

Услови формирања геотермалних ресурса на подручју Вишеградске Бање

Урош Јурошевић



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Услови формирања геотермалних ресурса на подручју Вишеградске Бање | Урош Јурошевић || 2023 ||

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0007576>

**Универзитет у Београду
Рударско-геолошки
факултет**



Завршни рад

Мастер академске студије

**Услови формирања
геотермалних ресурса на
подручју Вишеградске
Бање**

Кандидат

**Урош Јурошевић
г628/20**

Ментор

доц. др Ана Врањеш

Београд, јул, 2023.

**Универзитет у Београду
Рударско-геолошки
факултет**



Завршни рад

Мастер академске студије

**Услови формирања
геотермалних ресурса на
подручју Вишеградске
Бање**

Кандидат

Урош Јурошевић

г628/20

Ментор

доц. др Ана Врањеш

Београд, јул, 2023.

Комисија:

1. Име и презиме и наставно звање, ментор

доц. др Ана Врањеш, доцент

Рударско-геолошки факултет, Београд

2. Име и презиме и наставно звање, члан

проф. др Дејан Миленић, редовни професор

Рударско-геолошки факултет, Београд

3. Име и презиме и наставно звање, члан

проф. др Оливера Крунић, редовни професор

Рударско-геолошки факултет, Београд

Датум одбране: _____

РЕЗИМЕ:

Подручје источне Републике Српске карактерише велико богатство различитим минералним ресурсима. Поред металичних минералних сировина, које су у највећем дијелу добро истражене и експлоатисане током времена, резерве термалних вода представљају потенцијално веома значајне ресурсе. Простирање ових ресурса на које указује велики број појава, услови формирања, везе између различитих појава су нека од питања која досадашњим истраживањима нису у довољној мјери разјашњена.

На самом подручју Вишеградске Бање регистрована је 31 појава термалних вода које се налазе са лијеве стране потока Бања. Извори хладних вода у ужем простору Бање нису пронађени.

Бушењем пет истражних бушотина (1976-1977), од којих су три претворене у експлоатационе, постигнут је већи степен истражености овог подручја у односу на остала потенцијална подручја у источној Републици Српској, и постигнута су значајна открића по питању геолошке грађе ужег подручја. Данас су у експлоатацији двије експлоатационе бушотине за потребе бањског комплекса уз збирни капацитет црпљења 28 L/s.

Карактеристично је да воде термалне набушене и изворске воде имају сличан-физичко хемијски састав. Оне су $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ са минерализацијом 340-420 mg/L, укупном тврдоћом 11.7-14°dH.

Стијенске масе имају повишен садржај урана и радона у односу на остала подручја у свијету, док су наслаге бигра још радиоактивније због секундарне акумулације урана.

Апсолутна старост добијена је мјерењем активности ^{14}C и износи 38 400 година.

На ширем подручју општине Вишеград постоји низ интересантних локација на којима се могу спровести неопходна додатна истраживања а чија је оправданост потврђена свим до сада изведеним истраживањима.

Кључне ријечи: *геотермална енергија, Вишеград, обновљиви ресурси*

САДРЖАЈ:

УВОД	1
1. Опште карактеристике истражног подручја	2
1.1. Општи подаци и географски положај истражног простора	2
1.2. Климатске карактеристике	3
1.2.1. Падавине	4
1.2.2. Температура ваздуха	7
1.2.3. Влажност ваздуха	9
1.3. Хидрографске и хидролошке карактеристике	9
1.4. Геоморфолошке карактеристике истражног подручја	11
2. Геолошке и хидрогеолошке карактеристике истражног подручја	13
2.1. Преглед раније извршених истраживања	13
2.2. Литостратиграфске јединице	15
2.3. Тектонске карактеристике	22
3. Хидрогеолошке карактеристике ширег подручја Вишеградске Бање	24
3.1. Акумулације подземних вода	27
3.1.1. Издани збијеног типа	27
3.1.2. Издани разбијеног типа	27
3.2. Акумулације термалних вода	28
4. Геотермалне карактеристике терена	30
5. Детаљна хидрогеолошка истраживања термалних вода	33
5.1. Хидрогеолошко осматрања и мјерења термалних извора	34
5.2. Анализа мјерења издашности и температуре термалних вода мјешањем са водама потока Бања	39
5.3. Индикације о локацијама примарног излијевања термалних вода на основу термометријских мјерења	39
6. Хемијске карактеристике термалних извора	40
7. Детаљна хидрогеолошка истраживања изворишта термалних вода	43
7.1. Истражне бушотине и остали пратећи радови	43
7.2. Бушотина СБ-1	44
7.3. Бушотина СБ-2	45
7.4. Бушотина СБ-3	47
7.5. Бушотина СБ-4	48
7.6. Бушотина СБ-5	50
7.7. Хидрогеолошке карактеристике аквифера термоминералних вода	51

8. Хемијске карактеристике набушених термалних вода и њихово поређење са изворским водама	53
9. Услови формирања геотермалних ресурса	55
9.1. Претпоставке о поријеклу и дубини формирања акумулације термалних вода	56
9.1.1. <i>Методe одређивања примарне температуре у изданима.....</i>	58
10. Закључак.....	60

Списак прилога:

1. Прегледна географска карта, 1:25.000
2. Геолошка карта истражног подручја, 1:25.000
3. Хидрогеолошка карта истражног подручја, 1:25.000
4. Детаљна хидрогеолошка карта ужег подручја Вишеградске Бање, 1:2.500
5. Прогнозни хидрогеолошки профил А-Б, 1:2.000
6. Геолошко-технички профили бушотина, 1:500
7. Дијаграми осматрања бушотина и извора
8. Дијаграми тестирања бушотина
9. Табеларни приказ хемијских анализа и дијаграми

УВОД

Термалне воде су предмет истраживања још од почетка XX вијека, представљају велико природно богатство и уједно потенцијал за развој источног дијела Републике Српске, путем бањског туризма у чијој функцији је и Вишеградска бања и центар за рехабилитацију "Вилина влас".

Сама појава термалних вода позната је још од давнина, може се претпоставити да су природни љековити извори кориштени још за вријеме Римске империје а са сигурношћу се може тврдити да су кориштени за вријеме владавине Турака, о чему свједочи постојање два купатила – хамама, изграђена 1575. године у исто вријеме као и мост Мехмед паше Соколовића.

Прва истраживања на ширем подручју Вишеградске Бање су вршена почетком крајем IXX и почетком XX вијека, међу првим ауторима који су се бавили хемизмом и генезом термалних вода истичу се радови Е. Лудвига (1890) и Ф. Катзер-а (1919). Прве податке о геолошким истраживањима је објединио Ф. Катзер.

До данашњег дана у функцији је „Мехмед-пашино купатило”, које је задражало аутентичан изглед. На подручју Старе бање, одмах после Другог свјетског рата, тадашња фабрика оружја у Вишеграду „Вистад” изградила је одмаралиште за своје раднике, да би 1979. године започела, а 1982. године била завршена градња тада модерног хотела „Б” категорије, под именом „Вилина Влас”, који је и данас у функцији.

Термоминералне воде Вишеградске Бање имају карактеристике радиоактивне, хидрокарбонатне хомеотерме. Степен радиоактивности је оптималан те се према томе позиционирала на прво мјесту у Републици Српској и ФБИХ, а на друго на простору бивше Југославије. Љековите воде старе су више од 38.000 година, на површину земље избијају са дубине од 180 m, а њихова температура је 34,8° C на изворишту и углавном је стабилна током цијеле године. Тренутно су у експлоатацији двије експлоатационе бушотине које чине окосницу бањског центра "Вилина влас", збирно експлоатише се од

25-28 L/s, с тим што су могућности знатно веће. На ширем подручју бање евидентирана је чак 31 појава термалних вода.

Циљ овог рада је да анализирају хидрогеолошке карактеристике термалних вода на основу до сада изведених хидрогеолошких истраживања на ужем подручју Вишеградске Бање уз осврт и на опште карактеристике, геолошку и хидрогеолошку грађу наведеног подручја, такође су анализирани основни геотермални параметри ширег подручја и потреба за даљим истраживањима.

1. Опште карактеристике истражног подручја

1.1. Општи подаци и географски положај истражног простора

Истражни простор обухвата источни дио Републике Српске, односно Босне и Херцеговине, на подручју које према административној подјели припада општини Вишеград. Вишеград се налази на крајњем истоку Републике Српске, односно Босне и Херцеговине, 16 km од границе према Србији, на $43^{\circ} 47' 7''$ сјеверне географске ширине, и $19^{\circ} 17' 35''$ источне географске дужине.

Источна граница општине уједно је и државна граница са Републиком Србијом, односно општинама Бајина Башта и Ужице. Са југа општина Вишеград граничи се са општином Рудо, са запада и сјеверозапада са општинама Рогатица и Сребреница. Општина Вишеград заузима површину од 448 km^2 а просјечна надморска висина износи 324 m.

Ово подручје је магистралним путем повезано са Требињем преко Горажда и Фоче а са Сарајевом преко Рогатице и Подроманије. Са Србијом је у саобраћајној вези преко Ужица, а такође, кроз Вишеград пролази и пруга Београд-Бар, на основу претходно наведеног може се закључити да је Вишеград а самим тим и бања, добро комуникацијски повезана.



Слика 1. - Географски положај општине Вишеград

Рељеф у окружењу је представљен подрињским планинама, од којих су најдоминантније: Деветак, Звијезда, Голеш и Ковач, затим Романија и Јахорина, које се налазе нешто западније и Тара и Златибор које се простиру источно од овог дијела Подриња у Србији, подручје Вишеграда припада планинско-котлинској макроморфолошкој области.

Насељено мјесто Вишеград је данас смјештено на пространијем дијелу котлине ријеке Дрине на брежуљкастим падинама које се благо уздижу у планине високе преко 1000 mпv, а само градско језгро се налази на 300 mпv. Највиша тачка у општини је Велики Столац са 1675 mпv, а најнижа је на 288 mпv.

1.2. Климатске карактеристике

Вишеград и околина имају одлике умјерено континенталне климе, са извјесним карактеристикама планинске климе. Изражена су сва четири годишња доба, а одликује се дугим и топлим љетима (максимална температура до 40°C) и хладним зимама (минималне температуре до – 15 °C). Основна карактеристика читаве области је такође умјерено континентална клима, посебно изражена у сјеверном дијелу (подручје Доње Дринско), са врло повољним хидротермичким режимом у вегетационом периоду. У периоду од

јуна до почетка септембра, евидентно је смањење падавина и повећање температуре. Идући ка југу, тј. са порастом надморске висине (Горње Дринско подручје) утицај континенталне климе слаби, тако да се у највишим рубним предјелима преовлађује утицај планинске, односно медитеранске климе.

1.2.1. Падавине

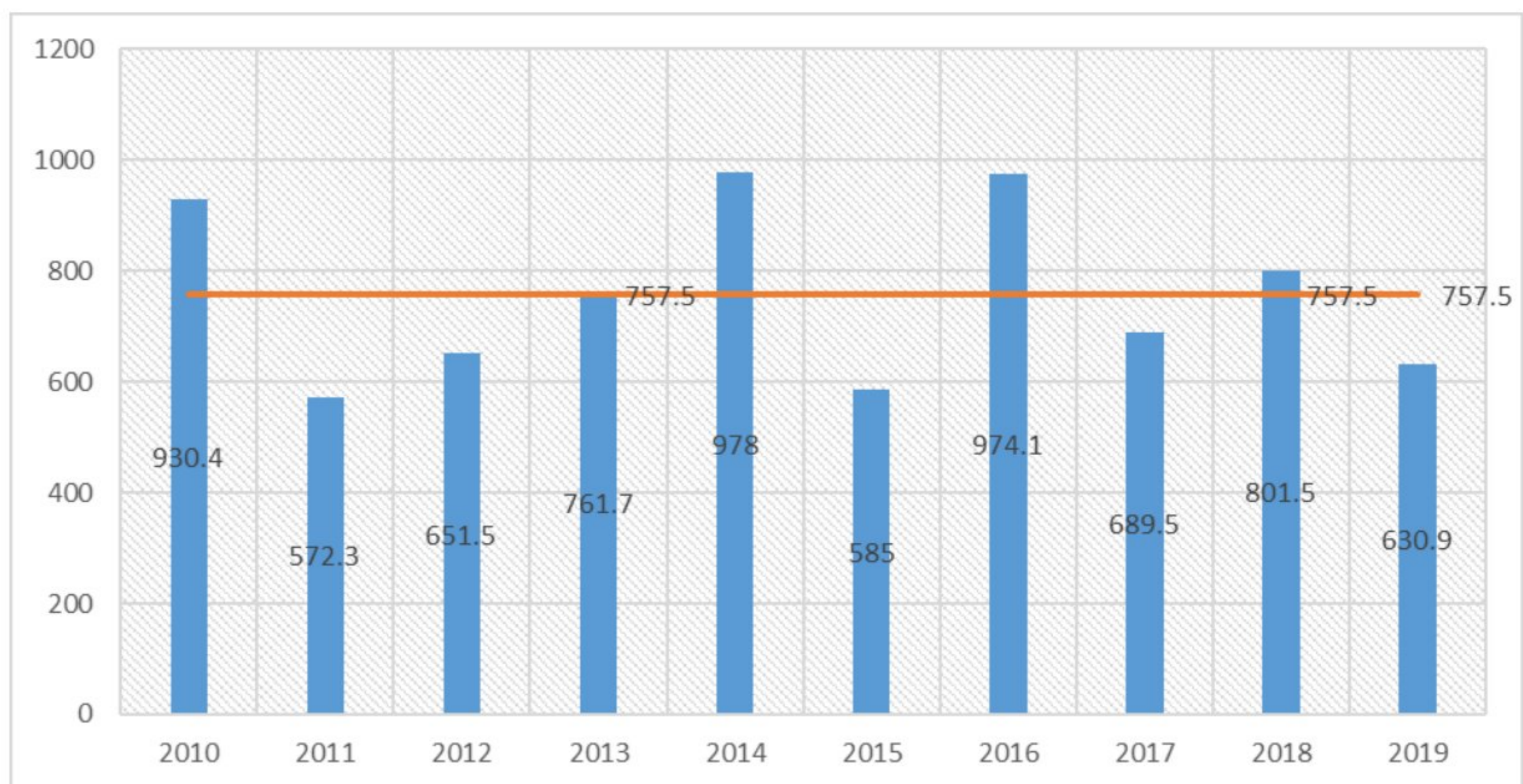
Подаци за падавине преузети су из Статистичких годишњака Републике Српске (2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019) за период од 2010. до 2019. године, везани за подручје општине Вишеград. Подаци су приказани у табели број 1 и на сликама 2, 3 и 4.

На основу анализе прикупљених података може се закључити:

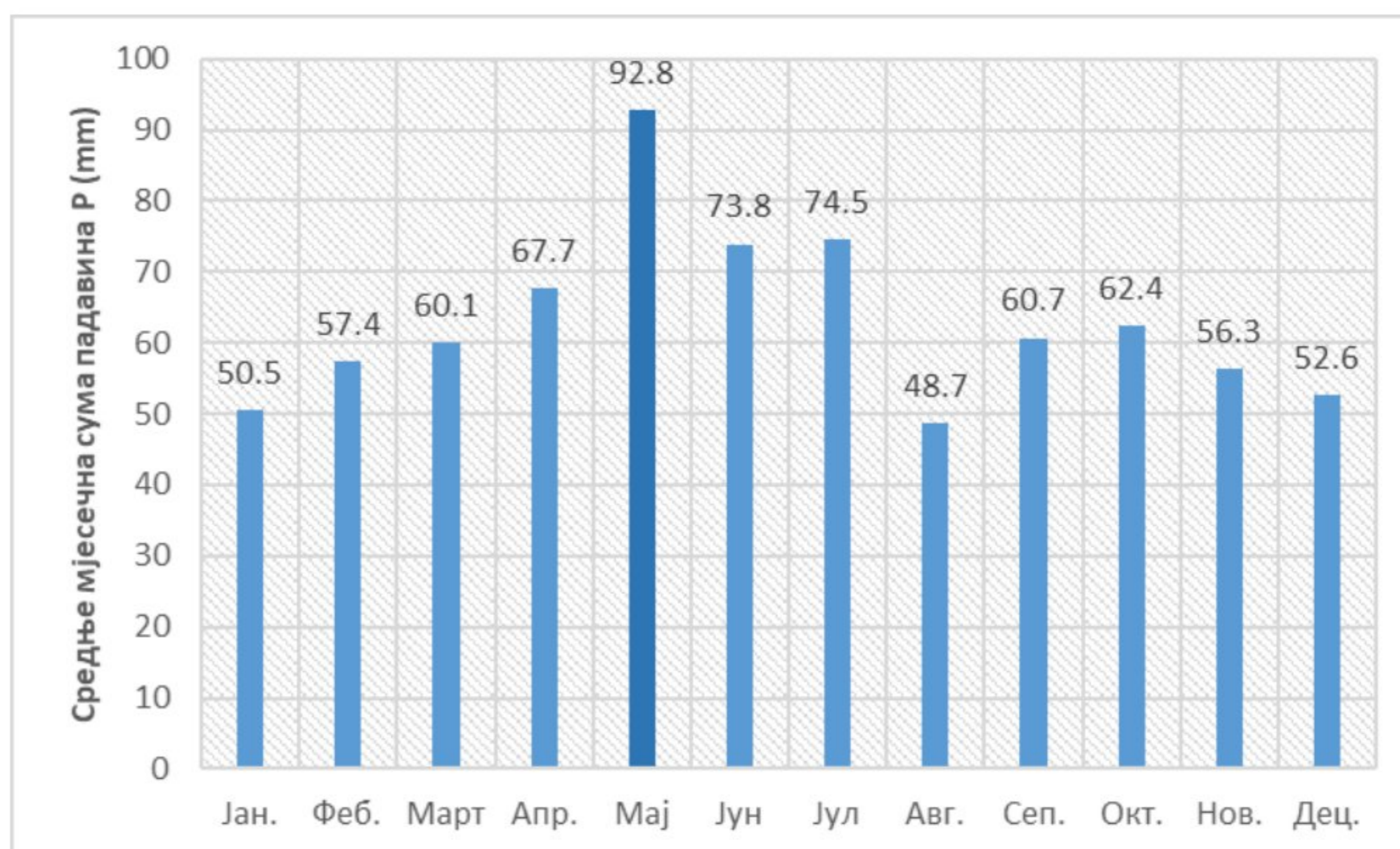
- Годишња количина падавина варира у опсегу од 572,3 (2011) до 978,0 (2014)
- Средња годишња количина падавина износи 757,5 mm
- Највеће средње мјесечне падавине забиљежене су у марту 2016. године (190,8) и у августу 2014. године (181,9)
- Најниже средње мјесечне падавине забиљежене су у августу 2012. године (0,1 mm)
- Године са највећом количином падавина, знатно изнад просјека су, 2014. (978,0 mm) и 2016 (974,1) mm.
- Примјетне су значајне осцилације у погледу средњих годишњих падавина

Табела 1. – Преглед мјесечних падавина на подручју општине Вишеград за период од 2010-2019. године (mm) и приказ основних статистичких параметара (σ – стандардне девијације, C_v – коефицијента варијације)

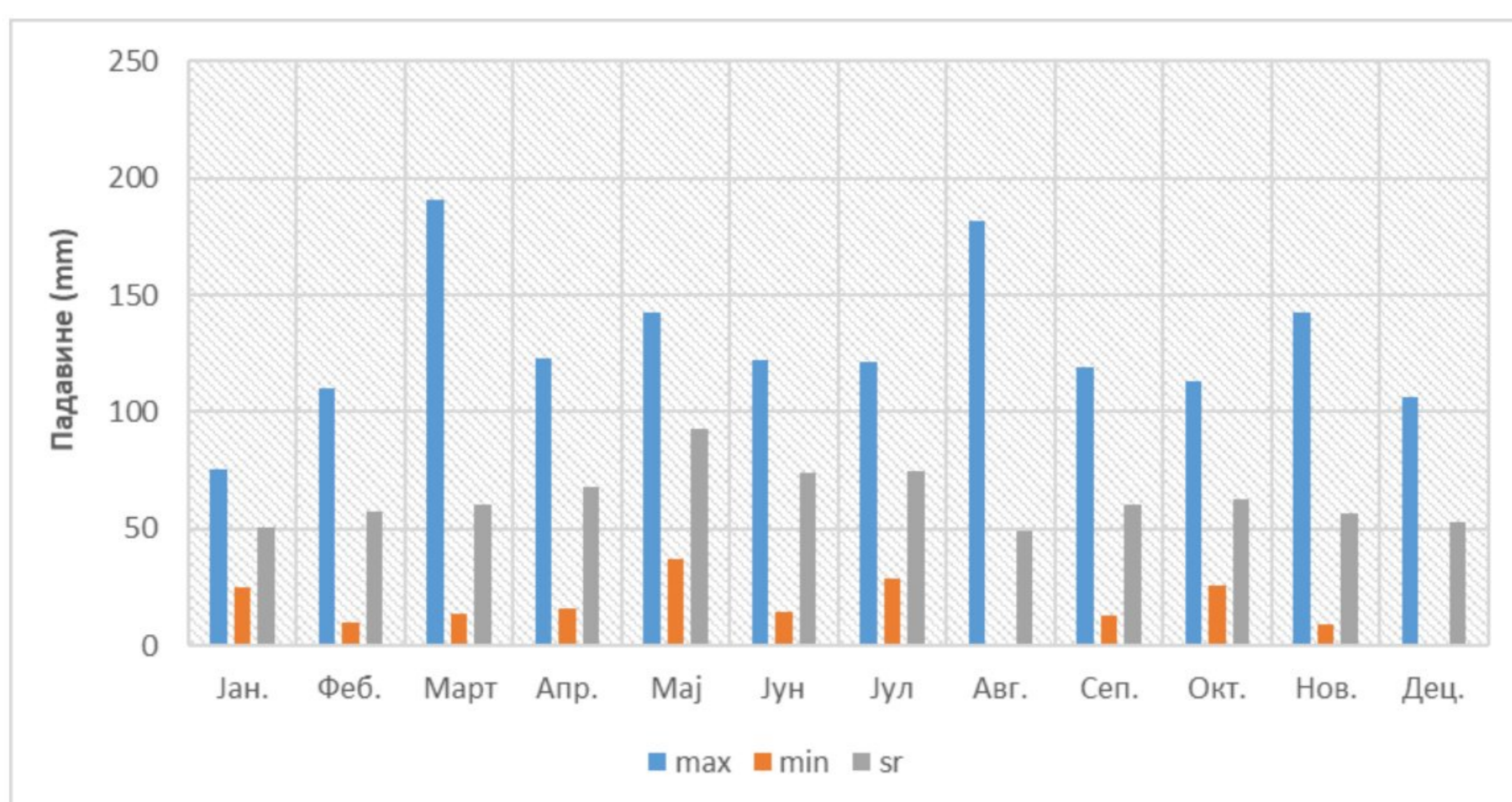
Год./мј.	Јан.	Феб.	Март	Апр.	Мај	Јун	Јул	Авг.	Сеп.	Окт.	Нов.	Дец.	СГВ.
2019	59	38.7	25.7	91.3	108.7	61.1	73.4	51.2	12.9	26	42.4	40.5	630.9
2018	55.8	81.6	91.4	59.7	53.9	114.5	115.6	21.8	19.7	55.3	66.2	66	801.5
2017	35.1	39.3	28.7	91	81.1	52.7	53.1	4.8	75	71.1	51.4	106.2	689.5
2016	56.3	43.9	190.8	40.9	73.5	122.3	115.6	80.1	42.5	113.4	87.3	7.5	974.1
2015	48	43.8	50.8	63	37.3	102.7	29	32.4	44.5	78	55.2	0.3	585.0
2014	29.9	9.7	70.6	122.5	142.3	91.1	70.6	181.9	119.2	42.6	30.3	67.3	978.0
2013	75.6	110	76.9	16	133.8	37.7	38.7	67.4	103.4	56.8	38.2	7.2	761.7
2012	70.6	82.5	13.4	92.6	100.4	14.3	59.7	0.1	30.3	58.8	40.9	87.9	651.5
2011	25.0	22.4	18.6	34.4	123.2	45.1	121.2	11.5	41.8	53.9	9.1	66.1	572.3
2010	49.7	101.6	34.0	65.2	73.8	96.9	68.3	36.1	117.6	68.3	142.2	76.7	930.4
Pmax	75.6	110	190.8	122.5	142.3	122.3	121.2	181.9	119.2	113.4	142.2	106.2	978
Pmin	25	9.7	13.4	16	37.3	14.3	29	0.1	12.9	26	9.1	0.3	572.3
Psr	50.5	57.4	60.1	67.7	92.8	73.8	74.5	48.7	60.7	62.4	56.3	52.6	757.5
σ	16.62	34.13	53.01	32.17	34.69	36.44	32.73	53.65	40.18	23.19	36.70	36.90	157.52
C_v	0.33	0.60	0.88	0.48	0.37	0.49	0.44	1.10	0.66	0.37	0.65	0.70	0.21



Слика 2. – Дијаграм годишњих сума падавина за период од 2010 – 2019. године (mm)



Слика 3. – Просјечне средње мјесечне суме падавина на подручју општине Вишеград за период од 2010-2019. године (mm)



Слика 4. – Хистограм максималних, минималних и средње мјесечних падавина на подручју општине Вишеград, за период 2010-2019. године (mm)

Анализирајући податке из табеле бр. 1 који су на сликама приказани кроз дијаграме може се уочити унутаргодишња расподјела падавина по мјесецима за период од 2009. до 2019. године са периодима екстремно високих (190,8 mm) и ниских (0,1 mm) количина падавина те сагледати годишња количина падавина.

На основу дијаграма годишњих сума количине падавина за период 2010-2019. године и на основу статистичких параметара наведених у табели бр. 1,

могу се примјетити значајне осцилације у количини годишњих падавина за наведени период, значајно смјењивање периода са већом и мањом количином падавина од просјечне.

Анализом дијаграма средње мјесечних падавина издваја се посебно мјесец мај са 93,0 mm просјечне мјесечне количине падавина. Најмања средња вриједност количине падавина везана је за мјесец јануар (50,5 mm). Остале средње мјесечне количине су у опсегу од 52,6 до 92,8 mm.

На основу хистограма максималних, минималних и средњих падавина можемо закључити да се у мају и октобру јављају значајане устаљене количине падавина. У марту мјесецу имамо екстремне вриједности које уз претходно отопљавање сњежних наноса могу довести до појаве великих вода. За мјесец август су забиљежене екстремно високе и ниске вриједности количине падавина.

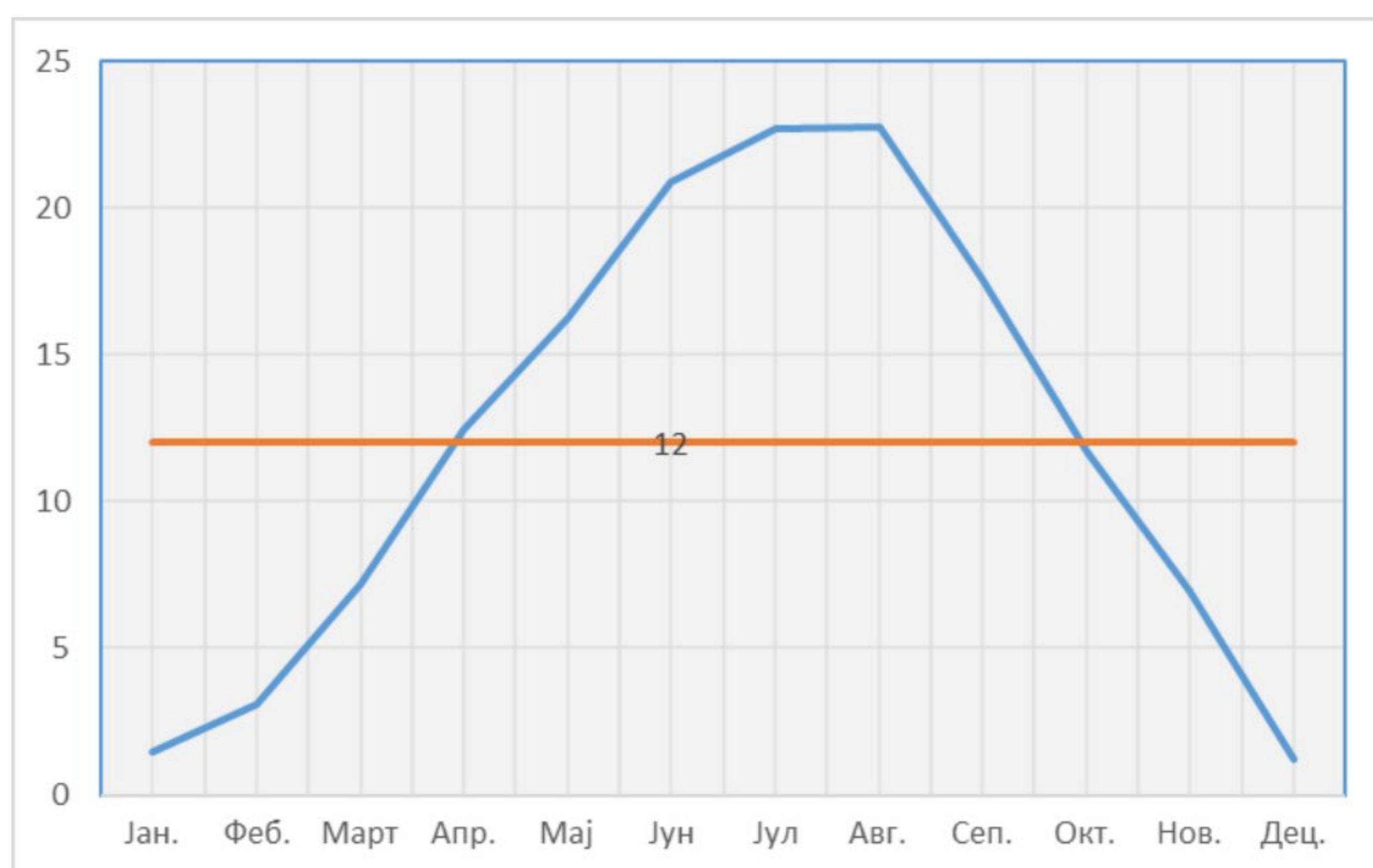
1.2.2. Температура ваздуха

За анализу топлотног режима на истражном подручју кориштени су подаци мјерења температуре ваздуха објављени у Статистичким годишњацима Републике Српске (2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020) за период од 2010. до 2019. године

Температура ваздуха спада међу најважније климатске елементе. Највећи утицај на температуру има сунчева радијација, односно топлотни биланс који представља разлику између примљене и изгубљене топлоте. Мијења се по простору и времену, као климатски елемент, температура директно утиче на испаравање, размјену влаге, ријечни отицај, ледене појаве и друге хидрометеоролошке параметре. У хидролошком циклусу повећање температуре узрокује и веће испаравање и мањи отицај.

