
Nevena Andrić, Nikola Koković

Kvalitet vode Gružanskog jezera

Tokom aprila, maja i juna 2005. godine izvedeno je hidrohemijsko i hidrološko istraživanje da bi se ispitalo kvalitet vode površinske akumulacije Gruže (PAG) i uporedile sa ranijim istraživanjima. Uzeto je po 6 uzoraka sa 5 lokacija u vremenskom periodu od 16. 04. do 14. 06. Dobijeni rezultati ukazuju na veće koncentracije od dozvoljenih koncentracija Mn, Fe, NO₂⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻ i vrednosti BPK₅ zbog čega ova voda pripada III klasi, dok je prema ranijim istraživanjima pripadala II klasi. Poreklo mangana i gvožđa u vodi se vezuje za geološku građu terena. Kanalizacioni izlivi bitno utiču na koncentracije fosfata. Nakon padavina vrednosti ovih jona još više povećavaju.

Uvod

Jezero Gruža se nalazi u jugozapadnoj Šumadiji, 20 km jugozapadno od Kragujevca. Prostire se između Rudnika na severu, Gledičkih planina na istoku, Kotlenika i Ješevca na zapadu i Zapadne Morave na jugu.

Klima istražnog područja je umereno kontinentalna. Prosečna godišnja temperatura je 10°C sa maksimumom u julu 21.1°C i minimumom u januaru 0.9°C. Ukupna količina padavina godišnje iznosi 800 mm. Najviše padavina se izluči u junu – 102 mm, a najmanje tokom oktobra – 34 mm.

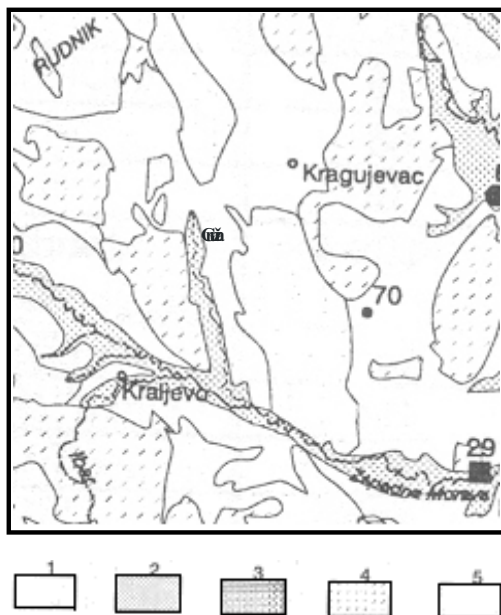
Za potrebe vodosnabdevanja grada Kragujevca pregrađivanjem reke Gruže kod mesta Tučački Naper u Kničkom polju 1985. godine formirana je površinska akumulacija Gruža (PAG). Dužina jezera iznosi 10 km, a širina 2 km. Akumulaciju vodom snabdevaju pritoke Boračka reka, Gruža, Izvorac, Đurđevac i Čurkovac.

Geološke karakteristike. Područje sliva reke Gruže je izgrađeno od sedimenata mezozojske i kenozojske starosti i kredno-tercijarnih eruptivnih stena. Mezozojski sedimenti su predstavljeni donjokrednim i gornjo-krednim flišem. Flišne tvorevine su sastavljene od laporaca, glinovito-konglomeratičnih peščara, sa proslojcima krečnjaka. Ove tvorevine izgrađuju Gledičke planine u istočnom delu terena. Neogene sedimente predstavljaju miocenske sedimentne stene: konglomerati, krečnjaci, gline i pliocenske stene (gline, krečnjaci, konglomerati i peščari). Ove stene izgrađuju centralni deo istražnog područja. Kvartarne tvorevine predstavljene su aluvijalnim nanosima peska, šljunka i gline. Kredno-tercijarni vulkaniti predstavljeni su andenzitima, dacitima, bazaltima, kvarclatitima i njihovim piroklastitima – vulkanskim brečama, tufovima i tufitima. Kvarclatiti i bazalti izgrađuju padine Rudnika, a građu Kotlenika i Ješevca čini dacitsko-andezitski izliv. U miocenskim sedimentima česta je pojava dendrita i oolita koji su izgrađeni od piroluzita, manganita i psilomelana, hidrotermalnog porekla. I vulkaniti su takođe pretrpeli hidrotermalne izmene, pa se i u njima javljaju manganovi minerali hidrotermalnog porekla. Minerali Fe (hornblenda, augit, biotita) izgrađuju ove stene, kao primarni petrogeni minerali, dok se magnetit i pirit javljaju kao akcesorni ili sporedni (TOKG, list Kraljevo 1968).

Hidrogeološke karakteristike. Na istražnom području se mogu izdvojiti pukotinski, zbijeni i karstno-zbijeni tip izdani. Zbijeni tip izdani zastupljen je u aluvijalnim naslagama u centralnom delu istražnog područja. Pukotinski tip izdani se javlja u vulkanitima u severozapadnom i zapadnom delu istražnog područja. Karstno-zbijeni tip izdani javlja se u krednim i miocenskim sedimentima u centralnom delu terena (slika 1). Izdani se prihranjuju infiltracijom atmosferskih voda i voda površinskih tokova (Dokmanović 1999).

Nevena Andrić (1988), Kragujevac, Save Dimitrijevića 64, učenica 2. razreda I kragujevačke gimnazije

Nikola Koković (1987), Kragujevac, Milovana Gusića 31, učenik 2. razreda, II kragujevačke gimnazije



Slika 1. Hidrogeološka karta Gružanske kotline (Prema Dokmanović 1999)

Figure 1. Hydrogeological map of Gruža's valley.

Ranija istraživanja. Od nastanka pa do danas akumulacija Gruža bila je predmet brojnih proučavanja. Istraživanja koja je vršio Randel Mihajlović sa saradnicima 1983. i 1986. godine pokazala su da voda nije zagađena fenolima, pesticidima i veštačkim đubrivima, a da su u letnjim mesecima povećane koncentracije amonijum jona i mangana. (Mihajlović 1986) Čomić (1989) je ispitujući mikrobnu populaciju između ostalog ustanovila jako niske koncentracije O_2 koje dosežu i do anaerobije. N. Marijanović i R. Pudar su 1990. godine istakli akumulaciju kao primer akumulacije u kojoj se javljaju povećane koncentracije gvožđa i mangana (Čomić 1989).

M. Vukašinić i saradnici su ispitivali uticaj otpadnih voda klanice na Vračevšnici na kvalitet vode PAG. Utvrdili su povećane koncentracije mangana, amonijum jona, nitrata i BPK_5 (Vukašinić 1993) N. Jovičić i saradnici ustanovili su visoke koncentracije mangana, gvožđa, žive i olova (Jovičić 1995).

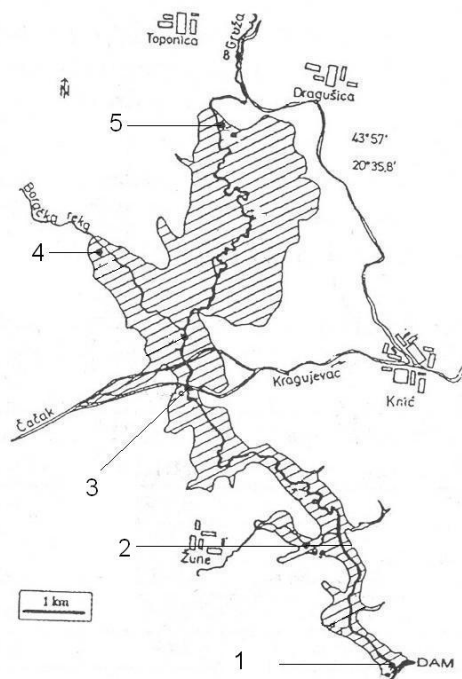
Randel Mihajlović 2003. godine je sa saradnicima objavio rezultate ispitivanja hemijskog sastava vode Gružanskog jezera. Na osnovu povećanih

koncentracija mangana, gvožđa, fosfata i BPK zaključio je da voda pripada II klasi (Mihajlović i saradnici 2003).

Cilj istraživanja. Istraživanje je obuhvatilo hemijsku analizu vode Gružanskog jezera u cilju utvrđivanja kvaliteta vode. Tokom istraživanja došlo je do izlučivanja padavina, što je indukovalo naglu promenu hemijskog sastava vode. Cilj našeg daljeg istraživanja je bio da se utvrdi u kojoj meri padavine utiču na promenu hemijskog sastava vode u odnosu na sušni period. Dobijeni rezultati poređeni su sa rezultatima ranijih istraživanja u cilju praćenja promene kvaliteta vode jezera od njegovog formiranja.

Materijal i metode

U istraživanju primenjene su osnovne hidrološke i hidrohemijske metode (Dimitrijević, Papić 1989). Uzorci su uzimani sa 5 lokacija. Pri izboru mesta uzimanja uzoraka vodilo se računa da budu



Slika 2. Lokacije uzorkovanja vode.

Figure 2. Locations of sampled water

ravnomerno zastupljeni svi delovi jezera, i oni koji svojom specifičnošću mogu da izazovu promenu hemizma vode (slika 2).

Uzeto je po 6 uzoraka na svakoj stajnoj tački u periodu od 16. 04. do 14. 06. Od 19. 05. do 21. 05, 06–09. 06. i 11–13. 06. padala je kiša, pa je uzorkovanje izvršeno 22. 05. i 14. 06. u periodu na 7 dana. Na terenu su određivane temperature vazduha i vode, pH vrednost, boja, miris i providnost vode. U laboratoriji zavoda za zaštitu zdravlja Kragujevac određene su koncentracije jona Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} i BPK₅ volumetrijski. Kolorimetrijskom metodom određene su koncentracije jona SO_4^{2-} , NO_2^- , NO_3^- i NH_4^+ . Koncentracije K^+ i Na^+ određene su plamenom fotometrijom. Atomskom apsorpcionom spektrofotometrijom su određene koncentracije Fe i Mn na PMF-u u Kragujevcu.

Rezultati i diskusija

Rezultati istraživanja pokazuju da voda po Klutu spada u umereno tvrde i malo mineralizovane. Po Alekinu voda je sulfatno kalcijuskog tipa. Po svom kvalitetu voda pripada III klasi, na šta ukazuju veće od dozvoljenih (Rekalić 1989) koncentracije jona Mn, Fe, fosfata, nitrita, amonijum jona i BPK₅. Postoje značajnije razlike u koncentracijama pojedinih jona po stajnim tačkama. Zapažene su i znatne razlike između koncentracija uzoraka uzetih u kišnom periodu u odnosu na one koji su uzeti u sušnom periodu i te razlike su statistički značajne za sve ispitivane parametre osim za BPK₅. Vrednosti BPK₅ i koncentracija navedenih jona, koje prelaze dozvoljene granice (Rekalić 1989) su konstatovane i

ranijim istraživanjima (na istim stajnim tačkama). (Mihajlović 1986 i 2003, Čomić 1989 i Vukašinović 1993) Njihova istraživanja su ovu vodu svrstavala u II klasu pri čemu dolazi od razilaženja sa našim rezultatima.

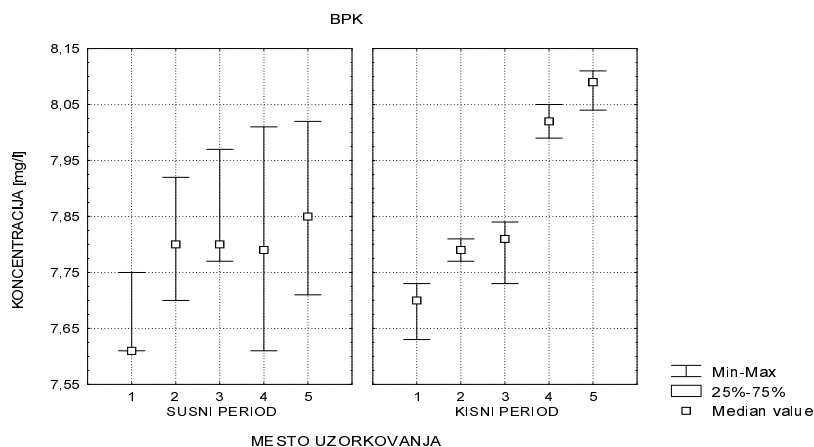
Fizičke osobine. Tokom perioda posmatranja temperatura vode se kretala od 4.6°C do 8.04°C. Nakon kišnih perioda 22.05. i 14.06. zabeležen je pad temperature vode.

Akumulacija Gruža se odlikuje malom providnošću. Maksimalna providnost je bila na stajnoj tački 2 16. 04. i iznosila je 1 m, dok je minimalna providnost od 0.48 m zabeležena 14. 06. na stajnoj tački 1. Zamućenje vode je registrovano nakon kišnog perioda. Prividna boja je bila od smaragdno zelene do mrke, barskog mirisa koji verovatno potiče od organskih materija.

Vrednosti pH vode Gružanskog jezera su se kretale od 7.8 do 8.2, stoga je voda slabo alkalna.

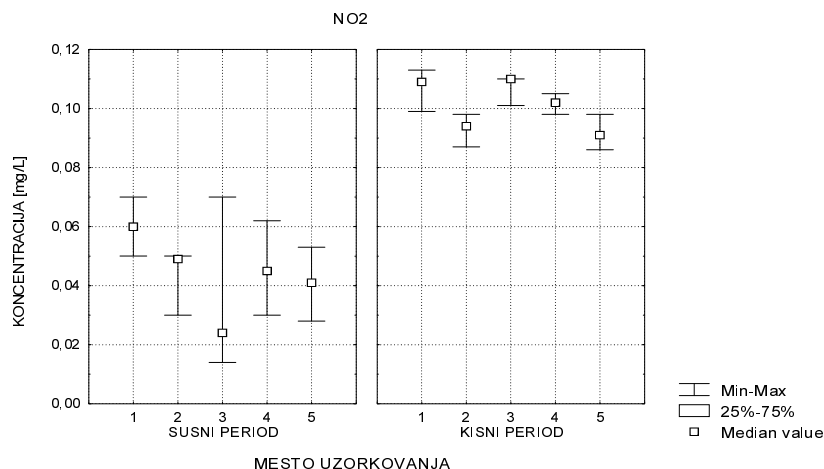
Hemijske osobine. Vrednosti BPK₅ bile su od 7.6 do 8.0 mg /L u sušnom periodu, a nakon kišnog od 7.63 do 8.11 mg/L. Vrednosti BPK₅ rastu uzvodno, tj. rastu idući od brane ka ušću reke Gruže. Veliki prinos organskih materija iz otpadnih voda i sa okolnih njiva (stajnska đubriva) je verovatni uzrok ovako visokih vrednosti BPK₅.

Sadržaj amonijumovog jona u vodi kretao se od 0.22 do 1.21 mg/L, nitrita od 0.03 do 0.13 mg/L. Na ulasku u akumulaciju dolazi do priliva amonijum jona. Na s. t. 4 i 5 usled oksidacije amonijum jona raste koncentracija nitrita. Na s.t. 3 dolazi do naglog pada u koncentraciji nitrita zbog oksidacije do nitrata. Prilivom komunalnih voda dopremaju se u jezero nove količine aminijum jona koji oksidacijom



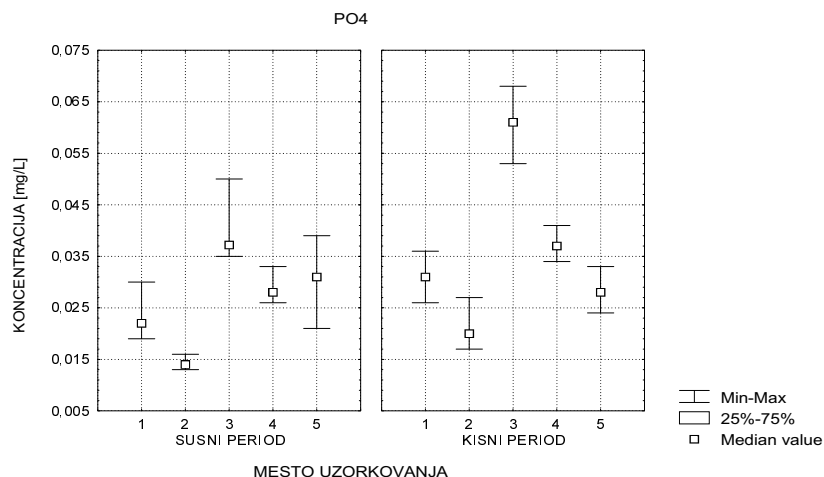
Slika 3.
Vrednosti BPK tokom sušnog i kišnog perioda.

Figure 3.
The BPK values during non-precipitation and precipitation period



Slika 4.
Koncentracije NO_2^-
tokom sušnog i kišnog
perioda

Figure 4.
Concentrations of NO_2^-
during non-precipitation
and precipitation period



Slika 5.
Koncentracije PO_4^{3-}
tokom sušnog i kišnog
perioda

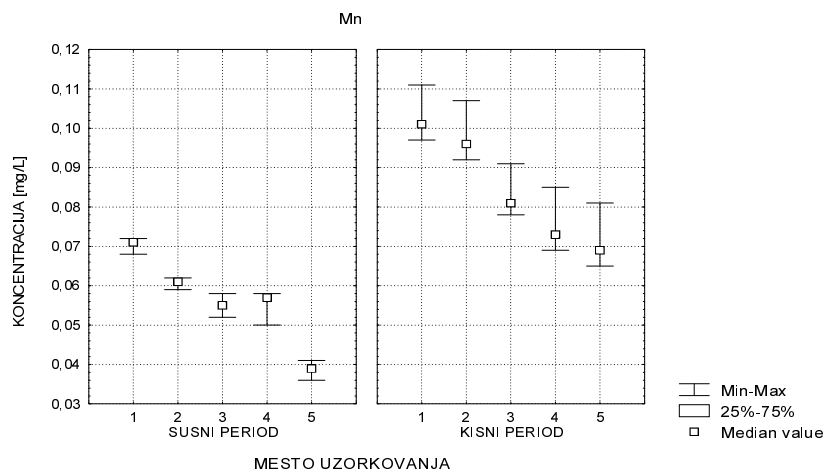
Figure 5.
Concentrations of PO_4^{3-}
during non-precipitation
and precipitation period

prelazi u nitrit što objašnjava porast koncentracija ovog jona na stajne tačke 1 i 2. Nakon kišnog perioda koncentracije nitrita i amonijum jona znatno rastu u odnosu na prethodne. Povećan sadržaj ovih jona verovatno je vezan za spiranje zemljišta sa okolnih njiva i njihovog konstantnog priliva duž toka u jezeru (slika 4).

Koncentracije fosfata bile su u intervalu od 0.02 do 0.07 mg/L. Stajna tačka 3 je izložena direktnom uticaju komunalnog izliva, stoga koncentracije PO_4^{3-} dostižu svoj maksimum. Potom dolazi do pada koncentracija PO_4^{3-} . Nakon padavina koncentracije PO_4^{3-} se translatorno pomeraju na svim stajnim tačkama. Nagli skok na s.t. 3 uslovljen je ne samo prilivom komunalnih voda, već i spiranjem fosfata sa

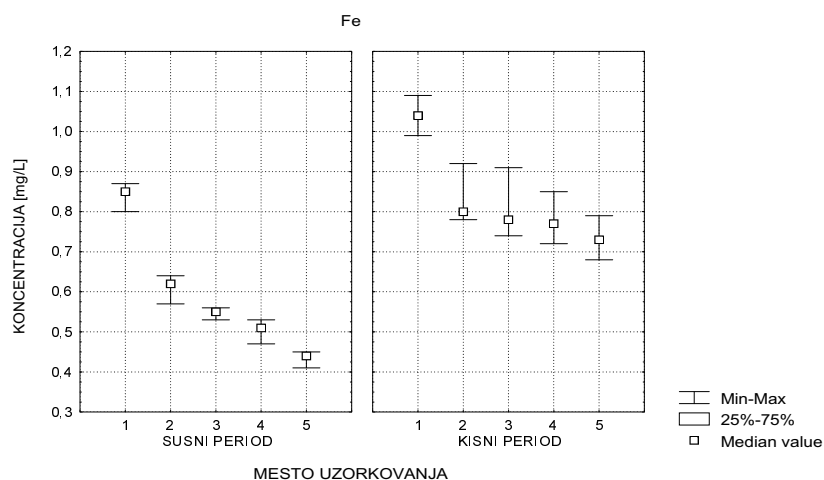
okolnih njiva. Za vreme kišnog i sušnog perioda dolazi do pada koncentracija PO_4^{3-} što je verovatno uzrokovano razblaženjem, ali i apsorpcijom od strane biljaka, na šta ukazuje i povećanje vrednosti BPK₅. Tokom kišnog perioda (Gružanska i Boračka reka) dolazi do značajnije razlike u koncentracijama PO_4^{3-} na s. t. 1, 2, 4 i 5 u odnosu na s. t. 3 (slika 5)

Mangan i gvožđe su znatno prisutni u vodi akumulacije, što je i očekivano na osnovu geološke građe terena. Naime, miocenski sedimenti i kredno-tercijarni vulkaniti se odlikuju visokim sadržajem ovih metala (TOKG, list Kraljevo 1968). Sadržaj mangana u sušnom periodu se kreće u intervalu između 0.040 mg/L i 0.072 mg/L. Nakon kišnog perioda koncentracije su značajnije veće – od 0.065 do



Slika 6.
Koncentracije mangana tokom sušnog i kišnog perioda

Figure 6.
Concentrations of manganese during non-precipitation and precipitation period



Slika 7.
Koncentracije gvožđa tokom sušnog i kišnog perioda

Figure 7.
Concentrations of iron during non-precipitation and precipitation period

0.111 mg/L. Sadržaj gvožđa u sušnom periodu je između 0.41 i 0.87 mg/L, a u kišnom od 0.68 do 1.09 mg/L. Koncentracije gvožđa i mangana su najmanje na ušću Boračke reke i ušću Gruže, a rastu prema brani gde su najveće (duž jezera).

Tokom sušnog perioda na porast koncentracije mangana i gvožđa utiču procesi u okviru same akumulacije.

Nataloženi jezerski mulj, verovatno sadrži znatne količine ovih metala. Kako snaga reke opada duž jezera, količina mulja raste. Usled deficita kiseonika na dnu (Čomić 1989) dolazi do redukcije slabije migrativnih i malorastvornih jona Mn^{4+} i Fe^{3+} , koji se verovatno u talogu nalaze u obliku hidratizanih oksida, u znatno rastvornije i migrativnije Mn^{2+} i Fe^{2+} .

Na ovaj način se objašnjava porast koncentracija ovih jona duž jezera (sl. 6 i 7).

Nakon kišnog perioda se koncentracije Mn i Fe translatorno pomeraju, ka većim vrednostima. Ovaj porast koncentracija prouzrokovan je spiranjem zemljišta. Hemijskim raspadanjem stena u ovom području površinski sloj zemljišta se obogaćuje slabo migrativnim jonima Mn^{4+} i Fe^{3+} . Usled anaerobije u dubljim slojevima zemljišta redukcijom iz više valentnih u niže valentne oblike mangan i gvožđe postaju jako migrativni, pa se iz zemljišta dopremaju direktno u vodu jezera delom površinskim tokovima, delom poniranjem atmosferskih padavina. Indirektno oni u vodu jezera dospevaju putem podzemnih voda koje su u hidrauličkoj vezi sa jezerom.

Zaključak

Po svom kvalitetu voda PAG pripada III klasi. Ranijim istraživanjima konstatovane su povećane koncentracije jona Mn, Fe, fosfata, nitrita, amonijum jona i BPK₅, što je potvrđeno i našim istraživanjem, ali su koncentracije ovih jona veće u odnosu na prethodne rezultate, pa otuda razlika kada je klasa vode u pitanju.

Kredno-tercijarni vulkaniti i tercijarni sedimenti imaju nepovoljan geohemijski uticaj na kvalitet vode PAG, što pokazuju povećane koncentracije mangana i gvožđa. Poreklo ovih jona vezano je za površinsko raspadanje stena, čiji su produkti raspadanja unošeni u vodu jezera površinskim tokovima i podzemnim vodama koje su u hidrauličkoj vezi sa samim jezerom. Mangan i gvožđe u vodi se verovatno pojavljuju i kao posledica unutrašnjih procesa u akumulaciji. Nepovoljan uticaj na kvalitet vode imaju kanalizacioni izlivi, koji za sobom povlače povećanje koncentracija fosfata, amonijum jona, BPK₅ i nitrita. Veliki priliv amonijumovih, nitritnih, fosfatnih jona i organskih materija iz đubriva i kanalizacionih izliva dovodi do ubrzanog razvoja biljnog sveta, što može prouzrokovati eutrofizaciju.

U daljem istraživanju treba obratiti pažnju na uticaj podzemnih voda, mulja kao i padavina na koncentracije pojedinih jona.

Zahvalnost. Veliku zahvalnost za pomoć tokom rada iskazujemo Randelu Mihajloviću, Ljiljani Čomić, Stefanu Markoviću, Milenku Trijiću i Branislavu Saviću.

Literatura

Čomić Lj. 1989. Mikrobna populacija vode u slivu i akumulaciji Gruža. Doktorska disertacija. Prirodnomatemički fakultet Univerziteta u Kragujevcu

Dimitrijević N. Papić P. 1989. *Hidrohemija – metode hemijskih analiza prirodnih voda i hidrohemijskih istraživanja*. Beograd: Rudarsko-geološki fakultet

Dokmanović P. 1999. *Hidrogeologija tercijarnih basena Srbije*. Beograd: Zadužbina Andrejević.

Jovičić M. 1995. Akumulacije kao izvorišta za snabdevanje vodom u vodoprivrednom sistemu Srbije. Simpozijum "Akumulacije kao izvorišta za snabdevanje vodom". Zbornik radova, str. 1-29. Leskovac.

Mihajlović R. 1986. Hemijske karakteristike hidrosistema "Gruža". Konferencija "Zaštita voda 1986". Zbornik radova, str. 161-168. Kragujevac. Beograd: Jugoslovensko društvo za zaštitu voda.

Mihajlović R., Mihajlović Lj., Trifunović S., Mojsić D. 2003. Vodosnabdevanje i kvalitet vode u Kragujevcu i okolini. Studija o prošlim, sadašnjim i budućim ekološkim planovima na nivou Kragujevca i okoline. Kragujevac: Ekocentar Kragujevac, str. 39-51.

Rekalić V. 1989. *Analiza zagađivača vazduha i vode*. Beograd: Tehnološko – metalurški fakultet. Univerzitet u Beogradu.

Vukašinović M. 1993. Uticaj otpadnih voda klanice u Vračevšnici na kvalitet vode reke Gruže "Zaštita voda 1993". Zbornik radova, str. 144-150. Arandelovac. Beograd: Jugoslovensko društvo za zaštitu voda.

Nevena Andrić, Nikola Koković

Quality of Gruža Lake Water

This research has been done to determine hydrochemical characteristics of lake Gruža water. Hydrochemical and hydrological methods were applied in this research which included taking 6 samples on 5 locations during two months. The water belongs to third class. The results of the research show that the water of Gruža's lake is hydro-carbonaceous and calcareous, mostly hard with small mineralization. Quality of water is falling off along the side of the lake. This change of quality is caused by increased concentration of Mn, Fe, NO₂⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻ and value of BPK₅. Geological composition of researched area has bad geochemical influence on quality of water, which shows concentration of Mn and Fe. These ions are being unleashed from dissolved rocks. In water they infiltrate by nearby rivers and underground waters (which is in hydraulic connection with the lake). Also origin of these ions could be connected with internal processes inside the lake. High concentration NO₂⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻ ions and value of BPK₅ are caused by inadequate uses agrotechnical measures in the fields which are located nearby the lake. The results of earlier research are different than our results, so we have different classes of water now. The water belongs to third class.

