



Никола Николић¹, Васо Новаковић²

Стручни рад
DOI: 10.5937/VIK25125N

МОГУЋНОСТ ЗАХВАТАЊА ВЕЋИХ КОЛИЧИНА ПОДЗЕМНЕ ВОДЕ ЗА ВОДОСНАБДИЈЕВАЊЕ НАСЕЉА И ПРИВРЕДЕ ЈУГОЗАПАДНОГ ДИЈЕЛА БРЧКО ДИСТРИКТА, БОСНА И ХЕРЦЕГОВИНА

Резиме: У раду су приказани параметри водоносног слоја перспективног изворишта „Домажић“, које налази се на сјевероисточној граници општине Градачац, на самој тремећи општина Градачац, Сребреник и Брчко Дистрикт. За потребе водоснабдијевања, најзначајније су резерве подземне воде акумулиране у аквиферу пукотинско - кавернозне порозности, тј. кречњацима сармата и бадема села Хргови, које се налази у југозападном дијелу Брчко Дистрикта. Аутори су у више наврата кроз ревитализацију старих и извођење новог бунара, те моделска испитивања увјерили у перспективност овог подручја што је приказано у овом раду.

Кључне речи: водоснабдијевање, бунар, кречњаци

POSSIBILITY OF PUMPING LARGER QUANTITIES OF GROUNDWATER FOR WATER SUPPLY TO SETTLEMENTS AND INDUSTRY IN THE SOUTHWESTERN PART OF THE BRČKO DISTRICT, BOSNIA AND HERZEGOVINA

Abstract: The paper presents the parameters of the aquifer of the prospective water source “Domažić,” located on the northeastern border of the Gradačac municipality, at the junction of the municipalities of Gradačac, Srebrenik, and Brčko District of Bosnia and Herzegovina. For water supply purposes, the most significant reserves are those of groundwater accumulated in the aquifer of fissure-cavernous porosity, i.e., in the Sarmatian and Badenian limestones of the village of Hrgovi, situated in the southwestern part of Brčko District. During the revitalization of old wells, the construction of new ones, and model testing, the authors have repeatedly confirmed the potential of this area, which is presented in this paper.

Key words: water supply, water well, limestones

1. Увод

Брчко Дистрикт се налази у сјеверном дијелу Босне и Херцеговине (слика 1), под управом је оба ентитета као кондоминијум, али има велики степен аутономије и сопст-

¹ ИПИН доо - Институт за примијењену геологију и водоинжењеринг, Бијељина, Босна и Херцеговина, nikolanikolic@ipin-institut.com, ORCID: 0009-0004-0261-8776

² ИПИН доо - Институт за примијењену геологију и водоинжењеринг, Бијељина, Босна и Херцеговина, vasonovakovic@ipininstitut.com, ORCID: 0009-0009-7999-3992

вене органе управе. Брчко Дистрикт има укупно 83.516 становника према попису из 2013. године. Подручје Хргова и Домажића захвата падине сјеверног обода Мајевице. Извориште „Домажић“ налази се на сјевероисточној граници општине Градачац, на самој тремеђи општина Градачац, Сребреник и Брчко Дистрикт. За потребе водоснабдијевања, најзначајније су резерве подземне воде акумулиране у аквиферу пукотинско - кавернозне порозности, тј. кречњацима сармата и бадема у југозападном дијелу Брчко Дистрикта.

Подземне воде овог аквифера су субартеског карактера на ширем подручју. Латерално ограничење водоносног слоја (сармат - баден) је на истоку (у подручју Зовик - Вражићи) прелазом у лапоровити развој бадена, а у осталим правцима, површинама издањивања и ерозионим базисима у долинама ријека. По дубини залијегања слој је ограничен такође постепеним прелазом у лапоровито глиновити фацијални развој бадена, дефинисан условима дубље седиментације. Моћност баденског водоносног слоја износи искуствено 50 - 150 m, а наслага сармата се крећу (20 - 60 m), а на мјестима и до 147 m што је утврђено ранијим структурним бушењима у околини Домажића.



