Original Article

Journal of Aquifer and Qanat

Autumn And Winter 2024, Vol. 4, No. 2, pp 149-160

10.22077/jaaq.2024.7435.1070

Comparison of The Exploitation Methods of Zamkan Dam Water Leakage from an Economic Point of View

Ahmadreza Karimi ✉

PhD Student, Department of Earth Science, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.
✉Corresponding Author: Arvinmiralizadeh@gmail.com

Received:
17 March 2024

Accepted:
09 May 2024

Published:
19 March 2024

Keywords:

Aquifer,
Zemkan Dam,
Engineering economics,
Water resources management,
Kermanshah.

Extended abstract

Introduction

After the construction and impoundment of the Zamkan dam, water leakage was observed through the left abutment at a rate of approximately 225 liters per second. Therefore, due to concerns about the development of water transmission channels and potential damage to the dam structure, impoundment was stopped at an elevation of 1532 meters. To prevent water leakage, a dam curtain was designed. Hence, considering the high cost of the dam curtain, this study proposed a less expensive alternative project. This involved diverting leaked water from the dam to a channel designed and constructed to transfer water to downstream agricultural lands. The final cost of implementing and maintaining this project was calculated, which proved to be more economically viable than building a dam curtain.

Materials and Methods

Regarding the proposed alternative to the dam curtain, the costs of all operational parameters were calculated. These costs include excavation, injection, and project supervision. The total cost for implementing the dam curtain is calculated as nearly 278,000,000,000 Tomans by managers and engineers of the water organization of Kermanshah province.

Cite this article: Karimi, A.R (2024). Comparison of The Exploitation Methods of Zamkan Dam Water Leakage from an Economic Point of View. *Journal of Aquifer and Qanat Title*, 4 (2), 149-160. DOI: http//doi.org/10.22077/jaaq.2024.7435.1070

Copyright: © 2024 by the authors. Licensee Journal of Aquifer and Qanat. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Material and method

Study Area

The proposed alternative project includes the cost of transferring leaked water from downstream to a reservoir and pumping water towards agricultural lands. The implementation and supervision costs for this project were calculated for 50 years. The result, with an investment of approximately 76,000,000,000 Tomans in a bank and utilizing the interest for project supervision and ancillary costs, covers the total implementation and supervision costs of this project, which is more economically viable.

According to the previous studies it should be considered that water leakage after dewatering the leakage does not harm the stability of the dam.

Result

The total cost of the water curtain to prevent the leakage of the Zamkan Dam is estimated to be about 278 billion Tomans. To optimize the costs of using Zamkan Dam leakage water, an alternative project was proposed in this research. Water can be transferred into a tank and pumped from the tank into the water transfer channel to the downstream agricultural lands. The amount of initial investment required for the second project is equivalent to 19,596,000,000 Tomans and 77,000,000,000 Tomans for investment in the bank to pay for the operation and maintenance of the water transfer project during the project (in total, 000/000 97/596/000 Tomans). The cost of implementing the project proposed in this study is about 180 billion Tomans less than the implementation of the waterproof curtain project. Finally, from the economic and management point of view, the implementation of the project proposed in this study (implementation of the leaking water collection and pumping system) is more suitable than the implementation of the waterproof curtain project. It should be noted that the implementation of the second project will be efficient if the water leakage from the dam is constant at the normal level and does not increase (as a result of the increase in the lake water level, clay is not washed away in the joints and karst cracks, paleo-karst at a level higher than There was no experienced level of the dam and finally the increase in the amount of water leakage did not happen exponentially.

Conclusion

To optimize the costs of using Zamkan Dam leakage water, this study was conducted and an alternative project with a much lower cost was proposed. As a final summary, it can be said that one of the things that should be considered along with other options for carrying out water projects and any other engineering project is their economic review and financial evaluation so that the most economical plan that is technically justified is implemented.

مقاله پژوهشی

مجله
آبخوان و قنات

دوره چهارم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۲، صفحات ۱۶۰ - ۱۴۹

10.22077/jaaq.2024.7435.1070

مقایسه روش‌های بهره‌برداری از نشت آب سد زمکان از دیدگاه اقتصادی

احمدرضا کریمی✉

دانشجوی دکتری، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

✉نویسنده مسئول: Ahmadrkarimi.ark@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۰
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۲/۲۹

کلیدواژه‌ها:
آبخوان،
سد زمکان،
اقتصاد مهندسی،
مدیریت منابع آب،
کرمانشاه.

چکیده

پس از احداث و آبگیری سد زمکان، در جناح چپ مخزن سد زمکان نشت آب از طریق تکیه‌گاه چپ به مقدار حدود ۲۲۵ لیتر در ثانیه مشاهده شد. لذا به لحاظ نگرانی از توسعه مجاری انتقال آب و آسیب احتمالی به سازه سد، آبگیری از تراز ۱۵۳۲ متر متوقف شد. پس از مطالعات تکمیلی ردیابی، نتیجه گرفته شد که مسیر نشت آب آسیبی به پایداری سد نمی‌رساند اما برای جلوگیری از نشت آب سد و استفاده از آن جهت مصارف کشاورزی، احداث پرده آب‌بند پیشنهاد شد. مطالعات شبیه‌سازی با هدف برآورد میزان نشت آب برای تراز نرمال انجام گرفت و مقدار آب نشتی در این تراز حدود ۷۰۰ لیتر در ثانیه برآورد گردید. هدف کنونی مدیران، اجرای پرده آب‌بند برای جلوگیری از نشت آب از سد می‌باشد. هزینه برآورد شده برای اجرای پرده آب‌بند، حدود ۲۷۸ میلیارد تومان می‌باشد. لذا در این مطالعه به لحاظ هزینه بالای پرده آب‌بند، یک پروژه جایگزین با هزینه کمتر پیشنهاد گردید. بدین گونه که آب نشتی از سد در پایین دست سد که در کف دره زهکشی می‌شود، به کانالی که جهت انتقال به اراضی کشاورزی پایین دست طراحی و اجرا گردیده، پمپاژ شود. هزینه نهایی اجرای این پروژه و نگهداری آن به مدت ۵۰ سال معادل ۹۷ میلیارد تومان محاسبه شد که از دیدگاه اقتصادی مقرون به صرفه تر از اجرای پرده آب‌بند می‌باشد. این پیشنهاد به شرطی قابل قبول است که میزان نشت آب سد در طول زمان ثابت بماند.

