

UDK: 502.51 (285) : 504.5 (497.11)

UDK: 574.58(285) (497.11)

Originalni naučni rad

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

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

*Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine,
Agencija za zaštitu životne sredine, Ruže Jovanovića 27a, e-mail: snezana.cadjo@sepa.gov.rs*

REZIME

Ocena ekološkog potencijala akumulacije Sjenica u 2013. godini data je na osnovu ispitivanja bioloških i fizičko-hemijskih elemenata kvaliteta i ostalih zagađujućih supstanci. Ekološki potencijal određuje najlošije ocenjen element kvaliteta (Službeni glasnik RS br. 74/2011). Najveći poremećaj strukture i funkcionalnosti zajednica zabeležen je u zajednici fitoplanktona, naročito na ulazu u akumulaciju (D); visoka primarna produkcija i značajno prisustvo cijanobakterija. Ekološki potencijal akumulacije na lokalitetu kod brane (A) može se oceniti kao umeren, u centralnom delu akumulacije (B) i u kanjonu (C) je slab, a na ulazu u akumulaciju (D) je loš.

KLJUČNE REČI: fitoplankton, fitobentos, makroinvertebrate, fizičko-hemijski elementi kvaliteta, trofički status, ocena ekološkog potencijala

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

ABSTRACT

The assessment of the ecological potential of the Sjenica Reservoir is given based on the investigation of biological and physico-chemical quality elements and other polluting substances in water performed during 2013. Ecological potential is determined by the worst assessed quality element. The greatest disorder of community structure and functionality refers to phytoplankton community, primarily at the entrance to the reservoir (D) as well as high primary production and significant distribution of cyanobacteria. Ecological potential of the reservoir could be assessed as moderate at the site of the dam (A), in central part (B) and canyon (C) as poor, and at the entrance to the reservoir (D) as bad.

KEYWORDS: phytoplankton, phytobenthos, macroinvertebrates, physico-chemical quality elements, trophic state, ecological potential assessment

UVOD

Monitoring površinskih voda u Srbiji od 2012. godine organizovan je u skladu sa zahtevima Okvirne direktive o vodi (WFD, 2000/60/EC). Uvođenjem Direktive promenili su se kriterijumi i način ocenjivanja statusa/potencijala vodnih tela. Agencija za zaštitu životne sredine obavila je ispitivanje akumulacije Sjenica tokom 2013. godine, prema Uredbi o utvrđivanju godišnjeg programa

monitoringa statusa voda za 2013. godinu (Sl. glasnik RS, 43/2013). Akumulacija Sjenica formirana je na reci Uvac, na vodnom telu Tipa 4, i pripada značajno izmenjenim vodnim telima (Sl. glasnik RS, 96/2010). Osnovne karakteristike akumulacije Sjenica date su u radu Čado i sar. (2015), a ispitivani lokaliteti dati su na Sl. 1. Cilj rada je da se prikaže ocena ekološkog potencijala akumulacije Sjenica. Ovo je ocena na osnovu podataka iz jedne kalendarske godine i ona se može razlikovati od budućih ocena ekološkog potencijala, kada budemo raspolagali podacima koji se odnose na duži vremenski period.



Slika 1. Ispitivani lokaliteti akumulacije Sjenica u 2013. godini
Figure 1. Investigated localities in the Sjenica Reservoir in 2013

MATERIJAL I METODE

Ispitivanje akumulacije Sjenica obavljeno je tri puta tokom 2013. godine. Tokom prva dva terenska ispitivanja, u maju i avgustu, termička stratifikacija vode je jasno izražena, a treće ispitivanje (novembar) karakteriše produbljanje sloja epilimniona, usled hlađenja površinskih slojeva i slabo izražena stratifikacija. Način odabira lokaliteta uzorkovanja, kao i metode uzorkovanja i ispitivanja fitoplanktona i fizičko-hemijskih parametara opisane su u radu Čado i sar. (2015).

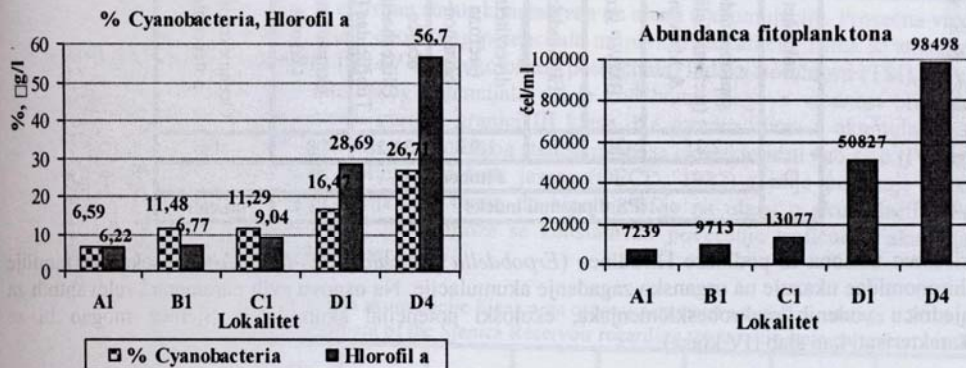
Zajednica epilitskih dijatoma ispitivana je na ulazu u akumulaciju (lokalitet D) (Sl. 1). Metodologija uzorkovanja obavljena je u skladu sa standardom SRPS EN 13946:2008. Uzorci dijatoma prikupljeni su sa krupnijeg kamenja. Materijal je fiksiran formaldehidom do finalne koncentracije od 4%. Odstranjivanje sadržaja ćelija i priprema preparata silikatnih algi urađena je u skladu sa standardom SRPS EN 13946:2008. Analiza fitobentosa (dijatoma) izvršena je na invertnim mikroskopima Nikon TE-2000U sa digitalnom kamerom DS-5M i softverskim programom NIS-Elements D i Zeiss Axiovert sa digitalnom kamerom AxioCam HRc i softverskim programom AxioVision 4.8. Identifikacija i prebrojavanje dijatoma 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, a ocena ekološkog potencijala na osnovu dijatomnog indeksa IPS (Coste in Cemagref, 1982).

Uzorci makroinvertebrata uzeti su na ulazu u akumulaciju (lokalitet D). Za uzimanje uzoraka makroinvertebrata (vodenih makrobescičmenjaka) korišćena je ručna mreža (dimenzija 25x25 cm, promera okaca 500 μ m) prema AQEM protokolu (AQEM, 2002) i primenjena je "multi-habitat" procedura. Svi uzorci fiksirani su na terenu korišćenjem 70 %-nog rastvora etanola. Identifikacija organizama izvršena je u laboratoriji pomoću odgovarajuće literature, korišćenjem binokularne lupe Leica MS 5. Za ocenu ekološkog potencijala korišćeni su sledeći biološki parametri u okviru ASTERICS softvera (Ibidem, 2002): saprobni indeks (metoda Zelinka & Marvan), BMWP (Biological Monitoring Working Party) skor, indeks diverziteta (metoda Shannon-Weaver), ukupan broj taksona,

procentualno učešće Oligochaeta/Tubificidae i broj taksona Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera (EPT indeks).

REZULTATI I DISKUSIJA

Ocena ekološkog potencijala urađena je na osnovu ispitivanja bioloških elemenata kvaliteta: fitoplanktona, fitobentosa i makroinvertebrata prema Pravilniku o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda (Sl. glasnik RS, 74/2011).



Grafik 1. Prosečne vrednosti procentualne zastupljenosti Cyanobacteria, abundanca fitoplanktona i koncentracije hlorofila *a* (µg/l) akumulacije Sjenica 2013. godine
Chart 1. Mean values of percentage distribution of Cyanobacteria, phytoplankton abundance and chlorophyll *a* concentrations (µg/l) of the Sjenica Reservoir in 2013

Sastav i dinamika fitoplanktona akumulacije Sjenica u 2013. godini predstavljeni su u radu Čađo i sar. (2015). Upoređujući prosečne vrednosti abundanca fitoplanktona i koncentracije hlorofila *a* po lokalitetima, uočava se da su najniže vrednosti hlorofila *a* konstatovane kod brane (A₁), a najviše na ulazu u akumulaciju (D₄). Idući od brane ka ulazu u akumulaciju, produkcija fitoplanktona se višestruko povećava. Takođe, raste i procentualna zastupljenost cijanobakterija u odnosu na ukupnu brojnost fitoplanktona. Na ulazu u akumulaciju (D), primećuje se veliki poremećaj strukture i funkcionalnosti ove zajednice. Intenzivan razvoj algi naročito je izražen u avgustu i novembru mesecu i javlja se kao posledica eutrofikacije, povećanja količine mineralnih i organskih materija u vodi. Ekološki potencijal akumulacije, na osnovu fitoplanktonske zajednice može se oceniti kao umeren (III klasa ekološkog potencijala) na lokalitetu kod brane, kao slab (IV klasa ekološkog potencijala) u centralnom delu akumulacije i u kanjonu, a kao loš (V klasa ekološkog potencijala) na ulazu u akumulaciju.

