

راهکارهای مقابله با کم آبی، در دو استراتژی مدیریت منابع آب و استحصال از منابع جدید خلاصه می شود. حساسیت بهره برداری از منابع آب زیرزمینی به لحاظ اجتماعی، فنی و اقتصادی بیش از سایر منابع آبی می باشد [۶]. در مناطق خشک غالباً تنها راه تامین آب برای مصارف مختلف، استفاده از منابع آب زیرزمینی است. کمبود منابع آب زیرزمینی از یک سو و برداشت بی رویه و غیرعلمی از سوی دیگر و افزایش روزافزون نیازهای مرتبط با رشد جمعیت، جوامع علمی را به بازنگری و ارائه راهکارهای مناسب در خصوص مدیریت بهره برداری از سفره های آب زیرزمینی و ایجاد منابع جدید یا مخازن تجدیدشونده در دشت های کشور ملزم ساخته است [۳]. استفاده از سدهای زیرزمینی به عنوان سازه هایی که قادرند جریان های آب زیر زمینی را مسدود کنند و باعث ایجاد منابع آب جدید در منطقه و جلوگیری از هدررفت آب با کیفیت به کویرها گردند، در مناطق خشک توصیه می شود [۹]. در مقایسه با سد سطحی، سد زیرسطحی، دارای این مزیت است که باعث غوطه ور شدن زمین نمی شود و در برابر شکست محافظت شده و همچنین تلفات تبخیر مخزن پایین است [۴].

امینی زاده برزنجانی [۲]، در تحقیقی به بررسی سد خاکی زیرزمینی کندر کهنوج، به عنوان الگویی مناسب جهت کاهش اثرات خشکسالی، پرداخت. نتایج نشان داد که سد مذکور قابلیت پمپاژ ۸/۵ لیتر در ثانیه، در طی ۱۰ ساعت در روز را دارا می باشد. همچنین امکان تجمع روستاهای پراکنده منطقه کندر در قالب شهرک، رساندن خدمات رفاهی به آنها و نیز امکان استفاده از آب مازاد، جهت احداث فضای سبز یا مصارف صنعتی و شرب دام را فراهم می آورد.

صالحی [۱۲] اثرات اقتصادی اجتماعی طرح های پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی استان اصفهان را مورد ارزیابی قرار داد. نتایج نشان داد که نرخ بازده داخلی این طرح ها با در نظر گرفتن حداقل و حداکثر درآمدهای حاصل از فعالیت های کشاورزی به ترتیب ۱۸ و ۳۶ درصد می باشد. ایسهدا و همکاران [۵]، در ژاپن، پروژه ای را برای آبیاری، متشکل از دو سد زیرسطحی به پایان رساندند. آنها در تحقیقی در محل این پروژه به بررسی و ارزیابی تاثیر سدهای زیرزمینی در کنترل آلودگی نیتروژن پرداختند. قبل از اجرای طرح، غلظت نیتروژن نترات در حدود ۱۰ میلی گرم در لیتر برای آب آشامیدنی منطقه بود که دلیل آن استفاده بیش از حد از کود در مزارع نیشکر بود. نتایج نشان داد که پس از احداث سدهای زیرزمینی در صد نیتروژن به ۲ میلی گرم در لیتر رسید و ثابت ماند.

بررسی اقتصادی سد زیرزمینی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز میل سفید)

محمدرضا فاضل پور عقدانی^۱، فریبا زکی زاده^۲ و محمدتقی دستورانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۲۹

چکیده

با توجه به شرایط خشک و کم باران و تبخیر بالا در استان یزد، ذخیره سازی آب های سطحی دارای توجیه فنی و اقتصادی نمی باشد. لذا استفاده از سدهای زیرزمینی در مناطقی که آب زیرقشری مناسب وجود داشته باشد، از شیوه های مطمئن و اقتصادی می باشد. در این تحقیق سد زیرزمینی احداث شده (سنگ و سیمانی) در حوزه آبخیز میل سفید شهرستان اردکان، با هدف ایجاد منبع آب جدید برای تامین نیازهای کشاورزی منطقه و روستای خراق، که در پایین دست منطقه مورد مطالعه قرار دارد، از لحاظ اقتصادی بررسی شد. هزینه های کل احداث سد ۸۸۷۷۶۵۶۳۰ ریال محاسبه گردید. سود حاصل از طرح نیز به ازای دبی ۴۲ مترمکعب در روز در سال مبنای برابر ۲۱۴۶۲۰۰۰۰ ریال محاسبه گردید. با توجه به عمر مفید ۵۰ ساله طرح، شاخص سود به هزینه، برای ۵ سال اول بهره برداری محاسبه گردید که نشان دهنده این بود که در سال پنجم هزینه های طرح مستهلک شده و اقتصادی بودن طرح توجیه می شود. قیمت هر مترمکعب آب استحصالی در طول عمر سد ۱۱۵۸ ریال بدست آمده که نسبت به قیمت امروزی آب (۱۴۰۰۰ ریال) بسیار اقتصادی می باشد. فاکتور تاثیر دیواره سد نیز ۱۲/۶۷ بدست آمد که با محدودیت های زمین شناسی و ژئومورفولوژیکی و نیاز آبی منطقه قابل توجیه است.

