

جمهوری اسلامی ایران
وزارت نیرو
شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران
شرکت سهامی آب منطقه ای آذربایجان غربی
کمیته تحقیقات

گزارش نهایی طرح تحقیقاتی
بررسی منشأ آلودگی آبهای زیرزمینی منطقه آغ زیارت سلماس و
نحوه کنترل آن

مجری :
شرکت سهامی آب منطقه ای آذربایجان غربی

بهار ۱۳۸۸

جمهوری اسلامی ایران

وزارت نیرو

شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران

شرکت سهامی آب منطقه ای آذربایجان غربی

کمیته تحقیقات

گزارش نهایی طرح تحقیقاتی

بررسی منشأ آلودگی آبهای زیرزمینی منطقه آغ زیارت سلماس و نحوه کنترل آن

مجری: شرکت سهامی آب منطقه ای آذربایجان غربی

پژوهشگران:

مهدی جعفری باری (مدیر پروژه)

دکتر کاظم بدو (مشاور کیفی)

بهزاد حصاری - خدیجه نصیری (همکاران پروژه)

بهار ۱۳۸۸

این پروژه تحقیقاتی با حمایت مالی کمیته تحقیقات شرکت سهامی آب منطقه ای آذربایجان غربی تحت

قرارداد شماره ۱۴۶۸۸/۱۲۳ مورخ ۱۳۸۶/۳/۲۴ با کد AG-W-85003 به انجام رسیده است.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	چکیده
۲	مقدمه
۲	۱-۱ ضرورت و اهداف طرح
۳	۲-۱ مروری بر منابع
۴	۳-۱ منشأ آلودگی آب های زیرزمینی
۶	۴-۱ عنصر بُر و خواص آن
۷	۱-۴-۱ ترکیبات بُر و مصارف آنها
۸	۲-۴-۱ مصرف بُر در جهان و ایران
۹	۳-۴-۱ اثرات بُر بر سلامتی انسان
۱۰	۴-۴-۱ بُر و کشاورزی
۱۲	۲ مواد و روش ها
۱۲	۱-۲ موقعیت جغرافیایی
۱۲	۲-۲ آب و هوا
۱۴	۳-۲ زمین شناسی
۱۸	۴-۲ منابع مؤثر بر آبخوان آغ زیارت
۱۹	۱-۴-۲ آبهای سطحی آبراهه آبگرم
۲۲	۲-۴-۲ آبهای زیرزمینی دره آبگرم
۲۲	۳-۴-۲ آبهای سطحی رودخانه خرخره
۲۳	۴-۴-۲ آبهای زیرزمینی دره خرخره
۲۴	۵-۴-۲ آبهای سطحی دشت سلماس
۲۵	۶-۴-۲ آبهای زیرزمینی دشت سلماس
۲۶	۷-۴-۲ دریاچه ارومیه
۲۸	۵-۲ روش تحقیق
۲۹	۳ نتایج
۳۵	۴ بحث و نتیجه گیری
۳۶	۵ پیشنهادات
۳۹	۶ فهرست منابع

فهرست جدولها

شماره	عنوان	صفحه
۱	تحمل نسبی محصولات کشاورزی به بُر	۱۱
۲	آورد ماهانه و سالانه رودخانه آبگرم در محل پل جاده ارومیه-سلماس	۲۲
۳	آورد ماهانه و سالانه رودخانه خرخره در ایستگاه تمر در دوره ۲۷ ساله	۲۳
۴	مقدار یون‌ها و عناصر کمیاب در آب دریاچه ارومیه	۲۷
۵	مقدار عنصر بُر در نمونه‌های آب برداشت شده از محدوده طرح	۲۹
۶	مساحت اراضی دارای آب زیرزمینی آلوده به بُر در غلظت‌های مختلف	۳۱
۷	نتیجه تجزیه شیمیایی آب شرب مجتمع قره باغ	۳۲
۸	نتیجه تجزیه شیمیایی آب چشمه آبگرم	۳۲
۹	مشخصات جایگاه‌های احداث سد مخزنی برای ذخیره‌سازی آب خرخره چای	۳۷
۱۰	مشخصات جایگاه‌های مختلف ذخیره‌سازی آب رودخانه آبگرم	۳۷

فهرست شکلها

شماره	عنوان	صفحه
۱	نقشه موقعیت محدوده مورد مطالعه در کشور، استان و شهرستان	۱۳
۲	نقشه توپوگرافی برجسته محدوده مورد مطالعه	۱۴
۳	نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه به مقیاس ۱/۱۰۰،۰۰۰	۱۶
۴	راهنمای نقشه زمین‌شناسی	۱۸
۵	زیرحوضه‌های رودخانه آبگرم و حوضه خرخره چای	۲۰
۶	سرشاخه‌های رودخانه آبگرم در حوالی روستای آبگرم	۲۱
۷	وضعیت آب زیرزمینی منطقه از نظر آلودگی بُر	۳۳
۸	وضعیت آب زیرزمینی منطقه از نظر آلودگی بُر با نقاط نمونه برداری	۳۳
۹	موقعیت گسل‌های موجود در منطقه نسبت به محدوده‌های آلوده به بُر	۳۴
۱۰	موقعیت محدوده‌های آلوده به بُر بر روی نقشه توپوگرافی	۳۴
۱۱	جایگاه‌های پیشنهادی برای ذخیره آب سطحی و انتقال آب آلوده چشمه آبگرم	۳۸

فهرست تصاویر

شماره	عنوان	صفحه
۱	ساختمان حمام آبگرم تخریب شده	۴۱
۲	دورنمایی از چشمه آبگرم و اتاقک های موجود	۴۱
۳	اتاقک های ساخته شده بر روی چشمه های آبگرم	۴۲
۴	وضعیت یونجه زارهای آبیاری شده با آب زیرزمینی آلوده به بُر	۴۲
۵	وضعیت یونجه زارهای آبیاری شده با آب زیرزمینی آلوده به بُر	۴۳
۶	آثار مسمومیت بُر در بوته ها و برگ های یونجه	۴۳