Табела 2. – Приказ вриједности температура ваздуха за метеоролошку станицу Вишеград T(°C)

Год./мј.	Јан.	Феб.	Март	Апр.	Мај	Јун	Јул	Авг.	Сеп.	Окт.	Нов.	Дец.	ГОД.
2019	-1.1	3.1	7.7	12.5	13.8	21.8	21.7	22.9	17.4	12.5	9.8	2.9	12.1
2018	1.9	2.2	6.6	15.3	18.6	19.6	21.3	22.8	17.6	13.2	7.1	1	12.3
2017	4.7	4.3	9.1	10.2	16.6	21.5	22.6	23.4	16.8	10.9	5.2	2.5	11.5
2016	0.4	6.8	7.0	13.5	14.8	21.0	22.3	20.1	16.8	10.7	5.6	-1.5	11.5
2015	0.5	2.3	5.9	10.6	17.6	19.9	24.4	23.4	18.8	11.6	5.1	1.2	11.8
2014	4.5	7.1	8.8	12.0	15.5	19.7	21.4	21.0	15.9	12.1	7.5	2.2	12.3
2013	2.5	4.5	6.8	13.7	17.2	20.1	22.6	23.1	16.0	12.3	8.4	-0.1	12.3
2012	0.0	-2.6	7.7	12.1	16.4	24.1	25.3	24.6	19.8	13.6	9.1	0.5	12.6
2011	-0.2	1.5	6.4	13.0	16.5	21.8	23.2	23.7	21.0	10.8	3.9	2.5	12.0
2010	1.2	2.0	6.4	11.5	15.4	19.5	22.2	22.3	15.6	9.4	8.2	1.0	11.2
max	4.7	7.1	9.1	15.3	18.6	24.1	25.3	24.6	21.0	13.6	9.8	2.9	12.6
min	-1.1	-2.6	5.9	10.2	13.8	19.5	21.3	20.1	15.6	9.4	3.9	-1.5	11.2
sr.	1.4	3.1	7.2	12.4	16.2	20.9	22.7	22.7	17.6	11.7	7.0	1.2	12.0
σ	1.96	2.80	1.06	1.52	1.41	1.45	1.29	1.32	1.78	1.28	1.95	1.37	0.44
Cv	1.36	0.90	0.15	0.12	0.09	0.07	0.06	0.06	0.10	0.11	0.28	1.12	0.04

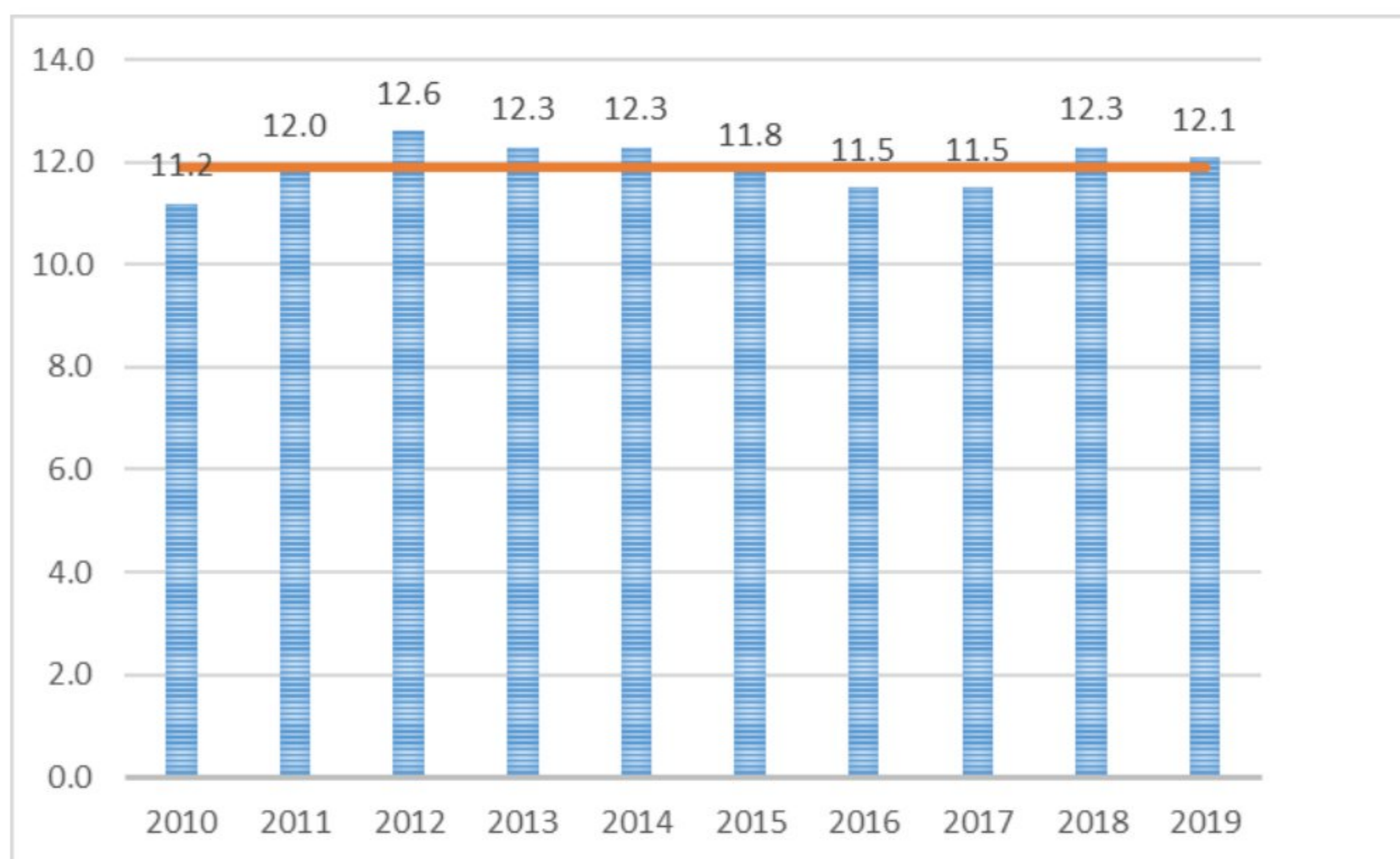


Слика 5. – Унутаргодишња расподјела средње мјесечних температура ваздуха (°C) за метеоролошку станицу Вишеград за период 2010-2019. године

На основу анализе података из табеле 3., може се закључити да су најхладнији мјесеци током године децембар и јануар а најтоплији јул и август, уз просјечну годишњу температуру 11.9 °C што одговара одликама умјерено континенталне климе.

Највиша забиљежена средње мјесечна температура у периоду 2010-2019. године износи 25,3 °C (Јул, 2012.), најнижа средње мјесечна температура у истом периоду износи -1,5 °C (Децембар 2016.).

Осцилације температуре у току године прате смјену годишњих доба.



Слика 6. – Упоредни дијаграм са приказом вриједности средње годишњих температура за период осматрања 2010-2019 и средње вриједности температуре у наведеном периоду

Посматрајући слику 6., услијед ограничености доступних података анализиран је десетогодишњи период, смјењивање вишегодишњих периода са температурама благо изнад или испод средњегодишњег просјека (12°C), што је карактеристика ширег подручја.

1.2.3. Влажност ваздуха

Средња годишња вриједност влажности ваздуха за период 2010-2019. крећу се у опсегу од 69 % до 76 %. Средња вриједност влажности ваздуха на вишегодишњем нивоу износи 72,4 %.

1.3. Хидрографске и хидролошке карактеристике

Истражно подручје се налази у средњем току ријеке Дрине, обухвата дијелом и вјештачко језеро настало изградњом хидроелектране Вишеград. Изразито је развијена мрежа сталних и повремених површинских токова.

Површинске воде отичу у три слива, на југ у слив Рзава, на запад и југозапад у слив ријеке Дрине и на сјевероисток у слив Белог Рзава, низводно од Вишеграда формира се јединствен слив уливањем Белог Рзава у Дрину.

Непосредном сливу ријеке Дрине припадају Бања поток, Ријека, Јабланица, Кука, Пасји поток, Косовски поток, са својим бројним притокама.

Велетовски поток, Крч, Рибница, Дубока, припадају сливу Рзава.

Због малих ретенционих способности стијенских маса у сливовима потока ови површински токови се одликују великим и наглим осцилацијама протицаја у зависности од плувиометријског и нивалног режима. Правци течења потока су условљени литолошко-тектонским односима. Почети ови потока представљају мање изворе ($Q_{\min} = 0,1-0,3 \text{ L/s}$) или пиштавине и осцјеђивања у ерозионим засјецима. (Н.Миошић, 1973.)

Поток Бања тече из подручја Крушевца испод брда Кобила и села Јалашци, Ласци и Поље, те прима бројне сталне и повремене поточиће. У средњем дијелу тока забиљежен је прилив термалних вода. Осцилације протицаја потока Бање у подручју Вишеградске Бање су веома велике (од 15 L/s до неколико m^3/s). Осцилације немају директни утицај на температурне, хемијске и протицајне карактеристике термалних извора Вишеградске Бање. У периоду најнижих протицаја воде Бање инфилтрирају се у алувион низводно од притјечања термалних вода те се тек мјестимично може примјетити течење потока. На мјестима, гдје су денудацијом откривене компактне масе габра ове воде поново избијају на површину. (Н. Миошић, 1973.)

1.4. Геоморфолошке карактеристике истражног подручја

На слици 7 можемо примјетити велике висинске разлике на подручју истражног подручја условљене постојањем висија до 1000 m.n.m. и ријечних долина Дрине и Рзава.



Слика 7. – Приказ морфологије терена и граница истражног подручја (Google Earth Pro)

Сложеност геоморфолошких одлика је условљена постојањем различитих литолошких чланова те њиховим компликованим тектонским односима. Миошић (Хидрогеолошка истраживања термалних вода Вишеградске Бање, 1976) у овом подручју истиче и даје опис геоморфолошких типова:

1. Акумулационе савремене равни
2. Ерозионо-денудациони тип рељефа
3. Ерозионо-крашки облици рељефа

Најизразитије акумулативне форме развијене су у долинама Рзава и Дрине. Комбинацију денудационог рељефа и акумулативних форми налазимо у бројним рјечицама и потоцима.

Ерозионо-денудациони рељеф развијен је у виду бројних мањих потока који својом активношћу врше непрестану дезинтерграцију и декомпозицију лако трошних стијенских маса (шкриљци, серпентинити, перидотити, разни типови дијабаза и кредни кластични седименти). У овом типу стварају се и бројне акумулативне форме као што су: терасе, конуси, клизишта и пролувијални облици. Падине изграђене од серпентинита представљају на бројним мјестима зоне убрзаног спирања, јаружења те су махом огољеле.

Отпорнији литолошки чланови стрше из рељефа те припадају изразитим висовима (Кобила и др.). Абразивнији терени изграђени су од кречњачких маса или од габроидних стијена (Панос и др.)

У ужем подручју Вишеградске Бање развијене су ерозионо-денудационе и акумулационе форме рељефа. Читав терен је избраздан рецентим потоцима са усјеченим стрмим странама и аналогним падинама брда.

Бањски поток са притокама ствара стрме и дубоке усјеке, посебно у подручју гдје тече кроз ултрамафитске стијенске масе. Развијеност површинске хидрографске мреже условљава стално акумулирање распаднутог материја стијена те стварање разних микроакумулативних форми.

Изразиту и посебну акумулативну форму представља појава бигра – рецентног изворског седимента термалних вода, простире се на површини од сса 3 ha у подручју Вишеградске Бање.

Крашки рељеф најзначајније развиће има је у подручју пространства кречњачких маса Јањца, Гостиље, Стоца и Сјемеча, које не обухвата истражни простор.

2. Геолошке и хидрогеолошке карактеристике истражног подручја

2.1. Преглед раније извршених истраживања

Први преглед изведених геолошких, хидрогеолошких и хидрохемијских истраживања Вишеградске Бање (од првих истраживања Ф. Казера па до оних истраживањима које је провео Ј. Јосиповић 1971. године) урадио је Н. Миошић, 1976. године. у "Коначном извјештају I фазе 1975-76 год"

Прве податке свих ранијих геолошких истраживања је објединио Ф. Катзер (1906. године) на геолошкој карти 1:200 000 лист Сарајево. На овој карти подручје око Вишеградске Бање изграђују серпентинити и перидотити, дијабази, габри, пјешчари недефинисане старости.

Од седимената подручје Гостиље, Велетова, Јањца и Црчића изграђују лапори и кречњаци горње креде и тријаса. Пјешчари, туфови и шкриљци подручја Вишеграда, Косово поља и Вељег луга стављени су у јурски период као и дијабаз-рожна формација.

Ампфере и Хамер сматрају да су најстарије стијене глинене шкриљци и амфиболити, док перидотите и габре стављају у палеозојску старост. По њима је вулканогено-седиментна серија тријаске старости и трансгресивна на еруптиве, док је Ф. Космат сматрао да су габроидни и перидотитни магматизам јурске старости.

Геолошком картом Б. Миловановића 1936. године лист Вардиште 1:100.000 кречњаци Гостиље разврстани су у тријаску старост, док их је Ф. Кацер приказао као кредне седimente. Дијабази, рожнаци, пјешчари и шкриљци вулканогено-седиментне серије сврстани су у средњи тријас.

Основна геолошка карта Вишеград скиција Вишеград и Доње Вардиште, 1:25 000, захватиле су дијелом истражни простор. На овим картама приказан је литостратиграфски састав и тектонски склоп терена. Најстарије стијене представљају серпентинисани перидотити, перидотити те фелдспат-перидотити. Ове су стијене пробијене габровима, да би на крају дијабази као најмлађи пробиле серпентините и габре. Седименти дијабаз-рожне формације разврстани су у тријаски период.

Према истраживањима Ф. Трубеље (1960. и 1963.) прве стијене, "које су кристалисале су перидотити (харцбургити)". Они су метаморфисани (серпентинисани) и пробијени габроидним масама, док је дијабазно долоритни магматизам најмлађи. Исти аутор примјећује да су "готово на безброј мјеста запажени врло јасни пробоји дијабазно-долоритних творевина кроз перидотите и серију габроидни и прелазних стијена". (Ф. Трубеља, 1960). На локацији Вељелушке воденице постоји "шила габро-пегматита, иницирана у перидотитну стијену на врло оштрим границама на контакту, генетски је млађа од околне перидотитне стијене." (Ф. Трубеља, 1960.)

У 1960. години извршено је и радиометријско мјерење на секцији Вишеград са апаратурама за мјерење гама-зрачења стијена. При овим мјерењима нису уставновљене нигдје па ни у подручју бање радиометријске аномалије. Ово се може протумачити са сједне стране малом густином тачака, неприкладношћу и непрецизношћу апаратуре којом је мјерено, али вјероватно је први узрок у томе, "што радон и његови продукти еминирају 90% енергије у виду алфа-зрачења." (С. Михелић, 1957. године).

Од детаљних радова анализирања хемизма и основних геохемијских претпоставки истичу се радови Е. Лудвига (1890), Ф. Казера (1919.) и С. Михолића (1957 и 1959. године). Ови су аутори дали основне физичке и хемијске карактеристике само два главна извора Соколовићеве и Кадијине бање.

Ф. Кацер сматра да су појаве кречњака налазе на термалној пукотини те да је кречњак "претурен преко серпентина те покривен серпентинама и бигром". Овај аутор даље сматра, да су термални извори прије избијали хипстометријски више него данас те да су створили велике наслаге бигра. Ф. Кацер извршио је хемијску анализу Соколовићеве бање.

С. Михолић израдио је двије хемијске анализе воде Соколовићеве и Кадијине бање 25.9.1955. године. На основу извршених анализа аутор је извео низ закључака. За горњи извор (Соколовићева) Бања сматра се да избија непосредно из стијене (перидотит), док је вода доњег извора (Кадијина) Бања прошла извјестан пут кроз бигар. Иначе сматра се да се у оба случаја ради о

"истој води". На путу кроз бигар од Соколовићеве Бање вода је изгубила дио Са и Fe, који су се исталожили у бигру, а садржај Na, Cl, Mg и SiO₂ је порастао. За пораст Na и Cl јона сматра се да је од органских материја, а Mg и SiO₂ да су у вези са серпентинском подлогом. Смањење Са и Fe у води Кадијине Бање у односу на воду Соколовића Бање, С. Михолић сматра да настаје због таложења ових елемената у бигру, при циркулацији вода од Горње до Доње Бање. Такође наводи да је температура Доње Бање смањена због хлађења воде циркулацијом од Горње према Доњој Бањи у бигру. Радиоактивност Кадијине бање (50,5 MJ) по овом аутору повећана је због секундарног обогаћења урана у бигру. Радиоактивност Соковићеве Бање износи само 6,95 MJ. С. Михолић навео је да издашност Соколовића Бање износи $Q = 0,417 \text{ L/s}$ а Кадијине Бање $Q = 0,863 \text{ L/s}$, што је далеко мање од свих вриједности мјерених у 1975. години. Из података С. Михолића може се закључити да примарни извори избијају у подини бигра на котамa нешто нижим од Соколовићеве Бање, а да се радиоактивно обогаћење на радону јавља циркулацијом термалних вода кроз бигар.

Потребно је напоменути да се по подацима анализа из 1975 и 1976. године не добијамо осиромашење на калцијуму у води Кадијине Бање у односу на Соколовића Бању, већ чак долази до увећавања Са јона. Такође не запажа се повећање Mg и SiO₂ у изворима, који избијају хипсометријски ниже од Соколовићеве Бање. Радиоактивни садржај вода извора испод Соколовића Бање и у овој години показује сличне резултате као и 1955. године. Температуре свих извора такође су увијек ниже од извора Соколовића Бање барем за 1°C.

2.2. Литостратиграфске јединице

Аутори тумача ОГК за лист Вишеград издвајају следеће литостратиграфске јединице заступљене у истражном подручју:

Ликуновити пјешчари (T₁)

Најстарији стијене су представљене лискуновитим пјешчарима и плочастима лапоровитим кречњацима и лапорима. Стијене су нешто ушкриљене услед набирања. Знатно су изувијане у декаметарске боре и

поремећене расједима различитих праваца пружања и интезитета. Откривене су нешто јужније од Вишеградског моста, набушене испод анизичких наслага. На осталом дијелу терена нису откривене.

Кречњаци и доломити (T₂¹)

Средњетријаски кречњаци и доломити су откривени на више локалитета. На лијевој обали Дрине издањују у потоку Јабланица, ка сјеверу налазе се на више локалитета уз саму обалу Дрине, а код ушћа Пасјег потока у Дрину прелазе и на десну обалу.

Веће површине изграђују кречњаци на планинама Јањац и Гостиља. Јужно и источно од Гостиље кречњаци се јављају на мањој површини као пробоји испод рожнаца или магматских стијена. Мали изданак (50m x 50m) откривен је у Бања потоку испод Вишеградске бање.

Средњетријаски кречњаци су сиве боје, углавном услојени у банке до 2 m. Мјестимично се слојеви не виде те имају масиван изглед.

Ако су испуцали па их пресецају различите пукотине испуњене калцитом, (пукотине до 2 cm) или неипуњене пукотине величине до 15 cm. Кречњаци су на неким мјестима доломитисани или су потпуно трансформисани у доломите. Јаче доломитисане кречњаче и доломите налазимо на лијевој обали Дрине (изданак у потоку Јабланица уз контакт са серпентинитима). Док на осталим изданцима на лијевој обали Дрине долазе подједнако кречњаци и доломити и то са таквим прелазима да није могуће извршити одвајање доломита од доломитичних кречњака и кречњака.

Мањи изданци југозападно од Јањца и Гостиље претежно су изграђени од доломита, док су саме планине изграђене од кречњака.

Изданак у Бања потоку представљен је врло прекристалисаним и јако испуцалим кречњаком. Мање пукотине су испуњене калцитом, а веће су празне. Отворене пукотине имају пружање паралелно расједној плочи (контакт са габрима).

У микропалеонтолошким препаратима утврђене су фораминифере, које обично долазе у средњем и горњем тријасу. У средњи тријас су уврштени на

основу тих налаза и на основу суперпозиције, јер се налазе на скитским слојевима.

На непоремећеним профилима може се закључити да дебљина ових седимената износи око 400 m.

Геолошким картирањем и реамбулацијом утврђено је да се средњетријаски кречњаци леже између скитских наслага које су у подини и тзв. Офиолитског мелажна.

Пјешчари, рожнаци и глиновити шкриљци (T₂²)

Ове насlage заједно са магматским стијенама чине јединствени комплекс стијена познат под називом "офиолитски меланж".

Стратиграфски положај није сигурно утврђен јер до сада нису пронађени фосили на основу којих би се могао утврдити исти. По суперпозицији они се налазе најчешће директно на средњетријаским кречњацима, али на много мјеста такође леже на дијабазима, габирма и перидотитима.

Магматске стијене често се налазе на рожнацима и пјешчарима, а такав положај упућује на закључак да ови седименти са магматским стијенама чине јединствен комплекс стијена истакижен у дубокој води.

Дебљина ове јединице износи око 150 m.

Средњи-горњи тријас (T_{2,3})

Јединица је претежно представљена масивним и банковитим кречњацима и доломитима. Развијена је са обје стране ријеке Дрине, југозападно од Вишеграда (Незуци, Крушевица). Кречњачка компонента је претежно представљена микроспаритима и биоспаритима, ријеђе интрамикритима. Ови седименти су у тектонском односу са верфенским кластитима, а и сама јединица је интензивно тектонизована. Честе су литолошке промјене, а палеонтолошка документација је доста оскудна па је цијела јединица стављена у средњи-горњи тријас на основу микропалеонтолошких података са малог броја тачака.

Горњи тријас (Т₃)

На подручју Вишеграда ови седименти представљају олистолите или клипе различитих димензија. Творевине горњег тријаса припадају и јединици тријас-јура. У овом подручју стијене ове старости су представљене масивним кречњацима и ријеђе доломитима. У кречњачкој фацији доминантни су биомикроспарити и интрабиоспарити.

Дијабаз-рожначка формација (Ј)

У ову формацију спада офиолитски комплекс у ширем смислу у којем је издвојено више картираних јединица сврстаних према литолошком саставу и генетским карактеристикама у три групе: седиментне (1), базичне и ултрабазичне стијене (2) и тектонски ултрамафити и метаморфити (3).

Седиментна фација (Ј) β

У оквиру ове јединице издвојени су слојевито-плочасти рожнаци, ријетко глинци, силициозни глинци и силициозни лапоровити микрити. Рожнаци су грађени од криптокрипталастог агрегата кварца и калцедона са редовним садржајем глиновите и гвожђевите компоненте. Садржај радиоларије је мјестимично толики да стијена прелази у радиоларит.

Дијабази (ββ)

Структура дијабаза је најчешће офитска, ријетко дијабазно зрнаста и порфирско офитска. Текстура им је редовно масивна. У грађи стијене учествује плагиоклас, клинопироксен и амфибол као битни састојак.

Према бојеним минералима разликује се више баријетета дијабаза: најчешћи су амфиболски, ријеђи су нормални, а веома ријетки хорбленда-дијабази. Срећу се и албитски и албитисани дијабази, затим метадијабази код којих је плагиоклас јаче пренитисан, а аугит уралитисан.



Слика 8. - Профил дијабаза источно од села Крушевац

Габро (v)

Различити варијетети габра углавном представљају горње дијелове кумулатног комплекса. Доминантнији су од других врста кумулата.

Структура габра је хипидиоморфна и алотриморфна зрнаста. Најчешћи су крупнозрни варијетети гдје је величина зрна и до 5, а понекад и до 10 mm. Ове стијене имају масивну и паралелну текстуру.

Плагиокласи, оливин, клинипироксен и веома ријетко амфибол представљају асоцијацију битних састојака. Њиховом алтерацијом често се образује пренит, серпентин, уралит и хлорит.

Констатовано је више варијетета габра у оквиру једног тијела: чести су оливински габри, нормални габри и троктолити.



Слика 9. - Габро поред пута у селу Ласци

Перидотит (σ)

Кумулати перидотитског састава најчешће су алотриморфно зрнасте структуре масивне текстуре. Оливин, енстатит и диопсид представљају битне

састојке. Споредно и ријетко долазе плагиокласи, секундарни су серпентин, бастит, уралит, хидрогранат и калцит.

Микроскопским испитивањима перидотитских кумулата констатовано је подједнако присуство харцбургита и лерзолита, или преовлађују први типови.

Серпентинисани перидотити (Se)

Тектонски перидотити имају порфиробластичне и зрнасте структуре и паралелне и масивне текстуре. Величина зрна јако варира у границама од 0,5 до 10, а изузетно и до 20 mm.

Оливин, енстатит и диопсид представљају битне минерале, при чему је оливин у свим варијететима изразито доминантан.

Према квалитативном и квантитативном садржају издвојена су ултрамафитска тијела са доминантним харцбургитима и она са преовладавајућим лерзолитима. Крајње ријетко је констатован енстатит. Степен серпентинизације је најчешће толики да би сви варијетети могли носити префикс "серпентинисани".

"Меланж" је израз за творевину изграђену од магматских и седиментних стијена које се међусобно измјењују и пробијају, чине поступне прелазе, или су у расједним односима.

Картирањем је утврђено да магматске стијене "меланжа" чине прелазе (перидотити у габро преко габроперидотита) и да се међусобно пробијају (габро у жилама перидотита, дијабази у габрима) и да су све у вези са рожнацима и пјешчарима као и да леже на средњетријаским кречњацима.

"Меланж" изграђују рожнаци, брече, пјешчари и глинене шкриљци. Од магматских стијена су заступљени серпентинити, перидотити, габро и дијабази.

Креда

Конгломерати, пјешчари и лапорци (K_{1,2})

Кредне наслаге су сачуване само као ерозиони остаци увијек на стијенама "меланжа". Значајније површинско распрострањење имају на Сјемечу, јужно и југоисточно од Јањца и Гостиља.

Ове наслаге су изграђене од конгломерата, лапора, пјешчара и плочастих кречњака, убрале у мале боре те поремећене расједима малих димензија.

Квартар

Бигар (i)

Бигар (изворски седименти) се појављује на више мјеста, али ријетко када има значајно распрострањење. На изворишту термоминералних вода је детаљно проучаван.

На терену је прецизно одвојена и извршене су седиментолошке анализе према којима је бигар изграђен од калцијум карбоната мрежасте структуре. Поре су правилне, у облику мањих и већих цјевчица округлог и неправилног облика. Бигар је на појединим мјестима слојевит.

Граница бигра према перидотитима маскирана је делувијем. Са бујичним наносом у Бања потоку се измјењује. Валутнице стијена долазе у бигру у облику прослојака од 10 до 40 см.

Делувијално-пролувијални наноси (dpr)

Јављају се на падинским дијеловима уз веће водотоке. Често су декаметарских дебљина, грађени су од несортираног угластог материјала из саме падине или околних јединица. Мјестимично су везани са карбонатним цементом.

Делувијални наноси (d)

И ова јединица је најчешће развијена на долинским странама главних водотока или ипак на мјестима наглих промјена нагиба терена изграђених од тријаских или кредних карбонатних творевина.

Алувијон (al)

У долинама ријека (Дрина;Рзав) и потока (Бања поток и др.) исталожене су веће количине шљунка и пијеска у којима су уложени већи блокови разних стијена из околине. У Бања потоку тај материјал је на појединим мјестима дебео 5-8 м. Јаке бујице стално га премјештају па се дебљина шљунка повећава на појединим мјестима док се на другим смањује.

2.3. Тектонске карактеристике

Тектонску грађу Републике Српске одликује изразита сложеност, издвојен је велики број структурно-фацијалних јединица на листовима Основне геолошке карте.

По ауторима Тумача Геолошке карте Републике Српске анализом свих структурно-фацијалних параметара у тектонској структури БиХ/Републике Српске издвојене су три јединице првог реда: Спољашњи Динариди, Средњи Динариди и Унутрашњи Динариди.

Ширину околину Вишеградске Бање обухватају Унутрашњи Динариди који представљају творевине еугосинклиналног седиментационог простора крајњег сјевероисточног дијела Динарида.

Унутрашње Динариде карактеришу веће структурно-фацијалне цјелине, какве су дрински и јадарски палеозоик, мезозоик Романије и источног дијела Републике Српске (Прача-Вишеград-Власеница-Зворник), а нарочито зона шире дијабаз-ројначке формације, са офиолитским масивима и меланжом и кредно-палеогене литоралнонеритске и флишце творевине које припадају посебним фазама седиментације, орогенезе и вулканизма и дају специфична обиљежја овом дијелу Динарида Републике Српске, као и гранитни штокови и млађе неогене језерске, језерско-лагунске и маринске творевине.

Терен шире околине Вишеградске Бање у структурном погледу представља благо убрану "плочу" изграђену од скитских пјешчара у бази, анизичких кречњака у средини и "меланжа" и крпича кредних наслага у кровини. Плоча је прије убирања пробијена на више мјеста магматским стијенама "меланжа". Магматске стијене нису само на мјесту гдје су пробиле седименте, већ су се "наваљивале" далеко преко анизичких кречњака који су за вријеме пробијања чинили дно океана. (Н. Миошић, 1976.)

Сматра се да је магматска активност била у ладнику или касније у тријасу, одвијала се врло интензивна вулканска активност у читавој медитеранској геосинклинали коју је пратио и плутонизам, таква активност могла је дати "меланж".

Након магматизма долази до лаганог, дуготрајног издизања великог дијела бившег океана (старокимејска орогенеза). На појединим дијеловима таложе се и горњотријаске наслаге, док на другим "меланж" остаје ван дохвата мора све до малма. У малму и касније у доњој и горњој креди преплављује углавном плитко море копно које је изграђено од тријаских наслага.

Убирање истраложеног комплекса стијена наступа крајем горње креде. Током палеогена терен је остао ван дохвата мора јер нису развијене палеогенске наслаге али су се одиграти врло јаки орогенски покрети којим је истражни терен потискиван према југозападу и јаче поремећен.

У млађем терцијару радијалном тектоником долази до издизања планина тада је створена данашњи изглед терена. Издизање планина врши се вертикалним расједима, на југозападним падинама Јањца и Гостиље. Тим расједима је дошло до спуштања југозападног крила. Планина Гостиља је поремећена расједом са сјевероисточне стране па има облик хорста.

Многобројни расједи што пресјецају стијене на терену у разним правцима вјероватно су терцијарни и млађи од терцијара. Геофизичким мјерењима индицирана су три расједа, с тим што се подаци геофизике сматрају доста несигурним.

За постанак извора у Бањи сматра се да је битну улогу одиграла дислокација уздуж Бање потока, јер је вјероватно том дислокацијом дошло до спуштања на југозападу чиме је кречњак на сјевероисточном крилу дошао ближе површини.

Расједом на јужном конакту кречњака дошло је такође до спуштања јужног крила тако да су на сјеверном крилу кречњаци нешто издигнути и ерозијом откривени. На том контакту важну улогу као баријера водама чини и пробој магматита.

3. Хидрогеолошке карактеристике ширег подручја Вишеградске Бање

У грађи истражног терена учествују стијенске масе различитих структура порозности, филтрационих карактеристика, хидрогеолошких функција и величина акумулација подземних вода. Уједно исте стијенске масе могу у зависности од положаја имати различите хидрогеолошке функције.

У наставку је на основу познатих и доступних података дата процјена хидрогеолошких параметара средине, прихрањивања и пражњења појединих акумулација подземних вода, процјењивање и мјерење издашности извора и површинских токова.

На основу података из Коначног извјештаја I фазе "Хидрогеолошких истраживања термалних вода Вишеградске Бање" (Н. Миошић, 1976.) описане су опште хидрогеолошке карактеристике ширег подручја Вишеградске Бање.

На основу хидрогеолошких функција стијенске масе које учествују у грађи ширег простора истраживаног терена разликујемо хидрогеолошке колекторе и хидрогеолошке изолаторе.

Друга подјела је извршена на основу водопрпусности, те се стијене разврставају на:

- стијене врло добре водопрпусности
- стијене добре водопрпусности
- стијене врло слабе водопрпусности које практично представљају хидрогеолошке изолаторе

Водопрпусне стијенске масе

У оквиру водпоропоусних стијенских маса разликујемо по типу порозности стијенске масе интергрануларне порозности и стијенске масе пукотинске и пукотинско-карстне порозности.

Стијенске масе интегрануларне порозности

Интергрануларне средине имају највеће распрострањење и значај у подручју алувиона ријеке Дрине, а мањим дијелом уз Рзав и веће потоке (нпр.