Слика 1. Географски положај општине Брчко

Легенда: 1 – Државна граница; 2 – Ентитетска граница; 3 – Граница Брчко Дистрикта; 4 – Брчко Дистрикт

Figure 1. Geographical location of Brčko

Legend: 1 – State border; 2 – Entity border; 3 – Border of Brcko district; 4 - Brcko district

ДОО „ИПИН“ из Бијелине је за потребе ЈП „Комунално Брчко“ ДОО Брчко, 2024. извео радове на физичко-хемијској ревитализацији бунара БХ-1 Домажић, у Хрговима Доњим [4]. Осим тога аутори су имали прилику да учествују у реализацији допунских хидрогеолошких истраживања изворишта „Домажић“ од октобра 2015. до фебруара 2016. године [3]. У оквиру теренских истраживања изведени су пијезометри ПД-2/1 и ПД-4, те бунар БВ-3. Такође је извршен преглед и чишћење постојећег бунара БВ-2,

затим континуирано осматрање нивоа подземне воде током групног опитног црпљења и израда хидродинамичког модела аквифера са симулацијом експлоатације црпилишта и модела транспорта загађења и анализа хазарда изворишта „Домажић“ [3].

Аутори су такође имали прилику урадити и Елаборат о категоризацији, класификацији и прорачуну резерви подземних питких вода изворишта „Домажић“ код Градача са стањем на дан 01.03.2016. године. При наведеним радовима, аутори су се увјерили да постоји могућност обезбјеђења додатних количина воде за водоснабдијевање насеља и привреде овог дијела Брчко Дистрикта. На такав закључак се долази и прегледом документације претходно изведених истраживања и литературе. Рударско-геолошки факултет из Тузле је 1990. урадио Студију геолошких, геофизичких, рударских и геотермалних истраживања на подручју Брчког и за хидрогеолошка истраживања ради обезбјеђења воде за пиће – Књига 2 водоснабдијевање, а у којој Р. Ваљаревић наводи потребу хидрогеолошких истраживања на потенцијалном терену, ради иницирања подземних вода у карстно-пукотинској издани [6]. И Рударски институт из Тузле је урадио Елаборат хидрогеолошких истраживања сјеверног обода Мајевице [5]. Процјена експлоатационих резерви по Е. Оручу за црпилишну зону Маоча је 174 l/s а за црпилишну зону Бос. Бијела је 123 l/s [5].

Циљ овог рада је да се кроз анализу познатих хидрогеолошких карактеристика овог изворишта, прикажу хидрогеолошке карактеристике подручја и да процјена могућности захватања већих количина воде за потребе водоснабдијевања насеља и привреде Брчко Дистрикта БиХ.

2. Методе истраживања

Као што је наведено у уводу, аутори овог рада имали су прилику да кроз извођење хидрогеолошких истраживања овог подручја и ревитализацију бунара, као и приликом израде Елабората о резервама и моделским испитивањима, изврше реинтерпретацију постојеће литературе и фондовске документације, добију резултате властитих истраживања и уоче дјелимично неискоришћен хидрогеолошки потенцијал.

У августу 2024. године извршена је демонтажа бунарске пумпе и опреме бунара БХ-1 Домажић, у Хрговима Доњим, те снимање унутрашњости бунара ради дефинисања стања бунарске конструкције, проходности бунара и количине талога у њему. Тестирање бунара БХ-1 у Домажићу изведено је дана 02.09.2024. године, и поново 05.09.2024. године, након чишћења и ревитализације примјеном 3 различита капацитета. За потребе прорачуна хидрогеолошких параметара водоносне средине, искоришћени су подаци поврата нивоа подземне воде.

После ревитализације бунара БХ-1 узет је узорак за физичко-хемијску анализу воде, која је урађена у Институту за јавно здравство Републике Српске, Регионални центар Зворник.

Истраживања на изворишту „Домажић“, у дијелу који припада простору општине Градачац су обухватила теренска истраживања, лабораторијска испитивања и кабинетску обраду података, а извело их је предузеће ДОО „ИПИН“ из Бијељине у периоду од октобра 2015. године до фебруара 2016. године. У оквиру теренских истраживања

