

OCENA EKOLOŠKOG POTENCIJALA AKUMULACIONOG JEZERA ĆELIJE

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

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

REZIME

U radu je prikazana ocena ekološkog potencijala akumulacije Ćelije 2014. godine koju je uradila Agencija za zaštitu životne sredine. Ocena je data na osnovu ispitivanja bioloških i fizičko-hemijskih elemenata kvaliteta i ostalih zagađujućih supstanci. Nekontrolisani priliv nutrijenata, organskih materija i drugih zagađujućih supstanci, koje rekama Rasinom i Blatašnicom dospevaju u akumulaciju, doveli su do povećane eutrofizacije i degradacije ekosistema. Ekološki potencijal akumulacije je slab na lokalitetu kod brane, a loš na svim ostalim lokalitetima.

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

ECOLOGICAL POTENTIAL ASSESSMENT OF THE ĆELIJE RESERVOIR

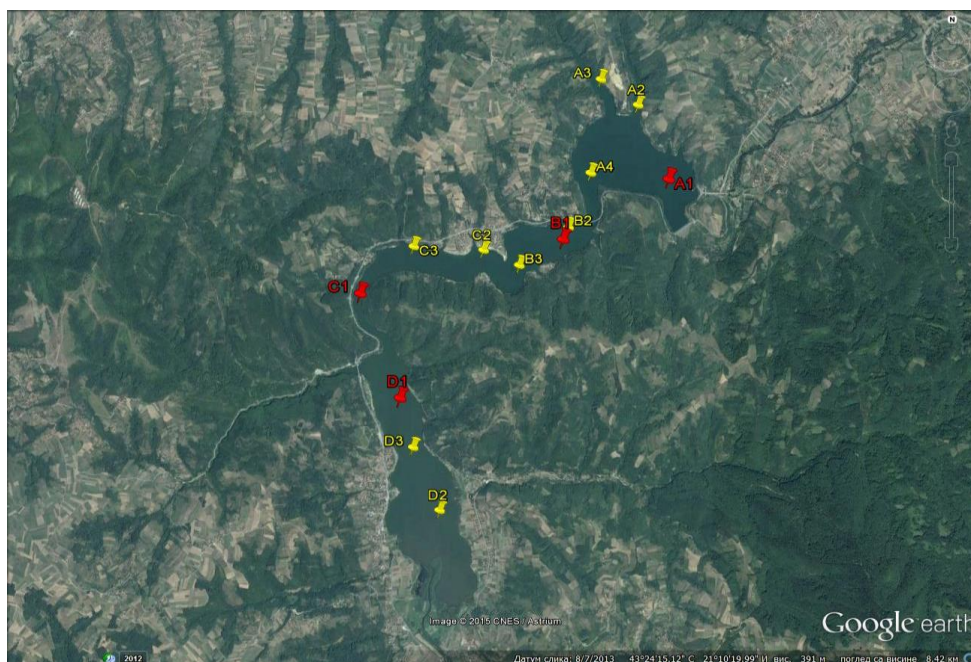
ABSTRACT

The paper presents ecological potential assessment of the Ćelije Reservoir in 2014 performed by the Serbian Environmental Protection Agency. Ecological potential assessment is given based on biological and physico-chemical water quality elements as well as concentrations of other polluting substances. Uncontrolled nutrient inflow, organic matter and other contaminants originated from the Rasina and the Blatašnica Rivers come into the reservoir and it results in increasing eutrophication and degradation of ecosystems. Ecological potential of the Ćelije Reservoir could be assessed as poor at the site of dam whilst bad at all other sites.

KEY WORDS: phytoplankton, phytobenthos, macroinvertebrates, physico-chemical quality elements, trophic state

UVOD

Akumulacija Čelije formirana je na reci Rasini, na vodnom telu Tipa 3 (Sl. glasnik RS, 96/2010). Osnovne karakteristike akumulacije Čelije date su u radu Čađo i sar. (2017). Slivnom području reke Rasine od izvora do brane pripada 15 pritoka, od kojih se šest uliva direktno u akumulaciju. Kvalitet vode akumulacije određen je prirodnim karakteristikama voda slivnog područja, a znatan uticaj imaju i industrijske i komunalne otpadne vode koje potiču iz industrijskih pogona gradova Brusa, koji se nalazi na levoj obali Rasine i Blaca koje leži na desnoj obali Blatašnice (Maljević i sar., 1999). Visok priliv nutrijenata, organskih materija i specifičnih zagađujućih supstanci, koji rekama Blatašnicom i Rasinom dospevaju u akumulaciju, doveli su do povećane eutrofikacije i degradacije ekosistema. Agencija za zaštitu životne sredine obavila je ispitivanje akumulacije tokom 2014. godine, prema Uredbi o utvrđivanju godišnjeg programa monitoringa statusa voda za 2014. godinu (Sl. glasnik RS, 85/2014). Ispitivani lokaliteti dati su na Slici 1. Cilj rada je da se prikaže ocena ekološkog potencijala akumulacije Čelije, koja se razlikuje od procena kvaliteta vode koje su rađene do sada. Uvođenjem Okvirne direktive o vodi (WFD, 2000/60/EC) promenili su se kriterijumi i način ocenjivanja statusa/potencijala vodnih tela.



Slika 1. Ispitivani lokaliteti akumulacije Čelije u 2014. godini (izvor: Google Earth)
Figure 1. Investigated sites in the Čelije Reservoir in 2014 (source: Google Earth)

MATERIJAL I METODE

Terenska ispitivanja akumulacije Čelije sprovedena su u julu, septembru i decembru 2014 godine. Odabir lokaliteta uzorkovanja, metode uzorkovanja i ispitivanja fitoplanktona i fizičko-hemijskih parametara opisane su u radu Čađo i sar. (2017). Zajednica fitobentosa ispitivana je na lokalitetu B. Tu su postojali uslovi za postavljanje veštački pripremljenih podloga (krupnije kamenje veličine dlana pričvršćeno je polipropilenskim kanapom za pokretnu platformu, tako da je kamenje bilo 2 meseca stalno pod vodom, na oko 0,5 m dubine). Uzorkovanje dijatoma sa tih podloga obavljeno je u skladu sa standardom SRPS EN 13946:2008. Prikupljeni 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, 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, a ocena ekološkog potencijala izvršena je na osnovu dijatomnog indeksa IPS (Coste in Cemagref, 1982).

Uzorci makroinvertebrata uzeti su na lokalitetu C u julu 2014. godine. Za uzorkovanje makroinvertebrata (vodenih makrobescičmenjaka) korišćena je ručna mreža (dimenzija 25x25 cm, promera okaca 500 µm) prema AQEM protokolu (AQEM, 2002). Primenjena je "multi-habitat" procedura uzorkovanja. Svi uzorci fiksirani su na terenu korišćenjem 70 %-og rastvora etanola. Determinacija organizama izvršena je u laboratoriji pomoću odgovarajućih taksonomskih „ključeva“, korišćenjem stereomikroskopa Leica MS 5. Za ocenu ekološkog potencijala korišćeni su sledeći biološki parametri obuhvaćeni ASTERICS softverom (Ibidem, 2002): saprobni indeks Zelinka & Marvan, BMWP (Biological Monitoring Working Party) skor, Shannon-Weaver indeks diverziteta, ukupan broj taksona, procentualno učešće Oligochaeta/Tubificidae u ukupnoj zajednici makroinvertebrata i broj taksona Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera (EPT indeks).

REZULTATI I DISKUSIJA

Na osnovu ispitivanja bioloških elemenata kvaliteta: fitoplanktona, fitobentosa i makroinvertebrata, podržavajućih fizičko-hemijskih elemenata kvaliteta i specifičnih neprioritetnih supstanci urađena je ocena ekološkog potencijala, prema Pravilniku o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda (Sl. glasnik RS, 74/2011).

Rezultati ispitivanja fitoplanktona akumulacije Čelije predstavljeni su u radu Čađo i sar. (2017). Na osnovu prosečnih vrednosti abundance fitoplanktona, koncentracije hlorofila *a* i

procentualne zastupljenosti cijanobakterija u odnosu na ukupnu brojnost fitoplanktona, može se konstatovati da je ekološki potencijal akumulacije slab na lokalitetu A₁ i loš (V klasa) na ostalim lokalitetima (Tab. 1).

Ispitivanjem zajednice epilitskih dijatoma, u centralnom delu akumulacije, konstatovano je siromaštvo vrsta (u julu 30 taksona, a u septembru 24). Dominantan konstituent zajednice u julu je vrsta *Cocconeis placentula* Ehrenberg (21 % zastupljenosti), a u septembru *Achnanthydium minutissimum* (Kützing) Czarniecki (37 % zastupljenosti). *Cocconeis placentula* je kosmopolitska, alkalifilna vrsta, može se naći u gotovo svim slatkim vodama gde je pH vrednost neutralna ili alkalna, sa izuzetkom izrazito oligotrofnih voda. Ona je česta u bentosnim staništima gde se vezuje za kamenje, makrofite i alge. Razvija se tokom cele godine, ali je najrasprostranjenija u rekama, u letnjem periodu, kada njeno prisustvo u epilitskim zajednicama može iznositi od 80 do 90 % u odnosu na sve prisutne jedinke. To je brzorastuća, pionirska vrsta koja je u stanju da brzo kolonizuje gole podloge. Tolerantna je na umereno organsko zagađenje. Varijeteti ove vrste izgleda da nemaju različite preference u odnosu na organsko zagađenje, iako postoje neki dokazi da je var. *euglipta* nešto tolerantniji na organsko zagađenje od drugih varijeteta. *Achnanthydium minutissimum* je, takođe, kosmopolitska vrsta koja ima širok ekološki spektar. Javlja se u širokom opsegu pH (4,3-9,2), u svim tipovima vodnih tela u uslovima od oligotrofije do eutrofije. I kod ove vrste postoje indicije da su neki varijeteti tolerantni na organsko zagađenje. Međutim, determinacija je rađena do nivoa vrste, a ne varijeteta. Subdominantna vrsta u zajednici tokom oba ispitivanja je *Cyclotella ocellata* Pantocsek, planktonska forma veoma zastupljena u zajednici fitoplanktona. Za ocenu ekološkog potencijala korišćen je IPS dijatomni indeks (Indice de pollutio-sensibilité; Cemagref, 1982), koji najbolje odražava kombinovane efekte eutrofikacije, organskog zagađenja i povišenih koncentracija soli, jer obično integriše sve vrste dijatoma registrovane u uzorku (Tab.1). S obzirom da dominantne vrste imaju široku ekološku valencu, one su i najviše uticale na vrednost IPS indeksa, koja odgovara II klasi ekološkog potencijala (dobar potencijal).

Tabela 1. Ocena ekološkog potencijala akumulacije Čelije na osnovu zajednice fitoplanktona i fitobentosa 2014. godine

Table 1. Ecological potential assessment of the Čelije Reservoir based on phytoplankton and phytobenthos community in 2014

Fitoplankton					Fitobentos		
Lokalitet	% Cyano-bacteria (prosečna vr.)	Abundanca čel. ml (prosečna vr.)	Hlorofil a (µg l ⁻¹) (prosečna vr.)	Ocena ekološkog potencijala	Lokalitet	IPS dijatomni indeks	Ocena ekol. potenc.
A ₁	5.64	23025	10.7	slab		-	-
B ₁	8.18	25060	16.0	loš	B	14.8	dobar
C ₁	10.71	26783	26.2	loš	-	-	-
D ₁	13.23	69998	48.7	loš	-	-	-

Analizom zajednice akvatičnih makroinvertebrata akumulacije Čelije na lokalitetu C u julu mesecu 2014. godine ukupno je zabeleženo 7 taksona, što odgovara slabom ekološkom

potencijalu (IV klasa). Dobijena vrednost Shannon-Weaver indeksa diverziteta odgovara II klasi ekološkog potencijala (dobar potencijal). Vrednost BMWP skora pripada V klasi ekološkog potencijala (loš ekološki potencijal). EPT indeks takođe odgovara V klasi ekološkog potencijala. Vrednost procentualnog učešća maločekinjastih crva (Oligochaeta) odgovara II klasi ekološkog potencijala (11.77%). Na osnovu svih parametara relevantnih za zajednicu vodenih makrobeskičmenjaka, prema Pravilniku o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda (Sl. glasnik RS, 74/2011), ekološki potencijal akumulacije Čelije u 2014. godini mogao bi se okarakterisati kao loš (V klasa).

Tabela 2. Ocena ekološkog potencijala akumulacije Čelije na osnovu zajednice vodenih makrobeskičmenjaka u 2014. godini

Table 2. Ecological potential assessment of the Čelije Reservoir based on aquatic macroinvertebrate community in 2014

Vodeni makrobeskičmenjaci							
Lokalitet	saprobní indeks (metoda Zelinka & Marvan)	BMWP skor	EPT indeks	Indeks diverziteta (metoda Shannon-Weaver)	učesće Oligochaeta- Tubificidae (%)	ukupan broj taksona	Ocena ekološkog potencijala
C	2.11	20	1	1.51	11.77	7	loš

Sadržaj rastvorenog kiseonika u vodi je najvažniji ekološki pokazatelj stanja u akumulaciji. Njegov deficit u periodu termičke stratifikacije konstatovan je još u metalimnionu i uslovi hipoksije u hipolimnionu. Na lokalitetu kod brane i u centralnom delu akumulacije on odgovara V klasi ekološkog potencijala (Tab. 3). Čak i u plićim delovima akumulacije (lokaliteti C₁ i D₁), gde on nije relevantan kriterijum za ocenu ekološkog potencijala, njegov sadržaj nije zadovoljavajući, već odgovara III klasi. Na povećano organsko zagađenje upućuje i sadržaj ukupnog organskog ugljenika koji odgovara III klasi ekološkog potencijala. Zbog nedostatka kiseonika mineralizacija organskog azota, u letnjem periodu nije išla do kraja, pa prosečne koncentracije amonijum jona u vodenom stubu, na najdubljoj tački (lokalitet A₁), odgovaraju III klasi ekološkog potencijala. Prosečne godišnje koncentracije ortofosfata i ukupnog fosfora su povećane, na svim lokalitetima i odgovaraju III klasi ekološkog potencijala. Prosečna godišnja pH vrednost, na svim lokalitetima, osim na lokalitetu D₁, odgovara II klasi ekološkog potencijala. Na ulazu u akumulaciju odgovara V klasi. U letnjem periodu izmerene su izuzetno visoke pH vrednosti u površinskim slojevima vode (preko 9, V klasa). Fizičko-hemijski elementi kvaliteta ukazuju na loš ekološki potencijal na lokalitetima A₁ i B₁ i umeren na lokalitetima C₁ i D₁ (Tab. 3). Prema Pravilniku o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda (Sl. glasnik RS, 74/2011), prosečna vrednost providnosti vode odgovara III klasi ekološkog potencijala na svim lokalitetima, osim na lokalitetu D₁ gde odgovara IV klasi (Tab. 4). Prosečne godišnje koncentracije

hlorofila *a* na svim lokalitetima odgovaraju II klasi ekološkog potencijala. Carlson indeks trofičnosti - TSI (Carlson, 1977) na većini lokaliteta ukazuje na umeren ekološki potencijal, osim na samom ulazu u akumulaciju gde je ekološki potencijal slab. Rezultati Carlson indeksa trofičnosti za ukupan fosfor (TSI-TP) se razlikuju od ostalih TSI vrednosti i oni odgovaraju slabom ekološkom potencijalu.

Tabela 3. Ocena ekološkog potencijala akumulacije Čelije na osnovu fizičko-hemijskih parametara u 2014. god.

Table 3. Ecological potential assessment of the Čelije Reservoir based on physico-chemical parameters in 2014

Lokalitet	pH vrednost (prosečna vr.)	Rastvoreni kiseonik (mg l ⁻¹) (C 10)	BPK ₅ (mg l ⁻¹) (prosečna vr.)	Ukupan 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	8.20	3.94	2.4	5.3	0.10	0.037	0.61	0.96	0.060	0.153	5.0	loš
B ₁	8.32	3.38	1.8	5.1	0.07	0.023	0.51	0.86	0.062	0.144	4.7	loš
C ₁	8.49	5.71	2.3	5.1	0.08	0.015	0.56	0.86	0.060	0.157	6.2	umeren
D ₁	8.73	6.74	2.4	6.1	0.06	0.011	0.49	0.86	0.061	0.197	6.5	umeren

