



ЗРГИМ
Здружение на
рударски и
геолошки инженери
на Р. Македонија

IX^{TO} СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:
Технологија на подземна и површинска експлоатација на
минерални сировини

ПОДЕКС – ПОВЕКС '16

Струмица
11 – 13. 11. 2016 год.

ХИДРОГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА ЗА ОБЕЗБЕДУВАЊЕ НА ПОТРЕБНИТЕ КОЛИЧИНИ НА ПОДЗЕМНА ВОДА ЗА ВОДОСНАБДУВАЊЕ НА СЕЛО КРУШИЦА, ОПШТИНА СВЕТИ НИКОЛЕ

Орце Спасовски¹, Даниел Спасовски¹

¹Универзитет „Гоце Делчев“, Факултет за природни и технички науки,
Штип, Р. Македонија

Апстракт: Во рамките на овој труд ќе бидат прикажани резултатите од најновите хидрогеолошки истражувања за водоснабдување на с. Крушица. Истражниот простор с. Крушица е изграден од плиоценски седименти претставени од песокливи, песокливо – прашинести, глиновито песокливи и глиновити седименти. Од хидрогеолошки аспект истражуваниот терен и пошироката околина претставува средина изградена од збиен тип на издани со слободно ниво и слаба до средна водопрпусност. Застапените литолошки членови според литолошката градба имаат карактеристики на хидрогеолошки колектори и хидрогеолошки изолатори.

Врз основа на одредените параметри средината се карактеризира со коефициент на филтрација $K = 3.841 \times 10^{-7}$ m/s, коефициент на водопрпусност (трансмисивност) $T = 2.265 \times 10^{-5}$ m²/s и радиус на депресија 74.85 m при издашност $Q_{exp} = 0.5$ l/s, што укажува дека се работи за средина со средни до слаби филтрациони и водопрпусни карактеристики.

Клучни зборови: с. Крушица, водоснабдување, коефициент на филтрација, коефициент на водопрпусност, радиус на депресија, плиоценски седименти, хидрогеолошки карактеристики, збиен тип на издани.

HYDROGEOLOGICAL RESEARCH IN ORDER TO PROVIDE ADEQUATE QUANTITY OF UNDERGROUND WATER INTENDED TO WATER SUPPLY OF THE KRUSHICA VILLAGE, MUNICIPALITY OF ST. NIKOLE

Orce Spasovski¹, Daniel Spasovski¹

¹University “Goce Delcev”, Faculty of Natural and Technical Sciences, Stip, R. Macedonia

Abstract: In this paper, the newest results from the hydrogeological researches in order of water supply to the Krushica village, will be presented. The research area is built of Pliocene sediments represented with sandy, sandy-dusty, clay-sandy and clay sediments. From the hydrogeological point of view, the studied area and the wide environment are made of compact type of aquifer with free level and low permeability of water. The represented lithological units, according to the lithological composition have features of collectors and isolators too.

Based on the specific parameters, the environment is characterized by coefficient of filtration $K = 3.841 \times 10^{-7}$ m/s, coefficient of water permeability $T = 2.265 \times 10^{-5}$ m²/s and radius of depression 74.85 m with yield $Q_{exp} = 0.5$ l/s, which points to an environment with moderate to poor filtration and water permeability characteristics.

Key words: Krushica village, water supply, coefficient of filtration, coefficient of water permeability, radius of depression, Pliocene sediments, hydrogeological characteristics, compact type of aquifer.

1. ВОВЕД

Изведените истражно – експлоатациони бунари се наоѓаат во непосредна близина на с. Крушица. Имено, истражно – експлоатационите бунари ЕБ-1 и ЕБ-2 се наоѓаат северозападно од с. Крушица на оддалеченост од околу 500 метри лоцирани во плиоценските седименти. Истражуваното подрачје во досегашниот период од хидрогеолошки аспект е сосема малку проучувано. Први поконкретни податоци за геолошката градба на ова подрачје се презентирани при изработката на ОГК за листот Велес (Карајовановиќ и др. 1975). Подоцна Кратановски (1980) и Ѓузелковски (1997) во своите работи презентираат одредени хидрогеолошки податоци за пошироката околина на предметното подрачје. Подетално од хидрогеолошки аспект непосредната околина на овој простор е проучувана од страна на Петров и др. (2008). Најнови податоци за хидрогеолошките карактеристики на предметното подрачје можат да се најдат во работите на Георгиевски и др. (2015).

