

Михајло Мандић*, Геолошки завод Србије, Београд

Mihajlo Mandic, Geology Institute of Serbia, Belgrade

КАРСТНА ВРЕЛА ПИРОТСКЕ КОТЛИНЕ

KARST SPRINGS OF PIROT AREA

Сажетак: *Хидрогеолошке карактеристике Пиротске котлине су мање или више детаљно истраживане, али су и даље многа питања остала без одговора. Неспорна је чињеница да је Пиротска котлина богата водним ресурсима, ипак, питање је да ли је ситуација таква да се њиховом коришћењу, а пре свега заштити, може олако прићи? И сами корисници тих вода су свесни да се догађа да и поред изобиља воде долази до појаве „мањкова“ када је то најпотребније. Све чешиће се поставља питање да ли ће та вода која одвајкада истиче и задовољава њихове потребе увек бити ту и да ли и сви ми морамо нешто урадити да бисмо и даље имали на располагању, за нас и за наредна поколења. Стога овај рад има преваходну намену да на једном месту, у општим цртама, прикаже тренутни пресек познавања услова појављивања али и услова формирања и угрожавања подземних вода деловањем и нас, који смо истовремено и највећи корисници подземних вода. Поред кратког историјата досадашњих истраживања биће приказани и резултати добијени током израде основне хидрогеолошке карте, као документа који сублимира највећи део сазнања о овом терену.*

Abstract: *Hydro-geological characteristics of Pirot valley were more or less researched in detail but there are still questions which need to be answered. It is a fact that Pirot valley is rich in water resources but still there is a question whether the situation is such to be approached*

* mihajlo.mandic@gzs.gov.rs

without any attention. The users of these waters themselves are aware that even though there is abundance of water, it happens that there is a shortage of it when it is most necessary. They ask themselves more and more often now if the water which has been flowing here since they can remember and satisfies their needs will always be available and whether they should do something to use it better and keep it for the future generations. Therefore this study has the purpose to present in one place and in general sense, a current state of appearance and conditions of forming and endangering of underground waters by us who are at time their greatest users. Besides a short presentation of the researches made so far, the study will present the results obtained during the preparation of hydro-geological map as a document which contains the most part of the data we have about this area.

Кључне речи: хидрогеологија карста, крашка врела, Пиротска котлина

Key words: hydro-geology of karsts, karst springs, Pirot valley

ДОСАДАШЊА ИСТРАЖИВАЊА

Иако се ради о једној од маркантнијих локација, може се рећи да у досадашњем периоду хидрогеолошка проблематика Пиротске котлине углавном није потпуно расветљена, што за последицу има то да су бројна питања везана за порекло вода, њихову циркулацију па и саме услове појављивања на површини терена још увек отворена.

Мора се свакако рећи да се котлином бавио још Јанковић (1903) током својих проучавања развоја Нишавске котлине. Детаљна геолошка истраживања спроведена су за потребе израде основне геолошке карте, која су спровели Протић М., Петковић В. и Милојевић П., чији су резултати приказани у Тумачу геолошке карте листа Пирот из 1932. године. Свакако, најдетаљнија анализа геолошког контекста је приказана у оквиру карте и Тумача листа Пирот и Брезник, које су припремили Анђелковић, Крстић, Ћирић, Мартиновић и Богдановић (1977).

И након тога, бројни аутори су се бавили проблемима структурно - тектонских односа или појавама минералних сировина на овом простору. Резултати нових истражних бушења у самом Пироту отварају и нека нова питања о односима кречњака са неогеним седиментима.

Интересантна и за развој и функционисање карстног аквифера значајна истраживања су везана за проучавање спелеолошких објеката Видлича. Ту је на првом месту, свакако, Петровић (1971),

али и истраживања савремених спелеолога као што су Гајовић, Мандић, Њуњић и Павићевић (2013), који су истраживали околину села Чиниглавци.

Хидрогеолошка истраживања у ужем смислу су се, међутим, вршила спорадично, углавном локализовано и за потребе решавања конкретних, пре свега водопривредних проблема. Између осталих, свакако се морају поменути истраживања Милојевића (1969) везана за Пиротску бањицу, или Даг-бањицу, која се често меша са појавом термалних вода у „сенци“ Сарлаха. Истом појавом су се бавили и Филиповић, Стевановић и Мандић (1986). Ту су и регионална истраживања која су вршили Палавестрић (1969) и Чубриловић (1969), који су се преко једне деценије бавили дефинисањем хидрогеолошких карактеристика сливова Велике и Јужне Мораве, али су се посебно осврнули на Пиротску котлину.

Као што је речено, хидрогеолошка истраживања су углавном била посвећена решавањима конкретних проблема, превасходно могућношћу захватања подземних вода за потребе водоснабдевања. У том смислу издваја се рад Чубриловић и Палавестрић (1972) везан за врело Крупац. Истим простором, мада са другог аспекта, бавили су се и Томић и Стевановић (1982) током проучавања појава термалних вода у зони Крупачког језера.