Бања). Изграђене су од шљунака, пијесака често заглињених и цементираних те валутака и добрина најразноврснијих стијена. Водопропусност је веома различита и по вертикали и по хоризонтали. То су средње до ниско продуктивни аквифери са нижом вриједношћу коефицијента трансмисибилности.

K_f у дробинама и валуцима је јако висок ($K_f > 1 \text{ cm/s}$), док је у заглињеним партијама далеко нижи (од $K_f = 10^{-3}$ до $K_f = 10^{-5} \text{ cm/s}$)

Дебљина алувијалних тераса је око 10 m и оне леже на подинским изолаторима – серпентинитима, седиментима дијабаз-рожначке формације и габрима.

На основу различитог хипсометријског положаја, ови седименти имају мјестимично функцију високог колектора водоспроводника (уз ријеку Рзав), док у нижим дијеловима (уз ријеку Дрину) имају функцију хидрогеолошких колектора – резервоара подземних вода. На карти су издвојене као стијенске масе са интергрануларним типом порозности великог потенцијала.

Интергрануларним срединама припадају и сипаришни, осулински седименти, поточни наноси у виду дробина, шљункова, пијескова, често заглињених. Веома водопропусне стијенске масе, са високим коефицијентом филтрације ($K_f > 10^{-1} \text{ cm/s}$)

Стијенске масе пукотинске и пукотинско-карстне порозности

Тријаски кречњаци банковити до масивни и доломити представљају врло добре водопропусне стијенске масе са коефицијентом испуцалости K_i од 5 до 10. Поред пукотинске порозности развијена је мјестимично кавернозност али у знатно мањем обиму од холокарста.

Ове пукотинско-карстне средине карактериште безводност на површини терена те непостојање јачих изданака подземних вода на контактима са водонепропусним стијенским масама. Дубина и интензитет карстификације зависи од дужине изложености егзогеним факторима, сматра се да су ови кречњаци откривени тек у квартару те интензитет карстификације није нарочито изражен и не досеже вјероватно већу дубину.

Наслаге кредне старости (ценоман-турон) представљене лапоровитим микритим и лапорцима припадају категорији стијена са пукотинском порозношћу али их и одликује слаба водопрпусност. Као такве су окарактерисане и стијенске масе микрити, микроспарита, лапоровитих микрита, рожнаца издвојених у оквиру стијенских маса тријаске старости, ладинског ката и под општом ознаком тријас-јура.

Најважнија појава бигра налази се у подручју термалног изворишта Вишеградске Бање. Бигар у подручју изворишта термалне воде представља и рецентни изворски седимент настао дјеловањем термалних вода. Последње масе бигра имају значајну хидрогеолошку функцију, посебно због секундарне акумулације урана.

Бигар у подручју изворишта термалних вода има функцију секундарне издани термалних вода термалних вода, које примарно избијају у њеној подини, веома је водопрпусна и шупљикаве порозности.

Водонепропусне стијенске масе

У стијенске масе без значајне пукотинске порозности које припадају категорији стијена врло слабе водопрпусности сврстане су наслаге представљене масом ултрамафита.

Водонепропусне стијенске масе ултрамафита (серпентинити, перидотити, лерзолити) су развијене у највећој мјери на површини терена. Ове стијене су пробијене интрузијама габра и долерита и на концу ефузијама дијабаза. Мање пространство на сјеверном дјелу у форми издуженог појаса имају водонепропусне стијене, рожнаци, пјешчари и глинци. На карти су издвојене као терени сиромашни изданима.

У зависности од позиције у односу на аквифере, ултрамафити могу имати различите хидрогеолошке функције, уколико су на кречњацима имају функцију кровинских и бочних излотора, а уколико леже у подини аквифера дјелују као подински изолатори.

Дијабази, рожнаци, пјешчари, глинци и дијабазне брече представљају изолаторски комплекс, док су веома мали прослојци црвенкастих кречњака хидрогеолошки колектори незнатне продуктивности.

3.1. Акумулације подземних вода

Формиране су мање самосталне акумулације подземних вода услед раздвојености, пространства хидрогеолошких функција стијенских маса те релативно ниских вриједности падавина (око 750 mm годишње).

Акумулације подземних вода су раличите по хидрауличком карактеру разликујемо збијене и разбијене, те по начину прихрањивања и пражњења. Карактерише их слабија водообилност, једини изузетак представља значајна издан слободних подземних вода која се излијева на разбијеном изворишту у Добруну.

3.1.1. Издани збијеног типа

Издани слободног нивоа подземних вода формиране су у алувијалним терасама ријеке Дрине. Прихрањивање ових издани врши се дифузном инфилтрацијом падавина, инфилтрирањем површинских токова и инфилтрацијом ријеке Дрине за вријеме повећаног водостаја акумулације ХЕ Бајина Башта. Пражњење ове акумулације врши се дисперзним излијевањем у ријеку Дрину за вријеме њених ниских водостаја. Водообилност акумулације је релативно ниска.

У сипаришним, осулинским, падинским и пролувијалним веома водопрпусним срединама формирају се повремене, а мјестимично и сталне мање акумулације подземних вода локалног значаја.

3.1.2. Издани разбијеног типа

Издани у хидрогеолошком комплексу кредног флиша

Најзначајније издани овог типа формиране су у флишоликом комплексу Орлиње, Столца и Црвене Стијене. У овим масама распрострањене су одвојене акумулације подземних вода сложеног хидрауличног механизма.

Прихрањивање акумулација врши се инфилтрацијом падавина кроз веома водопропусне карстификоване кречњаке, а пражњење се врши на многобројним сталним изворима са значајним осцилацијама издашности.

Минималне издашности осматраних извора крећу се око 0,50 L/s а највеће пражњење концентрираног типа уз веома водообилне акумулације врши се на сталном разбијеном изворишту у Добруну ($Q = 50 \text{ L/s}$), које представља уједно и најнижу ерозиону базу флишоликог комплекса.

Акумулације подземних вода у пукотинско-карстним колекторима

Издани у карбонатним карстним срединама Јањца и Гостиље представљају вјероватно двије засебне акумулације подземних вода, међусобно одвојене водонепропусним масама дијабаз-рожначке формације дуж стрмих расједа.

Ове двије издани формиране су у високим колекторима, које се прихрањују дифузном инфилтрацијом падавина, а сасвим мало преко слабије изражених понора.

Не постоје већи примарни контактни извори на границама карбонатних маса Јањца и Гостиље, те о пражњењу ових акумулација не постоје адекватни подаци.

Слаб интензитет карстификације као и недостатак значајнијих изданака подземних вода указује да се у подручју Јањца и Гостиље не формирају обимније акумулације подземних вода.

Постоји вјероватноћа да истицање преко познатих и регистрованих извора из карбонатних аквифера Гостиље и Јањца је дефицитарно с обзиром на падавине које се инфилтрирају у ове колекторе. Због тога се може претпоставити да се из подручја Гостиље врши циркулација подземних вода кроз карбонатне аквифере тријаске старости према најјачем изданку подземних вода – термалном изворишту Вишеградске бање.

3.2. Акумулације термалних вода

Акумулација термалних вода је формирана у компликованој геолошко-тектонској структури чије је примарно избијање у подини бигра.

Појаве бигра указују да је основни аквифер термалних вода развијен у карбонатним колекторима пукотинско-карстне порозности.

Масе бигра кречњака указују на знатнију дезинтеграцију и хемијско изношење

Више типова расједних система условљавају изломљеност стијенских маса.

На основу до сада прикупљених података може се претпоставити да су акумулације термалних вода формирана у кречњачком аквиферу који је интензивно израсједан и има веома сложен тектонски однос са ултрамафитима и вулканогено-седиментним стијенама, те да се акумулација прихрањује инфилтрацијом атмосферичке воде кроз пукотине у наведеним стијенским масама.

Акумулација се прихрањује инфилтрацијом атмосферичке воде кроз пукотине и расједе и расједне зоне у ултрамафитима и вулканогено-седиментним стијенским масама, као и у дијеловима гдје су кречњаци откривени односно гдје изграђују површинске дијелове терена. Ово прихрањивање је споро што указује на сложеност механизма формирања издани термалних вода.



Слика 10. – Наслаге бигра на подручју Вишеградске Бање, у близини СБ-2

Акумулација термалних вода у тријаским кречњацима представља разбијену издан са сложеним хидрауличким режимом и механизмом прихрањивања и пражњења. Тријаски кречњаци представљају веома водообилне аквифере на основу њихових филтрационих карактеристика.

Подземне воде загријавају се услијед стратиграфско-тектонског положаја кречњака у овом терену. У највећем дијелу акумулација због дебљине кровинских изолатора нема инфилтрације хладних атмосферских вода. Спора циркулација подземних вода узрокује загријавање вода.

По свом плинском, микрокомпонентном саставу, вриједности Eh, количини као и појави бигра може се закључити да су воде атмосферског поријекла, док увећани садржај SiO₂ упућује на могућност дјелимично јувенилног поријекла термалних вода. Подаци осцилација издашности и температура термалних вода указују да ови извори потичу из јединствене акумулације подземних вода.

Темперање инфилтрационих вода врши се услијед радиоактивних процеса, који су егзотермни те постојања аномалног геотермског степена.

4. Геотермалне карактеристике терена

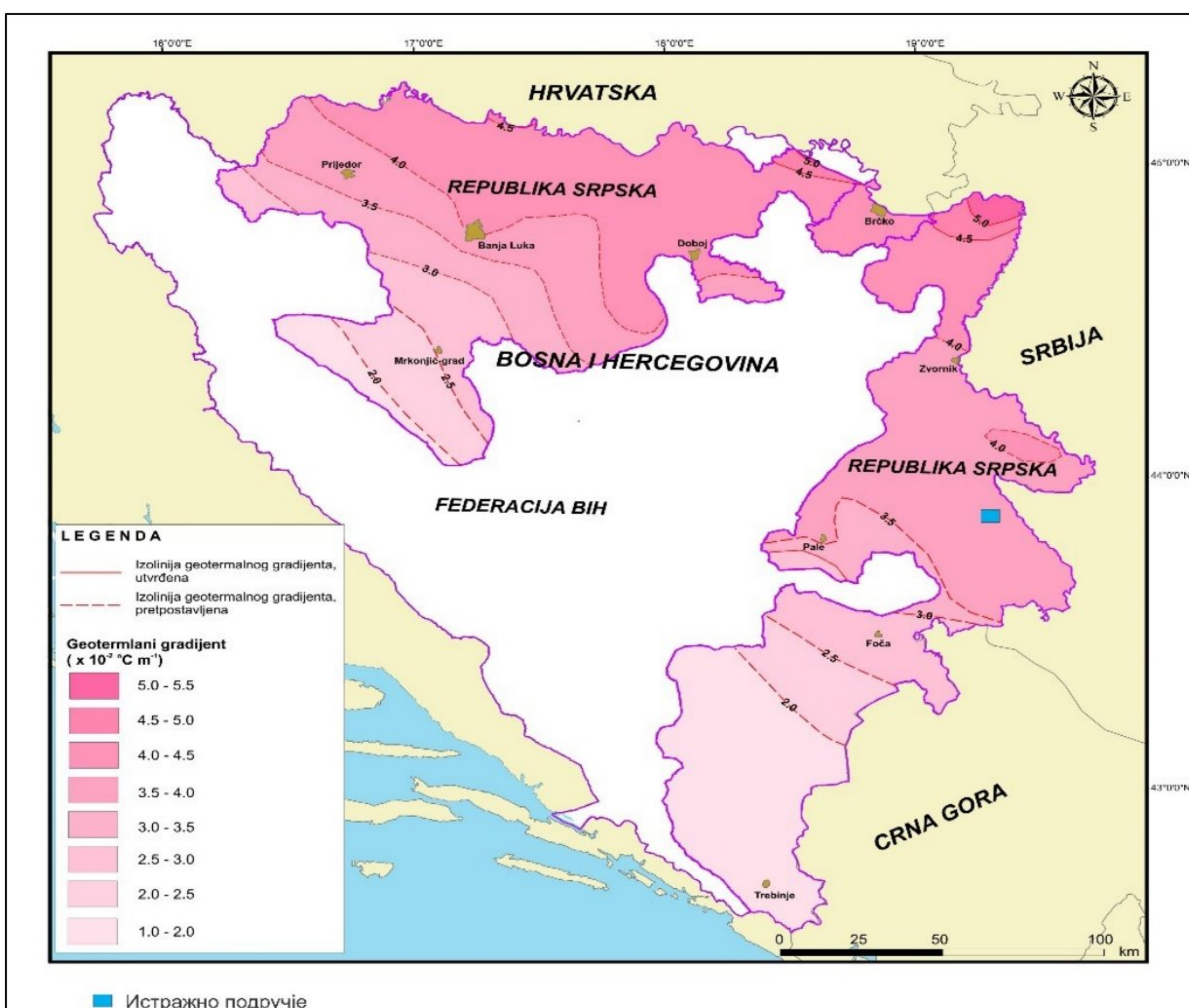
Геотермални потенцијал неког подручја у погледу могућности геотермалне енергије може се оцијенити преко геотермалних параметара, у наставку

Геотермални градијент представља кондуктивни терестички параметар или степен повећања земљине температуре са дужином изражен у °C/m (или °C/km и сл.). Просјечан пораст температуре у континенталним дијеловима Земље креће око 30°C по километру дубине (0.03 °C/m). Директно је зависан од дубине полутечне астеносфере чија температура износи око 1200°C.

Геотермални градијент се рачуна као $\Gamma = q/K$, гдје је q-терестички топлотни ток (Wcm^{-2}), K топлотна проводљивост стијене ($Wm^{-1}K^{-1}$) а Γ – геотермални градијент у Km^{-1} . Геотермални градијент зависи од температуре

стијене, дубине на којој се она јавља, топлотне проводљивости те од различитих геолошких и хидрогеолошких параметара конкретног терена.

На подручју Републике Српске геотермални мјерни градијенти неравномјерно прекривају територију. Генерални закључак је да карстне области спољашњих Динарида на територији РС и БиХ, те даље на сусједним теренима (Хрватске, Црне Горе) имају ниже вриједности од просјечне за подручје Европе која износи $30\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$, а које су често мање и од $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Са друге стране, у подручју унутрашњих Динарида, којим припада истражно подручје се крећу од 21 до максималних (кондуктивних) $50\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$.

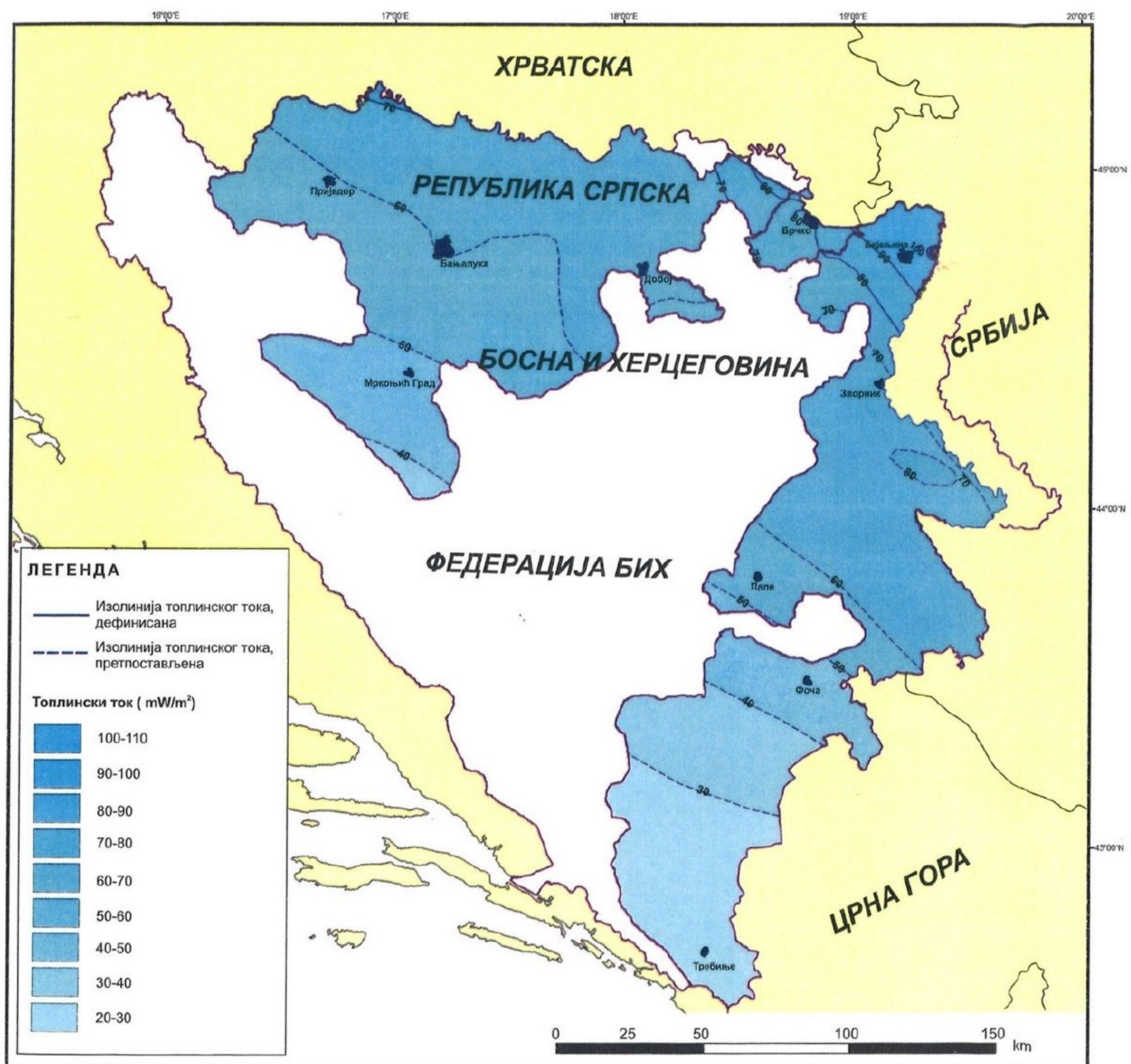


Слика 11. Карта геотермалних градијената територије Републике Српске (Јоловић и др., 2012)

Густина терестичког топлотног тока представља најзначајнији геотермални параметар и критеријум геотермалне потенцијалности. Његова

расподјела на површини земље крајње је неуједначена и поред низа других чинилаца прије свега зависи од геотектонског положаја и топлотне проводљивости стијена које граде Земљину кору на одређеном мјесту. Просјечна вриједност на континентима износи око 65 mWm^{-2} .

Просјечна дебљина земљине коре на територији Републике Српске, како аутори Геотермалног атласа наводе, износи 27 km те се сјеверно од линије Нови Град-Бања Лука-Добој-Зворник очекују зоне топлотног тока и до 100 mWm^{-2} . Уз то наглашавају да је за очекивати да ће вриједност топлинског тока свакако одступати од генералног приказа (Слика 11), укључујући и подручје Вишеграда али и подручја бањалучког региона, ровова сјеверно дијела Републике Српске.



Слика 12. Карта топлотног тока територије Републике Српске (Јоловић и др., 2012)

5. Детаљна хидрогеолошка истраживања термалних вода

Детаљна геолошка и хидрогеолошка истраживања на подручју Вишеградске Бање су извршена у двије фазе, прва у периоду од 1975 до 1976. године и друга у периоду од 1976. до 1977. године.

У оквиру прве фазе извршено је детаљно геолошко и хидрогеолошко картирање и израђене су детаљне геолошке и хидрогеолошке карте размјера 1:25000 и 1:1000.

Извршена су и хидрогеолошка осматрања и мјерења, геоелектрична испитивања, радиоактивна мјерења, израда скраћених и комплетних хемијских анализа узорака воде, анализе плинорности, редокс потенцијал и електропроводљивост вода.

Анализа радиоактивности узорака вода и стијена, петролошке, палеонтолошке, седиментолошке и спектрохемијске анализе узорака стијена.

Хидрогеолошким картирањем на основи 1:1000 обухваћена је површина од 40 ha. Овим радовима упознате су карактеристике стијенских маса непосредне околине Вишеградске бање. На основу сагледавања геофизичких испитивања и геолошког картирања претпостављени су односи стијенских маса по дубини.

Овим радовима су откривени бројни извори термалних вода који до тада нису били регистровани као и њихове физичко-хемијске карактеристике.

У оквиру истражних радова друге фазе истраживања избушено је пет хидрогеолошких бушотина: СБ-1, СБ-2, СБ-3, СБ-4 и СБ-5. Структурне бушотине СБ-1, СБ-2 и СБ-3 су претворене у експлоатационе водозахвате Ради утврђивања хидрогеолошких параметара извршена су тестирања бушотина. Тестирања су изведена у континуитету. На основу проведених тестирања извршен је прорачун хидрогеолошких параметара (К и Т).

Извршена је хемијска анализа набушених вода током бушења и касније, те урађена њихова компарација са хемизмом изворских вода.

Одређена је старост термалних вода Вишеградске Бање изотопским методама ^{14}C и T (^3H).

5.1. Хидрогеолошко осматрања и мјерења термалних извора

Хидрогеолошка осматрања су започета у јулу мјесецу 1975. године, настављају се за термалне изворе кроз цијелу хидролошку годину.

Осматрања су омогућила увид у режим извора, брзину пражњења појединих дијелова аквифера, а на основу корелације података хемизма, падавина, температуре и протицаја, извршено је и тумачење генетских карактеристика термалних вода.

На основу ових радова урађен је катастар термоминералних извора на овом локалитету, приказан у табели 3.

Регистрована је 31 појава термалних вода које се налазе са лијеве стране потока Бања. Ово је једина појава термалних вода на читавом истражном простору и у широј околини. Извори хладних вода у ужем простору Вишеградске Бање нису пронађени.

Термални извори избијају тројако: секундарном дисперзијом из бигра, примарно на контакту појава кречњака и ултрамафита у кориту потока Бања и из серпентинисаних перидотита у кориту потока Бања.

Мјерењима у августу и септембру 1975. године утврђено је да у поток Бања истичу термални извори кроз алувион из бигра. Ово истицање није видљиво али је на основу мјерења протицаја потока Бања на преливима узводно и низводно од прилива термалних вода утврђена разлика која указује да воде истичу у већој мјери нешто што је регистрована издашност термалних извора. Мјерењима на терену у јуну 2022. године, измјерена је температура потока Бања од 26.8°C (слика 15).

Додатна осматрања су извршена у периоду децембар 2016.-носембар 2018. године ("Криптос" 2019, прилог 7.1-7.10).

Табела 3.: Преглед основних хидрогеолошких карактеристика термалних извора Вишеградске бање "Вилина влас" (Миошић Н., 1977)

Редни број	ОБЈЕКАТ	ТИП ИЗВОРА	СТ. ВЕНА ИЗ КОЈЕ ИЗДЈАВЉУЈЕ	Q (l/s) ИЗДАЈНОСТ ИЗВОРА 13.02.1975.	°C ТЕМПЕРАТУРА ИЗВОРА 13.02.1975.	Q (l/s) ИЗДАЈНОСТ ИЗВОРА 01.07.1975.	°C ТЕМПЕРАТУРА ИЗВОРА 01.07.1975.	Q (l/s) ИЗДАЈНОСТ ИЗВОРА 21.07.1975.	°C ТЕМПЕРАТУРА ИЗВОРА 21.07.1975.	ПРИМЕДБА
1	НЕКАПИРАНИ ИЗВОР	контактно улазни вулкански	распадни комплекс пречњак и домоваца	≈ 0,6	26	1	26	1	2,70	контакт није јасан
2	НЕКАПИРАНИ ИЗВОР	свјетли вулкански	из пречњак	≈ 0,6	22	≈ 0,5	22	≈ 0,2	22,50	максимални напон
3	КАПИРАНИ СОКО ДО ВЕНА БАЊА	свјетли	из бугра	1,10	34,2	1,45	34,4	1,99	34,90	-
4	НЕКАПИРАНИ ИЗВОР	свјетли	бугар, влас и влас	≈ < 0,1	29	-	-	-	-	-
5	НЕКАПИРАНИ ИЗВОР	свјетли	жутицасти влас	није приједен или није постојао	-	-	-	≈ 0,6	32,40	жутицасти влас Бање
6	НЕКАПИРАНИ ИЗВОР	вулкански свјетли	из контактне бугра	≈ 0,5	32,2	-	-	≈ 0,8	32,20	-
7	НЕКАПИРАНИ ИЗВОР	секундарни свјетли	из жутицасти влас Бања	≈ < 0,1	-	-	-	-	-	-
8	НЕКАПИРАНИ ИЗВОР	секундарни свјетли	из спре брине	није приједен или није постојао	-	-	-	≈ 1,5	31,00	жутицасти влас Бање
9	НЕКАПИРАНИ ИЗВОР	улазни	из власи и бугра	0,5	32,5	извор је прерушен жутицасти влас	-	-	-	-
10	НЕКАПИРАНИ ИЗВОР	улазни	из власи и бугра	≈ 1	32,9	извор је прерушен жутицасти влас	-	власи извора Q=22,5 l/s	-	контакт бугра и жутицасти
11	НЕКАПИРАНИ ИЗВОР	свјетли	из контактне бугра	није приједен или није постојао	-	-	-	≈ 0,9	32,00	контактне вадужине од 10 м
12	НЕКАПИРАНИ ИЗВОР	свјетли	из власи и бугра	≈ 0,9	32,5	извор је прерушен жутицасти влас	-	-	-	-
13	НЕКАПИРАНИ ИЗВОР	свјетли	из власи и бугра	≈ 0,9	33	извор је прерушен жутицасти влас	-	-	-	-
14	НЕКАПИРАНИ ИЗВОР	свјетли	из бугра	≈ 0,2	32,8	извор је прерушен жутицасти влас	-	-	-	између 14. и 15. власи
15	НЕКАПИРАНИ ИЗВОР	улазни	из бугра	≈ 0,7	31,1	извор је прерушен жутицасти влас	-	-	-	радијационо изворнике Q=1 l/s
16	НЕКАПИРАНИ ИЗВОР	свјетли	из контактне бугра	није приједен или није постојао	-	≈ 0,2	33,9	-	33,90	-
17	НЕКАПИРАНИ ИЗВОР	свјетли	из контактне бугра	≈ 0,2	32,1	0,2	33,9	≈ 0,8	33,90	Q17+Q18=0,5 l/s
18	НЕКАПИРАНИ ИЗВОР	свјетли	из контактне бугра	≈ 0,9	32,1	0,9	33,2	-	33,90	-
19	КАПИРАНИ КАДУЛЈИНА БАЊА	свјетло проказљива	из бугра и власи	≈ 1,9	32	1,28	33,1	1,17	33,90	-
20	ИНИТАНИНЕ	свјетло проказљива	из контактне бугра	≈ < 0,1	29,2	≈ < 0,1	33,2	≈ 0,1	33,70	-
21	ОЧНА ВОДА	свјетло проказљива	из контактне бугра	≈ 0,01	23	≈ 0,1	-	-	-	-
22	НЕКАПИРАНИ ИЗВОР	свјетло проказљива	из распадне бугра	≈ 0,1	-	≈ 0,1	-	-	-	T°C се не може мјерити
23	НЕКАПИРАНИ ИЗВОР	свјетли	из распадне бугра	≈ 0,1 - 0,2	T (°) се не може мјерити	-	-	-	-	између 20., 22. и 23. власи
24	НЕКАПИРАНИ ИЗВОР	свјетли	из власи и власи	≈ 0,90	32,5	0,9	33,2	0,90	33,50	-
25	НЕКАПИРАНИ ИЗВОР	свјетли	из власи и власи	≈ 0,1	32,2	≈ 1,2	33	≈ 1	32,80	-
26	НЕКАПИРАНИ ИЗВОР	свјетло проказљива	из серпентини	≈ < 0,1	25	≈ 0,1	22,50	-	-	-
27	ИНИТАНИНЕ	свјетло проказљива	из серпентини	≈ < 0,1	T (°) се не може мјерити	-	-	-	-	зоне знојања на 10-12 м дужине
28	ПРОКАЉИВАЊЕ	свјетло проказљива	из серпентини	≈ < 0,1	15	-	T (°) се не може мјерити	-	-	мањина е са златним и сребрним власима
29	ПРОКАЉИВАЊЕ	вулканско проказљива	из серпентини	≈ < 0,1	12	-	-	-	-	мањина е са златним и сребрним власима
30	ПРОКАЉИВАЊЕ	вулканско проказљива	из серпентини	≈ < 0,1	18	-	-	-	-	мањина е са златним и сребрним власима
31	ПРОКАЉИВАЊЕ	вулканско проказљива	из серпентини	≈ 0,1 - 0,2	17	≈ 0,2	21,00	≈ 0,2	21,00	мањина е са златним и сребрним власима

На основу података из табеле могу се извести следећи закључци:

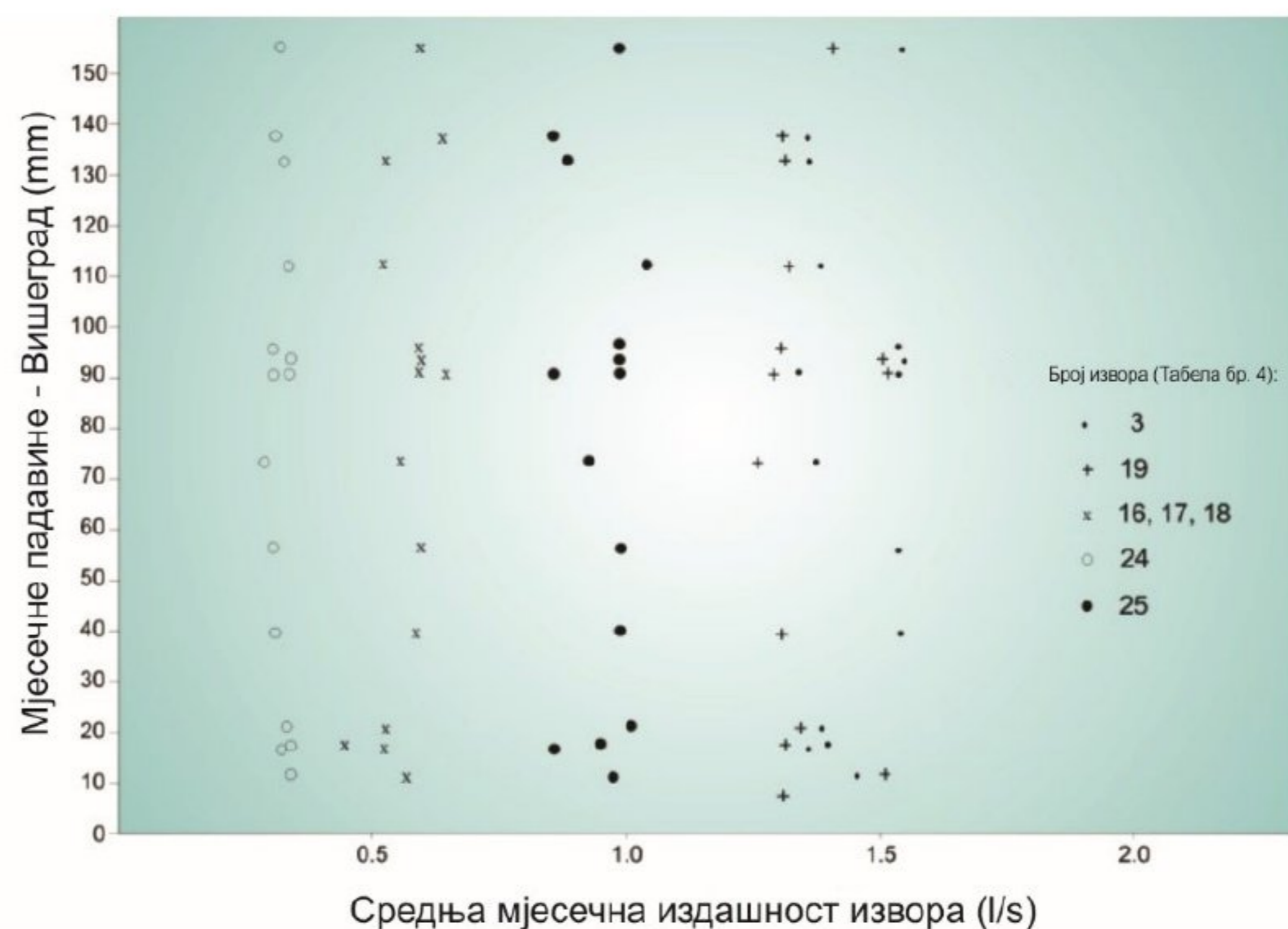
- Најнижу издашност и температуру имају извори из серпентинита ($\leq L/s$)
- Термални извори из бигра представљају појаве са највећом издашношћу и температуром (32.1 – 34.4 °C)
- Највиша температура забиљежена је на извору Соколовићева Бања
- Извори из бигра у кориту потока Бање имају температуре ниже за сса 2°C од температуре извора Соколовићева Бања
- Минималне издашности регистроване су у фебруару 1975. и 1976. године, што одговара подацима о најнижим средње мјесечним падавинама за 16-годишњи период (Н. Миошић, 1976.)
- Огњиште примарног избијања термоминералних вода је у подини бигра у залеђу Соколовићеве Бање
- Механизам прихањивања акумулације термоминералних вода је сложеног карактера

Теренским мјерењима при извођењу практичног дијела наставе добијени су приближни резултати за температуре на извору 19, измјерена је температура од 32.5°C (-0.1°C разлика у односу на 1977.), електропроводљивост од 441 $\mu S/cm$ што указује на поријекло из кречњачких наслага. За извор број три је измјерена нешто нижа температура у односу на доступне податке, 32.8°C, електропроводљивост је у сличном опсег са вриједношћу од 449 $\mu S/cm$. Изведеним хидрогеолошким истраживањима од 1975. године па до данас, утврђене су униформне квантитативне и квалитативне карактеристике термалних вода.

