جغرافیا (فصلنامه علمی ـ پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)
دوره جدید، سال دهم، شماره ۳۵، زمستان ۱۳۹۱

امکان‌سنجی تأثیر مدیریت آبخیز بر بهبود وضعیت منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: حوضهٔ ایسین، استان هرمزگان)

احمد نوحه‌گر[۱]، فرشته شیرگاهی[۲] و طاهره افشار[۳]

چکیده

نیاز فزاینده به منابع آب در ایران، موجب بهره‌برداری بی‌رویه و سبب بر هم زدن تعادل طبیعی منابع آب زیرزمینی شده است. با توجه به اینکه استان هرمزگان یکی از مناطق کم باران کشور محسوب می‌شود، آبهای سطحی قادر به تأمین نیاز آبی استان نیست. حوزهٔ آبخیز ایسین با مساحت ۴۷۷۹۳/۵ هکتار در حاشیه شمالی خلیج فارس قرار گرفته است. این حوضه جهت تأمین آب مصرفی، نیاز مستمر به استفاده از منابع آب زیرزمینی منطقه دارد بنابراین، با افت سطح آب زیرزمینی روبرو شده و این روند تاکنون رو به تشدید بوده است. در این پژوهش پس از جمع‌آوری اطلاعات مربوط به مدیریت آبخیز در حوضهٔ ایسین و شناخت ویژگی‌های طبیعی و تجزیه و تحلیل آن، حالتهای مختلفی که طی سالهای آتی ممکن است بدون مدیریت آبخیز و همراه با مدیریت آبخیز انجام گیرد، پیش‌بینی شده است. بدین منظور با تدوین ۴ سناریو و تحلیل نتایج آن مشخص شد، در صورتی که مدیریت آبخیز در حوضه اعمال گردد مقادیر آب نفوذ یافته تقریباً یک و نیم برابر مقادیر آب نفوذ یافته در زمانی است که هیچگونه مدیریتی در حوضه اجرا نشود. بر این اساس با اعمال مدیریت آبخیز در حوضهٔ ایسین و اجرای عملیات تغذیه مصنوعی پیشنهادی، در یک دوره بازگشت ۲۵ ساله در سالهای خشک به طور متوسط ۱/۷۲ و در سالهای تر ۶/۶۳ میلیون مترمکعب در سال، آب از طریق بارش به سطح آبهای زیرزمینی حوضه افزوده خواهد شد.

کلیدواژگان: مدیریت آبخیز، آبهای زیرزمینی، امکان‌سنجی، تغذیهٔ مصنوعی، حوضهٔ ایسین.

---

۱. دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه هرمزگان
۲. کارشناس ارشد آبخیزداری دانشگاه هرمزگان
۳. کارشناس ارشد زیست دریایی دانشگاه شهید بهشتی

مقدمه

کمبود بارندگی در چند سال گذشته، پیامدهای زیان بار و جبران‌ناپذیری به دنبال داشته و به طور مشخص بخش روستایی کشورمان را متأثر کرده و اراضی کشاورزی بیشترین آسیب را دیده است. بدیهی است که مدیریت منابع آب کشور، برای مقابله با پدیدهٔ خشکسالی و کاهش اثرات آن باید به ارائه‌ی راهکارهای راهبردی و فناوری‌های نوین حرکت کند (کی‌منش، ۱۳۸۸). بنابراین استفاده بهینه از منابع آبی با اجرای طرح‌های آبخیزداری، بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک از اهمیت زیادی برخوردار است.

حوزه آبخیز ایسین با مساحت ۴۷۷۹۳/۵ هکتار در حاشیه شمالی خلیج فارس قرار گرفته است که در زمره زیر حوضه‌های دو رودخانه اصلی کل و شور در استان هرمزگان است. این حوضه در فاصله۲۰ کیلومتری شمال شهر بندرعباس واقع شده و یکی از نواحی پر جمعیت روستایی در استان هرمزگان است. استفاده از آبهای زیرزمینی به دلیل مناسب بودن کیفیت آن، برای تأمین آب منطقه پیشنهاد شده است (فصاحت، ۱۳۸۷). سالانه به طور متوسط ۱/۷۸ میلیون مترمکعب اضافه برداشت از آب زیرزمینی حوضهٔ ایسین وجود دارد.

هدف اصلی از انجام این تحقیق ارائه توجیهات فنی و مدیریتی راهکارهای آبخیزداری در راستای بهبود وضعیت آبخوان با نگرش ویژه به حوضهٔ ایسین است، بدین منظور فرض می‌شود بین مدیریت آبخیز و بهبود وضعیت آب‌های زیرزمینی رابطه معنی‌دار وجود دارد و مدیریت آبخیز سبب بهبود وضعیت آبخوان حوضهٔ ایسین می‌شود.

تصمیم‌گیری برای اجرای هر گونه عملیات جدید و یا هر برنامه‌ای باید بر اساس تجزیه و تحلیل انجام گیرد. علاوه بر این میزان عملکرد عملیات اجرایی پیشنهادی در آینده باید به دقت مورد ارزیابی قرار گیرد. مطالعات امکان‌سنجی مراحل این تجزیه و تحلیل‌ها را برای ما فراهم می‌کند. در واقع امکان‌سنجی اولین مرحله و به تعبیر بسیاری از متخصصان، مهمترین مرحله انجام پروژه‌ها است.

چز (Chess) و گیبسون (Gibson)(۲۰۰۱)، اظهار داشتند طرحهای آبخیزداری ممکن است به دلیل عدم مطالعات امکان‌سنجی اجرا نشوند، حتی اگر فرایند برنامه‌ریزی این طرحها، بدون هیچ نقص و ایرادی باشد. ساید (Said) و همکاران در سال ۲۰۰۶ سه نوع امکان‌سنجی علمی، اجتماعی و انگیزشی را رویکردی نوآورانه برای رسیدن به مدیریت جامع حوضه آبخیز می‌دانند.