Изведбата на експлоатационите бунари е со цел да се обезбедат доволни количини на подземна вода за водоснабдување на с. Крушица - Општина Свети Николе. За таа цел изведени се теренски активности и тоа изведба на два експлоатациони бунари ЕБ-1 и ЕБ-2, вградување на бунарска конструкција и чистење на бунарите, аерлифт и тестирање на бунарите.

2. ГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

Врз основа на претходно извршени истражувања (Основна Геолошка Карта - ОГК лист Велес) (Слика 1), геолошкото картирање, како и врз база на истражното дупчење, на поширокиот терен застапени се квартерни делувијални (d) и плиоценски седименти (P1), потоа горно кредни флишни седименти (K₃), тријаски и палеозојски метаморфни карпи од типот на биотит и кварц серицитски шкрилци (Sb), мермери (M), зелени шкрилци (Sep) и филити (P).

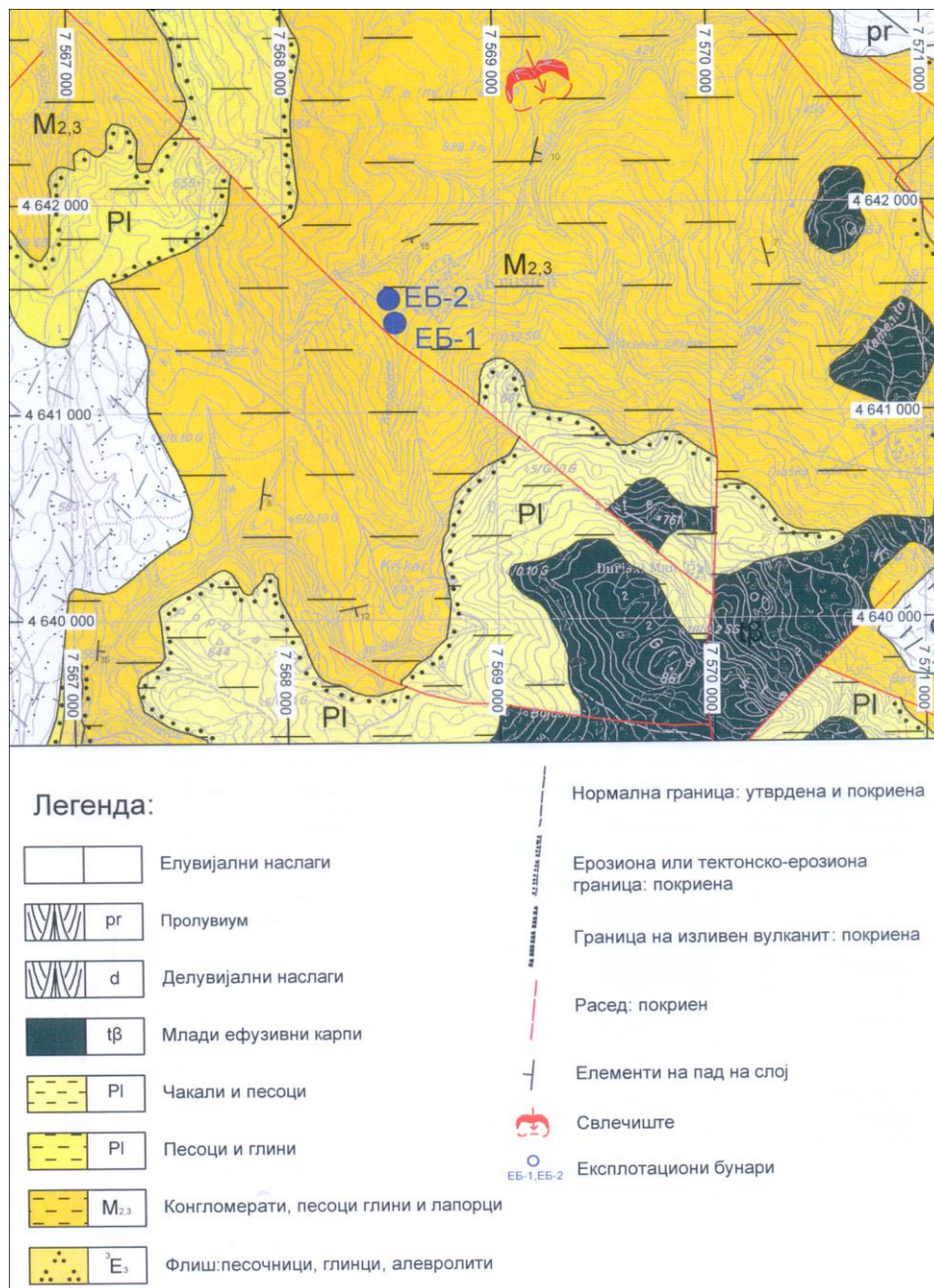
Филити (F) - застапени се во рабниот дел на вардарската зона, покрај нив се јавуваат и хлоритско серицитски и кварц серицитски шкрилци.

