

Резултати иницијалних хидрогеолошких истраживања карстног врела Бијели Нерини (централна Црна Гора)

Голуб Ђулафић, Вељко Мариновић, Јелена Крстајић, Бранислав Петровић



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Резултати иницијалних хидрогеолошких истраживања карстног врела Бијели Нерини (централна Црна Гора) | Голуб Ђулафић, Вељко Мариновић, Јелена Крстајић, Бранислав Петровић | Записници Српског геолошког друштва (за 2021. годину) | 2022 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0006696>

ЗАПИСНИЦИ СРПСКОГ ГЕОЛОШКОГ ДРУШТВА ЗА 2021 ГОДИНУ

COMPTE RENDUS DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ SERBE DE GÉOLOGIE
pour les années 2021

REPORTS OF THE SERBIAN GEOLOGICAL SOCIETY
for the year 2021

Beograd, 2022

Голуб Ђулафић¹, Јелена Крстајић², Бранислав Петровић², Вељко
Мариновић²

Golub Ćulafić¹, Jelena Krstajić², Branislav Petrović², Veljko Marinović²

РЕЗУЛТАТИ ИНИЦИЈАЛНИХ ХИДРОГЕОЛОШКИХ ИСТРАЖИВАЊА КАРСТНОГ ВРЕЛА БИЈЕЛИ НЕРИНИ (ЦЕНТРАЛНА ЦРНА ГОРА)

RESULTS OF INITIAL HYDROGEOLOGICAL RESEARCH OF KARST SPRING BIJELI NERINI (CENTRAL MONTENEGRO)

ОРИГИНАЛНИ НАУЧНИ РАД – TRAVAIL SCIENTIFIQUE – RESEARCH PAPER

Апстракт. – Врело "Бијели Нерини" (262 mnm) налази на сјеверозападним обронцима планине Маганик, изнад корита ријеке Мртвице (на њеној десној обали). Извориште је разбијеног типа, покривено крупним блоковима кречњака и доломита. Досадашња истраживања су показала да је ријеч о калцијско-хидрокарбонатним водама изузетног квалитета, издашности од 0,8 до 4,1 m³/s. Представља сегмент који употпуњује цјелокупну слику (хидро)геолошких и геоморфолошких специфичности кањона ријеке Мртвице, десне притоке ријеке Мораче.

Кључне речи: Мртвица, Бијели Нерини, карстно врело

Abstract. – The spring "Bijeli Nerini" (262 m.a.s.l.) is located on the northwestern slopes of mountain Maganik, above the river Mrtvica (on its right bankside). The karst spring is a fractured and partially masked type (covered with blocks of limestone and dolomite). Research presented in this paper has shown that this groundwater belongs to the calcium-hydrocarbonate class of exceptional quality, with discharge ranges from 0.8 to 4.1 m³/s. It is a segment that completes the overall picture of (hydro) geological and geomorphological specifics of the canyon of the river Mrtvica, a right tributary of the river Morača.

Keywords: Mrtvica, Bijeli Nerini, karst spring

¹ Завод за хидрометеорологију и сеизмологију Црне Горе, 4 Пролетерске бр. 19, 81 000
Подгорица, Е-маил: golub.culafic@meteo.co.me
Institute of Hydrometeorology and Seismology of Montenegro, IV Proleterske 19, 81 000
Podgorica

² Центар за хидрогеологију карста, Департман за хидрогеологију, Рударско-геолошки
факултет, Универзитет у Београду, Ђушина 7, 11000 Београд
Centre for Karst Hydrogeology, Department of Hydrogeology, Faculty of Mining and Geology,
University of Belgrade, Djušina 7, 11000 Belgrade

УВОД

Карстни терени прекривају нешто више од 14% свјетског копна, које није под вјечитим ледом и снијегом (STEVANOVIĆ, 2019). Значај карстних терена тј. карстних подземних вода акумулираних у њима, најбоље илуструје чињеница да, иако режим карстних издани може значајно осцилирати током хидролошке године, ове воде представљају главне изворе квалитетне питке воде за преко 700 милиона свјетског становништва (STEVANOVIĆ, 2019).

