

Одређивање режима и резерви подземних вода на примеру изворишта за водоснабдевање насеља Велики Поповац (Петровац на Млави)

Наталија Гавриловић



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Одређивање режима и резерви подземних вода на примеру изворишта за водоснабдевање насеља Велики Поповац (Петровац на Млави) | Наталија Гавриловић || 2022 ||

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0006561>

**Универзитет у Београду
Рударско-геолошки факултет**



Завршни рад

Мастер академске студије

**Одређивање режима и резерви подземних вода на примеру
изворишта за водоснабдевање насеља Велики Поповац
(Петровац на Млави)**

Кандидат:

Гавриловић Наталија Г619/21

Ментор:

Проф. др Драгољуб Бајић

Београд, Септембар, 2022.

Комисија:

1. др Драгољуб Бајић, ванредни професор, ментор

Рударско-геолошки факултет, Београд

2. др Душан Полоччић, редовни професор, члан

Рударско-геолошки факултет, Београд

3. др Весна Ристић Вакањац, редовни професор, члан

Рударско-геолошки факултет, Београд

Датум одбране: _____

РЕЗИМЕ

Извориште подземних вода МЗ Велики Поповац чини један експлоатациони бунар дубине 184 m. Хидрогеолошки параметри водоносне средине одређени су тестовима црпења. (једним тестом у пролећном периоду и једним тестом у летњем периоду), док су квалитативне карактеристике подземних вода одређене хидрохемијским методама. Главни циљ ових истраживања је дефинисање резерви подземних вода на предметном изворишту, а све у вези са чињеницом да корисник изворишта подземних вода, има обавезу да, према законској одредби, овери билансне резерве подземних вода у складу са важећим законским прописима.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: *експлоатациони бунар, физичко-хемијске карактеристике, тест црпења, параметри водоносне средине*

Садржај

РЕЗИМЕ	3
1. УВОД	1
2. ОПШТИ ПОДАЦИ О ИСТРАЖНОМ ПРОСТОРУ	3
2.1. Географски положај истражног простора	3
2.2. Климатске карактеристике терена.....	4
2.2.1. Падавине	5
2.2.2. Температура ваздуха	7
2.2.3. Релативна влажност ваздуха.....	10
2.3. Хидрографске и хидролошке карактеристике шире околине истражног простора	12
2.4. Геоморфолошке карактеристике шире околине истражног простора....	14
3. ГЕОЛОШКЕ И ХИДРОГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ШИРЕ ОКОЛИНЕ ИСТРАЖНОГ ПРОСТОРА.....	15
3.1. Преглед досадашњих геолошких истраживања.....	15
3.2. Приказ литостратиграфских јединица	16
3.3.Тектонске карактеристике шире околине истражног простора	18
3.4. Резултати раније изведених хидрогеолошких истраживања.....	21
3.5. Хидрогеолошка својства и приказ заступљених типова издани	22
4. ПОСТОЈЕЋЕ СТАЊЕ НА ИЗВОРИШТУ	24
5. ПРИКАЗ ИСТРАЖНИХ РАДОВА ЗА ПОТРЕБЕ ОДРЕЂИВАЊА РЕЖИМА И РЕЗЕРВИ ПОДЗЕМНИХ ВОДА	27
5.1. Тестови црпења	27
5.2. Осматрање елемената режима подземних вода	35
5.3. Анализа режима падавина у периоду режима осматрања	37
5.4. Испитивање квалитета подземних вода.....	41
5.4.1. Физичко-хемијске особине подземних вода бунара ЗИБВП-1	41
5.5. Приказ резерви подземних вода	51
5.5.1. Методе прорачуна резерви	51
5.5.2. Прорачун резерви подземних вода изворита	52
5.5.3. Приказ резерви подземних вода изворишта	53
6. ЗАКЉУЧАК	55

7. ЛИТЕРАТУРА	56
---------------------	----

1. УВОД

Извориште за водоснабдевање месне заједнице Велики Поповац налази се у источној Србији, у општини Петровац на Млави. Извориште чине два бунара: експлоатациони бунар ЗИБВП-1 и истражно – експлоатациони бунар ИБВП-1.

Сврха истраживања била је да се дефинишу опште, геолошке и хидрогеолошке карактеристике подручја истраживања у плану и у профилу, да се да оцена хидрогеолошке потенцијалности каптиране издани и оцена квалитета вода изворишта, као и одређивање резерви на основу којих ће се захватати подземне воде са изворишта.

На основу података прикупљених извођењем свих пројектованих истраживања и истражних радова, одређен је квалитет и резерве подземних вода у оквиру каптиране издани и извршена је њихова категоризација у одговарајуће категорије.

Овај рад се састоји од укупно 7 поглавља. Прво поглавље представља уводни део, у другом и трећем поглављу су приказане опште, геолошке и хидрогеолошке карактеристике истражног простора, у четвртом поглављу даје се опис постојећег стања на изворишту, а у петом и шестом су приказани квалитет и резерве подземних вода, док седмо и осмо поглавље представљају закључак и литературу.

Мастер рад „Одређивање режима и резерви подземних вода на примеру изворишта за водоснабдевање насеља Велики Поповац (Петровац на Млави)“ је настао као резултат интерпретације података преузетих из Елабората о резервама подземних вода на изворишту МЗ Велики Поповац (Бунар ЗИБВП-1), Општина Петровац на Млави који сам добила од колегинице Јелене Лазовић и колеге Здравка Пантелића, дипл.инж. геологије којим дугујем посебну захвалност на помоћи око прикупљања података за овај рад.

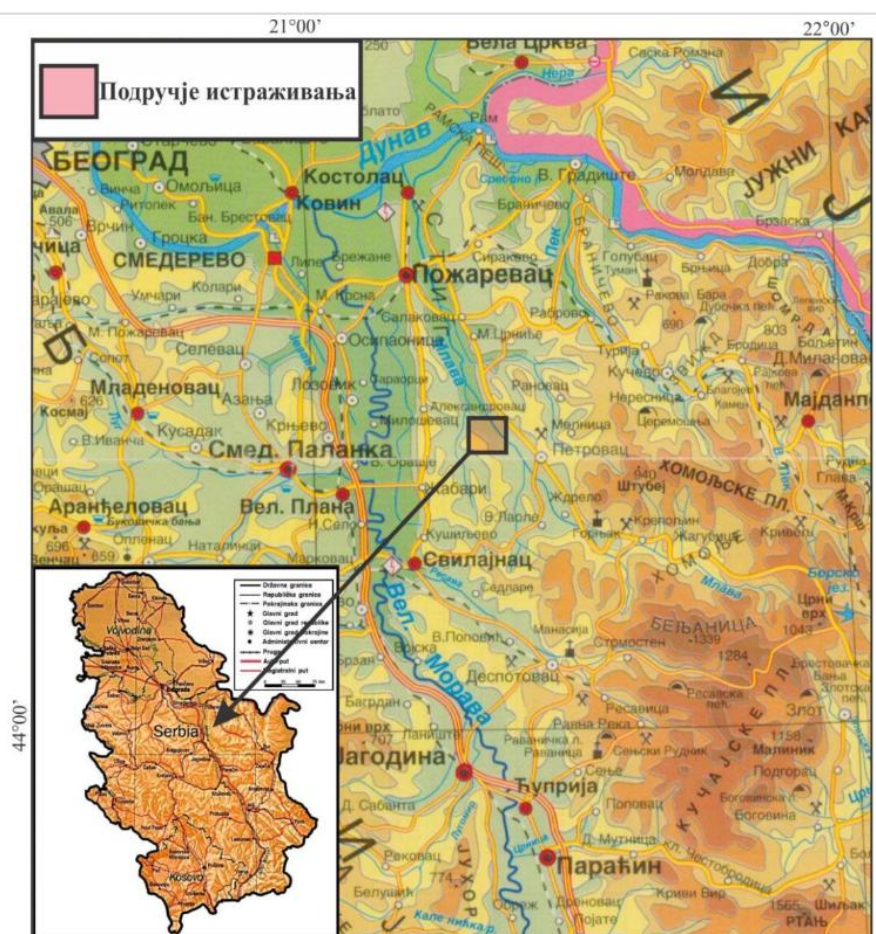
У раду је вршено сагледавање хидрогеолошких услова на поменутом истражном терену, као и синтеза свих обављених истраживања, са кабинетском обрадом података, где је проистекло и дефинисање експлоатационих резерви подземних вода из водозахватног објекта.

Хтела бих да се захвалим и ментору др Драгољубу Бајићу на саветима и критикама, као и члановима комисије редовном професору др Душану Полочичићу и редовном професору др Весни Ристић Вакањац без којих овај рад не би био потпун. Захвалност дугујем и мастер геологу-докторанткињи Милицы Степановић на датим сугестијама које су овај рад училе још бољим.

2. ОПШТИ ПОДАЦИ О ИСТРАЖНОМ ПРОСТОРУ

2.1. Географски положај истражног простора

Истражни простор налази се у источној Србији у Великом Поповцу. Велики Поповац је насеље у општини Петровац на Млави у Браничевском округу и налази се на $44^{\circ} 24' 13''$ северне географске ширине и $21^{\circ} 19' 11''$ источне географске дужине (слика 2.1.1).



Слика 2.1.1 Географски положај истражног простора 1:850 000 (Лазовић & Пантелић, 2020)

Велики Поповац налази се на око 118 km од Београда и 11 km од Петровца на Млави, који је уједно и административни центар месне заједнице. Сама микролокација подручја истраживања налази се на око 1 km од центра насеља.

Истражни простор на коме су се вршила истраживања припада општини Петровац на Млави и оивичен је са 4 преломне тачке следећих координата (табела 2.1.1 и прилог 1).

Табела 2.1.1 Координате преломних тачака истражног простора

Тачка	X	Y
1	4 916 596	7 525 711
2	4 916 596	7 526 374
3	4 917 134	7 526 374
4	4 197 134	7 525 711

2.2. Климатске карактеристике терена

Ширу околину истражног простора карактерише умерено-континентална клима, где су изражена сва четири годишња доба, са карактеристичним умерено хладним зимама и топлим летима. За приказ климатских карактеристика подручја истраживања коришћени су подаци Хидрометеоролошког завода Србије. Анализирани су подаци са хидрометеоролошке станице „Велико Градиште“ (80 м.н.м). Као основа за сагледавање климатских карактеристика подручја коришћени су подаци везани за референтни низ 1991-2018. године.

2.2.1. Падавине

Падавине представљају један од најважнијих климатских елемената, јер комплетна анализа и интерпретација падавина представља једну од основа за израчунавање режима подземних вода.

За анализу режима падавина коришћени су подаци осматрања на падавинској станици „Велико Градиште“ (80 м.н.в.).Ови подаци приказани су у табели 2.2.1.1 као и на сликама 2.2.1.1 и 2.2.1.2.

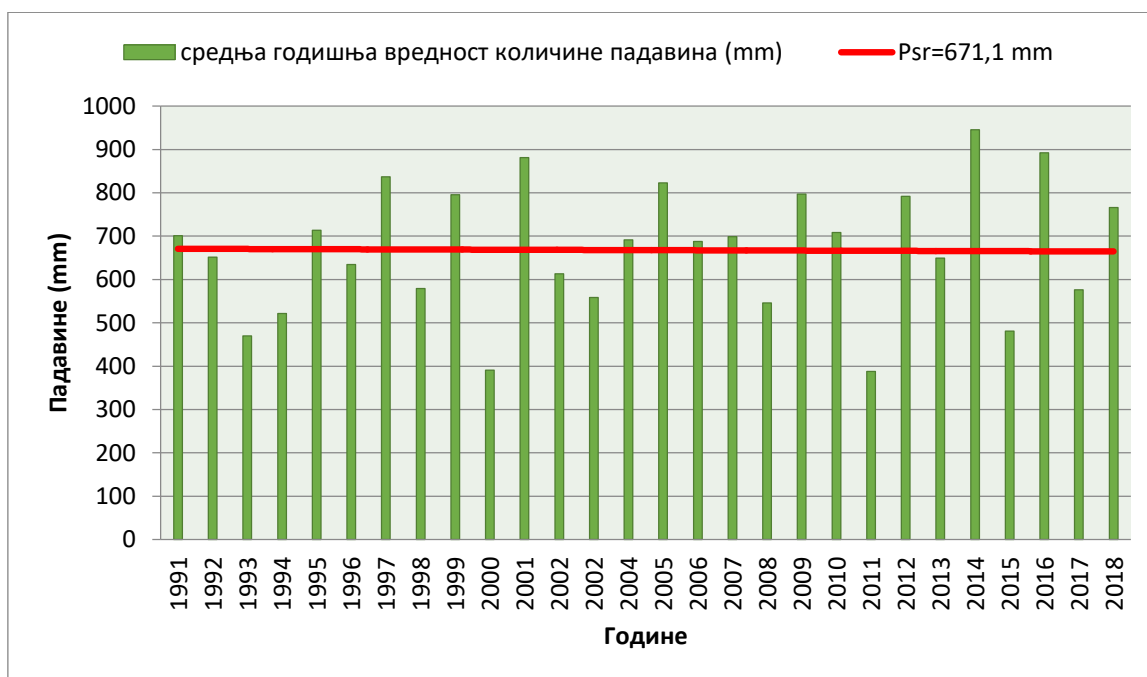
Табела 2.2.1.1 Приказ месечних и годишњих сума падавина (mm) за хидрометеоролошку станицу „Велико Градиште“ (80 m н.м.) за период 1991-2018. године (према подацима РХМЗ-а Србије)

Год.	МЕСЕЦИ												ΣP (mm)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1991	9,0	23,5	38,4	36,4	84,6	76,1	123,1	136,1	16,6	78,7	44,5	34,1	701,1
1992	16,7	34,9	15,0	64,9	15,3	144,5	49,9	13,2	66,9	134,4	77,6	18,2	651,5
1993	15,6	17,0	58,4	37,4	22,4	32,4	27,0	55,4	69,4	10,9	45,5	78,8	470,2
1994	31,3	8,2	16,8	57,7	45,7	102,4	63,9	51,5	35,1	64,5	10,0	34,4	521,6
1995	68,3	34,2	27,8	72,4	64,5	111,3	43,9	67,1	90,6	2,3	54,8	76,1	713,3
1996	34,4	50,7	38,1	42,8	130,0	19,8	20,4	66,3	111,8	21,3	32,6	66,1	634,3
1997	24,1	41,2	18,6	97,8	45,1	54,5	228,2	100,6	46,2	105,1	19,2	56,4	837,0
1998	39,1	2,9	10,0	58,9	62,7	74,4	50,7	32,9	95,2	78,2	53,2	20,7	578,9
1999	39,3	116,6	20,9	84,5	79,2	91,2	139,0	7,2	48,3	17,8	34,0	117,6	795,6
2000	36,6	33,5	36,2	70,1	61,7	12,9	10,9	16,5	55,3	2,1	12,9	42,2	390,9
2001	34,4	21,1	71,7	108,0	54,2	225,7	31,4	43,8	199,9	14,1	60,1	16,8	881,2
2002	16,6	9,0	21,8	24,2	44,1	122,5	100,7	43,2	69,4	66,7	48,6	46,5	613,3
2003	58,0	18,6	10,9	44,3	27,5	14,0	109,7	0,2	67,2	158,2	27,9	22,2	558,7
2004	74,1	56,9	19,8	55,4	38,3	63,0	51,0	54,8	49,6	36,0	159,7	33,2	691,8
2005	38,6	89,2	40,7	122,7	65,9	55,3	96,7	132,7	38,7	31,6	27,1	83,7	822,9
2006	30,7	52,9	72,9	93,0	21,4	107,6	41,0	125,9	21,8	12,3	54,5	53,7	687,7
2007	87,5	59,2	68,9	6,0	104,4	40,7	12,8	47,2	74,7	84,9	82,2	30,5	699,0
2008	47,0	13,9	70,5	60,9	15,6	30,1	46,5	43,4	73,9	47,7	36,3	60,1	545,9
2009	67,5	104,4	63,4	11,7	57,9	100,8	23,1	42,3	42,4	117,7	90,5	75,2	796,9
2010	57,0	90,0	24,3	61,8	119,3	96,4	50,7	29,4	35,9	45,6	35,5	62,4	708,3
2011	44,8	36,1	21,1	28,1	29,5	26,6	102,5	6,7	18,0	20,0	0,0	54,2	387,6
2012	71,7	61,7	16,0	104,4	144,2	8,3	186,8	5,0	29,3	61,4	27,3	75,7	791,8
2013	65,7	39,3	123,7	49,1	86,3	32,8	35,6	27,6	69,1	43,5	63,1	13,7	649,5
2014	43,4	12,1	32,8	53,3	153,5	75,3	182,1	137,2	114,0	70,3	8,7	63,0	945,7
2015	67,2	34,2	53,9	31,7	68,8	24,3	2,8	25,0	57,0	60,0	51,4	4,9	481,2
2016	47,3	45,7	87,9	60,1	134,8	105,7	152,5	52,2	37,7	79,8	70,4	18,2	892,3
2017	18,6	25,4	25,0	50,6	82,3	40,4	51,2	87,9	56,9	41,0	27,0	69,9	576,2
2018	51,3	21,8	83,4	40,9	106,0	205,9	90,9	27,2	20,1	12,7	46,9	58,6	765,7
сред	44,1	41,2	42,5	58,2	70,2	74,8	75,9	52,8	61,1	54,2	46,5	49,5	671,1
макс	87,5	116,6	123,7	122,7	153,5	225,7	228,2	137,2	199,9	158,2	159,7	117,6	945,7
мин	9,0	2,9	10,0	6,0	15,3	8,3	2,8	0,2	16,6	2,1	0,0	4,9	387,6

Максимална месечна вредност падавина, на падавинској станици „Велико Градиште“, за период од 1991 – 2018. године износи 228,2 mm и забележена је у јулу 1997. Године, док у новембру 2011. нису забележене падавине (0 mm воденог талога). Просечна вредност годишњих сума падавина износи 671,1 mm. Највеће количине падавине у току године излуче се у мају и јуну, а најмање у фебруару и октобру.



Слика 2.2.1.1 Хистограм минималних, средњих и максималних месечних вредности падавина (mm) за хидрометеоролошку станицу „Велико Градиште“ (80 m н.т.) за период 1991-2018. (према подацима РХМЗ-а Србије)



Слика 2.2.1.2 Хистограм средње годишњих количина падавина (mm) за хидрометеоролошку станицу „Велико Градиште“ (80 m н.м.) за период 1991-2018. (према подацима РХМЗ-а Србије)

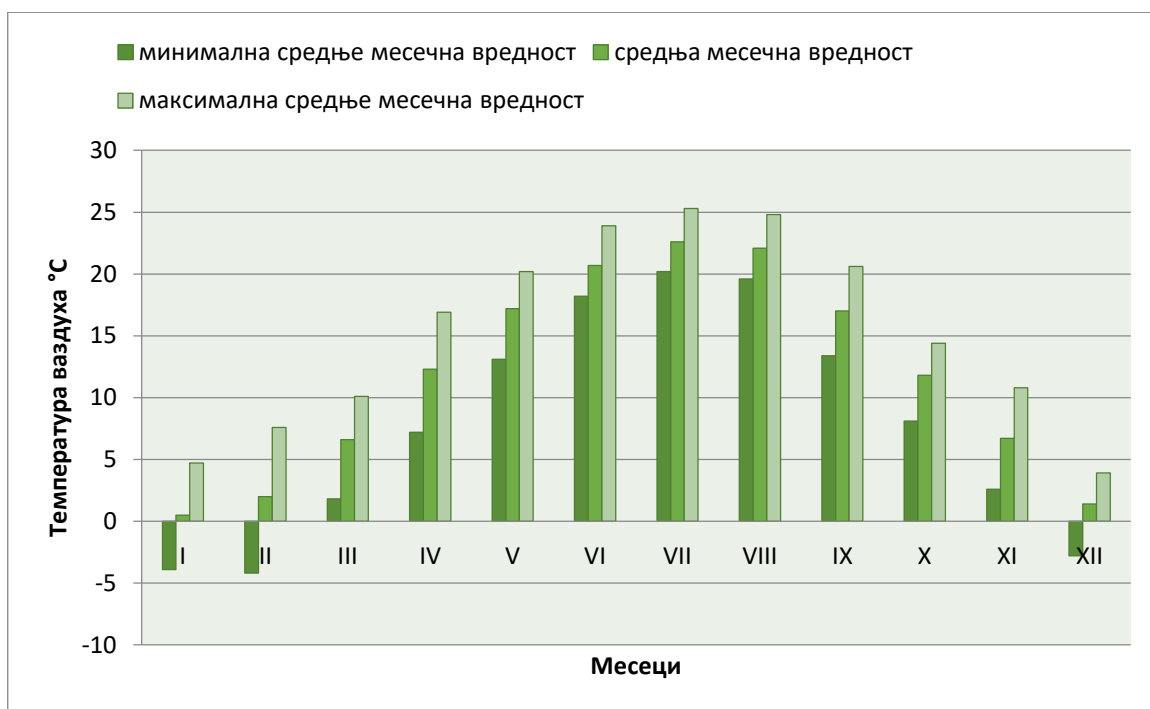
2.2.2. Температура ваздуха

Температура ваздуха представља једну од главних климатских одлика подручја. Подаци о температурама базирају се на осматрању на климатолошкој станици „Велико Градиште“ (80 м.н.в.) за период од 1991 – 2018. године, чије су вредности приказане у табели 2.2.2.1, док су на сликама 2.2.2.1 и 2.2.2.2 приказани хистограми карактеристичних месечних и годишњих вредности температуре ваздуха за наведени период осматрања.

