وزارت صنایع و معادن
سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
Ministry of Industries and Mines
Geological Survey of Iran

مدیریت زمین‌شناسی مهندسی، مخاطرات و زیست‌محیطی

گروه زمین‌شناسی زیست‌محیطی

تعیین حریم حفاظت کیفی چاه‌های آب آشامیدنی شهر ساری

احمد دادستان

تیر ۱۳۸۷

سپاسگزاری

سپاس شایسته اوست که به ما توانایی انجام کار ارزانی داشت تا این گزارش به اتمام برسد. برای انجام این کار از کمک‌ها و راهنمایی‌های ارزنده عزیزانی بهره برده شده است که تهیه کننده این گزارش، بر خود لازم می‌داند تا از آنان سپاسگزاری نماید.

- جناب آقای مهندس محمد عبدالله شمشیری مدیر طرح‌های شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس
- جناب آقای مهندس کوشیار اعظم واقفی مدیر نظارت بر بهداشت آب شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

همچنین لازم است از همکاران محترم جناب آقای مهندس مهرزاد قنبرزاده، جناب آقای مهندس علیرضا سیاره، جناب آقای مهندس اصغر صادقی، سرکار خانم مهندس سوزان کریم‌نژاد طاری و جناب آقای احمد راصدی که در مراحل مختلف انجام کار مساعدت خوبی داشتند، صمیمانه سپاسگزاری شود.

فهرست مطالب	صفحه
مقدمه	۱
فصل اول- زمین‌شناسی	
۱-۱- زمین‌شناسی دشت ساری	۴
۱-۲- زمین‌شناسی ساختمانی	۴
۱-۳- زمین‌شناسی کواترنری	۵
۱-۳-۱- نهشته‌های درون بومی	۵
۱-۳-۱-۱- نهشته‌های درون بومی در پای دامنه و بلندی‌ها	۵
۱-۳-۱-۱-۱- واحد Q_2^{ag} (دامنه آبرفتی)	۵
۱-۳-۱-۱-۲- واحد Q_2^{fg} (نهشته‌های بادزن آبرفتی)	٦
۱-۳-۱-۱-۲- نهشته‌های آبرفتی در بستر رودخانه تجن و پیرامون آن	٦
۱-۳-۱-۲-۱- واحد Q_2^{rtg} (نهشته‌های پادگانه رودخانه‌ای)	٦
فصل دوم- روشهای محاسبه حریم‌های حفاظتی و انتخاب روش	
۲-۱- تعیین حریم حفاظتی چاه‌های آب آشامیدنی	۱۰
۲-۲- حریم چاه‌ها در برابر اثرات سوء بهره‌برداری از آبخوان	۱۱
۲-۳- حریم منابع آب زیرزمینی در برابر آلوده‌سازها	۱۱
۲-٤- روش‌های محاسبه حریم حفاظتی	۱۳
۲-۵- دلیل انتخاب معیار زمان	۱۷
۲-٦- تأثیر شرایط هیدرودینامیکی آبخوان بر حریم حفاظتی	۱۷
فصل سوم- هیدروژئولوژی آبخوان آبرفتی دشت ساری	
۳-۱- عمق آب زیرزمینی دشت ساری	۲۰
۳-۲- ترازآب زیرزمینی دشت ساری	۲۰
۳-۳-مقایسه تغییرات هیدروگراف و تراز آب زیرزمینی آبخوان دشت ساری	۲۱
۳-۴- ضرایب هیدرو دینامیک آبخوان دشت ساری	۲۱
۳-۴-۱- قابلیت انتقال آبخوان دشت ساری	۲۱

فهرست مطالب	صفحه
۳-٤-۲- هدایت هیدرولیکی آبخوان دشت ساری	۲۱
۳-٤-۳- ضریب ذخیره آبخوان دشت ساری	۲۱
۳-۵- تغذیه آبخوان دشت ساری	۲۱
۳-٦- تغییرات مقدار یون نیترات	۲۲
۳-۷- حد مجاز نیترات در آب آشامیدنی	۲۳
۳-۸- نشانه‌های نیترات	۲٤
۳-۹- اثرات زیان بار نیترات بر سلامتی	۲٤
۳-۱۰- نیترات در آبخوان دشت ساری	۲۵
۳-۱۱- محل چاه‌های بهره‌برداری آب آشامیدنی شهر ساری	۲۵
۳-۱۲- کاربری اراضی اطراف چاه‌های بهره‌برداری آب آشامیدنی شهر ساری	۲۷
۳-۱۳- فاصله حریم‌های حفاظتی چاه‌های آب آشامیدنی شهر ساری	۳۲
فصل چهارم- راه‌کارهای جلوگیری از آلودگی چاه‌ها	
٤-۱- تمهیدات لازم برای انتخاب محل جدید چاه‌های بهره‌برداری آب آشامیدنی	۳٦
٤-۲- راه‌کارهای جلوگیری از آلودگی چاه‌ها	۳٦
منابع	٤۵

فهرست شکل‌ها صفحه

شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی و موقعیت چاه‌های آب آشامیدنی دشت ساری ۷
شکل ۲- پلان حریم حفاظتی منابع آب زیرزمینی ۱۱
شکل ۳- مؤلفه‌های حریم حفاظتی بالادست (r_u)، پایین‌دست (r_d) و عمود بر جهت جریان آب زیرزمینی (r_p) ۱٤
شکل ٤- تأثیر مقدار شیب هیدرولیکی بر شکل حریم حفاظتی بیضوی (الف) و دایره‌ای (ب) ۱٤
شکل ٥- مراحل تصحیح بیضوی در بالادست جریان آب زیرزمینی: (۱) رسم دایره‌ای به اندازه شعاع عمود بر جهت جریان (r_p)، (۲) بازخورد دایره به بیضی و (۳) شکل کامل حریم حفاظتی ۱٥
شکل ٦- الگوی حریم بهداشتی محاسبه شده با روش شکل‌های متغیر ساده شده (SVS) ۱٦
شکل ۷- رودخانه تجن در محدوده پل خط آهن ۲۰
شکل ۸- موقعیت چاه‌های آب آشامیدنی شهر ساری ۲٦
شکل ۹- موقعیت چاه شماره ۱ ۲۸
شکل ۱۰- موقعیت چاه شماره ٦ ۲۹
شکل ۱۱- موقعیت چاه شماره ۱۱ ۳۰
شکل ۱۲- موقعیت چاه شماره ۱۲ ۳۰
شکل ۱۳- موقعیت چاه تنگ لته ۱ ۳۲
شکل ۱٤- موقعیت حریم‌های حفاظتی محاسبه شده چاه‌های آب آشامیدنی شهر ساری در جهت شیب هیدرولیکی ۳٤

فهرست جدول‌ها صفحه

جدول ۱- جنس آبخوان آبرفتی در محل چاه‌های آب آشامیدنی ساری ۸
جدول۲- موقعیت جغرافیایی و مشخصات آبرفتی محل چاه‌های آب آشامیدنی ساری ۲۷
جدول ۳- فاصله حریم‌های حفاظتی محاسبه شده چاه‌های آب آشامیدنی شهر ساری ۳۳
جدول ٤- کاربری اراضی و آلاینده‌های موجود در حریم چاه‌های آب آشامیدنی شهر ساری و راه‌کار های پیشنهادی جهت حذف آلاینده‌ها ٤١

تعیین حریم حفاظت کیفی چاه‌های آب آشامیدنی شهر ساری

مقدمه

مترجم‌های [1] نسخه اول کتاب Groundwater Hydrology (Todd, 1959) در مقدمه آن نوشته‌اند: ***"آب، آب؛ دریایی از آب، نه یک قطره برای خوردن"***. مدت‌ها پیش از این؛ که هنوز آب گرامی داشته می‌شد و در فرهنگ‌های بومی هر منطقه نمادی از روشنایی بود و هم‌چنان نیز این باور درست پابرجا هست، آشکارا و شایسته به ارزش آب شیرین و گوارا در مقابل آب‌های غیر قابل آشامیدن اشاره کرده است.

به دنبال خشک‌سالی، کمبود آب ایجاد می‌شد اما به‌ندرت، کمتر کسی به آلوده کردن آب‌های سطحی و زیرزمینی، چه خواسته و ناخواسته می‌پرداخت. آب چشمه‌ها، رودخانه‌ها، نهرها و جویبارها به مصرف اهالی آبادی‌های سکنا گزیده کنار آنها می‌رسید و یا تشنه‌کامان در سفر را سیراب می‌کرد و هم غبار خستگی را از آنها می‌زدود.

برای دسترسی به آب زیرزمینی بیشتر، قنات ابداع شد و چاه‌های دستی حفر گردید. تا اینجا، همه چیز به خوبی و خوشی سپری می‌شد. اما زیاده طلبی بشر و استفاده نادرست از ابزار در کنار عدم پیش‌بینی‌های رژیم تخلیه و تغذیه از / به آبخوان‌ها که امروز با عنوان مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی (Management of Groundwater Resources) خوانده می‌شود و هیچ‌گاه هم این جایگاه در کشور عزیز ما، نتوانسته شیوه علمی را در عمل پیاده نماید، نه تنها بر مشکلات کیفی آب‌های زیرزمینی چیره نشده، بلکه از نظر مشکلات کمی نیز با استناد به دشت‌های ممنوعه و به‌طور مطلق ممنوعه توفیقی به‌دست نیاورده است. البته به عقیده همه مردم، از هر جا جلوی ضرر گرفته شود، منفعت است. کافی است به شیوه علمی، آبخوان‌ها را از نظر کیفی و کمی احیا و پویا کرد. علاوه بر وجود مشکلات ایجاد توازن کمی و کیفی بین نیازهای آبی و داشته‌های آن در شرایط طبیعی و تبعات آن، گسترش شهرها و روستاها نیز به دنبال افزایش کنترل نشده جمعیت و عدم پیش‌بینی نیازهای همه جانبه و عدم طراحی سامانه جامع آبخوان‌داری برای جلوگیری از ساخت بناهای مسکونی و یا کنترل شدید بر نحوه دفع پس‌آب‌ها، صدمات وارده بر پیکره آبخوان‌ها به صورت نفوذ فاضلاب‌های خانگی وارد شد و شیرازه تعادل کیفی را هر چه بیشتر از هم گسست.

به دنبال درخواست سازمان حفاظت محیط زیست مازندران طبق نامه شماره ۲۲۷۹۲-۰۱۳ به تاریخ ۱۳۸۶/۸/۲۷، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، نماینده‌ای جهت مشاوره و همکاری با کمیته تخصصی حفاظت کیفی منابع آب استان مازندران معرفی کرد. این جلسه نیز در تاریخ ۱۳۸۶/۱۲/۱۵ تشکیل گردید و تصمیم گرفته شد ابتدا حریم کیفی چاه‌های آب آشامیدنی ساری

تعیین گردد. بدین منظور قرار شد که نماینده محترم آب منطقه‌ای مازندران تمهیدات لازم جهت در اختیار قرار دادن اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه حریم کیفی چاه‌های آب آشامیدنی ساری اتخاذ نماید و نماینده سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور نیز محاسبات لازم را در اسرع وقت انجام و برای تصویب و اجرا به سازمان حفاظت محیط زیست مازندران ارایه نماید. با جمع‌آوری اطلاعات از آرشیو آب منطقه‌ای مازندران، شرکت‌های مهندسی مشاور مستقر در تهران و مقالات علمی معتبر دانشگاهی مرتبط با مطالعات آب‌های زیرزمینی آبخوان آبرفتی ساری، بررسی‌ها و جمع‌بندی آنها و تهیه گزارش حدود سه ماه به طول انجامید و در تیر ماه ۱۳۸۷ به پایان رسید و در دومین جلسه کمیته فرعی در تاریخ ۱۳۸۷/۰۵/۰۵ ارایه گردید.

مطالب این گزارش در چهار فصل ارایه شده است که فصل اول آن را بررسی زمین‌شناسی آبخوان آبرفتی دشت ساری و موقعیت هر چاه در آن تشکیل می‌دهد. فصل دوم به روش‌های محاسبه حریم‌های حفاظتی و انتخاب روش پرداخته است. فصل سوم شرایط هیدروژئولوژی آبخوان آبرفتی ساری مورد بررسی قرار گرفته است و فاصله حریم‌های بهداشتی محاسبه شده است و در فصل چهارم نیز راه‌کارهای جلوگیری از آلودگی چاه‌ها ارایه شده است. لازم به یادآوری این نکته مهم است که به رسم رعایت امانت‌داری، برای تهیه این گزارش، علاوه بر استفاده از گزارش‌ها و مقاله‌های مختلفی که در قسمت منابع ذکر شده است، از فصل‌های چهارم و پنجم گزارش " تعیین حریم بهداشتی چاه‌های آب شرب شهرهای استان مازندران و راه‌های جلوگیری از آلودگی آنها (ناصری، ۱۳۸۴)" استفاده زیادی شده است. امید است با استفاده از راه‌کارهای ارایه شده و اجرای حدود حریم‌های حفاظتی، حرکتی نو برای آینده‌ای روشن باشد.

آنچه که سر آخر لازم است به‌عنوان پیشنهاد ذکر گردد، انتخاب افراد ذیصلاح در کمیته فنی است تا علاوه بر ایجاد همگرایی، از الفبای معادلات آب زیرزمینی سررشته داشته باشد و معادلات مهم Thies، Cooper- Jacob و غیره را که بر مبنای معادله دارسی توسعه یافته‌اند با عنوان‌های "بومی‌سازی معادلات"، به مصداق "انداختن سنگ در چاه" سایر اعضای محترم کمیته فنی را اغواء نکنند.

فصل اول

زمین‌شناسی

۱-۱- زمین‌شناسی دشت ساری

محدوده دشت ساری بر اساس نقشه موقعیت چاه‌های آب آشامیدنی با سامانه UTM بین ۶۷۹۲۴۱ تا ۶۹۰۳۰۴ طی خاوری و ۴۰۳۹۷۸۵ تا ۴۰۵۱۴۹۰ عرض شمالی است و در فاصله ۲۷۰ کیلومتری شمال خاوری تهران در شمال- شمال خاوری ایران قرار دارد.

آب و هوای منطقه جلگه‌ای ساری به علت نزدیکی با دریای خزر از نوع معتدل خزری است. بیشینه و کمینه درجه حرارت دراز مدت به ترتیب در تابستان ۳۸+ درجه سانتی‌گراد و در زمستان ۲- درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. میزان باران متوسط سالیانه در دراز مدت نیز ۷۶۰ میلیمتر برآورد شده است.

مهم‌ترین رودخانه دشت ساری، رودخانه تجن (گرماب‌رود) است که با گذر از خاور شهرستان ساری به سمت شمال در نزدیکی فرح آباد به دریای خزر می‌پیوندد.

از نظر ریخت‌شناسی دشت ساری دارای توپوگرافی به‌نسبت ملایم است. بخش شمالی آن دشت گسترده همواری است که توسط رسوب‌های آبرفتی پوشیده شده است و از شمال به سمت کوهپایه، بلندی‌ها افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد منطقه دارای یک بلندای قدیمی (paleohigh) است که رسوبات بعدی (سنوزوئیک) در روی این بلندا تشکیل یافته‌اند و تحت تأثیر آخرین فازهای کوهزایی آلپی، منطقه چین خورده و ساختمان‌های زمین‌شناسی محدود که دارای پوشش گیاهی هستند را به‌وجود آورده‌اند. اغلب این ساختارها دارای روند خاوری- باختری بوده و به‌صورت چین خوردگی‌هایی (طاقدیس‌ها و ناودیس‌ها) با شیب کم (Gentle) و باریک با ضخامت قائم، کم رخنمون داشته‌اند.

۱-۲- زمین‌شناسی ساختمانی

دشت ساری در زیر پهنه البرز شمالی در بخش مرکزی پهنه ساختمانی البرز (اشتوکلین، ۱۹۶۸) [البرز مرکزی شامل تحدب جنوبی دریای خزر از سمنان تا قزوین است] قرار دارد و از نظر ساختمانی- رسوبی ایران نیز در پهنه گرگان- رشت (نبوی، ۱۳۵۵) قرار گرفته است. این پهنه شامل مناطقی است که حاشیه دریای خزر را در سواحل ایران محدود کرده و در قسمت شمالی گسل البرز قرار دارد. بخش اعظم آن به وسیله رسوبات کواترنری (رودخانه‌ای، دلتایی و ساحلی) پوشیده شده است و به سمت خاور دارای لایه‌های ضخیم لس می‌گردد. در تقسیم‌بندی افتخارنژاد (۱۳۵۹) قسمت اعظم این پهنه به نام منطقه فرونشست دریای خزر خوانده شده است.

۱-۳- زمین‌شناسی کواترنری

در دشت ساری نهشته‌های جوان با سن کواترنر پسین را بیشتر می‌توان در پهنه‌های پست و هموار حاشیه دریا و یا دامنه‌های مشرف به آنها ردیابی نمود. نهشته‌های مذکور بر پایه منشاء شکل‌گیری به دو بخش عمده نهشته‌های آبرفتی و بادرفتی در محدوده درون بومی (In-land zone) و نهشته‌های دریایی در پهنه‌های ساحلی (Costal zone) قابل تفکیک است. مقایسه این دو نهشته نشان می‌دهد که در محدوده مورد مطالعه، نهشته‌های درون بومی از تنوع و گسترش بیشتری برخوردار است.

۱-۳-۱- نهشته‌های درون بومی (In-land zone deposits)

این نهشته ها بیشتر حاصل عمل سیلاب‌ها هستند که هم در بلندی‌ها و هم در کفه‌های پست با ریخت‌شناسی و نوع مصالح متفاوت تشکیل شده است. حد گسترش این نهشته‌ها به‌صورت پراکنده و بیشتر در نقاط کوهپایه‌ای دیده می‌شود. ضمن آنکه نهشته‌های بادرفتی نیز در بین این محدوده به صورت لس بر روی بلندی‌ها تشکیل شده است. برای توصیف آنها، نهشته‌های درون بومی بر اساس مکان شکل‌گیری به دو بخش نهشته‌های درون بومی در پای دامنه و بلندی‌ها و نهشته‌های درون بومی در بستر رودخانه و پیرامون آن تقسیم شده‌اند.

۱-۳-۱-۱- نهشته‌های درون بومی در پای دامنه و بلندی‌ها

۱-۳-۱-۱-۱- واحد Q_2^{ag} (دامنه آبرفتی)

هم‌زمان با شکل‌گیری آبرفت‌های بین کوهی در پهنه‌های مجاور ساحل دریا و دامنه‌های مشرف بر آنها نیز آبرفت‌گذاری انجام می‌شده است. حاصل این دوره رسوبگذاری، مجموعه‌ای از بادزن‌های آبرفتی است که در سطح تراز ۲۰ تا ۶۰ متر ایجاد شده‌اند. مصالح این واحد در کوهپایه‌ها و نقاط مشرف به دشت‌ها توسط رودخانه‌ها و سیلاب‌ها تأمین شده است. این واحد آبرفتی آمیزه‌ای از رسوبات بسیار درشت دانه (قلوه‌سنگ و پاره‌سنگ) و درشت دانه (شن) همراه با درصد کمی از ماسه است و از نقطه‌نظر تقسیم‌بندی زمانی، هم‌ارز عصر یخ ریس (Riss) ارزیابی می‌گردد. ریخت مخروطی نهشته‌ها تحت تأثیر فرایش (Uplifting) و فرسایش بعد از آن بریده (Dissected) شده‌اند. این مجموعه مخروط‌افکنه درست مشابه دامنه‌های آبرفتی (Alluvial apron) در مناطق خشک می‌باشد.

۱-۳-۱-۱-۲- واحد Q_2^{fg} (نهشته‌های بادزن آبرفتی)

در سراسر پهنه آبرفتی دشت ساری واحد بادزن آبرفتی Q_2^{ag} (Alluvial fan) به صورت جدا و منفرد قابل تفکیک می‌باشد که امروزه بستر گسترش شهر ساری است. سطح این بادزن با پوشش رگولیتی و گیاهی پوشیده شده است. مصالح بادزن‌های آبرفتی شن و قلوه‌سنگ است که با لایه‌های ریز دانه ماسه‌ای و سیلتی همراه می‌باشد. مصالح درشت دانه در بخش‌های بالا قابل مشاهده است که به سمت پایین بادزن (پنجه =Toe) به مصالح ریز دانه تبدیل می‌شود. به نظر می‌رسد که آب‌روهای تغذیه کننده این بادزن به صورت مجموعه‌ای ازآبراهه‌های بریده شده و متقاطع (Braided pattern) بوده‌اند که به مرور در فازهای فرسایشی به کانال‌های منفرد امروزی رودخانه تجن محدود شده‌اند. در پایین‌دست این بادزن، دشت ساحلی آغاز می گردد. شکل گیری دامنه‌های آبرفتی Q_2^{ag} و بادزن‌های آبرفتی منفرد Q_2^{fg} بی‌تردید در دوره‌های یخچالی(Glacial stage) بوده است که در کل آنها آبرفت‌گذاری (Alluviation)، پدیده چیره و غالب بوده است و زمان شکل گیری آن را به دوران یخچالی وَورم (Wurm) نسبت داده‌اند.

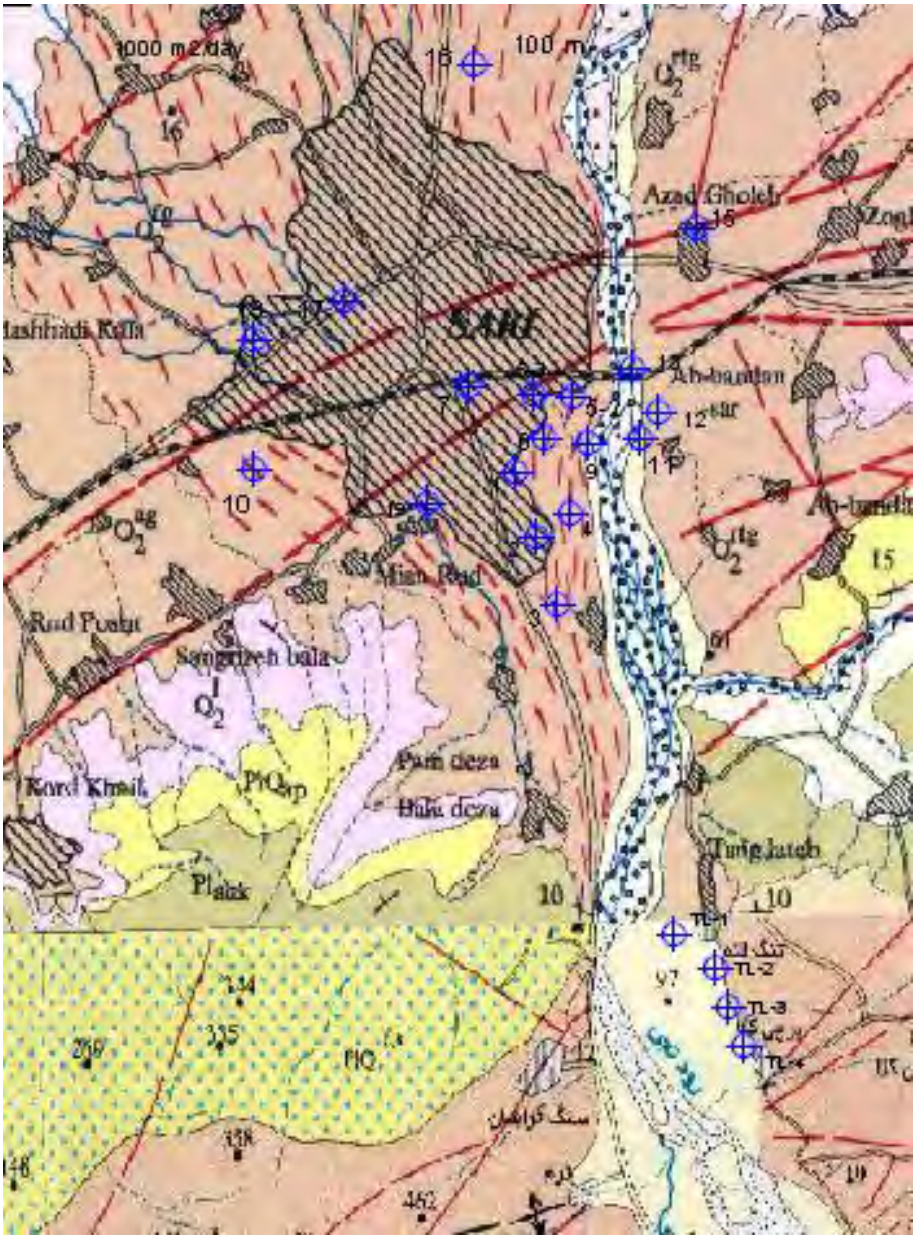
۱-۳-۱-۱-۲- نهشته‌های آبرفتی در بستر رودخانه تجن و پیرامون آن

با پایان یافتن دوره‌های یخچالی و آغاز هولوسن که با فازهای فرسایشی همراه بوده است، شکل گیری نهشته‌ها نیز تغییر می‌یابد. رودخانه تجن فقط در کانال اصلی متمرکز شده و بستر خود را به سرعت حفر نموده است، ضمن آنکه سیلاب‌هایی که گاه در منطقه شکل می گرفت از بستر رودخانه سرریز نموده و در پهنه سیلابی رودکناری نهشته‌های خود را برجای می گذاشته است. نتیجه این نوع رسوبگذاری و فرسایش، نهشته زیر است:

۱-۳-۱-۲-۱- واحد Q_2^{rtg} (نهشته‌های پادگانه رودخانه‌ای)

در حاشیه رودخانه تجن، مجموعه‌ای از آبرفت‌های درشت دانه شامل قلوه‌سنگ و شن با ۳ الی ۵ درصد مصالح ریز دانه تشکیل شده است که در مراحل بعدی، بخشی از آن توسط جریان آب رودخانه شسته شده است به‌طوری که امروزه باعث به‌وجود آمدن دیواره‌های با شیب زیاد نزدیک به قائم با بلندای ۳ الی ۵ متر شده است. سطح این پادگانه‌های رودخانه‌ای صاف و هموار بوده و در سطح ترانشه‌های مشرف بر بستر رودخانه‌ها، مصالح با گردشدگی خوب و جورشدگی متوسط قابل مشاهده‌اند.

شکل (۱) نقشه زمین‌شناسی و موقعیت چاه‌های آب آشامیدنی دشت ساری بر روی آن و جدول (۱) جنس آبخوان آبرفتی در محل چاه‌های آب آشامیدنی ساری را نشان می‌دهد.



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی و موقعیت چاه‌های آب آشامیدنی دشت ساری

جدول ۱- جنس آبخوان آبرفتی در محل چاه‌های آب آشامیدنی ساری

Sari Well Number	Geology	
	Symbols	Descriptions
1	Q_2^{fg}	Alluvial fan deposits: boulder gravel, gravel with some sand unconsolidated
2	Q_2^{fg}	Alluvial fan deposits: boulder gravel, gravel with some sand unconsolidated
4	Q_2^{fg}	Alluvial fan deposits: boulder gravel, gravel with some sand unconsolidated
5-2	Q_2^{fg}	Alluvial fan deposits: boulder gravel, gravel with some sand unconsolidated
5-3	Q_2^{fg}	Alluvial fan deposits: boulder gravel, gravel with some sand unconsolidated
6	Q_2^{fg}	Alluvial fan deposits: boulder gravel, gravel with some sand unconsolidated
7	Q_2^{fg}	Alluvial fan deposits: boulder gravel, gravel with some sand unconsolidated
9	Q_2^{fg}	Alluvial fan deposits: boulder gravel, gravel with some sand unconsolidated
10	Q_2^{fg}	Alluvial fan deposits: boulder gravel, gravel with some sand unconsolidated
11	Q_2^{rtg}	River Terrace: boulder gravel, unconsolidated
12	Q_2^{ag}	Alluvial apron deposits: boulder gravel, gravel and coarse-grained sand, with some fine-grained materials
13	Q_2^{rtg}	River Terrace: boulder gravel, unconsolidated
15	Q_2^{ag}	Alluvial apron deposits: boulder gravel, gravel and coarse-grained sand, with some fine-grained materials
16	Q_2^{fg}	Alluvial fan deposits: boulder gravel, gravel with some sand unconsolidated
17	Q_2^{fg}	Alluvial fan deposits: boulder gravel, gravel with some sand unconsolidated
18	Q_2^{fg}	Alluvial fan deposits: boulder gravel, gravel with some sand unconsolidated
19	Q_2^{fg}	Alluvial fan deposits: boulder gravel, gravel with some sand unconsolidated
Tang Lateh-1	Q_2^{ag}	Alluvial apron deposits: boulder gravel, gravel and coarse-grained sand, with some fine-grained materials
Tang Lateh-2	Q_2^{ag}	Alluvial apron deposits: boulder gravel, gravel and coarse-grained sand, with some fine-grained materials
Tang Lateh-3	Q_2^{ag}	Alluvial apron deposits: boulder gravel, gravel and coarse-grained sand, with some fine-grained materials
Tang Lateh-4	Q_2^{ag}	Alluvial apron deposits: boulder gravel, gravel and coarse-grained sand, with some fine-grained materials

فصل دوم

روش‌های محاسبه حریم‌های حفاظتی و انتخاب روش

۲-۱- تعیین حریم حفاظتی چاه‌های آب آشامیدنی

امروزه حفاظت کیفی آبخوان‌های تأمین کننده آب آشامیدنی شهرها و روستاها بسیار مهم است. تعیین و اعمال حریم‌های بهداشتی چاه‌ها مهمتر از تأمین کمی آب می‌باشد. در این بررسی روش‌های محاسبه حریم بهداشتی چاه‌ها ارایه شده است و سر انجام روش مورد استفاده در این پژوهش برای محاسبات حریم چاه‌های آب آشامیدنی شهر ساری بیشتر مورد بحث قرار گرفته است.

حریم به محدوده‌ای مشخص در اطراف چاه آب، بدون هر گونه فعالیت اطلاق می‌شود که منجر به حذف عوامل آلوده ساز منابع آب زیرزمینی می‌گردد. به عبارت دیگر حریم حفاظتی، محدوده‌ای در اطراف چاه است که آلاینده‌ها قبل از ورود به چاه از بین می‌روند. بدین منظور انجام هرگونه عملیات در محدوده آن بر ویژگی‌های طبیعی و کارایی منابع آب زیرزمینی تأثیر گذار خواهد بود. بنابراین احداث سازه‌های مسکونی، صنعتی، کشاورزی و یا هر نوع فعالیت آلوده کننده دیگر در آن حریم‌ها ممنوع است. برای هر چاه می‌توان سه حریم داخلی (Inner zone)، حریم میانی (Intermediate zone) و حریم خارجی (Outer zone) تعریف کرد.

حریم داخلی، محدوده اطراف چاه می‌باشد که اندازه آن به نوع آبخوان و ویژگی‌های هیدرودینامیکی آن بستگی دارد. حریم میانی که حریم داخلی را احاطه می‌کند، به نرخ پمپاژ، نوع آبخوان و ویژگی‌های هیدرودینامیکی آن وابسته است. حریم حفاظتی بیرونی، حریم میانی را احاطه می‌کند و تمام پهنه مخروط افت، مماس با سطح تراز آب زیرزمینی را در بر می‌گیرد. در این حریم‌ها، ایجاد تأسیساتی که آلوده کننده منابع آب زیرزمینی باشند، بخصوص تأسیسات مرتبط با آلاینده‌های پویا مانند ترکیبات آلی، هیدروکربورها، مواد رادیواکتیو، فلزات کمیاب و نیترات ممنوع است.

برای جلوگیری از ورود هر نوع آلاینده سیال که به وسیله کامیون، قطار و هر نوع وسیله نقلیه دیگر در مسیر جاده‌ها و خط‌های آهن حمل می‌شوند، با توجه به احتمال واژگونی و یا سرریز شدن سیال از مخزن های سیار، باید در انتخاب محل چاه‌های جدید در اطراف مسیرهای ارتباطی اجتناب کرد و حریم چاه را از قبل ارزیابی نمود.

حریم حفاظتی تابعی از جنس نهشته‌های رسوبی، ساختار زمین‌شناسی، ضخامت اشباع آبخوان، ویژگی‌های هیدرودینامیکی آبخوان (قابلیت انتقال، شیب هیدرولیکی، سرعت حرکت آلاینده، تخلخل مفید و هدایت هیدرولیکی)، شعاع چاه و میزان پمپاژ آب می‌باشد. حریم بهداشتی اطراف چاه بر اساس زمان حرکت آلایندها در آبخوان تعیین می‌شود.

به‌طور معمول حریم منابع آب در دو عنوان ویژه، یکی در برابر اثرات سوء بهره‌برداری و دیگری در برابر آلوده‌سازها بررسی می‌گردد.

۲-۲- حریم چاه‌ها در برابر اثرات سوء بهره‌برداری از آبخوان

در این روش، شعاع مجاز مخروط افت به‌عنوان شعاع تأثیر منظور می‌شود. شعاع مجاز مخروط افت به‌گونه‌ای است که افت سطح ایستابی در چاه مورد آزمایش پمپاژ باید در وضعیتی باشد که راندمان پمپ، توان الکتریکی و بازدهی چاه مختل نگردد. در ضمن نوسانات سطح ایستابی در زمان‌های آماری و فصلی خشک و مرطوب، اجازه کمینه برداشت آب از چاه را به بهره‌بردار بدهد.

برای محاسبه شعاع تأثیر کمی چاه‌ها از رابطه ساده و تجربی زیشارد (۱)، معادله تایس (۲) و معادله کوپر- ژاکوب (۳) استفاده می‌شود.

$$r = 3000D\sqrt{K_f} \qquad (۱)$$

$$W_{(u)} = \frac{4\pi TD}{Q}, u = \frac{r^2 S}{4Tt} \qquad (۲)$$

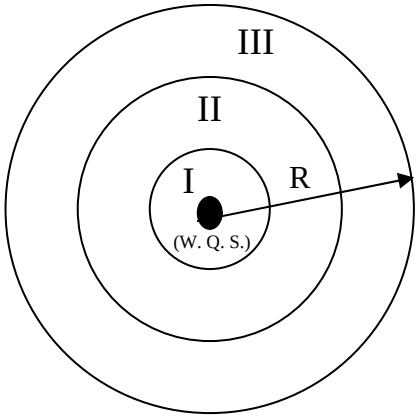
$$D = \frac{2.3Q}{4\pi T}\log\frac{2.25Tt}{r^2 S} \qquad (۳)$$

در این روابط r شعاع تأثیر چاه (m)، D افت سطح آب در چاه (m)، K_f ضریب تراوایی (m/sec)، $W_{(u)}$ تابع چاه (بدون بعد)، T ضریب قابلیت انتقال آبخوان (m^2/day)، Q دبی مجاز (m^3/day)، S ضریب ذخیره آبخوان(%) و t مدت زمان پمپاژ (day) است.

۲-۳- حریم منابع آب زیرزمینی در برابر آلوده‌سازها

در مورد تعیین حریم منابع آب زیرزمینی در برابر آلوده‌سازها سه نوع استراتژی به‌کار گرفته می‌شود که می‌توان آنها را معادل سه نوع فضای حمایتی دانست. اگر منبع آب را به‌صورت نقطه کوچکی در مرکز در نظر بگیریم سه محدوده حمایتی به صورت دوایر متحدالمرکز، منبع را در بر می‌گیرند (شکل ۲).

I = حریم حمایت فوری (داخلی)
II = حریم حمایت اجباری (میانی)
III = حریم حمایت عمومی(خارجی)



شکل ۲- پلان حریم حفاظتی منابع آب زیرزمینی

حریم‌های حفاظتی بر اساس زمان رسیدن آلاینده‌ها به چاه تقسیم‌بندی می‌شوند که شامل موارد زیر است:

- حریم حفاظتی داخلی (فوری)

ناحیه‌ای در اطراف چاه است که هر نوع فعالیت بجز اقدامات حفاظتی در آن قسمت ممنوع می‌باشد. میزان شعاع این حریم برای هر آبخوان مقدار ثابتی است و با توجه به زمین‌شناسی منطقه، نوع آبخوان و شرایط هیدرودینامیکی آن در محل چاه بین ۲۰ تا ۶۰ متر تغییر می‌کند.

- حریم حفاظتی میانی (اجباری)

ناحیه‌ای با گستره وسیع‌تر در اطراف حریم حفاظتی داخلی است که وسعت آن به شرایط زمین‌شناسی و ساختار آبخوان بستگی دارد. در این محدوده، ایجاد تأسیساتی که آلوده کننده منابع آب زیرزمینی باشند مانند احداث پایانه‌های مسافربری، ایستگاه‌های گاز و پمپ بنزین ممنوع است. کشاورزی و انباشته کردن فضولات حیوانی، راه‌های اصلی و بزرگ‌راهها، زمین‌های مربوط به اردوگاه‌ها، زمین‌های کشاورزی، واحدهای صنعتی، استخراج معدن از محدود کننده‌های این حریم هستند.

این حریم بر اساس زمان تأخیر ۶۰ روز تعیین می‌شود و به این معنی است که ۶۰ روز طول می‌کشد تا ویروس‌های زنده وارد شده به داخل زمین قبل از مردن، از یک نقطه از لایه آبدار در اطراف چاه به مرکز چاه بهره‌برداری برسد. فاصله حفاظتی در این حریم بین ۵۰ تا ۲۸۰ متر است.

- حریم حفاظتی بیرونی (عمومی)

ناحیه‌ای در اطراف حریم میانی است. در این محدوده نیز فعالیت‌ها و ایجاد تأسیسات آلوده کننده منابع آب زیرزمینی ممنوع است. محدودیت‌های این حریم شامل استفاده از کودهای پایدار و متحرک (Mobile)، طرح‌های مربوط به تصفیه آب، حفر چاله برای ذخیره آب و ایجاد قبرستان است. ممنوعیت‌ها نیز شامل دفن هیدروکربورها، مواد رادیواکتیو و دیگر مواد خطرناک، ایجاد صنایع و پالایشگاه‌های شیمیایی و خطوط انتقال مواد سمی است.

محدوده این حریم بر اساس زمان تأخیر ۳۵۰۰ روز (تقریباً ۱۰ سال) مشخص می‌شود. شعاع حفاظتی در این حریم بین ۳۵۰ تا ۲۴۰۰ متر می‌باشد.

۲-٤- روش‌های محاسبه حریم حفاظتی

برای محاسبه حریم حفاظتی پنج روش وجود دارد که با انتخاب یکی از پنج معیار اصلی (۱) معیار فاصله، (۲) معیار افت، (۳) معیار زمان حرکت آلاینده، (۴) معیار مرزهای جریان و (۵) معیار خود پالایی یا ظرفیت و توانایی آبخوان برای جذب و کاهش آلودگی، می‌توان روش تعیین حریم برای محاسبه را انتخاب کرد. این روش‌ها به ترتیب از روش ساده و کم هزینه شروع می‌شود تا به روش پیچیده و پر هزینه می‌رسد که به همان نسبت نیز از دقت بیشتری برخوردار است. این روش‌ها عبارتند از:

- روش تغییر یافته شعاع ثابت محاسبه شده (Arbitrary- Calculated Fixed Radius = CFR)

این روش برای محاسبات اولیه حریم چاه به‌طور تقریبی و قبل از محاسبات حریم با روش‌های دقیق‌تر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این روش از معادلات ساده حرکت آب زیرزمینی شامل روش جریان حجمی و روش غیر تعادلی تایس به طرف چاه در یک مدت زمان انتقال مشخص استفاده می‌شود و در خاتمه، نتایج به‌دست آمده با روش حریم حفاظتی تغییر یافته استوانه‌ای تصحیح می‌گردد تا بر دقت آن بیفزاید (شکل‌های ۳ و ۴). به‌طوری‌که به اندازه شعاع عمودی محاسبه شده در بالادست جریان دایره‌ای ترسیم می‌شود و بیضوی تعدیل می‌یابد.

در این روش ناحیه حفاظتی در زمان ۶۰ روز برحسب گرادیان هیدرولیکی بیضوی و یا دایره‌ای شکل می‌باشد. به‌طوری که در شیب هیدرولیکی زیاد، بیضوی و در شیب هیدرولیکی کم، دایره‌ای شکل است (شکل ۴). بیضوی حفاظتی دارای سه فاصله بالادست جریان، پایین دست جریان و عمود بر مسیر جریان می‌باشد.هر یک از این فواصل بسته به نوع روش بکار گرفته شده قابل محاسبه است.

اگر منبع آلودگی در بالادست جریان باشد، برای محاسبه حریم حفاظتی بالادست جریان (r_u) از رابطه تصحیح شده زیر استفاده می‌شود:

$$r_u = \sqrt{\frac{Qt_{60}}{\pi.b.\eta_e}} + \left(\frac{ki}{\eta_e}\right)t_{60} \qquad (۴)$$

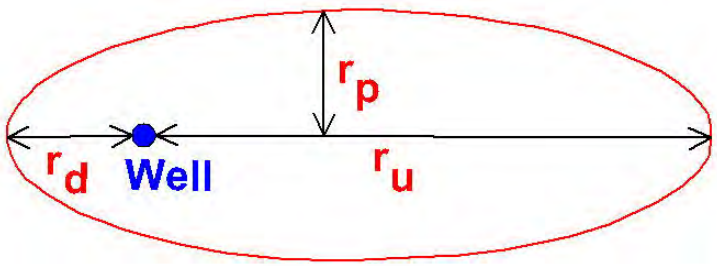
که در آن Q دبی پمپاژ (m^3/sec)، t_{60} زمان تأخیر ۶۰ روز (sec)، b ضخامت اشباع آبخوان در محل چاه(m)، n_e تخلخل مؤثر، i شیب هیدرولیکی و k هدایت هیدرولیکی(m/sec) است.