Prema OECD kriterijumu klasifikacije trofičkog statusa jezera (OECD, 1982), prosečne godišnje koncentracije ukupnog fosfora na svim lokalitetima su povećane i odgovaraju hipertrofnim uslovima (Tab. 3). Prosečne i minimalne vrednosti providnosti, prosečne i maksimalne vrednosti hlorofila *a* (Tab. 4) odgovaraju eutrofnim uslovima na lokalitetima A₁ i B₁ i hipereutrofnim uslovima na lokalitetima C₁ i D₁. Ova akumulacija je jedna od mnogih na kojoj smo pokazali da se korišćenjem OECD kriterijuma klasifikacije postiže realnija procena trofičkog statusa, jer postoji odlična korelacija među parametrima trofičkog statusa, što se ne može konstatovati primenom Pravilnika o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda (Sl. glasnik RS, 74/2011), jer nema korelacije. Tako da na primeru i ove akumulacije ukazujemo na neophodnost izmene zakonske legislativne, pre svega izmene graničnih vrednosti klasa određenih parametara ekološkog statusa/potencijala, a naročito hlorofila *a* i ukupnog fosfora.

Na osnovu prosečnih godišnjih koncentracija ostalih zagađujućih supstanci (Sl. glasnik RS, br. 50/2012), ekološki potencijal na svim lokalitetima akumulacije Čelije može se oceniti kao umeren. Prema Okvirnoj direktivi o vodi (WFD, 2000/60/EC), ekološki potencijal određuje najlošije ocenjen biološki element kvaliteta. 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).

Tabela 4. Ocena ekološkog potencijala akumulacije Čelije na osnovu parametara trofičkog statusa
Table 4. Ecological potential assessment of the Čelije Reservoir with respect to the trophic state parameters

Lokalitet	Providnost (prosečna vr.) (m)	Providnost (minimum) (m)	Hlorofil α (prosečna vr.) ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Hlorofil α (maksimum) ($\mu\text{g l}^{-1}$)	TSI-Chl	TSI-SD	TSI-TP	TSI	*Ocena ekološkog potencijala	OECD kriterijum klasifikacije
A ₁	1.97	1.10	10.7	34.2	53.85	50.25	76.69	60.26	umeren	eutrofno
B ₁	1.77	1.10	16.0	44.2	57.82	51.80	75.85	61.82	umeren	eutrofno
C ₁	1.33	0.80	26.2	45.3	62.64	55.85	77.06	65.18	umeren	hiper trofno
D ₁	0.90	0.80	48.7	123.2	68.73	61.52	80.36	70.20	slab	hiper trofno

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

Akumulacija Čelije 2014. godine na lokalitetu A₁ (kod brane) ima slab, a na svim ostalim lokalitetima loš ekološki potencijal, koji je određen stanjem zajednica fitoplanktona i makroinvertebrata, u kojima su konstatovani duboki poremećaji strukture i funkcije. Nivo pouzdanosti procene statusa 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 za ocenu statusa/potencijala (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 ocene ekološkog potencijala visok. Korišćenjem rezultata operativnog monitoringa može se očekivati manja greška u oceni 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 (2015). Rezultati ispitivanja kvaliteta površinskih i podzemnih voda za 2014. godinu, Ministarstvo poljoprivrede 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 pp.
- 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., Novaković, B., Denić, Lj., Dopuda Glišić, T., Veljković N., Stojanović, Z. (2017). Sezonska dinamika fitoplanktona akumulacionog jezera Čelije, Zbornik radova "VODA 2017".
- <https://earth.google.com>, Google Earth, 2015.
- Krammer K., Lange-Bertalot, H. (1991). Bacillariophyceae. 4. Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolate) und Gomphonema, Gesamtliteraturverzeichnis. [In:] H. Ettl, J. Gerloff, H. Heyning & D. Mollenhauer (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. G. Fischer Verlag, Stuttgart – Jena 2(4), 1–437.
- Maljević, E., Karadžić, V., Vasiljević, M. (1999). Kvalitet vode akumulacije Čelije u zimskom periodu. Konferencija "Zaštita voda 1999", Soko Banja, Zbornik radova. Jugoslovensko društvo za zaštitu voda, Beograd: 137-142.
- OECD (1982). Eutrophication of Waters. Monitoring, assessment 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 (2011). 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
- 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. 85/2014).
- 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.