مدیریت پایدار آبخوان دشت خیر استهبان با استفاده از بیلان آب زیر زمینی

سید محمد حسین حجتی
مربی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان
فردین بوستانی*
استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات فارس

چکیده
در این تحقیق بیلان آب‌های زیرزمینی دشت خیر واقع در شهرستان استهبان به منظور مدیریت پایدار آبخوان در دوره زمانی ١٣٧٥ تا ١٣٨٤ و دو گروه اصلی مؤلفه‌های تخلیه و تغذیه و تغییرات حجم مخزن آبخوان مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که حجم کل تخلیه سالانه (١١٩/١١ میلیون متر مکعب) بیشتر از حجم کل تغذیه سالانه (١٠٦/٣٠ میلیون متر مکعب) بوده و سالانه حجم ذخایر آب‌های زیرزمینی کاهش می‌یابد. میانگین افت سطح آب زیرزمینی در دشت خیر ٧/٠٨ متر در ١٠ سال مورد مطالعه بوده است. این موضوع نه تنها موجب کاهش منابع آب و آبدهی چاه‌ها گردیده بلکه مشکلات جدی دیگری از جمله هجوم آب‌های شور، خشک شدن چشمه‌ها و نشست زمین، افزایش هزینه‌های پمپاژ و کاهش محصولات کشاورزی در اثر شور شدن آب چاه‌ها را به دنبال داشته است. بر مبنای مطالعات بیلان و به منظور مدیریت پایدار منابع آب‌های زیرزمینی در دشت خیر می‌توان با احداث کانال‌های آبیاری، استفاده از روش‌های نوین آبیاری، استفاده از الگوی کشت بهینه، تسطیح اراضی، احداث و توسعه شبکه‌های آبیاری برداشت از آب‌های زیرزمینی را کاهش و با اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی از جمله گسترش سیلاب و حوضچه‌های نفوذ این منابع را افزایش داد..

واژگان کلیدی: افت سطح آب زیرزمینی، تخلیه، تغذیه، منطقه استهبان.

مقدمه
رشد سریع اقتصادی و افزایش جمعیت روز به‌روز فاصله بین عرضه و تقاضای آب را افزایش داده که موجب برداشت بیشتر از منابع آب به‌ویژه آب‌های زیرزمینی گردیده است(Tang et al, 2007). Wallace بر مبنای اطلاعات fischer و Heilig که در سال ١٩٩٧ ارائه شده است وضعیت کمبود آب مناطق مختلف دنیا را بر مبنای حجم آب سرانه سالانه برای سال ٢٠٣٠ پیش‌بینی و به سه دسته بیش از ٢٠٠٠، ١٠٠٠ تا ٢٠٠٠ و کمتر از ١٠٠٠ متر مکعب در سال تقسیم‌بندی نموده است. در این تقسیم‌بندی سرانه آب در کشور ایران کمتر از ١٠٠٠ متر مکعب در سال پیش‌بینی شده است(Wallace, 2000). منابع آب شیرین قابل استفاده کم و محدود بوده و در مقابل آن جمعیت دنیا، نیاز به آب و مصرف آن رو به افزایش است، از آن جا که حداقل نیاز آبی پایه و اصلی برای هر نفر حدود ٢٥ لیتر در روز تخمین زده می‌شود، مدیریت و حفاظت از این منابع به

* نویسنده مسئول : ٠٩١٧٧٣٨١٢٣٥
E-mail: fardinboustani@gmail.com

منظور تأمین همین حداقل نیاز پایه بسیار مهم و ضروری است (Government Gazette,1998). منابع آب در توسعه اقتصادی مناطق نقش بسیار مهمی ایفا می‌نماید، Sullivan در تحقیق خود در سال ۲۰۰۲ رابطه نزدیک و قوی بین کاهش و کمبود منابع آب و کمی درآمد یافته است.

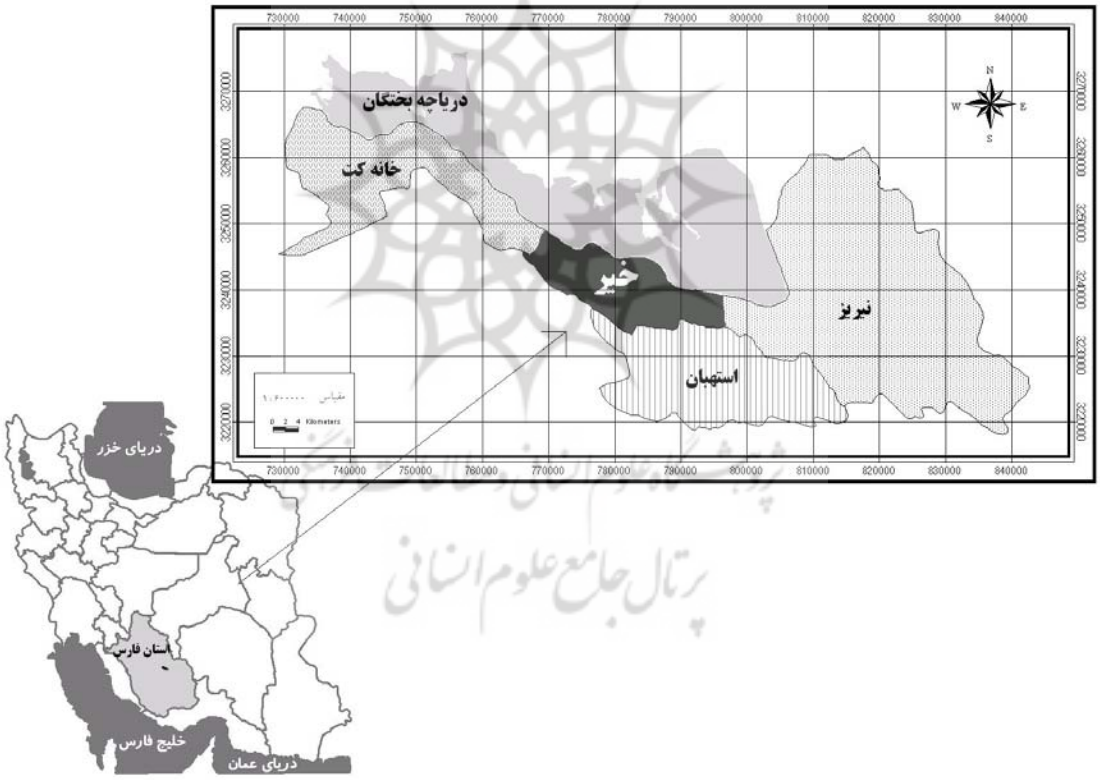
به دلیل دسترسی آسان و سادگی بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، میزان برداشت از این منابع برای استفاده‌های مختلف افزایش قابل ملاحظه‌ای یافته و متأسفانه در سال های اخیر حتی در بعضی مناطق بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی بیشتر از تغذیه بوده که ادامه این روند خطر نابودی منابع آب زیرزمینی را در پی خواهد داشت (Niamnsi and Mbue, 2009). در اغلب دشت‌های ایران، برداشت بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی با استفاده از چاه‌ها باعث پایین رفتن سطح ایستابی گردیده است. در تحقیقی که در پاکستان انجام گرفته است (Bhutta and Alam,2005) بیشتر از ۷۰ درصد چاه‌های آب کشاورزان به علت پمپاژ غیر قابل برنامه‌ریزی شده موجب شور شدن آب چاه‌ها گردیده است. کاهش ذخیره آب‌های زیرزمینی می‌تواند بر روی دیگر منابع طبیعی نیز مؤثر باشد. به عنوان مثال حیات بسیاری از محیط‌های زیست آبی به‌صورت مستقیم و غیر مستقیم به منابع آب‌های زیرزمینی وابسته است (Hatton and Evans,1998). افزایش جمعیت شهرها و روستاها نیازمند تأمین منابع جدید آب برای مصارف شرب می‌گردد. امروزه بخش مهمی از منابع آبی که در سال های قبل به مصارف کشاورزی رسیده‌اند، برای تأمین آب شرب شهرهای بزرگ کشور استفاده می‌شوند و به علت کاهش سهم آب در مصارف کشاورزی، توسعه کشاورزی در اینگونه مناطق از ایران تحت فشار و شرایط کم آبی قرار گرفته‌اند(Ghazi,2002).

