

Specific electrical conductivity in epikarst groundwater of the eastern Suva Planina mt.; Специфична електрична проводљивост подземне воде у епикарсту источних падина Суве Планине

Branislav Petrović



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Specific electrical conductivity in epikarst groundwater of the eastern Suva Planina mt.; Специфична електрична проводљивост подземне воде у епикарсту источних падина Суве Планине | Branislav Petrović | KARST 2022: "Importance, State of the Art, and Prospective of Utilization and Protection of Resources in Karst" | 2022 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0006703>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на www.dr.rgf.bg.ac.rs

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs



СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

Мултидисциплинарна конференција

Карст 2022: Значај, стање и перспективе коришћења и заштите ресурса у карсту

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ



Књига апстраката

Мултидисциплинарне конференције
“Карст 2022: Значај, стање и перспективе коришћења и
заштите ресурса у карсту”

Одбор за крас и спелеологију Српске академије наука и уметности
Центар за хидрогеологију карста Рударско-геолошког факултета
Географски институт „Јован Цвијић“ Српске академије наука и уметности
Универзитет у Београду – Географски факултет
Комисија за карст Српског геолошког друштва

Београд, 21. октобар 2022.

SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS



Proceedings of the

Multidisciplinary conference

“Karst 2022: Importance, State of the Art, and Prospective
of
Utilisation and Protection of Resources in Karst ”

Serbian Academy of Sciences and Arts, Board on Karst and Speleology
Centre for Karst Hydrogeology of the Faculty of Mining and Geology
Geographical Institute „Jovan Cvijić“ of
the Serbian Academy of Sciences and Arts
University of Belgrade - Faculty of Geography
Karst Commission of the Serbian Geological Society

Belgrade, 21st October 2022

*Proceedings of the multidisciplinary conference
„Karst 2022 Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst”*

**Књига апстраката
Мултидисциплинарне конференције “Карст 2022
Значај, стање и перспективе коришћења и заштите ресурса
у карсту”**

Editors

*Slobodan B. Marković, Corresponding member of SASA
Zoran Stevanović, Professor retired*

Уредници

*Слободан Б. Марковић, дописни члан САНУ
Зоран Стевановић, професор у пензији*



Belgrade, 21st October 2022
Београд, 21. октобар 2022

Publisher / Издавач:

Serbian Academy of Sciences and Arts (SASA)
Knez Mihajlova St. 35, Belgrade, Serbia
Српска академија наука и уметности (САНУ)
Кнез Михајлова 35, Београд, Србија

Editors / Уредници:

Slobodan B. Marković, Corresponding member of SASA
Zoran Stevanović, Professor retired
Слободан Б. Марковић, дописни члан САНУ
Зоран Стевановић, професор у пензији

Technical preparation / Техничка припрема:

Branislav Petrović / Бранислав Петровић
Veljko Marinović / Вељко Мариновић
Petar Vojnović / Петар Војновић

Circulation / Тираж:

100 copies / 100 примерака

Front page / Насловна страна:

Lisine Waterfall, Strmosten, Eastern Serbia / Лисине водопад, Стрмостен, источна Србија
(photo Branislav Petrović / фотографија Бранислава Петровића)

The authors of contributions in these proceedings are responsible for the content and copyrights of their respective contributions. Neither publishers nor any person acting on its behalf is responsible for the possible use of information contained in this publication.

Аутори прилога у овом зборнику одговорни су за садржај и ауторска права својих прилога. Ни издавач ни било које друго лице које делује у њихово име није одговорно за могуће коришћење информација садржаних у овој публикацији.

Printed by / Штамп:

Serbian Academy of Sciences and Arts (SASA), Belgrade
Српска академија наука и уметности (САНУ), Београд

Belgrade 2022 / Београд 2022

CIP:

ISBN

978-86-7025-956-0



Honorary Committee:

Milan Damnjanović, Academician, Secretary of the Department for Mathematics Physics and Geo-Sciences

Vidojko Jović, Academician, Past president of the Board on Karst and Speleology

Vladica Cvetković, Academician, Past president of the Board on Karst and Speleology

George Veni, Past president of the International Union of Speleology UIS and Coordinator of the IYCK

John Gunn, Chairman of the Cave and Karst Working Group of the IUCN

Peter Malik, Chairman of the Karst Commission of the IAH

Scientific Committee:

