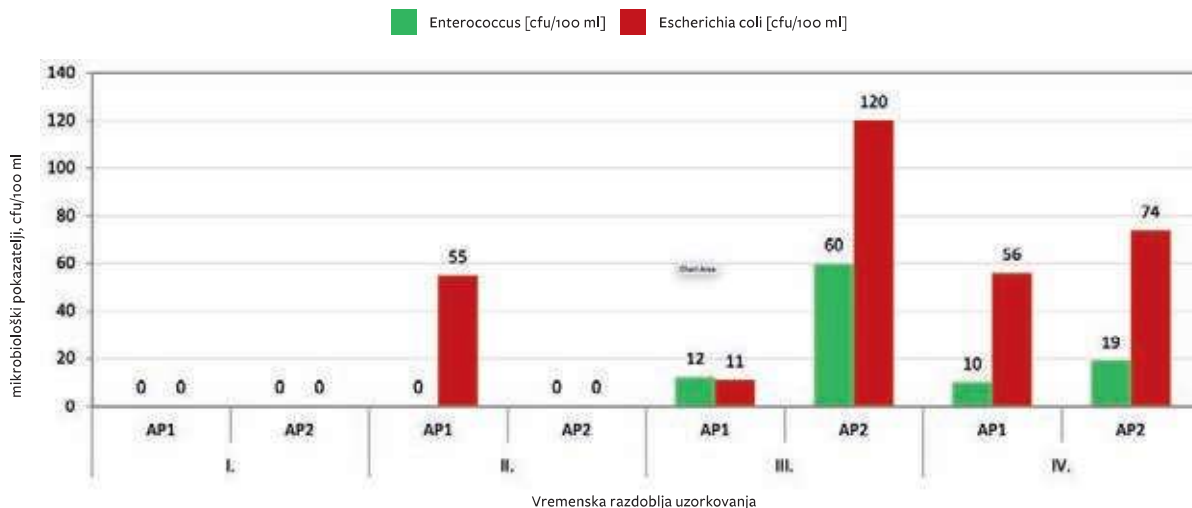
Automatsko uzorkovanje vode provodilo u nizvodnom dijelu korita ušća **rijeke Cetine**, pomoću dvije automatske mjerne postaje (14 uzoraka vode u pravilnim vremenskim razmacima). Automatske mjerne postaje su mjerile: temperaturu vode i zraka, tlak i vlažnost zraka, količinu oborina te smjer i brzinu vjetera. Posebno ugrađenom mjernom sondom su se automatski ispitivali slijedeći parametri: salinitet, temperatura vode, redoks potencijal, pH, vodljivost, mutnoća, otopljeni kisik, zasićenje kisikom. U istim uzorcima u laboratoriju su analizirani: BPK<sub>5</sub>, KPK<sub>Mn</sub>, amonij, ukupni dušik, ukupni fosfor, *E. coli* i crijevni enterokoki.

Uzorkovani su površinski dijelovi **morske vode** u blizini ušća rijeke Cetine. Određeno je 6 mjernih postaja na pravilnim razmacima od 150 do 200 m od nulte točke te na najbližoj plaži Autokamp-zapad. U uzorcima morske vode analizirani su osnovni fizikalno-kemijski pokazatelji kakvoće (salinitet, temperatura, redoks potencijal, pH, vodljivost, mutnoća, otopljeni kisik, zasićenje kisikom) koristeći se multiparametarskom sondom te

