

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

44. konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda

VODA 2015

The 44th Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society

"WATER 2015"

Conference Proceedings



Kopaonik, 2. – 4. jun 2015.



SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

SERBIAN WATER POLLUTION CONTROL SOCIETY



INŽENJERSKA KOMORA SRBIJE

II

IZDAVAČ (*PUBLISHER*):

Srpsko društvo za zaštitu voda, Kneza Miloša 9/1, Beograd, Srbija, Tel/Faks: (011) 32 31 630

PROGRAMSKI ODBOR (*PROGRAMME COMMITTEE*):

Prof. dr Branislav ĐORĐEVIĆ, dipl.inž.građ., Beograd

Prof. dr Božo DALMACIJA, dipl.hem., Novi Sad

Prof. dr Milan DIMKIĆ, dipl.inž.građ., Beograd

Prof. dr Violeta CIBULIĆ, dipl.hem., Beograd

Prof. dr Zorana NAUNOVIĆ, dipl.inž.tehnoł., Beograd

Dr Dubravka REGNER, Naučni savetnik, dipl.biol., Kotor

Dr Momir PAUNOVIĆ, dipl.biol., Beograd

UREDNIK (*EDITOR*):

Mr Aleksandar ĐUKIĆ, dipl.inž.građ.

Svi radovi u ovom zborniku radova su recenzirani. Stavovi izneti u ovoj publikaciji ne odražavaju nužno i stavove izdavača, urednika ili programskog odbora.

TIRAŽ (*CIRCULATION*):

250 primeraka

ŠTAMPA:

"Akademska izdanja", Zemun

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

502.51(082)

556.11(082)

628.3(082)

628.1(497.11)(082)

574.5(082)

ГОДИШЊА конференција о актуелним проблемима коришћења и заштите вода(44 ; 2015 ; Копаоник)
Voda 2015 : zbornik radova 44. godišnje konferencije o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda =
Water 2015 : Conference Proceedings 44th Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society
/[organizator] Srpsko društvo za zaštitu voda u saradnji sa Institutom za vodoprivredu "Jaroslav Černi",
Beograd ; [urednik, editor Aleksandar Đukić]. - Beograd : Srpsko društvo za zaštitu voda, 2015 (Zemun :
Akademska izdanja). - IX, 398 str. : ilustr. ; 24 cm

Tekst ćir. i lat. - Tiraž 250. - Str. X: Predgovor / Aleksandar Đukić. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-916753-2-5

a) Воде - Зборници b) Отпадне воде - Зборници c) Снабдевање водом - Србија - Зборници d)
Хидробиологија - Зборници

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

u saradnji sa

Institutom za vodoprivredu "JAROSLAV ČERNI", Beograd

ZBORNİK RADOVA

44. GODIŠNJE KONFERENCIJE O AKTUELNIM PROBLEMIMA
KORIŠĆENJA I ZAŠTITE VODA

VODA 2015

*44TH ANNUAL CONFERENCE OF THE
SERBIAN WATER POLLUTION CONTROL SOCIETY
"WATER 2015"
CONFERENCE PROCEEDINGS*

Kopaonik, 2. - 4. jun 2015.

ORGANIZATORI KONFERENCIJE (*CONFERENCE ORGANISERS*):

Srpsko društvo za zaštitu voda, u saradnji sa
Institutom za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Beograd
JKP "Vodovod - Kruševac", Kruševac

ORGANIZACIONI ODBOR KONFERENCIJE (*ORGANIZING COMMITTEE*):

Predsednik: Milutin TASIĆ, dipl.ecc., Kruševac

Podpredsednik: Prof. dr Milan DIMKIĆ, dipl.inž.građ., Beograd

Sekretar: Milena MILORADOV, SDZV, Beograd

Članovi:

Goran PUZOVIĆ, dipl.inž., Beograd
Miodrag MILOVANOVIĆ, dipl.inž.građ. Beograd
Mr Aleksandar ĐUKIĆ, dipl.inž.građ., Beograd
Milutin IGNJATOVIĆ, dipl.inž., Beograd
Dr Momir PAUNOVIĆ, dipl.biol., Beograd
Goran KNEŽEVIĆ, dipl.ecc., Kladovo
Svetislav VESELINOVIĆ, dipl.inž.građ., Beograd
Mr Bratislav STIŠOVIĆ, dipl.inž.građ., Beograd
Irek Habipov, Novi Sad
Mirko ADŽIĆ, dipl.ecc, Novi Sad
Milica RADOVANOVIĆ, dipl.inž.građ., Pančevo
Sanja STOJANOVIĆ, dipl.ecc, Kruševac
Mladen RADOJIČIĆ, dipl.inž. Kruševac
Zdravko MRKONJA, dipl.hem., Trebinje, R.Srpska-BiH
Dr Mirko Đurović, dipl.biol., Kotor – Crna Gora
Dr Milenko SAVIĆ, dipl.inž.teh., Bijeljina, R.Srpska-BiH
Zoran Šabanović, dipl.inž.maš., Herceg Novi - Crna Gora

ODRŽAVANJE KONFERENCIJE SU POMOGLI (*SPONSORED BY*):

- Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije
- "Analysis" doo, Novi Beograd
- Inženjerska komora Srbije, Beograd
- Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Beograd

Slika na koricama: oštećenja na koritu, nasipu i probalju reke Kolubare kod Valjeva usled katastrofalnih poplava iz maja 2014. godine (slikano juna 2014.)

UTICAJ POPLAVA NA MIKROBIOLOŠKI KVALITET VODE REKE SAVE NA TERITORIJI GRADA OBRENOVCA

Jovana Kostić*, Stoimir Kolarević**, Margareta Kračun-Kolarević***,
Mustafa Aborgiba**, Jelena Knežević-Vukčević**, Mirjana Lenhardt*,
Zoran Gačić*, Branka Vuković-Gačić**

* *Institut za multidisciplinarna istraživanja, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija*
(jkostic@imsi.rs)

***Biološki Fakultet, Katedra za mikrobiologiju, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija*

****Institut za biološka istraživanja "Siniša Stanković", Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija*

REZIME

U ovom istraživanju praćen je mikrobiološki kvalitet vode reke Save, na lokalitetu nizvodno od grada Obrenovca, pre i nakon velikih poplava koje su se dogodile u maju 2014. godine. Praćeni su indikatori fekalnog zagađenja (ukupni koliformi, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*) kao i pokazatelji organskog opterećenja (heterotrofi). Dobijeni rezultati pokazuju da je tokom meseca sa najvišim vodostajem (maj) došlo do velikog pada u koncentraciji glavnih pokazatelja fekalnog zagađenja, u prvom redu *E. coli*. Sa porastom vodostaja tokom perioda poplava uočen je i pad koncentracije heterotrofnih bakterija. S druge strane, detektovan je porast koncentracije ukupnih koliforma tokom poplava. U ovom ispitivanju jasno je pokazano da poplave dovode do promena u trendu variranja koncentracija mikrobioloških parametara kvaliteta vode.

KLJUČNE REČI: poplave, mikrobiološki kvalitet vode, indikatori fekalnog zagađenja, organotrofi, reka Sava

INFLUENCE OF FLOODING ON THE MICROBIOLOGICAL QUALITY OF THE SAVA RIVER WATER IN THE AREA OF THE OBRENOVAC CITY, SERBIA

ABSTRACT

In this study we assessed the microbiological water quality of the Sava River at the site situated downstream of the Obrenovac city prior and after severe flooding which occurred in May 2014. We have monitored indicators of faecal pollution (total coliforms, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*) and indicators of organic pollution (heterotrophs). The results show significant decrease in concentrations of main indicators of fecal pollution, primarily *E. coli*, in the month with the highest water level (May). Decrease in the heterotrophs concentration was observed with the increase of water level during the flooding period. On the other hand, during this period we detected increased

concentrations of total coliforms. Results obtained in this study clearly demonstrate that flooding modifies microbiological quality of surface waters.

KEYWORDS: floods, microbiological quality of water, faecal indicators, organotrophs, the Sava River

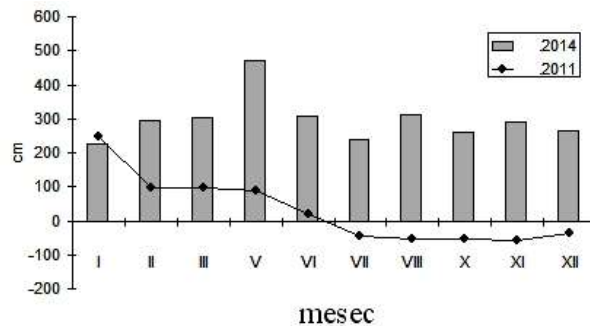
UVOD

Slatkovodni ekosistemi su pod stalnim pritiskom različitih stresora, kao što su organski i neorganski zagađivači, geomorfološke promene, poljoprivredna aktivnost, invazivne vrste i patogeni (Vörösmarty i sar., 2010). Ekstremni hidrološki uslovi koji dovode do pojava suša i poplava mogu modifikovati efekat drugih stresora već prisutnih u okruženju i dovesti do značajnih promena u ekosistemu (Navarro-Orega i sar., 2014). Poplave čine oko 40% svih prirodnih katastrofa koje pogađaju zemlje širom sveta. Uticaj poplava na javno zdravlje se posebno ističe jer one mogu imati brojne posledice po životnu sredinu. Tokom poplava može doći do pokretanja polutanata već prisutnih u okruženju, kao što su pesticidi i teški metali. Posledice mogu biti veće kada su poljoprivredno i industrijsko zemljište u blizini naseljene oblasti jer postoji veliki rizik od izlaganja ljudi infektivnim i hemijskim agensima (Euripidou i Murray, 2004).

Fekalno zagađenje voda predstavlja značajan rizik po zdravlje izloženih ljudi i životinja jer se u fekalnom materijalu mogu naći i brojni patogeni (Reischer i sar., 2008). S obzirom da prisustvo netretiranog fekalnog otpada može dovesti do pojave i širenja različitih oboljenja (Sinton i sar., 1993) monitoring sanitarnog kvaliteta površinskih voda je od velike važnosti u cilju procene da li voda poseduje potreban nivo kvaliteta za određeni vid upotrebe (Budnick i sar., 1996). Koliformne bakterije, fekalni koliformi, *Escherichia coli* i intestinalne enterokoke su najšire upotrebljavani indikatorski organizmi. Grupu hemoorganotrofa, tj. organotrofa, čine autohtoni članovi akvatičnih ekosistema i široko se koriste u proceni opterećenja akvatičnih ekosistema organskim materijama (Kolarević i sar., 2011, 2012). Praćenje rasprostranjenosti ovih bakterija je značajno u cilju procene prisustva organskih materija u akvatičnim ekosistemima.

Nepovoljni hidrološki uslovi izazvani velikom količinom padavina tokom 2014. godine doveli su do obimnih poplava u slivu reke Save. Ova studija uključila je ispitivanje mikrobioloških indikatora zagađenja na obali reke Save na teritoriji opštine Obrenovac (oko 50.000 stanovnika). Lokalitet je pod uticajem otpadnih voda grada Obrenovca koje se ispuštaju u reku Kolubaru a zatim dospevaju u reku Savu. U maju 2014. godine došlo je i do potpune evakuacije stanovnika iz područja pogođenog poplavom. Ovom prilikom samanjila se emisija otpadnih voda, čime je uticaj otpadnih voda Obrenovca na kvalitet vode reke Save praktično eliminisan.

