Archive of SID

دانشگاه آزاد اسلامی
واحد زاهدان

فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی
سال ۷ (۱۳۹۰)، شماره ۲: ۱۴۶-۱۳۱
www.appliedgeology.ir

ارائه‌ی راهکارهای مدیریتی منابع آب زیرزمینی دشت‌های استان کرمان

علیرضا شاهی‌دشت*و احمد عباس‌نژاد

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ali.shahidasht@yahoo.com, aabbas@mail.uk.ac.ir

*) عهده‌دار مکاتبات

تاریخ دریافت: ۸۹/۲/۱ ؛ تاریخ دریافت اصلاح شده: ۸۹/۱۱/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۲۵ ؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۰/۶/۳۰

چکیده

هدف این مطالعه بررسی کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت‌های استان کرمان، ارزیابی پیامدهای ناشی از اضافه‌برداشت و ارائه راهکارهای مفید جهت رفع مشکلات منطقه است. در راستای این پژوهش، کلیه اطلاعات هواشناسی، هیدرولوژیک، هیدروژئولوژیک، زمین‌شناسی و جغرافیایی جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل شدند. سپس نقشه‌های کیفیت شمیایی و هم‌عمق سطح آب زیرزمینی دشت‌های استان رسم و میزان اضافه‌برداشت، افت سطح ایستابی، کسری مخزن و تغییرات شوری آب زیرزمینی محاسبه گردید. براساس محاسبات انجام شده، تمامی دشت‌های استان کرمان طی سالیان گذشته دارای افت مداوم سطح آب زیرزمینی بوده‌اند. سطح آب زیرزمینی استان از سال آبی ۸۱-۸۰ تا ۸۶-۸۵، به‌طور متوسط سالیانه ۹۰ سانتی‌متر افت داشته است. پمپاژ بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی استان، پیامدهای نامطلوبی همچون تغییر کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور، کاهش حجم ذخائر آبی، تغییر ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌ها، افزایش اجباری عمق چاه‌ها، خشک شدن منابع برداشت آب (چاه، چشمه و قنات)، افزایش مصرف انرژی استحصال آب زیرزمینی، افزایش آسیب‌پذیری دشت‌ها نسبت به خشکسالی، نشست زمین، ایجاد درز و شکاف در سطح زمین و بناها، خسارت به تأسیسات، به خطر افتادن اکوسیستم طبیعی و خشک شدن برخی از مزارع و باغات را درپی داشته است. در نهایت، با استفاده از اطلاعات چند سال اخیر مربوط به تغییرات کمّی و کیفی آب‌های زیرزمینی هر دشت و با فرض ادامه روند کنونی تغذیه و تخلیه سفره‌ها، وضعیت ۱۰ سال آینده هر یک از دشت‌ها پیش‌بینی شد. نتایج نشان‌دهنده‌ی آن است که در صورت ادامه روند کنونی و عدم انجام اقدامات جدی و عملی جهت کاهش برداشت‌های بی‌رویه، این استان در آینده‌ای نه چندان دور، با تشدید پیامدهای زیست‌محیطی و حتی مشکلات اقتصادی و اجتماعی مواجه خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: آب‌های زیرزمینی، اضافه برداشت، افت سطح آب، استان کرمان، نشست زمین، مدیریت منابع آبی.

۱- مقدّمه

جمعیت، الگوی مصرف و استفاده از فن‌آوری، سه پارامتر اصلی و تأثیرگذار در ایجاد مشکلات محیطی، کاهش و یا حل آن‌ها می‌باشند. متأسفانه افزایش جمعیت، جهت‌گیری مصرف‌گرایی و استفاده بی‌رویه و نابجا از فن‌آوری‌ها، سبب شده منابع موجود بدون در نظر گرفتن پیامدهای آن، با سرعت و قدرت بیشتری استخراج گردند. اما در حال حاضر تهی‌شدن سفره‌های آب زیرزمینی (که دومین منبع آب شیرین در دنیا است) چالش جدی را در بیشتر کشورها ایجاد نموده است (Cunningham 2003). پمپاژ زیاد آب چهره زمین را دگرگون کرده، کیفیت آب‌ها را کاهش و هزینه استحصال آب را نیز افزایش داده است (براون ۱۳۸۱). این مسئله، در بیشتر کشورهای دنیا از جمله ایتالیا، ژاپن، انگلستان، چین، تایلند، تایوان و مکزیک (Kaiser & Skiller 2003)، امریکا(Gelt et al. 1999 & Moore 2005)، هندوستان (Chatterjee 2006)، تایلند (Phien-Wej 2006)

www.SID.ir

Archive of SID

ازبکستان و آذربایجان (Baba et al. 2006) نیز گزارش شده است. ایران سرزمینی خشک و بیابانی با نزولات جوی بسیار کم بوده که میزان بارندگی در آن کمتر از یک سوم بارندگی در سطح دنیاست (علیزاده ۱۳۸۵). بنابراین به دلیل کمبود منابع آب سطحی، پمپاژ بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی کشور امری رایج است. بیش از ۲۵درصد سفره‌های آب زیرزمینی کشور (۱٦۵ سفره از ٦۲۹ سفره) به‌دلیل برداشت بیش از حد، در شرایط بحرانی قرار دارند که تعداد آن‌ها در حال افزایش است (عباس‌پور و عنایی ۱۳۸۰). افت سطح آب زیرزمینی و بیلان منفی سفره‌ها، در بیشتر دشت‌های ایران گزارش شده‌است که از جمله آن‌ها می‌توان به دشت‌های رفسنجان (عباس‌نژاد ۱۳۷۷)، زرند ساوه (ابراهیمی و همکاران ۱۳۷۸)، زنجان (عبدی و همکاران ۱۳۷۹)، همدان (فاطمی عقدا و همکاران ۱۳۸۰)، اختیارآباد کرمان (عباس‌نژاد ۱۳۸۳)، شمسی، بفروئیه و میبد (میرباباشی و دانائیان ۱۳۸٤)، جنوب و جنوب‌غرب تهران (شمشکی و همکاران ۱۳۸٤)، کاشان- آران و بیدگل، گلپایگان، مهیار و اصفهان (قیومی و همکاران ۱۳۸٤)، مشهد، نیشابور، جنگل و مه‌ولات (ولایتی ۱۳۸٤)، فامنین – کبودرآهنگ (امیری ۱۳۸٤)، مشهد (لشکری‌پور ۱۳۸٤، Rahnama-Rad et al. 2009)، موسیان (فضل اولی ۱۳۸۵)، کاشمر (لشکری‌پور و همکاران ۱۳۸۵)، فریمان- تربت‌جام (لشکری‌پور و همکاران ۱۳۸٦ و ۱۳۸۷)، کرمان، رفسنجان، جیرفت و زرند (شاهی‌دشت ۱۳۸۷) و فیروز آباد (فتحی و زیبایی ۱۳۸۹) اشاره نمود.

۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

استان کرمان، در جنوب‌شرقی ایران واقع شده و با وسعتی معادل ۱۷۵۰٦۹ کیلومترمربع، یکی از پهناورترین استان‌های کشور محسوب می‌شود. کرمان، بین مختصات جغرافیایی ´۳۰- °۵٤ تا ´٤۸- °۵۹ طول شرقی و ´۰۲٤- °۲٦ تا ´۵۷- °۳۱ عرض‌های شمالی قرار دارد (تصویر ۱). این استان از نظر توپوگرافی به دو واحد دشت و کوهستان تقسیم می‌شود (بوتراب و همکاران ۱۳۸۵).

الف- دشت: وسعت دشت‌های استان کرمان بالغ بر ۱۰۵۷۷۸/۳ کیلومترمربع است. پوشش سطحی این نواحی آبرفتی بوده که به سمت مرکز دشت دانه‌ها ریزتر می‌شوند. بر روی این پادگانه‌ها، پنجه‌های آبرفتی و مسیل‌های متعددی وجود دارد که در صورت بارندگی، آب در این مسیل‌ها به صورت پهن و صفحه‌ای جریان می‌یابد. دشت‌ها به دلیل پستی و شرایط اقلیمی منطقه، از رسوبات دانه‌ریز دوران چهارم پر شده‌اند. بخش‌هایی از این دشت‌ها خشک و کویری بوده که اغلب بصورت ریگ‌زار و فاقد پوشش گیاهی یا پوشیده از سطوح نمک (کفه نمک) می‌باشند. این بخش‌ها، محل جذب و تجمع زه‌آب‌ها می‌باشند. بخش‌هایی که جنس خاک بهتر و آب زیرزمینی کافی دارند، زمینه برای کشاورزی مساعد بوده و با تمرکز جمعیت همراه می‌باشند.

ب- کوهستان: کوه‌های مرکزی و رشته‌هایی از سلسله جبال زاگرس در فلات مرکزی ایران، در شرق استان به هم گره خورده و پس از تشکیل دیواره‌ای مرتفع، به صورت سلسله جبال بارز درمی‌آیند. این ارتفاعات اغلب لخت، صخره‌ای و درهم ریخته بوده و در میان آنها دره‌ها و گردنه‌های متعددی به چشم می‌خورد.