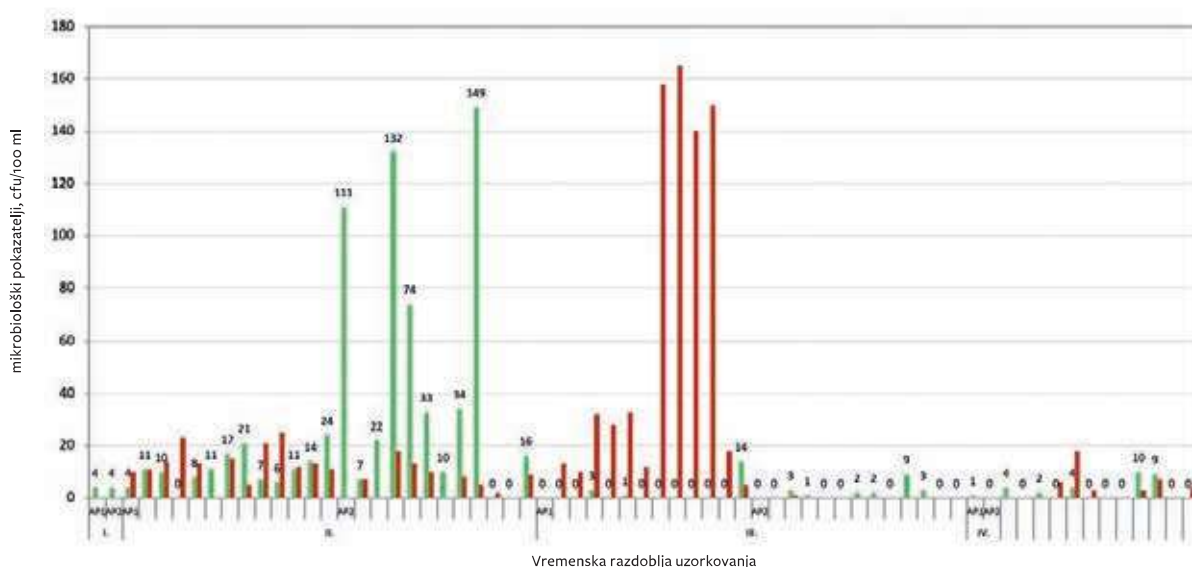
bakteriološki pokazatelji (*E. coli* i crijevni enterokoki), koji su ispitani u laboratoriju. Važno je navesti da su se uzorci morske vode uvijek uzimali tijekom jutarnjih sati (vodeći računa o vremenskoj prognozi za navedeno područje) te nakon dovršetka uzorkovanja automatskih postaja.

## Materijal i metode

Uzorci voda prikupljeni su tijekom ljetnih mjeseci 2021. s prikazanih lokacija, a uzorkovanje se obavljalo za sunčana vremena i nakon ekstremnih hidroloških uvjeta. Uzimanje uzoraka nakon ekstremnih količina oborina obavljalo se u satnim i višesatnim intervalima tijekom 24 sata od početka intenzivne oborine (1 mm/30 min). Uzorci za bakteriološku analizu sakupljeni su u sterilne boce, koje su se u prijenosnim hladnjacima u najkraćem roku prenosile u laboratorij na ispitivanje. Metodom membranske filtracije određivali su se *E. coli* i crijevni enterokoki na način da se voda filtrirala kroz sterilne membranske filtre promjera pora 0,45 µm. Nakon filtracije, filter se prenosio na selektivne i diferencijalne krute hranjive podloge. Kolonije su se nakon inkubacije prebrojile, a njihov se broj izražavao cfu/100 ml (engl. *Colony*



Prikaz mikrobioloških pokazatelja u uzorcima uzorkovanih s postaja na Cetini za sunčana vremena u četiri vremenska razdoblja



Prikaz mikrobioloških pokazatelja u uzorcima uzorkovanih s postaja na Cetini nakon kišna vremena u četiri vremenska razdoblja

forming unit). Dokazivanje i brojenje *E. coli* provodilo se na hranjivoj podlozi Chromogenic Coliform Agar (CCA), u temperaturno modificiranim uvjetima u odnosu na normu HRN EN ISO 9308-1:2014/A1:2017 (4 h inkubacije na  $36 \pm 2$  °C te 20 h inkubacije na  $44 \pm 0,5$  °C). Crijevni enterokoki kultivirali su se na hranjivom mediju Slanetz Bartley Agar (SBA, 48 h na  $36 \pm 2$  °C), uz dokazni test na Bile Aesculin Agar (BAA, 2 h na  $44 \pm 0,5$  °C), prema normi HRN EN ISO 7899-2:2000.