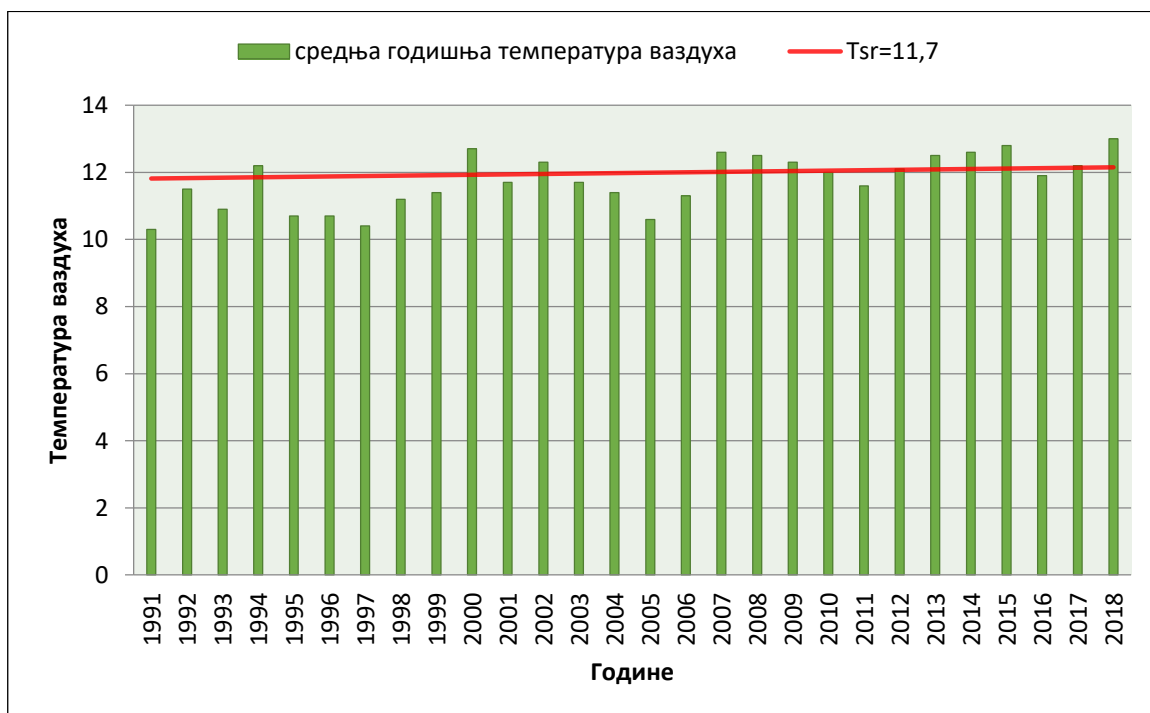
Табела 2.2.2.1 Приказ просечних месечних и годишњих температура ваздуха (°C), хидрометеоролошка станица „Велико Градиште“ (80 т н.т.), период 1991-2018. (према подацима РХМЗ-а Србије)

Година	МЕСЕЦИ												Tsr (°C)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1991	0,4	-1,5	7,8	10,2	13,1	19,9	21,6	19,6	17,4	11,1	6,6	-2,4	10,3
1992	-0,7	2,0	6,7	11,6	16,7	19,6	21,3	24,8	16,6	12,0	6,5	0,4	11,5
1993	-1,1	-2,2	3,8	11,3	18,6	20,4	21,5	21,7	16,6	13,7	3,2	2,9	10,9
1994	3,7	2,0	8,6	12,3	17,2	19,5	22,6	22,6	20,6	10,4	5,8	1,6	12,2
1995	-0,8	5,2	5,9	11,2	15,6	19,4	22,9	20,2	15,2	10,4	2,6	1,1	10,7
1996	-0,5	-1,1	1,8	11,8	18,2	20,6	21,4	21,6	13,4	11,5	8,0	1,1	10,7
1997	0,3	2,8	4,6	7,2	17,1	20,6	20,2	19,8	14,6	8,1	7,3	2,6	10,4
1998	2,4	4,2	3,8	12,9	16,0	21,3	21,9	22,0	16,1	12,5	4,0	-2,8	11,2
1999	0,7	0,4	7,3	12,4	16,4	19,8	21,8	21,4	18,6	11,3	4,7	1,5	11,4
2000	-2,3	3,1	6,2	15,1	17,9	21,2	22,8	24,0	17,0	13,5	10,1	3,7	12,7
2001	3,1	3,8	9,9	11,3	17,8	18,2	22,6	22,9	16,0	13,7	4,0	-2,6	11,7
2002	-0,9	6,0	8,9	11,3	19,2	21,7	23,5	21,4	16,1	11,6	9,0	0,1	12,3
2003	-0,5	-2,7	5,5	10,7	20,2	23,9	22,5	24,2	16,8	9,7	8,0	2,1	11,7
2004	-1,9	1,3	6,6	12,9	14,8	19,8	22,3	21,2	16,1	14,0	6,5	2,7	11,4
2005	0,8	-2,4	3,8	11,6	16,8	18,8	21,7	20,1	17,2	11,5	5,5	2,1	10,6
2006	-1,5	0,7	5,4	12,7	16,5	19,3	23,0	20,2	17,4	12,8	7,1	2,4	11,3
2007	4,7	5,5	9,0	12,1	18,3	22,3	24,5	23,1	15,1	10,9	4,9	0,6	12,6
2008	0,9	3,8	7,9	12,6	17,8	21,9	22,4	22,7	15,7	12,9	7,6	3,9	12,5
2009	-0,1	1,3	6,6	14,3	17,9	20,4	22,6	22,5	18,4	11,8	8,0	3,3	12,3
2010	0,4	2,9	6,8	12,5	16,9	20,6	23,0	22,4	16,8	9,8	10,8	0,6	12,0
2011	0,2	-0,8	6,3	12,9	16,7	21,2	22,6	22,7	20,5	10,4	2,6	3,4	11,6
2012	0,7	-4,2	7,4	13,2	16,5	22,7	25,3	22,2	19,3	12,5	9,2	0,7	12,1
2013	1,9	4	5,4	13,2	18,5	20,3	22,8	23,7	15,5	13,4	9,4	1,9	12,5
2014	3,1	5,8	9	12,7	16,1	20,1	22,1	21,2	16,9	12,9	8,4	2,6	12,6
2015	2,1	3,3	7,1	11,5	17,6	20,7	24,9	24,5	20	11,7	6,9	2,8	12,8
2016	-0,1	7,6	7,6	14	15,9	21,6	22,5	20,7	17,3	10,2	6,4	-0,8	11,9
2017	-3,9	3,2	10,1	11,7	17,1	22,7	24,4	23,1	17,1	11,3	7,0	2,8	12,2
2018	3,1	2,2	5,7	16,9	19,5	21,0	21,9	23,5	17,9	14,4	8,1	1,6	13,0
сред	0,5	2,0	6,6	12,3	17,2	20,7	22,6	22,1	17,0	11,8	6,7	1,4	11,7
макс	4,7	7,6	10,1	16,9	20,2	23,9	25,3	24,8	20,6	14,4	10,8	3,9	13,0
мин	-3,9	-4,2	1,8	7,2	13,1	18,2	20,2	19,6	13,4	8,1	2,6	-2,8	10,3

Најнижа средња месечна температура ваздуха на климатолошкој станици „Велико Градиште“, за период осматрања од 1991 - 2018. године, забележена је фебруара 2012. године и износила је -4,2°C. Максимална забележена средња месечна температура ваздуха за дати период осматрања износи 25,3°C и регистрована је јула 2012. године (табела 2.2.2.1). Просечна вишегодишња температура ваздуха за посматрани период износила је 11,7°C. Просечне месечне вредности средње месечних температура ваздуха указују на континуалан пораст температуре од најхладнијег месеца јануара до највише средње месечне температуре која се јавља у јулу, а затим континуалан пад до децембра.



Слика 2.2.2.1 Хистограм минималних, средњих и максималних месечних вредности температуре ваздуха за период 1991-2018. На хидрометеоролошкој станици „Велико Градиште“ (на основу података РХМЗ-а Србије)



Слика 2.2.2.2 Хистограм средње годишњих вредности температуре ваздуха за период 1991-2018. на хидрометеоролошкој станици „Велико Градиште“ (на основу података РХМЗ-а Србије)

2.2.3. Релативна влажност ваздуха

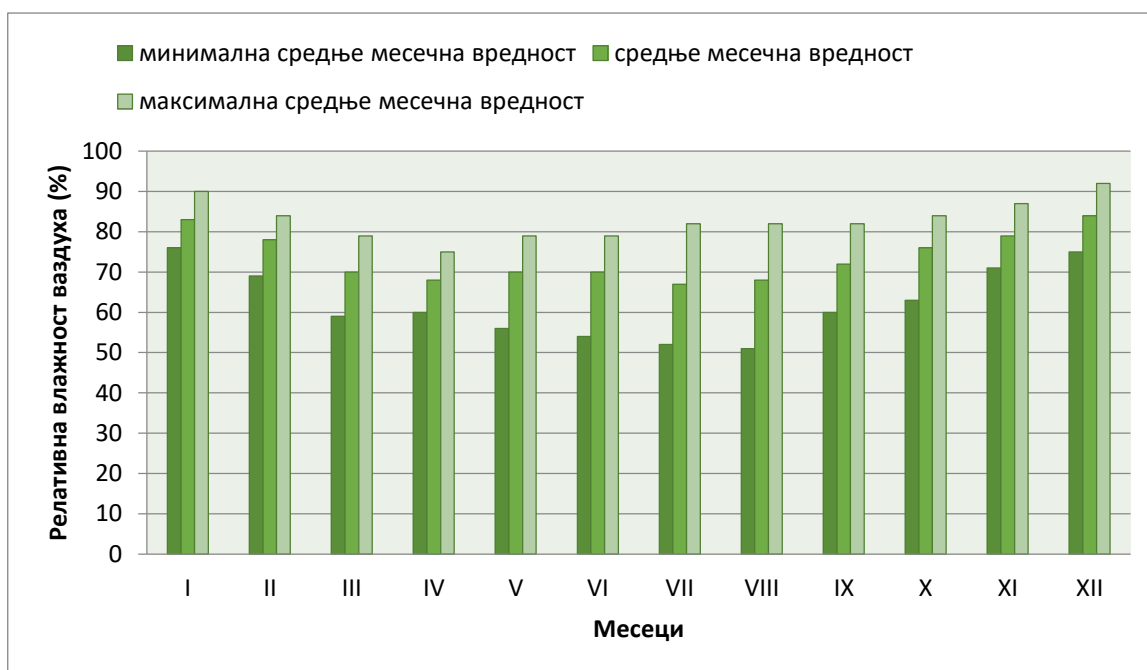
Релативна влажност ваздуха такође представља елемент климе. Налази се у обрнуто пропорционалном односу са температуром ваздуха. Релативна влажност ваздуха је битан климатски фактор који утиче на режим подземних вода и стоји у обрнуто пропорционалном односу са температуром ваздуха.

Репрезентативне вредности релативне влажности ваздуха за хидрометеоролошку станицу „Велико Градиште“ (80 m n.m.) за период од 1991. до 2018. године приказане су у табели 2.2.3.1, док су на сликама 2.2.3.1 и 2.2.3.2 приказани хистограми карактеристичних месечних и годишњих вредности релативне влажности за наведени период осматрања.

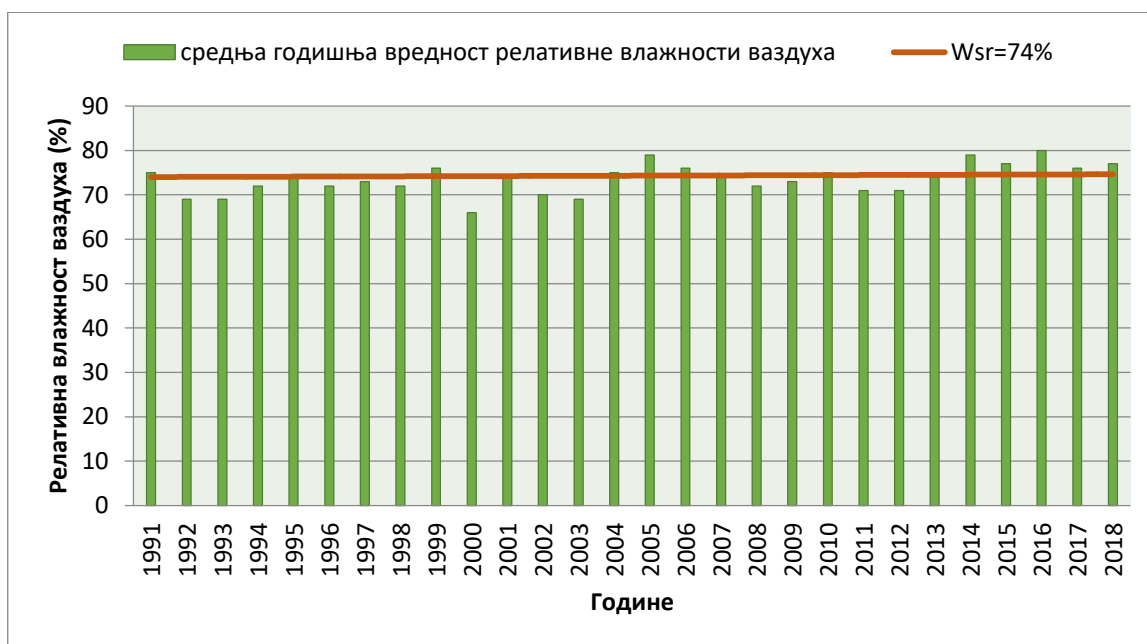
Табела 2.2.3.1 Просечне месечне и годишње вредности влажности ваздуха за хидрометеоролошку станицу „Велико Градиште“ за период 1991-2018. (према подацима РХМЗ-а Србије)

Година	МЕСЕЦИ												W (%)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1991	82	78	66	69	74	68	76	79	70	74	78	88	75
1992	83	80	59	67	56	76	67	53	60	76	77	79	69
1993	78	79	77	64	61	60	58	59	69	71	71	82	69
1994	84	73	66	71	67	69	69	62	65	77	7	83	72
1995	84	76	68	66	71	73	67	71	75	74	82	82	74
1996	79	76	70	61	71	68	59	65	79	74	74	85	72
1997	86	70	64	68	62	68	77	78	72	77	74	81	73
1998	81	69	62	65	72	69	68	63	75	74	80	82	72
1999	86	81	68	72	72	76	75	70	71	77	80	86	76
2000	83	75	69	60	63	54	52	51	68	63	74	81	66
2001	76	73	67	70	67	74	69	66	77	75	83	85	74
2002	86	71	60	67	57	66	68	71	76	75	73	75	70
2003	82	76	66	65	63	59	67	57	69	77	74	76	69
2004	83	80	70	67	71	73	66	75	72	77	82	85	75
2005	85	84	77	71	76	75	77	82	82	76	80	88	79
2006	76	83	77	72	69	78	67	76	72	77	82	87	76
2007	81	78	69	62	73	68	59	68	76	82	79	87	74
2008	79	74	71	74	69	66	61	60	73	76	76	80	72
2009	87	82	72	61	68	70	66	65	68	78	82	81	73
2010	79	80	67	69	76	77	76	72	76	74	73	85	75
2011	85	82	72	61	69	65	66	63	63	70	75	83	71
2012	81	76	61	70	74	64	58	64	63	78	77	82	71
2013	83	80	74	70	65	75	63	63	75	75	81	83	74
2014	82	74	75	75	78	73	78	79	82	82	85	88	79
2015	87	83	76	71	78	76	63	62	72	82	82	92	77
2016	90	81	78	73	79	77	74	80	78	84	82	86	80
2017	84	79	69	74	76	69	61	69	73	79	87	87	76
2018	80	82	79	65	73	79	82	74	70	64	80	90	77
сред	83	78	70	68	70	70	67	68	72	76	79	84	74
макс	90	84	79	75	79	79	82	82	82	84	87	92	80
мин	76	69	59	60	56	54	52	51	60	63	71	75	66

Према подацима мерења, просечна вишегодишња вредност релативне влажности ваздуха са хидрометеоролошке станице „Велико Градиште“ (80 m n.m.) за анализирани период 1991. до 2018. године износи 74 % (табела 2.4). Најнижа просечна месечна влажност ваздуха забележена је у августу 2000. године и износи 51 %, а највиша просечна месечна влажност у децембру 2015. године од 92 %.



Слика 2.2.3.1 Хистограм месечних вредности релативне влажности ваздуха за хидрометеоролошку станицу „Велико Градиште“ период 1991-2018. (према подацима РХМЗ-а Србије)



Слика 2.2.3.2 Хистограм средњегодишњих вредности релативне влажности ваздуха за хидрометеоролошку станицу „Велико Градиште“ период 1991-2018. (према подацима РХМЗ-а Србије)

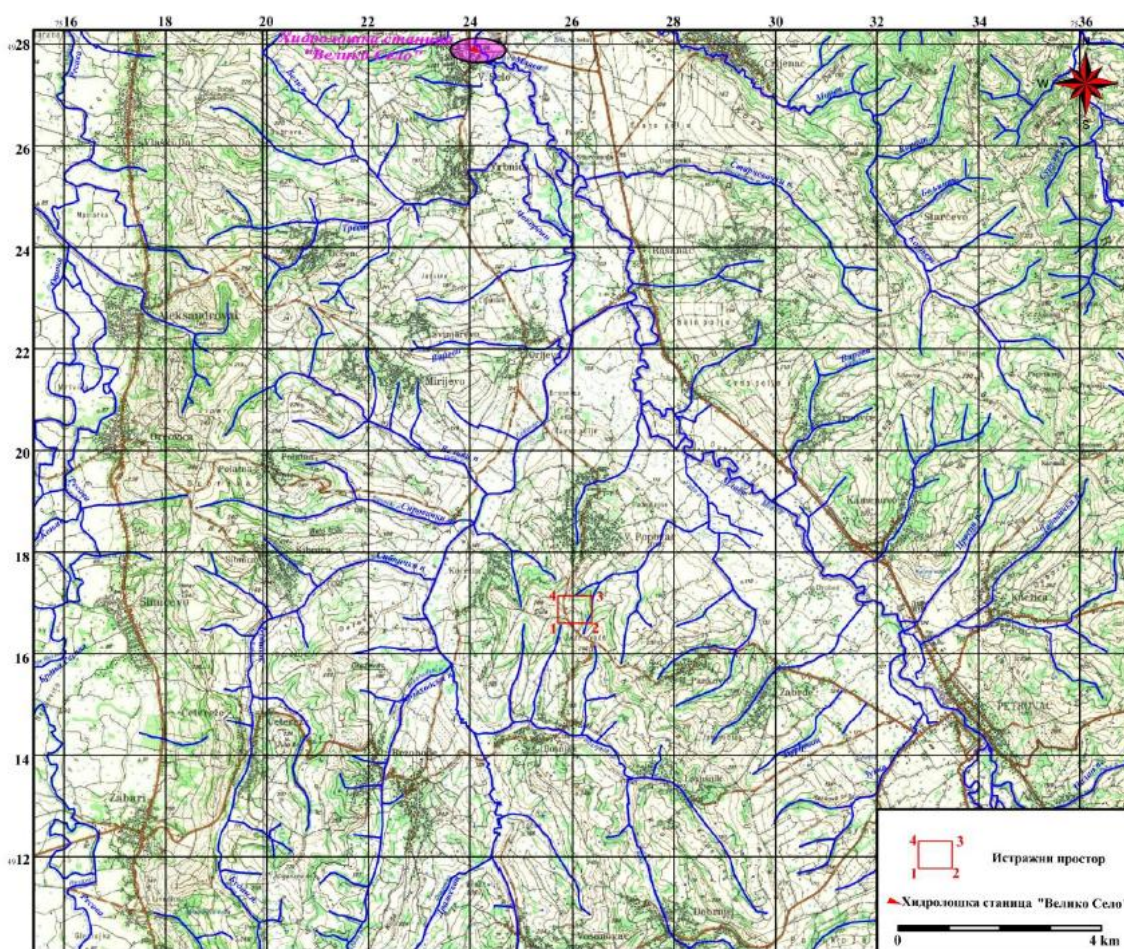
2.3. Хидрографске и хидролошке карактеристике шире околине истражног простора

Хидрографска мрежа шире околине истражног простора припада Црноморском сливу и карактерише се сливом реке Млаве и њених притока.

Млава извире из Жагубичког врела на 325 m надморске висине. Од настанка до ушћа у Дунав код Костолца, река Млава протиче кроз композитну долину, затим код села Рибаре улази у Горњачку клисуру, потом свој ток наставља кроз предео познат као Горња Млава усецајући своје корито у растресите наносе. Алувијална равна река Млаве у месту Братинац достиже ширину 2200 m. Притоке Млаве које протичу у широј околини истражног простора су: Шапински, Обришки поток, река Витовница, Старчевачки поток, Шљивовачки, Заовачки поток, река Чокордин и др. Режим Млаве условљен је бујичним карактером њених притока.

На подручју ширег истражног простора има неколико јаких извора, као што су: Точурак, Бучура, Жедна вода, Трахил, Цајник, Букурани, Стублове, Бабина глава и Бакаличина чесма. Посебно се истиче Цајник са капацитетом од 12 l/s и Трахил са 8 l/s.

Положај хидролошке станице „Велико Село“ на реци Млави и хидрографска мрежа ширег истражног подручја приказани су на слици 2.3.1.



Слика 2.3.1 Карта хидрографске мреже шире околине истражног простора (На основу топографске карте 1:50 000, листови: Лапово 1 и Лапово 2)

2.4. Геоморфолошке карактеристике шире околине истражног простора

Геоморфолошке карактеристике шире околине истражног простора су изложене према ауторима Тумача Основне геолошке карте листа Пожаревац L33-127 (Малешевић et al, 1978) У геоморфолошком погледу шира околина истражног простора припада долини реке Млаве. Генерално посматрано, на ширем истражном простору се издваја алувијална раван реке Млаве у чијој су околини развијени пролувијално - делувијални процеси.

У близини истражног простора налази се брдо које је огранак Сопотске греде, у млавском крају познате као Коса. Његови обронци се простиру од Пожареваца па све до Хомољских планина. Сопотска греда највећу висину достиже на месту Ђула и то од 266 m, што представља највишу коту атара овога села.

Почетак формирања рељефа везан је за палеозоик преко кога су наталожене миоценске, холоценске и творевине плеистоценске старости. Квартарне творевине сврстане су у две генетске јединице: флувијалну и падинску. Флувијална јединица обухвата алувијум- поводањску фацију и творевине речне терасе, док падинска јединица обухвата пролувијалне, делувијалне и лесоидне творевине.