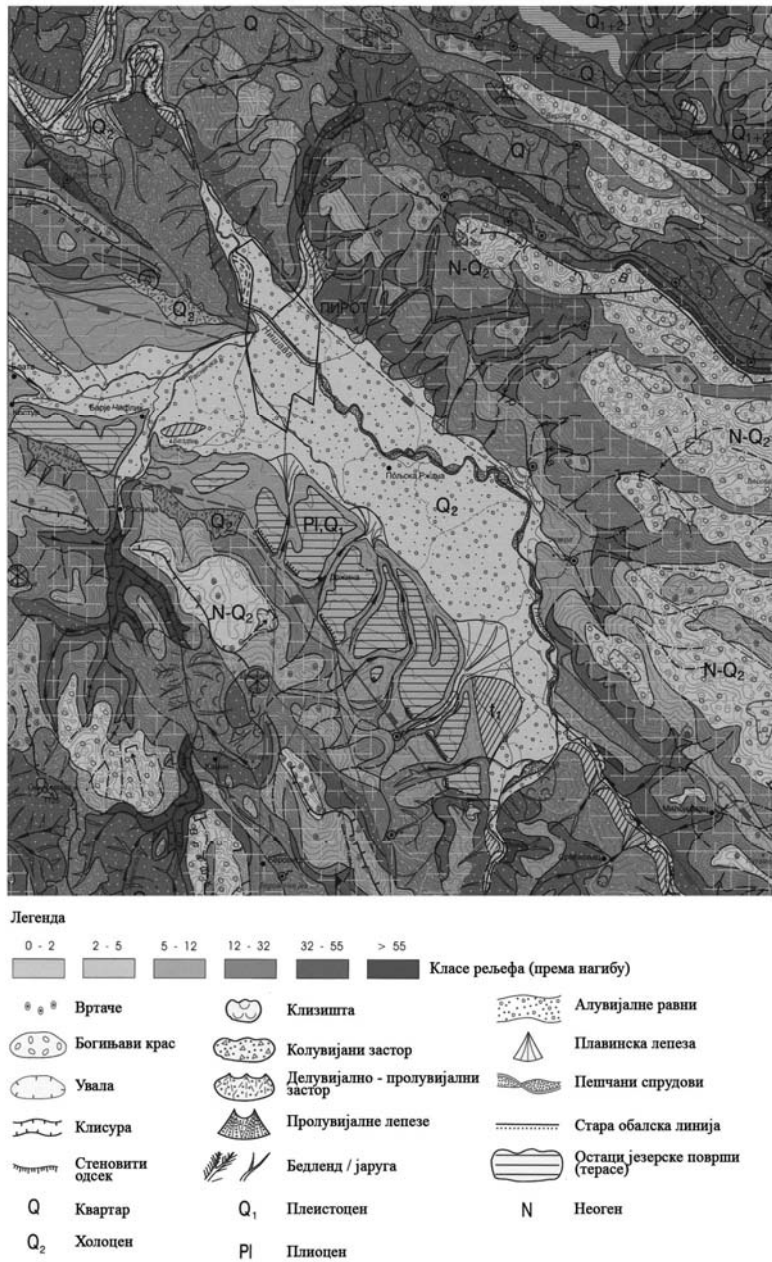
Појавама карстних вода на врелу Клок бавио се Чубриловић (1995а), који је вршио и истраживања врела Градиште (1986). Исти аутор се бави еколошким проблемима при каптирању врела Бањица код тврђаве „Момчилов град“. Интересантан синтетски приказ сазнања о појавама је дао Петровић са сарадницима (2000), који је приказао основне податке о познатим, али и оним мање познатим појавама шире зоне Пиротске котлине.

Свакако, треба истаћи и истраживања која су вршили стручњаци Рударско-геолошког факултета у оквиру пројекта *CCWaters climate changes and impacts on water supply* (Stevanović, Ristić Vakanjac i Milanović, 2012).

На крају, бројни резултати ранијих истраживања али и новија сазнања су уобличена у оквиру Тумача за основну хидрогеолошку карту лист Пирот (Мандић, 2014).

РЕЉЕФ ШИРЕ ЗОНЕ ПИРОТСКЕ КОТЛИНЕ

Иако се из наслова рада може закључити да ће се бавити само Пиротском котлином, сагледавање њених хидрогеолошких карактеристика и приказ најзначајнијих појава би било немогуће ако се не прикажу масиви Видлича, али и Белаве и Влашке планине (слика 1).



Слика 1 Сегмент геоморфолошке карте Србије, лист Пирот 1:100.000
 Figure 1 Segmet of geomorphological map of Serbia, sheet Pirot 1: 100,000
 (Менковић, 2008)

Већ на први поглед се уочавају морфолошки битно различити делови. Ту је пространа алувијална равна Нишаве која представља најнижи део терена и у оквиру које се могу местимично уочити сегменти старих токова Нишаве и њених притока. Ка југу се, дуж целе долине, јасно издвајају више, плио-квартарне, наслаге које представљају остатке некадашњих језерских тераса, већим делом еродованих ерозијом Нишаве. Још јужније, терен показује осредње изражене карактеристике карстне морфологије, са усеченом клисуром Пасјачке и Присјанске реке и бројним вртачама. Прелаз из саме котлине ка масиву Видлича је већим делом маскиран појединачним плавинским и пролувијалним лепезама као и очуваним фрагментима језерских тераса, након којих се, ка североистоку и северу, прелази у класично карстно окружење. Бројне су вртаче и омање депресије које можемо сматрати и увалама. Показатељ некадашњих површинских токова су суве долине. Посебан сегмент представља подземни рељеф, односно спелеолошки објекти чији је развој показатељ интензивне карстификације простора Видлича, као и северних делова Влашке планине.

Иако тема рада нису спелеолошки објекти, мора се поменути спектакуларна јама „Пропас“ код села Чиниглавци, са једном од највећих дворана у овом делу Балкана, дужине 130 и ширине 50 m, коју је истраживао Академски спелеолошко-алпинистички клуб из Београда (Гајовић, Мандић, Њуњић и Павићевић, 2013).

КЛИМАТСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ШИРЕ ЗОНЕ ПИРОТСКЕ КОТЛИНЕ

Климатске одлике котлине се не могу приказивати одвојено од хипсометријски виших делова околног терена. Одређен проблем представља мали број сталних климатолошких станица на којима се у дужем временском периоду региструју подаци о падавинама и температурама. За потребе припреме овог рада, коришћени су подаци са станица Пирот, Темска, Крупац, Суково, Димитровград и Смиловци (Миловановић, 2010).

Табела 1 Подаци о средњим месечним падавинама за период 1961 – 2000. година

Table 1 Data on the average monthly rainfall for the period 1961-2000.