چکیده

آبهای زیرزمینی یکی از منابع اصلی تأمین کننده آب شرب و کشاورزی دشت سلماس و آغ زیارت می باشد. در سالهای اخیر آب شرب مجتمع آبرسانی قره باغ نیز از طریق حفر و تجهیز دو حلقه چاه عمیق در محدوده روستاهای آغ زیارت و خان تختی تأمین گردیده است. بدنبال شکایت های مکرر استفاده کنندگان آب شرب در این مجتمع از کیفیت آب و انجام آزمایشات تجزیه شیمیایی آب مشخص گردید که آب دارای عنصر بُر به مقدار بیشتر از حد مجاز می باشد. در طرح حاضر برای تعیین منشأ آلودگی و راهکارهای جلوگیری از آن بررسی هایی انجام گرفته است. ابتدا محدوده طرح با در نظر گرفتن منابع آب تأثیر گذار بر آبهای زیرزمینی منطقه آغ زیارت تعیین گردید. از منابع آب قابل دسترس تعداد ۴۵ نمونه آزمایشی تهیه و مقدار بُر آنها بروش Azomethine H تعیین گردید. با استفاده از نرم افزار ARCGIS9.2 و روش درون یابی IDW و با در نظر گرفتن موانع یا Barriers که لایه های زمین شناسی می باشند، محدوده آبهای زیرزمینی آلوده به بُر در ۴ کلاس تعیین گردید. با بررسی نتایج آزمایشات و بررسی نقشه های زمین شناسی منطقه مشخص گردید که منشأ آلودگی آبهای معدنی داخل زمین می باشد که پس از گذشتن از لایه های سنگی حاوی بُر و حل آن در خود، مقداری از آن بصورت چشمه آبگرم به سطح زمین راه یافته و پس از جریان وارد آبهای زیرزمینی شده و آنرا آلوده می کند و قسمت دیگر از طریق گسل های موجود منطقه به دره خرخره چای و اطراف روستای قاباخ تپه انتقال یافته و باعث آلودگی آبهای زیرزمینی آن منطقه نیز می گردد. برای جلوگیری از آلودگی بیشتر آب های زیرزمینی و خاک های منطقه پیشنهاد گردید اولاً، چشمه آب گرم و آبهای سطحی و زیرزمینی اطراف آن با احداث یک سد زیرزمینی و یک مخزن روی آن جمع آوری شده و به دریاچه ارومیه یا استخرهای تبخیر انتقال داده شود. ثانیاً، با شناسایی و معرفی گزینه های مختلف سد کوتاه مخزنی بر روی رودخانه های خرخره و آبگرم، آب سطحی جایگزین آب زیرزمینی آلوده به بُر گردد.

کلمات کلیدی: منشأ آلودگی، آبهای زیرزمینی، بُر، چشمه آبگرم، کنترل آلودگی

۱- مقدمه

آبهای زیرزمینی یکی از منابع مهم تأمین آب شیرین می‌باشند که بعد از یخ‌های قطبی بزرگترین منبع آب شیرین را تشکیل می‌دهند. با رشد تکنولوژی حفاری و استخراج، بهره‌برداری از آبهای زیرزمینی رشد فوق‌العاده‌ای پیدا کرده است. آبهای زیرزمینی در شرب، کشاورزی، صنعت و سایر زمینه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. به علت آلودگی کم آبهای زیرزمینی استفاده از آن در مصارف خانگی و شرب به آب‌های سطحی ترجیح داده می‌شود. برداشت آب زیرزمینی در کشور ما سابقه طولانی دارد. قنات‌ها که یکی از روش‌های بسیار مناسب برای استخراج آب زیرزمینی می‌باشند از ابتکارات ایرانیان بشمار می‌رود. امروزه به علت پیشرفت تکنولوژی پمپ‌های آب، روش برداشت آب زیرزمینی بوسیله چاه به قنات ترجیح داده می‌شود و در اثر گسترش بی‌رویه حفاری چاه، در بیشتر دشتهای کشور که آبخوان‌ها را تشکیل می‌دهند، مجوز حفاری و بهره‌برداری از چاه جدید صادر نمی‌گردد. در اثر گسترش مناطق شهری و روستایی و صنایع آلاینده شیمیایی، کیفیت آبهای زیرزمینی مورد تهدید جدی قرار گرفته است. تاکنون در رابطه با حفاظت از منابع آب زیرزمینی در مقابل انواع مختلف آلاینده‌ها اقدامات مؤثری صورت نگرفته است. علت این غفلت را بیشتر در پنهان بودن این منبع در زیرزمین و مشکل بودن کنترل کمی و کیفی آن جستجو کرد. از طرف دیگر تأثیر پذیری کیفی آبخوان از عوامل بیرونی سریع و آشکار نیست. آلودگی آبهای زیرزمینی امروز به یکی از دغدغه‌های مهم بشر تبدیل شده است و حفاظت این منبع آب عظیم خدادادی یکی از وظایف مهم مسئولین و مردم می‌باشد.

دشت سلماس یکی از آبخوان‌های غنی استان آذربایجان غربی بشمار می‌رود. برداشت آب زیرزمینی در دشت سلماس نیز در سالهای اخیر گسترش زیادی یافته است. در منطقه مورد مطالعه نیز که در قسمت جنوب شرقی آن قرار دارد، از چاه‌های عمیق و نیمه عمیق برای برداشت آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی و شرب استفاده می‌شود. آلودگی آب زیرزمینی این منطقه به بُریکی از مشکلات اساسی در بهره‌برداری از آن می‌باشد. به علت ایجاد مسمومیت بوسیله بُر در بسیاری از گیاهان، خشک شدن درختان میوه، کاهش راندمان سایر محصولات و عوارض زیانبار آن در آب شرب، بررسی منشأ آلودگی و کنترل آن ضرورت پیدا می‌کند. طرح حاضر نیز با بررسی منابع آب تأثیرگذار در کیفیت و کمیت آبهای زیرزمینی منطقه آغ زیارت در صدد یافتن منشأ آلودگی و پیشنهاد راه‌حلهای جلوگیری و کنترل آلودگی می‌باشد تا بدینوسیله قدمی در جهت رفع مشکلات مردم منطقه برداشته شود.

