نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering

سال نهم- شماره ۳۱- زمستان ۱۳۹۴ Vol. 9, No. 31, Winter 2015

احیاء قسمتی از دشت با اجرای پروژه تغذیه مصنوعی (مطالعه موردی دشت سفید دشت- فرادنبه)

رحیم علیمحمدی[1]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۲۹ تاریخ پذیرش :۱۳۹٤/۹/۱۰

چکیده

پروژه‌های تغذیه مصنوعی به منظور بهره‌وری بهینه از منابع آبی خصوصاً آبخوان‌ها، نقش مؤثر و بارزی به عنوان یک راهکار علمی و عملی ایفاء می‌نمایند. پروژه تغذیه مصنوعی سفید دشت- فرادنبه، جهت تأمین امنیت غذایی در قالب توسعه کشاورزی و منابع طبیعی پایدار و بهره‌وری بهینه از امکانات و پتانسیل‌های موجود اجراء شده است. در این پروژه رواناب‌های سطحی، آب چند چشمه و قنات که وارد رودخانه بروجن شده و در نهایت به رودخانه کارون می‌پیوندند، توسط سازه‌هایی همچون بند انحرافی، سیفون معکوس وکانال انتقال آب، وارد استخرهای تغذیه‌کننده پروژه تغذیه مصنوعی شده و به داخل آبخوان منطقه هدایت می‌گردند. طرح تحقیقاتی[2] جاری به منظور بررسی عملکرد و تأثیر کمی این پروژه نسبت به آب‌های ذخیره شده در آبخوان اجراء گردید. رواناب‌های ورودی به پروژه تغذیه مصنوعی سفید دشت- فرادنبه طی سال‌های ۱۳۸۲ لغایت ۱۳۸۵ بترتیب ٦/۱، ۵/۳، ۷/۳ میلیون مترمکعب در سال بوده است، که عمدتاً دشت سفید دشت و قسمتی از دشت فرادنبه تحت تأثیر قرار گرفته است. به منظور بررسی تأثیر کمی پروژه تغذیه مصنوعی بر آب‌های زیرزمینی و تغییرات حجم ذخیره آب در آبخوان منطقه و مدیریت منابع آب زیرزمینی از نرم‌افزار مادفلو[3] استفاده گردید. لذا جهت ارزیابی عملکرد و رفتار آبخوان از شش سناریو استفاده شده است. سناریو یک (با شرایط نرمال زمان اجرای طرح) در کوتاه مدت، میان مدت و بلندمدت (۲، ۱۵ و ۳۰ ساله)، سناریوهای دو و سه (منظور نمودن ۲۰ و ٤۰ درصدی کاهش بارش سالیانه)، سناریوهای چهار و پنج (افزایش ۲۰ و ٤۰ درصدی بارش سالیانه) و سناریوی شش (کاهش ۲۰ درصدی بارش سالیانه، رشد ۲۰ درصدی سطوح زیر کشت، رشد ۱۰ درصدی جمعیت و کاهش نشت از کانال‌های آبیاری به میزان ۵۰ درصد)، نتایج حاصل از اجرای مدل در حریم تغذیه مصنوعی بیانگر آنست که پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی برای یک دوره ۱۵ ساله (میان‌مدت) با اعمال شرایط سال۸۳- ۱۳۸۲(سناریو یک) به دلیل میزان و پراکنش مناسب بارش، در قسمت‌های میانی دشت تا ۱۰/۷۵ متر و برای دوره بلندمدت (۳۰ سال) افزایشی بالغ بر ۱۹/۵ متر دارد. این افزایش برای محل استخرهای تغذیه مصنوعی در دوره‌های زمانی میان‌مدت (۱۵ ساله) و بلند مدت (۳۰ ساله) ۱۹/٤۱ و ۲۳/۸۸ متر است. در سناریوهای دو و سه میزان سطح آب زیرزمینی نسبت به حالت نرمال ۰/۹ و ۱/٤۵متر کاهش داشته است. در سناریوهای چهار و پنج سطح ایستابی آب ۱/٤۵ و ۲/٦۹ متر افزایش داشت. اما سناریوی شش باعث افت ۳/٤٦ متر سطح آب‌های زیرزمینی منطقه گردید.

واژه‌های کلیدی: آبخوان سفید دشت- فرادنبه، آب‌های زیر زمینی، تغذیه مصنوعی، سناریوهای مختلف

مقدمه

از مهمترین منابع تجدیدشونده، می‌توان به آب به عنوان عنصری حیات‌آفرین و چالش‌زا اشاره نمود، که می‌بایست با اعمال مدیریت در حوضه‌های مختلف نسبت به استفاده بهینه از منابع آبی اقدام گردد. پیشی گرفتن رشد صنعت و تکنولوژی از رشد فرهنگ مصرف بهینه و پایدار در جوامع مختلف از عوامل مؤثر استفاده از تکنولوژی روز با هدف سود و منفعت لحظه‌ای و زودبازده شخصی بدون در نظر گرفتن سهم آیندگان و یا دیگر افراد سهیم در آن منابع و نعمت‌های خدادادی خصوصاً در امر استحصال و پمپاژ آب از منابع زیرزمینی، باعث بر هم خوردن تعادل بین عرضه و تقاضای آب در منطقه و ارائه بیلان منفی آبخوان‌ها می‌باشد. آب‌های زیرزمینی نقش مؤثری در تامین نیاز آبی دارند. ارزیابی، شبیه‌سازی و مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی از حساسیت ویژه‌ای برخوردار هستند. افزایش تقاضای مصرف آب در جوامع و طبع راحت طلبی و تک بعدی دیدن مسائل و مشکلات حادث شده، بخشی از چالش‌های پیش‌روی در رابطه با مصرف آب می‌باشند، که می بایست جهت حل آن معضلات و رفع

۱- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری پست الکترونیک: nafchi38@gmail.com

۲- بررسی تأثیر تغذیه مصنوعی دشت سفید دشت، فرادنبه بر کیفیت و کمیت آبخوان منطقه به شماره ۰۱-۰۵۰۰٤۲٤۰۰۰-۸۲

3. MODFLOW

چالش‌ها، از هر طریق ممکن اقدام عاجل و جمعی صورت پذیرد. به گونه‌ای که هر فردی در جامعه خود را ملزم به رعایت مصرف بهینه و پایدار آب در هر بخشی اعم از شرب و مصارف روزمره، صنعت – معدن- تجارت و علل‌الخصوص بخش کشاورزی نماید، و کارشناسان مربوطه در جهت اعتلای روش‌های بهینه و پایدار مصرف و بهره‌وری آب تلاش مضاعف نمایند. در صورتی که شرایط منطقه اعم از حجم رواناب‌ها، شیب، توپوگرافی منطقه، تشکیلات زمین‌شناسی، ظرفیت و پتانسیل ذخیره آب در آبخوان‌های منطقه و اقلیم منطقه مساعد اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی باشند، اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی یکی از راه‌حل‌های افزایش عرضه آب، جلوگیری از هرز روی رواناب‌های سطحی از منطقه می‌باشند [٦و ١٨] . پروژه‌های تغذیه مصنوعی روش‌های مختلف و متفاوتی جهت اجرا دارند که با توجه به شرایط خاص هر منطقه و اهدافی که پروژه‌ها دارند طراحی و اجرا می‌گردند [٢٢]. یکی از اهداف اصلی این پروژه‌ها ممانعت از هدر رفت رواناب‌های سطحی و هدایت آنها به داخل آبخوان و ذخیره رواناب‌ها درسفره آب زیرزمینی می‌باشد تا در فرصت مناسب نسبت به تخلیه و استفاده بهینه از آنها اقدام بعمل آورده شود. هر آبخوان دارای یک ظرفیت معین و محدود جهت ذخیره آب است و در صورتی که اتفاق خاصی برایش حادث نگردد قادر است حجم معینی از آب را گاهاً تا چند برابر حجم ذخیره آب در مخازن سدهای بزرگ را در خود نگهدارد تا در زمان مقتضی، مورد بهره‌برداری قرار گیرد. اما در صورتی که از آبخوان‌ها بهره‌برداری بیش از ظرفیت آنها انجام گیرد (به دلیل نیاز کمتر به تصفیه، قرار نگرفتن تحت تاثیر خشکسالی‌های کوتاه مدت، برخورداری از ضریب امنیتی بالاتر، حجم ذخیره بیشتر و دسترسی نسبتاً آسان به آنها) بحث نشست زمین، کاهش حجم خلل و فرج زمین (لوله‌های مؤیین) کاهش ظرفیت ذخیره آب و مرگ تدریجی آبخوان حادث خواهد شد. با پیشرفت تکنولوژی و جایگزینی ابزار مدرن بجای وسائل سنتی، آبخوان‌ها که در اکثر مناطق جزء مطمئن‌ترین منابع آبی می‌باشند، بیش از پیش مورد تهاجم و بهره‌برداری قرار گرفته‌اند که نتیجه آن کاهش سطح ایستابی آبخوان‌ها می‌باشد. دشت مورد مطالعه نیز با چنین مشکلی، یعنی بهره‌برداری بیش از حد و ظرفیت آبخوان مواجه گردیده است [٢]. یکی از راه حل‌های کارآمد و مناسب برای بهینه‌سازی و استفاده از رواناب‌ها به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک استفاده از پروژه‌های تغذیه مصنوعی است، زیرا این روش ضمن کاهش خسارت از سیل، در تغذیه مصنوعی سفره آب زیرزمینی، احیاء مراتع و بیابان‌زدائی مؤثر می‌باشد [٨]. امروزه، تخلیه منابع آب‌های زیرزمینی مشکلات اقتصادی، سیاسی، امنیتی و زیست محیطی در پیش دارند. لذا زمان آن فرا رسیده است که در دیدگاه‌ها و ارتباط مردمان با آب، زمین و محیط زندگی تغییرات بنیادی صورت پذیرد. آبخوان‌ها به دلیل مشکلات مدیریتی و کاهش تخلخل لایه‌های آبدار در اثر برداشت بیرویه آب و متراکم شدن لایه‌ها، مرتب در حال کاهش ظرفیت می‌باشند. بنابراین نباید انتظار داشت که بتوان به همان میزان تخلیه حتی در سال‌های پرآبی، آبخوان‌ها را تغذیه نمود [١١]. دلیل اصلی افت شدید سطح ایستابی در آبخوان امامزاده جعفر ناشی از استحصال بیش از حد آب‌های زیرزمینی می‌باشد. نتایج حاصل از مدل(MODFLOW) نشان داد که همبستگی بین تغییرات سطح آب شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده در نقاط کنترلی آبخوان در حد ٠,٩٩ درصد است و سالیانه حدود ٤,٣ میلیون مترمکعب آب توسط پروژه تغذیه مصنوعی به آبخوان اضافه می‌گردد [٥]. بسیاری از دشت‌ها در ایران، دارای بیلان منفی و افت سطح آب‌های زیرزمینی هستند. از سال ١٣٥١ پروژه‌های تغذیه مصنوعی به منظور حفظ تعادل آب‌های زیرزمینی مورد توجه قرار گرفته‌اند. به طور خلاصه می‌توان گفت که از نظر ساختمان استفاده از روش حوضچه‌ای و احداث خاکریز، عمومی‌ترین شکل سازه‌های تغذیه مصنوعی در ایران هستند [٢٠]. به منظور شناسایی محل و روش مناسب جهت اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی در منطقه، مطالعات زمین شناسی فیزیوگرافی، هیدرولوژی، هیدروژئولوژی، نفوذپذیری، برآورد بار رسوبی رواناب‌ها و هیدروشیمی باید انجام پذیرد و سپس با تلفیق مجموعه اطلاعات حاصله، مناسب‌ترین محل برای تغذیه مصنوعی پیشنهاد گردد [٧]. استحصال بیش از حد آب‌های زیرزمینی موجب کاهش سطح آب‌های زیرزمینی، خشک شدن بسیاری از چاه‌ها و گاهاً نشست زمین را فراهم می‌آورد [١٠]. چنانچه پروژه‌های تغذیه مصنوعی از دید فنی و از جنبه اقتصادی توجیه‌پذیر باشند، یکی از راه حل‌های مناسب و کارآمد برای بهینه‌سازی استفاده از رواناب‌ها بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشند [١٦]. تعدادی از محققین نتیجه گرفتند که طرح تغذیه مصنوعی دشت سرزه رضوان سالانه ٦٠٩ هزار مترمکعب آب را به داخل آبخوان منطقه هدایت نموده است که توان انتقال ١/٢٥ میلیون مترمکعب آب را دارد. سالانه ١٢ سانتیمتر سطح آب زیرزمینی دشت و ٨٠ سانتیمتر سطح آب زیرزمینی محدوده پروژه تغذیه مصنوعی را بهبود بخشیده است [٢٢]. در بررسی تاثیر بندهای تغذیه مصنوعی بر سطح آب‌های زیرزمینی دشت هرات در استان یزد، نتیجه گرفتند که چاه‌هایی که در محدوده بندها قرار داشتند از روند شیب تند نزولی سطح آب زیرزمینی آنها کاسته گردید. حتی بعضی از چاه‌ها با توجه به موقعیت قرارگیری نسبت به بندها و تشکیلات زمین‌شناسی روند صعودی نیز پیدا کرده‌اند [٤]. افزایش تقاضای آب، اهمیت استفاده از پروژه‌های تغذیه مصنوعی را دو چندان نموده و پروژه‌های تغذیه مصنوعی را برای تقویت آبخوان‌ها توصیه می‌کنند [٩]. معادله بیلان آبی به منظور تعیین میزان تغذیه و ذخیره آب‌های زیرزمینی جهت برنامه‌ریزی و استفاده بهینه از آبخوان‌ها کاربرد خوبی دارد [١٩]. گسترش سیلاب به منظور تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها را در بعضی موارد روشی ساده و ارزان قیمت برای بیابان‌زدائی ارزیابی گردید [١٤]. لایه سطحی زمین در استخرهای تغذیه مصنوعی باید دارای نفوذپذیری بالایی باشد در غیر این صورت بهتر است از چاه‌های تغذیه‌کننده استفاده گردد [٣]. چنانچه پروژه‌های تغذیه مصنوعی آب در مکان‌های مستعد

اجراء گردند یکی از روش‌های مناسب، جهت تقویت آبخوان‌ها، ذخیره و جلوگیری از هدر رفت رواناب‌ها می‌باشند لذا باید همهً مردم ضمن فراگیری راه‌های مختلف تغذیه مصنوعی، نسبت به اجرایی نمودن آن نیز اقدام نمایند [۱۵]. ضریب همبستگی رابطه بین تغذیه سفره آب زیرزمینی و حجم آب پمپاژ شده در حد ۹۹ درصد گزارش گردید و نظارت دقیق بر نحوه استفاده از آب‌های زیرزمینی یک ضرورت در آبخوان‌ها است [۲۱]. وجود منابع آب زیر زمینی محدود و فقدان منابع آب سطحی پایدار در منطقه، استحصال آب از طریق چاه را امری اجتناب‌ناپذیر ساخته است. در سالیان اخیر رقابت در استحصال آب و عدم جایگزینی آن از روش‌های طبیعی، خسارات جبران‌ناپذیری را به آبخوان منطقه وارد کرده و سطح آب زیرزمینی را تنزل داده است. حفر بیش از حد چاه‌های عمیق و نیمه عمیق به منظور انجام فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و خانگی در منطقه، عدم نظارت و کنترل دقیق بر برداشت‌های آب، عدم تعادل بین عرضه و تقاضای آب در آبخوان و فقدان برنامه مدیریتی جامع منابع آبی در حوضه از عوامل ایجاد بیلان منفی آبخوان هستند. تنها منبع آبی مورد استفاده در دشت سفید دشت فرادنبه منابع آب زیرزمینی می‌باشند. بر اساس بررسی بعمل آورده شده به دلیل بیلان منفی دشت طی سال‌های گذشته و افت شدید سطح آب تعداد متنابهی چاه به صورت متروکه رها شده‌اند (شکل ۱). لذا کاهش سطح آب زیرزمینی افزایش هزینه‌ها، کاهش آبدهی چاه‌ها، افزایش نرخ رشد بیکاری و توسعه بیابان‌زایی را به همراه دارد، و در صورت کاهش شدید سطح ایستایی و تهی شدن آب آبخوان، پدیده غم‌بار نشست زمین، کاهش ظرفیت ذخیره آبخوان را به همراه دارد. لذا اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی تا حدی می‌توانند از خسارت‌های فوق‌الذکر بکاهند. در این رابطه تاثیر اجرای طرح تغذیه مصنوعی سفیددشت- فرادنبه جهت تقویت آبخوان و جلوگیری از توسعه بیابان‌زایی در منطقه به مرحله اجراء در آمده است.

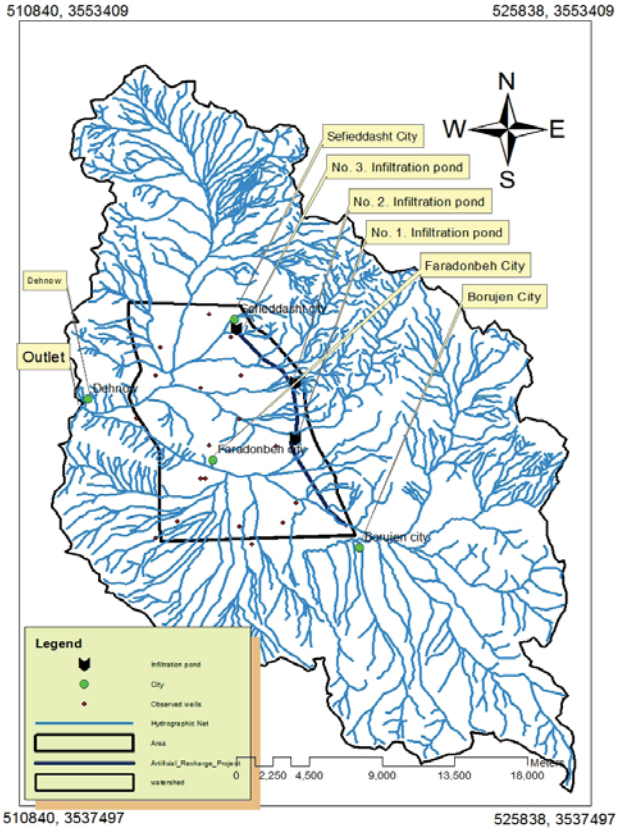
مواد و روش‌ها

این تحقیق از تاریخ ۸۲/۳/۱ به مدت سه سال بر روی پروژه تغذیه مصنوعی دشت سفیددشت – فرادنبه، حد فاصل شهرهای بروجن و سفید دشت (استان چهارمحال و بختیاری) واقع در عرض‌های ′۰۰ :°۳۲ تا ′۱۵:°۳۲ شمالی و ′۰۵:°۵۱ لغایت ′۲۵:°۵۱ طول شرقی اجرا گردید. مساحت کل حوضه آبریز بروجن، فرادنبه و سفیددشت۹۳۸ کیلومترمربع با ارتفاع متوسط ۲۲۱۰ متر، شیب ملایم در جهت شمال شرقی جنوب غربی است. کل دشت توسط ٤٣٦ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق، چند رشته قنات و چشمه آبیاری می‌گردد. بدلیل پراکنش نامناسب بارندگی و توپوگرافی خاص دشت‌های استان همواره با مشکل کمبود آب مواجه هستند. اقلیم منطقه با توجه به تقسیم‌بندی دومارتن و آمبرژه جزء اقلیم‌های نیمه خشک و سرد و بر اساس طبقه‌بندی کوپن معتدل سرد با تابستان گرم و خشک است. دوره یخبندان در این منطقه بیش از چهار ماه با زمستان‌های

شکل ۱- نمایی از چاه‌های خشک شده و اراضی رها شده در منطقه
Fig 1. View from the water wells dried up and abandoned land in area

سرد و طولانی می‌باشد. متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۰/٦ درجه سانتیگراد، میانگین بارش سالیانه ۲٤۳ میلی‌متر، حداقل دمای مطلق ۲٤/٦- درجه سانتیگراد، حداکثر دما ۳٤/٦ درجه سانتیگراد، متوسط رطوبت نسبی سالانه ۳۸ درصد و تبخیر سالیانه ۲۰۸۷ میلی‌متراست. جهت اندازه‌گیری دبی ورودی به طرح تعداد ده اشل فلزی و آلومینیومی در کانال انتقال، ورودی و خروجی حوضچه شماره یک، ورودی و خروجی از حوضچه شماره دو و همچنین ورودی به حوضچه شماره سه در طول مسیر نصب گردید که در دو نوبت روز(صبح و عصر) قرائت شدند.

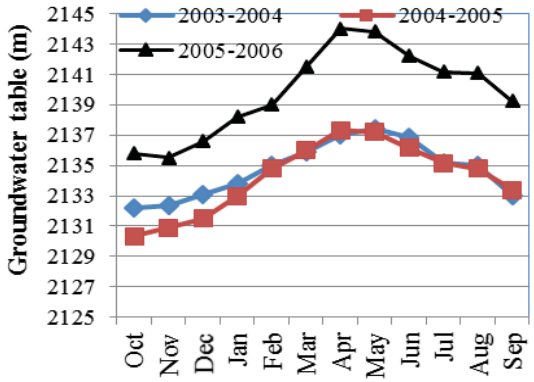
رسوبات آبرفتی این دشت شامل بادرفت‌ها، واریزه‌ها و پادگان‌های آبرفتی می‌باشد که تحت تأثیر فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی تولید شده و در مناطق پست حوضه انباشته شده‌اند. ضخامت آبرفت از ۲۵ لغایت ۱۱۰ متر متغیر است. قدیمی‌ترین سازندهای زمین شناسی مربوط به کرتاسه (دوران دوم زمین‌شناسی) و جدیدترین آنها آبرفت‌ها، بادرفت‌ها واریزها و تراس‌های آبرفتی می‌باشد. گسل فرادنبه- تنگ دهنو با روند جنوب شرقی شمال غربی با طولی معادل ۱۵ کیلومتر منطقه را تحت تأثیر قرار داده است. پروژه تغذیه مصنوعی شامل: بند انحرافی احداث شده بر روی رودخانه بروجن، کانال بتنی، سیفون معکوس، کانال خاکی انتقال‌دهنده رواناب‌ها و تغذیه، استخرهای شماره یک، دو و سه تغذیه‌کننده و اشل‌های نصب شده جهت اندازه‌گیری جریان آب در طول مسیر می‌باشند. به منظور کنترل سطح ایستابی، ١٦ حلقه چاه از میان چاه‌های موجود در منطقه انتخاب شدند (شکل۲) و هر ماه با استفاده از دستگاه عمق سنج یکصد متری، سطح ایستابی آب در چاه‌های منطقه اندازه‌گیری گردید. با استفاده از ارتفاع قرائت شده توسط جی پی اس و با توجه به تراز سطح ایستابی قرائت شده، در نهایت سطح ایستابی مرجع محاسبه شد (ارتفاع از سطح دریا). به منظور بررسی تاثیر پروژه تغذیه مصنوعی بر تغییرات سطح آب زیرزمینی و میزان حجم آب ذخیره شده و ارزیابی عملکرد و رفتار آبخوان ضمن پیش‌بینی شش



شکل ۲- شبکه هیدروگرافیک حوضه آبریز، جانمایی شهرها، ایستگاه‌ها و مشخصات پروژه تغذیه مصنوعی

Fig 2. Location and watershed hydrographic network of the study area

سناریو از نرم‌افزار Modflow استفاده شده است. مدل مادفلو برای دشت سفیددشت – فرادنبه اجراء گردیده است که جزئیات مدل در گزارش علیمحمدی و همکاران [۲] آمده است. سناریوی اول برای حالت معمول و واقعی در دوره زمانی ۸۵- ۱۳۸۲ مقادیر (بارندگی، کشاورزی، تغذیه مصنوعی، پارامترهای آب و هوا، میزان مصرف آب برای فعالیت‌های مختلف، و تغییرات سطح آب زیرزمینی) منظور و مدل اجرا شده است. ولیکن در سال‌های بعد مدل برای شرایط خاص هر سناریو اجرا گردید و با نتایج حالت نرمال (**سناریو یک**) مقایسه صورت پذیرفت. سناریوها بر اساس تجزیه و تحلیل بارش سالیانه و برنامه توسعه استان پیش‌بینی شده‌اند. **سناریو دو** (در این سناریو فرض شده است که بارش سالیانه بیست درصد کاهش داشته باشد). **سناریو سه** (برای این مرحله ۴۰ درصد کاهش بارش سالیانه منظور شده است و بقیه شرایط مشابه شرایط حالت نرمال می‌باشد). **سناریو چهار** (بارش سالیانه ۲۰ درصد افزایش داشته است و جریان‌های ورودی به پروژه تغذیه مصنوعی دو برابر گردیده است). **سناریو پنج** (در این سناریو میزان بارش سالیانه ۴۰ درصد افزایش می‌یابد و جریان‌های سطحی ورودی به پروژه تغذیه مصنوعی نیز دو برابر می‌گردند). **سناریو شش** (در این سناریو میزان بارش سالیانه ۲۰ درصد کاهش، نشت از کانال‌های آبیاری به میزان ۵۰ درصد کاهش،



شکل ۳- هیدروگراف‌های واحد منطقه طی سال‌های ۸۲ لغایت ۸۵

Fig 3. Unit hydrographs of the study area during the year 2003 - 2006

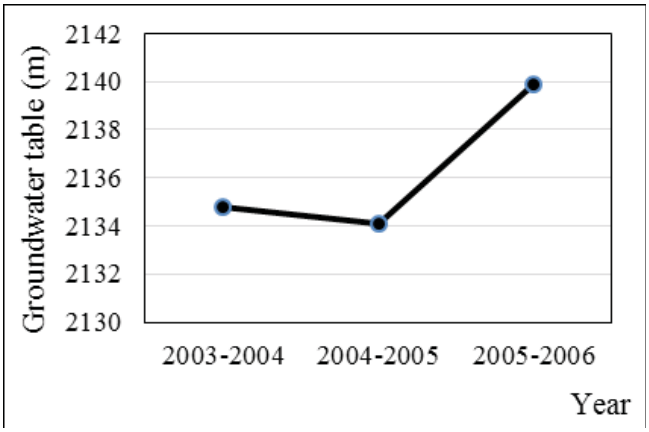
سطوح زیر کشت آبی ۲۰ درصد توسعه یافته و میزان مصرف آب شرب ۱۰ درصد رشد داشته است.

کلیه داده‌ها اعم از نقشه‌های توپوگرافی، نقشه مسیر پروژه تغذیه مصنوعی و کلیه آمار کمی به نرم‌افزار GIS 10 Arc داده شد که ضمن ایجاد لایه‌های مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. جهت بررسی و تجزیه و تحلیل کمی رفتار سفره آب زیرزمینی از نرم‌افزار Surfer (جهت درون‌یابی و برونیابی)، تجزیه و تحلیل تغییرات سطح آب زیرزمینی و پیش‌بینی نوسانات پارامترهای مؤثر و حساس در میزان ذخیره آب زیرزمینی به منظور مدیریت بهتر آبخوان از نرم‌افزار MODFLOW استفاده شده است.

نتایج

میزان بارش، تبخیر، ارتفاع رواناب و متوسط دمای سالیانه در سال اول اجرای طرح بترتیب برابر ۳۴۰، ۲۱۳۲، ۲۷/۹ میلیمتر و ۱۱/۵ درجه سانتیگراد و در سال دوم ۲۵۰، ۲۰۸۵، ۱۶/۱۶ میلیمتر و ۱۰/۴۴درجه سانتیگراد و در سال سوم ۳۸۷، ۲۱۹۲، ۳۷/۱۵میلیمتر و ۱۱/۲ درجه سانتیگراد ثبت شده است. هیدروگراف‌های ترسیم شده برای سال‌های مختلف اجرای طرح نیز گویای آنست که از ابتدای پاییز با کاهش برداشت آب و خاموش شدن چاه‌های کشاورزی، شروع بارندگی‌ها و تغذیه آبخوان، سطح آب زیرزمینی افزایش یافته و این افزایش تا اواخر فروردین ماه ادامه داشته است در این زمان با شروع بکار مجدد الکتروپمپ‌ها و قطع رواناب‌های سطحی، منحنی روند نزولی را تا اواخر تابستان طی نموده است (شکل ۳).

چاه‌های مشاهداتی مورد استفاده در کنترل سطح آب زیرزمینی و پروژه تغذیه مصنوعی (بند انحرافی، آبگیر، کانال بتنی، سیفون، کانال خاکی، جوضچه‌های شماره یک، دو و سه)و همچنین محدوده دشت در شکل(۲) نشان داده شده است. هیدروگراف واحد دشت در زمان اجرای طرح بیانگر اینست که در سال دوم که ارتفاع بارش سالیانه نسبت به سال اول کمتر بوده است منحنی هیدروگراف واحد



شکل ٤- هیدروگراف واحد آبخوان طی سالهای ۸۵ – ۱۳۸۲

Fig 4. Unit hydrograph of aquifer during the year 2003 - 2006

کاهش و در سال سوم اجرای طرح با افزایش بارش سالیانه، منحنی نیز افزایش یافته است(شکل ٤)، میزان حجم رواناب‌های ورودی سالیانه به پروژه تغذیه مصنوعی و ارتفاع بارش سالیانه در جدول (۱) ارائه شده است

تغذیه آبخوان معمولاً از کل سطح حوضه صورت می‌گیرد ولی در این منطقه با اجرای پروژه تغذیه مصنوعی با ایجاد کانال خاکی و استخرهای تغذیه کننده و ذخیره آب، تغذیه مضاعف می‌گردد. جدول (۲) مقادیر حجم آب ورودی به پروژه تغذیه مصنوعی را طی ماه‌های مختلف از نیمه آذر سال ۱۳۸۲ لغایت نیمه اردیبهشت سال ۱۳۸۳ را بالغ بر ٦/١٤ میلیون مترمکعب نشان می‌دهد. این حجم آب قادر است حدود ۱۰۰۰ هکتار زمین را با استفاده از سیستم‌های آبیاری بارانی، تأمین آب و زیر کشت قرار دهد. در سال ٨٤ –٨٣ با توجه به اینکه بارش سالیانه نسبت به سال‌های دیگر کمتر می‌باشد (۲۵۰ میلی‌متر در سال)، حجم رواناب ورودی به پروژه تغذیه کننده مصنوعی ۵/۳ میلیون مترمکعب محاسبه گردید که توان آبیاری و توسعه سطح کشتی برابر ۸۳۳ هکتار را دارد. در سال سوم اجرای طرح (۸۵ –٨٤) بارش سالیانه از سال‌های دیگر اجرای طرح بیشتر می‌باشد (۳۸۷ میلی‌متر) و بدین دلیل نیز حجم رواناب ورودی به پروژه تغذیه کننده مصنوعی برابر ۷/۳ میلیون مترمکعب گردید. این حجم آب با استفاده از سیستم آبیاری بارانی توان کشت و توسعه ۱۲۰۰ هکتار از اراضی مستعد کشاورزی در منطقه را دارد. بیشترین میزان جریان رواناب ورودی به پروژه تغذیه‌کننده مصنوعی معمولاً از اواسط اسفند لغایت اواسط اردیبهشت ماه صورت می‌گیرد که آنهم بستگی به نوع بارش، میزان بارش و پراکنش بارندگی دارد.

جدول (۳) اختلاف ارتفاع سطح آب زیرزمینی را بین سال‌های مختلف اجرای طرح نشان می‌دهد .این اختلاف ارتفاع از نظر کاهش سطح ایستابی آب در آبخوان ،بین سال‌های دوم و اول اجرای طرح بدلیل کاهش بارش سال دوم بیشتر می‌باشد .سال سوم نیز نسبت به سال دوم به دلیل بارش نسبتاً خوب در سال سوم وضعیت بهتری را

جدول ۱- میزان بارش سالیانه و حجم آب ورودی به پروژه

Table 1. Annual rainfall amount and inflow runoff into project

سال year	بارش سالیانه (میلیمتر) Annual rainfall	حجم رواناب ورودی (هزار مترمکعب) Inflow runoff volume
82 - 83	340.6	6138
83 - 84	250.2	5307
84 - 85	387.0	7324

دارا می‌باشد.

سناریوی اول برای حالت معمول و واقعی در دوره زمانی ۸۵-۱۳۸۲ مقادیر (بارندگی، کشاورزی، تغذیه مصنوعی، پارامترهای آب و هوا، میزان مصرف آب برای فعالیت‌های مختلف، و تغییرات سطح آب زیرزمینی) منظور و مدل اجرا شده است. در سال‌های بعد مدل برای شرایط خاص هر سناریو اجرا گردید و با نتایج حالت نرمال (سناریو یک) مقایسه صورت پذیرفت. سناریوها بر اساس تجزیه و تحلیل بارش سالیانه و برنامه توسعه استان پیش‌بینی شده‌اند.

سناریو یک (حالت نرمال)

در این حالت شرایط واقعی زمان اجرای طرح منظور گردیده است. آمار سطح ایستابی آب زیرزمینی[1] در چاههای مشاهداتی مهر ماه ۱۳۸۲ (اول پائیز سال ۱۳۸۲) انتخاب و بعد از اینترپولاسیون به مدل داده شد (موقعیت جغرافیایی چاههای مشاهداتی در شکل شماره ۲ ارائه شده است). آنالیز مربوط به عرضه و تقاضای آب و همچنین میزان تخلیه (پمپاژ) و تغذیه آب‌های زیرزمینی (بارش، نفوذ ناشی از آب آبیاری و انتقال آب، پروژه تغذیه مصنوعی، پساب‌های خانگی و صنعتی، ورود و خروج آب از آبخوان و منطقه، میزان رواناب‌ها، تبخیر و تعرق، آب مورد نیاز گیاهان با توجه به الگوی کشت رایج، میزان آب‌های پمپاژ شده برای مصارف کشاورزی، شرب و صنعت) برای زمان اجرای طرح (۸۵– ۱۳۸۲) در منطقه محاسبه و برآورد شده و میزان تغذیه خالص[2] به مدل معرفی گردید. سپس بقیه داده‌ها به نرم‌افزار معرفی شده و در نهایت مدل برای دوره‌های زمانی کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت اجراء و نتایجی بشرح ذیل ارائه بدست آمد [۲]. شکل (۵) نتایج حاصل از اجرای مدل بمدت دو سال (کوتاه مدت) برای حالت نرمال می‌باشد. همانگونه که نمودار نشان می‌دهد نتایج استخراج شده از مدل[3] با آمار مشاهداتی در سال بعد (مهر ماه سال ۱۳۸۵) همبستگی نسبتاً خوبی دارند.

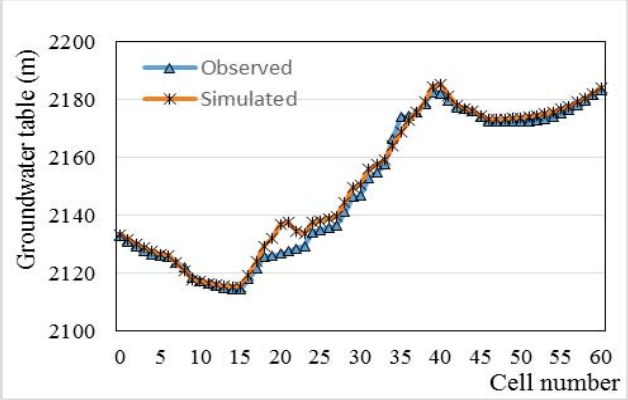
اجرای مدل برای یک دوره ۱۵ ساله (میان‌مدت) با اعمال شرایط سال۸۳– ۱۳۸۲، به دلیل میزان و پراکنش مناسب بارش، سطح آب زیرزمینی در قسمت‌های میانی دشت تا ۱۰/۷۵ متر افزایش نشان داد

1. Initial Hydraulic Head- Starting hydraulic Heads
2. Model- Modflow- Recharge- Recharge flux
3. Simulated curve

جدول ۲- مقادیر حجم رواناب ورودی (۱۰۰۰ متر مکعب) به پروژه تغذیه مصنوعی در سال ۸۳-۸۲

Table 2. Inflow runoff amount (1000 m³) into artificial recharge project (82- 83 year)

ماه		ورودی طرح Inflow	ورودی به استخر شماره ۱ No.1 infiltration pond inflow	خروجی از استخر شماره ۱ No.1 infiltration pond outflow	ورودی به استخر ۲ No.2 infiltration pond inflow	خروجی از استخر شماره ۲ No.2 infiltration pond outflow	ورودی به استخر شماره ۳ No.3 infiltration pond inflow
آذر	December	237.6	190.0	0.0	0.0	0.0	0.0
دی	January	933.1	855.4	316.2	0.0	0.0	0.0
بهمن	February	1062.7	985.0	790.5	0.0	0.0	0.0
اسفند	March	923.3	952.1	854.3	492.5	563.7	0.0
فروردین	April	1481.2	1020.5	937.5	522.3	937.5	0.0
اردیبهشت	May	1499.9	1205.3	980.3	484.8	0.0	0.0
سالیانه	Annual	6137.8	5208.3	3878.8	1499.6	1501.2	0.0



شکل ۵ - مقایسه آمار مشاهداتی و برآورد شده سطح آب‌های زیرزمینی (حالت نرمال)

Fig 5- Comparison of observed and simulated groundwater table (October 2006) for the study area (normal condition)

و همین روند برای یک دوره بلند مدت (۳۰ سال) افزایشی بالغ بر ۱۹/۵ متر بود. چنانچه مدل برای محل استخرهای تغذیه مصنوعی در دوره‌های زمانی میان‌مدت (۱۵ ساله) و بلند مدت (۳۰ ساله) اجرا گردد، نتایج حاصله حداکثر ۱۹/٤۱ و ۲۳/۸۸ متر افزایش سطح آب‌های زیرزمینی برای دوره‌های میان‌مدت و بلند مدت را نشان می‌دهد (جدول ٤).

سناریو دو

در این سناریو فرض شده است که بارش سالیانه بیست درصد کاهش داشته باشد و سایر شرایط همانند حالت نرمال باشند (ضرائب بر اساس تغییرات میزان بارش سالیانه و کار دیگر محققین انتخاب شده است [۱ و ۱۷] . نتایج بدست آمده از مدل گویای آنست که سطح ایستابی آب زیرزمینی در دشت ۱/۰۵ متر کاهش یافته است و در شعاع تأثیر پروژه تغذیه مصنوعی این کاهش تنها به ۰/۹ متر رسیده است.

سناریو سه

برای این مرحله ٤۰ درصد کاهش بارش سالیانه منظور شده است و بقیه شرایط مشابه شرایط حالت نرمال می‌باشد. نتایج حاصل از آنالیز صورت گرفته شده بیانگر آنست که سطح آب زیر زمینی ۱/٤۵ متر کاهش داشته است.

سناریو چهار

بارش سالیانه ۲۰ درصد افزایش داشته است و جریان‌های ورودی به پروژه تغذیه مصنوعی دو برابر گردیده است. در این حالت سطح ایستابی آب در آبخوان ۱/۳۵ متر افزایش نشان می‌دهد و در حریم پروژه تغذیه مصنوعی این افزایش به ۸/۳۲ متر می‌رسد.

سناریو پنج

در این سناریو میزان بارش سالیانه ٤۰ درصد افزایش می‌یابد و جریان‌های سطحی ورودی به پروژه تغذیه مصنوعی نیز دو برابر می‌گردند. نتایج حاصله بعد از اجرای مدل بیانگر آنست که سطح ایستابی آب در سفره آب زیرزمینی ۲/٦۹متر افزایش یافته است. این افزایش در منطقه زیر دست و حریم پروژه تغذیه مصنوعی بالغ بر ۱۵/۷۵ متر می‌باشد.

جدول۳- تغییرات سطح آب زیر زمینی در زمان اجرای طرح (۱۳۸۵ - ۱۳۸۲) در چاه‌های مشاهداتی

Table 3. Groundwater fluctuation during the year 2003 – 2006 in observe tub wells

طول جغرافیایی Langitude	عرض جغرافیایی Lantitude	اختلاف ارتفاع سطح آب‌های زیرزمینی (متر) Grounwater fluctuation		
		سال دوم نسبت به سال اول	سال سوم نسبت به سال دوم	سال سوم نسبت به سال اول
515086	3547766	0.0	1.4	1.4
518229	3546244	-0.1	1.9	1.8
517405	3551319	0.0	0.6	0.6
514028	3552059	-1.0	0.7	1.7
513122	3547278	6.1	-3.2	2.9
513397	3550577	0.0	-1.8	-1.8
519492	3547393	-1.3	-0.7	-2.0
519520	3544941	0.3	32.2	32.5
521974	3542214	0.0	0.38	0.38
522378	3538605	0.0	3.7	3.7
514838	3542817	-8.8	10.7	1.9
514023	3540305	-8.7	6.7	-2.0
513359	3538735	0.0	3.7	3.7
517208	3541230	0.0	6.9	6.9
516673	3537667	0.0	7.1	7.1
520217	3539533	0.0	5.9	5.9
515086	3547766	0.0	1.4	1.4

جدول ٤- مقایسه آمار مشاهداتی و محاسباتی سطح آب‌های زیرزمینی در محل پروژه تغذیه مصنوعی

Table 4. Comparison of observed and simulated groundwater table (October 2006) for the study area

ردیف S. No.	مشخصات سلولها Cells addresses		اختلاف ارتفاع سطح آب (متر) Groundwater fluctuations	
	ستونcolumn	سطرRow	برای مدت ۱۵ سال For 15 years	برای مدت ۳۰ سال For 30 years
1	12	24	19.41	23.88
2	13	24	19.11	23.71
3	17	40	-0.69	0.26
4	18	40	1.02	2.07
5	19	40	1.57	2.73
6	20	40	1.31	2.64
7	25	44	10.05	12.12
8	26	44	12.33	14.49
9	27	44	12.93	15.22

سناریو شش

در این سناریو تقاضای مصرف آب افزایش یافته ولی میزان بارش سالیانه ۲۰ درصد کاهش داشته است. کانال‌های آبیاری مرمت و ایزولاسیون شده‌اند به گونه‌ای که نشت از کانال‌های آبیاری به میزان ۵۰ درصد کاهش یافته است. سطوح زیر کشت آبی ۲۰ درصد توسعه یافته و میزان مصرف آب شرب با توجه به رشد جمعیت، رشد سطح فرهنگی و اقتصادی جامعه ۱۰ درصد رشد داشته‌اند. در این شرایط پس از انجام محاسبات مربوطه و اجرای مدل، نتایج نشان داد که سطح آب زیرزمینی ۳/٤٦ متر کاهش داشته و قسمت‌های حاشیه‌ای که در کد ارتفاعی بالاتری قرار گرفته‌اند در معرض خشک‌شدگی

جدول ۵ - مقایسه اختلاف ارتفاع سطح آب زیرزمینی در حالت نرمال نسبت به نتایج حاصل از سناریوهای مختلف در حریم پروژه تغذیه مصنوعی

Table 6. Comparison groundwater fluctuation in normal condition ratio results due of different senarios

ردیف	مشخصات سلولها Cells address		تغییرات سطح آب زیرزمینی در سناریوهای مختلف (متر) Groundwater fluctuation in senario of No.				
S. No.	Column	Row	2	3	4	5	6
1	12	24	-0.89	-1.78	8.60	16.20	-3.24
2	13	24	-0.91	-1.81	8.32	15.75	-3.32
3	17	40	-0.90	-1.79	8.50	16.40	-3.3
4	18	40	-0.88	-1.75	10.04	19.20	-3.18
5	19	40	-0.87	-1.75	10.27	19.55	-3.17
6	20	40	-0.90	-1.79	9.29	17.91	-3.26
7	25	44	-0.88	-1.76	11.37	21.92	-3.14
8	26	44	-0.87	-1.74	12.34	23.67	-3.08
9	27	44	-0.88	-1.77	11.80	22.72	-3.14

قرار می‌گیرند. اما افت سطح آب زیرزمینی در حریم پروژه تغذیه مصنوعی بسیار کمتر می‌باشد.

نتایج استخراج شده بعد از اجرای مدل برای هر سناریو در محل حریم تغذیه مصنوعی بیانگر آنست که در سناریوهای دو و سه که بارش سالیانه ۲۰ و ٤٠ درصد کاهش داشته‌اند، میزان سطح آب زیرزمینی نسبت به حالت نرمال کاهش دارد. ولیکن برای سناریوهای چهار و پنج که میزان بارش ۲۰ و ٤٠ درصد و میزان جریان ورودی به تغذیه مصنوعی دو برابر منظور شده است، سطح آب زیرزمینی حداکثر ۱۲/۳٤ و ۲۳/٦۷ متر افزایش می‌یابد. اما در سناریو شش که میزان بارش سالیانه نسبت به حالت نرمال (۸۳-۱۳۸۲) ۲۰ درصد و میزان نشت از کانال‌ها ۵۰ درصد کاهش یافته است و از طرف دیگر پمپاژ آب به دلیل توسعه ۲۰ درصدی سطوح زیر کشت و ۱۰ درصدی رشد جمعیت، افزایش داشته است، نتایج بیانگر آنست که سطح آب زیرزمینی نسبت به حالت نرمال ۳/۳۰ متر کاهش یافته است (جدول ۵).

بحث و نتیجه‌گیری

کاهش میزان بارش، به ویژه تبدیل درصدی از بارش برف به باران، پراکنش نامناسب بارندگی و توسعه فعالیت‌های مختلف در منطقه از جمله مسائلی می‌باشند که توازن بین عرضه و تقاضای آب در آبخوان را برهم زده و چالش‌های جدی را در این رابطه ایجاد می‌نمایند. درصد آب مصرف شده توسط بخش‌های مختلف در زمان اجرای پروژه، بخش کشاورزی ۸۲/۳، بخش صنعت ۹/٤ و مصارف خانگی ۸/۳ درصد از کل مصرف در منطقه را به خود اختصاص داده‌اند [۲]. میزان حجم رواناب ورودی به پروژه تغذیه مصنوعی طی سه سال اجرای طرح بترتیب ٦/۱۳، ۵/۳ و ۷/۳ میلیون مترمکعب (اواسط پائیز لغایت اوایل بهار) می‌باشد. چنانچه سیستم آبیاری بارانی در منطقه اجراء گردد این مقادیر توان مشروب نمودن ۱۰۰۰ هکتار در سال اول، ۸۳۳ هکتار در سال دوم و ۱۲۰۰ هکتار در سال سوم را دارد که تاثیرات قابل ملاحظه‌ای در امر تغذیه، اشتغال، درآمدزائی، اقتصاد و فرهنگ مردم منطقه دارد. سطح آب زیرزمینی و حجم آب ذخیره شده تابعی از میزان بارش سالیانه می‌باشند. در سال‌های اول (۳٤۰/۵ میلی‌متر)، سال سوم (۳۸۷ میلی‌متر) اجرای طرح، بیلان آبخوان مثبت و در سال دوم (۲۵۰/۲ میلی‌متر) بیلان دشت منفی بود. این در حالی است که میانگین بارش سالیانه ایستگاه بروجن ۲٤۳ میلی‌متر می‌باشد. در سال‌هایی که بارش حدود ۲٦۰ میلی‌متر باشد مشروط بر آنکه میزان پمپاژ مشابه سال‌های اجرای طرح (۸۵ -۱۳۸۲) باشد بیلان آبخوان صفر و در سال‌هایی که بارش از آن حد کمتر باشد، بیلان منفی است. به دلیل کاهش بارش سالیانه و بررسی روند تغییرات سطح آب زیر زمینی و کاهش ارتفاع آب طی سال‌های گذشته، کل حوضه آبریز (سفیددشت، فرادنبه و بروجن) نیازمند مدیریت یکپارچه و سیاست گذاری‌های کلان می‌باشد. نتایج استخراج شده بعد از اجرای مدل برای هر سناریو در حریم پروژه تغذیه مصنوعی بیانگر آنست که پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی برای یک دوره ۱۵ ساله (میان‌مدت) با اعمال شرایط سال۸۳- ۱۳۸۲، به دلیل میزان و پراکنش مناسب بارش، در قسمت‌های میانی دشت تا ۱۰،۷۵ متر و برای دوره بلند مدت (۳۰ سال) افزایشی بالغ بر ۱۹/۵ متر دارد. این افزایش برای محل استخرهای تغذیه مصنوعی در دوره‌های زمانی میان‌مدت و بلند مدت ۱۹/٤۱ و ۲۳/۸۸ متر می باشد. در سناریوهای دو و سه که بارش سالیانه ۲۰ و ٤٠ درصد کاهش داشته است، میزان سطح آب زیرزمینی نسبت به حالت نرمال، افتی معادل ۰/۹ و ۱/٤۵ متر دارد. به علاوه برای سناریوهای چهار و پنج که میزان بارش ۲۰ درصد و ٤٠ درصد و میزان جریان ورودی به

تغذیه مصنوعی دو برابر منظور شده است، سطح آب زیرزمینی ۱/٤٥ و ۲/٦۹ متر افزایش می‌یابد. اما در سناریو شش که میزان بارش سالیانه نسبت به حالت نرمال (۸۳-۱۳۸۲) ۲۰ درصد و میزان نشت از کانال‌ها ۵۰ درصد کاهش یافته است و افزایش پمپاژ آب به دلیل توسعه ۲۰ درصدی سطوح زیر کشت و ۱۰ درصدی رشد جمعیت، کاهش ۳/٤٦ متری سطح آب زیرزمینی را به همراه داشت. اما نتایج حاصله از سناریوی شماره یک بیانگر آنست که چنانچه مدیریت جامعی بر کل حوضه انجام پذیرد و استحصال آب تحت کنترل قرار گیرد به گونه‌ای که در سال‌های کم آبی به همان نسبت صرفه‌جویی صورت پذیرد و در سال‌های پرآبی نیز تنها به اندازه نیاز واقعی آب مصرف گردد و از دادن هر گونه مجوز جدید خوداری شود می‌توان شاهد احیای مجدد دشت بود و در غیر اینصورت، نشست تدریجی و تخریب اراضی دشت اجتناب‌ناپدیر است.

پیشنهادات

نشست زمین در دشت بروجن، فرادنبه و سفیددشت با توجه به کاهش شدید سطح ایستایی مورد پایش قرار گیرد.

بررسی و ردیابی مسیر جریان و نحوه حرکت رواناب‌های سطحی در داخل زمین با استفاده از رادیو ایزوتوپ‌ها انجام شود.

به منظور مدیریت و بهره‌برداری بهینه و پایدار از پروژه تغذیه مصنوعی ضمن تهیه اساسنامه به مردم منطقه واگذار و شرکت آب منطقه‌ای نظارت قوی و مستمر داشته باشد.

شرکت آب و فاضلاب بروجن ملزم گردد در هیچ زمانی پساب‌های خروجی تصفیه خانه فاضلاب بروجن را بدون تصفیه و توسط بای پس به خارج هدایت نکند.

شرکت شهرک‌های صنعتی بروجن نسبت به احداث تصفیه خانه جداگانه در محل خروجی شهرک صنعتی بروجن اقدام نماید. پساب کلیه کارخانجات صنعتی می‌بایست در ابتدا در خروجی هر کارخانه تصفیه مقدماتی شده و سپس وارد تصفیه خانه شرکت‌های شهرک صنعتی گردند و پس از کنترل کیفی، پساب‌ها وارد رودخانه بروجن گردند.

مرمت مسیر پروژه تغذیه مصنوعی هر سال توسط مردم منطقه با نظارت نماینده شرکت آب منطقه‌ای صورت پذیرد. و مسیرهای فرعی انحراف آب از پروژه تغذیه مصنوعی مسدود گردند.

مدیریتی اعمال گردد تا رواناب‌ها به حوضچه‌های شماره سه برسند و از مسدود نمودن دریچه‌ها یا انتقال رواناب به رودخانه اصلی جلوگیری گردد.

توصیه می‌شود مدیریت منابع آب در آبخوان بروجن، فرادنبه و سفید دشت یکپارچه اعمال گردد و در سالهای کم آبی به همان نسبت از استحصال آب خوداری گردد.

نیاز آبی در منطقه هر سال دقیقاً محاسبه و به بهره برداران جهت اجرا توصیه گردد.

آب‌بهای عادلانه جهت تقویت کارهای آبخیزداری و اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی اخذ گردد.

نصب کنتورهای دیجیتال و کنترل دقیق میزان برداشت توسط بهره‌برداران الزامی است.

تسریع در اجرای انتقال آب از حوضه‌های مجاور به منطقه الزامی است.

جلوگیری از احداث چاه‌های جدید ضروری است.

اجرای سیستم‌های آبیاری میکرو در منطقه اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

تسریع و تسهیل اجرای پروژه‌های انتقال آب سبزکوه به چغاخور و پروژه بن - بروجن پیشنهاد می گردد.

منابع

1-Ahmed, I. and Umar, R. 2009. Groundwater flow modelling of Yamuna– Krishni inter stream, a part of central Ganga Plain Uttar Pradesh, J. Earth System Science, 118(5): 507–523.

2-Alimohammadi, R. & khanna, M. & Singh, D. K. & Singh, M. and Sahoo, R. N. 2011. Modeling of groundwater quantity and quality for developing water management plan. Water Technology Center, IARI, New Delhi, pp. 161.

3-Bouwer, H. 2002. Artificial recharge of groundwater: hydrogeology and engineering. Hydrogeology Journal 10:121–142.

4-Falahati, A. & Jamali, A. A. and Liaghat, A. 2012. Evaluation effects of artificial recharge Dams on groundwater levels (Case Study: Harat Plain - Yazd province). Proceedings of the Eighth National Conference on Engineering Sciences and Watershed Management, May 28-27, Lorestan University, pp 7. (In Persian)

5-Fatehi Marj, A. & Telvari, A. and Berati, H. 2004. Evaluation quantity effects artificial recharge aquifer of Jafar Shine plain using of mathematical model. Journal of Watershed Science - Extension, 3: 37- 44. (In Persian)

6-Ghayoumian, J. &MohseniSaravi, M. & Feiznia, S. &Nouri, B. and Malekian, A. 2007. Application of GIS techniques to determine areas most suitable for artificial groundwater recharge in a coastal aquifer in southern Iran. Journal of Asian Earth Sciences 30: 364- 374.

7-Kalantari, N. & Jalavand, A. and Barjesteh, A. 2006. Identify site and optimum method for artificial recharge aquifers in north of region the city Noushahr. First Regional Conference of optimum utilization of water resources of Karoon and Zayandehrood basins, Sep 5 -6. (In Persian)

8-Kiaherati, J. & Eslamian, S. S. & Khademi, H. and Charkhabi, A. H. 2003. Evaluation Network performance floodwater spreading in artificial recharge groundwater dams of Ardestan Moghan Plain in Isfahan province. Proceedings of the First Conference of evaluation strategies to deal with the water crisis. 1: 47- 63. (In Persian)

9-Kumar, B. & Rao, M. S. & Navada, S. V. & Verma, S. K. and Shrivastava, S. 2009. Evaluation of effectiveness of artificial recharge measures in part of Maharashtra using environmental isotopes. Current Science, 97 (9): 1321-1330.

and Aiyagari, N. 1998. Artificial Recharge of Groundwater, J. Artificial Recharge and Groundwater

10-Moafi, H. and Rahnama, m. B. 2006. Study of groundwater and evaluation land subsidence in Rafsanjan plain using of GIS and remote sensing. First Regional Conference of optimum utilization of water resources of Karoon and Zayandehrood basins, 5 and 6 Sep. (In Persian)

11-Mobini, A. 2003. Management of water supply and demand, appropriate strategies to solve crisis and water challenges for future. Quarterly (journal) of Natural Resources and Agriculture Engineering, 2: 52-59. (In Persian)

12-Mohammadi, E. and Esmaielnasab, A. 2000. Evaluation of Flood Water Spreading Effects on soil physical properties. Proceedings of the Second Conference on floodwater spreading the achievements stations, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute. (In Persian)

13-Mahmodian Shoshtari, M. and Amirbegi, M. A. 1999. Bahadoran Plain groundwater balance and determine the allowable recharges rate. Second Conference Iranian Hydraulic, Nov. 16-18, Iran University Science and Technology - Civil Engineering Faculty. (In Persian)

14-Naderi , A. A., Kowsar, S. A and sarafraz, A. A. 2000. Reclamation afa sandy desert through flood water spreading: I. sediment- induced changes in selected soil chemical and physical properties, J. Agric. Sci. Tech. 2:8-20.

15-Patel, P. and Desai, M. D. 2010. Computational and mathematical aspect of artificial groundwater researching into unconfined aquifer. International Journal of Applied Engineering Research 5(1): 177-188.

16-Rahim Forouzeh, M. and Heshmati, Gh. 1999. Evaluation the effects of floodwater spreading on some properties of vegetation and topsoil, (Case Study: Fars Grbaygan plain). Research and development on natural resources, 76: 11 – 20.

17-Rojas, R. and Dassargues, A. 2007. Groundwater flow modelling of the regional aquifer of the Pampa del Tamarugal, northern Chile, Hydrogeology Journal, 15: 537–551.

18-Samani, N. and Behrooz, S. 1997. Optimal distribution of artificial recharge and its stability. Proc. 8th. International Conference on Rainwater Catchment Systems, Tehran, Iran, pp. 182- 189. (In Persian)

19-Sanz, E. 1997. Management of an aquifer with artificial recharge using water balance. Hydrology Sciences- journal-des Sciences Hydrologiques42 (6): 909- 918.

20-Shayannejad, M. And Abedi, M. H. 2006. The role of artificial recharge in optimal utilization of water resources. First Regional Conference of optimum utilization of water resources of Karoon and Zayandehrood basins, Sep 5 -6, pp 6. (In Persian)

21-Van camp, M. &Radfar, M. and Walraevens, K. 2010. Assessment of roundwater storage depletion by overexploitation using simple indicators in an irrigated closed aquifer basin in Iran, Agricultural Water Management, 97: 1876–1886.

22-Vegharpour, H. and Pourjenai, A. 2011. Evaluation and quantity assessment of artificial recharge on groundwater aquifer use of Modflow mathematical model (case study: Rezvan sarzeh plain, Hormozgan province). Hormozgan affairs water company, Hormoz Institute, Hormozgan University, pp 105. (In Persian)

نشریه علمی- پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering
Vol. 9, No. 31, Winter 2015
سال نهم- شماره ۳۱- زمستان ۱۳۹۴

Abstract

Regeneration of Plain by Execution of Artificial Recharge Project (Case Study of Sefieddasht–Faradonbeh Plain)

R. Alimohammadi[1]

Received: 2015.12.1 Accepted:2013.10.21

Artificial recharge projectshas significant role to play as a scientific and practical approachin order to optimize use of water resources, especially aquifers. Artificial recharge projects in Sefeiddasht- Fradnbeh plain was implemented for food security, in agricultural development and sustainable natural resources and optimal utilization of available resources and their potentials. In this project, surface runoff, water from a few springs and subterranean streams which enter into Borougen's river and then join in the Karun River were considered. The water enters into the pools of artificial recharge project with structures such as diversion dams, conveyance channels and the inverted siphon crossing road and then water was infiltrated into aquifer. The current research project was implemented in order to evaluate yield and affected quantity in project related to stored water in aquifer. The results show that runoff input to the project was 6.1, 5.3 and 7.3 million cubic meters per year during 2003 to 2006 years, respectively and they affected Sefieddasht plain and part of Faradonbehplain. In order to investigate the effects of artificial recharge on water table and fluctuations in the volume of water stored in aquifer and groundwater resources management,Modflow model was used. For evaluating the performance and behaviour of the aquifer, six scenarioswere used. Scenario no. 1: With normal time condition for implementation in the short term, medium term and long term 2, 15 and 30 years, respectively, Scenarios No. 2 and 3:In these scenarios average annual rainfall are assumed to reduce by 20 and 40 percent, Scenarios No. 4 and 5: In these scenarios, average annual precipitationare enhanced by 20 and 40 percent over entire area, and scenario no. 6: the scenario includes reduction in rainfall by 20 percent, reduction in canal seepage by 50 percent with increase in agricultural area by 20 percent, increase in domestic water demand by 10 percent. The results show that inscenario no. 1, for artificial recharge project area, the simulated results for 15 and 30 years of groundwater table fluctuation rises by 19.4 m and 23.9 m after 15 and 30 years of operation in the aquifer.In scenarios no. 2 and 3, the avarage groundwater table has gone down by almost 0.9 and 1.45 m as comapred to normal scenario or business as usual approach. In scenarios no. 4 and 5, the rises in water table were 1.45 and 2.69 meters, but in scenario no. 6, groundwater table was reduced 3.45 meters in the whole area.

Keywords: Artificial recharge, different Scenarios, groundwater,Sefieddasht and Faradonbeh aquifer.

1. Assistant professor, Agricultural Engineering Department, CharmahalvaBakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Training Centre, Corresponding Author Email: nafchi38@gmail.com