

UDK: 502.51 (285) : 502.175 (497.11)  
Izvorni naučni članak

## OCENA EKOLOŠKOG POTENCIJALA AKUMULACIJE PRVONEK NA OSNOVU BIOLOŠKIH I FIZIČKO-HEMIJSKIH ELEMENATA KVALITETA

Ljubiša Denić, Aleksandra Đurković, Snežana Čađo, Tatjana Dopuda Glišić,  
Zoran Stojanović, Boris Novaković

*Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine,  
Agencija za zaštitu životne sredine, Ružička Jovanovića 27a, e-mail: [ljubisa.denic@sepa.gov.rs](mailto:ljubisa.denic@sepa.gov.rs)*

### REZIME

Akumulacija Prvonek služi za snabdevanje pitkom vodom grada Vranja, Vranjske Banje, Bujanovca i Preševa. Prema Uredbi o utvrđivanju godišnjeg programa monitoringa statusa voda za 2013. godinu (Sl. glasnik RS br. 43/2013), sprovedeno je ispitivanje akumulacije Prvonek tokom 2013. godine. Ocena ekološkog potencijala i hemijskog statusa akumulacije data je na osnovu rezultata ispitivanja iz jedne kalendarske godine. Ekološki potencijal određen je na osnovu bioloških elemenata kvaliteta, pratećih fizičko-hemijskih elemenata kvaliteta, kao i ostalih zagađujućih supstanci koje su definisane Pravilnikom o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda (Sl. glasnik RS, broj 74/2011). Na osnovu svih ispitanih parametara, ekološki potencijal akumulacije Prvonek mogao bi se oceniti kao umeren.

KLJUČNE REČI: Prvonek, akumulacija, ekološki potencijal, hemijski status

## ECOLOGICAL POTENTIAL ASSESSMENT OF THE PRVONEK RESERVOIR BASED ON BIOLOGICAL AND PHYSICO-CHEMICAL QUALITY ELEMENTS

### ABSTRACT

The Prvonek Reservoir use for drinking water supply of the city of Vranje as well as Vranjska Banja, Bujanovac and Preševo. According to the Regulation on the Establishment of Annual Water Status Monitoring Program in 2013 (Official Gazette of the Republic of Serbia, 43/2013), investigation of the Prvonek Reservoir was conducted during 2013. Ecological potential and chemical status assessment is given based on the one-year investigation of the Prvonek Reservoir. Ecological potential is determined with regard to biological, physico-chemical water quality elements as well as other polluting substances defined by the Regulation on the parameters of ecological and chemical status of surface waters and the parameters of chemical and quantitative status of groundwaters (Official Gazette of the Republic of Serbia, 74/2011). Taking into consideration all investigated parameters, ecological potential of the Prvonek Reservoir could be assessed as moderate.

KEYWORDS: Prvonek, reservoir, ecological potential, chemical status

## UVOD

Akumulacija Prvonek formirana je na Banjskoj reci, na vodnom telu Tipa 4. Izgradnja akumulacije počela je krajem 1989. godine, a završena je 2005. godine kada je počelo njeno punjenje. Brana pregrađuje reku Banjsku formirajući akumulaciju, koju pored nje puni još i njena pritoka Gradašnica. Visina brane je 90,5 m, u temelju je široka 321 m, a dužina u kruni iznosi 250 m i omogućava akumuliranje 23 000 000 m<sup>3</sup> vode.

## MATERIJAL I METODE

Akumulacija Prvonek pripada dubokim akumulacijama, u kojima postoji vremenska i prostorna varijabilnost fitoplanktona i fizičko-hemijskih elemenata kvaliteta. Terenska ispitivanja obavljena su tri puta u toku 2013. godine, uzimanjem uzoraka sa različitih dubina. Sva tri ispitivanja obavljena su u periodu termičke stratifikacije vode (maj, jul i novembar). Jesenja cirkulacija vode, koja je očekivana u novembru mesecu, izostala je zbog vremenskih uslova. Odabir lokaliteta uzimanja uzoraka po horizontalnom profilu zavasio je od morfoloških karakteristika akumulacije. Lokaliteti sa oznakom A nalazili su se u blizini brane, u najdubljem delu akumulacije, sa oznakom B nalazili su se u centralnom delu, a sa oznakom C u najplićem delu, na ulazu u akumulaciju. Lokaliteti su određeni nakon preliminarnih terenskih merenja dubine, temperature vode, prozračnosti, pH vrednosti, mutnoće, elektroprovodljivosti i rastvorenog kiseonika. Nakon odabira lokaliteta, uzorci su uzimani po vertikalnom profilu. U periodu prolećno-letnje stratifikacije, uzorci za određivanje osnovnih fizičko-hemijskih parametara (temperature vode, mutnoće, pH, elektroprovodljivosti, rastvorenog kiseonika, procentualnog zasićenja vode kiseonikom) i hlorofila *a*, uzimani su na svakih 1,5 m u zoni epilimniona, na svakih 0,5 m u zoni metalimniona (termokline), a zatim na svakih 1,5 m u zoni hipolimniona, sve do 15 m dubine, a potom na svakih 5 m. U jesenjem periodu, uzorkovanje se vršilo na svaka 3 m dubine, do dubine od 10 m, a zatim na svakih 5 m (uključujući 1 m, ili 10% vrednosti dubine, od dna akumulacije). Uzorci za određivanje abundance fitoplanktona uzimani su na tri tačke po vertikalnom profilu (0,5 m ispod površine vode, u zoni termokline i u zoni hipolimniona). Uzorci za određivanje ostalih fizičko-hemijskih parametara, specifičnih prioritarnih supstanci i ostalih zagađujućih supstanci uzimani su na tri tačke; na 0,5 m ispod površine vode, u zoni termokline i u zoni hipolimniona. Analiza fizičko-hemijskih parametara obavljena je primenom analitičkih postupaka prema odgovarajućim SRPS-ISO standardima.

Algološki materijal prikupljen je korišćenjem planktonske mreže promera okaca 25 µm i hidrobiološke boce. Uzorci za analizu dijatoma sakupljeni su sa čvrste podloge, u centralnom delu akumulacije (C), u skladu sa standardom SRPS EN 13946:2008. Materijal je fiksiran formaldehidom do finalne koncentracije od 4%. Odstranjivanje sadržaja ćelija i priprema preparata silikatnih algi urađena je u skladu sa standardom SRPS EN 13946:2008. Identifikacija i prebrojavanje dijatoma, kao i interpretacija dobijenih rezultata urađena je u skladu sa standardom SRPS EN 14407:2008. Determinacija taksona obavljena je korišćenjem odgovarajuće literature. Za određivanje dijatomnih indeksa korišćen je Omnidia softverski program.

## REZULTATI I DISKUSIJA

Ocena ekološkog potencijala urađena je prema Pravilniku o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda (Sl. glasnik RS, 74/2011). Od bioloških elemenata kvaliteta vode, na akumulaciji Prvonek izvršeno je ispitivanje fitoplanktona i fitobentosa. Zajednica fitoplanktona je siromašna vrstama. U prolećnom periodu ispitivanja, na svim lokalitetima uočena je dominacija vrsta iz razdela silikatnih



(Bacillariophyta) i vatrenih algi (Pyrrophyta). Među silikatnim algama, najznačajnije populacije obrazuju vrste *Cyclotella ocellata* Pantocsek, *Stephanodiscus minutulus* (Kützing) Cleve & Möller i *Fragilaria crotonensis* Kitton. Pored silikatnih algi, značajnu populaciju obrazuju još jedino vatrene alge (Pyrrophyta), sa dominantnom vrstom *Rhodomonas minuta* Skuja. U letnjem periodu nastavlja se dominacija silikatnih algi, a najznačajniji konstituenti zajednice su vrste *Asterionella formosa* Hassall i *Cyclotella ocellata* Pantocsek.

Tabela 1. Ocena ekološkog potencijala akumulacije Prvonek na osnovu zajednica fitoplanktona i fitobentosa u 2013. godini

Table 1. Ecological potential assessment of the Prvonek Reservoir based on phytoplankton and phytobenthos communities in 2013

Akumulacija Prvonek	Fitoplankton					Fitobentos		
	Lokalitet	% Cyano- bacteria (prosečna vr.)	Abundanca ćel. ml <sup>-1</sup> (prosečna vr.)	Hlorofil <i>a</i> (µg l <sup>-1</sup> ) (prosečna vr.)	Ocena ekološkog potencijala	Lokalitet	IPS dijatomni indeks	Ocena ekološkog potencijala
	A	12,26	3226	3,98	dobar i bolji	A	-	-
	B	14,49	3064	3,87	dobar i bolji	B	-	-
	C	26,64	3240	4,63	dobar i bolji	C	15,8	dobar i bolji

U jesenjem periodu (novembar), dominantnu zajednicu silikatnih algi u prethodnom periodu ispitivanja menja dominacija cijanobakterija. U fitoplanktonu dominira vrsta *Dolichospermum planctonicum* (Brunnthal) Njacklin, L. Hoffmann & Kom. (basionym *Anabaena planctonica* Brunnthal). To je končasta alga, čija je dužina filamenta iznosila od min. 370 µm do maks. 1735 µm, sa prosečnom dužinom od 889 µm. Prosečna širina filamenta iznosila je 9,5 µm, a prosečna dužina ćelija oko 9 µm. Ranije se smatralo da ova vrsta ne luči toksine, ali novija naučna istraživanja pokazuju da vrsta produkuje anatoksin-*a*, koji pripada grupi cijanotoksina sa akutnom neurotoksičnošću. Ovaj toksin deluje na nervno-mišićne sinapse. Brojnost vrste *Dolichospermum planctonicum* iznosila je maksimalno 2800 ćel./ml, na dubini od 6,5 m u centralnom delu akumulacije, dok se na ostalim tačkama kretala između 1000 i 2000 ćel./ ml. Na dubinama ispod 15 m, trihomi vrste nisu konstatovani. Brojnost ove cijanobakterije za sada nije zabrinjavajuća, ali upućuje na potrebu pojačanog nadzora akumulacije, iz razloga što se koristi za vodosnabdevanje stanovništva. Iako je procentualna zastupljenost cijanobakterija u jesenjem periodu velika, ukupna brojnost fitoplanktona ipak nije prelazila granične vrednosti druge klase ekološkog potencijala.

Na osnovu prosečnih vrednosti hlorofila *a* i abundance fitoplanktona, ekološki potencijal akumulacije Prvonek može se oceniti kao dobar i bolji. Vrste iz grupe Cyanobacteria nisu konstatovane u kvantitativnim probama tokom prolećno-letnjeg perioda, već samo u jesenjem periodu ispitivanja.

Analizom zajednice fitobentosa konstatovana je dominacija silikatnih algi, vrsta *Achnanthes minutissima* Kützing var. *minutissima* Kützing i *Cocconeis placentula* Ehrenberg var. *placentula*. Ove vrste karakteristične su za zajednice gornjih tokova reka i čvrsto su pričvršćene uz podlogu. Dobljene vrednosti dijatomnog indeksa IPS (Indice de pollutio-sensibilité, Cemagref 1982) na ulazu u akumulaciju ukazuju na dobar i bolji ekološki potencijal akumulacije.

Rezultati ispitivanja temperature vode akumulacije Prvonek pokazuju da je termička stratifikacija uspostavljena u maju mesecu, i da je trajala tokom cele vegetacione sezone, sve do novembra. Dubina površinskog sloja vode - epilimniona iznosila je 3 m u maju mesecu, a potom se produbljuje do 6 m u julu mesecu. Metalimnionski sloj (termoklina) obrazovan je na dubini od 3,5 do 8 m u maju i na dubini od 6,5 do 12,5 m u julu mesecu. Stabilne vremenske prilike u novembru mesecu, sa visokim temperaturama vazduha neuobičajenim za ovaj period godine, dovele su do produženja vegetacione sezone. Novembarsko ispitivanje još uvek karakteriše termička stratifikacija vode. Epilimnionski sloj, čija je temperatura vode iznosila 13 °C, produbljuje se do 15 m dubine. Termička stratifikacija praćena je stratifikacijom rastvorenog kiseonika u vodi. Povećanje temperature vode u prolećnom periodu dovodi do intenzivne produkcije fitoplanktona, koji se povlači u metalimnionski sloj, što je praćeno povećanjem sadržaja rastvorenog kiseonika u tom sloju vode.

Tabela 2. Ocena ekološkog potencijala akumulacije Prvonek na osnovu fizičko-hemijskih parametara u 2013. godini

Table 2. Ecological potential assessment of the Prvonek Reservoir based on physico-chemical parameters in 2013

Lokalitet	pH vrednost (prosečna vr.)	Rastvoreni kiseonik (mg l <sup>-1</sup> ) (C 10)	BPK <sub>5</sub> (mg l <sup>-1</sup> ) (prosečna vr.)	Ukupni organski ugljenik (TOC) (mg l <sup>-1</sup> ) (prosečna vr.)	Amonijum-jon (NH <sub>4</sub> -N) (mg l <sup>-1</sup> ) (prosečna vr.)	Nitriti (NO <sub>2</sub> -N) (mg l <sup>-1</sup> ) (prosečna vr.)	Nitrati (NO <sub>3</sub> -N) (mg l <sup>-1</sup> ) (prosečna vr.)	Ukupan azot (mg l <sup>-1</sup> ) (prosečna vr.)	Ortofosfati (mg l <sup>-1</sup> ) (prosečna vr.)	Ukupan fosfor (mg l <sup>-1</sup> ) (prosečna vr.)	Hloridi (mg l <sup>-1</sup> ) (prosečna vr.)	Ocena ekološkog potencijala
A	7,96	8,16	1,02	2,37	0,03	0,011	0,2	0,37	0,014	0,034	1,95	dobar i bolji
B	8,12	7,81	0,82	2,14	0,03	0,010	0,2	0,30	0,013	0,027	2,03	dobar i bolji
C	8,19	8,37	0,86	2,31	0,02	0,006	0,2	0,32	0,015	0,025	1,71	dobar i bolji

U letnjem periodu, u metalimnionskom sloju, dolazi do manjeg pada sadržaja rastvorenog kiseonika, ali je njegova koncentracija i dalje zadovoljavajuća. Nije konstatovan deficit kiseonika u hipolimnionu. Sadržaj rastvorenog kiseonika u vodi odgovarao je drugoj klasi ekološkog potencijala.

U toku vegetacione sezone (maj, avgust), usled intenzivne fotosintetičke aktivnosti algi, konstatovane su visoke pH vrednosti u površinskom sloju vode akumulacije. Na osnovu fizičko-hemijskih elemenata kvaliteta, koji podržavaju biološke elemente kvaliteta, ekološki potencijal akumulacije Prvonek može se oceniti kao dobar i bolji.

Uzevši u obzir rezultate analiza, može se konstatovati da prosečne vrednosti fizičko-hemijskih parametara, na lokalitetima kod brane, u centralnom delu akumulacije i na ulazu u akumulaciju, nisu prelazile granične vrednosti I i II klase voda prema Uredbi o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje (Sl. glasnik RS, br. 50/2012).



Prosečne koncentracije ukupnih teških metala, na lokalitetima kod brane, u centralnom delu akumulacije, kao i na ulazu u akumulaciju, nisu prelazile granične vrednosti I i II klase voda prema Uredbi o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje (Sl. glasnik RS, br. 50/2012). Takođe, prosečne vrednosti koncentracija ostalih zagađujućih supstanci - naftnih ugljovodonika i fenolnih jedinjenja, na pojedinim lokalitetima imale su neznatno povišene vrednosti. Naftni derivati nisu prisutni u vodi u takvim količinama da formiraju vidljivi film na površini vodenog ogledala ili prevlake na obalama jezera. Povećane vrednosti fenolnog indeksa mogu biti rezultat prirodnog fona (Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje (Sl. glasnik RS, br. 50/2012).

Prosečne koncentracije prioritetnih i prioritetnih hazardnih supstanci na svim ispitivanim lokalitetima nisu prelazile standarde kvaliteta životne sredine za površinske vode i MDK (maksimalno dozvoljene koncentracije) propisane zakonskom regulativom (Uredba o graničnim vrednostima prioritetnih i prioritetnih hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovima za njihovo dostizanje, Sl. glasnik RS, br. 35/2011).

Hemijski status akumulacije Prvonek u 2013. godini može se oceniti kao dobar, sa srednjim nivoom pouzdanosti, iz razloga što je za ocenu statusa korišćeno manje od 90 %, a više od 60 % indikativnih hemijskih parametara i što je učestalost ispitivanja niža od minimalno predviđene za ocenu hemijskog statusa.

Tabela 3. Hemijski status akumulacije Prvonek 2013.  
Table 3. Chemical status of the Prvonek Reservoir in 2013

Akumulacija Prvonek	Naziv vodotoka	Šifra vodnog tela	Tip vodotoka na kome je formirana	Učestalost ispitivanja u 2013. god.	Ocena hemijskog statusa	Procena nivoa pouzdanosti
	Banjska reka	BANJJM_2	Tip 4	3	doobar	srednji

Prosečne vrednosti parametara za određivanje trofičkog statusa akumulacije date su u Tab. 4. Na osnovu parametara trofičkog statusa - prosečne vrednosti hlorofila *a* i prozračnosti, akumulacija Prvonek pripada mezotrofnim akumulacijama, a na osnovu sadržaja ukupnog fosfora ima karakteristike eutrofije. Prema Pravilniku br. 74/2011, prosečne vrednosti prozračnosti akumulaciju Prvonek svrstavaju u II klasu ekološkog potencijala.

Vrednosti TSI indeksa, izračunate na osnovu hlorofila *a*, prozračnosti i ukupnog fosfora, bile su na donjoj granici III klase ekološkog potencijala. Na osnovu parametara trofičkog statusa, ekološki potencijal akumulacije Prvonek mogao bi se oceniti kao umeren.

