Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment
Online ISSN: 2981-0280
Homepage: https://nawee.gonbad.ac.ir

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

Jahangir Abedi-Koupai[1*], Shahab Banitaba[1], Mohammad Mahdi Dorafshan[2]
[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 03August2024
Revised12October2024
Accepted:21October2024
Published online29March2026

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 Discusion: 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. (2026). 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

رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست
شاپا الکترونیکی ۲۸۰-۲۹۸۱
Homepage: https://nawee.gonbad.ac.ir

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

جهانگیر عابدی کوپایی[1*]، شهاب بنی طبا[1]، محمد مهدی درافشان[2]

[1] گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

[2] گروه آب و محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۷/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۳۰
تاریخ انتشار:۱۴۰۵/۰۱/۰۹

کلیدواژه‌ها:
بیلان منابع آب
برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی
مدیریت پایدار آب

چکیده

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 آتی است. به‌طور خاص، این مطالعه به محاسبه بیلان آب برای سال آماری ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در سه محدوده مطالعاتی کاشان، موته 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، موته 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، موته و گلپایگان به ترتیب ۳۰-، ۰/۶۱- 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.

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

استناد: عابدی کوپایی، ج؛ بنی طبا، ش؛ و درافشان، م.م (۱۴۰۵). 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

ناشر: دانشگاه گنبد کاووس.

© نویسندگان.

مقدمه

ارزیابی دقیق وضـــعیت منابع آبی هر منطقه در خصـــوص بهره‌برداری صـــحیح و توســـعه 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 دا شتن بیلان هر محدوده می‌توان با اتخاذ ت صمیم صحیح و مدیریت بر روی منابع آب آن منطقه، علاوه بر رفع نیاز فعلی در جهت تأمین، بهبود یا تو سعه شرایط موجود گام برداشت و در را ستای اهداف تو سعه عمرانی برای نیاز آیندگان نیز برنامه‌ریزی نمود (Ma et al., 2024).

بیلان، ترازنامه بین دا شته‌ها و بردا شت‌ها و در مورد منابع آب بین عوامل ورودی و عوامل خروجی آب در یک حو ضه آبریز، یک محدوده مطالعاتی و یا یک آبخوان در زمان معین اســـت (Gharari et al., 2024; Guyasa et al., 2024). عوامل ورودی و خروجی آب باید به دقت مدل‌ســـازی شـــوند؛ به عنوان مثال، مؤلفه‌های جریان ســـطحی 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 پتانســـیل‌های آبی یک منطقه اســـت و هدف از مدل نمودن بیلان آبی، پیش‌بینی رفتار آینده بر اســـاس داده‌های تاریخی اســـت که این مطالعه زیربنای تمامی طرح‌های هیدرولوژیک اســـت (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 ا ست، بیلان حالت تعادل را ن شان می‌دهد. ولی چنانچه تعادل بین این دو گروه موجود نبا شد و مجموع حجم عوامل خروجی (که بردا شت آب برای م صارف، مهم‌ترین آن ا ست) بیش از حجم عوامل ورودی با شد، بیلان آب متعادل نبوده و ا ضافه بردا شت از ذخایر ثابت آب به کمک عوامل ورودی می‌آید تا موازنه برقرار گردد؛ در این حالت بیلان را منفی می‌نامند. با برقراری بیلان، وضـعیت پتانسـیل آب در یک محدوده مطالعاتی یا آبخوان معلوم می‌شـود و بر اســـاس نتایج آن می‌توان امکان توســـعه بهره‌برداری از منابع آب را برآورد نمود و همچنین در محدوده‌های دارای بیلان منفی، چگونگی کنترل اضـــافه برداشـــت و تحلیل ریســـک را بررســـی 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 میســـر می‌شـــود، به‌عبارت‌دیگر با توجه به هدف (دســـتیابی به پتانســـیل آب در یک محدوده یا آبخوان) بایستی بیلان برای یک سال با و ضعیت متو سط محا سبه گردد. برخی از عوامل بیلان آب م ستقیماً قابل‌اندازه‌گیری و محا سبه اســـت. برخی عوامل با توجه به معلوم بودن عوامل دیگر و اطلاعات موجود از شـــرایط هیدرولوژی و هیدروژئولوژیک محدوده یا آبخوان تنها برآورد می‌شـــود. دانش مربوط به مطالعات بیلان منابع آب و اجزای مرتبط با آن می‌تواند تعاملات بین مؤلفه‌های منابع آب برای ارزیابی ارتباطات بین اجزا را برر سی نماید. حا صل این کار، پیش‌بینی روند فعلی و آینده منابع آب ا ست (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 گســـترده‌ای در ســـراســـر 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 (کتابچی و همکاران ۱۴۰۰، معصومی و همکاران ۱۴۰۱، رحیم زاده و همکاران ۱۴۰۱، علوی نیا و همکاران ۱۴۰۱، حاجی تلخابی و همکاران ۱۴۰۲، سلطانی و همکاران ۱۴۰۳و غضنفرپور و مردانی ۱۴۰۳) انجام‌گرفته 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 ۱۳۹۷-۱۳۹۶ است. همچنین میزان کسری بیلان مشخص‌شده 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 به‌صورت اختصاصی، بیلان در دوره یک‌ساله (۱۳۹۷-۱۳۹۶) انجام شده است.