برای دستیابی و تأمین اهدافی نظیر شناسایی پتانسیل‌های منابع آب در کل حوضه آبریز، شرایط موجود بهره‌برداری از منابع آب، نیازهای آبی بخش‌های مختلف در زمان حال، ارزیابی و شناسایی پتانسیل‌های توسعه منابع آب در زمینه تأمین و تخصیص نیازها و تولید برق آبی، اولویت‌بندی و تعیین ترتیب و زمان اجرای پروژه‌های پیشنهادی و ارزیابی میزان تأمین نیازها در دوره‌های مختلف زمانی و تعیین کمبودهای احتمالی، بایستی منابع و مصارف آب و چگونگی تخصیص‌ها در حوضه آبریز با توجه به اطلاعات هواشناسی، آب‌های سطحی، نیازهای زراعت و دامی و ... در شرایط موجود مورد بحث و بررسی قرار گرفته و شرایط حاکم بر بهره‌برداری از منابع آب ارزیابی شود(جاویدی صباغیان، شریفی و میان‌آبادی ۱۳۸۷). دستیابی به این مهم نیازمند شناخت و ارزیابی کلیه مؤلفه‌های دخیل در تولید و مصرف آب یا بیلان آن دارد. اطلاعاتی که از مطالعات بیلان یک منطقه حاصل می‌شود، ارزش بسیار مهمی در مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب آن منطقه خواهد داشت (kijne,1996).

استان فارس در جنوب ایران واقع گردیده است. اغلب مناطق این استان دارای اقلیم نیمه‌خشک و خشک بوده و بارش سالانه آن محدود است. در بعضی از نقاط تنها منبع آب موجود، آب‌های زیرزمینی می‌باشد، که در سال های اخیر حجم تخلیه افزایش یافته و شرایط نامطلوبی را در آن ها ایجاد کرده است(فارساب صنعت، ۱۳۸۸). در این تحقیق، دشت خیر در شهرستان استهبان از استان فارس با مساحت کل ٤٣٦/٥ کیلومتر مربع، ۱۰۰۵۸ نفر جمعیت، ۱۲ روستا و ۷۱۵ کیلومتر مربع اراضی کشاورزی مورد بررسی قرار گرفته است. بر مبنای مطالعات صحرایی در سال ۱۳۸۵، منابع آب‌های زیرزمینی دشت خیر شامل ۲٦۰ حلقه چاه، چشمه‌ها با تخلیه ٤/٤ میلیون متر مکعب و قنات‌ها با ۱۰/٤٦ میلیون متر مکعب می‌باشد. آبدهی چاه‌ها ۹۷/۵ درصد از کل آب مصارف کشاورزی را تأمین می‌نماید. بنابراین آب‌های زیرزمینی نقش کلیدی در توسعه دشت خیر ایفا می‌نماید. در سال های گذشته به دلیل توسعه اقتصادی و کشاورزی تأمین آب مورد نیاز روستاها، صنایع و به

خصوص آبیاری، برداشت‌های زیادی در شرایط نامطلوب از آبخوان دشت صورت گرفته؛ بـه نحـوی کـه آب‌بـران مقـادیر بیشتری نسبت به تغذیه طبیعی آبخوان برداشت نموده‌اند. در شکل ١ راه های دسترسی به محدوده مورد نظر نشان داده شده است.

محدوده مطالعاتی خیر در جنوب دریاچه بختگان واقع شده و از شمال‌غرب با خانه‌کت، از شمال با دریاچه بختگـان، از شرق با نیریز و از جنوب با محدوده مطالعاتی استهبان در ارتباط است. مساحت کل این محدوده ٢٢٩ کیلومتر مربع بوده که از این میزان ١٤٤/٥٠ کیلومتر مربع دشت و ٨٤/٥ کیلومتر مربـع را ارتفاعـات تشـکیل داده اسـت. حـداکثر ارتفـاع در ایـن محدوده ٢٧٢٥ متر در ارتفاعات جنوب‌شرق محدوده و حداقل آن ١٥٦٤ متر در خروجی محدوده به سمت دریاچه بختگان بوده است. مدیریت پایدار منابع آب، با برنامه‌ریزی و اعمال بهره‌برداری صحیح امکان‌پذیر خواهـد بـود. بـا شـناخت دقیـق ویژگی‌های هیدرولوژیک حوزه و اطلاع دقیق از بیلان آب محـدوده مطالعـاتی، مـی‌تـوان نسـبت بـه تعیـین امکانـات و یـا محدودیت‌های موجود در توسعه منابع آب و ارائه خدمات مناسب براساس تقاضـاهای موجـود ارائـه نمـود(Niamnsi and Mbue, 2009).



شکل ١ راه های دسترسی به محدوده مورد مطالعه

با توجه به اهمیت و محدودیت منابع آب‌های زیرزمینی و وجود مشکلاتی به شرح زیر، انجام این تحقیق در این دشـت ضروری می‌باشد:

- افزایش بی‌رویه تخلیه آب‌های زیرزمینی و کاهش بارش و در نتیجه افت سـطح آب زیرزمینـی محـدوده طـرح، کـاهش حجم مخزن آب زیرزمینی؛

- پیشروی آب شور دریاچه بختگان؛
- در خشک‌سالی‌های اخیر و افزایش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی، سطح آب زیرزمینی پایین رفته و موجب کف‌شکنی چاه‌ها یا افزایش عمق حفاری, جابجایی محل چاه و حفر چاه‌های جدید گردیده است؛

بهره‌برداری بیش از حد مجاز یا برداشت آب با دبی بیش از مقدار اختصاص داده شده موجب افت بیشتر سطح آب زیرزمینی در منطقه گردیده است؛

مواد و روش‌ها

به منظور شناخت جریآن های ورودی و خروجی به آبخوان، اطلاعات بارش، تبخیر، آبدهی رودخانه‌ها، نفوذ، رواناب و تغذیه و برداشت از آب‌های زیرزمینی مورد نیاز است که در بخش‌های زیر بررسی گردیده‌اند.

هواشناسی

در این بخش پارامترهای دما، بارش و تبخیر به تفکیک دشت و ارتفاعات مورد بررسی و تجزیه و تحلیل‌های آماری قرار گرفته است. تنها ایستگاه هواشناسی موجود در محدوده مطالعاتی خیر ایستگاه باران‌سنجی معمولی سهل‌آباد است. این ایستگاه با ۱۸ سال آمار، از جمله ایستگاه‌های فعال وابسته به وزارت نیرو بوده که در ارتفاع ۱۵۸۵ متری از سطح دریا واقع شده است. در این محدوده هیچ ایستگاه تبخیرسنجی وجود نداشته و برای برآورد دما و تبخیر از منحنی‌های هم‌دما و هم‌تبخیر استفاده شده است میانگین دمای سالانه دشت و ارتفاعات برای دوره شاخص آماری ٤٠ ساله (۸۵-۱۳٤٥) با استفاده از منحنی‌های هم‌دما محاسبه شده است.

میانگین بارش ماهانه دشت و ارتفاعات هر محدوده با ایجاد تناسب بین آمار ماهانه ایستگاه‌های معرف دشت و ارتفاعات همان محدوده و متوسط بارش سالانه محاسبه شده بخش‌های مذکور بدست آمده است. با توجه به این‌که ایستگاه‌های باران‌سنجی معمولی خیر و سهل‌آباد به ترتیب ایستگاه‌های معرف دشت و ارتفاعات برای این محدوده بوده، بارش متوسط ماهانه دشت و ارتفاعات بر اساس آمار این دو ایستگاه محاسبه شده و در جدول ۱ ارائه گردیده است.

در این محدوده ایستگاهی که آمار آن در رسم منحنی‌های هم‌تبخیر مؤثر باشد، وجود نداشته است، بنابراین میانگین تبخیر سالانه دشت و ارتفاعات برای دوره شاخص آماری با استفاده از منحنی‌های هم‌تبخیر محاسبه شده است.

ایستگاه‌های هیدرومتری

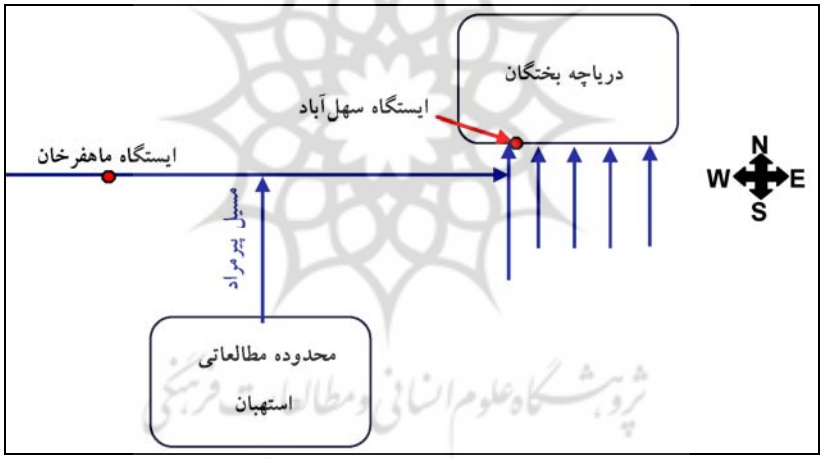
ایستگاه‌های آب‌سنجی سهل‌آباد و ماهفرخان در محدوده خیر واقع شده‌اند. ایستگاه آب‌سنجی سهل‌آباد بر روی دریاچه بختگان و در تراز ۱۵۵۰ متر از سطح دریا و ایستگاه آب‌سنجی ماهفرخان بر روی چشمه سرخون و در تراز ۱٦۰۰ متر از سطح دریا نصب شده است. هر دو ایستگاه تعطیل بوده و هیچ‌گونه آمار آبدهی از این دو موجود نیست. مسیل پیرمراد پس از خروج از استهبان وارد محدوده خیر شده و پس از جمع‌آوری آب‌های سطحی نواحی غربی و مرکزی محدوده خیر، وارد دریاچه بختگان می‌شود. رواناب بخش‌های شرقی محدوده خیر مستقیما از طریق مسیل‌ها به دریاچه بختگان می‌ریزد.

جدول ١ آمار ماهانه هواشناسی محدوده مطالعاتی خیر به تفکیک دشت و ارتفاعات

پارامتر بررسی شده	ارتفاعات و دشت	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
دما (درجه سانتی‌گراد)	دشت	١٧/٧	١١/٨	٧/٦	٥/٨	٨/٥	١٢/١	١٦/٠	٢١/١	٢٤/٩	٢٧/٠	٢٥/٦	٢٢/٤	١٦/٧
	ارتفاعات	١٣/٤	٩/٠	٥/٩	٤/٨	٧/٢	٩/٨	١٤/٦	١٩/٠	٢٢/٧	٢٤/٣	٢٣/٤	١٩/٩	١٤/٥
بارندگی (میلی‌متر)	دشت	٠/٩	٦/٢	٥٥/٠	٥٤/٩	٥٨/٢	٥٩/٩	٢٨/٨	١٣/١	٠/٨	١/٣	٤/٠	١/٣	٢٨٤/٦
	ارتفاعات	١/٢	١١/١	٦٠/٠	٦٥/٨	٥٨/٩	٥٨/٩	٣٣/٤	١٩/٣	٠/٩	٠/٧	٢/٠	٠/٥	٣١٢/٨
تبخیر از تشتک (میلی‌متر)	دشت	١٧٣/٣	١٠٣/٥	٥٧/٩	٤٤/٥	٦٣/٢	٩٤/٨	١٤٣/٩	٢١٠/٥	٢٩٠/٧	٣٢٢/٧	٣٠٤/٥	٢٥١/٤	٢٠٦٠/٨
	ارتفاعات	١٢٦/٤	٧٥/٥	٤٢/٢	٣٢/٥	٤٦/١	٦٩/٢	١٠٥/٠	١٥٣/٦	٢١٢/٢	٢٣٥/٥	٢٢٢/٢	١٨٣/٥	١٥٠٣/٩

مأخذ : مؤلفان

نمودار شماتیک رودخانه و آبراهه‌های محدوده خیر در شکل ٢ ارائه شده است.



شکل ٢ نمودار شماتیک رودخانه‌های محدوده مطالعاتی خیر

آبدهی محدوده خیر

به طور معمول برای محاسبه آبدهی در محدوده‌های دارای ایستگاه آب‌سنجی از آمار آبدهی ایستگاه‌ها استفاده می‌شود. همچنین برای برآورد متوسط آبدهی سالانه در حوزه‌های فاقد آمار، از روابط تجربی و یا منطقه‌ای استفاده می‌شود. یکی از روابط تجربی قابل استفاده برای تخمین آبدهی حوزه‌های آبریز فاقد آمار، رابطه جاستین است که بر اساس عملکرد مشابه حوضه‌ها استوار است. فرمول جاستین به صورت زیر است :

$$R = KS^{0.155}\frac{P^2}{1.8T+32} \qquad (١)$$

$$S = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{\sqrt{A}} \qquad (٢)$$

در این فرمول، R رواناب سالانه بر حسب سانتیمتر، K ضریب جاستین، S شیب متوسط حوزه آبریز، P بارندگی سالانه بر حسب سانتیمتر و T دمای متوسط حوزه آبریز درجه سانتیگراد) است. H_{max} و H_{min} ارتفاع حداکثر و حداقل بر حسب کیلومتر و A مساحت حوزه آبریز بر حسب کیلومترمربع است.

برای محاسبه مقدار رواناب محدوده مطالعاتی خیر، بر اساس روش جاستین از اطلاعات حوزه آبریز ایستگاه آب‌سنجی درب‌قلعه استفاده شده است. این ایستگاه در طول جغرافیایی ٥٤ درجه و ٢٢ دقیقه و عرض جغرافیایی ٢٨ درجه و ٥٦ دقیقه بر روی رودخانه رودبال واقع شده است. با استفاده از اطلاعات ایستگاه آب‌سنجی درب‌قلعه مقدار ضریب جاستین برای محدوده مطالعاتی خیر ٠/٤٠٦ و متوسط آبدهی سالانه آن ٠/٢٨ متر مکعب بر ثانیه معادل ٨/٩٤ میلیون متر مکعب در سال برآورد شده است. جریان سطحی خروجی از این محدوده مطالعاتی وارد دریاچه بختگان می‌شود. همچنین برای محاسبه مقدار رواناب تولید شده در ارتفاعات محدوده مطالعاتی خیر از اطلاعات ایستگاه آب‌سنجی میان‌باشی استفاده شده است. با استفاده از اطلاعات ایستگاه آب‌سنجی میان‌باشی مقدار ضریب جاستین برای ارتفاعات محدوده مطالعاتی خیر ٠/٤٦٢ و میزان آبدهی تولید شده در ارتفاعات معادل ٤/٦٩ میلیون متر مکعب محاسبه شده است. تفاضل مقدار آبدهی محدوده مطالعاتی خیر و آبدهی تولید شده ارتفاعات معرف مقدار آبدهی تولید شده در دشت است. با توجه به مقدار حجم بارش در محدوده مطالعاتی خیر، ارتفاعات و دشت به ترتیب معادل ٦٧/٥٥، ٢٦/٤٢ و ٤١/١٣ میلیون متر مکعب، مقادیر درصد ضریب رواناب به ترتیب ١٣/٢٤، ١٧/٧٣ و ١٠/٣٦ محاسبه شده است. پارامترهای مورد نیاز جهت محاسبه ضریب جاستین و ضریب رواناب در جدول‌های ٢ و ٣ ارائه شده است.

جدول ٢ محاسبه ضریب جاستین در ایستگاه‌های معرف

رودخانه، ایستگاه	مساحت (کیلومتر مربع)	بارش (سانتیمتر)	دما (سانتیگراد)	شیب	رواناب (سانتی‌متر)	ارتفاع (کیلومتر)		دبی سیلاب (مترمکعب بر ثانیه)	ضریب جاستین k	حجم سیلاب سالانه (MCM)
						حداکثر	حداقل			
رودبال، درب قلعه	٧٠٠	٣٥/٥	١٩/٠	٠/٠٧	٥/٠٩	٣/١٨٥	١/٤١٩	١/١٣	٠/٤٠٦	٣٥/٦
میان‌باشی، میان‌باشی	٣٠/٤	٥١/١	١٣/١	٠/١٦	١٦/٣١	٢/٧٨٤	١/٩١٣	٠/١٦	٠/٤٦٢	٥/٠

مأخذ : مؤلفان

جدول ٣ محاسبه مقدار سیلاب سالانه و ضریب رواناب در محدوده مطالعاتی خیر به تفکیک دشت و ارتفاعات

محدوده مطالعاتی خیر	مساحت (کیلومتر مربع)	بارش (سانتیمتر)	دما (سانتیگراد)	شیب	رواناب (سانتی متر)	ارتفاع (کیلومتر)		دبی سیلاب (متر مکعب بر ثانیه)	ضریب رواناب (درصد)	حجم سیلاب سالانه (MCM)
						حداکثر	حداقل			
کل محدوده مطالعاتی	٢٢٩	٢٩/٥	١٥/٦٠	٠/٠٧	٣/٩١	٢/٦٤٠	١/٥٦٠	٠/٢٨	١٣/٢٤	٨/٩٤
ارتفاعات	٨٤/٤٨	٣١/٣	١٤/٥	٠/١١	٥/٥٥	٢/٦٤	١/٦٠	٠/١٥	١٧/٧٣	٤/٦٩
دشت	١٤٤/٥٢	٢٨/٥	-	-	-	-	-	٠/١٤	١٠/٣٦	٤/٢٦

مأخذ : مؤلفان

زمین‌شناسی

در ارتفاعات محدوده مطالعاتی خیر سازندهای مختلفی همچون آسماری – جهرم، گروه بنگستان، ساچون، کنگلومرا، گورپی و رادیولاریت رخنمون دارند. از این میان سازند سنگ آهکی آسماری – جهرم یکی از شناخته‌ترین سازندهای سختی است که توانمندی قابل ملاحظه‌ای در ذخیره آب دارا می‌باشد. گروه بنگستان خود شامل سازندهای کژدمی، سروک و ایلام است که در این میان امکان نفوذ در سازند کژدمی (متشکل از شیل‌های سیاه‌رنگ) وجود نداشته و فقط در سازند سروک (سنگ آهک) در صورت هوازدگی و فرسایش پتانسیل نفوذ نزولات جوی وجود خواهد داشت. سازند ساچون عمدتاً متشکل از ژیپس و انیدریت بوده و هرچند می‌تواند نفوذپذیری داشته باشد، اما کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی را در پی داشته و چشمه‌های خروجی از آن ها از تیپ سولفاته برخوردار خواهند بود. سازندهای کنگلومرایی نیز در صورت وجود سیمان آهکی می‌توانند نفوذپذیری قابل توجهی داشته باشند. از آنجا که سازند گورپی نیز از شیل‌های ورقه‌ای خاکستری و سبز تشکیل یافته بنابراین نفوذ در آن صورت نمی‌پذیرد. همچنین رادیولاریت‌ها نیز با توجه به ماهیت و جنس آن ها نفوذپذیر محسوب نمی‌گردند.

میزان نفوذپذیری سازندها با توجه به تجربه و بازدید کارشناسی به شرح جدول ٤ تخمین زده شده‌اند.

جدول ٤ درصد گسترش و نفوذپذیری سازندهای زمین‌شناسی در محدوده خیر

سازند	آسماری – جهرم	بنگستان	ساچون	کنگلومرا	گورپی	رادیولاریت
مساحت (درصد)	١٧/٧٨	٣٩/٤٩	٣/٩٨	١٣/٨٣	٥/٩٩	٣/٤٣
نفوذپذیری (درصد)	٤٠	٣٠	٣٠	٣٥	١	١

مأخذ : مؤلفان

آب‌های زیرزمینی

در محدوده دشت خیر تنها منبع مورد استفاده، آب‌های زیرزمینی می‌باشد. براساس جدیدترین آماربرداری در سال ١٣٨٢ در دشت خیر ٨٩ حلقه چاه عمیق و ١٧١ حلقه چاه کم‌عمق موجود است. در حال حاضر ٢٣٨ حلقه از چاه‌ها فعال بوده و ٢٢ حلقه متروکه و یا فاقد دبی می‌باشند. حجم کل تخلیه سالانه از چاه‌های عمیق واقع در محدوده طرح ٢٦/٣٠ و حجم تخلیه از چاه‌های کم‌عمق ١٥/٠٣ میلیون متر مکعب است. براساس اطلاعات موجود حجم آب تخلیه شده از چاه‌ها برای مصارف کشاورزی ٤٠/١٢ میلیون متر مکعب، و برای شرب ١/٢١ میلیون متر مکعب است. در این دشت همچنین حجم تخلیه از چشمه‌ها و قنات‌های موجود به ترتیب ٨/٦٨ و ١٢/١٣ میلیون متر مکعب است؛ که کل آب استخراج شده از آن ها به مصرف کشاورزی می‌رسد.

منحنی‌های هم‌تراز در دشت خیر با فاصله تراز ٥ متر رسم شده است. در این منحنی‌ها میانگین مقدار تراز آب، در شهریورماه در طول دوره آماری موجود(مرداد ١٣٧٤ تا شهریور ١٣٨٥) بوده است. مقدار حداقل و حداکثر تراز آب زیرزمینی در طول دوره آماری به ترتیب ١٥٦٠/٨٧ در شمال‌شرق و ١٦٠٤/٧٨ در جنوب دشت بوده است. جهت جریان

آب‌های زیرزمینی از جنوب به سمت شمال دشت و در نهایت دریاچه بختگان است. شیب هیدرولیکی در جنوب دشت زیاد و در انتهای مسیر کم می‌گردد. در این دشت تغذیه و یا زهکشی سفره توسط آب‌های سطحی انجام نمی‌شود.

در سفره آبرفتی محدوده مطالعاتی دشت خیر منحنی‌های هم‌عمق که بر اساس میانگین عمق سطح آب زیرزمینی در شهریورماه در طول دوره آماری تهیه شده‌اند، بین ۱۰ تا ٤٠ متر رسم و ارائه شده‌اند. بر این اساس در حاشیه ارتفاعات مرکزی دشت عمق سطح آب زیاد (حدود ٤٠ متر) و به تدریج به سمت جنوب و شمال دشت عمق سطح آب کم و به حدود ۱۰ متر می‌رسد. علت کم شدن عمق سطح ایستابی در شمال دشت خیر، نزدیک شدن به دریاچه بختگان است.

به علت تعداد کم چاه‌های دارای اطلاعات قابلیت انتقال در سطح دشت، امکان تهیه منحنی‌های هم‌قابلیت انتقال وجود نداشته است (فقط در ۲ حلقه چاه بهره‌برداری و ۱ حلقه چاه اکتشافی مقدار ضریب قابلیت انتقال محاسبه شده است). در این دشت به علت ریزدانه بودن آبرفت و ضخامت کم آبرفت، ضریب قابلیت انتقال سفره آبرفتی در اغلب قسمت‌های دشت بسیار کم بوده و همین عامل موجب پایین بودن پتانسیل کمی سفره آبرفتی در این دشت گردیده است.