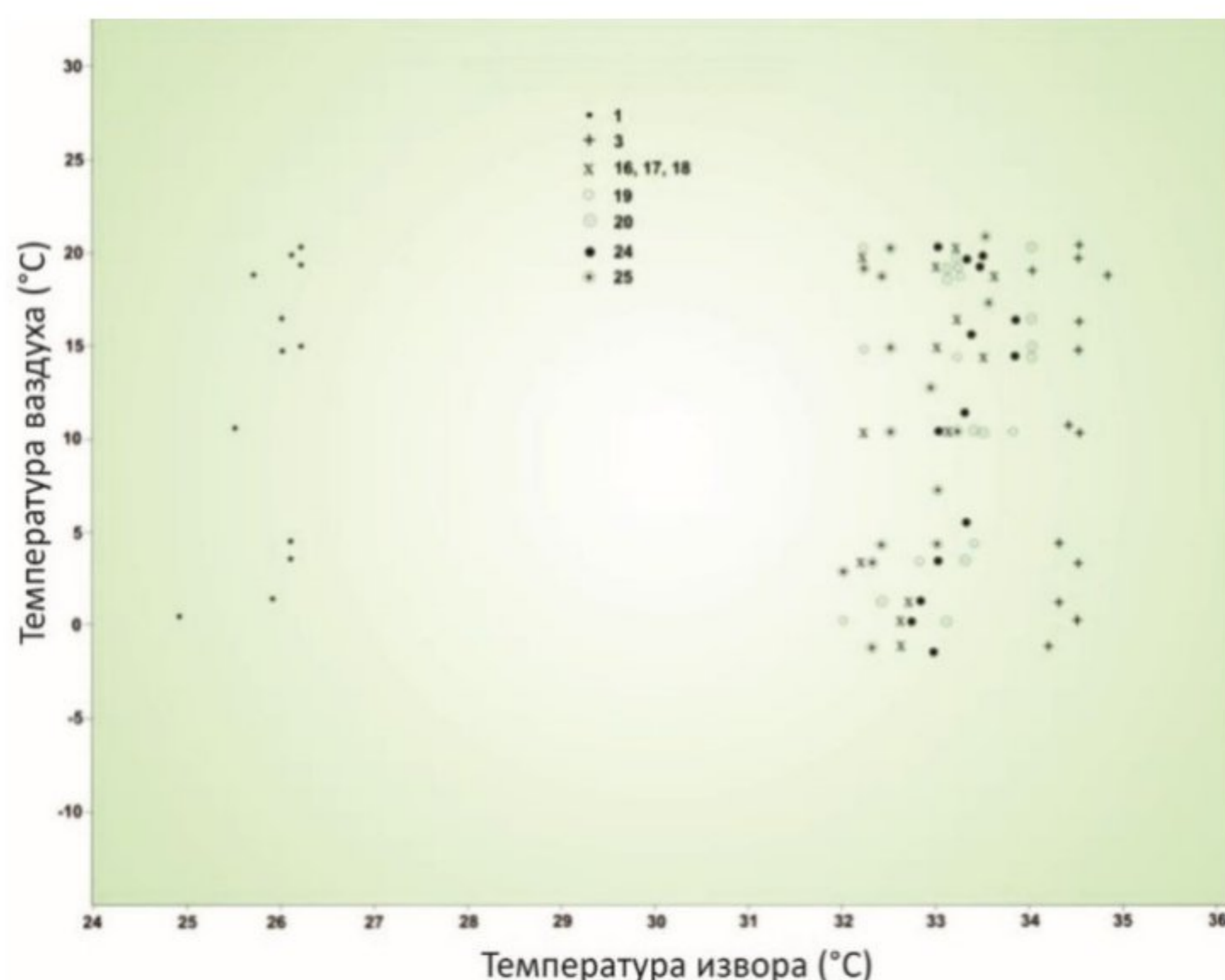


Слика 13. In-situ мјерења физичко-хемијских параметара, поток Бања, Вишеградска Бања (2022)

На сликама 10. и 11. приказани су дијаграм односа издашности термалних извора и количине падавина и дијаграм односа температуре термалних извора и температуре ваздуха.



Слика 14. - Дијаграм односа истицања термалних извора и падавина VII 1975.- IX 1976 (Јоловић и др., 2013.)



Слика 15. - Дијаграм односа температуре термалних извора и температуре ваздуха VII 1975.- IX 1976 (Јоловић и др., 2013.; број извора (Табела 3) ;

Анализирајући дијаграме са слика 10. и 11. може се извести закључак да наведени параметри нису зависни од климатских фактора. Изузетак су само извори са издашношћу мањом од 0,1 L/s, који истичу из травертина и алувијалних седимената и чија температура је у корелацији са температуром ваздуха.

Након бушења истражних бушотина дошло је до одређених промјена параметара на појединим изворима.

5.2. Анализа мјерења издашности и температуре термалних вода мјешањем са водама потока Бања

Мјерењем протицаја и температуре воде потока Бања низводно од и узводно од прилива термалних вода добијамо разлику у која представља доток термалних вода у поток Бању. Као усредњена разлика издашности је узето $Q=18,3^{\circ}\text{C}$. На основу Рихмановог правила приближно је одређена температура термалних вода, $T=32,0^{\circ}\text{C}$.

5.3. Индикације о локацијама примарног излијевања термалних вода на основу термометријских мјерења

Анализирањем термометријских мјерења извршених на два нивоа добијене су хидроизотерме које указују на максимуме температурних аномалија. Максимуми температура тла на дубини од 1,5 m од површине терена одговарају зонама већег излијевања термалних вода испод бигра односно ове аномалије одговарају расједној зони дуж које избијају топле воде.

Постојање више максимума указује на могућност дисперзног избијања воде на више мјеста. Повезимањем максимума добијамо расједну зону која представља избијање термалних вода у подини бигра. Постојање више максимума може указивати и на недовољну густоћу истражних бушотина као и на изразиту анизотропност температурних карактеристика бигра, шупљикавост.

Падање температуре од извора 4 према извору 3 је аномално јер би требале температуре бити повећане код Соколовићеве бање (Извор 3). Овоме може бити узрок асцензија термалних вода у самом подручју Бање једним скоро вертикалним каналским системом кроз бигар. Ову аномалију можемо тумачити дјелимично и малом густином бушотина.

Увећане вриједности температура тла нису добијене око термалних извора у кориту потока Бања, што може указивати да су ово гравитациони извори, који теку кроз бигар и по његовом контакту са подином разним ирегуларним каналским системима.

Примарно извориште термалних вода је на вишим котама, иде од Соколовићеве бање (Извор 3) према извору 20 и прати горњу етажу старих каменолома у бигру.

Термометријска мјерења указују на повећање температуре тла у подручју платоа бигра. Максимуми аномалија представљају загријавање тла које изазива избијање термалних вода.

6. Хемијске карактеристике термалних извора

Све појаве термалних вода карактериште уједначен хемијски састав, једино одступање представља извор из серпентинита. Током хидролошке године осцилације хемизма су скоро незнатне.

Минерализација

Минерализација термалних вода је у распону од 267-400 mg/l.

Сви извори из бигра имају уједначену ниску минерализацију од сса 385 mg/l. Улазни извор из кречњака има минерализацију од 400 mg/l, док извор из серпентинита има нижу минерализацију, од 267 mg/l.

Укупна тврдоћа

Тврдоћа анализираних вода се креће од 8,4 dH (извор 31) до 14,0 dH (извор 1).

Катјонски састав

По катјонском саставу воде припадају Ca-Mg типу, једино је извор 31 (из серпентинита) Mg-Ca вида. Због минералошког састава серпентинита и његове даље алтерације – издвајању колоидног SiO₂ и MgCO₃.

Анјонски састав

По анјонском саставу све воде припадају HCO₃-SO₄ и HCO₃-Cl типу. Овако велик садржај HCO₃ јона одражава карактеристике литологије из које воде избијају, а указује и на највећи утицај атмосферички при формирању акумулације термалних вода.

Микрокомпонентни састав

Микрокомпоненте су засупљене са ниским концентрацијама од 0,2 – 100 $\mu\text{g/l}$. Највећу заступљеност има Sr (40-70 $\mu\text{g/l}$), Mn варира од 4 – 100 $\mu\text{g/l}$ (100 mg/l – извор из серпентинита). Извори из бигра имају уједначену концентрацију Mn (5-10 $\mu\text{g/l}$). Садржај Pb је највећи у извору 17 и износи 100 mg/l , значајно је још заступљен и на извору Доња Бања (60 $\mu\text{g/l}$), у осталим изворима се креће од 5-50 $\mu\text{g/l}$.

Мали садржај стронцијума и калијума указује да је радиоактивност вода потекла од уранског радиоактивног низа.

Оксидо-редукциони потенцијал и рН вриједност

Позитивне вриједности оксидационо-редукционог потенцијала указују на постојање редокс система $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ (око 100 mV) и на највећим дијелом атмосферски начин постанка вода тј. на вадозни карактер акумулације. Воде се формирају у подручју оксидационих услова.

Све анализиране воде имају приближно исте вриједности Eh и рН. Вриједности рН код извора ниже издашности показују јачи алкалинитет (8,2-8,5), код извора веће издашности термалних извора рН се приближава неутралној средини (7,5-7,7).

На основу вриједности Eh и рН закључујемо да постоје могућности подједнаког растварања свих компоненти у свим изворским водама, тј претпоставља се да постоји једно за све изворе основно извориште.

Плински састав

Све воде осим извора 1 су азотно-кисеоничне (60% ml/l и 22% ml/l) дакле индицирају атмосферски начин постанка вода. Воде контактеног извора 1 у односу на претходне имају нешто повишен садржај CO_2 (29,7 % ml/l), а мањи садржај N_2 и O_2).

Удио плинске фазе H_2S и CH_4 је испод 1% ml/l што додатно даје тежину претпоставци о атмосферском поријеклу вода.

Међујонски односи

Већина вода има однос Na/Cl већи од 1 те ове ове припадају континенталној средини постојања. Сличне резултате дају и анализе хладних вода из ширег подручја. Изузетке представљају узлазни извори 1 за вријеме ниских вода и извор из серпентинита

Упоредном анализом међујонских односа наведених термалних вода и вода на подручју Вишеградске Бање долазимо до закључка да је основни аквифер термалних вода кречњачког састава те да су воде највећим дијелом атмосферског поријекла.

Воде Вишеградске Бање сличе оним термама, које избијају на контакту дијабаз-ројне формације и кречњака (Олово, Топлица Спреча, Солун, Кнежина, Рогатица, Краљева Сутјеска). Највећу сличност има са оловском термом.

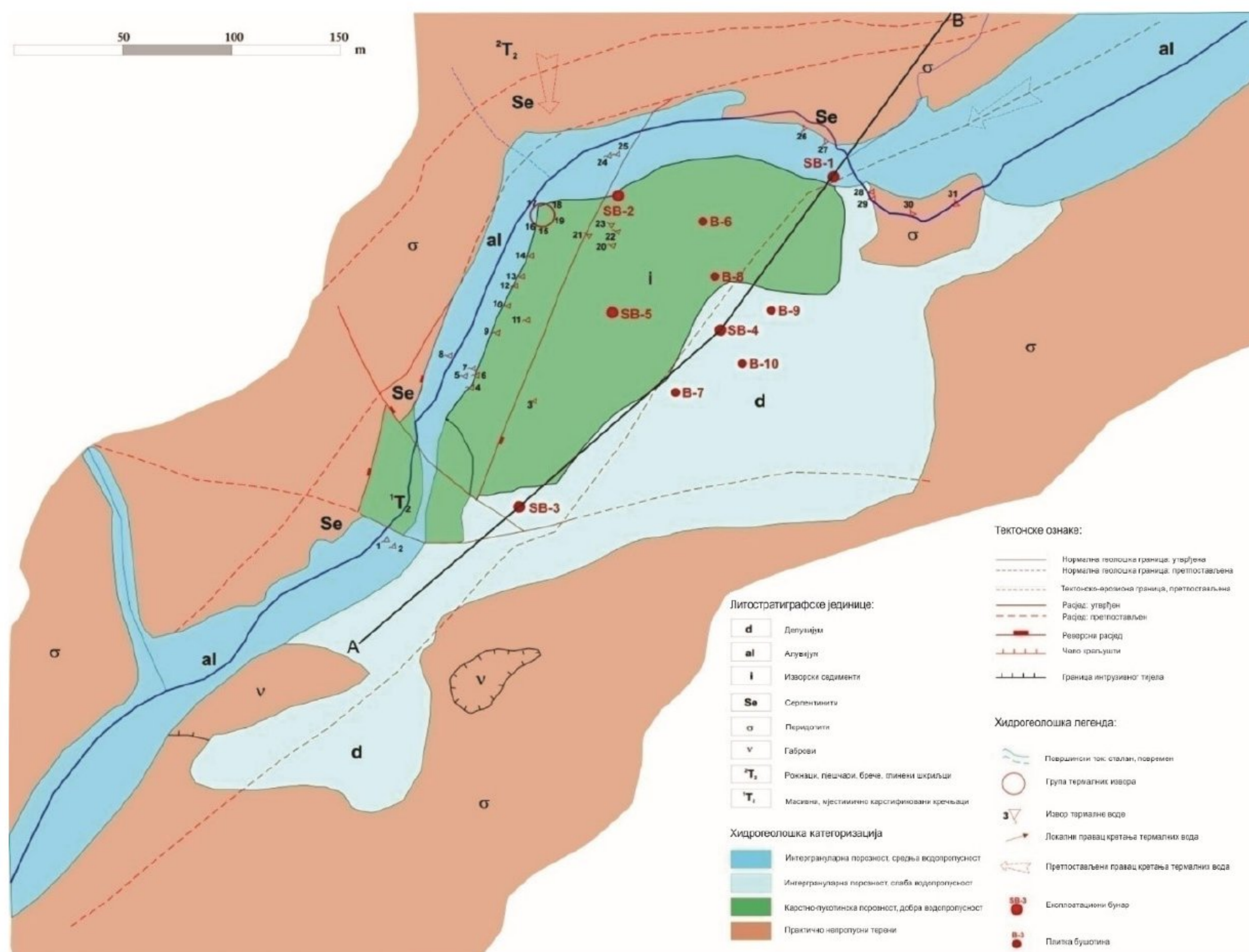
Воде Вишеградске Бање су уједначеног хемизма у разним периодима испитивања и изворске воде представљају јединствену акумулацију у којој су осцилације хемизма, температура и издашности малог реда величина.

Најчешћа сличност међујонских односа у посматраним водама је: Cl/SO₄, HCO₃, Ca/Mg.

По Извјештају Ј. Јосиповићу (1967.) највећу сличност термалне воде Вишеградске Бање имају са хидротермом у Фојници.

7. Детаљна хидрогеолошка истраживања изворишта термалних вода

У оквиру истражних радова друге фазе истраживања (1976/77 година) (Миошић Н., 1977.) избушено је пет хидрогеолошких бушотина: СБ-1, СБ-2, СБ-3, СБ-4 и СБ-5.



Слика 16. Хидрогеолошка карта подручја Вишеградске Бање (Јоловић и др., 2013.)

7.1. Истражне бушотине и остали пратећи радови

У оквиру друге фазе истраживања укупно је избушено пет хидрогеолошких бушотина: СБ-1, СБ-2, СБ-3, СБ-4 и СБ-5. Почетак бушења СБ-1 био је 17.9.1976., а бушотина СБ-5 завршена је 8.1.1977. године.

Укупна метража бушења износи 596,5 m'. Бушотине СБ-1, СБ-2 и СБ-3 су постали продуктивни водозхвати, СБ-4 је структурна бушотина, СБ-5 је плитка истражна бушотина.

Приликом бушења вршена су различита привремена и повремена зацјевљивања, која су имала различите циљеве као што су: затварање набушених хоризоната да би се установила веза између водоносних хоризоната, установљење нових количина воде и температуре дубље од зацјевљенох дијела бушотине, спријечавање затварања горњих хоризоната евентуалним набушеним водама из доњих хоризоната под већим притиском, спријечавање запуњавања пливних водоносних хоризоната са набушеним материјалом из дубљих нивоа, испитивање физичко-хемијских и радиолошких својстава дубљих хоризоната и извођење сигурног бушења.

7.2. Бушотина СБ-1

Локација бушотине је одређена на основу резултата истраживања I фазе, на темељу геолошког профила терена који је конструисао mr Јосип Папеш.

Овом бушотином је доказано да ултрамафити и дијабаз-рожна формација леже на тријаским кречњацима.

Бушотином СБ-1 су након алувијалних шљункова, валутака и пјескова набушени серпентинити након којих су на 36,40 m набушени кречњаци тријаске старости, затим зона ушкриљених глинаца (42,30 – 52.60 m) те до коначне дубине од 181,00 m бушотина је пролазила кроз тријаске кречњаке.

У интервалу од 36,40 – 42,30 m дубине набушен је хоризонт кречњака гдје кровину чине серпентинит а подину ушкриљени глинци. У пукотинама су примјећене импрегнације пирита што указује на некадашњу циркулацију и асцензију хидротермалних раствора.

Хомогена маса кречњака набушена је након танког хоризонта жељезовитих глинаца (53,70 – 54,10 m).

Кречњаци су изразити анизотропни, испуцали и каверозни до 137-ог метра, дубље представљају компактније масе из којих нема дотицаја термалних вода.

До 69,10 m дубине у циљу евентуалног спријечавања губитка термалних вода и одвајања хладних површинских вода од термалних вода као и да би се бушотина заштитила од зарушавања у зони промјењивог литолошког састава,

бушотина је избушена са \varnothing 131 mm и обложена заштитном колоном од \varnothing 128 mm.

Након досегнуте дубине од 181 m од површине терена бушотина је претворена у експлоатациони објекат.

Паралелно са бушењем осматрани су хидрогеолошки параметри: издашност, притисак, температура набушених вода. Уочено је дисконтуирано повећавање издашности напредовањем са бушењем. Оно почиње са температуром $T = 25,5$ °C и издашношћу од $Q = 0,1$ L/s, да би при дубини од 137,70 m температура воде износила $T = 32,2$ °C и издашност $Q = 30$ L/s.

Уплив бушотина СБ-2 и СБ-3 довео је до смањења издашности на СБ-1.

Температуре набушених арешких термалних вода износиле су при дубини од 87,20 m максимално $T = 33,8$ °C уз издашност $Q = 7,0$ L/s. При овим елементима притисак воде на ушћу бушотине био је максималан и износио је $P = 2,3$ at при потпуно затвореној бушотини.

Повећањем дубине долази до повећања издашности и до смањења температуре на коначну вриједност од 32,2 °C.

Повећање температуре прати и повећање притиска термалних вода, док притисак воде и издашност самоизлива бушотине нису међусобно зависне величине.

Након што је избушена бушотина СБ-1, значајне промјене температуре и издашности су регистроване на извору број 20.

7.3. Бушотина СБ-2

Структурна бушотина СБ-2 лоцирана је у подручју претпостављеног расједа између високотемпературних извора (16, 17, 18, 19, 20, 24 и 25) те на темељу геофизичких аномалија температуре и геоелектричних (привидни специфични отпор на 500 om m) и геолошко-хидрогеолошких профила терена.



Слика 17. Извориште Вишеградска Бања – бушотина СБ-2

Бушењем је установљен вертикални профил кроз стијенске масе.

Након бигра дебљине 1,5 m набушена је алувијално-делувијална дробина до 20,20 m дубине и тиме је утврђено да је наслага бигра млађа од алувиона. Алувион лежи на серпентинитима (10 m), а затим су набушени дијабази и дијабазне брече (од 30,00 – 53,30 m). Као и на бушотини СБ-1 набушен је слој кречњака дебљине 6,70 m интерстратификован у ушкриљене глинце. Овај кречњачки хоризонт не посједује акумулације термалних вода.

Од хоризонта 72,80 до крајње дубине од 160 m набушени су прекисталисани, испуцали и мјестимично каверозни кречњаци са бројним затвореним пукотинама испуњеним калцитом те отвореним пукотинама са кристалима калцита и упрскањима пирита. Затворене пукотине су различите оријенатације, често и вертикалне, што може указивати на правце некадашње циркулације вода.

Прва појава термалне воде регистрована је у подини серпентинита (42,80 m дубине) са темепатуром од 19,1 °C, док је самоизлив $Q=0,9$ L/s био у подини глинаца на контакту са главном масом кречњака. У интервалу од 81,20 – 93,40 m веће количине термалних вода дотичу у бушотину. При дубини од 101,10 m издашност је $Q=32-34$ L/s, $T_v=29,2$ °C и притисак $p=2,3$ at.

Издашност бушотине накнадно је смањена услијед привременог радног зацјевљења колоном пречника \varnothing 113 mm од површине терена до дубине од 86,70 m. Претварање структурне бушотине у експлоатациону условило је смањење издашности и повећање излазне температуре воде на $T=30,6$ °C.

При ерупцији СБ-2 реаговали су најприје извори 16, 17, 18, 19. 25 а након тога и СБ-1.

Бушотином СБ-2 добијене су нове количине термалних вода са нешто смањеном температуром ($30,6^{\circ}\text{C}$) у односу на СБ-1 ($32,2^{\circ}\text{C}$). Нижа температура указује на сложену и директну хидрауличку везу СБ-1 и СБ-2, те се може извести закључак о знатној водообилности аквифера термалних вода.

7.4. Бушотина СБ-3

Бушотина је лоцирана на мјесту гдје је геолошким и геофизичким испитивањима претпостављен контакт два расједа. У овом подручју су према томе претпостављени правци кретања термалних вода. По вертикали су одређени релативно високи отпори од 400 om m (кречњаци), а биле су увећане и вриједности аномалија радиоактивности.

Набушене су различите стијене у односу на СБ-1 и СБ-2. До 13,50 m дубине набушена је делувилална заглињена распадина ултрамафита, дијабаза. Затим су набушени разнобојни ушкриљени глинци, катаклазирани, милонитизирани са фрагментима спилита, кварцних пјешчара и хетерогених бреча. Од 68,00 – 68,30 m набушен је прослојак црвенкастих рожнаца и силификованих кречњака, који указује као и код СБ-1 и СБ-2 на кровину кречњака. Од 68,30 – 105,00 m бушотина је пролазила кроз различите врсте кречњака, мјестимично карстификоване (86,00 – 92,00 m), бречолике са бројним и неправилним калцитним венама те упрскањима пирита. У интервалу од 91,90 – 102,00 m примјећене су измјене силификованих кречњака, глинаца и каверозних кречњака.

Бушотина је завршена са крајњом дубином од 105,00 m. Сам геолошки-хидрогеолошки профил бушотине указује највјероватније на расједну зону кроз коју је бушотина пролазила.

Бушотина је претворена у експлоатациони објекат изградњом разводне и мјерне конструкције, која укључује експлоатациону колону (\varnothing 113 mm, вентил 150 mm, маонометар и др.)

Прва појава термалне воде регистрована је на СБ-3 07.11.1976. године, при дубини од 65,00 m са издашношћу $Q < 0,1$ L/s и $T=26^{\circ}\text{C}$. При дубини од 86,00 m бушотина је нагло еруптирала 9.11.1976. са издашношћу од $Q=16$ L/s, температуром воде $T_v=29,4^{\circ}\text{C}$ и притиском $p=2,15$ at на ушћу бушотине при потпуно затвореној бушотини.

Поновна ерупција воде се десила 11.11.1976. при дубини од 91,90 m са капацитетом воде $Q=32-34$ L/s, $T_v=29,9^{\circ}\text{C}$ и $p=2,3$ at.

Свакодневним мјерењима паралелно са напредовањем бушења регистроване су устаљене вриједности: $Q=34$ L/s, $T_v=30,5^{\circ}\text{C}$, $p=2,3$ at.

Иако су у истом периоду бушене СБ-1 и СБ-2, хидрогеолошки параметри на СБ-3 су остали непромјењени. Напредовањем бушења нису набушене нове количине или веће температуре. Бушотина СБ-3 представља најпродуктивнију бушотину са температурним карактеристикама истим као на СБ-2.

Температурне осцилације извора 1, 2, 4, 5, 6 немају у овом периоду нити функционалну нити стохастичку везу са излијавањем термалних вода из бушотине СБ-3. Није постојала могућност мјерења издашности на наведеним изворима, али на основу слободне процјене изведен је закључак да нису постојале осцилације издашности.

7.5. Бушотина СБ-4

Бушотина СБ-4 је бушена на локацији на којој је геофизичким сондирањем претпостављен расјед којим циркулишу термалне воде.

Из геоелектричних профила произилази да масе већих отпора овдје леже ближе површини и представљају кречњачке колекторе – аквифере термалних вода. Бигар је овдје највеће дебљине, што указује да је некадашње извориште хидротерми било у овом нивоу.

Прелиминарним испитивањима на СБ-1, СБ-2 и СБ-3 нису добијене увећане вриједности радона у водама оног реда величине којег имају природни извори па то је и био разлог за бушење бушотине СБ-4.

Ова бушотина има сличан профил у дубљем дијелу као и СБ-1. Након бигра дебљине 22 m набушени су валутци габра и дијабаза дебљине 0,60 m. До 49,70 m развијени су серпентинити, а од 49,70 – 61,00 m глинци са фрагментима пјешчара и дијабаза. Од 61,00 – 68,90 m набушен је хоризонт кречњака, а затим до дубине од 75,50 m од површине терена глинци са пјешчарима, лапорима и рожнацима.

Интервал од 75,50 – 108,50 m представљен је испуцалим кречњацима, бречоликим са прослојцима жељезовитих глинаца. Од 108,50 – 120,50 m набушени су компактни кречњаци са бројним неправилним калцитним жилама.

Овом бушотином није набушен главни аквифер (ни након зацјевљења бушотине са колоном Ø 98 mm није дошло до наглог издизања подземних вода а температура је досегла температуру осталих набушених вода) и интерстратификовани кречњак је дебљине око 7 m, аквифер је веома слабе водообилности.

Накотама гдје је лоцирана СБ-4 не могу се добити артешке воде.

Из анализирања садржаја радона у водама ове бушотине при различитим дубинама уочено се да је истог реда величине као и на осталим бушотинама.

Хидрауличка веза ове бушотине утврђена је једино са извором 20 при бушењу у кречњацима на дубини од 88,00 m. Тада је активирао извор 20 и имао је температуру $T = 29 - 32$ °C.

Да би бушотина имала исте услове излијевања као и остале бушотине требало је извршити уградњу бунарске конструкције те поставити дубинску пумпу. Будући да финансијских средстава за ове радове није било, а и није неопходно да се добијају нове количине термалних вода исте температуре, хемизма и радиолошких својстава као што то има СБ-1, обзиром на већ доказани капацитет од $Q=70$ L/s на осталим бушотинама.

Како не би служила као негативни дрен, бушотина је тампонирана цементиним млијеком и глином по цијелој дужини набушеног интервала.

7.6. Бушотина СБ-5

Овом бушотином требало је установити геолошки и хидрогеолошки профил плитких хоризоната бигра и подине и поближе дефинисати хидрогеолошке карактеристике изворишта Вишеградске Бање.

Требало је испитати да ли постоји циркулација термалних вода кроз бигар, какве су температуре вода и водообилност колектора, и радиолошка својства набушених вода.

Напредовањем бушења до 30,00 m дубине добијено је мало повећање нивоа подземних вода, мали пад температуре условљен је водама из потока, којима се испирала бушотина.

Бушотина је до 18,80 m дубине прошла је кроз бигар, који лежи на серпентинитима за разлику од осталих бушотина, а даље до коначне дубине од 30 m набушени су серпентинити са прслинама, пукотинама и жицама калцита.

С обзиром на висину издизања нивоа (426 mm) термалних вода јасно је да су овом бушотином набушене веома мале количине термалних вода те да у овом подручју нема циркулације ових вода кроз бигар.

Уочено је да постоји изразита денивелација подземних вода. Извор 20 (кота 430,37 m.n.m.) истицао је слободно за вријеме бушења СБ-5, што значи да је његов механизам и хидраулички режим потпуно одвојен од СБ-5. То уједно значи да сваки извор води поријекло из основне акумулације, да су извори узлазни и да независно истичу уским привилегованим путевима – пукотинама на површини терена, исто тако да су обзиром на разне факторе загађености, извори и акумулација термалних вода природно заштићени у овом подручју.

Доказано је бојењем СБ-5 10.1.1977. године, у бушотину у којој није било заштитних колона при НПВ = - 9 m и температури воде у бушотини $T=31,6$ °C, убачено је 20 kg Na-флоуресцина раствореног у 40 литара воде. Како се након 24 часа боја није нигдје појавила по природној циркулацији, то је започето уливање воде у бушотину, тако да је ниво подземних вода увијек био на минус 0,5 m од површине терена.

Количина радона у води бушотине СБ-5 узета (12.1.1977.) из незацјевљене бушотине износила је слично као и остали природни извори што

значи да садржај радона у термалним водама зависи од брзине циркулације вода па и од тога да ли се вода креће кроз наслаге бигра.

7.7. Хидрогеолошке карактеристике аквифера термоминералних вода

Структурне бушотине СБ-1, СБ-2 и СБ-3 су претворене у експлоатационе водозахвате.

Ради утврђивања хидрогеолошких параметара извршена су тестирања у два наврата од 25.01.1977. до 10.02.1977. и од 12.04.1977. до 22.04.1977. Тестирања су изведена у континуитету. У прилогу су 8.1-8.7 су дати детаљно обрађени подаци ("Криптос", 2019) за тестирања извршена у периоду од 12.04-22.04. 1977.

Одвојеним тестирањем при пуним капацитетима ($p=0$ bar) добијени су резултати су приказани у табела 4., укупна издашност бунара је износила $Q=79,8$ L/s.

Табела 4. – Издашност бунара током појединачног теста црпљења

Бунар	Издашност (L/s)
СБ-1	21.00
СБ-2	24.80
СБ-3	34.00

Паралелним тестирањем 30.01.1977. године, добијени су, обзиром на грешке мјерења, слични резултати, једино при паралелно тестирању СБ-2 и СБ-3 смањене су њихове издашности за 2,8 L/s односно 2,5 L/s.

Да би се добили дијаграми узајамне зависности издашности и притиска, специфичне издашности и снижења и промјене температуре извршено је од 31.1. до 4.2.1977. године, паралелно тестирање водозавхвата до постизања стационарног стања и његовог одржавања. Добијени резултати су приказани у табели 5.

Табела 5. – Издашности бунара током спрегнутог теста црпљења

Бунар	Издашност (L/s)
СБ-1	19.00
СБ-2	22.50
СБ-3	28.50

При паралелном тестирању издашност сва три бунара износи $Q = 70,0 \text{ L/s}$, те је смањење укупног капацитета при паралелном раду сва три бунара $Q = 9,8 \text{ L/s}$.

На основуведеног тестирања извршен је прорачун хидрогеолошких параметара.

Прорачун је изведен за коефицијент филтрације (K) и коефицијент трансмисибилности (T) по графоаналитичкој методи Јасоб-а, уз примјену следећих образаца:

$$T = 0.183 Q / \Delta S$$

Q – капацитет црпљења (m^3/s)

ΔS – разлика у снижењу између двије тачке на правој, која за један логаритамски циклус представља угловни коефицијент праве према апциси (m)

Коефицијент филтрације (k) је израчунат по обрасцу:

$$k = T / M$$

T – коефицијент трансмисибилности (m^2/s)

M – моћност водоносног хоризонта (m)

Резултати прорачуна су дати у табели 7.

Табела 6. - Резултати прорачуна хидрогеолошких параметара на основу резултата црпљења и праћења повратка нивоа на бушотинама СБ-1, СБ-2 и СБ-3.

		Црпљење			Повратак нивоа			
Објекат	Параметар/Датум	12.4.1977.	13.4.1977.	14.4.1977.	15.4.1977	4-8.2.1977.	12-15.4.1977.	22.4.1977.
СБ-1	T	2.8×10^{-3}	2.3×10^{-3}	3.5×10^{-3}	2.6×10^{-3}	2.5×10^{-3}		1.1×10^{-3}
	k	2.2×10^{-5}	1.8×10^{-5}	2.8×10^{-5}	2.0×10^{-5}	2.0×10^{-5}		9.2×10^{-6}
СБ-2	T	3.4×10^{-3}	1.5×10^{-3}	3.5×10^{-3}	3.2×10^{-3}			
	k	3.8×10^{-5}	1.7×10^{-5}	2.8×10^{-5}	3.7×10^{-5}			
СБ-3	T					1.1×10^{-3}	$5.6. \times 10^{-3}$	1.2×10^{-3}
	k					3.0×10^{-5}	1.5×10^{-4}	6.2×10^{-5}

8. Хемијске карактеристике набушених термалних вода и њихово поређење са изворским водама

Извршене хемијске анализе набушених вода током бушења и касније, њихова компарација са хемизмом изворских вода показује сталност хемијског састава односно на његове веома мале осцилације по појавама и у времену.

Минерализација набушених вода је у распону 341 – 419 mg/L, док је најчешћа вриједност око 370 mg/L. Овакав ред величина имају и извори.

Суви остатак варира у интервалу од 229-270 mg/L.

Ниска минерализација указује на старост карстификације и испраност карбонатног аквифера.

Укупна тврдоћа се креће од 11,7 – 14,0 dH°, те ове воде припадају умјерено тврдим до доста тврдим водама, такав резултат показују и извори прије и после изградње бушотина.

Садржај SiO₂ (20 mg/L) не указује на дубинско поријекло вода, слично као и на изворским водама.

Катјонски састав указује да све воде припадају аналогно изворима Са-Мг типа, са укупним збиром ових јона од 87-94% екв, са преовлађивањем Са јона над Мг јоном.

Анионски састав још је једноличнији – све воде припадају HCO₃ типу. Овако висок садржај HCO₃ јона последица је циркулације вода кроз кречњаке у којима је формирана акумулација, а указује и на атмосферски начин постанка вода.

Оксидационо-редукциони потенцијал указује на вадозни карактер постанка акумулације подзмених вода. Воде се формирају у оксидационим условима и због тога у изворским водама има мање жељеза него у бушотинама, јер се оно обара прије издањивања.

Вриједност рН се креће између 7 и 8, али углавном указује на благо алкалну средину (СБ-1, рН=7.3, "Критпос" 2019).

Уједначене вриједности Eh и рН потврђују претходно добијене резултате – постојање могућности растварања компоненти у изворским и набушеним водама односно на постојање јединствене акумулације подземних вода.

Плински састав је веома сличан – то су азотно-угљендиоксидне воде, које индицирају атмосферски начин постанка вода, карактеристичне за области млађе тектонике – расједања. Изворске воде у 1975. години биле су N₂ - O₂ типа али не са великим садржајем CO₂, H₂S и CH₄ мање од 15 mg/L, што такође даје тежину претпоставци о инфилтрационом-атмосферском поријеклу ове акумулације. Амонијака и других плинова органског поријекла нема, јер је акумулација заштићена од загађења.

Микрокомпоненте су заступљене ниским концентрацијама од 0,2 – 100 µg/L. Највећу заступљеност и уједначеност има Sr (50 µg/L), док су Hg, Pb, F испод 5 µg/L, што значи да вода није токсична. Мали садржај Sr и K индицира да радиоактивност вода потиче од распадања урановог радиоактивног низа што је доказано са појавом радона.

И набушене воде као и воде са извора које избијају из кречњачких аквифера, а кровинске баријере су им ултрамафити и дијабаз-рожна формација, имају велику сличност и по међујонским односима, минерализацији и температури. Сличност вода Вишеградске Бање је очита са Топлицом-Спреча, термалним врелом у Краљевој Сутјесци, Топлику у Рогатици, Солуну, бањи – Крешево, бањи у Фојници, термалним изворима у Олову, Кнежини и др.

Из анализирања хемизма произилази да су воде Вишеградске Бање сталног и уједначеног хемизма од 1889. до данас, да воде представљају једну примарну акумулацију, што је доказано бушењем, тестирањима и осталим пратећим испитивањима.

9. Услови формирања геотермалних ресурса

Узорак за одређивање старости термалних вода Вишеградске Бање узет је са бушотине СБ-2, гдје је сигурно утврђено да не постоји могућност прихрањивања акумулације атмосферелијама или површинским поточним водама.

Старост вода са подручја Вишеградске Бање је одређена изотопским методама ^{14}C и Т.

Метода мјерења старости воде заснива се на активности ^{14}C . Овом методом могу се одредити узорци стари до 50.000 година. Претпоставља се да је активност ^{14}C у том периоду у биосфери била константна. У водама, које нису имале дотицаја с атмосферским угљеником активност ^{14}C опада по закону о радиоактивном распадању. Веће промјене у концентрацији угљеника настале су тек након индустријализације човјечанства, а нарочито након нуклеарних експлозија.

Одређивање старости вода мјерењем активности трицијума оснива се на следећем: концентрација трицијума у природним водама на земљиној површини била је екстремно ниска до 1952 године када је услед термонуклеарних експлозија нараста на неколико редова величине. То значи да су савремене падавине обogaћене "трицијумом" и може се пратити њихов пут у подземље. У термалним водама Вишеградске Бање радиоактивним распадом се не нагомилава трицијум. То значи да се могу одредити воде које су старије или млађе од 1952. године када је дошло до контаминације атмосфере са трицијумом.

Резултати добијени изотопним анализама су:

- Активност трицијума: 4.2 ± 1.4 трицијевих година
- ^{14}C старост: $38400 \pm 3\ 200$ година (Обелић, 1977)

Из резултата активности трицијума, као и података активности трицијума у нашим крајевима, може се закључити да се ради о "старој" води,

свакако старијој од времена термонуклеарних експеримента у атмосфери. Апсолутна старост добијена је мјерењем активности ^{14}C . С обзиром да ова метода досеже до неких 40 000 година, а измјерена старост је приближна тој вриједности, може се са сигурношћу закључити да се ради о врло старој води која се у подземном резервоару налази минимум 38 400 година.

9.1. Претпоставке о поријеклу и дубини формирања акумулације термалних вода

Поријекло термалних вода на подручју Вишеградске Бање је тема бројних стручних радова.

Након добијених резултата о старости изотопским методама истраживања (Обелић, 1977), ове анализе показују да термалне воде нису у контакту са атмосферским инфилтрационим водама након периода нуклеарних тестова (извођени након II свјетског рата).

Миошић, 1965, у закључцима извјештаја друге фазе истраживања износи закључак да је начин прихрањивања термалних вода је инфилтрациони, али са малом брзином понирања, што условљава да се атмосферске инфилтрационе воде загријавају те се издашности битно не мијењају. Термалне воде су највећим дијелом атмосферског поријекла, повећану температуру добијају услјед радиолошких егзотермних процеса и аномалног геотермског степена.

Сталност издашности и температура изворских вода указује да је загријавање стално и независно од варијација температура ваздуха, односно да огњиште термалних вода има стално "дотицање" тоpline из дубљих дијелова терена.

Ј. Јосиповић је у студији "Минералне, термалне и термоминералне воде БиХ", објављене, 1971. године, уз физикалне и хемијске карактеристике термалних вода Вишеградске Бање анализирао и генезу воде, те међујонске односе и упоредио карактеристике ове воде са оним које истичу у Фојници.

За Вишеградску Бању Јосиповић сматра да се јавља ван зоне већих расједа. Упоређујући ове двије бање овај аутор наводи: "дјеловањем и једне и

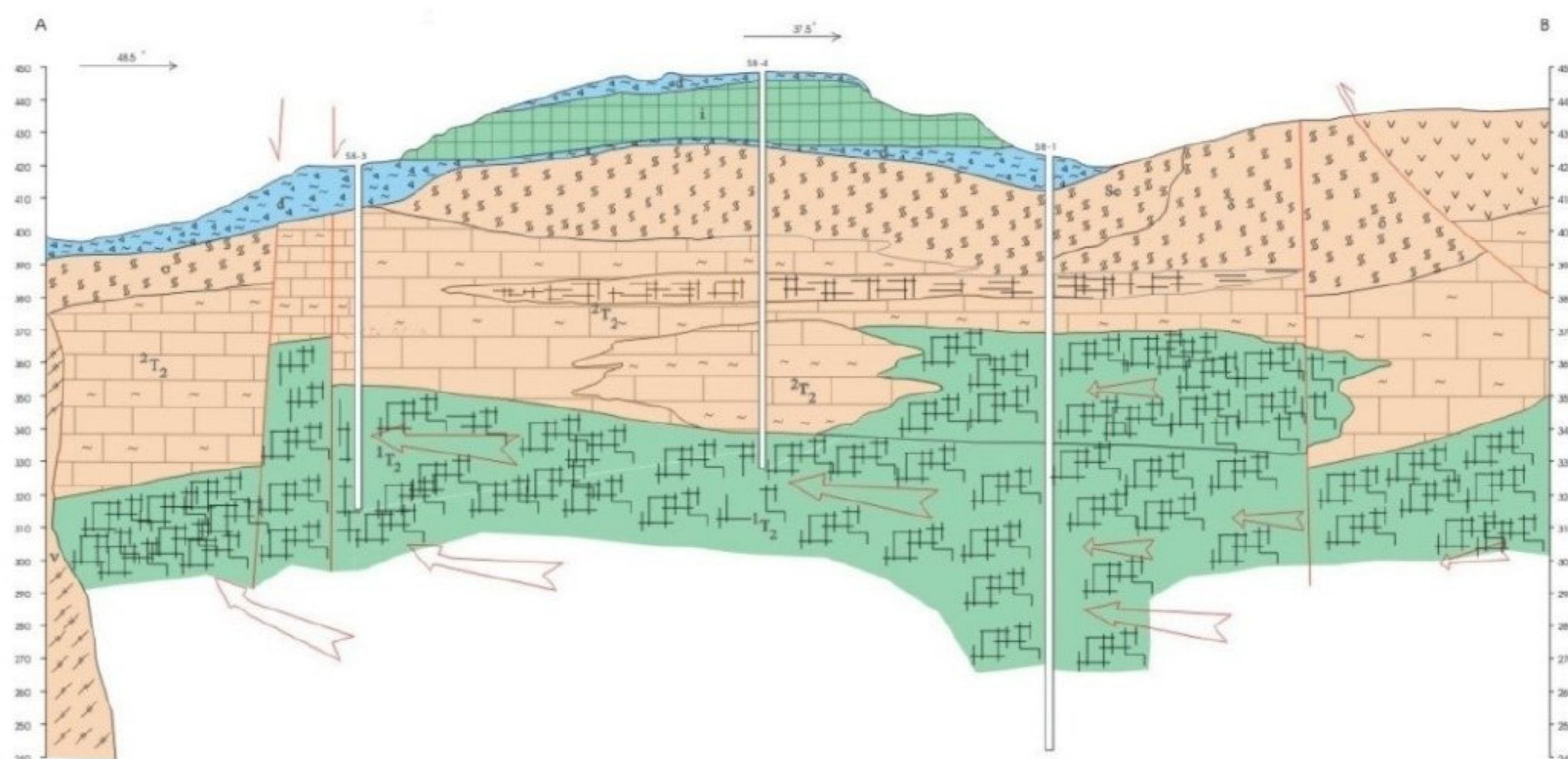
друге термалне воде створене су веће масе бигра око њихових извора. Мислимо да је овдје у питању геотермска аномалија изазвана радиохемијским процесима и да се инфилтрационе воде загријавају на релативно малој дубини." (Ј. Јосиповић, 1966.)

Исти аутор приказао је упоредну анализу међујонских односа:

Табела 7. - Упоредна анализа међујонских односа термалних вода (Ј. Јосиповић, 1971.)

	Na/Cl	Na-Cl/SO ₄	Cl/SO ₄	HCO ₃ /Cl+SO ₄	Ca/Mg
Вишеград	5,58	2,31	0,5	10,43	1,72
Фојница	8,24	3,06	0,42	13,58	2,02

Упоређујући радиоактивност, хемизам и међујонске односе Ј. Јосиповић долази до закључка да су термалне воде Фојнице веома сличне термалним водама Вишеградске Бање, за термалне воде Фојнице, наводи: "изразито ниска минерализација, преовлађавање бикарбоната и међујонски односи говоре да се ради о водама насталим инфилтрацијом падавина које се у дубљим дијеловима терена загријавају, аномални геотермски степен последица је радиохемијских процеса".



Слика 18. - Хидрогеолошки профил преко Вишеградске Бање, анизички кречњаки у којима је формирана издан термалних вода (T_2^1), изворски седименти у којима је формирана секундарна издан термалних вода (i), ладничке и јурске водонепропусне стијене (T_2^2 , v , Se , σ), положај профилске линије видљив на слици 12. бање (Јоловић и др., 2013)

Најближе термалне воде у односу на оне у Вишеградској бањи налазе се на подручју Биоске и Прибоја у Републици Србији (обје на око 30 km од

Вишеградске Бање, прва источно, друга јужно). Температуре ових вода сличне су онима у подручју Вишеграда. Хидрохемијске карактеристике термалних вода на подручју Вишеграда (Јоловић и др. 2004) и Биоске и Прибоја (Миленић и др., 2012) указује на веома сличне услове њиховог постанка. У табели 8. су упоредо приказани главни параметри.

Табела 8. - Резултати физичко-хемијских анализа и анализа старости вода у Вишеградској, Биоској и Прибојској бањи. (Јоловић и др., 2013)

Локалитет	T	M	pH	HCO ₃	SO ₄	Cl	Na	K	Ca	Mg	SiO ₂	Старост (t ¹⁴ C)
	°C	mg/l	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	Година
Прибој	36.0	420.00	7.20	294.0	8.0	7.0	6.00	0.6	60.0	24.00	18	28.000±1.000
Биоска	36.0	280.00	7.30	195.2	8.0	14.0	2.80	0.5	38.00	18.30	7	-
Вишеград	34.8	426.00	7.40	280.0	22.0	8.0	8.20	1.40	50.00	30.00	28	38.000±3.200

На основу табеле можемо закључити да је то посебно наглашено у погледу садржаја главних хидрохемијских параметара Вишеградске и Прибојске бање. Све воде припадају HCO₃-Ca-Mg типу, са минерализацијом до 426 mg/L. Ово указује на инфилтрацију вода кроз кречњаке, односно да потичу из истог карбонатног аквифера (највјероватније средње и/или горњотријаске старости). Старост вода у Вишеграду (38.000±3.200) указује на нешто дужи период инфилтрације него у случају Прибојске бање (28.000±1000). (Јоловић и др., 2013).

9.1.1. Методе одређивања примарне температуре у изданима

Метода одређивања примарне температуре у изданима на основу познавања хемијског састава, односно познавања концентрације и односа хемијских елемената у подземним вода, а углавном је везана за хидрогеотермалне ресурсе температуре изнад 30°C. (Миленић & Врањеш, 2015.)

Помоћу методе хемијских геотермотетара дефинисане су емпиријски очекиване максималне температуре, прорачуни су изведени на основу хемијских анализа (прилог 9.1, Н. Миошић (1977.). При прорачуну геотермометара добијене су следеће вриједности:

Табела 9. – Коришћење геотермометара на основу садржаја SiO_2 (СБ-3, Миошић, 1977) и садржаја $Na-Ca-Mg$ (СБ-1, прилог 9.1)

Геотермометар		Процењена T у резервоару (°C)
SiO_2 (кварц)	<p>Фурније 1977</p> $T(^{\circ}C) = \frac{1152}{5.75 - \log (SiO_2)} - 273.15$	≈81
SiO_2	<p>Арнорсон 1983</p> $T(^{\circ}C) = \frac{1164}{4.90 - \log (SiO_2)} - 273.15$	≈64
SiO_2 (калцедон)	<p>Фурније 1977</p> $T(^{\circ}C) = \frac{1182}{5.09 - \log (SiO_2)} - 273.15$	≈92
$Na-Ca$	<p>(Тонани 1980)</p> $T(^{\circ}C) = \frac{1096,7}{3,080 - \log \left(\frac{Na}{\sqrt{Ca}}\right)} - 273.15$	≈144
$K-Ca$	<p>(Тонани 1980)</p> $T(^{\circ}C) = \frac{1930}{3,861 - \log \left(\frac{K}{\sqrt{Ca}}\right)} - 273.15$	≈143

Очекиване температуре у резервоару се крећу у широком распону од 64 до 143 °C. Примјењене методе карактерише велики број ограничења и зависности од великог низа фактора. У овом случају, најниже добијене температуре се узимају као репрезентативне. Са извођењем планираних истраживања на овом подручју за очекивати је да се добију прецизнији подаци о температури термалних вода у примарном аквиферу.

10. Закључак

Претходно наведено намеће даље размишљање о могућем присуству тријаских кречњака близу површине терена (као што је случај у Вишеградској бањи) и у подручју самог града Вишеграда (око 3 km ваздушне линије од бање). Ова разматрања битна су ради будућих геотермалних истраживања у погледу могућег повећања енергетске ефикасности у подручју самог града, али и шире, те такође и због неких значајних инфраструктурних пројеката који би геотермалну енергију могли користити као основни вид енергије за топлификацију (нпр. Андрић-град). Дубина набушених кречњака у подручју бање додатно намеће одређена оптимистичка размишљања у том правцу. У наредном периоду је планирано бушење дубоке геотермалне бушотине на подручју града што ће у складу са приједлозима бројних аутора у претходном периоду дати одговор на многа интересантна питања у вези појаве термалних вода на овом подручју.

На основу до сада извршених истраживања немамо довољно података везаних за распрострањење тријаских кречњака близу површине терена (попут случаја Вишеградске Бање) у којима би потенцијално могле бити акумулиране термалне воде а управо томе ће, између осталог, послужити планирана истраживања.

На основу до сада познатог може се закључити да акумулација термалних вода захваћена на три бушотине представља јединствену издан са сложеним хидрауличим режимом, механизмом пражњења и сличним температурним и хемијским карактеристикама воде.

Термалне набушене и изворске воде имају сличан-физичко хемијски састав. Оне су $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ са минерализацијом 340-420 mg/L, укупном тврдоћом 11.7-14°dH.

Стијенске масе имају повишен садржај урана и радона у односу на остала подручја у свијету, док су наслаге бигра још радиоактивније због секундарне акумулације урана.

На основу свега претходно наведеног се може извести закључак да је неопходно наставити са додатним истраживањима термалних вода јер постоје реалне претпоставке да би се добиле додатне количине термалних вода које би се могле искористити у различите намјене како на подручју Бање тако и у ужем подручју насељеног мјеста Вишеград.

Литература:

1. Миошић, Н., 1976., Хидрогеолошка истраживања термалних вода Вишеградске Бање, Коначни извјештај I фазе 1975/1976. год.; "Геоинжињеринг", Сарајево
2. Миошић, Н., 1977., Хидрогеолошка истраживања термалних вода Вишеградске Бање, Коначни извјештај II фазе 1976/1977. год.; "Геоинжињеринг", Сарајево
3. Milenić, D., 2012: Thermomineral waters of Inner Dinarides karst, Acta Carsologica 41/2-3-2012
4. Миленић, Д., Врањеш, А., 2015. Истраживање и валоризација субгеотермалних енергетских ресурса, Рударско-геолошки факултет, Београд, стр. 134-137.
5. Јосиповић, Ј., 1966, Студија минералних, термалних и термоминералних вода СР БиХ, Сарајево
6. Јосиповић, Ј., 1971. Минералне, термалне и термоминералне воде на територији БиХ, Геолошки гласник 15, Сарајево
7. Јоловић, Б. и др., 2012. – Геотермални атлас Републике Српске, Републички завод за геолошка истраживања, Зворник
8. Јоловић, Б. и др., 2013. – Термалне воде подручја Вишеграда – тренутно стање и перспективе, Републички завод за геолошка истраживања, Зворник
9. Јоловић, Б. и др., 2017. – Тумач карте термалних, минералних и термоминералних вода Републике Српске, Републички завод за геолошка истраживања, Зворник
10. "Криптос" д.о.о., Милићи, 2019. - Елаборат о класификацији, категоризацији и прорачуну резерви термоминералних вода "Вилина Влас" са стањем 30.11.2018. године
11. Гајић, Љ. и др., 2015. – Тумач геолошке карте Републике Српске, Републички завод за геолошка истраживања, Зворник



ЛЕГЕНДА

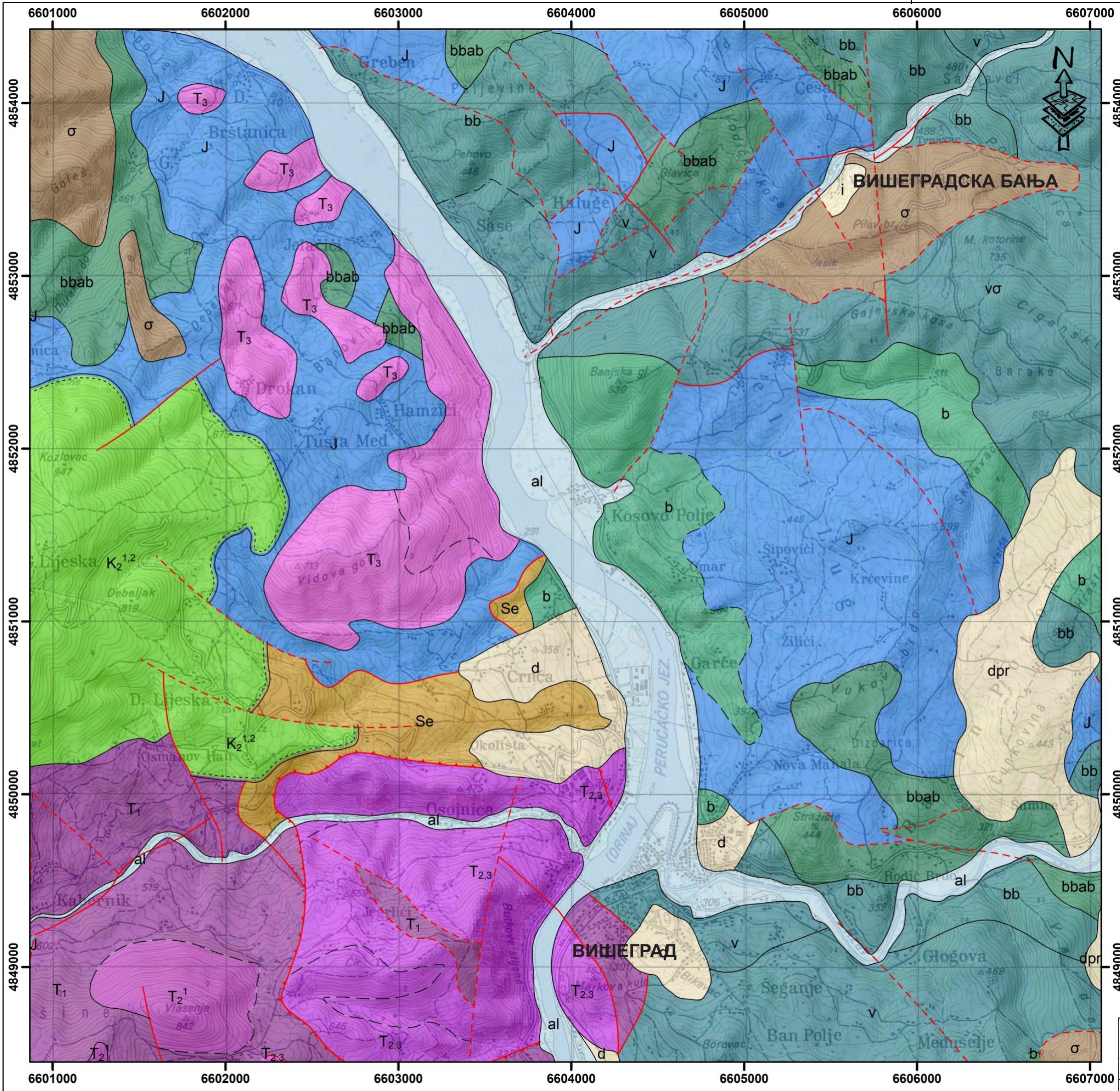
Граница истражног подручја

6602000 6603000 6604000 6605000 6606000 6607000 6608000

4854000
4853000
4852000
4851000
4850000

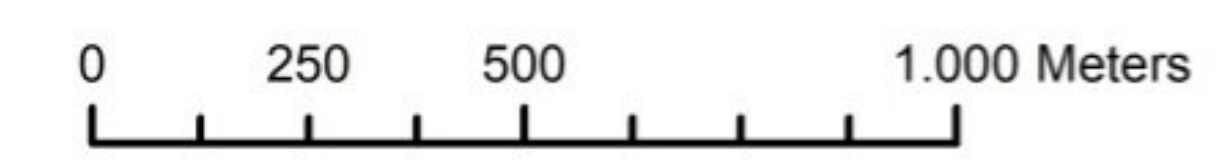


Универзитет у Београду Рударско-геолошки факултет Ђушина 7, 11000 Београд		Назив рада:		
		УСЛОВИ ФОРМИРАЊА ГЕОТЕРМАЛНИХ РЕСУРСА НА ПОДРУЧЈУ ВИШЕГРАДСКЕ БАЊЕ		
Ментор:				Име и презиме доц. др Ана Врањеш
Аутор прилога:				Урош Јурошевић
Размјера: 1:25.000	Назив прилога: Прегледна географска карта	Датум: Јул, 2023.	Број прилога: 1	

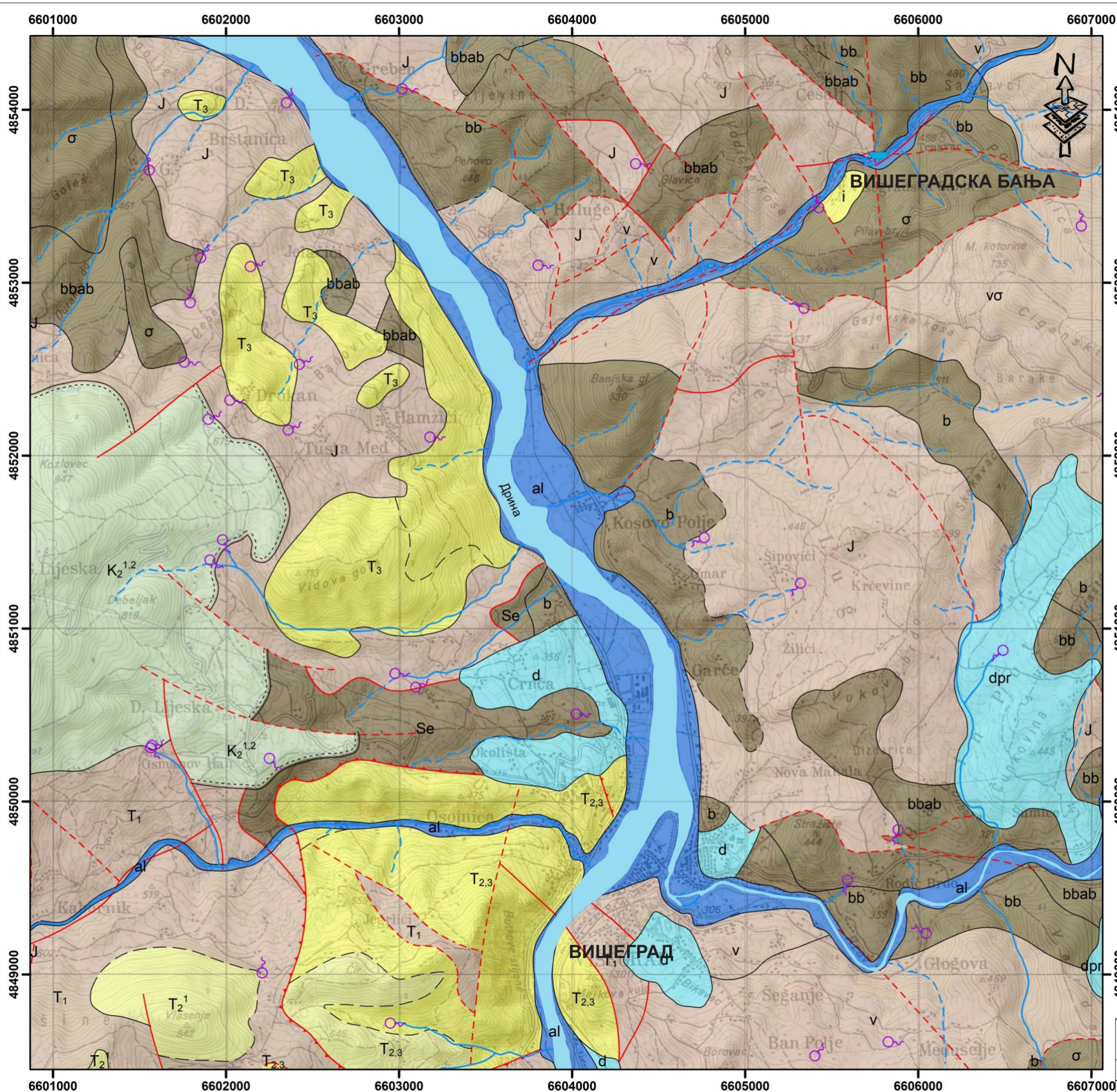


- ### Легенда картираних јединица
- al Алувијон
 - d Делувијални застор
 - dpr Делувијално-пролувијални застор
 - i Бигар (изворски седименти)
 - K₂^{1,2} Конгломерати, пјешчари, лапорци и плочасти кречњаци
 - J Дијабаз-рожначка формација
 - bbab Спилити
 - bb Дијабази
 - b Долерити
 - vσ Фелдспатперидотити и троктолити
 - v Габро, ријеђе троктолити
 - σ Харцбургити и ријеђе лерзолити
 - Se Серпентинити и јако серпентинисани перидотити
 - T₃ Масивни и банковити кречњаци и доломити
 - T_{2,3} Масивни кречњаци и ријеђе доломити
 - T_{2,3} Масивни и банковити кречњаци и доломити
 - T₂² Пјешчари, рожнаци и глиновити шкриљци
 - T₂¹ Кречњаци и доломити
 - T₂ Масивни и ријеђе слојевити и банковити кречњаци
 - T₁ Биомикроспарити и интрабиоспарити

- ### Легенда стандардних ознака
- Нормална геолошка граница, утврђена
 - - - Нормална геолошка граница, претпостављена
 - - - - Ерозиона или тектонско ерозиона граница
 - Расјед, утврђен
 - - - - Расјед без ознаке карактера, претпостављен
 - Навлака, претпостављена
 - Навлака, утврђена



Универзитет у Београду Рударско-геолошки факултет Бушина 7, 11000 Београд				Назив рада:	
		Име и презиме		УСЛОВИ ФОРМИРАЊА ГЕОТЕРМАЛНИХ РЕСУРСА НА ПОДРУЧЈУ ВИШЕГРАДСКЕ БАЊЕ	
Ментор:		доц. др Ана Врањеш			
Аутор прилога:		Урош Јурошевић			
Размјера:	1:25.000	Назив прилога:	Хидрогеолошка карта истражног подручја	Датум:	Јул, 2023.
				Број прилога:	2



Легенда хидрогелолошких ознака

Хидрогеолошка својства

- Интергрануларни тип издани, велики потенцијал
- Интергрануларни тип издани, средњи потенцијал
- Пукотинска издан, средњи потенцијал
- Карстна издан, велики потенцијал
- Карстна издан, средњи потенцијал
- Терени сиромашни изданима, мали потенцијал
- Терени сиромашни изданима, веома мали потенцијал
- Извор

Легенда картираних јединица

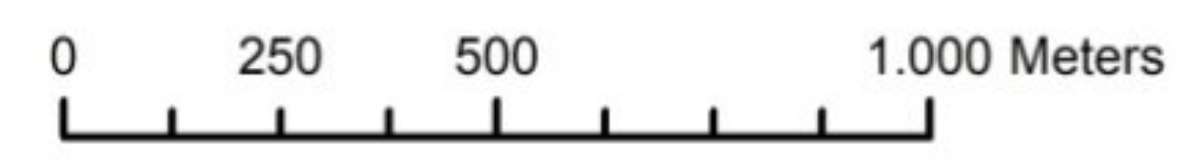
- al Алувијон
- d Делувијални застор
- dpr Делувијално-пролувијални застор
- i Бигар (изворски седименти)
- $K_2^{1,2}$ Конгломерати, пјешчари, лапорци и плочасти кречњаци
- J Дијабаз-ројначка формација
- bbab Спилити
- bb Дијабази
- b Долерити
- $v\sigma$ Фелдспатперидотити и троктолити
- v Габро, ријеђе троктолити
- σ Харцбургити и ријеђе лерзолити
- Se Серпентинити и јако серпентинисани перидотити
- T_3 Масивни и банковити кречњаци и доломити
- $T_{2,3}$ Масивни кречњаци и рјеђе доломити
- $T_{2,3}$ Масивни и банковити кречњаци и доломити
- T_2^2 Пјешчари, ројначи и глиновити шкљаци
- T_2^1 Кречњаци и доломити
- T_2 Масивни и рјеђе слојевити и банковити кречњаци
- T_1 Биомикроспарити и инстрабиоспарити

Легенда осталих ознака

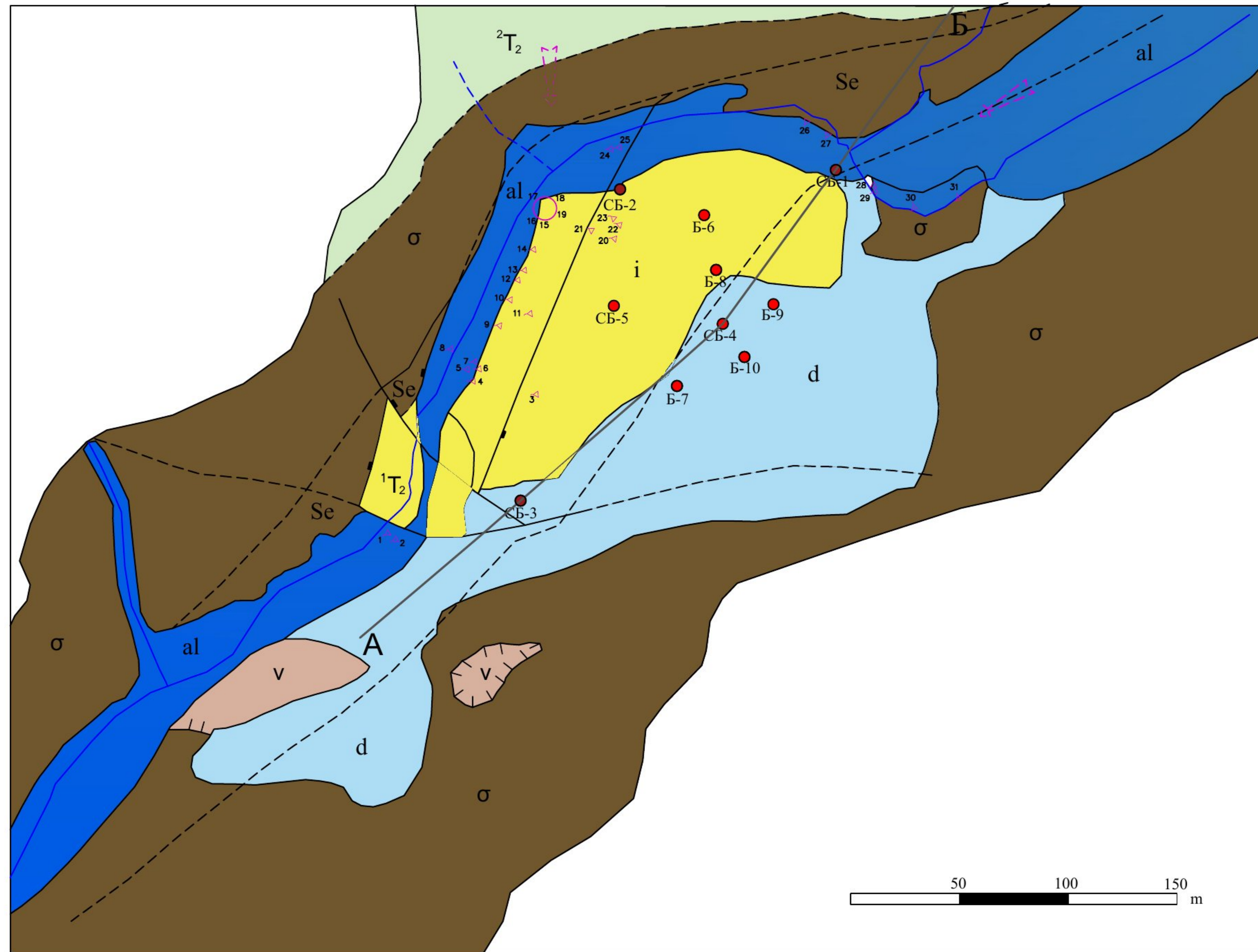
- Површински ток: стални
- Површински ток: повремени

Легенда стандардних ознака

- Нормална геолошка граница, утврђена
- Нормална геолошка граница, претпостављена
- Ерозиона или тектонско ерозиона граница
- Поступан прелаз
- Расјед, утврђен
- Расјед без ознаке карактера, претпостављен
- Навлака, претпостављена
- Навлака, утврђена



Универзитет у Београду Рударско-геолошки факултет Бушвина 7, 11000 Београд				Назив рада:	
		Име и презиме		УСЛОВИ ФОРМИРАЊА ГЕОТЕРМАЛНИХ РЕСУРСА НА ПОДРУЧЈУ ВИШЕГРАДСКЕ БАЊЕ	
Ментор:		доц. др Ана Врањеш			
Аутор прилога:		Урош Јурошевић			
Размјера:	Назив прилога:	Датум:	Број прилога:		
1:25.000	Хидрогеолошка карта истражног подручја	Јул, 2023.	3		



ЛЕГЕНДА

Литостратиграфске јединице

- d Делувијални застор
- al Алувион
- i Бигар (изворски седименти)
- Se Серпентинити и јако серпентинисани перидотити
- σ Харцбургити, ријеђе лерзолити
- v Габро, ријеђе троктолити
- ²T₂ Лапоровити микрити, дисмикрити, микроспарити, туфови, лапорци и рожнаци
- ¹T₂ Масивни микроспарити, биомикроспарити, доломитични микроспарити и доломити

Хидрогеолошка категоризација

- Интергрануларна тип издани, велики потенцијал
- Интергрануларни тип издани, средњи потенцијал
- Карстна издан, велики потенцијал
- Пукотинска издан, средњи потенцијал
- Терени сиромашни изданима, мали потенцијал
- Терени сиромашни изданима, веома мали потенцијал

Тектонске ознаке

- Нормална геолошка граница: утврђена
- Расјед: претпостављен
- Нормална геолошка граница: претпостављена
- Реверсни расјед
- Тектонско-ерозиона граница, претпостављена
- Чело краљушти
- Расјед: утврђен
- Граница интрузивног тијела

Хидрогеолошка легенда:

- ~ Површински ток: сталан, повремен
- CB-1 Експлоатациони бунар
- B-6 Плитка бушотина
- Група термалних извора
- △ Извор термалне воде
- Локални правац кретања термалних вода
- ← Претпостављени правац кретања термалних вода

		Назив рада:	
		Услови формирања геотермалних ресурса на подручју Вишеградске Бање	
Ментор:	доц. др Ана Врањеш		
Прилог обрадио:	Урош Јурошевић		
Размјера: 1:2500	Назив прилога: Детаљна хидрогеолошка карта ужег подручја Вишеградске Бање	Датум: Јул 2023.	Број прилога: 4.

ЛЕГЕНДА

Литостратиграфске јединице

- d Делувијални застор
- al Алувион
- i Бигар (изворски седименти)
- Se Серпентинити и јако серпентинисани перидотити
- σ Харцбургити, ријеђе лерзолити
- v Габро, ријеђе троктолити
- ²T₂ Лапоровити микрити, дисмикрити, микроспарити, туфови, лапорци и рожнаци
- ¹T₂ Масивни микроспарити, биомикроспарити, доломитични микроспарити и доломити

Хидрогеолошка категоризација

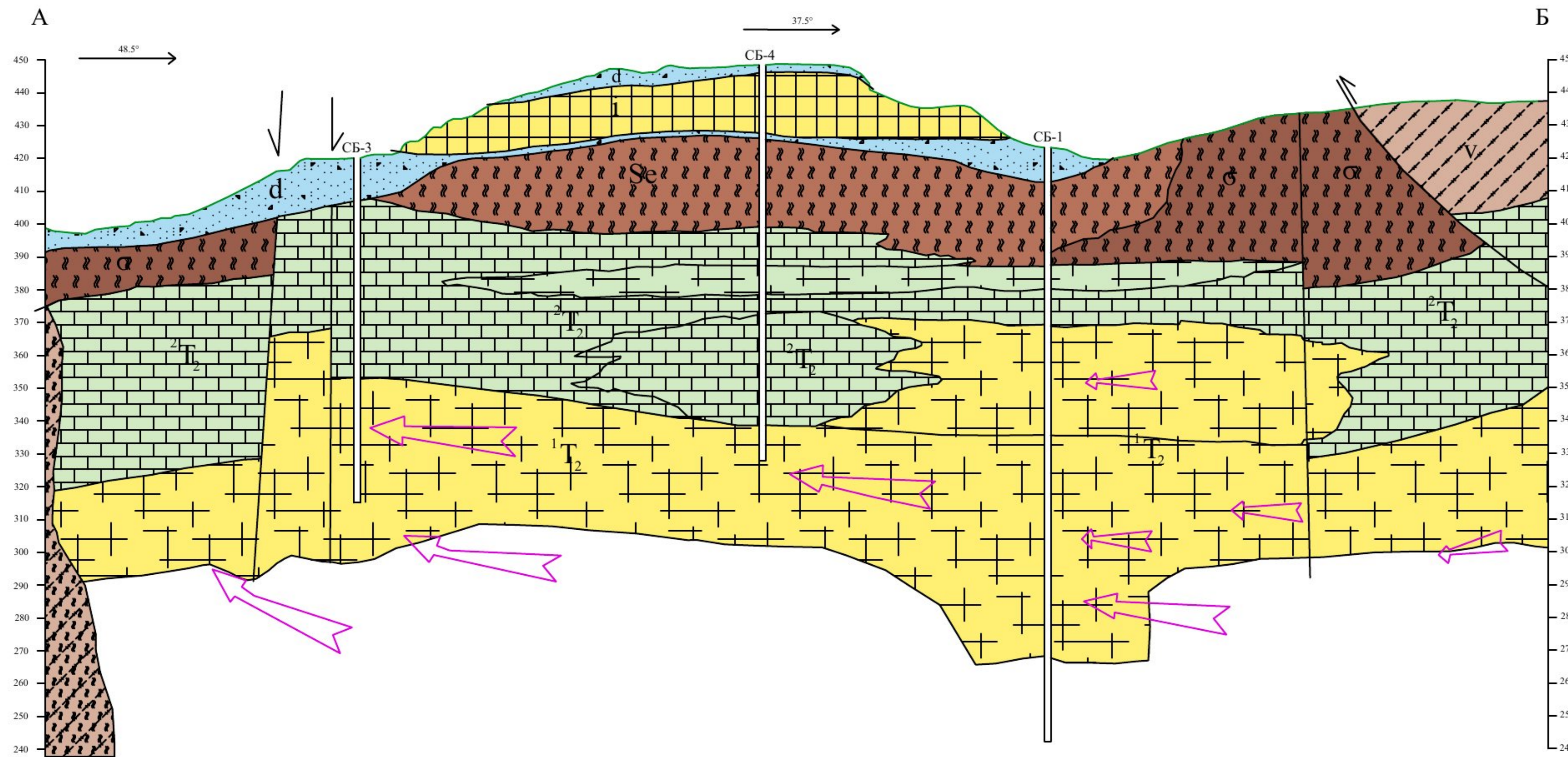
- Интергрануларни тип издани, средњи потенцијал
- Карстна издан, велики потенцијал
- Пукотинска издан, средњи потенцијал
- Терени сиромашни изданима, мали потенцијал
- Терени сиромашни изданима, веома мали потенцијал

Тектонске ознаке

- Нормална геолошка граница: утврђена
- Нормална геолошка граница: претпостављена
- Расјед: утврђен
- Расјед: претпостављен

Хидрогеолошка легенда:

- Претпостављени правац кретања термалних вода
- СБ-1
Експлоатациони бунар



		Назив рада:	
		Услови формирања геотермалних ресурса на подручју Вишеградске Бање	
Ментор:	доц. др Ана Врањеш		
Прилог обрадио:	Урош Јурошевић		
Размјера:	Назив прилога:	Датум:	Број прилога:
1:2000	Прогнозни хидрогеолошки профил А-Б	Јул 2023.	5.

ИНВЕСТИТОР: И.В. БИХ
ИЗВОЂАЧ: "Геоинжењеринг" - Сарајево
Почетак бушења: 05.08.1976. год.
Завршетак радова: 16.08.1976. год.

СБ-1
ВЕРТИКАЛНА
РАЗМЈЕРА: 1:500

ЛОКАЛИТЕТ:
ВИШЕГРАДСКА БАЊА

КООРДИНАТЕ:
У: 4 853 690
Х: 6 605 672
Z: 421.80
ДУБИНА: 181.00 m

Профил бушотине (mm)	Дубина (m)	Интервал (m)	Кота (mm)	Графички приказ стуба	Опис геолошког стуба	Скица уградне колоне
146	9.50	9.50			Ситнозрни пијесак и шљунак	<p>— пречник бушења ф 146 mm — заштитна цијев ф 143 mm</p> <p>— пречник бушења ф 131 mm</p> <p>— заштитна цијев ф 128 mm</p> <p>69.10 m</p> <p>— пречник бушења ф 116 mm</p> <p>146 mm</p> <p>— пречник бушења ф 101 mm</p>
	36.40	26.90			Серпентинити и серпентинисани перидотити	
	42.30	5.90			Кречњаци са жилицама калцита и импрегнацијама пирита	
	52.60	9.40			Ушкриљени глинци са фрагментима дијабаза	
	53.70	1.10			Кречњаци са жилицама калцита	
	54.10	0.40			Црвени рожнаци-жељезовити глинци	
	55.00	0.90			Кречњачке брече и доломитични кречњаци	
131					Кречњаци са жилицама калцита, интезивно испуцали у интервалима 85-88 m, 95-100 m, 103-115 m, 122-124 m и 131 -133 m.	
116						
101	181.00	126.00				

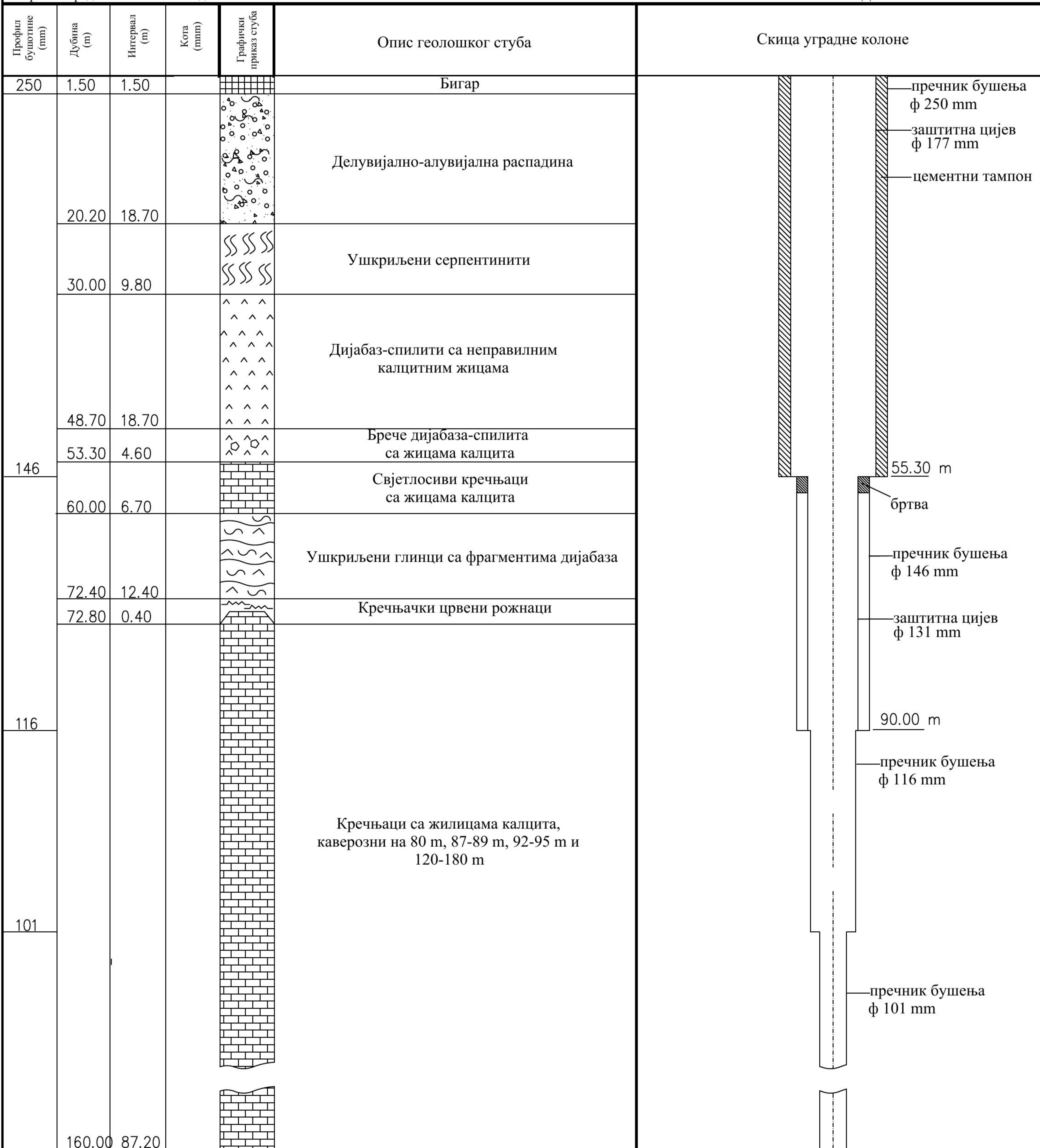
Назив рада:			
Услови формирања геотермалних ресурса на подручју Вишеградске Бање			
Ментор:	Име и презиме доц. др Ана Врањеш		
Прилог прилагодио:	Урош Јурошевић		
Размјера: 1:500	Назив прилога: Геолошко-технички профил СБ-1	Датум: Јул 2023.	Број прилога: 6.1

ИНВЕСТИТОР: И.В. БИХ
ИЗВОЂАЧ: "Геоинжењеринг" - Сарајево
Почетак бушења: 05.08.1976. год.
Завршетак радова: 16.08.1976. год.

СБ-2
ВЕРТИКАЛНА
РАЗМЈЕРА: 1:500

ЛОКАЛИТЕТ:
ВИШЕГРАДСКА БАЊА

КООРДИНАТЕ:
Y: 4 853 678
X: 6 605 577
Z: 418.50
ДУБИНА: 160.00 m



Назив рада:			
Услови формирања геотермалних ресурса на подручју Вишеградске Бање			
Ментор:	Име и презиме доц. др Ана Врањеш		
Прилог прилагодио:	Урош Јурошевић		
Размјера: 1:500	Назив прилога: Геолошко-технички профил СБ-2	Датум: Јул 2023.	Број прилога: 6.2

ИНВЕСТИТОР: И.В. БИХ
 ИЗВОЂАЧ: "Геоинжењеринг" - Сарајево
 Почетак бушења: 05.08.1976. год.
 Завршетак радова: 16.08.1976. год.

СБ-3
 ВЕРТИКАЛНА
 РАЗМЈЕРА: 1:500

ЛОКАЛИТЕТ:
 ВИШЕГРАДСКА БАЊА

КООРДИНАТЕ:
 Y: 4 853 529
 X: 6 605 528
 Z: 419.50
 ДУБИНА: 105.00 m

Профил бушотине (mm)	Дубина (m)	Интервал (m)	Кота (mm)	Графички приказ стуба	Опис геолошког стуба	Скица уградне колоне
	13.50	13.50			Делувијално заглињена распадина и незаобљени фрагменти дијабаза, кречњака и габра	<p>— пречник бушења ф 250 mm — заштитна цијев ф 177 mm — цементни тампон — заштитна цијев ф 113 mm — пречник бушења ф 116 mm — пречник бушења ф 101 mm — пречник бушења ф 86 mm</p>
	22.00	8.50			Ушкриљени глинци	
250					Ушкриљени глинци са фрагментима дијабаза, спилита и кварцних пјешчара	
	68.00	46.00			Кречњачки црвени рожнаци	
	68.30	0.30			Кречњаци, карстификовани, бречолики са бројним калцитским жицама	
116					Силификовани глинци у измјени са глинцима те каверозним и бречастим кречњацима	
	91.90	23.60				
101						
	105.00	14.10				63.30 m 72.00 m 83.00 m 94.60 m 105.00 m

Назив рада:		Услови формирања геотермалних ресурса на подручју Вишеградске Бање	
Ментор:	Име и презиме доц. др Ана Врањеш	Прилог прилагодио:	Урош Јурошевић
Размјера:	1:500	Назив прилога:	Геолошко-технички профил СБ-3
Датум:	Јул 2023.	Број прилога:	6.3

ПРИЛОГ 7

Дијаграми осматрања бушотина и
извора

Прилог 7.1.

Табеларни преглед осматрања на бушотинама СБ-1 и СБ-2 у периоду децембар 2016.-новембар 2018. год

Ред. Број	Датум	СБ-1			СБ-2			Примједба
		Q (l/s)	t _v (°C)	pH	Q (l/s)	t _v (°C)	pH	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	06.12.2016.	12.20	34.50		13.80	29.80		
2	15.12.2016.	12.20	34.50		13.90	29.80		
3	20.12.2016.	12.20	34.60		13.70	29.90		
4	29.12.2016.	12.00	34.60		13.80	29.90		
5	05.01.2017.	11.80	34.80		13.50	29.90		
6	12.01.2017.	12.00	34.60		14.00	29.90		
7	22.01.2017.	12.00	34.60		14.10	29.90		
8	28.01.2017.	12.20	34.70		14.00	29.80		
9	02.02.2017.	12.10	34.60		13.10	29.90		
10	10.02.2017.	12.10	34.70		13.10	29.90		
11	16.02.2017.	11.80	34.70		13.40	30.00		
12	23.02.2017.	12.00	34.70		13.40	30.00		
13	03.03.2017.	11.90	34.70		13.70	30.00		
14	11.03.2017.	12.00	34.70		14.00	30.00		
15	19.03.2017.	12.00	34.60		14.00	30.00		
16	29.03.2017.	12.30	34.70		13.90	30.00		
17	04.04.2017.	12.10	34.70		13.60	30.10		
18	15.04.2017.	12.00	34.70		13.70	30.10		
19	20.04.2017.	12.10	34.70		14.00	30.10		
20	30.04.2017.	11.80	34.60		14.00	30.10		
21	03.05.2017.	12.00	34.60		13.80	30.20		
22	16.05.2017.	11.70	34.60		13.80	30.20		
23	22.05.2017.	12.20	34.60		13.80	30.10		
24	29.05.2017.	12.00	34.60		13.50	30.20		
25	06.06.2017.	12.20	34.60		13.80	30.10		
26	16.06.2017.	12.20	34.60		13.80	30.10		
27	22.06.2017.	12.00	34.60		13.50	30.00		
28	30.06.2017.	11.90	34.50		13.40	30.10		
29	09.07.2017.	12.00	34.60		13.60	30.10		
30	16.07.2017.	12.00	34.50		14.10	30.00		
31	23.07.2017.	11.80	34.50		13.90	30.00		
32	30.07.2017.	11.80	34.50		13.90	30.00		
33	04.08.2017.	12.10	34.50		14.50	30.00		
34	14.08.2017.	12.00	34.50		14.50	30.00		
35	24.08.2017.	12.20	34.50		14.50	30.00		
36	30.08.2017.	12.00	34.50		14.30	30.00		
37	04.09.2017.	11.90	34.50		14.30	30.00		

38	14.09.2017.	12.10	34.50		14.30	30.00		
39	20.09.2017.	12.10	34.50		14.10	30.00		
40	27.09.2017.	12.10	34.50		14.10	29.90		
41	05.10.2017.	12.00	34.50		14.10	29.90		
42	12.10.2017.	11.90	34.50		14.10	29.90		

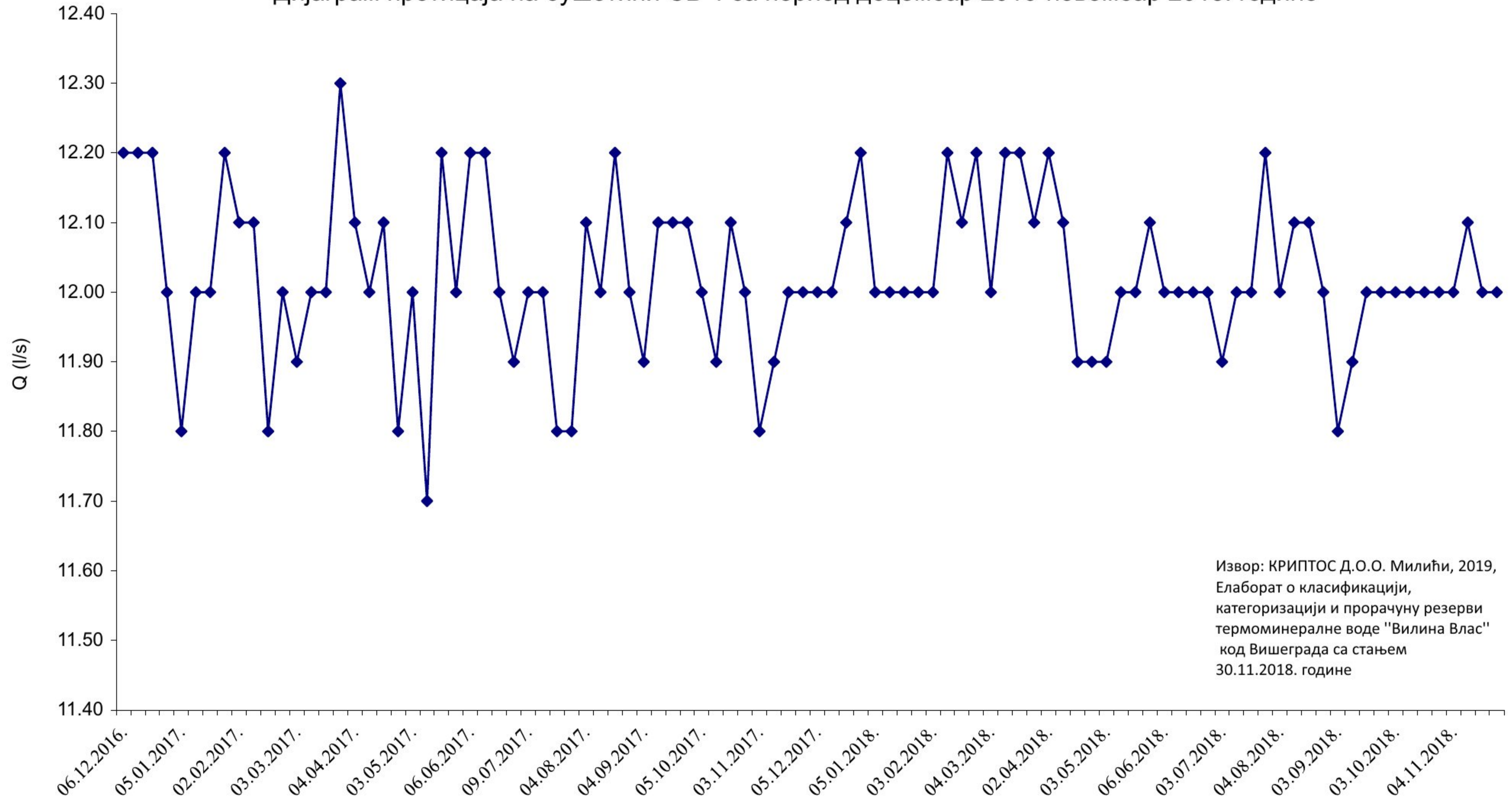
1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	18.10.2017.	12.10	34.50		13.90	29.90		
44	27.10.2017.	12.00	34.50		13.90	29.90		
45	03.11.2017.	11.80	34.50		13.90	29.80		
46	13.11.2017.	11.90	34.50		14.40	29.80		
47	23.11.2017.	12.00	34.50		14.40	29.90		
48	30.11.2017.	12.00	34.50		14.40	29.80		
49	05.12.2017.	12.00	34.60		13.80	29.80		
50	15.12.2017.	12.00	34.60		13.70	29.80		
51	22.12.2017.	12.10	34.60		13.40	29.90		
52	30.12.2017.	12.20	34.60		13.40	29.80		
53	05.01.2018.	12.00	34.60		13.20	29.90		
54	11.01.2018.	12.00	34.70		13.40	30.00		
55	20.01.2018.	12.00	34.70		13.30	30.00		
56	30.01.2018.	12.00	34.60		13.20	29.90		
57	03.02.2018.	12.00	34.60		13.30	30.00		
58	14.02.2018.	12.20	34.60		13.30	30.00		
59	19.02.2018.	12.10	34.60		13.30	30.00		
60	25.02.2018.	12.20	34.60		13.40	30.00		
61	04.03.2018.	12.00	34.70		13.20	30.10		
62	14.03.2018.	12.20	34.70		13.30	30.10		
63	24.03.2018.	12.20	34.70		13.20	30.10		
64	31.03.2018.	12.10	34.70		13.20	30.10		
65	02.04.2018.	12.20	34.60		13.30	30.10		
66	12.04.2018.	12.10	34.60		13.30	30.20		
67	18.04.2018.	11.90	34.70		13.20	30.20		
68	26.04.2018.	11.90	34.70		13.20	30.10		
69	03.05.2018.	11.90	34.70		13.70	30.20		
70	10.05.2018.	12.00	34.70		13.90	30.10		
71	20.05.2018.	12.00	34.70		13.70	30.20		
72	30.05.2018.	12.10	34.70		13.70	30.20		
73	06.06.2018.	12.00	34.70		13.80	30.10		
74	16.06.2018.	12.00	34.60		13.50	30.10		
75	22.06.2018.	12.00	34.60		13.50	30.10		
76	30.06.2018.	12.00	34.60		13.50	30.10		
77	03.07.2018.	11.90	34.60		14.00	30.10		
78	14.07.2018.	12.00	34.60		14.10	30.10		