۱-۱- ضرورت و اهداف طرح

تأمین آب آشامیدنی سالم یکی از اهداف مهم در جوامع بشری است و دستیابی به توسعه و پیشرفت در سایه سلامت افراد جامعه امکان پذیر است و سلامتی افراد در گرو تأمین آب شرب مطلوب است. آبرسانی مجتمع قره باغ که شامل روستاهای قره باغ، نجف آباد، قالفاجی، گورچین قلعه و مقیطالو می باشد از طریق دو حلقه چاه واقع در منطقه آغ زیارت و خان تختی سلماس تأمین می شود. پس از شروع بهره برداری از مجتمع، از طرف اهالی روستاها شکایت های متعددی از کیفیت آب شد. آزمایشات معمول آب که توسط شرکت آب و فاضلاب روستایی انجام می شد کیفیت مناسب برای آب نشان می داد. به علت خشک شدن درختان میوه در روستاهای فوق تصمیم گرفته شد در مورد عناصر کمیاب از جمله بُر نیز آزمایشاتی انجام شود. با نمونه برداری از آب مجتمع و انجام آزمایش مشخص گردید که مقدار عنصر بُر در آب خیلی بیشتر از حد مجاز می باشد که به دنبال این موضوع تصمیم به جایگزین نمودن منبع تأمین آب گرفته شد. با توجه به اینکه آبخوان آغ زیارت که از نظر کمیت بسیار غنی بوده و در صورت بهبود کیفیت آن یک منبع مناسب برای تأمین آب شرب و کشاورزی منطقه می باشد، این طرح تحقیقاتی با هدف منشأ یابی آلودگی آب زیرزمینی منطقه پیشنهاد گردید تا در صورت امکان با جداسازی منبع آلودگی از آبخوان، نسبت به بهبود کیفیت آب آن اقدام شود.

۱-۲- آلودگی آبهای زیرزمینی

آلودگی آب به تغییرات حاصل از فعالیت های انسانی در آب که باعث پایین آمدن کیفیت آن برای مصارف خاص شود، گفته می شود. آلودگی از نظر نوع مصرف آب قابل تعریف است زیرا آبی که برای شرب انسان مناسب نباشد ممکن است برای کشاورزی بسیار مناسب باشد. البته آلودگی های دیگری نیز وجود دارد که منشأ طبیعی دارند از جمله می توان به آلودگی طبیعی که بعد از وقوع سیل اتفاق می افتد و آلوده شدن آب به مواد سمی معدنی از عوامل دیگر آلودگی آب می باشد که انسان در آن نقشی ندارد. به طور کلی صرف نظر از علت ایجاد آلودگی، آب هنگامی آلوده نامیده می شود که مقدار مواد خارجی موجود در آن به اندازه ای باشد که استفاده از آن سبب بروز اثرات زیان آور شود. مواد آلوده کننده آب بسیار زیاد هستند و آلودگی ها انواع مختلفی دارند. میزان و اثرات آلودگی بستگی به نوع و مقدار آلاینده دارد. تولید مواد زاید، جزء جدانشدنی زندگی انسان است و تقریباً اجتناب ناپذیر می نماید بطوری که از کلیه فعالیت های انسان مقداری مواد زاید تولید می شود. مواد زاید از محیط زندگی دفع شده و گاهی در آب های جاری ریخته شده و باعث آلودگی آن می گردد. رشد جمعیت و توسعه صنایع دو عامل مهم آلودگی منابع آب هستند و هر دو مقادیر قابل توجهی مواد

زاید تولید و به آب اضافه می کنند. فاضلاب خروجی شهرها و کارخانجات حاوی مقادیر زیادی مواد شیمیایی، زباله، مواد زاید و فضولات است. سیستم های مدرن جمع آوری و دفع فاضلاب مجهز به تصفیه خانه شده و فاضلاب های وارده را پس از تصفیه به مصارف دیگر از جمله کشاورزی می رسانند. در مناطق شهری و روستایی که هنوز دارای شبکه جمع آوری فاضلاب نیستند، فاضلاب توسط روش های دیگر دفع می گردد. روشهای دفع مواد زاید شامل تخلیه در حوضچه های نفوذ، پخش در سطح زمین (آبیاری)، گودال ها و ترانشه ها، کف خشکه رودها، چاه های جذب و لند فیلها می باشد که با توجه به نوع مواد زاید و شرایط خاص از یکی از این روش ها استفاده می شود. روش های فوق نیز هر کدام با توجه به شکل و گستردگی خود ممکن است آلودگی نقطه ای، خطی و یا انتشاری (Diffuse) بوجود آورند.

علل و عوامل آلودگی آب در محیط زیست به اندازه انواع مصارف آن متنوع است. چون آب حلال همگانی است در نتیجه گردش دائم آن در طبیعت همه نوع مواد زاید و پس ماند را با خود حمل می کند. مواد و عوامل آلوده کننده آب شامل مواد آلی (مواد مغذی، روغن و گریس)، باکتری های کلی فرم، مواد جامد معلق، فضولات جامد صنعتی و زباله ها، مواد شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی، مواد رادیو اکتیو، مواد معدنی موجود در زمین نظیر هیدروژن سولفید، کلرور سدیم، بُر و ترکیبات آن می باشد.