## Rezultati i rasprava

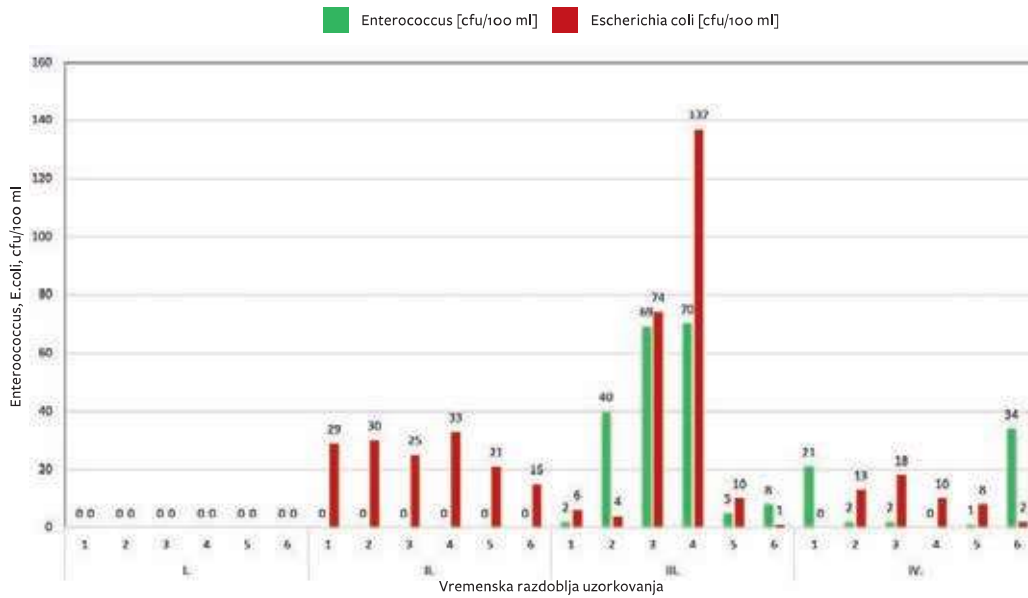
U cilju boljeg praćenja utjecaja oborina sliva rijeke Cetine na kakvoću morske vode, vrijeme uzorkovanja se podijelilo u 4 istraživana vremenska razdoblja koja su povezana s 4 ekstremna kišna događaja: (I.) 26. svibnja - 8. lipnja; (II.) 28. lipnja - 7. srpnja; (III.) 26. kolovoza - 7. rujna i (IV.) 20. rujna - 19. listopada. Provedena je korelacijska analiza između ispitivanih mikrobioloških pokazatelja u uzorcima prikupljenim iz rijeke Cetine i uzorcima morske vode s plaža za kupanje za sunčana i nakon kišna vremena. **Analizom uzoraka rijeke Cetine** iz dobivenih rezultata određivanja mikrobioloških poka-

zatelja u uzorcima voda AP1 i AP2 za sunčana i nakon kišna vremena, dokazana je njihova prisutnost u obje hidrometeorološke prilike. Međutim, u razdoblju bez oborina najveća određena vrijednost za crijevni enterokok je iznosila 60 cfu/100 ml, a za *E. coli* 120 cfu/100 ml dok je u uzorcima s istih postaja uzorkovanja nakon oborina najveća određena vrijednost za crijevni enterokok iznosila 149 cfu/100 ml, a za *E. coli* 165 cfu/100 ml. Rezultati ukazuju da povećane količine oborina utječu na veće vrijednosti mikrobioloških onečišćenja u rijeci Cetini.

