

Assessment of Water Resources, Consumption, and Water Balance in the Namak Lake Basin

Jahangir Abedi-Koupai^{1*} , Shahab Banitaba¹, Mohammad Mahdi Dorafshan³ 

¹ Department of Water Science and Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

² Department of Civil Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 03 August 2024

Revised 12 October 2024

Accepted: 21 October 2024

Published online 29 March 2025

Keywords:

Water Resources Balance

Groundwater Overexploitation

Sustainable Water

Management

ABSTRACT

Objective: The primary objective of this research is to calculate the water balance and evaluate the water potential of the region. This is essential for achieving the conservation and optimal exploitation of the country's water resources to meet future demands. Specifically, this study aims to calculate the water balance for the statistical year 2017–2018 (1396-1397) across three study areas: Kashan, Muteh, and Golpayegan, and to compare the computed water deficit with the latest official report confirmed by the Isfahan Regional Water Company.

Materials and Methods: The water balance was calculated in this research for the statistical year 2017–2018 (1396-1397) across the Kashan, Muteh, and Golpayegan areas. This was achieved by analyzing the water resources (surface and groundwater) and consumption, with a particular focus on the agricultural sector. Subsequently, the resulting balance deficit for all three areas was compared with the latest official report from the Isfahan Regional Water Company.

Results and Discussion: The results of the water balance analysis in the study areas demonstrate that: 1) The most significant surface resources, including river flow, among the three areas, are related to Golpayegan; 2) In all three areas, the agricultural sector holds the largest share of consumption and is considered the primary consumer of groundwater; 3) The highest groundwater discharge occurred in the Golpayegan area, and this factor caused the greatest balance deficit in this area; and 4) The computed water balance deficits for the statistical year 2017–2018 in Kashan, Muteh, and Golpayegan are -30, -0.61, and -40 million cubic meters (MCM), respectively.

Conclusion: Based on the significant negative balance deficit observed across all three areas, particularly Golpayegan, the immediate limitation of groundwater resources exploitation in these regions is necessary. Furthermore, for the optimal utilization of the region's surface potential, especially in Golpayegan, the establishment and commissioning of new hydrometric stations are recommended.

*Corresponding author, Email: koupai@cc.iut.ac.ir

Cite this article: Abedi Koupai, J., Banitaba, S., & Dorafshan, M. (2025). Assessment of Water Resources, Consumption, and Water Balance in the Isfahan Administrative Section of the Namak Lake Basin. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*. <http://doi.org/10.22034/nawee.2024.471557.1101>



© The Author(s).

Publisher: Gonbad Kavous University.

DOI: <http://doi.org/10.22034/nawee.2024.471557.1101>



ارزیابی منابع، مصارف و بیلان آب در حوضه آبریز دریاچه نمک

جهانگیر عابدی کوپایی^{۱*}، شهاب بنی طباطبائی^۲، محمد مهدی درافشان^۲

^۱ گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

^۲ گروه آب و محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

هدف: هدف اصلی این پژوهش، محاسبه بیلان منابع آب و ارزیابی پتانسیل آبی منطقه، به منظور دستیابی به حفاظت و بهره‌برداری بهینه از منابع آب کشور برای تأمین نیازهای آبی است. به طور خاص، این مطالعه به محاسبه بیلان آب برای سال آماری ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در سه محدوده مطالعاتی کاشان، مویه و گلپایگان و مقایسه کسری بیلان محاسبه‌شده با آخرین گزارش رسمی شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان پرداخته است.

مواد و روش‌ها: بیلان آب در این پژوهش برای سال آماری ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در محدوده‌های کاشان، مویه و گلپایگان محاسبه گردید. این امر با تحلیل منابع آبی (سطحی و زیرزمینی) و مصارف (با تمرکز بر بخش کشاورزی) انجام شد. در نهایت، کسری بیلان حاصل‌شده برای هر سه محدوده، با آخرین گزارش رسمی شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان مقایسه گردید.

نتایج و بحث: نتایج تحلیل بیلان آب در محدوده‌های مطالعاتی نشان می‌دهد که (۱) مهم‌ترین منابع سطحی (از جمله رودخانه) در میان این سه محدوده، مربوط به گلپایگان است، (۲) در هر سه محدوده، بخش کشاورزی بیشترین سهم را در مصارف دارد و اصلی‌ترین مصرف‌کننده آب زیرزمینی محسوب می‌شود، (۳) بیشترین تخلیه آب زیرزمینی در محدوده گلپایگان رخ داده و همین عامل، سبب ایجاد بیشترین کسری بیلان در این محدوده شده است و (۴) کسری بیلان محاسبه‌شده در سال آماری ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در سه محدوده کاشان، مویه و گلپایگان به ترتیب ۳۰-، ۶۱/۰- و ۴۰- میلیون مترمکعب بوده است.

نتیجه‌گیری: بر اساس کسری بیلان منفی و قابل توجه در هر سه محدوده (به‌ویژه گلپایگان)، محدودسازی فوری بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در این مناطق ضروری است. همچنین، برای استفاده بهینه از پتانسیل سطحی منطقه، به‌ویژه در گلپایگان، تأسیس و راه‌اندازی ایستگاه‌های هیدرومتری جدید پیشنهاد می‌شود.

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳/۰۵/۱۴۰۳

تاریخ بازنگری: ۲۱/۰۷/۱۴۰۳

تاریخ پذیرش: ۳۰/۰۷/۱۴۰۳

تاریخ انتشار: ۰۹/۱۰/۱۴۰۵

کلیدواژه‌ها:

بیلان منابع آب

برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی

مدیریت پایدار آب

* نویسنده مسئول، Email: koupai@cc.iut.ac.ir

استناد: عابدی کوپایی، ج؛ بنی طباطبائی، ش؛ و درافشان، م.م (۱۴۰۴). ارزیابی منابع، مصارف و بیلان آب در حوضه آبریز دریاچه نمک. *رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست*.

<http://doi.org/10.22034/nawee.2024.471557.1101>

© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه گنبد کاووس.



مقدمه

ارزیابی دقیق وضعیت منابع آبی هر منطقه در خصوص بهره‌برداری صحیح و توسعه منابع آب و یا ممانعت از بهره‌برداری بی‌رویه، تنها از طریق دستیابی به بیلان دقیق آن منطقه میسر است (Sherif et al., 2023; Dorafshan and Eslamian, 2023). با داشتن بیلان هر محدوده می‌توان با اتخاذ تصمیم صحیح و مدیریت بر روی منابع آب آن منطقه، علاوه بر رفع نیاز فعلی در جهت تأمین، بهبود یا توسعه شرایط موجود گام برداشت و در راستای اهداف توسعه عمرانی برای نیاز آیندگان نیز برنامه‌ریزی نمود (Ma et al., 2024).

بیلان، ترازنامه بین داشته‌ها و برداشته‌ها و در مورد منابع آب بین عوامل ورودی و عوامل خروجی آب در یک حوضه آبریز، یک محدوده مطالعاتی و یا یک آبخوان در زمان معین است (Gharari et al., 2024; Guyasa et al., 2024). عوامل ورودی و خروجی آب باید به دقت مدل‌سازی شوند؛ به عنوان مثال، مؤلفه‌های جریان سطحی به روش‌هایی چون زنجیره مارکوف (Dorafshan et al., 2025a) و معیارهای پایداری (Dorafshan et al., 2025b) و یا تبخیر و تعرق مرجع با مدل‌های سری زمانی (Abedi-Koupai et al., 2022) برآورد می‌گردند. بیلان آبی بیانگر پتانسیل‌های آبی یک منطقه است و هدف از مدل نمودن بیلان آبی، پیش‌بینی رفتار آینده بر اساس داده‌های تاریخی است که این مطالعه زیربنای تمامی طرح‌های هیدرولوژیک است (Yi et al., 2024).

در بیلان باید موازنه بین عوامل ورودی و خروجی برقرار گردد. در محدوده یا آبخوان‌هایی که مجموع حجم آب‌های ورودی با مجموع حجم آب‌های خروجی تقریباً یکسان است، بیلان حالت تعادل را نشان می‌دهد. ولی چنانچه تعادل بین این دو گروه موجود نباشد و مجموع حجم عوامل خروجی (که برداشت آب برای مصارف، مهم‌ترین آن است) بیش از حجم عوامل ورودی باشد، بیلان آب متعادل نبوده و اضافه برداشت از ذخایر ثابت آب به کمک عوامل ورودی می‌آید تا موازنه برقرار گردد؛ در این حالت بیلان را منفی می‌نامند. با برقراری بیلان، وضعیت پتانسیل آب در یک محدوده مطالعاتی یا آبخوان معلوم می‌شود و بر اساس نتایج آن می‌توان امکان توسعه بهره‌برداری از منابع آب را برآورد نمود و همچنین در محدوده‌های دارای بیلان منفی، چگونگی کنترل اضافه برداشت و تحلیل ریسک را بررسی کرد (Moeini et al., 2024; Bassi and Chaturvedi, 2024; Dorafshan et al., 2025c).

پتانسیل یا توانایی منابع آب در یک محدوده مطالعاتی یا آبخوان با برقراری بیلان در یک سال در حالت متوسط و بر اساس اطلاعات طولانی‌مدت میسر می‌شود، به عبارت دیگر با توجه به هدف (دستیابی به پتانسیل آب در یک محدوده یا آبخوان) بایستی بیلان برای یک سال با وضعیت متوسط محاسبه گردد. برخی از عوامل بیلان آب مستقیماً قابل اندازه‌گیری و محاسبه است. برخی عوامل با توجه به معلوم بودن عوامل دیگر و اطلاعات موجود از شرایط هیدرولوژی و هیدروژئولوژیک محدوده یا آبخوان تنها برآورد می‌شود. دانش مربوط به مطالعات بیلان منابع آب و اجزای مرتبط با آن می‌تواند تعاملات بین مؤلفه‌های منابع آب برای ارزیابی ارتباطات بین اجزا را بررسی نماید. حاصل این کار، پیش‌بینی روند فعلی و آینده منابع آب است (بیاتی، ۱۳۹۶). همچنین با استفاده از روابط بین اجزای منابع آب می‌توان ارتباطات بین انسان و پایداری منابع آب در محیط زیست را استخراج نمود که در مدیریت منابع آب بسیار مؤثر خواهد بود (Sokolov & Chapman, 1974; Boughton, 2005; Anderson et al., 2006; Healy et al., 2007). این رویکرد، در تحلیل‌های پیشرفته، تأثیر تغییر اقلیم بر کمیت و کیفیت منابع آب سطحی را نیز در بر می‌گیرد (Dorafshan et al., 2024).

در زمینه بیلان منابع آب تحقیقات گسترده‌ای در سراسر دنیا (Seneviratne et al., 2002; Jothiprakash, 2003; Mekonnen, 2005; Trask et al., 2017; Molla et al., 2019; Gebru & Tesfahunegn, 2020; Desai et al., 2021; Bettencourt et al., 2022; Balcha et al., 2023) و ایران (کتاجی و همکاران ۱۴۰۰، معصومی و همکاران ۱۴۰۱، رحیم زاده و همکاران ۱۴۰۱، علوی نیا و همکاران ۱۴۰۱، حاجی تلخایی و همکاران ۱۴۰۲، سلطانی و همکاران ۱۴۰۳ و غضنفرپور و مردانی ۱۴۰۳) انجام گرفته است. با توجه به اینکه بیلان آبی بیانگر پتانسیل‌های آبی یک منطقه است، لذا هدف از این پژوهش بررسی

منابع، مصارف و بیلان آب در حوضچه دریاچه نمک (برش استان اصفهان) در سه محدوده مطالعاتی کاشان، موته و گلپایگان در سال ۱۳۹۶-۱۳۹۷ است. همچنین میزان کسری بیلان مشخص شده و با آخرین گزارش بیلان مربوط به این سه محدوده که در شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان تأیید شده است، مقایسه گردیده است. در واقع نوآوری این پژوهش این است که بیلان‌هایی که توسط شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان محاسبه می‌شود، هر پنج سال یکبار و با استفاده از متوسط داده‌های مورد نیاز در طول پنج سال است که در این پژوهش به صورت اختصاصی، بیلان در دوره یک‌ساله (۱۳۹۶-۱۳۹۷) انجام شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

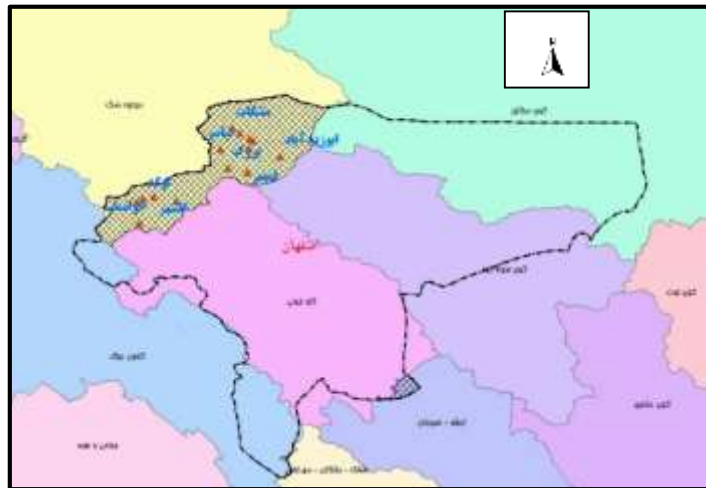
حوضه آبریز دریاچه نمک یکی از حوضه‌های بسته ایران است که در تقسیم‌بندی حوضه‌های آبریز ایران، حوضه فرعی به-شمار می‌رود و زیرمجموعه حوضه آبریز فلات مرکزی است. حوضه دریاچه نمک از شمال به البرز، از غرب به زاگرس، از جنوب به کوه کرکس و از شرق به دشت کویر محدود می‌شود. حوضه آبریز دریاچه نمک به زیرحوضه‌های به شرح جدول ۱ تقسیم می‌شود. همان‌گونه که در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است حوضه آبریز دریاچه نمک با وسعت ۹۲۸۸۴ کیلومترمربع در شمال غرب قسمت مرکزی ایران قرار گرفته و استان‌های مانند استان تهران و قسمتی از استان‌های زنجان، همدان، مرکزی، قم، قزوین و اصفهان را درمی‌گیرد. بیش از ۳۰ درصد جمعیت کل کشور در این حوضه آبریز قرار گرفته و وجود مراکز حساس مملکتی، اقتصادی، سیاسی، کارخانه‌ها مهم صنعتی، قطب‌های مهم کشاورزی بر اهمیت آن می‌افزاید. تغییرات درجه حرارت حوضه آبریز دریاچه نمک بین ۶۶- تا ۶۱+ درجه سانتی‌گراد است و دمای متوسط سالانه آن حدود ۵ درجه سانتی‌گراد است. میزان بارندگی در این حوضه نیز از نقطه‌ای به نقطه دیگر بین ۴۸ تا ۴۸۲ میلی‌متر در سال تغییر می‌نماید؛ درحالی‌که متوسط بارش سالانه آن حدود ۲۶۰ میلی‌متر است. با توجه به شکل ۳ مهم‌ترین رودخانه‌های این منطقه رودخانه شور، جاجرود، کرج، قره‌چای، قم رود را می‌توان نام برد. حداکثر رتبه رودخانه‌های موجود در حوضه ۱۶ است که متعلق به پایاب رودخانه‌های شور و قره‌چای است. مجموع طول آبراهه‌های موجود در این حوزه بالغ بر ۲۴۰۰۰ کیلومتر است که تراکم آبراهه‌ها حدود ۲۵۸ متر در کیلومترمربع است (مهند سین مشاور آبخوان، ۱۳۹۲). حداکثر ارتفاع ۴۳۷۵ متر در ارتفاعات البرز و پست‌ترین منطقه واقع در دریاچه نمک با ارتفاع ۷۴۹ متر از سطح دریا است.

جدول ۱- زیرحوضه‌های دریاچه نمک به تفکیک مساحت

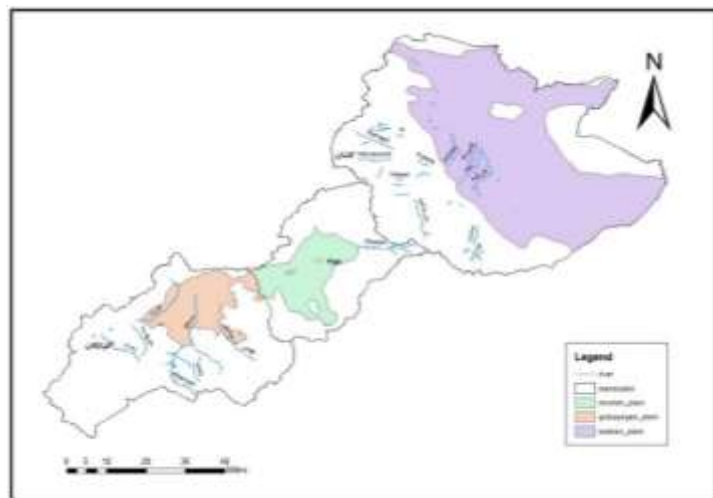
نام اختصاری زیرحوضه	مساحت (کیلومترمربع)	تعداد زیرحوضه‌ها
رود شور	۲۳۷۴۶	۸
غرب دریاچه نمک (قم رود و قره‌چای)	۴۶۸۹۱	۴
کویر کاشان	۶۹۵۰	-
شرق دریاچه نمک	۲۴۲۵	-
رودهای جاجرود و کرج	۹۰۳۷	۳
پهنه دریاچه	۱۹۰۹	-
دریاچه حوض سلطان	۱۶۰۵	-



شکل ۱- موقعیت حوضه دریاچه نمک در کشور (با رنگ سبز تیره مشخص گردیده)



شکل ۲- موقعیت حوضه دریاچه نمک در برش استان اصفهان به همراه شهرستان های موجود



شکل ۳- موقعیت و محدوده دشت و ارتفاعات سه قسمت کاشان، موته و گلپایگان

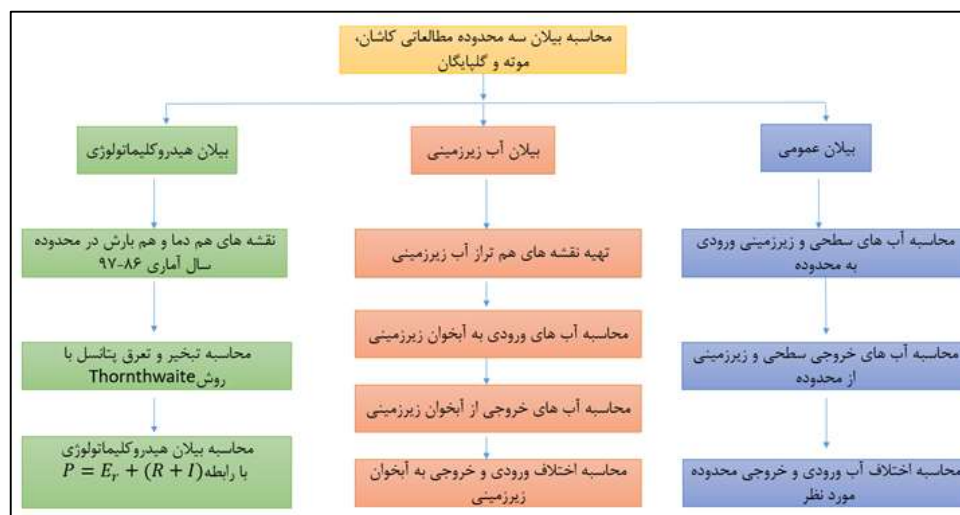
برای بررسی و مطالعه دقیق تر حوضه دریاچه نمک مطابق شکل ۳ این حوضه به سه قسمت تقسیم شده است (جدول ۲). تمامی موارد و تحقیقات در این سه بخش به صورت مجزا انجام شد و در نهایت بیلان در هر بخش محاسبه و کسری مخزن تعیین گردید.

جدول ۲- مشخصات سه محدوده مورد مطالعاتی در حوضه دریاچه نمک (مهندسین مشاور آبخوان ۲۰۱۳)

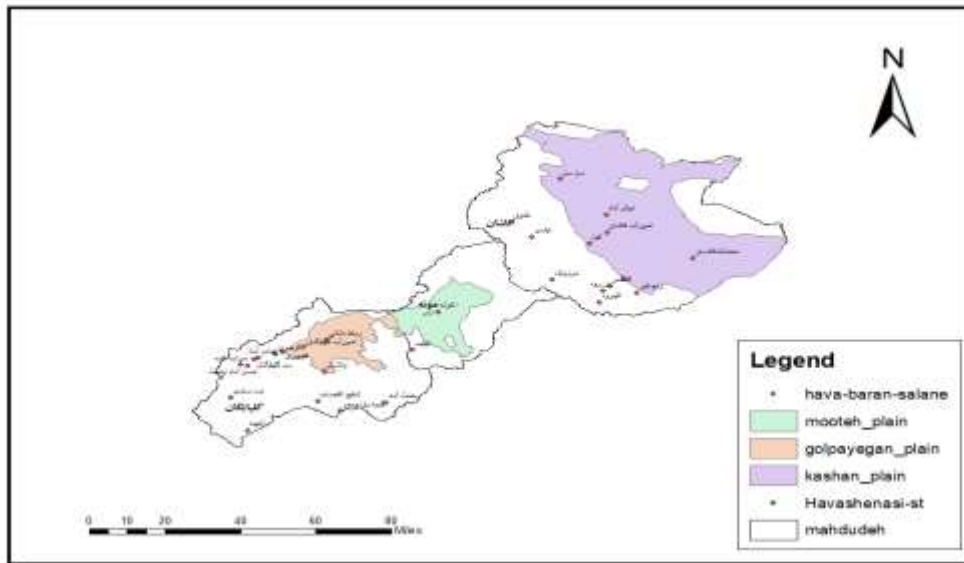
مهم ترین واحدهای مسکونی	مساحت دشت (کیلومتر مربع)	مساحت ارتفاعات (کیلومتر مربع)	حداقل ارتفاع (متر)	حداکثر ارتفاع (متر)	موقعیت نسبت به حوضه دریاچه نمک	محدوده مطالعاتی
کاشان، بیدگل، سفید شهر، ابوزید آباد، مشکات، قمصر، برزک، نیاسر، ارلن و نوش آباد	۷۵۱	۳۵۸۰	۳۷۸۰/۳۶	۳۳۹۹/۸	جنوب شرقی	کاشان
موته و دوریدان	۶۵۲/۵۸	۱۴۰۰/۸۲	۱۶۶۶	۳۴۷۵	انتهای جنوبی	موته
گلپایگان، خوانسار، گلشهر و کوگد	۶۳۰/۳۸	۲۸۷۵/۰۲	۱۶۳۷	۳۷۷۰	و انتهای جنوبی	گلپایگان

محاسبه بیلان

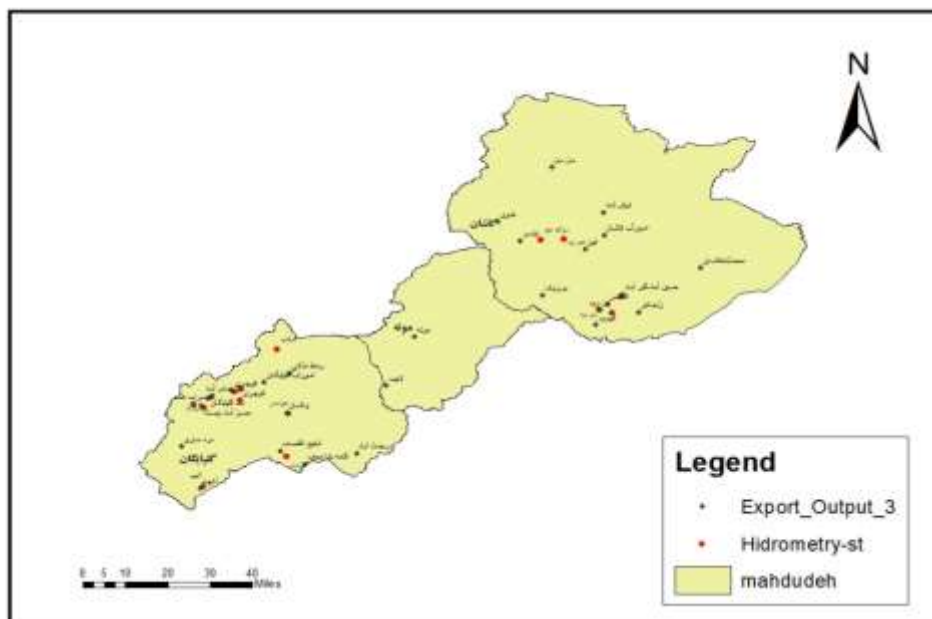
فلوچارت مورد استفاده در این پژوهش به صورت شکل ۴ است. همچنین داده‌های استفاده شده در این پژوهش عبارت‌اند از داده‌های مربوط به ایستگاه هواشناسی، ایستگاه هیدرومتری و چاه‌های پیزومتری که موقعیت آن‌ها در محدوده مورد نظر در شکل ۵، ۶ و ۷ نشان داده شده است.



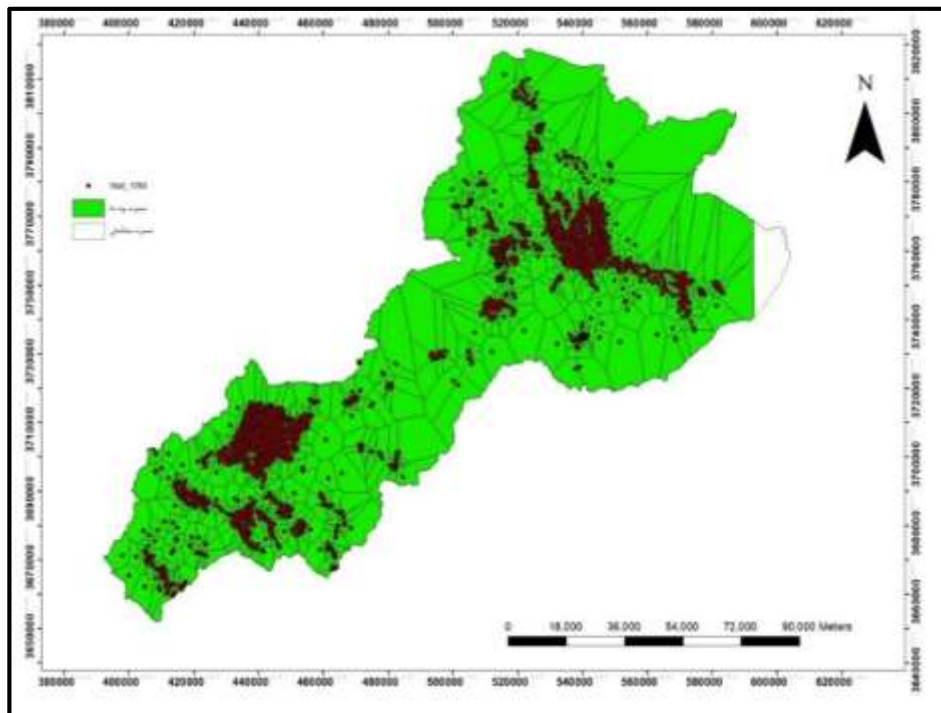
شکل ۴- فلوچارت مورد استفاده در این پژوهش



شکل ۵- موقعیت ایستگاه های هواشناسی مورد استفاده



شکل ۶- موقعیت ایستگاه های هیدرومتری مورد استفاده



شکل ۷- موقعیت چاه های پیزومتری مورد استفاده

با توجه به اینکه محاسبه بیلان بسیار پیچیده بوده و شرایط بررسی تمام عوامل به صورت مشاهده‌ای و حضور در محل نیست، برای محاسبه انواع بیلان دستورالعملی از سوی شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان صادر شده که طبق این دستورالعمل عوامل تأثیرگذار در بیلان مشخص شده و روش‌های اندازه‌گیری یا محاسبه شرح داده شده است (دفتر مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۹۰، مهندسین مشاور آبخوان، ۱۳۹۲). لذا در این پژوهش از دستورالعمل فوق برای محاسبه بیلان استفاده شده است. مؤلفه‌های اصلی بیلان آب به شرح ذیل هستند:

الف) بیلان هیدروکلیماتولوژی

بیلان هیدروکلیماتولوژی در محدوده مطالعاتی در ۳ منطقه کاشان، مته و گلپایگان به تفکیک دشت و ارتفاعات در هر منطقه بر اساس پارامترهای هواشناسی دوره شاخص ۱۳۸۶ لغایت ۱۳۹۷ محاسبه گردیده و میزان بارندگی و تبخیر و تعرق به تفکیک مشخص شده است. شایان ذکر است که بیلان هیدروکلیماتولوژی مقدمه‌ای برای محاسبه بیلان آب زیرزمینی و بیلان عمومی بوده و تنها بر اساس آمار هواشناسی ایستگاه‌های موجود در منطقه است. رابطه کلی برای محاسبه تبخیر و تعرق حقیقی و تعیین بیلان هیدروکلیماتولوژی به صورت زیر است (دفتر مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۹۰):

$$P = E_r + (R + I) \quad (1)$$

که در آن: P متوسط بارندگی سالانه، E_r تبخیر و تعرق از بارندگی (تبخیر حقیقی)، R جریان سطحی و I نفوذ از بارندگی است که مجموع این دو را بارندگی مفید می‌نامند.

ب) بیلان آب زیرزمینی آبخوان آبرفتی

بیلان آب زیرزمینی شکل ویژه‌ای از بیلان است که در آن عوامل ورودی و خروجی و تغییرات ذخیره مخزن آب زیرزمینی (آبخوان) بررسی می‌شود. برآورد این عوامل پیچیده‌تر از عوامل بیلان عمومی آب است؛ زیرا تعداد کمی از این عوامل به‌طور مستقیم قابل اندازه‌گیری و یا محاسبه هستند؛

اما به علت وجود عوامل متعدد تأثیرگذار بر بیلان آب زیرزمینی، حتی با داشتن کامل‌ترین اطلاعات موردنیاز بازهم محاسبه برخی از عوامل بیلان امکان‌پذیر نیست و یا محاسبه آن بسیار مشکل است. لذا با توجه به شرایط هیدروژئولوژیک آبخوان می‌توانند برآورد شوند. تغییرات ذخیره آبخوان بر اساس اختلاف ورودی‌ها و خروجی‌ها و از طریق نوسانات سطح آب زیرزمینی و لحاظ کردن ضریب ذخیره و مقایسه این دو، مشخص می‌شود. افزایش سطح آب زیرزمینی و یا افزایش آبدهی چشمه‌ها و قنوات بیانگر افزایش تغذیه و برعکس کاهش آبدهی قنوات و چاه‌های بهره‌برداری و افت سطح آب بیانگر افزایش تخلیه کاهش تغذیه آبخوان در یک دوره مشخص است. بهترین شرایط آبخوان تعادل بین تغذیه و تخلیه آبخوان است. بیلان آب زیرزمینی یک آبخوان طبق معادله زیر به دست می‌آید (دفتر مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۹۰):

$$(Q_{in} + Q_{is}) - (Q_w + Q_{eg} + Q_d + Q_{out}) = \Delta V \quad (2)$$

که در آن: Q_{in} جریان زیرزمینی ورودی، Q_{is} تغذیه از سطح آبخوان (که شامل نفوذ از آب‌های متفاوت شامل نفوذ از بارش بر سطح آبخوان، تغذیه از آب مصرفی کشاورزی، تغذیه از پساب آب مصرفی شرب و صنعت، تغذیه از جریان‌های سطحی یا رودخانه‌ها)، Q_w برداشت و تخلیه توسط چاه، قنات و چشمه آبرفتی، Q_{eg} تبخیر از آب زیرزمینی، Q_d زهکشی از آبخوان توسط زهکش‌های طبیعی یا احتمالاً مصنوعی، Q_{out} جریان زیرزمینی خروجی از آبخوان، ΔV تغییر ذخیره آبخوان (که این متغیر در بیلان‌های با حالت متعادل حدود صفر است و در بیلان منفی برابر اضافه برداشت از ذخیره ثابت آبخوان است که برای برقراری موازنه به کمک عوامل تغذیه می‌آید و چون اضافه بر حجم ذخیره جبران‌پذیر سالانه آبخوان بوده با علامت منفی نشان داده می‌شود).

ج) بیلان عمومی

بیلان عمومی در محدوده مطالعاتی در ۳ منطقه کاشان، مویه و گلپایگان به تفکیک محاسبه شده و تمامی ارکان سازنده بیلان به صورت مجزا محاسبه گردیده است. تفاوت اساسی میان بیلان عمومی و زیرزمینی عبارت است از وجود پارامترهایی که علاوه بر آب زیرزمینی، ورود آب‌های سطحی و یا تبخیر از آب‌های سطحی در محدوده مطالعاتی حوضه را در نظر خواهد گرفت. شایان ذکر است در این بیلان میزان بارش و تبخیر که از بیلان هیدروکلیماتولوژی محاسبه گردید بخش عمده‌ای از ورودی و خروجی‌ها را تشکیل خواهند داد. معادله کلی بیلان عمومی آب به صورت زیر است (دفتر مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۹۰):

$$(P + Q_{rin} + Q_{gin} + Q_{im} + Q_{ru}) - (Q_{er} + Q_{es} + Q_{eg} + Q_{us} + Q_{rout} + Q_{gout} + Q_{ex}) = (\Delta V_s + \Delta V_g) \quad (3)$$

که در آن: P بارندگی، Q_{rin} و Q_{im} جریان‌های سطحی ورودی و انتقالی به محدوده مطالعاتی، Q_{gin} جریان زیرزمینی ورودی، Q_{ru} آب برگشتی از مصارف، Q_{er} تبخیر و تعرق حقیقی، Q_{es} تبخیر از سطح آزاد آب، Q_{eg} تبخیر از آب زیرزمینی، Q_{us} مصارف آب، Q_{rout} جریان سطحی خروجی، Q_{gout} جریان زیرزمینی خروجی و Q_{ex} آب انتقالی از محدوده است.

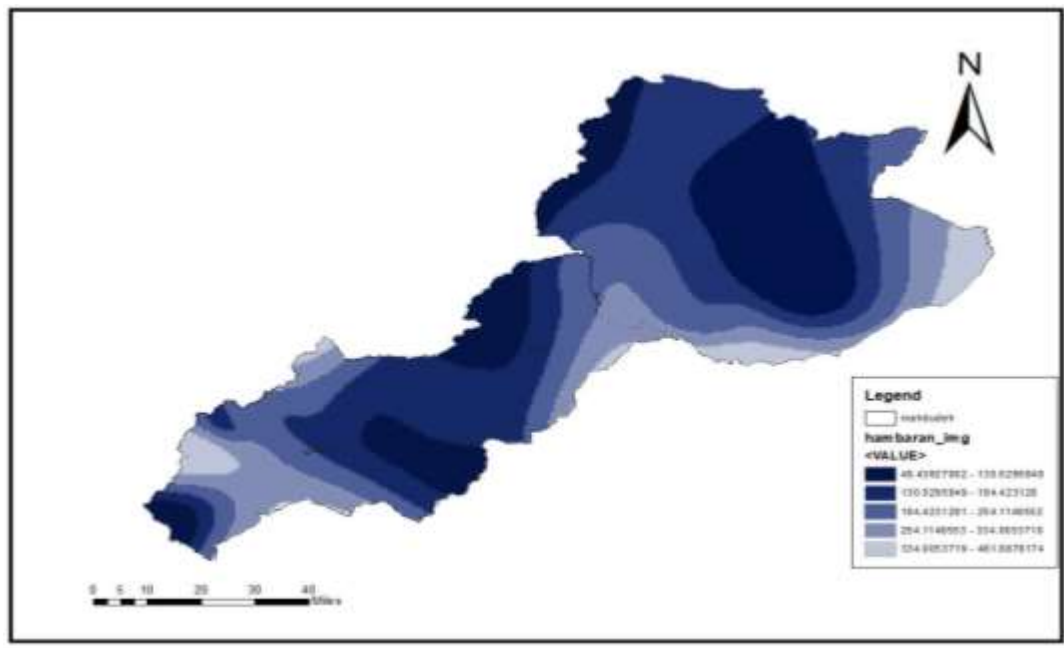
اطلاعات بیشتر در مورد هر کدام از بیلان‌ها و نحوه محاسبه‌ی آنها را می‌توان در دستورالعمل محاسبه بیلان از سوی شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان (دفتر مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۹۰ و مهندسین مشاور آبخوان، ۱۳۹۲) پیدا کرد.

نتایج و بحث

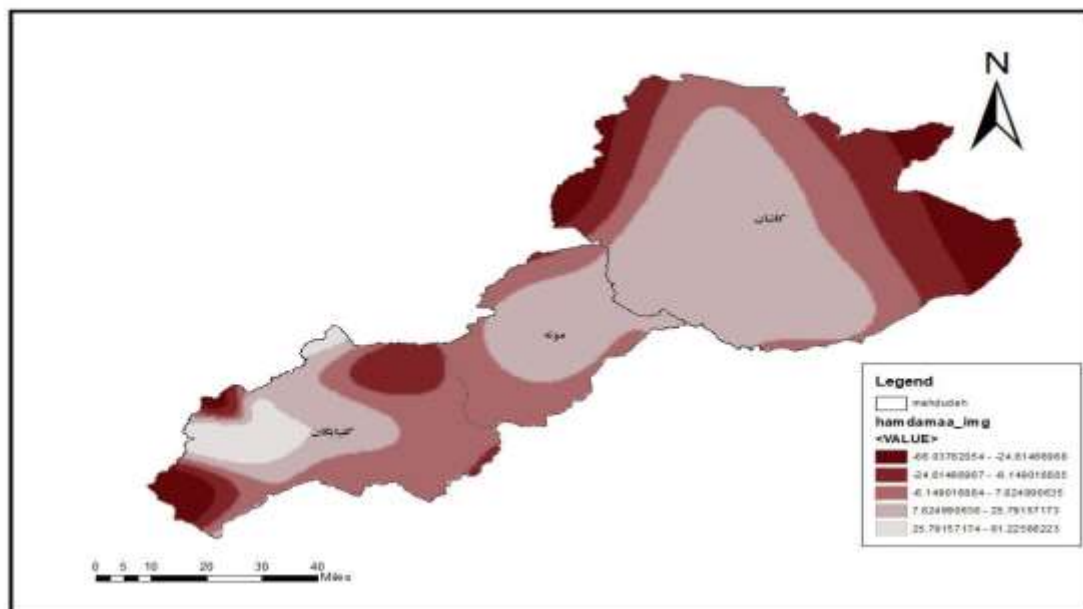
نتایج حاصل از محاسبه بیلان هیدروکلیماتولوژی

با توجه به دستورالعمل بیان شده نقشه‌های هم‌دما و هم بارش در سال‌های آماری مختلف رسم شده و برای تهیه بیلان، مورد استفاده قرار گرفته است. شایان ذکر است که نقشه‌های هم‌دما و هم بارش سال آماری ۹۶-۹۷ در هر سه منطقه در شکل‌های ۸ و ۹ نشان داده شده است. با توجه به رابطه تورنتویت تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شده و به همراه جدول بیلان هیدروکلیماتولوژی در دشت و ارتفاع در سه منطقه در جدول‌های ۳ الی ۸ نشان داده شده است. با توجه به شکل‌های ترسیم شده، بخش‌های مرکزی سه محدوده کاشان، مویه و گلپایگان دارای بیشترین دمای ثبت شده و کمترین دماها و بیشترین بارش

ها مربوط به ارتفاعات این سه محدوده است. شایان ذکر است که با توجه به تحقیقات و مطالعات انجام شده و جنس بستر و خاک محدوده مطالعاتی بیشترین مقدار ذخیره رطوبت در خاک ۷۰ میلی متر در نظر گرفته شده است و بیلان و محاسبات بر این مینا است.



شکل ۸- نقشه هم باران محدوده مطالعاتی



شکل ۹- نقشه هم دما محدوده مطالعاتی

جدول ۳- مقدار پارامترهای محاسبه شده در محدوده کاشان به تفکیک دشت و ارتفاعات

پارامتر	متوسط دما (°C)		تبخیر تعرق پتانسیل (mm)		بارندگی (mm)		ذخیره رطوبت خاک (mm)		بارندگی مفید (mm)		تبخیر تعرق واقعی (mm)	
	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات
ماه	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات
مهر	۲۱/۵۹	۱۶/۴۸	۵۸/۶۲	۵۳/۷۳	۱/۵۵	۳/۰۰	۰	۰	۰/۷۴	۰	۱/۵۵	۳
آبان	۱۳/۵۲	۹/۰۳	۲۸/۴۰	۲۷/۲۳	۲۱/۱۱	۳۱/۸۸	۰	۴/۶۵	۰	۰	۲۱/۱۱	۲۷/۲۳
آذر	۶/۸۵	۳/۶۳	۲/۹۲	۸/۳۰	۱۴/۲۳	۲۰/۷۶	۴/۳۱	۱۷/۱۱	۰	۰	۹/۹۲	۸/۳۰
دی	۴/۴۲	۱/۸۷	۵/۰۳	۳/۵۰	۱۶/۷۱	۲۲/۸۲	۱۵/۹۹	۲۵	۱۱/۴۱	۰	۵/۰۳	۳/۵۰
بهمن	۵/۵۹	۲/۳۲	۷/۲۴	۴/۶۴	۱۴/۳۳	۲۳/۳۳	۲۳/۰۸	۲۵	۱۸/۶۸	۰	۷/۲۴	۴/۶۴
اسفند	۱۰/۷۰	۶/۰۸	۱۹/۷۶	۱۶/۲۷	۱۸/۳۸	۲۵/۸۶	۲۱/۷	۲۵	۹/۵۹	۰	۱۸/۳۸	۱۶/۲۷
فروردین	۱۵/۶۸	۱۰/۱۲	۳۵/۷۲	۳۱/۶۳	۲۴/۵۰	۳۹/۴۴	۱۰/۴۸	۲۵	۷/۸۱	۰	۲۴/۵۰	۳۱/۶۳
اردیبهشت	۲۱/۳۸	۱۵/۲۴	۵۷/۷۲	۵۳/۹۴	۱۷/۴۶	۲۹/۷۱	۰/۷۷	۰	۰	۰	۱۷/۴۶	۲۹/۷۱
خرداد	۲۷/۲۵	۲۱/۳۵	۸۴/۰۵	۸۳/۷۸	۲/۷۵	۵/۱۴	۰	۰	۰	۰	۲/۷۵	۵/۱۴
تیر	۳۱/۶۸	۲۴/۹۰	۱۰۶/۱۳	۱۰۲/۳۸	۰/۵۱	۱/۷۹	۰	۰	۰	۰	۰/۵۱	۱/۷۹
مرداد	۳۰/۵۵	۲۴/۶۷	۱۰۰/۳۱	۱۰۱/۱۶	۰/۰۱	۰/۰۷	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱	۰/۰۷
شهریور	۲۷/۶۴	۲۱/۵۵	۸۵/۹۳	۸۴/۷۷	۱/۲۲	۲/۴۴	۰	۰	۰	۰	۱/۲۲	۲/۴۴
سالانه	۱۸/۰۸	۱۳/۱۰	۵۹۸/۸۹	۵۷۷/۳۸	۱۳۲/۸۳	۲۰۶/۳۰	*	*	۰	۰	۱۰۹/۶۸	۱۳۳/۷۲

جدول ۴- بیان هیدروکلیماتولوژی محدوده کاشان به تفکیک دشت و ارتفاعات

ناحیه	وسعت	حجم بارندگی سطح	تبخیر تعرق حقیقی	بارندگی مفید	رواناب	نفوذ
ارتفاعات	۳۳۹۹/۸۰	۷۰۱/۳۷	۴۵۴/۶۲	۲۴۶/۷۵	۴۳/۶۷	۲۰۲/۳۴
دشت	۳۷۸۰/۳۶	۵۰۲/۱۴	۴۱۴/۶۲	۸۷/۵۱	۲۱/۸۷	۶۵/۶۳
مجموع	۷۱۸۰/۱۶	۱۲۰۳/۵۲	۸۶۹/۲۵	۳۳۴/۲۷	۶۵/۵۵	۲۶۷/۹۷

جدول ۵- مقدار پارامترهای محاسبه شده در محدوده مویه به تفکیک دشت و ارتفاعات

پارامتر	متوسط دما (°C)		تبخیر تعرق پتانسیل (mm)		بارندگی (mm)		ذخیره رطوبت خاک (mm)		بارندگی مفید (mm)		تبخیر تعرق واقعی (mm)	
	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات
ماه	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات
مهر	۱۷/۰۷	۱۵/۵۹	۵۸/۳۲	۵۸/۲۳	۳/۹۵	۴/۸۱	۰	۰	۰	۰	۳/۹۵	۴/۸۱
آبان	۹/۵۶	۸/۵۲	۲۶/۵۵	۲۷/۰۷	۳۷/۵۵	۳۲/۰۴	۱۱	۴/۹۷	۰	۰	۲۶/۵۵	۲۷/۰۷
آذر	۴/۰۳	۱/۸۱	۸/۲۲	۳/۸۳	۲۰/۵۵	۲۶/۲۲	۲۳/۳۳	۲۷/۳۶	۰	۰	۸/۲۲	۳/۸۳
دی	۰/۶۳	۰	۰/۶۶	۰	۱۷/۲۴	۲۲/۷۲	۳۹/۹۱	۵۰/۰۸	۰	۰	۰/۶۶	۰
بهمن	۱/۴۰	۰/۰۶	۱/۹۵	۰/۰۵	۱۱/۶۵	۲۴/۵۴	۴۹/۶۵	۷۰	۴/۵۶	۰	۱/۹۵	۰/۰۵
اسفند	۵/۶۳	۴/۶۹	۱۲/۹۴	۱۲/۶۷	۲۱/۱	۱۸	۵۷/۸۱	۷۰	۵/۳۳	۰	۱۲/۹۴	۱۲/۶۷
فروردین	۱۰/۱۴	۹/۶۴	۲۸/۷۶	۳۱/۶۵	۳۸/۴۴	۴۴/۳۱	۶۷/۴۹	۷۰	۱۲/۶۶	۰	۲۸/۷۶	۳۱/۶۵
اردیبهشت	۱۶/۴۵	۱۴/۰۰	۵۵/۴۵	۵۰/۸۴	۲۰/۴۵	۲۸/۱۳	۰	۴۷/۳۰	۰	۰	۲۰/۴۵	۲۸/۱۳
خرداد	۲۲/۹۴	۲۰/۴۱	۸۷/۰۸	۸۲/۰۱	۱/۲۰	۱/۵۰	۰	۰	۰	۰	۱/۲۰	۱/۵۰
تیر	۲۶/۷۳	۲۴/۸۵	۱۰۷/۱۶	۱۰۵/۲۶	۱/۲۰	۲	۰	۰	۰	۰	۱/۲۰	۲
مرداد	۲۶/۶۵	۲۵/۲۳	۱۰۶/۷۳	۱۰۷/۳۲	۰/۳۰	۰/۳۶	۰	۰	۰	۰	۰/۳۰	۰/۳۶
شهریور	۲۳/۴۳	۲۰/۶۶	۸۹/۶۱	۸۳/۲۷	۲/۵۰	۳/۵۴	۰	۰	۰	۰	۲/۵۰	۳/۵۴
سالانه	۱۳/۷۲	۱۲/۱۰	۵۸۳/۴۹	۵۶۲/۲۵	۱۷۶/۰۹	۲۰۸/۲۲	*	*	۰	۰	۱۰۸/۶۸	۱۱۵/۶۱

جدول ۶- بیلان هیدروکلیماتولوژی محدوده مونه به تفکیک دشت و ارتفاعات

ناحیه	وسعت	حجم بارندگی سطح	تبخیر تعرق حقیقی	بارندگی مفید	رواناب	نفوذ
ارتفاعات	۱۴۰۰/۸۲	۲۹۱/۶۷	۱۶۱/۹۴	۱۲۹/۷۲	۲۲/۹۶	۱۰۶/۳۷
دشت	۶۵۲/۵۸	۱۱۴/۹۱	۷۰/۹۲	۴۲/۹۹	۱۰/۹۹	۳۲/۹۹
مجموع	۲۰۵۳/۴۰	۴۰۶/۵۹	۲۳۲/۸۷	۱۷۳/۷۲	۳۳/۹۵	۱۳۹/۳۷

جدول ۷- مقدار پارامترهای محاسبه شده در محدوده گلپایگان به تفکیک دشت و ارتفاعات

پارامتر	متوسط دما (°C)	تبخیر تعرق پتانسیل (mm)	بارندگی (mm)	ذخیره رطوبت خاک (mm)	بارندگی مفید (mm)	تبخیر تعرق واقعی (mm)	ماه
دشت	۱۵/۷۴	۵۳/۰۶	۳/۷۱	۰	۰	۳/۷۱	مهر
ارتفاعات	۹/۰۱	۲۶/۷۴	۲۸/۵۷	۲۵/۸۴	۰	۲۶/۷۴	آبان
دشت	۳/۰۹	۷/۱۷	۷/۲۸	۶۴/۹۹	۰	۷/۱۷	آذر
ارتفاعات	۰/۸۳	۰/۶۷	۱/۳۶	۷۰	۰	۰/۶۷	دی
دشت	۱/۶۴	۳/۴۵	۳/۲۴	۷۰	۴/۲۴	۳/۴۵	بهمن
ارتفاعات	۵/۶۸	۱۶/۶۴	۱۵/۸۳	۷۰	۶/۳۹	۱۶/۶۴	اسفند
دشت	۹/۷۷	۳۲/۴۲	۳۱/۶۶	۷۰	۱۰/۸۳	۳۲/۴۲	فروردین
ارتفاعات	۱۴/۳۴	۵۴/۷۵	۵۱/۷۳	۴۲/۸۵	۰	۲۷/۶۳	اردیبهشت
دشت	۲۰/۲۲	۸۲/۱۵	۸۰/۲۵	۲/۵۱	۰	۱/۲۴	خرداد
ارتفاعات	۲۴/۶۴	۱۰۵/۵۵	۱۰۳/۳۴	۱/۷۱	۰	۱/۹۵	تیر
دشت	۲۴/۳۲	۲۴/۵۱	۱۰۲/۶۶	۰/۴۰	۰	۰/۱۲	مرداد
ارتفاعات	۲۰/۲۷	۲۱/۲۶	۸۵/۵۹	۳/۵۸	۰	۳/۲۲	شهریور
دشت	۱۲/۳۵	۱۲/۴۹	۵۶۶/۷۵	۳۱۱/۷۷	*	۲۱۶/۳۸	سالانه

جدول ۸- بیلان هیدروکلیماتولوژی محدوده گلپایگان به تفکیک دشت و ارتفاعات

ناحیه	وسعت	حجم بارندگی سطح	تبخیر تعرق حقیقی	بارندگی مفید	رواناب	نفوذ
ارتفاعات	۲۸۷۵/۰۲	۸۹۶/۳۴	۳۹۸/۳۰	۴۹۸/۰۳	۸۸/۱۵	۴۰۸/۳۹
دشت	۶۳۰/۳۸	۱۳۶/۴۰	۷۸/۷۷	۵۷/۶۲	۱۴/۴۰	۴۳/۲۲
مجموع	۳۵۰۵/۴۰	۱۰۳۲/۷۴	۴۷۷/۰۷	۵۵۵/۶۶	۱۰۲/۵۶	۴۵۱/۶۱

بر طبق جدول‌های ۳ و ۴، از ۵۰۲/۲ میلیون مترمکعب حجم بارش در دشت کاشان ۸۲/۵ درصد تبخیر و تعرق و ۱۷/۵ درصد بارندگی مفید است که با توجه به شرایط دشت از ۸۷/۵ میلیون مترمکعب بارندگی مفید حدود ۷۵ درصد نفوذ می‌نماید و ۲۵ درصد بقیه جریان سطحی در دشت است، از ۷۰۱/۴ میلیون مترمکعب حجم بارش در ارتفاعات حدود ۶۴/۸ درصد تبخیر تعرق و ۳۲/۲ درصد بقیه برابر ۲۴۶/۸ میلیون مترمکعب بارندگی مفید است. این در حالی است که بیلان اندازه‌گیری شده در محدوده کاشان در سال آبی ۱۳۹۲ نشان‌دهنده میزان بارش کم‌تر و تبخیر بیشتر بوده است، به این صورت که از ۴۳۱ میلیون مترمکعب بارش در دشت، ۹۳/۳۷ درصد آن تبخیر شده و تنها ۶/۶۳ درصد آن به صورت بارندگی مفید بوده است، همچنین در ارتفاعات نیز میزان تبخیر بیشتر از بارندگی مفید بوده است.

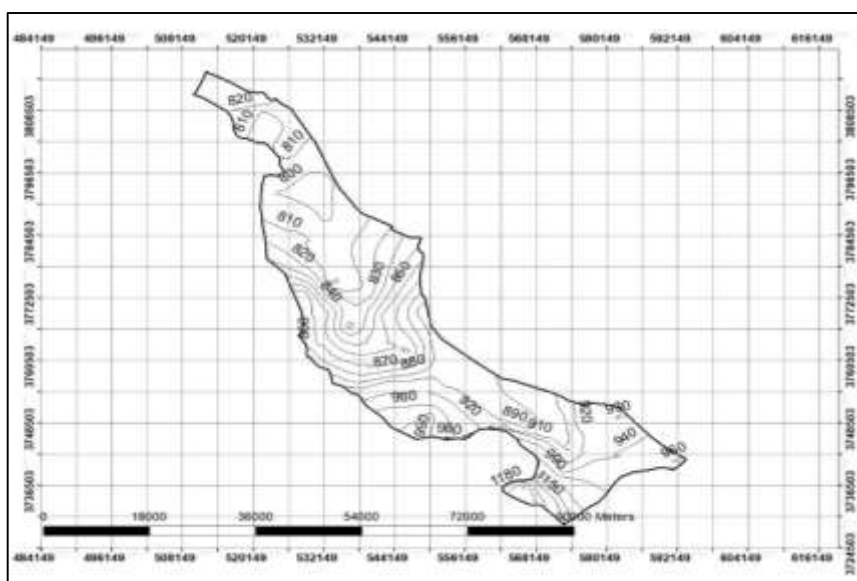
مطابق با جدول‌های ۵ و ۶، از ۱۱۴/۹ میلیون مترمکعب حجم بارش در دشت مونه ۶۱/۷ درصد تبخیر و تعرق و ۳۸/۳ درصد بارندگی مفید است که با توجه به شرایط دشت از ۴۴ میلیون مترمکعب بارندگی مفید، حدود ۷۵ درصد نفوذ می‌نماید و ۲۵ درصد

بقیه جریان سطحی در دشت است، از ۲۹۱/۷ میلیون مترمکعب حجم بارش در ارتفاعات حدود ۵۵/۵ درصد تبخیر تفرق و ۴۴/۵ درصد بقیه برابر ۱۲۹/۷ میلیون مترمکعب بارندگی مفید است. در بیلان سال ۹۲ از ۱۰۰/۶ میلیون مترمکعب بارش ۸۹ درصد تبخیر و ۱۱ درصد بارندگی مفید است.

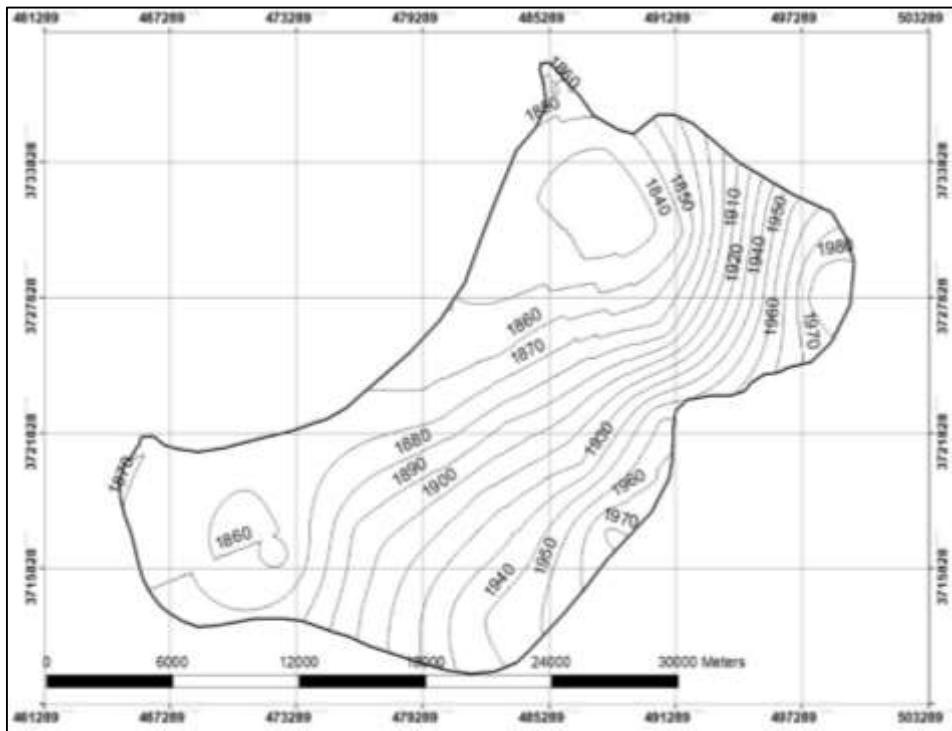
براساس جدول‌های ۷ و ۸، از ۱۳۶/۴ میلیون مترمکعب حجم بارش در دشت گلپایگان ۵۷/۸ درصد تبخیر و تفرق و ۴۲/۲ درصد بارندگی مفید است که با توجه به شرایط دشت از ۵۷/۶ میلیون مترمکعب بارندگی مفید حدود ۷ درصد نفوذ می‌نماید و ۲۵ درصد بقیه جریان سطحی در دشت است، از ۸۹۶/۳ میلیون مترمکعب حجم بارش در ارتفاعات حدود ۴۴/۴ درصد تبخیر تفرق و ۵۵/۶ درصد بقیه برابر ۴۹۸ میلیون مترمکعب بارندگی مفید است. در بیلان سال ۹۲ از ۱۱۶/۵ میلیون مترمکعب حجم بارش در دشت حدود ۸۳ درصد تبخیر و تفرق و ۱۷ درصد بارندگی مفید است در صورتی که از ۱۰۲۹/۴ میلیون مترمکعب حجم بارش در ارتفاعات تنها ۶۹ درصد تبخیر و ۳۱ درصد بقیه بارندگی مفید است. از آنجاکه بیلان هیدروکلیماتولوژی تا حدی نمایانگر میزان کم‌آبی در دشت و ارتفاعات به صورت تفکیک‌شده است، در بیلان سال ۹۷ میزان بارندگی بیشتر بوده است.

نتایج حاصل از محاسبه بیلان آب زیر زمینی آبخوان آبرفتی

با توجه به دستورالعمل بیان شده، نقشه‌های هم‌تراز آبخوان در سه محدوده رسم شده است (شکل‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲). با توجه به درصدهای بیان‌شده در گزارش‌های بیلان سال ۹۰ برای آب برگشتی در سه بخش کشاورزی، شرب و صنعت میزان آب برگشتی، تنها در نواحی‌ای که عمق آب زیرزمینی کم‌تر از ۴۰ متر است محاسبه گردید. شایان ذکر است که در نواحی که عمق آب زیرزمینی بیش از ۴۰ متر است، هیچ ورودی از آب‌های برگشتی به آبخوان وجود ندارد. با توجه به نقشه‌های هم‌تراز رسم شده در سه محدوده مورد مطالعه هیچ ورودی از آب‌های برگشتی به آبخوان وجود نداشته و در محاسبه بیلان پارامتر مورد نظر برابر با صفر در نظر گرفته خواهد شد. همچنین آب برگشتی کشاورزی شامل مصرف در کشاورزی، فضا سبز و سایر، آب برگشتی در شرب شامل شرب روستایی و شرب شهری، آب برگشتی در صنعت شامل دام و طیور، گلخانه و گیاهان دارویی است. میزان آب برگشتی در سه محدوده مطابق جدول ۹ است. در نهایت بیلان آب زیرزمینی را می‌توان در سه محدوده مطابق جدول ۱۰ محاسبه نمود.



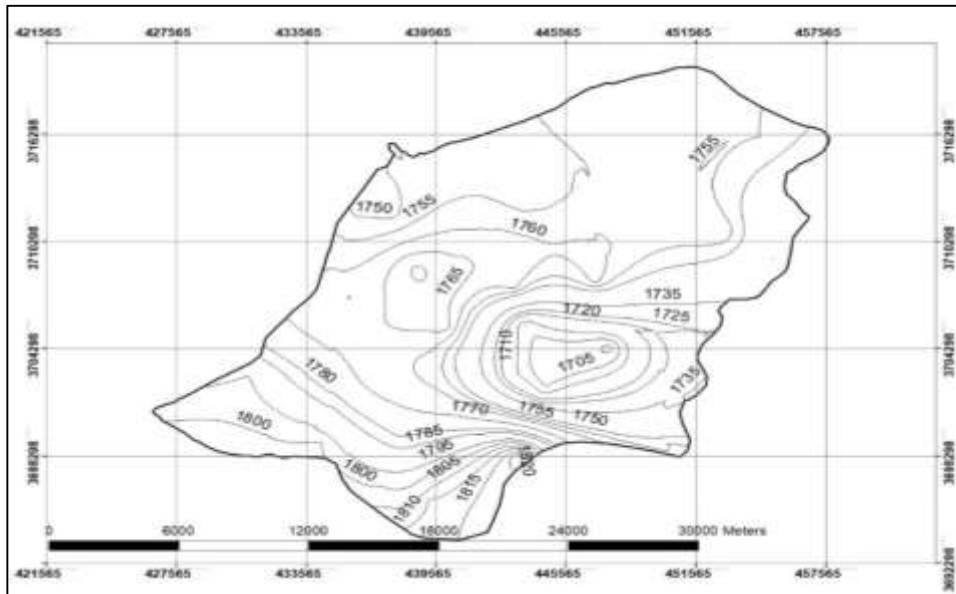
شکل ۱۰- خطوط هم‌تراز آب زیرزمینی در محدوده آبخوان کاشان



شکل ۱۱- خطوط هم تراز اب زیرزمینی در محدوده آبخوان موته

جدول ۹- میزان آب برگشتی در محدوده های مطالعاتی

میزان آب برگشتی شرب و صنعت (میلیون مترمکعب)	میزان آب برگشتی کشاورزی (میلیون مترمکعب)	درصد آب برگشتی شرب و صنعت	درصد آب برگشتی کشاورزی	میزان مصرف شرب و صنعت در عمق های کم تر از ۴۰ متر (میلیون مترمکعب)	میزان مصرف کشاورزی در عمق های کم تر از ۴۰ متر (میلیون مترمکعب)	محدوده
۰/۲۱	۲/۳۹	۸۰٪	۲۵٪	۰/۲۶	۹/۵	کاشان
۰/۲۸	۰/۸	۷۰٪	۱۵٪	۰/۴	۵/۳۴	موته
۰/۷۴	۱۰/۴۷	۸۵٪	۲۴٪	۰/۸۷	۴۳/۶	گلپایگان



شکل ۱۲- خطوط هم تراز اب زیرزمینی در محدوده آبخوان گلپایگان

برطبق جدول ۱۰، در محدوده کاشان حجم آب ورودی به محدوده ۱۹۷/۲۲ میلیون مترمکعب و حجم جریان خروجی ۲۲۷/۸ میلیون مترمکعب است. با توجه به حجم ورودی و خروجی میزان کسری مخزن برابر با ۳۰/۲۸- میلیون مترمکعب است. همچنین با توجه به افت سطح آب زیرزمینی و مساحت آبخوان میزان کسری مخزن تقریباً همین مقدار محاسبه شده است. تغییرات حجم ذخیره در بیلان سال ۹۲ در محدوده کاشان ۳۶/۸۷- میلیون مترمکعب بوده است که در مقایسه با بیلان موجود میزان خروجی از حوضه حدود ۷ میلیون مترمکعب بیشتر بوده است. این تغییرات بیشتر مربوط به کاهش نفوذ از بارندگی در سال ۹۲ است. در محدوده موته حجم آب ورودی به محدوده ۱۶/۶۲ میلیون مترمکعب و حجم جریان خروجی ۱۷/۲۳ میلیون مترمکعب است. با توجه به حجم ورودی و خروجی میزان کسری مخزن برابر با ۰/۶۱- میلیون مترمکعب است. همچنین با توجه به افت سطح آب زیرزمینی و مساحت آبخوان میزان کسری مخزن تقریباً همین مقدار محاسبه شده است.

جدول ۱۰- بیلان آب زیرزمینی در سه محدوده مطالعاتی

گلپایگان	موته	کاشان	آبخوان
۴۳۶/۰۱	۴۳۲/۵۰	۱۷۳۵/۷۰	وسعت محدوده بیلان (Km^2)
۶۶/۹۰	۶/۴۷	۶۴/۱۶	جریان زیرزمینی ورودی
۱۷/۹۳	۵/۸۱	۳۰/۱۳	نفوذ از بارندگی سطح آبخوان
۴۲/۳۰	۱/۲۰	۲۹/۵۰	نفوذ از جریان‌های سطحی
۶۶/۴۰	۱/۶۶	۴۹/۱۳	نفوذ از آب زراعی
۱۱/۸۷	۱/۴۸	۲۴/۸۰	نفوذ از آب شرب و صنعت
۲۰۵/۴۰	۱۶/۶۲	۱۹۷/۷۲	جمع تغذیه
۲۴۸/۵۳	۱۳/۲۳	۲۲۷/۸۰	تخلیه از چاه، چشمه و قنات
۱/۶۰	۴	.	زهکشی
.	.	.	تبخیر از آبخوان
.	.	.	خروجی زیرزمینی
۲۵۰/۱۳	۱۷/۲۳	۲۲۷/۸۰	جمع تخلیه
-۴۴/۷۳	-۰/۶۱	-۳۰/۰۸	تغییرات حجم ذخیره

در سال ۹۲ این تغییرات برابر با صفر بوده که تغییرات زیادی نسبت به سال ۹۷ نداشته که دلیل آن هم کوچک بودن سطح آبخوان و منابع موجود در این حوضه است. همچنین با توجه به آمارهای هواشناسی ۳۰ ساله این محدوده تغییرات زیادی در دما و بارش وجود نداشته است. در محدوده گلپایگان حجم آب ورودی به محدوده ۲۰۵/۴ میلیون مترمکعب و حجم جریان خروجی ۲۵۰/۱۳ میلیون مترمکعب است. با توجه به حجم ورودی و خروجی میزان کسری مخزن برابر با ۴۴/۷۳- میلیون مترمکعب است. همچنین با توجه به افت سطح آب زیرزمینی و مساحت آبخوان میزان کسری مخزن تقریباً همین مقدار محاسبه شده است. در سال ۹۲ در محدوده گلپایگان این تغییرات برابر با ۱۷/۳۸- میلیون مترمکعب است که در سال ۹۷ به دلیل کشت بیشتر زمین‌ها در این محدوده میزان نفوذ از آب زراعی کاهش داشته که باعث شده است بیلان به صورت منفی و با تغییرات زیادی نسبت به سال ۹۲ مواجه شده است.

نتایج حاصل از محاسبه بیلان عمومی

با استفاده از بیلان هیدروکلیماتولوژی و نقشه هم باران میزان بارندگی در دشت و ارتفاعات در هر منطقه محاسبه شده است. در محدوده مطالعاتی کاشان حجم بارش در دشت و ارتفاعات به ترتیب ۵۰۲/۱۴ و ۷۰۱/۴ میلیون مترمکعب در محدوده موته ۱۱۴/۹ و ۲۶۵/۶۸ میلیون مترمکعب و در محدوده گلپایگان ۱۳۶/۴ و ۸۹۶/۳ میلیون مترمکعب است. در صورتی که آب برگشتی از مجموع مصارف آب زیرزمینی و سطحی در محدوده مطالعاتی کسر شود، میزان مصرف خالص محاسبه می‌گردد. میزان مصرف خالص در محدوده کاشان ۲۹۰ در موته ۲۱ و در گلپایگان ۳۷۰ میلیون مترمکعب است. همچنین در محدوده کاشان میزان تبخیر و تعرق ۹۵۴ و در محدوده موته ۳۳۳ و در محدوده گلپایگان این پارامتر ۷۳۰ میلیون مترمکعب است. در نهایت بیلان عمومی را می‌توان در سه محدوده مطابق جدول ۱۱ محاسبه نمود. مطابق با جدول ۱۱، در محدوده کاشان حجم آب ورودی به محدوده ۱۲۱۴/۲۲ میلیون مترمکعب و حجم جریان خروجی ۱۲۸۳/۴۸ میلیون مترمکعب است. با توجه به حجم ورودی و خروجی میزان کسری مخزن برابر با ۶۹/۲۶- میلیون مترمکعب است. که این مقدار با میزان کسری مخزن در بیلان زیرزمینی متفاوت است. در سال ۹۲ تغییرات ذخیره حدوداً ۳۶- میلیون مترمکعب است که نسبت به سال ۹۷ این میزان حدوداً ۲ برابر گردیده است که دلیل آن افزایش تبخیر و تعرق در این محدوده در سال ۹۷ است. در محدوده موته، حجم آب ورودی به محدوده ۳۸۰/۵۹ میلیون مترمکعب و حجم جریان خروجی ۳۸۱/۵۲ میلیون مترمکعب است. با توجه به حجم ورودی و خروجی میزان کسری مخزن برابر با ۰/۹۲- میلیون مترمکعب است. در سال ۹۲ این تغییرات در هر دو مخازن سطحی و زیرزمینی صفر بوده و تغییرات زیادی نسبت به سال ۹۶ نداشته است. در محدوده گلپایگان، حجم آب ورودی به محدوده ۱۰۳۲/۷ میلیون مترمکعب و حجم جریان خروجی ۱۲۲۳/۳۳ میلیون مترمکعب است. با توجه به حجم ورودی و خروجی میزان کسری مخزن برابر با ۱۹۰/۶۳- میلیون مترمکعب است. شایان ذکر است که این کسری مخزن با کسری مخزن زیرزمینی دارای اختلاف زیادی است. پس از بررسی بیلان عمومی این محدوده در سال ۹۲ مشخص گردید که تغییرات آب زیرزمینی ۱۷/۳۸- میلیون مترمکعب بوده و تفاوت عمده به دلیل کاهش بارندگی در دشت و ارتفاعات حوضه گلپایگان و همچنین وجود جریان سطحی خروجی از حوضه است. وجود بیلان منفی در سه محدوده موردنظر نشان‌دهنده کاهش بارندگی و افزایش روزانه تبخیر و تعرق است.

جدول ۱۱- بیلان عمومی در سه محدوده مطالعاتی

محدوده	کاشان	موته	گلپایگان
دشت	۵۰۲/۱۴	۱۱۴/۹۱	۱۳۶/۴۰
ارتفاعات	۷۰۱/۴۰	۲۶۵/۶۸	۸۹۶/۳۰
جریان سطحی ورودی	.	.	.
جریان زیرزمینی ورودی	.	.	.
آب‌های انتقالی به محدوده	۱۰/۷۰۹	.	.
مجموع	۱۲۱۴/۲۲	۳۸۰/۵۹	۱۰۳۲/۷۰

۷۳۳/۰۵	۳۳۳/۱۳	۹۵۴	بارندگی	
۴/۱۲	۲	۳۷/۵۴	آب آزاد	
.	.	.	سفره	
۳۷۱/۶۳	۲۱/۴۹	۲۹۰/۶۶	مصرف خالص	خروجی (تبخیر تعرق از)
۱۱۴/۵۳	۲۴/۹۰	۱/۲۸	جریان سطحی خروجی	
.	.	.	جریان زیرزمینی خروجی	
.	.	.	آب‌های انتقالی به خارج	
۱۲۲۳/۳۳	۳۸۱/۵۲	۱۲۸۳/۴۸	مجموع	
.	.	.	مخازن آب سطحی	تغییرات ذخیره
-۱۹۰/۶۳	-۰/۹۲	-۶۹/۲۶	مخازن آب سطحی	

نتیجه‌گیری

با توجه به گستردگی حوضه دریاچه نمک و وجود استان‌های مهم در این حوضه مدیریت و یکپارچه‌سازی این حوضه بسیار مشکل است و تحقیقاتی ناچیزی بر روی منابع آبی این حوضه انجام شده است. بر اساس تحقیقات انجام شده بر روی منابع و مصارف آبی و آنالیزهای شیمیایی این حوضه در برش استان اصفهان، تغییرات دما و بارش در این حوضه زیاد و کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی برای کشاورزی و شرب مناسب بوده است. ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری دارای پراکندگی مناسبی نبوده و همین امر باعث خطا در تخمین دما و بارش در نقاط مختلف این حوضه گردید. بیشترین تعداد و مصرف منابع زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) در محدوده کاشان بوده و به تبع میزان مصرف در بخش کشاورزی در این محدوده زیادتر بوده است. طبق آنالیزهای شیمیایی دریافت شده از بخش مطالعات شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان، کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی در سه محدوده برای کشاورزی و شرب مناسب است. بر اساس منابع موجود و مصارف از آب‌های زیرزمینی و سطحی در هر سه محدوده، بیلان‌های زیرزمینی و عمومی محاسبه شد که نشان‌دهنده کسری مخزن و کمبود منابع در این حوضه است. با توجه به وسعت و میزان مصرف، بیشترین کسری مخزن مربوط به گلپایگان با میزان ۴۴ میلیون مترمکعب است که این میزان با توجه به وسعت دشت و ارتفاعات بسیار زیاد آن است. کسری مخزن در محدوده مویه تقریباً در توازن است. در محدوده کاشان بیشترین مصرف آب در بخش کشاورزی است و همین مسئله باعث کسری مخزن نسبتاً زیادی در این محدوده شده است. با توجه به افت سطح ایستابی، میزان کسری مخزن در سه محدوده مطابق با مقدار پیش‌بینی شده توسط آب منطقه‌ای است. به‌عنوان نتیجه‌گیری می‌توان بیان نمود که حوضه آبریز دریاچه نمک در حال ورود به یک تنش آبی شدید است. چنانچه رویه فعلی اصلاح نشود، یقیناً چالش‌های بزرگی به وجود می‌آید. مهم‌ترین عوامل بروز تنش آبی عبارت‌اند از: (۱) عدم مدیریت و نظارت بر این حوضه به دلیل قرارگیری در مرز چند استان، (۲) زیاد بودن تعداد چاه‌ها نسبت به سایر منابع سطحی و خشک شدن و یا فصلی بودن اکثر رودخانه‌ها در این محدوده. تنها رودخانه دائمی موجود رودخانه گلپایگان است که از سد گلپایگان خارج می‌گردد، (۳) افزایش مصرف آب در بخش کشاورزی و نبودن الگوی کشت مناسب، (۴) شیب تند کاهش سطح آب زیرزمینی و در نتیجه کاهش ذخیره آب زیرزمینی در سه محدوده کاشان، مویه و گلپایگان، (۵) افزایش سطح آب زیرزمینی در بیشتر مناطق این حوضه به بیش از ۴۰ متر و کاهش نفوذ آب برگشتی به داخل زمین و (۶) نبودن سامانه کشاورزی مدرن مانند استفاده از شیوه‌های آبیاری تحت فشار. به نظر می‌رسد با توجه به شرایط موجود و توسعه بهره‌برداری دیگر نمی‌توان شرایط را به گذشته بازگردانید. اما پیشنهاد می‌شود که الگوی کشت در این سه محدوده اصلاح گردد و تا حد امکان از پساب تصفیه‌شده کارخانه‌ها و مراکز صنعتی برای خنک‌سازی تأسیسات مربوطه استفاده گردد. همچنین میزان بهره‌برداری از منابع زیرزمینی و برداشت‌های غیرمجاز کنترل گردد. همچنین پیشنهاد می‌گردد به دلیل تغییرات دمایی و بارش در این سه محدوده ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری مجدداً دایر و به بهترین شکل استفاده گردد.

با بررسی‌های انجام‌شده در شرکت‌های آب منطقه‌ای، فرآیند انتشار بیلان یک محدوده معمولاً زمان‌بر بوده و با یک سال تاخیر مورد استفاده قرار خواهد گرفت. با توجه به پژوهش حاضر، با پیش‌بینی و تطویل داده‌های خام هواشناسی در سال‌های آتی می‌توان بیلان محدوده را با دقت مناسبی محاسبه نمود. با اطلاع از بیلان و کسری مخزن برای مدیریت منابع و مصارف آب در محدوده مورد نظر می‌توان برنامه‌ریزی نمود. همچنین با بررسی بیلان‌های منفی سال‌های گذشته و اهمیت کشاورزی و صنعت در استان‌های سه محدوده مورد مطالعه، در صورتی که مدیریت منابع و مصارف به دقت انجام نگیرد، کشاورزی و صنعت به‌طور کلی به سمت اضمحلال خواهد رفت.

منابع

- بیاتی، س. ۱۳۹۶. ارزیابی بیلان آب توزیع‌شده با استفاده از مدل WetSpas-M (مطالعه موردی: حوزه آبخیز ونک). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مهندسی آب. دانشگاه شهرکرد، ایران.
- حاجی تلخایی، ق.، همتی، م.، حاجبی، س. ۱۴۰۲. ارزیابی هیدرولوژیکی و هیدرولیکی انتقال آب از تونل کانی سبب به دریاچه ارومیه، رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط‌زیست. ۲(۱): ۶۷-۸۰.
- دفتر مطالعات پایه منابع آب. ۱۳۹۰. دستورالعمل نحوه تهیه گزارش بیلان آب مناطق مطالعاتی در سطح حوضه آبریز درجه ۲. رحیم زاده، ز.، جوادی، س.، کریمی، ن.، هاشمی، م.، کاردان مقدم، ح. ۱۴۰۱. رویکرد حسابداری آب در تحلیل منابع و مصارف منابع آب و بیلان هیدروکلیماتولوژی (منطقه مورد مطالعه: حوضه آبریز پلاسجان). مدیریت آب و آبیاری. ۱۰ (۲): ۱۸۷-۱۹۹.
- سلطانی، م.، ربانی‌ها، ح.، پارسی‌نژاد، م. ۱۴۰۳. بررسی تأثیر رطوبت خاک لایه زیر ناحیه ریشه چغندرقد بر میزان جذب آب در سه بافت خاک مختلف. رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط‌زیست. ۳(۲): ۱۶۱-۱۷۳.
- علوی‌نیا، ح.، ساداتی‌نژاد، ج.، ملکیان آ.، قاسمیه ه. ۱۴۰۱. آنالیز وضعیت بیلان منابع آب زیرزمینی به منظور بررسی تنش واردشده بر آبخوان در مناطق خشک، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک. ۱۰ (۳۸): ۲۵-۳۶.
- غضنفرپور، م.، مردانی، ز. ۱۴۰۳. زاینده رود در دو راهی محو یا احیاء (بررسی منابع و مصارف و بیلان منفی رودخانه زاینده رود). پنجمین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران. دانشگاه اصفهان. ایران
- کتابچی، ح.، محمودزاده، د.، جلیلود، ا. ۱۴۰۰. برآورد بیلان منابع آب زیرزمینی در یک آبخوان با برداشت بی‌رویه واقع در اقلیم خشک ایران. تحقیقات آب و خاک ایران. ۶ (۳): ۱۵۴۳-۱۵۵۶.
- معصومی، م.، واثلی، ع.، کریمی، غ.، بوالحسنی، ک.، کلانی، ا.، انصاری، ح. ۱۴۰۱. مدل‌سازی منابع و مصارف منابع آب حوضه‌های آبریز از طریق پیاده‌سازی حکمرانی داده در رصدخانه آب و انرژی (مطالعه موردی: پیاده‌سازی پیشخوان مدیریت منابع و مصارف در حوضه آبریز کرخه). آب و توسعه پایدار ۴ (۳): ۱۲۳-۱۳۰.
- مهندسین مشاور آبخوان. ۱۳۹۲. مطالعات به روز رسانی بیلان منابع آب مطالعه مناطق حوضه آبریز دریاچه نمک (حوزه مطالعات کاشان، موه و گلپایگان). گزارش سازمان آب منطقه‌ای اصفهان. ایران
- Abedi-Koupai, J., Dorafshan, M. M., Javadi, A., Ostad-Ali-Askari, K. 2022. Estimating potential reference evapotranspiration using time series models (case study: synoptic station of Tabriz in northwestern Iran). *Applied Water Science*, 12(9): 212. <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01736-x>.
- Abkhun Consulting Engineers. 2013. Updated Water Resources Balance Study of the Salt Lake Basin (Kashan, Mooteh, and Golpayegan Study Areas). *Report submitted to the Isfahan Regional Water Authority*, Isfahan, Iran. (In Persian)
- Alavinia, H., Sadatinejad, J., Malekian A., Ghasemieh H. 2022. Analysis of the balance of groundwater resources in order to investigate the stress imposed on the aquifer in arid regions, *Geographical Studies of Arid Regions*. 10 (38): 25-36. (In Persian)
- Anderson, R., Hansen, J., Kukuk, K., Powell, B. 2006. Development of a watershed-based water balance tool for water supply alternative evaluations. *Proceedings of the Water Environment Federation*, 3(5):2817-2830. DOI: 10.2175/193864706783751131.

- Balcha, S.K., Awass, A.A., Hulluka, T.A., Bantider, A., Ayele, G.T. 2023. Assessment of future climate change impact on water balance components in Central Rift Valley Lakes Basin, Ethiopia. *Journal of Water and Climate Change*, 14(1): 175-199. <https://doi.org/10.2166/wcc.2022.249>
- Bassi, N. and Chaturvedi, V. 2024. Water balance and benefit sharing approach to reduce water deficit in an Indian river Basin. *International Journal of Water Resources Development*, 5 (2): 1-23. <https://doi.org/10.1080/07900627.2024.2304291>.
- Bayati, S. 2017. Distributed water balance evaluation using WetSpaas-M model (Case study: Vanak catchment). M.Sc Thesis. Faculty of Water Engineering. Shahrekord University, Iran. (In Persian)
- Bettencourt, P., de Oliveira, R.P., Fulgêncio, C., Canas, A., Wasserman, J.C. 2022. Prospective Water Balance Scenarios (2015–2035) for the Management of São Francisco River Basin, Eastern Brazil. *Water*, 14(15):2283. <https://doi.org/10.3390/w14152283>.
- Boughton, W. 2005. Catchment water balance modelling in Australia 1960–2004. *Agricultural Water Management*, 71(2): 91-116. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.10.012>
- Desai, S., Singh, D.K., Islam, A., Sarangi, A. 2021. Multi-site calibration of hydrological model and assessment of water balance in a semi-arid river basin of India. *Quaternary International*, 571(3): 136-149. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.11.032>.
- Dorafshan, M. M., Eslamian, S. 2023. Modeling human dimensions to reduce the disaster risk: A socio-hydrological approach. *In Disaster Risk Reduction for Resilience: Disaster Socio-Hydrological Resilience and Sustainability* (pp. 3-24). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43177-7_1.
- Dorafshan, M. M., Golmohammadi, M. H., Asghari, K., De Michele, C. 2025a. A Novel Fuzzified Markov Chain Approach to Model Monthly River Discharge. *Water Resources Management*, 39(4): 1931-1951. <https://doi.org/10.1007/s11269-024-04053-x>.
- Dorafshan, M.M., Golmohammadi, M.H., De Michele, C., 2025b. A health index for surface water resources during drought: an automated fuzzy-based performance criteria approach. *Applied Water Science*, 15(8), p.199. <https://doi.org/10.1007/s13201-025-02543-w>.
- Dorafshan, M.M., Golmohammadi, M.H., Eslamian, S., 2024. Impacts of climate change on the quantity and quality of surface water resources. In *Handbook of Climate Change Impacts on River Basin Management* (pp. 356-369). CRC Press.
- Dorafshan, M.M., Golmohammadi, M.H., De Michele, C., Eslamian, S. 2025c. Risk analysis of inflow to the Zayandehrud Dam under historical and future scenarios using reliability, resiliency, and vulnerability indicators: a comparative study of the runoff risk index and runoff risk ranking methods. *Water Reuse*, 15(1), pp.1-23. <https://doi.org/10.2166/wrd.2024.070>.
- Gebu, T.A., Tesfahunegn, G.B. 2020. GIS based water balance components estimation in northern Ethiopia catchment. *Soil and Tillage Research*, 197: 104514. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104514>
- Gharari, S., Vanderkelen, I., Tefs, A., Mizukami, N., Kluzek, E., Stadnyk, T., Lawrence, D., Clark, M.P. 2024. A flexible framework for simulating the water balance of lakes and reservoirs from local to global scales: mizuRoute-Lake. *Water Resources Research*, 60(5): 2022WR032400. <https://doi.org/10.1029/2022WR032400>.
- Ghazanfarpour, M., Mardani, Z. 2024. Zayandeh Rood at the crossroads of extinction or restoration (Research on resources and uses and negative balance of Zayandeh Rood River). Fifth Iranian Congress of Water and Wastewater Science and Engineering. University of Isfahan. Iran. (In Persian)
- Guyasa, A. K., Guan, Y., Zhang, D. 2024. Impact of climate change on the water balance of the Akaki catchment. *Water*, 16(1): 54. <https://doi.org/10.3390/w16010054>.
- Haji Talkhabi, Q., Hemmati, M., Hejabi, S. 2023. Hydrological and hydraulic evaluation of water transfer from the Sib mineral tunnel to Lake Urmia, *New Approaches in Water and Environmental Engineering*. 2(1): 67-80. (In Persian)
- Healy, R.W., Winter, T.C., LaBaugh, J.W., Franke, O.L. 2007. Water budgets: foundations for effective water-resources and environmental management (Vol. 1308). Reston, Virginia: US Geological Survey. <https://doi.org/10.3133/cir1308>.
- Jothiprakash, V. 2003. Water balance model to assess the water loss/gain in a river system. *Journal of the Institution of Engineers (India), Part CV*, Civil Engineering Division, 84(3): 196-200.
- Ketabchi, H., Mahmoudzadeh, D., Jalilvand, A. 2021. Estimating the balance of groundwater resources in an aquifer with excessive withdrawal located in the arid climate of Iran. *Iranian Soil and Water Research*. 6 (3): 1543-1556. (In Persian)

- Ma, N., Zhang, Y., Szilagyi, J. 2024. Water-balance-based evapotranspiration for 56 large river basins: A benchmarking dataset for global terrestrial evapotranspiration modeling. *Journal of Hydrology*, 630: 130607. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.130607>.
- Masoumi, M., Vaeli, A., Karimi, G., Boalhassani, K., Kalani, A., Ansari, H. 2022. Modeling water resources and uses of watersheds through the implementation of data governance in the Water and Energy Observatory (Case study: Implementation of a resource and use management counter in the Karkheh watershed). *Water and Sustainable Development* 4 (3): 123-130. (In Persian)
- Mekonnen, S.C. 2005. Assessment of catchment water balance using GIS and Remote Sensing: Roxo, Portugal. Unpublished MSc. Thesis
- Moeini, M., Zahraie, B., Sadeghi, F. 2024. Developing a new lumped monthly water balance model for estimating groundwater level and runoff volume. *Sustainable Water Resources Management*, 10(3): 113. <https://doi.org/10.1007/s40899-024-01087-2>.
- Molla, D.D., Tegaye, T.A., Fletcher, C.G. 2019. Simulated surface and shallow groundwater resources in the Abaya-Chamo Lake basin, Ethiopia using a spatially-distributed water balance model. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 24: 100615. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100615>.
- Office of Basic Studies of Water Resources. 2011. Instructions on how to prepare a water balance report Study area at the level of the 2nd degree catchment area. (In Persian)
- Rahimzadeh, Z., Javadi, S., Karimi, N., Hashemi, M., Kardan Moghadam, H. 2022. Water accounting approach in analyzing water resources and uses and hydroclimatological balance (study area: Plasjan watershed). *Water and Irrigation Management*. 10 (2): 187-199. (In Persian)
- Seneviratne, S.I., Viterbo, P., Luthi, D., Har, C. 2002. Water balance computations of seasonal changes in terrestrial water storage: Case study for the mississippi river basin and methodology validation against observations from illinois. *Journal of Wetlands*, 318: 483-497.
- Sherif, M., Liaqat, M. U., Baig, F., Al-Rashed, M. 2023. Water resources availability, sustainability and challenges in the GCC countries: An overview. *Heliyon*, 9(10):311-327. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20543>
- Sokolov, A.A., Chapman, T.G. 1974. Methods for water balance computations.
- Soltani, M., Rabbaniha, H., Parsinejad, M. 2024. Investigation of the effect of soil moisture in the layer below the root zone of sugar beet on the rate of water absorption in three different soil textures. *New Approaches in Water and Environmental Engineering*. 3(2): 161-173. (In Persian)
- Trask, J.C., Fogg, G.E., Puente, C.E. 2017. Resolving hydrologic water balances through a novel error analysis approach, with application to the Tahoe basin. *Journal of Hydrology*, 546: 326-340. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.12.029>.
- Yi, L. I. U., Peidong, S. H. I., Miao, L. I. U., Kairan, X. U., Ning, Z. H. A. N. G., Peng, J. I. A. N. G. 2024. Analysis of water balance in the middle reaches of the Yellow River based on ecological water demand: A case study on Qinhe River Basin. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 51(1): 30-40. <http://dx.doi.org/10.16030/j.cnki.issn.1000-3665.202304043>.