اگر منبع آلودگی در پایین‌دست جریان باشد، برای محاسبه حریم حفاظتی پایین‌دست جریان (r_d) از رابطه تصحیح شده زیر استفاده می‌شود:

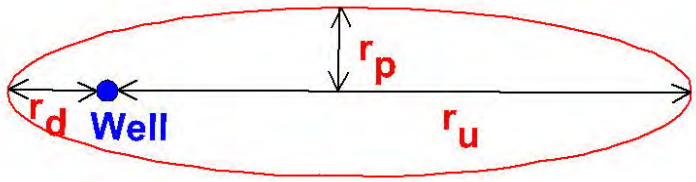
$$r_d = \sqrt{\frac{Qt_{60}}{\pi.b.\eta_e}} - \left(\frac{ki}{\eta_e}\right)t_{60} \qquad (۵)$$

برای محاسبه شعاع حفاظتی عمود بر جهت جریان از رابطه زیر استفاده می‌شود:

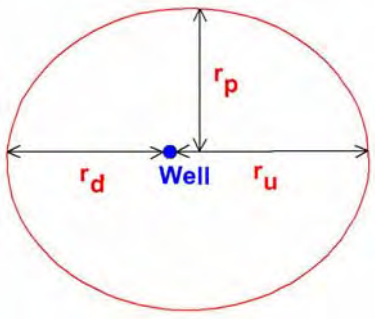
$$r_p = \sqrt{\frac{Qt_{60}}{\pi.b.\eta_e}} \qquad (۶)$$



شکل ۳- مؤلفه‌های حریم حفاظتی بالادست (r_u)، پایین‌دست (r_d) و عمود بر جهت جریان آب زیرزمینی (r_p)

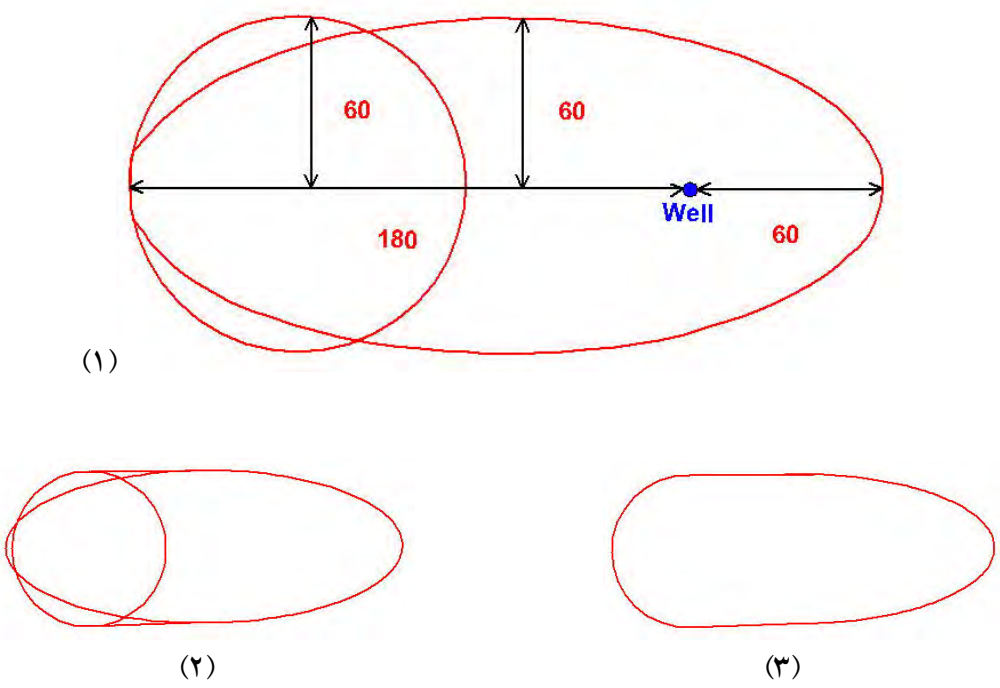


الف- شیب هیدرولیکی زیاد



ب- شیب هیدرولیکی کم

شکل ۴- تأثیر مقدار شیب هیدرولیکی بر شکل حریم حفاظتی بیضوی (الف) و دایره‌ای (ب)



شکل ۵- مراحل تصحیح بیضوی در بالادست جریان آب زیرزمینی: (۱) رسم دایره‌ای به اندازه شعاع عمود بر جهت جریان (r_p)، (۲) بازخورد دایره به بیضی و (۳) شکل کامل حریم حفاظتی

- روش شکل‌های متغیر ساده شده (Simplified Variable Shapes = SVS)

در این روش شکل‌های متغیر ساده شده‌ای از حریم بهداشتی چاه‌ها با استفاده از دو معیار مرزهای جریان و زمان حرکت و با استفاده از مدل‌های محاسباتی ترسیم می‌شوند. فاصله مرز پایین‌دست شکل متغیر (حریم) تا چاه، با استفاده از مرز جریان آب زیرزمینی در اطراف چاه پمپاژ تعیین می‌شود. این کار با استفاده از معادله جریان آب زیرزمینی ماندگار تاد (Todd) انجام می‌گیرد. سپس با استفاده از معیار زمان حرکت، فاصله مرز بالادست حریم تا چاه تعیین می‌شود. پس از محاسبه مرزهای بالادست و پایین‌دست، حریم چاه مطابق جهت جریان آب زیرزمینی تنظیم و ترسیم می‌گردد. این روش برای مناطق هیدروژئولوژیکی که دارای ناهمگنی زیاد هستند از دقت کم برخوردار است. در این روش فاصله پایین‌دست چاه تا حریم بهداشتی (X_L) از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$X_L = -\frac{Q}{2\pi kbi} \qquad (۷)$$

که در آن Q دبی پمپاژ چاه (m3/h)، k ضریب نفوذپذیری آبخوان (m/h)، b ضخامت آبخوان در حالت محصور و یا ضخامت اشباع آبخوان در حالت آزاد (m) و i شیب هیدرولیکی آبخوان است. فاصله کناری حریم تا چاه (Y_L) از معادله زیر قابل محاسبه است:

$$Y_L = \pm\frac{Q}{2kbi} \qquad (۸)$$

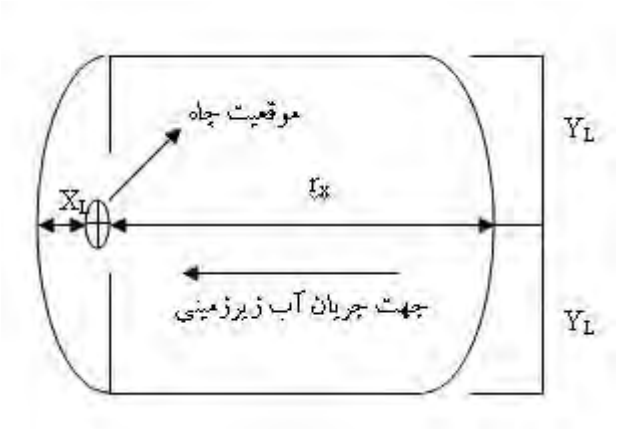
برای محاسبه فاصله حریم بهداشتی بالادست تا چاه در جهت جریان آب زیرزمینی از معادله زیر بر اساس معیار زمان حرکت استفاده می‌شود:

$$t_X = \frac{S}{V}\left[\pm\left(r_X - r_W\right) + Z\ln\frac{\left(Z \pm r_W\right)}{\left(Z \pm r_X\right)}\right] \qquad (۹)$$

که Z عبارت است از:

$$Z = \frac{Q}{2\pi kbi} \qquad (۱۰)$$

برای محاسبه فاصله بالادست حریم تا چاه از علامت (+) معادله (۹) استفاده می‌شود. در معادله (۹)، t_X زمان حرکت از نقطه x واقع در حریم بالادست چاه تا چاه (h)، S ضریب ذخیره آبخوان، V سرعت جریان آب زیرزمینی (m/hr)، r_W شعاع چاه (m) و r_X فاصله بالادست حریم تا چاه (m) است. مقدار r_X با سعی و خطا محاسبه می‌شود (شکل ۶).



شکل ۶- الگوی حریم بهداشتی محاسبه شده با روش شکل‌های متغیر ساده شده (SVS)

- روش‌های محاسباتی (تحلیلی) (Analytical Methods)

- روش ترسیم نقشه‌های هیدروژئولوژیک (Hydrogeologic Mapping)

- روش مدل‌های عددی جریان- انتقال (Numerical Flow- Transport Models)

یکی از نرم‌افزارهای مورد استفاده در این روش، نرم‌افزار مادفلو (MODELOW) است که یک مدل جریان آب زیرزمینی تفاضل محدود سه بعدی مودولار (Modular) است.

جریان آب زیرزمینی در آبخوان با استفاده از روش تفاضل محدود Block Centered شبیه‌سازی می‌شود. لایه‌ها می‌توانند به‌صورت محبوس، غیرمحبوس و ترکیبی از محبوس و غیرمحبوس شبیه‌سازی شوند.

نرم‌افزارهای دیگر WHAEM2000 و WHPA که قابل استفاده در شرایط مختلف جغرافیایی است، توسط بخش آب‌های زیرزمینی USEPA برای برآورد وضعیت هیدروژئولوژی آب‌های زیرزمینی عرضه شده است. این نرم افزارها در ایران نیز به‌کار برده شده است.

نرم‌افزار WHPA (ناحیه حفاظت سر چاهی) تلفیقی از چهار مدل رایانه‌ای RESSQC، MWCAP، GPTRAC و MONTEC است که برای لایه‌های آبدار هموژن با جریان یکنواخت کاربرد دارد و قادر است تأثیر برداشت و تزریق را بر حریم حفاظتی چاه تعیین نماید.

نرم‌افزار WHAEM2000 (مدل تحلیل اجزای سر چاهی) برنامه رایانه‌ای هیدروژئولوژی آب‌های زیرزمینی است که در آن با بهره‌گیری از دو برنامه رایانه‌ای WHPP و SWAP، تعیین حریم حفاظتی چاه‌ها را ممکن می‌سازد.

با توجه به محدودیت وقت و صرف هزینه در استفاده از مدل‌های عددی، از روش شکل‌های متغیر ساده شده (SVS) برای محاسبه حریم‌های حفاظتی چاه‌های آب آشامیدنی استفاده شد، اما بر اساس نتایج به‌دست آمده از این روش و محدودیت‌های مربوط به تملک زمین در محیط شهری و مشکلات قانونی دیگر و مقایسه آن با روش تغییر یافته شعاع ثابت محاسبه شده، ترجیح داده شد از نتایج ناصری (۱۳۸۴) استفاده شود.

۲-۵- دلیل انتخاب معیار زمان

مطالعات نشان داده است که ویروس‌ها در آب چاه دارای عمر طولانی‌تری نسبت به آب‌های سطحی هستند. ۰/۱درصد ویروس‌های Poliovirus، Hepatitisvirus، Enterovirus می‌توانند بیش از ۱۴۰ روز زنده بمانند که این مدت بسیار طولانی‌تر از زنده ماندن E.coli است. در درجه حرارت زیر ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد Poliovirus می‌تواند تا ۱۵۰ روز نیز زنده بماند. در صورتی‌که مدت زمان زنده ماندن E.coli که مهم‌ترین فاکتور بیماری‌زا از طریق آب آشامیدنی می‌باشد ۵۰ تا ۶۰ روز است.

بر اساس یافته‌های محققین توصیه می‌شود که زمان تأخیر، ۵۰ تا ۶۰ روز در نظر گرفته شود.

۲-۶- تأثیر شرایط هیدرودینامیکی آبخوان بر حریم حفاظتی

۱) شیب هیدرولیکی (i)

با کاهش شیب هیدرولیکی، فاصله حریم بهداشتی کاهش می‌یابد.

۲) دبی (Q)

با کاهش نرخ پمپاژ، شعاع حفاظتی کم می‌شود. این اثر در دبی‌های خیلی بالا و یا خیلی پایین محسوس‌تر است.

۳) هدایت هیدرولیکی (k)

با کاهش هدایت هیدرولیکی، فاصله حریم بهداشتی کاهش می‌یابد.

۴)تخلخل مؤثر (ne)

تخلخل مؤثر با شعاع حفاظتی رابطه عکس دارد، به طوری که با کاهش تخلخل مؤثر، به میزان قابل توجهی بر مقدار شعاع حفاظتی افزوده می‌شود، در حالی‌که با افزایش آن، از مقدار شعاع حفاظتی کاسته می‌شود.

۵) ضخامت آبخوان (b)

با کاهش ضخامت آبخوان بر مقدار شعاع حفاظتی بالادست چاه افزوده می‌شود. ضخامت اشباع آبخوان به طول لوله مشبک داخل چاه اطلاق می‌شود. ضخامت اشباع شده آبخوان بر شعاع حفاظتی تأثیر معکوس دارد. به‌طوری که با افزایش ضخامت اشباع، شعاع حفاظتی کاهش می‌یابد در نتیجه حریم حفاظتی اطراف چاه‌ها کوچک‌تر می‌شود.

فصل سوم

هیدروژئولوژی آبخوان آبرفتی دشت ساری

۳-۱- عمق آب زیرزمینی دشت ساری

آبخوان دشت ساری از نوع آزاد می‌باشد. عمق آب زیرزمینی در مناطق شمالی محدوده مورد مطالعه کمتر از چهار متر است، در حالی که عمق آب زیرزمینی در بخش جنوبی دشت که محل تغذیه آبخوان است، بیش از ۲۰ متر می‌باشد. در این منطقه، عمق آب زیرزمینی به علت بالا بودن ارتفاع سطح زمین نسبت به سایر مناطق دشت بیشتر می‌باشد. تغییرات سطح آب زیرزمینی از تغییرات یکنواخت توپوگرافی پیروی می کند.

۳-۲- ترازآب زیرزمینی دشت ساری

بیشینه تراز آب زیرزمینی اندازه‌گیری شده در مخروط افکنه رودخانه تجن (شکل ۷) در جنوب دشت ساری وجود دارد و به‌تدریج به سمت مرکز دشت کاهش می‌یابد. جهت حرکت آب زیرزمینی به سمت شمال در امتداد شیب توپوگرافی می‌باشد و رودخانه تجن در تغذیه آبخوان نقش زیادی دارد. بر اساس تراز آب زیرزمینی سال ۱۳۸۵، بیشترین مقدارشیب هیدرولیکی در منطقه جنوبی دشت در حدود هفت درهزار است وکمترین میزان شیب هیدرولیکی در محدوده شمال دشت در حدود ۰/۵ در هزار می‌باشد.