Место	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ
Темска	42,6	45,9	43,9	54,4	66,9	75	52,2	42,7	44,9	40,5	57,4	56	622
Пирот	34,8	36,1	40,2	49,7	65,3	79,4	50,6	39,5	42,5	39,4	56,4	47,5	581
Крупац	42	40,9	42,4	55,9	61,5	80,4	53,6	40,7	44,6	39,7	59,1	52,3	613
Суково	40,5	38,5	44,8	55,4	63,7	81,2	57,1	39,7	44,3	43,6	57,2	52,4	618
Димитровград	39	39,9	44,1	50,3	69,8	84,6	61,7	43,2	43,4	41,7	59,9	46,1	624
Смиловци	42,5	42,1	43,7	52,2	70,4	82,7	57,6	43,9	45,1	43,3	59,5	51	634

На основу ових података, уочљиво је да се падавине крећу око 600 mm на годишњем нивоу, као и то да временски распоред месечних сума падавина током године потврђује постојање два периода повишених падавина (од априла до јуна и током новембра и децембра), као и два периода са знатно мање падавина (период од јануара до марта и од септембра до октобра).

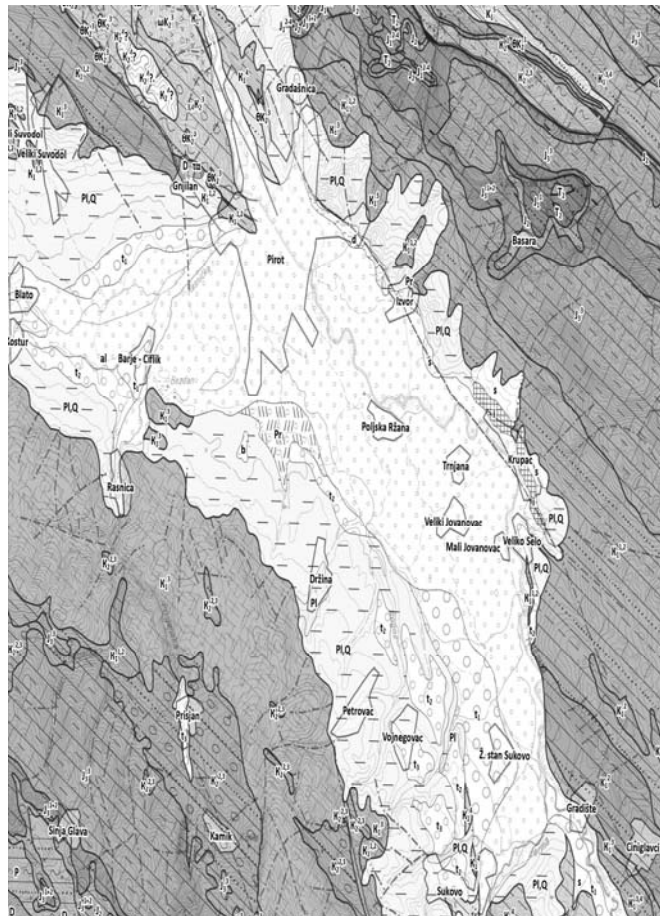
Ако се количине падавина упореде са надморским висинама станица на којима су регистроване (табела 2), лако се оучава да се са порастом надморске висине повећавају и износи годишњих сума падавина.

Табела 2 Висински распоред климатолошких станица
Table 2 Altitude positions of climate stations

Место	X	Y	Z	Σ падавина
Пирот	4780581	7629439	370	581
Крупац	4776782	7636724	405	613
Суково	4768915	7634623	475	618
Темска	4791934	7625997	380	622
Димитровград	4765206	7645418	446	624
Смиловци	4773005	7651139	680	634

ГЕОЛОШКЕ И СТРУКТУРНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ШИРЕ ЗОНЕ ПИРОТСКЕ КОТЛИНЕ

За схватање хидрогеолошких односа шире зоне котлине, битно је указати на геолошке а посебно структурно тектонске односе стенских маса (слика 2).



- Легенда
- al – алувијум
 - s- сипар
 - d – делувијум
 - b – барске насlage
 - pr – пролувијум
 - t₁, t₂, t₃ – терасне насlage
 - i – изворски бигар
 - Pl,Q – пескови и шљункови
 - P₁ – пескови, глине и шљункови
 - β – базалти
 - K₂^{4?} – конгломерати и пешчари
 - 3,4K₂³ – кречњаци, пешчари, лапорци
 - τα – латити
 - ωK₂³ – вулкански агломерати
 - θK₂³ – туфови
 - K₂^{2,3} – конгломерати и пешчари
 - K₂¹ – пешчари, лапорци и глинци
 - K₁⁵ – пешчари
 - K₁⁴ – лапорци и пешчари
 - K₁^{3,4} – кречњаци
 - K₁³ – кречњаци
 - K₁^{1,2} – кречњаци, лапорци и пешчари
 - J₃³ – кречњаци
 - J₃¹⁺² – кречњаци
 - J₂ – конгломерати и пешчари
 - J₁²⁻⁴ – пешчари, кречњаци и глинци
 - J₁¹ – конгломерати, пешчари и глинци
 - P- црвени пешчари
 - D- флиш

Слика 2 Сегмент Основне геолошке карте 1:100.000 лист Пирот
 Figure 2 Part of Basic geological map 1:100.000, sheet Pirotska kotlina
 (Анђелковић и сар., 1977)

Северни, односно североисточни делови терена представљају најниже делове сложене антиклинале. Ова структура је испрекидана раседима који прате пружање котлине, деформишући наборе полегле ка североистоку (слика 3). Овај део терена је изграђен од кречњака јурске и кредне старости, који леже преко пешчара и песковитих кречњака средњојурске старости. Преко кречњака леже седименти доњокредне старости, представљени лапорцима и пешчарима, који се јављају у облику уских појаса, без већег хидрогеолошког значаја.

Ови седименти су у зони Пиротске котлине заглављени дебелим наслагама неогених седимената и кредних пешчара. Неогени, језерски, седименти су углавном глиновито лапоровитог састава различите дебљине. Резултати истражног бушења као и геофизичка испитивања указују на променљиву дебљину ових наслага, која се креће од 10-ак до преко 150 метара.

Западни део котлине оконтурен је југозападним падинама Белаве, која представља део антиклинале Теловца коју граде јурски и кредни кречњаци у чијој се подини налазе пешчари.

