

Radojević I., Roganović S., Čomić Lj., Ostojić A. 2009. Mikrobiološka studija akumulacije Bovan. 38. *Konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda VODA 2009*, Zlatibor. Zbornik radova, 81-86.

MIKROBIOLOŠKA STUDIJA AKUMULACIJE BOVAN

Ivana Radojević, Slobodanka Roganović, Ljiljana Čomić, Aleksandar Ostojić

Prirodno-matematički fakultet, Radoja Domanovića 12, 34000 Kragujevac
e-mail: ivana@kg.ac.rs

REZIME

Akumulaciono jezero Bovan je izgrađeno na reci Moravici, blizu Aleksinca, prvenstveno za potrebe vodosnabdevanja. Istraživanja su obavljena u periodu jun 2005. - decembar 2006. godine sa ciljem da se utvrde kvalitet vode i sastav i dinamika zajednice mikroorganizama. Rezultati istraživanja su pokazali da prema ukupnom broju bakterija voda u akumulaciji Bovan spada u kategoriju čistih voda po Amrazi (1976). Na osnovu kategorizacije po Kohl-u (1975), voda akumulacije Bovan spada u II klasu sa letnjim maksimumima koji izlaze iz okvira II klase i daju vodi karakteristike II- III klase. Indeks T/H varira od kategorije umereno zagađenih do kategorije čistih voda. Vrednosti procentualne zastupljenosti heterotrofa u ukupnom broju bakterija ukazuju na opterećenje vode organskim materijama.

KJUČNE REČI: akumulacija, mikroorganizmi, kvalitet vode

MICROBIOLOGICAL STUDY OF THE BOVAN RESERVOIR

ABSTRACT

The Bovan reservoir is built on the river Moravica, near Aleksinac, primarily for the purpose of water supply. Investigations were carried out in the period of June 2005. - December 2006. with the aim to determine the quality of water, the composition, spatial and time dynamics of communities of microorganisms. The results showed that according to the total number of bacteria in the water reservoir Bovan fall into the category of clean water by Amrazena (1976). By Kohl's (1975), water accumulation Bovan belongs to class II. Summer-time give maximum water characteristics II-III class. Index T/H varies from category to category moderately contaminated clean water. Values heterotrofa percentage representation in the total number of bacteria indicating the great burden of water organic matter.

KEYWORDS: reservoir, microorganism, water quality

UVOD

Akumulaciono jezero Bovan je izgrađeno na reci Moravici, blizu Aleksinca, podizanjem zemljišne brane 1978. god. Punjenje akumulacije završeno je 1984. Maksimalna dužina iznosi 7,5 km na koti 261,50 mm. Površina na istoj koti iznosi 4,15 km². Prosečna širina je 550,00 m, a ukupna zapremina je 58,75 x 10⁶ m³. Maksimalna dubina akumulacije iznosi 33 m na lokalitetu brana [8]. Akumulacija je namenjena za potrebe vodosnabdevanja i odbrane od poplava. Nalazi se sa leve strane saobraćajnog puta Aleksinac-Soko Banja, a sa desne strane se nalaze lokalni putevi do vikend naselja Bovan i drugih sela, pa je samim tim akumulacija izložena jakim antropogenim uticajima.

Mikrobiološka ispitivanja kvaliteta površinskih voda čine značajan segment opšteg interesovanja za očuvanje vodenih ekosistema kao potencijalnih izvora vodosnabdevanja [4].

MATERIJAL I METODE

Istraživanja na akumulaciji Bovan obavljena su u periodu od juna 2005. do decembra 2006. godine sa ciljem da se utvrdi:

- kvalitet vode Bovanskog jezera na osnovu fizičko-hemijskih i mikrobioloških parametara
- sastav, prostorna i vremenska dinamika zajednice mikroorganizama, njihova uslovljenost kvalitetom ekoloških faktora i antropogenim delovanjem.

