

FITOPLANKTON AKUMULACIONOG JEZERA GRUŽA

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

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

REZIME

Agencija za zaštitu životne sredine R. Srbije izvršila je ispitivanje akumulacije Gruža, namenjene za vodosnabdevanje grada Kragujevca i okoline, u aprilu i avgustu 2014. i maju 2015. godine. Prva dva ispitivanja karakteriše izražena termička stratifikacija vode, niska providnost, supersaturacija u površinskom sloju vode i deficit kiseonika već u metalimnionu. Kvantitativnom analizom fitoplanktona konstatovano je 108 taksona iz 6 razdela algi i Cyanobacteria. Najveću florističku raznovrsnost pokazuju alge razdela Chlorophyta i Bacillariophyta. Utvrđen je veoma uznapredovao proces eutrofikacije i "cvetanje" vode izazvano vrstom *Aphanizomenon flosaquae* u letnjem periodu. Abundanca cijanobakterija i koncentracija hlorofila *a* ukazuju na opasnost visokog stepena po zdravlje stanovništva, prema preporukama Svetske zdravstvene organizacije – SZO.

KLJUČNE REČI: fitoplankton, abundanca, hlorofil *a*, cijanobakterije, akumulacija Gruža

PHYTOPLANKTON OF THE GRUŽA RESERVOIR

ABSTRACT

The Serbian Environmental Protection Agency was conducted the investigation of the Gruža Reservoir, intended for water supply of the City of Kragujevac and its surrounding area, in April and August 2014 as well as in May 2015. The first and the second investigation was characterized by pronounced thermal stratification of water, low water transparency, the presence of supersaturation in the surface water layer and oxygen deficit, yet in the metalimnion. Quantitative analysis of phytoplankton showed the presence of 108 taxa from 6 algal section and Cyanobacteria. The high floristic diversity is ascertained in the Chlorophyta and the Bacillarophyta algal sections. The advanced eutrophication and algal blooms were established, caused by the species *Aphanizomenon flosaquae* in the summer period. The obtained phytoplankton abundance and chlorophyll *a* concentrations indicate high risk level to public health according to the World Health Organization (WHO) recommendations.

KEYWORDS: phytoplankton, abundance, chlorophyll *a*, cyanobacteria, the Gruža Reservoir

UVOD

Akumulaciono jezero Gruža nalazi se u centralnoj Srbiji i nastalo je pregrađivanjem srednjeg toka reke Gruže. To je višenamenska akumulacija sa osnovnom funkcijom vodosnadevanja grada Kragujevca i okoline. Izgradnja brane započeta je 1979., a potpuno je formirana 1985. godine. Dužina akumulacije iznosi oko 10 km (pri najvišem vodostaju), a širina varira od 0,2 do 1,5 km. Površina akumulacije iznosi 934 ha, a njenog sliva 318 km² (Stanković, 2000). Ukupna zapremina akumulacije iznosi 64,6x10⁶ m³, pri punjenju do kote maksimalnog uspora 270 mm, a korisna zapremina 48,4x10⁶ m³ (Milojević i sar., 1995). Akumulaciju karakterišu nepovoljne morfometrijske karakteristike, mala dubina jezera, a velika površina, tako da ima sve uslove za eutrofikaciju. Prve analize planktona su pokazale da je ova akumulacija, iako mlada i tek formirana imala eutrofan status (Kalafatić i Martinović-Vitanović, 1984; Kalafatić i Martinović-Vitanović, 1990). Kasnijim ispitivanjima konstatovana je visoka primarna produkcija tokom cele godine, sa izrazitim maksimumom tokom leta, kada je uočeno i "cvetanje" vode izazvano prenamnožavanjem vrste *Aphanizomenon flos-aquae* (Ranković i Simić, 2005).