مقدمه

امروزه در سطح جهان و علی الخصوص در کشورهای پیشرفته، مدیریت و بهره برداری بهینه از منابع آب یکی از اصلی‌ترین مباحث به شمار رفته و منافع حاصل از آن ضرورت مطالعات و توجه بیشتر در این زمینه را توجیه می‌نماید (Fatahizadeh et al., 2015). این موضوع با توجه به اقلیم خشک و نیمه خشک کشور ایران، از اهمیت بیشتری برخوردار است. مدیریت منابع آب کشور، نقش مهمی در فرآیند توسعه پایدار کشور در حیطه‌هایی نظیر رشد اقتصادی، اعتلای سلامت جامعه، امنیت غذایی، توسعه پایدار منابع آب، حفظ محیط زیست و تأمین نیازهای پایه‌ای و اساسی انسان داراست (Khiabani et al., 2017). طی سال‌های اخیر در اثر تغییر اقلیم کره زمین و بروز خشکسالی ها و از طرفی افزایش جمعیت جهان مشکلاتی برای بشر در تأمین آب و غذای مورد نیاز به وجود آمده است (Razavi and Davary, 2014). امروزه خشکسالی و افزایش تقاضای آب، منابع آب زیرزمینی را با چالش مواجه کرده است (Pourhaghi et al., 2014) استفاده از آب موجود در سدها یکی از روش‌های مرسوم جهت مصارف شهری، کشاورزی و صنعتی است. از طرفی دیگر، مدیریت منابع آب از پیچیدگی خاصی برخوردار است. توجه به اهمیت آب به‌عنوان یک کالای اقتصادی و اینکه در آینده رقابت بین الملل و یا تعامل آن‌ها بر سر این کالای اقتصادی خواهد بود، لذا بهره برداری بهینه از این کالا از اهمیت بالایی برخوردار است. جهت برخورد صحیح با این مسئله و پاسخ‌گویی به نیازهای آیندگان و ادای دین، ضرورت حداکثر استفاده از این پتانسیل طبیعی و حیاتی امری اجتناب‌ناپذیر است. این امر جز با اجرای طرح‌های توسعه منابع آب شامل تأمین، ذخیره و انتقال آب‌های سطحی به محل‌های مصرف میسر نخواهد شد (Shahnazari, 2005). از این رو، مدیریت اقتصادی منابع آب و اجرای پروژه‌ها در چهارچوب اقتصاد مهندسی، از اهمیت بخصوصی برخوردار است.

با به‌کارگیری اقتصاد مهندسی، ارزش‌گذاری قیمت آب و مقایسه اقتصادی انجام دو یا چند پروژه توسط محققانی چون Damelin et al. (1972)، Draper et al. (2003)، Mansouri and Ghiasi (2002)، Darouich et al. (2014)، Javanmardi and Azaditabar (2003)، Moshfeghian (2014)، Hashemizadeh (2005)، Shahnazari (2018)، Ghadami-firouzabadi et al. (2024)، Jafari et al. (2024)، Sahabifard et al. (2024)، Khosravi (2024) و Ahani et al. (2024) مورد تحقیق قرار گرفته است.

نشت از محدوده سدها در مناطق مختلف دنیا به‌ویژه در نواحی کارستی گزارش گردیده است (Milanovic, 2004). یکی از روش‌های متداول جهت آب‌بندی سدها، اجرای پرده آب‌بند می‌باشد. پس از احداث سد بر روی رودخانه زمکان و آبگیری سد زمکان، نشت آب به مقدار حدود ۲۲۵ لیتر بر ثانیه مشاهده گردید (کریمی و کریمی ۱۴۰۰). برای مدیران و متخصصان نگرانی‌هایی از قبیل پایداری سد جهت افزایش نشت به صورت تصاعدی در تراز نرمال بوجود آمد، لذا آبگیری در تراز ۱۵۲۷ متر از سطح دریا متوقف شد. پیش‌بینی میزان نشت از سد برای تراز نرمال با استفاده از مدل MODFLOW-CFP انجام شد و مقدار نشت در تراز نرمال به میزان ۶۶۷ لیتر بر ثانیه تخمین زده شد. بر اساس مطالعات ردیابی جهت شناسایی مسیرهای جریان نشتی و سرعت حرکت آب زیرزمینی، نتیجه گرفته شد که مسیرهای نشت آسیبی به پایداری سد وارد نمی‌کند. جهت علاج بخشی نشت آب، پرده آب‌بند طراحی و پیشنهاد گردید. هدف از این پژوهش، محاسبه هزینه و مقایسه اقتصادی اجرای پرده آب‌بند جهت جلوگیری از نشت آب با پروژه‌ای جایگزین (اجرای سیستم جمع آوری آب نشت یافته در پایین دست سد و پمپاژ آب نشتی به کانال آبرسانی به اراضی کشاورزی که در پایین دست سد اجرا شده است) از دیدگاه اقتصادی است.

مواد و روش‌ها

۱- منطقه مورد مطالعه

ساختگاه سد زمکان در غرب استان کرمانشاه با مختصات ″۱۶ ′۱۹ °۳۴ طول شرقی و در ۶۰ کیلومتری غرب کرمانشاه و در فاصله حدود ۵ کیلومتری شهر گهواره قرار گرفته است. به لحاظ تقسیمات‌کشوری نیز محدوده طرح در دهستان گورانی از بخش گهواره در شهرستان دالاهو واقع شده

است. فاصله ساختگاه مورد بررسی از شهر اسلام‌آباد غرب ۷۵ کیلومتر است. راه دسترسی به محل ساختگاه سد از طریق شهر گهواره و از جاده خاکی که از تکیه‌گاه چپ سد می‌گذرد امکان‌پذیر است. گستره حوضه رودخانه زمکان در تقسیم‌بندی حوضه‌های آبریز در حوضه رودخانه سیروان قرار می‌گیرد که جزء رودخانه های مرزی کشور به شمار می‌رود. در شکل شماره ۱، موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به محل سد ارائه شده است.

شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه استان کرمانشاه و کشور.

Fig 1. Location of The Study Area on The Map of Kermanshah Province And The Country.

آب و هوای منطقه مدیترانه‌ای تا مرطوب با میزان بارش حدود ۴۸۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. بارش‌ها به صورت فصلی و در فصول بهار، پاییز و زمستان رخ می دهد. میزان دمای سالانه بین ۲۵- تا ۴۲+ متغیر است. روزهای یخبندان سالانه ۹۰ روز می‌باشد.

نتایج و بحث

همان گونه که ذکر شد، در بخشی از مخزن سد زمکان در خلیج موجود در تکیه‌گاه چپ، نشت آب اتفاق افتاد. به منظور شناسایی مطالعات مسیرهای نشت آب از مخزن سد، مطالعات ردیابی آب‌های زیرزمینی در محدوده نشت، که آثار آن به‌صورت ترک‌ها و حفره‌ای شبیه فرو چاله در دریاچه ایجاد شده بود توسط Karimi and Kaeimi (2021) صورت گرفت. مطالعات نشان داد که مسیرهای نشت با فاصله قابل توجهی (حدود ۱۰۰ تا ۳۰۰ متر) از تکیه‌گاه چپ سد صورت می‌گیرد و نشت آب آسیبی به پایداری سد نمی زند. از طرف دیگر، حداکثر ترازی که سد تاکنون آبگیری نموده ۱۵۳۲ متر بوده و تا آبگیری سد در تراز نرمال ۱۰ متر باقی مانده است. به منظور ارزیابی میزان نشت در تراز نرمال، مطالعات مدل‌سازی نشت آب از سد به کمک مدل MODFLOW-CFP توسط Karimi and Kaeimi (2021) به انجام رسید. حداکثر نشت قابل انتظار در تراز نرمال به‌وسیله مدل فوق، حدود ۶۶۷ لیتر در ثانیه پیش بینی گردید. با فرض آنکه نشت آب از تکیه‌گاه چپ ثابت باشد و در طول زمان افزایشی نباشد، دو گزینه جهت بهره برداری از سد از دیدگاه اقتصادی مطرح می‌گردد که در ادامه به شرح هر یک از گزینه‌ها و آنالیز اقتصادی آن‌ها پرداخته می‌شود.