Јужни обод котлине је посебно интересантан и представља делове Кусовранске антиклинале, чији су централни делови еродовани и откривено је језгро изграђено од флиша девонске старости и пермских црвених пешчара. Североисточно крило је изграђено од кречњака јурске и кредне старости, преко којих делимично леже кредни конгломерати и пешчари. Поменути кречњаци се пружају испод неогених наслага, захватајући највећи део котлине.

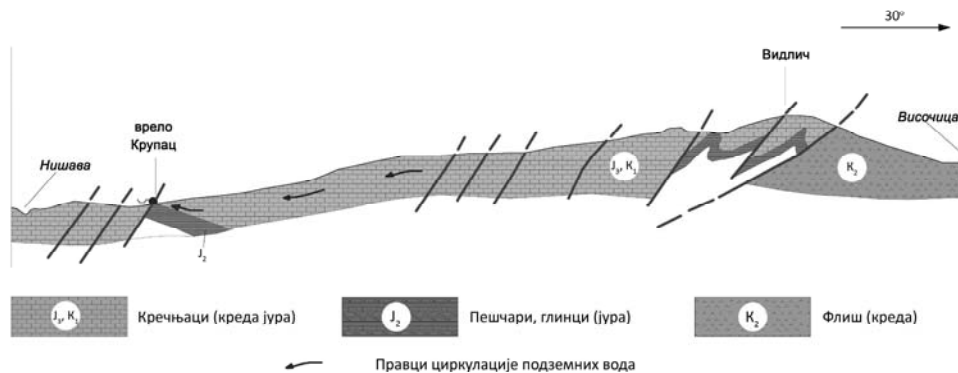


Слика 3 Прегледни геолошки профил преко Видлича
 Figure 3 Synoptic geological profile across Vidlič
 (по Анђелковићу и сар., 1977)

ХИДРОГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ШИРЕ ЗОНЕ ПИРОТСКЕ КОТЛИНЕ

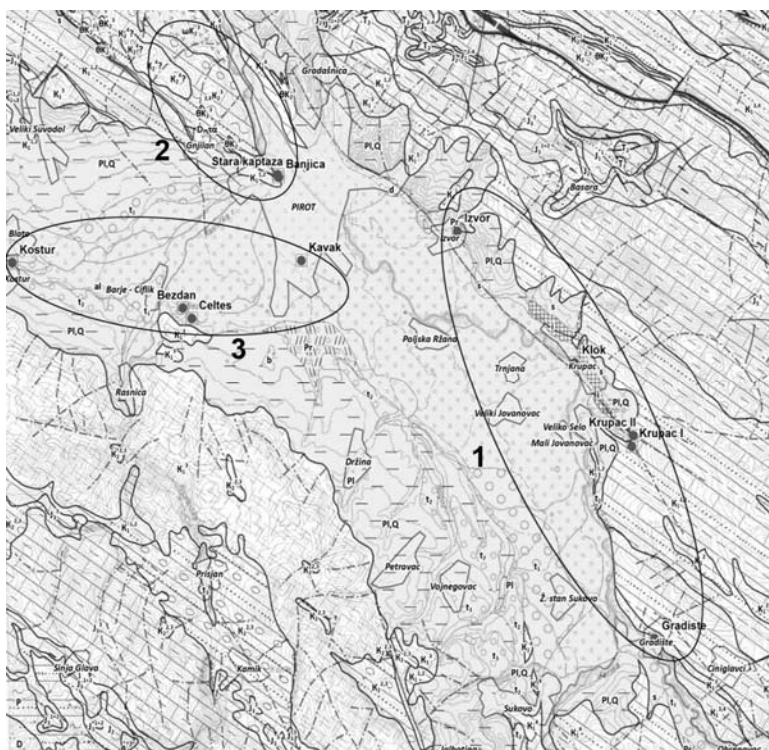
Литолошки састав стенских маса, повољни структурно - тектонски односи и значајан степен испуцалости матичне стене створили су предуслове за лаку и брзу инфилтрацију површинских вода, пре свега кишнице и снежнице, у зонама изграђеним од карбонатних стенских маса. Релативно брзој циркулацији доприноси и положај иницијалне слојевитости (слика 3) која усмерава воде ка Пиротској котлини.

Свакако, таква ситуација има своје позитивне стране и омогућила је формирање низа врела на ободу котлине. Са друге стране, лака и брза циркулација вода условљава и лак и брз пренос загађивача који на различите начине доспевају у аквифер. Типичан пример овакве ситуације је пећина Голема дупка (познате и као Петрлашка пећина), испред које понире Одоровска река. Воде се појављују на врелу у селу Крупац као и на појавама у селу Градиште, што је потврђено опитом трасирања. Трасирање је вршено у априлу 1967. године, при капацитету гутања понора Одоровске реке од 15 l/s. Трасер се појавио након 5 дана. При растојању од 8,3 km, добијена је виртуелна брзина подземног тока од 0,016 m/s (Чубриловић и Палавестрић, 1972). Одсуство било какве заштите понора, као и брза пропација воде, условљава реалну могућност брзог преноса загађења до потрошача (слика 4).



Слика 4 Модел карстног аквифера у зони залеђа врела Крупац
Figure 4 Model of the karstic aquifer within hinterland of the Krupac spring
(Чубриловић и Палавестрић, 1972)

Генерално, може се говорити о неколико група појава, које дренирају различите целине.



Слика 5 Приказ положаја најзначајнијих врела на ободу Пиротске котлине

Figure 5 Presentation of the position of the most important sources on the edge of the Pirot Basin

То су појаве које дренирају:

1. масив Тепоша и Видлича
2. Белаву
3. Влашку планину

Свака од ових група појава се карактерише специфичним условима формирања и циркулације подземних вода, као и начином њиховог истицања (слика 5).

ПОЈАВЕ ВЕЗАНЕ ЗА МАСИВ ТЕПОША И ВИДЛИЧА

Појаве вода које дренирају ове масиве су најзначајније, посматрано по издашностима.