MATERIJAL I METODE

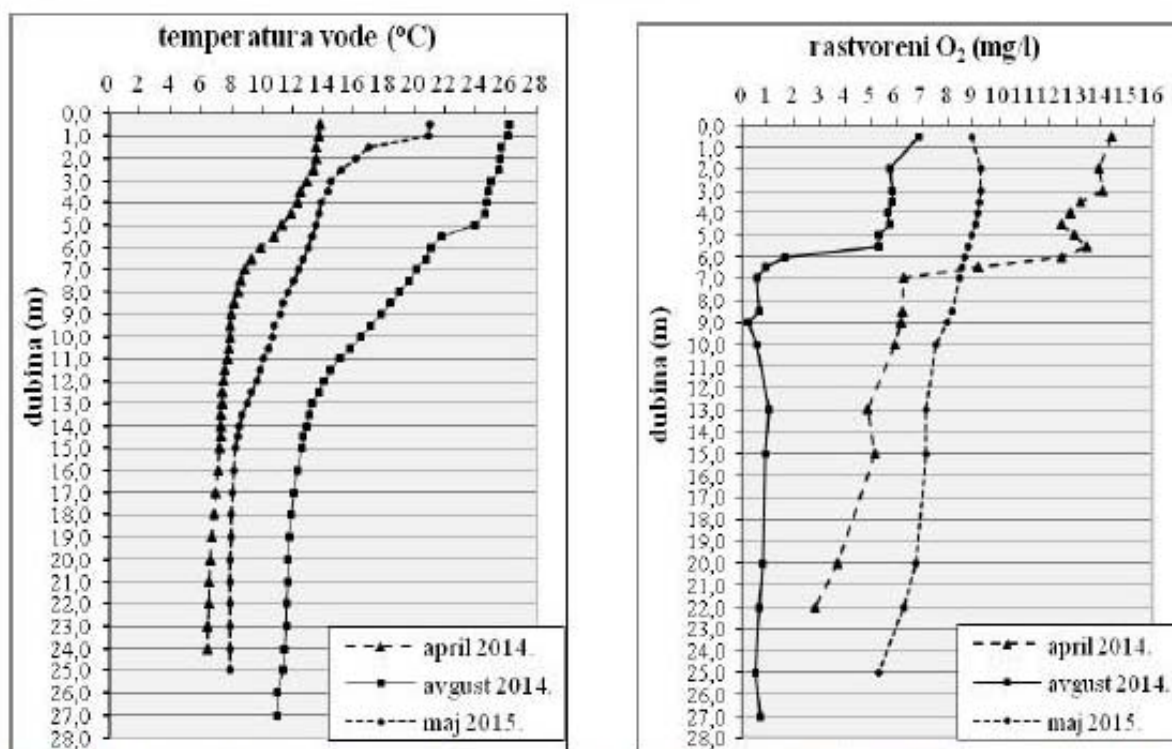
Terenska ispitivanja akumulacije Gruža sprovedena su tokom 2014. i 2015. godine. Sva tri ispitivanja karakteriše termička stratifikacija vode. Nakon preliminarnih terenskih merenja osnovnih fizičko-hemijskih parametara u horizontalnom pravcu u aprilu 2014. godine, odabrano je 5 lokaliteta gde je ispitivanje izvršeno po dubini akumulacije (lokalitet kod brane-A₁, centralni deo akumulacije-B₁ i B₂, lokalitet kod mosta-C₁ i ulaz u akumulaciju-D₁). Lokacije uzorkovanja prikazane su u radu Čađo i sar. (2016). Merenjem temperature vode na svakih 0,5 m dubine, elektrokontaktnim meračem nivoa i temperature vode SEBA, određene su zone epilimniona, metalimniona (termokline) i hipolimniona. U periodu izražene termičke stratifikacije, uzorci za određivanje pH vrednosti, mutnoće, elektroprovodljivosti, rastvorenog kiseonika, procenta zasićenja vode kiseonikom, ukupnih rastvorenih soli, primarnih nutrijenata i hlorofila *a*, uzimani su na svakih 1,5 m u zoni epilimniona, na svakih 0,5 m u zoni metalimniona, a zatim na svakih 1,5 m u zoni hipolimniona do dubine od 15 m, a kasnije na svakih 5 m (uključujući 10 % vrednosti dubine od dna akumulacije). Analiza fizičko-hemijskih parametara obavljena je primenom standardnih analitičkih postupaka po metodama SRPS-ISO.