Ispitivanje zajednice fitobentosa obavljeno je u septembru mesecu na ulazu u akumulaciju. Konstatovana je dominacija vrste *Chironomidium catenatum* (Bily & Marvan) Lange-Bertalot, kao i u zajednici fitoplanktona u avgustovskom ispitivanju. Subdominantne vrste su *Navicula saprophila* Lange-Bertalot & Bonik, *Stephanodiscus hantzschii* Grunow in Cleve & Grunow i *Navicula subminuscule* Manguin. Ove dve vrste roda *Navicula* su tolerantne na veoma jako organsko zagađenje. Vrednost dijatomnog indeksa IPS (Indice de pollutio-sensibilité, Cemagref 1982) odgovara III klasi ekološkog potencijala (umeren potencijal).

Ispitivanjem zajednice vodenih makrobescičmenjaka na lokalitetu D (ulaz u akumulaciju) u septembru mesecu ukupno je zabeleženo 8 taksona, što bi odgovaralo IV klasi ekološkog potencijala (slab potencijal). Dobijena vrednost BMWP skora je granična vrednost IV i V klase ekološkog potencijala.

Procentualna zastupljenost maločekinjastih crva (Oligochaeta) nalazi se u okviru II klase ekološkog potencijala.

Tabela 2. Ocena ekološkog potencijala akumulacije Sjenica na osnovu zajednica vodenih makrobescikmenjaka i fitobentosa u 2013. godini

Table 2. Ecological potential assessment of the Sjenica Reservoir based on aquatic macroinvertebrate and phytobenthos community in 2013

Lokalitet	Vodeni makrobescikmenjaci						Ocena ekološkog potencijala
	saprobni indeks (metoda Zelinka & Marvan)	BMWP skor	EPT indeks	diverziteta (metoda Shannon- učešće Oligochaeta-Tubificidae (%))	ukupan broj taksona		
D	2,35	30	1	1,93	22,22	8	slab
Fitobentos							
IPS dijatomi indeks						12,4	umeren

Prisustvo taksona iz podklase Hirudinea (*Erpobdella octoculata*, *E. testacea*) i insekatske familije Chironomidae ukazuje na organsko zagađenje akumulacije. Na osnovu svih parametara relevantnih za zajednicu vodenih makrobescikmenjaka, ekološki potencijal akumulacije Sjenica mogao bi se okarakterisati kao slab (IV klasa).

Tabela 3. Ocena ekološkog potencijala akumulacije Sjenica na osnovu fizičko-hemijskih parametara u 2013. god. Table 3. Ecological potential assessment of the Sjenica Reservoir based on physico-chemical parameters in 2013

Lokalitet	pH vrednost (prosečna vr.)	Rastvoreni kiseonik (mg l ⁻¹) (C 10)	BPK ₅ (mg l ⁻¹) (prosečna vr.)	Ukupni organski ugljenik (TOC) (mg l ⁻¹) (prosečna vr.)	Amonijum-jon (NH ₄ -N) (mg l ⁻¹) (prosečna vr.)	Nitriti (NO ₂ -N) (mg l ⁻¹) (prosečna vr.)	Nitrati (NO ₃ -N) (mg l ⁻¹) (prosečna vr.)	Ukupan azot (mg l ⁻¹) (prosečna vr.)	Ortofosfati (mg l ⁻¹) (prosečna vr.)	Ukupan fosfor (mg l ⁻¹) (prosečna vr.)	Hloridi (mg l ⁻¹) (prosečna vr.)	Ocena ekološkog potencijala
A ₁	8,07	4,47	1,56	3,46	0,027	0,009	0,300	0,894	0,007	0,021	2,46	slab
B ₁	7,93	3,82	2,12	3,43	0,036	0,008	0,222	0,765	0,010	0,021	2,69	loš
C ₁	7,86	4,64	1,94	4,06	0,038	0,010	0,260	0,673	0,007	0,021	3,06	slab
D ₁	8,09	5,86	2,39	15,98	0,047	0,010	0,300	1,048	0,021	0,062	3,32	slab
D ₄	8,61	11,01	-	19,13	0,047	0,006	0,367	0,893	0,029	0,163	-	loš