مواد و روش‌ها

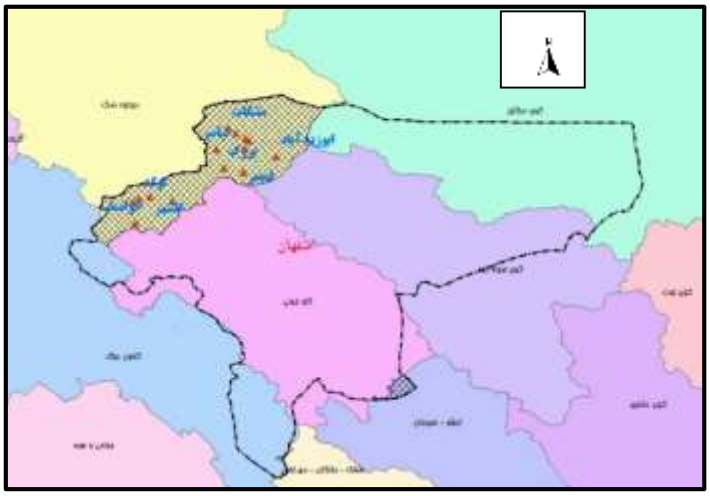
منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز دریاچه نمک یکی از حوضه‌های بسته ایران است که در تقسیم‌بندی حوضه‌های آبریز ایران، حوضه فرعی به‌شمارمی‌رود 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 می شود. حوضه آبریز دریاچه نمک به زیرحوضه‌های به شرح جدول ۱ تقسیم می شود. 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 قرارگرفته 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 قرارگرفته 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 مهم ترین رودخانه های این منطقه رودخانه شور، جاجرود، کرج، قره چای، قم رود را می‌توان نام برد. حداکثر رتبه رودخانه‌های موجود در حوضه ۶ است که متعلق به پایاب رودخانه‌های شور و قره چای است. مجموع طول آبراهه‌های موجود در این حوزه بالغ بر ۲۴۰۰۰ کیلومتر است که تراکم آبراهه‌ها حدود ۲۵۸ متر در کیلومترمربع است (مهندسین 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.

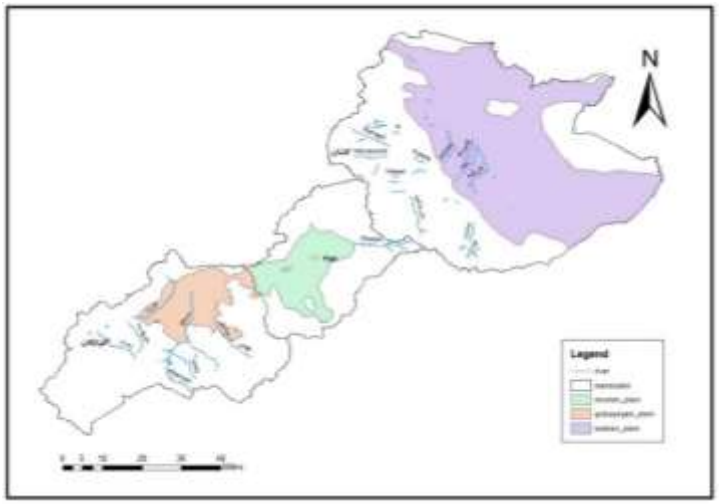
جدول۱- زیرحوضه‌های دریاچه نمک به تفکیک مساحت

نام اختصاری زیرحوضه	مساحت (کیلومترمربع)	تعداد زیرحوضه‌ها
رود شور	۲۳۷۴۶	۸
غرب دریاچه نمک (قم رود و قره چای)	۴۶۸۹۱	۴
کویر کاشان	۶۹۵۰	-
شرق دریچه 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



شکل۳- موقعیت و محدوده دشت و ارتفاعات سه قسمت کاشان، موته و گلپایگان

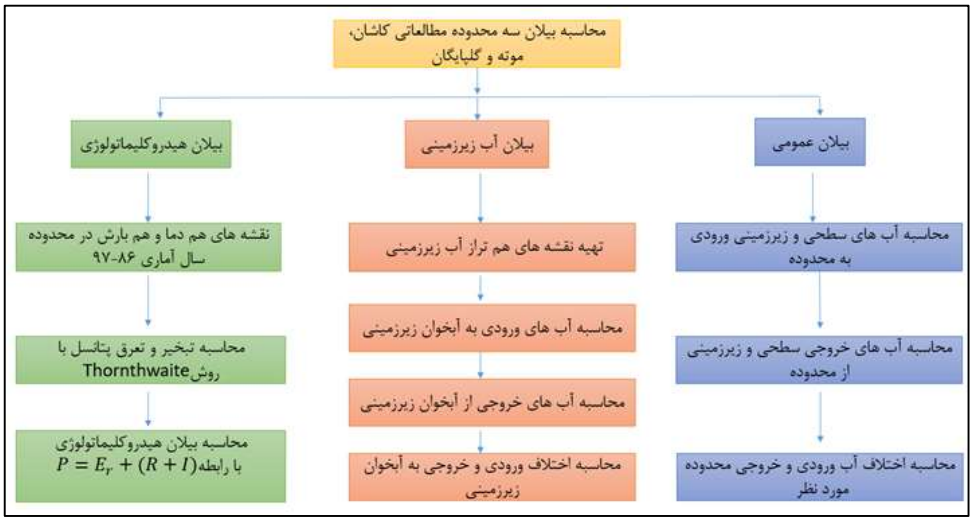
برای بررسی و مطالعه دقیق‌تر حوضه دریاچه نمک مطابق شکل ۳ این حوضه به سه قسمت تقسیم شده است (جدول ۲). تمامی موارد و تحقیقات در این سه بخش به‌صورت مجزا انجام شد و در نهایت بیلان در هر بخش محاسبه و کسری مخزن تعیین گردید.