مواد آلاینده تغییراتی را در آب بوجود می آورند که آنها را آلودگی های فیزیکی، فیزیولوژیکی، زیستی و شیمیایی می نامند. آلودگی فیزیکی شامل رنگ، کدورت، حرارت، کف و مواد رادیو اکتیو می باشد. آلودگی های فیزیولوژیکی باعث تغییر بو و طعم آب می گردند که ناشی از مواد آلی فساد پذیر، وجود خزه و جانداران بودار، ترکیبات آهن و منگنز و سایر فلزات، مواد موجود در فاضلاب های صنعتی و وجود بعضی از گازهای گوگرد دار می باشد. آلودگی های زیستی شامل باکتری ها، ویروس ها و انگل ها می باشد. آلودگی های شیمیایی خطرناکترین نوع آلودگی می باشند زیرا تأثیر آن بر انسان و موجودات زنده زیاد است و تصفیه آب از نظر شیمیایی نیز بسیار مشکل می باشد. این نوع آلودگی ناشی از فعالیت های کشاورزی، صنعتی و بهداشتی انسان و یا به صورت طبیعی ناشی از مواد معدنی موجود در مجاورت منابع آب زیرزمینی می باشد. هرچه ترکیب مواد زاید آلوده ساز پیچیده تر باشد، باید اطلاعات دقیق تر و کامل تری در مورد منابع اولیه و خواص آنها جمع آوری گردد تا پیش گیری از آلودگی ها و مبارزه علیه آنها با موفقیت بیشتری توأم شود (حبیبی و معصومی، ۱۳۸۵).

۳-۱- مروری بر منابع

بررسی منابع نشان می دهد عنصر بُر به مقدار بیش از حد مجاز فقط در آبهای زیرزمینی یافت می شود که به نحوی با آبهای معدنی که از اعماق زمین به سطح می آیند و اغلب بصورت چشمه های آبگرم یا چاه هایی که برای استفاده در نیروگاه های زمین گرمایی حفر می شوند، مرتبط هستند. در اینجا به تعدادی از آنها که در منابع علمی ارائه شده است، اشاره می شود.

۱- آب های گرم نیروگاه زمین گرمایی قزیل دره ترکیه دارای مقادیر بُر تا حد ۳۲ میلی گرم بر لیتر با دبی ۵۰۰ لیتر بر ثانیه می باشند. این آبها در رودخانه بیوک مندرس تخلیه می گردند و مقدار بُر رودخانه را در دبی ۲ متر مکعب بر ثانیه به میزان ۴/۴ میلی گرم بر لیتر می رسانند. این مقدار بالای بُر به شرایط ناپایدار تحمل بُر کانی های موجود در سنگ های دگرگونی نسبت داده شده است که بوسیله آزمایشات انجام شده بر روی سنگ های مختلف و آبهای گرم ثابت شده است (اوزگور، ۲۰۰۲).

۲- غلظت بُر در آب های گرم آناتولی غربی در ترکیه در محدوده ۱ تا ۶۳ میلی گرم بر لیتر متغیر است. برازش مثبت بین بیکربنات کلسیم و بُر برای آبهای گرم نشان می دهد که غلظت بُر در آبهای گرم با تجزیه کربناتها ارتباط دارد. غلظت بالای بُر در آبهای گرم مشکلات زیست محیطی زیادی در آبهای زیرزمینی و سطحی منطقه آناتولی غربی ایجاد کرده است. تزریق آبهای گرم به یک چاه تزریق بهترین راه حل برای جلوگیری از مسائل آلودگی تشخیص داده شده است (گمیچی و تارجان، ۲۰۰۲).

۳- در ایالت مینه سوتای آمریکا ۹۵۴ حلقه چاه جهت تأمین آب شرب شبکه آبرسانی ایالتی مورد استفاده قرار می گیرند. دپارتمان بهداشت مینه سوتا حد مجاز بُر را در آب شرب ۰/۶ میلی گرم بر لیتر تعیین کرده است. غلظت متوسط بُر برای کل آبخوان ها ۰/۴۶ میلی گرم بر لیتر می باشد. آبخوان های کرتاسه ۳۳٪، پرکامبرین ۱۱-۳۳٪ و توده های مدفون ۹/۶٪ بطور متوسط نسبت به مقدار مجاز بُر اضافی دارند. مقادیر حداکثر مشاهده شده در هر یک از این آبخوان ها بترتیب ۴/۷، ۳/۵ و ۴/۸ میلی گرم بر لیتر بوده است. غلظت های مشاهده شده در سنگ های پالئوزوئیک معمولاً پایین و در حد ۰/۱ میلی گرم بر لیتر می باشد. بُر از طریق کانی هایی که آبخوان ها را تشکیل می دهند، در آب زیرزمینی وارد شده و به صورت اسید بریک ضعیف در داخل آب حل شده است. بین بُر و عناصر دیگر مانند کلسیم، سدیم، پتاسیم، آهن، استرونتیوم و فلئور همبستگی شدیدی وجود دارد. آهن و اکسید آلومینیوم از حل شدن و حرکت بُر به طرف خاک جلوگیری می کنند. در محیط هایی که مقدار غلظت آهن زیاد است به علت خاصیت کاهندگی حرکت بُر، مقدار غلظت بُر نیز رو به افزایش است. این موضوع گویای این واقعیت است که چاه های عمیق تر که در آبخوان های کرتاسه، پرکامبرین و توده های مدفون قرار دارند، به مقادیر بالای بُر حساس می باشند. وجود بُر همراه با کلسیم، سدیم، پتاسیم و

استرونتیوم نشان دهنده افزایش مدت زمان ماند و یا آب زیرزمینی قدیمی می باشد. با افزایش زمان ماند، آب زیرزمینی تمایل به کاهش بیشتر دارد و مقدار بُر آزاد شده از کانیها به داخل سنگ های تشکیل دهنده این آبخوان های حساس افزایش می یابد. درمقابل، آبخوان های واقع در نزدیکی سطح زمین دارای غلظت پایین می باشند. این آبخوان ها نسبت به آلوده شدن با بُر در صورت وجود منبع آلودگی در قسمت غیر اشباع، حساس هستند. تحت این شرایط، اگر منبع آلودگی توسط انسان با آبخستگی ایجاد شود، آبخوان های سطحی نسبی به آلودگی با بُر حساس خواهند بود (نمایندگی کنترل آلودگی مینه سوتا، ۱۹۹۸).

۴- مطالعه مقدار بُر همراه با یون های کلرور، سولفات و نترات به عنوان فاکتورهای تعیین کننده منشأ، به تشخیص آن قادر ساخت. در سنگ های کربناته با شوری بالا، بُر با تداخل آب دریا همراه است. در آبخوان های دوران چهارم، منشأ آن مرکب بوده و با ۳ فرایند همراه است. تداخل آب دریا، که در آن مقدار کلرور بالا و نسبت بُر به کلرور نزدیک به مقدار آن در آب دریا است. آلودگی انسانی، در نقاطی که غلظت بُر و نترات بالا بوده و جایی که نسبت بُر به کلرور بیشتر از مقدار آن در آب دریا است. و وجود تجزیه رسوبات تبخیری، در لایه دوران چهارم و در نقاط نمونه برداری که نسبت سولفات به کلرور بالا رفته و مقدار بُر نیز زیاد است (مولینا و دیگران، ۲۰۰۳).

۵- به علت خشکسالی در کالیفرنیا در سال های ۱۹۷۵ تا ۱۹۷۷ زمین های چمن گلف در معرض خشکی قرار گرفتند. پساب شهری در دسترس بود اما پساب تأسیسات و حمام های چشمه های معدنی که حاوی مقدار زیادی بُر هستند، به تصفیه خانه وارد می شد و پساب خروجی دارای ۴ میلی گرم بر لیتر بُر بود از این رو گمان می رفت اگر از این آب برای چمن گلف استفاده شود، ایجاد مسئله نماید. طی دو سال ردیابی، مقدار بُر در آب کاربردی از ۳ تا ۷/۸ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود. میزان این عنصر در عصاره اشباع خاک ناحیه ریشه چمن گلف از ۳/۱ تا ۷/۸ میلی گرم بر لیتر متغیر بود. میزان بُر در برگ های بریده شده (براساس وزن خشک) در محدوده ۱۸ تا ۸۶ میلی گرم در کیلوگرم بود. چمن زنی مکرر احتمالاً از زیانهای ناشی از انباشتگی بُر در برگ ها جلوگیری کرده بود. چمن گلف و مسیرهای حرکت گلف بازان با پساب شهری آبیاری و نگهداری شد بدون اینکه چمن از بابت بُر زیاد موجود در آب آبیاری آسیب ظاهری ببیند اما درختان کاج که بطور پراکنده در اطراف زمین گلف کاشته شده بودند، آسیب دیدگی برگ (سوختگی نوک برگ) چشمگیری را نشان دادند. بارفع خشکسالی و آغاز دوباره بارندگی زیان بالقوه بُر به حداقل رسیده است (دونالدسون و همکاران، ۱۹۷۸).

۱-۴- عنصر بُر و خواص آن

بُر عنصری شبه فلز است که هم به صورت پودر بی شکل قهوه ای تیره تا سیاه و جامد بلورین سیاه براق تا خاکستری-نقره ای موجود است. یک ساختار بلورین تترا گونال و دو ساختار رومبو هدرال برای بُر شناخته شده است. بُر به ترتیب فراوانی در کشورهای زیر وجود دارد:

ایالات متحده (خصوصا کالیفرنیا)، ترکیه، شیلی، آرژانتین، ایران و روسیه

ساده ترین روش تهیه بُر احیاء تری اکسید بُر از طریق گرما دادن با منیزیم است که این منجر به تولید پودر بی شکل این عنصر می شود. این عنصر به صورت آزاد در طبیعت یافت نمی شود اما اسیدهای بُر در آبهای آتشفشانی و براتها و کولمانیت یافت می شود. منابع مهم بُر عبارتند از کانی های رازوریت و تینکال. ایزوتوپهای بُر به صورت طبیعی وجود دارند بُر دارای دو ایزوتوپ B_{10} و B_{11} است که اولی $19/7$ درصد و دومی $80/3$ درصد را به خود اختصاص می دهند. بلورهای کریستاله با خلوص بالا از ترکیبات تری کلرید بُر و تری برومید با حضور هیدروژن و توسط فیلامنتهای برقی حرارت بالا تولید می شوند. بُرهای بی شکل و ناخالص دارای رنگهای قهوه ای مایل به سیاه هستند و به صورت پودر وجود دارند که می تواند توسط گرمایش پودر منیزیم و تری اکسید به دست بیاید. از مشخصات نوری این عنصر این است که اشعه مادون قرمز را از خود عبور می دهد. بُر دارای رسانایی ضعیف است اما در دمای بالا رسانای خوبی است. بُرهای بی شکل در مواد آتش بازی برای فراهم کردن رنگ سبز و همینطور برای مواد قابل احتراق در راکتورها مورد استفاده قرار می گیرد. ایزوتوپ B_{10} برای کنترل راکتورهای اتمی به عنوان پوشش در برابر تشعشعات هسته ای استفاده می شود و همینطور از این ترکیب در تجهیزات ردیابهای نوترونی استفاده می شود. بُر دارای خصوصیات چرب و روانی مثل گرافیت دارد. به علت خصوصیات سبک وزنی و استحکام بالا، بُر برای استفاده در تشکیلات و ساختارهای فضایی مورد استفاده قرار می گیرد. از نظر ظرفیت و پایداری و ساختار مولکولی شبکه ای بُر شبیه کربن است. قیمت بُر کریستاله با خلوص ۹۹ درصد در بازار ۵ دلار در گرم است و قیمت بُر بی شکل ۲ دلار در هر گرم می باشد.