بیلان آب زیرزمینی

روش بیلان آب بر مبنای تعادل جرم پایه‌گذاری شده است. کاربرد روش بیلان آب در مدیریت پایدار منابع آب‌های زیرزمینی توسط Wright و XU در سال ۲۰۰۰ مورد استفاده قرار گرفته است. این روش می‌تواند در تخمین مقدار بارش نفوذیافته به زمین استفاده شود (Bredenkamp et al,1995). از روش بیلان برای مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی در آفریقای جنوبی استفاده شده و به‌صورت یک دستورالعمل ارائه گردیده است (DWAF,1999). همچنین از نرم‌افزار excel به‌عنوان ابزاری مناسب در بیلان آب‌های زیرزمینی استفاده و دستورالعمل آن نیز انتشار یافته است (Wright and XU,1999). تلاش‌های عمده‌ای در چند دهه اخیر توسط یک گروه بزرگی از محققین در موسسه ایالتی هیدرولوژی در st.petersburg روسیه زیر نظر Igor Shiklomanov در خصوص استفاده از بیلان در مدیریت منابع آب انجام گرفته است، یکی از اولین تحقیقات آن ها تجزیه و تحلیل عرضه و تقاضای آب در بخش‌های کشاورزی، صنعت و شرب بوده است (Shiklomanov,1991). Paskin و همکاران در سال ۱۹۹۷ در بررسی مسائل جهانی آب در کمیسیون توسعه پایدار از اطلاعات Shiklomanov در رابطه با بیلان منابع آب استفاده نموده با این تفاوت که به جای تقاضای آب، از برداشت از منابع آب را به‌کار برده‌اند. روش بیلان به همراه استفاده از مدل‌ها در برنامه‌ریزی و مدیریت سیستم‌های منابع آب نیز توسط Loucks و Beek در سال ۲۰۰۵ به کار گرفته شده است. بیلان آب‌های زیرزمینی به منظور تعیین مقدار برداشت مطمئن از منابع آب‌های زیرزمینی و امکان‌سنجی تغذیه مصنوعی در حوضه آبریز کنگاور در غرب ایران مورد استفاده قرار گرفته است (Taheri Tizro,Voudouris and Eini,2007).

در بیلان آب زیرزمینی مقدار آب‌های ورودی به یک سفره آب زیرزمینی طی دوره زمانی شاخصی تغذیه (I) و مقدار آب‌های خروجی از آن سفره در همان محدوده زمانی تخلیه (Q) فرض گردیده که تفاوت بین این دو موجب تغییر در حجم ذخیره (ΔS) سفره آب زیرزمینی در همان دوره شاخص آماری خواهد گردید

$$I - O = \Delta S$$

$$\left(P_{pt} + \underbrace{I_r + G_{in} + R_i}_{inflow,I} \right) - \left(\underbrace{R_e + G_{out} + E_l + G_{ex}}_{outflow,O} \right) = \Delta S$$

تغذیه و تخلیه از آب‌های زیرزمینی از مؤلفه‌های مختلفی تشکیل گردیده که در معادلـه فـوق ارائـه گردیـده اسـت. P_{pt} بارش، G_{in} جریان زیرزمینی ورودی، I_r نفوذ ناشی از آبیاری سطحی، R_i نشت از رودخانه‌ها، R_e تبخیر، E_l جریان زیرزمینی خروجی، G_{em} برداشت از آب‌های زیرزمینی و ΔS تغییرات ذخیره آب زیرزمینی می‌باشد(Niamnsi and Mbue, 2009).

مؤلفه‌های تغذیه: تغذیه آب‌های زیرزمینی به دو صورت طبیعی و مصنوعی امکـان‌پـذیر اسـت. تغذیـه طبیعـی شـامل نفـوذ مستقیم آب باران، نشت از رودخانه‌ها و مناطق تحت آبیاری می‌باشد (1988 و Simmers). تغذیه مصنوعی شامل روش‌هـای مختلف از جمله چاه‌های تزریق، حوضچه‌های نفوذ، پخش سیلاب و ... می‌باشد.

(Beekman et al, 1996; Selaob, 1998; de vires & Simmers, 2002; Lerner et al, 1990; L loyd, J. W., 1986)

مؤلفه‌های تخلیه: تخلیه آب‌های زیرزمینی نیز به دو صورت طبیعـی و مصـنوعی رخ مـی‌دهـد. تخلیـه طبیعـی از طریـق زهکشی آب‌های زیرزمینی توسط رودخانه‌ها، چشمه‌ها، تبخیر و جریان زیرزمینی خروجی صورت مـی‌گیـرد بـا اسـتفاده از چاه‌های کم‌عمق، و عمیق آب و قنات‌ها تخلیه مصنوعی از آب‌های زیرزمینی صورت می‌گیرد.

تغییر حجم ذخیره آب زیرزمینی: اختلاف بین مقادیر تخلیه و تغذیه از سفره آب زیرزمینی موجب تغییر حجم مخزن سـفره می‌گردد. با استفاده از داده‌های سطح آب زیرزمینی که از چاه‌های مشاهده‌ای جمع آوری مـی‌گـردد میـزان تغییـر در حجـم ذخیره آب زیرزمینی تعیین می‌گردد.

اهداف اصلی در بررسی و مطالعات بیلان عبارتند از: (Bhutta et al, 2007)

١- بررسی و تعیین مقادیر مؤلفه‌های تغذیه و تخلیه در آب‌های زیرزمینی محدوده مورد مطالعه؛

٢- محاسبه بیلان سالانه آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه؛

٣- ارائه پیشنهادات به منظور توسعه پایدار آبخوان مورد مطالعه؛

بحث و نتیجه‌گیری

براساس آمار به هنگام شده منابع آب در مجموع ٢٧٠ منبع آب در این محدوده مطالعاتی وجود داشته اسـت. از ایـن تعـداد ٢٦٢ منبع آب آبرفتی و ٨ منبع در سازند سخت قرار داشته‌اند. در سفره آبرفتی این محدوده مطالعـاتی ٢٥١ حلقـه چـاه (٨١ حلقه عمیق، ١٦٨ حلقه نیمه‌عمیق و ٢ حلقه متروکه) و ١١ رشته قنات وجود داشته است. حجم کل تخلیه سـالانه از سـفره آبرفتی این محدوده مطالعاتی ٥٢/٨٣ میلیون متر مکعب بوده که ٤١/٣٣ میلیون متر مکعب از طریق چاه‌هـا و بقیـه از طریـق قنات‌ها تخلیه می‌شود. در سازندهای سخت این محدوده مطالعاتی نیز ٨ منبع آب آماربرداری شده که از این تعداد ١ رشـته قنات ٧ دهنه چشمه است. حجم کل تخلیه از سازندهای سخت این محدوده مطالعاتی ٩/٣١ میلیون متر مکعب (٠/٦٣ قنات و ٨/٦٨ چشمه) است. در مجموع حجم کل تخلیه سالانه از سفره‌های آبرفتی و سازندهای سـخت ایـن محـدوده مطالعـاتی ٦٢/١٤ میلیون متر مکعب برآورد شده است. لازم به توضیح است که از کـل آب تخلیـه شـده از منـابع آب ایـن محـدوده، ٥٢/١٧ میلیون متر مکعب برای مصارف کشاورزی و ١/٢١ میلیون متر مکعب برای مصـارف آشـامیدن و بهداشـت مصـرف شده و ٤/٧٣ میلیون متر مکعب از حجم تخلیه شده فاقد مصرف است (آب شور چشمه سهل آباد، به دلیل وجود املاح زیاد قابل مصرف نیست و فقط مورد استفاده درمانی دارد). در مجموع سالانه ٥٣/٣٨ میلیون متر مکعب مصرف می‌شود. اختلاف مصارف و تخلیه ناشی از مصرف نشدن بخشی از تخلیه سالانه چشمه‌ها و قنات‌ها در فصول غیر کشاورزی است.

بر مبنای مقادیر بارش، تبخیر و تعرق، میزان نفوذ و رواناب بیلان هیدرومتئورولوژیکی محاسبه و نتایج آن در جدول ۵ ارایه شده است.

جدول ۵ بیلان هیدروکلیماتولوژی دشت و ارتفاعات محدوده خیر را نشان می‌دهد.

