

**ANALYSIS OF GROUND WATER QUALITY IN TERMS OF GEOLOGICAL
SETTING IN THE TERRITORY OF THE MESIĆ VILLAGE FOR THE PURPOSE
OF BOTTLING (MUNICIPALITY OF VRŠAC)**

DRAGANA VUŠKOVIĆ¹, IVANA CAREVIĆ², VELIMIR JOVANOVIĆ²,
NATAŠA BIOČANIN³

¹ *University of Niš – Faculty of Science, Višegradska 33, Niš, Serbia*

² *University of Belgrade – Faculty of Geography, Studentski trg 3/3, Belgrade, Serbia*

³ *DP “Drugi Oktobar”, Stevana Nemanje 26, Vršac, Serbia*

Abstract: This paper presents an analysis of the quality of groundwater that are exploited in the territory of the Mesić village in the factory "Moja voda" on the slopes of the Vršac Mountains. Spring waters formed in the Tertiary and Quaternary sediments are situated near the high-grade metamorphic complex border of Vršac Mountains that represents the northernmost prolongation of Serbo-macedonian massif to the West and low-grade metamorphic complex of the Ranovac-Vlasina-Osogovo terrane to the East. Groundwater is assigned on the basis of chemical analyses to the group of hydrocarbonate-calcium-magnesium non-carbonated low-mineral water, whose physical properties and chemical composition is the consequence of geological conditions of the environment through which circulates. The dominant anions and cations (HCO_3^- , Ca_2^+ and Mg_2^+) accumulate in groundwater of Mesić as a product of weathering of silicate minerals present in igneous and metamorphic complex of Vršac Mountains. The specificity of these waters is an adequate amount of selenium in its composition related to the Tertiary and Quaternary clay deposits which have the pyrite and organic matter, as well as silica, whose presence in the water is a consequence of weathering (hydrolysis) of silicate minerals, particularly feldspar. Water from the exploration wells is classified as “B reserve” according to the applicable criteria.

Key words: Mesić, Vršac Mountains, “Moja voda”, low-mineral water, physical properties, chemical composition

Introduction

The terrain which covers an area of Vršac, as well as the village Mesić (fig. 1), belongs to the southeastern Banat and represents the extreme southeastern part of the Pannonian Basin. The relief of the terrain is typically flat, with absolute altitudes of 75-100 m. The most striking part of the relief occupies Vršac Mountains with Kudrič Peak (640 m).

The most important hydrographic characteristic of the southern slopes of the Vršac Mountains are the streams Fizeš and Guzana that drain part of the southern slopes along the border with Romania and Mesić stream that drains most of the researched area. The main hydrographic feature of the stream Mesić is its arched flow from where it flows beneath the foothills of the Vršac Mountains to Vršac, into the Vršac canal (fig. 2). The catchment area of the stream Mesić is 31.9 km², and the length of the flow is 11.4 km (Лазич М., 2010).

*Email: dragana.maric@gmail.com

Article history: Received 20.06.2014 ; Accepted 22.09.2014

The research was supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia, Project No. 176017.

Transport links are good, the most important is highway Belgrade-Vršac, and the road network is well developed for the Bela Crkva, Vatin and other villages in the municipality. This is of particular importance, because of the village Mesić, where the enterprise “Drugi Oktobar” from Vršac built a factory for production and bottling of low-mineral water, known in the market of Serbia as “Moja Voda”.

At the beginning of the last century hydrogeological investigations were conducted for drilling artesian wells. Intensive research has begun in the second half of the 20th century in order to create basic geological, hydrogeological and engineering geological maps of South Banat and continued in 1966, for construction of Iron Gate I Hydroelectric Power Station (Стојиљковић Д., 2003). At the end of the nineties, specific research on groundwater reserves began to carry out in the area of the village Mesić (Лазих М., 2010).

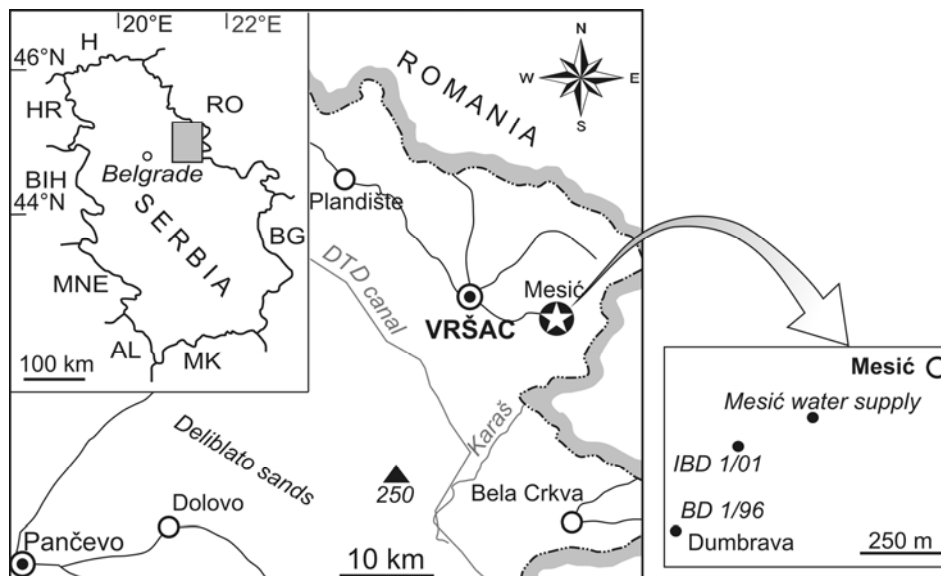


Figure 1. Geographical position of Vršac municipality with the position of exploratory wells IBD 1/01 and BD 1/96 in the village Mesić (according to Вушкових Д. et al., 2012)

For the purposes of defining groundwater reserves at the source in Mesić, the hydrogeological investigations were conducted related to expansion of springs capacity for bottling, and then to explore the quantity and quality of these waters (Лазих М., 2010). The subject area belongs to the Banat regional system of use, development and protection of river water (Дунчић Д. et al., 2009). In the village Mesić the source of low-mineralized water was recorded, which is due to the properties owned attributed therapeutic qualities. Exploratory well is drilled to a depth of 68 m, and the water was found at a depth of between 50 and 65 m.

Factory “Moja Voda” in Mesić aims to expand the capacity of existing bottling of low-mineral water, in order to meet the market. The decisive role is adequate water supply in sufficient quantities of suitable quality.

The geological characteristics of the area and the hydrogeological conditions of groundwater formation

Study area is located on the southern slopes of the Vršac Mountains situated in the southern part of the Pannonian Basin. The wider area of Vršac is a depression formed in the early Miocene with intensive rising of the Carpathians, Dinarides and Alps (Vidović M.M. and Gordanić V.B., 2012). During the Pliocene and earlier part of Quaternary, after the retreat of Paratethys, the area of the southern rim of the Pannonian basin passed through the terrestrial phase of development (Toljić M. et al., 2014).

Metamorphic and igneous complex of Vršac Mountains represents the northernmost prolongation of Serbo-macedonian massif situated in the contact with Supraetic (Ranovac-Vlasina-Osogovo terrane) on the East in Romania in the area of Văradia Mountains composed of low-grade metamorphic complex (Kräutner H.G. and Krstić B.P., 2003; Matenco L. and Radivojević D., 2012).