Cilj ovog istraživanja bio je da se utvrdi uticaj izuzetno visokog vodostaja prilikom poplava na variranje mikrobioloških parametara zagađenja. Rezultati dobijeni tokom 2014. godine, poređeni su sa rezultatima ispitivanja mikrobioloških parametara tokom 2011. godine koja se izdvojila kao godina sa izuzetno niskim vodostajem reke Save (Slika 1). Podaci o mikrobiološkom kvalitetu vode na lokalitetu Duboko tokom 2011. godine dobijeni su od Gradskog zavoda za javno zdravlje, Beograd.



Slika 1. Usporedni prikaz prosečnih vrednosti vodostaja za svaki mesec tokom 2011. i 2014. godine (merna stanica Šabac)

Figure 1. The water levels measured monthly in 2011 and 2014 (monitoring station Šabac)

MATERIJAL I METODE

Lokalitet uzorkovanja

Uzorkovanje vode je vršeno jednom mesečno od januara do decembra 2014. godine na reci Savi, na lokalitetu Duboko, smeštenom nizvodno od grada Obrenovca (Slika 2.).



Slika 2. Lokalitet uzorkovanja Duboko. (1) TENT (2) Obrenovac (3) ušće reke Kolubare (4) lokalitet Duboko
Figure 2. Sampling site Duboko. (1) TENT (2) Obrenovac (3) confluence of the Kolubara River (4) sampling site

Mikrobiološke analize vode

Za procenu sanitarnog aspekta kvaliteta vode i detekciju totalnih koliforma, *E. coli* i enterokoka, korišćene su enzimatske metode, koje se zasnivaju na detekciji proizvoda hidrolize hromogenih i/ili fluorogenih supstrata. Ukupan broj totalnih koliforma i *E. coli* dobijen Colilert 18 metodom (IDEXX, Ludwigsburg, Germany) izražen je kao najverovatniji broj mikroorganizama (eng. Most Probable Number-MPN) u 100 ml uzorka.

Da bi se odredila koncentracija enterokoka u uzorku korišćene su MUD/SF mikrotitarske ploče (BIORAD, Vienna, Austria), a broj enterokoka izražen je kao najverovatniji broj mikroorganizama u uzorku upotrebom standardne metodologije prema ISO 7899-1:1998.

Za procenu opterećenja vode organskim materijama izolovane su heterotrofne bakterije na Yeast Extract Agru (YEA). Nakon inkubacije (22-26°C, 3-5 dana) prebrojavaju se izrasle kolonije i broj heterotrofnih bakterija se izražava kao Colony Forming Units/ml (CFU/ml).

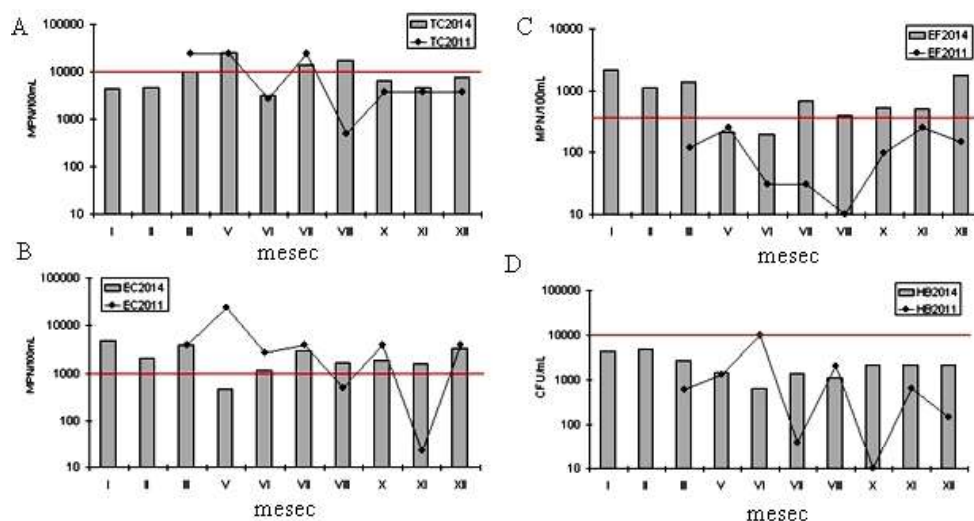
Paralelno sa mikrobiološkim parametrima praćeni fizički i hemijski parametri (t° , pH, O_2 , konduktivitet, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- i PO_4^{3-}) su izmereni na lokalitetu korišćenjem mobilne terenske laboratorije (Hanna instruments, WTW – Photolab spektrofotometar).

REZULTATI I DISKUSIJA

Najviši nivo vode zabežen je u maju (Slika 1). Tokom ovog meseca nivo vode je prešao 500 cm što je daleko iznad prosečnih vrednosti tipičnih za mesec maj. Sredinom ovog meseca većina stanovnika grada Obrenovca je evakuisana, a repopulacija je počela tek sredinom juna.

Rezultati mikrobioloških analiza su sumirani na slici 3. Najviše koncentracije totalnih koliforma (Slika 3A) zabeležene su u maju, mesecu sa najvišim nivoom vode tokom 2014. godine. Usled evakuacije stanovnika, tokom maja su zabeležene najniže koncentracije preciznijih indikatora fekalnog zagađenja - *E.coli* (Slika 3B) i intestinalnih enterokoka (Slika 3C). Koncentracije indikatora fekalnog zagađenja zadržavaju se na niskom nivou i tokom narednog meseca (jun), a postepeno rastu sa povratkom stanovnika na teritoriju grada Obrenovca. Tokom perioda poplava primećen je i pad u broju heterotrofnih bakterija koji se najverovatnije može pripisati razblaženju usled prijema velike količine vode (Slika 3D).

Poređenjem vrednosti za praćene parametre tokom 2011. i 2014. godine, mogu se uočiti sličnosti u trendu i opsegu vrednosti totalnih koliforma. Međutim, evidentna je razlika u variranju broja *E. coli*. Dok je tokom 2011. godine najviša koncentracija *E. coli* zabeležena u maju, u 2014. godini u istom mesecu zabeležena je najniža koncentracija. Tokom poplavnog perioda 2014. godine zabeležen je i pad u koncentraciji fekalnih enterokoka. Vidljive razlike u trendu praćenih parametara se mogu prvenstveno pripisati poplavama kao i demografskim posledicama koje su poplave donele (evakuacija stanovništva). Naime, preko Spearman korelacije sa nivoom značajnosti $p < 0,05$ utvrđena je pozitivna veza između koncentracije totalnih koliforma i količine padavina, odnosno samog vodostaja u 2014. godini. Takođe, detektovana je i negativna korelacija između koncentracije *E. coli*, fekalnih enterokoka i heterotrofa sa praćenim hidromorfološkim parametrima (rezultati nisu prikazani).



Slika 3. Brojnost praćenih indikatora fekalnog i organskog zagađenja tokom 2011. i 2014. godine na lokalitetu Duboko; TC- totalni koliformi, EC-*E. coli*, EF-fekalne enterokoke, HB-heterotrofne bakterije

Figure 3. Numbers of bacterial indicators of faecal and organic pollution monitored during 2011 and 2014 at the site Duboko; TC-total coliforms, EC- *E. coli*, EF, faecal enterococci, HB-heterotrophic bacteria

Na graficima je takođe naznačena granica između II i III klase vode na osnovu Pravilnika o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda (Sl. Glasnik RS, 2011), tj. granice između umerenog i kritičnog fekalnog zagađenja vode na osnovu Kirschner i sar. (2009). Može se primetiti da je tokom većine meseci 2011. godine i 2014. godine detektovano kritično zagađenje na osnovu broja *E. coli*, izuzev meseca maja 2014. godine, kada je ovaj izvor zagađenja praktično eliminisan usled evakuacije stanovništva. Takođe, kritično fekalno zagađenje je detektovano i u većini uzoraka iz 2014. godine na osnovu koncentracije fekalnih enterokoka.

ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata dobijenih u ovom istraživanju, može se zaključiti da poplave imaju veliki uticaj na mikrobiološki kvalitet površinskih voda. Takođe, pokazano je stalno prisustvo fekalnog zagađenja u reci Savi koje često dostiže kritičan nivo. Korišćenje ovakve vode u poljoprivredi, za navodnjavanje, predstavlja visok rizik po zdravlje. Ipak, još veća opasnost preti u ekstremnim hidrološkim situacijama, tj. prilikom poplava kada može doći do nekontrolisane distribucije patogena prisutnih u vodi na poljoprivredna zemljišta koja se nalaze u plavnoj zoni reka.

ZAHVALNICA

Istraživanje je radeno u okviru projekta Ministarstva za obrazovanje, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije (OI 173045).

LITERATURA

1. Budnick, G.E., Howard, R.T., Mayo, D.R. (1996). Evaluation of Enterolert for enumeration of enterococci in recreational waters. *Applied and environmental microbiology* 62, 3881-3884.
2. Euripidou, E., & Murray, V. (2004). Public health impacts of floods and chemical contamination. *Journal of Public Health*, 26(4), 376-383.
3. Kolarević S., Knežević-Vukčević J., Paunović M., Tomović J., Gačić Z., Vuković-Gačić B. (2011). Anthropogenic impact on water quality of the River Danube in Serbia: microbiological analysis and genotoxicity monitoring. *Arch. Biol. Sci.* 63, 1209-1217.
4. Kolarević, S., Knežević-Vukčević, J., Paunović, M., Vasiljević, B., Kračun, M., Gačić, Z., Vuković-Gačić, B. (2012). Seasonal variations of microbiological parameters of water quality of the Velika Morava river Serbia. *Archives of Biological Sciences* 64, 1017-1027.
5. Kirschner, A.K., Kavka, G.G., Velimirov, B., Mach, R.L., Sommer, R., Farnleitner, A.H. (2009). Microbiological water quality along the Danube River: Integrating data from two whole-river surveys and a transnational monitoring network. *Water research* 43, 3673-3684.
6. Navarro-Ortega, A., Acuña, V., Bellin, A., Burek, P., Cassiani, G., Choukr-Allah, R., Doledec, S., Elošegi, A., Ferrari, F., Ginebreda, A., Grathwohl, P., Jones, C., Ker Rault, P., Kok, K., Koundouri, P., Ludwig, R.P., Merz, R., Milacic, R., Munoz, I., Nikulin, G., Paniconi, C., Paunovic, M., Petrovic, M., Sabater, L., Sabater, S., Skoulikidis, N.T., Slob, A., Teutsch, G., Voulvoulis, N., Barceló, D. (2015). Managing the effects of multiple stressors on aquatic ecosystems under water scarcity. The GLOBAQUA project. *Science of the Total Environment* 503, 3-9.
7. Petrović, O., Gajin, S., Matavulj, M., Radnović, D., Svirčev, Z. (1998), *Mikrobiološko ispitivanje kvaliteta površinskih voda*, knjiga.
8. Reischer, G. H., Haider, J. M., Sommer, R., Stadler, H., Keiblinger, K. M., Hornek, R., Farnleitner, A. H. (2008). Quantitative microbial faecal source tracking with sampling guided by hydrological catchment dynamics. *Environmental microbiology* 10, 2598-2608.
9. Sinton, L.W., Donnison, A.M., Hastie, C.M. (1993). Faecal streptococci as faecal pollution indicators: a review. Part I: Taxonomy and enumeration. *New Zealand journal of marine and freshwater research* 27, 101-115.
10. Službeni Glasnik RS (2011) Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda 78/11.
11. Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., ... & Davies, P. M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467(7315), 555-561.