Uzimanje uzoraka vode vršeno je u periodu od juna 2005. do decembra 2006. god., tri puta u toku meseca. Uzorci su uzimani na lokalitetu tzv. Brana, na dubinama od 0,5 m, 10 m i 30 m, radi dobijanja slike vertikalnog rasporeda zajednice mikroorganizama. Uzorci vode su uzimani od površine ka dnu Ruttner-ovom bocom zapremine 2 l. Uzorci za hemijsku i mikrobiološku analizu uzimani su paralelno. Obrada uzoraka vršena je u laboratoriji postrojenja za preradu vode "Bresje" i u Higijenskom zavodu u Nišu, odmah posle uzorkovanja. Od fizičkih parametara mereni su: temperatura vode (živinim termometrom), dubina (baždarenim kanapom sa tegom) i providnost (Secchi diskom). Od hemijskih parametara određivani su: nitrati, nitriti, amonijak, fosfati, količina rastvorenog kiseonika, BPK₅, pH vrednost i elektroprovodljivost. U okviru mikrobioloških istraživanja akumulacije Bovan određivan je: ukupan broj bakterija (T), broj aerobnih heterotrofa (H), indeks T/H, procentualno učešće heterotrofa u ukupnom broju bakterija, broj fekalnih koliformnih bakterija (*Escherichia coli* i vreste iz rodove *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia* i *Citrobacter*). Ukupan broj bakterija je određivan metodom membranske filtracije [5], dok je izračunavanje broja mikroorganizama u 1 cm³ vršeno primenom formule Rodina [6]. Izvršena je kategorizacija vode na osnovu ukupnog broja bakterija po Ambrazeni [1]. Broj aerobnih heterotrofa određivan je primenom indirektnih metoda gajenja na čvrstim hranljivim podlogama. Zasejane podloge su inkubirane sedam dana na 22⁰ C. Nakon inkubacionog perioda brojane su sve izrasle kolonije, a brojnost preračunavana na 1 cm³ vode. Na osnovu broja aerobnih heterotrofa vršena je klasifikacija vode po Kohl-u [3]. Određivan je indeks T/H koji predstavlja odnos ukupnog broja bakterija i broja heterotrofa [4], kao i procentualno učešće heterotrofa u ukupnom broju bakterija koje pokazuje stepen organskog opterećenja akumulacije [4]. Određivan je najverovatniji broj koliformnih bakterija uz identifikaciju vrsta iz rodova *Esherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia* i *Citrobacter* na selektivnim podlogama [7].

REZULTATI I DISKUSIJA

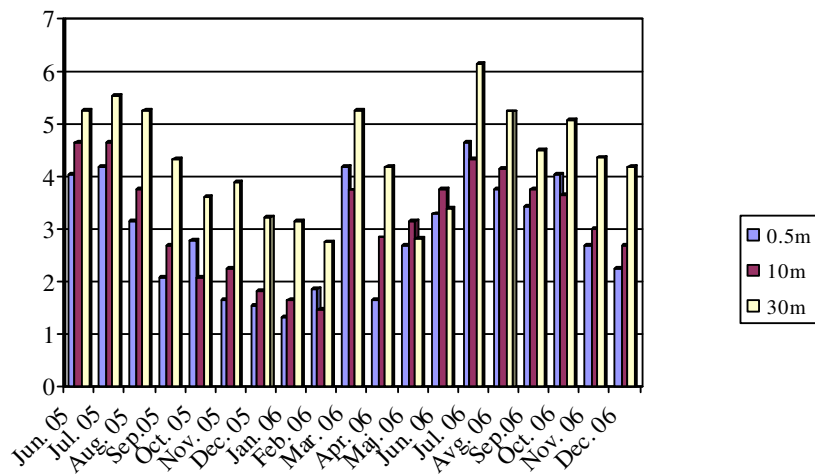
Fizičko-hemijska svojstva vode akumulacionog jezera Bovan