امکان‌سنجی علمی مربوط به ماهیت مسائل زیست‌محیطی بوده و ابزاری برای جهت‌دهی به آنها و روشی برای بهبود این مسائل است. نمونه‌هایی از امکان‌سنجی علمی مربوط به ارائه راه‌حل‌هایی برای بهبود کیفیت آب یا حفظ کمیت آب است. امکان‌سنجی اجتماعی، مربوط به ذینفعان حوضهٔ آبخیز، و استفاده آنها در حل مسائل مدیریتی است. امکان‌سنجی انگیزشی، در واقع انگیزه اقتصادی ذینفعان در انجام طرح‌ها را بررسی می‌کند. در خصوص تحقیقات مدیریت منابع آب زیرزمینی، کیاحیرتی (۱۳۸۱)، تغذیه مصنوعی آبخوانها را به عنوان راهبردی برای تقویت و توسعه منابع آب زیرزمینی و جبران زیانهای وارده به آنها، جهت ذخیره‌سازی و به هنگام کردن جریانهای سطحی عنوان کرد. مروتی شریف‌آباد (۱۳۸۱)، با بررسی فعالیتهای آبخیزداری در استان هرمزگان نشان داد که با اجرای حدود ۱۲۰ طرح اجرایی، بیش از ۷۶ میلیون مترمکعب در سال رواناب شیرین که از دسترس خارج می‌شده، کنترل شده است. نورعلیزاده (۱۳۸۶) با انجام تحقیقی با عنوان، ارزیابی اثر عملیات آبخیزداری بر آبخوان دشت بوشکان به این نتیجه دست یافت که اجرای عملیاتی از جمله احداث چند سد خاکی و سنگی ملاتی و بانکتهای هلالی‌شکل در منطقه، باعث کاهش افت سطح آب چاههای پایین‌دست سدها و بالاآمدگی بیشتر آن در فصل بارش در مقایسه با قبل شده است. نتایج بررسیهای جوشی (Joshi) و شرستا (Shrestha)(۲۰۰۸) که در کشور نپال انجام گرفت، حاکی از آن است که مقدار بارش مناسب، سرعت نفوذ مطلوب و توزیع مناسب روشهای تغذیه به آبخوان، امکان تغذیه سفره آب زیرزمینی بوسیله آب باران در منطقه مورد مطالعه را میسر می‌سازد. وانی (Wani) و همکاران در سال ۲۰۱۰ با انجام تحقیقی بر روی چند حوضه آبخیز در هند که در آنها عملیات آبخیزداری جهت جمع‌آوری آب باران اجرا شده بود، نشان داد که با احداث این عملیات بین ۲۷٪ تا ۳۴٪ از حجم بارش متوسط سالانه به آبهای زیرزمینی افزوده شده است. همچنین مارک و همکاران (Marek, 2005)، با انجام تحقیق امکان‌سنجی استراتژی‌های مدیریت آب، دریافتند که با امکان‌سنجی مدیریت منابع آب می‌توانند تا ۶۰ سال آینده برای کاهش سرعت برداشت از آبخوان منطقه تگزاس شمالی، برنامه‌ریزی کنند.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

حوضهٔ ایسین در فاصله ۲۰ کیلومتری شمال شهر بندرعباس، مرکز استان هرمزگان واقع شده است. این حوضه در محدوده مختصات جغرافیائی "۵۰ '۱۱ °۲۷ تا "۳۰ '۲۵ °۲۷ عرض شمالی و '۱ °۵۶ تا "۳۰ '۲۱ °۵۶ طول‌شرقی قرار دارد که به عنوان بخشی از حوزهٔ آبریز خلیج فارس در زمره زیرحوضه‌های دو رودخانه اصلی کل و شور قرار گرفته است. حوزهٔ آبخیز ایسین از شمال به کوه گنو، از شرق به جاده بندرعباس – سیرجان، از جنوب به تاقدیس میوسن بندرعباس و از غرب به رودخانه کل محدود می‌شود.

زمین‌شناسی

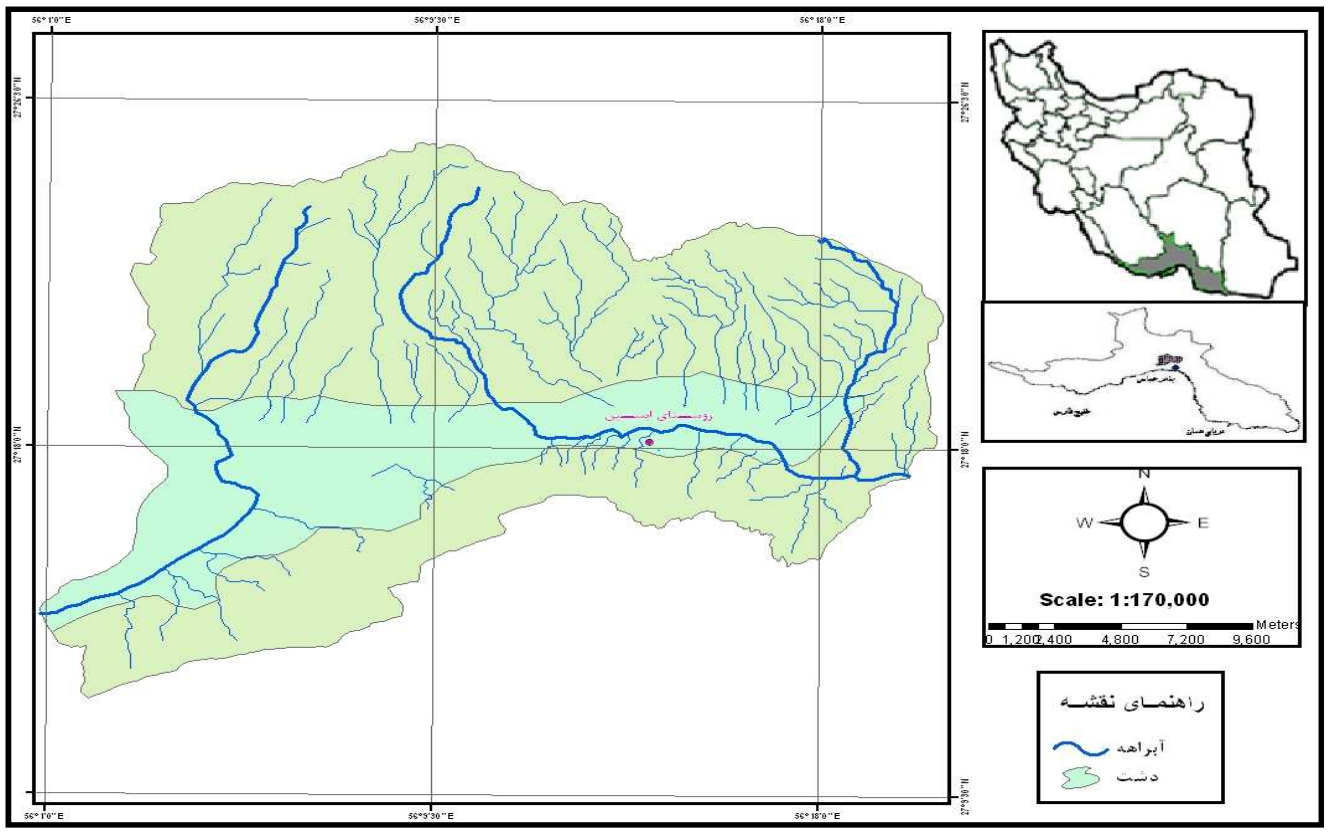
وضعیت زمین‌شناسی حوضهٔ ایسین از نظر تنوع سازند، جالب توجه است. در این حوضه، قدیمی‌ترین سازندها مربوط به دورهٔ پرکامبرین پسین و جدیدترین آنها متعلق به دورهٔ کواترنری است که عمدتاً به صورت رسوبات آبرفتی در دشت حوضه تجمع یافته‌اند. بررسی وضعیت پراکنش یا توزیع مساحت هر یک از سازندهای زمین‌شناسی نشان می‌دهد رسوبات عصر حاضر در بیشترین مساحت و گروه بنگستان در کمترین مساحت گسترده شده‌اند. باتوجه به حفاریهای شبکه سنجش کمی و نیز مطالعات ژئوفیزیک، که توسط شرکت سهامی آب منطقه‌ای انجام گرفته است، مشخص شد که مناسبترین رسوبات آبرفتی حوضهٔ ایسین در بخش شمالی دشت حوضه، خصوصاً نیمه شرقی آن و از دامنه‌های کوه گنو تا حوالی جاده قدیم بندرعباس – بندرلنگه گسترش یافته‌اند (شرکت سهامی آب منطقه‌ای هرمزگان، ۱۳۸۸).

