

## Osnovne hidrohemijske karakteristike pojedinih vodnih objekata i vodotokova u Petnici

---

*Ispitivane su podzemne i površinske vode na području Petnice i okoline. Osnovnom metodom hidrogeoloških istraživanja utvrđene su fizičke, hemijske i mikrobiološke karakteristike voda sa izvora, bunara, vodotokova i veštačkih akumulacija. Utvrđeno je da su ispitivane vode hidrokarbonatno-kalcijske ili -magnezijske. Uglavnom se ne mogu koristiti za piće usled hemijske ili mikrobiološke neispravnosti. Vodotokovi se po svojim svojstvima mogu svrstati u vode I i II klase.*

---

### Uvod

**Fizičko-geografske karakteristike Petnice.** Istražno područje nalazi se oko 7 km jugoistočno od centra Valjeva i smešteno je u atarima sela Petnica, Beloševac, Klinci i Bujačić. Ono predstavlja kraj Panonskog oboda i kraj krečnjačkog masiva u isto vreme. To je područje gde se Dinaridi pružaju jednim svojim krakom u pravcu severoistoka i tu se završavaju. Ispitivana oblast nalazi se u blizini Valjevskih planina, na nadmorskoj visini od oko 200 m (Lazarević 1996). Položaj stajnih tačaka sa kojih su uzimani uzorci za hemijsku i mikrobiološku analizu prikazan je na slici 1.

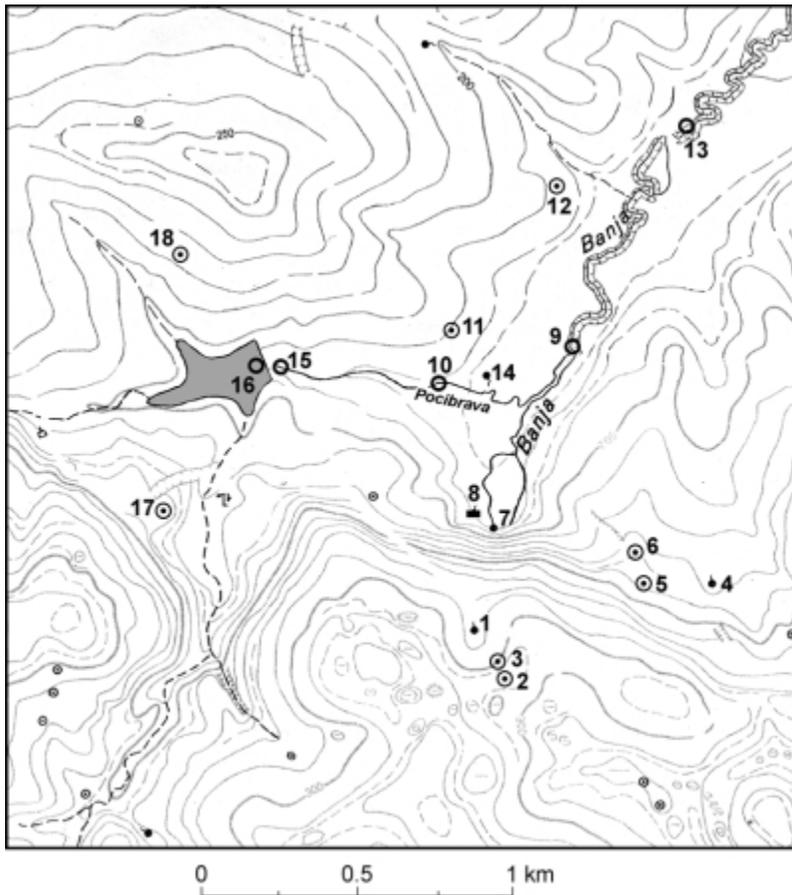
**Klimatske karakteristike istražnog područja.** Petnica sa okolinom odlikuje se umereno-kontinentalnom klimom sa submarinskim elementima. U periodu između 1950. i 1984. godine prosečne godišnje temperature iznosile su 10.9°C, sa maksimalnim vrednostima u julu (20.8°C), a minimalnim u januaru (-0.2°C). Prema podacima Hidrometeorološke stanice Valjevo, za isti period, ukupna prosečna količina godišnjih padavina iznosi je 792 mm (Lazarević 1996).

**Geomorfološke karakteristike istražnog područja.** Reljef je složenog porekla. Tektonski i abrazioni reljef čine osnovu proučavane teritorije koja je, u zavisnosti od geološkog sastava terena, u manjoj ili većoj meri, izmenjena ili uništena radom vodne erozije. Severni deo ovog područja

---

*Ivana Simić (1984),  
Subotica, Đure  
Jakšića 5, učenica 3.  
razreda Gimnazije  
"Svetozar Marković"  
u Subotici*

*Obrad Đorđević  
(1983), Arandjelovac,  
Četvrti krajiške  
brigade b.b., učenik  
3. razreda Gimnazije  
"Miloš Savković" u  
Arandjelovcu*



Slika 1.  
Karta položaja vodnih objekata i mesta uzimanja uzoraka voda vodotokova

Figure 1.  
The map of localities of explored water objects

izgrađen je od vodonepropusnih alumosilikatnih stena, što je uslovalo izrazitu očuvanost erozivne površine. U južnom delu istražnog područja nalaze se trijaski krečnjaci. Međutim, proces kraške erozije je ovde relativno mlad, pa su od kraških pojava prisutne samo malobrojne sekundarne vrtače i Petnička pećina (Zeremski 1983).

**Hidrološke karakteristike Petnice.** Na području atara Petnice i okoline stalni površinski tokovi su malobrojni – istražnim područjem protiču dve reke: Banja i njena pritoka Pocibrava. Postoji i jedna veštačka akumulacija – Petničko jezero. Reka Banja izvire u Petničkoj pećini i teče dužinom od 10 km, pravcem severoistok-jugozapad, do sela Mrčić, gde se uliva u Kolubaru. Površina sliva iznosi 12.4 km<sup>2</sup>. Pocibrava je pritoka reke Banje, a istovremeno i otoka obližnje veštačke akumulacije. Petničko jezero nalazi se na granici atara sela Petnica i Bujačić.

Na istražnom području postoji jedno vrelo – vrelo Banje. Vrelo ističe iz Petničke pećine i nalazi se na nadmorskoj visini od 179 m. Mada ima mehanizam izviranja kao intermitentni izvor, nije utvrđeno od čega zavisi

dinamika isticanja. Minimalna izdašnost vrela je oko 100 L/s, maksimalna oko 1000 L/s; prosečna izdašnost vrela je 250 L/s. Dinamičke rezerve vrela iznose oko 15 miliona kubnih metara (Lazarević 1996).

**Geološke karakteristike okoline Petnice.** Istražno područje se nalazi na kontaktu krečnjaka i donjopanonskih sedimenata. Masivni trijaski krečnjaci nalaze se južno od neogenih sedimenata. Miocenski sedimenti koji se ovde sreću (a smenjuju se u slojevima) su: gline, laporci i konglomerati. Aluvijum oko Kolubare, debljine oko 50 m, kvartarne je starosti, sastavljen najvećim delom od peskova, šljunkova i glina (Lazarević 1996).

**Hidrogeološke karakteristike istražnog područja.** Na ovom terenu javljaju se karstni i zbijeni tipovi izdani, kao i uslovno bezvodni deo terena (slika 2). Izdan se ovde hrani direktnom infiltracijom atmosferskih voda i, eventualno, preko Pocibrave, a prazni preko izvora i bunara. U severnom delu istražnog područja formirana je arteska izdan. I ona se, kao i većina podzemnih voda, prihranjuje na račun površinskih voda Kolubare i infiltracijom atmosferskih voda (Lazarević 1996).

U selu Petnica, u aluvijalnoj ravnici reke Banje pojavljuje se i termalni izvor na nadmorskoj visini od 174 m (slika 1, tačka 14). Izdašnost izvora je promenljiva, uglavnom oko 10 L/s, a temperatura vode 23.2°C. Koristi se u sportsko-rekreativne svrhe (Protić 1995).

Ranija biohemijska istraživanja podzemnih voda ovog područja ukazuju da se one lako i trajno mogu zagaditi usled ubrzane infiltracije i cirkulacije kroz podzemlje (Pejović 1997). Prema ovim podacima, vode su niske mineralizacije, a koncentracije svih jona su u dozvoljenim granicama za piće. Istraživanje površinskog toka Banje ukazalo je na opadanje kvaliteta vode duž toka (Daskijević, Petrović 1999). Vode ove reke su hidrokarbonatno-kalcijske, dosta tvrde, sa srednjom mineralizacijom i sa višom oksidacijom.

Našim istraživanjima ispitivani su osnovni fizički i hemijski parametri podzemnih i površinskih voda na području atara Petnice i okoline. Cilj ispitivanja bio je da se dobije slika o njihovom stanju, a upoređivanjem dobijenih rezultata sa prethodnim dobije uvid u promene hemijskog sastava voda.

## Materijal i metode

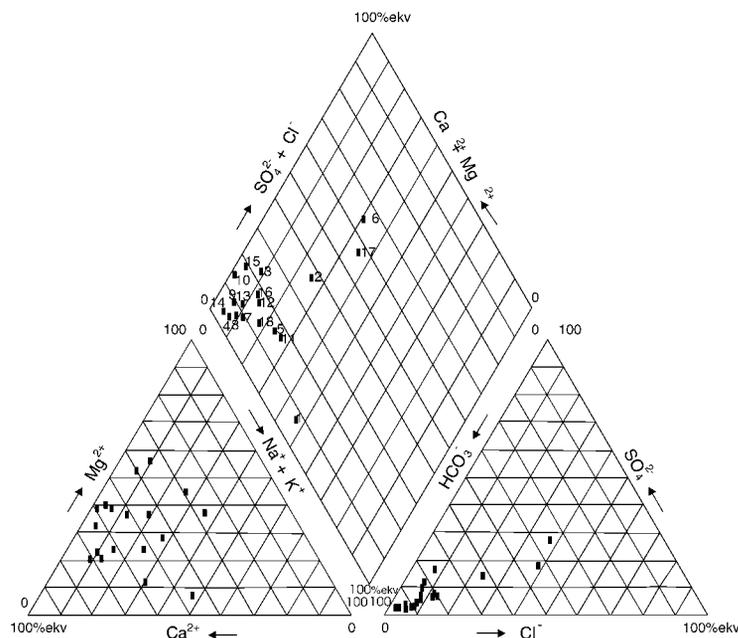
Uzorci su uzimani u četiri navrata: 6. jula 2000, 14. maja, 17. i 21. avgusta 2001. godine. Prilikom uzimanja uzoraka utvrđena su fizička svojstva vode, pH, specifična provodljivost, proticaj vodotokova, izdašnost izvora, dubine bunara. Laboratorijskim analizama utvrđena su hemijska i mikrobiološka svojstva vode. Koncentracije hloridnih ( $\text{Cl}^-$ ) jona, hidrokarbonatnih jona ( $\text{HCO}_3^-$ ), jona kalcijuma ( $\text{Ca}^{2+}$ ), jona magnezijuma ( $\text{Mg}^{2+}$ ), utrošak kalijum-permanganata ( $\text{KMnO}_4$ ) i koncentracija kiseonika ( $\text{O}_2$ )

utvrđene su volumetrijski, dok su koncentracije nitritnih jona ( $\text{NO}_2^-$ ), nitratnih jona ( $\text{NO}_3^-$ ), amonijum jona ( $\text{NH}_4^+$ ), fosfatnih jona ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) i sulfatnih jona ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) određene kolorimetrijski. Zasejavanjem u agar određeni su broj ukupnih i broj koliformnih bakterija u vodama.

## Rezultati i diskusija

Istraživanja su pokazala da su ispitivane vode većinom bezbojne ili jedva primetno slabo žute, bez mirisa i prozirne ili slabo opalescirajuće. Prosečna specifična provodljivost iznosi 360 S/cm.

Na osnovu rezultata hemijskih analiza utvrđeno je da su vode hidrokarbonatno-kalcijske ili -magnezijske, što se vidi i iz priloženog Piperovog dijagrama (slika 2). Prosečne koncentracije hloridnih i fosfatnih jona u avgustu se nisu bitno razlikovale i iznosile su, redom, 28 i 0.25  $\text{mg}/\text{dm}^3$ . Krupnije promene zapažene su kod sulfata (naročito na tačkama 2 i 6) i kod nitrita. Na tački 1 koncentracija nitrita u avgustu 2001. iznosi 0.88  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , dok ih u julu 2000. nije bilo, a na tački 17 njihov sadržaj u maju 2001. iznosi 0.22  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , da bi se ova koncentracija u avgustu duplo povećala. Na tačkama 6, 8 i 15 koncentracije nitrita bile su manje na kraju ispitivanja nego na početku. Znatnije fluktacije amonijum jona zapažene su na tačkama 5 i 6. Na pojedinim vodnim objektima konstatovane su i varijacije nitrata – njihova koncentracija na tački 6 u julu 2000. iznosi 11.50  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , a u avgustu 2001. ona je oko dvadeset puta veća i iznosi 232  $\text{mg}/\text{dm}^3$ .



Slika 2.  
Piperov dijagram  
istražnog područja

Figure 2.  
Piper's diagram of  
explored area





Mikrobiološke analize ukazale su na prisustvo koliformnih bakterija koje su, prema literaturnim podacima (Dragišić 1997), indikatori fekalnog zagađenja.

Temperature voda kretale su se od 12.0 do 26.0°C, u zavisnosti od njihovog porekla. Zapaženo je da su neke vode jedva primetno slabo žute usled povećanog sadržaja organskih materija, amonijum i nitritnih jona, a posledice lokalnog zagađenja odražavale su se i na karakterističan miris vode. Varijacije specifične provodljivosti voda u vezi su sa njihovim poreklom. Veće vrednosti zapažene su na nekim bunarima (maksimalnih 825 S/cm na tački 6), što potiče od povećane ukupne mineralizacije.

Najzastupljeniji joni u ispitivanim vodama su joni kalcijuma i magnezijuma, odnosno hidrokarbonatni joni, što je posledica geoloških karakteristika terena. Nije bilo većih varijacija koncentracije ovih jona, pa su u avgustu prosečne količine jona kalcijuma iznosile 80 mg/dm<sup>3</sup>, magnezijuma 35 mg/dm<sup>3</sup>, a hidrokarbonata 350 mg/dm<sup>3</sup>. Povećana koncentracija jona kalcijuma na pojedinim bunarima verovatno potiče od dodavanja gašenog kreča (Ca(OH)<sub>2</sub>) radi dezinfekcije i obično je, iz istog razloga, prati povećana pH vrednost (na tački 3 pH je 7.8, a na tački 17 je 8.6). Na fluktuacije sulfata ukazuju dijagrami radijalnih koordinata (slika 3). Interesantno je da se period povišenih koncentracija sulfata poklopio sa letnjim mesecima, dok je u proleće konstatovana manja koncentracija ovog jona. Ove promene najizraženije su na tački 6, gde količina sulfata opada od 165 mg/dm<sup>3</sup> (u julu 2000) do 30 mg/dm<sup>3</sup> (u maju 2001), a zatim ponovo raste do 152 mg/dm<sup>3</sup> (u avgustu 2001). Kako se na ovom području nalazi veliki broj voćnjaka koji se verovatno prskaju pesticidima na bazi plavog kamena (hidratisanog bakar-sulfata, CuSO<sub>4</sub>×5H<sub>2</sub>O), postoji mogućnost da preko atmosferskih voda ovi preparati dospevaju u izdanske vode i utiču na promenu njihovog hemijskog sastava. I zapaženi porast nitratnih jona mogao bi se dovesti u vezu sa održavanjem poljoprivrednih kultura. Naime, povećanje koncentracije pomenutog jona skoro na svim ispitivanim objektima, koja je prema poslednjim merenjima u proseku iznosila 60 mg/dm<sup>3</sup>, verovatno je posledica nepostojanja kanalizacionog sistema u ovom području, ali i nepravilne izgradnje pomoćnih objekata u seoskim domaćinstvima (štale, obori, septičke jame). Uporedo sa nitratima, u avgustu je konstatovano povećanje sadržaja organskih materija i smanjenje nitrita i amonijum jona, što je posledica prisustva velikog broja ukupnih bakterija kojih ima i preko 1000 u jednom mililitru vode. U stvari, kako su amonijum joni nepostojani, oni u prisustvu kiseonika i bakterija prelaze u nitrite, a ovi se dalje oksiduju do nitrata.

Na zagađenost vode u nekim objektima ukazuje prisustvo koliformnih bakterija, a o tome svedoči i povećana koncentracija nitritnih jona.

Slika 3. (prethodne dve strane)  
Prikaz hemijskog sastava voda istražnog područja dijagramima radijalnih koordinata

Figure 3. (preceding two pages)  
Graphs with chemical parameters of the explored wather

## Zaključak

Istraživanja vodnih objekata na području Petnice i okoline potvrđuju rezultate prethodnih ispitivanja (Perović 1997): u ispitivanim vodama dominira hidrokarbonatni jon, odnosno jon kalcijuma ili magnezijuma, te se one, po Alekinu, svrstavaju u hidrokarbonatne vode kalcijske ili magnezijske grupe. Po Ovčnikovu, one su presne, malo mineralizovane i mineralizovane vode, a po Klutu tvrde i dosta tvrde vode. Međutim, našim ispitivanjima na velikom broju vodnih objekata konstatovana je hemijska, odnosno, mikrobiološka neispravnost, što ukazuje na povećanu zagađenost podzemnih voda, zbog čega se one ne mogu koristiti za piće. Kako bi se sprečilo dalje opadanje kvaliteta vode, neophodno je rešavanje problema komunalija.

Ispitivani površinski tokovi mogu se svrstati u I, odnosno II klasu, što se podudara sa rezultatima prethodnih istraživanja (Daskijević, Petrović 1999), dok povećane koncentracije nitritnih jona ukazuju na zagađenost ovih voda. Dezinfekcijom voda bila bi omogućena njihova šira primena, ali je potrebno i zaštititi ih od dalje kontaminacije.

---

## Literatura

Daskijević S, Petrović S. 1999. Hidrohemijske karakteristike voda reke Banje. U *Petničke sveske*, 49 (ur. B. Savić). Valjevo: Istraživačka stanica Petnica, str. 262-7.

Dragišić V. 1997. *Opšta hidrogeologija*. Beograd: Univerzitet u Beogradu

Lazarević R. 1996. *Valjevski kras*. Beograd: Srpsko geografsko društvo

Perović M. 1997. Prilog poznavanju hidrogeoloških karakteristika Petnice sa osvrtom na problem vodosnabdevanja. U *Petničke sveske*, 45 (ur. B. Savić). Valjevo: Istraživačka stanica Petnica, str. 231-41.

Protić D. 1995. *Mineralne i termalne vode Srbije*. Beograd: Ministarstvo za nauku i tehnologiju

Zeremski M. 1983. *Tragovi neotektonskih procesa u reljefu zapadne Srbije*. Beograd: SANU

---

*Ivana Simić and Obrad Đorđević*

## The Basic Hydrochemical Parametres of Natural Water in the Area of Petnica

In the area of Petnica and surroundings the research of underground waters was performed. Using the basic method of hydrogeological exploration, physical, chemical and microbiological characteristics of the springs, wells, rivers and artificial accumulation were detected.

The earlier biochemical explorations of underground waters of this area have shown that they could be easily and permanently contaminated due to the accelerated infiltration and circulation through the underground (Perović 1997). According to this data, the waters are of low mineral contents, and concentrations of all ions are in allowed limits for drinking water. Exploration of the surface flow of the river Banja has shown a decrease of water quality along the flow (Daskijević, Petrović 1999). Water of this river is hydro-carbonaceous and calcareous, rather hard, with average mineralization and higher oxidization. The aim of this research was to provide an insight into the changes of water chemical contents by comparing the obtained results with previous ones.

Research of water facilities in Petnica confirms the results of previous research work: in the tested waters hydro-carbonaceous ion is dominant, that is the ion of calcium or magnesium, so they are classified as hydro-carbonaceous waters of the calcium or magnesium group, according to Alekin. According to Ovcinikov, they are raw waters, low mineralization waters and mineralization waters, and according to Klut, these waters are hard and rather hard waters. However, the chemical and microbiological irregularity shows the increase of the degree of underground water contamination. That is why it cannot be consumed as drinking water. In order of preventing the further decrease of water quality it is necessary to racionalize the application of agrotechnical measures, as well as to solve the problem of communal facilities.

The researched surface flows can be classified into I and II class, which is identical to the results of previous researches, while the increase of the nitrite ion concentration points out the contamination of these waters. In order of improving their physical and chemical features, it is necessary to apply substantial measures of protection from further contamination.