79	20.07.2018.	12.00	34.60		13.70	30.00		
80	29.07.2018.	12.20	34.60		13.70	30.00		
81	04.08.2018.	12.00	34.60		14.50	30.00		
82	14.08.2018.	12.10	34.60		14.50	30.00		
83	20.08.2018.	12.10	34.60		14.50	29.90		
84	26.08.2018.	12.00	34.60		14.50	29.90		
85	03.09.2018.	11.80	34.50		14.30	29.90		
86	13.09.2018.	11.90	34.50		14.30	29.90		
87	21.09.2018.	12.00	34.60		14.30	30.00		
88	30.09.2018.	12.00	34.50		14.20	29.90		

1	2	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00
89	03.10.2018.	12.00	34.50		14.10	29.80		
90	15.10.2018.	12.00	34.50		14.10	29.90		
91	21.10.2018.	12.00	34.50		14.10	29.90		
92	29.10.2018.	12.00	34.60		14.10	29.90		
93	04.11.2018.	12.00	34.50		13.90	29.90		
94	15.11.2018.	12.10	34.50		13.80	29.80		
95	22.11.2018.	12.00	34.60		14.10	29.80		
96	29.11.2018.	12.00	34.50		14.20	29.80		

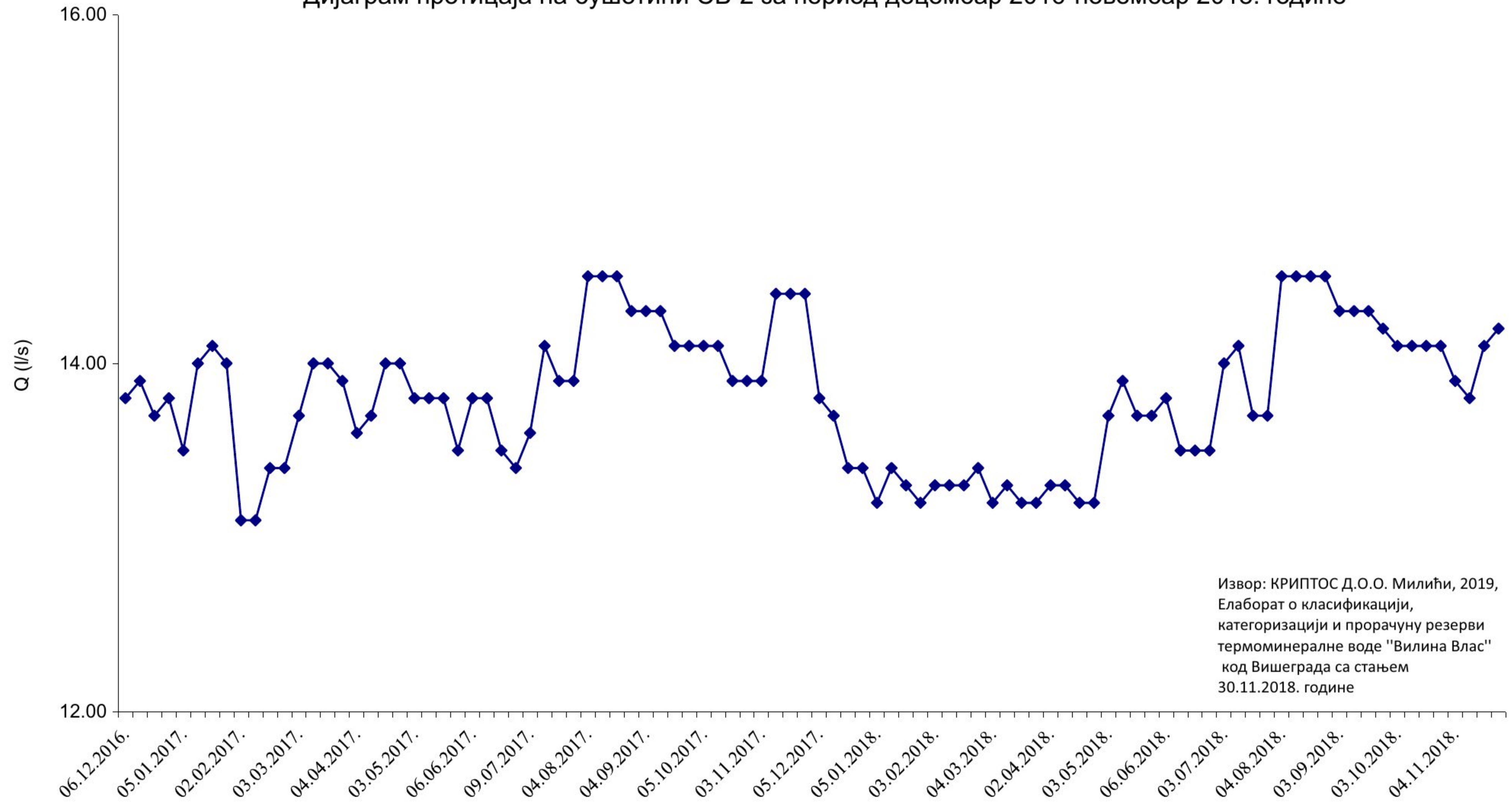
Извор: КРИПТОС Д.О.О. Милићи, Елаборат о класификацији, категоризацији и прорачуну резерви термоминералне воде "Вилина Влас" код Вишеграда са стањем 30.11.2018. године

Дијаграм протицаја на бушотини СБ-1 за период децембар 2016-новембар 2018. године



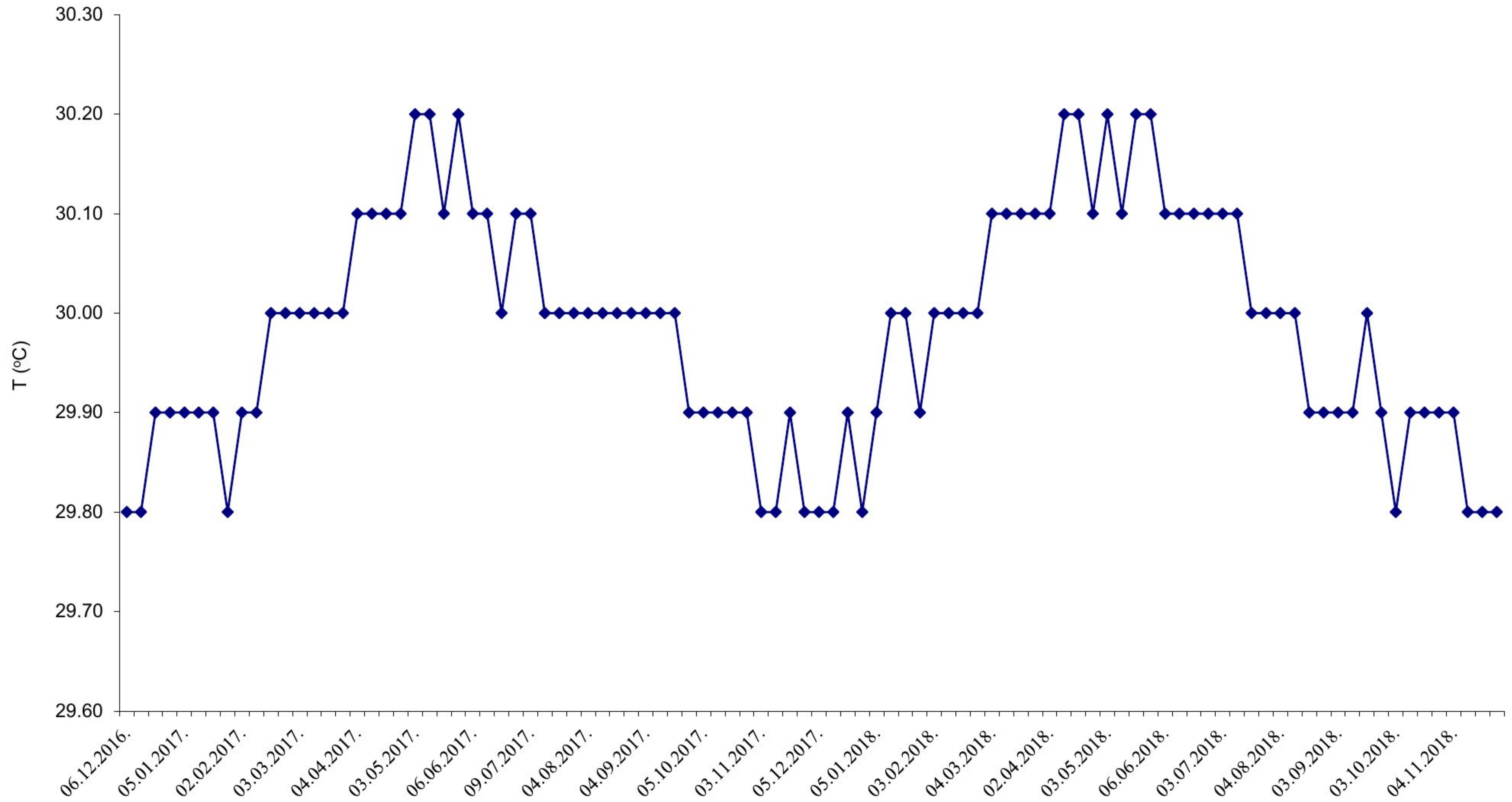
Извор: КРИПТОС Д.О.О. Милићи, 2019,
 Елаборат о класификацији,
 категоризацији и прорачуну резерви
 термоминералне воде "Вилина Влас"
 код Вишеграда са стањем
 30.11.2018. године

Дијаграм протицаја на бушотини СБ-2 за период децембар 2016-носембар 2018. године





Дијаграм температурних промјена воде на бушотини СБ-2 за период децембар 2016-новембар 2018. године



Табеларни преглед осматрања на изворима Горња и Доња Бања у периоду децембар 2016.-
новембар 2018. год

Ред. број	Датум	Горња Бања			Доња Бања			Примједба
		Q (l/s)	t _v (°C)	pH	Q (l/s)	t _v (°C)	pH	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	06.12.2016.	1.40	34.50		1.40	32.50		
2	15.12.2016.	1.40	34.40		1.41	32.70		
3	20.12.2016.	1.39	34.40		1.41	32.70		
4	29.12.2016.	1.40	34.40		1.40	32.60		
5	05.01.2017.	1.42	34.50	7.60	1.42	32.70	7.50	
6	12.01.2017.	1.41	34.50		1.42	32.80		
7	22.01.2017.	1.41	34.50		1.42	32.90		
8	28.01.2017.	1.42	34.50		1.42	32.90		
9	02.02.2017.	1.43	34.50		1.40	33.00		
10	10.02.2017.	1.43	34.50		1.41	33.00		
11	16.02.2017.	1.43	34.50		1.41	33.00		
12	23.02.2017.	1.44	34.50		1.41	33.00		
13	03.03.2017.	1.43	34.50		1.39	33.00		
14	11.03.2017.	1.44	34.60		1.39	33.10		
15	19.03.2017.	1.44	34.60		1.38	33.00		
16	29.03.2017.	1.44	34.50		1.38	33.10		
17	04.04.2017.	1.44	34.50		1.37	33.10		
18	15.04.2017.	1.44	34.50		1.35	33.10		
19	20.04.2017.	1.43	34.50		1.33	33.20		
20	30.04.2017.	1.44	34.50		1.37	33.20		
21	03.05.2017.	1.40	34.40		1.33	33.20		
22	16.05.2017.	1.40	34.30		1.35	33.10		
23	22.05.2017.	1.38	34.40		1.34	33.20		
24	29.05.2017.	1.39	34.30		1.33	33.20		
25	06.06.2017.	1.40	34.30		1.34	33.20		
26	16.06.2017.	1.40	34.20		1.33	33.10		
27	22.06.2017.	1.40	34.10		1.33	33.10		
28	30.06.2017.	1.39	34.10		1.35	33.10		
29	09.07.2017.	1.40	34.20		1.33	33.20		
30	16.07.2017.	1.40	34.30		1.33	33.10		
31	23.07.2017.	1.40	34.30		1.35	33.10		
32	30.07.2017.	1.39	34.40		1.37	33.00		
33	04.08.2017.	1.37	34.20		1.33	33.00		
34	14.08.2017.	1.37	34.10		1.34	33.00		
35	24.08.2017.	1.36	34.10		1.37	33.00		
36	30.08.2017.	1.37	34.10		1.37	33.00		
37	04.09.2017.	1.40	34.20		1.37	32.80		
38	14.09.2017.	1.45	34.20		1.40	32.80		

39	20.09.2017.	1.43	34.10		1.37	32.70	
40	27.09.2017.	1.42	34.10		1.38	32.70	
41	05.10.2017.	1.40	34.00		1.38	32.70	
42	12.10.2017.	1.40	34.00		1.37	32.70	

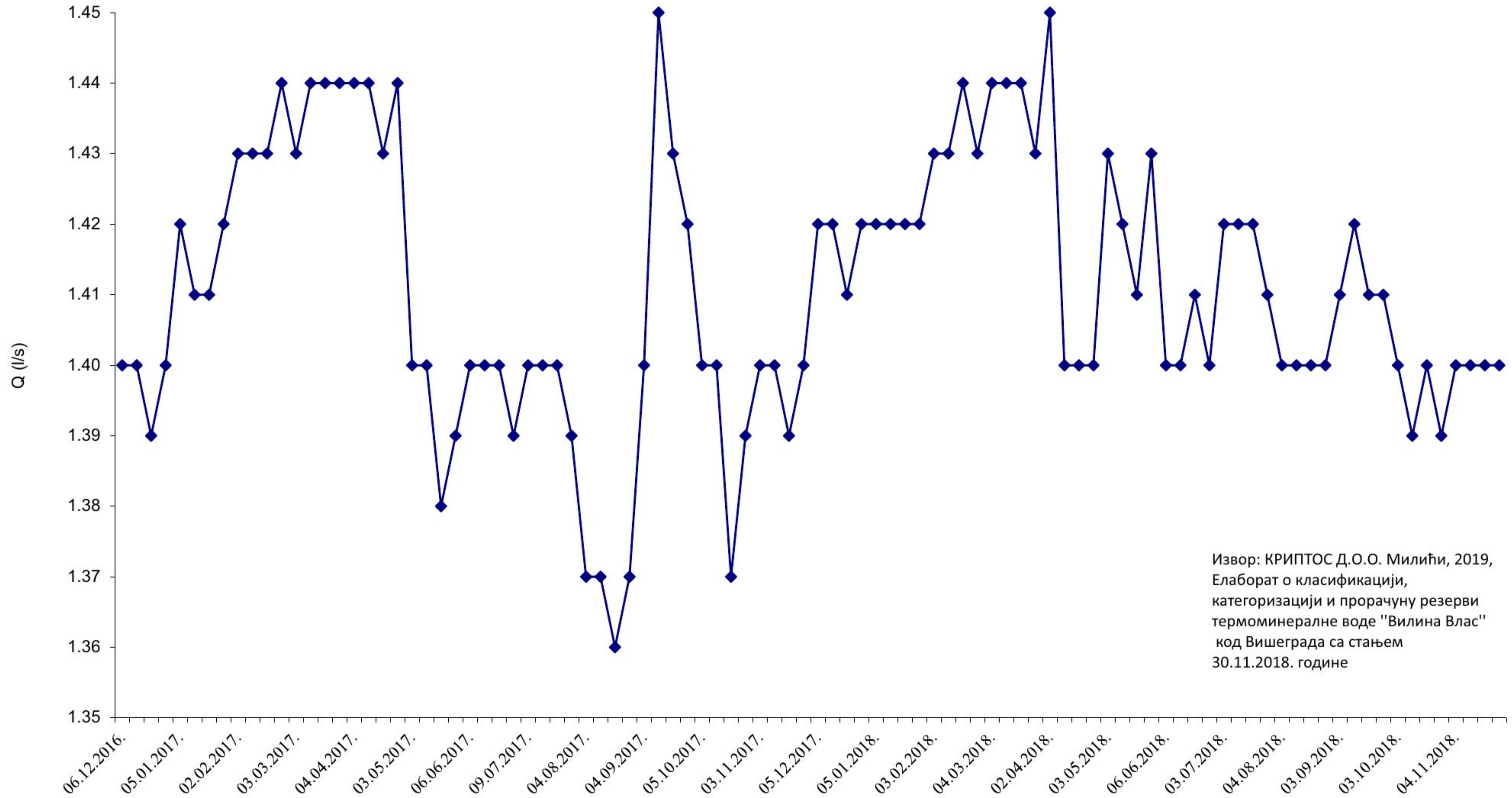
1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	18.10.2017.	1.37	34.00		1.37	32.70		
44	27.10.2017.	1.39	34.00		1.37	32.70		
45	03.11.2017.	1.40	34.00		1.35	32.70		
46	13.11.2017.	1.40	34.00		1.36	32.80		
47	23.11.2017.	1.39	34.10		1.35	32.80		
48	30.11.2017.	1.40	34.00		1.35	32.70		
49	05.12.2017.	1.42	34.20		1.40	32.70		
50	15.12.2017.	1.42	34.20		1.41	32.70		
51	22.12.2017.	1.41	34.30		1.40	32.80		
52	30.12.2017.	1.42	34.40		1.41	32.70		
53	05.01.2018.	1.42	34.40	7.60	1.42	32.80	7.50	
54	11.01.2018.	1.42	34.40		1.43	32.80		
55	20.01.2018.	1.42	34.50		1.43	32.80		
56	30.01.2018.	1.42	34.50		1.43	32.90		
57	03.02.2018.	1.43	34.50		1.43	33.00		
58	14.02.2018.	1.43	34.40		1.44	33.00		
59	19.02.2018.	1.44	34.40		1.45	33.10		
60	25.02.2018.	1.43	34.50		1.45	33.00		
61	04.03.2018.	1.44	34.40		1.44	33.10		
62	14.03.2018.	1.44	34.50		1.44	33.10		
63	24.03.2018.	1.44	34.50		1.43	33.10		
64	31.03.2018.	1.43	34.50		1.43	33.10		
65	02.04.2018.	1.45	34.40		1.43	33.10		
66	12.04.2018.	1.40	34.00		1.40	33.20		
67	18.04.2018.	1.40	34.50		1.38	33.20		
68	26.04.2018.	1.40	34.50		1.38	33.20		
69	03.05.2018.	1.43	34.50		1.38	33.20		
70	10.05.2018.	1.42	34.50		1.39	33.10		
71	20.05.2018.	1.41	34.40		1.38	33.20		
72	30.05.2018.	1.43	34.50		1.38	33.20		
73	06.06.2018.	1.40	34.30		1.37	33.20		
74	16.06.2018.	1.40	34.30		1.37	33.10		
75	22.06.2018.	1.41	34.20		1.37	33.10		
76	30.06.2018.	1.40	34.20		1.38	33.20		
77	03.07.2018.	1.42	34.30		1.36	33.20		
78	14.07.2018.	1.42	34.50		1.35	33.10		
79	20.07.2018.	1.42	34.50		1.35	33.10		

80	29.07.2018.	1.41	34.50		1.36	33.00	
81	04.08.2018.	1.40	34.40		1.36	33.00	
82	14.08.2018.	1.40	34.30		1.35	33.00	
83	20.08.2018.	1.40	34.30		1.36	33.00	
84	26.08.2018.	1.40	34.20		1.35	32.90	
85	03.09.2018.	1.41	34.20		1.36	32.80	
86	13.09.2018.	1.42	34.20		1.36	32.70	
87	21.09.2018.	1.41	34.20		1.37	32.70	
88	30.09.2018.	1.41	34.20		1.36	32.60	

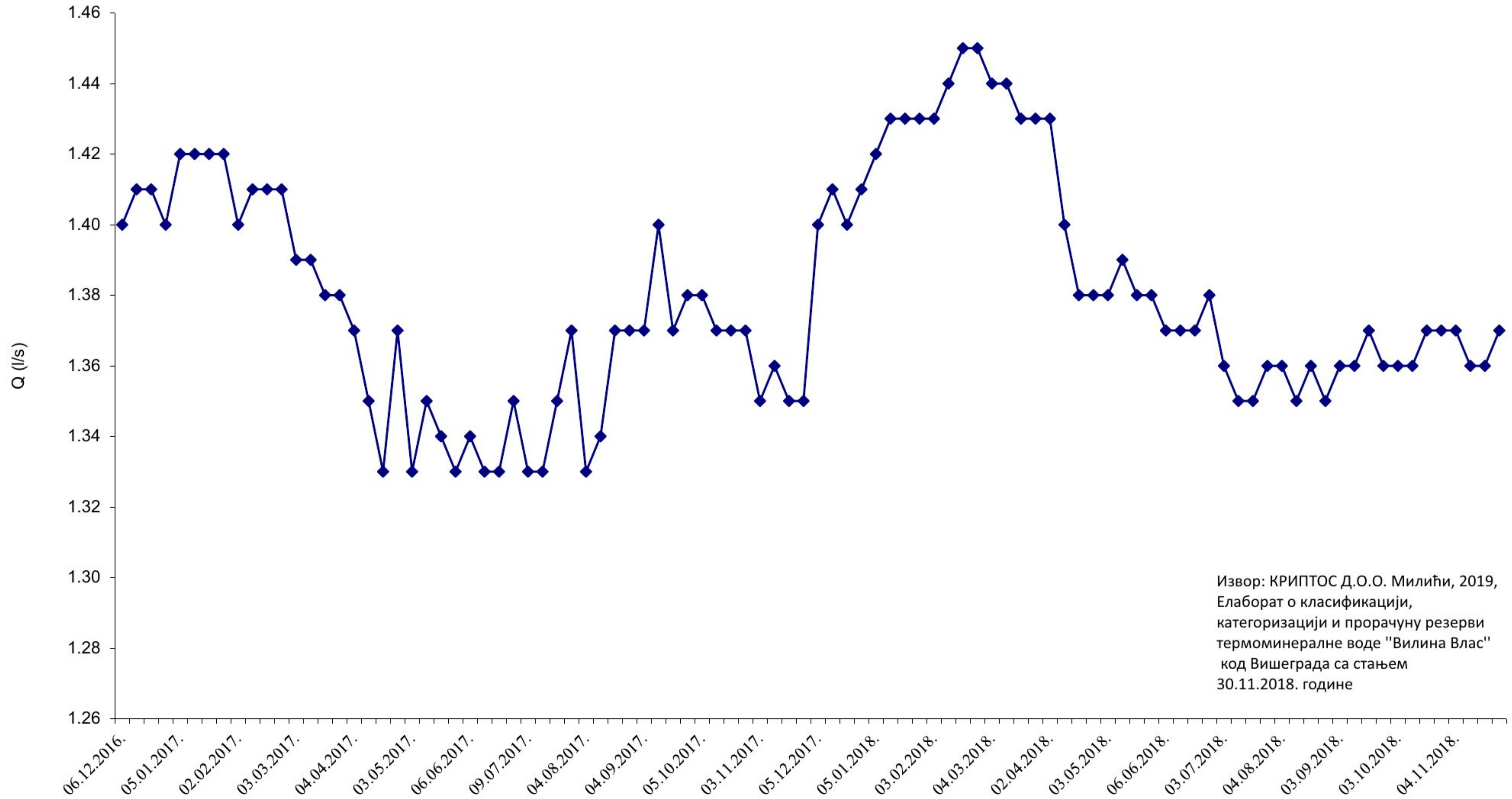
1	2	3	4	5	6	7	8	9
89	03.10.2018.	1.40	34.20		1.36	32.60		
90	15.10.2018.	1.39	34.20		1.36	32.60		
91	21.10.2018.	1.40	34.10		1.37	32.70		
92	29.10.2018.	1.39	34.10		1.37	32.70		
93	04.11.2018.	1.40	34.00		1.37	32.50		
94	15.11.2018.	1.40	34.00		1.36	32.50		
95	22.11.2018.	1.40	34.00		1.36	32.50		
96	29.11.2018.	1.40	34.20		1.37	32.50		

Извор: КРИПТОС Д.О.О. Милићи, Елаборат о класификацији, категоризацији и прорачуну резерви термоминералне воде "Вилина Влас" код Вишеграда са стањем 30.11.2018. године

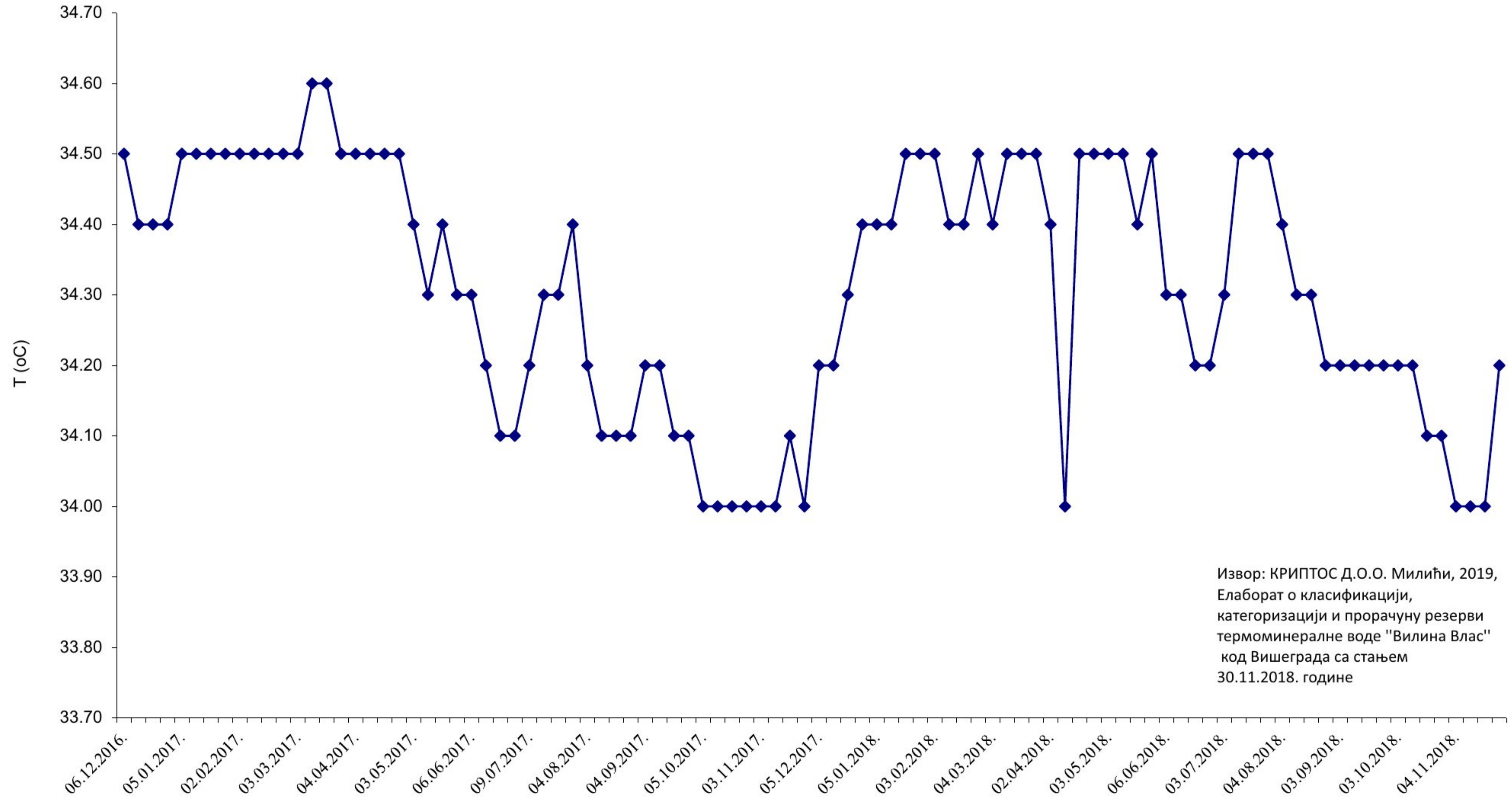
Дијаграм издашности на извору Горња Бања за период децембар 2016-ноцембар 2018. године



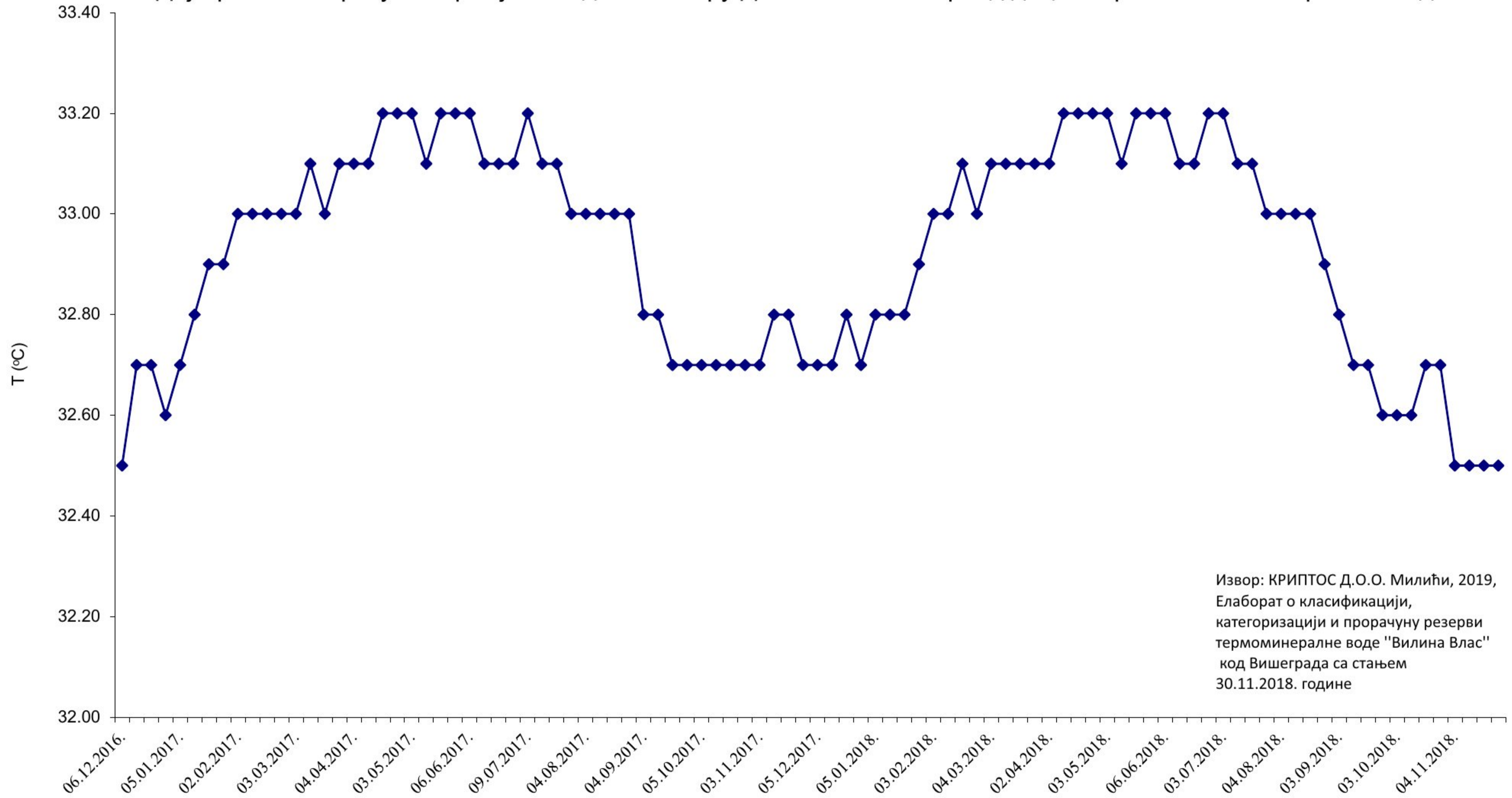
Дијаграм издашности на извору Доња Бања за период децембар 2016. - новембар 2018. године



Дијаграм температурних промјена воде на извору Горња Бања за период децембар 2016. - новембар 2018. год.