Лоциране су на контакту јурско-кредног комплекса стена са неогеним наслагама Пиротске котлине, а у појединим деловима је њихов положај условљен положајем средњојурских пешчара. По начину истицања вода, врела су гравитациона, стална, са значајном сезонском флукуацијом капацитета. У ову групу спадају врело у селу Извор, Клок, Крупац I и II и врело у селу Градиште. Свакако, мора се рећи да је ово само један, мањи, део појава преко којих се дренира овај аквифер.

Врела Крупац I и II

Врела се налазе у најузводнијем делу удолине Блато, која захвата простор између села Крупац и Велико Село. Удолина има дужину од око 1200 m и већим делом је забарена. Треба напоменути да се, поред ова два врела, у овој зони јавља још неколико мањих појава истицања карстних вода као и појава термалних вода.



Слика 6 Каптажа врела Крупац II у подножју одсека кредних кречњака
Figure 6 Spring Krupac II at the base section of Cretaceous limestone outcrop
(фото Мандић, 2013)

Иако се ради о врелима која су географски блиска, ради се о појавама које, услед тектонских покрета, имају различите сликове. То је последица утицаја раседа који прати пружање котлине којим су издигнути средњојурски пешчари, чиме је формирана водонепропусна баријера за воде које притичу са севера, из правца Видлича.

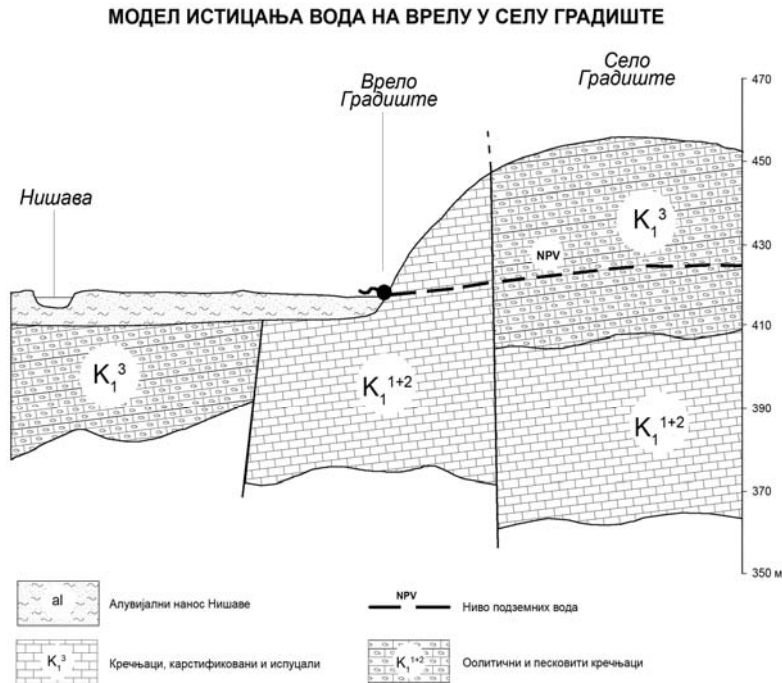
Истицање вода је омогућио спрегнути систем раседа правца пружања североисток-југозапад. Тим раседима је преусмерена подземна циркулација тако да се на врелу Крупац I појављују воде које потичу из простора Видлича, док се на врелу Крупац II (Слика б) појављују воде које дотичу из правца истока и североистока. Већ је речено да капацитети врела значајно варирају, али се процењује да минималне количине вода не износе мање од 200 l/s за врело Крупац I, односно 80 l/s за врело Крупац II.

Оба врела су каптирана за потребе водоснабдевања Пирота, али се, нажалост, не врше систематска осматрања појединачних количина вода које су захваћене, нити вода које преко прелива слободно отичу у Крупачко језеро.

Врело у селу Градиште

Карстно врело у селу Градиште се налази у најнижем делу падине Видлича, која се у виду „степеника“ спушта од Одоровског поља ка Нишави. Врело се налази на ободу села, непосредно иза најнижих кућа. Појава се јавља у подножју омаленог кречњачког одсека.

Као и у случају претходно поменутих врела, доминантан утицај на формирање врела у селу Градиште има тектоника. И овде се, поред структура које приближно прате оријентацију котлине, јављају раседи дијагонални у односу на њих. Дуж ових раседних структура је и правац дотока подземних вода из правца Одоровског поља, што је потврђено раније поменути трасирањем из априла 1968. године, при малом капацитету Одоровске реке на којој је вршено трасирање (Чубриловић, 1969).



Слика 7 Модел истицања вода на врелу у селу Градиште
 Figure 7 Model of the discharge of source Gradište
 (Чубриловић, 1986)

Површина слива овог врела је око 47 km², а минималне издашности се крећу око 95 l/s.

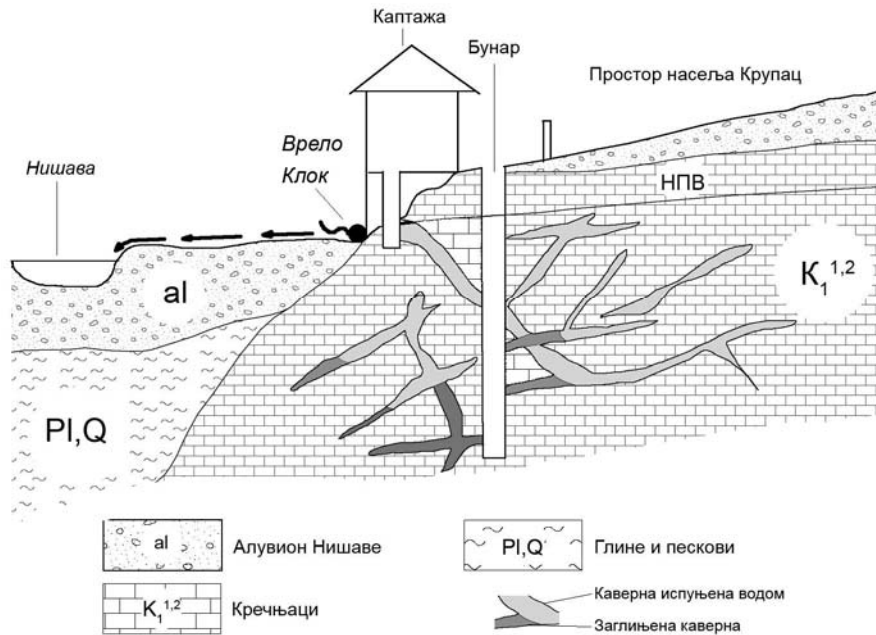
И ово врело се карактерише гравитационим истицањем, на контакту кречњака са песковито – глиновитим алувионом Нишава (слика 7).