Najviše temperature vode zabeležene su u junu, julu i avgustu 2005. i u julu, avgustu i septembru 2006. sa maksimalnom vrednošću od 25,4 °C na dubini od 0,5 m. Najniža temperatura vode zabeležena je u januaru 2006. kada je iznosila 4,2 °C na dubini od 10 m. Ako pratimo vrednosti temperature vode možemo zapaziti da dolazi do pravilne smene u pojedinim godišnjim dobima, zapaža se jasna stratifikacija gde u letnjim mesecima imamo formiranje tri sloja, površinski sa najvećom temperaturom, središnji sa nešto nižom temperaturom i sloj vode blizu dna sa konstantnom temperaturom. U toku zimskog perioda voda na površini ima jako niske vrednosti temperature (delovi jezera su zaleđeni), što je rezultat niskih temperatura vazduha. Zahvaljujući ovakvom temperaturnom režimu, za Bovansku akumulaciju možemo reći da je dimiktična [9]. Providnost vode merena je od juna do decembra 2006. Maksimalna providnost izmerena je u decembru 2,3 m, a minimalna u avgustu 0,7 m. pH reakcija vode kretala se u intervalu od 6,7 – 8,05. Najniža vrednost izmerena je u avgustu 2005. na dubini od 30m, a najviša u aprilu 2006. Koncentracija rastvorenog kiseonika je imala promenljive vrednosti u zavisnosti od meseca u kom su vršena uzorkovanja, kao i od dubine sa koje je

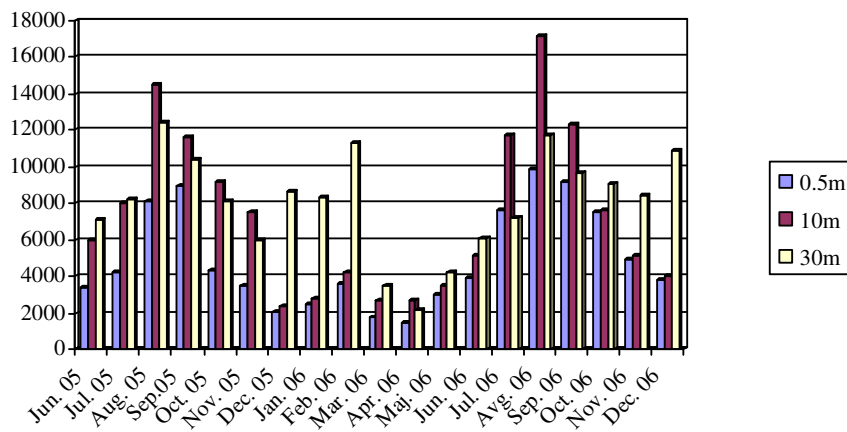
uziman uzorak. Praćenje ovog parametra daje jasniju sliku o kvalitetu vode jer stepen zasićenosti vode kiseonikom predstavlja jedan složen odnos između potrošnje u procesu disanja i mineralizacije, i obnavljanja u procesu fotosinteze i razmene sa atmosferom. Distribucija kiseonika se ogleda u njegovom smanjenju sa porastom dubine i promenama temperature vode [2]. Vrednosti koncentracije rastvorenog kiseonika u akumulacionom jezeru Bovan kretale su se od maksimalnih 12,1 mg/l u februaru 2006. na dubini od 0,5 m, do minimalnih 0,7 mg/l u septembru na dubini od 30 m iste godine. Biološka potrošnja kiseonika u akumulacionom jezeru Bovan varirala je od maksimalnih 3,8 mg/l u avgustu 2005. na dubini od 0,5 m do minimalnih 0,1 mg/l u decembru 2005. i 2006. na dubini od 30 m. Prosečne mesečne vrednosti elektroprovodljivosti kretale su se od 405,44 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (oktobar 2006.), do 493,22 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (mart 2006.). Veće vrednosti elektroprovodljivosti zapažaju se u letnjim i zimskim mesecima, kao i na većim dubinama. Prosečna vrednost ukupnog fosfora za celokupni ispitivani period iznosi 72,9 mg/l što ovo jezero svrstava u kategoriju eutrofnih voda. U pojedinim mesecima (avgust i oktobar 2005., mart, april i oktobar 2006.) je vrednost ovog parametra veća i zalazi u oblast hipertrofije. Vrednosti karakteristične za mezotrofnu akumulaciju zapažaju se u julu i septembru 2005 i iznose 26 odnosno 28 mg/l. Prosečne mesečne vrednosti fosfata kretale su se od 0,026 mg/l (septembar 2005.) do 0,115 mg/l (april 2006.). Najniža vrednost tokom čitavog ispitivanja iznosila je 0,006 mg/l (avgust 2005.), a najviša 0,1 mg/l. Azot se u prirodi nalazi u sastavu proteina i nekih drugih organskih jedinjenja, koji se u procesu amonifikacije razlažu do amonijaka. U vodi može dospeti i u vidu nitrata preko azotnih đubriva i kanizacionih otpadnih voda. Nitriti nastaju u procesu oksidacije amonijaka. Prosečne mesečne vrednosti amonijaka kretale su se od 0,023 mg/l (mart 2006.), do 0,463 mg/l (avgust 2005.). U nekim merenjima nije zabeleženo njegovo prisustvo, dok je najviša vrednost iznosila 1,48 mg/l. Prosečne mesečne vrednosti nitrata kreću se u intervalu od 0,62 mg/l (septembar 2006.), do 4,48 mg/l (mart 2006.). Najniža vrednost nitrata iznosi 0,005 mg/l, a najviša 4,9 mg/l. Variranje koncentracije nitrita kretalo se od minimalnih 0,005 mg/l (januar i februar 2006), do maksimalnih 0,203 mg/l (jul 2005). Najveća zabeležena vrednost tokom ispitivanog perioda je 0,4 mg/l.

Mikrobiološka svojstva vode akumulacionog jezera Bovan

Ukupan broj bakterija u vodi akumulacije Bovan pokazuje jasna sezonska variranja. Kretao se od maksimalnih 6.15×10^6 u julu 2006. do minimalnih 1.35×10^6 u januaru 2006. (slika 1). Po sezonskoj distribuciji maksimalne vrednosti zabeležene su u letnjim mesecima, a najmanje u toku zime. Što se tiče vertikalne distribucije, najveći broj bakterija zabeležen je u kontaktnom sloju voda-mulj. Na osnovu kategorizacije prema Ambrazeni [1], akumulacija Bovan spada u kategoriju čistih voda. Heterotrofi predstavljaju početnu kariku u lancu razgradnje organske materije. Za njih je organska materija izvor ugljenika i izvor energije [4]. Prosečne vrednosti heterotrofa kretale su se od minimalnih $1430/\text{cm}^3$ u aprilu 2006. na dubini od 0,5 m, do maksimalnih $17200/\text{cm}^3$ u avgustu 2006. na dubini od 10 m (slika 2). Zapaža se da je broj heterotrofa znatno veći u letnjim mesecima što može biti rezultat pojačanog priliva otpadnih voda iz okolnih vikend naselja. Maksimalne vrednosti ovih bakterija zabeležene su uglavnom u kontaktnom sloju voda-mulj što predstavlja rezultat intenzivnih biohemijskih procesa između slobodne vode i sedimenta. Indeks T/H je mikrobiološki parametar na osnovu koga može da se izvrši klasifikacija vode, a predstavlja odnos ukupnog broja bakterija određenog direktnim metodama i broja heterotrofa (H), određenog odgajivačkom metodom [4]. Vrednosti indeksa kreću se od 1 do preko 1000 i predstavljaju stepen zagađenosti, odnosno čistoće vode. U Bovanskoj akumulaciji indeks T/H varirao je od minimalnih 232,76 u septembru 2005. do maksimalnih 2386 u martu 2006. (slika 3). Vrednosti ovog indeksa varirale su od kategorije umereno zagađene do kategorije čistih voda. Niske vrednosti zapažene su u letnjim mesecima, a visoke u zimsko-prolećnom periodu. Prosečne vrednosti procentualnog učešća heterotrofa u ukupnom broju bakterija u akumulaciji Bovan, kretale su se od minimalnih 0,06 % u martu 2006. god. do maksimalnih 0,34% u septembru 2006. god.



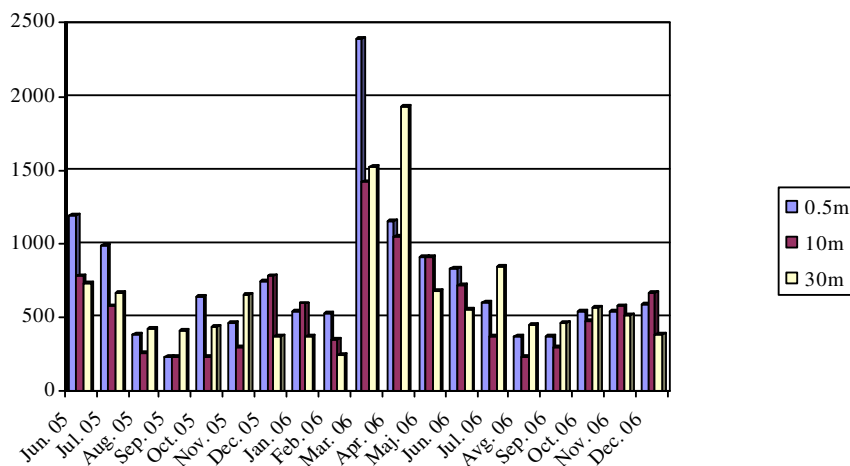
Slika 1. Prosečne vrednosti ukupnog broja bakterija po mesecima uzorkovanja, na različitim dubinama
 Figure 1. Average value of the total number of bacteria by sampling period, at different depths



Slika 2. . Prosečne vrednosti heterotrofa po mesecima uzorkovanja, na različitim dubinama
 Figure 2. Average value of heterotroph by sampling period, at different depths

Sa higijenskog aspekta, za procenu kvaliteta akumulacija za vodosnabdevanje, posebno mesto ima prisustvo koliformnih bakterija kao potencijalno patogenih vrsta. Istraživanja vršena 2005-2006. godine pokazala su prisustvo koliformnih vrsta iz rodova *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*. Istraživanjem je dokazan povećan broj koliformnih bakterija (*E. coli*) u julu i avgustu 2005. i 2006. godine ($>161/\text{cm}^3$). U istim mesecima zapaženo je i povećano prisustvo streptokoka fekalnog porekla. *Streptococcus faecalis* je nađen u povećanom broju i tokom septembra i oktobra 2006. godine. Drastično opadanje broja fekalnih koliformi zapaženo je u zimskim mesecima ($24/100 \text{ cm}^3$). Identifikovane bakterije se smatraju specifičnim indikatorima fekalnog zagađenje, humanog porekla, a njihova primarna vrednost je u proceni kvaliteta vode. Sezonska dinamika koliformnih bakterija je u vezi sa povećanim antropogenim uticajem, posebno tokom leta kada se povećava i prisustvo stanovništva u vikend naselju na priobalju. Kvalitet vode je, takođe, u vezi sa nedovoljnom zaštitom

jezera pa je imperativ uspostavljanje zona sanitarne zaštite i kontrola aktivnosti unutar njih. Najzad, postojeći sistem monitoringa nije dovoljno efikasan i ne omogućava uvid u realno stanje.



Slika 3. Prosečne vrednosti indeksa T/H po mesecima uzorkovanja, na različitim dubinama
Figure 3. Average value of index T / H by sampling period, at different depths

ZAKLJUČAK

Na osnovu fizičko-hemijskog i mikrobiološkog ispitivanja vode Bovanske akumulacije vršenog u periodu jun 2005. - decembar 2006. god. može se zaključiti da:

- na osnovu vrednosti temperature akumulaciono jezero Bovan pripada grupi dimiktičnih jezera;
- pH vrednost vode je, sem povremenih blagih odstupanja, neutralna;
- sadržaj amonijaka je, uglavnom, u granicama određenim normativima, izuzev tokom leta (jul, avgust). Leti, u uslovima povećane temperature vode, nedostatka kiseonika i intenziviranja mineralizacije organske materije povećava se i sadržaj amonijaka;
- vrednosti nitrata su povećane u toku proleća i u kasnom letnjem periodu kao verovatna posledica antropogenih aktivnosti (poljoprivredne aktivnosti u priobalju, povećan uticaj kanalizacionih voda);
- na osnovu kategorizacije prema Ambrazenu, akumulacija Bovan spada u kategoriju čistih voda;
- na osnovu mikrobioloških pokazatelja, voda akumulacije Bovan, po Kohl-u, pripada II klasi boniteta sa letnjim maksimumima koji izlaze iz okvira II klase i daju vodi karakteristike II- III klase;
- indeks T/H za vodu ove akumulacije varira od kategorije umereno zagađenih do kategorije čistih voda;
- dokazan je povećan broj koliformnih bakterija (*E. coli*), kao i povećano prisustvo streptokoka fekalnog porekla naročito u letnjim mesecima, što je vezi sa povećanim antropogenim uticajem, posebno tokom leta kada se povećava i prisustvo stanovništva u vikend naselju na priobalju.

Svi navedeni podaci ukazuju da je akumulacija Bovan izložena velikom organskom zagađenju i da trpi antropogeni uticaj. Pošto akumulacija Bovan podmiruje potrebe stanovništva pijaćom vodom na teritoriji opštine Aleksinac postoji potreba da se antropogeni uticaj što više smanji, kao i da se

uspostavi adekvatan sistem monitoringa na osnovu koga je moguće preduzeti mere zaštite i unapređenja kvaliteta.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je urađen u okviru projekta TM 22001 koji finansira Ministarstvo nauke Republike Srbije

LITERATURA

[1] АМБРАЗЕНЕ Ж. П. (1976): Количественные взаимоотношение микроорганизмов и их использование для оценки загрязнености речных вод. Журнал общей биологии, 37, 3: 416–425.

[2] ČOMIĆ LJ. (1989): Mikrobna populacija vode u slivu i akumulaciji Gruža. Doktorska disertacija.PMF.Univerzitet u Kragujevcu pp.155

[3] KOHL W. (1975): Uber die Bedeutung Bakteriologisher Untersuchungen fur die Beispiel der Osterreich Donau. Arch Hydrobiol., 44, 4, 392–461.

[4] PETROVIĆ O., GAJIN S., MATAVULJ M., RADNOVIĆ D., SVIRČEV Z. (1998): Mikrobiološko ispitivanje kvaliteta površinskih voda. Institut za biologiju, Novi sad, 122 pp.

[5] РАЗУМОВ А. С. (1932): Прямой метод учёта бактерии в воде. Сравнение его с методом Коха. Микробиология Москва, 1 (2), 131–139.

[6] РОДИНА Г. А. (1965): Методы водной микробиологии. Изд. "Наука", Москва – Ленинград.

[7] ŠKUNCA-MILOVANOVIĆ S., FELIKS R., ĐUROVIĆ B. (1990): Voda za piće. Standardne metode za ispitivanje higijenske ispravnosti. Savezni zavod za zdravstvenu zaštitu, NIP "privredni pregled", Beograd.

[8] TOMIĆ P., SUBOTIN I., GAGIĆ T. 2003. Hidroakumulacije kao turistički potencijal. U: Ivanc A., Miljanović B. Hidroakumulacije, multidisciplinarni pristup održivom razvoju. Monografija. Novi Sad. 313 -321

[9] WETZEL R. G. 1983. Limnology, W.B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto. pp.743