Бранко Миладиновић*, Геолошки завод Србије, Београд
Branko Miladinović, Geology Survey of Serbia, Belgrade

О минерализованој води у Горњем Стрижевцу код Бабушнице

About mineralized water in Gornji Striževac near Babušnica

Сажетак: *Хидрохемијским испитивањима подземних вода које су вршена током 2015. и 2016. године на ширем простору бабушничке котлине, констатирана је појава минерализоване воде у једном од којих бунара у Горњем Стрижевцу. У хидрогеолошком погледу, ради се о лежишту минерализоване воде које је формирано у оквиру „прве изданске зоне“ у колектору изграђеном од песковито-глиновитих и шљунковитих седимената илиоцена (Pl).*

Вода је блаво минерална ($M=1012\text{ mg/l}$) и по класификацији Алекина припада хидрокарбонатној класи, калцијумској групи I типа ($\text{Ca}_{1,01}^{29,8}$).

По „јенешком дијаграму“ (D'Amore, Scandiffio & Panichi, 1983), доминантни садржај у води имају јони хидрокарбоната (HCO_3^-). Осиромашене су сулфатима (SO_4^{2-}), а садржај јона хлорида (Cl) је мањи од јона натријума (Na^+). У катјонском саставу, јони калцијума (Ca^{2+}) по својој вредности су изнад збирног садржаја јона натријума (Na^+) и калијума (K^+). Уочена је и нестабилност односа у садржају између јона натријума (Na^+) и магнезијума (Mg^{2+}). Такође је карактеристично да истовремено долази до промене односа $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \leftrightarrow \text{HCO}_3^-$ иако је хидрокарбонатни јон доминантан у води.

У целини узевши, услови формирања минералне воде у Горњем Стрижевцу су везани за интеракцију подземне воде хидрокарбонатно-калцијумског састава (HCO_3^- - Ca^{2+}) са геолошким средином (вулканокласитима $\alpha\beta$, илиоценским седиментима Pl).

* branko.miladinovic@gzs.gov.rs

Према обиму испитиваних параметара, минерализовану воду карактеришу повишене вредности за: бор (B), железо (Fe), манган (Mn). Вода није исправна за пиће због високих вредности нитријата (NO_2), амонијум јона (NH_4), оксидабилности (KMnO_4). Радиоактивност воде је ниска.

Кључне речи: минерализована вода, Горњи Стрижевац, хемијски састав, режим, генеза

Abstract: With hydrochemical testings of underground waters which were performed during the years 2015 and 2016 in the wider space of structural basin Babušnica, the appearance of mineral water was recognized in one of the dug wells in a village Gornji Striževac.

As for hydrogeological views, it's about a chamber of mineral water which was formed as a part of „the first aquifer zone” in the sewer built from sand-clay and gravel sediments of Pliocene (Pl).

The water is mildly mineral ($M=1012\text{mg/l}$) and, by the Alekin classification, belongs to the class of hydrocarbons, calcium group of type 1 ($C_{1.01}^{Ca 29.8}$).

With the use of a „Genetic Diagram” (D'Amore, Scandiffio & Panichi, 1983), ion hydrocarbonates (HCO_3^-) are dominating in the water. There is the impoverishment of sulfates (SO_4^{2-}), and the content of chlorid ions (Cl) is smaller than sodium ions (Na^+).

In a cationic composition, calcium ions (Ca^{2+}) are, by their value, above the cumulative content of sodium ions (Na^+) and potassium (K^+). An instability of ratio in content was spotted, between sodium ions (Na^+) and magnesium (Mg^{2+}). It is also characteristic that a ratio change appears from time to time $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \leftrightarrow \text{HCO}_3^-$ even though the hydrocarbonated ion is dominant in mineral water.

Taken in entirety, conditions for the forming of mineral water in Gornji Striževac are connected to the interaction of ground water with hydrocarbonated-calcium content ($\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}$) with the geological environment (volcano-detritic rocks ωτβ, Pliocene sediments Pl).

According to the volume of analyzed parameters, mineral water is characterized by the raised values of: boron (B), iron (Fe), manganese (Mn). Water is not correct for drinking because of high values of nitrates (NO_2), amonium ions (NH_4) and oxidability (KMnO_4). Water has also low radioactivity.

Key words: mineral water, Gornji Striževac, chemical composition, mineral water regime, genesis

УВОД

Констатована појава минерализоване воде у Горњем Стрижевцу, налази се на територији општине Бабушница у источној Србији. Ово село је смештено на југозападним падинама планинског масива Голеша који се протеже између пространих карстних терена Белава и Пасјаче.

Минерализована вода је откривена у копаном бунару домаћинства Проке Ђорђевића и његовог сина Бобана, на самом улазу у село из правца Бабушнице. Први подаци о овом бунару су евидентирани током теренског картирања терена 21.06.2015. године и то у оквиру пројекта израде Основне хидрогеолошке карте Р. Србије 1:100.000, лист „Бела Паланка“. Ради се о типском сеоском копаном бунару дубине 11,5 m који је подзидан каменом пречника око 1,2 m у дубљем делу и нешто мањег пречника ближе површини терена. Ниво подземних вода у бунару је регистрован горе наведеног датума на дубини од 6,82 m, а температура воде од 10,5°C, при дневној температури ваздуха од 13,5°C. Надморска висина бунара је 594 m.

Бунар је ископан 1950/1952. године и након тога је коришћен за потребе водоснабдевања и остале потребе које изискује једно сеоско домаћинство. Након преласка на централизовано водоснабдевање Горњег Стрижевца 1992. године, вода из бунара се све мање користила за уобичајене потребе, а данас само у периодима кварова на водоводном систему или током летњих рестрикција.

Лабораторијским испитивањима хемијског састава подземних вода из овог бунара, утврђено је да се ради о води са минерализацијом до $M=1012 \text{ mg/l}$ и са повишеним садржајем појединих параметара хемијског састава: В, Fe, Mn. У санитарном погледу, вода је неисправна и није за пиће због високих вредности нитрита (NO_2), амонијум јона (NH_4), оксидабилности (KMnO_4). Карактерише је ниска радиоактивност.

ЦИЉ РАДА

Појаве подземних минералних вода у природи не представљају реткост, али увек скрећу пажњу истраживачима. Ради се о томе да минералне воде, за разлику од осталих подземних маломине-

рализованих вода, имају најчешће посебан укус, а сама њихова појава обично указује на специфичности које постоје у геолошкој средини (геохемијски састав стена, хемијски процеси и реакције које се одвијају у подземљу, литолошки и тектонски притисци, утицај температуре, гасова и друго). Зато је циљ овог рада да се укаже широј стручној јавности на појаву минерализоване воде у Горњем Стрижевцу која до сада није литературно позната, како би се проширила општа сазнања о природним ресурсима у Пиротском округу и Србији у целини и изнела идеја за евентуална даља детаљнија студијска истраживања овог лежишта минерализоване воде. Поред тога, важно је скренути пажњу и локалној јавности да минералне воде као део укупног подземног водног ресурса имају своје специфичности и да се због тога морају опрезно користити.

Минералне воде нису све лековите или освежавајуће како се обично сматра у народу. Многе садрже јако токсичне елементе чији садржаји могу бити знатно изнад граница максималних дозвољених концентрација (МДК) које су прописане од стране Светске здравствене организације и домаћег законодавства за пијаћу воду (Правилник за воду за пиће, *Службени лист СРЈ* 42/98, 44/99, и *С. Гласник Р. Србије* 28/19). Њихово неконтролисано конзумирање може лоше утицати на опште здравље корисника.

ОПШТИ ГЕОЛОШКИ И ХИДРОГЕОЛОШКИ ПОДАЦИ О ЛОКАЛИТЕТУ

Минерализована вода у Горњем Стрижевцу је констатована у водопрпусном делу комплекса творевина које по старости одговарају плиоцену (Pl). У литолошком погледу, ради се о колектору изграђеном од заглињених пескова и шљункова.

Творевине плиоцена (Pl), трансгресивно леже преко кречњака и доломита барем-апта ($K_1^{3,4}$), а једним делом и преко пешчара и лапораца апта (K_1^4), слика 1. У контактної зони ових литолошких јединица, северно од Горњег Стрижевца, дуж маркантне Лужничке тектонске дислокације (Вујисић, 1971), јављају се и агломерати базанитских оливин-базалта ($\omega\tau\beta$). Ове вулканокластичне стене прате изливе магме и настају нагомилавањем и везивањем вулканских бомби. Конкретно се састоје од облик фрагмената величине од пар центиметара до 1 m, који су цементовани туфом. Као би-

тан минерал у овим стенама се јавља оливин ($2V=84-85$, одговара $26-28\% \text{Fe}_2\text{SiO}_4$), моноклинични пироксен, плагиоклас и нефелин. Акцесорни су непровидни минерали (биотит, нефелин и апатит), а секундарни су карбонат, калцедон, зеолит и хлорит-серпентински минерали.

У хидрогеолошком погледу, минерализована вода у Горњем Стрижевцу је формирана у оквиру „прве изданске зоне“ која је са слободним нивоом у плиоценским заглињеним песковима и шљунковима. Ниво подземних вода је релативно плитак у односу на површину терена $H=6,82-9,5 \text{ m}$ према резултатима осматрања током 2015-2016. године (Миладиновић, 2018). Прихрањивање издани се врши на рачун инфилтрације вода од атмосферских падавина које се излуче у току године на ширем подручју, као и процеса подземног дренажа карстне издани који се одвија дуж непосредног контакта кречњака барем-апта и плиоценских седимената (слика 1).

Присуство горе описаних вулканокластичних стена на ширем простору Горњег Стрижевца и пружање изражене Лужничке дислокације у том делу терена, узимајући у обзир и геохемијски састав самих плиоценских седимената у којима је констатовано лежиште минерализоване воде, представљају у овом моменту основне претпоставке за које треба везивати даља детаљна хидрогеолошка истраживања о условима формирања ове воде.

РЕЗУЛТАТИ МОНИТОРИНГА МИНЕРАЛИЗОВАНЕ ВОДЕ

Мониторинг основних елемената режима минерализоване воде у Горњем Стрижевцу вршен је у два периода и то током 2015. и 2016. године (Миладиновић, 2018). На месечном нивоу су праћење осцилације нивоа у бунару и температура минерализоване воде (слика 2). У овом временском периоду, урађене су и две хемијске анализе ове воде (табеле 1 и 2).

Регистровани нивои минерализоване воде у бунару током наведена два циклуса указују да суме месечних падавина немају директан одраз на промену стања нивоа „прве издани“ (минералне воде) у плиоценским седиментима. Два регистрована рецесиона периода која почињу од краја пролећа (периоди високих стања нивоа подземних вода) и која се завршавају оквирно до средине јесени (окто-

Слика 1 Геолошка карта ширег подручја Горњег Стрижевца код Бабушнице
са локацијом појаве минерализоване воде
(геолошка подлога: ОГК 1:100.000 лист „Бела Паланка“)

al – алувијални пескови и шљункови; Pl – пескови, шљункови, лапорци и
глине плиоцена; ωτβ - агломерати базанитских оливин базалта; K14 – аптски
пешчари, лапорци и кречњаци; K13,4 – банковити и слојевити кречњаци и
доломити барем-апта;
----- - геолошка граница; - - - - - пред. расед

Figure 1 Geological map of a Gornji Striževac area near Babušnica with the
location of mineral water appearance
(geological base: BGM 1:100.000 map name „Bela Palanka“)

al – alluvial sand and gravel; Pl – sand, gravel, marlstone and caly of Pliocene;
ωτβ - agglomerate of basanite olivin basalt; K14 – aptian sandstone, marlstone and
limestone; K13,4 – banked and layered limestones and dolomites of barremian-
aptian age;
----- - geological border; - - - - - possible fracture

бар-новембар када се региструју најнижи нивои), недвосмислено потврђују да се ради о уобичајеној сезонској флукутацији нивоа подземних вода. Амплитуда осцилације је констатована од $\Delta h = 2,68$ m за период мониторинга као што је то приказано на слици 2 (Миладиновић, 2018).

Температурни режим указује на извесну температурну нестабилност ове воде. Због релативно мале дубине формирања „прве изданске“ зоне у плиоценским седиментима, промена температуре подземне воде је зависна од осцилација температуре ваздуха, што се донекле поклапа и са количином излучених падавина. Ипак, амплитуда осцилације температуре подземне воде није тако изражена и износила је за анализирани период $\Delta T = 1,9^\circ\text{C}$ (слика 2).

У хидрохемијском погледу потврђен је такође и нестабилан режим садржаја појединих параметара хемијског састава (табеле 1 и 2). Уочљиво је да поред флукутације минерализације воде ($M = 828,2 \rightarrow 1012$ mg/l), долази повремено и до повећања садржаја гвожђа (Fe) у води и то изнад границе максимално дозвољених концентрација (МДК) за пијаћу воду ($\text{Fe} = 0,29 \rightarrow 0,99$ mg/l), као и нитрита $\text{NO}_2 = 0,019 \rightarrow 0,286$ mg/l. Стална прекорачења МДК регистрована су за садржаје: мангана (Mn), амонијум јон (NH_4) и оксидабилност (KMnO_4). Радиоактивност воде је ниска ($R_n = 2,17$ Bq/l и $R_a < 0,05$ Bq/l (Миладиновић, 2018).

Слика 2 Корелативни дијаграм осцилација нивоа минерализоване воде и температуре мерене у бунару у Г. Стрижевцу (мерена на месечном нивоу) и суме месечних падавина регистрованих на к. с. „Бабушница“ (PXM3)

Figure 2 Correlative diagram of mineral water level and temperature oscillation measured in a well in Gornji Striževac (measured on a monthly basis) and total amount of monthly rainfall registered at hydrometeorological station „Babušnica“ (RHSS)

Табела 1 Резултати лабораторијских испитивања хемијског састава минерализоване воде у Горњем Стрижевцу од 28.09.2015.

Table 1 Results of laboratory research on the chemical composition of mineral water in Gornji Striževac on 28.09.2015

Na	K	Ca	Mg	HCO ₃	SO ₄	Cl	NO ₃	NO ₂	NH ₄
(mg)									
51,7	9,8	94,2	39,0	582,6	16,7	9,2	0,24	0,019	1,92
PO ₄ (mg)	SiO ₂ (mg)	Fe (mg)	Mn (mg)	pH	Ep (μS/cm)	KMnO ₄ (mg)	tvr. (°dH)	M (mg)	T воде (°C)
0,748	19,0	0,99	0,23	6,96	500	31,6	21,8	828,2	10,1

Табела 2 Резултати лабораторијских испитивања хемијског састава минерализоване воде у Горњем Стрижевцу од 04.10.2016.

Table 2 Results of laboratory research on the chemical composition of mineral water in Gornji Striževac on 04.10.2016

Na	K	Ca	Mg	HCO ₃	SO ₄	Cl	NO ₃	NO ₂	NH ₄
(mg)									
46,5	3,4	125,2	53,2	664,9	87,5	6,4	0,84	0,286	0,85
PO ₄ (mg)	SiO ₂ (mg)	Fe (mg)	Mn (mg)	pH	Ep (μS/cm)	KMnO ₄ (mg)	tvr. (°dH)	M (mg)	T воде (°C)
0,535	22,0	0,29	0,06	7,22	600	19,8	29,8	1012	10,5

ДИСКУСИЈА РЕЗУЛТАТА ХИДРОХЕМИЈСКИХ ИСПИТИВАЊА

Израђене хемијске анализе минерализоване воде (табеле 1 и 2), указују да се ради о води благе минерализације до 1012 mg/l. По класификацији О. А. Алекина (1953), минерализована вода припада хидрокарбонатној класи, калцијумској групи I типа, пошто је по релацији $g\text{HCO}_3 > g\text{Ca} + g\text{Mg}$.

Графички приказ ове природне минерализоване воде хидрокарбонатно-калцијумског састава, дат је Шолеровим дијаграмом (слика 3).

Према класификацији Клута, спадају у ред тврдых вода (Đimić, 1988), а на основу pH вредности припадају неутралним подземним водама. Овај тип вода по О. А. Алекину има симбол: $\text{Ca } 29,8$
 $\text{I } 1,01$.

Слика 3 Scholler-ов дијаграм минерализоване воде у Горњем Стрижевцу
Figure 3 Scholler's diagram of mineral water in Gornji Striževac

За боље разумевање порекла минерализоване воде у Горњем Стрижевцу коришћен је „генетски дијаграм” по D'Amore et al (1983). Вредности параметара А и Б на овом дијаграму (слика 4), представљају одраз садржаја јона сулфата (SO_4^{2-}) у анализираној води, према садржају јона хидрокарбоната (HCO_3^-) и натријума (Na^+).

Високе вредности параметра А за воду у Горњем Стрижевцу указују на обогаћеност воде јонима хидрокарбоната (HCO_3^-), а ниске вредности параметра В на обогаћеност воде јонима натријума (Na^+). Скупа то потврђује да је минерализована вода осиромашена сулфатима (SO_4^{2-}).

Вредност параметра С на дијаграму (слика 4) указује на однос разлике између садржаја јона натријума (Na^+) и садржај јона хлорида (Cl^-) у води. Резултати у конкретном случају упућују на доминацију јона натријума (Na^+), али овај јон није увек доминантнији и у односу на јоне магнезијума Mg^{2+} (параметар D на слици 4). У појединим периодима, утврђено је дакле да су јони магнезијума (Mg^{2+}) доминантнији у води у односу на јоне натријума (Na^+).

Према вредностима параметра Е, уочава се нестабилност садржај јона хидрокарбоната (HCO_3^-) у води и ако је он доминантан јон у јонском саставу воде. Заправо повремене позитивне вредности параметра Е, потврђују да је збирни садржај јона калцијума (Ca^{2+})

и магнезијума (Mg^{2+}) у води, већи од садржаја јона хидрокарбоната (HCO_3^-).

Унутар катјонског састава, јони калцијума (Ca^{2+}) према параметру F (слика 4), доминирају у односу на јоне натријума (Na^+) и калијума (K^+).

Према приказаном „генетском дијаграму“ (слика 4), сматра се у овом моменту да формирање минерализоване воде у Горњем Стрижевцу представља резултат интеракције подземне воде хидрокарбонатно-калцијумског састава (HCO_3^- - Ca^{2+}) са геолошком средином (вулканокластитима отб , плиоценским седиментима PI). Порекло HCO_3^- - Ca^{2+} воде у примарном колектору минерализоване воде (плиоценски седименти PI), везано је за карстни аквифер планинског масива Голеша који се од Горњег Стрижевца хипсометријски навише издиже према северу и северо-истоку.

У процесу обogaћења минералним материјама током филтрације кроз геолошку средину, подземне воде задобијају повишену минерализацију и повишени садржај неких од микроелемената. Од укупно 17 микроелемената који су лабораторијски испитивани у води ископаног бунара у Горњем Стрижевцу 2015. године (табела 3), констатован је повишени садржај бора (B), а поред њега и садржај гвожђа (Fe) и мангана (Mn). Ови елементи могу бити есенцијал-

Слика 4 Генетски дијаграм минерализоване воде у Горњем Стрижевцу (према D'Amore et al, 1983)

Figure 4 Genetic diagram of mineral water in Gornji Strizevac (based on D'Amore et al, 1983)

ни за људски живот. Како недостатак, тако и њихове повишене концентрације у води могу имати негативан утицај на здравље људи.

Табела 3 Садржај микроелемената (mg/l) у минерализованој води Горњег Стрижевца (28.09.2015.)

Table 3 Composition of microelements (mg/l) in mineral water in Gornji Striževac (28.09.2015)

Li	Rb	Cs	Sr	Ba	Al	B	Cr	Co
<0,04	<0,03	<0,05	0,88	0,05	0,21	0,71	<0,03	<0,04
Pb	Cu	Zn	Sn	Ni	Cd	As	Hg	
<0,010	<0,04	<0,05	<0,0005	<0,08	<0,03	0,0011	<0,0005	

Повишени садржај бора (B) у анализираној минерализованој води сматра се да има природно порекло из бором богатих глиновитих плиоценских седимената (матрице аквифера). Према *Правилнику о хигијенској исправности воде за пиће* (Сл. лист СРЈ 42/98), максимална дозвољена концентрација бора (B) у води за пиће је 0,3 mg/l, а у овом случају је констатован садржај од 0,71 mg/l.

Симптоми који се јављају код токсичног ефекта бора (B) су: повраћање, дијареја, појава цревног осипа, смањења циркулације крви, кома и др. Вишекратни унос мањих количина бора може довести до кумулативне токсичности, са напоменом да су студијска испитивања указала да су једињења бора релативно ниске токсичности у воденој средини али са непредвиђеним ефектом концентрације (Kukučka, M. i Kukučka, N. 2013; Schoderboeck, Mühlegger, Losert, Gausterer & Hornek, 2011).

У природним водама, гвожђе (Fe) се налази у двовалентном облику као феријон (Fe^{2+}) који не даје боју води, али у оксидационој зони (као у случају Горњег Стрижевца) и уз учешће често гвожђевитих бактерија, брзо оксидише и трансформише се у тривалентни облик (Fe^{3+}) који даје води карактеристичну црвено-мрку боју.

Повишени садржаји гвожђа у подземним вода најчешће прати и манган (Mn) као двовалентан и приликом оксидације до четворовалентног Mn-оксида, ствара браон-црне талоге и наслаге.

У анализираној минерализованој води, констатовани су садржаји гвожђа (Fe) и мангана (Mn), који су више пута већи од норми-

раних вредности: $\text{Fe(МДК)}=0,3 \text{ mg/l}$; $\text{Mn(МДК)}=0,05 \text{ mg/l}$. Нађени садржаји гвожђа и мангана у води приказани су у табелама 1 и 2.

Класични симптоми који се јављају при уносу превелике количине гвожђа је хиперпигментација због наслага гвожђа и комплекса меланина у кожи. Као примарни извор наслага гвожђа, јетра је посебно подложна оптерећењима. Уз наведено се јављају и болести зглобова (артропатија), аритмија, отказивање рада срца, повећани ризик од атеросклерозе, повећани ризик рака јетре, дојке, органа за варење, хематолошког рака и друго (WHO, 1994).

Штетни ефекти који се јављају при великом уносу мангана се јављају ретко, али се могу јавити летаргија, невољни покрети, импулсивност, несаница, халуцинација, промене у тону и ставу мишића, а у тежим случајевима и кома. Коришћење пијаће воде са високом концентрацијом мангана, може довести до проблема у интелектуалном развоју деце.

Због јако лошег хигијенског стања самог предметног бунара као и његове непосредне околине (стајњаци, штале, торови за стоку и сл.), вода није употребљива за пиће и због високог садржаја амонијум јона (NH_4) који је индикатор могуће бактеријске активности, као и због високих вредности нитрита (NO_2) која такође указује на загађење и неадекватну дезинфекцију објекта.

ЗАКЉУЧАК

У селу Горњем Стрижевцу код Бабушнице, констатована је појава минерализоване воде у копаном бунару на надморској висини од 594 m. Вода је благо минерална ($M=1012 \text{ mg/l}$) и припада по класификацији Алекина хидрокарбонатној класи, калцијумској групи I типа ($C_{1,01}^{Ca 29,8}$). По тврдоћи спада у ред тврдых подземних вода и неутрална је по pH вредности.

На основу анализе израђеног „генетског дијаграма“, јонски састав минерализоване воде упућује на закључак да је формирање ове воде везано за интеракцију подземне воде хидрокарбонатно-калцијумског састава (HCO_3^- - Ca^{2+}) са геолошком средином (вулканокластитима њб, плиоценским седиментима Pl).

Због отворености хидрогеолошке структуре у којој је формирана, минерализована вода није исправна за пиће и то због високих

вредности нитрита (NO_2) и амонијум јона (NH_4). Оксидабилност воде (KMnO_4) прелази границу МДК.

За минералну воду су карактеристични повишени садржаји: бора (В), гвожђа (Fe), мангана (Mn). Ови параметри хемијског састава су потврђени у води узоркованој из највишег дела изданске зоне. Зато је реално очекивати да се у дубљим деловима примарног аквифера налази знатно минерализованија подземна вода са далеко сложенијим хемијским саставом.

ЛИТЕРАТУРА

- Алекин, А. О. (1953). *Основи гидрохемије*, Ленинград, Гидрометеиздат.
- D'Amore, F., Scandiffio, G., Panichi, C. (1983). Some observations on the chemical classification of ground waters. *Geothermics*, 12 (2-3), 141–148.
- Dimitrijević, N. (1988). *Хидрохемија*, Београд, Rudarsko-geološki fakultet.
- Kukučka, M., Kukučka, N. (2013). *Физичко-хемијски састав светских природних вода*, Београд, Tehnološko-metalurški fakultet; Kikinda, Envirotech.
- Миладиновић, Б. (2018). *Основна хидрогеолошка карта 1:100.000 и Тумач за лист „Бела Паланка“ (ауторски оригинал - неопубликован)*, Београд, Фонд стручне документације Геолошког завода Србије.
- Schoderboeck, L., Mühlegger, S., Losert, A., Gausterer, C., Hornek, R. (2011). Effects assessment: Boron compounds in the aquatic environment. *Chemosphere*, 82 (3), 483–487.
- Вујисић, Т. (ур.) (1971). *Основна геолошка карта СФРЈ и Тумач за лист Бела Паланка 1:100.000*, Београд, Савезни геолошки завод.
- WHO - World Health Organization (1994). *IPCS Environmental Health Criteria 170; Assessing human health risk of chemicals: Derivation of guidance values for health-based exposure limits*, WHO, Geneva.

Примљено/ Received on 17.09.2020.

Ревидирано/ Revised on 22.10.2020.

Прихваћено/ Accepted on 26.10.2020.