Циљ истраживања карстних издани, посебно морфологије њених главних карстних канала, може да буде веома разноврстан, почев од жеље за откривањем новог и непознатог, преко истраживања у туристичке сврхе, до искључиво научних истраживања и испитивања која су везана за рјешавање конкретних инжењерско-геолошког или хидрогеолошког проблема, какав је случај у овом раду. Дефинисање хидрогеолошких односа, појављивање и обнављање подземних вода, захтијева осим уобичајеног хидрогеолошког картирања, успостављање мониторинга подземних вода, одређивање њиховог физичко-хемијског састава, те трасирање праваца тока подземних вода.

Генерално, веома је тешко дефинисати хидрауличке и физичке параметре анизотропне и нехомогене средине каква је карст. Чак и када су изведена обимна истраживања, резултати у случају карстних терена не могу бити сасвим сигурни и поуздани на цјелокупном простору, већ се резултати најчешће ограничавају на ужи простор на коме су изведена. Често није могуће верификовати добијене вриједности, нити детерминисати који је дио карстних канала хидрогеолошки активан, а који је ван функције (нпр. запуњен глином или калцитом).

Подземне воде у теренима Црне Горе заступљене су претежно у оквиру: карбонатних стијенских маса пукотинско-кавернозне порозности и квартарних глациофлувијалних и алувијалних седимената интергрануларне порозности. Више од 60% територије Црне Горе изграђују карбонатне стијене, које се карактеришу значајним резервама подземних вода, веома доброг квалитета, тако да је процјена да према укупним водним ресурсима, Црна Гора спада међу најбогатија водна подручја у свијету, са просјечним годишњим модулом отицаја преко 40 l/s/km² (RADULOVIĆ M. *et al.* 2016). Карстне подземне воде празне се преко бројних извора, који се најчешће појављују дуж кањона водотока (какав је случај и са Бијелим Неринима), по ободу карстних поља и депресија, дуж морске обале као и на вишим котама у терену, на контакту пропусних и непропусних стијена.

МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ

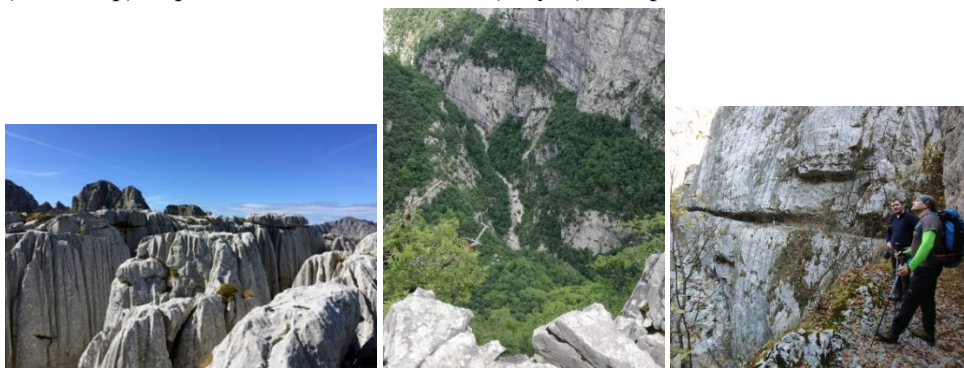
Опште карактеристике истражног подручја

Кањон ријеке Мртвице, на чијој десно страни истиче карстно врело Бијели Нерини, припада планинском масиву Маганика (Сл. 1), који се налази у средишњем дијелу Црне Горе, на око 30 km сјеверно од Подгорице и 30 km источно од Никшића. Ради се о врло карактеристичном планинском простору, с

бројним врховима углавном повезаним превојима и седлима, а некада вертикалним и чак неприступачним стијенама.

Нигдје у Црној Гори као на овом, релативно малом простору, рељеф није тако динамичан и рашчлањен. Рељеф су обликовале флувијална, крашка и глацијална ерозија. Кречњачки састав Маганика условио је велику вертикалну рашчлањеност. Уздижу се планински врхови: Међеђи врх (2130 mnm), Кокотов врх (2000 mnm), Петров врх (2124 mnm), Трештени врх (1980 mnm) и др. Планински гребени су врло оштрих врхова и планина у цјелини има суров изглед.

Ријека Мртвица (површина слива $F=207,7 \text{ km}^2$) је једна од главних десних притока Мораче, а настаје од низа потока на подручју села Веље Дубоко (засеок Вишње) на око 810 mnm, а улива се у Морачу у мјесту Међуријечје на 180 mnm. Осим Бијелих Нерина, који су предмет истраживања, Мртвицу водом храни више периодичних потока са обје стране (нпр. извор Јама), као и поток Дубочњак ($F=24,4 \text{ km}^2$), који извире изнад села Мртво Дубоко на око 1100 mnm. Оба водотока се улијевају у Мртвицу низводно од извора Бијели Нерини. Захваљујући водама Нерина, Мртвица одржава сталност тока током цијеле године, тако да је средњегодишњи протицај $14 \text{ m}^3/\text{s}$, средњи максимални $23,7 \text{ m}^3/\text{s}$ (новембар) а средњеминимални $2,7 \text{ m}^3/\text{s}$ (август) за период 1960-2015. године.



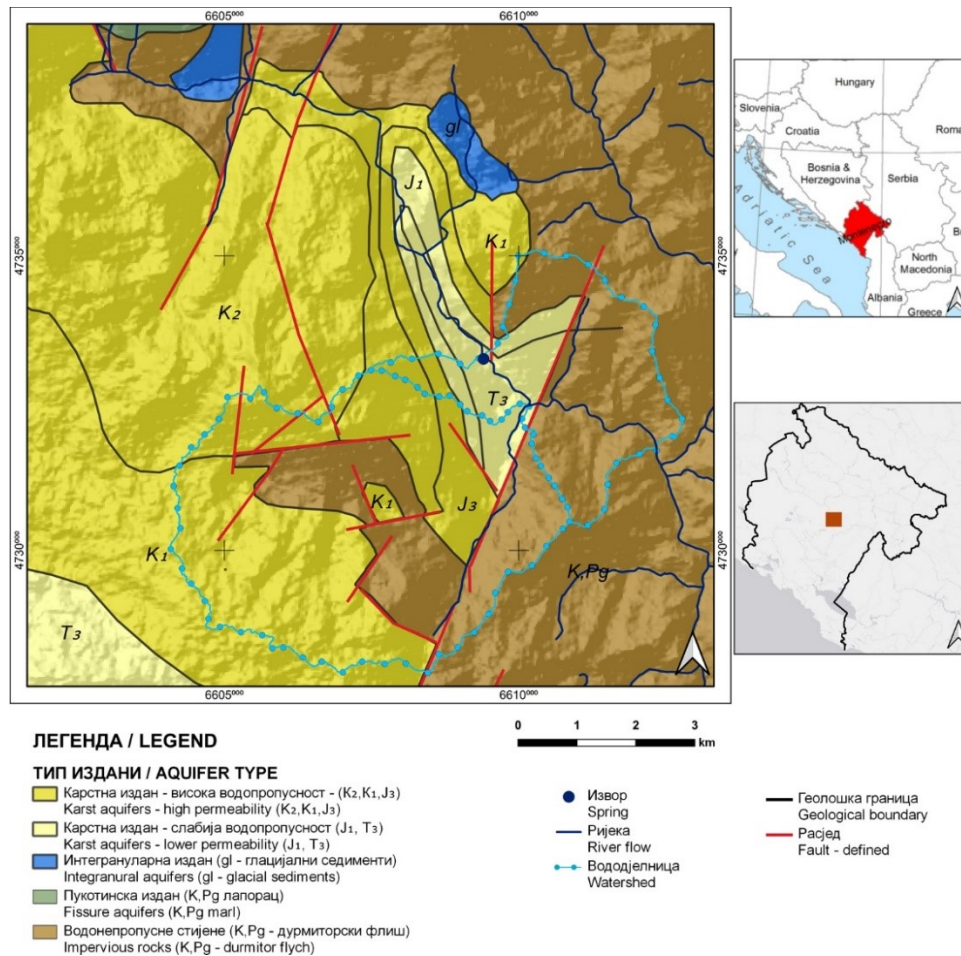
Слика 1. Трештени врх – Маганик (лијево) и поглед на кањон Мртвице (средина) (фото: Ж. Пејовић), Мртвичке греде (десно)

Figure 1. Trešteni peak – Maganik (left) and a view on Mrtvica canyon (center) (photo: Ž. Pejović) and Mrtvičke grede (right)

Истражни простор припада *Кучкој тектонској јединици*, која у струкурном погледу представља сложену преврнуту антиклиналну карбонатну структуру, на чијем сјевероисточном крилу се налазе дебеле насlage Дурмиторског флиша, који је у склопу Дурмиторске навлаке навучен на ову тектонску јединицу у виду регионалне дислокације (RADULOVIĆ, 2000). Карбонатни антиклинални дио обиљежавају између осталих и антиклинале Мртвице и Мораче као и многобројне синклинале. Поред набора и краљушти развијени су и бројни попречни, дијагонални и уздужни расједи, различитог интензитета (KALEZIĆ et al, 1966). Треба истакнути дијагонални расјед Мртваг Дубоког са спуштеним источним крилом за више од 1000 m.

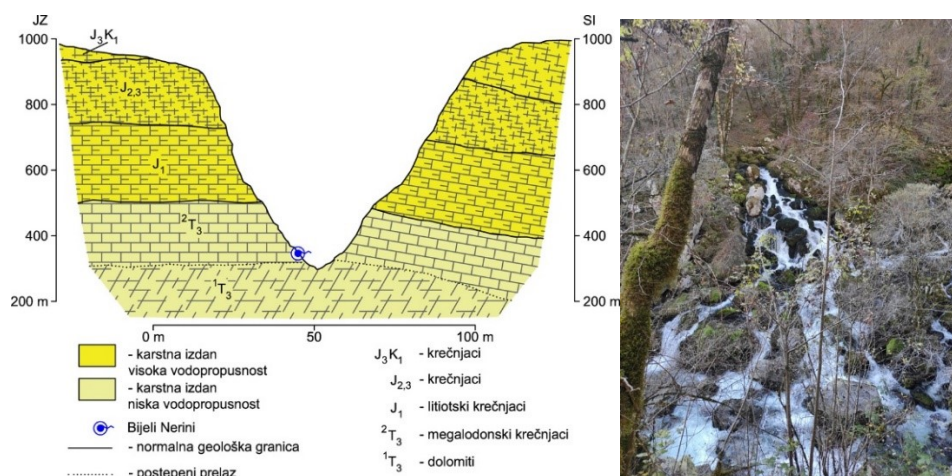
Доломитични мегалодонски кречњаци и доломити горњег тријаса чине подину терена у који се усјекла ријека Мртвица (KALEZIĆ et al, 1966). У кањону

је у наставку развијен комплетни лијас (Сл. 2 и 3) у виду кречњака и доломита дебљине до 200 m, док горњи дио профила чине банковити и масивни кречњаци догера и оксфорд-кимерица (дебљине до 200 m), да би на самом врху профила били масивни и банковити доломитични кречњаци и доломити титона и доње креде (дебљине преко 50 m). Кредни седименти који су откривени западно од кањона могу достићи дебљину око 1000 m.



Слика 2. Хидрогеолошка карта истражног подручја (према Геолошкој карти Црне Горе 1:200.000) са вододјелницом потока Дубочњак и ријеке Мртвице од хидролошке станице Међуријецје до врела Бијели Нерини

Figure 2. Hydrogeological map of the area (after Geological Map of Montenegro 1:200.000) with showed watersheds of the Dubočnjak riverflow and the Mrtvica river from the hydrologic station Medjurijecje upstream to Bijeli Nerini karst spring



Слика 3. Хидрогеолошки профил терена (лево) и врело Бијели Нерини (десно)
 Figure 3. Hydrogeological cross section (left) and karst spring Bijeli Nerini (right)

Врело Бијели Нерини представља стално гравитационо врело, разбијеног типа, чија је примарна зона истицања маскирана блоковима кречњака и доломита. Појава карстних врела у кориту ријеке Мртваце условљена је геолошким односима подинског и повлатног слоја (Сл. 3), те се тако и врело Бијели Нерини формира на контакту горњетријаских доломита у подини (хидрогеолошки изолатор) и мегалодонских кречњака лијаса у повлати (хидрогеолошки колектор).

Воде које истичу на овом извору прихрањују водоток Мртваце и током сушног периода, када узводно од врела, ријека Мртваца постаје повремени ток (RADULOVIĆ, 2000). Минимална издашност извора је процијењена на око 500 l/s воде, док се у максимуму може очекивати издашност реда величине неколико кубних метара у секунди. Сливу врела налази се у његовом југозападном залеђу (RADULOVIĆ, 2000), а за услове кретања вода у сливу Мртваце, аутори овог рада претпостављају потенцијални утицај тектонских карактеристика истражног терена, нарочито већ поменути расјед Мртвог Дубоког правца ЈЗ-СИ. Низводније од Бијелих Нерина налази се и повремено врело Јама чија појава, такође, указује на одсуство значајније карстификације доломита.

Методологија истраживања

Досадашња испитивања врела Бијели Нерини су била више дескриптивног карактера, осим дефинисања хемијског састава подземне воде из 2000. године (RADULOVIĆ, 2000). Фокус нових истраживања је усмјерен ка теренским мјерењима издашности (симултаним хидрометријским мјерењима) и анализи физичко-хемијских карактеристика врела, које дренира источни дио масива Маганика.

Крајњи циљ започетих истраживања је реконструкција и моделирање хидрогеолошких карактеристика подземних вода сложених карстних издани.

Поред обимног теренског рада у формирању и интерпретацији модела, користиће се и савремени и комплексни рачунарски програми (ArcGIS, HydrassPro itd.) који ће омогућити да се изведу просторне анализе генезе и функционисања карстних издани овог подручја.

У циљу успостављања зависности $Q=f(H)$, дефинисан је мониторинг врела Бијели Нерини. С обзиром на локацију и положај врела, практично је немогуће да се на локацији појављивања подземних вода инсталира опрема за континуални мониторинг. Како би се избјегли ови изазови, успостављена су два мјерна профила у ријечи Мртваци, један узводно а други низводно од врела.

Мјерење физичко-хемијских параметара, као и узорковање за анализу физичко-хемијских параметара подземне (и површинске) воде је вршено на истим мјестима гдје је вршено мјерење протицаја, као и на самом врелу.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Примјеном наведене методологије, добијени су подаци о протицајима на предефинисаним дионицама (Таб. 1), док је као контролна величина искоришћен протицај ријеке Мртваце на ХС Међуријечје (према подацима ЗХМС ЦГ)

Табела 1. Приказ резултата хидролошких мјерења (m^3/s)

Table 1. Results of discharge measurements (m^3/s)

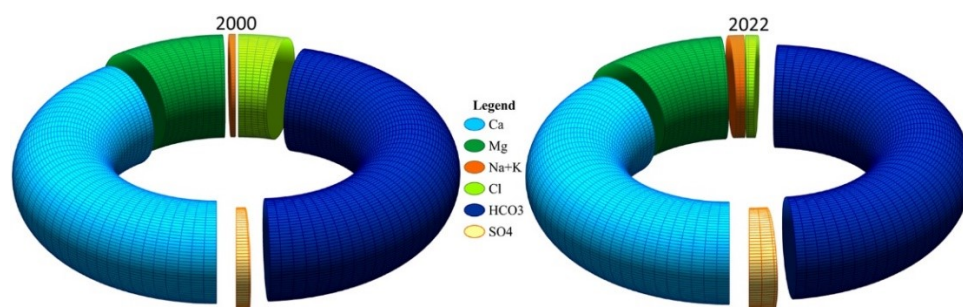
Датум	Мртваца 1	Мртваца 2	Бијели Нерини	ХС Међуријечје
20.11.2021.	0,084	0,889	0,805	0,900
26.01.2022.	0,120	2,650	2,430	3,100
24.02.2022.	1,780	5,950	4,170	8,792

Из Табеле 1 може се уочити да је осцилација издашности карстног врела Бијели Нерини током истраживања од новембра 2021. до фебруара 2022. године била од 0,805 до преко 4 m^3/s , чиме је потврђена претпоставка о максималним очекиваним издашностима овог врела.

У погледу квалитета, подземне воде Бијелих Нерина и површинске воде које дотичу ријеком Мртвацом се не разликују сувише (Таб. 2, Сл. 4), као што је и очекивано. С друге стране то је и очекивано с обзиром да је присуство карбонатних стена изузетно изражено на терену, па самим тим и основне компоненте које преовладавају у хемијском саставу воде (Ca^{2+} , Mg^{2+} и HCO_3^-) морају бити присутне. Сви анализирани параметри указују на природно и ненарушено стање квалитета подземне воде која се дренира на врелу Бијели Нерини. У подземној води није забјележено присуство хемијског загађења ($Fe=0,01$ mg/l; $N_{uk}=0,1$ mg/l; $PO_4^{3-}=0,02$ mg/l; $ВРК_5=2,1$ mg/l), док је забјележено присуство укупних аеробних бактерија - 744, колиформних бактерија - 19, али не и фекалних бактерија.

Табела 2. Резултати *in situ* мјерења физичко-хемијских параметара
 Table 2. Results of *in situ* measurements of physico-chemical parameters

	Ec ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	O ₂ (ppm)	Eh (mV)	T (°C)	NTU
20.11.2021.	235	8,39	4,59	-69,8	7,8	0,84
26.1.2022.	183	8,23	12,7	/	/	0,28



Слика 4. Дијаграм основног хемијског састава подземне воде Бијелих Нерина (RADULOVIĆ, 2000) и 26.1.2022. године

Figure 4. Pie chart of groundwater of Bijeli Nerini karst spring basic chemical composition (RADULOVIĆ, 2000) and 26.1.2022.

ЗАКЉУЧАК

Инцијална истраживања карстног врела Бијели Нерини су показала да је подземна вода овог врела изузетног природног квалитета, са доминантним калцијским и хидрокарбонатним јонима, док је издашност осцилирала од 0,8 до преко 4 m³/s. Истраживања се настављају и очекује се да ће у наредних годину дана, серија хидрометријских мјерења и анализа квалитета подземних вода врела Бијели Нерини помоћи у дефинисању режима и функционисања карстне издани, зависности циркулације подземних вода од величине инфилтрације, али и формирању 3Д модела терена, који ће омогућити да се изведу просторне квантитативне и квалитативне анализе генезе и функционисања карстних проводника. Фокус ће бити и на дефинисању утицаја расједа Мртвог Дубоког у усмјеравању кретања вода на истражном простору.

RESULTS OF INITIAL HYDROGEOLOGICAL RESEARCH OF KARST SPRING BIJELI NERINI (CENTRAL MONTENEGRO)

Abstract. – The spring "Bijeli Nerini" (262 m.a.s.l.) is located on the northwestern slopes of mountain Maganik, above the river Mrtvica (on its right bankside). The karst spring is a fractured and partially masked type (covered with blocks of limestone and dolomite). Research presented in this paper has shown that this groundwater belongs to the calcium-hydrocarbonate class of exceptional quality, with discharge ranges from 0.8 to 4.1 m³/s. It is a segment that completes

the overall picture of (hydro) geological and geomorphological specifics of the canyon of the river Mrtvica, a right tributary of the river Morača.

Keywords: Mrtvica, Bijeli Nerini, karst spring

INTRODUCTION

Karst terrain covers slightly more than 14% of the world's land, which is not under perpetual ice and snow (STEVANOVIĆ, 2019). Significance of karst terrains, i.e. karst groundwater accumulated in them is best illustrated by the fact that, although the regime of karst aquifer can oscillate significantly during the hydrological year, groundwaters from karst are the main source of quality drinking water for over 700 million world population (STEVANOVIĆ, 2019).

The purpose of researching karst (terrains), especially the morphology of karst channels, can be very diverse, from the desire to discover new and unknown, through research for tourism purposes, to exclusively scientific research and research related to solving specific engineering-geological or hydrogeological problems, as is the case in this paper. Defining hydrogeological relations, appearance and recharge of groundwater, requires beside usual hydrogeological mapping, establishment of monitoring network of groundwater, determination of their physical and chemical composition, and tracing of groundwater flow directions.

In general, it is very difficult to define the hydraulic and physical parameters of an anisotropic and heterogenic environment such as karst. Even when extensive research has been performed, the results in the case of karst terrain cannot be completely reliable in the entire wide area, but the results are usually limited to the narrow area in which they were performed. It is often not possible to verify the obtained values, nor to determine which part of the karst channels is active in hydrogeological point of view and which one is out of function (i.e. filled with clay or calcite).

Groundwater in the terrains of Montenegro is mainly present within carbonate rock masses of fissure-cavernous porosity and Quaternary glaciofluvial and alluvial sediments of intergranular porosity. More than 60% of the territory of Montenegro is built of carbonate rocks, which are characterized by significant groundwater reserves, very good quality, so it is estimated that according to total water resources, Montenegro is one of the richest water areas in the world, with an average annual runoff module over 40 l/s/km² (RADULOVIĆ M. *et al.* 2016). Karst groundwater is yielding through numerous springs, which most often appear along the canyon of rivers (as is the case with Bijeli Nerini), along the edge of karst poljes and other depressions, along the coast and at higher elevations usually at the contact of permeable and impermeable rocks.

MATERIALS AND METHODS

General characteristics of the research area

The canyon of the Mrtvica river, on which right riverbank the karst spring Bijeli Nerini appears, belongs to the mountain massif Maganik (Fig. 1), and is located in the

central part of Montenegro, about 30 km north from Podgorica and 30 km east from Nikšić. It is a very characteristic mountain area, with numerous peaks mostly connected by passes and saddles, and sometimes vertical and even inaccessible rocks.

Nowhere in Montenegro as in this relatively small area, the relief is so dynamic and fragmented. The relief was shaped by fluvial, karst and glacial erosion. The limestone composition of Maganic caused a great vertical disintegration. Mountain peaks rise: Medjedji (2130 m.a.s.l.), Kokotov (2000 m.a.s.l.), Petrov (2124 m.a.s.l.), Trešteni (1980 m.a.s.l.) and others. The mountain ridges have very sharp peaks and the mountain as a whole has a rugged appearance.

The Mrtvica river (catchment area $F=207.7 \text{ km}^2$) is one of the main right tributaries of the Morača river, and is formed from a series of streams in the village of Velje Duboko (Višnje hamlet) at about 810 m.a.s.l., and flows until its confluence with the Morača river in place Medjuriječje at 180 m.a.s.l. Apart from Bijeli Nerini, which are the subject of research, the Mrtvica river is fed by water from several periodic streams on both sides (i.e. spring Jama), as well as the stream Dubočnjak ($F=24.4 \text{ km}^2$), which yields above the village Mrtvo Duboko at about 1100 m.a.s.l. Both watercourses flow into the Mrtvica river downstream from the Bijeli Nerini karst spring. With the help of the waters of the Nerini, the Mrtvica river maintains a constant flow throughout the year, so that the average annual flow of $14 \text{ m}^3/\text{s}$, average maximum $23.7 \text{ m}^3/\text{s}$ (November) and average minimum $2.7 \text{ m}^3/\text{s}$ (August) within the observation period 1960-2015.

The investigative area belongs to the Kučka tectonic unit, which structurally represents a complex overturned anticline carbonate structure, on the northeast wing of which there are thick deposits of Durmitor flysch, which is attached to this tectonic unit as a regional dislocation in the Durmitor cover. The carbonate anticline part is marked, among others, by the anticlines of Mrtvice and Morača, as well as numerous synclines. In addition to folds, numerous transverse, diagonal and longitudinal faults of different intensity have been developed (KALEZIĆ et al, 1966). The diagonal fault of Mrtvo Duboko with footwall (eastern) movement by more than 1000 m should be pointed out.

Dolomitic megalodon limestones and dolomites of the Upper Triassic form the basis of the terrain into which the Mrtvica river intersected (KALEZIĆ et al, 1966). In the canyon, a complete Lias (Figs. 2 and 3) was developed in the form of limestone and dolomite up to 200 m thick, while the upper part of the profile consists of banked and massive Doger and Oxford-Kimmeridge limestone (up to 200 m thick) and at the top of the profile massive and banked dolomitic limestones and dolomites of Titon and Lower Cretaceous period (over 50 m thick) could be found. Cretaceous sediments discovered west of the canyon can reach a thickness of about 1000 m.

The karst spring Bijeli Nerini is a permanent gravitational spring, of the broken type, whose primary zone of outflow is masked by limestone and dolomite blocks. The appearance of karst springs in the Mrtvica canyon is conditioned by the geological relations of the basis and overlaying layer (Fig. 3), so the Bijeli Nerini spring is formed at the contact of Upper Triassic dolomites in the bottom (hydrogeological insulator) and overlaying megalodon limestone limestones (hydrogeological collector).

The waters that yield at this spring feed the Mrtvica river even during the dry period, when upstream from the spring, the Mrtvica river becomes an intermittent flow

(RADULOVIĆ, 2000). The minimum yield of the spring is estimated at about 500 l/s, while the maximum can be expected to be several cubic meters per second. The spring catchment area is located in its southwestern hinterland (RADULOVIĆ, 2000), and for the groundwater movement conditions in the Mrtvica river basin, authors of this paper take into consideration the potential influence of tectonic characteristics of the terrain, especially the already mentioned Mrtvo Duboko fault with SW-NE direction. Downstream from Bijeli Nerini, there is the intermittent spring Jama, which appearance also indicates the absence of significant karstification of dolomite of the Upper Triassic.

Research methodology

Previous research of the Bijeli Nerini karst spring have been more descriptive, apart from defining the chemical composition of groundwater RADULOVIĆ (2000). The focus of new research is focused on field measurements of yield (simultaneous hydrometric measurements) and analysis of physical and chemical characteristics of the spring, which drains the eastern part of the Maganik Mt.

The final result of the current research is the reconstruction and modelling of hydrogeological characteristics of groundwater of complex karst aquifer. In addition to extensive field work in the design of model, modern and complex computer programs (ArcGIS, HydrassPro, etc.) will be used to enable spatial analysis of the genesis and functioning of karst auifer in this area.

In order to establish the dependence $Q=f(H)$, monitoring network of the karst spring Bijeli Nerini was defined. Given the location and position of the spring, it is practically impossible to install equipment for continuous monitoring at the location of the occurrence of groundwater. To avoid these challenges, two measurement profiles have been established in the Mrtvica river, one upstream and the other downstream of the spring.

Measurements of physico-chemical parameters, as well as sampling for the analysis of physico-chemical parameters of groundwater (and surface) water were performed at the same places where the flow measurement was performed, as well as at spring itself.

RESULTS AND DISCUSSION

Data on flows on predefined sections were obtained (Tab. 1), while the flow of the river Mrtvica on HS Medjuriječje (according to the data of IHMS MNE) was used as a control value.

From Table 1 it can be seen that the oscillation of the yield of the karst spring Bijeli Nerini during the research from November 2021 to February 2022 was from 0.805 to over 4 m³/s, which confirmed the assumption of maximum expected yields of this spring.

In terms of quality, the groundwater from karst spring Bijeli Nerini and the surface water from the Mrtvica river do not differ too much (Tab. 2, Fig. 4) as expected. On the other hand, this is to be expected, given that the presence of carbonate rocks is

extremely pronounced in the field, and thus the basic components that predominate in the chemical composition of water (Ca^{2+} , Mg^{2+} и HCO_3^-) must be present. All analysed parameters indicate a natural and undisturbed state of groundwater quality from the karst spring Bijeli Nerini. No chemical pollution was observed in the groundwater ($\text{Fe}=0,01$ mg/l; $\text{N}_{\text{uk}}=0,1$ mg/l; $\text{PO}_4^{3-}=0,02$ mg/l; $\text{BPK}_5=2,1$ mg/l), while the presence of total aerobic bacteria - 744, coliform bacteria - 19, but not faecal bacteria has been recorded.

CONCLUSION

Initial research of the karst spring Bijeli Nerini showed that the groundwater of this spring is of exceptional natural quality, with dominant calcium and hydrocarbonate ions, while the yield fluctuated from 0.8 to over 4 m³/s. Research continues and it is expected that in the next year, a series of hydrometric measurements and analysis of groundwater quality of the karst spring Bijeli Nerini will help define the regime and functioning of karst, dependence of groundwater accumulation and circulation on infiltration, but also the formation of 3D model of terrain, which will enable spatial quantitative and qualitative analyses of the genesis and functioning of karst conductors to be performed. The focus will also be on defining the impact of the Mrtvo Duboko fault in directing the movement of groundwater in the researched area.

ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

- KALEZIĆ M., MIRKOVIĆ M. i saradnici, (1966): OGK SFRJ, list Šavnik K 34-39, R=1:100.000, Zavod za geološka istraživanja SR Crne Gore, Savezni geološki zavod, Beograd.
- RADULOVIĆ M., (2000): Hidrogeologija karsta Crne Gore, Posebno izdanje, Zavod za geološka istraživanja Crne Gore, Podgorica.
- RADULOVIĆ, M., IVANOVIĆ, Z., RADULOVIĆ, M.M., BLAGOJEVIĆ, M., JOVANOVIĆ, M. (2016): Mjesto i uloga podzemnih voda u strategiji upravljanja vodnim resursima Crne Gore; Zbornik radova XV srpskog hidrogeološkog simpozijuma sa međunarodnim učešćem, Kopaonik 2016, RGF, UoB
- RADULOVIĆ V., (1989): Hidrogeologija sliva Skadarskog jezera, Zavod za geološka istraživanja SR Crne Gore, Titograd.
- STEVANOVIĆ, Z. (2019): Karst waters in potable water supply: a global scale overview. Environmental Earth Science. Springer, 78: 662; <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8670-9>