Недалеко од врела налази се појава истицања термалних вода, које се не користе организовано.

Каптирано је за потребе водоснабдевања Пирота, али се, као и у случају врела Крупац, не врши праћење капацитета врела, које је делимично захваћено, а део вода слободно отиче у Нишаву преко воденичног јаза.

Врело Клок

Врело се налази у самом селу Крупац, непосредно ниже од сеоских кућа. Околина је неуређена, а каптажа се састоји од каптажне грађевине са плитким бушеним бунаром, којим се врши прецрпљивање аквифера у време ниских нивоа подземних вода (слика 8). Део вода слободно отиче у правцу Нишаве преко прелива.



Слика 8 Шематски профил врела Клок у селу Крупац
Figure 8 Schematic profile of the Klok spring in the village of Krupac
(Чубриловић, 1995а)

Положај врела је условљен контактом масе кречњака који су прекривени слабопродуспним наслагама Нишаве. Геолошки контекст је такав да су кречњаци бочно загађени пешчарима и да се само у једној, релативно уској зони, врши дренажање кречњака.

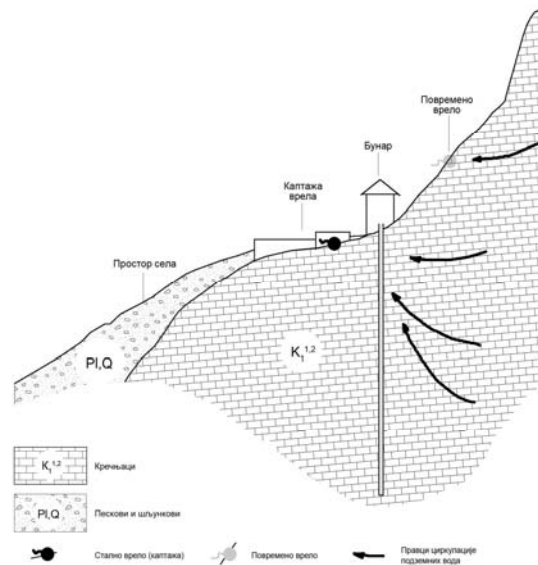
Каптирањем вода које гравитационо истичу преко врела, као и радом пумпе у бушеном бунару, захвата се око 30 l/s воде.

Проблем угрожености врела отпадним водама села делимично је решен уређењем канализационог система и постројењем за пречишћавање отпадних вода.

Укупна количина вода које истичу преко прелива каптаже се не прати.

Врело у селу Извор

Врело у селу Извор (слика 9) налази се у највишем делу села, непосредно у подножју стрмог кречњачког одсека. Каптирано је у виду чесме. Поред тога, део вода се одводи цевоводом до више сеоских чесама, чији је укупни капацитет непознат. На око 5 m иза каптаже је урађен бушени бунар, којим се желела повећати количина вода које се добијају са врела, посебно у маловодном периоду.



Слика 9 Шематски приказ дотока вода ка врелу у селу Извор
Figure 9 Schematic representation of flow toward the spring in
the village of Izvor
(Мандић, 2014)

Резултат израде бунара је супротан очекиваном, односно долазило је до пресушивања чесме приликом укључивања пумпе у бунару, без битног повећања количине воде која се црпила.

Карактеристична је појава вишег нивоа истицања вода, на релативној висини од око 10 m изнад коте врела, у самом кречњачком одсеку, која се јавља само при екстремним падавинама.

Издашност врела на каптажи се креће око 15 l/s. Део вода које се одводе у локалну водоводну мрежу села није познат, али се процењује да је укупна издашност врела од 40 до 50 l/s.

На основу овог, оквирног, приказа, може се рећи да масив Видлича и Тепоша има значајан хидрогеолошки потенцијал који је само делимично искоришћен. Укупна количина вода које се користе за водоснабдевање Пирота и осталих насеља креће се око 500 l/s.

Режим истицања појединачних врела је само провизорно познат и за потребе дефинисања тачнијих количина било би потребно увести прецизнији мониторинг.

Посебан проблем је потенцијално угрожавање квалитета подземних вода, пре свега у делу Одоровског поља, као последица потпуног одсуства контроле у зони понирања површинског тока. Та могућност је егзактно потврђена опитима трасирања, када се у условима понирања око 60 l/s вода, трасер појавио на врелима у Градишту, Крупац I и II и на врелу Клок. Поновним трасирањем, при количини од 15 l/s вода, потврђена је веза само са врелом у селу Градиште. Ова ситуација потврђује постојање хидрогеолошке баријере између сливног подручја врела у селу Градиште и западнијих врела у време ниских нивоа подземних вода.

ПОЈАВЕ ВЕЗАНЕ ЗА ЈУГОИСТОЧНИ ДЕО МАСИВА БЕЛАВЕ

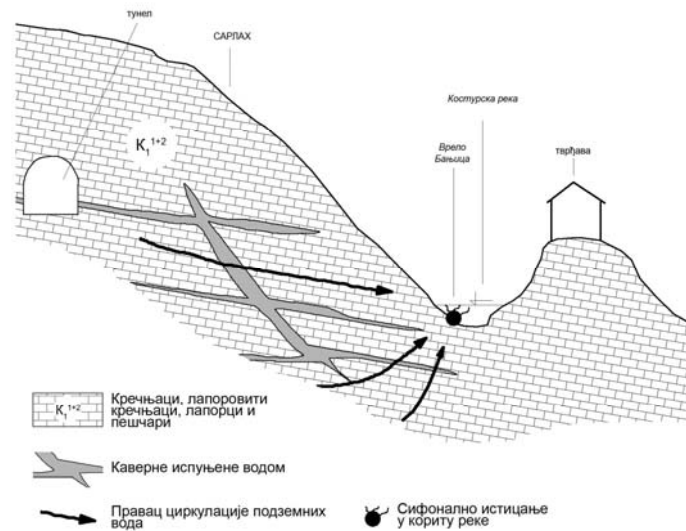
Масив Белаве је у хидрогеолошком смислу сложен и у оквиру њега долази, као последица сложених структурно - тектонских односа, до прерасподеле подземних вода између Белопаланачког врела и врела у подножју Сарлаха. Геофизичким испитивањима је утврђено да су кречњаци у зони села Гњилан спуштени за око 100 m и прекривени наслагама глина које представљају хидрогеолошку баријеру, док су на северној страни кречњаци краљуштани на комплекс флиша. Ово је условило формирање сливног подручја врела лепезастог облика, при чему се он сужава ка југоистоку, где се у зони тврђаве Момчилов град у Пироту завршава зоном ширине око 100 до 400 m. Овакав контекст условљава и циркулацију подземних вода из масива ка уској зони у Костурској реци и Бистрици.

Врело Бањица

Ово је једно од највећих врела у околини Пирота. Воде се појављују у самом кориту Костурске реке, у зони дужине око 45 m као и у зони дужине 20 m у кориту реке Бистрице.

Воде врела су биле, делимично, каптиране за потребе индустрије коже, но током радова на уређењу корита Костурске реке каптажа је оштећена а њене воде се не користе.

Хидрометријским мерењима је установљено да је, у неповољним хидролошким условима, издашност врела 48 l/s, али и да је укупна издашност обе појаве око 98 l/s (Чубриловић, 1995б). Истовремено је констатовано и то да је током израде тунела у залеђу врела пресечен хидролошки активан дрен са протицајем око 10 l/s, чије се воде одводе дренажом тунела.



Слика 10 Шематски профил преко Сарлаха, са моделом истицања вода на врелу „Бањица“
Figure 10 Schematic profile through Sarlah, with the model of flow of water at the source "Banjica"

Воде истичу сифонално, у самом кориту реке, те директно мерење протицаја није могуће (слика 10).

Интересантна је појава извирања воде на супротној страни Костурске реке, у подножју зидина старе тврђаве. Појава је у нивоу

алувијалних наслага, са мањим осцилацијама капацитета и стална је. Појава овог извора је потврда постојања релативно дубоке сифоналне циркулације вода које дуж система раседа и каверни теку испод корита реке и под дејством хидростатичког притиска сифонално истичу.

Генерална оцена масива Белаве се може само оквирно дати. Разлога за то има више, а најзначајнији је тај што се ни једна појава која га дренира не осматра систематски. Већ је речено да се воде Бањице не могу технички осматрати због потопљеног истицања, што важи и за истицање у оближњој Бистрици. Воде које се појављују у делу терена који гравитира ка Белој Паланци такође се не прате, а тренутно потпуно девастирано стање Белопаланачког врела је и тај део масива оставило без могућности мониторинга.

ПОЈАВЕ ВЕЗАНЕ ЗА МАСИВ ВЛАШКЕ ПЛАНИНЕ

Северни део Влашке планине обухвата северни део Кусовранске антиклинале, која је асиметрична и локално преврнута ка југозападу. За проблематику рада је интересантна страна која обухвата крило које у целини благо пада ка североистоку. Изграђена је од некарбонатних стенских маса које граде језгро антиклинале и комплекса јурско-кредних седимената који граде периферне делове, ближе котлини. У хидрогеолошком смислу, значајни су правци раседних структура који су оријентисани правцем север – југ, који спроводе воде из карстног аквифера у правцу севера, односно Пиротске котлине. Северни обод је заплављен неогеним седиментима, који представљају условну водонепропусну баријеру која условљава начин истицања вода.

За ову средину је везан већи број појава, од којих се морају издвојити врело у селу Костур, врело Бездан и Ћелташ, као и специфично и можда најзначајније - врело Кавак. Она, свакако, нису једина, али су по капацитету најзначајнија.

Врело у селу Костур

Врело се налази на периферији села, у долини између локалитета Грета и самог села, коју је усекао ток формиран ерозионим деловањем вода врела. Део вода отиче слободно, док се део користи за водоснабдевање села, за шта је изграђена каптажа. Поред тога, уређена је и чесма чије се воде користе за пиће.

Истицање је везано за контакт кредних кречњака са неогеним седиментима котлине. Истицање је гравитационо.

Пијезометри који су израђени у зони врела имају позитиван хидростатички притисак, који онемогућава инфилтрацију површинских вода, као и потенционог загађења, са површине терена у аквифер (слика 11).

Иако се само врело не осматра, резултати црпења указују на могућности добијања до 20 l/s вода, при чему се уз капацитет слободног отицања вода добило минимално обарање нивоа у „оку“. Воде су повољног хемијског састава и није регистровано замућивање у периодима интензивних падавина.

Врело Ђелташ

Ово врело се налази релативно близу претходног, такође на контакту кречњака са неогеним творевинама котлине.

Истицање је везано за постојање две раседне структуре, уочљиве у залеђу врела оријентисане у правцу југозапад – североисток, које усмеравају циркулацију вода ка котлини.

На месту извирања воде је изграђена каптажа за потребе хладњаче, али је захваћен само део вода. Други део, око 10 l/s, слободно отиче у замочварени терен. Није тачно позната количина вода које су захваћене каптажом, али се на основу податка о минималним издашностима, које износе око 20 l/s, може претпоставити да се ради о 10-ак l/s.

Поред ових врела, цела зона која се налази између њих, дужине око 500 m, представља зону дифузног истицања вода из кречњака у изворишни део Безданске реке. Хидрометријским мерењима је утврђено да се ради о количини од око 20 l/s вода.