Algološki materijal prikupljen je korišćenjem planktonske mreže promera okaca 25 µm i hidrobiološke boce. Na svakom lokalitetu, na tri do četiri tačke po dubini, uzeta su po dva uzorka za kvantitativnu analizu fitoplanktona (uzorci su uzeti iz slojeva epilimniona, metalimniona i hipolimniona). Jedan uzorak je fiksiran formaldehidom do finalne koncentracije od 4 %, a drugi Lugolovim rastvorom. Analiza fitoplanktona rađena 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. Za determinaciju algi korišćeni su odgovarajući ključevi. Kvantitativna analiza fitoplanktona rađena je po metodi Utermöhl (1958), prema standardu SRPS EN 15204: 2008.

REZULTATI I DISKUSIJA

Termička stratifikacija vode akumulacije Gruža uspostavljena je u aprilu i trajala je tokom cele vegetacione sezone. Metalimnionski sloj, u aprilu 2014. godine, proteže se od 2,5 do 6,5 m dubine, u avgustu 2014. od 4,5 do 12 m, a u maju 2015. od 1 do 3 m dubine. Termički režim najviše utiče na ostale abiotičke i biotičke faktore. Uspostavljanjem termičke stratifikacije dolazi do stratifikacije rastvorenog kiseonika u vodi. U aprilu je konstatovana pojava supersaturacije u površinskom sloju vode (od 137 % zasićenja vode kiseonikom na 0,5 m dubine do 124 % na 3,5 m dubine), a posle 6 m sadržaj rastvorenog kiseonika opada sa dubinom, da bi pri dnu akumulacije iznosio 2,86 mg/l. U avgustu mesecu i u površinskim slojevima vode smanjen je sadržaj rastvorenog kiseonika u vodi, a već u metalimnionu dolazi do njegovog potpunog deficita (na 6,5 m dubine sadržaj rastvorenog kiseonika u vodi iznosi 0,9 mg/l, a na 9 m ispod 0,5 mg/l), koji se nastavlja i u hipolimnionu. U maju 2015. godine temperaturna stratifikacija je slabije izražena i nije konstatovana kiseonična stratifikacija.

Intenzivna produkcija fitoplanktona u prolećnom periodu uslovlila je povećanje pH vrednosti u površinskom sloju vode (pH preko 9), smanjenje providnosti vode (na većini lokaliteta providnost je oko 1 m, a na ulazu u akumulaciju (lokaliteti D) oko 0,5 m), povećanje sadržaja ukupnog organskog ugljenika u vodi, povećanje BPK₅ i HPK. Deficit kiseonika javlja se kao posledica njegovog utroška na razlaganje organskih materija i respiratorne procese biljnih i životinjskih organizama.



Grafik 1. Raspored temperature vode i rastvorenog kiseonika po dubini, na lokalitetu A₁ 2014/2015.
Chart 1. Distribution of water temperature and dissolved oxygen by depth, at the A₁ site in 2014/2015

Kvantitativnom analizom fitoplanktona konstatovano je prisustvo 108 taksona iz 6 razdela algi (Chrysophyta, Bacillariophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Euglenophyta i Chlorophyta) i Cyanobacteria. Najveću florističku raznovrsnost pokazuju alge razdela Chlorophyta i Bacillariophyta.

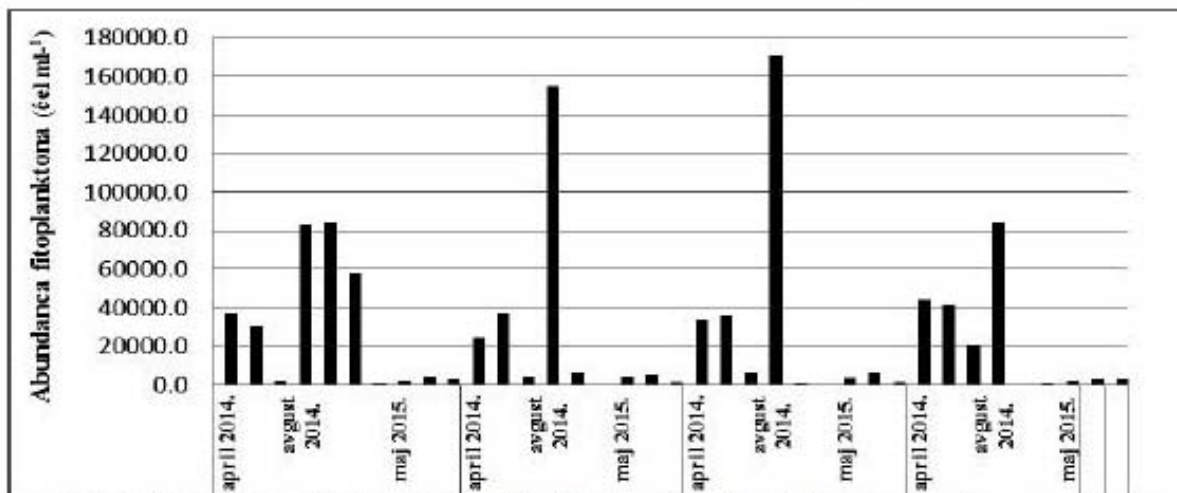
Tabela 1. Taksonomska lista fitoplanktona akumulacije „Gruža“ 2014/2015. godine
Table 1. Phytoplankton taxa list of the Gruža Reservoir in 2014/2015

CYANOBACTERIA	<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Stein em. Deflandre
<i>Dolichospermum flosaquae</i> (Brébisson ex Bornet & Flahault) P. Wacklin, L. Hoffmann & J. Komárek	<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehrenberg
<i>Aphanizomenon flosaquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault	CHLOROPHYTA
<i>Aphanocapsa incerta</i> (Lemm.) Cronberg & Kom.	<i>Selenastrum bibraianum</i> Reinsch
<i>Geitlerinema amphibium</i> (Agardh ex Gom.) Anagn.	<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda
<i>Geitlerinema splendidum</i> (Greville ex Gom.) Anagn.	<i>Ankistrodesmus gracilis</i> (Reinsch) Korš.
<i>Microcystis flos-aquae</i> (Wittrock) Kirchner	<i>Ankyra judayi</i> (G. M. Smith) Fott
<i>Pseudoanabaena limnetica</i> (Lemm.) Kom.	<i>Chlorococcales</i> sp.
CHRYSOPHYTA	<i>Closterium acutum</i> Bréb. var. <i>variabile</i> (Lemm.) Krieg.
<i>Dinobryon divergens</i> Imhof	<i>Closterium limneticum</i> Lemmermann
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenberg	<i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris
BACILLARIOPHYTA	<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli
<i>Acanthoceras zachariasii</i> (Brun) Simonsen	<i>Hariotina reticulata</i> P. A. Dangeard
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing	<i>Neocystis ovalis</i> (Korshikov) Hindák
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	<i>Cosmarium</i> Corda ex Ralfs sp.
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch.) W. West & G. S. West
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	<i>Willea apiculata</i> (Lemmermann) D. M. John, M. J. Wynne & P. M. Tsarenko
<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Nägeli
<i>Cyclotella ocellata</i> Pantocsek	<i>Pseudodidymocystis planctonica</i> (Korshikov) E. Hegewald & Deason
<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W. Smith	<i>Radiococcus polycoccus</i> (Korshikov) I. Kostikov, T. Darienko, A. Lukesová & L. Hoffmann
<i>Cymbella cistula</i> (Ehrenberg) Kirchner	<i>Golenkinia radiata</i> Chodat
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	<i>Hyaloraphidium contortum</i> Pascher
<i>Didymosphaenia geminata</i> (Lyngbye) Schmidt	<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchn.) Moeb.
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	<i>Lagerheimia genevensis</i> (Chodat) Chodat
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kütz.) Lange-Bertalot	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thurs.) Komarkova-Legn.
<i>Fragilaria construens</i> (Ehrenberg) Grunow	<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komarkova-Legn.
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nygaard
<i>Fragilaria ulna</i> sensu Krammer & Lange-Bertalot	<i>Oocystis lacustris</i> Chodat
<i>Fragilariaacus</i> sensu Krammer & Lange-Bertalot	<i>Oocystis marssonii</i> Lemmermann

<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg	<i>Pandorina morum</i> (O.F.Müller) Bory
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Kützing	<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turpin) E.Hegewald
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen
<i>Navicula</i> Bory de St. Vincent sp.	<i>Phacotus lenticularis</i> (Ehrenberg) Stein
<i>Navicula capitata</i> Ehrenberg	<i>Polyedriopsis spinulosa</i> (Schmidle) Schmidle
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	<i>Pseudoquadrigula</i> Lacoste de Diaz sp.
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	<i>Paradoxia multiseta</i> Svirenko
<i>Sellaphora pupula</i> Kützing	<i>Radiococcus nimbatus</i> (De-Wildem.) Schmidle
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	<i>Acutodesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Tsarenko
<i>Nitzschia</i> Hassall sp.	<i>Scenedesmus arcuatus</i> (Lemm.) Lemm.
<i>Nitzschia acicularis</i> var. <i>acicularis</i> (Kützing) W. Smith	<i>Desmodesmus bicaudatus</i> (Dedusenko) P.M.Tsarenko
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	<i>Scenedesmus obtusus</i> f. <i>disciformis</i> (Chodat) Compère
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kütz.) Hantzsch in Rabenhorst	<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenberg) Chodat
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) O. Müller	<i>Desmodesmus intermedius</i> (Chodat) E.Hegewald
CRYPTOPHYTA	<i>Scenedesmus ellipticus</i> Corda
<i>Cryptomonas</i> Ehrenberg sp.	<i>Desmodesmus magnus</i> (Meyen) Tsarenko
<i>Plagioselmis nannoplantica</i> (H. Skuja) G. Novarino, I.A.N.Lucas & S.Morrall	<i>Desmodesmus opoliensis</i> (P.G.Richter) E.Hegewald
<i>Rhodomonas lacustris</i> Pascher & Ruttner	<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp.) Brébisson
DINOPHYTA	<i>Desmodesmus abundans</i> (Kirchner) E.Hegewald
<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F.Müller) Dujardin	<i>Schroederia setigera</i> (Schröder) Lemmermann
<i>Gymnodinium</i> Steinsp.	<i>Staurastrum chaetoceros</i> (Schröder) G. M. Smith
<i>Peridinium</i> Ehrenberg sp.	<i>Staurastrum gracile</i> Ralfs ex Ralfs
EUGLENOPHYTA	<i>Tetrachlorella alternans</i> (G. M. Smith) Korš.
<i>Phacus limnophilus</i> (Lemmermann) E.W.Linton & A.Karnkowska-Ishikawa	<i>Tetraedron caudatum</i> (Corda) Hansgirg
<i>Lepocinclis oxyuris</i> (Schmarda) Marin & Melkonian	<i>Tetraedron minimum</i> (A. Braun) Hansgirg
<i>Euglena viridis</i> (O.F.Müller) Ehrenberg	<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i> (Schröder) Lemm.
<i>Lepocinclis ovum</i> (Ehrenberg) Lemmermann	<i>Tetrastrum triangulare</i> (Chodat) Komárek
<i>Monomorphina pyram</i> (Ehrenberg) Mereschkowsky	<i>Volvox aureus</i> Ehrenberg
<i>Strombomonas acuminata</i> (Schmarda) Deflandre	<i>Cyclotella</i> sp.

U odnosu na prethodna ispitivanja (Ranković i Simić, 2005) utvrđeno je povećanje diverziteta fitoplanktona (1992. godine u akumulaciji je konstatovan 71 takson). Napominjemo da su u Tabeli 1 prikazani samo taksoni konstatovani u kvantitativnim probama, tako da je ukupan broj taksona veći. U prolećnom periodu 2014. godine konstatovana je dominacija silikatnih algi vrsta *Cyclotella ocellata* *Cyclotella* sp. i

subdominacija vrste *Plagioselmis nannoplantica* iz grupe Cryptophyta. U avgustu 2014. ustanovljeno je "cvetanje" vode izazvano vrstom *Aphanizomenon flosaquae*, dok u maju 2015. godine u vodi akumulacije dominiraju centrične silikatne alge, vrste roda *Cyclotella*. Subdominantne u ovom periodu su vrste iz grupa Chlorophyta i Cryptophyta. Kvantitativnom analizom konstatovano je sezonsko variranje abundance fitoplanktona. Najveća brojnost fitoplanktona, na svim lokalitetima, utvrđena je u avgustu mesecu (Grafik 2), a najveći udeo u brojnosti ima vrsta *Aphanizomenon flosaquae*. Na lokalitetu A₁ (brana) najveća brojnost konstatovana je na dubini od 2m (83 722 čel ml⁻¹), na lokalitetima B₁ i B₂ (centralni deo) u površinskom sloju vode (155 014, odnosno 170 390 čel ml⁻¹), a na lokalitetu C₁ (kod mosta), takođe, u površinskom sloju vode (83 744 čel ml⁻¹).

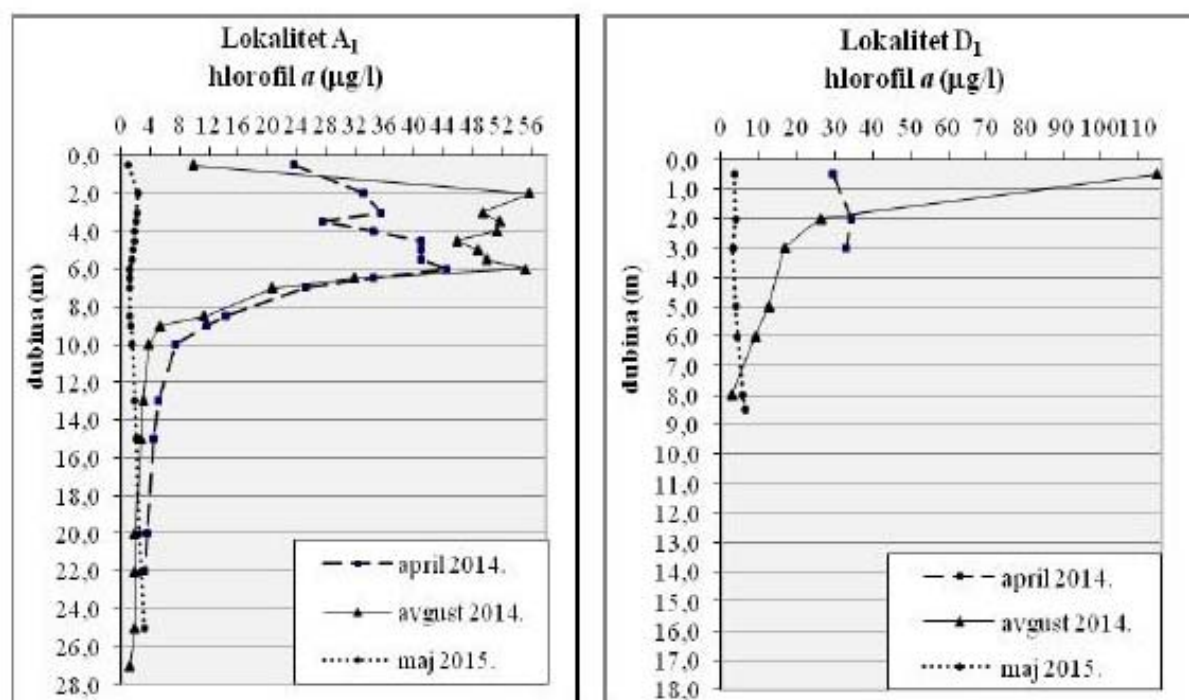


Grafik 2. Abundanca fitoplanktona na lokalitetima akumulacije Gruža u različitim periodima ispitivanja

Chart 2. Phytoplankton abundance at the sites of the Gruža Reservoir in different periods of investigation

Hiperprodukcija fitoplanktona konstatovana je na ulazu u akumulaciju, naročito na lokalitetu D₂ (posle mosta), 3 301 457 čel ml⁻¹, što višestruko prevazilazi sve ostale vrednosti (ovaj lokalitet zbog velikih vrednosti nije prikazan na Grafiku 2). Ako se abundanca cijanobakterija izrazi kao broj ind. L⁻¹, radi poređenja sa ispitivanjima iz 1988. i 1992. godine (Ranković i Simić 2005), može se konstatovati da je ona kod brane 3 puta povećana (709 000 ind. L⁻¹ u avgustu 1992., a 2 184 000 ind. L⁻¹ u avgustu 2014.). U centralnom delu akumulacije abundanca cijanobakterija je 6 puta povećana u odnosu na 1992. godinu (sa 695 000 ind. L⁻¹ na 4 416 000 ind. L⁻¹), a na ulazu u akumulaciju čak 150 puta (sa 577 000 ind. L⁻¹ na 86 832 000 ind. L⁻¹). Maksimum hlorofila *a*, na najdubljoj tački kod brane, konstatovan je u avgustu mesecu na 2 m dubine (55,7 µg L⁻¹), a na ulazu u akumulaciju u površinskom sloju vode (114,6 µg L⁻¹, Grafik 3). Vrsta *Aphanizomenon flosaquae*, uzročnik "cvetanja" vode potencijalno može da luči različite vrste cijanotoksina: saksitoksin, neosaksitoksin i mikrocistin, koji su veoma opasni za sav živi svet u vodi i čoveka. Prema Smith i sar. (1995) odnos ukupnog azota i ukupnog fosfora (TN:TP) u vodi jezera ispod 10:1 (22:1 molarni) favorizuje dominaciju azotofiksatorskih cijanobakterija. Ova pojava je potvrđena u akumulaciji „Gruža”. Odnos rastvorljivih formi azota i fosfora

ispod 10:1, takođe, utiče na pojavu azotofiksatorskih cijanobakterija, a taj odnos je konstatovan u akumulaciji „Gruža”. Visoke temperature vode, preko 23 °C, takođe, favorizuju prenamnožavanje ove vrste (temperatura vode u površinskom sloju u avgustu 2014. iznosila je 26,2 °C, što se poklapa sa prethodnim ispitivanjima (Ranković i Simić, 2005). Cijanobakterijsko "cvetanje" u umereno dubokim, stratifikovanim, eutrofnim jezerima obično se sastoji od azotofiksatorskih taksona, uključujući rodove *Anabaena* i *Aphanizomenon* (Paerl i sar., 2001). Ovi rodovi familije Nostocaceae su jaki kompetitori za resurse u uslovima limitacije azotom, zato što mogu fiksirati novi azot iz N_2 , gasovite forme neorganskog azota koji nije dostupan drugim vrstama fitoplanktona (Horne, 1979). Prema modelu McQueen i Lean (1987) verovatnoća "cvetanja" cijanobakterija je veoma visoka kada temperatura vode prelazi 21 °C i kada je odnos nitrarnog azota i ukupnog fosfora $NO_3-N:TP < 5:1$. Takva situacija konstatovana je u akumulaciji „Gruža” u avgustu 2014. Isti uslovi postojali su i u maju 2015., ali tada je brojnost fitoplanktona iznosila manje od 5000 ćel ml^{-1} , što se može objasniti biotičkim interakcijama, PEG (Plankton Ecology Group) modelom. Posle prolećnog maksimuma fitoplanktona populacije planktonskih herbivora se eksponencijalno uvećavaju do tačke u kojoj tempo ispaše prevazilazi brzinu reprodukcije fitoplanktona. Kao posledica herbivorne ispaše, biomasa fitoplanktona se brzo smanjuje do vrlo niskih vrednosti i nastupa ravnotežna faza "bistre vode" koja se održava sve dok se nejestive algalne vrste ne razviju u značajnom broju. Brojnost cijanobakterija i koncentracija hlorofila *a* u akumulaciji namenjenoj za vodosnabdevanje ukazuju na opasnost visokog rizika po zdravlje stanovništva prema preporukama SZO.



Grafik 3. Raspored hlorofila *a* po dubini, na lokalitetima A₁ i D₁ akumulacije „Gruža“ 2014/2015. god.
Chart 3. Distribution of chlorophyll *a* by depth, at the A₁ and D₁ sites of the Gruža Reservoir in 2014/2015

LITERATURA

- Agencija za zaštitu životne sredine (2015). Rezultati ispitivanja kvaliteta površinskih i podzemnih voda za 2014. godinu, Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine, Beograd.
- Kalafatić, V., Martinović-Vitanović V. (1984). Rezultati biološke analize uzoraka vode za potrebe Fonda za izgradnju vodovodnog sistema Gruža, Kragujevac-Elaborat za Fond Kragujevac.
- Martinović-Vitanović V., Kalafatić, V. (1990). Classification of some reservoirs in Serbia (SFR Jugoslavija) based on analysis of plankton species as indicators of trofic conditions. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* 33, 831-837 pp.
- Čađo, S., Đurković, A., Denić, Lj., Dopuđa Glišić, T. Novaković, B., Stojanović, Z., Veljković, N. (2016). Ocena ekološkog potencijala akumulacionog jezera Gruža, Zbornik radova "VODA 2016".
- Ranković, B., Simić, S. (2005). Fitoplankton akumulacionog jezera Gruža, Monografija "Akumulaciono jezero Gruža", Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac.
- Smith, V.H., Bierman, V.J., Jones, B.L., Havens, K.E. (1995). Historical trends in the Lake Okeechobee ecosystem IV. Nitrogen:phosphorus ratios, cyanobacterial dominance, and nitrogen fixation potential. *Archiv für Hydrobiologie, Monographische Beitrage* 107, 71-88 pp.
- Stanković, S.M. (2000). Jezera Srbije. Limnološka monografija. Srpsko geografsko društvo, Beograd.
- Milojević M., Ljubisavljević, D., Đukić, A. (1995). Hipolimnetička aeracija akumulacije "Gruža", Simpozijum "Akumulacije kao izvorišta za snabdevanje vodom", Leskovac. Zbornik radova, 185-197 pp.
- Paerl, H.W., Fulton, R.S., Moisander, P.H., Dyble, J. (2001). Harmful freshwater algal blooms, with an emphasis on cyanobacteria. *The Scientific World Journal* 1, 76-113 pp.
- Horne, A.J. (1979). Management of lakes containing N₂-fixing blue-green algae. - *Arch. Hydrobiol.* 13, Beih. Ergebn. Limnol. II: 133-144 pp.
- McQueen, D. J., Lean, D.R. (1987). Influence of Water Temperature and Nitrogen to Phosphorus Ratios on the Dominance of Blue-Green Algae in Lake St. George, Ontario, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1987, 44(3): 598-604 pp.