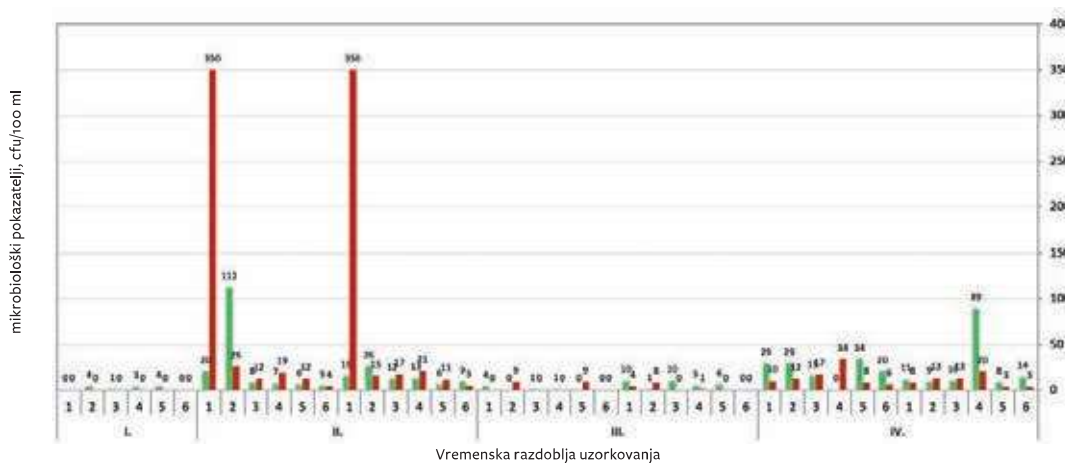
**Analizom uzoraka morskih voda**, od ukupno 42 uzorka morske vode prikupljena sa 6 mjernih postaja nakon kišna vremena, 39 su ocjenjena izvrsnom, jedan uzorak s ocjenom dobar, dok su dva uzorka bila ocjenjena nezadovoljavajućom pojedinačnom ocjenom. Za sunčana vremena prikupljeno je i ispitano ukupno 24 uzorka morske vode. Od toga je 21 uzorak ocijenjen izvrsnom ocjenom, a tri uzorka su bila ocjenjena pojedinačnom ocjenom dobar. Iz grafova vezanih za analize uzoraka morske vode uzorkovane za sunčana i nakon kišna vremena vidljive su veće vrijednosti mikrobioloških poka-

zatelja u uzorcima uzetim nakon kišna vremena. Tako su određene najveće vrijednosti u tim uzorcima za crijevni enterokok u iznosu od 112 cfu/100 ml, a najveća vrijednost za *E. coli* je bila 350 cfu/100 ml. Na istim tim mjernim postajama, ali za sunčana vremena, najveća vrijednost za crijevni enterokok iznosila je 70 cfu/100 ml, a najveća vrijednost *E. coli* bila je 137 cfu/100 ml.

Dobiveni rezultati se slažu s rezultatom grafa prikaza mikrobioloških pokazatelja iz uzoraka koji su uzorkovani nakon kišnog vremena iz rijeke Cetine i pružaju dokaz o utjecaju kakvoće rijeke Cetine na kakvoću morske vode koja je uzorkovana u blizini ušća rijeke Cetine.



Prikaz mikrobioloških pokazatelja u uzorcima morske vode uzorkovanih sa 6 postaja za sunčana vremena u četiri vremenska razdoblja



Prikaz mikrobioloških pokazatelja u uzorcima morske vode uzorkovanih sa 6 postaja nakon kišna vremena u četiri vremenska razdoblja

## Zaključak

Po smjernicama svjetske zdravstvene organizacije potrebno je smanjiti, kontrolirati i naposljetku eliminirati difuzijske izvore onečišćenja u svrhu održavanja bioraznolikosti te očuvanja zdravlja populacije. Iz navedenog je vidljiv značajan doprinos ovog projekta, jer ukazuje na važnost sinergije lokalne samouprave sa znanstveno-istraživačkim ustanovama, u procjenama utjecaja okolišnih uvjeta na kakvoću mora za kupanje i zdravlje ljudi. Pomoću rezultata dobivenih ovim projektom može se: procijeniti rizik od onečišćenja mora na plažama te u tom smjeru razraditi dodatno sustavno

informiranje i zdravstveno prosvjeđivanje javnosti, ocijeniti potrebu izgradnje novih kanalizacijskih sustava ili preispitati funkcionalnost postojećih, postaviti zahtjeve za utvrđivanje mogućih individualnih izvora zagađenja mora te njihovu sanaciju tamo gdje je to stručno i ekonomski opravdano. Prisutnost mikrobiološkog onečišćenja u prirodnim vodama stalno se mijenja ovisno o meteorološkim uvjetima, pa se radi jasnije slike o mikrobiološkom opterećenju priobalnog mora, preporuča provesti dodatno istraživačko uzorkovanje mora koje bi obuhvaćalo i kišna razdoblja.