توپوگرافی

به‌طور کلی این حوضه دارای یک خط‌القعر طولی (شرقی- غربی) در وسط است که اراضی شمالی و جنوبی با شیب متفاوت به سمت آن سرازیر می‌شوند. علاوه براین وجود یک خط‌الرأس عرضی (شمالی ـ جنوبی) در وسط حوضه سبب تقسیم حوضه از نظر توپوگرافی به دو بخش شرقی و غربی شده است. بنابراین حوضهٔ ایسین به دو بخش ایسین شرقی و ایسین غربی تقسیم

می‌شود که به واسطه اهمیت آبهای زیرزمینی در این پژوهش و قرار گرفتن کل آبخوان در هر دو زیر حوضه یعنی، ایسین شرقی و غربی، این دو زیر حوضه با هم در نظر گرفته شده است. به همین منظور همانطور که در شکل ۱ ملاحظه می‌شود، حوضه دارای دو خروجی است.

حداکثر و حداقل رقوم ارتفاعی حوضهٔ ایسین به ترتیب برابر ۲۳۴۰ و ۳۰ متر است. بررسی وضعیت پراکنش یا توزیع مساحت بر حسب ارتفاع حاکی از قرار داشتن بیشترین مساحت در محدوده ارتفاع ۳۰۰- ۰ متر از سطح دریا و کمترین مساحت در محدوده ارتفاع ۲۴۰۰- ۲۱۰۰ متر از سطح دریا است. همچنین ارتفاع متوسط حوضه ۴۵۳ متر برآورد گردید که برای محاسبه آن از روش میانگین وزنی استفاده شده است. بررسی شیب در منطقه مورد مطالعه نشان داد بیشترین سطح حوضه، در ردهٔ شیب ۵ – ۰ درصد قرار گرفته است. بدین ترتیب سرعت رواناب در این قسمت از حوضه بسیار کاهش یافته و در نتیجه فرصت بیشتری برای نفوذ در خاک پیدا می‌کند.



شکل ۱: تصویر نقشهٔ پایه حوضه ایسین

بارش

با توجه به آمارهای ۲۲ ساله (۸۸-۶۶) ۴ ایستگاه باران‌سنجی موجود در حوضه ابتدا با آزمون همگنی و تصحیح و تکمیل آمار بارش و سپس با بهره‌گیری از رابطهٔ همبستگی بین بارندگی و ارتفاع در این ایستگاهها، بارش متوسط منطقه مورد مطالعه ۱۹۹ میلیمتر در سال برآورد شد.

ژئومرفولوژی

ژئومرفولوژی حوضهٔ ایسین نشان می‌دهد که انواع مختلف پدیده‌های ژئومرفولوژیکی در آن وجود دارند. ولی مهمترین آنها که مورد توجه این پژوهش است، دشت‌ها هستند که آبخوان‌ها را ایجاد کرده‌اند. این دشتها از رسوبات حاصل از فرسایش ارتفاعات حوضه تشکیل شده‌اند. بدین ترتیب که مواد فرسایشی درشت‌دانه و غیرقابل انحلال توسط سیلابها حمل و در فرورفتگی‌های موجود در دامنه انباشته شده‌اند. این مواد به مرور زمان ضخامت بیشتری پیدا کرده و آبخوان حوضه‌ی ایسین را تشکیل داده‌اند.

پوشش گیاهی

وضعیت پوشش گیاهی حوضهٔ ایسین نشان می‌دهد بیشتر سطح حوضه از گیاهان مرتعی کم تراکم تشکیل شده است. فقیر بودن پوشش گیاهی در منطقه سبب می‌شود در مواقع بارندگی آب بدون اینکه در خاک نفوذ کند به سرعت روی سطح زمین جاری شود. بنابراین برای افزایش نفوذ پذیری خاک باید اقدام به احیاء پوشش گیاهی به ویژه با گونه‌های بومی منطقه مانند کنار و آکاسیا در سطح حوضه شود.

هیدرولوژی

آبهای سطحی

حوزه آبریز ایسین در زمره زیر حوضه‌های اصلی کل و شور در استان هرمزگان قرار گرفته است که جریانهای آنها به خلیج فارس تخلیه می‌شوند. این منطقه فاقد رودخانه دائمی بوده و در مواقع بارندگی، سیلابهای حاصله در مسیل‌های منشعب از ارتفاعات شمالی گنو و مسیلهای

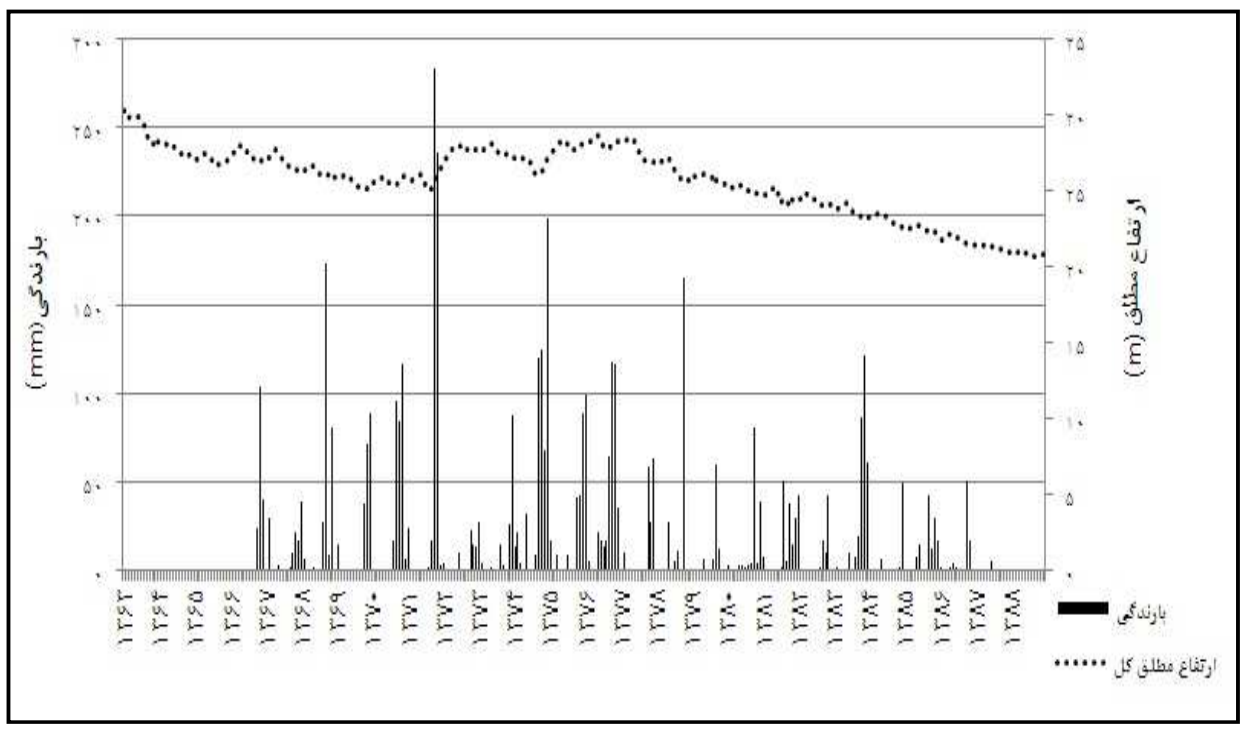
تاقدیس شمال بندرعباس بخشی از تغذیه طبیعی دشت را انجام می‌دهد.

آبهای زیرزمینی

مقادیر تجمعی چاههای بهره برداری حوضهٔ ایسین نشان می‌دهد که حفر چاهها سیر صعودی داشته است و از سال۸۰ – ۱۳۷۹ تا کنون ثابت مانده است. همچنین وضعیت تخلیه سالانه چاههای بهره‌برداری، قنوات و چشمه‌های حوضهٔ ایسین بر اساس مصارف مختلف طی دورهٔ ۱۳۶۳–۱۳۸۷ نشان می‌دهد، بیشترین مصرف آب (حدود ۸۰٪) زیرزمینی مربوط به مصارف کشاورزی است که تا سال آبی ۸۰– ۱۳۷۹ روند افزایشی داشته است و از این سال به بعد ثابت مانده است.

هیدروگراف معرف سفره آب زیرزمینی حوضه ایسین

برای مشخص نمودن نوسانات سالیانه آب زیرزمینی و تغییرات سطح آب مخزن اقدام به ترسیم هیدروگراف چاههای مشاهده‌ای در سطح دشت حوضه شده است که در شکل شماره ۲ نشان داده شده است.



شکل۲: هیدروگراف معرف سفره آب زیرزمینی حوضه ایسین

این نمودار از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۷ ترسیم شده است و نشان می‌دهد که از ابتدای اندازه‌گیری نوسانات سطح آب در محیط متخلخل، آبخوان دارای مجموع افتی معادل ۸/۵۷- متر و یا به بیان دیگر سالیانه بطور متوسط برابر ۰/۳۵- متر است.

بیلان آب زیرزمینی حوضه ایسین

بیلان آب زیرزمینی در محدوده مورد مطالعه به جهت ارزیابی وضعیت آبخوان از نظر میزان آب ورودی و خروجی آن آبخوان تهیه شده است. در جدول ۱ بیلان آب زیرزمینی حوضه ایسین در طول دوره ۱۳۶۳- ۱۳۸۷نشان داده شده است (شرکت سهامی آب منطقه‌ای هرمزگان، ۱۳۸۸).

جدول۱: بیلان اب زیرزمینی حوضه ایسین طی دوره زمانی ۱۳۶۳- ۱۳۸۷

تغذیه (میلیون مترمکعب)								تخلیه (میلیون مترمکعب)	تغییرات حجم ذخیره (میلیون مترمکعب)
جریانهای ورودی آب زیرزمینی	نفوذ از طریق بارندگی	آب برگشت زراعی	نفوذ از طریق رودخانه‌ها	نفوذ از پساب فاضلاب	نفوذ از تاسیسات تغذیه مصنوعی	جمع	برداشت از سفره (چاهها)		
۲۳۶/۸۰۴	۵۷/۰۲	۷۵/۳۰۱	۲۵/۲۸۸	۲۱/۷۸	۱۷/۳۴	۴۳۳/۵۳۳	۴۶۷/۱۳۵		-۳۳/۶۰۲

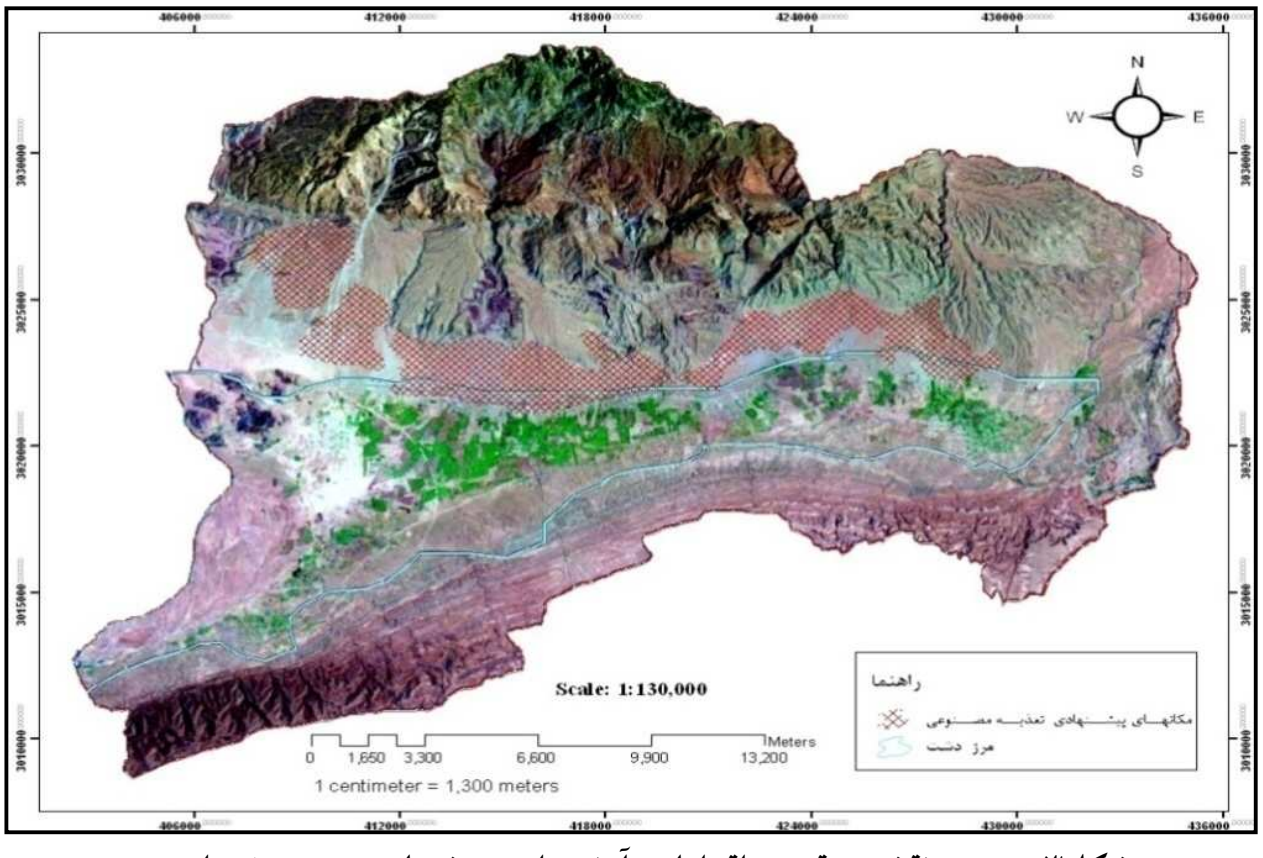
نتایج حاصل از بررسی بیلان آبهای زیرزمینی حوضه ایسین نشان می‌دهد که طی دوره ۲۴ ساله یعنی از سال ۱۳۶۳ تا ۱۳۸۷، حجم ذخیره آب زیرزمینی ۳۳/۶ میلیون مترمکعب کاهش داشته است. یعنی به‌طور متوسط سالانه ۱/۴ میلیون مترمکعب بیش از حد توان طبیعی آبخوان برداشت شد.

اقدامات آبخیزداری برای تغذیه مصنوعی آبخوان حوضه ایسین

با توجه به اینکه امکان استفاده از تمام روش‌های مختلف تغذیه مصنوعی در یک منطقه وجود ندارد لازم است امکان استفاده هر یک از روشها با توجه به شرایط طبیعی از جمله اقلیم، شیب، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی حوضه آبخیز به طور دقیق مورد بررسی قرار گیرد و سپس با توجه

به مشخصات هر منطقه، روش یا روشهای مناسب اتخاذ شود. با توجه به اطلاعات حاصله از ویژگی‌های طبیعی و آبخوان حوضه‌ی ایسین، مناسبترین گزینه‌هایی که با توجه به شرایط منطقه مناسب دیده شد، احداث حوضچه‌های نفوذی، بندهای کوتاه خاکی، بندسار، هلالی‌های آبگیر، تورکینست و عملیات بیولوژیکی است.

همچنین جهت مهار سیلابها، فرسایش و کنترل رسوب ورودی به پشت سدهای اصلاحی، گزینه احداث سدهای سنگی ملاتی و بندهای کوچک متوالی خشکه چینی و گابیون در آبراهه‌های فرعی حوضه آبخیز نیز پیشنهاد می‌شود. بدین‌ترتیب نقشه موقعیت اقدامات آبخیزداری پیشنهادی در حوضه ایسین با در نظر گرفتن شرایط محیط طبیعی حوضه، از جمله، شیب، زمین‌شناسی، ژئومرفولوژی و خاک، همچنین پس از بازدیدهای میدانی جهت صحت سنجی نتایج به دست آمده در محیط نرم‌افزار Arc Gis تهیه شده که در شکل شماره ۳ نشان داده شده است.



شکل۳: تصویر نقشه موقعیت اقدامات آبخیزداری پیشنهادی در حوضه ایسین

در این شکل، مکانهای مناسب جهت تغذیه مصنوعی آبخوان حوضه‌ی ایسین در قسمتهای شمالی دشت حوضه، مناسب تشخیص داده شده است. مساحت این مکانها حدود ۳۲۰۰ هکتار

برآورد شده است که تقریباً ۶ درصد از کل حوضه به شمار می‌آیند. این محلها بیشترین پتانسیل جهت اجرای عملیات آبخیزداری برای تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی حوضه ایسین را دارا هستند.

طراحی سناریو

بعضی از روش‌ها و فنون پژوهش در علوم طبیعی فراتر از آنچه که اتفاق افتاده و آنچه که هست را بررسی و تحلیل نمی‌کنند، در حالی که تشخیص و تعیین بهترین وضعیتی که می‌تواند و باید باشد و یافتن پاسخ و راه‌حلی برای اینکه چه اقداماتی برای دستیابی به چنین وضعیتی باید انجام داد، از مهم‌ترین مسائلی است که می‌باید در برنامه‌ریزی و توسعه منابع آب در نظر گرفت.

در این راستا، سناریو به عنوان طرح کلی وضعیت طبیعی موجود و یا طرح کلی وضعیت حوادث مورد انتظار است. هدف از سناریوسازی در مدیریت آبخیز، گسترش تفکر در مورد آینده برای برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح در یک حوضه است. جهت تدوین سناریوها، پس از درک کامل از موضوع باید کلیه اطلاعات مرتبط با آن موضوع جمع‌آوری شوند. سپس کلیه احتمالات و حالتهایی که در طی زمان می‌توانند شکل بگیرند بررسی می‌شود. بنابراین در این پژوهش پس از جمع‌آوری اطلاعات مربوط به مدیریت آبخیز در حوضه ایسین و شناخت ویژگی‌های طبیعی و تجزیه و تحلیل آن، حالتهای مختلفی را که طی سالهای آتی ممکن است بدون مدیریت آبخیز و یا همراه با مدیریت آبخیز انجام گیرد، پیش بینی شده است. سناریوهای طراحی شده با درنظر گرفتن موارد زیر مورد بحث قرار گرفته‌اند

ترسالی و خشکسالی

برای بررسی دوره‌های تر و خشک، از آمار بارش میانگین ایستگاه‌های منطقه مطالعاتی طی دوره ۲۸ ساله و شاخص SIAP استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که طی دوره ۲۲ ساله (۶۶-۱۳۸۷)، ۱۰ سال از شرایط خشکسالی با شدت‌های مختلف به وقوع پیوست و تنها ۷ سال از شرایط ترسالی برخوردار بوده است و بقیه سالها وضعیت نرمالی را داشته‌اند. میانگین بارشهای رخ داده در سالهای خشک، ۱۱۲/۳۱ میلیمتر و میانگین بارشهای رخ داده در سالهای مرطوب

۳۸۶ میلیمتر بوده است. همچنین مقادیر بارش سالانه پیش‌بینی شده با دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۲۵سال، توسط نرم‌افزار هایفا۱ محاسبه گردید. نتیجه این محاسبات در جدول شماره ۲ آورده شده است.

جدول۲: تواتر بارندگی سالانه در محدوده مورد مطالعه

شرح	ترسالی					خشکسالی				
دوره بازگشت	۲۵	۲۰	۱۰	۵	۲	۲	۵	۱۰	۲۰	۲۵
مقدار بارندگی (میلی‌متر)	۴۷۹/۸۶	۴۵۷/۶۲	۳۸۶/۵	۳۱۰/۷۷	۱۹۴/۷۴	۱۸۶/۷	۱۰۱/۰۵	۷۳/۵۸	۵۸/۴۳	۵۵/۱

در نظر گرفتن دوره بازگشتهای مختلف علاوه بر اینکه می‌تواند نشان‌دهنده این واقعیت باشد که تغییر و تحولات ایجاد شده در حوضه از نظر امکان ریزش می‌تواند در افزایش یا کاهش سطح سفره‌های آب زیرزمینی مؤثر واقع شود، بلکه می‌تواند گویای عمر مفید سازه‌های آبخیزداری موجود در حوضه نیز باشد. یعنی پس از احداث عملیات آبخیزداری، برای کنترل و بررسی آثار ایجاد شده بر روی سطح آب زیرزمینی در منطقه، باید اقدام به پیمایشی صحرایی شود. هدف از پایش، تعیین این موضوع است که آیا فعالیتها در یک پروژه یا برنامه مدیریت حوضه آبخیز، اثرات مورد انتظار را داشته است یا خیر. برای انجام چنین مقایسه‌ای لازم است اطلاعات به دست آمده از مناطق قبل و بعد از اجرای فعالیتهای آبخیزداری با یکدیگر مقایسه شوند (هانس. م. گریگرسن و همکاران، ۱۳۸۸).

میزان نفوذ

در این سناریوها مقادیر حداقل و حداکثر نفوذ بارش در شرایط بدون احداث عملیات اصلاحی (۱۳- ۱۷ درصد و همچنین مقادیر حداقل و حداکثر نفوذ در شرایط پیش‌بینی شده با احداث عملیات اصلاحی آبخیزداری (۲۵- ۲۰ درصد) (شرکت سهامی‌آب منطقه‌ای هرمزگان، ۱۳۸۸) در نظر گرفته شده است.

1. Hyfa

جمعیت

یکی دیگر از مواردی که در تدوین سناریوها بررسی شده است جمعیت منطقه است. جمعیت روستای ایسین در سال ۱۳۷۵، ۱۱۴۳ نفر و در سال ۱۳۸۵، ۱۸۱۸ نفر بوده است که نرخ رشد جمعیت ۴/۷٪ است. علاوه برآن، حدود ۸۰ درصد بهره‌برداری از آب زیرزمینی حوضه ایسین مربوط به مصارف کشاورزی است، در نتیجه مقدار تخلیه از آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی بیشترین تأثیر را بر روی کاهش سطح آب زیرزمینی می‌گذارد. از طرفی، مقدار آب تخلیه شده برای مصارف کشاورزی در طول سال برابر ۱۵/۴۷۳ میلیون مترمکعب بوده است که از سال۸۰ – ۱۳۷۹ تاکنون این مقدار به واسطه ممنوعیت دشت حوضه ایسین برای حفر چاه جدید، ثابت مانده است. همچنین با توجه به ثابت ماندن سطح اراضی زیر کشت (۲۰۵۴/۳ هکتار) در کل مقدار مصرف آب زیرزمینی ثابت در نظر گرفته شده است. بنابراین میزان برداشت برای کل سناریوها ثابت در نظر گرفته شده است.

بدین ترتیب سناریوهای زیر مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته و نتایج آن در جدول۳ ارائه شده است.

- سناریوی۱: ارزیابی کمیت آبهای زیرزمینی بدون مدیریت آبخیز همراه با پدیده خشکسالی
- سناریوی ۲: ارزیابی کمیت آبهای زیرزمینی بدون مدیریت آبخیز همراه با پدیده ترسالی
- سناریوی ۳: ارزیابی کمیت آبهای زیرزمینی با در نظر گرفتن اعمال مدیریت آبخیز همراه با پدیده خشکسالی
- سناریوی ۴: ارزیابی کمیت آبهای زیرزمینی با در نظر گرفتن اعمال مدیریت آبخیز همراه با پدیده ترسالی

جدول۳: پیش‌بینی حجم آب اضافه شده به آبخوان طی اجرای سناریوهای مختلف

	دوره بازگشت	حجم آب اضافه شده به آبخوان (میلیون متر مکعب)				مجموع مقادیر حجم آب اضافه شده به آبخوان بدون مدیریت آبخیز	مجموع مقادیر حجم آب اضافه شده به آبخوان همراه با مدیریت آبخیز
		بدون مدیریت آبخیزداری		همراه با مدیریت آبخیزداری			
		با حداقل نفوذ (۰/۱۳)	با حداکثر نفوذ (۰/۱۷)	با حداقل نفوذ (۰/۲۰)	با حداکثر نفوذ (۰/۲۵)		
ترسالی	۲	۱/۷	۰/۵۹	۲/۶۶	۰/۸۷۶	۲/۲۹	۳/۵۳۶
	۵	۲/۷۵	۰/۹۵	۴/۲۴۴	۱/۴	۳/۷	۵/۶۴۴
	۱۰	۳/۴۳	۱/۱۸	۵/۲۸	۱/۷۴	۴/۶۱	۷/۰۲
	۲۰	۴/۰۶	۱/۴	۶/۲۵	۲/۰۵۳	۵/۴۶	۸/۳۰۳
	۲۵	۴/۲۶	۱/۴۶	۶/۵۵۴	۲/۱۶	۵/۷۲	۸/۷۱۴
خشکسالی	۲	۱/۶۵	۰/۵۷	۲/۵۵	۰/۸۴	۲/۲۲	۳/۴
	۵	۰/۹	۰/۳	۱/۳۸	۰/۴۵	۱/۲	۱/۸۳
	۱۰	۰/۶۵	۰/۲۲	۱	۰/۳۳	۰/۸۷	۱/۳۳
	۲۰	۰/۵۱	۰/۱۷	۰/۸	۰/۲۶	۰/۶۸	۱/۰۶
	۲۵	۰/۴۸	۰/۱۶	۰/۷۵	۰/۲۴	۰/۶۴	۰/۹۹

نتایج و بحث

نتایج نشان می‌دهد مقدار ارتفاع آب نفوذ یافته در حالتی که عملیات اصلاحی آبخیزداری در مناطق مناسب جهت تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی احداث شده باشند، تقریباً یک و نیم برابر مقدار آب نفوذ یافته در زمانی است که هیچگونه عملیات اصلاحی احداث نشده‌اند. مساحت تحت تأثیر مستقیم نفوذ آب حاصل از بارش در قسمت شمالی دشت حوضه با ضریب نفوذ ۱۷٪ وسعتی برابر ۱۸ کیلومتر مربعو در ناحیه جنوبی دشت حوضه با ضریب نفوذ ۱۳٪ وسعتی برابر ۶۸/۳ کیلومترمربع را به خود اختصاص داده است. بنابراین مقادیر پیش‌بینی شده حجم آب اضافه شده به آبخوان، طی اجرای سناریوهای مختلف به شرح جدول شماره ۴ است.

با توجه به این جدول مشخص شد که با فقدان مدیریت آبخیز در حوضه ایسین در یک دوره بازگشت ۲۵ ساله، در صورتی که اگر خشکسالی باشد، ۰/۶۴ و اگر ترسالی باشد ۵/۲۷ میلیون مترمکعب آب به حجم آبهای زیرزمینی افزوده می‌شود. و این مقادیر در حالتی که مدیریت آبخیز در حوضه اعمال شود به ۰/۹۹ میلیون مترمکعب در شرایط خشکسالی و ۸/۷ میلیون مترمکعب در شرایط ترسالی، افزایش خواهد یافت.

آنالیز سناریوی ۱

نتایج حاصل از آزمون آماری نشان داد که در دوره خشکسالی و زمانیکه مدیریت آبخیز در حوضه ایسین اعمال نگردد، بین میانگین مقادیر حجم نفوذ یافته به آبهای زیرزمینی در دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۰ و۲۵ سال با میانگین کل حجم آب نفوذ یافته به آب زیرزمینی که به طور طبیعی رخ می‌داد، اختلاف معنی‌دار وجود ندارد (P>۰/۰۵). در این حالت میانگین حجم آب زیرزمینی اضافه شده در این سناریو از میانگین کل نیز کمتر است. در واقع عدم اعمال مدیریت آبخیز سبب شده است که سطح آب زیرزمینی همچنان روند کاهشی خود را طی نماید.

آنالیز سناریوی ۲

نتایج حاصل از آزمون آماری نشان داد که در دوره ترسالی، زمانیکه مدیریت آبخیز در حوضه اعمال نگردد بین میانگین مقادیر حجم نفوذ یافته به آبهای زیرزمینی در دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۲۵ سال با میانگین کل حجم آب نفوذ یافته به آب زیرزمینی که به طور طبیعی رخ می‌داد، اختلاف معنی‌دار وجود ندارد (P>۰/۰۵). در این حالت میانگین حجم آب زیرزمینی اضافه شده در این سناریو از میانگین کل نیز کمتر است. در نتیجه عدم اعمال مدیریت آبخیز سبب شده است که سطح آب زیرزمینی همچنان روند کاهشی خود را طی نماید.

آنالیز سناریوی ۳

نتایج حاصل از آزمون آماری نشان داد که در دوره خشکسالی، زمانیکه مدیریت آبخیز در حوضه اعمال شود، بین میانگین مقادیر حجم نفوذ یافته به آبهای زیرزمینی در دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۰ و۲۵ سال با میانگین کل حجم آب نفوذ یافته به آب زیرزمینی که به طور طبیعی رخ می‌داد، اختلاف معنی‌دار وجود ندارد (P>۰/۰۵). در این حالت میانگین حجم آب زیرزمینی اضافه شده در این سناریو از میانگین کل نیز بیشتر است ولی این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نیست. در واقع اعمال مدیریت آبخیز در حوضه، سبب شده است که حجم آب زیرزمینی افزایش یابد. پس می‌توان گفت که اعمال مدیریت آبخیز در حوضه حتی در زمان خشکسالی، موجب بهبود وضعیت آبخوان می‌شود. بدین ترتیب عدم معنی‌داری را می‌توان این

چنین توجیه نمود که خشکسالی و کمبود بارش، عامل مهمی‌در افزایش سطح آب‌های زیرزمینی است ولی می‌توان با اجرای مدیریت صحیح آبخیز، و اجرای عملیات اصلاحی جهت تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی حوضه ایسین، این کمبود آب را جبران نمود.

آنالیز سناریوی ۴

نتایج حاصل از آزمون آماری نشان داد که در دوره ترسالی، زمانیکه مدیریت آبخیز در حوضه اعمال گردد، بین میانگین مقادیر حجم نفوذ یافته به آبهای زیرزمینی در دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۲۵ سال با میانگین کل حجم آب نفوذ یافته به آب زیرزمینی که به طور طبیعی رخ می‌داد، اختلاف معنی‌دار وجود ندارد ($P>۰/۰۵$) در این حالت نیز میانگین حجم آب زیرزمینی اضافه شده در این سناریو نیز از میانگین کل بیشتر است. در این حالت نیز این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نیست ولی نشان می‌دهد اجرای عملیات آبخیزداری می‌تواند سبب افزایش سطح آبخوان شود. پس می‌توان گفت که اجرای عملیات اصلاحی آبخیزداری جهت تغذیه مصنوعی آبخوان در حوضه ایسین سبب بهبود وضعیت سطح آبهای زیرزمینی می‌شود.

بدین ترتیب وضعیت آبهای زیرزمینی با دوره بازگشت‌های مختلف و با در نظر گرفتن دوره‌های ترسالی و خشکسالی پیش بینی شده است. مقادیر میانگین سالانه حجم اضافه شده به آبهای زیرزمینی حوضه ایسین طی یک دوره بازگشت ۲۵ ساله، در جدول شماره ۴ نشان داده شده است.

جدول۴: حجم اضافه شده به آبهای زیرزمینی به میلیون مترمکعب در یک دورهٔ بازگشت ۲۵ ساله (میانگین ± انحراف از معیار)

دوره	بدون مدیریت آبخیز	همرا با مدیریت آبخیز
تر سالی	۴/۳۵ ± ۱/۳۹	۶/۶۳ ± ۲/۱۱
خشکسالی	۱/۱۲ ± ۰/۶۵	۱/۷۲ ± ۰/۹۹

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی هیدروگراف آبهای زیرزمینی حوضه ایسین نشان داد، پس از هر بارندگی قابل توجهی که رخ می‌داد سطح آب زیرزمینی افزایش می‌یافت. مثلا در سالهای ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۷ این تغییرات کاملاً مشخص است. با توجه به اینکه نقش عوامل طبیعی حوضه و همچنین مصرف آب کشاورزی که بیشترین مصرف را دارا می‌باشد نیز بی‌تأثیر نیست ولی می‌توان گفت بارش برای حوضه ایسین نقش اساسی در نوسانات سطح آب زیرزمینی دارد. بنابراین اگر بتوان با مدیریت آبخیز جلوی هدر رفت جریانهای حاصل از بارندگی را در ترسالی‌ها گرفت، دیگر با مشکل کم آبی در سالهای خشک روبرو نخواهیم شد.

نتایج حاصل از تجزیه وتحلیل سناریوها نیز نشان می‌دهد که مدیریت آبخیز جهت افزایش سطح آب زیرزمینی در حوضه ایسین نیازمند یک برنامه‌ریزی جامع جهت حل مشکل افت سطح آب زیرزمینی و یا به حداقل رساندن اثرات ناشی از آن است. این مهم نه تنها در کوتاه مدت جوابگو نیست بلکه باید برای یک بازه زمانی طولانی مدت طرح‌ریزی شود و در کنار آن تمام روشهای حفظ، نگهداری و ترمیم صورت گیرد.

معنی‌دار نبودن تجزیه و تحلیل‌ها از نظر آماری نشان می‌دهد مشکل افت آب زیرزمینی حوضه ایسین، حتی در یک دوره بازگشت ۲۵ ساله نیز مرتفع نمی‌شود بلکه تاثیر مدیریت آبخیز در یک بازه زمانی طولانی نمایان می‌گردد. در این رابطه مارک و همکاران در تحقیق خود دریافتند که برای حل مشکل افت آب زیرزمینی باید برای ۶۰ سال آینده برنامه‌ریزی کرد (Marek et. al, 2005)، بنابراین می‌توان گفت اگر مدیریت آبخیز در حوضه ایسین به شکل اصولی انجام گیرد در طولانی مدت یعنی بیش از ۶۰ سال آینده می‌تواند جوابگو باشد در نتیجه افت سطح آب زیرزمینی کاهش یافته و به حالت تعادل می‌رسد. به طوری که حتی در سالهای خشک با مشکل کم آبی روبه رو نخواهیم شد.

همچنین نتایج نشان داد که اگر در حوضه ایسین مدیریت آبخیز را اجرا شود و عملیات اصلاحی پیشنهادی یعنی حوضچه‌های تغذیه‌ای، تورکینست، بند خاکی، بندسار، هلالی آبگیر، سدهای خشکه چین و سدهای گابیونی به همراه عملیات بیولوژیک احداث شود، به شرطی که هر ساله در منطقه پایش صورت گیرد و خرابی‌های احتمالی مورد ترمیم قرار گیرند و رسوبات جمع شده در پشت سازه‌ها لایروبی شوند، به طور متوسط در سالهای خشک ۱/۷۲ و در سالهای تر ۶/۶۳ میلیون مترمکعب در سال، آب از طریق بارش به سطح آبهای زیرزمینی حوضه

ایسین افزوده خواهد شد. بدین ترتیب بر اساس سابقه تحقیق جمع‌آوری شده و اطلاعات بدست آمده در رابطه با شرایط طبیعی حوضه ایسین و همچنین تجزیه و تحلیل سناریوهای پیش‌بینی کننده، می‌توان گفت با اعمال مدیریت آبخیز، وضعیت آبهای زیرزمینی حوضه ایسین بهبود خواهد یافت که این امر مهم نیازمند همکاری جمعی و کار گروهی متخصصان و سازمانهای مختلف است. بنابراین لازم است که سازمان جهاد کشاورزی استان هرمزگان، شرکت آب منطقه‌ای استان، اداره کل حفاظت محیط زیست استان با اداره کل منابع طبیعی استان همکاری و هماهنگی کامل داشته باشند. علاوه بر آن اجرای طرحهای آبخیزداری باید با مشارکت و همکاری کشاورزان و ساکنان حوضه همراه باشد. زیرا هیچ طرح آبخیزداری بدون حمایت ساکنان حوضه با موفقیت به اجرا در نمی‌آید.

تشکر و قدردانی

از جناب آقای دکتر ارشک حلی‌ساز عضو هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان و همچنین از همکاری مسئولین محترم شرکت سهامی آب منطقه‌ای هرمزگان به پاس راهنمایی‌های ارزنده سپاسگذاری می‌شود.

منابع

۱. شرکت سهامی آب منطقه‌ای هرمزگان (۱۳۸۸)؛ گزارش توجیهی تمدید ممنوعیت بهره‌برداری آب زیرزمینی دشت ایسین، بندرعباس؛

۲. فصاحت، حبیب؛ کریمی، احمدرضا؛ جنت، کبری (۱۳۸۷)؛ راهکارهای مدیریتی جلوگیری از پیشروی آب شور در دشت ایسین جهت تأمین بلندمدت آب شرب با استفاده از GIS، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تبریز؛

۳. کیاحیرتی، جعفر؛ اسلامیان، سعید؛ چرخابی، امیرحسین؛ خادمی، حسین (۱۳۸۱)؛ بررسی عملکرد شبکه‌های پخش سیلاب موغار اردستان در تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۲؛

۴. کی‌منش، محمودرضا، (۱۳۸۸)؛ مدیریت منابع آب در چشم‌انداز۲۰ ساله، ماهنامه مهندسی زیرساخت‌ها، شماره ۱۱؛

۵. مروتی شریف‌آباد، مهدی؛ برخورداری، جلال (۱۳۸۱)؛ ارزیابی نقش طرحهای آبخیزداری در تأمین منابع آب و توسعه مراتع در استان هرمزگان، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، سال نهم، شماره ۱؛

۶. نورعلیزاده، حسن (۱۳۸۶)؛ ارزابی اثر عملیات آبخیزداری بر آبخوان دشت بوشکان، چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران مدیریت حوزه‌های آبخیز، کرج، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران؛

۷. هانس. م. گریگرسن، پیتر. ف. فالیوت، کنت. ن. بروکس، ترجمه حسین پرورش، احمد نوحه‌گر، الیاس پرورش، ۱۳۸۸؛ مدیریت جامع حوزه آبخیز، انتشارات دانشگاه هرمزگان، چاپ اول، ۳۷۸ص؛

8. **Chess, C., and G. Gibson (2001), Watersheds are not equal: exploring the feasibility of watershed management. Journal, Water Resource Assoc, 37 (4):775 –82;**
9. **Said, A., Sehlke, G., Stevense, D.K., Glover, T., Sorensen, D., Walker, W., and T. Hardy. 2006; exploring an innovative watershed management approach: From feasibility to sustainability. An international journal of Energy, Volume 31, Issue 13, pp 2513-3080;**
10. **Joshi, H.R., and S.D. Shrestha (2008), Feasibility of recharging aquifer through rainwater in Patan, Central Nepal: Central Department of Geology, Tribhuvan University, Kirtipur, Kathmandu, Nepal;**
11. **Wani, S.P., Sudi, R., and P. Pathak (2010), Sustainable Groundwater Development through Integrated Watershed Management for Food Security. International Crops Research institute for the Semi Arid Tropics (ICRISAT), Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India;**
12. **Marek, T., Amosson, S., Almas, L., Bretz, F., Gaskins, D., Guerrero, B and D. Jones (2005), Feasibility of Water Management Strategies for the Declining Ogallala Aquifer in the Northern Texas High Plains During the Next 60 Years. Texas AgriLife Research, Texas AgriLife Extension – Amarillo and WTAMU.**