изведени су пијезометри ПД-2/1 и ПД-4, те бунар БВ-3. Такође је извршен преглед и чишћење постојећег бунара БВ-2, затим континуирано осматрање нивоа подземне воде и групно опитно црпљење. У оквиру лабораторијских испитивања извршено је испитивање квалитета воде на 14 узорак узетих током групног опитног црпљења. Кабинетска обрада података обухватила је прикупљање постојеће документације и подлога, као и података добијених током допунских хидрогеолошких истраживања. Након дефинисања почетних услова, завршена је и израда хидродинамичког модела аквифера са симулацијом експлоатације црпишта и модела транспорта загађења и анализа хазарда изворишта „Домажић“. Циљ израде математичког модела јесте симулација на изворишту „Домажић“, односно симулација експлоатације црпишта капацитетом од 120 l/s. Програмски пакет који је коришћен за ове симулације је Groundwater Vistas компаније Environmenral Simulations Inc. Модел прогнозе рада пројектованог изворишта са капацитетом 120 l/s је симулиран када су претходном прогнозом моделу додати следећи бунари са капацитетима од:

- БВ-2 = 50 l/s
- БВ-3 = 50 l/s
- БВ-1 = 14,5 l/s и
- БХ-1 = 11,1 l/s.

Нажалост, тенденције погоршања квалитета изворишта подземних вода су све израженије и математички модели симулације транспорта загађења су најпоузданији метод прогнозе и контроле ремедијације загађења [2]. Као основа за 3Д нумерички модел потенцијалног транспорта загађења на изворишту „Домажић“, коришћени су гранични услови из претходног модела рада изворишта са капацитетом од 120 l/s. Програм који је коришћен за симулацију је MT3DMS, а графички интерфејс је Groundwater Vistas.

3. Резултати и дискусија

Снимањем унутрашњости бунара БХ-1 у августу 2024. утврђено је да је на дубини од 21,0 m од прирубнице (око 20,11 m од површине терена) доњи крај бунарске цијевне конструкције и дубље је незацјевљени дио бунара, односно да је бунар „опен-холе“ тренутне дубине 35,5 m.

У табели 1 дати су измјерени карактеристични параметри током тестирања.

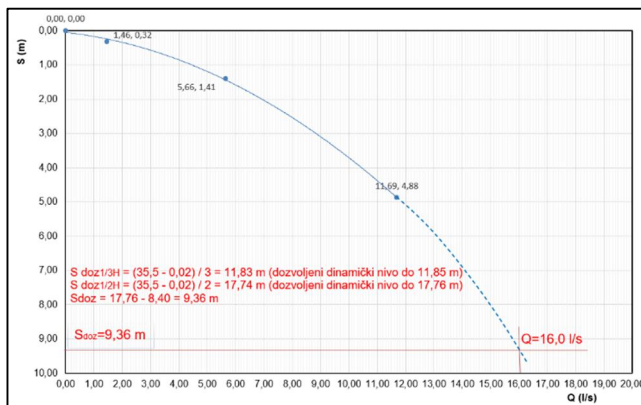
Табела 1. Резултати тестирања бунара БХ-1 након ревитализације
Table 1. The results of testing well BH-1 after revitalization

Капацитет црпљења бунара (l/s)	Снижење нивоа воде бунара БХ-1 (m)
1,46	0,16
5,66	0,97
11,69	12,30

На основу формираног дијаграма, а према критеријуму дозвољеног снижења од 1/2H добија се да је оптимални капацитет (несавршеног) бунара БХ-1 након

спроведене физичко-хемијске ревитализације у тренутним хидролошким условима $Q_{opt} = 16,0 \text{ l/s}$ (слика 2).

На основу физичко-хемијске анализе подземне воде из бунара БХ-1 Домажић закључујемо да вода припада хидрокарбонатној класи, калцијумској групи. Утврђене вриједности физичко-хемијских параметара воде бунара БХ-1 су у границама референтних вриједности према Правилнику.



Слика 2. Дијаграм $S=f(Q)$ за примјењене капацитет црпљења несавршеног бунара БХ-1

Домажић и прогнозна снижења за период од 25 година

Figure 2. Diagram $S=f(Q)$ for the applied pumping capacity of the imperfect well BH-1 Domažić and forecast reductions for a period of 25 years

Бунар БВ - 3 је извео „ИПИИ“ д.о.о., а његов степенасти тест црпљења (Step Draw Down Test - СДДТ) обављен је са три различита капацитета, у укупном трајању 18 сати (3 x 6 сати) и осматрањем поврата нивоа (Recovery test - РТ) у трајању од 3 сата. Максимални примијењен капацитет црпљења овог бунара је 61 l/s (табела 2), али је његов капацитет ограничен према критеријуму задовољења филтрационих стабилности по ободу бушотине на $52,28 \text{ l/s}$.

Табела 2. Резултати тестирања бунара БВ-3 у фебруару 2016.

Table 2. The results of testing well BV-3 in february 2016.

Капацитет црпљења бунара (l/s)	Снижење нивоа воде бунара (m)
26,5	3,72
40,0	5,78
61,0	10,68

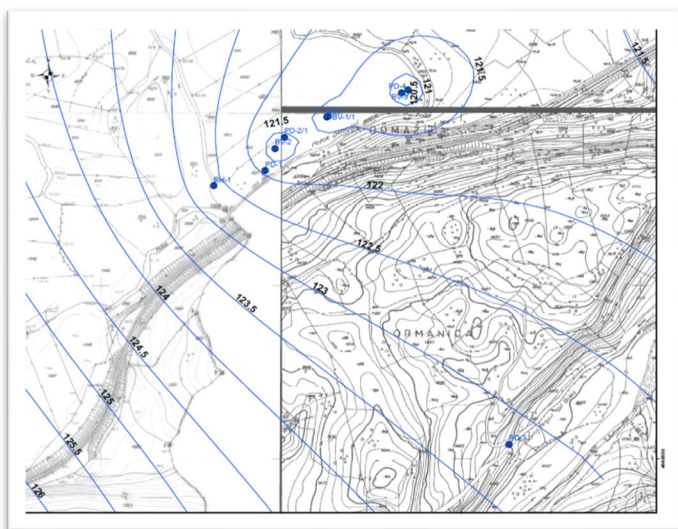
Моделском симулацијом је добијен прогнозни модел рада изворишта (слика 3), са бунарима следећих капацитета:

- БВ - 2 = 50 l/s
- БВ - 3 = 50 l/s
- БВ - 1 = $14,5 \text{ l/s}$
- БХ - 1 = $11,7 \text{ l/s}$.

За потребе израде модела, искоришћен је податак вриједности коефицијента филтрације, који износи $K=2,0 \times 10^{-4}$ m/s, а добијен обрадом података тестирања бунара БВ-3.

Моделска испитивања су показала да аквифер у зони црпилишта може да обезбеди 120 l/s, а да ниво воде нема значајан пад на ширем простору - у овом случају мање од 6 m (слика 3). Ако се има у виду да је бушењем бунара БВ-3 до дубине 90 m утврђено присуство органогеног кречњака са израженим пукотинско-кавернозним типом порозности, а на мјестима и до 147 m (структурна бушења у околини Домажића), јасно је да се извођењем савршених бунара у ширем простору Домажића и Хргова може захватити вишеструко већа количина воде од количине 120 l/s добијене моделским испитивањима. Дозвољено снижење којим се остварује добар еколошки статус подземних вода је 1/3 висине заводњеног дијела водоносног слоја, што је у овом случају преко 30 m, одн. значајно више од 6 m колико је снижење нивоа воде у ширем подручју при црпљењу 120 l/s.

Као основа за 3Д нумерички модел транспорта загађења коришћени су гранични услови из претходног хидродинамичког модела рада изворишта капацитетом од 120 l/s, који је урађен за потребе прогнозе и процјене количине воде која се може црпјети из истраживаног аквифера.



Слика 3. Приказ динамичког нивоа при раду бунара на изворишту „Домажић“

Figure 3. Dynamic level display during well operation at the Domažić spring

Црпљење подземних вода некада премашује њихово истовремено обнављање а природно дренажање подземних вода у ријеке се наставља несмањено, очигледно је да практично сво црпљење у подручјима са великим црпљењем потичу из складиштења, односно вода се црпи из водоносног слоја [1]. Али у овом случају та граница није ни

приближно досегнута, па су створени услови да се допунским хидрогеолошким (и геофизичким) истраживањима ширег подручја, те извођењем нових савршених бунара омогући захватање већих количина подземне воде за водоснабдијевање насеља и превреде југозападнoг дијела Брчко Дистрикта Босне и Херцеговине.