Sadržaj rastvorenog kiseonika u vodi, na najdubljoj tački kod brane (A₁) i u kanjonu (C₁), odgovara IV klasi ekološkog potencijala, a u centralnom delu akumulacije (B₁) V klasi ekološkog potencijala. Na ovim lokalitetima dubina akumulacije je veća i evidentno je da je izražena hipolimnetička zona sa deficitom kiseonika. Na ulazu u akumulaciju (lokalitet D₁) sadržaj rastvorenog kiseonika u vodi odgovara III klasi ekološkog potencijala, a na lokalitetu D₄ II klasi. Poslednji lokalitet je najbliži, stoga površinski kiseonik lako difunduje do dna. Sadržaj rastvorenog kiseonika u vodi u plitkim delovima

akumulacija nije relevantan kriterijum za ocenu ekološkog potencijala. Sadržaj ukupnog organskog ugljenika je povećan na ulazu u akumulaciju (lokaliteti D₁ i D₄) i odgovara IV klasi ekološkog potencijala. Prosečne godišnje pH vrednosti na svim lokalitetima odgovaraju II klasi ekološkog potencijala, ali u toku vegetacione sezone, u maju i avgustu, izmerene su izuzetno visoke pH vrednosti u površinskim slojevima vode (preko 9), koje su odgovarale V klasi ekološkog potencijala. Na osnovu fizičko-hemijskih elemenata kvaliteta, ekološki potencijal se može oceniti kao slab, odnosno loš, u zavisnosti od lokaliteta (Tab. 3).

Parametri trofičkog statusa akumulaciju Sjenica svrstavaju u različite trofičke kategorije u zavisnosti od lokaliteta (Tab. 4). Mezotrofan status akumulacije konstatovan je kod brane, u centralnom delu akumulacije i u kanjonu, dok je eutrofan status konstatovan na ulazu u akumulaciju. Prosečna vrednost proвидноći vode odgovara II klasi ekološkog potencijala na prva tri lokaliteta, i ona se smanjuje na ulazu u akumulaciju i odgovara III i IV klasi ekološkog potencijala. Indeks trofičnosti (TSI), na većini lokaliteta odgovara III klasi ekološkog potencijala, ali je kod brane njegova vrednost bliža donjoj granici, a na ulazu u akumulaciju gornjoj granici III klase. Na samom ulazu u akumulaciju (D₄), ekološki potencijal na osnovu parametara trofičkog statusa može se okarakterisati kao slab (IV klasa). OECD kriterijum klasifikacije trofičkog statusa jezera (OECD, 1982) jasnije pokazuje značajno povećanje trofičnosti, od mezotrofije kod brane do hipereutrofije na ulazu u akumulaciju. Prema ranijim ispitivanjima (Čađo i sar., 2003) može se konstatovati povećanje trofičnosti akumulacije, naročito na ulazu u akumulaciju (lokalitet D).

Tabela 4. Ocena ekološkog potencijala akumulacije Sjenica na osnovu parametara trofičkog statusa u 2013. god.
Table 4. Ecological potential assessment of the Sjenica Reservoir regarding the trophic state parameters in 2013

Lokalitet	Prozračnost (prosečna vr.) (m)	Prozračnost (minimum) (m)	Hlorofil <i>a</i> (prosečna vr.) (µg l ⁻¹)	Hlorofil <i>a</i> (maksimum) (µg l ⁻¹)	TSI-Chl	TSI-SD	TSI-TP	TSI	*Ocena ekološkog potencijala	OECD kriterijum klasifikacije
A ₁	3,03	1,90	6,22	8,79	48,52	44,01	47,82	46,78	umeren	mezotrofnio
B ₁	2,57	1,30	6,77	8,60	49,36	46,42	47,82	47,87	umeren	mezo-eutrof.
C ₁	2,87	1,12	9,04	13,80	52,20	44,82	48,05	48,36	umeren	mezo-eutrof.
D ₁	1,65	1,05	28,69	42,68	63,53	52,78	72,06	62,79	umeren	eutrofnio
D ₄	0,92	0,70	56,70	111,70	70,21	61,25	77,57	69,68	slab	hipereutrof.

*prema Pravilniku o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda (Sl. glasnik RS, 74/2011)

Tabela 5. Prosečne vrednosti koncentracija ostalih zagađujućih supstanci akumulacije Sjenica 2013. god.
Table 5. Specific pollutants and other polluting substances in the Sjenica Reservoir in 2013