Долина Млаве одликује се алувијалним наносима који су образовали алувијалне равни и речне терасе. У северном делу тока развијен је типични равничарски ток са великим бројем меандара. На левој и десној обали Млаве издвојене су и баре и мочваре.

Делувијални процес заступљен је у периодима великих киша, у вишим деловима терена. Постепено од делувијалног процеса може настати пролувијални процес, када дифузни токови, који се сливају низ падину, наиђу на већа или мања линијска удубљења оријентисана низ падину.

На ширем подручју од истражног подручја издвајају се делови терена представљени маринско-језерским терасама покривеним лесом који је настао еолским преталожавањем алевритско-песковитих седимената поводањске фације.

Дуж западног дела геоморфолошке карте простире се Велико Моравски ров, који је покривен алувијалним седиментима Велике Мораве. Долина Велике Мораве одликује се равничарским тереном са многобројим напуштеним меандрима.

Антропогени утицај извршен је на данашњи изглед рељефа терена, јер је људском делатношћу нарушена природна морфологија терена.

3. ГЕОЛОШКЕ И ХИДРОГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ШИРЕ ОКОЛИНЕ ИСТРАЖНОГ ПРОСТОРА

3.1. Преглед досадашњих геолошких истраживања

Најстарија проучавања почињу крајем прошлог века, а затим пре и непосредно после I Светског рата. Радови Ф. Хофмана (1892), Ј. Жујовића (1888-1900), С. Урошевића (1902-1908) и Д. Антуле (1900- 1913) пружају прве податке о геолошкој грађи и рудном богатству ове области. Упоредо са геолошким истраживањима имамо и прва регионално-географска, а нешто касније и геоморфолошка проучавања Ј. Цвијића (1902-1924).

Потпунији геолошки извештај о Млавско-печком басену, стратиграфским и палеонтолошким подацима угљених серија, као и петрографским особинама на основу кристалних шкриљаца дао је Ф. Катзер (1919).

Многи аутори посвећују посебну пажњу овој области обзиром да терен овог листа захвата знатан простор у моравској потолини, као и западну периферију дела јужних Карпата („моравско-тектонска зона“), у оквиру регионалних тектонских проучавања источне Србије. Нарочито се истичу радови В. Петковића (1930), М. Анђелковића (1956 -1967), К. Петковића (1960-1961), затим А. Грубића (1962-1964) и Б. Максимовића (1963).

Истраживањем квартарних наслага у доњем Поморављу и Подунављу, са детаљним литолошким, генетским и стратиграфским карактеристикама наслагама бавили су се Ј. Марковић-Марјановић (1949-1951) и М. Ракић (1967). Ова подручја су била предмет и геоморфолошких, педолошких, регионално географских и других испитивања, нарочито дуж В. Мораве, Млаве и већих места.

Нарочити значај за потпуну интерпретацију истраживаног подручја имају радови на изради Основне геолошке карте суседних листова-М. Каленића и М. Хаџивукотића на листу Кучево (1974), З. Павловића, Б. Марковића и сарадника на листу Смедерево (1977) и Т. Вујисића, М. Каленића и сарадника на листу Лапово (1977).

3.2. Приказ литостратиграфских јединица

Ширу околину истражног простора изграђују формације неогене и квартарне старости. Распрострањење литостратиграфских јединица у плану и профилу шире околине истражног простора приказано је на геолошкој карти размере 1:25 000 и геолошком профилу (прилози 4 и 5). За израду геолошке карте коришћена је ОГК, лист Пожаревац L34-127 и пратећи Тумач.

НЕОГЕН (Ng)

Пескови-сармат (²M₃¹)

Шире посматрано распрострањење серије седимената сарматске старости обухвата села Трновче, Каменово, Кнежица и североисточно од В. Поповца. Карактеристика серије је већи проценат глиновите компонентне у старијим, и пековите у млађим слојевима. Основни састав серије су жути и сиви крупнозрни пескови у смени са песковито-глиновитим алверитима, алеврит-песковима, песковитим глинама и пешчарима, и песковитим и оолитичним кречњацима. На основу истражног бушења, дебљина ове серије износи око 290 m.

Песковите глине, глиновити пескови и глине-панон (¹M₃²)

Најнижи делови серије су представљени крупнозрним шљунковитим песковима и тањим прослојцима сивоплавих песковитих глина. Изнад су дебеле наслаге песковитих и прашинастих глина. Највиши делови, таложени у нешто дубљој води, представљени су глиновитим и прашинасто-глиновитим седиментима. Дебљина ове серије је различита и износи углавном око 50 до 60 m, а највише 100 m.

Пескови, глиновити пескови и пешчари-панон (²M₃²)

Ова серија представљена је жутиим и сивим песковима, прашинастим песковима, прашинасто-глиновитим песковима и мање тањим слојевима и прослојцима глиновитих прашина и крупнозрних кварцних пескова и песковитих лапораца, док се у завршним деловима налазе се тањи слојеви угља. Дебљина серије износи око 200 m.

КВАРТАР (Q)

Барске творевине (b)

Израђују их ситнозрни седименти, алевритско-глиновитог састава са доста органских остатака.

Пролувијум (pr)

На ободним деловима, нарочито леве долиנסке стране Млаве (В. Поповац, Забрђе), и делом десне долиנסке стране (Кнежица, Каменово), постоји читав низ сложених плавинских конуса, дужине и до неколико km. У почетним деловима конуса преовлађује шљунковита фракција, а на периферним ситнозрнији глиновито-песковити седименти са ређим фрагментима шљунка.

Алувијум - фација поводња (ар)

Алувијални седименти се јављају североисточно од истражног простора. Представљени су алевритским глинама и глиновитим песковима који се међусобно смењују. Садржај песковите компоненте креће се од 11-55 %, алевритске од 19-63 % и глиновите од 12-25 %.

Алувијум - фација корита; шљункови и пескови (а)

Јављају се западно од истражног простора и изграђени су од шљункова и пескова различите гранулације. Дебљина ових седимената износи од 4 до 5 m.

3.3.Тектонске карактеристике шире околине истражног простора

Тектонски склоп шире околине истражног простора је изложен према ауторима Тумача Основне геолошке карте листа Пожаревац L33-127 (Малешевић et al, 1978). На основу геолошког састава у односу на неогени басен В. Мораве, шири простор од истражног приказан је на тектонској карти (слика 3.3.1) и припада следећим геотектонским јединицама: *пребасенским структурама-Моравска структурна јединица (А)*; *басенским структурама-Моравско-банатска структурна јединица (В)* и *постбасенским структурама-Дунавска покривна структурна јединица (С)*.

Истражно подручје највећим делом припада басенским структурама (В) и мањим делом (северозапад) постбасенским структурама (С).

Пребасенске структурне јединице (А)

Део ове јединице су карбон-пермске творевине које су убране у синклиналу Кладурово-Рановац (1), а све скупа током алпског орогена, раседима деформисане у хорст Рановца (а).

Синклинала Кладурово-Рановац састоји се од горњекарбонских угљоносних творевина и пермских црвених пешчара. Синклинала је млађе палеозоиском тектоником израседана попречним и дијагоналним раседима. Они се налазе у систему истих раседа којима је образовац хорст Рановца.

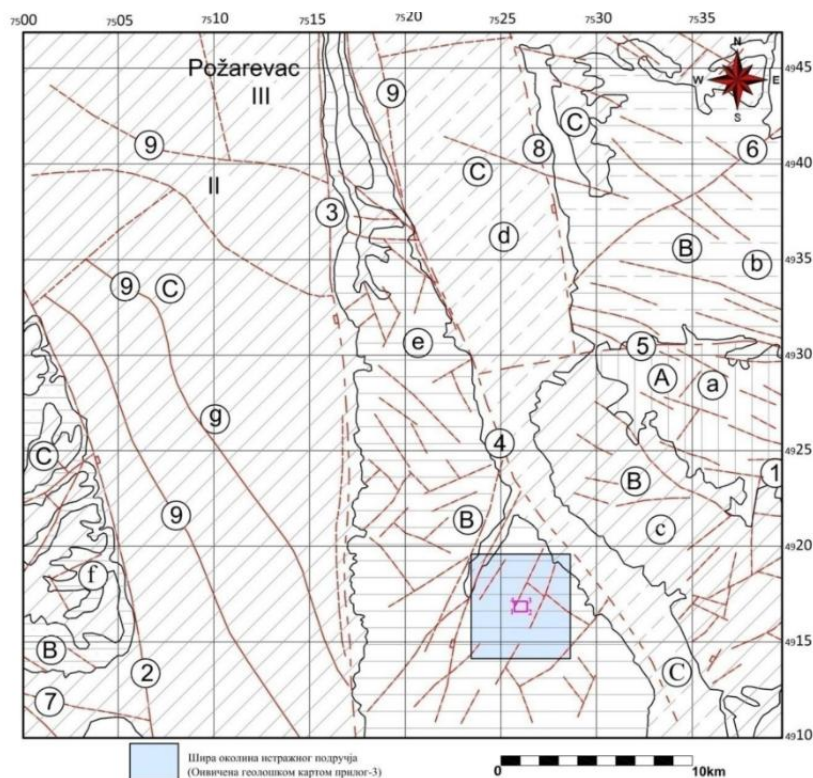
Басенске структуре (В)

Јединица обухвата седименте средњег и горњег миоцена, који захватају највећи део терена. Седименти су углавном хоризонтални и субхоризонтални са благим падовима до 5° ка ССЗ, према банатској депресији. У већини случајева падни углови, као и ретки мали благи набори, последица су раседања. Основно структурно обележје чине дубоки регионални лонгитудинални разломи пружања ССЗ-ИЈИ. То су најстарији разломи басенске структуре, који су дали прва обликовања великоморавског рова. Од ових раседа, у ближој околини В. Поповца је млавски расед и западно, моравски расед, дужине више десетина километара.

Највећи и најстарији структурни облици су меридијанског пружања, а представљени су хорстовима: Пожаревачке греде (е) (шири простор В. Поповца) и ровом Каменова (с) (десна долињска страна и десно залеђе реке Млаве). Ров Каменова (с), чији састав чине бурдигал-хелветски, тортонски и сарматски угљоносни седименти.

Постбасенске структуре (С)

Дунавска покривна структурна јединица обухвата најмалађе плеистоценске и холоценске флувијалне и падинске седimente, који леже углавном хоризонтално или су благо нагнути, сагласно палеорељефу. Основно структурно обележје дају неотектонски активни разломи.



Слика 3.3.1 Прегледна тектонска карта шире околине истражног простора (на основу Тумача ОГК, лист L 34-127 Пожаревац 1978)

Легенда: А. Моравска структурна јединица - пребасенске структуре В. Моравско-банатска структурна јединица - басенске структуре. С. Дунавска покривна јединица – постбасенске структуре. Структурни низови: а. хорст Рановца, б. ров Божевица, с. ров Каменова, д. Ров Салсковаца, е. хорст Пожаревачке греде, ф. хорст Крњева, г. ров Велике Мораве. I. Праг: Осипаоница Милошевац-Д.Ливадица, II. Праг: Липе-Пругово, III. Праг: Петка-Пожаревац-Александровац. Пликативни облици: 1. синклинала Кладурово-Рановац. Руптурни облици: 2. расед смедеревски, 3. расед пожаревачки, 4. расед млавски, 5. расед Куле, 6. расед Чешљеве баре, 7. расед јесенички, 8. расед касидолски, 9. граница палеогеографских и структурних препанонских (пресарматских ?) јединица.

3.4. Резултати раније изведених хидрогеолошких истраживања

Хидрогеолошка истраживања шире околине истражног простора углавном су била наменског карактера првенствено са циљем решавања проблема водоснабдевања града Пожаревца. Становништво Пожаревца се до 60-тих година прошлог века, снабдевало водом из плитких копаних и дубоких бушених бунара који су у почетку имали самоизлив. Временом је пораст броја бунара довео до снижавања пијезометарског нивоа.

Прва детаљна хидрогеолошка истраживања, започета су још 1968. године, за потребе отварања изворишта „Трновче“ које се налази на левој обали Велике Мораве и чији бунари каптирају подземне воде алувиона Велике Мораве за водоснабдевање Велике Планае и Смедеревске Паланке.

За потребе централизованог водоснабдевања града Пожаревца, 1962. године израдом 4 бунара формирано је извориште на локацији „Меминац“, а потом је 1974. године исто проширено израдом још 4 бунара. Средином 80-тих година прошлог века су уследила хидрогеолошка истраживања за потребе формирања и отварања новог изворишта водоснабдевања „Кључ“ при чему су вршена хидрохемијска праћења режима подземних вода.

Обимна истраживања и резултати истих, објављени су почетком 1999. године. Анализе хидрогеолошких параметара и хидродинамичких услова средине урађени су од стране Института за водопривреду „Јарослав Черни“, која је рађена за потребе проширења постојећих и отварање нових изворишта за водоснабдевање Пожаревца и околних места.

Предузеће „Гео Инжењеринг БГП“ доо из Београда је 2017 за обезбеђивање неопходних количина подземних вода за потребе водоснабдевања становника Великог Поповца извело радове на изради истражно-експлоатационог бунара ЗИБВП-1, дубине 184,0 m.

3.5. Хидрогеолошка својства и приказ заступљених типова издани

На основу резултата до сада спроведених гелолошких и хидрогеолошких истраживања у зависности од структуре порозности и водопрпусности стенских маса, на истражном простору издвојени су (Лазовић & Пантелић, 2020):

- збијени тип издани,
- сложени тип издани у неогеном комплексу,
- условно „безводни“ делови терена

Збијени тип издани

Овај тип издани има мало распрострањење и формиран је у оквиру седимената холоценске старости. Квартарне наслаге представљене су фацијом поводња (ар) у алувиону реке Млаве североисточно од истражног простора, алувиону Чокординске реке и Бошњачког потока и пролувијалним наслагама (пр) на северу. Збијени тип издани изграђују шљункови и пескови различите гранулације, алверитски и глиновити седименти.

Ове наслаге се одликују слабијим филтрационим карактеристикама. Прихрањивање издани се највећим делом одвија инфилтрацијом атмосферских вода, бочним дотицајима из правца североистока и у приобаљу из реке Млаве и осталих мањих притока. Дренирање издани се одвија евапотранспирационим процесима и преко површинских токова, као и преко копаних бунара и изворишта формираних за потребе водоснабдевања.

Сложени тип издани у неогеном комплексу

Овај тип издани се карактерише честим смењивањем водопрпусних и релативно водонепропусних седимената. Формиран је у оквиру пескова, глина, лапораца, песковитих глина и пешчара. Са хидрогеолошког аспекта најзначајнији су пескови, док глине, лапоровите и песковите глине представљају хидрогеолошке изолаторе услед ниских вредности коефицијената филтрације. Неједнал степен водопрпусности у вертикалном профилу предствља основно хидрогеолошко својство овог типа издани.

Оваква честа смена литолошких чланова у плану и профилу условљена је тектонским и седиментолошким процесима.

На изворишту водоснабдевања МЗ Велики Поповац, бунаром ЗИБВП-1 захватају се четири песковита водоносна хоризонта испресецана глиновитим прослојцима (дебљине од 1,0 па и преко 3,0 m): I водоносни хоризонт од 106,30 до 111,20 m, II водоносни хоризонт од 144,10 до 146,40 m, III водоносни хоризонт од 149,90 до 152,70 m и IV водоносни хоризонт од 157,90 до 174,30 m.

Средња вредност коефицијента филтрације је $K=4,98 \times 10^{-6}$ m/s, а средња вредности коефицијента трансмисибилности је $T=1,27 \times 10^{-4}$ m²/s.

Хемијским анализама је утврђено да су подземне воде са изворишта МЗ Велики Поповац мале минерализације, температуре 15,95 °C, док се према класификацији О. А. Алекина могу сврстати у хидрокарбонатну класу, калцијумско-магнезијумску групу I типа.

Прихрањивање издани се врши дотицајем из збијеног типа издани који се налази у њеној повлати, инфилтрацијом вода од атмосферских талога и површинских токова и дотицајем из суседних издани. Дренирање издани се највећим делом одвија вештачким путем, тј. експлоатацијом помоћу бунара, а мањим делом подземним отицајем у друге издани.

Условно „безводни“ делови терена

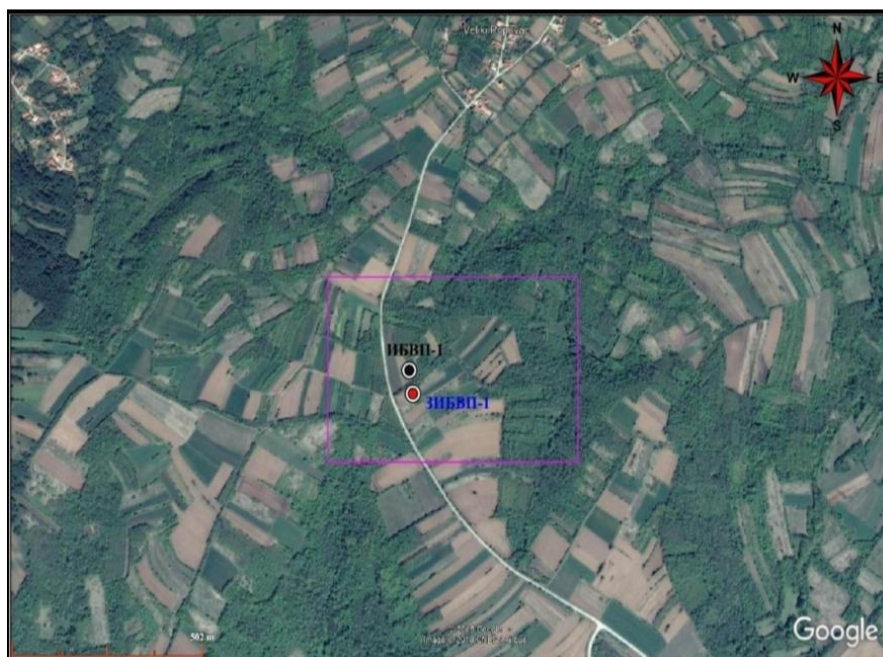
У условно „безводне“ делове терена у широј околини истражног простора сврставају се глине, глине песковите и глине лапоровите. Условно „безводни“ терени представљају геолошке средине које немају могућност формирања значајних резерви подземних вода.

Садржај глиновите компоненте има функцију хидрогеолошког изолатора који спречава продирање евентуалних загађења с површине терена у дубље водоносне слојеве и спречавају мешања вода из различитих водоносних хоризоната.

4. ПОСТОЈЕЋЕ СТАЊЕ НА ИЗВОРИШТУ

На изворишту МЗ Велики Поповац налазе се два бунара (ИБВП-1 и ЗИБПВ-1) од којих је у експлоатацији само бунар ЗИБПВ-1.

Положај бунара ИБВП-1 и ЗИБПВ-1 приказан је на слици 4.1.



Слика 4.1 Положај бунара на изворишту МЗ Велики Поповац (извор: Google Earth)

Бунар ЗИБВП-1 израђен је 2017. године и његовом бушењу предходило је бушење истражне бушотине машинском гарнитуром Ба-15 директним методом бушења, употребом чисте воде као испирног флуида. Бушење од површине терена до дубине од 184,00 m изведено је длетом пречником ϕ 244 mm. По завршеном бушењу истражне бушотине извршена су каротажна мерења са 4 операције (G, T, SP i SEO). Након каротажних мерења извршено је проширење истражне бушотине пречником ϕ 590 mm до дубине од 6,00 m након чега је извршена уградња уводне колоне ϕ 508 mm до дубине од 6,00 m. Проширење истражне бушотине настављено је длетом ϕ 490 mm до крајње дубине од 185,00 m, а затим је извршена уградња бунарске ПВЦ конструкције ϕ 225 mm следећих карактеристика:

- 184,00 - 174,00 m – Таложник од ПВЦ цеви пречника ϕ 225/13 mm
- 174,00 - 158,00 m – Филтер ПВЦ типа „Johnson“ пречника ϕ 225/13 mm
- 158,00 - 153,00 m – Међуфилтер пуна ПВЦ цев , пречника ϕ 225/13 mm
- 153,00 - 150,00 m – Филтер ПВЦ типа „Johnson“ пречник ϕ 225/13 mm
- 150,00 - 146,00 m – Међуфилтер пуна ПВЦ цев , пречник ϕ 225/13 mm
- 146,00 - 144,00 m – Филтер ПВЦ типа „Johnson“ пречник ϕ 225/13 mm
- 144,00 - 111,00 m – Међуфилтер пуна ПВЦ цев , пречник ϕ 225/13 mm
- 111,00 - 108,00 m – Филтер ПВЦ типа „Johnson“ пречник ϕ 225/13 mm
- 108,00 - + -1,00 m – Надфилтерски део пуна ПВЦ цев, пречник ϕ 225/13 mm

Након уградње бунарске конструкције приступило се уградњи засипа од кварцног гранулата пречника зрна 1,0-3,0 mm у интервалу од дна бушотине до 76,00 m дубине. Потом је уграђен глинен тампон у интервалу од 76,00 m до 56,00 m дубине, а затим и уградња сепаратисаног шљунка од 56,00 m дубине до површине терена.



Слика 4.2 Бушење бунара ЗИБВП-1 (Лазовић & Пантелић, 2020)

Ради дефинисања хидрогеолошких параметара водоносне средине захваћене бунаром ЗИБВП-1, изведен је опит црпења. Опит црпења изведен је са потапајућом пумпом укупне снаге 7,5 kW, капацитета $Q = 2,5$ l/s, а мерење динамичког нивоа воде у бунару вршено је електричним мерачем. Статички ниво воде у бунару осматран је 4 часа пре почетка теста црпења и износио је $H_{st}=117,10$ m.

