

## Hidrohemijske karakteristike podzemnih voda Fruške gore

---

*Osnovnim hidrogeološkim i hidrohemijskim metodama ispitivane su hidrohemijske karakteristike podzemnih voda na teritoriji Fruške gore. Uzorkovanje vode vršeno je jednokratno sa 17 izvora i bunara, krajem aprila 2011. godine. Pored osnovnog hemijskog sastava uzorkovane vode, određene su i koncentracije pojedinih teških metala. Rezultati istraživanja pokazali su da su podzemne vode na području Fruške gore kalcijumsko-magnezijumsko-hidrogenkarbonatne, I odnosno II tipa i srednje mineralizacije, prema klasifikaciji O. A. Alekina. Takođe, na osnovu sprovedenih hemijskih analiza može se zaključiti i da je većina vodnih objekata pogodna za vodosnabdevanje.*

---

### Uvod

Istraživano područje se nalazi u severozapadnom delu Srbije, na teritoriji Srema. Obuhvata masiv Fruške gore, koja se prostire pravcem istok-zapad i sa severne i istočne strane ograničena je aluvijalnim ravnicama Dunava, a sa zapadne i južne sremskim lesnim zaravnima (Bogdanović 1994). Klima istražnog područja je umereno kontinentalna sa hladnim zimama i toplim letima (Davidov *et al.* 2007).

Najkrupniju morfološku celinu u reljefu Fruške gore čini horst struktura, na kojoj su razvijeni aluvijalni, padinski, fluvijalni i eolski oblici reljefa (Laškov 1987). Najstarije stene na ovom području su staro-paleozojski serpentiniti. Stene mezozojske starosti zauzimaju najveći deo područja istraživanja i predstavljene su sukcesijama sedimenata i, u južnom delu, trijaskim krečnjacima. Kenozojske tvorevine zastupljene su na padinama Fruške gore i predsta-

vljene su peščarima, peskovima, laporcima, glinama, ugljem, aluvijalnim i terasnim sedimentima i lesom (Čičulić-Trifunović *et al.* 1977).

Na istraživanom području zastupljena su sva tri tipa izdani. Zbijeni tip javlja se u sedimentima trijaskie, kredne i kenozojske starosti. Pukotinski tip izdani zastupljen je u magmatitima i metamorfitima paleozojske i jurske starosti, dok je karstno-pukotinski tip zastupljen jedino u krečnjacima i doloomitima mezozojske starosti (Lazić *et al.* 2010).

Cilj ovog istraživanja je utvrđivanje hidrohemijskih karakteristika podzemnih voda na području Fruške gore ispitivanjem osnovnog hemijskog sastava i koncentracija pojedinih teških metala u vodama na navedenom području.

### Materijal i metode

Istraživanje je izvršeno osnovnim hidrogeološkim i hidrohemijskim metodama (Papić 1984). Uzorkovanje je vršeno jednokratno, tokom malovodnog perioda, krajem aprila 2011. godine, na 17 stajnih tačaka. Prilikom određivanja maršrute i odabira lokacija za uzorkovanje, vođeno je računa da bude obuhvaćeno što veće područje Fruške Gore, kao i što veći broj geoloških jedinica (slika 1). Interpretacija rezultata izvedenih istraživanja imala je za cilj da dobijene rezultate analiza poveže sa postojećim saznanjima o geološkoj građi terena. Kako se područje istraživanja nalazi u okviru Nacionalnog Parka, pretpostavka je da su uticaji zagađivača antropogenog porekla na hemijski sastav minimalni, te da se hemijski sastav podzemnih voda formira kao posledica interakcije sa stenskim masama kroz koje cirkuliše.

---

*Ljiljana Spasojević (1993), Novi Sad, Jesenjinova 4, učenica 4. razreda Gimnazije „Isidora Sekulić” u Novom Sadu*

*Nikola Kljajić (1992), Užice, Heroja Jerkovića 17, učenik 4. razreda Medicinske škole u Užicu*

**MENTOR:**

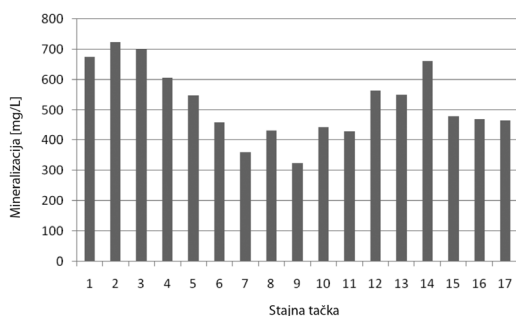
*Mr Dejan Nešković, Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Departman za hidrogeologiju*