Tabela 4. Ocena ekološkog potencijala akumulacije Prvonek na osnovu parametara trofičkog statusa u 2013. godini.

Table 4. Ecological potential assessment of the Prvonek Reservoir with regard to the trophic state parameters in 2013.

Akumulacija Prvonek	Parametri za određivanje trofičkog statusa									Ocena ekološkog potencijala
	Lokalitet	Ukupan fosfor (prosečna vr.) ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )	Prozračnost (prosečna vr.) (m)	Prozračnost (minimum) (m)	Hlorofil $a$ (prosečna vr.) ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )	Hlorofilla (maksimum) ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )	TSI-Chl	TSI-SD	TSI-TP	
A	34	4.10	2,10	3.98	10,90	44.15	39.67	55.00	46.27	umeren
B	27	3.80	2,10	3.87	7,70	43.88	40.76	51.50	45.38	umeren
C	25	3.92	1,75	4.63	7,90	45.63	40.33	50.76	45.57	umeren

U Tab. 5 prikazana je ocena ekološkog potencijala akumulacije u odnosu na sve elemente kvaliteta. Ekološki potencijal određuje najlošije ocenjen element kvaliteta. U 2013. godini konstatovan je umeren ekološki potencijal akumulacije Prvonek na sva tri lokaliteta. Ovaj potencijal uslovljen je stanjem parametara trofičkog statusa.

Procena nivoa pouzdanosti urađena je u skladu sa kriterijumima definisanim Pravilnikom br. 74/2011. Nivo pouzdanosti je srednji, iz razloga što za ocenu potencijala nisu korišćeni svi biološki i hidromorfološki elementi kvaliteta.

Bez obzira što je na osnovu Pravilnika utvrđen srednji nivo pouzdanosti ocene ekološkog potencijala, za ocenu potencijala, prema Direktivi, korišćeni su elementi kvaliteta najosetljiviji na pritiske kojima su akumulacije izložene (nutrijentno i organsko opterećenje).

U akumulacijama za vodosnabdevanje jako je važno da procesi produkcije i razgradnje organske materije budu u ravnoteži, što uslovljava dobar kvalitet vode. Proces koji se dešavaju u akumulaciji Prvonek idu u pravcu povećanja trofičnosti, što u budućnosti može dovesti do smanjenja kvaliteta vode.



Tabela 5. Ocena ekološkog potencijala akumulacije Prvonek u 2013. godini na osnovu svih elemenata kvaliteta  
 Table 5. Ecological potential assessment of the Prvonek Reservoir in 2013 with regard to all quality elements

Akumulacija Prvonek	Naziv vodotoka	Šifra vodnog tela	Tip vodotoka na kome je formirana	Lokalitet	Biološki elementi kvaliteta		Fizičko-hemijski elementi kvaliteta	Parametri trofičkog statusa	Ocena ekološkog potencijala	Procena nivoa pouzdanosti
					Fitoplankton	Fitobentos				
Banjska reka	BANJUM_2	Tip 4	A	dobar i bolji	-	dobar i bolji	umeren	umeren	srednji	
			B	dobar i bolji	-	dobar i bolji	umeren	umeren	srednji	
			C	dobar i bolji	dobar i bolji	dobar i bolji	umeren	umeren	srednji	

## LITERATURA

- Agencija za zaštitu životne sredine (2014). Status akumulacije Prvonek u 2013. godini, Ministarstvo energetike i zaštite životne sredine, Beograd.
- Carlson, R. E. (1977). A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography* 22, 361-368.
- Coste, M. in Cemagref. (1982). Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux.
- Rapport Division Qualité des Eaux Lyon-Agence Financière de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse.
- OECD (1982). Eutrophication of Waters Monitoring. Assesment and control, Organization for Economic CO-operation and development, Paris. 154 pp.
- Pravilnik o utvrđivanju vodnih tela površinskih i podzemnih voda (2010). Službeni glasnik RS, br. 96/2010, Beograd.
- Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda, Službeni glasnik RS, br. 74/2011, Beograd.
- SRPS EN 13946 (2008). Kvalitet vode-Uputstvo za rutinsko uzimanje uzoraka i prethodnu obradu bentosnih silikatnih algi iz reka.
- SRPS EN 14407 (2008). Kvalitet vode-Uputstvo za identifikaciju, prebrojavanje i interpretaciju uzoraka bentosnih silikatnih algi u tekućim vodama.
- WFD (2000). Water Framework Directive - Directive of European Parliament and of the Council 2000/60/EC □ Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy.