بررسی تغییرات کمی و کیفی آبخوان میان آب شوشتر بعد از احداث شبکه آبیاری و زهکشی

مهرداد کاکولکی[1]، حسین اسلامی [2]

۱- گروه علوم آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران
۲- گروه علوم آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۲۵

چکیده

احداث شبکه های آبیاری و زهکشی بر کیفیت و کمیت آب های زیرزمینی تاثیر گذار هستند. تحقیق حاضر به منظور بررسی تغییرات کمی و کیفی آبخوان دشت میان آب شوشتر بعد از احداث شبکه آبیاری و زهکشی در سال ۱۳۸۷ انجام گردید. ابتدا با بررسی هیدروگراف سالانه دشت، تغییرات حجم ذخیره ای مخزن آب زیرزمینی طی سال های آبی قبل و بعد از اجرای شبکه آبیاری و زهکشی میان آب شوشتر مورد ارزیابی قرار گرفت. طی ۳ سال آبی ۸۵-۸٤ تا ۸۸-۸۷، ٦/٤ میلیون متر مکعب از حجم ذخیره مخزن آب زیرزمینی کاسته شده و از ۸۸-۸۷ تا ۹۳-۹۲، ۹/۰۷ میلیون متر مکعب به حجم ذخیره آب زیرزمینی افزوده شده است که با مقایسه با وضعیت بارندگی در دوره مشابه، مشخص شده که تغییرات در مخزن تا حدود زیادی از میزان بارندگی سالانه متاثر می باشد. سپس با محاسبه بیلان آب زیرزمینی عوامل موثر در تغییرات حجم مخزن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله نشان داد که در سال ۸۸-۸۷ بیلان ۳/۵۹- و سال ۸۹-۸۸ بیلان ٥/٤٤ بوده و مهمترین عامل در تغییرات مخزن آب زیرزمینی، میزان بارندگی سالانه بوده و بهره برداری از شبکه تاثیر چندانی در افزایش سطح آب زیرزمینی دشت نداشته است. در ادامه جهت بررسی تغییرات کیفی منابع آب زیرزمینی، از نمودار ویلکوکس برای دو سال آبی قبل و بعد از احداث شبکه آبیاری و زهکشی استفاده شد. نتایج نشان داد که با توجه به بالا بودن سطح آب زیرزمینی قبل از بهره برداری از شبکه، بیشتر نقاط نمونه برداری در کلاس خیلی شور و غیرقابل استفاده برای کشاورزی قرار داشته که با بهره برداری از شبکه تغییرات چشمگیری در کیفیت منابع آب زیرزمینی رخ نداده است.

واژه های کلیدی: ***شبکه آبیاری و زهکشی، ویلکوکس ، آبهای زیرزمینی.***

مقدمه

کارایی آبیاری در کانال های باز عموما پایین است و بخشی از آب مصرفی به سیستم زهکشی برمی گردد(لیتسکاس و همکاران[1]، ۲۰۰۹). این مساله اثرات زیست محیطی بسیار جدی از قبیل اشباع، شوری و غنی سازی غذایی آب ها (آبهای سطحی و زیر سطحی) را بوجود می آورد. میزان آلودگی ناشی از آبیاری به خصوصیات هیدروژئولوژیکی، عملیات و روش آبیاری، توزیع محصول و کاربری اراضی و تامین آب و سیستم زهکشی بستگی دارد (تدشی و همکاران[2]، ۲۰۰۱: هگ و کاپن جوهان[3]، ۲۰۰۱: آراگوس و تانجی[4]، ۲۰۰۳: کاساپ و همکاران[5]، ۲۰۰۴)

ایجاد شبکه آبیاری و زهکشی و متعاقب آن تغییر سیستم و راندمان آبیاری می تواند بر کمیت و کیفیت

1 - Litskas et al.
2 -Tedeschi et al.
3 -Haag and Kaupenjohann
4 -Aragues and Tanji
5 -Causape et al.

آب زیرزمینی تاثیر گذار باشد. اجرای یک سیستم آبیاری و زهکشی می تواند بر روی منابع آب زیرزمینی اثرات مخربی داشته باشد. کاهش کیفیت آب زیرزمینی در نتیجه بالا آمدن سطح آب زیرزمینی و افزایش آلودگی آن در نتیجه آب برگشتی ناشی از مصارف کشاورزی و ایجاد مشکلات کیفیت آب آبیاری برای مصرف کنندگان پایین دست ناشی از کیفیت آب برگشتی و تهی سازی آب های زیرزمینی که منجر به خشک شدن آب چاه های شرب و آبیاری و نفوذ آب شور به سفره در سواحل از جمله این اثرات می باشد.

ورود کودهای شیمیایی مصرفی در کشاورزی به آبهای زیرزمینی، باعث ایجاد معضلات زیست محیطی خواهد شد. از آنجا که در اکثر مناطق شهری و روستایی تأمین آب شرب با برداشت از آب های زیرزمینی صورت می گیرد، بنابراین ورود عناصر شیمیایی مصرفی در کشاورزی به آبهای زیرزمینی نگران کننده می باشد. با توجه به کیفیت آب های زیرزمینی و تغییرات سطح ایستابی و افزایش روز افزون جمعیت، تقاضا برای آب کشاورزی و شرب از یکسو و محدودیت منابع از سوی دیگر سبب ایجاد چالش و بحران در آینده خواهد شد. با مطالعه تغییرات کیفی و کمی آب های زیرزمینی میتوان اثرات آبیاری زمین های کشاورزی بر آبخوان را در سالیان پیش تعیین نمود و از روی آن مناطق بحرانی آبخوان را تعیین و مدیریت جدید را برای بهره برداری از آبخوان ارایه نمود. با توجه به طبیعت مصرفی سیستم های آبیاری بعضی تغییرات در رژیم هیدرولوژیکی ناحیه ای وقتی رخ می دهد که یک سیستم جدید آبیاری ساخته شود و یا در حد محدودتر سیستم های قدیمی آبیاری بهسازی گردد.

حسینی و همکاران (۱۳۸۹) ارزیابی شبکه آبیاری و زهکشی قدس بوسیله قرائت سطح ایستابی چاهک های مشاهده ای منطقه در دوره آماری یک ساله را انجام دادند. بنا به عللی مانند عدم بهره برداری صحیح از شبکه آبیاری و رسوبگذاری و رویش علف های هرز در این شبکه، شور شدن اراضی به علت عدم وجود سیستم زهکشی زیرزمینی و تخریب زهکش های سطح ، عدم دسترسی به ماشین آلات کشاورزی مدرن و عدم اجرای طرح های آموزشی و ترویجی در منطقه، درجه بندی نسبی احتیاجات زهکشی عمقی براساس ماه بالاترین حد سطح ایستابی (کمترین عمق آب زیرزمینی) ارائه گردید اما در واقع با توجه به نتایج هیدروگراف چاهک های مشاهده ای وضعیت شبکه از نظر عمق سطح ایستابی آنچنان بحرانی است که نیازی به معرفی بحرانی ترین ماه وجود ندارد. شبکه مذکور سریعاً مستهلک شده و راندمان بهره وری آن به شدت تقلیل یافته است.

شریفی پور و همکاران (۱۳۹۴) بررسی نقش آب زیرزمینی در کمیت زهاب ناشی از آبشویی در اراضی جنوب خوزستان را انجام دادند. آنها بیان نمودند که پروژه های آبیاری و زهکشی بسیاری در اراضی این ناحیه در حال مطالعه و اجرا می باشد که بخش اعظم آنها با مشکل شوری خاک مواجه است.

اددیجی و همکاران (۲۰۱۱) تاثیر آبیاری فصل خشک را بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی رودخانه اوسین نیجریه که هم تحت تاثیر رواناب سطحی و هم جریان زیرزمینی ناشی از مناطق تحت آبیاری هستند را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که مقادیر آلوده کننده های کشاورزی نظیر آفت کش ها، نیترات و فسفات در مناطق تحت آبیاری بیشتر از بالادست رودخانه هستند و آنیون ها و کاتیون ها در پایین دست رودخانه به حداکثر خود می رسد. جنوبی و همکاران (۱۳۹۲) تأثیر افزایش راندمان آبیاری بر روی منابع آب زیرزمینی دشت ارومیه با استفاده از MODFLOW مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با افزایش راندمان آبیاری سطح آب زیرزمینی پایین می آید. مدل نشان داد که بسیاری از مشکلات ناخواسته می تواند با اعمال روش های نوین آبیاری به جای روش های سنتی و افزایش راندمان آبیاری برطرف گردد.

قبادیان و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی اثر احداث شبکه آبیاری و زهکشی پائین دست سد گاوشان بر منابع آب زیرزمینی دشت میان دربند با استفاده از مدل GMS را مورد ارزیابی قرار دادند . نتایج نشان داد که سطح آب زیرزمینی افزایش می یابد و درصد کمی از دشت زهدار می شود.

دشت میاناب شوشتر در جنوب غرب کشور و در حد فاصل دو رودخانه گرگر و شطیط واقع شده و دارای اراضی مستعد جهت اقدامات کشاورزی می باشد. کنترل و حفاظت آبخوان دشت میاناب از نظر کمی و کیفی یکی از اصول مدیریت بهینه بهره برداری متناسب با نیاز آبی و تخصیص منابع آب است. بنابراین اعمال سیاست بهره برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی در نواحی مختلف دشت مانع تغذیه سریع و بی رویه آبخوان و زه دار شدن اراضی دشت شده و کیفیت نامطلوب آبخوان را تحت کنترل قرار می دهد. در این تحقیق سعی می شود تا اثرات تغییرات کمی و کیفی آب های زیرزمینی در اثر آبیاری زمین های زراعی در بازه زمانی مشخص مورد بررسی قرار گیرد. ارزیابی دقیق پارامتر شوری آب زیرزمینی می تواند کمک بسیار موثری جهت انتخاب بهینه سیستم مدیریت مصرف آب و افزایش راندمان کاربردی آب جهت مصارف مختلف از جمله کشاورزی نماید. به تعبیر دیگر این موجب حصول حداکثر نتیجه ممکن از حداقل امکانات و ذخائر زیرزمینی آب موجود خواهد شد.

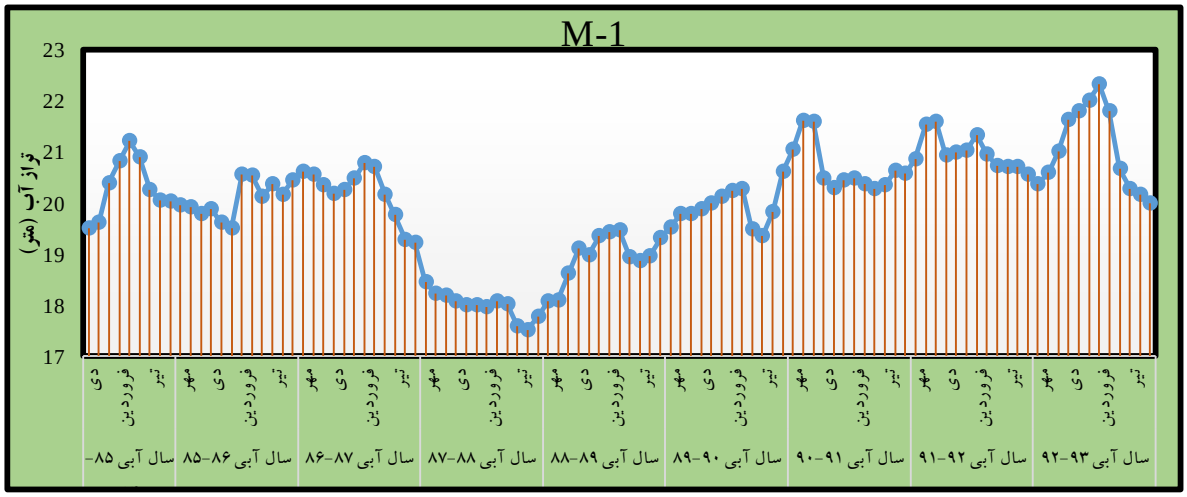
مواد و روش ها

دشت آبرفتی میان آب یکی از دشت‌های هموار استان خوزستان است که انتهای آن واقع در بندقیر در فاصله ۴۰ کیلومتری شمال اهواز و در شهرستان شوشتر است و بین طول جغرافیایی ″۴۵ °۲۸ تا ″۳۰ °۳۱ شرقی و عرض جغرافیایی″۰۲ °۳۵ تا ″۴۸ °۳۵ شمالی قرار دارد. دو رودخانه گرگر و شطیط، منطقه مورد مطالعه را محاط نموده است. بارش متوسط سالانه دشت ۳۵۹ میلیمتر می باشد. با توجه به سیستم طبقه بندی دومارتن، اقلیم دشت از نوع خشک می باشد. منابع آب زیرزمینی در محدوده مورد مطالعه چاه می باشد که آب برداشتی در بخش های شرب، صنعت و کشاورزی به مصرف می رسد. در محدوده مورد مطالعه در کل تعداد ۷۵۵ حلقه چاه (کم عمق، نیمه عمیق و عمیق) وجود دارد که از این تعداد ۳۵۷ حلقه چاه غیرفعال و فاقد آبدهی و تعداد ۳۹۸ حلقه چاه فعال وجود دارد که توسط این تعداد چاه سالانه ۳۶/۰۳ میلیون متر مکعب آب از منابع آب زیرزمینی برداشت می شود که بیشترین مقدار آن با مقدار ۲۵/۵۰ میلیون متر مکعب در بخش کشاورزی و مابقی به ترتیب با مقادیر ۵/۶۱، ۳/۶۵ و ۱/۲۷ میلیون متر مکعب در بخش های شرب، صنعت و دام و طیور به مصرف می رسد. به منظور بررسی تاثیر احداث شبکه آبیاری و زهکشی بر کمیت و کیفیت آب زیرزمینی، ابتدا هیدروگراف ماهانه و سالانه چاههای مشاهده ای رسم گردیده و هیدروگراف سالانه دشت تهیه شد. سپس با استفاده از نقشه سطح آب زیرزمینی، تغییرات تراز آب زیرزمینی و ذخیره مخزن آبخوان بررسی گردید. در مرحله بعد وضعیت بیلان دشت و مجموعه ورودی ها و خروجی های آبخوان دشت بررسی می گردد. در نهایت برای بررسی وضعیت کیفی آب زیرزمینی، با توجه به نمونه برداری صورت گرفته توسط سازمان آب و برق استان خوزستان و استفاده از ۸ نمونه، تغییرات کیفی با توجه به نمودار ویلکوکس بررسی شد.

نتایج

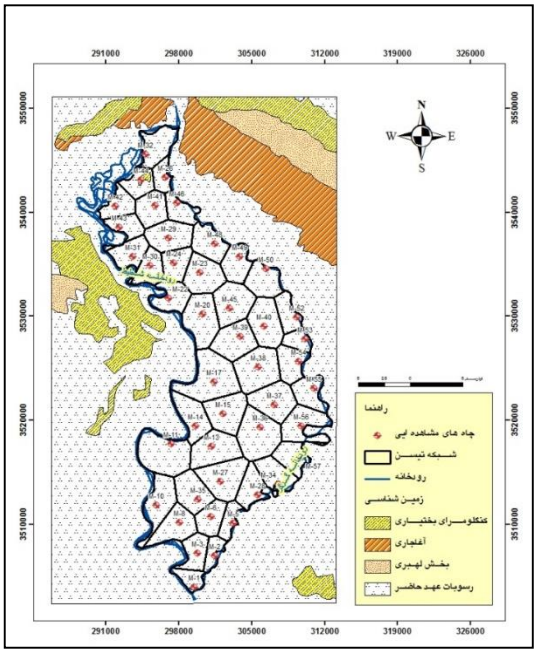
هیدروگراف معرف (ارتفاع میانگین سطح آب زیرزمینی) یک آبخوان، نمایانگر نوسانات سطح آب زیرزمینی در طول یک دورهٔ مشخص بوده و عکس‌العمل آبخوان را نسبت به عوامل تغذیه و تخلیه نشان می‌دهد. آبنمود بر پایهٔ اندازه‌گیری ماهانه ارتفاع سطح آب در تعدادی چاه مشاهده‌ای که به طور پراکنده در سطح آبخوان حفاری شده‌اند، محاسبه و ترسیم

می‌شود. بر اساس آخرین اطلاعات دریافتی تاکنون تعداد ۵۰ حلقه چاه مشاهده ایی در دشت میان آب حفاری شده است. درشکل ۱ به عنوان نمونه نمودار هیدروگراف ماهانه تراز سطح آب یکی از پیزومترها نشان داده شده است.



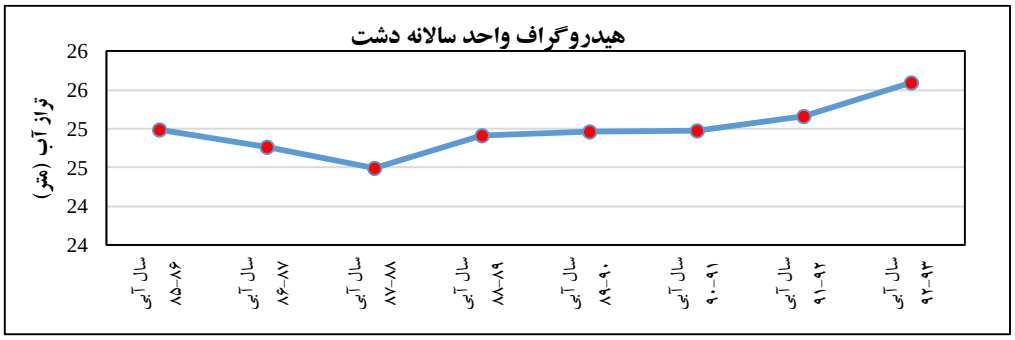
شکل ۱- نمودارهیدروگراف ماهانه پیزومتر M-1 از سال آبی ۸۵-۸٤ تا سال آبی ۹۳-۹۲

به منظور مشخص نمودن نوسانات سطح آب زیرزمینی و تغییرات ذخیره مخزن آب زیرزمینی دشت میان آب با استفاده از آمار و اطلاعات حاصله از شبکه چاه های مشاهده ای موجود و نقشه تیسن بندی چاه های پیزومتری فعال و دارای قرائت دراز مدت سطح آب اقدام به ترسیم هیدروگراف واحد دشت گردید. اولین گام در تهیه هیدروگراف واحد دشت ساخت شبکه تیسن می باشد که در شکل ۲ نشان داده شده است. مساحت شبکه تیسن آبخوان دشت میان آب ۴۳۶/۰۷ کیلومترمربع می‌باشد.



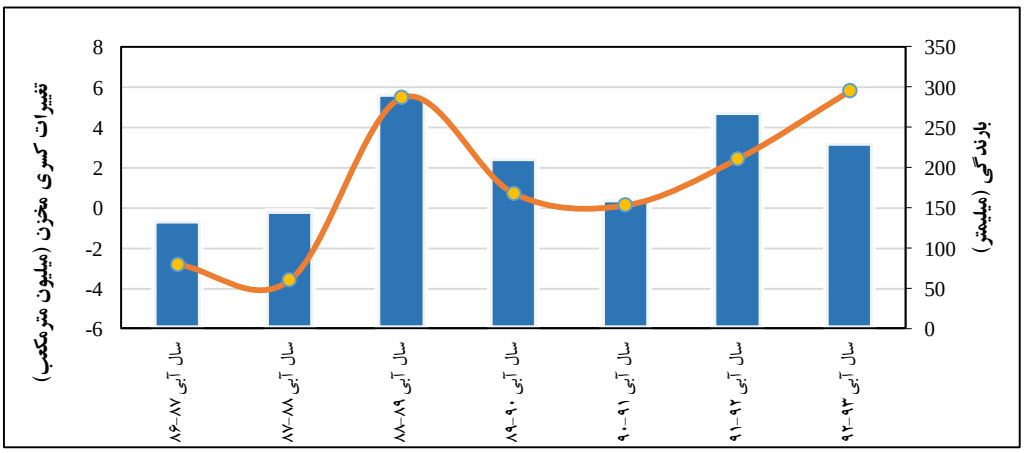
شکل ۲- نقشه شبکه تیسن چاه های مشاهده ایی

پس از محاسبه ضریب وزنی و با توجه به بارهای هیدرولیکی مشاهداتی، هیدروگراف ماهانه ۸ ساله دشت، ترسیم گردید. با توجه به هیدروگراف ماهانه دشت اقدام به تهیه هیدروگراف واحد سالانه دشت گردید. براساس هیدروگراف واحد سالانه (شکل ۳) مشاهده می شود که سطح سفره در طی ۸ سال آبی دوره آماری از سال آبی ۸۶-۸۵ تا سال آبی ۸۸-۸۷ یک روند نزولی داشته است که در طی این سه سال آبی تراز آب زیرزمینی به مقدار ۴۹ سانتیمتر افت داشته است یعنی بطور متوسط در هر سال آبی برابر با ۱۶ سانتیمتر و این در حالی است که از سال آبی ۸۸-۸۷ تا سال آبی ۹۳-۹۲ تراز آب زیرزمینی در مجموع به میزان ۱/۱۱ متر یا به عبارتی بطور میانگین در هر سال آبی تراز آب زیرزمینی ۲۲ سانتیمتر بالا آمده است.



شکل ۳- نمودار هیدروگراف واحد سالانه دشت میان آب

تغییرات حجم مخزن آبخوان و تعیین کسری آن طی دوره های مختلف با داشتن وسعت شبکه تیسن و درنظرگیری ضریب آبدهی متوسط ۳ درصد بدست آمد. با توجه به شکل ۴ ملاحظه می شود که طی ۳ سال آبی ۸۶-۸۵ تا ۸۸-۸۷، ۶/۴ میلیون متر مکعب از حجم ذخیره مخزن آب زیرزمینی کاسته شده است و این در حالی است که از سال آبی ۸۸-۸۷ تا ۹۳-۹۲، ۹/۰۷ میلیون متر مکعب به حجم ذخیره آب زیرزمینی افزوده شده است و بدین ترتیب می توان بیان نمود که طی این ۸ سال آبی در کل ۸/۰۸ میلیون متر مکعب به حجم ذخیره آب زیرزمینی اضافه شده است. شکل۴ که براساس روند کسری مخزن در طول دوره آماری ترسیم شده است، نشان می دهد که تغییرات در کسری مخزن تا حدود زیادی از میزان بارندگی سالانه متاثر می باشد.

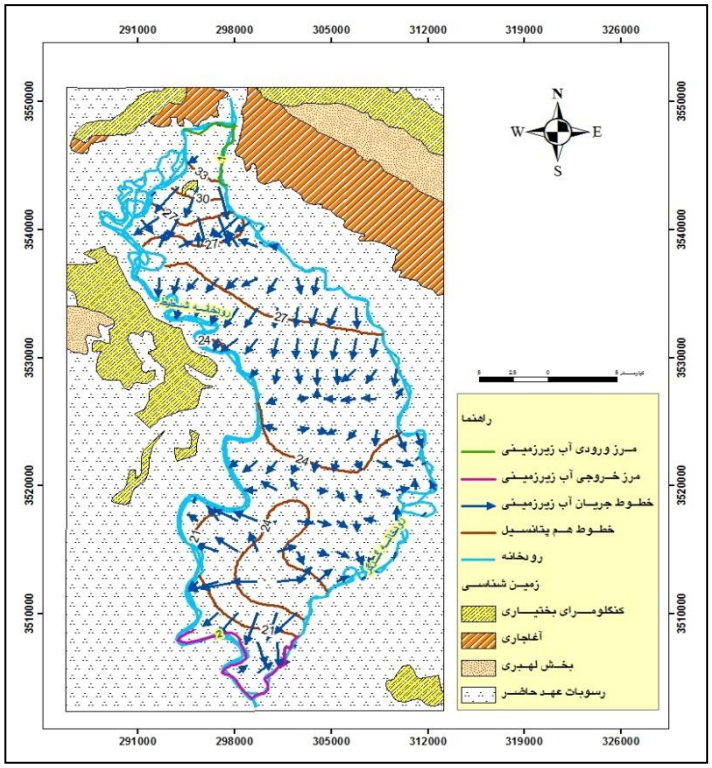


شکل ٤- نمودار روند تغییرات تجمعی حجم ذخیره آب مخزن در طی دوره آماری

بیلان آب

محدوده بیلان آب زیرزمینی دشت میان آب شامل کل مساحت دشت می باشد. محدوده بیلان آب زیرزمینی با توجه به آمار و اطلاعات موجود از دشت و نحوه توزیع پیزومترها، چاه های پمپاژ، چاه های بهره برداری، مناطق کشاورزی و... انتخاب شده و مساحتی در حدود ۴۳۶/۰۷۲ کیلومتر مربع را دربر می گیرد. دوره بیلان جهت تأمین اهداف تحقیق بطور مجزا دو سال آبی ۸۸-۸۷ و ۸۹-۸۸ انتخاب گردید. مهم ترین ورودی به سفره آبدار در منطقه مورد مطالعه، تغذیه ناشی از جریان های زیرزمینی و سطحی، آب برگشتی کشاورزی، نفوذ از بارندگی و نفوذ پساب‌های شرب و صنعتی می‌باشند.

مقاطع ورودی جریان آب زیرزمینی با توجه به نقشه هم پتانسیل آب زیرزمینی و خطوط جریان مشخص می گردد که در شکل ۵ نشان داده شده است. بر پایه معادله دارسی، مقاطع ورودی، گرادیان هیدرولیکی و قابلیت انتقال هر یک از این مقاطع، مقدار جریانهای ورودی زیرزمینی به ترتیب برای سال های آبی ۸۸-۸۷ و ۸۹-۸۸ حدود ۴/۴ و ۳/۱۳ میلیون مترمکعب محاسبه شده است (جدول ۱).



شکل ۵- نقشه مقاطع ورودی و خروجی جریان آب زیرزمینی

جدول ۱- حجم جریان آب زیرزمینی ورودی از مقاطع مختلف

سال آبی	شماره مقطع	طول مقطع (کیلومتر)	شیب هیدرولیکی (در هزار)	ضریب قابلیت انتقال (متر مربع بر روز)	دوره بیلان (روز)	حجم جریان ورودی (میلیون مترمکعب)
۸۸-۸۷	۱	۹/۸۲	۰/۶۶	۱۸۶۰	۳۶۵	۴/۴
۸۹-۸۸	۱	۹/۸۲	۰/۴۷	۱۸۶۰	۳۶۵	۳/۱۳

مقدار متوسط نفوذپذیری برای کل دشت با توجه به نقشه خاک منطقه با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ ، ۱۷ درصد محاسبه گردید. برای سال های آبی ۸۸-۸۷ و ۸۹-۸۸، با توجه به بارندگی ۱۴۸ و ۲۹۲ میلیمتر۱۰/۸۲ و ۱۳/۲۷ میلیون مترمکعب از آب بارندگی در دوره بیلان در محدوده مذکور در زمین نفوذ کرده و به آب زیرزمینی اضافه می‌گردد.

میزان آب برگشتی از آبیاری به روش مختلف آبیاری، بافت و نفوذپذیری خاک و نوع گیاه کشت شده، وضعیت کرت بندی، راندمان های متفاوت و حتی کیفیت آب مصرفی بستگی دارد. طبق بررسیهای تجربی سازمان خواروبار جهانی (نشریه شماره ۳۸ F.A.O.) میزان نفوذ عمقی از آبیاری براساس پارامترهای فوق بین ۱۵ تا ۴۰ درصد ذکر شده که ۱۵ درصد برای روش آبیاری اراضی با بافت سنگین و ۴۰ درصد برای اراضی با بافت سبک منظور شده است. شناخت از منطقه مبین بافت نسبتا سنگین خاک، تسطیح و کرت‌بندی و شیب و اندازه نامناسب قطعات زراعی در محدوده بیلان است و از سوئی راندمان آبیاری وضع موجود نیز پائین (۲۰ تا ۲۵٪) می باشد. لذا با استناد به اطلاعات فوق ضریب نفوذ آب برگشتی کشاورزی معادل ۲۰ ٪ لحاظ گردید. حجم آب مصرفی در بخش کشاورزی برای سال آبی ۸۸-۸۷ برابر ۴۹/۲۶ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد که در سال آبی ۸۹-۸۸ و به دنبال بهره برداری از شبکه آبیاری و زهکشی و غیرفعال شدن ۳۵۷ حلقه چاه کشاورزی به دلیل تأمین آب مورد نیاز جهت آبیاری اراضی کشاورزی از طریق شبکه، حجم آب مصرفی در این بخش به میزان ۲۵/۵ میلیون مترمکعب در سال کاهش یافته است که با احتساب ۲۰٪ نرخ آب برگشتی، حجم آب برگشتی ناشی از مصارف کشاورزی در دوره های بیلان برابر ۹/۸۵ و ۵/۱ میلیون مترمکعب محاسبه گردید.

همچنین میزان نفوذ از مصارف صنعتی برحسب نوع دفع پساب آنها متفاوت است. روش دفع پساب در منطقه عمدتاً از طریق چاههای جذبی صورت می گیرد و با در نظر گیری شرایط آب و هوایی منطقه ضریب نفوذ از این مصارف برابر ۷۰ درصد در نظر گرفته شد که با احتساب ۳/۶۵ میلیون مترمکعب حجم سالانه آب مصرفی در بخش صنعت، در طی دوره های بیلان ۲/۵۵ میلیون مترمکعب به آب زیرزمینی برمی گردد. طبق آمار و اطلاعات موجود حجم آب مصرفی سالانه در بخش شرب و دام و طیور دشت میان آب برابر ۵/۶۱ میلیون مترمکعب می‌باشد که با احتساب ۷۰ درصد پساب برگشتی به آبخوان میزان پساب برگشتی به آبخوان از مصارف شرب در طول دوره بیلان، ۴/۸۱ میلیون مترمکعب برآورد شده است.

جریان های سطحی و سیلابی ایجاد شده در طول سال نیز می‌تواند یکی از عوامل موثر در تغذیه سفره منظور شود که در محدوده مورد مطالعه این موضوع با توجه به قرارگیری دو رودخانه شطیط و گرگر در مرز محدوده مورد مطالعه این موضوع اهمیت بیشتری پیدا می کند. با توجه به نقشه هم پتانسیل و خطوط جریان آب زیرزمینی دشت میان آب، رودخانه های گرگر و شطیط نقش به سزایی در تغذیه منابع آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه دارند. با استفاده از رابطه مانینگ حجم آب نفوذیافته به آبخوان از بستر رودخانه های مذکور برای سال آب ۸۸-۸۷ در حدود ۳۹/۵۸ میلیون مترمکعب محاسبه گردید که در سال آبی ۸۹-۸۸ و شروع بهره برداری از شبکه آبیاری و زهکشی که تأمین کننده آب شبکه رودخانه گرگر و شطیط می باشند این مقدار به ۱۸/۲۱ میلیون مترمکعب در سال کاهش یافته است.

با اجرای شبکه آبیاری و زهکشی دشت میان آب و با شروع بهره برداری از آن در سال آبی ۸۸-۸۷، این شبکه نیز نقش موثری در بیلان آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه داشته است که با توجه به حجم سالانه آزاد شده آب در شبکه آبیاری و زهکشی که برابر ۴۲/۱۱ میلیون مترمکعب می باشد و نیز ضریب نفوذپذیری خاک سطحی، میزان حجم آب نفوذی به

ذخیره آب زیرزمینی در سال آبی ۸۹-۸۸، ۷/۱۶ میلیون مترمکعب محاسبه گردید.

مجموعه خروجی آب زیرزمینی

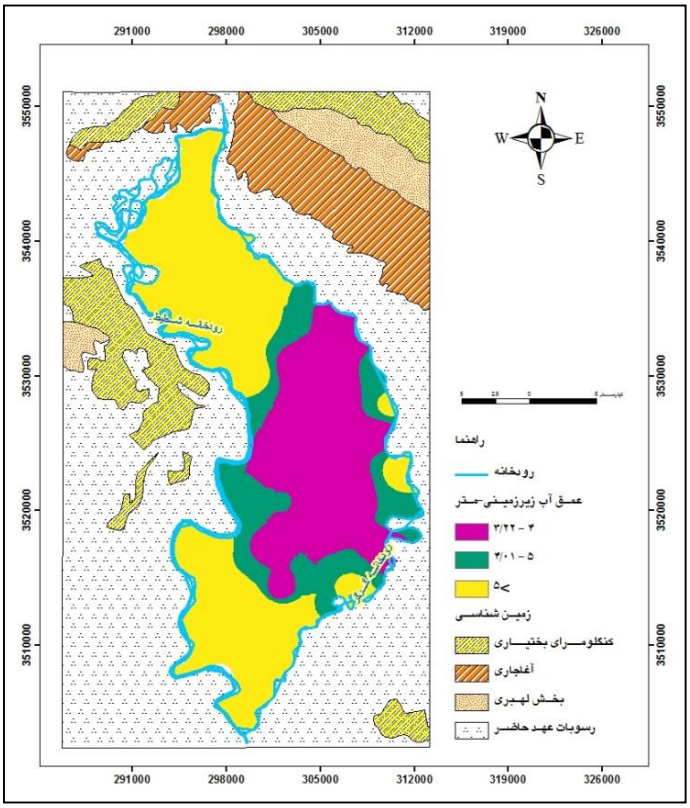
خروجی آب زیرزمینی به اشکال بهره برداری از سفره آب زیرزمینی، جریان خروجی زیرزمینی، تبخیر از آبخوان و زهکشی از طریق رودخانه ها می شود. اصولاً برداشت از آب زیرزمینی به سه صورت انجام می‌گیرد که عبارتند از چشمه، قنات و چاه. بر اساس آمار موجود مجموع تخلیه سالانه از چاه‌های کشاورزی، شرب و صنعت در محدودهٔ دشت میان آب به ترتیب برای سال های آبی ۸۸-۸۷ و ۸۹-۸۸، ۵۹/۷۹ و ۳۶/۰۳ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد.

مقاطع خروجی جریان آب زیرزمینی با توجه به نقشه هم پتانسیل آب زیرزمینی و خطوط جریان استخراج شده است که در شکل ۵ مشخص شده است. بر پایهٔ معادلهٔ دارسی، مقاطع خروجی، گرادیان هیدرولیکی و قابلیت انتقال این مقطع، مقدار جریان‌های خروجی زیرزمینی محاسبه شده است. در جدول ۲ میزان خروجی آب زیرزمینی از مقطع خروجی دشت ارائه شده است.

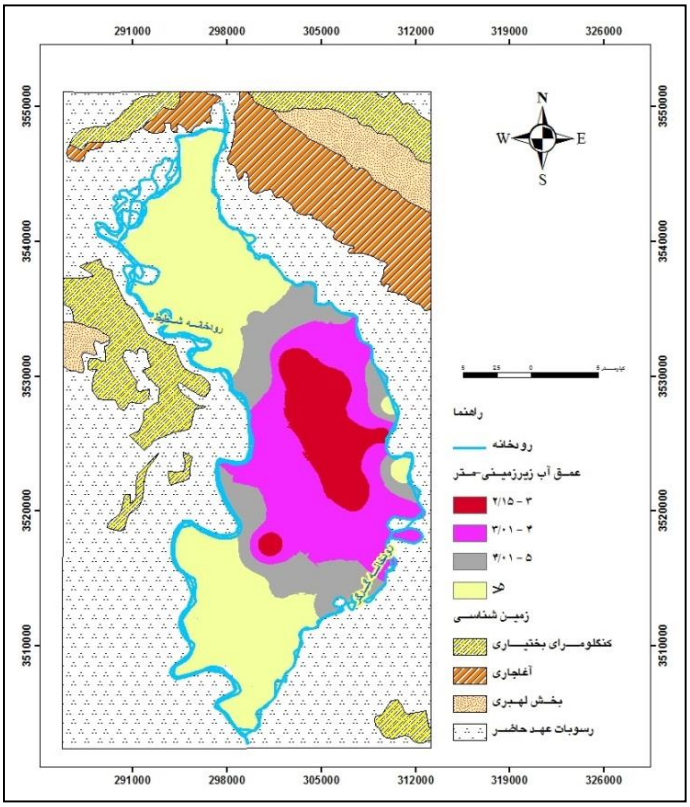
جدول ۲-حجم جریان آب زیرزمینی خروجی از مقاطع خروجی

سال آبی	شماره مقطع	طول مقطع (کیلومتر)	شیب هیدرولیکی (در هزار)	ضریب قابلیت انتقال (متر مربع بر روز)	دوره بیلان (روز)	حجم جریان خروجی (میلیون مترمکعب)
۸۸-۸۷	۲	۲/۰۲	۰/۳۵	۳۶۵۰	۳۶۵	۰/۹۴
۸۹-۸۸	۲	۲/۰۲	۰/۴۷	۳۶۵۰	۳۶۵	۲۶۱

تبخیر از آب زیرزمینی به عواملی از قبیل عمق سطح آب زیرزمینی، درجهٔ حرارت محیط، پوشش گیاهی، رطوبت نسبی هوا، نوع و بافت خاک، سرعت باد و غلظت املاح آب بستگی دارد که در بین این عوامل، عمق سطح آب زیرزمینی عامل اصلی محسوب می‌شود به طوری که در مناطق بیشتر از ۵ متر عمق تبخیر آبخوان چشم‌پوشی می‌شود. با توجه به نقشه متوسط هم عمق سالانه اقدام به تعیین مناطق با عمق سطح آب کمتر از ۵ متر برای سال های آبی ۸۸-۸۷ و ۸۹-۸۸ گردید (اشکال ۶ و ۷) و محاسبات بر اساس نقشه های مذکور صورت گرفت.

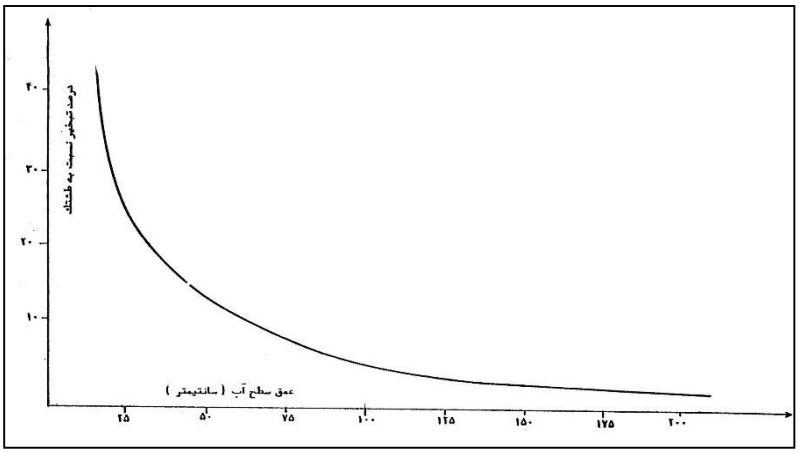


نقشه ٦- عمق متوسط آب زیرزمینی طی سال آبی ۸۸-۸۷



نقشه ۷- عمق متوسط آب زیرزمینی طی سال آبی ۸۹-۸۸

یکی از روش‌های معمول برای محاسبهٔ میزان تبخیر از سطح سفره آب زیرزمینی استفاده از منحنی وایت است (شکل ۸). در این راستا با تهیه نقشه هم عمق متوسط سالانه آب زیرزمینی محدوده و ترسیم منحنی‌های سطح آب زیرزمینی کمتر از ۵ متر و اندازه گیری مساحت‌های بین این منحنی‌ها و استفاده از منحنی وایت، درصد تبخیر از سفره نسبت به تبخیر از سطح طشتک منطقه (۲۵۶۵ میلیمتر) بدست می‌آید. میزان تبخیر ۸/۷۴ و ۱۱/۳۸ میلیون مترمکعب برای سال های آبی ۸۸-۸۷ و ۸۹-۸۸ بدست آمد.



شکل ۸- منحنی وایت

با توجه به نقشه هم پتانسیل و خطوط جریان آب زیرزمینی دشت میان آب، می توان بیان نمود که نقش تغذیه ایی منابع آب زیرزمینی رودخانه های گرگر و شطیط به مراتب بیشتر از نقش زهکشی آن در طی دوره بیلان است. با استفاده از رابطه مانینگ حجم آب زهکش یافته از آبخوان توسط رودخانه های مذکور در طی دوره های بیلان اول و دوم به ترتیب در حدود ۶/۱۳ و ۸/۴۹ میلیون مترمکعب محاسبه گردید.

همانطور که در جدول ۳ وضعیت بیلان آب زیرزمینی آبخوان دشت میان آب ملاحظه می شود، در طی دوره بیلان سال آبی ۸۸-۸۷، حجم آبی برابر با ۷۲/۰۱ میلیون متر مکعب از طریق مختلف وارد بخش تجدید شونده آبخوان می گردد درحالیکه مجموع عوامل تخلیه از آبخوان برابر با ۷۵/۶ میلیون مترمکعب است. این امر سبب گشته تا حجمی برابر با ۳/۵۹ میلیون متر مکعب از حجم ذخیره ثابت سفره کاسته و بالطبع سطح آب زیزمینی دشت پایین تر برود. درحالیکه طی سال آبی ۸۹-۸۸ مقدار تغذیه و تخلیه به ترتیب برابر با ۶۲/۶ و ۵۷/۱۶ میلیون متر مکعب می باشد که این موجب گذشته طی یک سال آبی ۵/۴۴ میلیون متر مکعب به حجم ذخیره مخزن آب زیرزمینی اضافه گردد. لازم به ذکر است که طی این سال آبی مهمترین عامل در بین عوامل ورودی بارندگی می باشد که مقداری از این افزایش توسط عواملی همچون تبخیر و افزایش حجم زهکش شده توسط رودخانه از دسترس خارج شده است و نهایت می توان چنین نتیجه گرفت که اجرای سیستم آبیاری و زهکشی نقش چندان موثری در تغییرات کمی آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه نداشته است که علت آنرا می توان در عوامل همچون وجود رودخانه های گرگر و شطیط و اجرای صحیح سیستم آبیاری و زهکشی جستجو کرد.

جدول ۳- مقادیر مولفه‌های آب زیرزمینی محدوده بیلان آبخوان دشت میان آب (۸۷-۸۸)

				تغییرات حجم ذخیره مخزن MCM
مولفه های بیلان	ورودی MCM			
	حجم جریان های ورودی آب زیرزمینی	۴/۴	۷۲/۰۱	
	حجم آب نفوذ یافته از ریزش های جوی	۱۰/۸۲		
	حجم آب نفوذ یافته از آب برگشتی مصارف مختلف	۱۷/۲۱		
	حجم آب نفوذی از جریان های سطحی	۳۹/۵۸		
	خروجی MCM			-۳/۵۹
	حجم جریان های خروجی آب زیرزمینی	۰/۹۴	۷۵/۶	
	حجم آب تبخیر یافته از سطح آب زیرزمینی	۸/۷۴		
	حجم آب برداشت شده توسط مصارف مختلف	۵۹/۷۹		
	حجم آب زهکش یافته توسط رودخانه ها	۶/۱۳		

جدول ٤- مقادیر مولفه‌های آب زیرزمینی محدوده بیلان آبخوان دشت میان آب (۸۸-۸۹)

				تغییرات حجم ذخیره مخزن MCM
مولفه های بیلان	ورودی MCM			
	حجم جریان های ورودی آب زیرزمینی	۳/۱۳	۶۲/۶	
	حجم آب نفوذ یافته از ریزش های جوی	۲۱/۶۴		
	حجم آب نفوذ یافته از آب برگشتی مصارف مختلف	۱۲/۴۶		
	حجم آب نفوذی از جریان های سطحی	۱۸/۲۱		
	حجم آب نفوذی از شبکه آبیاری و زهکشی	۷/۱۶		
	خروجی MCM			۵/۴۴
	حجم جریان های خروجی آب زیرزمینی	۱/۲۶	۵۷/۱۶	
	حجم آب تبخیر یافته از سطح آب زیرزمینی	۱۱/۳۸		
	حجم آب برداشت شده توسط مصارف مختلف	۳۶/۰۳		
	حجم آب زهکش یافته توسط رودخانه ها	۸/۴۹		

بررسی تغییرات شوری سالانه آبخوان و افزایش شوری ناشی از شبکه

یکی از تأثیراتی که اجرای هر شبکه آبیاری و زهکشی می تواند بر روی منابع آب زیرزمینی بگذارد این است که به دنبال بهره برداری از شبکه آبیاری و زهکشی و عدم بهره برداری از چاه، سطح آب زیرزمینی بالا آمده و بدین ترتیب عمق آب زیرزمینی کاهش یافته و در نتیجه آبی که جهت مصارف کشاورزی در شبکه آزاد شده پس از آبیاری اراضی کشاورزی و آلوده شدن به کودهای کشاورزی می تواند

با توجه به کاهش فاصله بین سطح زمین و سطح آب زیرزمینی به راحتی و با اندکی انزال در طول مسیر نفوذ به سطح آب زیرزمینی رسیده و موجب کاهش کیفیت آن گردد. در این تحقیق با استفاده از معیار ویلکوکس این موضوع مورد بررسی قرار گرفت.

کیفیت آب‌های زیرزمینی علاوه بر تأثیر بر بازده مزارع و کیفیت محصول، بر روی خاک‌های زیرکشت نیز تاثیر می‌گذارد. استفاده از نمودار ویلکوکس برای تعیین گروه‌های مختلف آب از نظر کشاورزی بسیار رایج می‌باشد. مهمترین معیار کیفی در طبقه بندی آب از نظر کشاورزی، شوری و مقدار سدیم موجود در آن می باشد که در این نمودار شوری با معیار هدایت الکتریکی و سدیم با معیار نسبت جذب سدیم سنجیده می شود و با داشتن غلظت عناصر در آب محاسبه می شود. در جداول ۵ و ۶ به ترتیب نتایج آنالیز شیمیایی و رده بندی در نمودار ویلکوکس مربوط به ۸ نقطه نمونه برداری برای سال های ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹ ارائه گردیده است.

جدول ۵-کلاسه منابع آب کیفی با استفاده از معیار ویلکوکس برای سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ (میلی اکی والان بر لیتر)

کیفیت آب برای کشاورزی	کلاس آب	سال آبی	UTM-Y	UTM-X
خیلی شور– برای کشاورزی نامناسب	C4-S1	۸۷-۸۸	۳۵۳۸۳۰۰	۲۹۳۶۵۰
شور - قابل استفاده برای کشاورزی	C3-S1	۸۷-۸۸	۳۵۴۰۰۵۰	۲۹۱۱۰۰
خیلی شور – برای کشاورزی نامناسب	C4-S1	۸۷-۸۸	۳۵۴۰۹۸۰	۲۹۶۰۲۹
خیلی شور – برای کشاورزی نامناسب	C4-S1	۸۷-۸۸	۳۵۴۳۰۸۷	۲۹۴۳۷۶
شور - قابل استفاده برای کشاورزی	C3-S1	۸۷-۸۸	۳۵۳۷۱۰۴	۲۹۶۷۶۷
خیلی شور – برای کشاورزی نامناسب	C4-S1	۸۷-۸۸	۳۵۴۰۴۵۰	۲۹۴۴۹۲
خیلی شور – برای کشاورزی نامناسب	C4-S1	۸۷-۸۸	۳۵۴۲۵۳۸	۲۹۳۱۲۰
خیلی شور – برای کشاورزی نامناسب	C4-S1	۸۷-۸۸	۳۵۴۰۳۵۶	۲۹۱۹۱۱

جدول ٦- کلاسه منابع آب کیفی با استفاده از معیار ویلکوکس برای سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ (میلی اکی والان بر لیتر)

کیفیت آب برای کشاورزی	کلاس آب	سال آبی	UTM-Y	UTM-X
خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	C4-S2	۸۸-۸۹	۳۵۳۸۳۰۰	۲۹۳۶۵۰
خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	C4-S2	۸۸-۸۹	۳۵۴۰۰۵۰	۲۹۱۱۰۰
خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	C4-S3	۸۸-۸۹	۳۵۴۰۹۸۰	۲۹۶۰۲۹
خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	C4-S2	۸۸-۸۹	۳۵۴۳۰۸۷	۲۹۴۳۷۶
خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	C4-S2	۸۸-۸۹	۳۵۳۷۱۰۴	۲۹۶۷۶۷
خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	C4-S2	۸۸-۸۹	۳۵۴۰۴۵۰	۲۹۴۴۹۲
خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	C4-S2	۸۸-۸۹	۳۵۴۲۵۳۸	۲۹۳۱۲۰
خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	C4-S2	۸۸-۸۹	۳۵۴۰۳۵۶	۲۹۱۹۱۱

نتایج بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی با استفاده از معیارهای نمودار ویلکوکس نشان داد که با بهره برداری از شبکه آبیاری زهکشی و عدم بهره برداری چاه های بهره برداری تغییرات چشمگیری در کیفیت آب زیرزمینی رخ نداده و تنها در برخی از نقاط نمونه برداری، کیفیت آب از درجه شور- نامناسب برای کشاورزی به درجه خیلی شور و غیرقابل استفاده برای کشاورزی تغییر یافته است چراکه اولا کیفیت آب قبل از بهره برداری از شبکه نیز دارای کیفیت مناسبی جهت مصارف کشاورزی نبوده است و دوماً آبی که انتظار می رفت در نتیجه بهره برداری از شبکه و نیز بروز بارندگی و عدم بهره برداری از چاه های بهره برداری موجب بالارفتن تراز آب زیرزمینی گردد توسط رودخانه های گرگر و شطیط زهکش شده است.

بحث و نتیجه گیری

شبکه آبیاری و زهکشی میان آب شوشتر در سال ۱۳۸۷ مورد بهره برداری قرار گرفته است. برای بررسی تاثیرات احداث این شبکه بر کیفیت و کمیت آب زیرزمینی دشت، وضعیت سطح آب زیرزمینی و ذخیره آبخوان، بیلان و وضعیت کیفی آب زیرزمینی از لحاظ نمودار ویلکوکس در سالهای قبل و بعد از احداث بررسی شده است.

طی ۳ سال آبی ۸۵-۸۴ تا ۸۸-۸۷، ۶/۴ میلیون متر مکعب از حجم ذخیره مخزن آب زیرزمینی کاسته شده است و این در حالی است که از سال آبی ۸۸-۸۷ تا ۹۳-۹۲، ۹/۰۷ میلیون متر مکعب به حجم ذخیره آب زیرزمینی افزوده شده است و بدین ترتیب می توان بیان نمود که طی این ۸ سال آبی در کل ۸/۰۸ میلیون متر مکعب به حجم ذخیره آب زیرزمینی اضافه شده است. براساس روند کسری مخزن در طول دوره آماری و وضعیت بارندگی در دوره مشابه، مشخص شده که تغییرات در کسری مخزن تا حدود زیادی از میزان بارندگی سالانه متاثر می باشد.

مقدار جریان های ورودی زیرزمینی به ترتیب برای سال های آبی ۸۸-۸۷ و ۸۹-۸۸ حدود ۴/۴ و ۳/۱۳ میلیون مترمکعب محاسبه شده است. در دشت میان آب با توجه به مساحت محدوده (در حدود ۴۳۶ کیلومتر مربع) ،به ترتیب برای سال های آبی ۸۸-۸۷ و ۸۹-۸۸، ۱۰/۸۲ و ۱۳/۲۷ میلیون مترمکعب از آب بارندگی در دوره بیلان در محدوده مذکور در زمین نفوذ کرده و به آب زیرزمینی اضافه می‌گردد. با احتساب ۲۰٪ نرخ آب برگشتی، حجم آب برگشتی ناشی از مصارف کشاورزی در دوره های بیلان برابر ۹/۸۵ و ۵/۱ میلیون مترمکعب محاسبه گردید. با در نظرگیری شرایط آب و هوایی منطقه ضریب نفوذ ناشی از مصارف صنعتی برابر ۷۰ درصد در نظر گرفته شد که با احتساب ۳/۶۵ میلیون مترمکعب حجم سالانه آب مصرفی در بخش صنعت، در طی دوره های بیلان ۲/۵۵ میلیون مترمکعب به آب زیرزمینی برمی گردد. طبق آمار و اطلاعات موجود حجم آب مصرفی سالانه در بخش شرب و دام و طیور دشت میان آب برابر ۵/۶۱ میلیون مترمکعب می‌باشد که با احتساب ۷۰ درصد پساب برگشتی به آبخوان میزان پساب برگشتی به آبخوان از مصارف شرب در طول دوره بیلان، ۴/۸۱ میلیون مترمکعب برآورد شده است. با استفاده از رابطه مانینگ حجم آب نفوذیافته به آبخوان از بستر رودخانه های شطیط و گرگر برای سال آب ۸۸-۸۷ در حدود ۳۹/۵۸ میلیون مترمکعب محاسبه گردید که در سال آبی ۸۹-۸۸ و شروع بهره برداری از شبکه آبیاری و زهکشی که تأمین کننده آب شبکه رودخانه گرگر و شطیط می باشند این مقدار به ۱۸/۲۱ میلیون مترمکعب در سال کاهش یافته است.

براساس آمار موجود مجموع تخلیه سالانه از چاه‌های کشاورزی، شرب و صنعت در محدودهٔ دشت میان آب به ترتیب برای سال های آبی ۸۸-۸۷ و ۸۹-

۸۸، ۵۹/۷۹ و ۳۶/۰۳ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد.

کاهش عمق آب زیرزمینی باعث افزایش میزان تبخیر از سطح آب زیرزمینی در سال آبی ۸۹-۸۸ نسبت به سال آبی ۸۸-۸۷ گردیده است. در طی دوره بیلان سال آبی ۸۸-۸۷، حجم آبی برابر با ۷۲/۰۱ میلیون متر مکعب از طریق مختلف وارد بخش تجدید شونده آبخوان می گردد درحالیکه مجموع عوامل تخلیه از آبخوان برابر با ۷۵/۶ میلیون مترمکعب است. این امر سبب گشته تا حجمی برابر با ۳/۵۹ میلیون متر مکعب از حجم ذخیره ثابت سفره کاسته و بالطبع سطح آب زیزمینی دشت پایین تر برود.

طی سال آبی ۸۹-۸۸ مقدار تغذیه و تخلیه به ترتیب برابر با ۶۲/۶ و ۵۷/۱۶ میلیون متر مکعب می باشد که این موجب گشته طی یک سال آبی ۵/۴۴ میلیون متر مکعب به حجم ذخیره مخزن آب زیرزمینی اضافه گردد. لازم به ذکر است که طی این سال آبی مهمترین عامل در بین عوامل ورودی بارندگی می باشد که مقداری از این افزایش توسط عواملی همچون تبخیر و افزایش حجم زهکش شده توسط رودخانه از دسترس خارج شده است.

بطور کلی با بررسی وضعیت کمی آبخوان و بیلان می توان گفت که اجرای سیستم آبیاری و زهکشی نقش چندان موثری در تغییرات کمی آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه نداشته است که علت آنرا می توان در عواملی همچون وجود رودخانه های گرگر و شطیط و اجرای صحیح سیستم آبیاری و زهکشی جستجو کرد.

نتایج بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی با استفاده از معیارهای نمودار ویلکوکس نشان داد که با بهره برداری از شبکه آبیاری زهکشی و عدم بهره برداری چاه های بهره برداری تغییرات چشمگیری در کیفیت آب زیرزمینی رخ نداده و تنها در برخی از نقاط نمونه برداری کیفی، کیفیت آب از درجه شور-نامناسب برای کشاورزی به درجه خیلی شور و غیرقابل استفاده برای کشاورزی تغییر یافته است .

در نهایت می توان نتیجه گیری نمود که احداث شبکه آبیاری و زهکشی میان آب شوشتر تاثیر چشمگیری بر کمیت و کیفیت آب زیرزمینی دشت نداشته است هر چند این بررسی تاثیرات کوتاه مدت را مدنظر قرار داده است و پیشنهاد می شود تاثیرات بلند مدت احداث شبکه مورد تحقیق قرار گیرد.

تقدیر و تشکر

این مقاله از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای مهرداد کاکولکی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر استخراج شده است.

منابع

۱- حسینی، ی.، ساکبی،س.ع.، ساقی، ح. وا. فتحی. ۱۳۸۹. ارزیابی شبکه آبیاری و زهکشی قدس بوسیله قرائت سطح ایستابی چاهکهای مشاهده ای منطقه در دوره آماری یک ساله، سومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲- جنوبی،ر.، رضایی، ح. و ج. بهمنش. ۱۳۹۲. تأثیر احداث شبکه های آبیاری و زه کشی مدرن بر منابع آب زیرزمینی دشت ارومیه. مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک. ۲۰ (۳) : ۲۵۱- ۲۴۱.

۳- شریفی پور،م.، ناصری، ع.ع.، هوشمند، ع.، معاضد، ه. و ع. حسن اقلی. ۱۳۹۴. اثر روش آبشویی و کیفیت آب بر شوریزدایی خاکهای سنگین. علوم و مهندسی آبیاری(مجله علمی کشاورزی)، ۳۸ (۳) : ۳۵-۲۳.

۴- قبادیان،ر.، فتاحی چقابگی، ع. و م. زارع. ۱۳۹۳. تأثیراحداث شبکه آبیاری و زهکشی سد گاوشان بر منابع آب زیرزمینی دشت میان دربند با استفاده از مدل GMS 6.5. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۲۸ (۴) : ۲۵۹-۲۷۲.

5- Adedijji, A., Adewumi, J.A. and T.E. Ologunorisa. 2011. Effects of irrigation on the physico-chemical quality of water in irrigated areas: The Upper Osin Catchment, Kwara State, Nigeria. Progress in Physical Geography, 35: 707-719.

6- Aragues, R. and K.K. Tanji. 2003. Water quality of irrigation return flows. Encyclopedia of water science. pp 502–506. New York: Marcel Dekker.

7- Causape, J., Quilez, D., and R. Aragues. 2004. Salt and nitrate concentrations in the surface waters of the CR-V irrigation district (Bardenas I, Spain): Diagnosis and prescriptions for reducing off-site contamination. Hydrology Journal, 295, 87–100.

8- Haag, D. and M. Kaupenjohann. 2001. Landscape fate of nitrate fluxes and emissions in Central Europe. A critical review of concepts, data, and models for transport and retention. Agriculture Ecosystems & Environment, 86, 1–21.

9- Litskas, V.D., Aschonitis, V.G. and Antonopoulos. 2010. Water quality in irrigation and drainage networks of Thessaloniki plain in Greece related to land use, water management, and agroecosystem protection. Environmental Monitoring and Assessment. 163 (1), 347-359.

10- Tedeschi, A., Beltran, A., and R. Aragues. 2001. Irrigation management and hydrosalinity balance in a semi-arid area of the middle Ebro River basin. Agricultural Water Management, 49, 31–50.