4. Закључак

ДОО „ИПИН“ из Бијељине је за потребе ЈП „Комунално Брчко“ ДОО Брчко, 2024. године извео радове на физичко-хемијској ревитализацији бунара БХ-1 Домажић, у Хрговима Доњим (лит. 3). Осим тога аутори су имали прилику да учествују у реализацији допунских хидрогеолошких истраживања изворишта „Домажић“ од октобра 2015. до фебруара 2016. године. У оквиру теренских истраживања изведени су пијезометри ПД-2/1 и ПД-4, те бунар БВ-3. Такође је извршен преглед и чишћење постојећег бунара БВ-2, затим континуирано осматрање нивоа подземне воде током групног опитног црпљења и израда хидродинамичког модела аквифера са симулацијом експлоатације црпилишта и модела транспорта загађења и анализа хазарда изворишта „Домажић“. При наведеним радовима, аутори су се увјерили да постоји могућност обезбјеђења додатних количина воде за водоснабдијевање насеља и привреде овог дијела Брчко Дистрикта.

Снимањем унутрашњости бунара БХ-1 у августу 2024. утврђено је да је на дубини од 21,0 m од прирубнице (око 20,11 m од површине терена) доћи крај бунарске цијевне конструкције и дубље је незацјевљени дио бунара, односно да је бунар „open-hole“ тренутне дубине 35,5 m.

На основу физичко-хемијске анализе подземне воде из бунара БХ-1 Домажић закључујемо да вода припада хидрокарбонатној класи, калцијумској групи. Утврђене вриједности физичко-хемијских параметара воде бунара БХ-1 су у границама референтних вриједности према Правилнику.

Бунар БВ - 3 је извео „ИПИН“ д.о.о., а његов степенести тест црпљења (Step Draw Down Test - СДДТ) обављен је са три различита капацитета, у укупном трајању 18 сати (3 x 6 сати) и осматрањем поврата нивоа (Recovery тест - РТ) у трајању од 3 сата. Максимални примијењен капацитет црпљења овог бунара при тестирању је 61 l/s, али је његов капацитет ограничен према критеријуму задовољења филтрационих стабилности по ободу бушотине на 52,28 l/s.

Моделска испитивања су показала да аквифер у зони црпилишта може да обезбеди 120 l/s, а да ниво воде нема значајан пад на ширем простору - у овом случају мање од 6 m (слика 3). Ако се има у виду да је бушењем бунара до дубине 90 m утврђено присуство органогеног кречњака са израженим пукотинско-кавернозним типом порозности, а на мјестима и до 147 m (структурна бушења у околини Домажића), јасно је да се извођењем савршених бунара у ширем простору Домажића и Хргова може захватити вишеструко већа количина воде од количине 120 l/s добијене моделским испитивањима. Дозвољено снижење којим се остварује добар еколошки статус подземних вода је 1/3 висине заводњеног дијела водоносног слоја, што је у овом случају преко 30 m, одн. значајно више од 6 m колико је снижење нивоа воде у ширем



подручју при црпљењу 120 l/s. У овом случају та граница није ни приближно досегнута, па су створени услови да се допунским хидрогеолошким (и геофизичким) истраживањима ширег подручја, те извођењем нових савршених бунара омогући захватање већих количина подземне воде за водоснабдијевање насеља и привреде југозападнoг дијела Брчког Дистрикта Босне и Херцеговине.

5. Литература

- [1] Driscoll F. and others, *Groundwater and wells, second edition*, Johnson Screens, Minnesota, 2003.
- [2] Калуђеровић Д. *Математички модели кретања подземних вода и транспорта загађења*, Београд, 2016.
- [3] Новаковић В. Николић Н. *Елаборат о категоризацији, класификацији и прорачуну резерви подземних питких вода изворишта „Домажић“ код Градачаца са стањем на дан 01.03.2016. године*, ДОО ИПИН, Бијељина, 2016.
- [4] Новаковић В. Николић Н. *Елаборат о проведеним радовима и добијеним резултатима физичко-хемијске ревитализације бунара БХ-1 Домажић у Хрговима Доњим*, ДОО ИПИН, Бијељина, 2024.
- [5] Огић Е. *Елаборат хидрогеолошких истраживања сјеверног обода Мајевице*, Рударски Институт, Тузла, 2000.
- [6] Ваљаревић Р. и др. *Студија геолошких, геофизичких, рударских и геотермалних истраживања на подручју Брчког и за хидрогеолошка истраживања ради обезбијеђења воде за пиће – Књига 2 водоснабдијевање: Рударско-геолошки факултет, Тузла, 1989.*