جدول ۵ بیلان هیدروکلیماتولوژی دشت و ارتفاعات محدوده خیر(ارقام بر حسب میلیون متر مکعب)

ناحیه	وسعت (کیلومتر مربع)	حجم بارندگی	تبخیر و تعرق حقیقی	بارندگی مفید		
				جریان سطحی	نفوذ	جمع
ارتفاعات	۸٤/۵۰	۲٦/٤۳	۱۳/۹۱	٤/٦۹	۷/۸۳	۱۲/۵۲
دشت	۱٤٤/۵۰	٤۱/۱۲	۲۵/۱۷	٤/۲٦	۱۱/٦۹	۱۵/۹۵
مجموع	۲۲۹	٦۷/۵۵	۳۹/۰۸	۸/۹۵	۱۹/۵۲	۲۸/٤۷

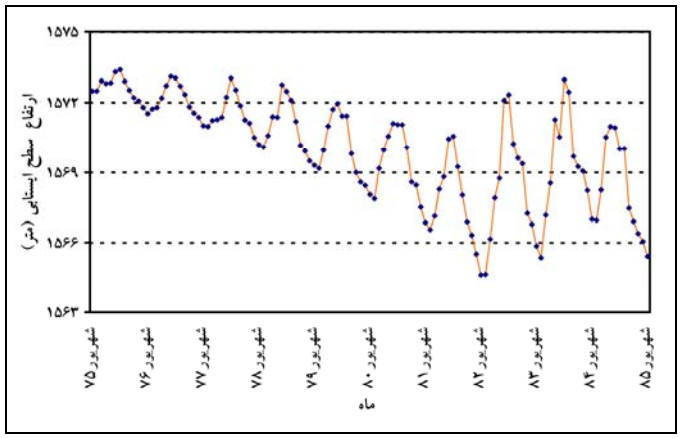
مأخذ : مؤلفان

جدول ٦ وضعیت بهره‌برداری در ارتفاعات محدوده مطالعاتی خیر(ارقام تخلیه به میلیون متر مکعب)

ردیف	نام محدوده مطالعاتی	کد محدوده مطالعاتی	چاه		قنات		چشمه		تخلیه کل سالانه
			تعداد	تخلیه سالانه	تعداد	تخلیه سالانه	تعداد	تخلیه سالانه	
۱	خیر	۴۳۰۷	۰	۰/۰۰	۱	۰/۶۳	۷	۸/۶۸	۹/۳۱

مأخذ : مؤلفان

میزان تبخیر از آب زیرزمینی با استفاده از اطلاعات عمق سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای و با توجه به وسعت محدوده عمق آب زیرزمینی کمتر از ۵ متر واقع در شمال دشت خیر (۹/۵۱ کیلومتر مربع)، مطابق دستورالعمل تهیه بیلان (با استفاده از منحنی وایت و استفاده از اطلاعات تشت تبخیر) به میزان ۰/۲٤ میلیون متر مکعب در سال محاسبه شده است. با استفاده از آمار سطح ایستابی در چاه‌های مشاهده‌ای دشت خیر در دوره آماری ۱۱ ساله هیدروگراف واحد آب زیرزمینی دشت خیر تهیه گردیده است. بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی نشان می‌دهد که با کاهش میزان نزولات جوی و برداشت از آب‌های زیرزمینی، سطح آب زیرزمینی کاهش یافته به‌طوری‌که حداقل ارتفاع سطح آب زیرزمینی مربوط به ماه‌های شهریور و مهر است. با شروع بارش و کاهش میزان برداشت، سطح تراز آب افزایشی را نشان می‌دهد. روند کلی در هیدروگراف واحد آبخوان خیر حاکی از افت سطح آب زیرزمینی در دوره آماری ۱۰ ساله به مقدار ۷/۰۸ متر بوده که به این ترتیب میانگین افت سالانه ۰/۷۱ متر خواهد بود(شکل ۳).



شکل ۳ هیدروگراف واحد آبخوان آبرفتی محدوده مطالعاتی خیر.

با توجه به بیلان آبخوان آبرفتی تغییرات حجم آب زیرزمینی آبخوان خیر ۱۰/۹۳- میلیون متر مکعب است که نشان‌دهنده کاهش سطح آب زیرزمینی و برداشت آب زیرزمینی بیش از حد مجاز به این مقدار است.

بیلان عمومی آب با استفاده از نتایج بیلان هیدروکلیماتولوژی دشت - ارتفاعات، بیلان ارتفاعات و بیلان آب زیرزمینی آبخوان آبرفتی محدوده مطالعاتی خیر محاسبه و در جدول ۷ ارائه گردیده است. بر این اساس، میزان کل آب ورودی به محدوده مطالعاتی ۱۰٦/۳۰ میلیون متر مکعب و حجم کل خروجی از محدوده به صورت جریآن های سطحی، زیرزمینی، تبخیر و مصرف ۱۱۹/۱۱ میلیون متر مکعب برآورد شده است.

عوامل ورودی در بیلان عمومی علاوه بر بارش شامل آب‌های زیرزمینی و سطحی ورودی و نیز آب‌های انتقالی از حوزه‌های مجاور هستند.

جدول ۷ بیلان عمومی آب در محدوده مطالعاتی خیر (ارقام بر حسب میلیون متر مکعب)

ورودی					خروجی							تغییرات ذخیره	
بارندگی		جریان سطحی ورودی	جریان زیرزمینی ورودی	آبهای انتقالی به محدوده	جمع	تبخیر و تعرق				جریان سطحی خروجی	جریان زیرزمینی خروجی	آبهای انتقالی به خارج	جمع	مخازن آب سطحی	مخازن آب زیرزمینی
ارتفاعات	دشت					از بارندگی	از آب آزاد	از سفره	مصرف خالص						
۲۶/۲۷	۴۱/۲۷	۱۹/۹۶	۱۵/۷۸	-	۱۰۳/۳	۳۹/۴۸	-	۰/۲۴	۳۴/۳۱	۲۸/۹۰	۰/۲۵	-	۱۰۳/۱۸	-	-۰/۱

ارقام به میلیون متر مکعب در سال

مأخذ : مؤلفان

جریان زیرزمینی ورودی به محدوده، شامل ورودی جریان زیرزمینی آبخوان به آبخوان و یا ارتفاعات به ارتفاعات می‌شود. از ارتفاعات شمالی محدوده مطالعاتی استهبان به میزان ۱۰/۷۳ میلیون متر مکعب در سال آب وارد ارتفاعات جنوبی خیر شده و از آبخوان آبرفتی استهبان نیز مقدار ۰/۰۲ میلیون متر مکعب آب در سال وارد آبخوان آبرفتی خیر می‌گردد.

بنابراین مجموع جریان زیرزمینی ورودی به محدوده مطالعاتی خیر ۱۰/۷۵ میلیون متر مکعب در سال است. در این محدوده مطالعاتی همچنین از طریق محدوده مطالعاتی استهبان سالانه ۲۸/۰۰ میلیون متر مکعب جریان آب سطحی به داخل حوزه وارد می‌شود.

در محدوده مطالعاتی خیر هیچ‌گونه آب سطحی و یا زیرزمینی به‌طور مصنوعی و یا با احداث سازه از دیگر محدوده‌های مطالعاتی به این محدوده منتقل نمی‌گردد، بنابراین در جدول بیلان عمومی، این مقدار صفر منظور گردیده است.

عوامل خروجی: عوامل خروجی شامل تبخیر و تعرق، جریان سطحی خروجی و جریان زیرزمینی خروجی هستند

تبخیر و تعرق شامل تبخیر از بارندگی، تبخیر از سطح آزاد آب، تبخیر از سفره و مصرف خالص است. بر اساس بیلان هیدروکلیماتولوژی ارتفاعات و دشت، تبخیر از بارندگی در دشت و ارتفاعات محاسبه شده است (جدول ۵). مقدار کل تبخیر از بارندگی در ارتفاعات ۱۳/۹۱ و مقدار کل تبخیر در دشت ۲۵/۱۷ میلیون متر مکعب در سال بوده و بنابراین میزان کل تبخیر از بارندگی ۳۹/۰۸ میلیون متر مکعب در سال محاسبه شده است.

با توجه به این‌که در محدوده مطالعاتی خیر، دریاچه‌ای وجود ندارد بنابراین تبخیر از سطح آزاد آب صفر منظور شده است. همچنین با توجه به وسعت منطقه تبخیر از آب زیرزمینی (کمتر از ۵ متر) در شمال دشت خیر، میزان تبخیر از آبخوان مطابق دستورالعمل تهیه بیلان آب به میزان ۰/۲٤ میلیون متر مکعب در سال محاسبه شده است.

میزان مصرف خالص آب از کسر جمع مقادیر نفوذ آب زراعی، شرب و صنعت از کل مصارف بدست آمده است. بنابراین با کسر مقدار نفوذ آب زراعی (۲۵٪) و آب شرب و صنعت (۸۰٪) از مقدار کل مصارف (۵۳/۳۸ میلیون متر مکعب)، حجم کل مصرف خالص ۳۹/۳۷ میلیون متر مکعب در سال برآورد شده است.

جریان سطحی خروجی: در محدوده مطالعاتی خیر رودخانه دائمی وجود نداشته و بنابراین میزان جریان سطحی خروجی از دشت با استفاده از رابطه جاستین محاسبه شده است. بر این اساس میزان حجم جریان سطحی خروجی از این محدوده به دریاچه بختگان (محدوده مطالعاتی تنگ‌حنا – پیچکان) به میزان ٤۰/۱٦ میلیون متر مکعب در سال برآورد شده است. مقدار فوق شامل۳۱/٤۱ میلیون متر مکعب رواناب محدوده و ۸/۷۵ میلیون متر مکعب مازاد مصرف است که به جریان سطحی می پیوندد.

جریان زیرزمینی خروجی: جریان زیرزمینی خروجی از جمع دو جریان زیرزمینی آبخوان به آبخوان و ارتفاعات به ارتفاعات حاصل می‌گردد. جریان خروجی زیرزمینی از ارتفاعات محدوده مطالعاتی خیر به ارتفاعات محدوده‌های مجاور وجود ندارد. بر اساس نقشه‌های هم‌تراز آب زیرزمینی جریان زیرزمینی خروجی از طریق آبخوان آبرفتی به دریاچه بختگان (محدوده تنگ‌حنا – پیچکان) مشاهده می‌گردد. براین اساس میزان حجم آب زیرزمینی خروجی از محدوده مطالعاتی خیر به میزان ۰/۲٦ میلیون متر مکعب در سال در ستون مربوطه درج شده است.

آب‌های انتقالی: از محدوده مطالعاتی خیر آب سطحی و یا زیرزمینی به طور مصنوعی و یا با احداث سازه به خارج از این محدوده منتقل نمی‌گردد، بنابراین در ستون مربوطه صفر منظور گردیده است.

تغییرات ذخیره: بر اساس بیلان عمومی مقدار ورودی به محدوده مطالعاتی خیر ۱۰٦/۳۰ میلیون متر مکعب در سال و مقدار خروجی از محدوده ۱۱۲/۸۲ میلیون متر مکعب در سال است که به این ترتیب میزان تغییرات ذخیره کل محدوده ۱۲/۸۱- میلیون متر مکعب در سال است.

جریان زیرزمینی ورودی به محدوده، شامل ورودی جریان زیرزمینی آبخوان به آبخوان و یا ارتفاعات به ارتفاعات می‌شود. از ارتفاعات شمالی محدوده مطالعاتی استهبان به میزان ۱۰/۷۳ میلیون متر مکعب در سال آب وارد ارتفاعات جنوبی خیر شده و از آبخوان آبرفتی استهبان نیز مقدار ۰/۰۲ میلیون متر مکعب آب در سال وارد آبخوان آبرفتی خیر می‌گردد. بنابراین مجموع جریان زیرزمینی ورودی به محدوده مطالعاتی خیر ۱۰/۷۵ میلیون متر مکعب در سال است. در این محدوده مطالعاتی همچنین از طریق محدوده مطالعاتی استهبان سالانه ۲۸/۰۰ میلیون متر مکعب جریان آب سطحی به داخل حوزه وارد می‌شود. در محدوده مطالعاتی خیر هیچ‌گونه آب سطحی و یا زیرزمینی به‌طور مصنوعی و یا با احداث سازه از دیگر محدوده‌های مطالعاتی به این محدوده منتقل نمی‌گردد، بنابراین در جدول بیلان عمومی، این مقدار صفر منظور گردیده است.

عوامل خروجی شامل تبخیر و تعرق، جریان سطحی خروجی و جریان زیرزمینی خروجی هستند. تبخیر و تعرق شامل تبخیر از بارش، تبخیر از سطح آزاد آب، تبخیر از سفره و مصرف خالص است. بر اساس بیلان هیدروکلیماتولوژی ارتفاعات و دشت، تبخیر از بارش در دشت و ارتفاعات محاسبه شده است (جدول ۵). مقدار کل تبخیر از بارش در ارتفاعات ۱۳/۹۱ و مقدار کل تبخیر در دشت ۲۵/۱۷ میلیون متر مکعب در سال بوده و بنابراین میزان کل تبخیر از بارش ۳۹/۰۸ میلیون متر مکعب در سال محاسبه شده است. با توجه به این‌که در محدوده مطالعاتی خیر، دریاچه‌ای وجود ندارد بنابراین تبخیر از سطح آزاد آب صفر منظور شده است. همچنین با توجه به وسعت منطقه تبخیر از آب زیرزمینی (کمتر از ۵ متر) در شمال دشت خیر، میزان تبخیر از آبخوان مطابق دستورالعمل تهیه بیلان آب به میزان ۰/۲٤ میلیون متر مکعب در سال محاسبه شده است.

میزان مصرف خالص آب از کسر جمع مقادیر نفوذ آب زراعی، شرب و صنعت از کل مصارف بدست آمده است. بنابراین با کسر مقدار نفوذ آب زراعی (۲۵٪) و آب شرب و صنعت (۸۰٪) از مقدار کل مصارف (۵۳/۳۸ میلیون متر مکعب)، حجم کل مصرف خالص ۳۹/۳۷ میلیون متر مکعب در سال برآورد شده است.

در محدوده مطالعاتی خیر رودخانه دائمی وجود نداشته و بنابراین میزان جریان سطحی خروجی از دشت با استفاده از رابطه جاستین محاسبه شده است. بر این اساس میزان حجم جریان سطحی خروجی از این محدوده به دریاچه بختگان (محدوده مطالعاتی تنگ‌حنا - پیچکان) به میزان ٤۰/۱٦ میلیون متر مکعب در سال برآورد شده است. مقدار فوق شامل ۳۱/٤۱ میلیون متر مکعب رواناب محدوده و ۸/۷۵ میلیون متر مکعب مازاد مصرف است که به جریان سطحی می پیوندد.

جریان زیرزمینی خروجی از جمع دو جریان زیرزمینی آبخوان به آبخوان و ارتفاعات به ارتفاعات حاصل می‌گردد. جریان خروجی زیرزمینی از ارتفاعات محدوده مطالعاتی خیر به ارتفاعات محدوده‌های مجاور وجود ندارد. بر اساس نقشه‌های هم‌تراز آب زیرزمینی جریان زیرزمینی خروجی از طریق آبخوان آبرفتی به دریاچه بختگان (محدوده تنگ‌حنا -

پیچکان) مشاهده می‌گردد. براین اساس میزان حجم آب زیرزمینی خروجی از محدوده مطالعاتی خیر به میزان ۰/۲۶ میلیون متر مکعب در سال در ستون مربوطه درج شده است.

از محدوده مطالعاتی خیر آب سطحی و یا زیرزمینی به طور مصنوعی و یا با احداث سازه به خارج از این محدوده منتقل نمی‌گردد، بنابراین در ستون مربوطه صفر منظور شده است.

بر اساس بیلان عمومی مقدار ورودی به محدوده مطالعاتی خیر ۱۰۶/۳۰ میلیون متر مکعب در سال و مقدار خروجی از محدوده ۱۱۲/۸۲ میلیون متر مکعب در سال است که به این ترتیب میزان تغییرات ذخیره کل محدوده ۱۲/۸۱- میلیون متر مکعب در سال است.

با توجه به نتایج بیلان آبخوان آبرفتی و ارتفاعات، حجم آب قابل توسعه در محدوده مطالعاتی خیر در جدول ۸ ارائه شده است. هیدروگراف واحد محدوده خیر نشان‌دهنده افت سطح آب زیرزمینی به علت برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی است. مقدار ۰/۷۱ افت میانگین سالانه سطح آب زیرزمینی در محدوده مطالعاتی خیر می‌تواند بیانگر عدم رعایت آبدهی مجاز در این آبخوان باشد.

جدول ۸ امکانات توسعه و بهره‌برداری (میلیون متر مکعب)

تخلیه و برداشت فعلی از آبخوان	امکانات توسعه بهره‌برداری از آبخوان آبرفتی	برداشت مجاز از آبخوان آبرفتی	امکانات توسعه بهره‌برداری از مخازن سازند سخت	منابع آب سطحی قابل کنترل
۵۳/۳۲	۰	۴۰/۷۰	۰	۱/۹۹

مأخذ : مؤلفان

بنابر نتایج بیلان آبخوان آبرفتی، میزان تخلیه و برداشت از آبخوان آبرفتی خیر برابر با ۵۲/۸۳ میلیون متر مکعب در سال است که با عنایت به میزان کاهش حجم ذخیره آبخوان به میزان ۱۰/۹۳- میلیون متر مکعب در سال برداشت مجاز از آبخوان آبرفتی برابر با ۴۱/۹ میلیون متر مکعب در سال و برابر با مقدار تغذیه آبخوان است. بر این اساس امکان توسعه بهره‌برداری از آبخوان آبرفتی خیر وجود نخواهد داشت.

بر اساس بیلان ارتفاعات مقدار ۱۰/۷۳ میلیون متر مکعب آب از ارتفاعات محدوده مطالعاتی استهبان به ارتفاعات محدوده مطالعاتی خیر وارد می‌گردد. با عنایت به میزان نفوذ در ارتفاعات و نتایج بیلان عمومی امکان توسعه بهره‌برداری از مخازن سازند سخت این محدوده وجود ندارد. با توجه به این‌که در محدوده مطالعاتی خیر رودخانه دائمی وجود ندارد، حجم سیلاب تولید شده متوسط حوزه ۸/۹۵ میلیون متر مکعب و حجم جریان سطحی ورودی ۲۸/۰۰ میلیون متر مکعب از محدوده مطالعاتی استهبان برآورد شده است. بنابراین می‌توان با انجام تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب در مناطق مستعد و دارای آبرفت درشت‌دانه (بخصوص در مخروط‌افکنه‌ها) از بخشی از این آب‌های سطحی استفاده کرد. انجام این امر می‌تواند در کاهش میزان افت سطح آب زیرزمینی و تقویت آبخوان مؤثر باشد. بررسی‌های انجام شده در این محدوده مطالعاتی نشان می‌دهد تنها عامل محدود کننده بهره‌برداری از سفره‌های زیرزمینی افت زیاد سفره آب زیرزمینی است. در

قسمت‌های شمالی دشت با توجه به مجاورت به دریاچه بختگان و دانه‌ریز بودن این ناحیه و همچنین جهت جریان آب‌های زیرزمینی به این منطقه، تبخیر از آب زیرزمینی اتفاق می‌افتد.

منابع

۱- جاویدی صباغیان، رضا - شریفی، محمدباقر و میان‌آبادی، حجت، (۱۳۸۷): مدل‌سازی منابع و مصارف آب در حوضه‌های آبریز به کمک نرم‌افزار Mike – Basin، کنفرانس بین المللی منابع آب، دانشگاه شاهرود

۲- مهندسین مشاور فارساب صنعت، (۱۳۸۸)، مطالعات بهنگام‌سازی اطلس منابع آب حوزه آبریز دریاچه‌های طشک - بختگان و مهارلو، گزارش تلفیق مطالعات و بیلان آب، صفحات ۷۰-۱۰.

3- Beekman, H. E., Gieske, A. & Selaolo, E. T, (1996): GRES: Groundwater recharge studiesin Botswana 1987-1996. BotswanaJournal of Earth Sciences, 3:1–17.

4- Bhutta, M.N. and M.M. Alam (2005): Perspectives and Limits of Groundwater Use in Pakistan. Proceedings of Groundwater Governance in Asia Series-I. IWMI-TATA Water Policy Program. pp. 105-114.

5- Bhutta M.N, Saeed, M. and Rafia M, (2007): Evaluation of Ground water balance – Acase Study of Mona rainage basi, Pakistan journal of water Resources. Vol. 11 (2)

6- Bredenkamp D.B., etal, (1995): Manual on Quantitative Estimation of Groundwater Recharge and Aquifer Storativity. Water Research Commission, Pretoria.

7- Devries, J. J. & Simmers, I, (2002): Ground water recharge: An overview of processes and challenges. Hydrogeology Journal, 10(1):5–17.

8- DWAF (Department Of Water Affairs and Forestry), (1999): Resource Directed Measures for Protection of Water Resources, Volume 6: Groundwater Component Version 1.0. Government Printer, Pretoria.

9- Ghazi, I, (2002): Water resources management and planning in Iran. Report to the University of Isfahan

10- Government Gazette, (1998): National Water Act. Government Gazette 398, No, 191-82. Government Printer, Pretoria.

11- Hatton T. and Evans R, (1998): Dependence of Ecosystems on Ground-water and its Significance to Australia. CSIRO Land & Water Resources Research and Development Commission Occasional Paper No 12/98 - Canberra, Australia.

12- Hydrological Program, IHP-VI, Technical Documents in Hydrology, No. 58, UNESCO, Paris, 2002.

13- Kijne, J.W, (1996): Water and Salinity Balances for Irrigated Agriculture in Pakistan. Research Paper No. 6 IWMI, Colombo, Sri Lanka.

14- Lerner, D. N., Issar, A. & Simmers, I, (1990): A guide to understanding and estimating natural recharge, I. A. H publication: International contribution to hydrogeology, vol. 8. Verlag Heinz Heisse, 345 pp.

15- Litang H., Chong-X., Chen, J., Jimmy Jiao and Zhong-Jing W., (2007): Simulated ground water interaction with rivers and springs in the Heihe river Basin Hydrol. Process DOI:10.1002/hyp.6497

16- Lioyd, J. W, (1986): A review of aridity and groundwater. Hydrological processes, 1:63–78.

17- Loucks D.P. and, Elco and V. B, (2005): "Water Resource Systems Planning and Management; an Introduction to Methods, Models and Applications ", UNESCO Publishing Paris

18- Niamnsi Y.N and Mbue I.N. Estimation for ground water balance based on recharge and discharge: a tool for sustainable ground water management, zhongmu county alluvial plain aquifer , Henan province , china , Journal of American Science 2009: 5 (2) 83 – 40

19- Pereira, Luis S. Ian Cordery, Iovos Iacovides, Coping with water scarcity, International

20- Selaolo, E. T, (1998): Tracer studies and groundwater recharge assessment in the eastern fringe of the Botswana Kalahari -the Lethlakeng - Botlhapatlou area, Ph. D. thesis, Free University.

21- Shiklomanov, IA, (1998): World Water Resources: An Appraisal for the 21st Century.IHP Report. (UNESCO, Paris).

22- Shiklomanov, IA, (1991): The World's water resources. In: Proc. Int. Symp. To Commemorate 25 Years of the IHP. Pp. 93-126. (UNESCO/IHP, Paris).

23- Shiklomanov, IA, (1998): World Water Resources: An Appraisal for the 21st Century. IHP Report. (UNESCO, Paris).
24- Simmers, I., ed. (1988): Estimation of natural groundwater recharge, NATO Asiseries C, Mathematical and physical sciences, vol. 222. Reidel, Dordrecht.
25- Sullivan, C, (2002): Calculating a Water Poverty Index, World Development, 30(7): 1195- 1210.
26- Wallace, J.S, (2000): Increasing agricultural water efficiency to meet future food production. Agriculture, Ecosystems and Environment. 82:105-119.
27- WRIGHT K.A. and Xu Y, (1999): Users Guide – Excel-Based Software for Groundwater Resource Allocation Estimation. Technical Report GH3934, Department of Water Affairs and Forestry, Pretoria.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی