
Jovan Dmitrović

Uticaj padavina na promenu kvaliteta prirodnih voda u gornjem delu sliva reke Dragobiljice

Cilj istraživanja je da se uoče promene koncentracija nitrata, nitrita, fosfata i amonijum jona u vodi reke Dragobiljice i vodi bunara u gornjem delu sliva reke Dragobiljice radi utvrđivanja uticaja padavina na promenu hemijskih parametara u vodi. Istraživanje je izvedeno u periodu od maja do jula 2017. godine. Rezultati dobijeni hemijskom analizom uzoraka pokazuju da padavine značajno utiču na promenu koncentracija nitrata, nitrita, fosfata i amonijum jona u vodi reke Dragobiljice, kao i u bunarima koji se nalaze na većoj nadmorskoj visini od potencijalnog zagađenja. Koncentracije nitrata, nitrita, fosfata i amonijum jona se verovatno povećavaju pri padavinama, jer kiša spira fekalije i đubriva koja se nalaze na obližnjim njivama, voćnjacima i domaćinstvima koja se infiltriraju kroz zemljište u bunare.

Uvod

Cilj istraživanja je ispitivanje uticaja padavina na promenu koncentracije nitrata, nitrita, fosfata i amonijum jona u površinskim i podzemnim vodama gornjeg dela sliva reke Dragobiljice (slika 1). Istražno područje se nalazi u centralnoj Srbiji, na 20 km severozapadno od Gornjeg Milanovca i obuhvata ruralna naselja Ručići, Boljkovci, Lalinci i Dići (Vučićević 2016).

Reka Dragobiljica, koja pripada slivu reke Kolubare, izvire u selu Vrnčani u opštini Gornji Milanovac na nadmorskoj visini od 393 m i dugačka je 17 km. Uliva se u reku Dragobilj na

području opštine Ljig. Glavne pritoke reke Dragobiljice su potoci Čvortanovac, Slanac, Belica i Miloševac. Prosečan proticaj reke je 0.38 m³/s (Kovačević–Majkić i Radovanović 2006).

Istražno područje izgrađuju tvorevine kredne, miocenske i kvartarne starosti. Od tvorevina kredne starosti se na istražnom području nalaze uglavnom laporoviti krečnjaci, glinoviti peščari, laporci, peskoviti glinci i konglomerati. U laporovitim krečnjacima oko srednjeg toka reke Dragobiljice je zastupljen karstni tip izdani, dok je pukotinski tip zastupljen u peščarima, glincima, laporcima i konglomeratima oko donjeg i srednjeg toka reke. Od miocenskih tvorevina se na istražnom području nalaze konglomeratni i kvarcni peščari koji izgrađuju teren oko gornjeg i delom srednjeg toka reke Dragobiljice. Izdani koje su u ovim stenama formirane su pukotnskog tipa. Od tvorevina kvartarne starosti na istražnom području se nalazi aluvion koji izgrađuje teren duž toka reke Dragobiljice i manjih reka (Filipović *et al.* 1978). U aluvionu duž toka reke Dragobiljice je zastupljen zbijeni tip izdani. Izdani se na istražnom području prihranjuju kišnicom (Dragišić 1997).

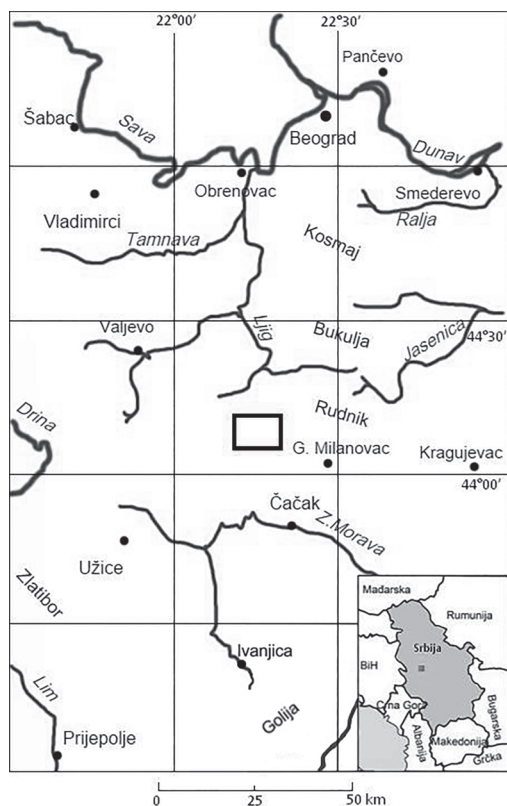
Ranija ispitivanja reke Dragobiljice vršena su za potrebe Republičkog hidrometeorološkog zavoda, kada je u periodu od 1996. do 2001. godine reka bila obuhvaćena redovnim praćenjem stanja kvaliteta površinskih voda u Republici Srbiji. Voda reke Dragobiljice je u tom periodu pripadala II i III klasi površinskih voda, pri čemu je u vodi reke bilo povišenih koncentracija nitrata i fosfata (RHMZ).

Jovan Dmitrović (1998), Gornji Milanovac, Kneza Aleksandra 106/13; učenik 4. razreda Gimnazije „Takovski ustanak”, Gornji Milanovac

MENTORI:

Marko Avdić, student osnovnih akademskih studija na Prirodno-matematičkom fakultetu Univerziteta u Kragujevcu

Dejan Grujić, doktor medicine, specijalista kliničke biohemije, Dom zdravlja Novi Kneževac



Slika 1. Geografski položaj istražnog područja (označeno pravougaonikom; prema: Filipović *et al.* 1978)

Figure 1. Geographical position of the explored area (marked with rectangle, according to Filipović *et al.* 1978)

Materijali i metode

Istraživanje je izvedeno u periodu od maja do jula 2017. godine primenom osnovnih hidrogeoloških i hidrohemijskih metoda i obuhvatilo je terenski, laboratorijski i kabinetski rad. Tokom obilazaka terena uzorkovana je voda na šest lokacija, od kojih su dve na toku reke, a preostale četiri bunari (tri kopana bunara i jedan bušeni) u blizini vodotoka (slika 2).

Obilasci terena vršeni su 3 do 5 dana posle svake padavine (pet uzoraka sa svih šest lokacija), pri čemu je istraživanje završeno obilaskom terena nakon sušnog perioda u trajanju

od osam dana. Prilikom uzorkovanja vode vršeno je određivanje osnovnih fizičkih svojstava vode (boja, miris, mutnoća). Laboratorijska ispitivanja su obuhvatila određivanje koncentracija fosfatnih, nitratnih, nitritnih i amonijum jona u vodi kolorimetrijskom metodom (Papić 1984), uz upotrebu fotoelektričnog kolorimetra (Iskra, Kranj). U toku kabinetskog rada obrađeni su rezultati dobijeni terenskim istraživanjima i laboratorijskim ispitivanjima. Podaci za količinu padavina na istražnom području u periodu sprovođenja istraživanja preuzeti su od Republičkog hidrometeorološkog zavoda za stanicu Dići.

Rezultati i diskusija

Istraživanjem je utvrđeno da su koncentracije nitrata, nitrita, amonijum jona i fosfata u vodi reke Dragobiljice značajno manje na delu toka koji je bliži izvoru u odnosu na nizvodni deo toka reke (slika 3).

Stajsko đubrivo, septičke jame i njive na kojima se koristi veštačko đubrivo mogu se označiti kao glavni izvor uočenog porasta koncentracije azotnih i fosfatnih jona na nizvodnom delu toka reke (Bogdanović 2014).

Azotni i fosfatni joni iz ovih izvora pod dejstvom atmosferskih padavina bivaju sprani sa padina u reku, čime se povećava njihova koncentracija u vodi duž toka reke. U prilog ovoj pretpostavci govori i porast koncentracija nitrata, nitrita i amonijum jona u vodi reke do koga dolazi nakon padavina. Najveći porast koncentracije ovih jona u vodotoku zapažen je u periodu sa najvećom zabeleženom količinom padavina.

Vrednosti koncentracije amonijum jona su u svim uzorkovanim podzemnim vodama značajno veće od MDK za vodu za piće, pri čemu su najveće koncentracije amonijumovog jona zapažene u vodi bunara Žuta bara. Posle izlučivanja padavina zapažen je značajan porast koncentracije amonijum jona u svim uzorkovanim podzemnim vodama. Ova promena koncentracija amonijum jona u podzemnim vodama praćena je istovetnom promenom koncentracije amonijum jona i u vodi reke Dragobiljice (slika 4). S obzirom na to da se amonijačni jon smatra indikatorom svežeg zagađenja i da se svi ispitivani bunari nalaze u sklopu domaćinstava, najčešće u dvorištu blizu staja i septičkih jama koje se nalaze na



Slika 2.

Dokumentaciona karta istražnog područja (prema OGK SFRJ L34-137 Gornji Milanovac 1:100000, Filipović *et al.* 1978)

- 1 – tok reke, selo Ručići
- 2 – bunar Žuta bara
- 3 – bunar Devesilovica
- 4 – bunar Ornica
- 5 – bunar Jelet
- 6 – tok reke, selo Boljkovci

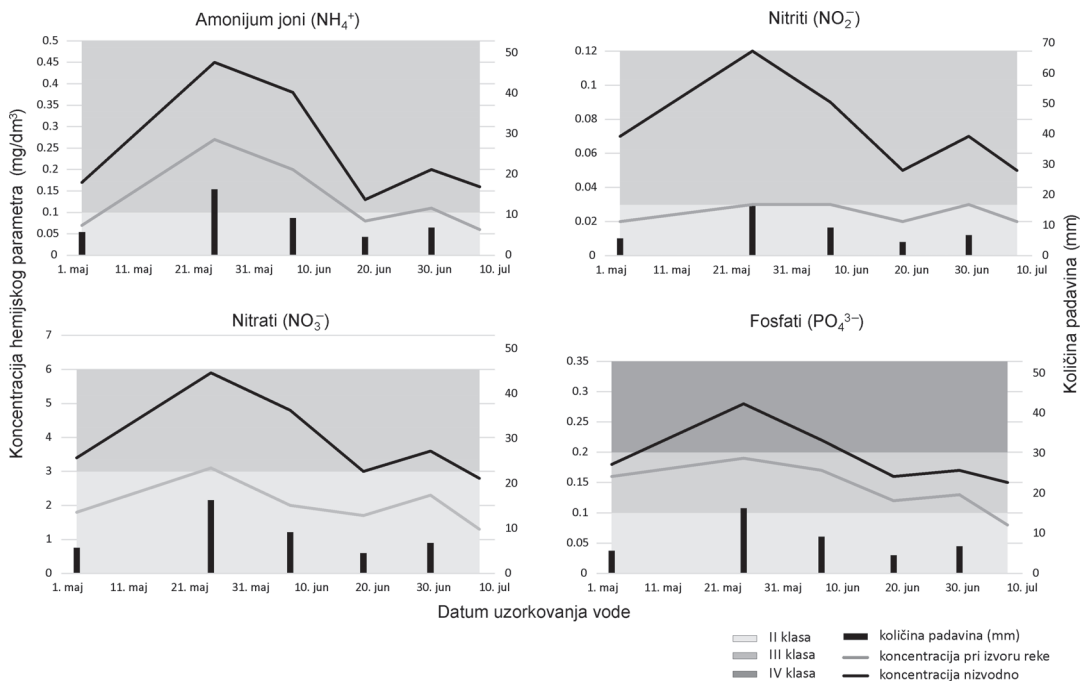
Figure 2.

Documentary map of the explored area (based on OGK /General Geological maps/ SFRJ L34-137 Gornji Milanovac 1:100000, Filipović *et al.* 1978)

- 1 – river flow, Ručići village
- 2 – Žuta bara well
- 3 – Devesilovica
- 4 – Ornica well
- 5 – Jelet well
- 6 – river flow, Boljkovci village

većoj nadmorskoj visini u odnosu na bunare, kao glavni izvor amonijum jona može se smatrati raspadanje organske materije fekalnog porekla. Iz fekalnih voda amonijumov jon, infiltracijom koju pospešuje izlučivanje padavina kroz zemljište, dospeva u podzemne vode. Ovom objašnjenju govori u prilog i to da su u vodi bunara Žuta bara, na čijem je mestu nekada bila staja i pored koga se sada nalazi nova staja (slika 5), izmerene najveće koncentracije amonijumovog jona. Pored toga, na obradivim površinama istražnog područja česta je upotreba amonijačno-nitratnih veštačkih đubriva, kao što su tzv. KAN (krečni amonijum-nitrat) i SAN (stabilizovani amonijum-nitrat) đubriva. Rastvaranje amonijumovih soli iz veštačkim đubrivom zagađenog zemljišta uzrokovano atmosferskim padavinama može se navesti kao još jedan od mogućih uzroka migracije amonijumovih jona u izdan i prenoša zagađenja ovim jonom na podzemne vode (Bogdanović 2014).

Istraživanjem je utvrđeno da su koncentracije nitrita veće od MDK za vodu za piće jedino u vodama uzorkovanim sa bunara Žuta bara i Jelet. U vodi ovih bunara uočen je i značajan porast koncentracije nitrita posle izlučivanja padavina. U vodi bunara Ornica koncentracija nitrita prelazi MDK za vodu za piće samo nakon obilnijih padavina, dok je u vodi bunara Devesilovica koncentracija konstantna i uvek ispod MDK bez obzira na padavine. Takođe je primećeno da je promena koncentracije nitrita u vodi reke praćena istovetnom promenom koncentracija nitrita u vodi iz bunara Žuta bara i bunara Jelet (slika 4). Nitriti nastaju u aeracionoj zoni zemljišta kao proizvod oksidacije amonijum jona, koji u podzemne vode dospeva iz organskih (stajsko đubrivo, septičke jame) ili neorganskih izvora (veštačko đubrivo) (slika 5). Daljom oksidacijom nitrita nastaju nitrati, koji su dominantni azotni jon u podzemnim vodama (Dimitrijević 1988).



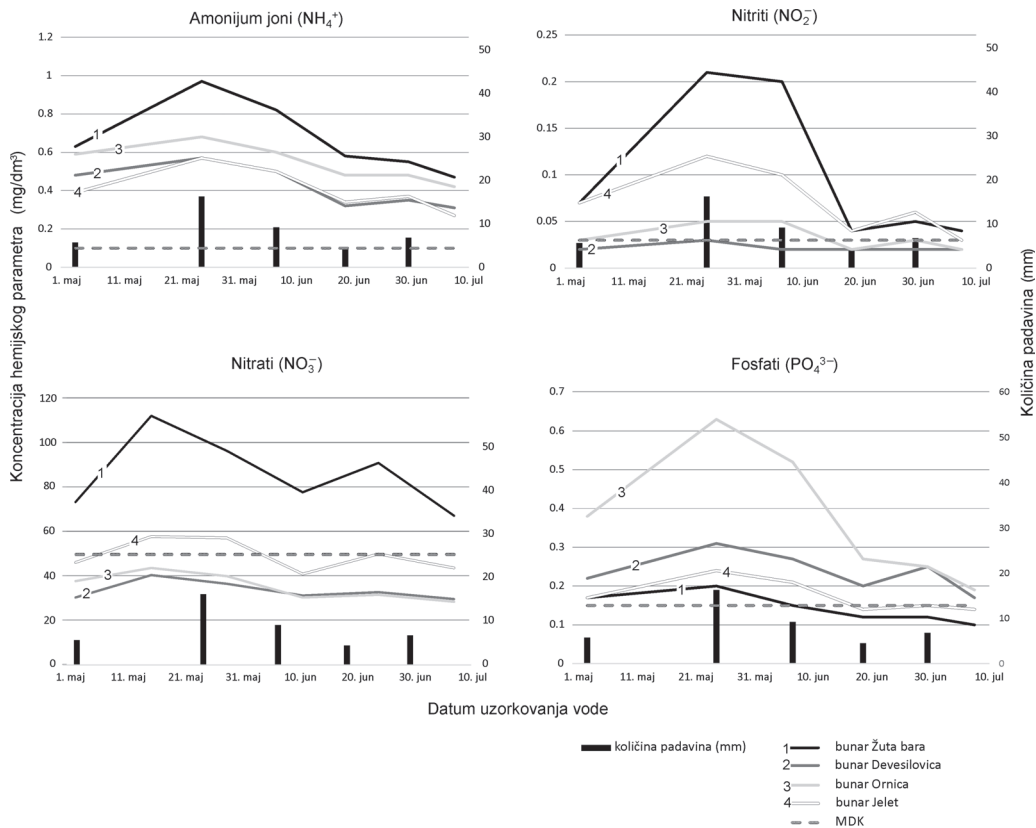
Slika 3. Promena koncentracija amonijum jona (NH_4^+), nitrita (NO_2^-), nitrata (NO_3^-), i fosfata (PO_4^{3-}) u vodi reke Dragobiljice u zavisnosti od padavina

Figure 3. Changes in concentration of ammonium ions (NH_4^+), nitrites (NO_2^-), nitrates (NO_3^-) and phosphates (PO_4^{3-}) in the water of the Dragobiljica river (gray – at the source, black – downstream) depending on the amount of precipitation (bars, shown in mm)

U vodi bunara Žuta bara zapažene su znatno veće koncentracije nitrata u odnosu na vode iz drugih bunara, i one prevazilaze MDK za vodu za piće. Koncentracije nitrata koje prevazilaze MDK uočene su i u vodi iz bunara Jelet, ali samo neposredno posle izlučivanja veće količine padavina. Rezultati istraživanja pokazuju i da nakon izlučivanja padavina dolazi do povećanja koncentracije nitrata u podzemnim vodama, pri čemu je ova pojava najizraženija u vodi bunara Žuta bara, manje izražena u vodi bunara Jelet, dok je u vodi bunara Devesilovica i Ornica minimalna. Uočeno je i da se promena koncentracija nitrata u vodi reke Dragobiljice uzrokovana padavinama reflektuje i na podzemne vode, pretežno na bunare Žuta bara i Jelet (slika 4). S obzirom na to da se bunari Žuta bara i Jelet nalaze na mestu nekadašnjih staja (bunar Žuta bara), pored košara ili u blizini velikih gomila

stajskog đubreta, pretpostavlja se da visoke koncentracije nitrata u vodama ovih bunara potiču iz ovih izvora (slika 5). Velike koncentracije nitrata u vodi bunara ukazuju na staro zagađnje vode, odnosno na stalno prisutan izvor zagađenja (Dimitrijević 1988). Takođe, pretpostavka je i da se koncentracije nitrata povećavaju posle padavina usled spiranja amonijačno-nitratnih veštačkih đubriva (Bogdanović 2014) koja se koriste na njivama u blizini bunara.

Istraživanjem je pokazano da su koncentracije fosfata u vodi bunara Ornica znatno veće u odnosu na koncentracije fosfata u vodama sa drugih bunara. Takođe je primećeno da u periodima izlučivanja veće količine padavina u svim bunarima dolazi do povećanja koncentracije fosfata iznad MDK za vodu za piće. U vodama bunara Ornica i Devesilovica koncentracije fosfata su bez obzira na padavine uvek iznad MDK.



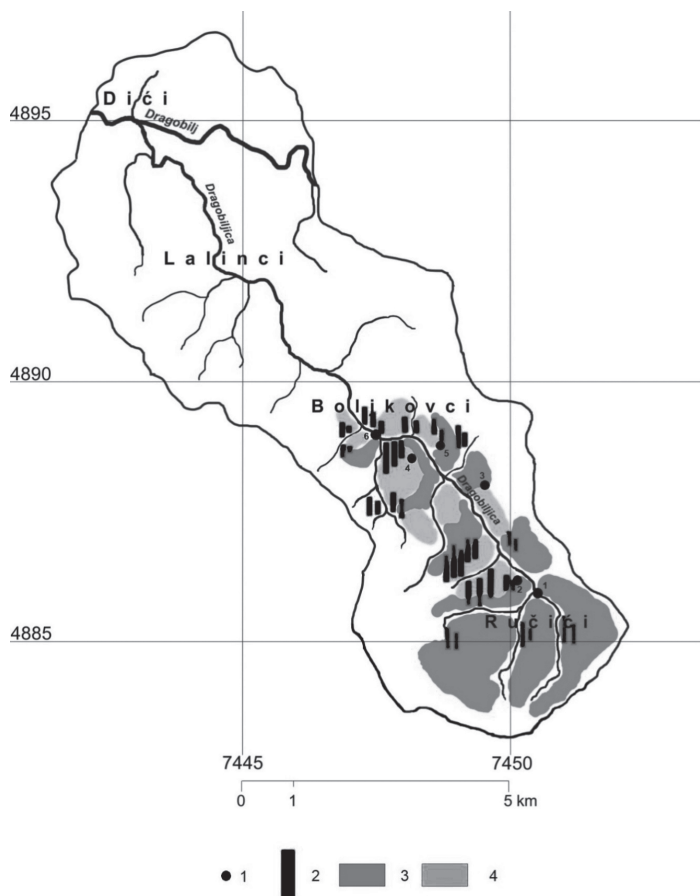
Slika 4. Promena koncentracija amonijum jona (NH₄⁺), nitrita (NO₂⁻), nitrata (NO₃⁻) i fosfata (PO₄³⁻) u podzemnim vodama u zavisnosti od padavina

Figure 4. Changes in concentration of ammonium ions (NH₄⁺), nitrites (NO₂⁻), nitrates (NO₃⁻) and phosphates (PO₄³⁻) in groundwater (in 4 different wells, dotted line is maximal allowable concentration) depending on the precipitation (bars, shown in mm)

Uočeno je da je promena koncentracija fosfata u vodi reke, nastala nakon padavina, praćena istom promenom koncentracija fosfata u podzemnim vodama (slika 4). U okolini svih ispitivanih bunara se nalaze prostrana polja kukuruza, pšenice, ječma, itd. (slika 5). U periodu uzorkovanja vode (mesec maj) neke od navedenih žitarica su još uvek bile u procesu vegetacije. U ovom periodu se vrši prskanje žitarica veštačkim đubrivom radi prihranjivanja preko listova biljke kao i njihova zaštita prskanjem pesticidima. Veštačka đubriva koja se koriste u ove svrhe, kao što je NPK (azot-fosfor-kalijum), i pesticidi sadrži velike količine amonijum jona, nitrata i fosfata (Bogdanović 2014). Pretpostavka je da izlučivanje padavina

dovodi do spiranja sredstava za negu bilja koja sadrže fosfate i daljom infiltracijom vode kroz zemljište dospevaju do izdani (Dimitrijević 1988). Potencijano najveći izvor zagađenja fosfatima nalazi se u blizini bunara Ornica, jer okolinu ovog bunara čine vrlo prostrane njive i poneki voćnjak (slika 5).

Analizom dobijenih podataka i njihovim poređenjem sa hidrogeološkom kartom može se uočiti da su na istraživanom području podzemne vode u karstnoj izdani zagađene fosfatnim i amonijumovim jonima. Izdan u aluvionu Dragobiljice je zagađena azotnim jonima koji najverovatnije vode poreklo od nerešenog kanizacionog pitanja, stajskog đubriva i primene azotnih veš-



Slika 5.

Karta potencijalnih zagađivača vode na istražnom području (prema: OGK SFRJ L34-137 Gornji Milanovac 1:100000, Filipović *et al.* 1978)

- 1 – lokacija uzorkovanja
- 2 – mesto na kojem se intenzivno uzgaja stoka/ domaćinstvo
- 3 – livade, pašnjaci, šume, voćnjaci
- 4 – obradive površine, njive, kukuruzna polja

Figure 5.

Map of potential water pollutants on the explored area (based on OGK /General Geological maps/ SFRJ L34-137 Gornji Milanovac 1:100000, Filipović *et al.* 1978)

- 1 – location of sampling
- 2 – place where cattle is intensively cultivated / household
- 3 – meadows, grasslands, forests, orchards
- 4 – arable lands, fields, corn fields

tačkih đubriva. Azotni joni iz ovih izvora nakon izlučivanja padavina bivaju sprani sa padina u vodu reke koja je glavni izvor prihranjivanja izdani formirane u aluvijalnim sedimentima reke.

Zaključak

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da postoji značajan porast u koncentraciji amonijum jona, nitrita, nitrata i fosfata u vodi reke Dragobiljice i u podzemnim vodama duž njenog toka. U gornjem delu toka reke voda pripada II klasi vodotokova. Povećanje koncentracije amonijum jona, nitrita, nitrata i fosfata u vodi duž toka reka dovodi do narušavanja kvaliteta vode reke, pa ona u nizvodnom delu toka pripada III klasi vodotokova. Izlučivanje padavina dovodi do porasta koncentracije amonijum jona,

nitrita, nitrata i fosfata u vodi reke. Ova promena je posledica spiranja stajskog i veštačkog đubriva nakon padavina do reke, kao i nerešenog problema kanalizacije. Pri izlučivanju veće količine padavina može doći do pogoršanja kvaliteta vode u nizvodnom delu toka tako da ona pređe čak u IV klasu vodotokova.

Prema Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode za piće, vode sva četiri ispitivana bunara nisu ispravne za piće. Izlučivanje padavina dovodi do porasta koncentracije amonijum jona, nitrita, nitrata i fosfata u vodi svih ispitivanih bunara. U blizini bunara i reke se nalaze domaćinstva sa neregulisanim kanalizacijama, staje i košare, ali i brojne obradive površine sa kojih se nakon padavina sliva voda koja utiče na povećanje koncentracije amonijum jona, nitrita, nitrata i fosfata u podzemnim vodama. Kako bi se sprečilo dalje opadanje kvaliteta prirodnih voda u gornjem

delu sliva reke Dragobiljice, neophodno je rešavanje problema komunalija.

Zahvalnost. Zahvaljujem se Zoranu Dmitroviću za pomoć pri terenskom radu. Zahvaljujem se Dragici Knežević, profesorki hemije u Gimnaziji „Takovski ustanak” u Gornjem Milanovcu za pomoć pri izvođenju hemijskih analiza. Takođe se zahvaljujem profesorki dr Snežani Nikolić Mandić, profesoru Milenku Trijiću i dr Dejanu Grujiću za pomoć oko analize rezultata hemijskih ispitivanja. Veliku zahvalnost dugujem Andriji Avramoviću i Marku Avdiću za pomoć oko prikazivanja rezultata.

Literatura

Bogdanović D. 2014. *Mineralna đubriva i đubrenje*. Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu – Poljoprivredni fakultet

Dimitrijević N. 1988. *Hidrohemija*. Beograd: Rudarsko-geološki fakultet, Grupa za hidrogeologiju

Dragišić V. 1997. *Opšta hidrogeologija*. Beograd: Rudarsko-geološki fakultet – Institut za hidrogeologiju

Đukić V. 2005. Proračun infiltracije vode u nezasićeno zamljište. *Vodoprivreda*, 37: 229.

Filipović I., Marković B., Pavlović Z., Rodin V., Marković O. 1978. *Tumač lista L34-137 Gornji Milanovac OGK SFRJ*. Beograd: Savezni Geološki zavod

Kovačević–Majkić J., Radovanović M. 2006. Hidrološke odlike opštine Ljig. U *Zbornik radova Geografskog instituta „Jovan Cvijić”, knjiga 55*. Beograd: Geografski institut „Jovan Cvijić” SANU

Luković N. 2009. Uticaj padavina na promenu sulfata i nitrata u mineralnim izvorima Vrnjačke Banje. *Petničke sveske*, 67: 277.

Papić P. 1984. *Praktikum za izradu hemijskih i mikrobioloških analiza voda*. Petnica: Istraživačka stanica Petnica

Prohaska S. 2003. *Hidrologija I deo*. Beograd: Rudarsko-geološki fakultet, Institut „Jaroslav Černi”, Republički hidrometeorološki zavod

Prohaska S., Ristić V. 2002. *Hidrologija kroz teoriju i praksu*. Beograd: Rudarsko-geološki fakultet

RHMZ. 1991-2001. *Hidrološki godišnjaci*. Beograd: Republički hidrometeorološki zavod

Šarenac D., Barudžija M. 2013. Zagađenost podzemnih voda organskim materijama na području Petnice. *Petničke sveske*, 72: 360.

Vučičević S. 2016. *Gornji Milanovac i njegova sela*. Beograd: Kulturno-prosvetna zajednica Srbije

Jovan Dmitrović

Influence of Rainfall on the Change in Quality of Natural Waters in the Upper Part of Dragobiljica River

The aim of the research is to detect changes in the concentration of nitrates, nitrites, phosphates and ammonium ions in the water of the river Dragobiljica and the water in wells in the upper part of the river Dragobiljica, in order to determine the influence of rainfall on the chemical parameters in water. The research was conducted in the period from May to July 2017. The results obtained by chemical analysis show that rainfall significantly affects the change of nitrates, nitrites, phosphates and ammonium ion concentrations in the water of the Dragobiljica river, as well as in wells located at a higher altitude than potential pollution. Nitrate, nitrite, phosphate and ammonium ion concentrations increase with rainfall, because the rain washes down feces and fertilizers from the nearby fields, orchards and households, which then infiltrate through the soil into the wells. 