Врело Кавак

Врело Кавак је најзначајније и најинтересантније. Најзначајније је због тога што преко њега истиче највећа количина вода из овог дела масива Влашке планине, а најинтересантније по начину истицања и целокупном геолошком контексту. Налази се у централном делу котлине, у локалности Рогоз.

До истицања вода кроз неогене наслаге долази као последица блоковске структуре кречњака који представљају подину неогених наслага. У зони врела, блок кречњака је издигнут до дубине мање од 30 m, док се у непосредној близини врела дубина кречњака креће и преко 70 m (Вукићевић са сарадницима, 2006). Висина зона прихрањивања и дубока циркулација условљава сифонално истицање вода кроз релативно танке песковито - глиновите и песковито - шљунковите наслаге котлине (слика 12).



Слика 12 Прогнозни геолошко-геофизички профил преко врела Кавак, са моделом дотока вода из подине кречњака

Figure 12 Prognostic geological-geophysical profile over Kavak spring, with the model of water flow from the limestone aquifer
(Вукићевић са сарадницима, 2006)

Издашност врела је у минимуму око 85 l/s, а издашност је релативно уједначена. Посебно је значајна стабилност квалитета вода и одсуство замућивања.

Врело је делимично каптирано за потребе водоснабдевања Пирота, док вишак воде слободно отиче и нема сталног праћења тих количина.

И на крају, какав је одговор на питање: *лежи ли Пирот на подземном језеру?*

Можемо рећи и да и не.

Пиротска котлина, бар њени плићи делови изграђени од неогених наслага, представљају средину која није посебно интересантна нити богата подземним водама. Она, међутим, представља неку врсту филтра који чува ону вреднију и водом богатију средину – кречњаке.

А они су *веома богати водом*, и у време када се све више говори о томе да је право богатство не толико руда или нафта, већ чиста и квалитетна вода, представљају оно што се мора чувати и паметно користити.

ЛИТЕРАТУРА

Анђелковић, Ј., Крстић, Б., Ћирић, А., Мартиновић, Д., Богдановић, П. (1977). *Тумач за листове Пирот и Брезник*, Београд, Савезни геолошки завод.

- Чубриловић, П. (1969). *Хидрогеолошке одлике слива Јужне Мораве*, Београд, фонд Геозавода – Београд.
- Чубриловић, П. (1986). *Хидрогеолошке одлике врела Градиште код Пирота*, Београд, фонд Геозавода – Београд.
- Чубриловић, П. (1990). *Коначни извештај хидрогеолошких истраживања за однове каптирања врела „Бездан“ код Пирота за 1989. годину*, Београд, фонд Геозавода – Београд.
- Чубриловић, П. (1995а). *Извештај о изради бунара поред врела „Клок“, село Крупац код Пирота*, Београд, фонд Геозавода – Београд.
- Чубриловић, П. (1995б). *Извештај о изради и условима експлоатације бунара SAR-1 на врелу Сарлах у Пироту*, Београд, фонд Геозавода – Београд.
- Чубриловић, П., Палавестрић, Љ. (1972). *Хидрогеолошке одлике врела Крупац код Пирота*, Београд, фонд Геозавода – Београд.
- Филиповић, Б., Стевановић, З., Мандић, М. (1986). *Хидрогеолошка студија могућности искоришћавања термалних вода Пиротске бањице (I фаза)*, Београд, фонд Рударско-геолошког факултета – Београд.
- Гајовић, В., Мандић, М., Њуњић, И., Павићевић, Д. (2013). *Комплексна спелеолошка истраживања јаме „Пропас“ у селу Чиниглавци код Пирота. 7. Симпозијум о заштити карста* (стр. 71-81). Београд, Академски спелеолошко-алпинистички клуб.
- Јанковић, П. (1903). *Историја развика Нишавске долине*, Посебна издања Српске Краљевске академије, Београд.
- Мандић, М. (2014). *Тумач за Основну хидрогеолошку карту лист Пирот 1:100.000*, Београд, Геолошки завод Србије.
- Менковић, Љ. (2008). *Геоморфолошка карта Србије, лист Пирот 1:100.000*, Београд, Српска академија наука и уметности.
- Милојевић, Н. (1969). *Хидрогеологија Пиротске бањице. Зборник радова Рударско-геолошког факултета*, 11-12, 165-179.
- Миловановић, Б. (2010). *Клима Старе планине*, Београд, Географски институт „Јован Цвијић“ САНУ.
- Палавестрић, Љ. (1969). *Хидрогеолошке одлике источног слива Велике Мораве*, Београд, фонд Геозавода – Београд.
- Петровић, Ј. (1971). *Одоровачке пећине. Зборник радова Природно-математичког факултета у Новом Саду, Серија за географију*, 1, 227-259.
- Петровић, Ј., Станковић, С. и Поповић, М. (2000). *Извори, врела и површинске воде Горњег Понишавља: могућности њиховог коришћења*, Пирот, ЈП Водовод и канализација.

Протић, М., Петковић, В. и Милојевић, П. (1932). *Тумач за геолошку карту листа Пирот размере 1:100.000*, Повремена издања Геолошког института Краљевине Југославије, Београд.

Stevanović, Z., Ristić Vakanjac, V., Milanović, S. (Eds) (2012). *Climate Changes and Impacts on Water Supply*, Belgrade, Faculty of Mining and Geology.

Томић, В., Стевановић, З. (1982). *Хидрогеолошка студија термалних вода у зони Крупачког језера код Пирота*, Београд, фонд Рударско-геолошког факултета – Београд.

Вукићевић, М., Костић, С., Милошевић, Д., Новитовић, А., Пејчић, Т. (2006). *Извештај о детаљним хидрогеолошким истраживањима на подручју врела Кавак, Бездан и Ђелташ у циљу сагледавања могућности њиховог коришћења за водоснабдевање Пирота и околине*, фонд предузећа „Геофизика-ИНГ“, Београд.

Примљено/ Received on 22.06.2015.

Прихваћено/ Accepted on 12.08.2015.