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

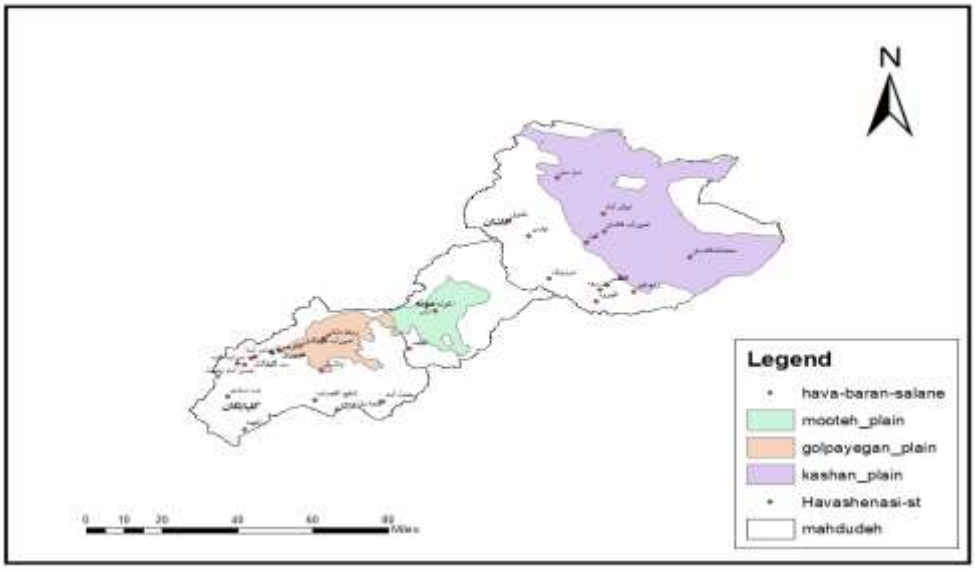
محدوده مطالعاتی	موقعیت نسبت به حوضه دریاچه نمک	حداکثر ارتفاع (متر)	حداقل ارتفاع (متر)	مساحت ارتفاعات (کیلومتر مربع)	مساحت دشت (کیلومتر مربع)	مهم‌ترین واحدهای مسکونی
کاشان	جنوب شرقی	۳۳۹۹/۸	۳۷۸۰/۳۶	۳۵۸۰	۷۵۱	کاشان، بیدگل،سفید شهر، ابوزید آباد، مشکات، قمصر، برزک، نیاسر، ارلن و نوش آباد
موته	انتهای جنوبی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

محاسبه بیلان

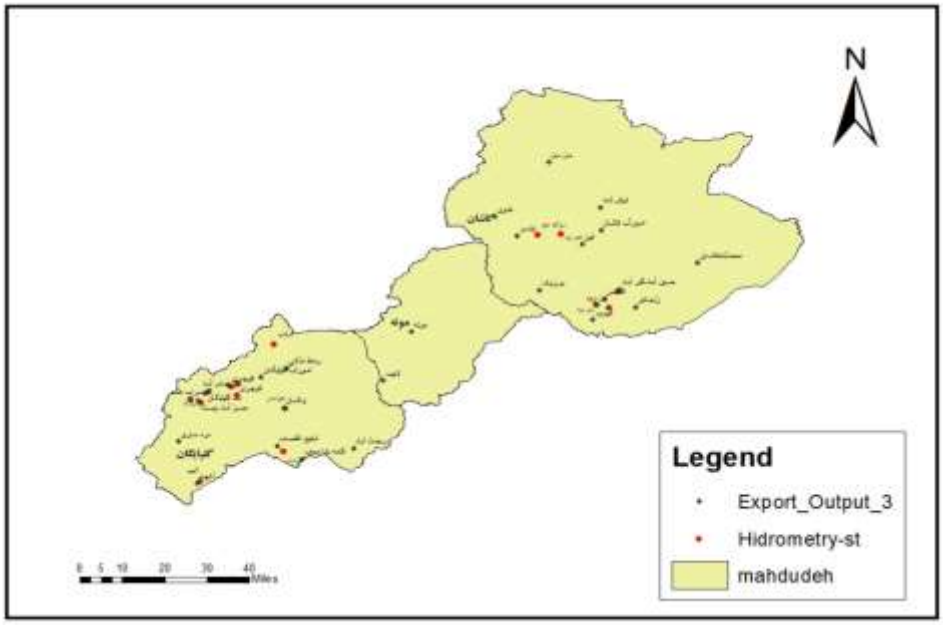
فلوچارت مورد استفاده در این پژوهش به‌صورت شکل۴ است. همچنین داده‌های استفاده‌شده در این پژوهش عبارت‌اند از داده‌های مربوط به ایستگاه هواشناسی، ایستگاه هیدرومتری و چاه‌های پیزومتری که موقعیت آن‌ها در محدوده موردنظر در شکل ۵، ۶ و ۷ نشان داده‌شده است.



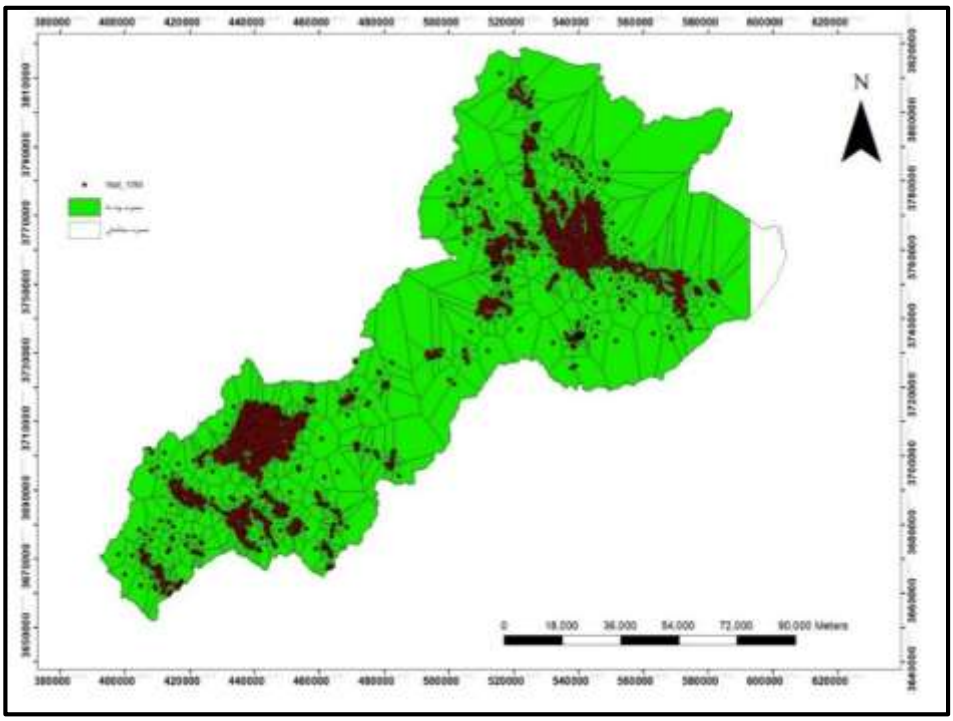
شکل۴- فلوچارت مورد استفاده در این پژوهش



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 صادرشده که طبق این دستورالعمل عوامل تأثیرگذار در بیلان مشخص‌شده و روش‌های اندازه‌گیری یا محاسبه شرح داده‌شده 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، موته 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 مشخص‌شده 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):

$$P = E_r + (R + I) \qquad (۱)$$

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 قابل‌اندازه‌گیری 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):

$$(Q_{in} + Q_{is}) - (Q_w + Q_{eg} + Q_d + Q_{out}) = \Delta V \qquad (۲)$$

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، موته 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):

$$(P + Q_{rin} + Q_{gin} + Q_{im} + Q_{ru}) - (Q_{er} + Q_{es} + Q_{eg} + Q_{us} + Q_{rout} + Q_{gout} + Q_{ex}) = (\Delta V_s + \Delta V_g) \qquad (۳)$$

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.

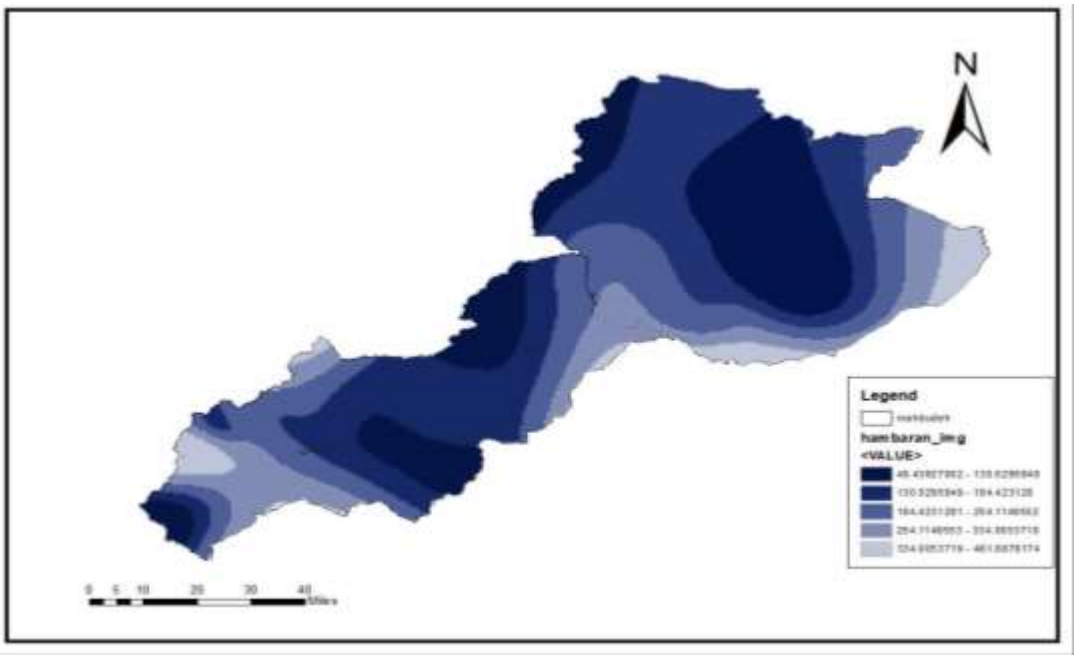
اطلاعات بیشتر در مورد هر کدام از بیلان ها و نحوه محاسبه ی آنها را می توان در دستورالعمل محاسبه بیلان از سوی شرکت اب منطقه‌ای استان اصفهان (دفتر مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۹۰و مهندسین مشاور آبخوان، ۱۳۹۲) پیدا کرد.

نتایج و بحث

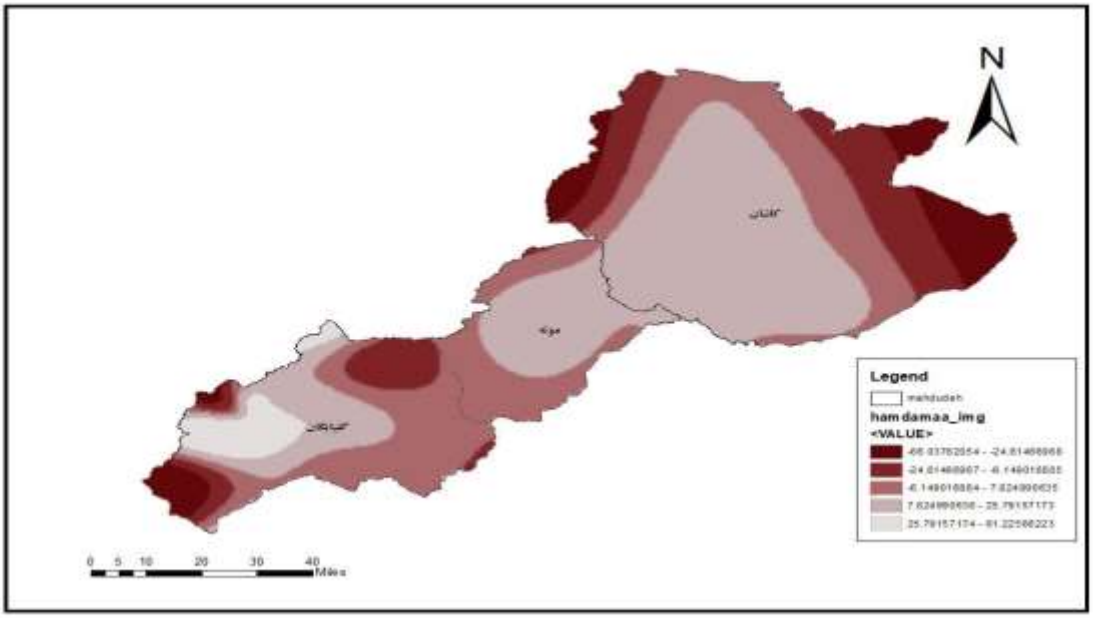
نتایج حاصل از محاسبه بیلان هیدروکلیماتولوژی

با توجه به دستورالعمل بیان شده نقشه‌های هم‌دما و هم بارش در سال‌های آماری مختلف رسم شده و برای تهیه بیلان، مورداستفاده قرار گرفته است. شایان ذکر است که نقشه‌های هم‌دما و هم بارش سال آماری ۹۷-۹۶ در هر سه منطقه در شکل‌های ۸ و ۹ نشان داده شده است. با توجه به رابطه تورنثویت 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 شکل های ترسیم شده، بخش های مرکزی سه محدوده کاشان، موته 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 میلی‌متر درنظرگرفته‌شده است و بیلان و محاسبات بر این مبنا 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)		تبخیرتعرق پتانسیل (mm)		بارندگی (mm)		ذخیره رطوبت خاک (mm)		بارندگی مفید (mm)		تبخیر تعرق واقعی (mm)	
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	۰/۷۴	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	۰	۱۱/۴۱	۵/۰۳	۳/۵۰
بهمن	۵/۵۹	۲/۳۲	۷/۲۴	۴/۶۴	۱۴/۳۳	۲۳/۳۳	۲۳/۰۸	۲۵	۰	۱۸/۶۸	۷/۲۴	۴/۶۴
اسفند	۱۰/۷۰	۶/۰۸	۱۹/۷۶	۱۶/۲۷	۱۸/۳۸	۲۵/۸۶	۲۱/۷	۲۵	۰	۹/۵۹	۱۸/۳۸	۱۶/۲۷
فروردین	۱۵/۶۸	۱۰/۱۲	۳۵/۷۲	۳۱/۶۳	۲۴/۵۰	۳۹/۴۴	۱۰/۴۸	۲۵	۰	۷/۸۱	۲۴/۵۰	۳۱/۶۳
اردیبهشت	۲۱/۳۸	۱۵/۲۴	۵۷/۷۲	۵۳/۹۴	۱۷/۴۶	۲۹/۷۱	۰	۰/۷۷	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- بیلان هیدروکلیماتولوژی محدوده کاشان به تفکیک دشت و ارتفاعات

ناحیه	وسعت	حجم بارندگی سطح	تبخیرتعرق 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 موته به تفکیک دشت و ارتفاعات

پارامتر	متوسط دما (°C)		تبخیرتعرق پتانسیل (mm)		بارندگی (mm)		ذخیره رطوبت خاک (mm)		بارندگی مفید (mm)		تبخیر تعرق واقعی (mm)	
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	۰	۴/۵۶	۱/۹۵	۰/۰۵
اسفند	۵/۶۳	۴/۶۹	۱۲/۹۴	۱۲/۶۷	۲۱/۱	۱۸	۵۷/۸۱	۷۰	۰	۵/۳۳	۱۲/۹۴	۱۲/۶۷
فروردین	۱۰/۱۴	۹/۶۴	۲۸/۷۶	۳۱/۶۵	۳۸/۴۴	۴۴/۳۱	۶۷/۴۹	۷۰	۰	۱۲/۶۶	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 موته به تفکیک دشت و ارتفاعات

ناحیه	وسعت	حجم بارندگی سطح	تبخیرتعرق 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)		تبخیرتعرق پتانسیل (mm)		بارندگی (mm)		ذخیره رطوبت خاک (mm)		بارندگی مفید (mm)		تبخیر تعرق واقعی (mm)	
ماه	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات
مهر	۱۴/۴۵	۱۵/۷۴	۵۳/۰۶	۵۸/۲۶	۳/۷۱	۵/۶۴	۰	۰	۰	۰	۳/۷۱	۵/۶۴
آبان	۸/۴۱	۹/۰۱	۲۶/۷۴	۲۸/۵۷	۳۶/۱۹	۵۴/۴۱	۹/۴۵	۲۵/۸۴	۰	۰	۲۶/۷۴	۲۸/۵۷
آذر	۲/۹۸	۳/۰۹	۷/۱۷	۷/۲۸	۳۰/۰۴	۴۶/۴۳	۳۲/۳۱	۶۴/۹۹	۰	۰	۷/۱۷	۷/۲۸
دی	۰/۴۶	۰/۸۳	۰/۶۷	۱/۳۶	۲۷/۱۰	۳۷/۱۰	۵۸/۷۴	۷۰	۰	۳۰/۷۴	۰/۶۷	۱/۳۶
بهمن	۱/۶۷	۱/۶۴	۳/۴۵	۳/۲۴	۱۸/۹۴	۳۲/۹۶	۷۰	۷۰	۴/۲۴	۲۹/۷۲	۳/۴۵	۳/۲۴
اسفند	۵/۷۹	۵/۶۸	۱۶/۶۴	۱۵/۸۳	۲۲/۹۳	۳۳/۱۹	۷۰	۷۰	۶/۲۹	۱۷/۳۶	۱۶/۶۴	۱۵/۸۳
فروردین	۹/۸۰	۹/۷۷	۳۲/۴۲	۳۱/۶۶	۴۳/۲۵	۵۷/۰۱	۷۰	۷۰	۱۰/۸۳	۲۵/۴۱	۳۲/۴۲	۳۱/۶۶
اردیبهشت	۱۴/۸۱	۱۴/۳۴	۵۴/۷۵	۵۱/۷۳	۲۷/۶۳	۳۶/۷۶	۴۲/۸۵	۵۵/۰۳	۰	۰	۲۷/۶۳	۳۶/۷۶
خرداد	۲۰/۴۰	۲۰/۲۲	۸۲/۱۵	۸۰/۲۵	۱/۲۴	۲/۵۱	۰	۰	۰	۰	۱/۲۴	۲/۵۱
تیر	۲۴/۸۷	۲۴/۶۴	۱۰۵/۵۵	۱۰۳/۳۴	۱/۹۵	۱/۷۱	۰	۰	۰	۰	۱/۹۵	۱/۷۱
مرداد	۲۴/۳۲	۲۴/۵۱	۱۰۲/۶۳	۱۰۲/۶۶	۰/۱۲	۰/۴۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۲	۰/۴۰
شهریور	۲۰/۲۷	۲۱/۲۶	۸۱/۴۵	۸۵/۵۹	۳/۲۲	۳/۵۸	۰	۰	۰	۰	۳/۲۲	۳/۵۸
سالانه	۱۲/۳۵	۱۲/۴۹	۵۶۶/۷۵	۵۶۹/۸۰	۲۱۶/۳۸	۳۱۱/۷۷	*	*	۰	۰	۱۲۴/۹۶	۱۳۸/۵۴

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

ناحیه	وسعت	حجم بارندگی سطح	تبخیرتعرق 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 و۱۷/۵ درصد بارندگی مفید است که با توجه به شرایط دشت از۸۷/۵ 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 حدود۶۴/۸ درصد تبخیر تعرق و ۳۲/۲ درصد بقیه برابر ۲۴۶/۸ میلیون مترمکعب بارندگی مفید است. این درحالی 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 به‌صورت بارندگی مفید بوده است، همچنین در ارتفاعات نیز میزان تبخیر بیشتر از بارندگی مفید بوده است.

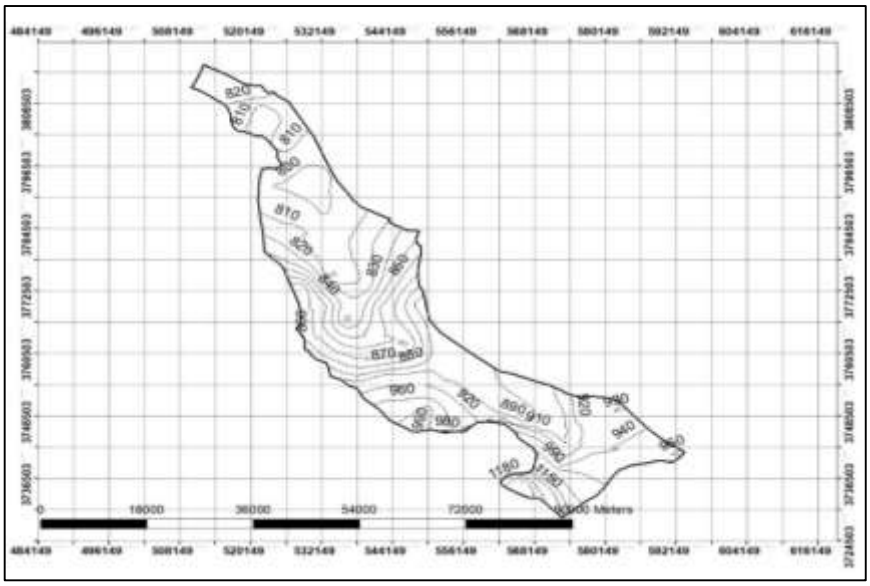
مطابق با جدول‌های ۵ و ۶، از ۱۱۴/۹ میلیون مترمکعب حجم بارش در دشت موته ۶۱/۷درصد تبخیر و تعرق و ۳۸/۳ درصد بارندگی مفید است که با توجه به شرایط دشت از۴۴ میلیون مترمکعب بارندگی مفید، حدود ۷۵ درصد نفوذ می‌نماید و ۲۵درصد

بقیه جریان سطحی در دشت است، از۲۹۱/۷ میلیون مترمکعب حجم بارش در ارتفاعات حدود ۵۵/۵ درصد تبخیر تعرق 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.

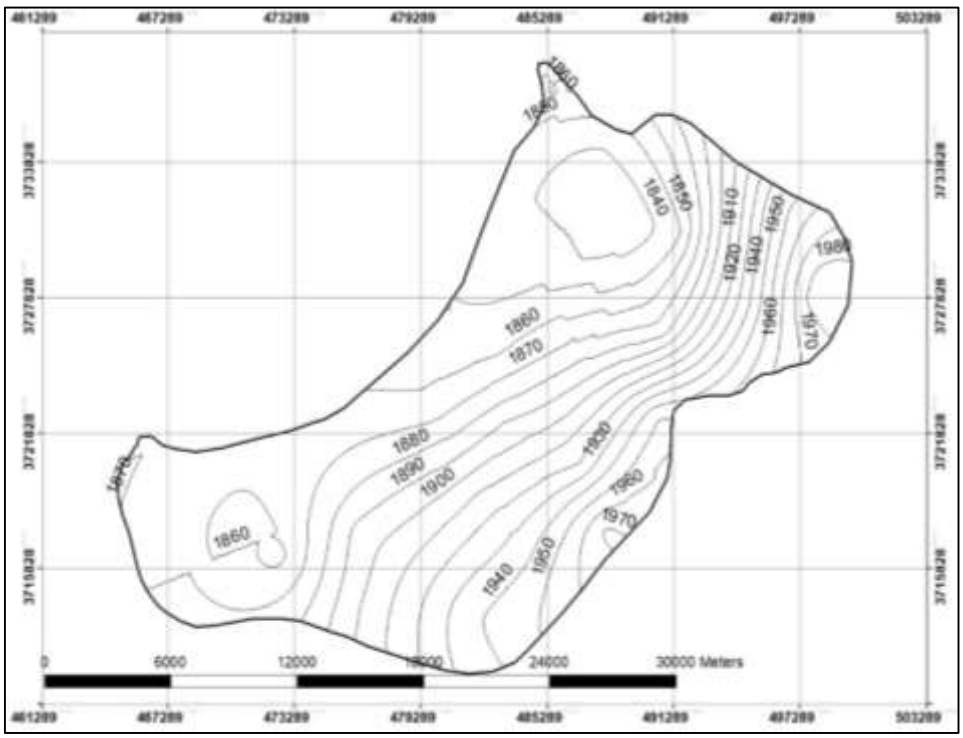
براساس جدول‌های ۷ و ۸، از۱۳۶/۴ میلیون مترمکعب حجم بارش در دشت گلپایگان ۵۷/۸ درصد تبخیر و تعرق و۴۲/۲ درصد بارندگی مفید است که با توجه به شرایط دشت از ۵۷/۶ میلیون مترمکعب بارندگی مفید حدود ۷ درصد نفوذ می‌نماید و ۲۵ درصد بقیه جریان سطحی در دشت است، از ۸۹۶/۳ میلیون مترمکعب حجم بارش در ارتفاعات حدود ۴۴/۴ درصد تبخیر تعرق 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 تعرق و ۱۷ درصد بارندگی مفید است درصورتی که از ۱۰۲۹/۴ میلیون مترمکعب حجم بارش در ارتفاعات تنها ۶۹ درصد تبخیر و ۳۱ درصد بقیه بارندگی مفید است. ازآنجاکه 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 نقشه های هم تراز رسم شده در سه محدوده مورد مطالعه هیچ ورودی از آب های 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. درنهایت بیلان آب زیرزمینی را می‌توان در سه محدوده مطابق جدول ۱۰ محاسبه نمود.



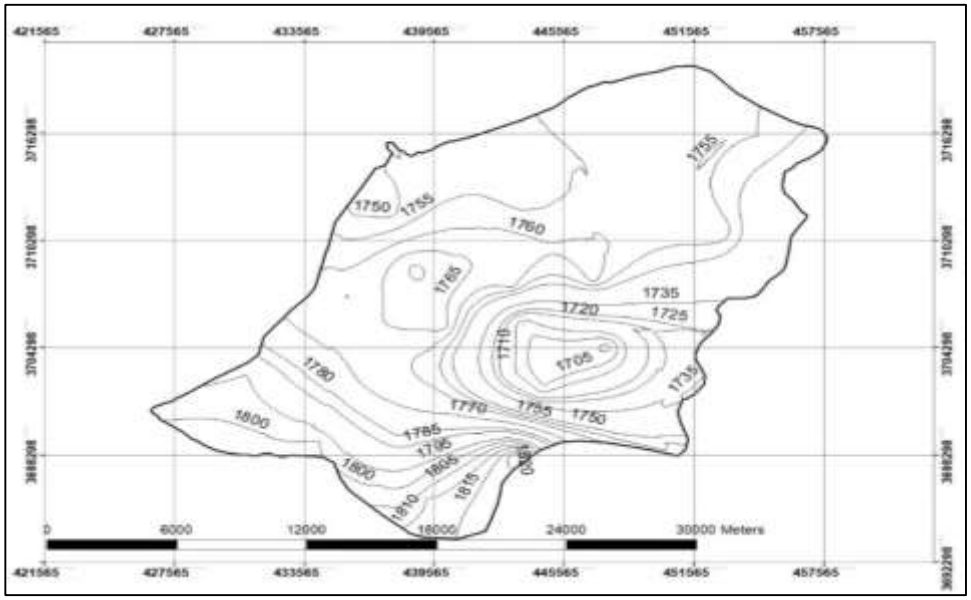
شکل ۱۰- خطوط هم تراز اب زیرزمینی در محدوده آبخوان کاشان



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

جدول ۹- میزان آب برگشتی در محدوده های مطلعاتی

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



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 ۱۷/۲۳میلیون 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

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

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 یا 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.

جدول۱۱- بیلان عمومی در سه محدوده مطالعاتی

محدوده		کاشان	موته	گلپایگان
ورودی (بارندگی)	دشت	۵۰۲/۱۴	۱۱۴/۹۱	۱۳۶/۴۰
	ارتفاعات	۷۰۱/۴۰	۲۶۵/۶۸	۸۹۶/۳۰
	جریان سطحی ورودی	۰	۰	۰
	جریان زیرزمینی ورودی	۰	۰	۰
	آب‌های انتقالی به محدوده	۱۰/۷۰۹	۰	۰
	مجموع	۱۲۱۴/۲۲	۳۸۰/۵۹	۱۰۳۲/۷۰

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

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 انجام‌شده است. بر اساس تحقیقات انجام‌شده 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 آب های 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 به‌تبع 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 محاسبه‌شد 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 موته 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 پیش‌بینی‌شده 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 درنتیجه کاهش ذخیره آب زیرزمینی در سه محدوده کاشان، موته 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 تحت‌فشار. 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 تأسیات 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 معمولا زمان‌بر بوده و با یک سال تاخیر مورد استفاده قرارخواهدگرفت. با توجه به پژوهش حاضر، با پیش بینی و تطویل داده های خام هواشناسی در سال های 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، درصورتی‌که مدیریت منابع و مصارف به دقت انجام نگردد، کشاورزی و صنعت به‌طورکلی به سمت اضمحلال خواهد رفت.

منابع

بیاتی، س. ۱۳۹۶. ارزیابی بیلان آب توزیع‌شده با استفاده از مدل WetSpass-M (مطالعه موردی: حوزه آبخیز ونک). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مهندسی آب. دانشگاه شهرکرد، ایران.

حاجی تلخابی، ق.، همتی، م.، حجابی، س. ۱۴۰۲. ارزیابی هیدرولوژیکی و هیدرولیکی انتقال آب از تونل کانی سیب 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.، ربانی ها، ح.، پارسی نژاد، م. ۱۴۰۳. بررسی تأثیر رطوبت خاک لایه زیر ناحیه ریشه چغندرقند بر میزان جذب آب در سه بافت خاک مختلف. رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط‌زیست. ۳(۲): ۱۶۱-۱۷۳.

علوی نیا، ح.، ساداتی نژاد، 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.، جلیلوند، ا. ۱۴۰۰. برآورد بیلان منابع آب زیرزمینی در یک آبخوان با برداشت بی رویه واقع در اقلیم خشک ایران. تحقیقات آب و خاک ایران. ۶ (۳): ۱۵۴۳-۱۵۵۶.

معصومی، م.، وائلی، ع.، کریمی، غ.، بوالحسنی، ک.، کلانی، ا.، انصاری، ح. ۱۴۰۱. مدل سازی منابع و مصارف منابع آب حوضه های آبریز از طریق پیاده سازی حکمرانی داده در رصدخانه آب و انرژی (مطالعه موردی: پیاده سازی 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، موته و گلپایگان). گزارش سازمان آب منطقه ای 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 WetSpass-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.

Gebru, 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 errestrial 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.