واژه های کلیدی: اردکان، بررسی اقتصادی، حوزه آبخیز میل سفید، خراق، سد زیرزمینی.

مقدمه

۱- دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

۳- دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد

* نویسنده مسئول: fazelpoor_reza@yahoo.com

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز میل سفید یکی از زیرحوزه‌های حوزه آبخیز خرائق، واقع در مختصات جغرافیایی $33^{\circ} 06' 54''$ تا $54^{\circ} 01' 25''$ طول شرقی و $31^{\circ} 27' 32''$ تا $32^{\circ} 15' 06''$ عرض شمالی می‌باشد. این حوزه نیز خود به دو واحد هیدرولوژیک تقسیم می‌شود. مساحت کل حوزه مورد مطالعه $33/178$ کیلومتر مربع می‌باشد. طول آبراهه اصلی $11/4$ کیلومتر بوده و حداکثر ارتفاع حوزه 2945 متر و حداقل آن 1690 متر از سطح دریا است. متوسط بارندگی سالانه منطقه بر اساس بارندگی ایستگاه‌های همجوار $171/3$ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه $13/3$ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. اقلیم منطقه بر اساس تقسیم‌بندی کوپن، خشک و سرد می‌باشد. از لحاظ زمین‌شناسی، عمده‌ترین تشکیلات شامل شیل، ماسه‌سنگ و آهک، متعلق به ژوراسیک و کرتاسه می‌باشند و در برخی مناطق تشکیلات مارن‌های ژیبس‌دار و قرمز نئوژن وجود دارد. همچنین واحدهای رسوبی و آبرفتی شامل تراس‌های آبرفتی، مخروط افکنه‌ها و آبرفت‌های سیلابی که به صورت ناپیوسته بر روی تشکیلات قدیمی‌تر قرار گرفته‌اند نیز مشاهده می‌شود. در حوزه آبخیز مورد مطالعه، مزارع مسکونی شامل مزرعه حاجی، مزرعه علی شمسی، ساربان و قاسم آباد وجود دارد. تعداد ۳ خانوار با جمعیت ۶ نفر به صورت دائم در این منطقه سکونت دارند. اراضی کشاورزی منطقه حدود $1/5$ هکتار می‌باشد. عمده محصولات منطقه، انار، بادام، هویج و پیاز می‌باشد. موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ (الف) نشان داده شده است.

موقعیت و مشخصات سد زیرزمینی احداث شده

سد زیرزمینی اجرا شده در خروجی واحدهای هیدرولوژیک منطقه، در آبراهه اصلی و در پایین‌دست روستای میل سفید به موقعیت $56^{\circ} 22' 32''$ عرض شمالی و $48^{\circ} 37' 54''$ طول شرقی می‌باشد (شکل ۱ الف). هدف از اجرای طرح، ایجاد منبع آب جدید در خروجی حوزه، به منظور استفاده برای کشاورزی منطقه و حتی بخش خرائق که در حدود ۱۵ کیلومتری جنوب شرقی این حوزه واقع شده است، می‌باشد. شکل ۱ (ب) و (ج)، به ترتیب محل اجرای طرح و کار را در حین اجرا نشان می‌دهد.

این سد به صورت سنگ و سیمان با خاکبرداری در محل و پس از برخورد با سنگ کف بستر ایجاد شده است. حجم مخزن سد (آبرفت) 16800 مترمکعب، ضریب تخلخل آن ۲۵ درصد و پتانسیل ذخیره جریان زیرسطحی 4200 متر مکعب می‌باشد. آب استحصالی از این سد به صورت ثقلی، توسط لوله گذاری در بدنه سد و با شیر کنترل، در راستای شیب، در محلی به فاصله 300 متر از سد، در پایین دست مورد کنترل و استفاده قرار می‌گیرد.

در این تحقیق با استفاده از دوربین نقشه برداری و در حین اجرای کار (مقطع زمانی ۴ ماهه)، مقطع عرضی محل احداث سد برداشت گردید. همچنین کلیه مقاطع خاکبرداری نظیر محل احداث سد و

مغربی و برومند [۷]، به بررسی سدهای زیرزمینی با تاکید بر مروری بر پروژه‌های انجام شده و بررسی پتانسیل آن‌ها در ایران پرداختند. آن‌ها به تاریخچه سد زیرزمینی و مزایای آن نسبت به سدهای سطحی اشاره نمودند. همچنین به بررسی اهداف ساخت سدهای زیرزمینی، طراحی سدهای زیرزمینی، نحوه ساخت آن‌ها و نمونه‌های انجام شده در ایران پرداختند و به این نتیجه رسیدند که سدهای زیرزمینی با توجه به هزینه پایین، روش ساخت آسان و ذخیره بهداشتی، مزایای بسیاری نسبت به سدهای سطحی دارند و با توجه به آب و هوای خشک و نیمه‌خشک ایران، روش به صرفه و ساده، استفاده از سدهای زیرزمینی می‌باشد. آندر و بیلماز [۱۰]، در مطالعه‌ای، به بررسی سد زیرزمینی به عنوان ابزاری برای توسعه پایدار و مدیریت منابع آب زیرزمینی، پرداختند. در این مطالعه، دو آبخوان یکی فرضی و دیگری واقعی در نظر گرفته شد. برای ارزیابی عملکرد و تجزیه و تحلیل تاثیر سد زیرزمینی بر رفتار آب از شبیه‌سازی عددی استفاده شد. به همین منظور از کد کامپیوتری MODFLOW از USGS استفاده شد. نتایج نشان داد که سدهای زیرزمینی یک ابزار بسیار مفید برای افزایش قابل ملاحظه ذخیره‌سازی سفره‌های آب زیرزمینی و همچنین راهی موثر برای کنترل آب‌های زیرزمینی می‌باشند. مرآتی و همکاران [۸] به بررسی سد زیرزمینی منطقه ایبورد پرداختند. آن‌ها پس از مطالعات میدانی و ژئو الکتریک منطقه و مکان‌یابی بهترین گزینه برای احداث سد و تعیین نحوه اجرا، با استفاده از نرم افزار مدل بهینه، مصرف سد را تعیین نمودند. پس از مدل‌سازی، نرخ آب برای مصارف کشاورزی ۱۵ مترمکعب در روز پیشنهاد گردید و نشان داده شد که با احداث این سد از آلودگی آب جلوگیری می‌شود و امکان استفاده مجدد از آب کشاورزی مناطق بالادست فراهم می‌گردد. ایواردچی و همکاران [۱۱]، تحقیقی با عنوان مدل‌سازی سد زیرزمینی به عنوان ابزاری برای برنامه‌ریزی در مناطق نیمه خشک، در منطقه بیسکرا^۱ در الجزایر انجام دادند. نتایج نشان داد که ساخت سد سطحی، در مناطق نیمه‌خشک می‌تواند مشکلات زیادی ایجاد کند. از این رو، احداث سد زیرزمینی در این منطقه، بهترین راه حل مشکل تامین آب عنوان شد.

در استان یزد با توجه به بارندگی کم و توزیع نامناسب آن، همچنین تبخیر زیاد، محدودیت منابع آب زیرزمینی چه از نظر کمیت و چه از نظر کیفیت وجود دارد لذا در مناطقی که شرایط برای احداث سد زیرزمینی مناسب باشد، اجرای آن ضمن ایجاد منابع آب جدید و با کیفیت، موجب بهره‌برداری بهینه و رونق اقتصادی می‌گردد. سد زیرزمینی در سال ۱۳۹۱، در حوزه آبخیز میل سفید اردکان، واقع در استان یزد، با هدف ایجاد منبع آب جدید در خروجی حوزه به منظور مصارف کشاورزی منطقه و حتی بخش خرائق که در حدود ۱۵ کیلومتری جنوب شرقی این حوزه واقع شده است، احداث گردید. در این مطالعه، طرح مذکور از لحاظ اقتصادی بررسی گردیده است.

مواد و روش‌ها

1. Biskra

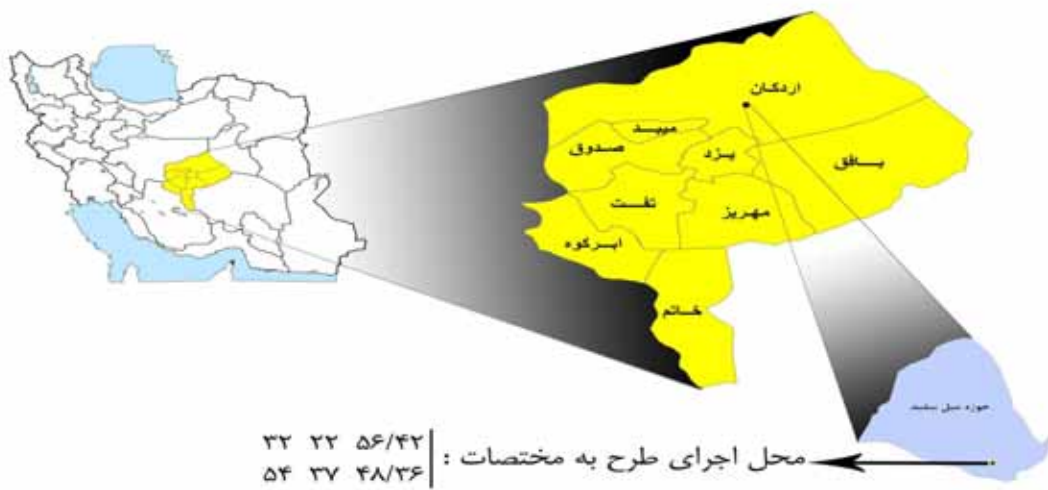
همچنین کلیه اطلاعات ثبت شده از بازدیدها و اندازه گیری‌های صحرائی پردازش گردید. بدین صورت که اطلاعات حاصل از پروفیل‌های برداشت شده توسط دوربین نقشه برداری در محیط نرم‌افزاری اتوکل، به صورت نقشه‌های مقطع عرضی آبراهه، مقطع طولی و عرضی سد، مقطع طولی و عرضی کانال انتقال آب و مقطع طولی و عرضی خشکه‌چین و فیلترریزی تبدیل گردید.