Slobodan B. Marković (President of the Board on Karst and Speleology)

Ognjen Bonacci (Croatia)

Petar Milanović (President of the NC IAH for Serbia)

Zoran Stevanović

Vesna Dimitrijević

Rajko Dimitrijević

Predrag Đurović

Neven Krešić (USA)

Dušan Mihailović

Saša Milanović

Jelena Čalić

Igor Jemcov

Technical Committee:

Ljiljana Vasić, Secretary General

Aleksandar S. Petrović

Branislav Petrović

Veljko Marinović

Petar Vojnović



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



**SPECIFIC ELECTRICAL CONDUCTIVITY IN EPIKARST
GROUNDWATER OF THE EASTERN SUVA PLANINA MT.**

**СПЕЦИФИЧНА ЕЛЕКТРИЧНА ПРОВОДЉИВОСТ ПОДЗЕМНЕ
ВОДЕ У ЕПИКАРСТУ ИСТОЧНИХ ПАДИНА СУВЕ ПЛАНИНЕ**

Бранислав Петровић¹

¹Центар за хидрогеологију карста, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду, Србија, e-mail: branislav.petrovic@rgf.bg.ac.rs

Extract of the manuscript: The epikarst is a part of the karst outcrop that is located within the unsaturated zone and represents a complex point of contact and mixing of unconsolidated material from the terrain surface. The correct and complete perception of epikarst, its degree of development and the presence on the limestone terrain can be achieved with a multidisciplinary approach. The study area for the applied multidisciplinary research was the Eastern part of karst massif Suva Planina Mt. One important part of the research was dye tracing test at Peč cave microlocation, with temperature -T and specific electrical conductivity -Ec monitoring. The results of Ec measurements show a certain constancy of the specific electrical conductivity at one location, but also the difference between "neighboring" locations. In accordance with the measured values, 3 groups with similar values were distinguished that somewhat correspond to the different types of water flow occurring in the unsaturated (epikarst) zone.

Key words: epikarst, specific electrical conductivity, Suva Planina Mt., Peč cave

Кључне речи: епикарст, специфична електрична проводљивост, Сува Планина, пећина Печ

Увод

Постојање епикарста у оквиру већ комплексне карстне издани, почело је да се намеће истраживачима средином седамдесетих година прошлог века (Mangin, 1973, 1975). У већини карстних области и карстних изданских система треба очекивати присуство епикарст зоне. Дебљина зоне епикарста може варирати у широком дијапазону, од 10 cm до 30 m, а уобичајено се процењује од неколико метара па до 10-15 метара (Klimchouk, 2000, 2004). Главне карактеристике епикарста су акумулирање подземне воде и стварање услова за формирање концентрисаних токова ка подини – правој карстној издани. Дренажање кроз епикарст може бити веома брзо, посматрано у вертикалном правцу, али изузетно споро у хоризонталном. Одређене количине инфилтрираних вода могу бити акумулиране у епикарстној издани неколико година, а могу да константно мигрирају на одређену удаљеност, хоризонтално унутар зоне епикарста.

Настанком епикарста у оквиру надизданске зоне карстног система у процесу карстификације и еволуцијом процеса уз развој свих пратећих елемената бавили су

се: Klimchouk & Andrejchuk (1996), Klimchouk et al (1996), Atkinson (1997), Hudson & Harrison (1997), Price & Knill (2009), Price & de Freitas (2009). Међутим, најзначајније закључке о еволуцији карстног процеса (самим тим и епикарста) донели су: Gunn (1985); Williams (1983, 1985), тј. Ford & Williams (2007); Klimchouk (1987, 1995, 2000, 2004). Концепт епикарста је још увек подложен научној расправи, а то се најбоље огледа у великом броју дефиниција којим се описује ова природна појава (Klimchouk, 2004). Разлог је велика просторна варијабилност епикарста посматрано локално, регионално или на нивоу целог света, али и лоше познавање еволуционе променљивости епикарста.

Геолошка грађа Суве планине је комплексна и последица је вишеструких тектонских догађаја, који су довели до настанка антиклинале правца пружања северозапад-југоисток и каснијег издизања њеног северозападног дела (Vujišić et al, 1971; Petrović, 2020; Petrović & Marinović, 2021). Карбонатни седименти, најчешће кречњаци различитог степена чистоће и доломити, изграђују крила антиклинале, чији пад слојева је ка североистоку и југозападу. Тектонски склоп и чистоћа кречњака утицали су и на степен карстификације карбонатних стена доњотријаске, горњојурске и доњокредне старости, па се у оквиру њих могу издвојити карстно-пукотински и карстни тип издани (Petrović, 2020). Истражно подручје је обухватило источне падине Суве планине, док је микролокација истраживања била пећина Печ, изнад села Бежиште, око 2,3 km од села и истоименог карстног извора. Улазни отвор пећине Печ (Слика 1а) налази се на висини од 885 m.n.m., пећински канал је једноставног тунеластог облика, дуг око 20 метара, улазни отвор пећине има изглед елипсе, широк је 7,5 m, висине 2-2,5 m, док је дворана на највишем делу висока 10,43 m. Изнад самог улаза у пећину се до висине од 10,5 m пружа кречњачки одсек.



Слика 1. а) улаз у пећину Печ; б) посуде за прикупљање воде; ц) план пећине и распоред посуде за прикупљање воде



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



Методe

У циљу дефинисања утицаја епикарста на функционисање карстног изданског система, а у погледу режима квантитета и квалитета воде, као и одређивања способности епикарста да пречисти подземне воде примењен је мултидисциплинарни приступ. Теренска истраживања као и експерименти на локацији пећине Печ, спроведени су ради дефинисања основних параметара епикарста. Током теренског експеримента трасирања је одређена брзина кретања инфилтриране воде кроз повлату пећине Печ, у овом случају слој епикарста, помоћу инертног обележивача (Na-флуоресцеин). Трасер је примењен за потребе дефинисања брзине инфилтрације површинске воде и брзине циркулације у зони епикарста на локацији пећине Печ (Petrović, 2020).

Током опита, осим узимања узорака за прецизно одређивање концентрације трасера, вршен је и мониторинг температуре процедурне воде (Т) и специфичне електричне проводљивост (Ес) уз помоћ теренског уређаја: WTW - Cond 340i/set. Локација је одабрана, јер омогућава да се на малом простору изведе трасирање тока подземне воде кроз повлатне слојеве пећине сачињене од земљишта, епикарста и карстификованог кречњака, и њено прикупљање на местима где је вода капала са таванице пећине. На локацијама унутар пећине Печ постављене су посуде (Слика 1б) да би се одредиле количине воде које се процеђују, и на тај начин дефинисале локације (на крају 13 позиција) на којима ће бити могуће вршити узорковање воде тј. локације на којима се процеди довољно воде за мерење Ес (Слика 1б и 1ц).

Резултати

Мерења специфичне електричне проводљивости (Ес) су вршена у истим временским интервалима, када је вршено и узорковање воде за мерење концентрације обележивача. Резултати мерења Ес показују одређену константност величине специфичне електричне проводљивости на једној локацији током мониторинга, али и разлику између „суседних“ локација (Слика 2). У складу са резултатима креиране су 3 групе са сличним вредностима Ес: **1. група:** локације А, В, С и М, са вредностима Ес испод 360 $\mu\text{S}/\text{cm}$; **2. група:** D, E, F, G и I, са вредностима Ес између 355 и 390 $\mu\text{S}/\text{cm}$; и **3. група:** H, J, K, L, са вредностима Ес изнад 410 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Слика 2. Дијаграм вредности специфичне електричне проводљивости измерених у пећини Печ током експеримента

Закључак

Група 1 условно се може посматрати као најближа улазу, а истовремено то су локације изнад којих се налази најдебљи слој карстификованог кречњака. Вода која се дренажа на локацијама 2. групе је имала довољно времена да хомогенизује свој састав у погледу растворених минералних материја, што видимо и по јако малим променама у вредностима Ес током експеримента. Измерене вредности Ес у том делу пећине су више и највероватније последица присуства развијенијег епикарста у повлати пећине. Иако је дебљина надслоја изнад локација 3. групе око пет метара, вода на свом путу пролази кроз дебљи слој земљишта и епикарста него изнад других делова пећине, па се обогатила минералним и органским материјама, самим тим је и просечна вредност Ес у овој групи највиша. Групе донекле кореспондирају и распореду примарних и других канала и пукотина којима подземна вода циркулише кроз овај слој, али са одређеним одступањима чије узроке треба тражити у дебљини слоја епикарста, удела различите количине кластичног материјала, дебљине и врсте земљишта, као и типа вегетационог покривача на наведеној локацији.

Литература

Atkinson TC, 1997: Diffuse flow and conduit flow in limestone terrain in the Mendip Hills. Somerset (Great Britain), J. Hydrol., 35, 93-103.



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



- Вујисић Т. et al, 1971: ОГК СФР Југославије, лист Бела Паланка К 34-33 тумач и карта, Р=1:100.000, Савезни геолошки завод (СГЗ), Београд, п. 69
- Hudson J.A. & Harrison J.P., 1997: Engineering rock mechanics: an introduction to the principles, Pergamon, Tarrytown, NY, p. 444
- Kiraly L., 2003: Karstification and Groundwater Flow, Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers, Vol 1, Issue 3, pp. (Republished from Gabrovšek, F. (Ed.). 2002. Evolution of karst: from prekarst to cessation. Postojna-Ljubljana, Založba ZRC, 155-190.)
- Klimchouk A.B., 1987: Conditions and peculiarities of karstification in the shallow subsurface zone of carbonaceous massifs, Caves of Georgia, v. 11, (In Russian, res. Engl.), pp. 54-65.
- Klimchouk A.B., 1995: Karst Morphogenesis in the epikarstic zone, Cave and Karst Science, Vol. 21, No. 2, Transactions of the British Cave Research Association, pp. 45-50
- Klimchouk A.B., 2000: The formation of epikarst and its role in vadose speleogenesis, In: Speleogenesis: Evolution of karst aquifers (Eds. Klimchouk A.B., Ford D.C., Palmer A.N. and Dreybrodt W.), National Speleological Society of America, pp. 261-273, Huntsville, AL-USA
- Klimchouk A.B., 2004: Towards defining, delimiting and classifying epikarst: Its origin, processes and variants of geomorphic evolution, Speleogenesis and evolution of karst aquifers, The Virtual Scientific Journal, pp. 1-13
- Klimchouk A.B. & Andrejchuk V.N. 1996: Breakdown development in cover beds, and landscape features induced by intrastratal gypsum karst. In: Gypsum Karst of the World (Klimchouk A.B., Lowe D., Cooper A., and Sauro U. (eds.)), International Journal of Speleology Theme issue 25 (3-4), pp. 127-144
- Klimchouk A.B., Ford D.C., Palmer A.N., Dreybrodt W. (eds), 1996: Speleogenesis; Evolution of Karst Aquifers, National Speleological Society Press, Huntsville, AL, 527 pp.
- Mangin A., 1973: Sur la dynamiques des transferts en aquifere karstique, Proceedings of the 6th International Congress of Speleology, Olomouc, CSSR, Vol. 6, 157-62
- Mangin A., 1975: Contribution a l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques, 3eme partie, Constitution et fonctionnement des aquifères karstiques. Ann Spéléol 30(1):21-124
- Petrović B., 2020: Funkcionisanje i uticaj epikarsta na režim, bilans i kvalitet podzemnih voda istočnog dela karstnog sistema Suve planine, Doktorska disertacija, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu
- Петровић Б., Мариновић В., 2021: Примена дискретног ауторегресивно – кросрегресивног модела покретног просека за прогнозу дневних вредности издашности врела Мокра и Дивљана, Zapisnici Srpskog Geološkog Društva, Srpsko geološko društvo, Beograd, ISSN: 0372-9966, pp. 1-14
- Price D.G. & Knill J., 2009: Ground Response to Engineering and Natural Processes, in: Engineering Geology - Principles and Practice (ed. de Freitas M. H.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 229-246
- Price D.G. & de Freitas M. H., 2009: Withdrawal of Support by Surface Excavations, in: Engineering Geology - Principles and Practice (ed. de Freitas M. H.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 247-294
- Williams P.W., 1983: The role of the subcutaneous zone in karst hydrology, Journal of Hydrology, 61, pp. 45-67
- Williams P.W., 1985: Subcutaneous hydrology and the development of doline and cockpit karst. Zeitschrift für Geomorphologie, 29(4), pp. 463-482