Биотитски и кварц-серицитски шкрилци (Sb) - се јавуваат во внатрешниот дел на Вардарската зона во вид на издолжени зони со правец СЗ-ЈИ со тектонски однос кон другите формации. Капестата маса е најчесто слоевита и шкрилава а на поедини места банковита.

Зелени шкрилци (Sep) - формирани се во внатрешниот дел на Вардарската зона, а се појавуваат од левата и десната страна на реката Вардар. Претставуваат метаморфисана вулканогена - седиментна асоцијација, која била составена од дијабази и дијабазни туфови, алевролити, микритски варовници, варовници со рожњаци, лапорци и варовници. Сега се сретнуваат амфиболи и амфиболски шкрилци, зелени хлорит - серицитски шкрилци, филитоиди и микашисти, кварцити, циполини и слоеви, леќи и маси на мермери и мермерисани варовници.

Флишни седименти (³E₃) - флишните седименти има големо распространување во околината на истражуваниот терен, како и најголема дебелина. Во состав на флишот учествуваат следните членови: песочници,

конгломерати, глинци, алевролити, лапорци и поретко оолитични, органогени и лапоровити варовници.



Слика 1. Геолошка карта на истражуваното подрачје

Миоценски седименти (M_{2,3}) - односот кон постарите седименти им е трансгресивен и дискордантен. Покриени се со плиоценски седименти, каде односот е дискордантен, а на места се прелиени со млади ефузивни карпи. Миоценската серија е од теригена езерска фација, развиена во Скопско-Кумановскиот басен. Седиментите се главно неврзани или слабо врзани во чиј состав влегуваат сиви, зелени и црвеникави глини, сиво бели лапорци, сиви песоци, слабо врзани банковити песочници со чести прослојки на слабоврзани чакали. Во најдолните делови се седименти со најфин материјал од глини, вапновити глини, алевролитски глини и алевролитски глинести песоци. Во

средниот дел на серијата преовладува песоклив материјал со сменување на ситнозрни песоци, песокливи глини и слабоврзани песоци. Горниот дел на оваа серија го претставуваат погруби теригени седименти, кои укажуваат на завршната фаза на седиментацијата и пополнување на седиментациониот басен. Застапени се средно до едро зрнести песоци или слабо врзани песочници, ретко глини, чакали и слабо врзани конгломерати.

Плиоценски седименти (Pl) - овие седименти се изградени од песоци и глини и во основа претставуваат подлога преку која лежат квартерните наслаги. Песоците главно се ситнозрнести со ретки млазеви на крупнозрнести или кварцни чакали. Преовладуваат и алевролитски песоци со прослојќи на глини, но се јавуваат и чисто кварцно-лискунски. По боја се зеленикаво сиви до жолтеникави. Глините во базата се хидролискунски, а во горните делови монтморилонитски.

Делувијални наслаги (d) - распоредени се нарамномерно по благите падини. Претставени се од необработени парчиња и поголеми блокови од почвата со песокливо - глиновита маса помеѓу нив.

Пролувијален материјал (pr)- се јавува на теренот и во состав на овој материјал влегуваат полуобработени парчиња од околните ридови, помешани со песок и многу голем процент на глиновита супстанца.

Елувијални наслаги - овие наслаги имаат големо распространување во Овче Поле, каде ги покриваат горно еоценските седименти. Претставени се од глини, суглини и многу ретко чакали. Материјалот пак послужил за создавање на овие творевини, а потекнуваат од глиновити и песокливи компоненти на палеогените седименти.

3. ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

Истражуваниот терен и пошироката околина воопшто претставува средина со релативно едноставна градба гледано од хидрогеолошки аспект. Имено на теренот се застапени главно плиоценски седименти, во најголем дел изградени од песокливи, песокливо - прашинести, глиновито - песокливи и глиновити седименти, кои се карактеризираат со субкапиларна порозност и слаба водопропусност.

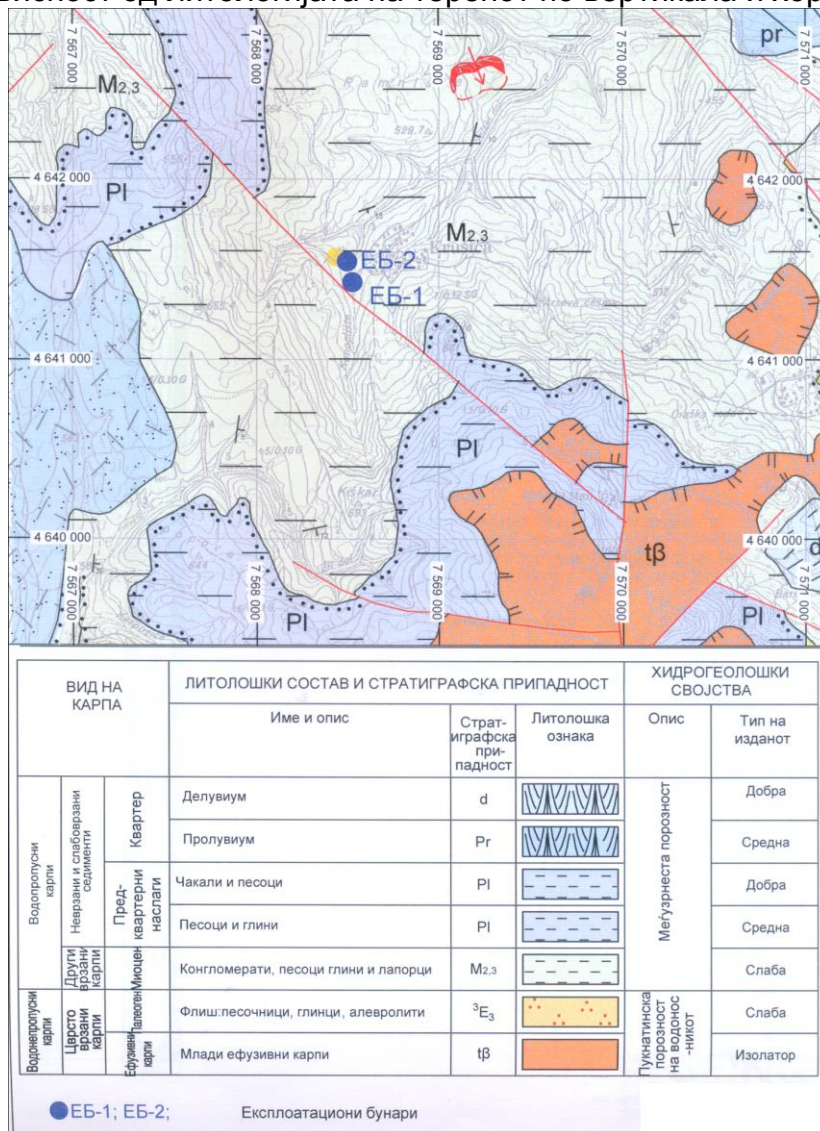
Според геолошката градба на теренот и застапените литолошки членови како и хидродинамичките карактеристики т.е. хидрауличките услови кои владеат во водоносните средини се издвојуваат водоносни средини со слободно ниво на подземни води.

Од хидрогеолошки аспект, *плиоценските седименти*, имаат слаба водопропусност и во нив е формиран збиен тип на издани со слободно ниво, со слаби филтрациони карактеристики. Овој тип на издан има релативно големо распространување како во склоп на истражуваниот терен така и во пошироката околина. Врз основа на хидрауличкиот механизам спаѓа во групата на отворени издани, чии што води постојано или времено учествуваат во општиот хидролошки режим.

Нивото на подземна вода во експлоатациониот бунар ЕБ-1 е НПВ = -1.62m, а за ЕБ-2 е НПВ = -1.02m.

Во склоп на теренот, според хидрогеолошката функција на водоносните средини застапени се литолошки членови, кои имаат функција на хидрогеолошки колектори (песоци, прашиност песок, песоклива прашина и др.),

и хидрогеолошки изолатори (глини). Нивната хидрогеолошка функција е во директна зависност од литологијата на теренот по вертикала и хоризонтала.



