

**ЕСТЕСТВЕНО МНОГОГОДИШНО ПОДХРАНВАНЕ НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ
В КВАТЕРНЕРНИТЕ ОТЛОЖЕНИЯ НА СТАРОЗАГОРСКО-НОВОЗАГОРСКОТО
ПОЛЕ**

гл. ас. д-р Гергана Друмева-Антонова

НИМХ, 1784, бул. Цариградско шосе №66, София, България, e-mail: drdroum@abv.bg

**NATURAL LONG-TERM ANNUAL RECHARGE OF THE GROUNDWATER IN
THE QUATERNARY SEDIMENTS OF STARA ZAGORA-NOVA ZAGORA FIELD**

PhD Gergana Droumeva-Antonova

NIMH, 1784, blvd Tsarigradsko Shose №66, Sofia, Bulgaria, e-mail: drdroum@abv.bg

Abstract:

The natural long-term annual average recharge of the groundwater in the quaternary sediments inhere in Stara Zagora-Nova Zagora field relating to a Groundwater body with code BG3G000000Q012 and the name "Porous waters in the Quaternary – Marica-Istok" is evaluated by applying the method of recession curve using groundwater lever hydrographs from the single-well. Groundwater fluctuation data of the National Institute of Hydrology and Meteorology's monitoring wells are used. An approach by the method of analogy is proposed to supplement the input information needed to calculate the annual natural recharge. The methodology used could allow cost effective adaptation of the national hydrogeological monitoring network to perform resource assessments of groundwater. The obtained results could be useful in determining the natural resources of the Groundwater body BG3G000000Q012 "Porous waters in the Quaternary – Marica-Istok" and could support sustainable water management in the protected area under consideration.

Key words: *natural groundwater recharge, long-term annual average recharge, Method of reducing curve, Groundwater body "Pore waters in Quaternary – Marica-Istok"*

Въведение

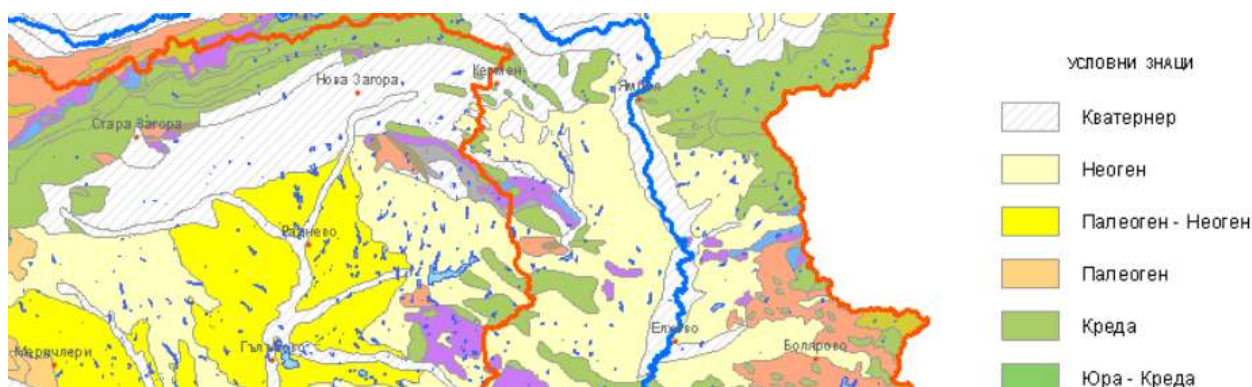
Естественото подхранване е важен хидрогеоложки параметър, който определя запасите на подземни води. Съществуват различни методи за неговото изчисляване, като достоверността на получените стойности зависи от точността на входните данни, от нивото на експертна оценка, дали използвания метод е подходящ за конкретните хидрогеоложки условия и др. Подобряването на тяхната прецизност, прилагането на различни методи и търсенето на съпоставимост на получените от тях резултати са важни за хидрогеоложката практика и биха допринесли значително за устойчивото използване и опазване на подземните води. От друга страна климатичните изменения и съществуващият риск от въздействие на различни видове техногенен натиск имат негативен ефект върху добрия количествен статус на подземните води, който е една от основните цели, поставени в Рамковата Директива за Водите и съставените в съответствие с нея Планове за управление на речните басейни (ПУРБ), [7, 8]. Всички тези обстоятелства предопределят необходимостта от подобряване прецизността при изчисляване на естественото подхранване на подземните води, респективно – на техните естествени ресурси в многогодишен аспект.