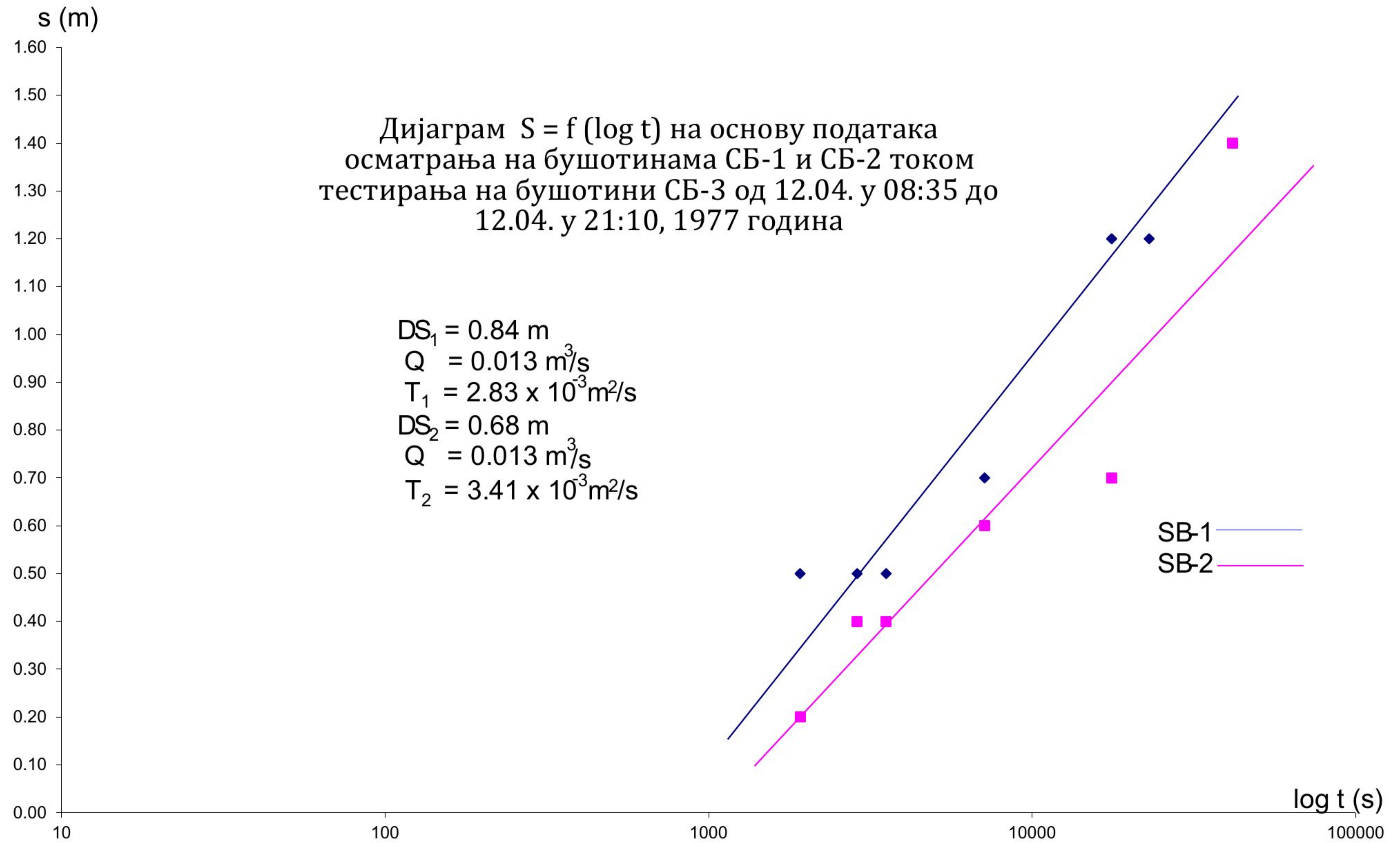
Дијаграм температурних промјена воде на извору Доња Бања за период децембар 2016 -новембар 2018. год

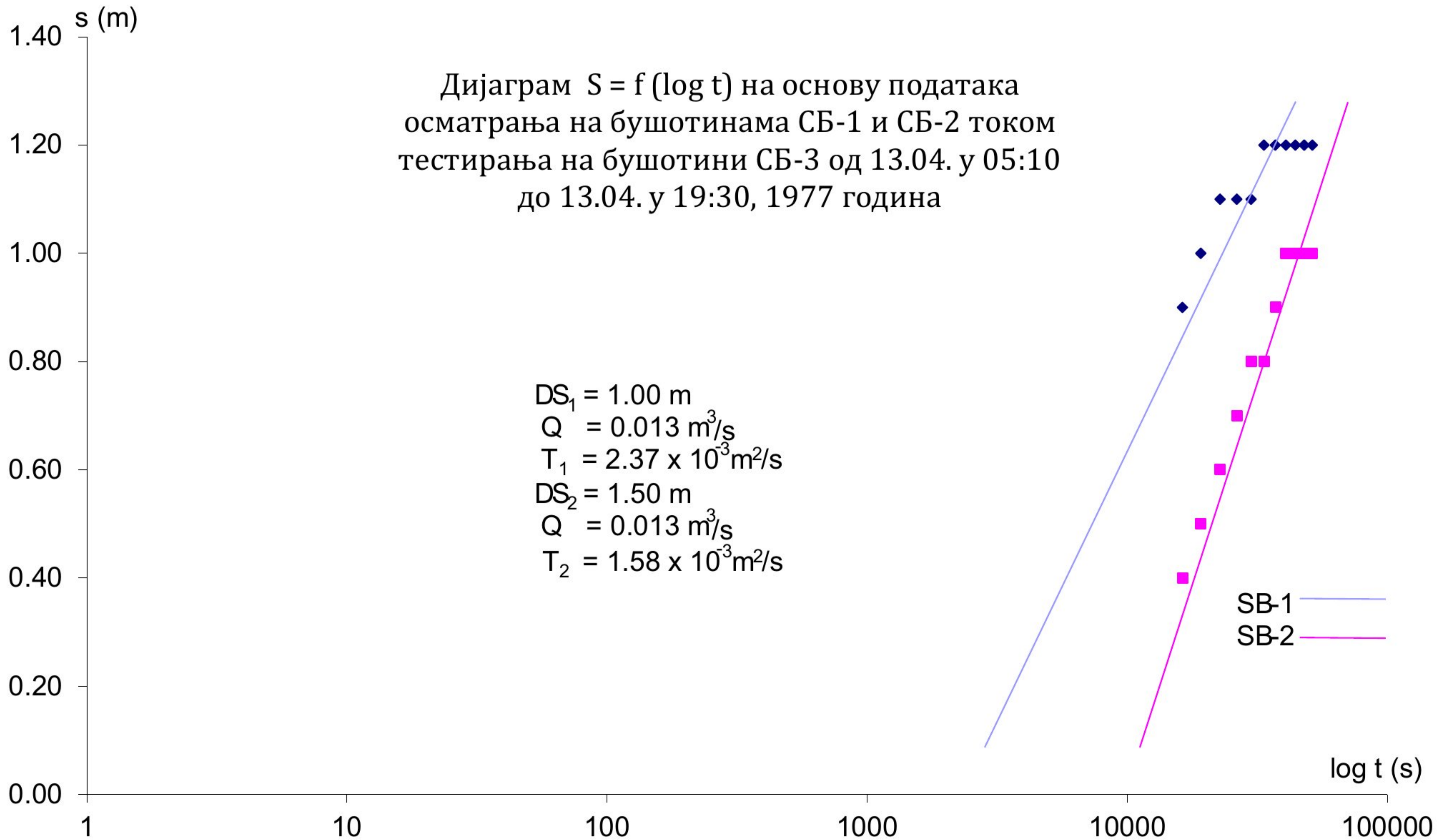


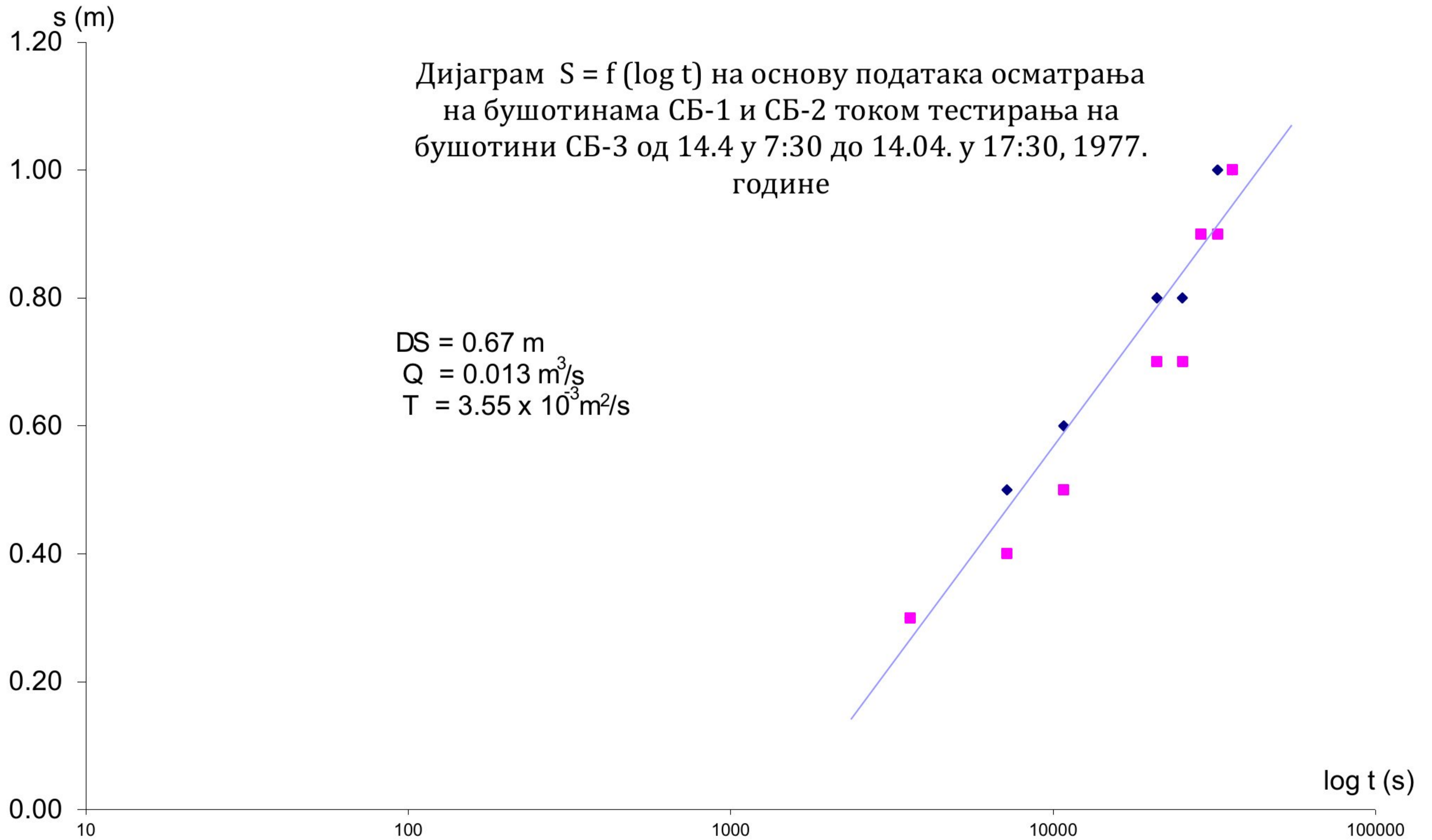
ПРИЛОГ 8

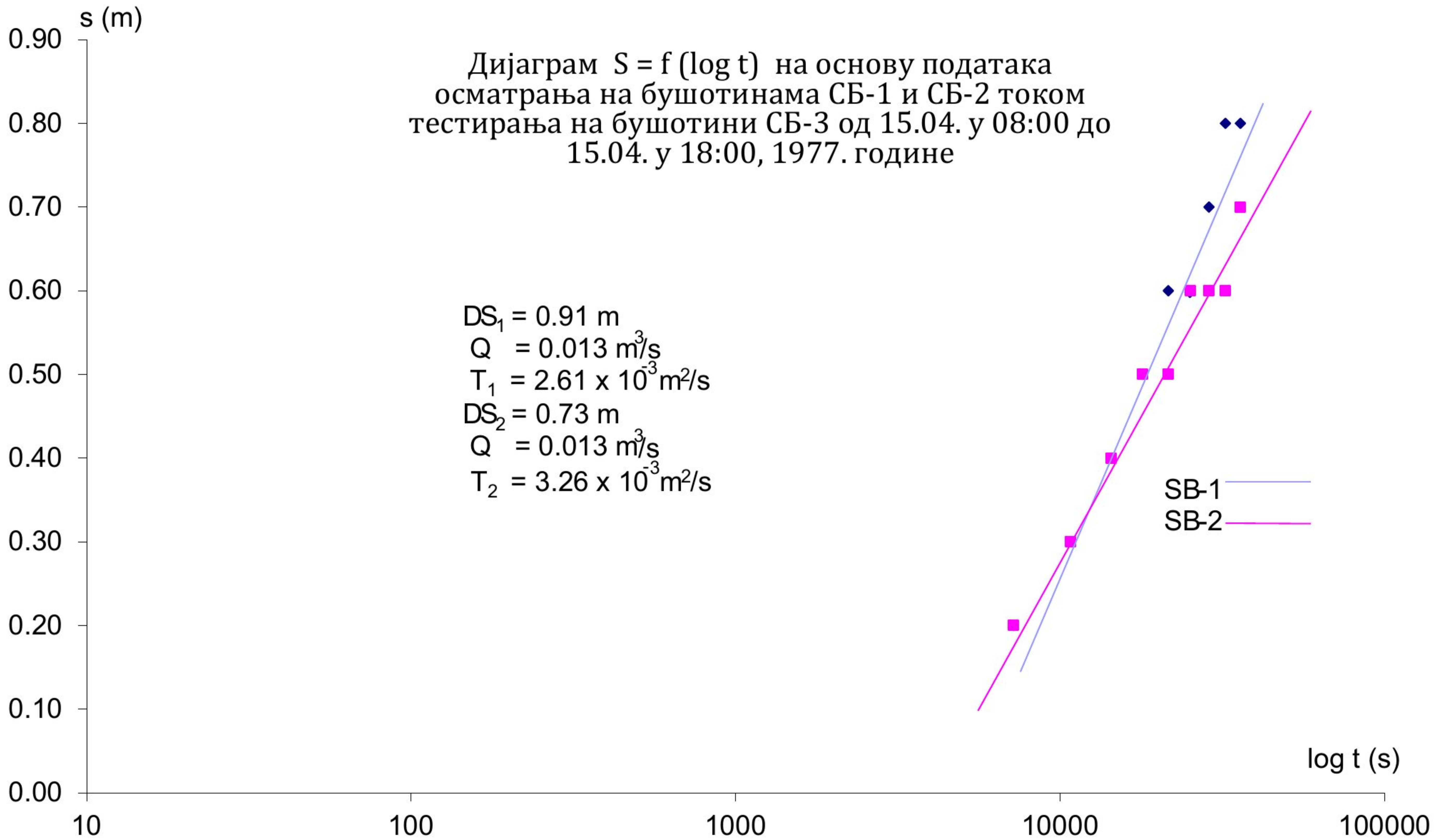
Дијаграми тестирања
бушотина

Тестирање бушотине СБ-3 и осматрање на бушотинама СБ-1 и СБ-2									
СБ-3						СБ-1		СБ--2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Датум	Час	Вријеме t (s)	Протицај Q (l/s)	Динамичк и ниво (m)	Снижење S (m)	Динамич. ниво (m)	Сни. S (m)	Динам. ниво (m)	Сни. S (m)
12.4.1977.год.	8.35	0	0.00	20.20	0.00	18.00	0.00	21.20	0.00
	8.36	0		1.50	18.70	18.00	0.00	21.20	0.00
	8.40	240		1.00	19.20				
	8.45	540		0.80	19.40				
	8.50	840				18.00	0.00	21.20	0.00
	9.08	1920				17.50	0.50	21.00	0.20
	9.24	2880		0.80	19.40	17.50	0.50	20.80	0.40
	10.35	3540				17.50	0.50	20.80	0.40
	10.45	4140		0.70	19.50				
	11.35	7140				17.30	0.70	20.60	0.60
	14.30	17640		0.50	19.70	16.80	1.20	20.50	0.70
	16.00	23040				16.80	1.20	20.50	
	21.10	41640		0.50	19.70	16.60	1.40	19.80	1.40
13.4.1977.год.	5.10	0	30.80	19.70	0.00		0.00	20.70	0.00
	6.25	4500		0.70	19.00	17.70	0.40		
	9.42	16320		0.70	19.00	17.30	0.90	20.30	0.40
	10.30	19200		0.70	19.00	16.80	1.00	20.20	0.50
	11.30	22800		0.70	19.00	16.70	1.10	20.10	0.60
	12.30	26400	33.00	0.60	19.10	16.60	1.10	20.00	0.70
	13.30	30000		0.60	19.10	16.60	1.10	19.90	0.80
	14.30	33600		0.60	19.10	16.60	1.20	19.90	0.80
	15.30	37200		0.60	19.10	16.50	1.20	19.80	0.90
	16.30	40800		0.60	19.10	16.50	1.20	19.70	1.00
	17.30	44400		0.60	19.10	16.50	1.20	19.70	1.00
	18.30	48000		0.60	19.10	16.50	1.20	19.70	1.00
	19.30	51600		0.60	19.10	16.50	1.20	19.70	1.00
14.4.1977.год.	7.30	0	0.00	19.70	0.00	17.50	0.00	20.70	0.00
	8.30	3600	32.00	0.70	19.00	17.20	0.30	20.40	0.30
	9.30	7200		0.60	19.10	17.00	0.50	20.30	0.40
	10.30	10800		0.60	19.10	16.90	0.60	20.20	0.50
	13.30	21000		0.60	19.10	16.70	0.80	20.00	0.70
	14.30	25200	33.00	0.60	19.10	16.70	0.80	20.00	0.70
	15.30	28800		0.60	19.10	16.60	0.90	19.80	0.90
	16.30	32400		0.60	19.10	16.50	1.00	19.80	0.90
	17.30	36000		0.60	19.10	16.50	1.00	19.70	1.00
15.4.1977.год.	8.00	0	0.00	19.80	0.00	17.60	0.00	20.70	0.00
	9.00	3600	26.00	5.00	14.80	17.50	0.10	20.60	0.10
	10.00	7200		5.00	14.80	17.40	0.20	20.50	0.20
	11.00	10800		5.00	14.80	17.30	0.30	20.40	0.30
	12.00	14400	26.00	5.00	14.80	17.20	0.40	20.30	0.40
	13.00	18000		5.00	14.80	17.10	0.50	20.20	0.50
	14.00	21600		5.00	14.80	17.00	0.60	20.20	0.50
	15.00	25200		5.00	14.80	17.00	0.60	20.10	0.60
	16.00	28800		5.00	14.80	16.90	0.70	20.10	0.60
	17.00	32400		5.00	14.80	16.80	0.80	20.10	0.60
	18.00	36000		5.00	14.80	16.80	0.80	20.00	0.70

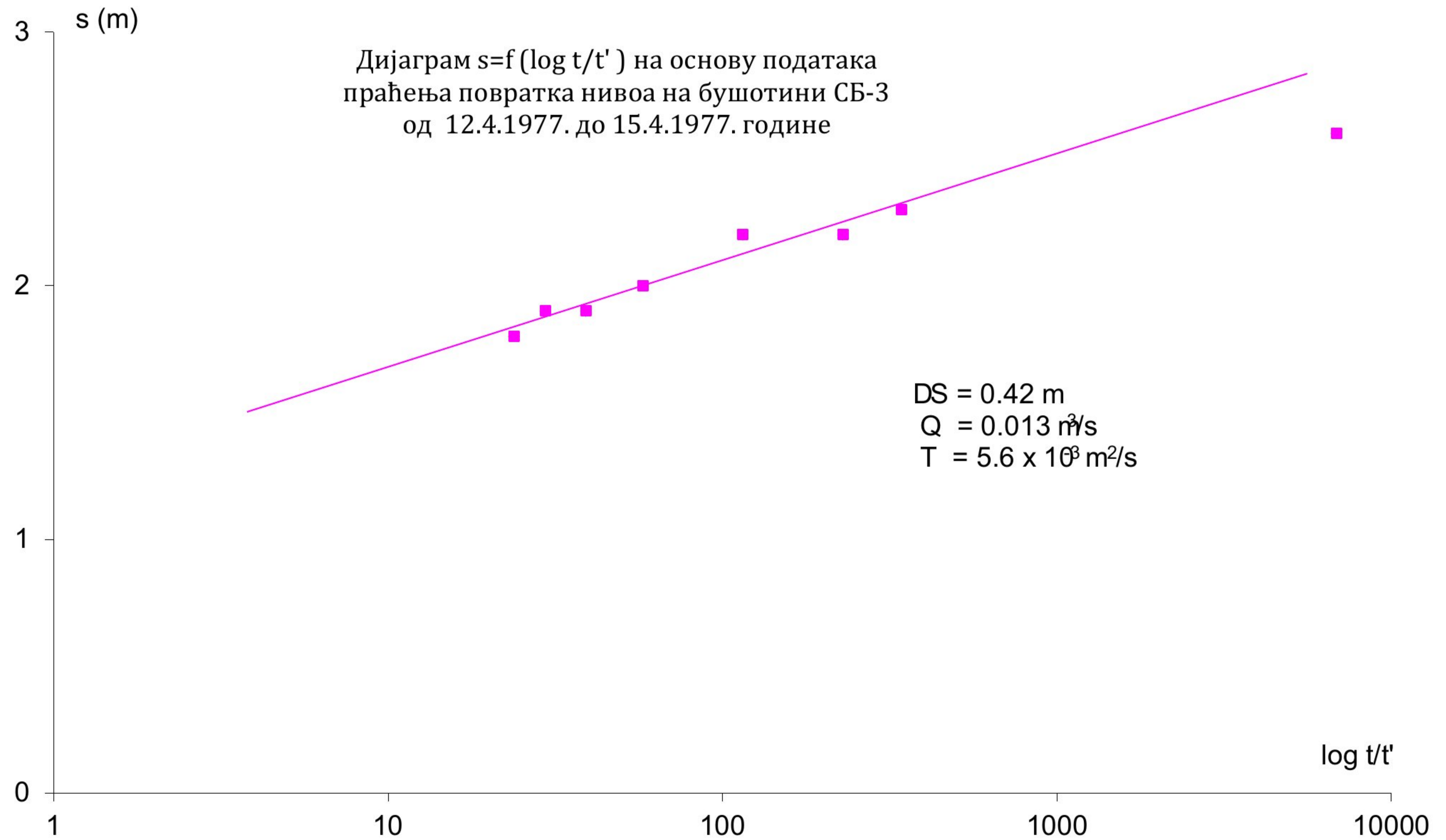








Повратак нивоа након тестирања на бушотини СБ-3 од 14.04.1977. године					
1	2	3	4	5	6
SB-3					
Датум	Вријеме (h)	t (s)	t' (s)	t/t'	S (m)
14.4.1977.	17.30	205 200	0		
	17.35	205 500	300	6850.0	2.6
	17.40	205 800	600	343.0	2.3
	17.45	206 100	900	229.0	2.2
	18.00	207 000	1800	115.0	2.2
	18.30	208 800	3600	58.0	2.0
	19.00	210 600	5400	39.0	1.9
	19.30	212 400	7200	29.5	1.9
	20.00	214 200	9000	23.8	1.8



ПРИЛОГ 9

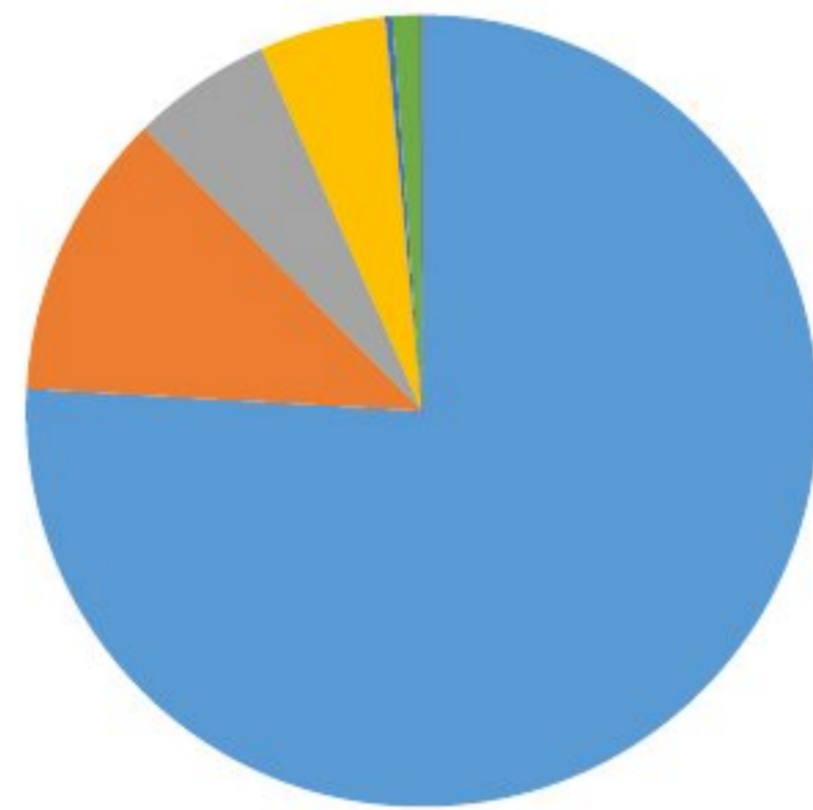
Табеларни приказ хемијских анализа и дијаграма

Табеларни приказ вриједности физичко-хемијских параметара сирове воде изворишта
"Вилина Влас"

Параметар	Јединица	Утврђена вриједност	МДК
Боја (Pt-Co)	/	<5	5
Укус	/	без	без
Мирис	/	без	без
Мутноћа	NTU	0.00	до 1
рН-вриједност	/	7.30	6.8-8.5
Електропроводљивост	($\mu\text{C}/\text{cm}$)	432.00	1000.00
Потрошња	(mg/L)	0.50	8.00
Амонијум јон	(mg/L)	<0.05	0.10
Нитрити	(mg/L)	<0.03	0.03
Нитрати	(mg/L)	0.26	50.00
Хлориди	(mg/L)	2.30	200.00
Бикарбонати	(mg/L)	265.00	-
Са	(mg/L)	41.00	200.00
Mg	(mg/L)	20.00	50.00
Na	(mg/L)	18.00	150.00
К	(mg/L)	1.00	12.00
SO ₄	(mg/L)	3.90	250.00
Fe	(mg/L)	0.02	0.30
Арсен	(mg/m ³)	<0.001	0.01
Цинк	(mg/L)	<0.05	3.00
Бакар	(mg/m ³)	<0.01	2.00
Флоруидти	(mg/L)	<0.05	1.20
Хром	(mg/m ³)	<0.01	0.05
Кадмијум	(mg/m ³)	<0.0005	0.00
Никл	(mg/m ³)	<0.01	0.02
Селен	(mg/m ³)	<0.01	0.01
Олово	(mg/m ³)	<0.01	0.01
Жива	(mg/m ³)	<0.0005	0.00
Бор	(mg/L)	<0.01	0.30

Извор: КРИПТОС Д.О.О. Милићи, Елаборат о класификацији, категоризацији и прорачуну резерви термоминералне воде "Вилина Влас" код Вишеграда са стањем 30.11.2018. године

Кружни дијаграм садржаја елемената у термоминералној води, анализа воде из бушотине Б-1 од 25.04.2018. године



■ Бикарбонати ■ Са ■ Mg ■ Na ■ К ■ SO4 ■ Fe ■ Нитрити ■ Нитрати

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ ЗАВРШНОГ РАДА

Име и презиме студента Урош Јурошевић

Број индекса Г628/20

И з ј а в љ у ј е м

да је завршни рад под насловом

“Услови формирања геотермалних ресурса на подручју Вишеградске Бање”

резултат сопственог истраживачког рада;

да завршни рад у целини ни у деловима није био предложен за стицање друге дипломе на студијским програмима Рударско-геолошког факултета или других високошколских установа;

да су резултати коректно наведени и

да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

У Београду, 01.09.2023. године

Потпис студента

ИЗЈАВА
О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ЗАВРШНОГ РАДА

Име (име родитеља) и презиме студента Урош Јурошевић

Број индекса Г628/20

Студијски програм Хидрогеологија

Наслов рада “Услови формирања геотермалних ресурса на подручју Вишеградске Бање”

Ментор доц. др Ана Врањеш

Изјављујем да је штампана верзија мог завршног рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради одлагања у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити у електронском каталогу и у публикацијама Рударско-геолошког факултета.

У Београду, 01.09.2023. године

Потпис студента

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ ЗАВРШНОГ РАДА

Овлашћујем библиотеку Рударско-геолошког факултета да у Дигитални репозиторијум унесе мој завршни рад под насловом:

“Услови формирања геотермалних ресурса на подручју Вишеградске Бање”

који је моје ауторско дело.

Завршни рад са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Мој завршни рад одложен у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета је *(заокружити једну од две опције)*:

I. редуковано доступан кроз наслов завршног рада и резиме рада са кључним речима;

II. јавно доступан у отвореном приступу, тако да га могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се уз сагласност ментора одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)

2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)

3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)

5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)

6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Заокружите само једну од шест понуђених лиценци. Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве.)

У Београду, 01.09.2023. године

Потпис ментора

Потпис студента

1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
 2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
 3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
 4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
 5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
 6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.
-