Слика 2. Хидрогеолошка карта на истражуваното подрачје

Во групата на хидрогеолошки колектори спаѓаат неврзаните карпести маси, плиоценски седименти изградени од песоци и прашина, кои имаат средна водопропусност и коефициент на филтрација кој се движи во граници од $k = n \times 10^{-4} \text{ m/sec}$ до $n \times 10^{-5} \text{ m/sec}$.

Во хидрогеолошки изолатори припаѓаат глиновитите и глиновито - лапоровитите седименти од плиоценска старост, кои имаат слаба водопропусност и коефициент на филтрација кој во главно се движи во границите од $k=n \times 10^{-7} \text{ m/sec}$ до $n \times 10^{-8} \text{ m/sec}$.

4. ХИДРОГЕОЛОШКИТЕ ПАРАМЕТРИ

Хидрогеолошките карактеристики на застапениот тип на издани и неговата хидрогеолошка функција како и претпоставениот правец и брзина на движење на подземни води, претставуваат основа за дефинирање на динамиката на подземните води за определен простор.

Имено, истражуваниот терен претставува средина во чии рамки е развиен збиен тип на издани со слободно ниво на подземна вода и за кој важат законите за нестационарно движење на подземните води.

Со цел дефинирање на прогнозниот експлоатационен капацитет и определување на хидродинамичките и хидрогеолошките параметри на средината, т.е. истражуваниот простор изведени се два експлоатациони бунари ЕБ-1 и ЕБ-2 и извршен е опит на пробно црпење, односно тестирање на експлоатационите бунари.

Пред отпочнувањето на процесот на тестирање на експлоатационите бунари беше извршено пробно црпење на бунарите со цел утврдување на капацитетите на издашност (Q_1 и Q_2) кои би биле референтни точки во процесот на тестирањето на експлоатационите бунари.

Опитите на тестирање на експлоатационите бунари ЕБ-1 и ЕБ-2 е изведен со *т.н. степ тест* со две хидродинамички (референтни) нивоа на снижување на подземна вода со времетраење од 12 часа по едно хидродинамичко ниво односно капацитет, или вкупно 24 часа за целиот опит на тестирање за еден бунар, а со континуирано следење на функционалната зависност [Издашност - Q , Снижување - S , време - t или $Q=f(t)$, $S=f(t)$, $Q=f(S)$].

Тестирањето на експлоатационите бунари ЕБ-1 и ЕБ-2 се изведуваше со длабинска потопна пумпа *Calpeda* од италијанско производство. Резултатите од тестирањето на експлоатационите бунари се дадени во табела 1.

Табела 1. Резултати од тестирање на експлоатационите бунари ЕБ-1 и ЕБ-2

Ознака на бунар	НПВ (m)	Q (l/s)	НПВ дин (m)	S (m)	Q (l/s/m)	T (h)
ЕБ-1	1.62	0.06	11.53	9.91	0.0061	12
		0.015	34.00	32.38	0.0046	12
ЕБ-2	1.02	0.24	16.37	15.35	0.0156	12
		0.50	37.00	35.98	0.139	12

Анализирајќи ги резултатите добиени од тестирањето на ЕБ-1 и ЕБ-2 и изведената графоаналитичка пресметка и конструираниите графикони од дијаграмите на зависноста на издашноста во функција од снижувањето $Q = f(s)$ и истата има криволиниски облик (слика 3), може да констатираме дека се работи за збиен тип на издани со слободно ниво на подземна вода. Како потврден доказ за оваа констатација ни укажува и дијаграмот на специфичната издашност во зависност од снижувањето $q = f(s)$ кој исто така има криволиниски облик (слика 4), т.е. со поголем капацитет на црпење се добива помала вредност на специфичната издашност.

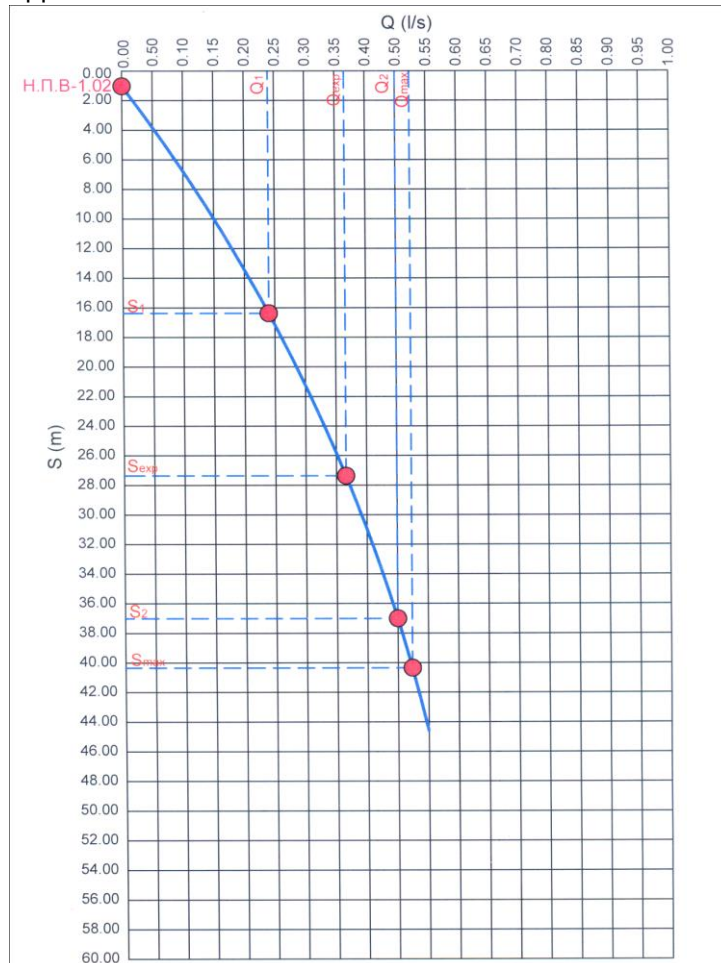
Подетален приказ за динамичките нивоа на експлоатационите бунари, даден е во табелата 2.

Табела 2. Максимално дозволено снижување во експлоатационите бунари

Бунар	Длабина (m)	НПВ (m)	H (m)	2/3H + НПВ (m)
ЕБ-1	40.00	1.62	38.38	27.20
ЕБ-2	60.00	1.02	58.98	40.34

5. ЕКСПЛОАТАЦИОНЕН И МАКСИМАЛЕН КАПАЦИТЕТ НА БУНАРИТЕ

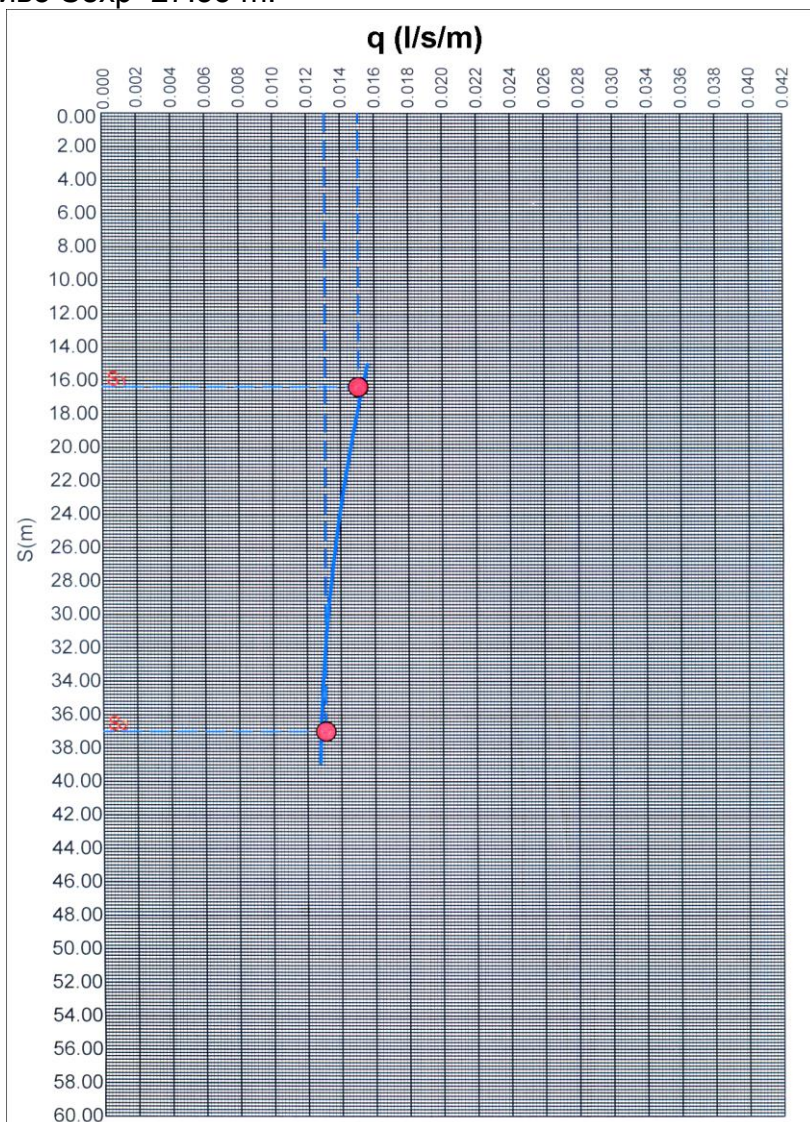
Анализирајќи ги резултатите добиени од тестирањата и изведените графоаналитички пресметки и конструираниите графикони - дијаграми на зависноста на издашноста во функција од снижувањето $Q = I(s)$, кои имаат криволиниски облик (слика 3), може да констатираме дека се работи за збиен тип на издани со слободно ниво на подземна вода. Како потврден доказ за оваа констатација ни укажуваат и дијаграмите на специфичната издашност во зависност од снижувањето $q = f(s)$ кои исто така имаат криволиниски облик (слика 4), со поголем капацитет на црпење се добива помала вредност на специфичната издашност.



Слика 3. Дијаграм на зависноста на издашноста во зависност од снижувањето за експлоатационен бунар ЕБ-2

Имајќи ги во предвид хидрогеолошките карактеристики на теренот, длабината и конструкцијата на бунарите, како и параметрите добиени од тестирањето на бунарите може да го заклучиме следното: Бидејќи се работи за збиен тип на издани со слободно ниво и дозволеното максимално оборување на нивото на подземна вода за ваков тип на издани изнесува $S_{max} = 2/3 H$, каде H е висина на водениот столб во бунарите и во овој случај за бунарот ЕБ-1 изнесува $H = 38.38$ m, за бунарот ЕБ-2 изнесува $H = 58.98$ m, за нивна непречена експлоатација во смисла на спречување на несакани последици како суфозија - пескарење и крајно дури и оштетување на бунарската конструкција, како и нивно непречено работење и во услови на сушен период - хидролошки

минимум пренесено на дијаграмот $Qf(s)$ (табела 3) произлегува дека за ЕБ-1 $S_{max}=27.20$ m со динамичко ниво $S_{exp}=17.58$ m, за ЕБ-2 $S_{max}=40.34$ m со динамичко ниво $S_{exp}=27.35$ m.



Слика 4. Дијаграм на специфичната издашност за експлоатационен бунар ЕБ-2

Табела 3. Хидрогеолошки параметри за експлоатационите бунари ЕБ-1и ЕБ-2

Хидрогеолошки параметри	ЕБ-1	ЕБ-2
Длабина на бунарот	40.00 m	60.00 m
Ниво на подземни води НПВ	1.62 m	1.02 m
Висина на воден столб Н	38.38 m	58.98 m
Максимален (Q_{max}) капацитет (максимална издашност)	0.129 l/s	0.523 l/s
Експлоатационен (Q_{exp}) капацитет (експлоатациона издашност)	0.09 l/s	0.366 l/s
Максимално (S_{max}) дозволено снижување	27.18 m	40.34 m
Експлоатационо (S_{exp}) снижување	17.58 m	27.35 m

6. ЗАКЛУЧОК

Од геолошки аспект, теренот е изграден од плиоценски седименти претставени од песокливи, песокливо – прашинести, глиновито песокливи и глиновити седименти.

Од хидрогеолошки аспект, врз основа на геолошката градба на теренот и резултатите добиени со тестирањето на експлоатационите бунари ЕБ-1 и ЕБ-2 во истражуваниот дел по длабочина, застапени се плиоценски седименти со меѓузрнеста порозност во кои е формиран збиен тип на издани со слободно ниво и средна водопропустност.

Тестирањето на експлоатационите бунари ЕБ-1 и ЕБ-2 се изведе со по два капацитета со два динамички нивоа во вкупно времетраење од 24 часа, т.е. по 12 часа за секој капацитет и динамично ниво посебно и следење на дотокот во бунарот до постигнување на статичко ниво, во вкупно времетраење од 8 часа.

Врз основа на добиените резултати од тестирањата на бунарите, извршени се графо - аналитички пресметки на истите со што се одредени хидрогеолошките параметри на застапениот издан, како и експлоатационите капацитети кој изнесуваат $Q_{exp} = 0.09 \text{ l/s}$ ($S_{exp} = 18.58 \text{ m}$) за ЕБ-1 и $Q_{exp} = 0.366 \text{ l/s}$ ($S_{exp} = 27.35 \text{ m}$) за ЕБ-2 при што се одредени и динамичките нивоа S_1 , S_2 при Q_1 , Q_2 ; како и максималното снижување на нивото на подземна вода во бунарите со максимални и експлоатациони капацитети на бунарите.

Бидејќи се работи за збиен тип на издани со слободно ниво дозволеното максимално ниво за ваков вид на издани изнесува $S_{max} = 2/3 H + \text{НПВ}$ за непречена експлоатација на бунарот во смисла на спречување на несакани последици како суфозија-пескарење на бунарот и нивно непречено работење. Во услови на сушен период - хидролошки минимум, можно е да има отстапување во капацитетите на изданот (бунарите) за разлика во периодот на хидролошки максимум (период на интензивни врнежи), за таа цел потребно е следење на основните хидродинамички параметри на бунарите.

Во текот на експлоатацијата потребно е да се врши повремена контрола на основните хидродинамички параметри на бунарите како: капацитет, снижувањето на нивото во експлоатационите бунари, кое треба да биде во рамките на оптималното, потоа сезонско контролирање на квалитетот на подземните води, како и бистрината на истата.

На крајот, препорачуваме согласно добиените параметри за максимална и експлоатациона издашност на:

- бунарот ЕБ-1 да се експлоатира, со $Q_{exp} = 0.090 \text{ l/s}$ со длабинска пумпа тип: Lowara, Grundfos, Odese, Daab, Kaprari, Kalpeda и др. со карактеристики од $N = 0.55 - 0.75 \text{ Kw}$, 098 mm и $H_{man} = 66 - 70 \text{ m}$, која со својот долен дел да биде спуштена на длабочина од 34.00 m .
- бунарот ЕБ-2 да се експлоатира, со $Q_{exp} = 0.36 \text{ l/s}$ со длабинска пумпа тип: Lowara, Grundfos, Odese, Daab, Kaprari, Kalpeda и др. со карактеристики од $N = 0.55 - 0.75 \text{ Kw}$, 098 mm и $H_{man} = 70 - 80 \text{ m}$, која со својот долен дел да биде спуштена на длабочина од 52.00 m .

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Георгиевски, С и др. (2015а): Извештај за изведба на три експлоатациони бунари ЕБ-1 и ЕБ-2 за водоснабдување на с. Крушица - Општина Свети Николе. Стр. фонд на Општина Свети Николе.

- [2] Георгиевски, С и др. (2015б): Извештај за изведба на два експлоатациони бунари ЕБ-1, ЕБ-2 и ЕБ-3 за водоснабдување на с. Орел - Општина Свети Николе. Стр. фонд на Општина Свети Николе.
- [3] Ѓузелковски, Д., (1997): Подземните води (издан) за решавање на водоснабдување на Република Македонија и нивна заштита. Институт – Геохидропроект Скопје.
- [4] Карајовановиќ, Хаџи - Митрова (1975а): Толкувач за ОГК 1:100 000, лист Велес. СГЗ Белград.
- [5] Карајовановиќ, Хаџи - Митрова (1975б): Карта за ОГК 1:100 000, лист Велес. СГЗ Белград.
- [6] Кратановски, В., (1980а): Извештај за издупчениот експлоатационен бунар ЕБ-3 за водоснабдување на “Кланица и ладилник” – Овче Поле. Геолошки завод Скопје, ООЗТ Институт за геотехника и хидрогеологија. Стр. 20.
- [7] Кратановски, В., (1980а): Извештај за издупчениот експлоатационен бунар ЕБ-4 за водоснабдување на “Кланица и ладилник” – Овче Поле. Геолошки завод Скопје, ООЗТ Институт за геотехника и хидрогеологија. Стр. 20.
- [8] Петров, Д., и др. (2008): Проект за детални хидрогеолошки истражувања на локалитетот Дивјак за водоснабдување на градот Свети Николе. Стручен фонд на Геохидроинженеринг – М Скопје.
- [9] Спасовски, О., Спасовски Д., (2016): Хидрогеолошки истражувања за водоснабдување на с. Орел, општина Свети Николе. Трет конгрес на геолозите на Македонија, Струга.