

## Kvalitet podzemnih voda u slivu reke Ždraljice

---

*Osnovnim hidrogeološkim i hidrohemijskim metodama ispitan je kvalitet voda pet kopanih bunara u slivu reke Ždraljice (Kragujevac). Tri bunara kaptiraju vodu iz zbijene, a dva iz pukotinske izdani. Utvrđeno je da su vode hidrokarbonatno-kalcijumske, II ili III tipa, srednje ili povišene mineralizacije, prema klasifikaciji O. A. Alekina. Zbog koncentracija nitrita, nitrata, amonijum jona, jona gvožđa i hemijske potrošnje kiseonika koje premašuju dozvoljene granice, ne mogu se koristiti za piće, sem jednog. Povećane koncentracije jedinjenja azota ukazuju na prisustvo velike količine organskih materija u vodi.*

---

### Uvod

Istražno područje nalazi se u Centralnoj Srbiji, na teritoriji grada Kragujevca. Izgrađeno je od krečnjaka paleozojske starosti u kojima je zastupljen karstni tip izdani, gabrova, dijabaza i peščara mezozojske starosti (pukotinski tip) i glina, peskova i laporaca kenozojske starosti (zbijeni tip) (Milanović 2007; slika 1).

Istraživanje je izvedeno u avgustu 2015. godine primenom osnovnih hidrogeoloških i hidrohemijskih metoda. Jednokratno je uzorkovana voda iz pet kopanih bunara, pri čemu tri kaptiraju vodu iz zbijenog tipa izdani (bunari 1, 2 i 3 – slika 1), dok preostala dva kaptiraju iz pukotinskog tipa izdani. Prilikom uzorkovanja određeni su boja, mutnoća i temperatura vode. U okviru laboratorijskih analiza volumetrijski su

određene koncentracije jona hloridnih i hidrokarbonatnih, kalcijuma i magnezijuma, kao i utrošak kalijum-permanganata, dok su koncentracije nitritnih, nitratnih, amonijum, fosfatnih i sulfatnih jona određene kolorimetrijskom metodom. Koncentracije gvožđa i mangana određene su metodom atomske apsorpcione spektrofotometrije. Računski su određene koncentracije natrijuma i kalijuma i ugljen-dioksida.

### Rezultati i diskusija

Ispitane vode su bezbojne, bez mirisa i providne, osim vode sa bunara 2, koja je slabo žuta i slabo mutna. Koncentracije jona kalcijuma, magnezijuma, mangana, bikarbonatnih, hloridnih, fosfatnih i sulfatnih ne premašuju granice dozvoljene Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće. Parametri koji odstupaju od dozvoljenih granica i samim tim su indikatori zagađenja su: nitritni (bunari 1, 2, 4, 5), nitratni (bunari 1 i 2) i amonijum joni (bunar 2), hemijska potrošnja kiseonika (bunar 3) i koncentracija gvožđa (bunari 4 i 5; tabela 1).

Povišene koncentracije azotnih jedinjenja u vodi indikator su organskog, često fekalnog, zagađenja (Dimitrijević 1988). Mogući izvori zagađenja su kanalizacija, azotna đubriva, pomoćni objekti u seoskim domaćinstvima (štale, staje...), itd. Amonijum jon oksiduje do nitritnog, a nitritni do nitratnog jona, tako da razlike u koncentraciji ovih jona pružaju informacije o karakteristikama zagađivača.

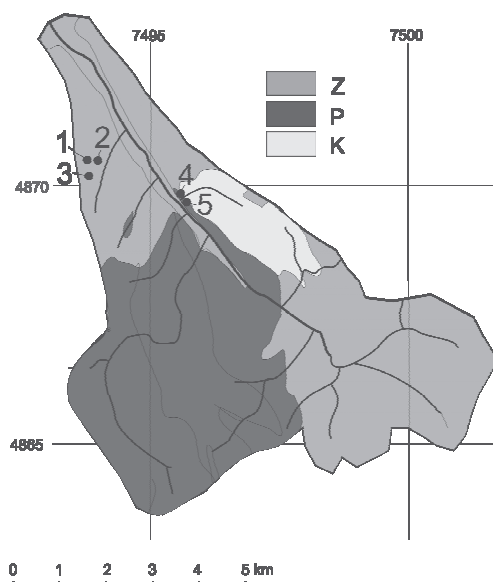
---

*Ivona Biočanin, Kragujevac, Lepenički bulevar 9-2-3, učenica 2. razreda Prve kragujevačke gimnazije*

#### MENTORI:

*MSc Jovana Radosavljević, Departman za hidrogeologiju, Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu*

*dr Milan Radovanović, diplomirani istoričar*



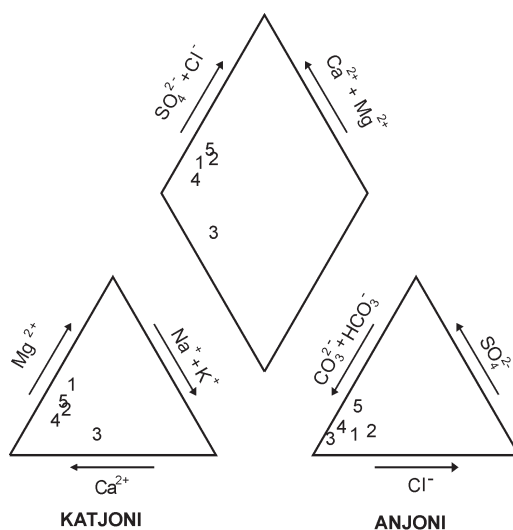
Slika 1. Hidrogeološka karta sliva Ždraljice sa ucrtanim bunarima (prema OGK K34-6 Kraljevo, L34-138 Kragujevac i K34-7 Paraćin). Z – zbijeni, P – pukotinski, K – karstni tip izdani.

Figure 1. Hydrogeological map of the Ždraljica River Basin with marked wells (based on OGK K34-6 Kraljevo, L34-138 Kragujevac and K34-7 Paraćin). Z – intergranular aquifer, P – fractured aquifer, K – karst aquifer.

Tabela 1. Koncentracije amonijum, nitritnih i nitrata jona (mg/L). Koncentracije koje premašuju maksimalnu dozvoljenu količinu za pićaću vodu označene su boldom.

Bunar	Koncentracija (mg/L)			Dubina (m)
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
1	0.00	<b>0.05</b>	<b>56.40</b>	16
2	<b>0.18</b>	<b>0.44</b>	<b>113.00</b>	13
3	0.00	0.00	28.20	25
4	0.00	<b>0.11</b>	14.40	nije poznata
5	0.00	<b>0.05</b>	17.2	nije poznata

U vodi bunara 1 sadržaj amonijum jona je ispod granica detekcije metode, dok su nitritni i nitratni jon zastupljeni u koncentracijama nešto većim od maksimalno dozvoljenih. Nedostatak amonijum jona ukazuje da je u pitanju izvor zagađenja koji neposredno pre uzorkovanja nije



Slika 2. Pajperov dijagram

Figure 2. Piper's diagram

uticao na hemizam vode. Međutim, povećano prisustvo nitritnih jona ukazuje na relativno stalan priliv zagađenja.

Sva tri člana azotne trijade su u vodi bunara 2 prisutna u koncentracijama koje prelaze maksimalno dozvoljene. Izvesno je u pitanju posledica postojanja aktivnog i stalnog izvora zagađenja, kakav predstavljaju neodgovarajući kanalizacioni odvodi i nepravilno izgrađeni pomoćni objekti seoskih domaćinstava u blizini. Narušavanju hemizma vode doprinosi i izuzetno loša konstrukcija samog bunara (nepokriven je i bez ograde), pa su verovatno u pitanju i površinska zagađenja. Jedino na ovom bunaru povišena je i hemijska potrošnja kiseonika.

Voda iz bunara 3 po hemizmu odgovara pijaćoj. Kako se on nalazi u neposrednoj blizini dva prethodno razmatrana bunara, postojeći izvor zagađenja, ukoliko ono nije površinsko, verovatno bi uticao i na vodu iz trećeg bunara da nije njegove veće dubine i konstrukcije koja je na odgovarajući način štiti od spoljnih uticaja.

U vodi bunara 4 i 5 prisutan je samo nitritni jon. Kako je u pitanju pukotinska izdan, vodozmena je slabija, te je prisustvo nitritnog jona naj-

verovatnije posledica dužeg zadržavanja nekog lokalnog zagađenja.

Prema klasifikaciji O. A. Alekina, vode ispitanih bunara su kalcijumsko-hidrokarbonatne, II ili III tipa, povišene ili srednje mineralizacije. Na Pajperovom dijagramu uočava se da je, i pored neposredne blizine prva tri bunara, hemijski sastav voda bunara 1 i 2 sličniji hemijskom sastavu voda bunara 4 i 5 nego bunara 3 (slika 2). Najverovatnije da je uzrok ovome veća dubina bunara 3.

## Zaključak

Po klasifikaciji O. A. Alekina, vode ispitanih pet bunara u slivu reke Ždraljice su kalcijumsko-hidrokarbonatne, II ili III tipa, povišene ili srednje mineralizacije. Četiri od pet uzoraka sadrže po bar jedan od pokazatelja organskog zagađenja (azotova jedinjenja, hemijska potrošnja kiseonika) u vrednostima većim od dozvoljenih i ne mogu se koristiti za piće.

Različite koncentracije pojedinih jona azotne trijade ukazuju da je svaki od pet bunara u različitoj meri podložan uticaju zagađivača. Izvesno je u pitanju posledica razlika u konstrukciji bunara, udaljenosti od izvora zagađenja, neujednačene poroznosti i vodopropusnosti stenske mase. Preciznija analiza bi zahtevala proširivanje istraživanja većim brojem uzorkovanja u dužem periodu, odnosno izradom katastra zagađivača.

**Zahvalnost.** Zahvaljujem se Dejanu Grujiću, Milenku Trijiću, Snežani Savić i Aleksi Vujiću na pruženoj pomoći pri laboratorijskom radu, analizi rezultata i pisanju rada.

## Literatura

Milanović A. 2007. *Hidrogeografska studija reke Lepenice*. Beograd: Geografski institut „Jovan Cvijić” SANU

Dimitrijević N. 1988. *Hidrohemija*. Beograd: Rudarsko-geološki fakultet

---

*Ivona Biočanin*

## Quality of Ground Water of Ždraljica River Basin (Kragujevac)

The research area is located in central Serbia, in the city of Kragujevac. In order to determine the quality of ground water in the research area, the hydrochemical characteristics of 5 wells were tested using basic hydrogeological and hydrochemical methods. Three of the water wells extract water from intergranular aquifer, while the other two drain the water from the fractured aquifer. The results show that the tested waters are of the hydro-carbonaceous class, calcium group and second or third type according to Alekin. Increased concentrations of nitric compounds and consumption of  $\text{KMnO}_4$  indicate the existence of organic substances. Because of that, water from these water wells is not safe for drinking. The results of this research show a better migratory ability of nitrate ions in water in the intergranular aquifer. Water of the fractured aquifer showed significantly better potential for remediation. Further research should include continuous monitoring of change of concentration and more precise determination of trends in nitrate ion migration, while at the same time making a cadastre of pollutants in the Ždraljica river basin. 