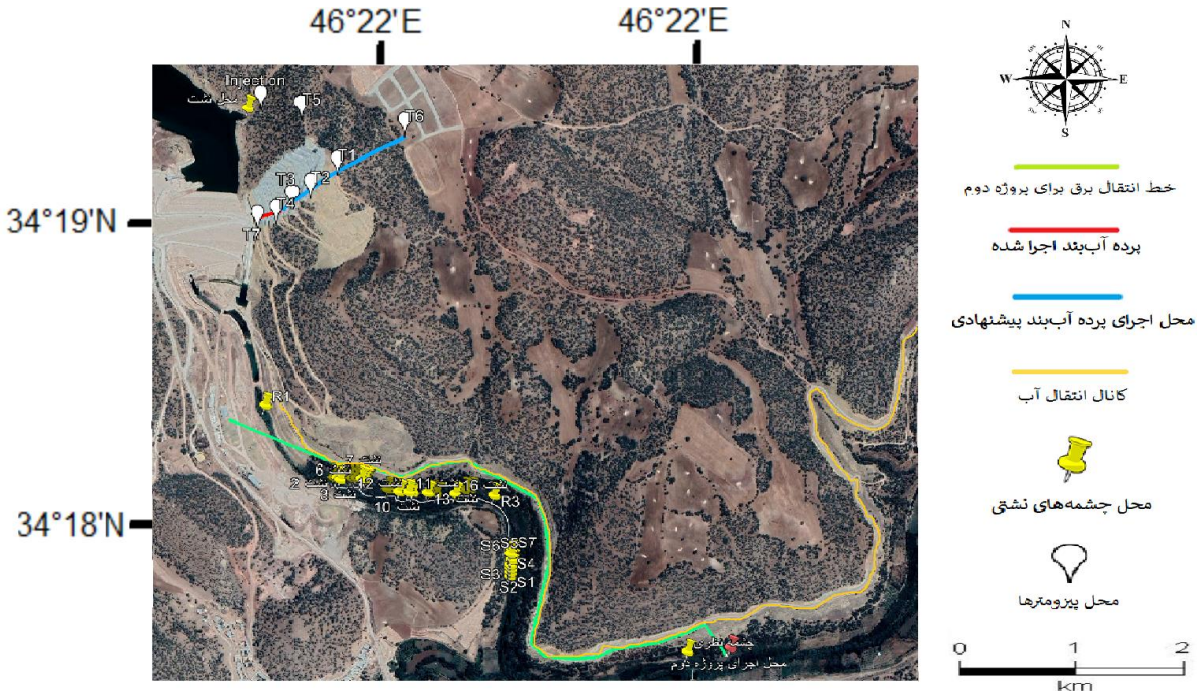
گزینه اول: اجرای پرده آب‌بند

گزینه اصلی که مد نظر مدیران و کارشناسان سد می باشد، اجرای پرده آب‌بند جهت جلوگیری از نشت آب سد در جناح چپ، ذخیره آب در مخزن سد و استفاده از آن در فصول خشک است. میزان آب ورودی در فصول‌تر و خشک (به غیر از مواقع سیلابی) بین ۰/۹ تا ۱/۵ مترمکعب در ثانیه در تغییر است. میزان حقابه اراضی کشاورزی پایین دست سد، ۲/۵ مترمکعب در ثانیه می باشد. اگر حداقل ورود آب به سد در بالادست در پنج ماه خشک سال که به آب ذخیره شده در سد جهت مصارف کشاورزی نیاز است، ۰/۹ مترمکعب در ثانیه در نظر بگیریم، با توجه به دبی بالادست ۱,۶ مترمکعب در ثانیه از آب سد کم می‌شود که در ۵ ماه خشک‌سال، مقدار ۲۰ میلیون مترمکعب آب از سد خارج می‌شود. با توجه به حجم مخزن که معادل ۲۳ میلیون مترمکعب می‌باشد، حجم آب باقی مانده در مخزن سد در پایان فصول خشک معادل حدود ۲ میلیون متر مکعب می باشد.

طول اجرای پرده آب‌بند طراحی شده جهت جلوگیری از نشت آب از سد حدود ۳۴۰ متر می‌باشد. پرده آب‌بند در داخل سازند تله زنگ که بخش‌هایی از آن آهکی بوده و فرار آب از داخل آن اتفاق می‌افتد اجرا می‌شود و انتهای پرده آب‌بند به سازند کشکان که سازندی نفوذ ناپذیر می‌باشد متصل می‌گردد. حفاری و تزریق پرده آب‌بند در این سد در دو قسمت پیشنهاد شده است (شکل ۲).

قسمت اول: حفاری یک تونل به طول حدود ۲۰۰ متر در امتداد گالری قبلی که برای اجرای پرده جناح چپ اجرا شده بود و سپس عملیات حفاری و تزریق پرده آب بند در داخل تونل (گالری). لازم به ذکر است که قبل از آبگیری سد، پرده آب‌بند به طول حدود ۹۰ متر در تکیه گاه چپ در داخل گالری اجرا شده است.

قسمت دوم: تداوم اجرای پرده آب‌بند از سطح زمین با عملیات حفاری و تزریق.

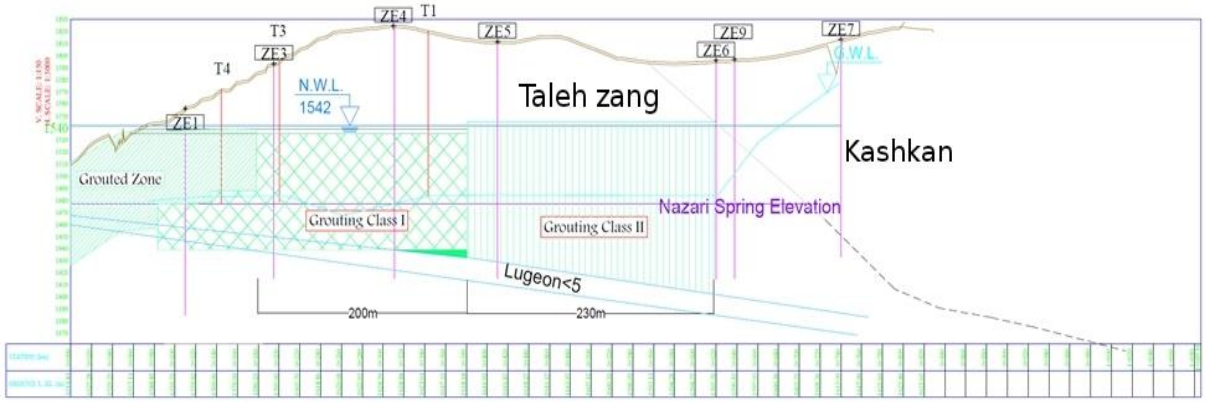


شکل ۲. محل پیشنهاد شده برای اجرای پرده آب‌بند جهت جلوگیری از نشت و محل پیشنهادی اجرای سیستم پمپاژ آب به درون کانال آبیاری.

Fig 2. The proposed Location For Implementing A Waterproof Curtain To Prevent Leakage And The Proposed Location For Implementing The Water Pumping System Into The Irrigation Channel.

یک مقطع عرضی از جزئیات اجرای پرده آب‌بند که در تکیه‌گاه چپ سد زمکان پیشنهاد گردیده در شکل ۳ نشان داده شده است.

هزینه اجرای پرده آب‌بند بر اساس فهرست بهای سال ۱۴۰۲ حدود ۲۷۸ میلیارد تومان برآورد شده است که در جدول ۱ قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۳. مقطع عرضی از جزئیات اجرای پرده آب‌بند که در تکیه‌گاه چپ سد زمکان شامل دو مرحله حفاری و تزریق از جمله: الف) پرده تزریق مرحله اول شامل ۳ ردیف حفاری و تزریق از سمت گالری به طول ۲۰۰ متر، عمق پرده ۱۰۰ متر، (ردیف مقاومت) ۱۰۰ متر - تراز کف: ۱۴۳۵ متر. ب) پرده تزریق مرحله دوم شامل ۱ ردیف از سطح زمین به طول ۳۰۰ متر - عمق پرده: متغیر- ارتفاع کف: متغیر.

Fig 3. Cross-section of The Details of The Implementation of The Watertight Curtain In The Left Abutment of The Zamkan Dam, Including Two Stages of Drilling And Injection, Including A) The Injection Curtain of The First Stage Includes 3 Rows of Drilling And Injection From The Gallery Side, 200 Meters Long, The Depth of The Curtain Is 100 Meters. (The Resistance Row) 100 Meters - Floor Level: 1435 Meters. B) The Injection Curtain of The Second Stage Includes 1 Row From The Ground Level With A Length of 300 Meters - Curtain Depth is variable - Floor Height is variable.

جدول ۱. محاسبه هزینه‌های انجام پروژه اول (اجرای پرده آب‌بند سد).

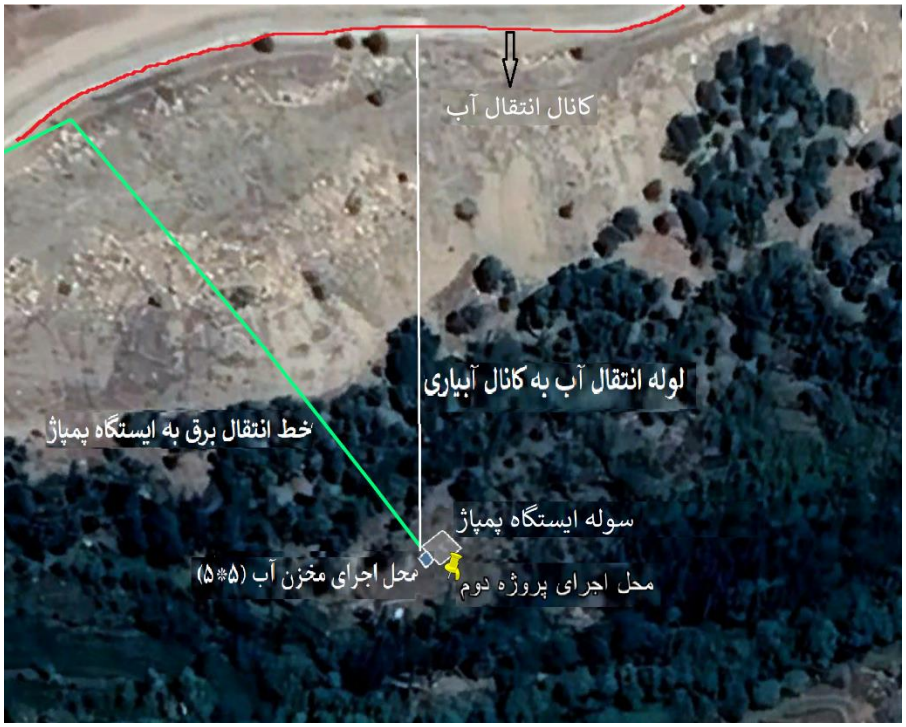
Table 1. Calculating costs of the first project (the construction of the dam water curtain).

ردیف Row	عنوان Title	مبلغ (تومان) Cost (Toman)
1	ابنیه Buildings	1.680.404.871
2	تأسیسات برقی Electrical installations	2.289.797.240
3	تأسیسات مکانیکی Mechanical installations	1.972.720.223
4	راه، راه آهن و باند فرودگاه Roads, railways and runways	1.004.526.803
5	سدسازی Dams	251.260.960.013
6	آبیاری تحت فشار Under pressure irrigation	468.782.726
7	توزیع نیروی برق Electricity distribution	3.464.014.830
	تجهیز و برچیدن کارگاه به‌طور مقطوع Equipping and disassembling the workshop in pieces	15.970.510.000
	جمع Total	278.111.716.708

گزینه دوم: بهره برداری از آب نشت یافته

در گزینه دوم بنا بر این است که از آب‌های نشت یافته از سد در پایین دست سد به‌صورت یک سامانه جمع آوری با احداث یک بند و یک سیستم پمپاژ در فاصله حدود یک کیلومتری پایین دست سد (که آخرین نشت از آنجا تخلیه می‌گردد) مورد بهره برداری قرار گیرد. این گزینه به شرط عدم افزایش نشت در تراز نرمال و ثابت بودن دبی نشت پیشنهاد گردیده است.

در شکل‌های ۲ و ۴ محل پیشنهادی اجرای سامانه جمع آوری و سایت پمپاژ آب به درون کانال انتقال آب به اراضی پایین دست (که در حال حاضر اجرا گردیده) نشان داده شده است. لازم به ذکر است که آب‌های نشت یافته در حدود ۴۰ متر پایین‌تر از تراز کانال اجرا شده به مسیر طبیعی رودخانه تخلیه می‌گردند. آب نشتی که در پایین دست سد در کف دره زهکشی می شود، در یک سامانه بند انحرافی جمع آوری شده و با احداث یک سیستم پمپاژ، به درون کانال انتقال آب به اراضی پایین دست پمپاژ شده و به پایین دست جهت آبیاری زمین‌های کشاورزی به صورت ثقلی منتقل می شود. لازم به ذکر است که اراضی مورد نظر که قرار است با آب سد زمکان آبیاری شود در ارتفاعی بالاتر از تراز آب‌های نشت یافته از سد قرار دارند و امکان آبیاری آن‌ها با آب‌های نشت یافته به‌صورت ثقلی وجود ندارد.



شکل ۴. محل پیشنهادی اجرای مخزن و سایت پمپاژ آب و خط انتقال آب به درون کانال انتقال آب.

Fig 4. The Proposed Location of The Tank Is The Water Pumping Site and The Water Transmission Line Into The Irrigation Channel.

مشخصات فنی طرح پیشنهادی در گزینه دوم بدین شرح است: اختلاف بار هیدرولیکی بین کف دره (که نشت آب جریان دارد و سیستم جمع آوری و پمپاژ در حاشیه رودخانه طراحی می‌شود) و کانال انتقال آب به اراضی پایین دست که آب به درون آن پمپاژ می‌شود حدود ۴۰ متر و فاصله بین محل پمپاژ و کانال انتقال آب حدود ۱۰۰ متر است. لذا اختلاف بار هیدرولیکی بین مخزن پمپاژ و کانال ۴۵ متر (۵ متر جهت افت هد در طول مسیر) در نظر گرفته شده است. فاصله از محل سایت سد تا محل پیشنهادی اجرای طرح حدود ۲ کیلومتر می‌باشد؛ در نتیجه ۲ کیلومتر خط انتقال برق نیز برای تأمین برق پمپاژ پروژه در نظر گرفته شده است.

هزینه‌های اجرای گزینه دوم (ایجاد کانال انتقال آب و مخزن در حاشیه دره رودخانه و احداث یک سوله جهت ایستگاه پمپاژ به‌همراه تأسیسات برقی و مکانیکی مربوطه جهت پمپاژ آب نشتی به درون کانال موجود جهت انتقال آب به اراضی کشاورزی) شامل یک سری

هزینه‌های اولیه جهت ساخت و یک سری هزینه‌های نگهداری در طول زمان بهره برداری می‌باشد. جدول هزینه‌های اولیه و نگهداری این طرح در جدول ۱ نمایش داده شده است. از آنجایی که عمر مفید سد ۵۰ سال است و ۶ سال از احداث سد (سال ۱۳۹۶) می گذرد، هزینه‌های نگهداری پروژه برای ۴۴ سال محاسبه شده است.

جدول ۲. محاسبه هزینه‌های اولیه اجرای پروژه دوم (سیستم پمپاژ آب‌های نشت یافته به داخل کانال انتقال آب).

Table 2. Calculation of The Initial Costs of The Implementation of The Second Project (Pumping System of Leaked Water Into The Irrigation Channel).

عنوان Title	هزینه (تومان) Cost (Toman)
خرید ملک شخصی جهت اجرای پروژه Purchase of personal property for the implementation of the project	1.000.000.000
کابل برق (۲۰۰۰ متر) Electric cable (2000 meters)	2.000.000.000
ترانس Trans	1.000.000.000
لوله جهت انتقال آب از مخزن به کانال Pipe to transfer water from the tank to the channel	1.000.000.000
پمپ (چهار عدد، ۲۵۰ کیلووات) Pump (four, 250 kW)	4 × 1.000.000.000 = 4.000.000.000
نقشه‌برداری، طراحی و ژئوتکنیک (حدود ۵٪ هزینه کل پروژه) Mapping, design and geotechnics (about 5% of the total project cost)	700.000.000
نظارت (۱۰٪ هزینه کل پروژه) Supervision (10% of the total project cost)	1.470.000.000
ارزش افزوده (۹٪ هزینه کل پروژه) Added value (9% of the total project cost)	1.456.000.000
بیمه (۶٪ هزینه کل پروژه) Insurance (6% of the total project cost)	970.200.000
هزینه کل اجرای پروژه The total cost of the project	19.596.000.000

با توجه به اینکه طرح ارائه شده دوم در طول زمان بهره برداری هزینه‌های نگهداری و بهره برداری علاوه بر هزینه‌های اولیه دارد، محاسبه آن‌ها نیز لازم می‌باشد. این هزینه‌ها شامل خرید مجدد پمپ (عمر مفید پمپ های خریداری شده با انجام سرویس‌های دوره‌ای ۱۵ سال می‌باشد)، سرویس‌های دوره‌ای پمپ‌ها (سه ماهه)، هزینه برق و هزینه‌های جانبی مثل (سوختن پمپ‌ها، سرقت کابل برق و تعمیر مخزن و لوله) می‌باشد. با توجه به اینکه سیستم پمپاژ فقط ۷ ماه در طول سال مورد استفاده و بهره برداری قرار می‌گیرد، عمر مفید پمپ‌ها به حدود ۲۳ سال افزایش یافته و بعد از اجرای پروژه فقط یک بار نیاز به تعویض پمپ‌ها است. جدول ۲ هزینه‌های نگهداری و بهره برداری گزینه دوم را نشان می‌دهد.

جدول ۳. محاسبه هزینه‌های نگهداری و بهره برداری پروژه دوم.

Table 3. Calculation of Maintenance and Operation Costs of The Second Project.

هزینه (تومان) Cost (Toman)	عنوان Title
(14.000.000+1.000.000) ×4×1.2 =72.000.000	هزینه برق + مصارف جانبی (مثل کف کش) برای ماه‌های اردیبهشت، خرداد، مهر، آبان Electricity cost + ancillary costs (such as floor covering) for May, June, Mehr, November
(14.000.000+1.000.000) ×3=45.000.000	هزینه برق برای ماه‌های تیر، مرداد و شهریور Electricity cost for July, August and September
30.000.000×4=120.000.000	هزینه سرویس‌های دوره‌ای The cost of periodic services
100.000.000	هزینه‌های جانبی (برای هر سال) Ancillary costs (for each year)
12.000.000×12=144.000.000	هزینه نگهبان Guard costs
481.000.000	جمع هزینه‌های سالیانه (برای سال اول) Total annual expenses (for the first year)
593.000.000.000	جمع هزینه‌های سالیانه با احتساب نرخ بهره هر سال (برای کل زمان اجرای پروژه) Total annual costs including the interest rate each year (for the entire project implementation time)

با توجه به نرخ سود بانکی توسط بانک مرکزی که سالیانه ۱۸٪ می‌باشد، باید کلیه هزینه‌های بهره برداری و نگهداری مجموعه پمپاژ برای ۴۳ سال با لحاظ سود بانکی در هر سال محاسبه شود و با مبلغ هزینه اولیه اجرای پروژه جمع شود و سپس با هزینه‌های پروژه اجرای پرده آب‌بند مقایسه شود:

$$FV = PV(1+i)^n \rightarrow$$
$$FV = PV\ (F/P,\ 18\%,\ 43) \rightarrow \quad (۱)$$
$$FV = 481.000.000\ (1+18\%)^{43} =$$
$$481.000.000 \times 1233 = 593.000.000.000$$

کل هزینه‌های جانبی نگهداری در طول ۴۳ سال شامل ۵۹۳ میلیارد تومان و به طور میانگین در هر سال ۱۳,۷۹۳,۰۰۰,۰۰۰ تومان می‌باشد. اگر مبلغی را در بانک سرمایه‌گذاری کرد که ۱۸٪ از سود آن برابر این مبلغ باشد، تمامی هزینه‌های پروژه را تا سال چهل و سوم را پرداخت می‌کند. به عبارت دیگر اگر در ابتدای پروژه ۷۶,۶۲۷,۷۷۷,۸۰۰ تومان را با نرخ سود ۱۸٪ در بانک سرمایه‌گذاری کرد، کل هزینه‌های جانبی و نگهداری پروژه را در طول ۴۳ سال را پرداخت می‌کند. به‌عبارت دیگر، هزینه‌های معادل بهره برداری و نگهداری در زمان حال، معادل ۷۶,۶۲۷,۷۷۷,۸۰۰ تومان می‌باشد.

$$13/793/000/000 \times \frac{1}{0.18} = 76.627.777.800 \quad (۲)$$

نتیجه‌گیری

جمع هزینه‌های پرده آب‌بند جهت جلوگیری از نشت سد زمکان با فهرست بهای سال ۱۴۰۲ حدود ۲۷۸ میلیارد تومان برآورد شده است. جهت بهینه‌کردن هزینه‌های استفاده از آب نشتی سد زمکان، پروژه‌ای جایگزین در این تحقیق مطرح شد. بیلان ورودی و خروجی نشت شبیه

سازی شده در تراز نرمال سد (Karimi, 2023) با توجه به حقابه پایین دست محاسبه شد. از آنجا که شبیه‌سازی مقدار نشت در تراز نرمال سد حدود ۷۰۰ لیتر در ثانیه برآورد گردیده (Karimi, 2023) و نشت به پایداری سد آسیبی وارد نمی‌کند، می‌توان آب نشتی را رها کرد و در پایین دست سد در جایی که همه آب نشتی زهکشی می شود، آب به داخل یک مخزن منتقل و از مخزن به درون کانال انتقال آب به اراضی کشاورزی پایین‌دست پمپاژ شود. جمع سرمایه‌گذاری اولیه لازم برای پروژه دوم معادل ۱۹,۵۹۶,۰۰۰,۰۰۰ تومان و ۷۷,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ تومان سرمایه برای سرمایه‌گذاری در بانک جهت پرداخت هزینه های بهره برداری و نگهداری پروژه انتقال آب در طول پروژه می‌باشد (مجموعاً ۹۷,۵۹۶,۰۰۰,۰۰۰ تومان). هزینه اجرای پروژه پیشنهاد شده در این مطالعه حدود ۱۸۰ میلیارد تومان کمتر از پروژه اجرای پرده آب‌بند می‌باشد. نهایتاً از دیدگاه اقتصادی و مدیریتی، انجام پروژه مطرح شده در این مطالعه (اجرای سیستم جمع آوری و پمپاژ آب‌های نشت یافته) نسبت به پروژه اجرای پرده آب‌بند مناسب‌تر می‌باشد. لازم به ذکر است که انجام پروژه دوم در صورتی کارآمد خواهد بود که نشت آب از سد در تراز نرمال ثابت بوده و افزایشی نباشد (در اثر افزایش سطح آب دریاچه شسته شدگی رس در درز و شکاف‌های کارستی صورت نگیرد، پالئو کارستی در تراز بالاتر از تراز تجربه شده سد وجود نداشته و نهایتاً افزایش مقدار نشت آب به صورت تصاعدی اتفاق نیفتد.

به‌عنوان جمع‌بندی نهایی می‌توان عنوان کرد که یکی از مواردی که باید در کنار دیگر گزینه‌های انجام پروژه‌ای آبی و هر پروژه مهندسی دیگر مد نظر قرار گیرد، بررسی اقتصادی و ارزیابی مالی آن‌ها است که اقتصادی‌ترین طرحی که از نظر فنی توجیه دارد اجرا گردد.

منابع

Azaditabar, M., & Hashemizadeh, A. (2014). Petroleum engineering education and research in some Asian and Australian universities in comparison with Iran petroleum engineering educational program. *Iranian Journal of Engineering Education*, *15*(60), 47-69. doi: 10.22047/ijee.2014.459. [In Perasian].

Khiabani, N., Bagheri, S., & Bashiripour, A. (2017). Economic Requirements of Water Resources Management. *Journal of Water and Wastewater; Ab va Fazilab (in Persian)*, *28*(1), 42-56. doi: 10.22093/wwj.2017.39473. [In Perasian].

Razavi, S., & Davary, K. (2014). The role of virtual water in water resource management. *Journal of Water and Sustainable Development*, *1*(1), 9-18. doi: 10.22067/jwsd.v1i1.34544. [In Perasian].

Shahnazari, E. (2005). *Identification and analysis of effective factors in the implementation of agricultural water resources development plans in Kurdistan province*, Master's thesis. Faculty of Geology, Kordestan University, Kordestan, Iran. [In Persian].

Fatahizadeh, A., Yaori, Gh., Mahmoudi, A., and Fatahizadeh, Z.. (2015). *An economic evaluation of the construction of the Simreh dam on the income of farmers and ranchers of Badre city*. International conference on new research in management, economy and accounting. [In Persian].

Ghadami-firouzabadi, A., nosrati, A., Dehghanisanij, H., jafari, A., & Bahramloo, R. (2018). Technical and economical comparison of two irrigation systems, tape and furrow irrigation and different levels of nitrogen on yield, water use efficiency of garlic product. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, *12*(2), 283-292. . [In Persian].

Karimi, A. (2023), *Investigating the rate of water leakage from the Zamkan Dam abutment using mathematical modelling*, Master's Thesis, Faculty of Geology, Kharazmi University, Tehran, Iran. [In Persian].

Karimi, H, Karimi, A. (2021). *Colour tracking studies in the left abutment of Zamkan dam, regional water of Kermanshah province*. Study plan of Ilam University, Ilam, Iran. [In Persian].

Mansouri, M., & Ghiasi, A.. (2002). Estimation of Irrigation Water Cost Price at Reservoir Dams, Using Engineering Economic Approach A Case Study of Bukan, Mahabad And Barun Reservoirs. Eqtesad-E Keshavarzi Va Towse'e, 10(1 (37)), 171-192. [In Persian].

Nabizadeh-Zavalpirani, M., Amirnezhad, H., & Shanazari, A. (2018). .Estimating the Cost of Water and the Economic Value of Water in the Farmlands Covered by Man-Made Ponds: A Case Study of the Alborz Project Area in Iran. *International Journal of Agricultural Management and Development*, *1(8)*, 35-46. [In Persian].

Jafari, A. M., Ghadami Firouzabadi, A., Solgi, M., Zarei, G., & Shanazi, K. (2024). Economic Valuation of Water in Agricultural Sector of Hamedan Province, Iran. *Journal of Water Research in Agriculture*, *37*(4), 369-383. doi: 10.22092/jwra.2024.361754.1004 .[In Persian].

Sahabifard, F. Z., Shahnazari, A., & sadeghi, S. (2024). Increasing the productivity of agricultural water under the optimization scenario of water resource allocation using the algorithm (NSGA-II)

A comparison focussing on water saving and economic returns using multicriteria analysis applied to cotton. *Biosystems Engineering*, *122*, 74-90.

Draper, A. J., Jenkins, M. W., Kirby, K. W., Lund, J. R., & Howitt, R. E. (2003). Economic-engineering optimization for California water management. *Journal of water resources planning and management*, *129*(3), 155-164.

Javanmardi, J., & Moshfeghian, M. (2003). Energy consumption and economic evaluation of water desalination by hydrate phenomenon. *Applied thermal engineering*, *23*(7), 845-857.

Milanovic, P. (2004). *Water resources engineering in karst*. CRC press.

Pourhaghi, A., Akhondali, A.M., Radmanesh, F., & Pourhaghi, A., Akhondali, A. M., Radmanesh, F., & Mirzaee, S. (2014). Manage the Groundwater Sources Exploration of the Nourabad Plain in the Drought Conditions with MODFLOW Modeling. *Journal of Irrigation of Science and Engineering*, *37*(2), 71-82.

(case study: Tajen basin of Mazandaran province). *Water and Irrigation Management*, (), -. doi: 10.22059/jwim.2024.369097.1122 .[In Persian].

Khosravi, R., bafkar, A., & Azari, A. (2024). Evaluation of sustainable agriculture indicators in the west of Iran based on Water, Food and Energy Nexus. *Iranian Water Researches Journal*, *18*(1), -. doi: 10.22034/iwrj.2023.14391.2529 .[In Persian].

Ahani, E., Ziaee, S., Mohammadi, H., Mardani Najafabadi, M., & Mirzaee, A. (2024). Evaluation and Simulation of The Water Footprint of Agricultural Products In Climate Change Scenarios: a Case Study of Kashf Roud Basin. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *34*(1), 287-304. Doi: 10.22034/Saps.2023.10042.2911. [In Persian].

Damelin, E., Shamir, U., & Arad, N. (1972). Engineering and economic evaluation of the reliability of water supply. *Water Resources Research, 8(4)*, 861-877.

Darouich, H. M., Pedras, C. M., Gonçalves, J. M., & Pereira, L. S. (2014). Drip vs. surface irrigation: