Kharazmi University

Journal of Engineering Geology

Journal home page https://jeg.khu.ac.ir

OPEN ACCESS

Online ISSN 2981-1600

Investigating the method of calculating the allocable underground water in Iran and providing corrections for it

Kamal Ganjalipour ✉ [1], **Reza Azimi**[2], **Mojtaba Moradi**[3]

1. Head of Groundwater Studies Department, Markazi province regional Water Company, Arak, Iran. E-mail: kganjalipour@gmail.com
2. Manager of protection and exploitation of underground water resources, Markazi province Regional Water Company, Arak, Iran. E-mail: gwazimi@gmail.com
3. Manager of Basic Water Resources Studies, Markazi province regional Water Company, Arak, Iran. E-mail: mojtaba.moradi54@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 8 May 2024
Received in revised form 22 May 2024
Accepted 102 June 2024

Keywords:
Allocated water, Ground water table, Water resource management, Aquifer.

ABSTRACT

In determining the water that can be allocated for different uses, including agriculture (as the main consumer), the most important step in this era is the proper management of groundwater resources. The observance of water consumption within the limit of allocated water ensures that the consequences of the exploitation of groundwater resources and the sustainability of development are guaranteed, and operators use technological methods to increase the efficiency of using water resources for more production in proportion to the amount tend to available water. In this article, first, the method of calculating the water allocated to the agricultural sector in the country has been studied and criticized. In this study, it was found that in the formula for calculating the current allocated water, the component of agricultural return water as an effective parameter causes a huge error in the calculation of allocated water. Then, a new formula for the calculation of allocated water was proposed, and an attempt was made to correct and apply the effect of the input component of agricultural return water on the amount of allocated water based on the calculation of allocated water in the new proposed method, taking into account the aquifer capacity based on the parameters of the water resources balance.

Introduction

Sustainable development of a natural resource is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their needs (Custodio, 2002). Water allocation has a long history, dating back to ancient Babylon, Iran and Rome. Due to the increasing scarcity of water and the continuing demands of socio-economic development, water conflicts between different regions and different water uses are common. This article, while summarizing and analyzing the method of calculating the allocable underground water in Iran and analyzing it, has proposed a general method for its determination.

In Iran, when talking about underground water that can be programmed on the ground, it often means water that can be allocated in the agricultural sector through wells. Therefore, first, it is necessary to discuss the importance of groundwater allocation in the agricultural sector.

Allocation of underground water to the agricultural

Targeted and balanced allocation of water to agriculture can contribute significantly to national development and to water and food security. The system for allocating water to agriculture should, as far as possible, be based on national strategic objectives - as set out in national plans and agricultural and water policies

Cite this article: Ganjalipour, K., Azimi, R., & Moradi, M. (2024). Investigating the method of calculating the allocable underground water in Iran and providing corrections for it. Journal of Engineering Geology, 18 (1), 109-122. https//doi.org/10.22034/JEG.2024.18.1.1010692

© The Author(s).
Publisher: Kharazmi University.
DOI: https//doi.org/10.22034/JEG.2024.18.1.1010692

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.6.2]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1010692]

- and on a realistic (rather than political) assessment of available water resources. Groundwater is in critical condition in many countries around the world. By studying the balance of water resources, the capacity of the aquifer in a study area can be calculated. Balance studies in an aquifer are used to manage surface and groundwater resources (Peranginangin et al., 2004) and to calculate flow forecasts (Ruud et al., 2004, Stephanie et al., 2010). Water balance provides an appropriate basis and can lead to a reduction in the damage caused by falling groundwater levels.

Basics of allocable underground water calculations in Iran

In Iran, allocable surface and underground water was determined by the Ministry of Energy in 2013 and was revised in 2019. Currently, the formula for calculating the allocable underground water in the country is as follows:

$$Vaw = (Re + Ww - NDi) * f \quad (1)$$

where Vaw is the volume of water that can be allocated, Re is the supply or the volume of the input components of the aquifer, which includes the parameters of infiltration from precipitation, infiltration from runoff, infiltration from agricultural uses and underground inputs from the heights overlooking the aquifer and from the adjacent study areas. NDi is the natural discharge including the discharge of springs and Qantas, underground drainage, underground water discharge to nearby study areas and evaporation from the alluvial aquifer, Ww is the volume of infiltration from drinking and industrial effluents, and the parameter f is called the adjustment factor.

Results and Discussion

In the case of an aquifer like Isfahan-Barkhor, the total volume of the input components is 221 MCM and the total volume of the output components is 5.1 MCM, the difference between them is about 216 MCM. According to equation (1), the amount of water that can be allocated is 194,721 MCM. About 161 MCM of this is planned water for agriculture through wells. The most important point in this regard is to pay attention to the input parameters, especially the infiltration from agricultural use. In the case of the Isfahan-Barkhor Plain, the amount of agricultural use is 415.9 MCM, of which about 117.7 MCM returns to the alluvial aquifer. If, according to the calculations of the above formula and approved by the Ministry of Energy, the number of agricultural wells is reduced from 415.9 MCM to 161 MCM, taking into account the return factor of 28%, the amount of the income component from the return of agricultural use will decrease by about 72 MCM and will reach 45.08 MCM. Therefore, it is logical to first determine the amount of usable water based on renewable sources, and then calculate their return amount and add it to the usable water. On this basis, the authors have proposed a method to compensate for this shortcoming in the calculation of programmable groundwater. For example, the amount of groundwater that can be allocated to agriculture through wells in the study areas of Shazand and Saveh based on the method proposed by the authors is about 90 MCM and 74.15 MCM, respectively, while based on the current method, the amount is 155/47 MCM and 254/82 MCM, respectively.

Conclusions

The results of the research show that in order to calculate the underground water that can be allocated through the discharge of exploitation wells, it is necessary to enter the amount of water returned to the aquifer from various uses at the end of the calculation process, not as an effective parameter in the initial calculation and as an inflow parameter to the aquifer. Therefore, according to the authors, the water that can be extracted from the wells should be calculated based on the natural inflow and outflow components of the aquifer, and the allocable water is the sum of the water that can be extracted from the wells, including the reservoir deficit and the return water at the end of the calculations.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.6.2]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1010692]

نشریه زمین شناسی مهندسی
Journal home page https://jeg.khu.ac.ir
دانشگاه خوارزمی
دسترسی آزاد
شاپا الکترونیکی ۲۹۸۱-۱۶۰۰

بررسی روش محاسبه آب‌زیرزمینی قابل برنامه‌ریزی در ایران و ارائه اصلاحاتی برای آن

کمال گنجعلی پور[1]✉، رضا عظیمی[2]، مجتبی مرادی[3]

۱. رئیس گروه مطالعات آب‌زیرزمینی، شرکت سهامی آب منطقه‌ای مرکزی، اراک، ایران. رایانامه: kganjalipour@gmail.com
۲. مدیر حفاظت و بهره‌برداری از منابع آب‌زیرزمینی، شرکت سهامی آب منطقه‌ای مرکزی، اراک، ایران. رایانامه: gwazimi@gmail.com
۳. مدیر مطالعات پایه منابع آب، شرکت سهامی آب منطقه‌ای مرکزی، اراک، ایران. رایانامه: mojtaba.moradi54@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۳/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۲

کلیدواژه‌ها:
آب قابل برنامه‌ریزی زیرزمینی، سطح آب‌زیرزمینی، مدیریت منابع آب، آبخوان،آب قابل بازگشت.

چکیده

در تعیین آب قابل برنامه‌ریزی زیرزمینی برای مصارف مختلف از جمله کشاورزی (به عنوان عمده‌ترین مصرف کننده) اصلی‌ترین گام، مدیریت صحیح منابع آب‌زیرزمینی در عصر حاضر است. پایبندی به رعایت مصرف آب در حد آب قابل برنامه‌ریزی سبب می‌شود که پیامدهای ناشی از بهره‌برداری از منابع آب‌زیرزمینی کنترل و پایداری توسعه تضمین گردد و بهره‌برداران با به‌کارگیری روشهای فن آورانه، نسبت به افزایش بهره‌وری و استفاده از منابع آب برای تولید بیشتر، متناسب با حجم آب در دسترس گرایش پیدا کنند. در این مقاله، ابتدا روش محاسبه آب‌زیرزمینی قابل برنامه‌ریزی برای بخش کشاورزی در کشور مورد بررسی و نقد قرار گرفته است در این بررسی ،مشخص شد که در فرمول فعلی محاسبه آب‌زیرزمینی قابل برنامه‌ریزی، مولفه بازگشت آب کشاورزی به صورت یک پارامتر اثرگذار سبب ایجاد خطایی فاحش در محاسبه آب‌زیرزمینی قابل برنامه‌ریزی می‌گردد. سپس، فرمول جدیدی برای محاسبه آب قابل برنامه‌ریزی توسط نویسندگان پیشنهاد شده است و سعی شد که اثر مولفه ورودی آب برگشتی کشاورزی بر حجم آب قابل برنامه‌ریزی به طرز صحیحی اصلاح و اعمال گردد اساس محاسبه آب قابل برنامه‌ریزی زیرزمینی در روش پیشنهادی جدید توان آبخوان بر مبنای مولفه‌های طبیعی بیلان است.

مقدمه

کاهش آب‌زیرزمینی نتیجه اجتناب ناپذیر و طبیعی خروج مقادیر قابل توجهی آب از یک سفره است(Bredehoeft, 1997; Konikow and Kendy, 2005; Sophocleous, 1997). برداشت از آب‌های زیرزمینی ذخیره شده با گذشت زمان منجر به کاهش تخلیه آب‌زیرزمینی به اکوسیستمها می‌شود (Bredehoeft, 1997; Konikow and Kendy, 2005). با تغییر تخلیه، سیستم آب‌زیرزمینی به تعادل جدیدی می‌رسد(Bredehoeft, 1997). مفهوم عملکرد ایمن برای حفظ استفاده مفید از آب‌های زیرزمینی بیان کننده تعادلی بلندمدت بین حجم برداشت سالانه آب‌زیرزمینی و حجم تغذیه طبیعی و مصنوعی سالانه است(Custodio, 2002). این مفهوم، اولین بار در علوم مهندسی برای اطمینان‌پذیری در تأمین آب مورد توجه قرار گرفت و بیان کننده حداکثر حجم آبی است که در یک دوره استرس آبی، از منابعی همچون آب‌زیرزمینی می‌توان تأمین کرد(Lee, 1915). سپس، توجه به افت سطح آب‌زیرزمینی، تغییرات کیفیت آب و حتی تغییر حق‌آبه‌ها نیز به این مفهوم اضافه شد و به صورت آبدهی مطمئن تعریف شد که بیانگر حجم برداشت سالانه از منابع آب‌زیرزمینی بدون پیامدی نامطلوب برای آب‌زیرزمینی است(Todd, 1959). به تدریج، با توجه به سایر پیامدهای نامطلوب بهره‌برداری از

استناد: گنجعلی پور، ک.، عظیمی، ر.، مرادی، م. (۱۴۰۳). بررسی روش محاسبه آب‌زیرزمینی قابل برنامه‌ریزی در ایران و ارائه اصلاحاتی برای آن. مجله زمین شناسی مهندسی، ۱۸ (۱)، ۱۰۹-۱۲۲. https://doi.org/10.22034/JEG.2024.18.1.1010692

ناشر: دانشگاه خوارزمی. © نویسندگان.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.6.2]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1010692]

آب‌زیرزمینی، مفهوم آبدهی پایدار، اولین بار از سال ۱۹۷۲ وارد ادبیات واژگان آب‌زیرزمینی شد (Domenico, 1972). توسعه پایدار یک منبع طبیعی، توسعه‌ای است که نیازهای زمان حال را بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای برآوردن نیازهایشان تأمین می‌کند(Custodio, 2002). تخصیص آب سابقه طولانی دارد و قدمت آن به بابل، ایران و روم باستان بازمی‌گردد. به دلیل کمبود فزاینده آب و تقاضاهای مستمر توسعه اقتصادی-اجتماعی، تعارضات ناشی از بهره‌برداری از آب بین مناطق مختلف و مصارف مختلف آب به طور مکرر رخ می‌دهد. علاوه بر این، مطمئناً در آینده، عدم تعادل عرضه و تقاضای آب جدی‌تر خواهد شد و تعارضات آبی بیشتری رخ خواهد داد. برای اطمینان از نیاز آبی، حل تعارضات آبی بین مناطق و بخش‌های مختلف و بهینه‌سازی منافع با محدودیت منابع آبی، لازم است اقدامات مؤثرتری برای مدیریت آب ارائه شود. آب قابل تخصیص همان حجم آب قابل برنامه‌ریزی برای استفاده در مصارف مختلف است. آب قابل برنامه‌ریزی، بخشی از حکمرانی آب است و بیان کننده معیارهای مناسبی است که وضعیت منابع آب موجود و استفاده فعلی را توصیف می‌کنند. روش استانداردی برای تعیین آب قابل برنامه ریزی وجود ندارد؛ با این حال، تعیین آب قابل برنامه‌ریزی یکی از مهمترین مراحل در طول فرآیند تدوین طرح تخصیص آب است و تعیین آن پیش نیاز و اساس یک طرح تخصیص معقول آب است. علاوه بر آن، تعیین آب قابل برنامه‌ریزی تحت تأثیر عوامل بسیاری حتی مصرف آب زیست محیطی است، هدف از تأمین آب برای حفظ محیط زیست، بازیابی اکوسیستم‌های وابسته به آب‌زیرزمینی است(Murray et al., 2003). تعیین آب قابل برنامه‌ریزی اغلب به دلیل درک ضعیف علمی یا فقدان داده‌ها دشوار است. آب‌های‌زیرزمینی و آب‌های‌سطحی اجزای تعاملی سیستم هیدرولوژیکی هستند و محاسبه آب قابل تخصیص در آنها نیز چالش برانگیز است (Hancock et al., 2005). اکنون که بسیاری از کشورها به زیر خط تنش آبی نزول کرده‌اند، فرصت‌های سرمایه‌گذاری برای جذب منابع آبی جدید به سرعت در حال بسته شدن است و کمبود آب بیش از پیش به یک موضوع امنیتی تبدیل می‌شود و زمان آن فرا رسیده است که وضعیت آب قابل برنامه‌ریزی مورد بررسی جدی قرار گیرد. کفایت اطلاعات مورد استفاده در تعیین آب قابل برنامه‌ریزی یک مسأله حاکمیتی است. داشتن داده‌های غیر دستکاری شده و غیر سیاسی کافی روی میز، برنامه‌ریزی بر اساس اعداد صحیح، کمی نمودن اهداف و حضور جمعی از کارشناسان و محققانی که به مدیران آب و تصمیم گیران مشاوره می‌دهند نیز از دیگر پارامترهای مهم در این حوزه هستند؛ برای مثال، در استرالیا، حجم آب‌زیرزمینی قابل برنامه‌ریزی بر اساس میانگین بلندمدت نرخ تغذیه و مصارف تعیین می‌شود. این مقاله، ضمن بیان خلاصه شیوه موجود در ایران و تحلیل آن، روشی کلی برای تعیین آب قابل برنامه‌ریزی زیرزمینی پیشنهاد کرده است. در ایران وقتی از آب‌زیرزمینی قابل برنامه‌ریزی زیرزمینی صحبت می‌شود اغلب، منظور آب قابل تخصیص در بخش کشاورزی از طریق چاه‌ها است؛ لذا نخست لازم است اهمیت تخصیص آب‌زیرزمینی در بخش کشاورزی مورد بحث قرار گیرد.

تخصیص آب‌زیرزمینی به بخش کشاورزی

تخصیص هدفمند و متعادل آب برای کشاورزی، سهم بزرگی در توسعه ملی و امنیت آب و غذا دارد. سیستم تخصیص آب در کشاورزی باید تا حد امکان با اهداف استراتژیک ملی- همانطور که در برنامه‌های ملی و سیاست‌های کشاورزی و آب آمده است و همچنین ارزیابی واقع بینانه(و نه سیاسی) از منابع آبی در دسترس، همسو باشد. آب‌زیرزمینی در بسیاری از کشورهای دنیا در وضعیت بحرانی قرار دارد. با وجود این،

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.6.2]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1010692]

در تعدادی از کشورها، یارانه‌های مربوط به هزینه‌های انرژی یا تجهیزات پمپاژ و ... موجب استخراج هرچه بیشتر آب‌زیرزمینی شده است. در سطح جهان ۳۹ درصد از آب‌های زیرزمینی برداشت شده است. اگر اقدامی صورت نگیرد، کشاورزی و سایر فعالیت‌های وابسته به آب ممکن است در مکان‌های خاصی رها و ذخایر استراتژیک برای نسل‌های آینده تخلیه شوند و در برخی مناطق ممکن است کل اکولوژی آنها در آینده تغییر کند. تخصیص منابع آب‌زیرزمینی به بخش کشاورزی با آب‌های سطحی دارای تفاوت است. آب‌های زیرزمینی در اکثر کشورها توسط بسیاری از بهره‌برداران منفرد استخراج می‌شود، مگر اینکه استفاده از آب‌های زیرزمینی متمرکز باشد- همانند برخی از سیستم‌ها در چین، اسپانیا و بنگلادش. تفاوت دیگر، در تجدید پذیری آنهاست. برخی از آب‌های زیرزمینی فسیلی هستند و تجدید نمی‌شوند. تخصیص آب‌زیرزمینی نه تنها بین بخشی بلکه بین نسلی است. بنابراین محاسبه آن مقدار از آب‌زیرزمینی که بتوان به طور پایدار در کشاورزی استفاده کرد و چگونگی دستیابی به آن یکی از الزامات استراتژیک در پایداری و توسعه به مفهوم عام است. منظور از آب‌های زیرزمینی پایدار، مدیریت و استفاده از آن، این است که در طول برنامه‌ریزی و افق اجرا، نتایج نامطلوب در پی نداشته باشد، نتایج نامطلوب می‌تواند کاهش مزمن سطح آب‌های زیرزمینی، کاهش قابل توجه و غیرمنطقی ذخیره آب‌زیرزمینی، نفوذ قابل توجه و غیر منطقی آب دریا، کاهش قابل توجه و غیر منطقی کیفیت آب، فرونشست قابل توجه زمین و ... باشد. در کشورهایی مانند مصر، لیبی و عربستان سعودی از آب‌های زیرزمینی فسیلی در کشاورزی استفاده شده است به طور کلی بر اساس چنین تجربیات قبلی، توصیه می‌شود که از آب‌های زیرزمینی فسیلی در کشاورزی استفاده نشود، مگر اینکه برنامه تحولی قوی برای استفاده از آن وجود داشته باشد. نکته بسیار مهم این است که در تمامی محاسبات ذخایر آب‌زیرزمینی، حاشیه‌های عمده‌ای از خطا وجود دارد. از آنجایی که آب‌های زیرزمینی یک دارایی استراتژیک برای نسل‌های آینده است، مهم است که اشتباه را به حد اقل رساند و مقادیر برآوردی را به میزان قابل توجهی کاهش داد. با مطالعه بیلان منابع آب، توان آبخوان در یک محدوده مطالعاتی قابل محاسبه است. مطالعات بیلان در یک آبخوان به منظور مدیریت منابع آب‌سطحی و زیرزمینی (Peranginangin et al., 2004) و محاسبات پیش بینی دبی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ruud et al., 2004; Stephanie et al., 2010). بیلان منابع آب، مبنای مناسبی را فراهم می‌آورد و می‌تواند منجر به کاهش خسارات ناشی از افت سطح آب‌زیرزمینی شود.

مبانی محاسبات آب‌زیرزمینی قابل برنامه‌ریزی در ایران

در ایران، آب قابل برنامه‌ریزی سطحی و زیرزمینی در سال ۱۳۹۳ توسط وزارت نیرو تعیین شد و در سال ۱۳۹۹ مورد بازنگری قرار گرفت. بر اساس مصوبات شورای عالی آب، وزارت نیرو موظف است به منظور احیاء و تعادل بخشی منابع آب‌زیرزمینی، حداکثر تا ۷۵ درصد منابع آب‌زیرزمینی تجدیدپذیر و آب برگشتی را به تفکیک مصارف شرب، صنعت، کشاورزی و فضای سبز در هر یک از ۶۰۹ محدوده مطالعاتی تعیین و به دستگاههای اجرایی ذیربط اعلام نماید تا علاوه بر جلوگیری از برداشت بیشتر از ذخایر استاتیک، ظرف مدت بیست سال، سطح آب‌زیرزمینی به سطح ایستابی اولیه برسد. به طور کلی اهداف آب قابل برنامه‌ریزی عبارت است از:

- تعادل بخشی و احیا آب‌زیرزمینی
- اتخاذ رویه یکنواخت و قانون‌مند با توجه به بیلان منابع و مصارف آب، حجم آب تجدید پذیر، کسری

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.6.2]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1010692]

مخزن و برداشت‌های فعلی، به منظور کاهش برداشت از چاه‌های با مصرف کشاورزی

در خصوص منابع آب‌زیرزمینی، محاسبه آب قابل برنامه‌ریزی، مبتنی بر مؤلفه‌های منابع و مصارف در محدوده آبخوان‌های آبرفتی است. پیش نیازهای مهم برآورد آب قابل برنامه‌ریزی در هر محدوده مطالعاتی عبارتند از: نتایج آماربرداری از منابع و مصارف و محاسبه مولفه‌های بیلان منابع آب. در حال حاضر، فرمول محاسبه آب قابل برنامه ریزی در کشور به شرح ذیل است:

$$Vaw = (Re + Ww - NDi) * f \qquad (۱)$$

که در آن Vaw حجم آب قابل برنامه ریزی است، Re تغذیه یا حجم مولفه‌های ورودی آبخوان است که شامل پارامترهای نفوذ از بارش، نفوذ از رواناب، نفوذ از مصارف کشاورزی و ورودی‌های زیرزمینی از ارتفاعات مشرف به آبخوان و از محدوده‌های مطالعاتی مجاور است، Ww حجم نفوذ از پساب‌های مصارف شرب و صنعت است، NDi تخلیه طبیعی شامل تخلیه چشمه‌ها و قنوات، زهکشی زیرزمینی، خروج آب‌زیرزمینی به محدوده‌های مجاور و تبخیر از آبخوان آبرفتی می‌باشد و پارامتر f نیز ضریب تعدیل نام دارد که در ادامه توضیح داده می شود. مهم‌ترین مبانی مرتبط با محاسبات آب قابل برنامه‌ریزی که در سال ۱۳۹۳ ابلاغ شد، به شرح ذیل تعریف شده است:

۱ـ مبنای آمار و اطلاعات منابع و مصارف و آب تجدیدشونده، نتایج بیلان ۶۰۹ محدوده مطالعاتی منتهی به سال آبی ۸۵ـ۸۴ دفتر مطالعات پایه منابع آب است ولی حجم آب مصرفی برای شرب و صنعت و فضای سبز بر مبنای گزارش‌های مطالعات پایه منابع آب بیلان‌های دردست تهیه منتهی به سال آبی ۹۰ـ۸۹ با پیش‌بینی افزایش ۲۰ درصد مصرف شرب می‌باشد.

۲- در هریک از محدوده‌های مطالعاتی، ۴۰٪ حجم نفوذ از پساب‌های مصارف شرب و صنعت در محاسبات منظور گردیده است.

۳- باتوجه به اینکه حجم برداشت از طریق چاه‌ها و نیز حجم کسری ذخیره آبخوان در هریک از محدوده‌های مطالعاتی متفاوت است، لذا بر اساس دامنه تغییرات «درصد کسری مخزن به حجم برداشت فعلی از چاه‌ها»، ضرایب تعدیلی(فاکتور f در رابطه ۱) در محدوده‌های مطالعاتی در نظر گرفته شده است(جدول ۱). دامنه ضرایب تغییرات در محدوده‌های مطالعاتی به گونه ای تنظیم شده است که در سطح کل کشور، سقف حداکثر ۷۵ درصد آب تجدیدشونده برای برنامه ریزی آب حفظ گردد.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.6.2]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1010692]

جدول۱- تعیین ضریب تعدیل بر اساس نسبت کسری مخزن آبخوان آبرفتی به برداشت فعلی از چاه‌ها

Table 1. Determining the adjustment factor based on the ratio of the deficit of the alluvial aquifer to the current discharge from the wells

نسبت کسری مخزن آبخوان آبرفتی به برداشت فعلی از چاه‌ها	ضریب تعدیل (درصد)
بین صفر تا ۵ درصد	97.5
بین ۵ تا ۱۰ درصد	92.5
بین ۱۰ تا ۲۰ درصد	90
بین ۲۰ تا ۳۰ درصد	85
بین ۳۰ تا ۵۰ درصد	80
بیشتر از ۵۰ درصد	75

بحث

در مورد یک دشت مانند اصفهان – برخوار، مجموع مولفه‌های ورودی، ۲۲۱ م.م.م(میلیون متر مکعب) و مجموع مولفه‌های خروجی ۵/۱ م.م.م است که تفاوت آنها حدود ۲۱۶ م.م.م است(جدول ۲). نسبت کسری مخزن آبخوان آبرفتی اصفهان–برخوار به برداشت فعلی چاهها حدود ۱۶/۹ درصد می‌باشد و براساس جدول ۱ ضریب تعدیل f حدود ۹۰ دردصد یا ۰/۹ خواهد بود. پس از اعمال ضریب تعدیل، حجم آب قابل برنامه‌ریزی ۱۹۴/۷۲۱ م.م.م شده است که حجم ۱۶۱ م.م.م آن، آب قابل برنامه ریزی برای کشاورزی از طریق چاه‌ها است. مهتمرین نکته در این رابطه، توجه به پارامترهای ورودی، به ویژه، نفوذ از مصارف کشاورزی است. در مورد دشت اصفهان–برخوار، حجم مصارف کشاورزی ۴۱۵/۹ م.م.م است که حدود ۱۱۷/۷ م.م.م آن به آبخوان آبرفتی باز می‌گردد. به این ترتیب، ضریب بازگشت از مصارف کشاورزی حدود ۲۸ درصد است. همانطور که گفته شد، پس از انجام محاسبات، حجم آب قابل برنامه‌ریزی برای کشاورزی حدود ۱۶۱ م.م.م برآورد شده است و این در تناقض آشکار با مولفه ورودی نفوذ از بخش کشاورزی است. اگر طبق محاسبات فرمول فوق الذکر و تأیید شده وزرات نیرو، حجم مصارف چاه‌های کشاورزی از ۴۱۵/۹ م.م.م به ۱۶۱ م.م.م کاهش پیدا کند با احتساب ضریب بازگشت ۲۸ درصد، حجم مولفه ورودی از بازگشت ناشی از مصارف کشاورزی حدود ۷۲ م.م.م کاهش پیدا می‌کند و به ۴۵/۰۸ م.م.م خواهد رسید؛ مگر اینکه ضریب بازگشت به ۷۲ درصد افزایش یابد که امری محال است. به این ترتیب، این دور باطل ادامه خواهد داشت.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.6.2]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1010692]

جدول ۲- مولفه‌های ورودی و خروجی ابخوان اصفهان –برخوار
Table 2- Input and output components of Isfahan-Barkhar aquifer

مولفه‌های ورودی (م.م.م)		مولفه‌های خروجی (م.م.م)	
نفوذ از بارش	16.8	تخلیه چشمه‌ها و قنوات	0.8
نفوذ از ارتفاعات	6.1	آب‌زیرزمینی انتقالی	0
÷نفوذ از مصارف کشاورزی	117.7	زهکشی آبخوان آبرفتی	0
۴۰ درصد پساب شرب و صنعت	23.2	زهکشی ارتفاعات	0
نفوذ از سطحی	55.7	جریان زیرزمینی خروجی	2.2
جریان ورودی زیرزمینی از محدوده های مجاور	1.6	تبخیر آب‌زیرزمینی	2.1
مجموع	221.1	مجموع	5.1

از آنجا حجم آب بازگشتی ازکشاورزی، شرب و صنعت تابع حجم آب قابل مصرف در این حوزه‌ها- بر اساس برنامه‌ریزی- است، لذا منطقی است که نخست، حجم آب قابل مصرف بر اساس منابع تجدیدپذیر تعیین و سپس حجم بازگشت آنها محاسبه و به آب قابل مصرف اضافه گردد. به بیان ساده تر، استفاده از حجم بازگشت آب مصارف به آبخوان بر اساس بیلان ناشی از آماربرداری درست نیست و تنها باید از ضرایب بازگشت منتج شده از بیلان، برای برآورد حجم بازگشت آب قابل مصرف محاسبه شده بر اساس مولفه‌های تجدید پذیر طبیعی (مولفه‌های ورودی و خروجی طبیعی) استفاده شود. بر همین اساس، نویسندگان برای جبران این نقص در محاسبه آب‌زیرزمینی قابل برنامه‌ریزی، روشی را پیشنهاد نمودند که در ادامه توضیح داده شده است.

پیشنهاد و اصلاح فرمول

ابتدا، بایستی توان آبخوان فقط بر اساس مولفه‌های طبیعی محاسبه شود یعنی بازگشت ناشی از مصارف شرب، صنعت و کشاورزی از پارامترهای ورودی حذف گردد. آب در دسترس برای مصرف با فرمول ذیل محاسبه می‌شود:

$$Wa = NRe - NDi \quad (۲)$$

Wa، آب قابل مصرف است. NRe، مولفه‌های ورودی طبیعی است که شامل پارامترهای نفوذ از بارش، نفوذ از رواناب، ورودیهای زیرزمینی از ارتفاعات مشرف به آبخوان و از محدوده‌های مطالعاتی مجاور است(البته در صورت مصرف آب از سایر منابع نظیر آبهای انتقالی از محدوده‌های مجاور و مصرف آب‌سطحی، باید بازگشت آن به آبخوان در نظر گرفته شود) و NDi، مولفه‌های خروجی طبیعی است که شامل تخلیه از چشمه‌ها و قنوات، زهکشی زیرزمینی، خروج آب‌زیرزمینی به محدوده‌های مجاور و تبخیر از آبخوان آبرفتی است. از آنجا که تقریباً تمام آبخوان‌های آبرفتی کشور دچار افت شده‌اند و کسری مخزن جدی دارند، می‌بایست حجم میانگین سالیانه کسری مخزن را از آب قابل مصرف کم نمود تا بتوان در آینده، سطح آب در آبخوان‌ها را به شرایط اولیه بازگرداند و کسری مخزن را به تدریج جبران نمود.

$$Wab = Wa - rd \quad (۳)$$

Wab ، حجم آب در دسترس برای مصرف پس از کم نمودن کسری مخزن میانگین سالیانه و rd، کسری مخزن میانگین

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.6.2]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1010692]

سالیانه است. آب مورد نیاز شرب و صنعت در آماربرداری مشخص است و حجم آن باید از آب در دسترس برای مصرف کم شود تا حجم آب قابل مصرف در بخش کشاورزی به دست آید:

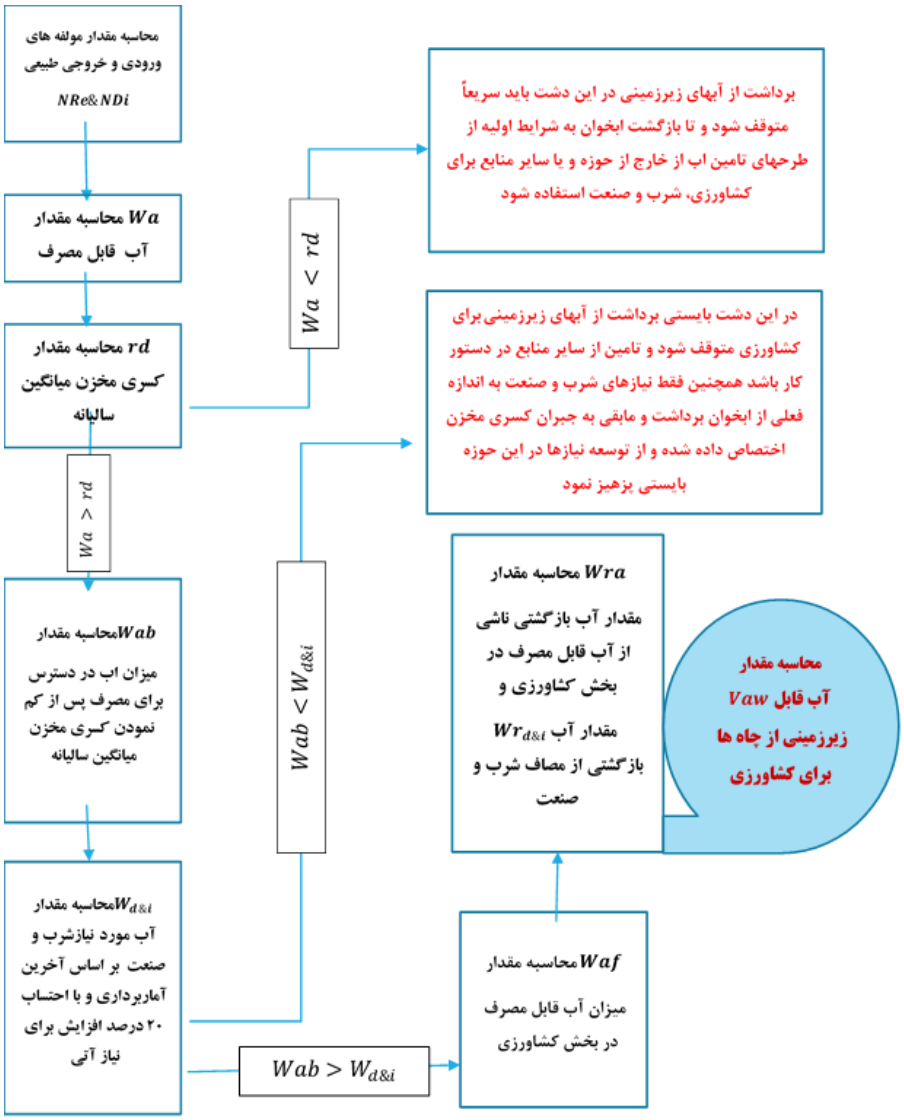
$$Waf = Wab - W_{d\&i} \quad (۴)$$

Waf ، حجم آب قابل مصرف در بخش کشاورزی است و $W_{d\&i}$ ، آب مورد نیاز شرب و صنعت بر اساس آخرین آماربرداری و با احتساب ۲۰ درصد افزایش برای نیاز آتی در نظر گرفته می‌شود. اکنون که مقادیر مصرف در بخشهای کشاورزی، شرب و صنعت مشخص است، می‌توان مقادیر بازگشت در این بخش‌ها را بر اساس ضرایب بازگشتی در محاسبات بیلان برآورد نمود و به آب قابل مصرف در بخش کشاورزی افزود تا آب‌زیرزمینی قابل برنامه‌ریزی از طریق چاه‌ها به دست آید.

$$Vaw = Waf + Wra + Wr_{d\&i} \quad (۵)$$

Vaw ، آب‌زیرزمینی قابل برنامه‌ریزی از چاه‌ها برای کشاورزی، Wra ، حجم آب بازگشتی ناشی از آب قابل مصرف در بخش کشاورزی، و $Wr_{d\&i}$ ، حجم آب بازگشتی از مصاف شرب و صنعت بر اساس آخرین آماربرداری و با احتساب ۲۰ درصد افزایش برای نیاز آتی است. در طی هریک از مراحل محاسبه آب قابل برنامه‌ریزی، ممکن شرایط متفاوتی حاکم شود؛ به عبارت ساده‌تر، حجم آب در دسترس برای مصرف پس از کم نمودن کسری مخزن، ممکن است برای مصارف شرب و صنعت و یا کشاورزی کافی نباشد. مراحل محاسبه در شکل ۱ ارایه شده است.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.6.2]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1010692]



شکل ۱. فلوچارت کاربردی برای روش پیشنهادی محاسبه آب‌زیرزمینی قابل برنامه ریزی

Fig. 1. Application flowchart for the proposed allocable groundwater calculation method

برای درک بهتر روش پیشنهادی، در دشتهای ساوه و شازند که جزو محدوده مطالعاتی استان مرکزی هستند، محاسبات آب‌زیرزمینی قابل برنامه‌ریزی بر اساس فلوچارت پیشنهادی انجام و با روش قبلی مقایسه گرید.

در دشت ساوه، مولفه‌های وروردی و خروجی طبیعی به شرح جدول ۳ است؛ یعنی دردشت ساوه ۲۲۰ م.م.م مجموع مولفه‌های ووردی طبیعی و حدود ۲۴ م.م.م مجموع مولفه‌های خروجی طبیعی است. و حجم آب قابل مصرف(Wa) برابر با تفاضل این دو یعنی۰۴/ ۱۹۸ م.م.م است.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.6.2]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1010692]

جدول ۳- مولفه‌های ورودی و خروجی ابخوان ساوه
Table 3- input and output components of Saveh aquifer

مولفه خروجی طبیعی (م.م.م)		مولفه ورودی طبیعی (م.م.م)	
تخلیه چشمه در آبخوان	0.04	نفوذ از بارش درون دشت	26.01
تخلیه قنوات	1.14	بازگشت ناشی از آب های انتقالی و مصارف سطحی به درون آبخوان	25.6
زهکش ابخوان	0	نفوذ از سطحی	48.29
زهکش ارتفاعات	0		
تبخیر از آب‌زیرزمینی	0	جریان ورودی زیرزمینی جانبی و ورودی از محدوده های مجاور	122.13
جریان خروجی زیزمینی و انتقالی	22.81		
مجموع	23.99	مجموع	222.03

با توجه به اینکه کسری مخزن میانگین سالیانه(rd) دشت ساوه بر اساس آخرین گزارش بیلان دریاچه نمک حدود ۱۰۱/۲۲ م.م.م است، حجم آب در دسترس برای مصرف پس از کم نمودن کسری مخزن میانگین سالیانه(Wab)، ۹۶/۸۴ م.م.م است. حجم آب مورد نیاز شرب و صنعت با احتساب ۲۰ درصد افزایش نیاز آتی($W_{d\&i}$) در این محدوده، حدود ۵۲/۵ م.م.م است. لذا، بر اساس فلوچارت پیشنهادی نویسندگان در شکل ۱، حجم آب قابل مصرف در بخش کشاورزی(Waf)، برابر ۴۴/۲۲ م.م.م است. حجم آب بازگشتی از مصارف کشاورزی (Wra) بر اساس ضریب بازگشت ۳۲ درصد، حدود ۱۴/۱۵ م.م.م و حجم آب بازگشتی از مصارف شرب و صنعت($Wr_{d\&i}$)، بر اساس ضریب بازگشت ۷۵ درصد، حدود ۱۵/۷۷ م.م.م است. با افزودن مقادیر آب بازگشتی به حجم آب قابل مصرف در بخش کشاورزی، حجم آب‌زیرزمینی قابل برنامه ریزی از چاه‌ها برای کشاورزی به دست می‌آید که حجم آن ۷۴/۱۵ م.م.م است.

در دشت شازند نیز مولفه‌های وروردی و خروجی طبیعی به شرح جدول ۴ است. یعنی دردشت شازند ۱۵۰/۳۵ م.م.م مجموع مولفه‌های ووردی طبیعی و حدود ۴۸/۷۴ م.م.م مجموع مولفه‌های خروجی طبیعی است.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.6.2]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1010692]

جدول ۴- مولفه‌های ورودی و خروجی ابخوان شازند

Table 4- input and output components of Shazand aquifer

مولفه خروجی طبیعی (م.م.م)		مولفه ورودی طبیعی (م.م.م)	
تخلیه چشمه در آبخوان	8.6	نفوذ از بارش درون دشت	22.21
تخلیه قنوات	17.3	بازگشت ناشی از آب‌های انتقالی به درون آبخوان	0
زهکش آبخوان	0	نفوذ از سطحی	48.29
زهکش ارتفاعات	0		
تبخیر از آب‌زیرزمینی	0	جریان ورودی زیرزمینی از محدوده‌های مجاور	79.85
جریان خروجی زیزمینی و انتقالی	22.81		
مجموع	48.74	مجموع	150.35

کلیه مراحل محاسبات آب قابل برنامه ریزی دشت شازند با روش پیشنهادی نویسندگان در جدول ۵ نشان داده شده است و بر اساس آن، حجم آب‌زیرزمینی قابل برنامه‌ریزی از طریق چاه‌ها برای کشاورزی حدود ۹۰ م.م.م است؛ در حالی‌که بر اساس روش وزارت نیرو در محدوده مطالعاتی شازند، حجم آب قابل برنامه ریزی حدود ۱۸۶/۱۶ م.م.م محاسبه شده است که از این مقدار، حدود ۱۵۵/۴۷ م.م.م آب قابل برنامه‌ریزی برای کشاورزی از طریق چاه‌ها است. در محدوده مطالعاتی ساوه نیز حجم آب قابل برنامه‌ریزی بر اساس روش وزارت نیرو حدود ۳۰۵/۲۴ م.م.م است که حدود ۲۵۴/۸۲ م.م.م آب قابل برنامه‌ریزی برای کشاورزی از طریق چاه‌ها می باشد؛ در حالیکه بر اساس روش پیشنهادی نویسندگان، حجم آب قابل برنامه‌ریزی برای چاه‌ها حدود ۷۴/۱۵ م.م.م برآورد شده است.

جدول ۵- مراحل محاسبات آب قابل برنامه ریزی دشت شازند

Table 5- steps of allocable water calculations in Shazand aquifer

فرایند محاسبات مطابق فلوچارت پیشنهادی		
101.61	$Wa = NRe - NDi$	
100.43	$Wab = Wa - rd$	
39.252	$W_{d\&i}$	$Waf = Wab - W_{d\&i}$
61.178	Waf	
11.7756	$Wr_{d\&i}$	
17.12984	Wra	
90.08344	$Vaw = Waf + Wra + Wr_{d\&i}$	

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.6.2]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1010692]

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.6.2]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1010692]

نتیجه گیری

تحقیق حاضر، پارامترهای ورودی (تغذیه آبخوان) به ویژه نفوذ از مصارف کشاورزی در محاسبه آب‌زیرزمینی قابل برنامه‌ریزی از طریق چاه‌ها برای کشاورزی را مورد بررسی قرار داده است. نتایج نشان دادند که این مولفه ورودی در محاسبات، سبب ایجاد خطای فاحش در محاسبه آب قابل برنامه‌ریزی می‌شود. احتساب آب برگشتی کشاورزی در مولفه‌های ورودی آبخوان سبب می‌شود که حجم آب قابل برنامه‌ریزی به طرز معناداری زیاد محاسبه شود و یک تناقض آشکار بین آب قابل برنامه‌ریزی محاسبه شده و آب برگشتی کشاورزی- در مصارف فعلی- رخ دهد.

نتایج تحقیق نشان می‌دهد که تکیه برتوان طبیعی آبخوان و احتساب مولفه‌های ورودی و خروجی طبیعی برای محاسبه آب قابل برنامه‌ریزی منطق حاکم بر در اختیار قرارداشتن مقادیر بازگشت از آب مصرف شده کنونی به عنوان منبع تغذیه را به چالش می‌کشد. در واقع، برای محاسبه آب‌زیرزمینی قابل برنامه‌ریزی از طریق تخلیه چاه‌های بهره‌برداری، لازم است حجم آب برگشتی از مصارف مختلف در انتهای فرآیند محاسبه وارد فرمول گردد نه به عنوان یک پارامتر اثرگذار در محاسبه اولیه و به عنوان پارامتر ورودی به آبخوان. بنابراین، از نظر نویسندگان آب قابل استحصال از چاه‌ها بایستی بر اساس مولفه‌های ورود و خروج طبیعی آبخوان محاسبه گردد و آب قابل برنامه‌ریزی حاصل جمع آب قابل استحصال از چاه‌ها با احتساب کسری مخزن و آب برگشتی در انتهای محاسبات است.

به عنوان نمونه، حجم آب‌زیرزمینی قابل برنامه‌ریزی از طریق چاه‌ها برای کشاورزی در محدوده‌های مطالعاتی شازند و ساوه بر مبنای روش پیشنهادی نویسندگان بترتیب حدود ۹۰ م.م.م و ۷۴/۱۵ م.م.م است در حالیکه بر مبنای روش فعلی حجم آن بترتیب ۱۵۵/۴۷ م.م.م و ۲۵۴/۸۲ م.م.م محاسبه شده است.

نویسندگان پیشنهاد می‌کنند که آب قابل برنامه‌ریزی کشاورزی و سایر مصارف به روش جدید برای آبخوان‌های کشور محاسبه شده و با مقادیر آب قابل برنامه ریزی محاسبه شده فعلی مقایسه گردد. از آنجائیکه آب قابل برنامه‌ریزی کشاورزی پایه تهیه برنامه عملیاتی دشتها و آبخوان‌های کشور بوده و ضرایب تعدیل پروانه‌های بهره‌برداری براساس آب قابل برنامه‌ریزی تعریف می‌شود، تعیین صحیح آب قابل برنامه‌ریزی نقش بسزایی در مدیریت منابع آب کشور دارد، از طرفی ایجاد مقررات جدید در بهره‌برداری از چاه‌ها و تغییر مکرر پروانه بهره‌برداری چاه‌ها سبب ایجاد نارضایتی در بهره‌برداران و عدم اعتماد به حاکمیت نزد آنها می‌گردد. لذا لازم است که آب قابل برنامه‌ریزی به شکل صحیح و اصولی و با نگرش به جبران کسری مخزن سفره‌های آب‌زیرزمینی مورد بازبینی قرار بگیرد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان قدردان همکاری خانم موسوی‌پور رییس گروه تلفیق و بیلان مطالعات پایه منابع آب، آب منطقه ای اصفهان و کارشناسان مربوطه هستند.

References

Bredehoeft, J. (1997). Safe yield and the water budget myth. Editorial. Ground Water, 35(6), 929-930. doi:10.1111/j.1745-6584. 1997.tb00162.x

Custodio, E. (2002). Aquifer overexploitation: what does it mean? Hydrogeology J, 10,254–277. doi:10.1007/s10040-002-0188-6

Hancock, PJ., Boulton, AJ., Humphreys, WF. (2005). Aquifers and hyporheic zones: towards an ecological understanding of groundwater. Hydrogeology J, 13,98–111. doi:10.1007/s10040-004-0421-6

Konikow, LF., Kendy, E. (2005). Groundwater depletion: a global problem. Hydrogeology J, 13,317–320. doi:10.1007/s10040-004-0411-8

Stephanie, K., Kamp, F., Burges, S.J. (2010). Quantifying the water balance in a planar hill slope plot: effects of measurement errors on flow prediction. Journal of Hydrology, 380, 191 –202.

Murray, BR., Zeppel, MJB., Hose, GC., Eamus, D. (2003). Groundwater-dependent ecosystems in Australia: it's more than just water for rivers. Ecol Manage Restoration 4(2),110–113.

Sophocleous, MA. (1997). Managing water resource systems: why safe yield is not sustainable. Ground Water 35(4),561. doi:10.1111/j.1745-6584. 1997.tb00116.x

Todd, D.K. (1959). Ground water hydrology. John Wiley, New York, 321p.

Lee , CH. (1915). The determination of safe yield of underground reservoirs of the closed-basin type. Trans Am Soc Civ Eng 78, 148–151.

Domenico, PA. (1972). Concepts and Models in Groundwater Hydrology. McGraw-Hill Book Co., New York, 405p.

Ruud, N., Harter, T., Naugle, A. (2004). Estimation of groundwater pumping as closure to the water balance of a semi -arid, irrigated agricultural basin. Journal of Hydrology 297,51 -73.

Peranginangin, N., Sakthivadivel, R., Scott, NR., Kendy E., Steenhuis TS. (2004). Water accounting for conjunctive groundwater/surface water management: case of the Singkarak - Ombilin River basin, Indonesia. Journal of Hydrology, 292, 1 -22.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.6.2]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1010692]