شکل ۷- رودخانه تجن در محدوده پل خط آهن

۳-۳-مقایسه تغییرات هیدروگراف و تراز آب زیرزمینی آبخوان دشت ساری

نوسانات تراز آب زیرزمینی آبخوان با استفاده از نقشه‌های تراز آب زیرزمینی در سال آبی ۱۳۸۵ مورد ارزیابی قرار گرفته است (شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران). کمینه تراز آب زیرزمینی در شهریور ماه و بیشینه آن در فروردین ماه اتفاق می‌افتد که با تغییرات هیدروگراف واحد آب زیرزمینی دشت ساری انطباق دارد. به‌طوری‌که شاخه نزولی آن در دشت ساری بعد از فروردین ماه شروع شده و تا شهریور ماه ادامه دارد. سپس شاخه صعودی شروع می‌شود که نشان‌دهنده تغذیه آبخوان از نزولات جوی و کاهش بهره‌برداری از آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی است.

به‌طور کلی تراز آب زیرزمینی در خاور تجن بالاتر از باختر تجن می‌باشد، بنابراین جریان‌های آب زیرزمینی به سمت شمال‌باختری تمایل دارد.

۳-۴- ضرایب هیدرودینامیک آبخوان دشت ساری

۳-۴-۱- قابلیت انتقال آبخوان دشت ساری

بیشینه مقدار قابلیت انتقال دشت ساری مربوط به شمال‌باختر آن که بیشتر از ۱۲۰۰ متر مربع در روز و کمینه آن در جنوب آن به میزان ۸۰۰ متر مربع در روز است.

۳-۴-۲- هدایت هیدرولیکی آبخوان دشت ساری

تغییرات مقدار هدایت هیدرولیکی دارای یک روند کلی است. به‌طوری‌که در جنوب دشت (مخروط‌افکنه) به‌دلیل وجود رسوبات دانه درشت شن و ماسه، بیشترین مقدار را داراست و به سمت شمال دشت به‌دلیل کاهش اندازه ذرات از مقدار هدایت هیدرولیکی کاسته می‌شود.

۳-۴-۳- ضریب ذخیره آبخوان دشت ساری

مقدار ضریب ذخیره آبخوان دشت ساری از ۱ تا ۸ درصد متغیر می‌باشد.

۳-۵- تغذیه آبخوان دشت ساری

عوامل مختلفی در تغذیه آبخوان دشت ساری نقش دارند که شامل:

- جریان ورودی آب زیرزمینی

عمده جریان ورودی آب زیرزمینی از سازندهای آبدار بخش جنوبی صورت می‌گیرد که در اثر عملکرد گسله‌های منطقه و نقش آنها در ایجاد درز و شکاف، علاوه بر شرایط اقلیمی و مورفولوژیکی، باعث ذخیره آب زیرزمینی در این سازندها شده است.

- ریزش‌های جوی

با توجه به شرایط آب و هوای معتدل خزری و فراوانی نزولات جوی، ریزش‌های جوی یکی از عوامل مهم در تغذیه آبخوان آبرفتی محسوب می‌شود.

- رودخانه تجن

وجود رودخانه پر آب تجن با حوضه آبریز طولانی و ارتباط هیدرولیکی آن با آبخوان مخروط‌افکنه‌ای دشت ساری، یکی از منابع مهم تغذیه آبخوان محسوب می‌شود.

- آب برگشتی آبیاری

بخش وسیعی از اراضی دشت ساری با تراوایی بسیار خوب مورد استفاده کشاورزی قرار دارد که در نتیجه آبیاری، آب برگشتی از آن نقش مهمی در تغذیه آبخوان دارد.

- پس‌آب‌های شهری و صنعتی

پس‌آب‌های شهری و صنعتی در تغذیه آبخوان دشت ساری نقش ناچیزی دارد ولی در آلودگی آن نقش مهمی ایفاء می‌نماید.

۳-۶- تغییرات مقدار یون نیترات

نیترات‌های موجود درآب محصول نهایی اکسیداسیون نیتریت‌ها به‌وسیله گروهی از باکتری‌های هوازی است.

باکتری‌ها در مقابل هوا و نورکافی قادرند به‌طور مستقیم نیتروژن موجود در هوا (N_2) را به NO_3 تبدیل کنند که توسط گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. نیترات عمده‌ترین و شایع‌ترین ترکیب آلودگی در آب زیرزمینی محسوب می‌شود. نیترات قابلیت انحلال و تحرک زیادی دارد. به‌همین خاطر به‌راحتی توسط گیاهان جذب می‌شود. منابع تأمین کننده نیترات در آب‌های زیرزمینی عبارتنداز:

- نیترات ذخیره شده در خاک طی دوره‌های زمین‌شناسی

ترکیبات مختلف نیترات که در طی دوره‌های زمین‌شناسی در خاک تجمع نموده‌اند، می‌توانند به‌عنوان یکی ازمنابع آلوده کننده نیترات در آب‌های زیرزمینی باشند.

- جنگل‌ها

گیاهان جنگلی قسمت اعظم نیتروژن مورد نیاز خود را طی فرآیند دینیتریفیکاسیون از زمین دریافت می‌کنند، این فرآیند در زمین‌های جنگلی در مقایسه با زمین‌های کشاورزی بهتر انجام می‌شود.

- چراگاه‌ها

در زیست‌بوم‌سامانه (Ecosystem) چمن‌زارهای مناطق خشک و نیمه خشک که آب‌شویی آنها کم است، چرخش نیتروژن بسیار زیاد است.

- فضولات حیوانی

فضولات حیوانی به‌کار رفته در زمین‌های کشاورزی و محل پرورش دام‌ها در آلوده کردن آب‌های زیرزمینی به نیترات بسیار مؤثر هستند.

- فاضلاب‌های شهری

استفاده از فاضلاب‌های شهری در زمین‌های زراعی، جنگل‌ها، و پارک‌ها باعث آلوده شدن آب‌های زیرزمینی به نیترات می‌گردد.

- چاه‌های فاضلاب خانگی

در خانه‌هایی که فاضلاب خانگی به فاضلاب شهری اتصال ندارد، فضولات خانگی در چاه‌های جذبی جمع‌آوری می‌شوند به‌عنوان یک عامل آلوده کننده مهم نیترات در آب‌های زیرزمینی است.

- سامانه‌های کشاورزی قابل آبیاری

استفاده از نیترات در سامانه‌های کشاورزی (همراه با آبیاری) و در مناطق مرطوب یکی از مهمترین منابع ورود نیترات به آب‌های زیرزمینی محسوب می‌شود.

۳-۷- حد مجاز نیترات در آب آشامیدنی

حد مجاز استاندارد جهانی نیترات در آب آشامیدنی ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن و یا ۴۵ میلی‌گرم در لیتر نیترات است. چنانچه درآب‌های آشامیدنی مقدار نیترات از حد مجاز بیشتر شود، باعث بیماری سیانوز (سیاه شدگی در اثر کمبود اکسیژن) در نوزادان شده، در بزرگسالان نیز به‌احتمال

زیاد موجب سرطان لوله‌های گوارشی می‌شود. به هر حال افزایش غلظت نیترات و نیتریت در آب‌های آشامیدنی خطراتی را از نظر سلامتی بالاخص برای کودکان و زنان باردار به‌همراه دارد.

۳-۸- نشانه‌های نیترات

نیترات بدون رنگ، بدون بو و بدون طعم بوده و در آب‌های آشامیدنی بدون آزمایش قابل‌تشخیص نمی‌باشد. بنابراین لازم است آب مصرفی گروه سنی کودکان، زنان باردار، مادران شیرده و سالمندان، آزمایش و غلظت نیترات آن محاسبه گردد. گروه‌های مذکور جزء گروه‌های در معرض خطرآلودگی آب به نیترات و نیتریت قرار دارند. نیترات بطور طبیعی در حد غلظت کمتر از حد مجاز، در آب‌های آشامیدنی و آب‌های زیرزمینی وجود دارد. آزمایش اولیه، برای تعیین میزان نیترات منابع آب ضروری است.

هر نوع فعالیتی در نزدیک چاه‌های آب می‌تواند سبب آلودگی شود. در صورت وجود منابع نقطه‌ای آلوده کننده مانند محل زندگی دام‌ها و محل دفع فاضلاب در مجاورت چاه‌های خانگی و آشامیدنی، لازم است حداقل سالی یک بار آزمایش نیترات انجام و با پایش کیفی آن تغییرات غلظت نیترات بررسی گردد. در صورتی‌که چاه در معرض منابع غیر نقطه‌ای مانند کاربرد کودهای کشاورزی قرار گرفته باشد، پایش کیفی برای بررسی تغییرات غلظت نیترات کمتر مورد نیاز می‌باشد، حداقل هر دو یا سه سال یکبار، به‌منظور بررسی ضریب افزایش غلظت نیترات (نیتریت، نیترات، آمونیاک) باید آزمایش شوند.

اگر کود یا فضولات حیوانی در اطراف منابع آب پراکنده شده باشد باید هر چه سریع‌تر نسبت به جمع‌آوری و دفع آن اقدام و آب چاه (منبع آب) آزمایش گردد. چون، نیترات ناشی از پراکندگی کود یا فضولات حیوانی در اطراف منابع آب، ممکن است نتواند به سرعت در لایه‌های خاک حرکت و به لایه آبدار نفوذ پیدا کند؛ بنابراین، به‌منظور بررسی اثرات آلوده کننده‌ها، آزمایش سالیانه نیترات جهت پایش کیفی آن توصیه می‌گردد.

۳-۹- اثرات زیان‌بار نیترات بر سلامتی

خطر اولیه نیترات در آب‌های آشامیدنی زمانی اتفاق می‌افتد که در دستگاه گوارش، نیترات به نیتریت تبدیل شود. نیتریت باعث اکسید شدن آهن موجود در هموگلوبین گلبول‌های قرمز شده و نهایتاً نمی‌تواند اکسیژن را با خود حمل کند، به این حالت متهموگلوبینمیا گویند (بعضی آن را به‌عنوان سندرم کودکان آبی شناخته‌اند) در صورت عدم حضور اکسیژن، سلول‌های بدن ممکن است بمیرند و یا پوست کبود شود. در افراد بالای یکسال، توانایی سریع تبدیل متهموگلوبین به هموگلوبین وجود دارد و علی‌رغم سطح بالای نیترات و نیتریت، مقدار متهموگلوبین در سلول‌های قرمز خون کمتر باقی

می ماند، به هر حال در کودکان زیر شش ماه، سیستم آنزیمی آنها به دلیل عدم تکامل، توانایی کاهش متهموگلوبین به هموگلوبین را ندارد و متهموگلوبینمیا اتفاق می‌افتد. همچنین در افراد سالمند که به دلایلی سیستم آنزیمی آنها صدمه دیده، ممکن است، همین اتفاق رخ دهد.

خطر بروز سرطان درآب‌ها و یا غذاهایی که نیترات و نیتریت داشته‌اند، گزارش شده است، به‌طور احتمال نیترات در بدن با آمین‌ها یا آمیدها واکنش نشان داده و نیتروزآمین تشکیل می‌شود که عامل شناخته شده سرطان می‌باشد. قبل از تشکیل نیتروزآمین، نیترات باید به نیتریت تبدیل شود. اهمیت خطر بروز سرطان به دلیل وجود نیترات در آب‌های آشامیدنی شناخته شده نیست .آلودگی باکتریولوژیکی در آب ممکن است به‌طور خاصی به قابلیت حضور نیترات در آب کمک کند. منابع آب‌های آشامیدنی که نیترات آن بر حسب نیتروژن بالاتر از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر(برحسب نیترات ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد، باید از نظر آلودگی باکتریولوژیکی نیز آزمایش شوند. وجود هم نیترات و هم آلودگی باکتریولوژیکی، در چاه‌های غیر بهسازی، ممکن است به دلیل نفوذ آب‌های سطحی، مواد زائد جامد، فاضلاب یا منابع دیگر باشد.

۳-۱۰- نیترات در آبخوان دشت ساری

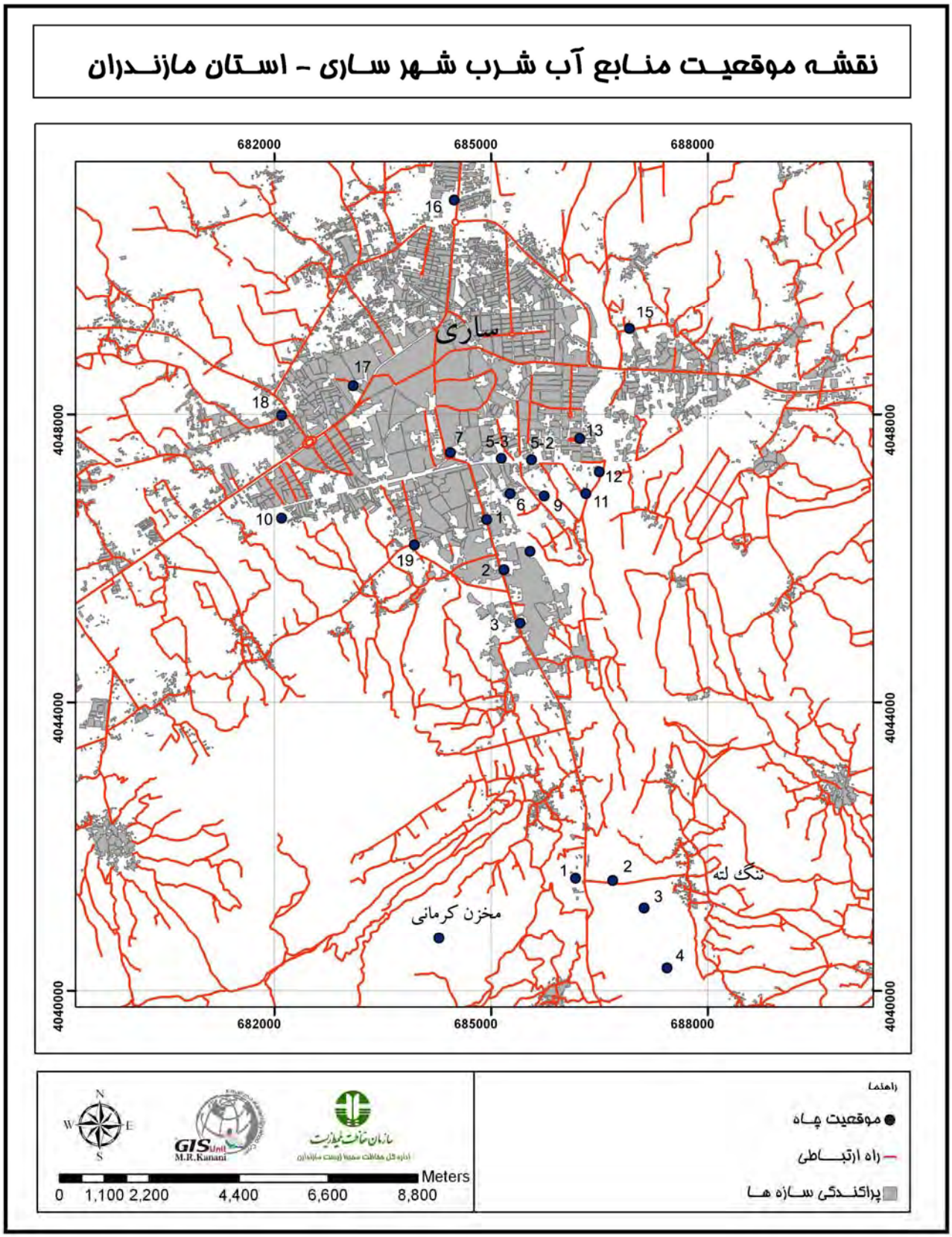
نفوذ آب از رودخانه تجن، آب‌های سطحی و جریان آب زیرزمینی که از ارتفاعات جنوبی، آبخوان ساری را تغذیه می‌کنند، باعث کاهش میزان نیترات در جنوب منطقه، محل رودخانه تجن به دشت شده است. غلظت یون نیترات در جهت حرکت آب زیرزمینی به دلیل ورود پس‌آب‌های شهری، فعالیت‌های کشاورزی و نفوذ از چاه‌های جذبی خانگی، به دلیل نبود سامانه جمع‌آوری فاضلاب، همواره وجود دارد.

۳-۱۱- محل چاه‌های بهره‌برداری آب آشامیدنی شهر ساری

با توجه به موقعیت آبخوان دشت ساری، تمرکز چاه‌های آب آشامیدنی شهر ساری بیشتر در جنوب شهر و محدوده ورودی رودخانه تجن به دشت قرار دارد که به‌دلیل گسترش پیش‌بینی نشده شهر، مشکلات مربوط به شهرنشینی در آلودگی آب زیرزمینی نقش انکار ناپذیری دارد.

چاه‌های واقع در محدوده شهر، بیشتر در نیمه جنوب‌خاوری آن در امتداد راه‌آهن و بلوار کشاورز تمرکز دارند.

موقعیت جغرافیایی چاه‌های آب شرب ساری در جدول ۲ و شکل ۸ ارایه شده است.



شکل ۸- موقعیت چاه‌های آب آشامیدنی شهر ساری

جدول۲- موقعیت جغرافیایی چاه‌های آب آشامیدنی ساری

	Coordination (UTM)		
Sari Well Number	X	Y	Z
1	684948.44	4046536	1DW-South Sari-Keshavarz Buld.
2	685184	4045842	2DW-South Sari-Keshavarz Buld.
4	685544	4046093	4DW-Pole Gardan-Keshavarz Buld.
5-2	685562	4047369	5-2DW
5-3	685147	4047387	5-3DW
6	685266.48	4046899	6DW-Sari Water Reservoir Yard
7	684441	4047470	7DW-Sari Water Reservoir-Rail Road
9	685737	4046862	9DW-Pole Gardan
10	682102	4046559	10DW-South Mazandaran Hotel
11	686316	4046894	11DW-Sari-Pole Gardan
12	686500	4047199	12DW-Bank of Rail Road Pole-Pole Gardan
13	686232	4047664	13DW-Bank of Calaboose(Zandan)
15	686921	4049182	15DW
16	684494.41	4050965	16DW
17	683094	4048390	17DW-West Sari-in City Park
18	682100.89	4047983	18DW-West Sari-in City Park
19	683983	4046187	Unknown Well Information
T. L.1	686690	4041525	Tang Lateh1- South Sari
T. L.2	687125	4041140	Tang Lateh2- South Sari
T. L.3	687280	4040725	Tang Lateh3- South Sari
T. L.4	687439	4040307	Tang Lateh4- South Sari

۳-۱۲- کاربری اراضی اطراف چاه‌های بهره‌برداری آب آشامیدنی شهر ساری

شهر ساری وابستگی شدیدی به آب زیرزمینی به‌عنوان یک منبع مهم برای تأمین آب دارد.

بنابراین بالا بودن کیفیت و جلوگیری از آلوده شدن آب زیرزمینی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. نواحی اطراف چاه‌ها و نحوه استفاده از آنها نقش مهمی در آلوده نمودن آب‌های زیرزمینی دارد. به‌طور مثال فعالیت‌های کشاورزی، آلاینده‌هایی همچون نیترات، فسفات و دیگر ترکیباتی که برای تقویت زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد را وارد آب زیرزمینی می‌کنند و یا استفاده‌های صنعتی بسته به نوع صنعت، فلزات سنگین، ترکیبات آلی، آنیون‌های خطرناک را به همراه دارد. در صورتی که از این نواحی به‌عنوان محل دفن مواد زائد، چاه‌های جذبی وغیره استفاده شود. آلودگی مربوط به آنها در آب زیرزمینی ظاهر خواهد شد.

متأسفانه در شهر ساری و اکثر شهرهای شمالی کشور، استفاده صحیحی از نواحی اطراف چاه‌های آب شرب نشده است. با توجه به بالا بودن سطح ایستابی، خطر آلودگی بالا می‌باشد. بیشتر

چاه‌های آب شرب موجود در شهر ساری فاصله کمی با ساختمان های مسکونی، بزرگ‌راه‌ها و راه‌آهن دارند. در زیر به‌طور مختصر کاربری اراضی اطراف چاه‌های آب آشامیدنی ساری مورد بررسی قرار گرفته است:

- چاه‌های شماره ۱، ۲ و ۴

چاه‌های مورد نظر جنب بلوار کشاورز واقع شده‌اند. به‌طوری‌که حریم مربوط به جاده در آنها رعایت نشده است. با توجه به این شرایط، احتمال آلودگی به آب‌های سطحی آلوده نیز وجود دارد. ساختمان‌های مسکونی هم در کمترین فاصله نسبت به چاه‌های مورد نظر قرار دارند که با داشتن چاه‌های جذبی (فاضلاب و مستراح)، از نظر آلودگی در وضعیت خطر بالا قرار دارند (شکل ۹).

شکل ۹- موقعیت چاه شماره ۱

- چاه‌های شماره ۲-۵ و ۳-۵

این چاه‌ها در امتداد و در حریم راه‌آهن واقع شده‌اند. زمین‌های اطراف آنها بایر و باغ مرکبات است. فاصله کافی بین ساختمان‌های مسکونی (چاه‌های جذبی) تا محل چاه آب آشامیدنی رعایت نشده است.

- چاه شماره ۷

چاه شماره ۷ تقریباً در مرکز شهر واقع شده است. در کنار این چاه، اداره بهداشت استان و در شمال آن مرکز پزشکی راه آهن و سازمان انتقال خون و در جنوب آن، ایستگاه راه‌آهن قرار دارد. با توجه به موقعیت این چاه و جهت حرکت آب زیرزمینی، احتمال حضور انواع آلاینده‌ها در این چاه وجود دارد.

- چاه‌های ۶ و ۹

این دو چاه از سمت جنوب محدود به زمین‌های کشاورزی می‌باشند. بنابراین تحت تأثیر مستقیم آب برگشتی زمین‌های کشاورزی قرار دارند و احتمال بالا بودن نیترات و فسفات در این چاه وجود دارد (شکل ۱۰).

شکل ۱۰- موقعیت چاه شماره ۶

- چاه های ۱۱ و ۱۲

چاه‌های ۱۱ و ۱۲ در امتداد رودخانه تجن در زمین‌های کشاورزی احداث شده‌اند. بنابراین رودخانه تجن و آب برگشتی کشاورزی دو عامل مهم در تغییر کیفیت این چاه‌ها محسوب می‌شوند. با پیشرفت محدوده شهر ساری، ساختمان‌های مسکونی تا نزدیک این چاه‌ها احداث شده‌اند، به‌طوری که

چاه‌های جذبی این ساختمان‌ها می‌توانند در آلودگی این چاه‌ها نقش‌آفرین باشند (شکل‌های ۱۱ و ۱۲).

شکل ۱۱- موقعیت چاه شماره ۱۱

شکل ۱۲- موقعیت چاه شماره ۱۲

- چاه شماره ۱۳

این چاه در خاور ساری در میدان سعد سلیمان واقع شده است که در اطراف آن منطقه مسکونی است. جریان‌های سطحی شهری و آب‌های سطحی آلوده به همراه آب چاه‌های جذبی فاضلاب، عوامل آلاینده‌ای می‌باشند که توانایی آلوده نمودن این چاه را دارند.

- چاه شماره ۱۵

این چاه در خاور ساری، در کوله راست رودخانه تجن قرار دارد. چهار عامل بر کیفیت آب این چاه مؤثر است:

- آب برگشتی کشاورزی
- جریان‌های سطحی شهری و آب‌های سطحی آلوده
- چاه‌های جذبی
- تأثیر آب رودخانه تجن

- چاه شماره ۱۶

چاه شماره ۱۶ شمالی‌ترین چاه آب آشامیدنی شهر ساری می‌باشد که در محوطه شرکت برق مازندران واقع شده است. با توجه به کاربری اراضی در اطراف چاه، از نقش عوامل آلاینده باید کاسته شود.

- چاه‌های شماره ۱۷ و ۱۸

چاه شماره ۱۸ (چاه پارک) در پارک عمومی ساری واقع شده است. نواحی اطراف چاه را فضای سبز مربوط به پارک پوشش می‌دهد. چاه شماره ۱۷ نیز در باختر شهر قرار دارد و علاوه بر برخورداری از فضای سبز، به منطقه مسکونی و ساختمانی نیز نزدیک می‌باشد. بنابراین جریان‌های سطحی شهری و چاه‌های جذبی بر کیفیت آب آن مؤثر است.

- چاه شماره ۱۰

این چاه‌هادر جنوب شهر ساری واقع شده است و از سمت شمال به مناطق مسکونی و از سمت جنوب به زمین‌های کشاورزی محدود می‌شود. بنابراین در کیفیت آب این چاه علاوه بر جریان‌های سطحی شهری و چاه‌های جذبی خانگی، آب برگشتی نیز مؤثر می‌باشد.

- چاه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ تنگه لته

این چاه‌ها در خارج از محدوده شهری در محدوده روستای تنگ لتـه مکـان‌یـابی شـده‌انـد. ایـن چاه‌ها در کوله راست رودخانه تجن در زمین‌های کشاورزی قرار دارنـد. بنـابراین آلـودگی مربـوط بـه نواحی شهری (چاه‌های جذبی و جریانات سطحی شهری) در این چاه‌ها نقـشی نـدارد. مهمتـرین عامـل آلودگی این چاه‌ها، آب برگشتی کشاورزی است و نقش رودخانه تجن نیـز در ارتبـاط بـا ایـن چـاه‌هـا عمل تغذیه آبخوان است که در صـورت برخـورداری از کیفیـت مطلـوب بایـد در بهبـود کیفیـت آب زیرزمینی آنها بسیار کارساز باشد (شکل ۱۳).

شکل ۱۳- موقعیت چاه تنگ لته ۱

۳-۱۳- فاصله حریم‌های حفاظتی چاه‌های آب آشامیدنی شهر ساری

- حریم داخلی

میزان شعاع این حریم با توجه به درشت بودن رسوبات این حریم ۴۰ متر در نظر گرفته می‌شـود (جدول ۳).

- حریم میانی

- این حریم بر اساس زمان تأخیر ۶۰ روز تعیین شده است(جدول ۳).

حریم میانی بر اساس مدت زمان بقای باکتری اشیرشیا کلی‌فرم در آب زیرزمینی تعیین می‌گردد. این باکتری ۵۰ روز می‌تواند در آب زیرزمینی زنده بماند. اما برای اطمینان بیشتر، مدت زمان ۶۰ روز برای جلوگیری و نابودی آلاینده‌های انسانی و حیوانی در نظر گرفته شده است.

- حریم بیرونی

حریم بیرونی بر اساس زمان ۳۵۰۰ روز (۱۰سال) تعیین شده است(جدول ۳).

شکل (۱۴) موقعیت حریم‌های حفاظتی محاسبه شده چاه‌های آب آشامیدنی شهر ساری در جهت شیب هیدرولیکی را نشان می‌دهد.

جدول ۳- فاصله حریم‌های حفاظتی محاسبه شده چاه‌های آب آشامیدنی شهر ساری[۹] و جهت آزیموتی جریان آب زیرزمینی

Well no.	حریم داخلی (m)	حریم میانی				حریم خارجی ۱۰ ساله (m)
		جهت جریان (Az)	r_u (m)	r_d (m)	r_p (m)	r_{3500}
1	40	346	114.5	92.2	103.4	1437.7
2	40	341	102.6	77.3	90.0	1423.1
4	40	348	90.0	108.9	121.6	1670.2
5-2	40	345	61.9	41.9	51.9	979.2
5-3	40	345	67.1	47.6	57.4	1004.2
6	40	343	83.7	62.0	72.9	1188.3
7	40	346	84.4	65.3	74.9	1126.5
9	40	343	93.5	70.8	82.1	1289.6
10	40	352	106.4	85.3	95.8	1349.2
11	40	345	86.6	62.2	74.4	1281.5
12	40	342	109.9	87.2	98.5	1412.3
13	40	340	56.7	36.6	46.7	942.5
15	40	346	61.0	48.6	54.8	779.0
16	40	344	69.4	60.6	65.0	755.2
17	40	341	70.7	56.5	63.6	899.5
18	40	343	66.1	51.3	58.7	881.7
TL1	40	352	75.4	38.4	56.9	1513.0
TL2	40	349	108.6	68.7	88.7	1841.2
TL3	40	348	150.6	110.5	130.5	2166.8
TL4	40	354	173.7	133.4	153.6	2348.9

شکل ۱۴- موقعیت حریم‌های حفاظتی محاسبه شده چاه‌های آب آشامیدنی شهر ساری در جهت شیب هیدرولیکی[۹]

فصل چهارم

راه‌کارهای جلوگیری از آلودگی چاه‌ها

۴-۱- تمهیدات لازم برای انتخاب محل جدید چاه‌های بهره‌برداری آب آشامیدنی

در تعیین محل حفاری، علاوه بر وجود شرایط مطلوب ویژگی‌های هیدرودینامیکی آبخوان و تأمین نیاز آبی، مؤلفه‌های دیگری را نیز در ارتباط با حفاظت چاه باید مد نظر داشت. به‌طورکلی در مورد موقعیت چاه‌های آب شرب نکات زیر باید مورد توجه قرارگیرد:

- محل چاه باید به‌نحوی انتخاب شود که از خطر جریان آب‌های سطحی مصون باشد. در هر صورت باید سازه‌های مناسب برای محافظت از آب جاری و سیل ایجاد شود.
- محل چاه‌ها باید تا حد امکان نسبت به پیرامون بلند بوده و همیشه خشک نگه‌داشته شود.
- محل چاه نباید درحریم جاده‌ها، بزرگ‌راه‌ها، راه‌آهن، خطوط انتقال آب، برق، گاز، نفت و سایر ابنیه‌های فنی قرار گیرد.
- محل چاه در حریم منابع آب زیرزمینی دیگر (چاه‌ها قنوات وچشمه‌ها) نباشد تا موجب افت سطح آب زیرزمینی نگردد و حقوق حقابه‌برها نیز ضایع نشود.
- محل چاه‌ها در مجاورت چاه‌های جذبی، فاضلاب، گنداب‌رود و محل تخلیه زباله‌ها نباشد.
- تملک محل چاه‌ها از نظر قانونی محدودیت و مشکلی نداشته باشد.

۴-۲- راه‌کارهای جلوگیری از آلودگی چاه‌ها

راه‌کارهای پیشنهادی جهت حذف آلاینده‌ها به تفکیک برای چاه‌های آب آشامیدنی ساری به‌شرح زیر است. این مطالب در جدول ۴ خلاصه شده است:

- چاه شماره ۱

از شمال در مجاورت ساختمان‌های تجاری و مسکونی، از جنوب در مجاورت شرکت نفت، از سمت خاور در مجاورت ساختمان‌های مسکونی و از سمت باختر در مجاورت خیابان واقع شده است.

راه‌کارهای پیشنهادی:

در مورد آلاینده‌های تجاری و مسکونی لازم است فاضلاب‌ها جمع آوری و یا تحت کنترل درآید. آلاینده‌های نفتی نیز باید به‌طورکامل جمع‌آوری شده و در مورد ضلع باختری هم باید آب‌های سطحی مهار شده و تحت کنترل درآید.

- چاه شماره ۲

از شمال، جنوب و خاور در مجاورت ساختمان‌های تجاری و مسکونی، از سمت باختر در مجاورت خیابان واقع شده است.

راه‌کارهای پیشنهادی:

در مورد آلاینده‌های تجاری و مسکونی لازم است فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل درآید. در مورد ضلع باختری هم باید آب‌های سطحی مهار شده و تحت کنترل درآید.

- چاه شماره ٤

از شمال و خاور در مجاورت باغ مرکبات، از جنوب در مجاورت بافت مسکونی، از سمت خاور در مجاورت منازل مسکونی و فضای سبز واقع شده است.

راه‌کارهای پیشنهادی:

در مورد آلاینده‌های مسکونی لازم است فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل درآید. در خصوص آلاینده‌های کشاورزی هم باید حریم چاه خریداری گردد.

- چاه شماره ۲-۵

از شمال در مجاورت ساختمان‌های تجاری و مسکونی، از جنوب در مجاورت خط‌آهن، از سمت خاور و باختر در مجاورت خط آهن قرار دارد.

راه‌کارهای پیشنهادی:

در مورد آلاینده‌های تجاری و مسکونی لازم است فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل درآید. در خصوص مجاورت با خط آهن هم باید آب‌های سطحی به‌طور کامل مهار شده و تحت کنترل درآید.

- چاه شماره ۳-۵

از شمال در مجاورت بافت تجاری و زمین‌های زراعی، از جنوب در مجاورت خط‌آهن، از سمت خاور و باختر در مجاورت زمین‌های زراعی واقع شده است.

راه‌کارهای پیشنهادی:

در مورد آلاینده‌های تجاری لازم است فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل درآید. در خصوص آلاینده‌های کشاورزی هم باید حریم چاه خریداری گردد.

- چاه شماره ٦

از شمال در مجاورت کارواش و تعمیرگاه خودرو، از جنوب در مجاورت فضای سبز، از سمت خاور در مجاورت ساختمان‌های مسکونی و از سمت باختر در مجاورت بافت مسکونی و زمین‌های زراعی واقع شده است.

راه‌کارهای پیشنهادی:

در مورد آلاینده‌های تجاری و مسکونی لازم است فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل درآید. در خصوص آلاینده‌های کشاورزی هم باید حریم چاه خریداری و آزاد گردد. در خصوص کارواش و تعمیرگاه نیز فاضلاب‌ها به‌طور کامل کنترل و مهار شوند.

- چاه شماره ۷

از شمال در مجاورت ساختمان‌های مسکونی، از جنوب در مجاورت زمین‌های زراعی، از سمت خاور در مجاورت بافت تجاری مسکونی و از سمت باختر در مجاورت خیابان واقع شده است.

راه‌کارهای پیشنهادی:

در مورد آلاینده‌های تجاری و مسکونی لازم است فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل درآید. در خصوص آلاینده‌های کشاورزی هم باید حریم چاه خریداری و آزاد گردد. در مورد ضلع باختری هم باید آب‌های سطحی به‌طور کامل مهار شده و تحت کنترل درآید.

- چاه شماره ۹

از شمال در مجاورت باغ مرکبات، از جنوب و خاور در مجاورت باغ مرکبات و واحدهای مسکونی، از سمت باختر در مجاورت منازل مسکونی واقع شده است.

راه‌کارهای پیشنهادی:

در مورد آلاینده‌های مسکونی لازم است فاضلاب‌ها جمع آوری و یا تحت کنترل درآید. در خصوص آلاینده‌های کشاورزی هم باید حریم چاه خریداری و آزاد گردد.

- چاه شماره ۱۰

از شمال، جنوب و باختر در مجاورت ساختمان های مسکونی قرار دارد.

راه‌کار پیشنهادی:

در مورد آلاینده‌های مسکونی لازم است فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل درآید.

- چاه شماره ۱۱

از شمال، جنوب و باختر در مجاورت ساختمان‌های مسکونی و از سمت خاور در حریم رودخانه تجن واقع شده است.

راه‌کارهای پیشنهادی:

در مورد آلاینده‌های مسکونی لازم است فاضلاب‌ها جمع آوری و یا تحت کنترل درآید. در مورد حریم رودخانه هم باید به‌طور کامل در برابر نفوذ آب‌های سطحی مسدود و ایزوله گردد.

- چاه شماره ۱۲

از شمال، جنوب و باختر در مجاورت زمین‌های زراعی و از سمت خاور در حریم رودخانه تجن واقع شده است.

راه‌کارهای پیشنهادی:

در مورد آلاینده های کشاورزی لازم است زمین‌های حریم چاه خریداری و آزاد گردد. در مورد حریم رودخانه نیز باید به‌طور کامل در برابر نفوذ آب‌های سطحی مسدود و ایزوله گردد.

- چاه شماره ۱۳

از شمال، جنوب و خاور در مجاورت بافت تجاری و مسکونی، از سمت باختر در مجاورت فضای سبز واقع شده است.

راه‌کارهای پیشنهادی:

در مورد آلاینده‌های تجاری و مسکونی لازم است فاضلاب‌ها جمع آوری و یا تحت کنترل درآید. در مورد آلاینده های کشاورزی هم لازم است زمین‌های حریم چاه خریداری و آزاد گردد.

- چاه شماره ۱۵

از شمال، باختر و خاور در مجاورت باغ مرکبات، از سمت جنوب در مجاورت باغ مرکبات و منازل مسکونی واقع شده است.

راه‌کارهای پیشنهادی:

در مورد آلاینده‌های مسکونی لازم است فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل درآید. در خصوص آلاینده‌های کشاورزی لازم است حریم چاه خریداری و آزاد گردد.

- چاه شماره ۱۶

از شمال، جنوب و باختر در مجاورت زمین‌های کشاورزی، از سمت خاور در مجاورت خیابان واقع شده است.

راه‌کارهای پیشنهادی:

در خصوص آلاینده‌های کشاورزی لازم است زمین‌های‌حریم چاه خریداری و آزاد گردد. در مورد ضلع خاوری هم باید آب‌های سطحی به‌طور کامل مهار شده و تحت کنترل درآید.

- چاه شماره ۱۷

از شمال در مجاورت بافت تجاری و مسکونی، از سمت جنوب و باختر در مجاورت باغ مرکبات و واحدهای مسکونی واقع شده است.

راه‌کارهای پیشنهادی:

در مورد آلاینده‌های تجاری و مسکونی لازم است فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل درآید. در خصوص آلاینده‌های کشاورزی هم باید زمین‌های حریم چاه خریداری و آزاد گردد.

- چاه شماره ۱۸

از شمال در مجاورت بافت تجاری و مسکونی، از سمت خاور در مجاورت فضای سبز و واحدهای تجاری واقع شده است.

راه‌کارهای پیشنهادی:

در مورد آلاینده‌های تجاری و مسکونی لازم است فاضلاب‌ها جمع آوری و یا تحت کنترل درآید. در خصوص آلاینده‌های کشاورزی هم باید زمین‌های حریم چاه خریداری و آزاد گردد.

- چاه‌های شماره ۳،۲،۱ و ٤ تنگه لته

از شمال، جنوب، خاور و باختر در مجاورت زمین‌های کشاورزی و حریم رودخانه تجن واقع شده است.

راه‌کارهای پیشنهادی:

در خصوص آلاینده‌های کشاورزی باید زمین‌های حریم چاه خریداری و آزاد گردد. در مورد حریم رودخانه نیز باید به‌طور کامل در برابر نفوذ آب‌های سطحی مسدود و ایزوله گردد.

جدول ٤- کاربری اراضی و آلاینده‌های موجود در حریم چاه‌های آب آشامیدنی شهر ساری و راه‌کارهای پیشنهادی جهت حذف آلاینده‌ها[۹]

ردیف	نام چاه‌ها	کاربری زمین‌های حریم چاه	انواع آلاینده‌های موجود در حریم چاه	راه‌کارهای پیشنهادی جهت حذف آلاینده‌ها
۱	چاه شماره ۱	شمال: تجاری و مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی و تجاری، باید فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		جنوب: شرکت نفت(در ٦٠متری)	نفتی	آلاینده‌های نفتی باید به‌طور کامل جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		خاور: تجاری و مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی و تجاری، فاضلاب‌ها باید جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		باختر: بلوار کشاورز	غیره	باید آبهای سطحی به‌طور کامل جمع‌آوری شده و تحت کنترل باشد.
۲	چاه شماره ۲	شمال: تجاری و مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی و تجاری، فاضلاب‌ها باید جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		جنوب: تجاری و مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی و تجاری، فاضلاب‌ها باید جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		خاور: تجاری و مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی و تجاری، فاضلاب‌ها باید جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		باختر: بلوار کشاورز	غیره	باید آبهای سطحی به‌طور کامل جمع‌آوری شده و تحت کنترل باشد.
۳	چاه شماره ٤	شمال:باغ مرکبات و نهرآب	کشاورزی و آبیاری	در خصوص آلاینده‌های کشاورزی، حریم چاه باید خریداری شده و آزاد گردد.
		جنوب:مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی و تجاری، باید فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		خاور: باغ مرکبات و نهرآب	کشاورزی و آبیاری	در خصوص آلاینده‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری شده و آزاد گردد.
		باختر:مسکونی و فضای سبز	کشاورزی و آبیاری	در خصوص آلاینده‌های کشاورزی، حریم چاه باید خریداری شده و آزاد گردد.
۴	چاه شماره ۵-۲	شمال: تجاری و مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی و تجاری، باید فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		جنوب:ریل راه‌آهن-مسکونی	خانگی و غیره	در خصوص آلاینده‌های مسکونی و تجاری، باید فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		خاور: ریل راه آهن	غیره	می‌بایست آبهای سطحی به‌طور کامل جمع‌آوری شده و تحت کنترل باشد.
		باختر: ریل راه آهن	غیره	می‌بایست آبهای سطحی به‌طور کامل جمع‌آوری شده و تحت کنترل باشد.
۵	چاه شماره ۵-۳	شمال:زراعی- تجاری	کشاورزی- خانگی	برای آلاینده‌های کشاورزی، حریم چاه باید خریداری شده و آزادگردد و آلاینده‌های خانگی تحت کنترل باشد
		جنوب: ریل راه آهن	غیره	آبهای سطحی باید به‌طور کامل جمع‌آوری شده و تحت کنترل باشد.
		خاور: زراعی	کشاورزی	در خصوص آلاینده‌های کشاورزی، حریم چاه باید خریداری شده و آزاد گردد.
		باختر: زراعی	کشاورزی	در خصوص آلاینده‌های کشاورزی، حریم چاه باید خریداری شده و آزاد گردد.

ادامه جدول ٤- کاربری اراضی و آلاینده‌های موجود در حریم چاه‌های آب شرب شهر ساری و راه‌کارهای پیشنهادی جهت حذف آلاینده‌ها

ردیف	نام چاه‌ها	کاربری زمین های حریم چاه	انواع آلاینده‌های موجود در حریم چاه	راه‌کارهای پیشنهادی جهت حذف آلاینده‌ها
۱	چاه شماره ٦	شمال:کارواش وتعمیرگاه‌خودرو	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی، باید فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		جنوب:فضای سبز	کشاورزی	در خصوص آلاینده‌های کشاورزی، زمین‌های حریم چاه باید خریداری و آزاد گردد.
		خاور: مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی، باید فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		باختر: مسکونی- زراعی	خانگی- کشاورزی	آلاینده‌های مسکونی باید جمع آوری‌شود و برای آلاینده‌های کشاورزی، زمین‌های حریم چاه بایدخریداری و آزاد گردد.
۲	چاه شماره ۷	شمال: مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی، باید فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		جنوب:زراعی	کشاورزی	در خصوص آلاینده‌های کشاورزی، باید زمین‌های حریم چاه خریداری شده و آزاد گردد.
		خاور: تجاری و مسکونی	آبیاری	می‌بایست آبهای سطحی به‌طور کامل تحت کنترل درآید.
		باختر:غیره	آبیاری	می‌بایست آبهای سطحی به‌طور کامل تحت کنترل درآید.
۳	چاه شماره ۹	شمال:باغ مرکبات	کشاورزی	در خصوص آلاینده‌های کشاورزی، زمین‌های حریم چاه باید خریداری و آزاد گردد.
		جنوب: باغ مرکبات- مسکونی	خانگی- کشاورزی	آلاینده‌های مسکونی باید جمع آوری‌شود. زمین‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری و آزاد گردد.
		خاور: باغ مرکبات- مسکونی	خانگی- کشاورزی	آلاینده‌های مسکونی باید جمع آوری‌شود. زمین‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری و آزاد گردد.
		باختر:مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی، باید فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
۴	چاه شماره ۱۰	شمال: مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی، باید فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		جنوب: مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی، باید فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		خاور: مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی، باید فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		باختر: مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی، باید فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
۵	چاه شماره۱۱	شمال: مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی، باید فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		جنوب: مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی، باید فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		خاور: حریم رودخانه تجن	آبیاری	آبهای سطحی باید به‌طور کامل تحت کنترل درآید.
		باختر: مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی، باید فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.

ادامه جدول ٤- کاربری اراضی و آلاینده‌های موجود در حریم چاه‌های آب شرب شهر ساری و راه‌کارهای پیشنهادی جهت حذف آلاینده‌ها

ردیف	نام چاه‌ها	کاربری زمین های حریم چاه	انواع آلاینده‌های موجود در حریم چاه	راه‌کارهای پیشنهادی جهت حذف آلاینده‌ها
۱	چاه شماره ۱۲	شمال: زمین‌های زراعی	کشاورزی	در خصوص آلاینده‌های کشاورزی، حریم چاه باید خریداری و آزاد گردد.
		جنوب: زمین‌های زراعی	کشاورزی	در خصوص آلاینده‌های کشاورزی، زمین‌های حریم چاه باید خریداری شده و آزاد گردد.
		خاور: حریم رودخانه تجن	آبیاری	می‌بایست آبهای سطحی به‌طور کامل تحت کنترل درآید.
		باختر: زمین‌های زراعی	کشاورزی	در خصوص آلاینده‌های کشاورزی، زمین‌های حریم چاه باید خریداری شده و آزاد گردد.
۲	چاه شماره ۱۳	شمال: تجاری و مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی، باید فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		جنوب: تجاری و مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی، فاضلاب‌ها باید جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		خاور: تجاری و مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی، باید فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		باختر: فضای سبز	کشاورزی	در خصوص آلاینده‌های کشاورزی، زمین‌های حریم چاه باید خریداری و آزاد گردد.
۳	چاه شماره۱۵	شمال: باغ‌مرکبات	کشاورزی	در خصوص آلاینده‌های کشاورزی، زمین‌های حریم چاه باید خریداری و آزاد گردد.
		جنوب: باغ مرکبات- مسکونی	کشاورزی- خانگی	آلاینده‌های مسکونی بایستی‌جمع آوری‌شود. زمین‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری وآزاد گردد.
		خاور: باغ مرکبات	کشاورزی	در خصوص آلاینده‌های کشاورزی، زمین‌های حریم چاه باید خریداری و آزاد گردد.
		باختر: باغ مرکبات	کشاورزی	در خصوص آلاینده‌های کشاورزی، زمین‌های حریم چاه باید خریداری و آزاد گردد.
۴	چاه شماره ۱۶	شمال: زمین‌های زراعی	کشاورزی	در خصوص آلاینده‌های کشاورزی، زمین‌های حریم چاه باید خریداری و آزاد گردد.
		جنوب: زمین‌های زراعی	کشاورزی	در خصوص آلاینده‌های کشاورزی، زمین‌های حریم چاه باید خریداری و آزاد گردد.
		خاور: بلوار	غیره	می‌بایست آبهای سطحی به‌طور کامل تحت کنترل درآید.
		باختر: زمین‌های زراعی	کشاورزی	در خصوص آلاینده‌های کشاورزی، زمین‌های حریم چاه باید خریداری و آزاد گردد.
۵	چاه شماره۱۷	شمال:تجاری و مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی، باید فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		جنوب: باغ مرکبات- مسکونی	کشاورزی- خانگی	آلاینده‌های مسکونی، بایستی‌جمع آوری‌شود. زمین‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری و آزاد گردد.
		خاور: باغ مرکبات- مسکونی	کشاورزی- خانگی	آلاینده‌های مسکونی، بایستی‌جمع آوری‌شود. زمین‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری و آزاد گردد.
		باختر: باغ مرکبات- مسکونی	کشاورزی- خانگی	آلاینده‌های مسکونی، بایستی‌جمع آوری‌شود. زمین‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری و آزاد گردد.

ادامه جدول ٤- کاربری اراضی و آلاینده‌های موجود در حریم چاه‌های آب شرب شهر ساری و راهکارهای پیشنهادی جهت حذف آلاینده‌ها

ردیف	نام چاه‌ها	کاربری زمین های حریم چاه	انواع آلاینده‌های موجود در حریم چاه	راه‌کارهای پیشنهادی جهت حذف آلاینده‌ها
۱	چاه شماره ۱۸	شمال: تجاری و مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی، باید فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		جنوب: تجاری و مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی، باید فاضلاب‌ها جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
		خاور: تجاری- فضای سبز	خانگی- کشاورزی	آلاینده‌های مسکونی باید جمع آوری‌شود. زمین‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری و آزاد گردد.
		باختر: تجاری و مسکونی	خانگی	در خصوص آلاینده‌های مسکونی، فاضلاب‌ها باید جمع‌آوری و یا تحت کنترل در آید.
۲	چاه ۱ تنگه لته	شمال: زمین زراعی- رودخانه	کشاورزی- آبیاری	آلاینده‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری و آزادگردد و آبهای سطحی به‌طور کامل تحت‌کنترل در آید
		جنوب: زمین زراعی- رودخانه	کشاورزی- آبیاری	آلاینده‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری و آزادگردد و آبهای سطحی هم به‌طور کامل تحت‌کنترل در آید
		خاور: زمین زراعی- رودخانه	کشاورزی- آبیاری	آلاینده‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری و آزادگردد و آبهای سطحی باید به طور کامل تحت‌کنترل در آید
		باختر: زمین زراعی- رودخانه	کشاورزی- آبیاری	آلاینده‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری و آزادگردد و آبهای سطحی باید به‌طور کامل تحت‌کنترل در آید
۳	چاه ۲ تنگه لته	شمال: زمین زراعی- رودخانه	کشاورزی- آبیاری	آلاینده‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری و آزادگردد و آبهای سطحی باید به‌طور کامل تحت‌کنترل در آید
		جنوب: زمین زراعی- رودخانه	کشاورزی- آبیاری	آلاینده‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری و آزادگردد و آبهای سطحی باید به‌طور کامل تحت‌کنترل در آید
		خاور: زمین زراعی- رودخانه	خانگی- کشاورزی	آلاینده‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری و آزادگردد و آبهای سطحی باید به‌طور کامل تحت‌کنترل در آید
		باختر: زمین زراعی- رودخانه	کشاورزی- آبیاری	آلاینده‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری و آزادگردد و آبهای سطحی باید به‌طور کامل تحت‌کنترل در آید
۴	چاه ۳ تنگه لته	شمال: زمین زراعی- رودخانه	کشاورزی- آبیاری	آلاینده‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری و آزادگردد و آبهای سطحی باید به‌طور کامل تحت‌کنترل در آید
		جنوب: زمین زراعی- رودخانه	کشاورزی- آبیاری	آلاینده‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری و آزادگردد و آبهای سطحی باید به‌طور کامل تحت‌کنترل در آید
		خاور: زمین زراعی- رودخانه	کشاورزی- آبیاری	آلاینده‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری و آزادگردد و آبهای سطحی باید به‌طور کامل تحت‌کنترل در آید
		باختر: زمین زراعی- رودخانه	کشاورزی- آبیاری	آلاینده‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری و آزادگردد و آبهای سطحی باید به‌طور کامل تحت‌کنترل در آید
۵	چاه ٤ تنگه لته	شمال: زمین زراعی- رودخانه	کشاورزی- آبیاری	آلاینده‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری و آزادگردد و آبهای سطحی باید به‌طور کامل تحت‌کنترل در آید
		جنوب: زمین زراعی- رودخانه	کشاورزی- آبیاری	آلاینده‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری و آزادگردد و آبهای سطحی باید به‌طور کامل تحت‌کنترل در آید
		خاور: زمین زراعی - رودخانه	کشاورزی- آبیاری	آلاینده‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری و آزادگردد و آبهای سطحی باید به‌طور کامل تحت‌کنترل در آید
		باختر: زمین زراعی- رودخانه	کشاورزی- آبیاری	آلاینده‌های کشاورزی حریم چاه باید خریداری و آزادگردد و آبهای سطحی باید به‌طور کامل تحت‌کنترل در آید

منابع

(۱) رزاقی،عبدالرزاق؛ قدرت‌نما، قهرمان، ۱۳۵۳، هیدرولوژی آب‌های زیرزمینی، ترجمه، شرکت سهامی کتآب‌های جیبی

(۲) خبازنیا، احمدرضا؛ صادقی، اصغر، ۱۳۸۲، نقشه زمین‌شناسی ساری، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، ورقه سری ۶۶۶۳، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

(۳) اژدری، علی؛ وحدتی دانشمند، فرهاد و همکاران، ۱۳۸۲، نقشه زمین‌شناسی پل سفید، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، ورقه سری ۶۶۶۲، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

(۴) بدو، کاظم، ۱۳۸۱، روش‌های محاسبه حریم بهداشتی چاه، مجله آب و محیط زیست، شماره ۵۳

(۵) بدو، کاظم، ۱۳۸۳، مبانی محاسبات حریم بهداشتی برای حفاظت کیفی چاه‌های آب شرب در شهرها، استقلال، سال ۲۳، شماره ۲

(۶) بدو، کاظم؛ میایی، مرتضی، ۱۳۸۲، معیارها و روش‌های تعیین ناحیه حفاظت سرچاهی (حریم بهداشتی چاه)- محاسبات موردی برای چاه آب شرب شماره ۳۳ شهرستان ارومیه، ایین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، کد ۱۰۹۳-۸۳

(۷) قنادی، مجید، ۱۳۸۳، برآورد حریم بهداشتی چاه‌های آب شرب، مجله آب و محیط زیست، شماره ۵۹

(۸) قوامی، عبدالله و همکاران، ۱۳۸۴، بررسی و تعیین حریم بهداشتی چاه، هشتمین همایش ملی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران

(۹) ناصری، حمیدرضا، ۱۳۸۴، تعیین حریم بهداشتی چاه‌های آب شرب شهرهای استان مازندران و راه‌کارهای جلوگیری از آلودگی آنها، سازمان مدیریت و برنامه ریزی مازندران، نشریه ۳۳۰

(۱۰) ناصری، حمیدرضا؛ قره محمودلو، مجتبی، ۱۳۸۴، تعیین حریم کیفی چاه‌های آب شرب (مطالعه موردی: شهر ساری)، هشتمین همایش سالانه انجمن زمین‌شناسی ایران

(۱۱) شرکت سهامی آب منطقه ای مازندران، ۱۳۷۴، گزارش آب‌های زیرزمینی، مهندسین مشاور جاماب

(۱۲) شرکت سهامی آب منطقه ای مازندران، ۱۳۶۳، مطالعات هیدروژئیوژی دشت ساری، مطالعات مرحله ای منابع آب و خاک حوزه آبریز رودخانه تجن مازندران، گزارش امکان یابی، جلد دوم، پیوست ۴/۲

(۱۳) شرکت سهامی آب منطقه ای مازندران، ؟،گزارش نیمه تفضیلی مطالعات آب‌های زیرزمینی آمل- ساری

(۱۴) شرکت سهامی آب منطقه ای مازندران، ۷۱-۱۳۶۴، وضعیت سفره آب زیرزمینی دشت ساری- بندر گز، نشریه شماره ۱۳۸

(۱۵) شرکت سهامی آب منطقه ای مازندران، ۷۳-۱۳۷۲، بررسی تغییرات سطح ایستابی سفره آب زیرزمینی ساری- آمل، نشریه شماره ۱۶۱

(۱۶) شرکت سهامی آب منطقه ای مازندران، ؟، بررسی اثرات شبکه آبیاری و زهکشی سد شهید رجایی بر آبخوان آبرفتی ساری

(۱۷) شرکت سهامی آب منطقه ای مازندران، ؟، بیلان آب زیرزمینی دشت ساری- نکاء

(۱۸) شرکت سهامی آب منطقه ای مازندران، ۱۳۸۵، نقشه‌های تراز بیشینه و کمینه، هم عمق بیشینه و کمینه ، کلر و هدایت الکتریکی دشت آمل- ساری، مقیاس ۱/۲۰۰۰۰۰

(۱۹) شرکت سهامی آب منطقه ای مازندران، ۱۳۶۴، گزارش چاه‌پیمایی و لوگ زمین‌شناسی چاه‌های آب شرب ساری شماره ۴، ۶، ۷، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۷، ۱۸، ۱۹، تنگ لته ۱، تنگ لته ۲، تنگ لته۳ و تنگ لته ۴، شرکت حفاری و ژئوتکنیک کوهاب

(۲۰) شرکت سهامی آب منطقه ای مازندران، ۱۳۸۴، گزارش تمدید ممنوعیت محدوده تأمین آب شرب ساری، شماره ۵۳۵

(۲۱) جهاد کشاورزی مازندران، ۱۳۶۹، گزارش مطالعات ژئوالکتریکی روستای امره- ساری