Съгласно Закона за водите, Националният институт по метеорология и хидрология (НИМХ) извършва мониторинг на подземните води, подготвя ежегодна оперативна оценка на техните естествените ресурси и извършва количествена оценка за подземните водни тела (ПВТ) на територията на страната, [2]. За изпълнение на част от тези дейности, Министерството на околната среда и водите (МОСВ) одобрява „Методика за определяне на ресурсите на подземните водни тела с отчитане на изменението на климатичните фактори и необходимия за изпълнението ѝ мониторинг на количеството на водите“, [5]. Наблюдателната хидрогеоложка мрежа на НИМХ, създадена през 60-те години на миналия век, е проектирната основно за изучаване режима на подземните води, на връзката им с повърхностните водни тела

и за изготвяне на прогнозни оценки във връзка с хидромелиоративната дейност. За извършване на ресурсни оценки на подземните води се изисква преоценка и адаптиране на националната хидрогеоложка мониторингова мрежа на НИМХ по възможно най-ефективен и икономически изгоден начин. Този процес е от изключителна важност, защото наличността, надеждността и устойчивостта на данните са основни фактори, определящи избора на хидрогеоложки метод за изчисляване, както и достоверността на получените резултати.

Предмет на изследване

Естественото многогодишно подхранване е определено за подземните води в кватернерните отложения на Старозагорско-Новозагорското поле. В разглежданият район плеистоценските алувиално-пролувиални наслаги имат значително развитие и заемат площ от около 630 km². Обхващат широка полоса с ос приблизително по линията Калояновец - Загоре - Могила - Хан Аспарух - Нова Загора - Младово - Биково (фиг. 1).



Фигура 1. Геоложка карта на Старозагорско-Новозагорското поле

Представени са от чакъли, гравий и глинесто-песъчливи наноси с променлива дебелина, ненадвишаваща 20 m. Северно от тях, в подножието на Сърнена гора, се разкрива пролувиална ивица с площ около 90 km², изградена от грубосортирани скални късове, примесени с глинесто-песъчливи наслаги с дебелина обикновено между 20 и 30 m. Върху сборната площ от 720 km² на добре проницаемите кватернерни отложения в Старозагорско-Новозагорското поле при среден валеж около 600 mm и приет коефициент на инфилтрация около 15% се формира подхранване от около 2060 l/s, [1].

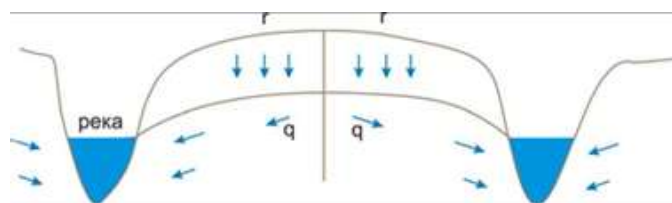
Кватернерните подземни води в района на Старозагорско-Новозагорското поле, заедно с подземните води в алувиалните отложения на по-големите реки в Маришкия басейн – Сазлийка, Овчарица, Соколица и Блатница, се отнасят към ПВТ с код BG3G00000NQ012 и наименование „Порови води в Кватернер – Марица Изток“. Терасите на тези реки се характеризират с модул на подземния отток $M=3-5 \text{ l/s.km}^2$. Проводимостта на водоносния пласт е $T=200-500 \text{ m}^2/\text{d}$ в терасите на р. Сазлийка и р. Блатница, а за терасите на р. Овчарица и р. Соколица – $T=50-100 \text{ m}^2/\text{d}$. Типът на вместващия колектор е поров, а характерът на подземните води в него е безнапорен. Подхранването на подземните води става от валежите и от речни води. Дренират се от речната мрежа и от голям брой водоземни съоръжения. При обща площ на тези тераси от около 200 km², среден валеж от 600 mm и при коефициент на инфилтрация 15 % естествените ресурси възлизат на около 570 l/s. Заедно с ресурсите на кватернерните подземни води в района на Старозагорско-Новозагорското поле общите ресурси на разглежданото ПВТ възлизат на около 2630 l/s, според разработените през 2000 г. Генерални схеми, [1].

Изборът на ПВТ „Порови води в Кватернер – Марица Изток“ за предмет на изследване е обоснован от няколко съображения. ПВТ е с голямо стопанско значение и интензивно

експлоатирано. Намира в равнината част на Южна България, където съществува висок риск от засушаване според климатични сценарии [10]. Освен това за ПВТ е установена връзка със защитени територии [6].

Метод на изследване

За определяне на естественото многогодишно подхранване на подземните води в ПВТ „Порови води в Кватернер – Марица Изток” е използван метода за оценка на подхранването на подземните води по кривата на изтощаване от ходографа на нивото в единичен кладенец. Той е познат още като „По колебания на нивата на подземните води“, „Метод нива в кладенци“ и е разгледан подробно в специално разработената „Методика за определяне на ресурсите на подземните водни тела с отчитане на изменението на климатичните фактори ...“, [5]. Методът се основава на идеята, че колебанията на нивото на подземните води могат да се разглеждат като синтезиран, динамичен индикатор за водния баланс на водоносния хоризонт във всяка негова точка при следната принципна схема за формирането на естествените му ресурси, (фиг. 2).



Фигура 2. Принципна схема за формиране на естествените ресурси на порови подземни води

Водоносният хоризонт е със свободно водно ниво и получава повсеместно инфилтрационно подхранване от валежи и снеготопене като главният разходен елемент е подземният отток, който се генерира върху площта на хоризонта и в крайна сметка се дренира в речната мрежа. Теоретична основа на Метода за оценка на подхранването на подземните води по кривата на изтощаване от ходографа на нивото в единичен кладенец е частното диференциално уравнение на Бусинеск за едномерен подземен поток, което записано в алгебричен вид представлява:

$$\mu \cdot \Delta H = \Delta Q \cdot \Delta t + r \cdot \Delta t \quad (1),$$

където:

μ - коефициент на водоотдаване;

r - интензитет на инфилтрационно подхранване.

Според гореописаното уравнение промяната на нивото в разглеждания пункт на водоносния хоризонт ΔH , за период от време Δt , е резултат от изменението на водния обем ΔQ (вследствие разлика между приток и отток) за това време и водния обем, получен от инфилтрация за същото време.

В използвания метод подземният отток се определя приблизително с помощта на ходографа на нивото в наблюдателен кладенец като се разглеждат периоди от годината, през които се предполага, че е прекратено инфилтрационното подхранване, достигащо водонаситената зона. За нашите климатични условия това е или летния засушлив сезон, или периода на зимното маловодие. Отсъствието на подхранване се бележи върху ходографа със сравнително дълготрайно и равномерно понижение на нивото – изтощаване на водоносния хоризонт или “recession curve”. Когато $r = 0$ и $\Delta H = -\Delta h$, за горното уравнение получаваме:

$$\mu \cdot (-\Delta h) = \Delta Q \cdot \Delta t \quad (2),$$

където $(-\Delta h)$ е понижението на водното ниво, дължащо се на подземния отток. Тогава за инфилтрационното подхранване можем да запишем:

$$r = \mu * (\Delta H / \Delta t + \Delta h / \Delta t) \quad (3),$$

където:

ΔH - наблюдаваното изменение на нивото в сондажа за време Δt ;

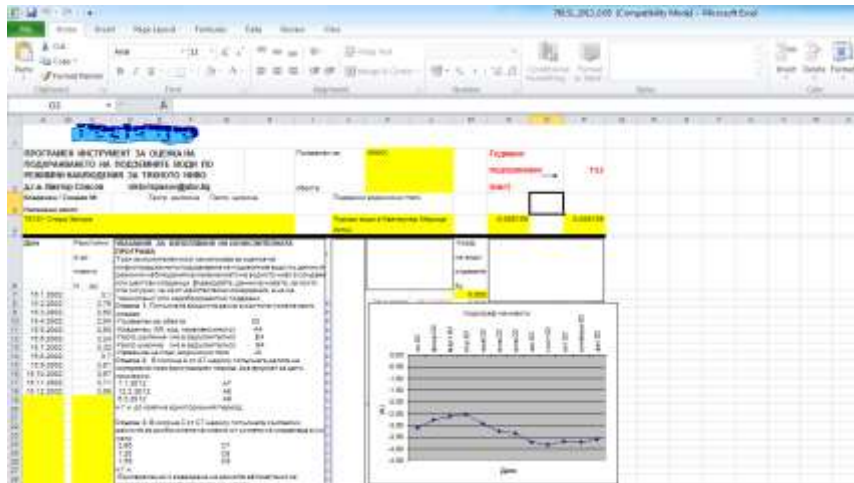
Δh – изменение на нивото, дължащо се само на оттока през същото време.

Неизвестната величина $\Delta h / \Delta t$ се определя графично от кривата на изтощаване, която апроксимираме с права линия, като нейният наклон в същност е търсената величина $\Delta h / \Delta t$.

Ако разгледаме процеса в неговата последователност във времето, то за сумарното годишно инфилтрационно подхранване R ще е валидно уравнението:

$$R = \sum r * \Delta t = \mu * (\sum \Delta H + \sum \Delta h) \quad (4).$$

Режимът на нивата на подземните води се анализира поотделно за всяка година. Крайният резултат е оценка на инфилтрационното подхранване на водоносния хоризонт R за дадена година. Многогодишното подхранване се получава като средно аритметично от изчислените стойности на R за цялата редица от данни. Изчисленията се извършват чрез разработени електронен алгоритъм ER4_water_level.xls, представен на фигура 3.



Фигура 3. Електронен алгоритъм за приложение на метода за оценка на подхранването на подземните води по кривата на изтощаване от ходографа на тяхното ниво

Предимствата на Метода за оценка на подхранването на подземните води по кривата на изтощаване от ходографа на нивото в единичен кладенец основно се изразяват в неговата простота и улеснено приложение. Той не изисква хидроложки и климатични данни, както и подробни хидрогеоложки данни – необходими са само режимни измервания на нивото на подземните води, поне веднъж месечно или по-чести, в представителни хидрогеоложки наблюдателни пунктове с ненарушен режим. Освен това методът е широко приложим за водоносни хоризонти с пореста и/или пукнатинна вместимост и единно пиезометрично водно ниво. Друго основно негово предимство е, че макар и приблизителни, получените резултати са надеждни, защото се изключват грешки вследствие неправилно определени хидрогеоложки параметри. Единствено величината на коефициента на водоотдаване μ влияе право

р
 ц
 и
 ц
 и

Методът за оценка на подхранването на подземните води по кривата на изтощаване от ходографа на нивото в единичен кладенец обаче, е неприложим при твърде близко залягане на водното ниво до земната повърхност (2 – 2,5 m от повърхността), когато съществена роля в баланса на подземните води започва да има евапотранспирацията от водното огледало,

р
 ц
 и
 ц
 и

вследствие на което резултата за подхранването може да се окаже нереалистичен. Освен това методът е точков и за да се характеризират по-широки райони се изискват повече наблюдателни пунктове. Друг недостатък на разглеждания метод е приблизителния характер на резултатите, дължащ се основно на субективността при приемане стойността на коефициента на водоотдаване и изборът на наклона от “кривата на изтощаване”, [5].

В заключение, може да се обобщи, че получените стойности за подхранването на подземните води по Метода за оценка по кривата на изтощаване от ходографа на нивото в единичен кладенец представляват установен, независимо от отнетите или добавени водни обеми по пътя на филтрация, отток на подземните води за съответното място и представят определена част от подземното водно тяло, [4].

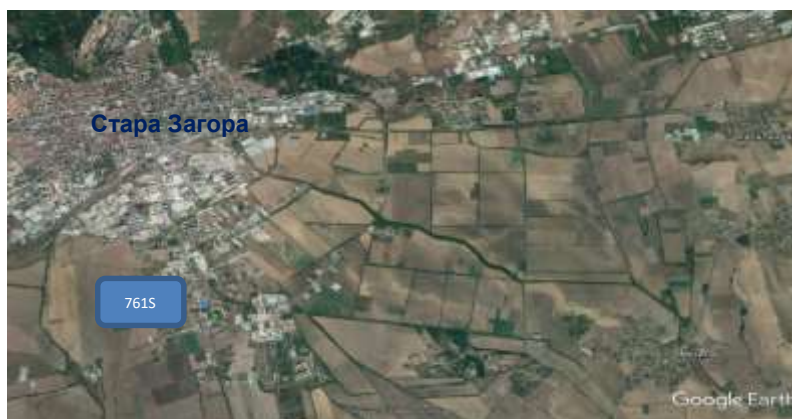
Получени резултати

За да се определи естественото многогодишно подхранване на подземните води в ПВТ по кривата на изтощаване от ходографа на нивото в единичен кладенец. В разглежданото ПВТ съществуват няколко броя хидрогеоложки наблюдателни пункта от мрежата на НИМХ, чието местоположение е показано на фигура 4.



Фигура 4. Местоположение на кладенците от мониторинговата мрежа на НИМХ в ПВТ „Порови води в Кватернер – Марица Изток”

Всички те са без литоложки колонки. По-голяма част от мониторингови кладенци са често водочерпени и/или с водно ниво твърде близо до земната повърхност, и/или в близост до повърхностни водни тела, което прави Методът за оценка на подхранването по кривата на изтощаване неприложим за тези пунктове. Изключение прави хидрогеоложки наблюдателен пункт – № 761 S1 (шахтов кладенец в гр. Стара Загора) от мониторинговата мрежа на НИМХ, чието местоположение е показано на фигура 5.



Фигура 5. Разположение на използвания хидрогеоложки наблюдателен пункт № 761 S1 в гр. Стара Загора

Разглежданият шахтов кладенец също не притежава литоложка колонка, което не позволява да се определи в какви геоложки разновидности се осъществяват колебанията на водното ниво в кладенеца и съответно каква е величината на коефициента на водоотдаване (дефицит на насищане) μ . За разрешаване на този проблем, което би позволило многогодишните измервания на нивото на подземните води в пункта да бъдат използвани за ресурсни оценки, е приложен подход, основаващ се на аналогията. Според него при близки и еднородни топографски, геоложки и хидроложки условия е допустимо да се приеме, че хидрогеоложката информация от една точка на водоносния пласт е валидна и за други негови точки, [11].

Ориентировъчна представа за геоложкия строеж в района на пункта е получена от специализираната литература, [1, 6]. Измененията на водното ниво в шахтовия кладенец е до 5.50 m от земната повърхност, където литоложкия разрез е представен от пясъчливи глини-глинести пясъци. Според вида на горепосочените наносни разновидности е избрана стойност на коефициента на водоотдаване $\mu=0.05$, съгласно използваната Методика, [5].

Въпреки че разглеждания хидрогеоложки наблюдателен пункт има над 30 годишна редица от данни (пунктът функционира от 1966 г.), за изчисляване на подхранването е избран един по-нов период 1995-2016, за да бъде редицата по-представителна и пълна и за да се елиминират нарушенията в режима на подземните води, характерни за далечни периоди. При определяне на средномногогодишното подхранване за разглеждания период 1996-2016 г. са изключени годините, в които не е регистриран ясно изразен период на спад и не е възможно определяне на кривата на изтощаване. Получените резултати са представени в таблица 1.

Табл. 1. Годишни и средномногогодишна стойности на естественото подхранване на подземните води в ПВТ „Порови води в Кватернер – Марица Изток”

Период на наблюдение (години)	761T1 Подхр. (mm/a)
1995	78
1996	67
1997	10
1998	106
1999	16

2000	37
2001	79
2002	
2003	60
2004	64
2005	79
2006	181
2007	119
2008	60
2009	38
2010	45
2011	113
2012	79
2013	112
2014	
2015	94
2016	73
Средно за периода 1995-2016 г.	75.50

Въз основа на изчислените резултати стойността на средното многогодишно подхранване на ПВТ „Порови води в Кватернер – Марица Изток”, код BG3G00000NQ012 за периода 1995-2016 г. е 75.50 mm/a, модульт на подземния поток за същия период е 2.40 l/s/km² и при чиста разкрита площ на водното тяло 900.22 km², многогодишното подхранване за периода 1995-2016 г. възлиза на 2161 l/s.

Анализ и изводи

Полученият резултат за средното многогодишно подхранване на ПВТ „Порови води в Кватернер – Марица Изток” е сравнен със стойности на естествените ресурси на ПВТ, изчислени като са използвани други методи в различни хидрогеоложки разработки – таблица 2.

Табл. 2. Сравнение на стойности за средното многогодишно подхранване с получените резултати

Използван метод	Многогодишно подхранване, l/s	Период	Площ, km ²	Източник
По кривата на изтощаване	2161	1995-2016	900.22	настоящо изследване
По коефициент на инфилтрация	2630	-	920	Генерални схеми, 2000
-	2260	-	752	Пенчев и др., 2009
По валежен грид	2372	1981-2015	983.02	НИМХ

От таблицата е видна много добра съпоставимост на сравняваните стойности за средното многогодишно подхранване на ПВТ „Порови води в Кватернер – Марица Изток”, като се има предвид, че са използвани различни методи за изчисляване, за различна площ и период от време. Това дава основание да се счита, че прилагането на подхода за определяне на коефициента на водоотдаване μ чрез аналогия относно геоложкия строеж, е обосновано и целесъобразно. Предложеният подход би позволил използването на многогодишните редици от данни на хидрогеоложките наблюдателни пунктове без литоложки колонки за изчисляване на естественото подхранване на ПВТ. Прилагането му дава възможност и за икономически ефективно адаптиране на хидрогеоложката мониторингова мрежа на НИМХ за извършване на ресурсни оценки.

Заклучение

Прецизното определяне на многогодишното естествено подхранване на подземните води позволява по-точно да се изчислят техните естествени ресурси, което е от особено значение за подобряване управлението на подземни водни тела в риск по отношение на техния количествен статус. Методът, базиран на режима на подземните води с анализ на кривата на изтощаване от ходографа на нивото в единичен кладенец дава бързи, икономически ефективни и надеждни резултати за определяне на този хидрогеоложки параметър. Предложеният подход за допълване на входната информация, необходима за изчисляване на годишното естествено подхранване би позволил икономически обосновано и бързо адаптиране на националната хидрогеоложка мониторингова мрежа към извършване на ресурсни оценки на подземните води.

За актуален многогодишен естествен ресурс на подземно водно тяло с код BG3G00000NQ12 и наименование „Порови води в Кватернер – Марица Изток” следва да се вземе средната стойност на получените резултати по Метода нива в кладенци, която представлява и реалният измерен отток. Естественото многогодишно подхранване за цялото тяло за периода 1995-2016 г. е 75.50 mm/a или 2161 l/s.

Литература

1. Генерални схеми за използване на водите – поречие на р. Марица, София, 2000
2. Закон за водите, ДВ, изм. и доп. 2010 г.
3. Гълъбов, М., 2005, Динамика на подземни води, София, 210 стр.
4. Иванов, М., Е. Дамянова, 2016, Определяне на ресурсите на подземни водни тела по един или няколко метода от одобрената методика, т. 2.3., Споразумение между МОСВ и НИМХ, 2016, Геофонд МОСВ
5. Методика за определяне на ресурсите на подземните водни тела с отчитане на изменението на климатичните фактори и необходимия за изпълнението ѝ мониторинг на количеството на водите, 2012, Геофонд МОСВ
6. Пенчев, П., М. Мачкова-Цанева и др., 2009, Определяне праговете на замърсяване на подземните води и разработване на класификационна система за химичното състояние на подземните водни тела, Консорциум за интегрално управление на води, гр. Благоевград, Ноември, 2009 г.
7. План за управление на речни басейни 2016-2021, Източнобеломорски район
8. Рамковата директива за водите 2000/60/ЕС
9. Nealy R.W., P.G. Cook, 2002, Using groundwater levels to estimate recharge. Hydrogeology Journal, p.91-109

Science & Technologies

10. Ilcheva, I., A. Yordanova, K. Nikolova, 2020, Identification and Mitigation Vulnerability of Water supply and Environment under Climate Change, 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020, Albena, Bulgaria, in print
11. Taylor, Ch., W. Alley, 2001, Ground-Water-Level Monitoring and the Importance of Long-Term Water-Level Data, U. S. Geological Survey Circular 1217, Denver, Colorado, 68 p.