Трајање првог снижења $Q_1 = 0,87$ l/s износило је 7 часова, другог $Q_2 = 1,73$ l/s износило је 7 часова и трећег $Q_3 = 2,32$ l/s износило је 8 часова, а повратак динамичког нивоа осматран је у трајању од 2 сата када се ниво вратио на 118,92 m. У току трећег снижења извршено је узорковање подземне воде из бунара и праћење евентуалног садржаја песка. Евидентирано је одсуство песка у избаченој води.

Координате бунара ЗИБВП-1 на предметном изворишту су:

X	Y	Z
4 916 773	7 525 933	201,20



Слика 4.3 Спољашњи и унутрашњи изглед бунарске шахте ЗИБВП-1 (Лазовић & Пантелић, 2017)

5. ПРИКАЗ ИСТРАЖНИХ РАДОВА ЗА ПОТРЕБЕ ОДРЕЂИВАЊА РЕЖИМА И РЕЗЕРВИ ПОДЗЕМНИХ ВОДА

5.1. Тестови црпења

Ради дефинисања хидрогеолошких параметара водоносне средине захваћене предметним бунаром, изведена су два теста црпења на бунару ЗИБВП-1. Први тест црпења урађен је у пролећном периоду (17.04.-18.04.2018.), док је други тест црпења урађен у летњем периоду (од 11. до 12.07.2018).

Обрадом добијених резултата одређене су филтрационе карактеристике средине и то коефицијент водопроводности (трансмисибилности) и коефицијент филтрације, као и радијус дејства бунара.

Обрада резултата добијених извођењем тестова црпења вршена је кроз анализу и обраду зависности $S = f(\log t)$ и $S = f(\log(t/t_1))$. Обрадом зависности методом Јакоб-а преко дијаграма зависности $S=f(\log t)$ могу се обрадити подаци који се односе на бунар који се налази у транзитној зони струјног поља. На овај начин се добијају најважнији параметри средине, коефицијент водопрводности T и коефицијент филтрације K .

Коефицијент водопрводности се добија из коефицијента правца праве који је представљен тангенсом угла α :

$$tg\alpha = \frac{S_2 - S_1}{\log t_2 - \log t_1}$$

где се индекси 1 и 2 односе на произвољно изабране тачке на правој. Коефицијент водопрводности се израчунава преко израза:

$$T = 0,183 * Q \frac{\log t_2 - \log t_1}{S_2 - S_1}$$

где је :

- Q – капацитет црпења (m^3/s),
- S – снижење нивоа остварено током опитног теста (m)
- t – време у ком је остварено снижење нивоа (s).

Коефицијент филтрације добија се рачунски преко обрасца $K = \frac{T}{m}$ где је m – дужина водоносног слоја у m ($m=25,60 m$). Радијус дејства бунара одређиван је на основу добијених резултата тестова црпења и одређен је формулом Зихарт – а која гласи :

$$R = 3000S\sqrt{K}$$

где је :

- S – остварена депресија у бунару у m и
- K – вредност коефицијента филтрације у m/s .

Први тест црпења бунара ЗИБВП-1 изведен је у периоду 17.04-18.04.2018. са три различита капацитета: $Q_1=0,53$ l/s, $Q_2=0,94$ l/s и $Q_3=1,87$ l/s. Пре почетка теста измерени статички ниво износио је $H_{st}=116,92$ m.

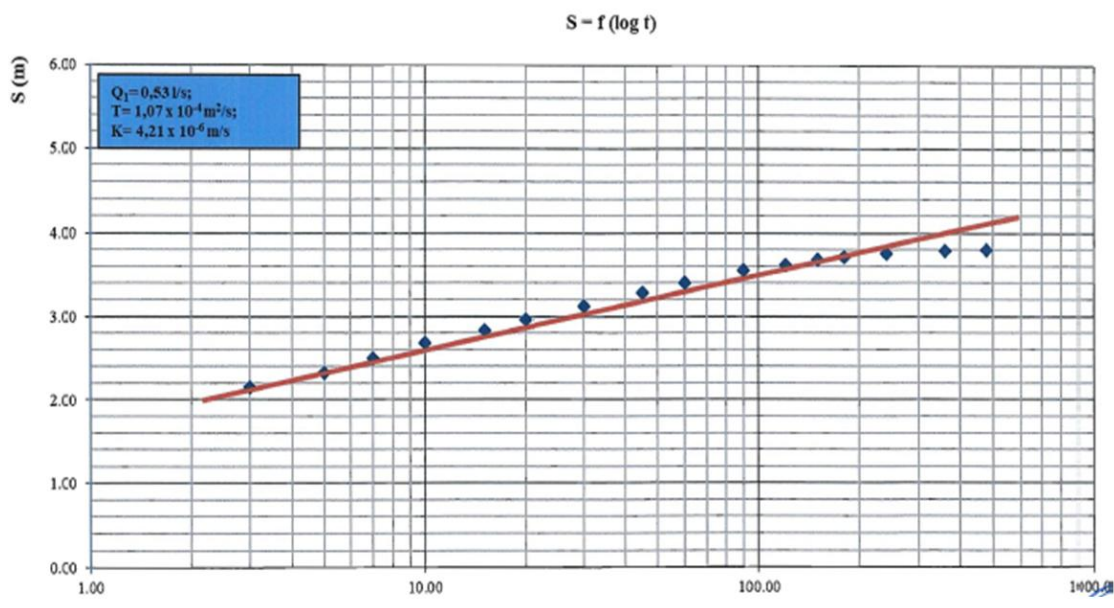
Првим капацитетом од $Q_1=0,53$ l/s остварена је депресија од $S=3,80$ m. После 480 минута капацитет је повећан на $Q_2=0,94$ l/s којим је тестирано такође 480 минута када је остварена депресија од $S=6,80$ m. При трећем снижењу од $Q_3=1,87$ l/s остварена је депресија од $S=13,80$ m.

Коефицијент водопродности за добијене резултате првог снижења износи $T=1,07 \times 10^{-4}$ m²/s, док је коефицијент филтрације $K=4,21 \times 10^{-6}$ m/s, уз узимање дужине водоносног слоја од 25,6 m. На основу трећег снижења обрадом података добијени су параметри коефицијента водопродности $T=2,28 \times 10^{-4}$ m²/s и коефицијента филтрације $K=8,91 \times 10^{-6}$ m/s.

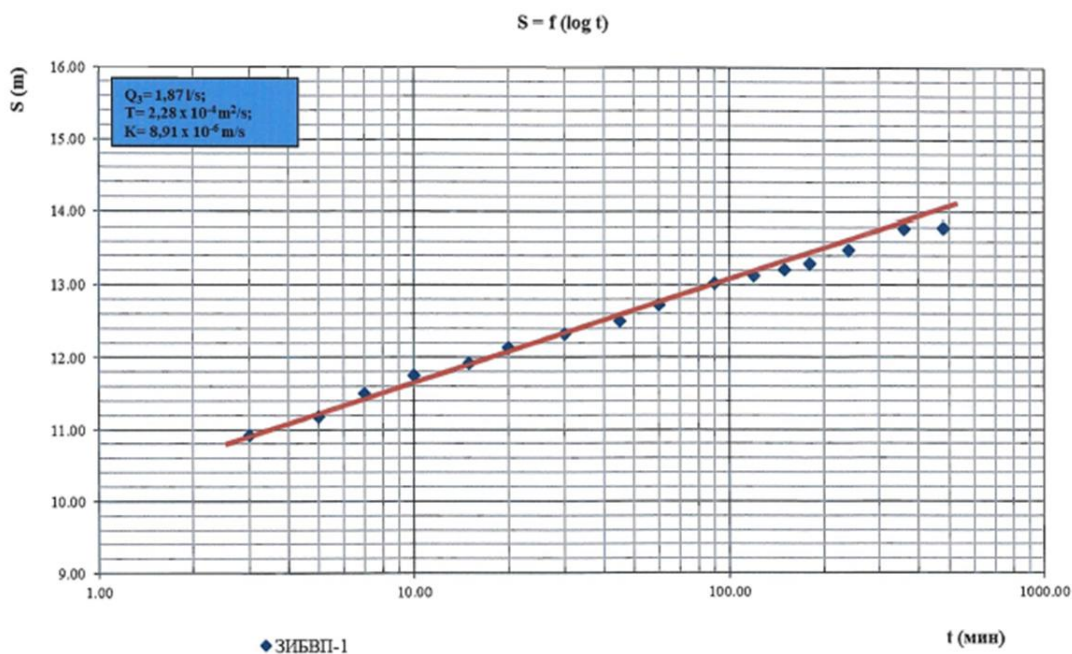
Израчунати радијус дејства бунара за прво снижење износи $R_a=23,39$ m, а за треће снижење $R_a=123,57$ m.

По завршетку теста црпења на бунару праћен је повратак динамичког нивоа у квазистационарно стање у трајању од 120 минута, при чему није постигнуто устаљење нивоа у бунару (119,02 m).

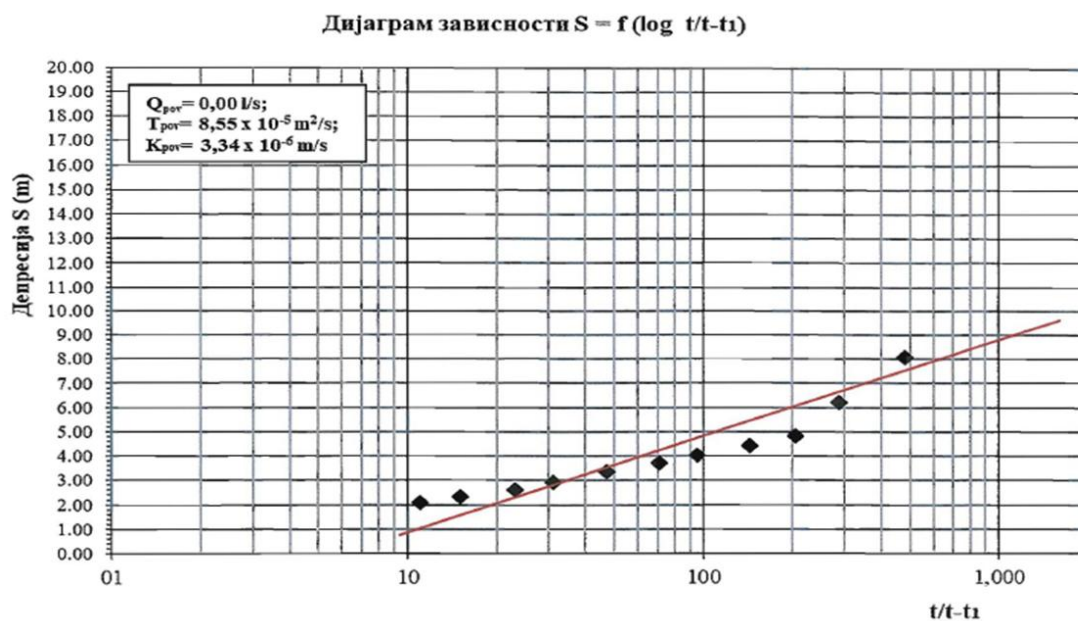
Графоаналитичка обрада за први тест црпења, као и за резултате осматрања нивоа, извршена је применом методе Тајса и приказана је на сликама 5.1.1, 5.1.2 и 5.1.3. На сликама 5.1.4 и 5.1.5 дати су нивограм и хидрограм теста црпења.



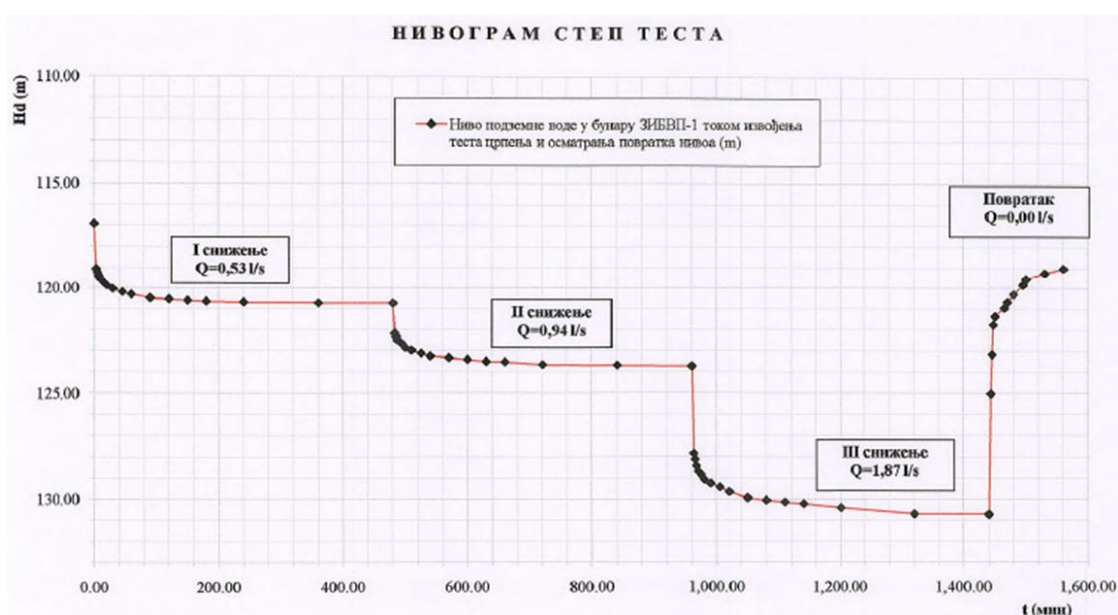
Слика 5.1.1 Графоаналитичка обрада података теста црпења бунара ЗИБВП-1 методом Тајса (14.04-18.04.2018.)



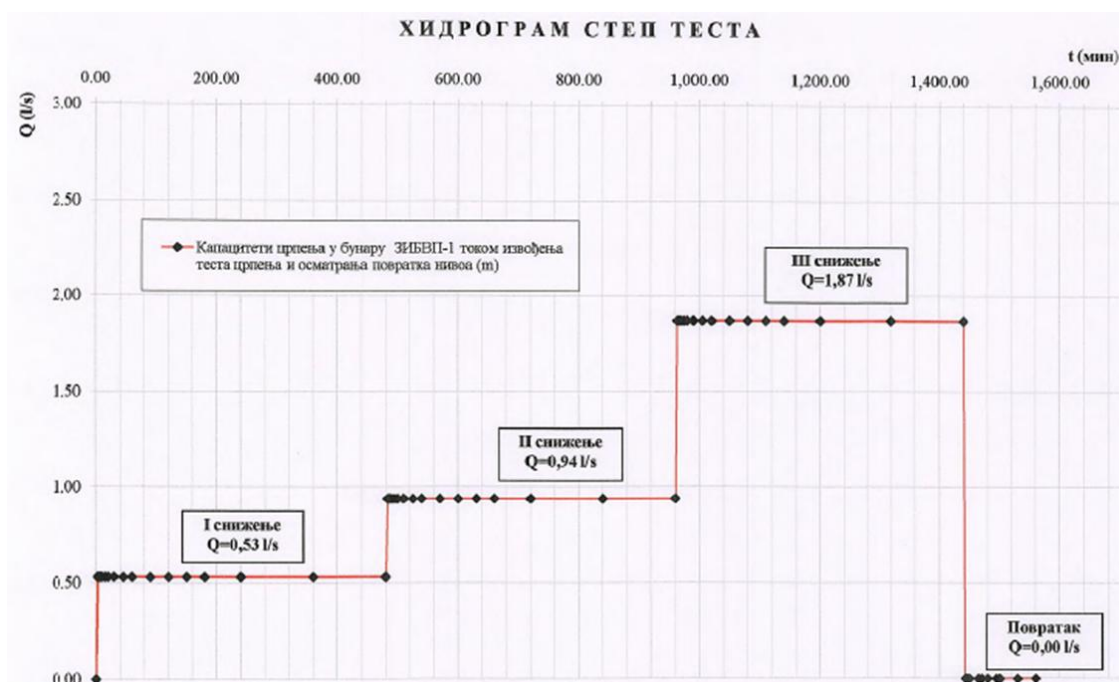
Слика 5.1.2 Графоаналитичка обрада података теста црпења бунара ЗИБВП-1 методом Тајса (14.04-18.04.2018.)



Слика 5.1.3 Графоаналитичка обрада података теста црпења бунара ЗИБВП-1, методом Тајса за повратак нивоа (14.04-18.04.2018.)



Слика 5.1.4 Нивограм теста црпења бунара ЗИБВП-1 (14.04-18.04.2018.)



Слика 5.1.5 Хидрограм теста црепња бунара ЗИБВП-1 (14.04-18.04.2018.)

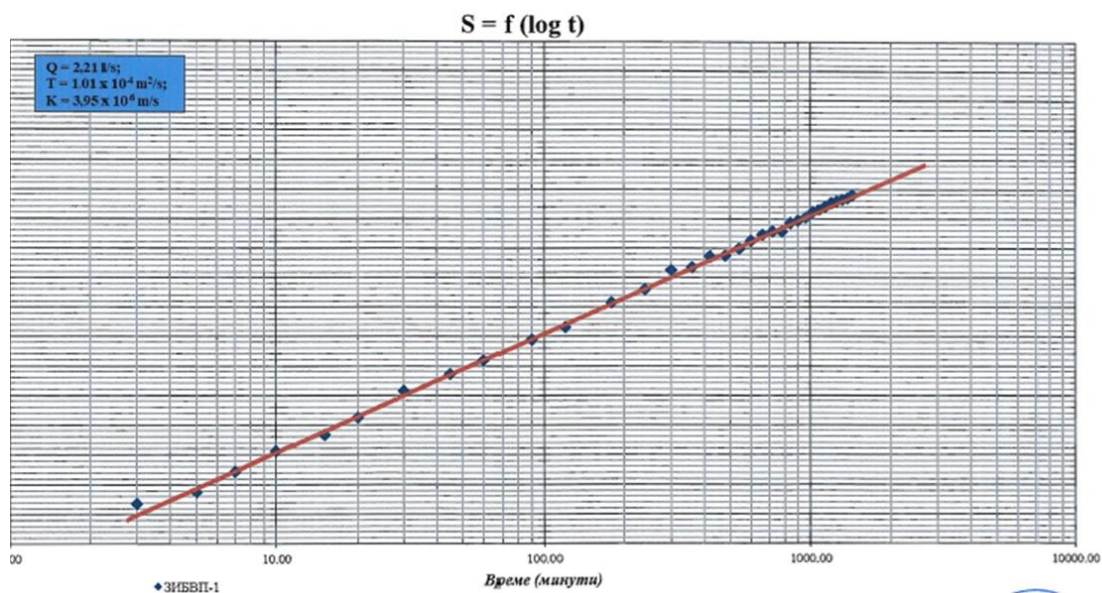
Други тест црепња бунара ЗИБВП-1 изведен је у периоду 11.07-12.07.2018. са једним задатим капацитетом од $Q=2,21$ l/s. У току осматрања нивоа у трајању од пар сати пре почетка теста измерени статички ниво износио је $H_{st}=117,68$ m.

Обрадом резултата теста црепња добијене су вредности коефицијента водопроводности од $T=1,01 \times 10^{-4}$ m²/s и коефицијента филтрације од $K=3,95 \times 10^{-6}$ m/s.

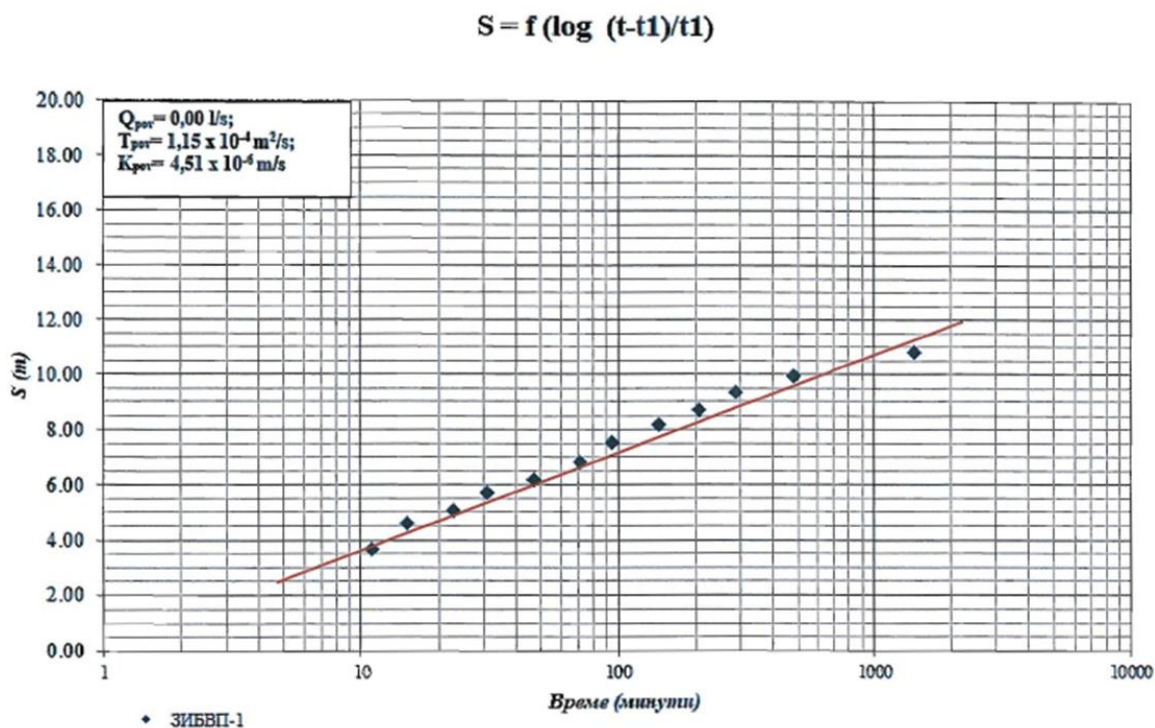
Израчунати радијус дејства бунара за дефинисани капацитет од $Q=2,21$ l/s износи $R_a=100,16$ m.

По завршетку теста црепња на бунару праћен је повратак динамичког нивоа у квазистационарно стање у трајању од 120 минута, при чему није постигнуто устаљење нивоа у бунару (120,61 m).

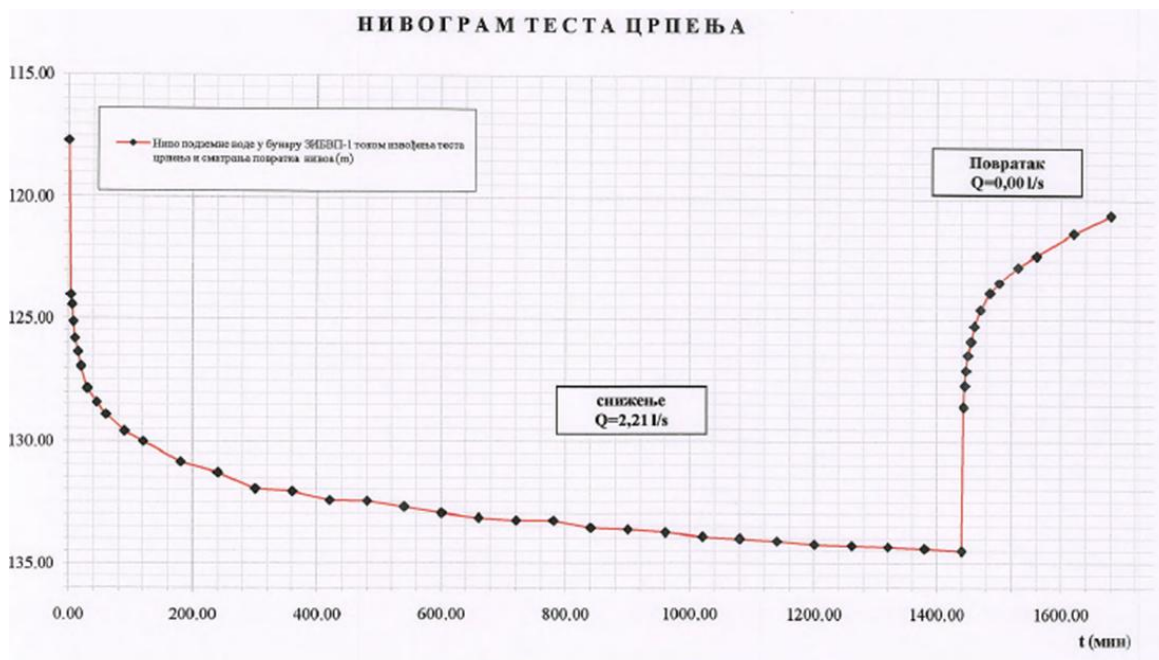
Графоаналитичка обрада за други тест црпења, као и за резултате осматрања повратка нивоа, извршена је применом методе Тајса и приказан је на сликама 5.1.6, 5.1.7, 5.1.8 и 5.1.9.



Слика 5.1.6 Графоаналитичка обрада података теста црпења бунара ЗИБВП-1 методом Тајса (11.07-12.07.2018.)



Слика 5.1.7 Графоаналитичка обрада података теста црпења бунара ЗИБВП-1, методом Тајса за повратак нивоа (11.07-12.07.2018.)



Слика 5.1.8 Нивограм теста црпења бунара ЗИБВП-1 (11.07-12.07.2018.)



Слика 5.1.9 Хидрограм теста црпења бунара ЗИБВП-1 (11.07-12.07.2018.)

Резултати изведених тестова црпења на бунару ЗИБВП-1 у МЗ Велики Поповац дати су у табели 4.6.

Табела 4.6. Резултати изведених тестова црпења на бунару ЗИБВП-1

Објекат	Време	Капацитет (l/s)	Депресија (m)	Статички ниво (m)	Трансмисибилност (m ² /s)	Kf (m/s)
ТЕСТ ЦРПЕЊА						
ЗИБВП-1	17.-18.04.2018.	0,53	3,80	116,92	1,07x10 ⁻⁴	4,21x10 ⁻⁶
		0,94	6,80			
		1,87	13,80		2,28x10 ⁻⁴	8,91x10 ⁻⁶
	Повратак	0,00	2,10	8,55x10 ⁻⁵	3,34x10 ⁻⁶	
	11.-12.07.2018.	2,21	16,80	117,68	1,01x10 ⁻⁴	3,95x10 ⁻⁶
		Повратак	0,00		2,93	1,15x10 ⁻⁴

5.2. Осматрање елемената режима подземних вода

Режимска осматрања подземних вода на изворишту МЗ Велики Поповац обухватају праћење захваћених количина и колебања нивоа подземних вода у бунару ЗИБВП-1, затим извођење тестова црпења у бунару, као и утврђивање режима хемијског састава подземних вода израдом комплетних хемијских анализа „В” обима.

На предметном изворишту режимска осматрања су започета 28.10.2017, и трајала су до 24.12.2018. Мерење исцрпљених количина подземних вода вршило се преко уграђеног мерача протока једном недељно.

У табели 5.2.1 дат је преглед захваћених количина између два мерења и средње месечних захватања подземних вода на изворишту водоснабдевања МЗ Велики Поповац.

Табела 5.2.1 Прорачунате вредности захваћених количина подземних вода из бунара ЗИБВП-1 на изворишту МЗ Велики Поповац за период октобар 2017 децембар 2018.

ДАТУМ	Q (l/s)	Средње месечна (l/s)	ДАТУМ	Q (l/s)	Средње месечна (l/s)
28. октобар 2017	0,0	0,0	28. мај 2018	1,2	1,1
4. новембар 2017	0,8	0,6	4. јун 2018	1,2	1,3
11. новембар 2017		0,8	11. јун 2018	1,2	
17. новембар 2017		0,8	18. јун 2018	1,3	
24. новембар 2017		0,8	26. јун 2018	1,4	
1. децембар 2017	0,8	0,8	3. јул 2018	1,1	1,3
9. децембар 2017		0,8	10. јул 2018	1,3	
15. децембар 2017		0,8	17. јул 2018	1,3	
22. децембар 2017		0,8	24. јул 2018	1,5	
30. децембар 2017		0,9	1. август 2018	1,4	
4. јануар 2018	0,9	0,9	8. август 2018	1,3	1,2
12. јануар 2018		0,9	14. август 2018	1,2	
19. јануар 2018		0,8	21. август 2018	1,0	
26. јануар 2018		0,8	28. август 2018	1,2	
2. фебруар 2018	0,8	0,8	4. септембар 2018	0,7	0,9
9. фебруар 2018		0,9	11. септембар 2018	0,9	
15. фебруар 2018		0,8	19. септембар 2018	0,9	
22. фебруар 2018		0,9	26. септембар 2018	0,9	
28. фебруар 2018		0,7	3. октобар 2018	0,9	
6. март 2018	0,9	1,0	10. октобар 2018	0,9	0,9
12. март 2018		0,9	16. октобар 2018	0,9	
19. март 2018		0,8	23. октобар 2018	0,8	
26. март 2018		0,7	30. октобар 2018	0,8	
2. април 2018	0,9	1,1	7. новембар 2018	0,8	0,7
11. април 2018		1,1	13. новембар 2018	0,8	
17. април 2018		0,9	20. новембар 2018	0,5	
23. април 2018		1,1	27. новембар 2018	0,8	
30. април 2018		0,8	3. децембар 2018	1,2	
7. мај 2018	0,9	1,2	10. децембар 2018	0,8	0,9
14. мај 2018		1,1	17. децембар 2018	0,8	
21. мај 2018		1,1	24. децембар 2018	0,8	

На основу евиденције захваћених количина, просечна количина подземних вода која је захваћена на изворишту за осматрани период износила је $Q_{sr}=1,0$ l/s, док је максимална количина воде на седмодневном нивоу која је захваћена на изворишту измерена јула месеца (24.07.2018) и износила је $Q_{max}=1,5$ l/s. За оверу резерви подземних вода предложене су количине ($Q_{max}=1,5$ l/s) које су и доказане праћењем потрошње подземних вода на изворишту.

Мерењем нивоа подземних вода на предметном бунару, утврђено је да се ниво подземних вода кретао од минималног измереног (24.07.2018) од $H_{\min}=133,84$ m (84,28 m n.m.) (мерено од уста бунара), до максимално измереног $H_{\max}=116,92$ m (67,36 m n.m.) (17.04.2018).

Бунар ИБВП-1 није се могао користити за потребе режимских осматрања, обзиром да је бунарска конструкција предметног бунара проходна само до 75 m, а статички ниво подземних вода на предметном изворишту кретао се на око 117 m.

За сагледавање међусобног утицаја потрошње на кретање нивоа подземних вода у бунару на слици 4.3.2 дат је дијаграм са упоредним приказом ових параметара.

Ако се анализирају приказани параметри са слике 4.3.2 може се рећи да постоји директна зависност између забележене потрошње и измерених вредности нивоа подземних вода. Потрошња воде из бунара ЗИБВП-1 је мала и зависи од потреба мештана МЗ Велики Поповац.

На основу наведеног може се рећи да су промене нивоа подземних вода у функцији потрошње, а кретање нивоа подземних вода је у функцији времена мерења, док потрошња зависи од потреба мештана.

5.3. Анализа режима падавина у периоду режима осматрања

Како би се дефинисао међусобни утицај падавина и осталих анализираних елемената режима праћених на изворишту МЗ Велики Поповац, прикупљене су дневне суме падавина са хидрометеоролошке станице „Велико Градиште“ за период од октобра 2017. год. до децембра 2018 године.

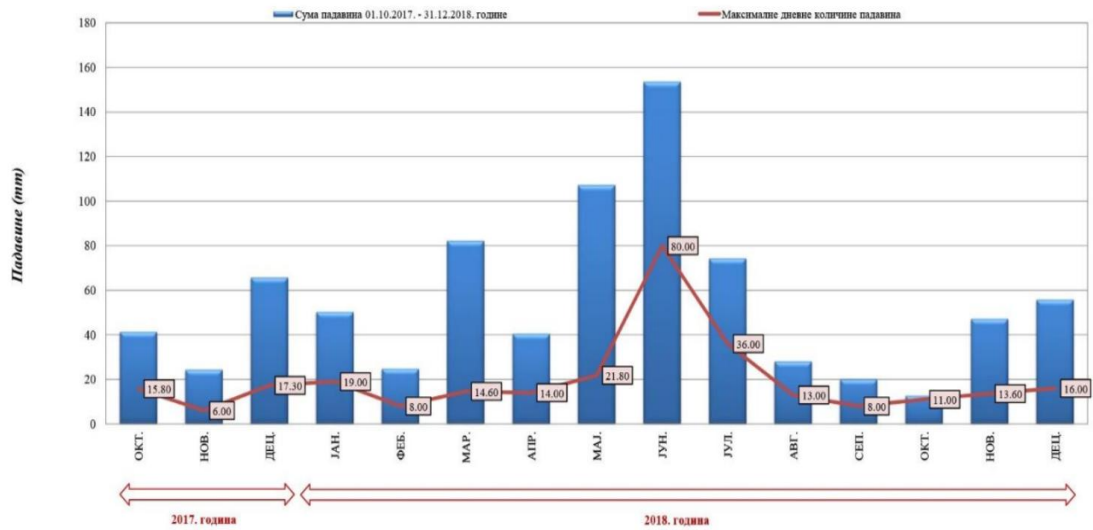
Измерене вредности дневних количина падавина приказане су у табели 5.3.1.

Табела 5.3.1 Дневне вредности падавина, хидрометеоролошка станица „Велико Градиште“ за период октобар 2017-децембар 2018 год. (према РХМЗ Србије)

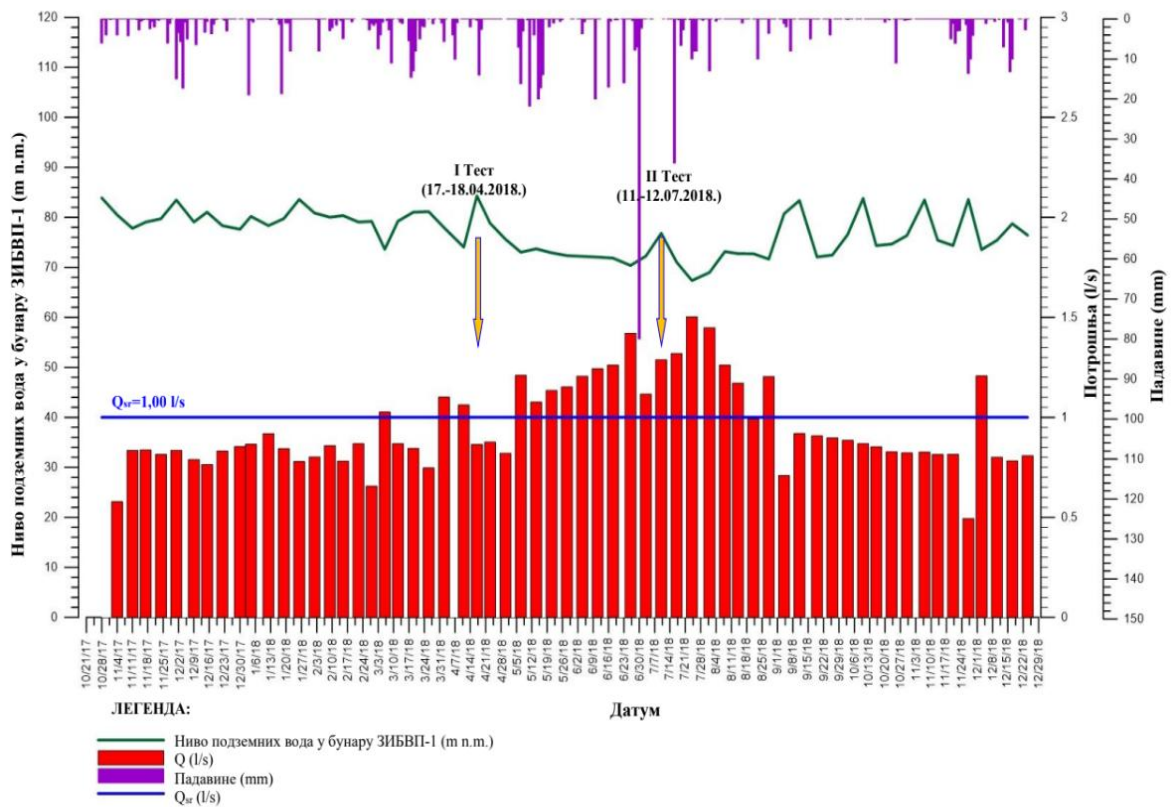
Дан:	2017. година			2018. година											
	ОКТ.	НОВ.	ДЕЦ.	ЈАН.	ФЕБ.	МАРТ	АПР.	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ.	СЕП.	ОКТ.	НОВ.	ДЕЦ.
1	0	0,1	15,0		0	1,6	1	0		2,3	13			0	0
2	0	0	3,4	0	0	1	5,6	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	5,6	19	0,1	7,5	0	0	0	0			0,1	0	0
4	0,1	4,0	17,3	0,3	8	4		0	3,7		0,5	1,1	0	0	0
5	0,6	0	0,8	0,8	0	0,8		0	0,7	0	0	2	0	0	1,1
6	0	0	5		0		4	7,1	0	0	0	0		0	0
7	1,1	0	0	0	0	0,4	10,1	16,2	0			8	0	0	0
8	0,9	0	0	0		2,7	0,9	3	0		0	0	0	0	0
9		4,2	0	0	2,9	11			0		0	0	0	0	0,6
10	0,4	0	6,4	0	2,2	0	0	0,2	20		0			0	
11	0,2	0	0	0	0,1		0	21,8	0	0	0	0	0	0	0,1
12	0	0	0	0	1,5	0	0	0,1	0		0	0	0	0	
13	0	0,1	0	0,1	0	0,8	0	4		0	0	0	0	0	7
14	0	2,7	3,3	0	0,4	1,1	2	0		0	0	0	0	0	0
15	0	0,5	0,6		4,9			0	20		0	0	0	0	0,8
16	0	0,2		0,1	0		0	17,2	17	36	1	5	0	0	13,2
17	0	0	3,7	1,3	0	5,4	0,3	13,9	0,5	0	0	0	0	0	10
18	0	0,1	1,3	18,7	0	14,6	14	0		0,2	0	0	0	0	
19	0	2,4	0,1	0	0,7	13	2,6	0	0,2	6,6	0	0	0	5	
20	0	0,6	0	1	0	8	0	2	0,2	2,7		0	0,8	1,1	0
21	0	2		1		0,2	0	0		0,1	0		0	6,1	0
22	0	0,1	0	8		5	0	1	0		0	0	0,2	3	
23	0	0,3	0,3	0		1,8	0	0	16	0,1	10	0		2,9	2,7
24	15,8	0	3	0	0	2	0	0	0	10	0	0	0	0	0
25	12,2	0	0	0	0		0	0,6	0	8	0	4	11	0	16
26	0	0	0	0	0,2	0	0	0,1	0	8	0		0	1,4	
27	0	6	0	0	2,7		0		0,4	0	0	0	0	13,6	0,1
28	6	1,1	0	0	1,1	1,2	0		7,8	0	3,6	0	0	10	0
29	0,1	0		0		0			7	0,3	0	0	0,3	4,1	0,9
30	4		0	0				0	80	0	0	0	0,2	0	0,3
31	0		0	0		0		0	0	0	0		0,1		3
Макс	15,8	6	17,3	19	8	14,6	14	21,8	80	36	13	8	11	13,6	16
Сред	1,38	0,84	2,35	1,8	1,03	3,42	1,62	3,97	6,4	3,1	1	0,77	8,47	1,63	2,23
ΣР	41,4	24,4	65,8	50,3	24,8	82,1	40,5	107,2	153,5	74,3	28,1	28,1	12,7	47,2	55,8

Анализирањем вредности из табеле 5.3.1 може се установити да је месец са најмањом количином падавина био октобар 2018. године са 12,70 mm воденог талога, док је месец са највећом количином падавина јун 2018. године када је пало 153,50 mm воденог талога. Максималне дневне количине падавина забележене су 30. јуна 2018. године када су износиле су 80,00 mm воденог талога.

На слици 5.3.1 дат је приказ средњих месечних сума падавина и екстремних дневних вредности за осматрани период.



Слика 5.3.1 Хистограм месечних сума падавина за период октобра 2017. децембар 2018. године са максималним дневним количинама падавина



Слика 5.3.2 Упоредни приказ потрошње, колебања дубине до нивоа подземних вода у бунару ЗИБВП-1 и падавина

Упоредном анализом дневних количина падавина и осцилација нивоа подземних вода, као и потрошње приказаних на дијаграму на слици 5.3.2 може се видети да у периоду режимских осматрања не постоји функционална зависност ових параметара, због дубине издани и превасходно, због постојања континуалне експлоатације на бунару, чиме се континуално ремети и природни ниво подземних вода.

Што се тиче утицаја падавина на кретање нивоа подземних вода (величину прихрањивања), на основу датог дијаграма са упоредном анализом (слика 5.3.1) вредности дневних падавина, приказаних на основу свакодневних осматрања од стране Републичког Хидрометеоролошког Завода и осцилација нивоа подземних вода, може се видети да не постоји функционална зависност тј. да атмосферске падавине нису утицале на промене нивоа подземних вода у бунару.

5.4. Испитивање квалитета подземних вода

5.4.1. Физичко-хемијске особине подземних вода бунара ЗИБВП-1

Ради утврђивања квалитета подземних вода на изворишту МЗ Велики Поповац урађено је укупно 4 комплетне хемијске анализе „В“ обима (према *Правилнику о хигијенској исправности воде за пиће*, „Сл. лист СРЈ“ бр. 42/98, 44/99 и 28/19) у четири различита годишња доба. Испитивањима су обухваћене и микробиолошке анализе, као и радиолошка испитивања α и β радиоактивности. Анализе хемијског састава подземних вода из предметног бунара вршене су у акредитованој лабораторији.

Основне компоненте хемијског састава подземне воде из бунара ЗИБВП-1 и њене физичке особине, као и максимално дозвољене концентрације (МДК) прописне *Правилником о хигијенској исправности воде за пиће*, („Сл. лист СРЈ“ бр. 42/98, 44/99 и 28/19), приказане су у табели 5.4.1 и сликама 5.4.1-5.4.8.

Табела 5.4.1 Упоредни приказ најважнијих физичко-хемијских параметара подземних вода из бунара ЗИБВП-1 изворишта МЗ Велики Поповац

БУНАР ЗИБВП-1					МДК
КОМПОНЕНТЕ	06.10.2017.	11.01.2018.	18.04.2018.	12.07.2018.	
Основне физичко-хемијске особине					
Боја (°Co-Pt ska)	беличаста	без	без	без	без
Мутноћа (NTU)	11,4	0,11	0,07	0,35	до 1
Температура воде (°C)		15,9	16,0		
Мирис	без	без	без	без	без
Пливајуће материје (описно)	има	без	без	без	без
pH	7,2	7,0	7,2	7,1	6,8-8,5
Суви остатак (mg/l)	503	496	433	548	
Укупна тврдоћа (°dH)	20,3	16,0	19,4	19,7	
Укупна минерализација (mg/l)	680,17	581,52	650,11	677,22	
Специфична проводљивост (µS/cm)	763	753	735	796	до 1000
Утрошак KMnO ₄ (mg/l)	1,26	<0,5	0,64	0,64	до 8
Растворени гасови					
Растворени кисеоник (mg/l)	4,95	4,6	3,9	3,4	
Угљен-диоксид (mg/l)	15,97	22,9	13,3	20,4	
Макрокомпоненте					
Калцијум (mg/l)	89,68	70,9	85,4	83,0	200
Магнезијум (mg/l)	33,82	26,3	32,6	35,10	50
Натријум (mg/l)	21,36	15,0	20,0	20,30	150
Калијум (mg/l)	2,4	1,4	2,0	1,60	12,0
Бикарбонати (mg/l)	509	427	483,1	504,5	/
Хлориди (mg/l)	7,82	8,01	4,88	6,34	200
Сулфати (mg/l)	16,09	17,26	11,38	11,01	250
Нитрати (mg/l)	19,55	15,65	10,75	15,17	50
Микрокомпоненте					
Гвожђе (mg/l)	0,50	<0,1	<0,1	<0,1	0,3
Манган (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,05
Хром-укупни (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05
Нитрити (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03
Фосфати (mg/l)	<0,08	<0,08	<0,08	0,64	0,15
Бакар (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	2,0
Арсен (mg/l)	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	10
Цинк (mg/l)	0,91	0,33	<0,03	0,13	3,0
Олово (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
Кадмијум (mg/l)	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,003
Жива (mg/l)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,0
Никл (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02
Бор (mg/l)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3

Физичко-хемијске особине анализираних подземних вода из бунара ЗИБВП-1

Боја. У анализираном узорку подземних вода из бунара ЗИБВП-1 предметног изворишта боја је била беличасте боје (16.10.2017.), док је у осталим узорцима вода без боје.

Мирис. Испитивањима је установљено да узорци подземних вода из предметног бунара ЗИБВП-1 немају никакав мирис, што доказује да нема већих концентрација органских материја и растворених гасова.

Мутноћа. Повишен садржај мутноће констатован је само у анализираном узорку подземних вода у првој (06.10.2017.) хемијској анализи, где прекорачује МДК (11,4 NTU) према Правилнику о хигијенској исправности воде за пиће („Сл. лист СРЈ“ бр. 42/98 и 44/99 и 28/19).

Температура подземних вода на предметном изворишту кретала се у распону од 15,9 до 16,0 °С. Средња вредност измерене температуре подземних вода предметног изворишта износила је 15,95 °С.

Минерализација. Минерализација подземних вода предметног изворишта кретала се од 581,52 mg/l до 680,17 mg/l, што указује на воде мале минерализације.

рН вредност испитиваних вода креће се у интервалу од 7,00 до 7,20 и према тим вредностима подземне воде изворишта МЗ Велики Поповац припадају неутралним водама. Средња вредност измерене рН вредности износи 7,1.

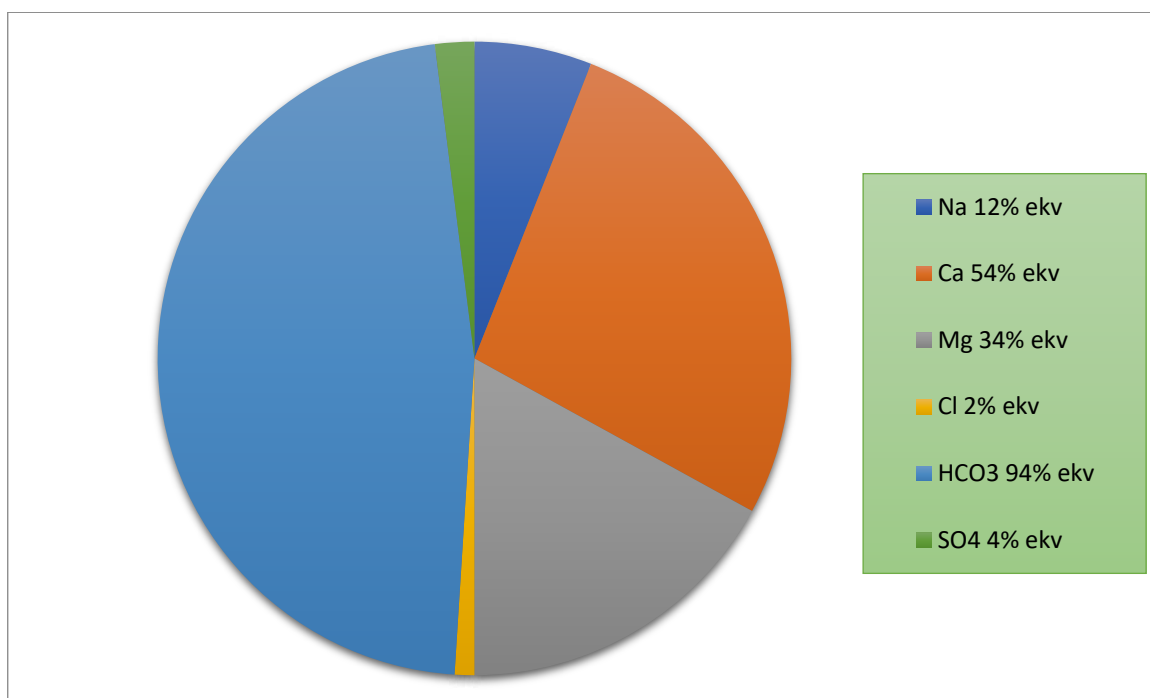
Тврдоћа воде зависи од садржаја одређених минералних материја у њој, пре свега соли Са и Мг. Резултати су изражени у немачким степенима тврдоће, а добијене вредности се крећу од 16,00 до 20,30 °dН. Према класификацији Клута воде предметног изворишта се сврставају у доста тврде - до тврде воде.

МАКРОКОМПОНЕНТЕ су компоненте које одређују минерализацију и хемијски тип воде. У макрокомпоненте спадају главни катјони и анјони.

У катјонском саставу најзаступљенији су јони калцијума (Ca^{2+}) са средњим садржајем од 54 % екв или максималне концентрације од 89,68 mg/l и минималне од 70,90 mg/l. Затим следи јон магнезијума (Mg^{2+}) са садржајем од максималних 35,10 mg/l до минималних 26,30 mg/l, односно са средњом вредношћу од 34 % екв. Садржај јона натријума (Na^+) са средњим садржајем од 12 % екв или максималне концентрације натријума од 21,36 mg/l и минималне од 15,00 mg/l.

У анјонском саставу доминира хидрокарбонатни јон (HCO_3^-) са средњом вредношћу 94 % екв са максимално заступљеним садржајем од 509,00 mg/l, док је минималан садржај 427,00 mg/l, док су сулфати и хлориди заступљени у мањем обиму. Сулфатни јон (SO_4^{2-}) са 4 % екв средње вредности добијених резултата и 17,26 mg/l максималне концентрације и 11,01 mg/l минималне концентрације. Садржај хлорида са 2 % екв средње вредности или 8,01 mg/l максимално измереног садржаја и 4,88 mg/l минимално измерених вредности. Сви наведени параметри су у границама које прописује *Правилник о хигијенској исправности воде за пиће* („Сл. лист СРЈ“ бр. 42/98, 44/99 и 28/19).

На слици 5.4.1 дат је кружни дијаграм хемијског састава воде на коме су приказани катјони и анјони у % екв.

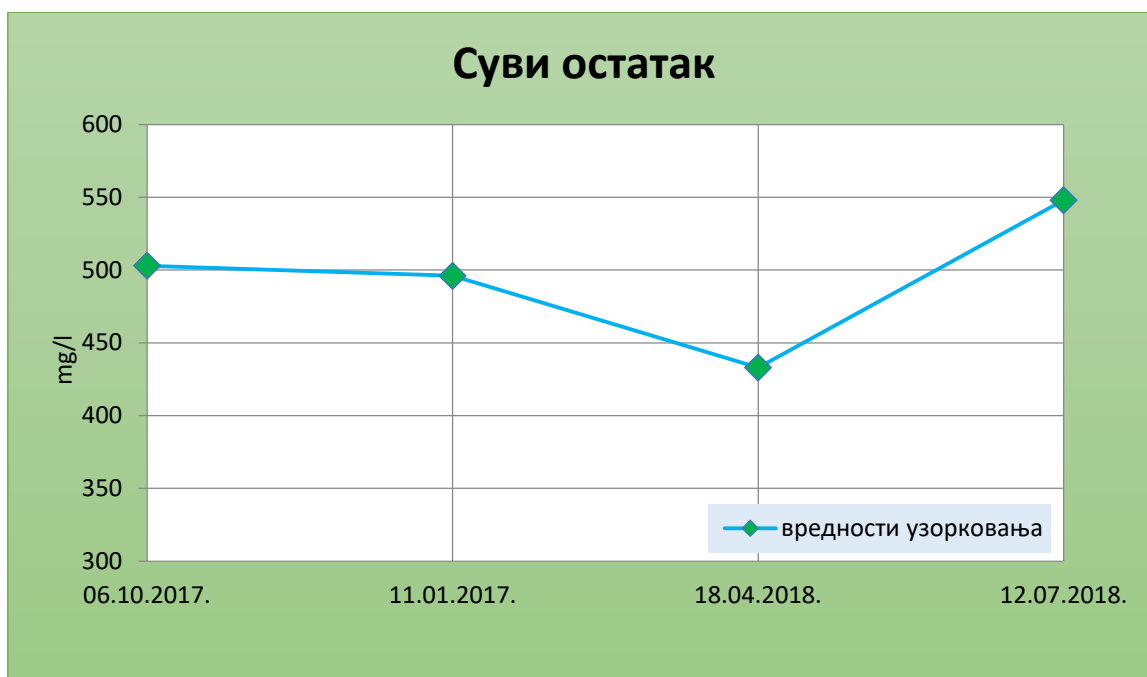


Слика 5.4.1 Кружни дијаграм концентрација основних катјона и анјона у периоду осматрања

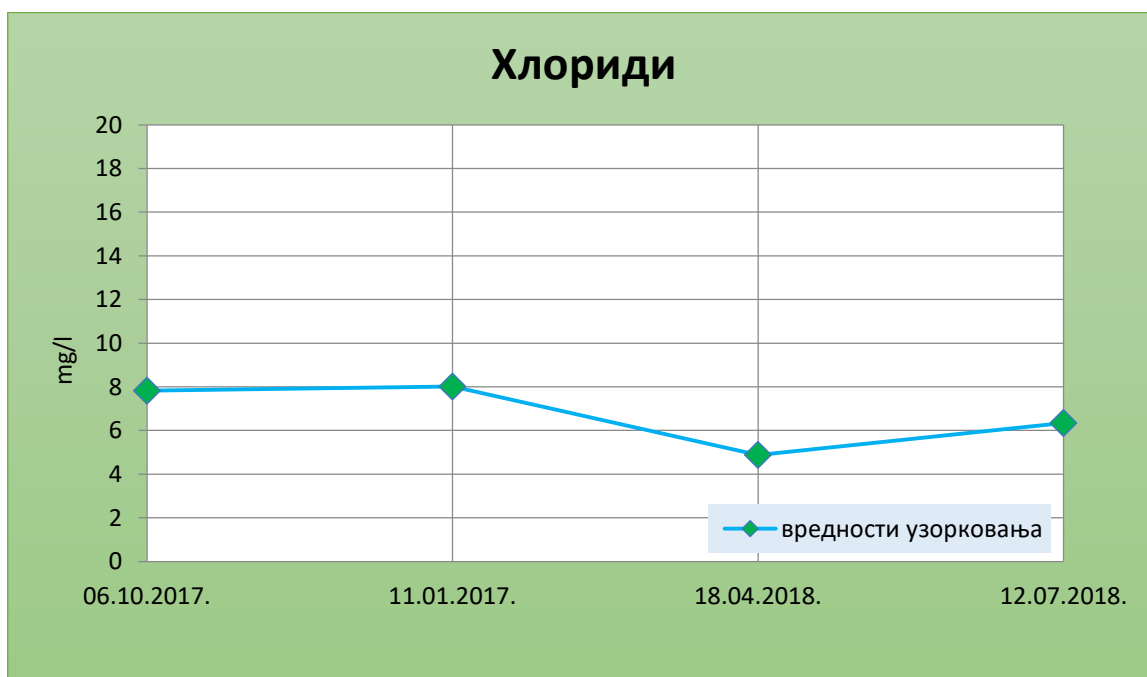
Коришћењем Курлове формуле хемијски састав подземних вода са изворишта МЗ Велики Поповац се може приказати на следећи начин:

$$M_{0,65} \frac{HCO_{94}^3}{Ca_{54}Mg_{34}Na_{12}} pH_{7,1} T_{15,95}$$

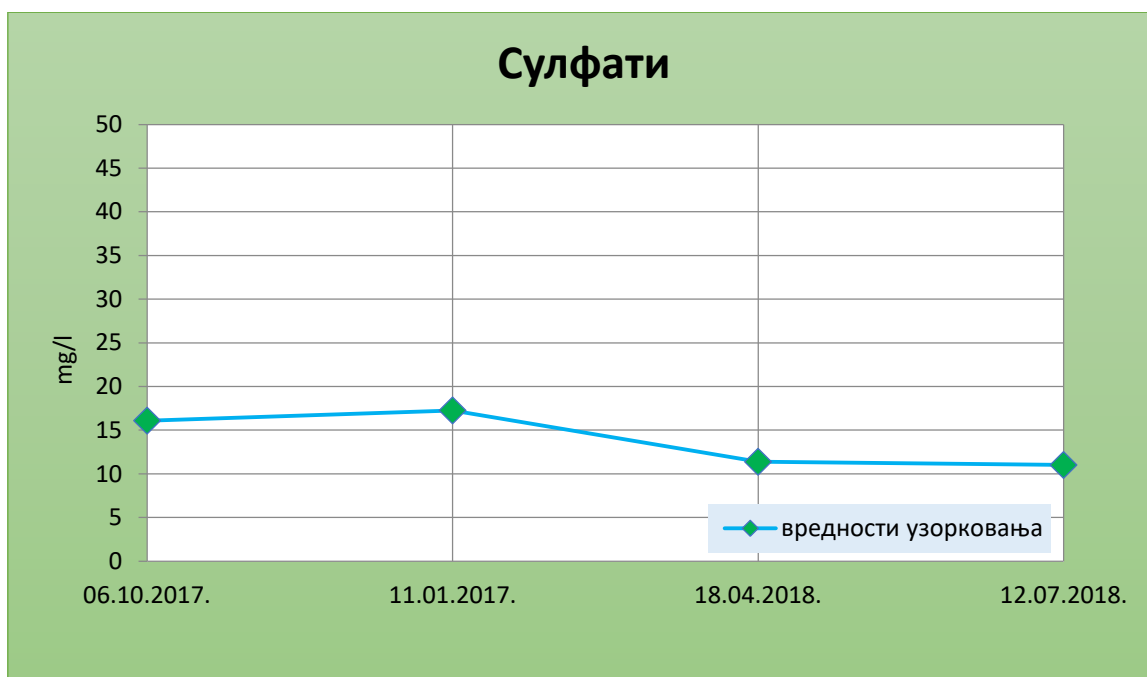
На сликама од 5.4.2 до 5.4.8 приказане су концентрације главних елемената који чине састав воде уз приказ МДК према наведеном Правилнику.



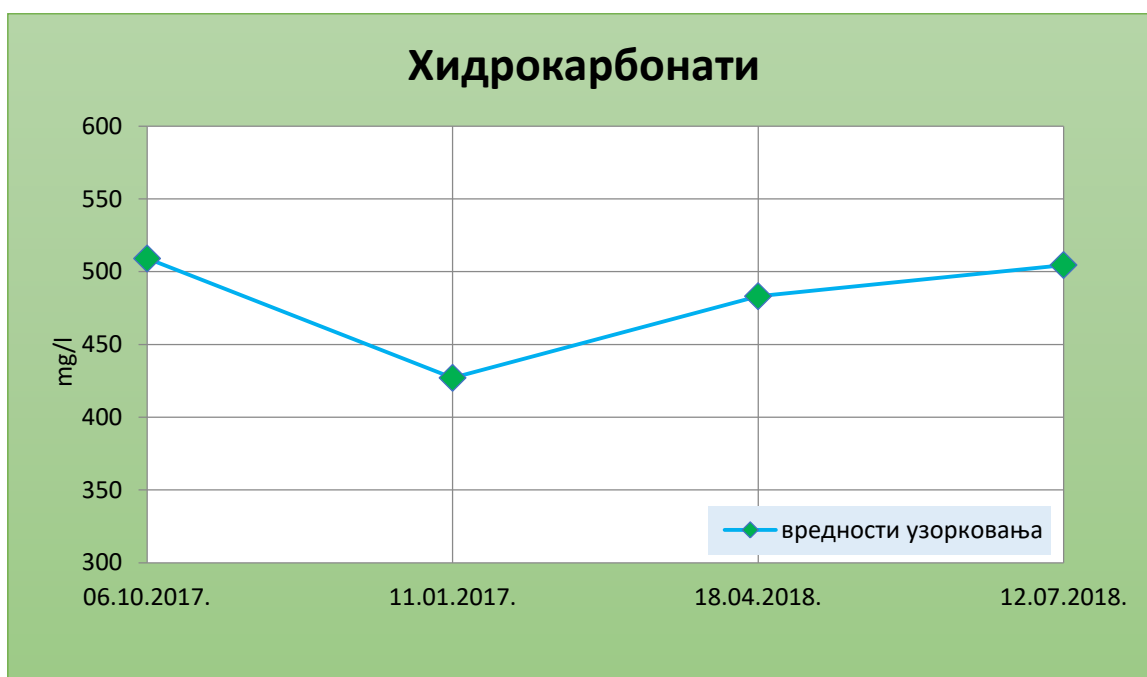
Слика 5.4.2 Дијаграм промене вредности сувог остатка у периоду осматрања



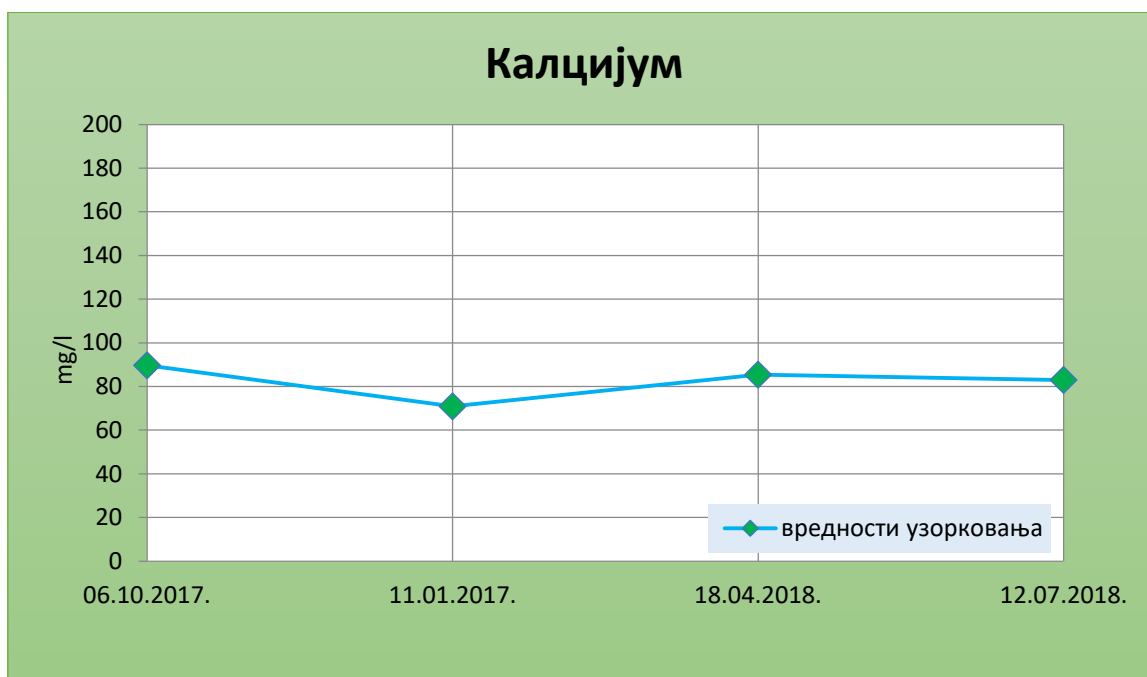
Слика 5.4.3 Дијаграм промене вредности хлорида у периоду осматрања



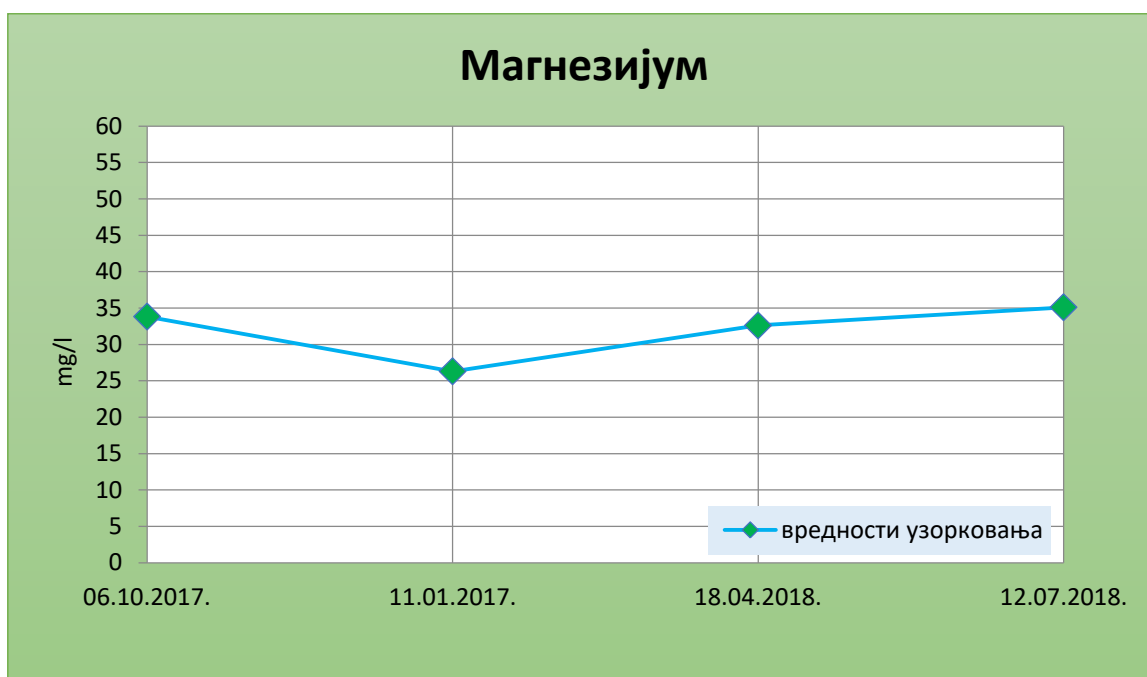
Слика 5.4.4 Дијаграм промене вредности сулфата у периоду осматрања



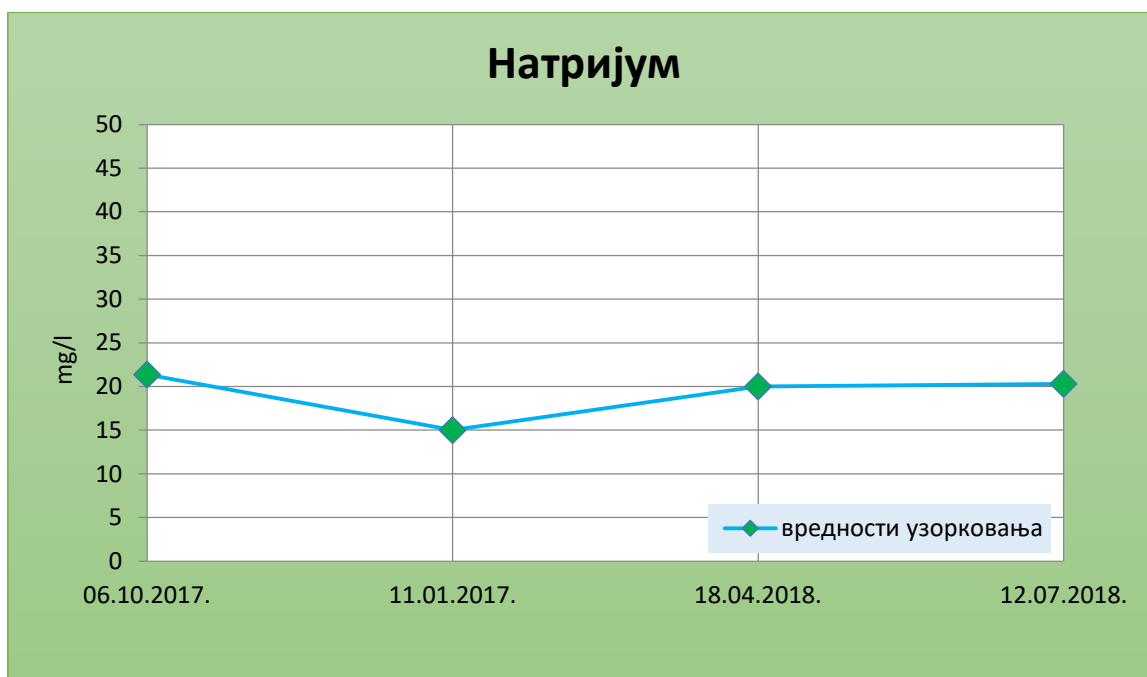
Слика 5.4.5 Дијаграм промене вредности хидрокарбоната у периоду осматрања



Слика 5.4.6 Дијаграм промене вредности калцијума у периоду осматрања



Слика 5.4.7 Дијаграм промене вредности магнезијума у периоду осматрања



Слика 5.4.8 Дијаграм промене вредности натријума у периоду осматрања

МИКРОКОМПОНЕНТЕ. Од микрокомпоненти које чине хемијски састав подземних вода повишену вредност, у првој хемијској анализи (06.10.2017) има гвожђе са саджајем од 0,50 mg/l, (према Правилнику о хигијенској исправности воде за пиће, „Сл. лист СРЈ“ бр. 42/98, 44/99 и 28/19).

Испитивањем хемијских карактеристика подземних вода са изворишта МЗ Велики Поповац, утврђено је да су воде из бунара ЗИБВП-1 према класификацији Алекина хидрокарбонатне класе, калцијумско-магнезијумске групе, I типа.

Од третмана пречишћавања подземних вода, на изворишту МЗ Велики Поповац, врши се дезинфекција подземних вода преко постојећег аутоматског хлоринатора.

Осцилације појединих параметара микробиолошког састава подземних вода и њених физичких особина (мутноће и пливајућих материја) као и повишеног садржаја гвожђа у првој хемијској анализи (06.10.2017.год.) вероватно су последица тога да се бунар још није "развирио", обзиром да је ова хемијска анализа узета непосредно по изради бунара ЗИБВП-1.

Појава повишеног садржаја фосфата у четвртој хемијској анализи (12.07.2018.год.) вероватно је последица тога што је фосфор биогени елемент неопходан за развој биљака.

У наредном периоду потребно је редовно пратити микробиолошки и физичко-хемијски састав подземних вода на изворишту МЗ Велики Поповац и уколико се овакав тренд настави потребно предвидети и примену додатних технолошких процеса пречишћавања сирове воде.

Подземне воде из бунара ЗИБВП-1 на изворишту МЗ Велики Поповац, општина Петровац на Млави не одговарају критеријумима који су прописани *Правилником о хигијенској исправности воде за пиће ("Сл. лист СРЈ" бр. 42/98 и 44/99)* и да се као такве могу користити за потребе водоснабдевања корисника само уз обавезну примену претходног третмана сирове воде као и обавезно спровођење повећане контроле квалитета подземне воде у наредном периоду.

5.5. Приказ резерви подземних вода

5.5.1. Методе прорачуна резерви

Критеријуми за утврђивање и разврставање резерви подземних вода прописани су *Правилником о класификацији и категоризацији резерви подземних вода и вођењу евиденције о њима* („Сл. лист СФРЈ“ бр. 34/79). Резерве подземних вода се утврђују, разврставају у категорије и класе, евидентирају се и прорачунавају за свако лежиште или део лежишта посебно.

Од степена истражености налазишта и степена познавања квалитета, резерве се разврставају у одређене билансне категорије. На основу података пробне експлоатације, пробног црпења из истражних бунара и података осматрања у трајању од најмање једне хидролошке године врши се одређивање резерви категорије А, Б и Ц.

Прорачунавање резерви подземних вода врши се хидродинамичким или другим методама прилагођеним хидрогеолошким карактеристикама и утврђеним променама режима подземних вода одређене водоносне средине.

Према наведеном правилнику и примењеним методама резерве подземних вода могу се одредити на три методе:

1. истражно-експлоатационо црпење,
2. мониторинг режима за време пробне експлоатације и
3. мониторинг режима за време експлоатације.

Резерве подземних вода у лежишту које се експлоатише на изворишту водоснабдевања МЗ Велики Поповац, утврђене су на основу резултата мониторинга режима за време експлоатације бунара ЗИБВП-1, који чини дато извориште.

5.5.2. Прорачун резерви подземних вода изворита

Досадашњим изведеним хидрогеолошким радовима спроведеним у претходном периоду и резултатима добијеним на основу истих урађен утврђене су карактеристике истражног простора и то:

- геолошка грађа истражног простора у којем се налази лежиште подземних вода у оквиру сложеног типа издани;
- просторни положај захваћених водоносних слојева преко бунара ЗИБВП-1 је на дубинама од 108,00 - 111,00 m, 144,00 - 146,00 m, 150,00 - 153,00 m и од 158,00 - 174,00 m;
- услови формирања и типови издани у оквиру лежишта,
- хидрогеолошки, односно хидродинамички параметри захваћених водоносних слојева,
- режим подземних вода у лежишту,
- физичке и хемијске особине подземних вода захваћене сложене издани,
- укупне количине подземних вода које се могу захватити из налазишта,
- услови за њихову експлоатацију са економском оценом рентабилности експлоатације.

Праћење експлоатације подземних вода трајало је од 28.10.2017. до 24.12.2018. године. На основу евиденције захваћених количина, средње годишња количина подземних вода која је захваћена на изворишту у периоду режимских осматрања износила је $Q_{sr}=1,0$ l/s.

Максимална количина воде на седмодневном нивоу која је захваћена на изворишту у периоду осматрања измерена је јула месеца (24.07.2018) и износила је $Q_{max}=1,5$ l/s.

Минимални ниво подземних вода измерен током режимских осматрања износио је $H_{min}=133,84$ m (24.07.2018) док је максимално измерен ниво био $H_{max}=116,92$ m (17.04.2018).

Средње вредности коефицијента водопроводности (трансмисибилности) $T(m^2/s)$ и коефицијента филтрације $K (m/s)$ су:

$$T_{sr} = 1,27 \times 10^{-4} m^2/s$$

$$K_{sr} = 4,98 \times 10^{-6} m/s$$

Поред квантитативних, одређивана су и квалитативна својства подземних вода израдом хемијских анализа „В“ обима (четири хемијске анализе у четири различита годишња доба).

На изворишту МЗ Велики Поповац, утврђене су укупне резерве подземних вода у количини од 1,5 l/s, одређене на основу максималне забележене потрошње за седмодневни период. У резерве „Б“ категорије сврстана је количина од 1,0 l/s која је одређена као просечна количина подземних вода која се може захватити на изворишту у периоду режимских осматрања. Количина од 0,5 l/s, одређена као разлика од укупне и количине сврстане у „Б“ категорију, сврстана је у „Ц1“ категорију.

5.5.3. Приказ резерви подземних вода изворишта

На основу изведених истражних радова на изворишту МЗ Велики Поповац добро су упознате карактеристике издани из које се захвата подземна вода за потребе водоснабдевања становника.

- Укупна количина подземних вода која се може црпети из постојећег експлоатационог бунара ЗИБВП-1 износи 1,5 l/s и сврстана је у „Б+Ц1“ категорију резерви.
- Испитивањем квалитета подземних вода на изворишту МЗ Велики Поповац, утврђено је да воде припадају хидрокарбонатној класи, калцијумско - магнезијумској групи, I типа (према О. А. Алекину).

Према „Закону о утврђивању и разврставању резерви минералних сировина и приказивању података геолошких истраживања“ („Сл. лист СФРЈ“, бр. 12/98) и “Правилника о класификацији и категоризацији резерви подземних вода и вођењу евиденције о њима“ („Сл. лист СФРЈ“, бр. 34/79) на изворишту водоснабдевања МЗ Велики Поповац могу се дефинисати билансне резерве подземних вода у укупној количини од 1,5 l/s, које су одређене на основу максимално забележене потрошње за седмодневни период и сврстане су у „Б+Ц₁“ категорију.

Табела 5.5.3.1 Класификација и категоризација резерви подземних вода на изворишту

	Резерве (l/s)	Категорије резерви	Учешће по категорији (%)	Тип воде
Извориште МЗ Велики Поповац (Бунар ЗИБВП-1)	1,0	„Б“	67	Хидрокарбонатно-калијумско-магнезијски тип воде (НСО ₃ -Са-Mg)
	0,5	„Ц ₁ “	33	
Укупно	1,5	„Б+Ц ₁ “	100	

6. ЗАКЉУЧАК

У завршном раду приказани су истражни радови који су урађени ради одређивања режима и резерви подземних вода на изворишту за водоснабдевање МЗ Велики Поповац. На основу свих анализа које су спровођене и расположивих информација о геолошким, хидрогеолошким и другим карактеристикама истражног подручја дати су следећи закључци:

- Извориште чине два бунара од којих је бунар ЗИБВП-1 у експлоатацији.
- Са овог изворишта обезбеђује се око $Q=1,5$ l/s подземних вода, које се дистрибуирају становницима МЗ Велики Поповац. Подземне воде за водоснабдевање овог насеља се експлоатишу из седимената неогене старости преко постојећег бунара. Бунаром се каптирају подземне воде из песковитих седимената у интервалима од 108,00-111,00 m, 144,00 - 146,00 m, 150,00 - 153,00 m и 158,00-174,00 m.
- На основу евиденције захваћених количина подземних вода, за МЗ Велики Поповац просечна количина, која је у периоду режимских осматрања захваћена из бунара ЗИБВП-1 износила је $Q_{sr}=1,0$ l/s, док је максимално захваћена количина подземних вода из овог бунара износила $Q_{max}=1,5$ l/s, а забележена је 24.07.2018. године.
- На основу евиденције нивоа подземних вода, мерених од уста бунара, максимално измерени ниво током осматрачког периода забележен је 17.04.2018. године, када је износио $H_{max}=116,92$ m (67,36 m n.m.), док је минимални ниво у овом бунару износио $H_{min}=133,84$ m (84,28 m n.m.), а забележен је 24.07.2018. године.
- Параметри хемијског састава као и квалитета подземних вода утврђени су на основу хемијских анализа („В“ обима), које су рађене у четири различита годишња доба. Према физичким особинама подземне воде са изворишта МЗ Велики Поповац су без укуса и мириса, док је приликом прве анализе вода имала беличасту боју, при каснијим анализама вода је била безбојна. Средња вредност измерене температуре подземних вода износила је 15,95 °С.
- Подземне воде на изворишту водоснабдевања МЗ Велики Поповац према класификацији Алекина припадају хидрокарбонатној класи, калцијумско-магнезијумској групи, I типа.
- Укупне количине подземних вода које се предлажу за оверу резерви износе 1,5 l/s („Б+Ц₁“), одређене су на основу максималне забележене потрошње за седмодневни период, од чега је количина од 1,0 l/s сврстана у резерве „Б“ категорије, а количина од 0,5 l/s сврстана у „Ц₁“ категорију.

7. ЛИТЕРАТУРА

1. Драгишић В., 1997. *Општа хидрогеологија*, Рударско-геолошки факултет Институт за хидрогеологију, Београд
2. Лазовић Ј., 2016. *Пројекат примењених хидрогеолошких истраживања за потребе водоснабдевања МЗ Велики Поповац*, „Гео Инжењеринг БГП“ доо, Београд
3. Лазарев Н., 2017. *Технички Извештај о изведеним радовима на изради бунара ЗИБВП-1 у селу Велики Поповац за потребе водоснабдевања становништва*, „Гео Инжењеринг БГП“ доо, Београд
4. Малешевић М., Каленић М., Карајичић Љ. и Сердар Р., 1978. *Основна геолошка карта 1:100 000 лист Пожаревац Л 34-127 тумач за лист Пожаревац*, „Геозавод“ – ООУР Геолошки институт, Београд
5. Нешић Д., 2016. *Главни пројекат израде заменског бунара ЗИБВП-1 у Великом Поповцу*, „ГЕОРАД“ д.о.о., Дрмно
6. Томић В., 1991. *Хидрогеолошко картирање*, Научна књига, Београд
7. Лазовић Ј., Пантелић З., 2020. *Елаборат о резервама подземних вода МЗ Велики Поповац (бунар ЗИБВП-1), општина Петровац на Млави*. „Гео Инжењеринг БГП“ доо, Београд

ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА:

- Правилник о класификацији и категоризацији резерви подземних вода и вођењу евиденције о њима (Службени лист СФРЈ, бр. 34/79);
- Правилник о хигијенској исправности воде за пиће (Службени лист СРЈ 42/98 и 44/99);
- Закон о утврђивању и њазврставању резерви минералних сировина и приказивању података геолошких истраживања („Службени лист СФРЈ“, бр. 34/79)

СПИСАК ПРИЛОГА

Прилог 1: Топографска карта са координатама подручја истраживања 1:25 000

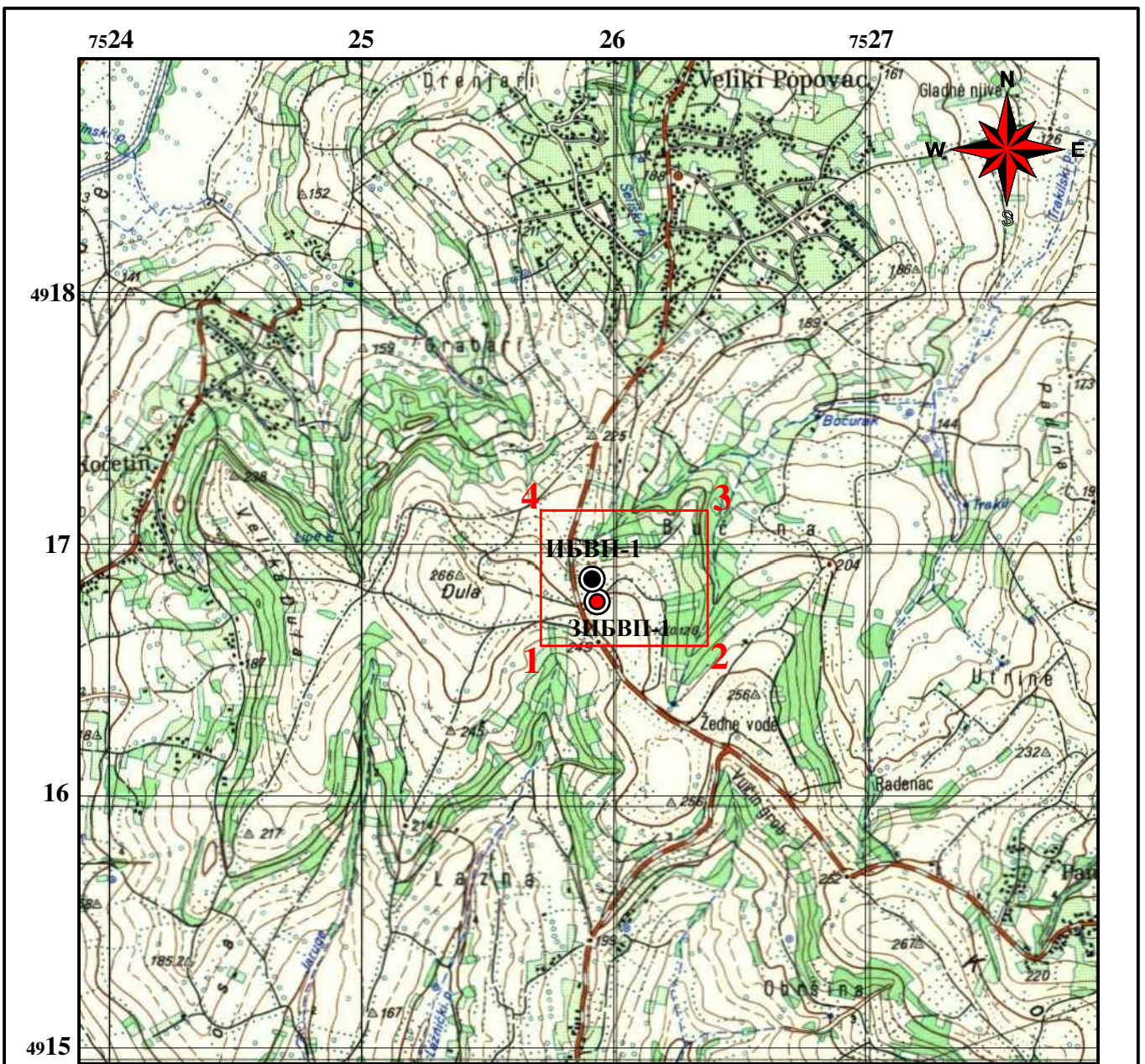
Прилог 2: Геолошка карта шире околине подручја истраживања 1:25 000

Прилог 3: Хидрогеолошка карта шире околине подручја истраживања 1:25 000

Прилог 4: Геолошки профил А-Б 1:25 000/5 000

Прилог 5: Хидрогеолошки профил А-Б 1:25 000/5 000

Прилог 6: Литолошки профил и конструкција бунара ЗИБВП-1

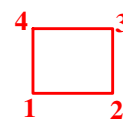


На основу топографске карте 1:25 000, лист Јаново 481-2-1

ЛЕГЕНДА:

Координате преломних тачака истражног подручја за које је добијено истражно право:

Тачка	X	Y
1	4 916 596	7 525 711
2	4 916 596	7 526 374
3	4 917 134	7 526 374
4	4 917 134	7 525 711



Истражно подручје

ЗИБВП-1



Бунар у експлоатацији

ИБВП-1



Бунар ван експлоатације

Рударско-геолошки факултет
Бушина 7

Топографска карта са координатама подручја истраживања 1:25 000

Аутор:

Наталија Гавриловић

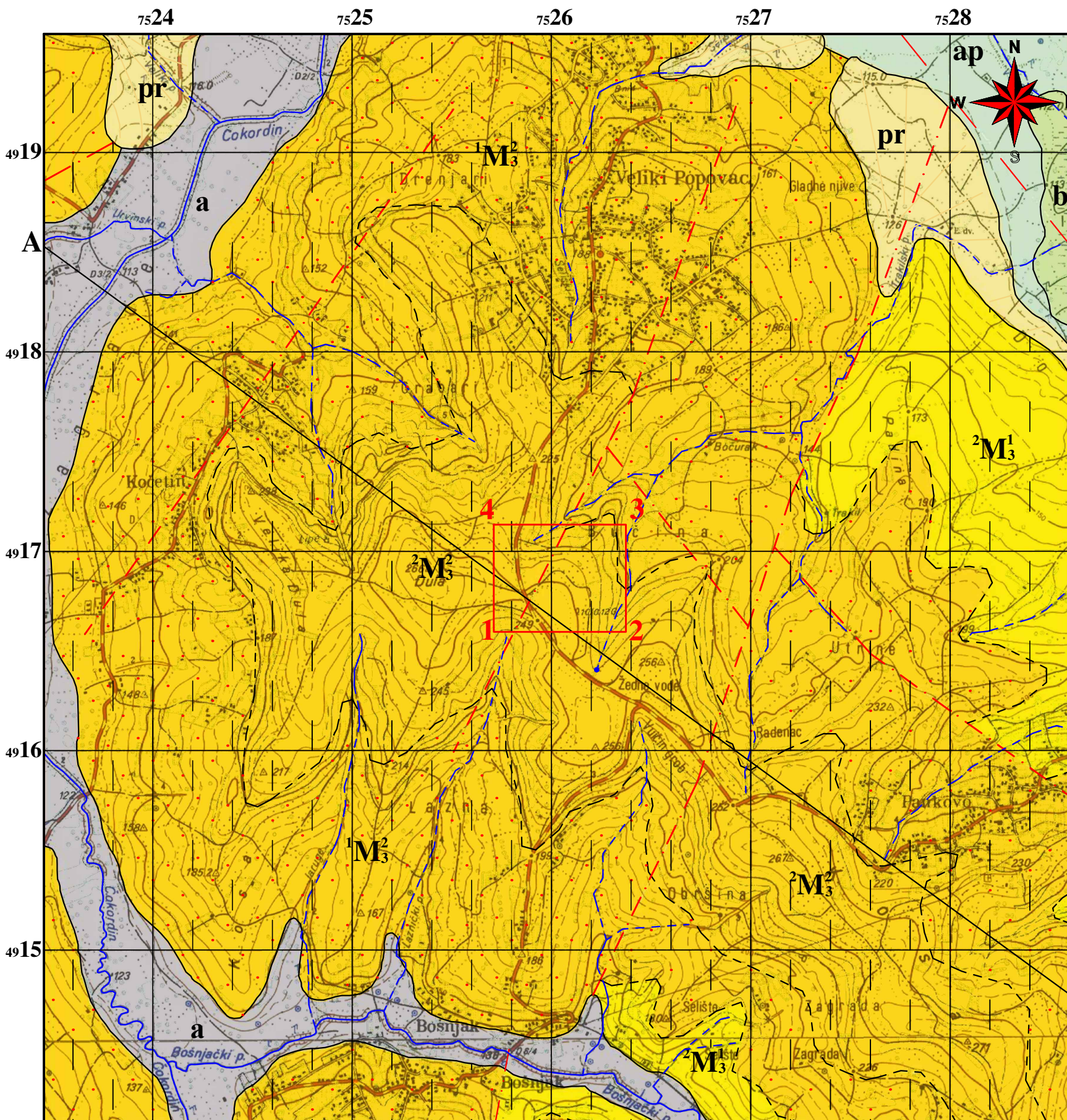
Техничка обрада:

Наталија Гавриловић

Датум израде:

септембар, 2022.

Прилог:



На основу ОГК размере 1:100 000, лист Пожаревац L 34-127 и топографске карте размере 1:25 000, листови Лапово 481-2-1 и 481-2-3


ЛЕГЕНДА:

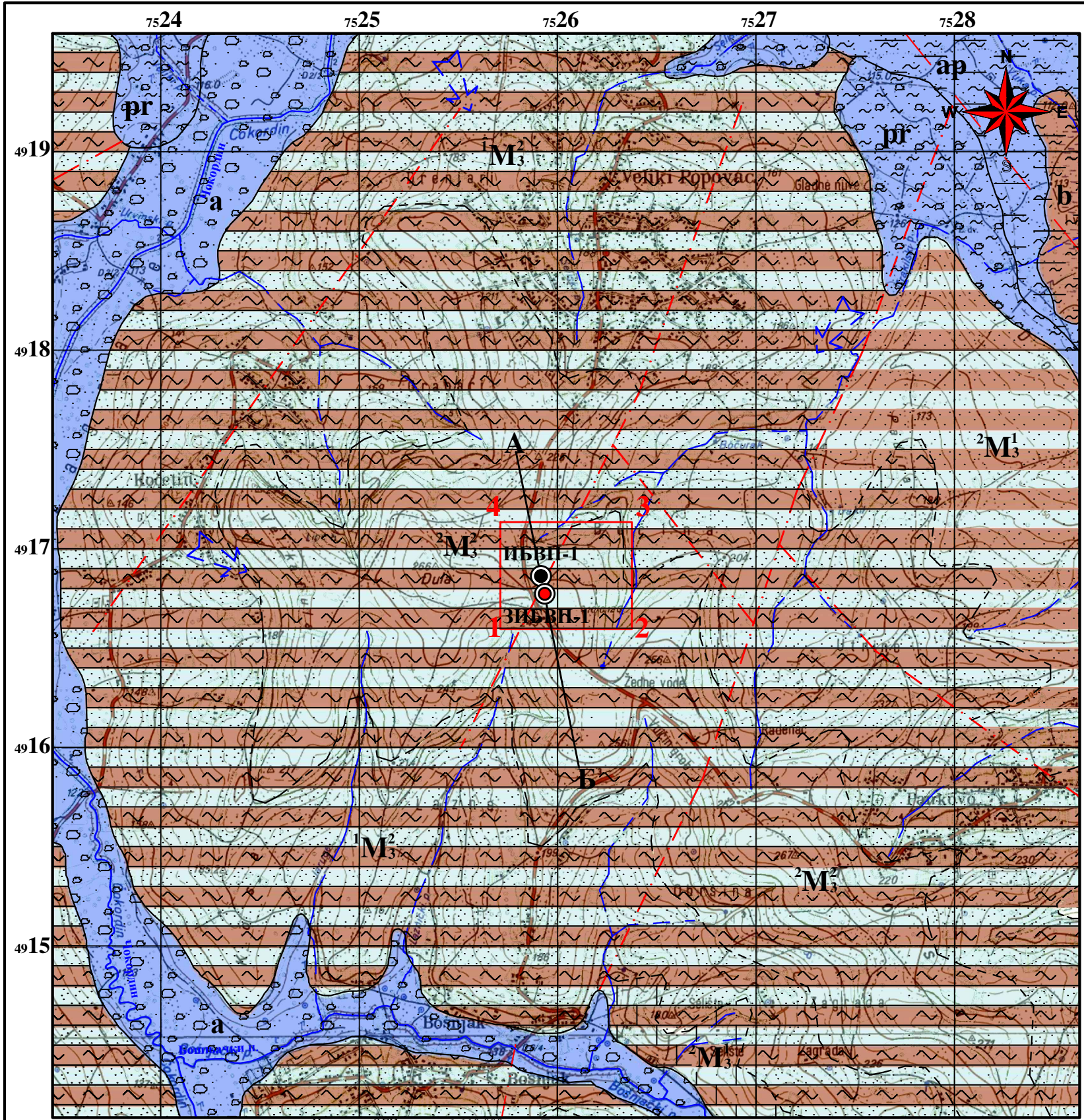
Приказ литостратиграфских јединица:

КВАРТАР		Алувијум - фација корита: шљункови и пескови
		Алувијум - фација поводња
		Пролувијум
НЕОГЕН		Барске творевине
		Пескови, глиновити пескови и пешчари; (панон)
		Песковите глине, глиновити пескови и глине (панон)
		Пескови - (сармат)

Приказ стандардних ознака:

	Нормална граница, утврђена и покривена или апроксимативно лоцирана
	Расед осматран фотогеолошки
	Површински токови, стални и повремени
	Подручје истраживања
	Траса геолошког профила

Рударско-геолошки факултет Бушина 7, Београд 		Геолошка карта шире околине подручја истраживања 1:25 000	
Аутор: Наталија Гавриловић		Техничка обрада: Наталија Гавриловић.	Датум израде: септембар, 2022.
		Прилог:	



На основу ОГК размере 1:100 000, лист Пожаревац L 34-127 и топографске карте размере 1:25 000, листови Лапово 481-2-1 и 481-2-3

ЛЕГЕНДА:

Приказ литостратиграфских јединица:

- | | | |
|---------|--|--|
| КВАРТАР | | Алувијум - фација корита:
шљункови и пескови |
| | | Алувијум - фација поводња |
| | | Пролувијум |
| НЕОГЕН | | Барске творевине |
| | | Пескови, глиновити пескови и пешчари (панон) |
| | | Песковите глине, глиновити пескови и глине (панон) |
| | | Пескови (сармат) |

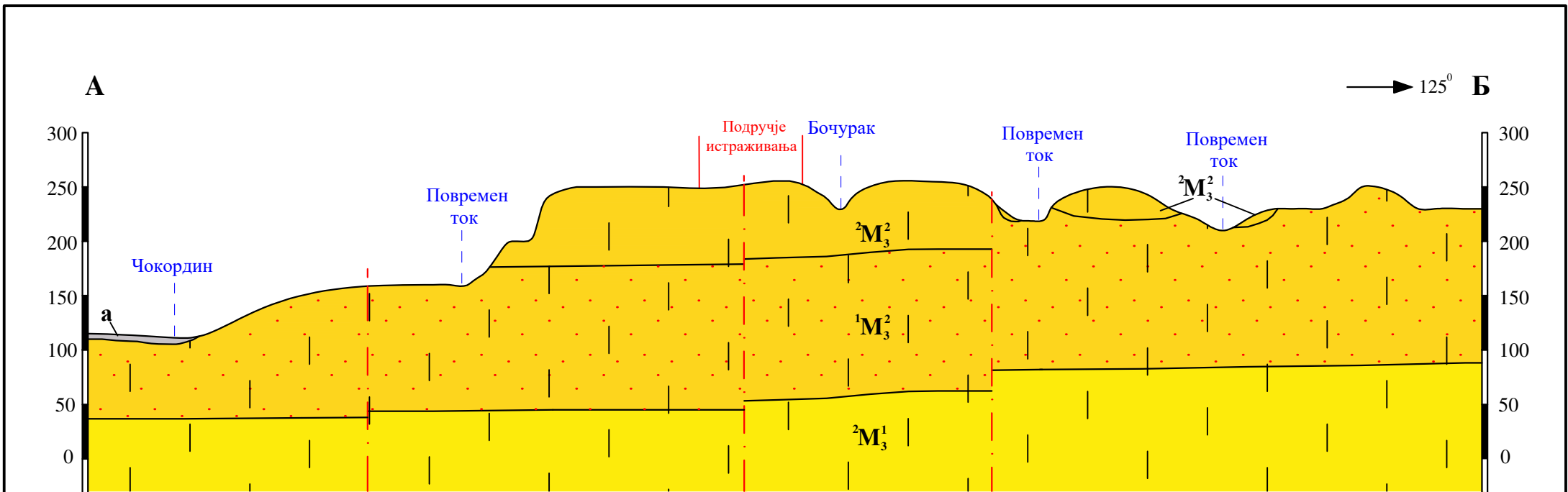
Приказ заступљених типова издани:

- Збијени тип издани
- Сложени тип издани у неогеном комплексу
- Условно "безводни" делови терена

Приказ стандардних ознака:

- Нормална граница, утврђена и покривена или апроксимативно лоцирана
- Расед осматран фотогеолошки
- Површински токови, стални и повремени
- Истражно подручје
- Траса хидрогеолошког профила
- Бунар ван експлоатације
- Експлоатациони бунар
- Претпостављени правац кретања подземних вода

<p>Рударско-геолошки факултет Бушина 7, Београд</p>		<p>Хидрогеолошка карта шире околине подручја истраживања 1:25 000</p>	
<p>Аутор: Наталија Гавриловић</p>		<p>Техничка обрада: Наталија Гавриловић</p>	<p>Датум израде: септембар, 2022.</p>
			<p>Прилог: 3</p>



ЛЕГЕНДА:

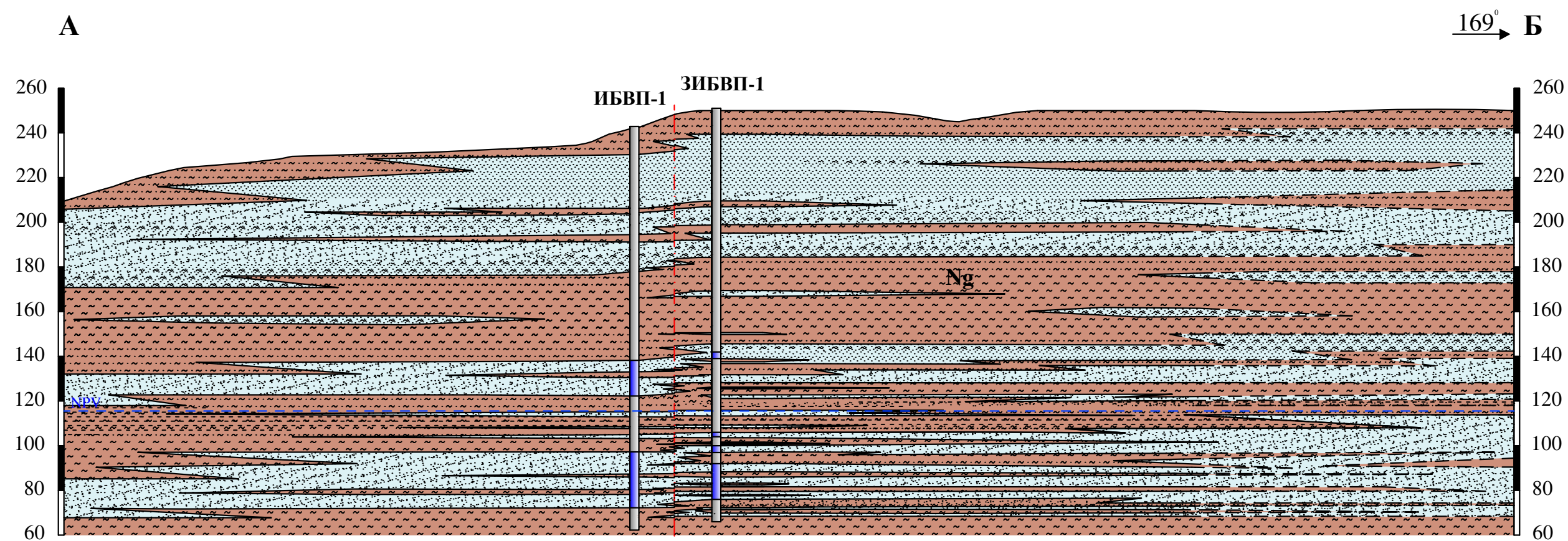
Приказ литостратиграфских јединица:

- | | | |
|---------|---|--|
| КВАРТАР | a | Алувијум - фација корита: шљункови и пескови |
| НЕОГЕН | $\begin{matrix} 2 \\ \\ M_3^2 \\ \\ 1 \end{matrix}$ | Пескови, глиновити пескови и пешчари (панон) |
| | $\begin{matrix} 1 \\ \\ M_3^2 \\ \\ 1 \end{matrix}$ | Песковите глине, глиновити пескови и глине (панон) |
| | $\begin{matrix} 2 \\ \\ M_3^1 \\ \\ 1 \end{matrix}$ | Пескови (сармат) |

Приказ стандардних ознака:

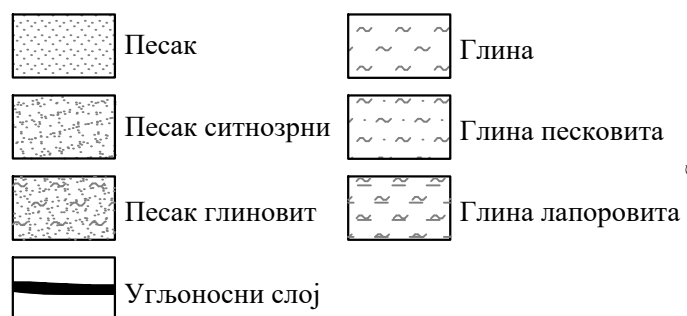
- | | |
|---------------|-----------------------------|
| | Нормална граница |
| | Расед осматран фотогеолошки |
| 125° → | Азимут |

<p>Рударско-геолошки факултет Бушина 7, Београд</p>		<p>Геолошки профил А-Б 1 : 25 000/5 000</p>	
<p>Аутор: Наталија Гавриловић</p>		<p>Техничка обрада: Наталија Гавриловић</p>	<p>Датум израде: септембар, 2022.</p>
		Прилог:	4

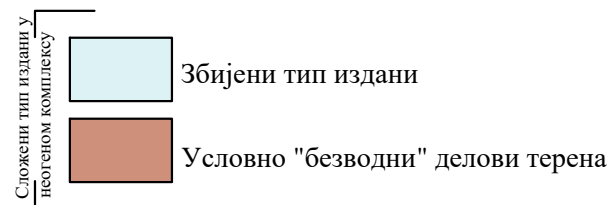


ЛЕГЕНДА:

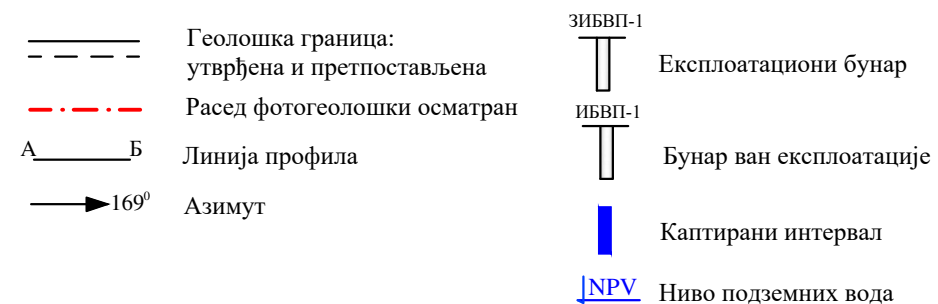
Приказ литостратиграфских јединица:



Приказ заступљених типова издани:



Приказ стандардних ознака:

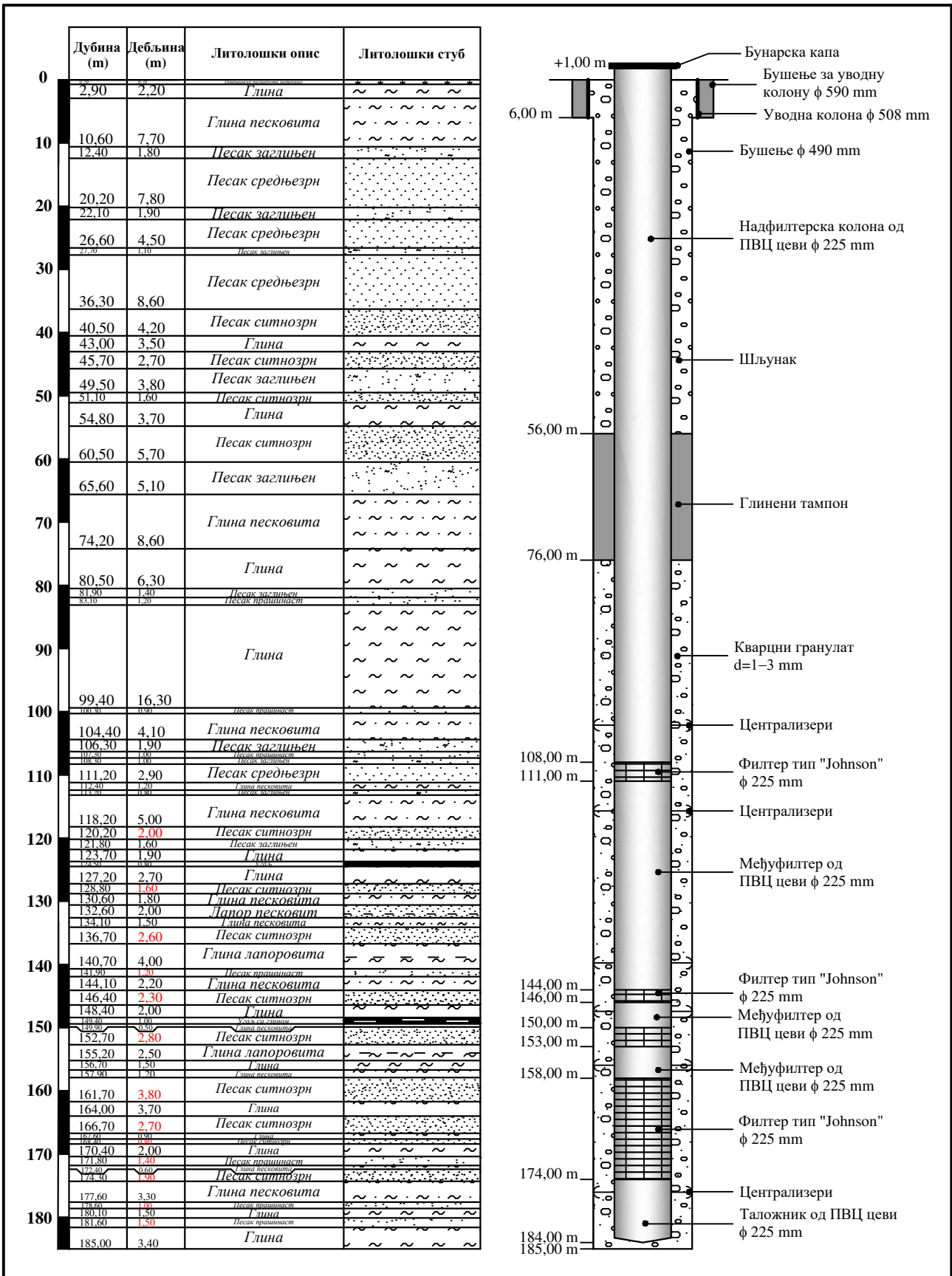


Рударско-геолошки факултет
Бушина 7, Београд



Хидрогеолошки профил А - Б
1:5 000/2 000

Аутор: Наталија Гавриловић	Техничка обрада: Наталија Гавриловић	Датум израде: септембар, 2022.	Прилог: 5
-------------------------------	---	-----------------------------------	--------------



Рударско-геолошки факултет
 Бушина 7, Београд

Аутор:
Наталија Гавриловић

Литолошки профил и конструкција бунара ЗИБВП-1

Техничка обрада:	Датум израде:	Прилог:
Наталија Гавриловић	септембар, 2022.	

6

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ ЗАВРШНОГ РАДА

Име и презиме студента Наталија Гавриловић

Број индекса Г619/21

И з ј а в љ у ј е м

да је завршни рад под насловом

Одређивање режима и резерви подземних вода на примеру изворишта за водоснабдевање насеља Велики Поповац (Петровац на Млави)

- 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, 20/9/2022. год.

Потпис студента

ИЗЈАВА
О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ЗАВРШНОГ РАДА

Име (име родитеља) и презиме студента Наталија (Ненад) Гавриловић

Број индекса Г619/21

Студијски програм Хидрогеологија

Наслов рада Одређивање режима и резерви подземних вода на примеру изворишта за водоснабдевање насеља Велики Поповац (Петровац на Млави)

Ментор Др Драгољуб Бајић, ванредни професор

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, 20/9/2022. год.

Потпис студента

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ ЗАВРШНОГ РАДА

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

Одређивање режима и резерви подземних вода на примеру изворишта за водоснабдевање насеља Велики Поповац (Петровац на Млави)

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, 20/9/2022. год.

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.
-

Библиотека Рударско-геолошког факултета

ПОТВРДА

О ПРЕДАЈИ ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ЗАВРШНОГ РАДА

Потврђује се да је студент _____,
(име (име родитеља) презиме)

бр. индекса _____/_____ предао/ла електронску верзију завршног рада на
основним/мастер академским студијама под насловом:

који је урађен под менторством _____
(име, презиме и звање)

за Дигитални репозиторијум завршних радова РФФ-а.

Потврда се издаје за потребе Одељења за студентска и наставна питања и не може се
користити у друге сврхе.

У Београду, _____

Библиотекар
