

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

51. konferencija o aktuelnim temama korišćenja i zaštite voda

VODA 2022

The 51st Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society

WATER 2022

Conference Proceedings



Vrnjačka Banja, 26. – 28. oktobar 2022.



www.sdzv.org.rs

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

SERBIAN WATER POLLUTION CONTROL SOCIETY



INŽENJERSKA KOMORA SRBIJE

SERBIAN CHAMBER OF ENGINEERS

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
Dr Momir PAUNOVIĆ, naučni savetnik, dipl.biol., Beograd
Dr. Bela CSÁNYI, dipl.biol., Budimšešta-Mađarska
Prof. dr Peter KALINKOV, dipl.inž.građ., Sofija-Bugarska
Prof. dr Valentina SLAVEVSKA STAMENKOVIĆ, dipl.biol., Skoplje-R.S.Makedonija
Prof. dr. Goran SEKULIĆ, dipl.inž.građ., Podgorica-Crna Gora
Prof. dr Violeta CIBULIĆ, dipl.hem., Beograd
Prof. dr Slavka STANKOVIĆ, dipl.inž.tehno., Beograd
Prof. dr Zorana NAUNOVIĆ, dipl.inž.tehno., Beograd
Dr Božica VASILJEVIĆ, dipl.biol., Beograd
Dr Aleksandar JOKSIMOVIĆ, dipl.biol., Kotor-Crna Gora

UREDNIK (*EDITOR*): Dr Aleksandar ĐUKIĆ, dipl.inž.građ.

Stavovi izneti u ovoj publikaciji ne odražavaju nužno i stavove izdavača, urednika ili programskog odbora.

TIRAŽ (*CIRCULATION*): 150 primeraka

ŠTAMPA: "Akademska izdanja", Zemun, 2022

CIP - Каталогизacija y publikaciji
Narodna biblioteka Srbije, Beograd

502.51(082)
556.11(082)
628.3(082)
628.1(082)

ГОДИШЊА конференција о актуелним проблемима коришћења и заштите вода (51 ; 2020 ; Врњачка Бања)

Voda 2022 : zbornik radova 51. godišnje konferencije o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda = Water 2022 : conference proceedings 51st Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society, Vrnjačka Banja, 26. - 28. oktobar 2022. / [organizatori] Srpsko društvo za zaštitu voda [u saradnji sa JP „Belimarkovac“, Vrnjačka Banja] ; [urednik, editor Aleksandar Đukić]. - Beograd : Srpsko društvo za zaštitu voda, 2022 (Zemun : Akademska izdanja). - VIII, [268] str. : ilustr. ; 24 cm Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tekst ćir. i lat. - Tiraž 150. - Str. VIII: Predgovor / Aleksandar Đukić. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-916753-9-4

a) Воде -- Зборници б) Отпадне воде -- Зборници в) Снабдевање водом -- Зборници

COBISS.SR-ID 77743881

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

ZBORNİK RADOVA

**51. GODIŠNJE KONFERENCIJE O AKTUELNIM TEMAMA
KORIŠĆENJA I ZAŠTITE VODA**

VODA 2022

*51ST ANNUAL CONFERENCE OF THE
SERBIAN WATER POLLUTION CONTROL SOCIETY
"WATER 2022"
CONFERENCE PROCEEDINGS*

Vrnjačka Banja, 26. - 28. oktobar 2022.

ORGANIZATORI KONFERENCIJE (*CONFERENCE ORGANISERS*):

Srpsko društvo za zaštitu voda (Beograd),

u saradnji sa

JP „Belimarkovac“, Vrnjačka Banja

ORGANIZACIONI ODBOR KONFERENCIJE (*ORGANIZING COMMITTEE*):

PRESEDNIK: Dr Momir PAUNOVIĆ, dipl.biol, Beograd

POTPRESEDNIK: Dragoslav BLAGOJEVIĆ, dipl.građ.inž, Vrnjačka Banja

SEKRETAR: Suzana VASIĆ, Beograd

ČLANOVI: Dr Aleksandar Đukić, Beograd
Slavica ŽIVKOVIĆ, Beograd
Dr Vesna ĐIKANOVIĆ, Beograd
Mr Olivera DOKLESTIĆ, dipl.inž.građ., H. Novi, Crna Gora
Sanja ČUČKOVIĆ, Trebinje, R.Srpska-BiH