۱-۴-۱- ترکیبات بُر و مصارف آنها

ترکیبات گوناگون بُر دارای کاربردهای بسیار وسیع، استراتژیک و مهمی در صنایع مختلف کوچک و بزرگ، کشاورزی، دارویی و پزشکی می باشند. به دلیل عدم وجود عناصر و مواد جایگزین آن بعضی از شاخه های صنعتی وابسته به این عنصر متوقف مانده و یا با مشکلاتی اساسی و جدی روبروست. امروزه بُراتها دارای مصارف بسیار زیادی در ساخت فایبر گلاس، سرامیک، رساناها، اسیدبریک،

کاشی سازی، شوینده‌ها (صابون سازی، مواد پاک کننده و...)، پارچه بافی، صنعت کشاورزی، کود شیمیایی، پر بُراتها، صنایع شیشه، پشم شیشه، مینا کاری، کمک ذوب، چسب، مهار آتش سوزی، گداز آور در صنایع فلزگری، تهیه چسب و حلالها، راکتورهای اتمی، صنایع الکتریکی، کاغذ سازی، ترکیب ضد یخ، چرم سازی، جوشکاری، لحیم کاری و عکاسی مورد استفاده قرار می گیرند.

شیشه بُرات برای شیشه‌های عدسی‌های عکاسی، هواپیما و چشمی‌های با زاویه دید وسیع به کار برده می‌شود. شیشه معروف به شیشه نامریی، شیشه بُراکس است که ۹۹/۶ درصد کلبه اشعه مرئی را عبور می‌دهد، همچنین از اسید بُریک و بُراکس بعنوان مواد خام مورد نیاز در صنعت شیشه سازی استفاده فراوان می‌شود. امروزه از کلمانیت بجای سنگ آهک و اسید بُریک جهت افزایش سرعت ذوب شیشه استفاده می‌گردد. وجود بُر در شیشه علاوه بر کاهش انبساط حرارتی باعث افزایش دوام شیمیایی شیشه، اصلاح خواص اپتیکی و همچنین اصلاح خواص الکتریکی شیشه می‌گردد. شیشه‌های معروف به شیشه‌های ضد اسید نیز ترکیبی از بُر و سلیس هستند. در سخت کردن پلاستیکها و در ساخت تانکهای ذخیره زیر زمینی که احتیاج به مقاومت کشش و مدول الاستیسیته بالا دارند، از الیاف شیشه‌ای استفاده می‌گردد که این الیاف از جنس سلیس و بُر می‌باشند. برای بالا بردن ضد سوختگی چوب و درب چوبی و چهار چوبهای فلزی و چوبی در امر آتش سوزی و بخصوص راه پله‌های فرار ساختمانها و درب آنها از ترکیبات بُر استفاده می‌شود.

یکی از مصارف اصلی بُر در ساخت فایبر گلاس‌های مختلف می‌باشد. ترکیبات بُر در ساخت پایگاه‌های پرتاب موشک دارای کاربرد استراتژیک می‌باشند.

کانی‌های بُر نقش مهمی در ساختن بسیاری از کودهای شیمیایی دارند. ترکیبات بُر در تولید استیل و فلزات غیر آهنی، آلیاژها، مغناطیس‌های کمیاب و فلزات بی شکل مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این برای جوشکاری، ساخت بعضی از روکشها، بعنوان کمک ذوب آهن و فلزات غیر آهنی، استحصال بعضی از مواد معدنی و پوششهای ضد زنگ نیز استفاده می‌شود.

براتها بسادگی با اکسیدهای فلزی آغشته شده و در درجه حرارت‌های کاملاً پایین از به هدر رفتن فلزات قیمتی در هنگام استحصال جلوگیری می‌کند. همچنین از فلزات بی‌شکل حاوی ترکیبات بُر برای از دست رفتن انرژی در ترانسفورماتورها استفاده می‌گردد. ترکیب بُر، آهن و روی در ساخت آلیاژهای ضد زنگ و مقاوم در برابر حرارت استفاده می‌گردد. مواد منفجره آمونیوم در مناطقی که مس استخراج می‌شود بخاطر اثرات سولفیدهای مس بر روی آنها در شرایط خاصی پایدار نمی‌ماند، لذا با پاشیدن محلول‌های برات آمونیوم بر روی چاله‌های حفاری در جایی که مواد منفجره قرار می‌گیرند این مواد را پایدار نگه می‌دارند. Ferro Boron برای ساخت پودرهای آهن ربا‌های خیلی قوی مورد

استفاده می‌گردد. تقریباً تمامی جوش دهنده‌های خشک حاوی ترکیبات بُر بوده که برای زنگ نزدن و اتصال خوب و محکم محل جوش، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

کانی‌های گروه برات به دو رده برات‌های هیدراته و غیر هیدراته تقسیم بندی می‌گردند که هر یک دارای کانیهایی متعددی می‌باشند. از میان ترکیبات متعدد آن فقط گروه کوچکی بنام براتها دارای ارزش اقتصادی می‌باشند که محتوی اکسید بریک، اکسید سدیم و یا کلسیم و یا هر دو و همچنین آب متبلور می‌باشند. کانیهایی این گروه شامل براکس، کرنایت، کلانیست و الکایت می‌باشند.

دیگر مصارف بُر و ترکیبات آن عبارتند از:

کنترل کننده غلظت رنگها، ثابت نگه داشتن PH مواد منفجره، ساخت فیلم‌ها، مقاوم کردن سطح شیشه‌ها در برابر حرارت و مواد شیمیایی، ساخت صفحه‌های ظریف LCD، ساخت سرامیک‌های زیبا، آلیاژ بُر و آهن برای جلوگیری از زنگ زدگی، مخلوط روی و بُر برای پوشش کابل‌های الکتریکی، جذب اشعه نوترون، محفظه‌های هسته‌ای، ساخت ضد باکتری، ساخت مواد آرایشی، معالجه سرطان و...

۱-۴-۲- مصرف بُر در جهان و ایران

از آمار واقعی مصرف جهانی بُر اطلاع دقیقی در دست نیست. معمولاً آمارهای مصرف به صورت مصرف ظاهری بیان می‌گردد. میانگین مصرف ظاهری جهانی بُر در دوره (۱۹۹۷-۲۰۰۱) ۴۶۰۸/۵ هزارتن بوده که از ۴۶۸۸ هزارتن در سال ۱۹۹۷ به ۴۵۷۷/۷ هزارتن در سال ۱۹۹۹ و ۴۶۰۹/۷ هزارتن در سال ۲۰۰۱ کاهش یافته است.

کشورهای ترکیه، ایالات متحده آمریکا، روسیه، آرژانتین و شیلی جزء ۵ کشور پر مصرف بُر جهان هستند. در این میان نرخ رشد مصرف کشور ترکیه منفی بوده که بیشترین کاهش نرخ رشد را در بین کشورهای عمده مصرف کننده داراست. کشور آرژانتین هم با نرخ رشدی معادل ۳۰ درصد جزء بیشترین مصرف کنندگان بُر در جهان بشمار می‌رود.

در ایران ذخایر براکس تولید شده از تنها معدن فعال براکس ایران یعنی معدن قره‌گل در کارخانه فرآوری تاکستان در استان قزوین برای تولید اسید بریک استفاده می‌شود. این اسید کاربردهای زیادی در صنعت دارد که در قسمت قبل بدان اشاره شد. همچنین بخشی از تولیدات براکس معدن قره‌گل به وزارت جهاد کشاورزی برای تولید کود شیمیایی و بخشی دیگر به کارخانه کاشی ایرانا برای تولید کاشی مرغوب فروخته می‌شود. از آنجائی که صادراتی از محصول بُر در کشور صورت نمی‌گیرد، کلیه تولیدات این محصول به مصرف داخلی می‌رسد.

۱-۴-۳- اثرات بُر بر سلامتی انسان

بر اثر هواز دگی، بُر به هوا، خاک و آب وارد می‌شود. بُر به مقدار جزئی در آبهای زیرزمینی وجود دارد. انسان با فعالیتهایی از قبیل ساخت شیشه، احتراق زغالسنگ، ذوب مس و استفاده از کودهای کشاورزی سبب ورود بُر به محیط زیست می‌شود. مقدار بُری که با استفاده از فعالیتهای انسانی به محیط زیست وارد می‌شود در مقایسه با بُری که به طور طبیعی و از طریق فرآیند هواز دگی به محیط وارد می‌شود، کمتر است. گیاهان، عنصر شیمیایی بُر را از زمین دریافت می‌کنند و بر اثر استفاده جانوران از گیاهان مقدار بُر در زنجیره غذایی به پایان می‌رسد. زمانی که بدن جانوران مقدار زیادی بُر در مدت زمان طولانی از طریق غذا و آب آشامیدنی جذب می‌کند، اندام‌های تولید مثلی جانوران نر تحت تاثیر قرار می‌گیرد. اگر جانوران ماده طی بارداری مقدار زیادی بُر دریافت کنند، تولد موجود جدید با مشکل همراه خواهد بود و ممکن است به تاخیر بیفتد یا موجود جدید ناقص به دنیا بیاید. بعلاوه، اگر جانوران گاز بُر را تنفس کنند، از آسیبهای شنوایی رنج خواهند برد. برات‌ها در حالت طبیعی عمدتاً برای طبیعت بی خطر بوده و سابقه بسیار خوبی در ایمنی مسائل زیست محیطی دارند. تنها خطر براکس اثر آن بر روی چشم و گلو در هنگام استخراج و یا فرآوری آن برای کسانی که از نزدیک با آن در ارتباط هستند، می‌باشد عنصر بُر و یا ترکیبات آن بر روی پوست اثر نمی‌گذارد. خوردن بیش از یک قاشق بُر ممکن است عوارض جانبی برای بدن ایجاد نماید. اسید بریک به عنوان اسید ضعیف می‌تواند باعث زنگ زدگی فلزات پایه گردد. فعل و انفعالات اسید بریک با فلزات قلیایی تولید اکسیژن نموده و سبب انفجار می‌رود. مصرف مقدار زیادی بُر در کودهای شیمیایی می‌تواند باعث از بین رفتن گیاهان و محصولات کشاورزی گردد. اسیدبریک در طبیعت تبدیل به اکسید بُر شده و حالت اسیدی خود را از دست می‌دهد. بُر عنصری است که با استفاده از فرآیندهای طبیعی در محیط زیست تشکیل می‌شود. انسانها عنصر شیمیایی بُر را از طریق میوه، سبزیجات، آب، هوا و محصولات مصرفی دریافت می‌کنند. خوردن ماهی یا گوشت سبب افزایش غلظت بُر در بدن انسان نمی‌شود، زیرا بُر در بافت جانوران تجمع نمی‌یابد. پرتوزایی بُر در هوا و آب آشامیدنی چندان زیاد نیست، اما احتمال پرتوزایی بُر در غبار برات در محل کار کارگران زیاد است. زمانی که فردی مقدار زیادی غذای حاوی بُر مصرف کند، غلظت بُر در بدن آنقدر افزایش می‌یابد که در بدن فرد مشکلات فراوانی ایجاد می‌کند. بُر باعث عفونت معده، کبد، کلیه‌ها و مغز می‌شود و در نهایت سبب مرگ فرد

می‌گردد. مقدار اندک بُر باعث بروز اختلالاتی در گوش، گلو یا چشم می‌شود (پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، ۱۳۸۷).