Parametar	Jedinica	A	B	C	D
Anjon-aktivne supstance	mg l ⁻¹	<0,01	<0,01	<0,01	0,018
Naftni ugljovodonici	mg l ⁻¹	<0,010	<0,010	0,011	0,013
Fenolni indeks	mg l ⁻¹	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Koncentracije hlorofila *a* i ukupnog fosfora, prema našoj zakonskoj regulativi, odgovaraju II klasi na svim lokalitetima (samo na lokalitetu D₄ ukupan fosfor je u III klasi), dok prema OECD kriterijumu njihove vrednosti odgovaraju eutrofnim i hipereutrofnim uslovima na lokalitetima D₁ i D₄, što je u boljoj korelaciji sa abundancom fitoplanktona, koja na ovim lokalitetima odgovara V klasi ekološkog potencijala. Kriterijumi za procenu pojedinih parametara zakonske legislative (Sl. glasnik RS, 74/2011), moraju se više prilagoditi uslovima koji vladaju u sredini, da ne bismo imali situacije da dva

ili više parametara, koji predstavljaju odgovor na isti pritisak (nutrijentno zagađenje), pokazuju toliko različite odgovore (dva parametra u II klasi, a jedan u V klasi ekološkog potencijala).

Prosečne vrednosti koncentracija ostalih zagađujućih supstanci (naftnih ugljovodonika i fenolnih jedinjenja) na pojedinim lokalitetima imale su neznatno povišene vrednosti (Sl. glasnik RS, 50/2012). Ekološki potencijal određuje najlošije ocenjen element kvaliteta. Odluka o tome da li je vodno telo umerenog, slabog ili lošeg potencijala ili nije, diktirana je stanjem bioloških elemenata kvaliteta prema ODV (WFD, 2000/60/EC). Stanje fizičko-hemijskih i hidromorfoloških elemenata kvaliteta samo utiče na tu odluku indirektno kroz njihov uticaj na stanje bioloških elemenata kvaliteta i mora biti usklađeno sa postizanjem ovih bioloških vrednosti (WFD CIS Guidance Document No.13, 2005). Akumulacija Sjenica u 2013. godini na lokalitetu kod brane ima umeren, u centralnom delu akumulacije i u kanjonu slab, a na ulazu u akumulaciju loš ekološki potencijal. Nivo pouzdanosti procene je srednji, iz razloga što za ocenu potencijala nisu korišćeni svi biološki elementi kvaliteta i što je učestalost biološkog monitoringa i monitoringa indikativnih fizičko-hemijskih parametara niža od minimalno predviđene (Sl. glasnik RS, 74/2011). Međutim, s obzirom da su za ocenu ekološkog potencijala korišćeni parametri onih elemenata kvaliteta koji su najosetljiviji na pritiske kojima je ova akumulacija izložena (nutrijentno i organsko opterećenje), što je karakteristično za programe operativnog monitoringa, može se konstatovati da je nivo pouzdanosti procene ekološkog potencijala visok. Korišćenjem rezultata operativnog monitoringa može se očekivati manja greška u proceni statusa/potencijala, nego korišćenjem rezultata nadzornog monitoringa, koji koristi ocene svih elemenata kvaliteta (WFD CIS Guidance Document No.13, 2005).

LITERATURA

- Agencija za zaštitu životne sredine (2014). Rezultati ispitivanja kvaliteta površinskih i podzemnih voda za 2013. godinu, Ministarstvo energetike, razvoja i zaštite životne sredine, Beograd.
- AQEM Consortium (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. Version 1.0 (www.aqem.de), February 2002, 202 pp.
- 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;
- Čađo, S., Đurković, A., Denić, L.J., Dopuda Glišić, T., Stojanović, Z. (2015). Sezonska dinamika fitoplanktona i fizičko-hemijske karakteristike akumulacije Sjenica, Konferencija zaštita voda, Zbornik radova Voda 2015.
- Čađo, S., Đurković, A., Maljević, E., Miletić, A. (2003). Analiza fitoplanktona i trofički status akumulacije Sjenica, Eko-konferencija 2003, Novi Sad.
- OECD (1982). Eutrofication of Waters Monitoring. Assesment and control, Organization for Economic CO-operation and development, Paris. 154 pp.
- Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda (2011). Službeni glasnik RS, br. 74/2011, Beograd.
- Pravilnik o utvrđivanju vodnih tela površinskih i podzemnih voda (2010). Službeni glasnik RS, br. 96/2010, Beograd.
- SRPS EN 13946 (2008). Kvalitet vode-Uputstvo za rutinsko uzimanje uzoraka i prethodnu obradu bentosnih silikatnih algi iz reka.
- Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i rokovima za njihovo dostizanje (2012). Sl. glasnik RS, br. 50/2012, Beograd
- Uredba o utvrđivanju godišnjeg programa monitoringa statusa voda (Sl. glasnik RS br.43/2013).
- 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
- WFD CIS Guidance Document No.13 (2005). Overall Approach the Classification of Ecological Status and Ecological Potential Produced by Working Group 2A, European Communities.