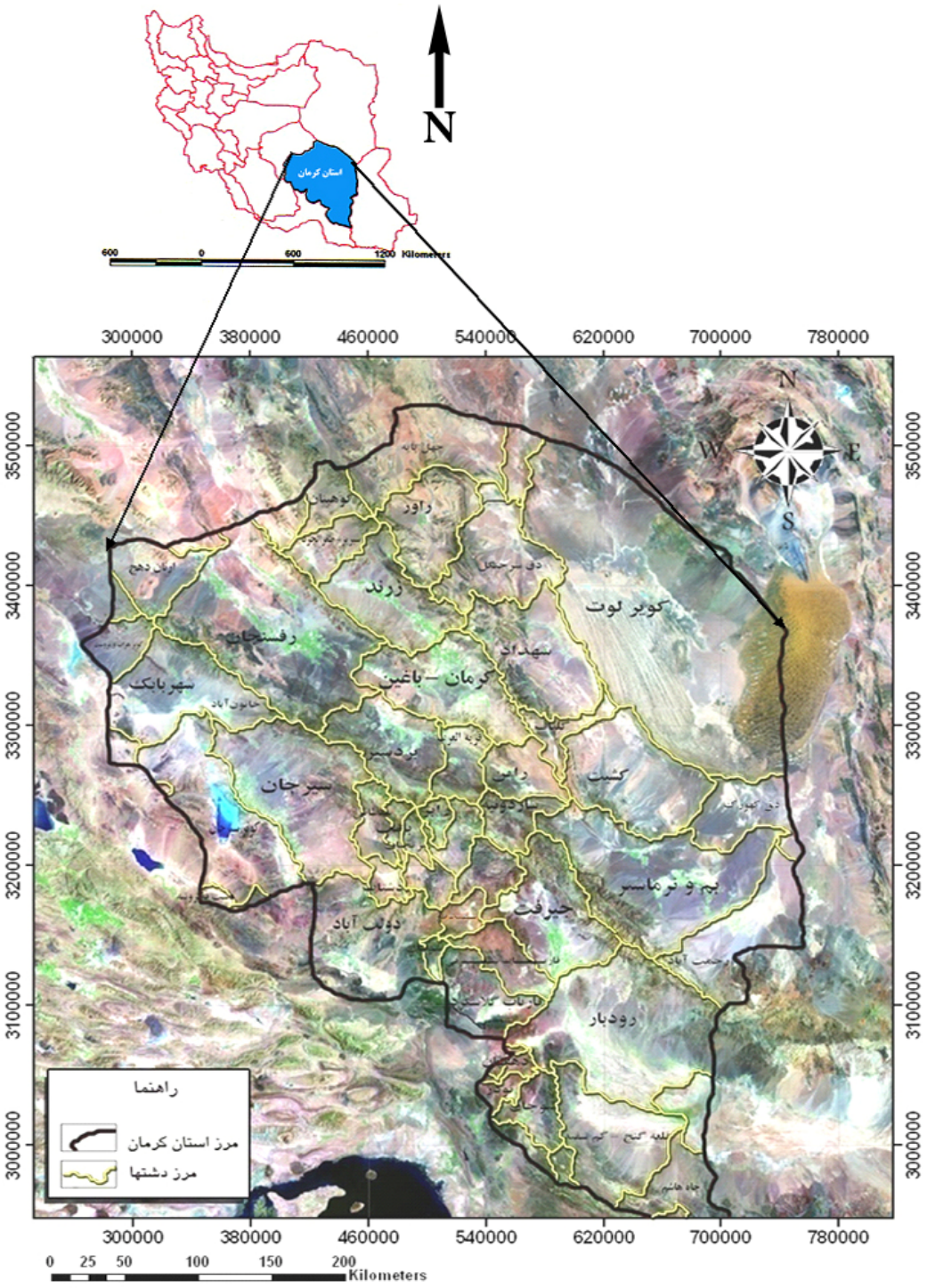
استان کرمان تحت تأثیر عوامل منطقه‌ای متعددی قرار دارد که از جمله این عوامل می‌توان به وجود رشته کوه‌های زاگرس و کوه‌های مرکزی، قرارگیری کویر لوت در شرق، عرض جغرافیایی پایین، زیاد بودن زمان تابش خورشید، فیزیوگرافی منطقه، تأثیر توده‌های هوایی مختلف و ... اشاره نمود. متوسط بارندگی در استان حدود ۱٤۵ میلی‌متر در سال است (سازمان هواشناسی استان کرمان ۱۳۸٤) که این مقدار، حدود ۵۸ درصد متوسط بارش سالانه کشور (بارش سالانه کشور ۲۵۱ میلی‌متر است) و حدود ۱۹ درصد میانگین بارش جهانی است. بیشترین میزان بارندگی استان حدود ۵۰۰ میلی‌متر (در قلل کوه‌های هزار- لاله‌زار) و کمترین مقدار بارش حدود ۲۰ میلی‌متر در سال (بیابان‌های پست و کم ارتفاع لوت واقع در شمال خاوری) گزارش شده است. متوسط حجم نزولات جوی در استان حدود ۲۵ میلیارد مترمکعب در سال است که ۷۵ درصد آن به علت خشکی و تبخیر شدید بلافاصله از دسترس خارج می‌گردد. حدود ۳/٤ مترمکعب از نزولات جوی به سفره‌های آب زیرزمینی نفوذ و حدود ۳ میلیارد مترمکعب آن به روان آب سطحی تبدیل می‌گردد که ۱/٦ میلیارد مترمکعب آن در رودخانه‌های اصلی و ۱/٤ میلیارد مترمکعب آن در مسیل‌های فصلی و دیگر رودخانه‌ها جریان می‌یابد، بخشی از این جریانات نیز به سفره‌های آب زیرزمینی نفوذ می‌نماید (شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان ۱۳۸۷). بر اساس آخرین سرشماری مرکز آمار ایران (۱۳۸٦)، جمعیت استان کرمان ۲۵۸٤۸۳٤ نفر است که بیشترین تراکم جمعیت در رفسنجان و کمترین تراکم مربوط به شهرستان کهنوج است.

۳- روش مطالعه

برای شناخت و ارزیابی اثرات برداشت بی‌رویه از سفره آب زیرزمینی دشت‌های استان کرمان، ابتدا دوره زمانی ۱۳۸۱-۱۳۸۰ تا ۱۳۸٦-۱۳۸۵، مبنای کار قرارگرفت (به‌دلیل کامل‌تر بودن اطلاعات آن نسبت به سال‌های دیگر). پس از آن کلیه اطلاعات هواشناسی، هیدرولوژیکی، هیدروژئولوژیکی، زمین‌شناسی و جغرافیایی جمع‌آوری و تحلیل شدند.

www.SID.ir

Archive of SID



تصویر ۱- موقعیت حوضه‌های آبریز و دشت‌های استان کرمان بر روی تصویر ماهواره‌ای

در ادامه، بر اساس این اطلاعات، نقشه‌های موقعیت مکانی منطقه، جریان‌های تغذیه‌ای، جهت جریان آب زیرزمینی، میزان افت سطح آب، میزان شوری آب زیرزمینی دشت‌ها و تغییرات آن طی این دوره ٦ ساله تهیه شد. سپس با استفاده از مطالعات میدانی و نتایج بدست آمده پیامدهای افت سطح ایستابی شناسایی و ارزیابی شدند. دشت‌های اصلی و مهم استان (کرمان، رفسنجان، زرند، سیرجان و جیرفت) به دلیل اهمیت و وخیم‌تر بودن وضعیت آب زیرزمینی، با جزئیات بیشتری مورد مطالعه قرار گرفتند. سپس جهت ارائه دورنمایی کلی از وضعیت آتی منابع آب زیرزمینی، شرایط هر یک از دشت‌ها و به‌طور میانگین کل استان پیش‌بینی شد. در پایان پس از جمع‌بندی نتایج و تحلیل راهکارهای موجود، راه‌حل‌هایی قابل اجرا برای کاهش مشکلات ارائه شد.

www.SID.ir

Archive of SID

۴- وضعیت منابع آب‌زیرزمینی دشت‌های استان

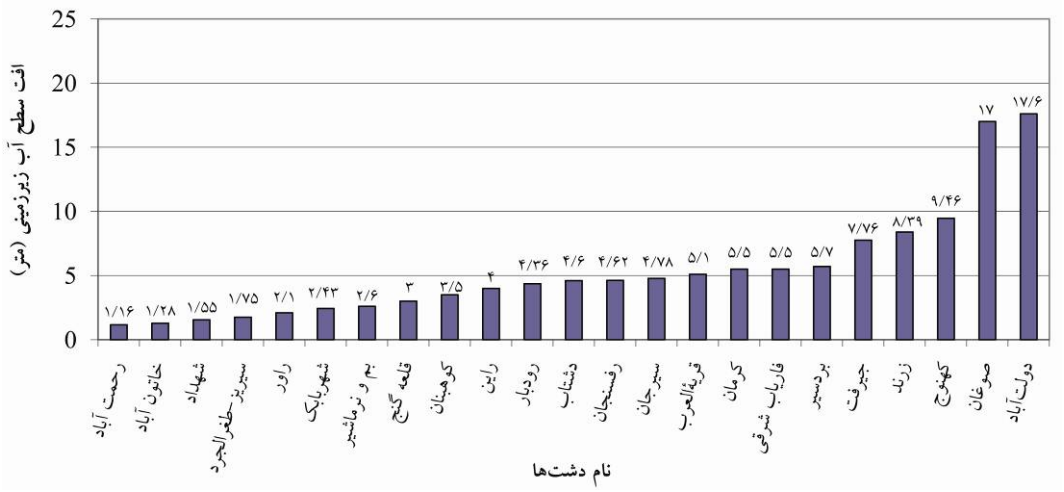
استان کرمان در حال حاضر دارای ۳۲۲٤۸ نقطه تخلیه آب زیرزمینی با تخلیه کلی معادل ٦/۷٦٤ میلیارد مترمکعب در سال است (شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان ۱۳۸۷). دشت رودبار با داشتن ۷٦۰۰ منبع تخلیه آب، بیشترین تعداد منابع آبی را در بین دشت‌های استان دارد. پس از آن دشت‌های جیرفت، منوجان، قلعه گنج، فاریاب کلاشگرد و رفسنجان بین ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ منبع آبی دارند. همچنین بیشترین برداشت در واحد سطح، در دشت‌های جیرفت، نودژ، بافت، بردسیر، بم و نرماشیر و منوجان صورت می‌گیرد.

به‌طور کلی ۹۰/۳۸ درصد تخلیه آب زیرزمینی در استان کرمان از طریق چاه‌ها، ۵/۹۸ درصد توسط قنات‌ها و ۳/٦٤ درصد بوسیله چشمه‌ها صورت می‌گیرد. با توجه به اینکه اقتصاد منطقه بر پایه فعالیت‌های کشاورزی استوار است، ۹۵/۸٦ درصد از آب استحصالی منابع زیرزمینی در بخش کشاورزی، ۳/۳٤ درصد برای شرب و ۰/۸ درصد در صنعت مصرف می‌گردد. متوسط هدایت الکتریکی آب چاه‌های استان حدود ۲۸٦۰ میکروموس بر سانتی‌متر ($\mu m/Cm$) محاسبه شد. آب‌زیرزمینی دشت‌های صوغان، ساردوئیه، دهکهان، بافت، سلطانی، رابر و بزنجان، بهترین کیفیت و آب چاه دشت‌های راور، سیریز- طغرالجرد، کرمان، رفسنجان، زرند و سیرجان، بدترین کیفیت را دارا هستند. بر اساس مطالعات انجام شده، شوری آب برخی مناطق استان مانند حاشیه غربی دشت سیرجان، نوق و انار در رفسنجان و سیریز، به حدی بالا است که مشکلات جدی را برای ساکنین این مناطق ایجاد کرده و حتی گیاهان و جانوران را نیز در معرض خطر جدی قرار داده است (شاهی‌دشت و عباس‌نژاد ۱۳۸۹).

۵- اضافه‌برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی و پیامدهای آن

روند بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی استان طی سالیان گذشته به گونه‌ای بوده که با رشد جمعیت و پیشرفت تجهیزات حفاری، روز به روز بر تعداد چاه‌های عمیق استان و میزان تخلیه سفره‌های آب زیرزمینی افزوده شده است. تعداد چاه‌های استان قبل از سال ۱۳۵۰، ۱۱۸۳ حلقه بوده که در سال ۱۳۸۵ به ۲۹۱٤۷ حلقه رسیده است، یعنی طی ۳۵ سال، ۲۷۹٤٦ حلقه به چاه‌های بهره‌برداری استان افزوده شده است. پیرامون روند تغییرات تعداد چشمه‌ها و قنات‌ها طی این مدت آمار دقیقی وجود ندارد.