Na terenu su organoleptički određeni boja, mućnoća i miris vode. Elektroprovodljivost je određena konduktometrijski, a pH vrednost pH-metrijski. U okviru laboratorijskog rada, volumetrijskom metodom određene su koncentracije  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Cl^{-}$ ,  $HCO_3^{-}$ ,  $SO_4^{2-}$ . Metodom atomske apsorpcione spektrofotometrije (Thermo electron S2AA System) određene su koncentracije pojedinih teških metala (Fe, Mn, As).

## Rezultati i diskusija

Izvori i bunari, sa kojih su uzeti uzorci mogu se podeliti u nekoliko grupa, prema litološkim jedinicama u kojima se nalaze izdani koje oni dreniraju. Prvu i najveću grupu čine vodni objekti koji dreniraju izdan iz neogenih (miocenskih) sedimenata (stajne tačke 1 i 2 u Ledincima, stajna tačka 3 u Ledincima (Staro selo), stajna tačka 6 u Vrdniku, stajna tačka 12 u Svilošu, stajna tačka 15 na Srednjem brdu, stajna tačka 16 u Orlovcu i stajna tačka 17 u Velikoj Remeti. Drugu grupu čine vodni objekti (stajna tačka 7 u Jasku, stajna tačka 11 u Šišatovcu, stajna tačka 13 u Svilošu i stajna tačka 14 u Čereviću) koji dreniraju izdan nastalu u kvartarnim sedimentima. U treću grupu mogu se svrstati izvori na stajnim tačkama 8, 9 i 10 (Geben, Hajdučki breg), koji vodu dobijaju iz izdani formirane u stenama paleozojske starosti. Posebno se mogu izdvojiti izvori na stajnim tačkama 4 (Gradac) i 5 (Kamenjar), koji se nalaze na kontaktu krednih sedimenata i latita iste starosti (slika 2).

Uzorci podzemnih voda, uzeti na području Fruške gore, se odlikuju ujednačenom pH vrednošću, u intervalu od 6.6 do 7.3, što ukazuje da su vode neutralnog karaktera, i kao takve, pogodne za vodosnabdevanje. Takođe, sa aspekta mineralizacije, svi ispitivani uzorci su srednjemineralizovani, sa mineralizacijom u rasponu od 326 do 723 mg rastvorene materije u  $1\text{ dm}^3$  uzorka (slika 1). Varijacije u mineralizaciji su posledica različitih tipova izdani kao i dubina na kojima se formiraju podzemne vode na području istraživanja. Po pravilu, vode iz mlađih sedimenata, kvartarne starosti, koje se karakterišu ubrzanom vodozamenom i plitkim nivoom, poput uzorka u Jasku ( $M = 360\text{ mg/L}$ ) imaju nižu mineralizaciju. S druge strane, najveće vrednosti mineralizacije se nalaze u uzorcima uzorkovanim u selu Ledinci (stajne tačke 1, 2 i 3), sa mineralizacijom od  $723\text{ mg/L}$ . Ove vode nastaju u miocenskim sedimentima predstavljenim slojevima peskova, gline,

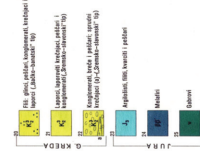
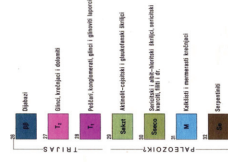
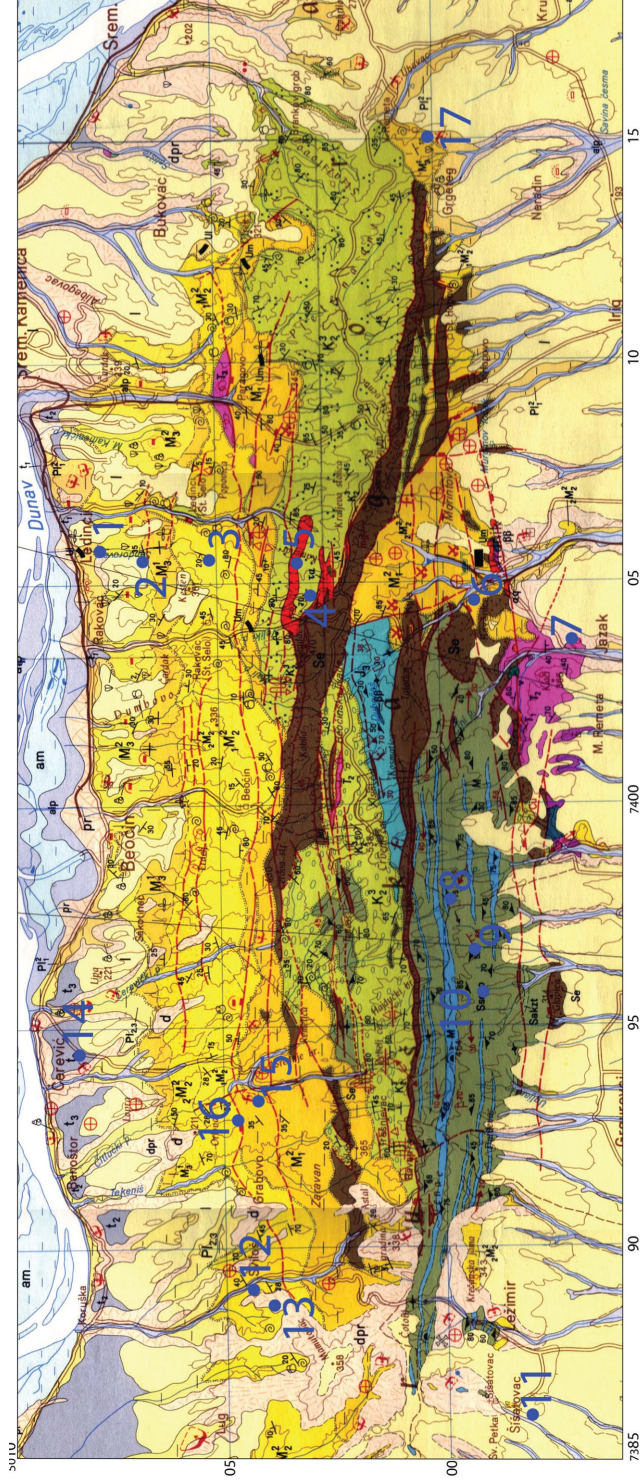


Slika 1. Vrednosti mineralizacije

Figure 1. Mineralization values

laporaca, šljunkova, konglomerata i tortonskih krečnjaka, i uslovljene su lokalnim rasednim strukturama.

Kada je u pitanju sastav makroelemenata podzemnih voda, dominantni anjon u svim uzorcima na području istraživanja predstavlja  $HCO_3^{-}$  jon, što se tiče dominantnog katjona, u najvećem broju uzoraka, to je jon  $Ca^{2+}$  (u 76% uzoraka), u dva uzorka je dominantan jon  $Mg^{2+}$  (stajne tačke u Gradcu i Čereviću), dok je u dva uzorka gotovo podjednako učešće jona kalcijuma i magnezijuma (na stajnim tačkama u Vrdniku i Jasku; slika 3). Dominantno učešće magnezijumovog jona na uzorku u Gradcu se može donekle objasniti time što se izvor na kome je izvršeno uzorkovanje nalazi na kontaktu između metamorfne intruzije i flišolikih stena, za koje se može pretpostaviti da su slabovodonsne. Kako je magmatska intruzija na površini formirala tanki luk, iza koga se nalazi veliki masiv serpentinita, postoji mogućnost da se vode formiraju unutar tog masiva, s obzirom da se vode nastale u ovim stenskim masama karakterišu dominantnim jonom magnezijuma, a da je kontakt latita i fliša samo predstavljao pogodno mesto za dreniranje ovih voda. Međutim, kako bi se ovakva hipoteza mogla potvrditi, neophodno bi bilo osmatranje režima, temperature i hemizma na ovom izvoru u dužem vremenskom periodu, kako bi se mogla sa većom sigurnošću odrediti dubina na kojoj se vode formiraju. S druge strane, dominantno učešće magnezijumovog jona na području Čerevića nije u skladu sa litofacijskim jedinicama rasprostranjenim na tom području. Izvor se nalazi na kontaktu terasnih sedimenata kvartarne starosti i pliocenskih naslaga.