ODRŽAVANJE KONFERENCIJE SU POMOGLI (*SPONSORED BY*):

- Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije
- Inženjerska komora Srbije
- JP „Belimarkovac“, Vrnjačka Banja

Slika na koricama: reka Dunav kod Krčedina

PROCENA KVALITETA POVRŠINSKIH VODA PRIMENOM INDEKSA ZAGAĐENOSTI VODE (WPI) – MOGUĆNOSTI I PREDNOSTI

Nataša Popović, Maja Raković, Nikola Marinković,
Jelena Đuknić, Bojana Tubić, Jelena Čanak Atlagić,
Momir Paunović

Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković” - Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Odeljenje za hidroekologiju i zaštitu voda, Univerzitet u Beogradu, Bulevar despota Stefana 142, 11060 Beograd, Srbija, natasa.popovic@ibiss.bg.ac.rs

REZIME

Ovaj rad ukazuje na prednosti procene kvaliteta vode površinskih voda primenom Indeksa zagađenosti vode (WPI) koji može da uključi veliki broj različitih parametara (fizičke, hemijske, mikrobiološke i biološke). Interpretacija rezultata je često teška kada se analiziraju brojni elementi kvaliteta, jer svaki pojedinačno može ukazivati na različitu klasu kvaliteta, a procena se najčešće daje prema najlošijem rezultatu. WPI prevazilazi ovaj problem tako što daje jedinstvenenu ocenu i može se efikasno koristiti kao jedinica mere za ekološku procenu u skladu sa zahtevima Evropske direktive o vodama (WFD). Promenom ustaljene prakse i češćom upotrebom ovog indeksa obezbedio bi se sistem procene specifičan za tip vodotoka i stresor.

KLJUČNE REČI: Kvalitet vode, Indeks zagađenjenosti, WPI, ekološki status

ASSESSMENT OF SURFACE WATER QUALITY USING THE WATER POLLUTION INDEX (WPI) - POSSIBILITIES AND ADVANTAGES

ABSTRACT

This paper points out the advantages of using the Water Pollution Index (WPI) in water quality assessment of surface waters, which can include a large number of different parameters (physical, chemical, microbiological and biological). It is often difficult to interpret the results when numerous quality elements are analyzed, because each of them can individually indicate a different quality class, and the assessment is usually given according to the least favorable result. The WPI overcomes this problem by providing a single assessment score that can be effectively used as a unit of measure for environmental assessment in accordance with the requirements of the European Water Framework Directive (WFD). More frequent use of this index could provide an assessment system specific to the watercourse type and stressor.

KEY WORDS: Water quality, Water pollution index, WPI, ecological status assessment

UVOD

Postoji niz indeksa koji se koriste za procenu kvaliteta vode na osnovu fizičkih, hemijskih ili bioloških parametara ali kvantifikacija kvaliteta vode je sama po sebi problematična. Često je teško protumačiti rezultate kada se brojni parametri koriste za procenu kvaliteta vode, jer pojedinačni parametri odražavaju uticaj različitih pritisaka i mogu pokazati različite klase kvaliteta. Sa druge strane, upotreba samo jednog parametra smanjuje poverenje u sistem ocenjivanja. U multimetrijskim sistemima ocenjivanja obično se klasa kvaliteta određuje na osnovu najboljeg parametra (Simonović et al. 2007), što takođe ne daje realnu sliku stanja vodnog tela. Okvirna direktiva EU o vodama (Direktiva 2000/60/EC – WFD), zahteva procenu statusa kvaliteta vode kroz procenu ekološkog i hemijskog statusa vodnih tela te se nameće potreba da se rezultati tumače na jednostavan, objektivan i realističan način kombinovanjem velikog skupa podataka (fizičkih, hemijskih i bioloških elemenata) koji se mogu izraziti u vidu jednog broja (Popović i sar. 2016).

Indeks zagađenosti vode (*engl. Water Pollution Index - WPI*, Lyulko i sar. 2001, Filatov i sar. 2005) predstavlja aritmetički način integrisanja parametara za procenu hemijsko-ekološkog stanja površinskih i podzemnih voda. Ovaj sistem je korišćen u nekim zemljama npr. Poljska (Grzywna i Sender 2021), Indonezija (Tanjung i sar. 2019), Indija (Hossain i Patra 2020), Srbija (Milijašević i sar. 2011, Brankov i sar. 2012). U ovim slučajevima WPI je izračunat na osnovu fizičkih i hemijskih elemenata kvaliteta. U istraživanju Popović i sar. (2016) i Popović i sar. (2022) WPI je uključio i biološke elemente kvaliteta, koji predstavljaju obaveznu komponentu u proceni ekološkog statusa prema zahtevima WFD i nacionalnih zakonodavstava svih zemalja EU, kao i znatnog broja zemalja koje nisu članice EU (npr. Srbija, Bosna i Hercegovina i dr.). Rezultati navedenih studija pokazuju da upotreba ovog indeksa pojednostavljuje ocenu stanja i da je njegova primena pogodna za različite tipove vodnih tela uključujući i podzemne, ali i vode za piće.

Cilj ovog rada je da ukaže na prednosti ovog indeksa koji dozvoljava kombinovanje različitih parametara; pored toga, nema ograničenja u broju ili tipovima korišćenih parametara; može se koristiti za procenu ekološkog potencijala u slučaju veoma modifikovanih i veštačkih vodnih tela; i konačno vrednost se može izraziti kao jedinstvena vrednost, uporediva sa drugim sistemima procene koji se koriste širom Evrope.

MATERIJAL I METODE

Uzorci vode i makrobescičmenjaka korišćeni u ovom radu prikupljeni su 2019. godine na 18 vodotoka na teritoriji grada Beograda (Slika 1).

Na svakom lokalitetu mereni su sledeći parametri vode: pH vrednost, rastvoreni kiseonik (mg/l O_2), petodnevna biološka potrošnja kiseonika (BPK5) (mg/l O_2), amonijačni azot (mg/l N), nitratni azot (mg/l N), totalni organski ugljenik (mg/l), hloridi (mg/l Cl), ortofosfati (mg/l P), ukupni fosfati (mg/l P), koliformne bakterije fekalnog porekla u 100ml MPN, odnos oligotrofnih i heterotrofnih bakterija (FO/H). Urađena je i ekološka analiza zajednice makrobescičmenjaka pomoću Softverskog paketa ASTERICS, verzija 3.1.1. a za izračunavanje vrednosti WPI od bioloških elemenata korišćeni su ASPT, BMWP (Armitage i

sar. 1983), Saprobni indeks (S) (Zelinka i Marvan 1963), indeks α -diverziteta (H') (Shannon i Weaver 1949) i procentualno učešće potfamilije Tubificinae (Oligochaeta) u zajednici, broj taksona, broj vrsta školjki i puževa, kao i EPT indeks.

Za procenu klase kvaliteta vode korišćen je indeks zagađenosti vode (WPI) koji se izračunava kao zbir odnosa izmerenih vrednosti A_i i standardne granične vrednosti T za svaki parametar, podeljen sa brojem korišćenih parametara (n):

$$WPI = \sum_{i=1}^n A_i/T \times 1/n \quad (1)$$

Standardne granične vrednosti za sve parametre su specifične za svaku zemlju i propisane su nacionalnim zakonima (Sl. glasnik RS 74/2011), čime se smanjuje pristrasnost uzrokovana ekološkim i geografskim razlikama. Klase kvaliteta vode zasnovane na WPI date su u Tabeli 1.

Tabela 1. Klase kvaliteta vode zasnovane na indeksu zagađenosti vode WPI
Table 1. Water quality classification based on the Water Pollution Index (WPI)

Klase kvaliteta vode		WPI
I	veoma čista	$\leq 0,3$
II	čista	0,3 – 1,0
III	malo zagađena	1,0 – 2,0
IV	umereno zagađena	2,0 – 4,0
V	zagađena	4,0 – 6,0
VI	veoma zagađena	$> 6,0$

REZULTATI I DISKUSIJA

Procena kvaliteta vode primenom indeksa zagađenosti vode uključila je fizičke i hemijske (HEK), biološke (BEK) i mikrobiološke elemente kvaliteta (MEK). Vrednosti indeksa kretale su se od 0,67 do 16,54. Od ukupnog broja analiziranih uzoraka 22% pripadalo je drugoj klasi kvaliteta, 50% uzoraka III klasi, a 11% IV odnosno, VI klasi (Tabela 2). Kombinacija rezultata pojedinačnih procena na osnovu fizičkih, hemijskih, mikrobioloških i bioloških elemenata obezbedila je pouzdaniju procenu statusa/potencijala vodnih tela. Rezultati analize pojedinačnih komponenti (HEK, BEK, MEK) koje se koriste u proceni kvaliteta vode dati su u Tabeli 2. Može se zaključiti da neki parametri npr. fizički i hemijski pokazuju bolje stanje od očekivanog, dok su mikrobiološki i biološki parametri dali realniju procenu statusa što često dovodi do neadekvatne ocene statusa/potencijala.

Na osnovu rezultata ovog istraživanja, na osnovu uzoraka prikupljenih na Dunavu uočava se znatna razlika u dobijenim klasama kvaliteta vode na osnovu pojedinačnih komponenti i na osnovu WPI. Biološki i mikrobiološki elementi kvaliteta ukazuju na IV klasu, što ukazuje na loš potencijal, dok fizički i hemijski elementi ukazuju na II klasu, odnosno dobar potencijal.

Ovakve razlike se mogu uočiti ne samo u slučaju uzoraka prikupljenih na Dunavu već i na drugim lokalitetima (Tabela 2). Ovo jasno naglašava potrebu za kalibracijama graničnih vrednosti za granice klasa ekološkog statusa/potencijala za fizičke i hemijske, ali i biološke i mikrobiološke parametre i potvrđuje neophodnost uvođenja multimetrijskog pristupa u monitoringu voda. Za procenu kvaliteta vode i vode za piće često se koristi WQI - Indeks kvaliteta vode (engl. Water Quality Index). Grzywna i Sender (2021) u svojoj studiji izvršili su poređenje rezultata WPI i WQI i uočili visok stepen korelacije među njima, uz napomenu da se WPI jednostavnije izračunava i ima mogućnost kombinovanja elemenata za procenu kvaliteta, kao i da je pogodan i za procenu kvaliteta vode za piće, dok je WQI ograničen na 12 parametara za procenu kvaliteta (Hossain i Patra 2020). U WPI je moguće uključiti i opterećenje teškim metalima i druge slične parametre. Naravno svaka komponenta pojedinačno ukazuje na trenutno prisustvo ili odsustvo nekog polutanta, ali ukazuje se mogućnost izražavanja ukupnog procenjenog stanja vodnog tela samo jednom vrednošću.

Tabela 2. Klase kvaliteta vode zasnovane na indeksu zagađenosti vode (WPI)
Table 2. Water quality classification based on the Water
Pollution Index (WPI)

	WPI	Klasa	BEK	HEK	MEK
Dunav	1,83	III	IV	II	IV
Sava	0,84	II	IV	II	III
Kolubara	1,46	III	IV	II	III
Barajevska	6,20	VI	V	III	IV
Barička	16,54	VI	V	V	V
Beljanica	1,10	III	III	II	IV
Peštan	1,83	III	IV	II	IV
Ralja	2,05	IV	IV	V	IV
Topčiderska	5,46	V	V	IV	III
Turija	1,88	III	V	II	V
Galovica	1,62	III	V	IV	III
Kalovita	2,25	IV	/	V	IV
Karaš	0,75	II	III	II	III
Obrenovački	1,37	III	IV	III	III
PKB	1,34	III	V	IV	III
Progarska jarčina	0,91	II	V	III	III
Vizelj	0,67	II	V	IV	II
Sibnica	1,42	III	V	IV	IV

ZAKLJUČAK

U svrhu harmonizacije sa nacionalnom legislativom, klasifikaciju vrednosti WPI treba svesti na 4 klase za šta postoje i predlozi od strane nekih autora (Hossain i Patra 2020), što podrazumeva i dodatne modifikacije indeksa, međutim mogućnost jednostavnog izračunavanja, kao i uključivanja neograničenog broja, ali i tipa parametara, i mogućnost predstavljanja stepena zagađenosti vode samo jednom vrednošću, a naročito u slučajevima kada pojedinačni pokazatelji kvaliteta vode ukazuju na različite klase. Dodatna prednost upotrebe WPI je njegova primena ne samo na površinske vode, već i na podzemne a takođe i na vodu za piće. Potencijal primene ovog indeksa i na marinske ekosisteme pa i na procenu kvaliteta zemljišta dodatni su argumenti za promociju njegove upotrebe i potencijalnu implementaciju u sisteme monitoringa i legislativu koja se tiče upravljanja vodama kao i njihovog očuvanja i zaštitom.

Zahvalnica

Ovaj rad je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, Ugovor 451-03-68/2022-14/200007.

LITERATURA:

- AQEM 2002. Manual for the application of the AQEM system. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive.
- Armitage P.D., Moss D., Wright J.F, Furse M.T. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites, *Water Research* 17(3) (1983) 333-347
- Brankov J., Miljašević D., Milanović A. The assessment of surface water quality using the water pollution index: a case study of Timok River (The Danube River basin), Serbia, *Archive of Environmental Protection* 38 (2012) 49-61
- DIRECTIVE 2000/60/EC 2000. Directive of the European Parliament and of the Council. Establishing a framework for community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities* L327/1.
- Filatov N., Pozdnyakov D., Johannessen O., Pettersson L., Bodylev L. (2005) *White Sea: Its Marine Environment and Ecosystem Dynamics Influenced by Global Change*. Springer and Praxis Publishing, UK.
- Grzywna A., Sender J. The assessment of the amount of water pollution and its suitability for drinking of the Tyśmienica River Basin, Poland. *Environmental Monitoring Assessment* 193 (2021) 315 <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09034-w>
- Hossain M. and Patra P.K. Water pollution index – A new integrated approach to rank water quality (2020) *Ecological Indicators* 117 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106668>
- Lyulko I., Ambalova T., Vasiljeva T. (2001) *To Integrated Water Quality Assessment in Latvia. MTM (Monitoring Tailor-Made) III*, Proceedings of International Workshop on information for Sustainable Water Management. Netherlands.
- Milijašević D., Milanović A., Brankov J., Radovanović M. Water quality assessment of the Borska

- reka river using the WPI (Water Pollution Index) method, *Archive of Biological Science* 63 (2011) 819-824
- Popović N., Đuknić J., Čanak-Atlagić J., Raković M., Marinković N., Tubić B., Paunović M. Application of Water Pollution Index in the assessment of the ecological status of rivers – the Sava case study, *Acta Zoologica Bulgarica* 68(1) (2016) 97-102
- Popović N., Marinković N., Čerba D., Raković M., Đuknić J., Paunović M. Diversity Patterns and Assemblage Structure of Non-Biting Midges (Diptera: Chironomidae) in Urban Waterbodies, *Diversity* 14 (2022) 187. <https://doi.org/10.3390/d14030187>.
- Shannon C.E., Weaver W. (1949) *The Mathematical Theory of Communication*. The University of Illinois, Press, Urbana, IL.
- Simonović P., Paunović M., Atanacković A., Vasiljević B., Simić S., Petrović A., Simić V. (2007) Water Quality and Assessment of the chemical and ecological status of the Danube River and its tributaries after records from the JDS2 survey. – In: Simonović P., Simić V., Simić S., Paunović M. (eds.): *The Danube in Serbia*. Republic of Serbia Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management, Republic Directorate of Water, 303 – 320.
- Službeni glasnik 74/2011. Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda.
- Tanjung R. H. R., Hamuna B., Alianto A. Assessment of Water Quality and Pollution Index in Coastal Waters of Mimika, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering* 20(2) (2019) 87-94. <https://doi.org/10.12911/22998993/95266>
- Zelinka M., Marvan P. Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer, *Archiv für Hydrobiologie* 57 (1961) 389-407