آنچه مسلم است افزایش پمپاژ آب از چاه‌های نیمه عمیق و عمیق سبب افت سطح آب زیرزمینی و خشک شدن تعداد زیادی از چشمه‌ها و قنات‌های استان شده است (شرکت آب منطقه‌ای کرمان ۱۳۸۷). بارش کم، عدم تغذیه مناسب سفره‌ها و پمپاژ مداوم، سبب شده سطح آب زیرزمینی دشت‌های استان طی سال‌های گذشته همواره دارای سیر نزولی باشد. از سال آبی ۸۱-۸۰ تا ۸٦-۸۵، سطح آب زیرزمینی دشت‌های استان به‌طور متوسط ۵/٤٤ متر کاهش یافته که متوسط سالیانه آن ۹۰ سانتی‌متر بوده است.



تصویر۲- میزان افت سطح آب زیرزمینی دشت‌های استان طی دوره ۸۱-۸۰ تا ۸٦-۸۵

دشت‌های دولت‌آباد و صوغان با بیش از ۱۷ متر بیشترین و دشت رحمت آباد با ۱/۱٦ متر کمترین میزان افت سطح آب زیرزمینی را طی ٦ سال گذشته داشته‌اند (تصویر۲). از مهم‌ترین اثرات افت سطح آب زیرزمینی را می‌توان کاهش آبدهی رودخانه‌ها، نشست زمین، نفوذ آب شور، افزایش هزینه عمیق‌تر نمودن چاه‌ها، افزایش هزینه پمپاژ آب، کاهش آبدهی چاه‌ها، خشک شدن چاه‌های کم‌عمق و چشمه‌ها و

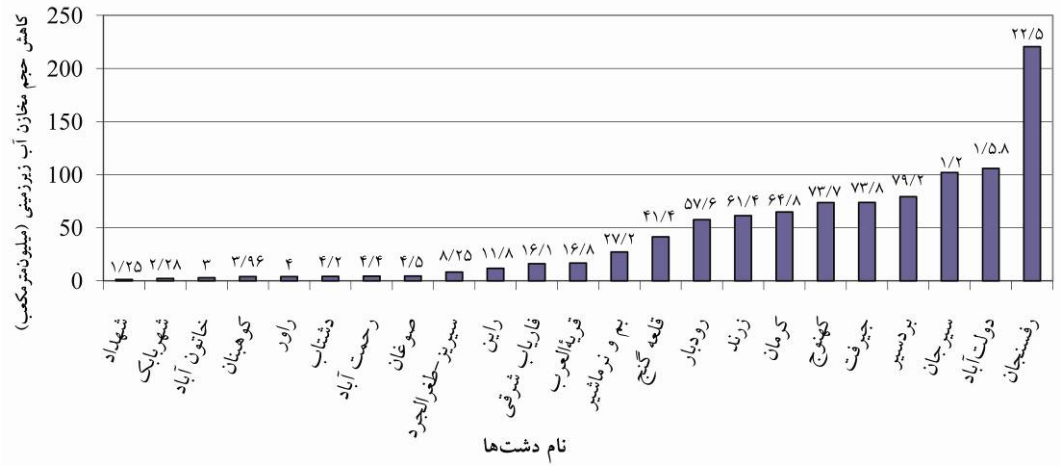
www.SID.ir

Archive of SID

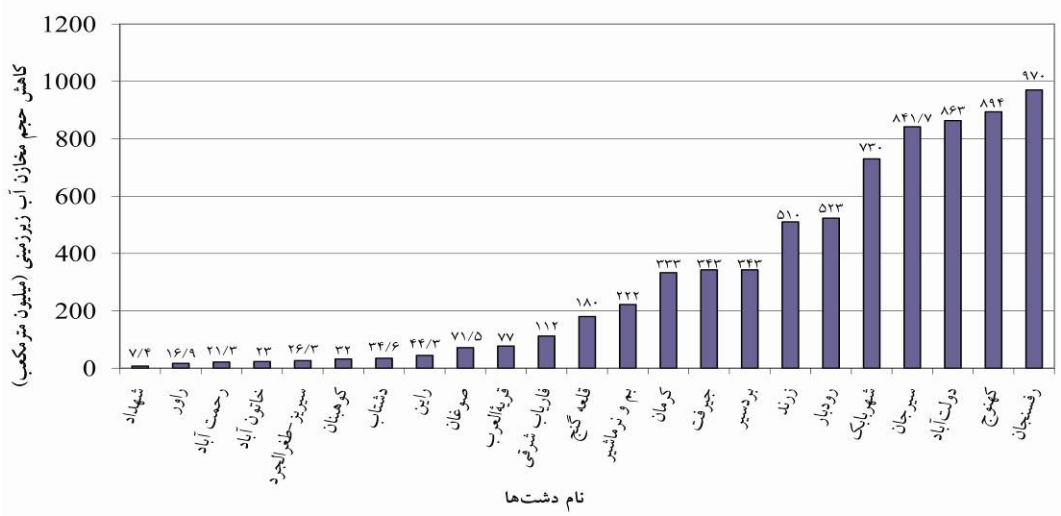
کاهش کیفیت آب را نام برد (Moore 2005). بر اساس نتایج این تحقیق، برداشت بی‌رویه از آب زیرزمینی دشت‌های استان کرمان علاوه بر افت سطح آب، اثرات نامطلوب دیگری را نیز در پی خواهد داشت که در ادامه تشریح خواهند شد.

۵-۱- کاهش حجم ذخایرآب زیرزمینی

مجموع اضافه‌برداشت از سفره‌های استان در سال آبی ۸۶-۸۵ بیش از یک میلیارد متر مکعب برآورد شده است که دشت رفسنجان در این سال با اضافه برداشتی معادل ۲۲۰/۵ میلیون مترمکعب بیشترین سهم را داشته‌است (تصویر۳). طی یک دوره ٦ ساله (از سال ۸۱-۸۰ تا ۸٦-۸۵)، دشت رفسنجان با کاهش حجمی معادل ۹۷۰ میلیون مترمکعب، بیشترین کاهش حجم مخزن را در بین دشت‌های استان داشته است. کاهش حجم مخزن دشت‌های کهنوج، دولت‌آباد، سیرجان و شهربابک بیش از سایر دشت‌ها بوده‌است. کمترین میزان کاهش حجم مخزن نیز در دشت‌های شهداد، راور و رحمت‌آباد اتفاق افتاده‌است (تصویر٤). وضعیت دشت‌های مهم استان نیز طی این دوره به گونه‌ای بوده‌است که ۷/۷ درصد از حجم سفره دشت کرمان، ۵/٤ درصد از حجم سفره دشت زرند، ٤/۵٤ درصد از حجم سفره دشت رفسنجان، ۵/۰۵ درصد از حجم سفره دشت سیرجان و ٤/٤ درصد از حجم سفره دشت جیرفت کاسته شده‌است.



تصویر۳- میزان اضافه‌برداشت در هریک از دشت‌های استان در سال آبی ۸٦-۸۵



تصویر ٤- میزان کاهش حجم ذخایرآبی دشت‌های استان طی سال‌های۸۱-۸۰ تا ۸٦-۸۵

www.SID.ir

Archive of SID

۵-۲- خشک شدن منابع برداشت آب

از سال آبی ۸۱-۸۰ تا ۸۶-۸۵ با افت سطح آب‌زیرزمینی، تعدادی از چاه‌ها و قنات‌های استان خشک و میزان آبدهی آنها کاهش یافته‌است. از سوی دیگر، با حفر چاه‌های جدید و افزایش عمق چاه‌های قبلی و همچنین لایروبی قنات‌ها و افزایش عمق مادرچاه، سعی در افزایش تعداد و میزان بهره‌برداری از آنها بوده‌است.

در جدول ۱ تغییرات تعداد و میزان تخلیه از منابع آبی استان طی این دوره ارائه شده است.

جدول ۱- تغییرات تعداد و میزان تخلیه منابع آب دشت‌ها طی دوره ۸۱-۸۰ تا ۸۶-۸۵ سال آبی باید در جدول آورده شود.

نام دشت	تغییر تعداد منابع آبی		تغییر میزان تخلیه (میلیون مترمکعب)	
	چاه	قنات	چاه	نات
شهربابک	-۱۲٤	-۹	۲۵/۱	*
خاتون اباد	-٦۷	*	۰/۰۹٦	*
زرند	-٦۰	۵۹	-۳٤	*
سیریز-طغرالجرد	-۷	۷	*	*
راین	-٤	*	-۳/۲۸	*
گلباف	۰	*	۱/۲۵	*
دشتاب	۱	۱	-۱٦/۹٦	*
ساردوئیه	۱	۳	-۰/۵۷	*
صوغان	۲	*	۱۹/۱۷	*
راور	٦	*	۵	*
شهداد	۸	۹	۸/۵٤	-۲۸
بافت-سلطانی-بزنجان-رابر	۱۳	۱۰	۰/۵۲	*
قریه العرب	۲۰	۲	-۱/۱۵	*
سیرجان	۲۸	*	٤٦/۵۵	-۱۳/۹۷
بم و نرماشیر	۳۹	-۱٤	۵٤	-۹۸
بردسیر	٤۰	۱۷	-۲۸/٦	*
دولت آباد	۵۰	*	۲۲/۳۵	*
رفسنجان	۵۲	-۱	-۲٤	*
اسفندقه	۵۹	٤	-٦/۳	*
رحمت آباد	٦۰	*	۵۲/٤	*
کرمان-باغین	۱۲۲	*	-۱۲۳/۳	*
دهکهان	۱۲٤	*	۲/۰٤	*
منوجان	۳۲۷	*	-٦/۸	*
نودژ	۳۳۳	*	۱۷/۳۲	*
فاریاب شرقی	٤۰۱	٦	۸۹/۲	*
فاریاب کلاشگرد	٤۳۹	*	-۲۸/۸۳	*
قلعه گنج- کم سفید	۵۷۹	*	۲۵/٦٤	-۰/۱۵
رودبار	۲۱۳٦	*	۲۵٦/۵۸	*
جیرفت	۲۸۲۸	*	۲۸۱/٦٦	*
کویر هرات مروست	*	*	*	*
کوهبنان	*	*	*	*

* اطلاعاتی موجود نیست

۵-۳- افزایش میزان مصرف انرژی برای استحصال آب زیرزمینی

با افزایش عمق آب، پمپاژ آب از اعماق پایین‌تر به انرژی بیشتری نیاز خواهد داشت که مقدار آن با میزان اضافه‌برداشت از سفره و افت سطح آب رابطه مستقیم دارد. در این پژوهش، بر اساس محاسبات انجام شده به‌دلیل افت سطح آب زیرزمینی، میزان مصرف انرژی جهت استحصال آب زیرزمینی از کل سفره‌های استان طی دوره ۸۱-۸۰ تا ۸۶-۸۵ نزدیک به ۱۰۰/۰۰۰ گیگاژول (معادل سوخت ۲/۷۵۰/۰۰۰ لیتر گازوئیل و یا معادل مصرف ۱/۱٦۰/۰۰۰ کیلووات ساعت نیروی برق) بوده است که حدود ۸۰ درصد آن در دشت‌های دولت‌آباد، رفسنجان، زرند، سیرجان، جیرفت، کهنوج و کرمان مصرف شده است (تصویر۵).

اغلب انرژی مورد نیاز پمپاژ آب از سفره‌های آب زیرزمینی استان، به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم از احتراق سوخت‌های فسیلی تأمین می‌گردد، بنابراین افزایش مصرف انرژی علاوه بر افزایش هزینه‌ها، آلودگی‌های زیست‌محیطی را نیز به‌دنبال خواهد داشت. همچنین با توجه به اینکه سوخت‌های فسیلی تجدید ناپذیر بوده و دوره مصرف آن‌ها رو به کاهش است، بهره‌برداران در استفاده از آن با محدودیت‌هایی مواجه خواهند شد.

۵-۴- افزایش آسیب‌پذیری نسبت به خشکسالی

در مناطق وابسته به آب زیرزمینی، در صورت کاهش منابع آبی و خشکسالی‌های طولانی، خطر تهی شدن سفره آبی و بروز فاجعه افزایش خواهد یافت. در سفره‌های آبی با ذخیره بالا، در صورت وقوع خشکسالی و کاهش میزان تغذیه سفره، می‌توان با استفاده از ذخایر آبی موجود، بدون آسیب به کشاورزی منطقه، دوره خشکسالی را سپری کرد. بدیهی است که در طی دوره‌های ترسالی، می‌توان اضافه‌برداشت انجام شده در طی دوره خشکسالی را جبران نمود. بنابراین هرچه سفره آبی غنی‌تر باشد، اثرات خشکسالی را بهتر تحمل خواهد کرد. برای ارزیابی میزان تهی‌شدگی سفره‌های آب استان و اثرات برداشت بی‌رویه و اقدامات بهینه‌سازی و کاهش مصرف، رابطه (۱) به‌عنوان رقم تهی‌شدگی سفره پیشنهاد می‌گردد:

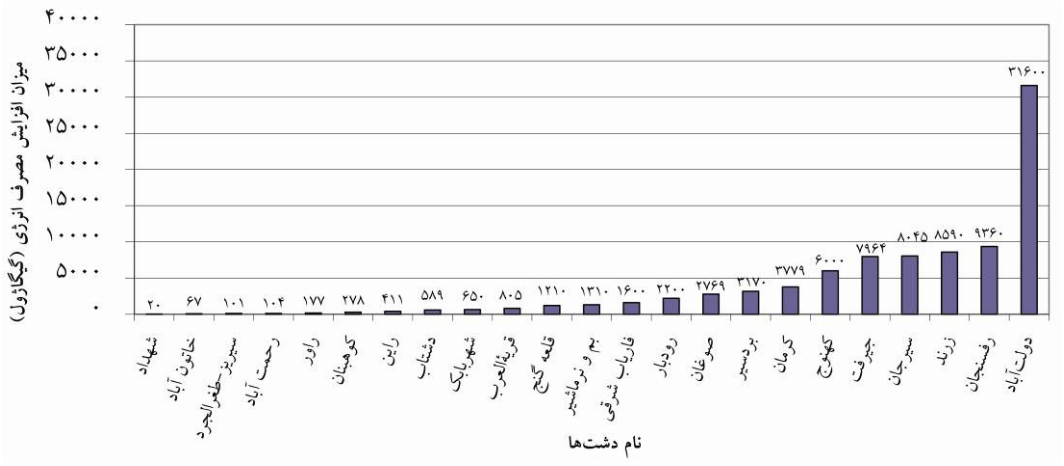
$$\text{رقم تهی‌شدگی}=(1-H/H_m) \qquad (۱)$$

که در آن H متوسط ضخامت سفره آبرفتی و H_m حداکثر ضخامت سفره است. دامنه تغییرات تهی‌شدگی بین ۰ و ۱ می‌باشد. اگر لایه‌ها تا حداکثر امکان حاوی آب زیرزمینی باشند، تهی‌شدگی سفره صفر و در صورت خالی بودن سفره آب زیرزمینی، این رقم یک خواهد بود. در نتیجه هرچه این رقم بزرگ‌تر باشد، شرایط بدتر و سفره آبی نسبت به عواملی همچون خشکسالی آسیب‌پذیرتر خواهد بود.

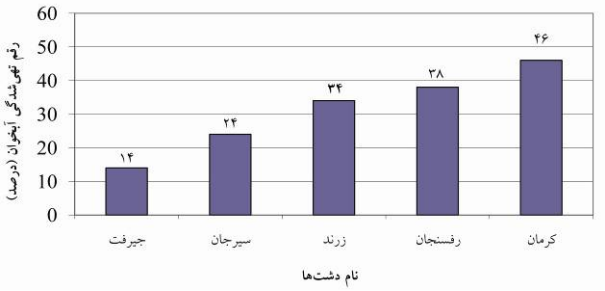
www.SID.ir

Archive of SID

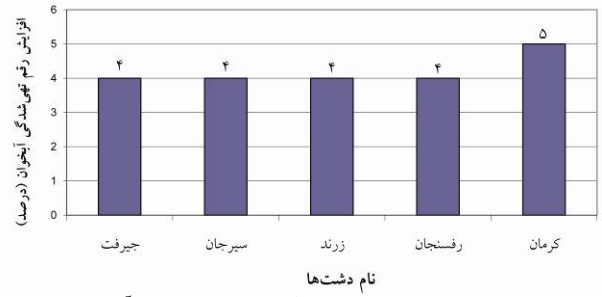
برای محاسبه رقم تهی‌شدگی سفره و تغییرات آن در طول سال‌های گذشته، اطلاعات متوسط عمق سفره و عمق سنگ کف نیاز است. به‌دلیل نبود اطلاعات کافی برای بیشتر دشت‌های استان، رقم تهی‌شدگی تنها برای دشت‌های اصلی (کرمان، زرند، رفسنجان، سیرجان و جیرفت) که دارای اطلاعات کافی در این زمینه بودند، محاسبه شد. در حال حاضر بیشترین مقدار رقم تهی‌شدگی سفره در بین دشت‌های اصلی استان، مربوط به دشت کرمان است، بنابراین دشت کرمان نسبت به خشکسالی آسیب‌پذیرترین دشت در میان دشت‌های مهم استان است (تصاویر ٦ و ٧).



تصویر ٥- میزان افزایش مصرف انرژی استحصال آب زیرزمینی از سال آبی ٨١-٨٠ تا ٨٦-٨٥



تصویر ٦- میزان رقم تهی‌شدگی سفره‌های آب زیرزمینی دشت‌های اصلی استان در سال آبی ٨٦-٨٥



تصویر ٧- روند افزایش میزان رقم تهی‌شدگی سفره‌ها از سال آبی ٨١-٨٠ تا ٨٦-٨٥

٥-٥- نشست زمین

یکی از پیامدهای مهم برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی، متراکم شدن لایه‌ها و نشست زمین است. افت سطح آب زیرزمینی موجب کاهش فشار هیدرواستاتیک سفره شده درنتیجه، بخش جامد یا ساختمان سفره پایداری خود را از دست داده، ذرات فشرده شده و فضاهای مفید بین ذره‌ای به‌خصوص در سیلت و ماسه از بین خواهند رفت. نشست زمین به‌طور معمول بلافاصله با خروج سیال رخ نمی‌دهد بلکه در زمانی طولانی‌تر از برداشت اتفاق می‌افتد

www.SID.ir

Archive of SID

(Galloway 1999). استخراج آب زیرزمینی و در پی آن افت مداوم سطح ایستابی، تخلیه سفره‌ها و نشست زمین از عوامل اصلی فروشست زمین می‌باشند. در حال حاضر شواهد این پدیده نظیر ایجاد درز و شکاف در سطح زمین، ایجاد ترک در دیواره‌ها، بالا آمدن لوله‌جدار چاه‌ها، ایجاد فروچاله‌ها و... در دشت‌های استان به وفور قابل مشاهده می‌باشند. با این وجود، تا کنون مطالعات نشست زمین در استان کرمان به‌طور جزئی فقط برای تعداد معدودی از دشت‌ها انجام گرفته است (شاهی‌دشت ۱۳۸۷). نشست زمین در کرمان، توسط مهندسین مشاور مهاب قدس طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۳ بررسی شد. بر اساس نتایج این مطالعات نواحی جنوب‌شرق، شمال و شمال شرقی کرمان در طی این دوره حدود ۲۵ تا ۳۶ سانتی‌متر نشست داشته است (حسن‌زاده ۱۳۸۵). عباس‌نژاد (۱۳۷۷) و کاظمی‌آذر (۱۳۸۵) در مطالعات خود به وجود آثار پدیده فرونشست در دشت رفسنجان اشاره و علت اصلی آن را برداشت آب‌های زیرزمینی و تخلیه سفره‌ها دانستند. رحمانیان (۱۳۶۵) و شاهی‌دشت (۱۳۸۷) نیز علت پدیده نشست زمین و ایجاد شکاف در اراضی و ساختمان‌های منطقه زرند را افت سطح آب گزارش نمودند (تصویر ۸).

۵-۶- کاهش کیفیت آب زیرزمینی و پیشروی آب شور

اضافه برداشت سبب افزایش املاح آب و نامناسب شدن کیفیت منابع آبی می‌شود. متأسفانه، با تخلیه بیش از حد سفره‌ها و پایین رفتن سطح آب زیرزمینی، متوسط هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی استان طی دوره ۸۱-۸۰ تا ۸۶-۸۵، حدود ۵۳ میکروموس بر سانتی‌متر افزایش یافته و به عدد ۲۸۶۰ میکروموس بر سانتی‌متر رسیده‌است. بیشترین میزان افزایش هدایت الکتریکی طی این مدت مربوط به دشت‌های راور، بردسیر، سیرجان، کوهبنان و جیرفت بوده است (تصویر ۹). این در حالی است که متوسط هدایت الکتریکی آب زیرزمینی تعدادی از دشت‌ها مقداری کاهش یافته که علت این موضوع را می‌توان در موارد زیر جستجو نمود:

الف- تسریع سرعت رسیدن آب تازه از مخروط افکنه‌های حاشیه دشت‌ها به سمت چاه‌های بهره‌برداری، به دلیل افزایش شیب هیدرولیکی ناشی از افت سطح آب زیرزمینی.

ب- انجام حفاری‌های جدید و یا کف شکنی چاه‌ها و دسترسی به لایه‌های آب با کیفیت بهتر.

ج- تفاوت در موقعیت و تعداد نقاط نمونه‌برداری برای تعیین شوری متوسط.

در حال حاضر، پیشروی جبهه آب شور (به ویژه در حاشیه کفه نمک سیرجان) از معضلاتی است که به‌دلیل برداشت بیش از حد مجاز و معکوس شدن شیب هیدرولیکی، در برخی دشت‌های استان با آن مواجه هستیم.

همچنین رها کردن چاه‌هایی که آب آن‌ها شور و غیرقابل استفاده شده و ادامه برداشت از چاه‌های دارای آب با کیفیت بهتر، باعث شده سطح آب شور نسبت به سطح آب شیرین بالاتر قرار گرفته و آب شور به سمت آب شیرین حرکت کرده و کیفیت این آب را نیز پایین آورد. این مسئله در اکثر دشت‌های استان در حال وقوع است.

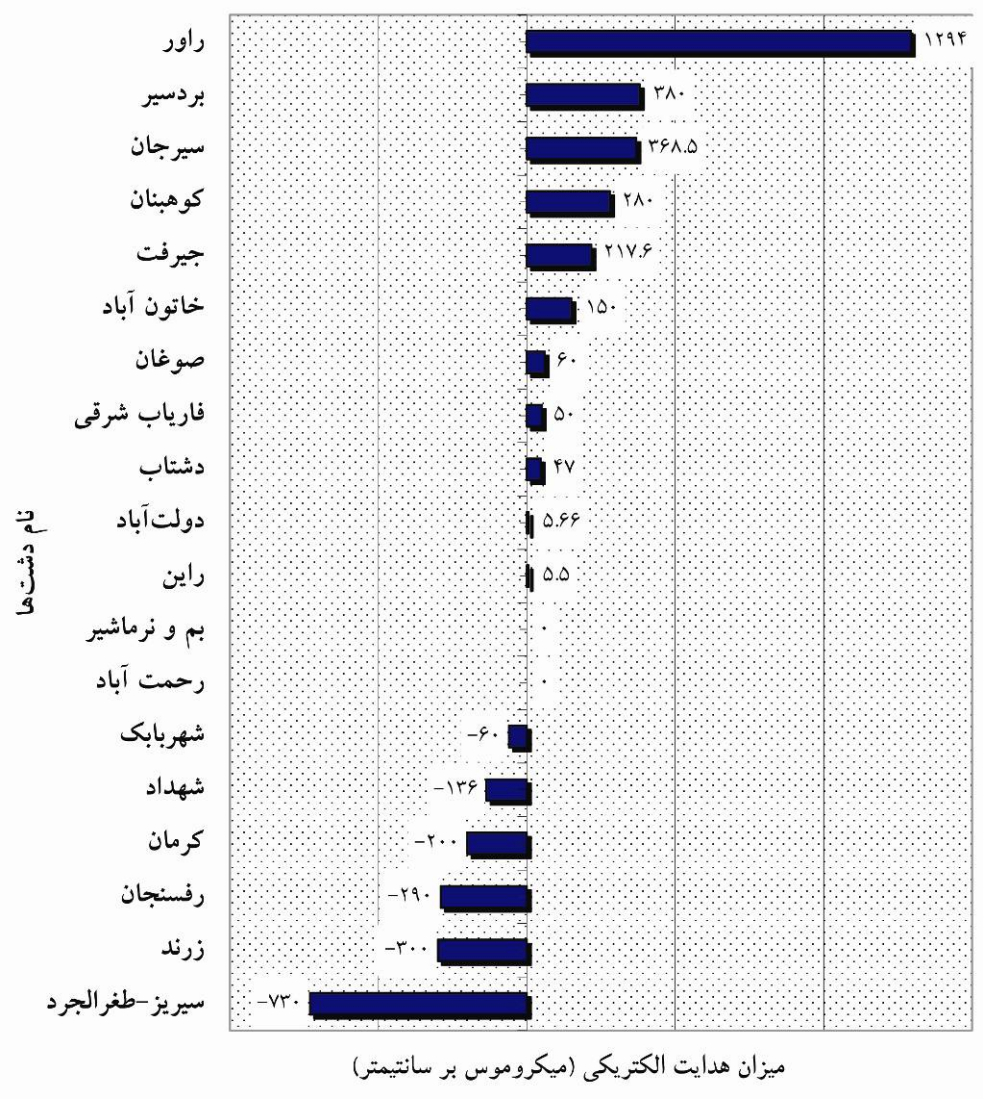
۵-۷- سایر موارد

افت سطح آب زیرزمینی و کاهش حجم ذخایر آبی در سال‌های گذشته، باعث کاهش رطوبت خاک، خشک شدن و کم آبی رودخانه‌ها، کاهش آبدهی و خشک شدن چشمه‌ها و قنات‌های استان شده است.

تصویر ۸- آثار پدیده فرونشست زمین در دشت رفسنجان

www.SID.ir

Archive of SID



تصویر ۹- تغییر متوسط شوری آب زیرزمینی دشت‌های استان کرمان از سال آبی ۸۱-۸۰ تا ۸۶-۸۵

این مسئله، حیات گیاهان و جانوران را به‌ویژه در مناطقی مانند دشت‌های دولت‌آباد و صوغان که سطح آب زیرزمینی افت بیشتری داشته و همچنین مناطق راور، سیریز، نواحی شمالی و غربی دشت کرمان، مناطق نوق و انار، شمال و شمال غربی دشت زرند و حاشیه کفه نمک دشت سیرجان که آب زیرزمینی کیفیت مطلوبی ندارد، در معرض خطر جدی قرار داده است. بررسی کیفیت آب زیرزمینی این مناطق نشان‌دهنده‌ی آن است که در شرایط کنونی، میزان شوری آب زیرزمینی این مناطق آنقدر بالاست که برای شرب انسان و دام و حتی آبیاری زمین‌های کشاورزی نیز نامناسب است (جدول ۲) (شاهی‌دشت و عباس‌نژاد ۱۳۸۹). یکی از نمونه‌های بارز تهدید اکوسیستم طبیعی منطقه در پی افت سطح آب زیرزمینی، خشک شدن بخش وسیعی از جنگل و پناهگاه حیات وحش مهروئیه کهنوج است که به لحاظ حفاظت از گونه‌های گیاهی متعدد و زیستگاه پرندگان نادر در ایران منحصر به فرد است. در بازدیدی که در زمستان ۱۳۸۷ از این پناهگاه به‌عمل آمد، مشخص شد که بخش عمده‌ای از جنگل مهروئیه خشک شده و درحال تخریب می‌باشد.

بر اساس بررسی‌های انجام شده مشخص شد که در گذشته سطح آب زیرزمینی این منطقه بسیار بالا بوده است (در عمق ٤-۲ متر). حفر تعداد زیادی چاه در اطراف این جنگل، سطح آب زیرزمینی را به شدت کاهش داده (بیش از ۱۵ متر) که به دنبال آن، درختان این جنگل درحال خشک شدن می‌باشند.

۶- پیش‌بینی شرایط در آینده

پیش‌بینی، همواره یکی از بحث انگیزترین و مشکل‌ترین اقدامات است. هرچه اطلاعات ما در مورد فرآیندهای حاکم بر تغییرات محیط زیست بیشتر باشد صحت پیش‌بینی‌ها نیز بیشتر خواهد بود پایه و

www.SID.ir

Archive of SID

اساس همه پیش‌بینی‌ها، اطلاعات و نتایج گذشته است. در این پژوهش با استفاده از اطلاعات مربوط به سطح آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای و کیفیت آب آن‌ها و با فرض ادامه روند کنونی تغذیه و تخلیه سفره‌ها، وضعیت ۱۰ سال آینده هر یک از دشت‌ها پیش‌بینی شد. بدیهی است که هیچ دلیلی وجود ندارد که این روند تا ۱۰ سال آینده هم ادامه یابد ولی این فرض می‌تواند ابعاد مشکل را در صورت ادامه روند فعلی، تا حدودی مشخص نماید.

نتیجه پیش‌بینی، بیانگر آن است که طی ۱۰ سال آینده سطح آب زیرزمینی دشت‌های استان به‌طورمتوسط حدود ۹ متر دیگر افت خواهد نمود و به همین علت بیش از ۱۰ میلیارد مترمکعب از حجم فعلی ذخایر آبی استان کاسته خواهد شد.

بنابراین با افت سطح آب زیرزمینی و کاهش حجم ذخایر آبی شاهد با افت سطح آب زیرزمینی و کاهش حجم ذخایر آبی، شاهد تشدید پیامدهای آن از جمله کاهش کیفیت آب، کاهش قابلیت انتقال سفره‌ها به‌دلیل کاهش بیش از پیش ضخامت آن‌ها، خشک شدن و فصلی شدن رودخانه‌ها، خشک شدن بسیاری از منابع آبی و افزایش اجباری عمق چاه‌ها(بخصوص در مناطق دارای افت بیشتر)، نیاز به افزایش مصرف انرژی جهت استحصال آب زیرزمینی به میزان بیش از ۱۶۶/۰۰۰ گیگاژول(معادل نیاز به افزایش سوخت ۴/۵۷۰/۰۰۰ لیتر گازوئیل و یا افزایش مصرف حدود ۲/۰۰۰/۰۰۰ کیلووات ساعت نیروی برق) نسبت به میزان مصرف سال ۸۶-۸۵ و افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی، افزایش آسیب‌پذیری دشت‌ها

جدول ۲- اثرات اضافه برداشت در دشت‌های استان از سال آبی ۸۱-۸۰ تا ۸۶-۸۵ سال آبی باید در جدول آورده شود.

نام دشت	افت سطح آب (متر)	کاهش حجم ذخایر آبی (میلیون مترمکعب)	افزایش مصرف انرژی (گیگاژول)	تغییرمیزان شوری آب (میکروموس بر سانتی‌متر	مطالعات نشست زمین
کرمان-باغین	۵/۵	۳۳۳	۳۷۷۹	-۲۰۰	انجام شده
زرند	۸/۳۹	۵۱۰	۸۵۹۰	-۳۰۰	انجام نشده
رفسنجان	۴/۶۲	۹۷۰	۹۳۶۰	-۲۹۰	انجام شده
سیرجان	۴/۷۸	۸۴۱/۷۵	۸۰۴۵	۳۶۸/۵	انجام نشده
جیرفت	۷/۷۶	۳۴۲/۹۹	۷۹۶۴	۲۱۷/۶	انجام نشده
راور	۲/۱۱	۱۶/۸۸	۱۷۷	۱۲۹۴	انجام نشده
شهربابک	۲/۴۳	۷۲۹	۶۵۰	-۶۰	انجام نشده
خاتون اباد	۱/۲۸	۲۳/۰۴	۶۷	۱۵۰	انجام نشده
کویر هرات مروست	۰/۸۵	۱۲/۵	*	*	انجام نشده
قریه العرب	۵/۱۴	۷۷/۱	۸۰۵	*	انجام نشده
بردسیر	۵/۷۲	۳۴۳/۲	۳۱۷۰	۲۰۰	انجام نشده
بافت،سلطانی،بزنجان،رابر	*	*	*	*	انجام نشده
دشتاب	۴/۶۱	۳۴/۵۷	۵۸۹	۴۷	انجام نشده
دولت آباد	۱۷/۶۱	۸۶۳	۳۱۶۰۰	۵/۶۶	انجام نشده
صوغان	۱۷	۷۱/۵	۲۷۶۹	۶۰	انجام نشده
نودژ	*	*	*	*	انجام نشده
دهکهان	*	*	*	*	انجام نشده
فاریاب شرقی	۵/۵	۱۱۲	۱۶۰۰	۱۰۰	انجام نشده
فاریاب کلاشگرد	*	*	*	*	انجام نشده
منوجان	*	*	*	*	انجام نشده
کهنوج	۹/۴۶	۴۸۹	۶۰۰۰	*	انجام نشده
رودبار	۴/۳۶	۵۲۳/۲	۲۲۰۰	*	انجام نشده
اسفندقه	*	*	*	-۹۰	انجام نشده
قلعه گنج-کم سفید	۳	۱۸۰	۱۲۱۰	*	انجام نشده
شهداد	۱/۵۵	۷/۴۴	۲۰/۵	-۱۳۶	انجام نشده
گلباف	*	*	*	*	انجام نشده
بم و نرماشیر	۲/۶۲	۲۲۲/۳	۱۳۱۰	۰	انجام نشده
راین	۴/۰۳	۴۴/۳۳	۴۱۱/۳	۵/۵	انجام نشده
ساردوئیه	*	*	*	*	انجام نشده
رحمت آباد	۲	۳۵	۱۰۴	۰	انجام نشده
کوهبنان	۳/۵۵	۳۱/۹۵	۲۷۸	۲۸۰	انجام نشده
سیریز-طغرالجرد	۱/۷۵	۲۶/۲۵	۱۰۱	-۷۳۰	انجام نشده

* اطلاعاتی موجود نیست

www.SID.ir

Archive of SID

نسبت به خشکسالی، تداوم نشست زمین و پیامدهای ناشی از آن (ایجاد درز و شکاف در سطح زمین و بناها، خسارت به تأسیسات چاه‌ها و کاهش ظرفیت ذخیره مجدد آب در سفره) و حتی در مواردی فرسایش خاک و افزایش سیل‌خیزی خواهیم بود. با توجه به این موارد، پیش‌بینی می‌شود که کشاورزی منطقه به‌ویژه باغات پسته پس از رونق زودگذر فعلی به‌دلیل عدم رعایت مسائل زیست‌محیطی و برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی، با آسیب‌های زیادی مواجه شود. بنابراین وضعیت اقتصادی مناطقی که وابستگی زیادی به محصولات کشاورزی از جمله پسته دارند با بحران جدی‌تری روبرو خواهد شد.در ارزیابی آسیب‌های اقتصادی برداشت بی‌رویه از سفره‌ها، باید علاوه بر محاسبه میزان خسارات وارده به زمین‌های کشاورزی و کاهش تولید و تلف شدن دام، طیور و حیات وحش، به خسارت‌های ناشی از نشست زمین، افزایش سیل‌خیزی، افزایش مصرف انرژی، هزینه استحصال، انتقال آب شرب و کشاورزی، هزینه دفع فاضلاب‌ها و زباله‌ها، افزایش بیماری بر اثر استفاده از آب‌های ناسالم و... نیز توجه شود. از نظر آسیب‌های اجتماعی، پیش‌بینی می‌شود که با کاهش تولیدات کشاورزی و رکود اقتصادی در منطقه، نزاع بر سر آب افزایش یافته، امرارمعاش مردم با مشکل مواجه شده و فقر، بیکاری و بزهکاری افزایش یابد. همچنین کمبود آب و تبدیل تدریجی دشت‌ها به بیابان، افزایش مهاجرت از روستا به شهر و توسعه شهرنشینی را به دنبال خواهد داشت.

پیش‌بینی وضعیت هر یک از دشت‌های استان و اثرات اضافه برداشت‌ها طی سال‌های آینده، در جدول ۳ آورده شده است. همچنین وضعیت آب‌های زیرزمینی دشت‌های اصلی استان (کرمان، رفسنجان، زرند، سیرجان و جیرفت) در گذشته، حال و آینده در جدول ٤ ارائه شده است.

۷- راهکارهای مدیریت منابع آبی

مدیریت منابع آبی در جهت تأمین نیازهای بشر و کاهش خسارات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه، موضوع پیچیده‌ای است که با افزایش جمعیت و میزان تقاضا در سال‌های آینده مشکل‌تر نیز خواهد شد. عوامل متعددی در افت سطح آب زیرزمینی نقش دارند که برای انتخاب راهکار مدیریتی مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت سطح آب توجه نمود. عامل مهم افت سطح آب زیرزمینی در استان کرمان پمپاژ بیش از حد مجاز آب و حفر چاه‌های غیرقانونی است (شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان، ۱۳۸۷). این نوع بهره‌برداری به علت عدم آگاهی بهره‌برداران از عواقب تهی‌شدن سفره‌های آب زیرزمینی و عدم آشنایی آن‌ها با روش‌های نوین حفظ منابع با کمترین هزینه است. در حال حاضر تنها ۱ درصد از کشاورزان استان دارای تحصیلات فوق دیپلم و بالاتر در رشته کشاورزی هستند و حدود ۷۸ درصد کشاورزان بی‌سواد یا دارای تحصیلات ابتدائی می‌باشند (معاونت برنامه و بودجه استان کرمان ۱۳۸۵).

بنابراین افزایش سطح آگاهی‌های عمومی و حمایت و تشویق فارغ التحصیلان دانشگاهی جهت فعالیت در بخش کشاورزی، یکی از مهم‌ترین روش‌های فرهنگی مدیریت منابع آبی است.

برای انجام راهکارهای عملیاتی نیز باید در نظر داشت که استان کرمان از دریاچه‌های آب شیرین و رودخانه‌های بزرگ دور بوده و عملاً استفاده از منابع آب جایگزین در این استان امکان‌پذیر نمی‌باشد. بنابراین تنها راه ممکن جهت کاهش مشکلات، مدیریت صحیح و استفاده بهینه از منابع آبی موجود است. مدیریت منابع آبی به معنی استفاده دقیق از آب و حفاظت منابع آبی است که کمیت و کیفیت آب را شامل می‌شود و می توان آن را به دو روش فعال و انفعالی تقسیم‌بندی نمود.

روش فعال خود قابل تفکیک به روش‌های زیر است:

۷-۱- جلوگیری از هدر رفت آب‌های سطحی

احداث سد، مهم‌ترین راهکار کنترل آب‌های سطحی است که در معدود دشت‌های دارای رودخانه دائمی استان کرمان در حال اجراست. اما به دلیل اینکه راه حل‌های سازه‌ای بحران آب از جمله سدسازی به زودی پایان می‌یابد، این عمل روش مفیدی برای آینده به نظر نمی‌رسد.

از آن گذشته احداث سد خود نیز پیامدهای زیست‌محیطی فراوانی بدنبال دارد. به عقیده میرعباسی و رهنما (۱۳۸٦) احداث سد بر روی رودخانه تنگوئیه دشت سیرجان، سبب کاهش تغذیه سفره آب زیرزمینی منطقه از این رودخانه و افزایش هجوم آب شور کفه نمک به سمت سفره شده است. بنابراین با توجه به میزان بارندگی بسیار کم در استان کرمان و نتیجتاً پتانسیل کم تولید جریانات سطحی و عدم تغذیه مناسب سفره‌های آب زیرزمینی و همچنین تغییرات میزان بارندگی از سالی به سال دیگر، ضرورت دارد از کلیه ظرفیت‌های موجود استفاده بهینه گردد.

۷-۲- حفاظت از سفره‌های آب زیرزمینی

تغذیه مصنوعی سفره و جلوگیری از نفوذ آلودگی به آب‌های زیرزمینی، از جمله اقداماتی است که می‌تواند به حفاظت از سفره‌های آب زیرزمینی کمک نماید . با استفاده از روش‌های پخش آب در سطح زمین، استفاده از گودال‌های طبیعی جهت نفوذ آب، استفاده از

www.SID.ir

Archive of SID

حوضچه‌های تغذیه، افزایش نفوذ طبیعی آب در بستر رودخانه‌ها و مسیل‌ها، تزریق آب به سفره توسط چاه‌های تزریقی و ایجاد ترانشه‌های افقی در زمین، می‌توان اقدام به تغذیه مصنوعی سفره نمود تنها روش استفاده از گودال‌ها و افزایش نفوذ از طریق بستر رودخانه‌ها و مسیل‌ها کارایی بالا داشته و جهت تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی استان مفید می‌باشند. سایر روش‌ها به‌دلیل راندمان پایین، ته نشست رسوبات ریز و هزینه بالا، توصیه نمی‌شوند.

۷-۳- حفاظت آب در مصرف

بیشترین میزان مصرف آب‌های زیرزمینی استان مربوط به بخش

جدول ۳- پیش‌بینی وضعیت و اثرات اضافه برداشت‌ها در دشت‌های استان طی دوره ۸۶-۸۵ تا ۹۶-۹۵

سال آبی باید در جدول آورده شود. نام دشت	افت سطح آب (متر)	کاهش حجم ذخایر آبی (میلیون مترمکعب)	افزایش مصرف انرژی (گیگاژول)	تغییرمتوسط هدایت الکتریکی آب (میکروموس بر سانتی‌متر)
کرمان-باغین	۸/۱۳	٤۷۸/۷۹	۵۵۰۰	–
زرند	۱۷	۱۰۷۰/۸۸	۱۸۲۵۰	–
رفسنجان	۸/۲	۱۷۲۲	۱٦۲۰۸	–
سیرجان	٦/۵	۱۱۲۳/۵	۱۰۰۰۰	٦۹۱
جیرفت	۱۱/۱۸	٤۹٤/۱۵	۱۱٤۷٤	٦٤۰
راور	٤	۳۲	۳۳۵	۱۸۰۰
شهربابک	۳	۹۰	۸۰۱	–
خاتون اباد	۲/۵	٤۵	۱۳۰	–
کویر هرات مروست	*	*	*	–
قریه العرب	۷	۱۰۵	۱۱۰۰	–
بردسیر	۱۰	٦۰۰	۵۵۵۰	۳۹۰
بافت،سلطانی،بزنجان، رابر	*	*	*	–
دولت آباد	۲۲/۵	۱۱۰۲/۵	٤۰۳۷۰	۱۵۸/۵
صوغان	۲٤	۱۰۰/۸	۳۹۱۰	۷٦
نودژ	*	*	*	–
دهکهان	*	*	*	–
فاریاب شرقی	۵	۱۰۲	۱۷٤۰	–
فاریاب کلاشگرد	*	*	*	–
منوجان	*	*	*	–
کهنوج	۱۸/۹۲	۱۷۸/۸	۱۲۰۰۰	–
رودبار	۸/۷۲	۱۰٤٦/٤	٤٤۰۰	–
اسفندقه	*	*	*	–
قلعه گنج- کم سفید	٤	۲٤۰	۱٦۱۰	–
شهداد	۲/۵	۱۲	۳۳	–
گلباف	*	*	*	–
بم و نرماشیر	٤	۳٤۰	۲۰۰۰	–
راین	۷	۷۷	۷۱٤	–
ساردوئیه	*	*	*	–
رحمت آباد	۳	۵۵/۲	۱۵٦	–
کوهبنان	۱۳/۲۱	۱۱۸/۹	۱۰۳۰	۱۲٤۹
سیریز-طغرالجرد	۷	۱۰۵	٤۵۰	–
دشتاب	۹/۵	۷۱/۲۵	۱۲۱۰	۹۵

* اطلاعاتی موجود نیست – محاسبه نشده است

www.SID.ir

Archive of SID

کشاورزی است، بنابراین حفاظت آب در کشاورزی و بهبود روش‌های آبیاری می‌تواند صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای را در منابع آبی استان به‌دنبال داشته باشد. پیشنهادهایی که در این زمینه می‌توان ارائه کرد به شرح زیر می‌باشند: قیمت‌گذاری بر آب زیرزمینی در کشاورزی و استفاده از سیاست‌های تشویقی برای کشاورزانی که میزان محصول تولیدی آن‌ها به ازای واحد آب مصرفی بیشتر است، کنترل میزان برداشت آب، انجام عملیات آبخیزداری، کاهش تلفات انتقال آب از شبکه‌های آبیاری سنتی از طریق اجرای طرح‌های پوشش نهرها و لوله‌گذاری، افزایش راندمان آبیاری با اجرای روش‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی در مزارع و باغات همراه با فراهم نمودن تسهیلات بانکی لازم، بهبود شرایط خاک به منظور افزایش نفوذپذیری آن و کاهش رواناب، تعیین میزان بهینه آب مصرفی به ازای محصول تولیدی مشخص، انجام آبیاری به موقع، تهیه الگوی کشت بهینه با در نظر گرفتن وضعیت اقلیمی و شرایط خاک و آب، حمایت از متخصصین علوم گیاهی و مهندسین ژنتیک جهت مطالعه و تحقیق در مورد ایجاد نژادهای گیاهی پُر محصول و مقاوم، بازیافت و تصفیه فاضلاب شهری به منظور استفاده در کشاورزی، گسترش کشاورزی مصنوعی و کشت گیاهان در محیط‌های آبی (هیدروپونیک) و... . خلاصه‌ای از راهکارهای موجود با مقایسه اهمیت و امکان استفاده آن‌ها بر اساس شرایط زمین‌شناسی و اقلیمی دشت‌های استان در جدول ۵ ارائه شده است. در کنار راهکارهای مطرح شده باید به مهار رشد جمعیت، ترویج الگوی صحیح مصرف، بهبود راه‌های ارتباطی روستایی و فراهم کردن امکانات مناسب آموزشی و بهداشتی در روستاها برای کاهش مهاجرت به شهرها و ارائه خدمات بیمه محصولات کشاورزی توجه نمود. حل مشکلات، نیازمند اجرای تلفیقی از راهکارهای قابل اجرا در جهت بهره‌برداری حداکثری از آب‌های سطحی به همراه استفاده از انواع روش‌های حفاظت از سفره و کاهش و بهینه‌سازی مصرف است.

با توجه به اینکه تاکنون روش‌های فعال، به‌خوبی مورد استفاده قرار نگرفته و از افت مداوم سطح آب‌های زیرزمینی استان جلوگیری نشده است، ممکن است در عمل روش انفعالی صورت گیرد.

گرچه در روش انفعالی، مسئولین اقدامی انجام نداده و هزینه‌ای صرف نمی‌شود اما در نهایت به علت خشک شدن بعضی از منابع برداشت آب و کاهش آبدهی، تعادل جدیدی برقرار می‌گردد. این مسئله، خشک شدن باغات، مزارع و خسارت‌های اقتصادی، آسیب شدید به سفره‌های آب، نشست زمین به میزان بیشتر و در مناطق بیشتر، هجوم بیشتر آب‌های شور به سفره‌ها، آسیب بیشتر به اکوسیستم منطقه، کاهش منابع آب مورد نیاز و بروز پاره‌ای مشکلات اجتماعی را به‌دنبال خواهد داشت.

جدول ٤- مقایسه و پیش‌بینی وضعیت منابع آبی دشت‌های اصلی استان طی دوره‌های ۹۵-۸۰ و ۹۶-۹۵

مشخصه		سال آبی	دشت کرمان	دشت زرند	دشت رفسنجان	دشت سیرجان	دشت جیرفت
متوسط ضخامت سفره (متر)		۸۱-۸۰	۷۳/٦	۱٥٤/۹۹	۹۸/٦۲	۹٥/۲	۱۷٤/۹٤
		۸٦-۸٥	٦۸/۱	۱٤٦/٦	۹٤	۹۰/٤۲	۱٦۷/۱۸
		۹٦-۹٥	٥۹/۹۷	۱۲۹/٦	۸٥/۸	۸۳/۹۲	۱٥٦
حجم ذخایر آبی (میلیون مترمکعب)		۸۱-۸۰	٤٤۱۸/۹	۹٤۲٤	۲۰۷۱۰	۱٦٦٦٥/۲٥	۷۷۳۲/۳
		۸٦-۸٥	٤۰۸٥/۹	۸۹۱۳/۸۸	۱۹۷٤۰	۱٥۸۲۳/٥	۷۳۸۹/۳٥
		۹٦-۹٥	۳٥۹۸/۱	۷۸٤۳	۱۸۰۱۸	۱٤۷۰۰	٦۸۹٥/۲
متوسط عمق برخورد به سطح آب (متر)		۸۱-۸۰	٥۲/٤	٦٦/٦۱	٥۲/۳۸	۲٤/۷	۲۰
		۸٦-۸٥	٥۷/۹	۷٥	٥۷	۲۹/٥	۲۷/۸
		۹٦-۹٥	٦٦	۹۲	٦٥	۳٦	۳۸/۸
تعداد منابع آبی	چاه	۸۱-۸۰	۱۰٦۷	۷۹۰	۱۳۸۳	۹۷٥	۲۳۰۱
		۸٦-۸٥	۱۱۸۹	۷۳۰	۱٤۳۳	۱۰۰۳	٥۱۲۹
		۹٦-۹٥	*	*	*	*	*
	قنات	۸۱-۸۰	*	۳۹	۱٥۱	٥۱	*
		۸٦-۸٥	۲۷	۹۸	۱٥۰	٥۱	۱٦۸
		۹٦-۹٥	*	*	*	*	*
متوسط شوری آب زیرزمینی (میکروموس بر سانتی‌متر)		۸۱-۸۰	٦۸۰۰	٥۰٥۹	۷۰۳٥	۳۹٤۰/٥	۱۰۳۲/۳
		۸٦-۸٥	۷۰۰۰	٤۷٥۹	٦۷٤٥	٤۳۰۹	۱۲٥۰
		۹٦-۹٥	؟	؟	؟	٥۰۰۰	۱۸۹۰

* اطلاعاتی موجود نیست

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- راهکارهای مدیریتی افت سطح آب‌زیرزمینی در دشت‌های استان

راهکار مدیریتی		راه رسیدن به راهکار	امکان اجرا در استان
حفاظت از سفره‌ها		تمرکززدائی از چاه‌های بهره‌برداری	کم
		ادامه ممنوعیت دشت، عدم صدور مجوزهای حفاری جدید	قابل ملاحظه
		احیای قنوات	متوسط
		انتقال آب از حوزه‌های مجاور	غیرقابل استفاده
		فروش مجوزهای میزان برداشت آب	کم
		باروری ابرها و تولید باران مصنوعی	کم
		جلوگیری از ساخت و ساز در مناطق تغذیه سفره‌ها	کم
	افزایش تغذیه سفره	استفاده از چاه‌های تزریقی	کم
		نفوذ آب از بستر رودخانه‌ها و مسیل‌ها	متوسط
		نفوذ سیلاب در گودال‌های طبیعی و قنوات خشک شده	متوسط
		ایجاد ترانشه جهت نفوذ سیلاب‌ها	قابل ملاحظه
		اجرای سدهای خاکی کوتاه	قابل ملاحظه
اقدامات کاهش آلودگی		کشاورزی: استفاده از کودهای گیاهی و جانوری و روش‌های بیولوژیکی دفع آفات	قابل ملاحظه
		صنایع و معادن: جلوگیری از ورود پساب‌های صنعتی و معدنی به سفره	متوسط
جلوگیری از هدر رفت آب‌های سطحی		احداث سد	کم
صرفه‌جویی و حفاظت آب در مصرف		بیان مشکلات و افزایش سطح دانش بهره‌برداران	قابل ملاحظه
		تصفیه و استفاده مجدد ازفاضلاب‌ها و پساب‌ها	متوسط
		بهبود شرایط خاک و استفاده از روش‌های نوین آبیاری و کاهش تبخیر	قابل ملاحظه
		تهیه الگوی کشت بهینه و تولید نژادهای پُر محصول	قابل ملاحظه
		یکپارچه کردن زمین‌های کوچک کشاورزی و ایجاد مزارع بزرگ	نا مشخص
		ترویج و توسعه آبکشت‌ها	متوسط
		بهره‌برداری چند جانبه از منابع آبی	قابل ملاحظه
		کاهش تلفات انتقال آب	قابل ملاحظه

۸- نتیجه‌گیری

در حال حاضر تمامی دشت‌های استان کرمان دارای بیلان منفی بوده و کیفیت آب زیرزمینی نیز به گونه‌ای است که در برخی مناطق برای شرب انسان و دام و حتی آبیاری زمین‌های کشاورزی نامناسب است. اضافه برداشت از منابع آبی استان طی سال‌های گذشته پیامدهای محیطی و اقتصادی نامطلوبی را به‌دنبال داشته است و چنانچه اقدامات جدی و عملی جهت کاهش برداشت‌های بی‌رویه و به تعادل رساندن سفره‌های آب زیرزمینی صورت نگیرد، علاوه بر تشدید این پیامدها، شاهد اختلال در روند فعالیت‌های کشاورزی و دامپروری، کاهش فرآورده‌های زراعی و دامی، تهدید امنیت زراعی و دامی، تهدید امنیت غذایی، عدم تأمین آب شرب کافی، اختلال در بهداشت عمومی، اختلال در امور صنعتی، گسترش بیکاری، کاهش تولید و درآمد و در نهایت افزایش فقر عمومی و بدنبال آن بروز نا آرامی‌ها، منازعات روستایی و بحران‌های اجتماعی در منطقه خواهیم بود.

عدم آگاهی بهره‌برداران از عواقب تهی‌شدن سفره‌های آب زیرزمینی و روش‌های حفظ منابع با کمترین هزینه و تمایل به کسب سود بیشتر بدون توجه به حفظ محیط‌زیست و منابع، از عوامل اصلی اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی استان محسوب می‌شوند. این موارد، در قالب کشاورزی سنتی و استفاده از روش‌های پُرمصرف آبیاری و همچنین توسعه روزافزون سطح زیرکشت پسته نمود یافته است. بنابراین با حفاظت آب در کشاورزی از طریق بهبود روش‌های آبیاری همراه با انجام اقداماتی نظیر بیان مشکلات و افزایش سطح دانش بهره‌برداران، تهیه الگوی کشت بهینه، جلوگیری از برداشت‌های غیرمجاز و عدم صدور مجوزهای جدید، حفاظت از سفره‌ها و تغذیه مصنوعی آن‌ها،

www.SID.ir

Archive of SID

می‌توان میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن را به حداقل رساند.

مراجع

ابراهیمی، ن.، قدیمی عروس‌محله، ف. وفاخواه، م.، ۱۳۷۸، "بررسی بحران منابع آب دشت زرند ساوه"، *مجموعه مقالات اولین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط‌زیست ایران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، جلد دوم: ۷۰۷-۷۰۱.*

امیری، م.، ۱۳۸٤، "ارتباط بین فروچاله‌های دشت فامنین- کبودرآهنگ- قهاوند با سنگ کف منطقه"، *مجله علوم زمین، شماره ۵۸: ۱٤۷-۱۳٤.*

براون، ل.، ۱۳۸۱، "اقتصاد زیست‌محیطی (راه حل بحران محیط زیست) "، *ترجمه: طراوتی، ح.، تهران، نشر هوای تازه، ۲۸۸ ص.*

بوتراب، س.، فتوت رودسری، ح.، ۱۳۸۵، "اطلس ژئوتوریسم استان کرمان"، *پایگاه ملی داده‌های علوم زمین، ٦۸ ص.*

حسن‌زاده، ر.، ۱۳۸۵، "بررسی شرایط و مسائل زمین‌شناسی شهری کرمان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی"، *پایان نامه کارشناسی ارشد زیست‌محیطی، گروه زمین‌شناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۲۳۰ ص.*

رحمانیان، د.، ۱۳٦۵، "نشست‌زمین و ایجاد شکاف براثر تخلیه آب‌های زیرزمینی درکرمان". *نشریه آب، شماره ٦: ٤۸-۳۵.*

سازمان هواشناسی کرمان، ۱۳۸٤، "آمار ایستگاه‌های سینوپتیک استان کرمان".

شاهی‌دشت، ع.ر.، ۱۳۸۷، "ارزیابی اثرات زیست‌محیطی برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی استان کرمان و ارائه راهکارهای مدیریتی(همراه با کاربرد نرم افزارArcGIS) "، *پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۲۹٤ ص.*

شاهی‌دشت، ع.ر.، عباس‌نژاد، ا.، ۱۳۸۹، "مدیریت منابع آبی، چالش‌ها و راهکارها(مطالعه موردی: استان کرمان) "، *چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافی‌دانان جهان اسلام(ICIWG2010)، ایران، دانشگاه زاهدان: ۱۳- ۱.*

شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان، ۱۳۸۷، "سیمای آب استان"، *معاونت مطالعات پایه منابع آب، ۳۱۵ ص.*

شمشکی، ا.، بلورچی، م.ج.، انتظام سلطانی، ا. ۱۳۸٤، "فرونشست زمین در دشت تهران و عوامل مؤثر در شکل‌گیری آن"، *چکیده مقالات بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین، ۱۳٤ ص.*

عباس‌پور، م.، عنایی، ف.، ۱۳۸۰، "بحران‌های زیست‌محیطی و برنامه‌ریزی توسعه پایدار در ایران"، *مجموعه مقالات اولین همایش ملی بحران‌های ریست‌محیطی ایران و راهکارهای بهبود آن، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات اهواز: ۲۱۵-۲۰۲.*

عباس‌نژاد، ا.، ۱۳۷۷، "بررسی شرایط و مسائل محیط‌زیست دشت رفسنجان"، *فشرده مقالات دومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، مشهد: ۳۱۰- ۳۰۳.*

عباس‌نژاد، ا.، ۱۳۸۳، "حفره فروکش کارستی در اختیار آباد- شمال‌غرب باختری کرمان"، *فصلنامه علمی پژوهشی علوم زمین، شماره ۵۲-۵۱: ۳۵-۲۸.*

عبدی، پ.، امینی، ع.، اخروی، ر.، ۱۳۷۹، "بررسی وضعیت منابع آب دشت زنجان و ارائه راهکارهائی برای مقابله با خشکسالی منطقه"، *مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی و خشکسالی، کرمان، جلد دوم: ۵۷۱- ۵٦۱.*

علیزاده، ا.، ۱۳۸۵، "اصول هیدرولوژی کاربردی"، *انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، ۸۰۸ ص.*

فاطمی‌عقدا، س.م.، نخعی، م.، بیت‌اللهی، ع.، علیاری، ع. ر.، ۱۳۸۰، "بررسی مکانیزم تشکیل فروچاله‌های دشت مرکزی همدان"، *دومین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط‌زیست ایران، دانشگاه تربیت مدرس تهران، جلد دوم: ۷۰۱ – ٦۹۳.*

فتحی، ف.، زیبایی، م.، ۱۳۸۹، "عوامل موثر در مدیریت بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی با استفاده از مدل برنامه‌ریزی چند هدفه: مطالعه موردی دشت فیروزآباد"، *مجله علوم آب و خاک- علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، شماره۵۳: ۱٦۵-۱۵۵.*

قیومی، ح.، رامشت، م.ح.، مرادی، ی.، شفقی، س.، ۱۳۸٤، "بررسی فرایند تأثیرگذار بر ویژگی‌های مورفولوژیک نشست زمین"، *کنفرانس بین المللی مخاطرات زمین، بلایای طبیعی و راهکارهای مقابله با آن، دانشگاه تبریز: ۱۲۹۹- ۱۲۹۵.*

کاظمی‌آذر، ف.، ۱۳۸۵، "شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی و اثرات زیست‌محیطی ناشی از پمپاژ آب زیرزمینی در دشت رفسنجان"، *پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۰۲-۸۳.*

لشکری‌پور، غ. ر.، غفوری، م. و دم‌شناس، م.، ۱۳۸۷، "تأثیر افت سطح آب زیرزمینی بر کیفیت آب‌های زیرزمینی در دشت فریمان – تربت جام"، *مجموعه مقالات دوازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران: ۸۸٦-۸۸۰ .*

لشکری‌پور، غ. ر.، رستمی بارانی، ح. ر.، کهندل، ا. و ترشیزی، ح.، ۱۳۸۵، "افت سطح آب زیرزمینی و نشست زمین در دشت کاشمر"، *مجموعه مقالات دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم، ۲٤۳۸-۲٤۲۸.*

لشکری‌پور، غ. ر.، غفوری، م.، سویزی، ز. و پیوندی، ز.، ۱۳۸٤، "افت سطح آب زیرزمینی و نشست زمین در دشت مشهد"، *مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم، جلد اول: ۳۱-۲۳ .*

لشکری‌پور، غ. ر.، کاظمی گلیان، ر. و میرشاهی، م.، ۱۳۸٦، "بررسی تأثیر افت سطح آب زیرزمینی بر روی کیفیت آن در دشت فریمان - تربت جام"، *مجموعه مقالات اولین کنگره زمین‌شناسی کاربردی ایران، مشهد، جلد دوم: صفحات ۹٤۷- ۹٤۲.*

مرکز آمار ایران، ۱۳۸٦، "سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵"، *پایگاه اطلاع رسانی www.amar.ir.*

معاونت برنامه و بودجه استان کرمان، ۱۳۸۵، "سیمای استان کرمان و شهرستان‌ها"، جلد دوم، صفحات ۱۱٤- ۹۵.

www.SID.ir

میراب‌باشی، س.م.، دانائیان، م. ر.، ۱۳۸٤، "عوامل و مخاطرات نشست زمین در دشت یزد- اردکان"، *خلاصه مقالات کنفرانس بین‌المللی مخاطرات زمین، بلایای طبیعی و راهکارهای مقابله با آن‌ها، دانشگاه تبریز، صفحات ۱۵۲٤- ۱۵۲۰.*

میرعباسی نجف آبادی، ر.، رهنما، م.ب.، ۱۳۸٦، "شبیه‌سازی آبخوان دشت سیرجان با استفاده از مدل Modflow و بررسی اثرات احداث سد تنگوئیه بر آن"، *مجله پژوهش آب ایران، دانشگاه شهرکرد، شماره ۱: ۹-۱.*

ولایتی، س.، ۱۳۸٤، "دو پدیده مخاطره آمیز، نشست زمین و شور شدن آب زیرزمینی دشت‌ها در استان خراسان (مطالعه موردی دشت‌های مشهد، نیشابور، جنگل و مه‌ولات)"، *خلاصه مقالات کنفرانس بین‌المللی مخاطرات زمین، بلایای طبیعی و راهکارهای مقابله با آن، دانشگاه تبریز: ۲۸۳-۲۷۵.*

Baba, A., Howard, K. W. F. & Gunduz, O., 2006, "Groundwater and ecosystems", *NATO Science Series: IV: Earth and Environmental Sciences, Springer, 310 pp.*

Chatterjee, R. S., Funeau, B., Rudant, J. P., Roy, P. S., Frison, P. L., Lakhera, R. C., Dahwal, V. K. & Saha, R., 2006, "Subsidence of kolkata (Calcutta) city, India during 1990s as observed from spacing differential synthetic aperture radar interfrometry (D-InSAR) technique", *Remote Sensing of Environment, Vol. 102: 176-185.*

Cunningham, W., 2003, "Environmental science", *7th Edition, McGraw Hill, 562 pp.*

Galloway, D., 1999, "Land subsidence in the United States, Washington D. C.", *United States Geological Survey, Circular, Vol. 1182, 177 pp.*

Gelt, J., Henderson, J., Seasholes, K., Tellman, B. & Woodard, G., 1999, "Water in the Tucson area: Seeking sustainability", *Water Resources Research Center, University of Arizona, Issue Paper #20, 155 pp.*

Kaiser, R. & Skiller, F., 2003, "Options for managing the hidden threat of aquifer depletion in Texas", *Texas Tech Law Review, Vol. 32: 250-304.*

Moore, J. E., 2005, "Overdraft, Water Encyclopedia", *USGS (Retired), Denver, Colorado: 340-343.*

Phien-Wej, N., Giao, P. H. & Nutalaya, P., 2006, "Land subsidence in Bangkok Thailand", *Engineering Geology, Vol. 82: 187-201.*

Rahnama-Rad, J., Khosravi, F. & Farhang, R., 2009, "Groundwater drawdown and land subsidence in Mashhad plain", *6th Euregeo, Germany, June 9th -12th, Munich, Proceedings Vol. 1: 95-98.*

www.SID.ir