LEGENDA KARTIRANIH JEDINICA

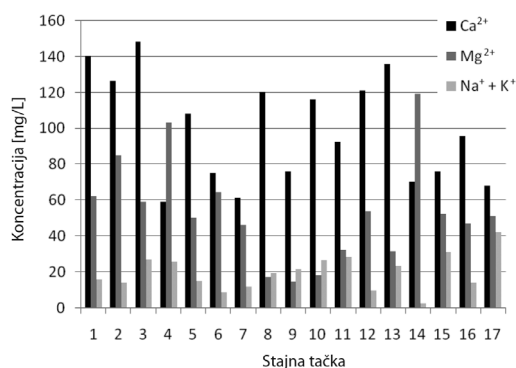
Slika 2. (naspravna strana)

Geološka karta istraživanog područja sa ucrtanim stajnim tačkama

Figure 2. (opposite page)

Geological map of research area

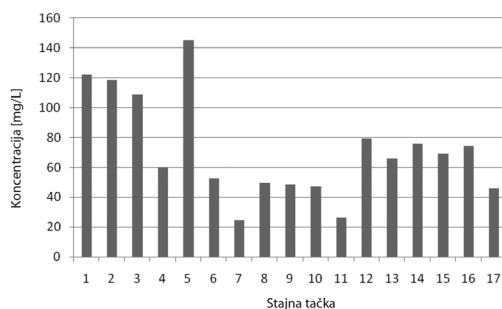
Izdani u ovakvim sedimentima se uglavnom karakterišu brzom vodozamenom kao i plitkim nivoom do podzemnih voda. U takvoj sredini se mogu očekivati hidrokarbonatno-natrijumske ili kalcijumske vode, dok pojava hidrokarbonatno-magnezijumskih voda predstavlja svojevrsnu anomaliju. Kako bi ona mogla biti objašnjena, neophodno je izvršiti novo uzorkovanje kako bi se isključila mogućnost greške pri izradi hemijske analize. Nakon toga, neophodno je izvršiti detaljnija hidrogeološka istraživanja kako bi se determinisalo koje se stene nalaze u podini ovih sedimenata.



Slika 3. Koncentracije jona kalcijuma, magnezijuma i zbirne koncentracije jona natrijuma i kalijuma

Figure 3. Concentrations of calcium and magnesium ions and summary concentrations of sodium and potassium ions

Povišene koncentracije (preko 100 mg/L)  $\text{SO}_4^{2-}$  jona se pojavljuju u uzorcima u Ledincima, kao i u uzorku u Kamenjaru (slika 4). Ove vrednosti se u slučaju uzoraka u Ledincima mogu objasniti oksidacijom slojeva uglja u miopliocenskim sedimentima u kojima se ove vode formiraju. Kada je u pitanju uzorak u Kamenjaru, povišene koncentracije sulfata mogu biti posledica hidrolize intermedijarnih i bazičnih magmatskih stena na tom području.



Slika 4. Koncentracije sulfatnih jona

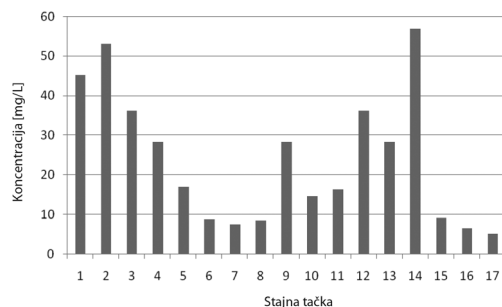
Figure 4. Concentrations of sulphate ions

Vrednosti  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  (slika 3) i  $\text{Cl}^-$  jona ne variraju u velikoj meri, i na području istraživanja nemaju pikove, tako da je moguće istaći kako na ovim prostorima nije prisutan rezidual sedimentacije naslaga soli u marinskim uslovima.

Sem makrokomponenti hemijskog sastava podzemnih voda, prilikom analize uzetih uzoraka, vršena je determinacija i mikrokomponenti hemijskog sastava podzemnih voda.

Od određivanih parametara, vrednosti fosfata, amonijum jona, kao i arsena u svim uzorcima bili su ispod granica detekcije, što pozitivno govori o kvalitetu podzemnih voda.

Koncentracije nitrata povišene su u uzorcima uzetim u Čereviću (57 mg/L) i Lednicima (stajna tačka 2 – 55 mg/L). Usled činjenice da se bunar sa koga je uzet uzorak u Čereviću nalazi u naseljenom mestu, u neposrednoj blizini stajskog objekta, pretpostavlja se



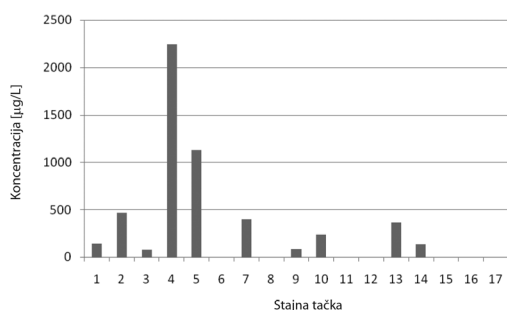
Slika 5. Koncentracije nitratnih jona

Figure 5. Concentrations of nitrate ions



da je povišena koncentracija posledica organskog zagađenja. Takođe, u okolini izvora u Ledincima zastupljene su obradive površine, pa su povišene koncentracije nitrata najverovatnije posledica spiranja reziduala pesticida iz zemljišta (slika 5).

Vrednosti jona gvožđa se na polovini uzoraka nalaze ispod granica detekcije, dok najviše vrednosti imaju na stajnim tačkama 4 i 5 (Gradac i Kamenjar). Već je napomenuto da se ove dve stajne tačke nalaze na kontaktu magmatske intruzije i stena flišne serije kredne starosti. Samim tim, vrednosti jona  $\text{Fe}^{2+}$  od 2.2 mg/L (Gradac) i 1.1 mg/L (Kamenjar) mogu biti posledica hidrolize gvožđevitih minerala u sastavu ove magmatske intruzije (slika 6).



Slika 6. Koncentracije jona gvožđa

Figure 6. Concentrations of iron ions

## Zaključak

Rezultati ispitivanja hidrohemijskih karakteristika podzemnih voda na području Fruške gore pokazali su da su one kalcijumsko-magnezijumsko-hidrogenkarbonatne, I odnosno II tipa i srednje mineralizacije, prema klasifikaciji O. A. Alekina. Takođe, na osnovu sprovedenih hemijskih analiza može se zaključiti i da je većina vodnih objekata pogodna za vodosnabdevanje.

Međutim, kako bi se sa sigurnošću moglo govoriti o tome da li je hemizam uslovljen geološkom građom, neophodno je izvršiti dodatne analize, u dužem vremenskom periodu, pogotovo u periodu velikih voda. Neophodno je potvrditi postojanost hemizma, i

posredno odrediti dubinu formiranja podzemnih voda. Takođe je neophodno uvesti nova mesta uzorkovanja, kako bi se stekla šira i kompletnija slika, pre svega povećati broj bunara na kojima se uzorkuje (u odnosu na izvore).

**Zahvalnost.** Ovim putem želimo da se zahvalimo mentoru Dejanu Neškoviću na velikoj pomoći pri tumačenju rezultata i njihovoj diskusiji. Posebnu zahvalnost dugujemo profesoru dr Boži Dalmaciji, laboratorijskom tehničaru Ljubomiru Murgulu i Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu, koji su nam omogućili kontinuiran rad u laboratoriji, kao i stručnu pomoć pri radu.

## Literatura

- Bogdanović Ž. 1994. *Geografske monografije vojvodanskih opština – Novi Sad III*. Novi Sad: PMF – Institut za geografiju
- Čičulić-Trifunović M. et al. 1977. *OGK SFRJ 1 : 100 000 i tumač za list Novi Sad*. Beograd: Savezni geološki zavod
- Davidov D. et al. 2007. *Fruška gora*. Beograd: Zavod za udžbenike
- Laškov M. 1987. *Geografska monografija vojvodanskih opština – knjiga I*. Novi Sad: PMF – Institut za geografiju
- Lazić V. et al. 2010. *Prilog poznavanju hidrogeoloških karakteristika južnih padina Fruške gore*. Beograd: Srpsko geološko društvo
- Papić P. 1984. *Praktikum za izradu hemijskih i mikrobioloških analiza vode*. Beograd: RGF

## Hydochemical Characteristics of Ground Water of Fruška Gora Mountain

The research area is located in northern Serbia, on the Fruška gora mountain, nearby the city of Novi Sad. The objective of this research was determining the hydrochemical characteristics and concentrations of some heavy metals in the ground water of the Fruška gora mountain area. During the research, basic methods of hydrologic and hydrochemical research were applied, consisting of field, laboratory and work at gathering literature information. Sampling was conducted in 17 different springs and wells. Physical parameters were determined in field, and chemical composition of taken samples was determined in a laboratory. The results showed calcium-magnesium-hydrogencarbonate character of water in this area. They also showed that most of the springs and wells are convenient for water supply use. 