در شکل‌های ۳ و ۴ به ترتیب مقطع عرضی سد و مقطع عرضی محل اجرای آن نشان داده شده است. بدین وسیله حجم کلیه عملیات احداث سد محاسبه گردید. با بدست آمدن حجم عملیات مختلف، با استفاده از فهرست‌بهای آبخیزداری و با در نظر گرفتن نرخ تورم و سایر فاکتورهای دخیل، میزان کل هزینه اجرای سد زیر زمینی محاسبه شد. جهت بررسی اقتصادی طرح نیاز به تعیین سود طرح نیز می‌باشد.

کانال انتقال آب کدبرداری شد. در خصوص بدنه اصلی سد که به صورت سنگ و سیمان اجرا گردید، اندازه گیری‌های مربوطه جهت تعیین ابعاد و حجم سد مرحله به مرحله انجام شد. عملیات انتقال آب و لوله گذاری نیز با جزئیات کامل ثبت گردید.

همچنین مشخصات سایر عملیات انجام شده نظیر کول گذاری برای چاه‌های اندازه گیری در بالادست و دسترسی به شیر فلکه در پایین دست، اجرای خشکه‌چین و فیلترریزی در مخزن سد و خاکریزی پس از اتمام عملیات ثبت گردید. در شکل ۲ نقشه توپوگرافی منطقه احداث سد و موقعیت خود سد نشان داده شده است.

حجم مخزن با احداث چاه اکتشافی در بالادست سد و همچنین فرض برابر بودن شیب کف بستر با شیب آبراهه و با توجه به ارتفاع مفید سد و محاسبه برگشت آب، در نرم‌افزار اتوکل محاسبه گردید.



الف: موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان یزد



ج: نمایی از احداث سد زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه



ب: محل اجرای سد زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه

شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و محل احداث سد زیرزمینی

به این ترتیب، تعیین میزان آب استحصالی، در حین کار با استفاده از روش زمانی (ارتفاع آب جمع شده در سطح مشخص مخزن در طول زمان)، در برداشت‌های مختلف و پس از اتمام سد به صورت حجمی، با استفاده از تانکر ۷۰۰۰ لیتری، به صورت روزانه انجام گردید. جهت تعیین اقتصادی بودن طرح، از شاخص سود به هزینه در سال مینا (۱۳۹۱) و در طول عمر مفید سد (۵۰ سال) و همچنین قیمت هر متر مکعب آب استحصالی استفاده شد. فاکتور تاثیر یا همان نسبت حجم مخزن به سطح سد نیز محاسبه گردید.

نتایج و بحث

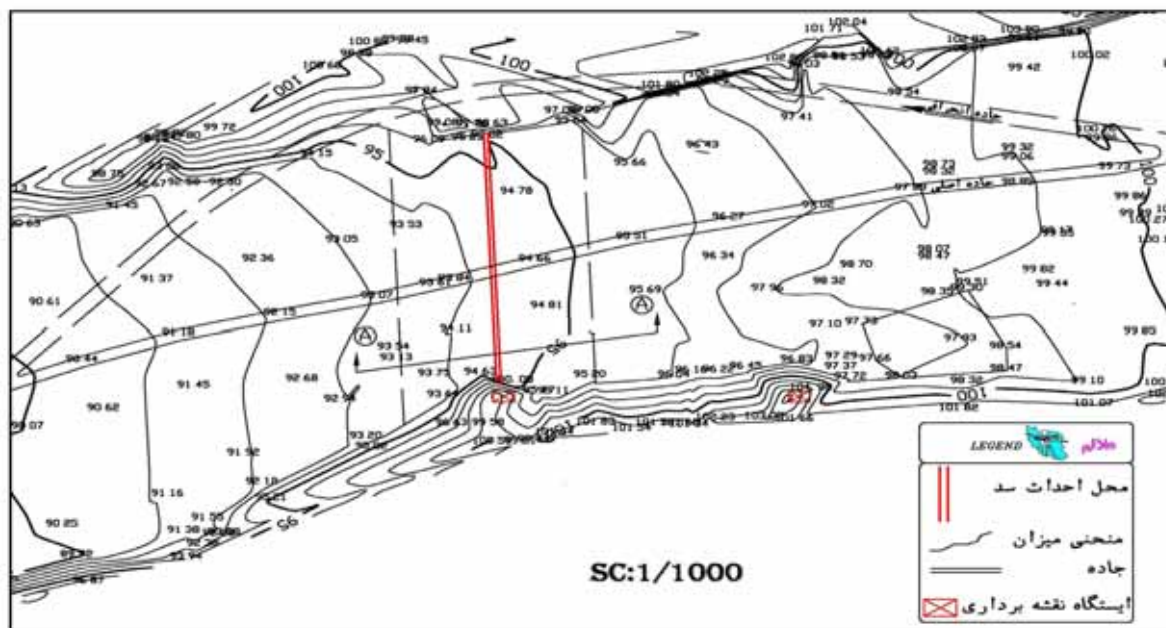
هزینه‌های محاسبه شده: هزینه احداث سد به میزان ۸۸۷۷۶۵۶۳۰ ریال محاسبه گردید که در جدول ۱، به تفکیک مراحل مختلف نشان داده شده است. همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود، هزینه اجرا به تفکیک برای عملیات خاکبرداری و خاکریزی برابر ۳۴۳۱۵۷۰۰۰، عملیات سنگ و سیمان برابر ۱۵۶۲۳۴۹۶۰، عملیات لوله‌گذاری و انتقال آب برابر ۱۰۴۴۰۰۰۰۰، خشکه‌چین و فیلتریزی برابر ۲۴۶۴۰۰۰۰ و عملیات کول‌گذاری و درپوش برابر ۲۴۶۴۰۰۰۰ ریال محاسبه شده که با توجه به سود پیمانکار و نرخ تورم (اختلاف بین فهرست‌بهای ۱۳۸۸ و قیمت روز)، کل هزینه احداث سد زیرزمینی برابر ۸۸۷۷۶۵۶۳۰ ریال در سال احداث (۱۳۹۱) بدست آمد (توضیح اینکه آخرین فهرست‌بهای که توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور تهیه گردیده و مبنای محاسبات و برآورد هزینه‌های پروژه‌ها تا زمان انجام این تحقیق بوده است مربوط به سال ۱۳۸۸ می‌باشد).

سود حاصل از طرح: دبی اندازه‌گیری شده در حین اجرا و پس از اتمام کار برابر ۴۲ متر مکعب در روز، برابر حجم آبدهی سالانه ۱۵۳۳۰ متر مکعب می‌باشد که با در نظر گرفتن قیمت هر متر مکعب ۱۴۰۰۰ ریال (قیمت فروش آب توسط شرکت آب منطقه‌ای)، سود حاصله در سال اول بهره‌برداری معادل ۲۱۴۶۲۰۰۰۰ ریال می‌باشد. که بدون لحاظ نرخ تورم، پس از پنج سال بهره‌برداری، هزینه‌های انجام شده مستهلک و به مرحله سوددهی می‌رسد. با لحاظ عمر مفید ۵۰ ساله برای سد و با فرض حجم آبدهی ثابت، حجم کل آب استحصالی از سد برابر ۷۶۶۵۰۰ متر مکعب خواهد بود که با تقسیم هزینه کل اجرای طرح بر متر مکعب آب جمع‌آوری شده، قیمت هر متر مکعب آب برابر ۱۱۵۸ ریال خواهد شد.

شاخص سود به هزینه برای پنج سال اول بهره‌برداری سد، بدون در نظر گرفتن نرخ تورم در جدول ۲ نشان داده شده است. همانطوری که ملاحظه می‌شود بعد از ۵ سال بهره‌برداری، این شاخص بزرگتر از ۱ شده و به مرحله سود دهی می‌رسد.

شاخص سطح مخزن به سطح سد: هزینه‌های اجرایی سد، رابطه مستقیم با حجم حفاری دیوار آن دارد. به این لحاظ در سدهای زیرزمینی نسبت حجم ناخالص مخزن به سطح دیواره سد، عامل تأثیر دیواره نام دارد که شاخصی برای ارزیابی اقتصادی سد است. هرچه مخزن بزرگتر و دیواره کوچکتر باشد تأثیر دیواره افزایش می‌یابد. در مطالعه‌ای که در ژاپن در این خصوص انجام شده است، فاکتور تاثیر دیواره را برای ۴ سد بررسی نموده و مقادیر ۱۹۴، ۱۰۸، ۳۲ و ۳۸۷ را بدست آوردند [۱].

در مورد سد زیرزمینی حوزه آبخیز میل سفید خراتق، با توجه به

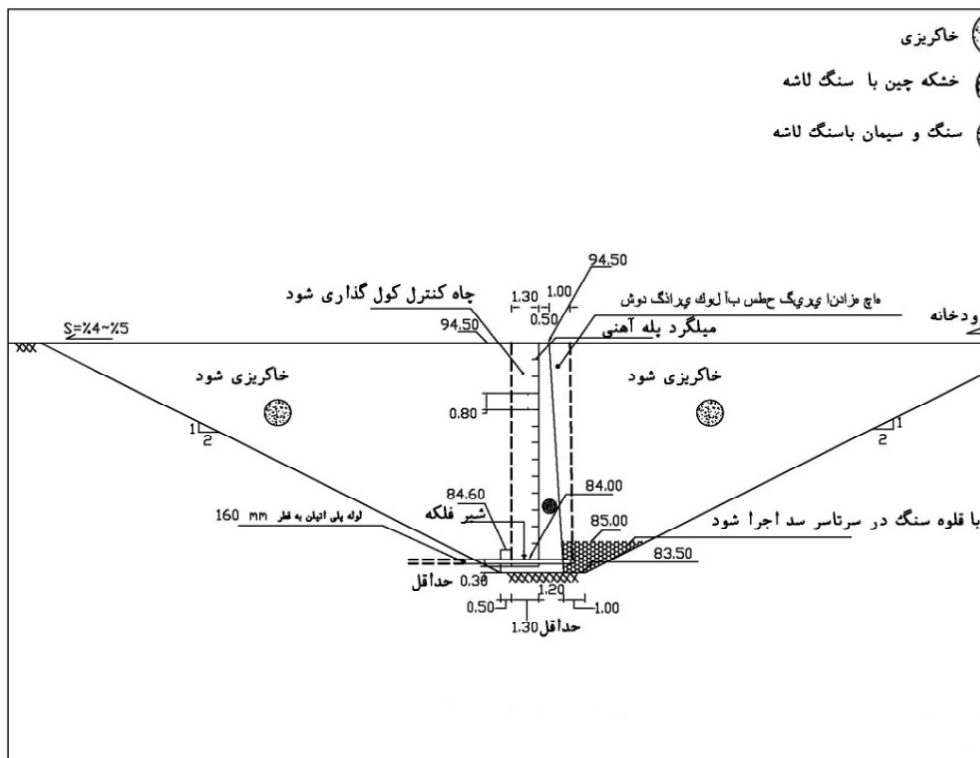


شکل ۲- نقشه توپوگرافی محل احداث سد زیرزمینی

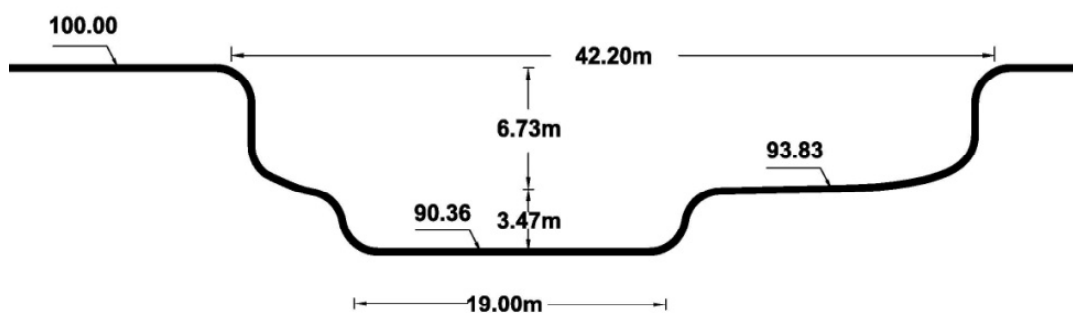
و همچنین خط فرضی برگشت آب، با توجه به ارتفاع مفید سد در بالادست، برابر ۴۲۰۰ متر مکعب به دست آمد. به این ترتیب عامل تاثیر دیواره عددی برابر ۱۲/۶۷ محاسبه گردید.

مقطع برداشت شده سد، سطح دیواره برابر ۳۳۱/۳ مترمربع بدست آمد.

حجم مخزن نیز با فرض برابر بودن شیب کف مخزن با شیب آبراهه و با توجه به عمق آبرفت در محل سد و چاه گمانه بالادست



شکل ۳- نمایشی از مقطع عرضی سد زیرزمینی



شکل ۴- نمایشی از مقطع عرضی محل اجرای سد زیرزمینی

جدول ۱- هزینه‌های اجرای طرح

ردیف	شرح عملیات	واحد	حجم عملیات	هزینه (ریال)
۱	خاکبرداری و خاکریزی	مترمکعب	۱۳۸۰۰	۳۴۳۱۵۷۰۰۰
۲	بنایی سنگ و سیمان	مترمکعب	۴۴۰	۱۵۶۲۳۴۹۶۰
۳	لوله‌گذاری و انتقال آب	متر	۳۰۰	۱۰۴۴۰۰۰۰۰
۴	خشکه‌چین و فیلترریزی	مترمکعب	۳۵۰	۲۵۷۸۰۰۰۰
۵	کول‌گذاری و درپوش بتنی	مترطول	۳۵	۲۴۶۴۰۰۰۰
جمع کل هزینه‌ها				
۶۵۴۲۱۱۹۶۰				
هزینه واقعی با در نظر گرفتن سود پیمانکار و تورم (ضریب ۱/۳۵۷)				
۸۸۷۷۶۵۶۳۰				

جدول ۲- شاخص سود به هزینه طرح

سال بهره برداری	(B/C) سود به هزینه
اول	۰/۲۴
دوم	۰/۴۹
سوم	۰/۷۳
چهارم	۰/۹۸
پنجم	۱/۲۲

نتیجه‌گیری

اینکه روستای خرائق با جمعیتی برابر با ۴۳۵ نفر و با ۱۸ هکتار اراضی کشاورزی در پایین دست منطقه واقع شده است. این منطقه دارای مشکلات بسیاری از لحاظ آب شرب و کشاورزی بوده که با مدیریت آب حاصله از این طرح، حداقل می‌توان بخشی از نیاز آب کشاورزی این بخش را حل نمود و طرح در سال‌های آتی می‌تواند نقش استراتژیکی در منطقه ایفا نماید. امینی بزنجانی [۳]، نیز در پایش سد زیرزمینی راور کرمان، به این نتیجه رسید که سد تاثیر مثبتی بر روی جریان زیر بستری داشته و باعث شده است که روستاهای پایین دست زنده و با طراوت باقی بمانند.

هرچند شاخص عامل تاثیر سد، نسبت به آنچه که به گفته آقازاده و کاظمی [۱]، در ژاپن بدست آورده‌اند، کم می‌باشد ولی ذخیره‌سازی آب در منطقه مورد مطالعه به همین حجم نیز مثمر خواهد بود. از آن جایی که آبدهی سد در فصل تابستان اندازه‌گیری شده است (با توجه به اینکه در چند سال اخیر خشکسالی بر منطقه حاکم بوده و قطعاً با کمترین جریان‌های زیرسطحی روبرو بوده‌ایم) لذا پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی، آبدهی در فصول مختلف و نیز در ترسالی‌ها اندازه‌گیری گردد که در این صورت احتمال افزایش آبدهی و توجیه‌پذیری بیشتر از لحاظ اقتصادی وجود دارد. نکته‌ای که در خصوص این طرح نگران‌کننده می‌باشد آن است که، قرار گرفتن سد در پایین دست مزارع و امکان استفاده کشاورزان از کودهای شیمیایی در مزارع خود در سال‌های آینده، منجر به

با توجه به هدف طرح که ایجاد منبع آب جدید در منطقه بوده است و طبق محاسبات و اندازه‌گیری‌های بعمل آمده، ملاحظه می‌شود که شاخص سود به هزینه در سال مبنا (۱۳۹۱) و سه سال پس از آن کمتر از یک بوده ولی در سال پنجم برابر ۱/۲۲ گردیده که نشان دهنده اقتصادی بودن آن پس از گذشت ۵ سال از بهره برداری سد زیرزمینی می‌باشد. این موضوع در نگاه اول توجیه طرح را زیر سوال می‌برد ولی با توجه به وضعیت منطقه که از کم‌آبی رنج می‌برد، همچنین ایجاد انگیزه در ساکنینی که به شهر مهاجرت کرده‌اند، برای بازگشت به منطقه و شروع مجدد فعالیت‌های کشاورزی و دامداری (به طور شاخص یک خانوار درست پس از اجرای طرح به ساخت یک واحد مرغداری با ظرفیت ۲۰۰۰۰ قطعه اقدام کرده و عامل بازگشت خود به منطقه را احداث سد زیرزمینی و تامین آب لازم برای فعالیت‌های دامداری و کشاورزی می‌داند)، تا حدی اجرای طرح را توجیه‌پذیر می‌نماید. در خصوص استفاده از آب برای کشاورزی همانطور که مرآتی و همکاران [۸]، در تحقیق خود نشان دادند آب فراهم شده از سد زیرزمینی را می‌توان برای اراضی کشاورزی بالادست استفاده کرد. به این صورت که آب را از محل سد پمپاژ کرده و اراضی کشاورزی را آبیاری می‌کنند و دوباره آب نفوذی، در پایین دست در پشت سد جمع‌آوری شده و قابل استفاده مجدد است. نکته دیگری که مهم به نظر می‌رسد

6. Laa, A. Kampanart, M. and Kriengsak, S. 2005. Approachability of subsurface dams in the northeast Thailand. International Conference on Geology, Geotechnology and Mineral Resources of Indochina (GEOINDO). 28-30 November 2005, Khon Kaen, Thailand, 149-155.

7. Maghrebi, M. and Broumand, P. 2004. Study groundwater dams with emphasis on projects and assess their potential in Iran. Eleventh Conference on Civil students across the country. 1 to 4 December 2004, Hormozgan University.

8. Merati, A. GHafouri, M. Lashkaripoor, GH.R. and GHahramani, N. 2010. Study of Abyvard underground dam. Fourth Geological Conference PNU, Payam Noor University of Mashhad.

9. Nilson, A. 1988. Ground water dams for small scale water supply. IT publications, London.

10. Onder, H. and M. Yilmaz. 2005. A Tool of Sustainable Development and Management of Groundwater Resources. *European Water*, 11(12): 35-45.

11. Ouerdachi, L. Boutaghane, H. Hafsi, R. Boulmaiz Tayeb, T. and Bouzahar, F. 2012. Modeling of underground dams, Application to planning in the semi arid areas (Biskra, Algeria). *Energy Procedia*, 18: 426 – 437.

12. Salehi, A. 2002. Study and Evaluation of Social and economical effects of watershed management projects (Water spreading and artificial feeding) in Esfahan. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute of Esfahan.

سرایت آلودگی‌های شیمیایی به مخزن سد و از دست رفتن کیفیت آن برای مصارف مجدد در بخش دامپروری یا حتی کشاورزی گردد که در این خصوص می‌بایست تمهیداتی اتخاذ نموده و با آموزش کشاورزان و بهره برداران از بروز این مشکل جلوگیری کرد. مسئله دیگر اینکه آب لب شور است و این مسئله احتمال تجمع نمک محلول در مخزن و بالا رفتن شوری آب و نامناسب شدن آن برای کشاورزی را افزایش می‌دهد، که نیاز به تحقیقات بعدی و ارائه راهکارها و پیشنهادات کاربردی دارد تا به بازدهی و کارایی طرح خدشه وارد نگردد.

منابع

1. Aghazadeh, H. and Kazemi, L. 2009. Underground dams approach to protect groundwater aquifers. National Conference on Water Crisis, Islamic Azad university of Marvdasht.

2. Amini Bezenjani, M. 2000. Underground dam of Kahnuj, a suitable model for reducing drought. 1 st national conference, examining ways of coping with water scarcity and droughts, Kerman University.

3. Amini Bezenjani, M. Lashkari Poor, G. and Ghafouri, M. 2011. Monitoring methodology of underground dam (Case study: Ravar underground dam). *Irrigation and Water Engineering*, 1(2): 43-57.

4. Eiichi, A. Motol, K. Satoshi, I.T. and Masayuki, A. 2003. Construction of subsurface dams and their impact on the environment. *Materials and geoenvironment*, 50: 149-152.

5. Ishida, S. Tsuchihara, T. Yoshimoto, S. and Imaizumi, M. 2003. Construction of Subsurface dams and their impact on the environment. *RMZMaterial and Geoenvironment*, 50(1): 149- 152.

*Abstract*

Economic Survey of Underground dam (Case Study: Millsefid Watershed)

M.R. Fazelpoor¹, F. Zakizadeh² and M.T. Dastorani³

Received: 2014.10.26 Accepted: 2015.01.19

According to dry conditions, low rainfall and high evaporation in Yazd province, surface water storage is not technically and financially feasible. Therefore, the use of underground dams in areas where there is appropriate underground water storage is a reliable and economic way. In this study, underground dam (rock and concrete) constructed in Ardakan (Millsefid watershed), with the aim of developing a new water supply for agricultural needs of the region and Khranaq village (located in the downstream of the area) was evaluated in terms of economic. 887765630 rials was calculated as the total cost of the dam. Benefits of the plan (for 42 m³ per day in base year) was calculated 214.62 million rials. According to 50-years design life, the Benefit/Cost index, for the first 5 years of operation, was calculated. This represents that in the fifth year of the project, the cost is depreciated and the project has economic feasibility. The per m³ water price, produced during the life of the dam is 1158 rials, comparing to today's water price (14,000 rials) is very economic. Impact factor of the dam wall was achieved 12.67 that is justified, with geological and geomorphological constraints and water requirement of the area.

Keywords: Ardakan, Economic Survey, Millsefid watershed, Kharanaq, Underground dam.

1. Ph.D. Student of Watershed Management, Faculty of Natural Resources of Yazd University

2. Former M.Sc. Student of Watershed Management, Faculty of Natural Resources of Yazd University

3. Associate Professor, Ferdowsi University of Mashhad * Corresponding author: fazelpoor_reza@yahoo.com