The oldest rocks are represented by Precambrian crystalline schists which include albite gneiss and albite-muscovite schist cropping out northwest and north of the Mesić village (Буковић А. et al., 1970) (fig. 2). The large area of Vršac Mountains is composed of eyed and fine-grained gneisses. During the Hercynian Orogeny in Carboniferous and Permian, the granitoid massif which broadly corresponds to the granodiorites was intruded. K/Ar data of igneous rocks indicate the age of 330-250 Ma (Kräutner H.G. and Krstić B.P., 2003).

Pontian deposits are represented by smaller isolated bodies in the southeastern part. They are composed of sands, clays and marls and unconformably overlie crystalline schists.

During the Quaternary a relatively thick succession of genetically different types of sediments was deposited whose thickness and great distribution indicate that in the wider area of southern part of the Pannonian Basin intensive sinking of the terrain was taking place throughout Pleistocene (Marović M. et al., 2002; Toljić M. et al., 2014). Paludous and proluvial loams with a lot of clayey and sandy component, lenses of limonite, CaCO₃ concretions and organic matter overlie Pontian sediments (Буковић А. et al., 1970; Стојиљковић Д., 2003).

On the northern and western slopes of the Vršac Mountains talus deposits were formed by mechanical erosion of crystalline schists and granite. Alluvium is represented by sandy gravel and muddy clay deposits in the stream valley of Mesić (fig. 2).

On the territory of the village of Mesić, in sands, a paludous and proluvial loams, sandy gravels and muddy clays a dense-rock aquifer was formed. Its boundary is similar to the borders of Vršac-Alibunar wetland (Стојиљковић Д., 2003). In marsh sediments, aquifer is recharged by water primarily from precipitations and subsurface or surface inflows from higher land. Because the soil contains montmorillonite clays, it swells and becomes impermeable for the excess surface water and precipitations, that results in flooding the lowest lands (Стојиљковић Д., 2003).

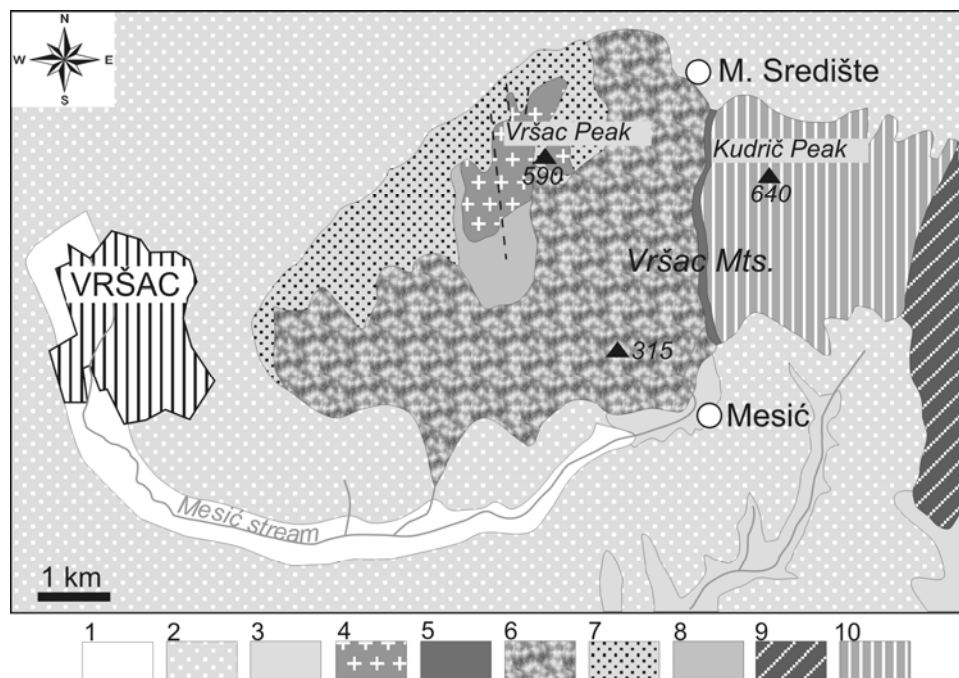


Figure 2. Geological map of the wider area of Mesić (modified after Вуковић А. et al., 1970). 1. Alluvial deposits of the Mesić stream; 2. Diluvial sediments, paludous and proluvial loams; 3. Pontian sands, clays and marls; 4. Late Palaeozoic granites; Precambrian; 5. Fine-grained gneiss; 6. Eyed muscovite gneiss; 7. Eyed biotite gneiss; 8. Granitoid gneiss; Albite-muscovite schists; 10. Albite gneiss.

Material and Methods

In the period from March 2008 to December 2009 a study was conducted to evaluate the groundwater regime of low-mineral water on the exploration and exploitation wells IBD 1/01 and BD 1/96 (fig. 1). In the period from January 2009 to December 2009 water-yielding capacity and dynamic water level were measured. Qualitative water regime in both wells is defined by chemical, radiological and microbiological analyses, from March 2008 to December 2009. Complete chemical analyses of water were done in the City Institute of Public Health, Center for Hygiene and Human Ecology and the Laboratory of Human Ecology and Ecotoxicology in Belgrade, and the Military Medical Academy, Division of Preventive Medicine in Belgrade. Last microbiological analyses were carried out at the Department of Public Health Ćuprija “Pomoravlje”. Radiological analysis were carried out at the Institute of Nuclear Sciences “Vinča” (Јазвић М., 2010). The analyses included the determination of water: physical properties, macroelements, microelements, toxic elements, radioactive elements, dissolved gases, organic compounds, organic microcomponents, radioactivity, pesticides, total bacteria, coliform bacteria and other pathogenic bacteria.

For now, the existing well IBD 1/01, which is located within the factory, meets the needs of the factory and bottling, while other, BD 1/96, is used for water supply of weekend settlement Dumbrova and as drinking water.

Results and discussion

Water “Moja Voda” which is exploited from two wells, IBD 1/01 and 1/96 BD can be categorized as natural low mineralized water (Сл. лист СЦГ бр. 53/05). Total of four complete chemical analyses of water from these wells were made (Лазич М., 2010). Physical properties and chemical composition of the water, and thus its quality, are in accordance with the geological and hydrogeological conditions of the environment.

Well IBD 1/01

Physical properties of water

Colour: It was observed that the test water is colorless.

Turbidity: Based on the conducted hydrochemical analyses it was found that the water shows no turbidity.

Odor: In the analyzed samples it was found that the water is odorless.

Taste: Water has a very pleasant taste, due to the absence of any inorganic, organic and biological agents.

Temperature: The values of water temperatures range from 15 to 15.3 °C.

pH value: The pH value of the water ranges from 6.2-6.4, indicating a weak acidic environment.

Total water hardness °dH: By specifying the contents of ions of calcium and magnesium, as well as the content of hydrocarbon ions, it is calculated the total hardness, which ranges from 6.1 to 6.7 °dH. These values indicate a soft water.

Chemical properties of water

Groundwater is assigned on the basis of chemical analyses to the group of hydrocarbonate-calcium-magnesium water. In cationic composition, calcium ions are dominant with a content of 28-31.7 mg/l, followed by 6.8-8 mg/l ions of magnesium. The anionic composition is dominated by hydrocarbonate ions in concentrations from 122 to 134 mg/l, then the sulphate ions with smaller concentration of 11.9 to 15.2 mg / l and chloride ions, from 9.2 to 10.4 mg / l.

In order to analyse the stability of chemical macro-composition, the proportion of minimum and maximum concentrations of some elements expressed by the stability coefficient (K) is determined:

- The coefficient stability of calcium $K_{Ca^{2+}}$ (6.1056%)
- The coefficient stability of magnesium $K_{Mg^{2+}}$ (7.9234%)
- The coefficient stability of sodium K_{Na^+} (29.534%)
- The coefficient stability of hydrocarbons $K_{HCO_3^-}$ (4.653%)
- The coefficient stability of sulphate $K_{SO_4^{2-}}$ (12.268%)
- The coefficient stability of chloride K_{Cl^-} (6.1069%)

These coefficients indicate stable regime of chemical composition of water in the well IBD 1/01. This refers primarily to the dominant anions and cations (HCO_3^- , Ca^{2+} and Mg^{2+}) which determine the type of water.

Table 1. Chemical composition and physical properties of water from well IBD 1/01 in the period March 2008 to October 2009 (according to Лазнін М., 2010)

Parameters (mg/l)	25/3/2008.	26/6/2008.	13/4/2009.	12/10/2009.	MAC for mineral water (Сл. Ліст СЦГ бр. 53/05)
Temperature °C	/	15.2	15	15.3	/
Colour	clear	<5	<5	<5	without
Turbidity	<0.6	0.1	0.2	0.2	/
pH value	6.3	6.4	6.3	6.2	/
Consumption of KMnO ₄	1.3	0.3	0.4	1.2	/
Dry residues at 180 °C (g/l)	0.185	0.177	0.17	0.191	/
Electrical conductivity (µS/cm)	247	250	250	250	/
Free hydrogen sulphide (H ₂ S)	<0.02	<0.02	/	<0.02	/
Total water hardness °dH	6.70	6.30	6.10	6.10	/
Hydrocarbons (HCO ₃ ⁻)	134	130.5	122	129.3	/
Nitrites (NO ₂ ⁻)	<0.004	<0.006	<0.006	<0.006	/
Nitrates (NO ₃ ⁻)	15.7	16.2	17.5	18.1	50
Chlorides (Cl ⁻)	9.3	10.4	9.2	10.4	/
Sulphates (SO ₄ ²⁻)	14.4	11.9	12.3	15.2	/
Orthophosphates (P)	<0.06	<0.02	0.03	<0.02	/
Fluorides (F)	<0.1	0.022	<0.05	0.09	5
Phenols	<0.002	<0.001	<0.001	<0.001	/
Arsenic (As)	<0.005	<0.001	<0.001	<0.001	0.01
Copper (Cu)	<0.05	0.002	<0.002	0.003	1
Zinc (Zn)	<0.005	0.0014	0.004	0.009	/
Iron (Fe)	0.05	0.027	0.001	<0.004	0.2
Chromium (Cr)	<0.002	<0.001	<0.002	<0.002	0.05
Cadmium (Cd)	<0.001	<0.0005	<0.0008	<0.0008	0.003
Calcium (Ca ²⁺)	28	31.7	30.8	30.7	/
Potassium (K ⁺)	1.1	1.08	1.14	1.19	/
Magnesium (Mg ²⁺)	6.8	8	7.6	7.89	/
Manganese (Mn)	<0.01	0.0006	<0.0002	<0.0002	0.5
Sodium (Na ⁺)	5.6	11.3	10.7	11	200
Nickel (Ni)	<0.001	<0.004	<0.006	<0.006	0.02
Lead (Pb)	<0.005	<0.007	<0.005	<0.005	0.01
Mercury (Hg)	/	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.001

Well BD 1/96**Physical properties of water**

Colour: During hydrochemical regime observations it was observed that the test water is colorless.

Turbidity: Based on the conducted hydrochemical analyses it was found that the water shows no turbidity.

Odor: In the analyzed samples it was found that the water is odorless.

Temperature: During the regime observations, the values of the temperature range from 14.4-15.1 °C.

Taste: Water has a very pleasant taste, due to the absence of any inorganic, organic and biological agents.

pH value: The pH value of the water ranges from 6.5-7.1, indicating a neutral environment.

Total water hardness °dH: By specifying the contents of ions of calcium and magnesium, as well as the content of hydrocarbon ions, it is calculated the total hardness, which ranges from 6.9 to 9.4 °dH. These values indicate a soft water to moderately hard water.

Chemical properties of water

Groundwater is assigned on the basis of chemical analyses to the group of hydrocarbonate-calcium-magnesium water. In cationic composition, calcium ions are dominant with a content of 31.5-48.3 mg/l, followed by 7.2-11.2 mg/l ions of magnesium. The anionic composition is dominated by hydrocarbonate ions in concentrations from 192.1 to 226 mg/l, then the sulphate ions with smaller concentration of 16.5 to 19.5 mg / l and chloride ions, from 10.4 to 12.7 mg / l.

In order to analyse the stability of chemical macro-composition, the proportion of minimum and maximum concentrations of some elements expressed by the stability coefficient (K) is determined:

- The coefficient stability of calcium $K_{Ca^{2+}}$ (19.244%)
- The coefficient stability of magnesium $K_{Mg^{2+}}$ (19.608%)
- The coefficient stability of sodium K_{Na^+} (34.962%)
- The coefficient stability of hydrocarbons $K_{HCO_3^-}$ (8.3292%)
- The coefficient stability of sulphate $K_{SO_4^{2-}}$ (8.3449%)
- The coefficient stability of chloride K_{Cl^-} (9.8501%)

The coefficients in the well BD 1/96 also indicate stable regime of chemical composition of water. Stability coefficients for other cations and anions show slightly higher oscillation during the observation period. However, since the contents of these components is very small, they can not affect the quality and type of water, and these changes are irrelevant in qualifying the stability of the qualitative characteristics of these waters.

Analyses of water from both wells has shown that concentration of phosphate ions, fluoride, nitrite, nitrate and other trace elements are below the MAC for mineral water. The concentration of organic compounds (phenol, $KMnO_4$ consumption, mineral oils, detergents, pesticides overall, etc.) are also far below the MAC for drinking water (Јазинћ М., 2010).

Radiologic studies has shown that water from wells IBD 1/01 and BD 1/96 meet the quality requirements for natural mineral water in terms of the content of radionuclides, while microbiological tests showed that these waters meet the standard.

Table 2. Chemical composition and physical properties of water from well BD 1/96 in the period March 2008 to October 2009 (according to Лазнін М., 2010)

Parameters (mg/l)	25/3/2008.	26/6/2008.	13/4/2009.	12/10/2009.	MAC for mineral water (Сл. Лист СЦГ бр. 53/05)
Temperature °C	/	14.5	15.1	14.4	/
Colour	clear	<5	<5	<5	without
Turbidity	<0.6	0.1	0.1	0.1	/
pH value	7.1	6.6	6.5	6.5	/
Consumption of KMnO ₄	1.4	0.3	0.4	1.2	/
Dry residues at 180 °C (g/l)	0.208	0.248	0.259	0.256	/
Electrical conductivity (µS/cm)	280	350	350	350	/
Free hydrogen sulphide (H ₂ S)	<0.02	<0.02	/	<0.02	/
Total water hardness °dH	6.90	9.40	9.20	9.30	/
Hydrocarbons (HCO ₃ ⁻)	226	198.3	192.1	197.6	/
Nitrites (NO ₂)	<0.004	<0.006	0.006	<0.006	0.1
Nitrates (NO ₃)	12.4	15.6	16.1	18.5	50
Chlorides (Cl ⁻)	10.4	11.1	12.7	12.5	/
Sulphates (SO ₄ ²⁻)	17.1	16.5	19.5	18.8	/
Orthophosphates (P)	<0.06	<0.02	<0.02	<0.02	/
Fluorides (F)	<0.1	0.048	0.09	0.1	5
Phenols	<0.002	<0.001	<0.001	<0.001	/
Arsenic (As)	<0.005	<0.001	<0.001	<0.001	0.01
Copper (Cu)	<0.05	0.002	0.001	0.002	1
Zinc (Zn)	<0.005	0.007	0.0071	0.007	/
Iron (Fe)	0.13	0.005	0.036	0.016	0.2
Chromium (Cr)	<0.002	<0.001	<0.002	<0.002	0.05
Cadmium (Cd)	<0.001	<0.0005	<0.0008	<0.0008	0.003
Calcium (Ca ²⁺)	31.5	48.3	46.8	48	/
Potassium (K ⁺)	1.2	0.841	0.83	0.885	/
Magnesium (Mg ²⁺)	7,2	11.2	11.2	11.2	/
Manganese (Mn)	<0.01	0.0003	0.0008	0.0004	0.5
Sodium (Na ⁺)	6.6	15.9	15	15.7	200
Nickel (Ni)	<0.001	<0.004	<0.006	<0.006	0.02
Lead (Pb)	<0.005	<0.007	<0.01	<0.005	0.01
Mercury (Hg)	/	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.001

Hydrocarbonate-calcium-magnesium water usually represent typical karst waters formed within limestone and dolomite rocks as a result of chemical dissolution of carbonates, whereby the origin of the ions Ca^{2+} and Mg^{2+} is usually explained by dissolution of calcite, dolomite and magnesite (Petrović-Pantić T. and Zlokolica Mandić M., 2012; Krishna Kumar S. et al., 2012 and many others). It is considered that in groundwaters originated in non-carbonate rocks Ca^{2+} , Mg^{2+} and HCO_3^- ions may be derived by dissolution of silicate minerals (Orthoclase, Plagioclase, Hornblende, Pyroxene, Biotite) (Tesoriero A.J. et al., 2004; Srinivasamoorthy K., 2008; Razowska-Jaworek L., 2014). The weathering of feldspar (Orthoclase, Plagioclase) and ferro-magnesium silicates (Biotite, Hornblende and Pyroxene) in igneous and metamorphic complex of Vrsac Mountains indicate the main source of Ca^{2+} , Mg^{2+} and HCO_3^- ions in this environment.

The specificity of these waters is an adequate amount of Se and Si, thus are recommended for urological and gastrointestinal diseases (Vušković D. et al., 2012). The origin of Se in groundwater is related to the Tertiary and Quaternary clay deposits rich in pyrite and organic matter (Matamoros-Veloza A. et al., 2011; Cary L. et al., 2014). Weathering (hydrolysis) of silicate minerals, especially feldspars is the most important source of Si in water (Dobrzyński D., 2005; Petrović T.M. et al., 2012). This element is genetically related to the granites of Vršac Mountains, rich in feldspar and intensively feldspatized crystalline schists in contact with the granodiorite intrusion. Although the small number and restricted sizes of granite outcrops at the surface, a great rock mass in depth can be presumed (Кнежевић В. et al., 1998). For igneous and metamorphic rocks is characteristic fracture porosity. Along the fault systems and cracks hydrothermal solutions circulate which yield dissolved substances in groundwater (Petrović T.M. et al., 2012).

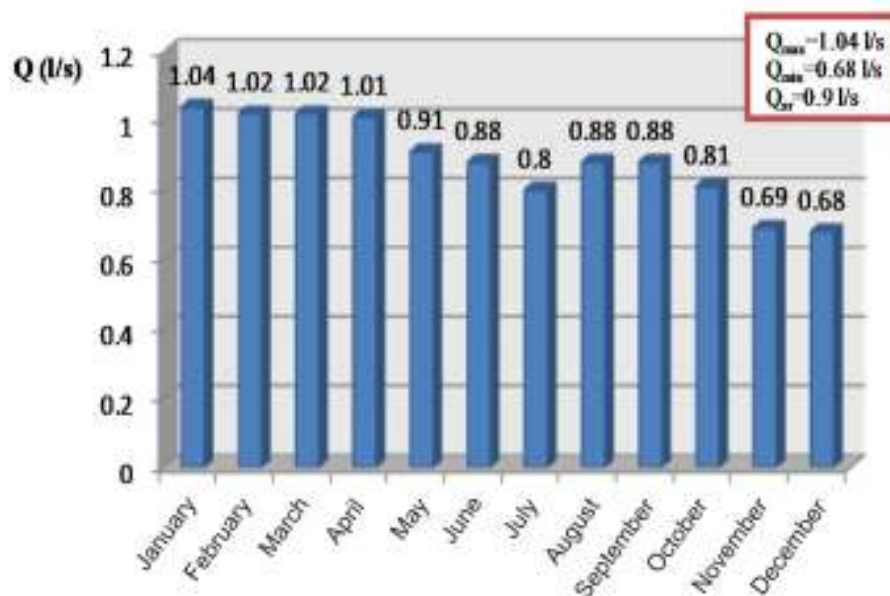


Figure 3. Histogram of the average monthly amount of exploited water from January to December 2009 in the well IBD 1/01.

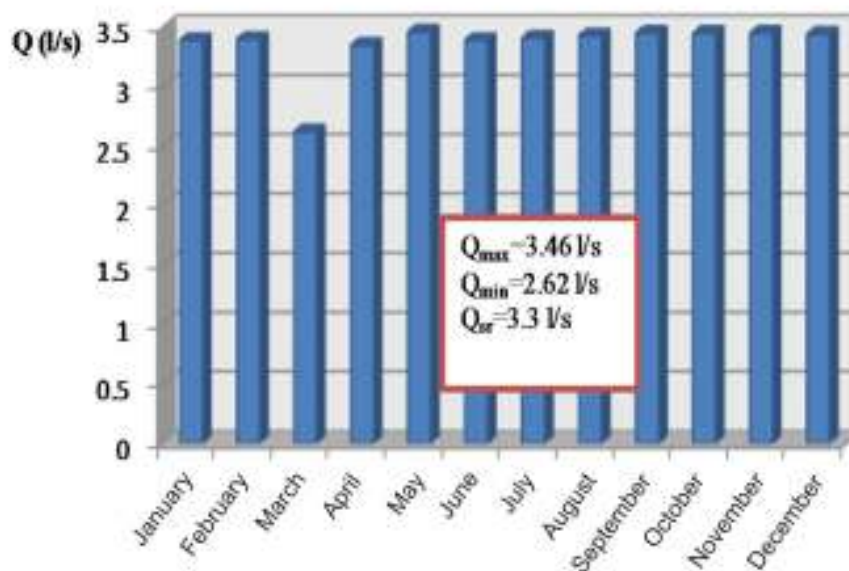


Figure 4. Histogram of the average monthly amount of exploited water from January to December 2009 in the well BD 1/96.

It is considered the continuity in the monitoring of groundwater quality based on previous analyses of the physico-chemical characteristics of groundwater from research-exploitation wells IBD 1/01 and BD 1/96 (Лазич М., 2002). A steady regime of chemical composition and physical properties of the water at the source, “Moja Voda” in Mesić is determined.

Histogram of the average monthly amount of exploited water during the period from January to December 2009 for both wells is constructed based on the results of water-yielding capacity. It was established a stable regime of water-yielding capacity in both wells that are not affected by the seasonal climatic fluctuations (figs. 3 and 4).

Conclusion

“Moja Voda” is natural calcium-magnesium-hydrocarbonate low-mineral non-carbonated water. With the aim of protecting and securing new quantities of high quality groundwater for multipurpose use of bottling, hydrogeological investigations in the surroundings of the Mesić were carried out. Water from wells IBD 1/01 and 1/96 BD corresponds to B category according to the applicable criteria (Сл. Лист СРЈ бр. 12/98 and 13/98; Сл Лист СФРЈ бр. 34/79).

For now, the existing well IBD 1/01 meets the needs of water bottling factory, as well as BD 1/96 of water supply for the weekend settlement Dumbrava. In case of need to increase the capacity of the factory “Moja Voda”, water from well BD 1/96 could be used as technical water and possibly for bottling.

The total amount of water that is currently exploited at the source of factory “Moja Voda” yields 4.2 l/s. For the well IBD 1/01 B category water reserve is 0.9 l/s, while for the well BD 1/96 B category water reserve is 3.3 l/s.

Based on the physico- chemical characteristics of groundwater from research-exploitation wells it can be considered a stable regime of chemical composition and physical properties of these waters. All hydrochemical parameters are within the limits prescribed by legal regulations for natural mineral water (Сл. Лист СЦГ бр. 53/05).

References

- Vidović, M.M., Gordanić, V.B. (2012). Hydrogeological-Geochemical Characteristics of Groundwater in East Banat, Pannonian Basin, Serbia. In: Kazemi G.A. (Ed.), *Hydrogeology – A Global Perspective*. InTech, Rijeka, Croatia, 159-180.
- Вуковић, А., Ивковић, А., Николић, Ј. (1970). *Лист Вршац*. Београд: Савезни геолошки завод, Основна геолошка карта, 1: 100 000.
- Вуковић, А. и др. (1970). *Тумач за лист Вршац*. Београд: Завод за геолошка и геофизичка истраживања.
- Вушковић, Д., Царевић, И., Јовановић, В. (2012). Могућности коришћења природних вода за водоснабдевање града Вршца. У: Шећеров В., Радосављевић З., Ђорђевић А., Марић М. (Ур.), Локална самоуправа у планирању и уређењу простора и насеља. Асоцијација просторних планера Србије, Универзитет у Београду - Географски факултет, 571-575, Београд, Републичка агенција за просторно планирање.
- Dobrzyński, D. (2005). Silica origin and solubility in groundwater from the weathered zone of sedimentary rocks of the Intra-Sudetic Basin, SW Poland. *Acta Geologica Polonica*, 55 (4), 445-462.
- Дунчић, Д. и др. (2009). *Просторни план општине Вршац*. ЈП Завод за урбанизам Војводине-Нови Сад, 158 стр.
- Кнежевић, В., Пушкарев, Ј., Карамата, С., Цветковић, В. (1998). Нови подаци о времену стварања гранитоидних стена Вршачких планина. *Записници Српског геолошког друштва за 1992, 1993, 1994, 1995, 1996. и 1997. годину*, 229-232.
- Kräutner, H.G., Krstić, B.P. (2003). *Geological map of the Carpatho-Balkanides between Mehadia, Oravita, Niš and Sofía*. Belgrade (Geoinstitute), 1 sheet, 1:300,000.
- Krishna Kumar, S., Chandrasekar, N., Seralathan, P., Godson, P.S., Magesh, N.S. (2012). Hydrogeochemical study of shallow carbonate aquifers, Rameswaram Island, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184, 4127-4138
- Кукин, А., Кеменци, Р., Јовановић, П. (1987). *Геологија Вршачких планина*. Нови сад: Матица Српска, 67 стр.
- Лазић, М. (2002). *Елаборат о резервама маломинерализованих вода у зони села Месућ-Општина Вршац*. Београд: Рударско-геолошки факултет, Институт за хидрогеологију.
- Лазић, М. (2010). *Обновљени елаборат о резервама подземних вода на изворишту фабрике „Моја вода“ у Месућу (СО Вршац)*. Београд: Рударско-геолошки факултет, Департман за хидрогеологију.
- Marović, M., Djoković, I., Pešić, L., Radovanović, S., Toljić, M., Gerzina, N. (2002). Neotectonics and seismicity of the southern margin of the Pannonian basin in Serbia. *EGU Stephan Mueller Special Publication Series*, 3, 277-295.
- Matamoros-Veloza, A., Newton, R.J., Benning, L.G. (2011). What controls selenium release during shale weathering? *Applied Geochemistry*, 26, S222-S226.
- Matenco, L., Radivojević, D. (2012). On the formation and evolution of the Pannonian Basin: Constraints derived from the structure of the junction area between the Carpathians and Dinarides. *Tectonics*, 31 (6), 18-49.
- Petrović, T.M., Zlokolica Mandić, M., Veljković, N., Papić, P.J., Poznanović, M.M., Stojković, J.S., Magazinović, S.M. (2012). Makro- i mikroelementi u flaširanim vodama i vodama iz javnih vodovoda u Srbiji. *Hemijska industrija*, 66 (1), 107-122.
- Petrović-Pantić, T., Zlokolica Mandić, M. (2012). Kakvu vodu pijemo? XIV Srpski simpozijum o hidrogeologiji, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet, 329-333.
- Razowska-Jaworek L. (2014). *Calcium and Magnesium in Groundwater: Occurrence and Significance for Human Health*. CRC Press, Taylor&Francis Group, London, UK, 236 pp.
- Srinivasamoorthy, K., Chidambaram, S., Prasanna, M.V., Vasanthavihar, M., Peter, J., Anandhan, P. (2008). Identification of major sources controlling groundwater chemistry from a hard rock terrain – A case study from Mettur taluk, Salem district, Tamil Nadu, India. *Journal of Earth system Science*, 117 (1), 49-58.
- Стојиљковић, Д. (2003). Хидрогеолошки услови формирања подземних вода јужног Баната. *Весник Геологија, Хидрогеологија и Инжењерска геологија*, 53, 621-669.
- Tesoriero, A.J., Spruill, T.B., Eimers, J.L., (2004). Geochemistry of shallow ground water in coastal plain environments in the south-eastern United States: Implications for aquifer susceptibility. *Applied Geochemistry*, 19, 1471-1482.
- Toljić, M., Nenadić, D., Stojadinović, U., Gaudényi, T., Bogičević, K. (2014). Quaternary tectonic and depositional evolution of eastern Srem (northwest Serbia). *Геолошки анали Балканског полуострва*, 75, 43-57.

- Cary, L., Benabderraziq, H., Elkhatabi, J., Gourcy, L., Parmentier, M., Picot, J., Khaska, M., Laurent, A., Négrel, P. (2014). Tracking selenium in the Chalk aquifer of northern France: Sr isotope constraints. *Applied Geochemistry*, 48, 70–82.
- Сл. Лист СФРЈ бр. 34/79. *Правилник о класификацији и категоризацији резерви подземних вода и вођењу евиденције о њима.*
- Сл. Лист СЦГ бр. 53/05. *Правилник о квалитету и другим захтевима за природну минералну воду, природну изворску воду и стону воду.*
- Сл. Лист СРЈ бр. 12/98 и 13/98. *Закон о утврђивању и разврставању резерви минералних сировина и приказивању података геолошких истраживања.*

АНАЛИЗА КВАЛИТЕТА ПОДЗЕМНИХ ВОДА СА АСПЕКТА ГЕОЛОШКЕ ГРАЂЕ НА ТЕРИТОРИЈИ СЕЛА МЕСИЋ ЗА ПОТРЕБЕ ФЛАШИРАЊА (ОПШТИНА ВРШАЦ)

ДРАГАНА ВУШКОВИЋ², ИВАНА ЦАРЕВИЋ², ВЕЛИМИР ЈОВАНОВИЋ²,
НАТАША БИОЧАНИН³

¹Универзитет у Нишу - Природно-математички факултет, Вишеградска 33, Ниш, Србија

²Универзитет у Београду-Географски факултет, Студентски трг 3/3, Београд, Србија

³ДП "Други октобар", Стевана Немање 26, Вршац, Србија

Сажетак: У раду је представљена анализа квалитета подземних вода које се експлоатишу на територији села Месић у фабрици „Моја вода“ на падинама Вршачких планина. Изданске воде формиране у терцијарним и квартарним седиментима су смештене у подручју границе високометаморфних стена Вршачких планина које представљају крајње северно продужење Српско-македонске масе на западу и нискометаморфног комплекса терана Рановац-Власина-Осогово на истоку. Анализе су показале да вода припада групи калцијумско-магнезијско хидрокарбонатних негазираних слабоминералних вода чије су физичке особине и хемијски састав последица геолошких услова средине кроз коју она циркулише. Јони Ca^{2+} , Mg^{2+} и HCO_3^- се акумулирају у подземним водама Месића као продукт распадања силикатних минерала присутних у магматском и метаморфном комплексу Вршачких планина. Специфичност ових вода је што у свом саставу имају одговарајуће количине селена који се везује за терцијарне и квартарне глиновите наслагe у којима је присутан пирит и органска материја, као и силицијума чије је присуство у води последица распадања (хидролизе) силикатних минерала, посебно фелдспата. Вода из истражно-експлоатационих бунара припада Б категорији према важећим критеријумима.

Кључне речи: Месић, Вршачке планине, „Моја вода“, слабоминерална вода, физичке особине, хемијски састав

Увод

Терен који обухвата подручје Вршца, као и село Месић (сл.1), припада југоисточном Банату и представља крајњи југоисточни део Панонског басена. Рељеф овог терена је типично равничарски, са апсолутним висинама од 75-100 m. Најизразитији део рељефа заузимају Вршачке планине са Кудричким врхом (640 m).

Главна обележје јужних падина Вршачких планина у хидрографском смислу чине потоци Физеш, Гузјана и поток Месић. Прва два извиру и дренирају део јужних падина уз границу са Румунијом, док највећи део истраживаног терена дренира поток Месић. Главна хидрографско обележје потока Месић је његов лучни ток од Месића, одакле тече испод побрђа Вршачких планина до Вршца, где се улива у Вршачки канал (сл. 2). Површина слива потока Месић износи 31,9 km², а дужина тока 11,4 km (Лазих М., 2010).

Саобраћајне везе су добре, најважнији је магистрални пут Београд-Вршац, а путна мрежа је добро развијена према Белој Цркви, Ватину и другим селима у општини. То је од посебног значаја, због села Месић, где је ДП "Други октобар" из Вршца саградио фабрику за експлоатацију и флаширање слабоминералних вода, познатој на тржишту Србије као „Моја Вода“.

Почетком прошлог века вршена су хидрогеолошка испитивања за потребе бушења артеских бунара. Интензивна истраживања су почела да се врше почетком друге половине 20. века у циљу израде основне геолошке, хидрогеолошке и инжењерскогеолошке карте

*Email: dragana.maric@gmail.com

The research was supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia, Project No. 176017.

јужног Баната, а настављена су 1966. године, за потребе изградње ХЕ Ђердап (Стојиљковић Д., 2003). Крајем деведесетих година прошлог века су почела да се врше наменска истраживања о резервама подземних вода у зони села Месић (Лазих М., 2010).

Слика 1. Географски положај општине Вршац са положајем истражних бунара ИБД 1/01 и БД 1/96 у селу Месић (према Вушковић Д. и др., 2012).

За потребе дефинисања резерви подземних вода на изворишту у Месићу урађена су хидрогеолошка истраживања, која се односе на проширење капацитета изворишта за флаширање, а затим и истраживање количина и квалитета ових вода (Лазих М., 2010). Предметни простор припада банатском регионалном систему коришћења, уређења и заштите речних вода (Дунчић Д. и др., 2009). Код села Месић евидентирано је извориште нискоминерализоване воде, којој се због особина које поседује приписује и лековито својство. Истражни бунар бушен је до дубине од 68 m, а вода је пронађена на дубини између 50 и 65 m.

Фабрика „Моја Вода“ у Месићу има за циљ проширење капацитета за постојеће флаширање слабоминералних вода, у циљу задовољења тржишта. Пресудну улогу има обезбеђеност водом у довољним количинама одговарајућег квалитета.

Геолошке карактеристике терена и хидрогеолошки услови формирања подземних вода

Подручје истраживаног терена налази се на јужним обронцима Вршачких планина које припадају јужном делу Панонског басена. Ширија околина града Вршца лежи у депресији која је формирана у раном миоцену током интензивног издизања Карпата, Динарида и Алпа (Vidović M.M. и Gordanić V.B., 2012). Током плиоцена и старијег квартара, након повлачења Паратетиса, област јужног обода Панонског басена пролази кроз копнену фазу развоја (Толјић М. и др., 2014).

Метаморфни и магматски комплекс Вршачких планина представља северно продужење Српско-македонске масе која је у контакту са супоратетикомом (тераном Рановац-Власина-Осогово) на истоку у Румунији у области Văradia планина које су изграђене од метаморфних стена ниског степена кристалинитета (Kräutner H.G. и Krstić V.P., 2003; Matenco L. и Radivojević D., 2012).

Најстарије творевине су представљене прекамбријумским кристаластим шкриљцима у чији састав улазе албитски гнајсеви и албитско-мусковитски шкриљци откривени северозападно и северно од села Месић (Вуковић А. и др., 1970) (сл. 2). Окцасте и ситнозрне гнајсеви изграђују највеће подручје Вршачких планина.

Током карбона и перма за време херцинског тектомагматског циклуса је интродуован гранитоидни масив који у најширем смислу одговара гранодиоритима. На основу К/Аг анализе је утврђено да је старост ових магматских стена од 330-250 милиона година (Kräutner H.G. и Krstić V.P., 2003).

Понтски седименти су представљени мањим изолованим партијама у југоисточном делу терена. Њима одговарају пескови, глине и лапори који леже преко кристаластих шкриљаца.

Током квартара наталожена је релативно дебела сукцесија генетски различитих типова наслага чија дебљина и велико распрострањење упућује да су се на ширем подручју јужног дела Панонског басена током плеистоцена одвијала интензивна спуштања (Маговић М. и др., 2002; Толјић М. и др., 2014). Преко понтских седимената леже барске и пролувијалне суглине са доста глиновите и песковите компоненте, сочивима лимонита, конкрецијама СаСО₃ и органске материје (Вуковић А. и др. 1970; Стојиљковић Д., 2003). На северним и западним падинама Вршачких планина су развијене делувијалне творевине настале механичком ерозијом кристаластих шкриљаца и гранита. Алувијални нанос потока Месић је изграђен од песковитих шљункова и муљевитих глина (сл. 2).

На територији села Месић, у песковима, барским и пролувијалним суглинама, песковитим шљунковима и муљевитим глинама је формиран збијени тип издани. Границе издани се углавном поклапају са границама вршачко-алибунарског рита (Стојиљковић Д., 2003). Прихрањивање издани се у барским седиментима врши падавинама и подземним, односно површинским дотицајем са виших делова терена. Због садржаја монморионитских глина, тло при влажењу бубри и постаје водонепропусно за вишак површинских вода и падавина, при чему долази до плављења најнижих делова терена (Стојиљковић Д., 2003).

Слика 2. Геолошка карта шире околине Месића (модификовано према Вуковић А. и др., 1970). 1. Алувијални нанос потока Месић; 2. Делувијални седименти, барске и пролувијалне суглине; 3. Понтски пескови, глине и лапори; 4. Млађепалеозојски гранити; Прекамбријум: 5. Ситнозрни гнајсеви; 6. Окцасте мусковитски гнајсеви; 7. Окцасте биотитски гнајсеви; 8. Гранитоидни гнајсеви; 9. Албитско-мусковитски шкриљци; 10. Албитски гнајсеви.

Материјал и методе

У периоду од марта 2008. до децембра 2009. године праћен је режим слабоминералних вода на истражно-експлоатационим бунарима ИБД 1/01 и БД 1/96 (сл. 1). Вршена су мерења издашности и динамичког нивоа воде у периоду од јануара 2009. до децембра 2009. године. Израдом хемијских, радиолошких и микробиолошких анализа праћен је квалитативни режим вода у оба бунара, од марта 2008. године до децембра 2009. године. Комплетне хемијске анализе вода су рађене у Градском заводу за јавно здравље, Центру за хигијену и хуману екологију и Лабораторији за хуману екологију и ектоксикологију у Београду, и у Војномедицинској академији, Сектор за превентивну медицину из Београда. Последње микробиолошке анализе су рађене у Заводу за јавно здравље Ћуприја "Поморавље". Радиолошке анализе су рађене у Институту за нуклеарне науке "Винча" (Лазић М., 2010). Анализе вода су обухватиле одређивања: физичких особина, макроелемената, микроелемената, токсичних елемената, радиоактивних елемената, растворених гасова, органских компонената, органских микрокомпонената, радиоактивности, пестицида, укупних бактерија, колиформних бактерија и осталих врста патогених бактерија.

За сада постојећи бунар ИБД 1/01, који се налази у кругу фабрике, задовољава потребе саме фабрике и флаширања, док други, БД 1/96, служи за водоснабдевање викенд насеља Думбрава и као вода за пиће.

Резултати истраживања и дискусија

Вода "Моја вода" која се експлоатише из два бунара, ИБД 1/01 и БД 1/96 се може сврстати у категорију природних маломинерализованих вода (Сл. лист СЦГ бр. 53/05). Укупно су урађене четири комплетне хемијске анализе воде из ових бунара (Лазић М., 2010). Физичке особине и хемијски састав воде, па самим тим и њен квалитет, су у сагласности са геолошком грађом терена и хидрогеолошким условима.

Истражно-експлоатациони бунар ИБД 1/01

Физичке особине воде

Боја: Запажено је да су испитиване воде безбојне.

Прозрачност: На основу урађених хидрохемијских анализа утврђено је да је ова вода прозрачна.

Мирис: На испитиваним узорцима утврђено је да је вода без мириса.

Укус: Вода је врло пријатног укуса, због одсуства било каквих неорганских, органских и биолошких агенаса.

Температура: Вредности температуре воде се крећу од 15 до 15,3 °C.

pH индекс: Вредности pH ових вода се крећу од 6,2-6,4, што указује на слабо киселу средину.

Тврдоћа воде: Одређивањем садржаја јона калцијума и магнезијума, као и садржаја хидрокарбонатних јона, израчуната је укупна тврдоћа, која се креће од 6,1-6,7 °dH. Овакве вредности указују да је реч о мекој води.

Хемијске особине воде

На основу резултата хидрохемијских испитивања квалитета, ове воде се могу сврстати у хидрокарбонатно-калцијумско-магнезијске. У катјонском саставу доминирају јони калцијума са садржајем од 28 до 31,7 mg/l, а после магнезијума са садржајем од 6,8 до 8 mg/l. У анјонском саставу доминирају јони хидрокарбоната са концентрацијама од 122-134 mg/l, затим јони сулфата са мањим концентрацијама од 11,9-15,2 mg/l, као и хлоридни јони, од 9,2-10,4 mg/l.

За анализу стабилности хемијског макро састава, анализиран је однос минималне и максималне концентрације појединих елемената изражен кроз коефицијент стабилности (K):

- Коефицијент стабилности калцијума $K_{Ca} = 6,1056\%$
- Коефицијент стабилности магнезијума $K_{Mg} = 7,9234\%$
- Коефицијент стабилности натријума $K_{Na} = 29,534\%$
- Коефицијент стабилности хидрокарбоната $K_{HCO_3} = 4,653\%$
- Коефицијент стабилности сулфата $K_{SO_4} = 12,268\%$
- Коефицијент стабилности хлорида $K_{Cl} = 6,1069\%$

Ови коефицијенти показују да се ради о стабилном режиму хемијског састава воде из бунара ИБД 1/01. Ово се односи пре свега на доминантне анјоне и катјоне (HCO_3^- , Ca^{2+} и Mg^{2+}) који одређују тип воде.

Табела 1. Приказ хемијског састава и физичких особина воде из бунара ИБД 1/01 у периоду март 2008-октобар 2009. године (према Лазих М., 2010)

Истражно-експлоатациони бунар БД 1/96

Физичке особине воде

Боја: У току хидрохемијских режимских осматрања, запажено је да су воде безбојне.

Прозрачност: На основу урађених хидрохемијских анализа, вода је прозрачна, тј. није мутна.

Мирис: На испитиваним узорцима утврђено је да је вода без мириса.

Температура: У току режимских осматрања, вредности температуре се крећу од 14,4-15,1 °C.

Укус: Вода је веома пријатног укуса због одсуства било каквих неорганских, органских и биолошких агенаса.

pH индекс: Вредности pH индекса испитиваних вода се крећу од 6,5-7,1, и указују на неутралну средину.

Тврдоћа вода: Одређивањем садржаја јона калцијума и магнезијума, као и садржаја хидрокарбонатних јона, израчуната је укупна тврдоћа, која се креће од 6,9-9,4 °dH. Овакве вредности указују да је реч о мекој до умерено тврдој води.

Хемијске особине воде

На основу резултата хидрохемијских испитивања квалитета, ове воде се могу сврстати у хидрокарбонатно-калцијумско-магнезијске. У катјонском саставу доминирају јони калцијума са садржајем од 31,5 до 48,3 mg/l, а после магнезијума са садржајем од 7,2 до 11,2 mg/l. У анјонском саставу доминирају јони хидрокарбоната са концентрацијама од 192,1-226 mg/l, затим јони сулфата са мањим концентрацијама од 16,5-19,5 mg/l, као и хлоридни јони, од 10,4-12,7 mg/l.

За анализу стабилности макро састава анализиран је однос минималне и максималне концентрације појединих елемената, изражен кроз коефицијент стабилности (К):

- Коефицијент стабилности калцијума $K_{Ca} = 19,244\%$
- Коефицијент стабилности магнезијума $K_{Mg} = 19,608\%$
- Коефицијент стабилности натријума $K_{Na} = 34,962\%$
- Коефицијент стабилности хидрокарбоната $K_{HCO_3} = 8,3292\%$
- Коефицијент стабилности сулфата $K_{SO_4} = 8,3449\%$
- Коефицијент стабилности хлорида $K_{Cl} = 9,8501\%$

Коефицијенти код бунара БД 1/96 такође показују да се ради о стабилном режиму хемијског састава воде. Коефицијенти стабилности за остале катјоне и анјоне показују нешто већа осциловања у току периода осматрања. Међутим, пошто су садржаји тих компонената веома мали, они не могу утицати на квалитет и тип воде, па су те промене небитне код доказивања стабилности квалитативних особина ових вода.

Анализама вода из оба бунара није утврђено присуство преко дозвољених концентрација јона фосфата, флуорида, нитрита, нитрата као и осталих микроелемената. Садржај органских компонената (фенола, утрошак $KMnO_4$, минералних уља, детерџената, укупних пестицида, и др.) су далеко испод МДК вредности за пијаћу воду (Лазих М., 2010).

Радиолошким испитивањима је утврђено да воде из бунара ИБД 1/01 и БД1/96 испуњавају услове квалитета за природне минералне воде у погледу садржаја радионуклида, док су микробиолошка испитивања показала да су ове воде исправне.

Табела 2. Приказ хемијског састава и физичких особина воде из бунара БД 1/96 у периоду март 2008-октобар 2009. године (према Лазих М., 2010)

Хидрокарбонатно-калцијумско-магнезијско воде најчешће представљају типичне карстне воде које се формирају у оквиру кречњачких и доломитских стена као последица хемијског растварања карбоната, при чему се порекло јона Ca^{2+} и Mg^{2+} најчешће објашњава растварањем калцита, доломита и магнезита (Petrović-Pantić T. и Zlokolica Mandić M., 2012; Krishna Kumar S. и др., 2012 и многи други). Сматра се да се у некарбонатним стенама јони Ca^{2+} , Mg^{2+} и HCO_3^- акумулирају у подземним водама као продукт распадања силикатних минерала (ортоклас, плагиоклас, хорнбленда, пироксени, биотит) (Tesorigio A.J. и др., 2004; Srinivasamoorthy K., 2008; Razowska-Jaworek L., 2014). Распадање фелдспата (ортоклас, плагиоклас) и феромагнезијских силиката (биотит, хорнбленда и пироксени) присутних у магматском и метаморфном комплексу Вршачких планина представља главни извор Ca^{2+} , Mg^{2+} и HCO_3^- јона у овој средини.

Специфичност ових вода је што у свом саставу имају одговарајуће количине Se и Si, па се препоручују код уролошких и гастроинтестиналних обољења (Вушковић Д. и др., 2012). Порекло Se у подземним водама се везује за терцијарне и квартарне глиновите наслаге у којима је присутан пирит и органска материја (Matamogos-Veloza A. и др., 2011; Saгу L. и др., 2014). Распадање (хидролиза) силикатних минерала, посебно фелдспата је најзначајнији извор Si у води (Dobrzyński D., 2005; Petrović T.M. и др., 2012). Овај елемент се генетски везује за граните Вршачких планина који су богати фелдспатима и кристаласте шкриљце који су на контакту са гранитоидном интрузијом интензивно фелдспатизирани. Иако гранити имају малу распрострањеност на површини, претпоставља се да се у дубини налази већа маса ових стена (Кнежевић В. и др., 1998). За магматске и метаморфне стене је карактеристична пукотинска порозност. Дуж система раседа и пукотина циркулишу хидротермални раствори који приносе растворене материје у подземне воде (Petrović T.M. и др., 2012).

Слика 3. Хистограм средњих месечних количина експлоатисаних вода од јануара до децембра 2009. године на бунару ИБД 1/01.

Слика 4. Хистограм средњих месечних количина експлоатисаних вода од јануара до децембра 2009.године у бунару БД 1/96.

На основу претходних анализа физичко-хемијских карактеристика подземних вода из истражно-експлоатационих бунара ИБД 1/01 и БД 1/96 (Лазих М., 2002) закључује се да постоји континуитет у праћењу квалитета подземних вода, при чему је утврђен стабилан режим хемијског састава и физичких особина ових вода на изворишту "Моја вода" у Месићу.

На основу резултата мерења издашности бунара израђен је хистограм средњих месечних количина експлоатисаних вода у периоду од јануара до децембра 2009. године за оба бунара при чему је утврђен стабилан режим издашности воде у оба бунара, на који нису утицала сезонска климатска колебања (сл. 3 и 4).

Закључак

"Моја вода" је природна вода која припада групи калцијумско-магнезијско-хидрокарбонатних негазираних слабоминералних вода. Са циљем заштите и обезбеђивања нових количина квалитетних подземних вода за вишенаменско коришћење у сврху флаширања извршена су хидрогеолошка истраживања у широј околини Месића. Вода из бунара ИБД 1/01 и БД 1/96 припада Б категорији према важећим критеријумима (Сл. Лист СРЈ бр. 12/98 и 13/98; Сл Лист СФРЈ бр. 34/79).

За сада, постојећи бунар ИБД 1/01, задовољава потребе фабрике за флаширање воде, као и БД 1/96 за потребе водоснабдевања викенд насеља Думбрава. У случају потребе за повећањем капацитета фабрике "Моја вода", и вода из бунара БД 1/96 би се могла користити као техничка вода и евентуално за флаширање.

Укупна количина воде која се тренутно експлоатише на изворишту фабрике "Моја вода" је 4,2 l/s. За бунар ИБД 1/01 резерва воде Б категорије износи 0,9 l/s, док за бунар БД 1/96 резерва воде Б категорије износи 3,3 l/s.

На основу физичко-хемијских карактеристика подземних вода из истражно-експлоатационих бунара може се закључити да се ради о стабилном режиму хемијског састава и физичких особина ових вода. Сви хидрохемијски параметри се налазе у границама предвиђеним законским регулативама за природну минералну воду (Сл. Лист СЦГ бр. 53/05).

Литературу видети на страни 101.