سازمان بهداشت جهانی (۲۰۰۴) مقدار مجاز بُر در آب شرب را ۰/۵ میلی گرم بر لیتر اعلام کرده است. سازمان برنامه و بودجه (۱۳۷۱) حداکثر مطلوب عنصر بُر در آب شرب را صفر و حداکثر مجاز آن را ۱ میلی گرم بر لیتر تعیین گردیده است.

۱-۴-۴- بُر و کشاورزی

بُر یک عنصر اصلی برای رشد گیاه می‌باشد. بُر در مقادیر نسبتاً کوچک مورد نیاز است. اگر مقدار قابل ملاحظه‌ای بیشتر از مورد نیاز وجود داشته باشد، مسمومیت ایجاد می‌شود. برای بعضی از محصولات، اگر ۰/۲ میلی گرم بر لیتر بُر در آب ضروری باشد ۱ تا ۲ میلی گرم بر لیتر مسمومیت تلقی می‌گردد. آب‌های سطحی بندرت دارای بُر به مقدار مسمومیت‌زا هستند ولی آب چاه‌ها یا چشمه‌ها ممکن است حاوی این عنصر در حد مسمومیت‌زایی باشند خصوصاً اگر نزدیک چشمه‌های آب گرم و گسل‌های زمین لرزه‌ای باشند. مشکلات بُر با منشاء آب، فراوانتر از مشکلات با منشاء خاک می‌باشد. مسمومیت بُر تقریباً همه محصولات را تحت تأثیر قرار می‌دهد ولی، مثل شوری، دامنه وسیعی از تحمل بین محصولات وجود دارد.

علائم مسمومیت با بُر معمولاً ابتدا در برگ‌های پیر با زردشدگی، لکه‌ای شدن، یا خشک شدن بافت برگ در نوک و لبه‌ها پدیدار می‌گردد. با گذشت زمان که مقادیر بیشتری از این عنصر در گیاه انباشته می‌شود، خشک‌شدگی و سفیدک اغلب بسمت مرکز برگ در ناحیه رگبرگ‌ها، پیشروی می‌کند. در درختانی که بطور جدی آلوده می‌شوند، مثل بادام و سایر گیاهان درختی که نوعاً علائم برگ‌پدیدار نمی‌گردد صمغ، یا ترشحات برون‌تراویده در شاخه‌ها و تنه درخت قابل توجه است.

غالباً علائم مسمومیت گیاهان بعد از تمرکز بُر در لبه برگ‌ها به مقدار بیش از ۲۵۰-۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک روی می‌دهد. برای مثال درختان هسته‌دار (هلو، آلو، بادام و غیره) و میوه‌های دانه‌دار مانند سیب و گلابی براحتی توسط بُر صدمه می‌بینند اما این درختان بُر اضافی را در بافت برگ‌ها تجمع نمی‌دهند و از آزمایشات معاینه‌ای نتیجه معتبری بدست نمی‌آید. در این محصولات بُر مازاد توسط آزمایشات آب و خاک، علائم درخت و خصوصیات رشد مورد تأیید قرار می‌گیرد. بطور کلی روش مؤثر برای مقابله با مشکل مسمومیت با بُر انتخاب آب آبیاری است که پتانسیل تشدید

مسمومیت نداشته باشد. در صورتیکه چنین آبی در دسترس نباشد، روشهای انتخابی مدیریتی وجود دارد که برای کاهش مسمومیت و بهبود عملکرد می تواند بکار گرفته شود. تحمل نسبی بُر در محصولات کشاورزی در جدول ۱ ارائه گردیده است. تحمل به بُر بسته به اقلیم، شرایط خاک و گونه های گیاه متفاوت است. حداکثر غلظت بُر در آب آبیاری تقریباً معادل یا کمی کمتر از این مقادیر باید باشد. مسمومیت یونهای سدیم، کلر و بُر با همان روش بکار رفته برای شوری با شستشو (Leaching) کاهش میابد ولی عمق آب مورد نیاز با یون مسمومیت زا متغیر بوده و در بعضی موارد زیاد هم میگردد. اگر آب شستشو بیشتر گردد مقاومت گیاه هم زیاد میگردد. با افزایش آب شستشو یا تغییر محصول برای زنده نگهداشتن سیستم در سطوح بالای مسمومیت نیازمند تغییر وسیع در سیستم کشاورزی میباشد. در شرایطی که مشکل مسمومیت شدید نباشد، تغییر نسبتاً کوچک در روشهای کشت و زرع اثرات آنرا حداقل خواهد کرد. در موارد کمی، گزینه مخلوط کردن منبع آب با منبع با کیفیت بالا خطر مسمومیت را مرتفع خواهد کرد (ماس، ۱۹۸۴).

جدول ۱- تحمل نسبی محصولات کشاورزی به بُر (ماس، ۱۹۸۴)

خیلی حساس	حساس	حساس	حساسیت کم	نیمه مقاوم	مقاوم	خیلی مقاوم
(<0.5)	(0.5-0.75)	(0.75-1.0)	(1.0-2.0)	(2.0-4.0)	(4.0-6.0)	(6.0-15.0)
mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
لیمو	آوکادو	سیر	فلفل قرمز	کاهو	سویا	کتان
شاه توت	گریپ فروت	سیب زمینی شیرین	نخود	کلم	گوجه فرنگی	مارچوبه
سیب	نارنج	گندم	هویج	کرفس	یونجه	
گلایی	زرد آلو	جو	تربچه	شلغم	جعفری	
	هلو	آفتابگردان	سیب زمینی	جو دوسر	چغندر قرمز	
	گیلاس	لویا	خیار	ذرت	چغندر قند	
	آلو	کنجد	پیاز	کنگر فرنگی		
	خرمالو	توت فرنگی		تنباکو		
	انجیر	کنگر		خردل		
	انگور	باقلا		شیرین		
	بادام	لویای پرو		کدو مسما		
	گردو	بادام زمینی		خریزه		
	لویای چشم بلبلی					

۲- مواد و روشها

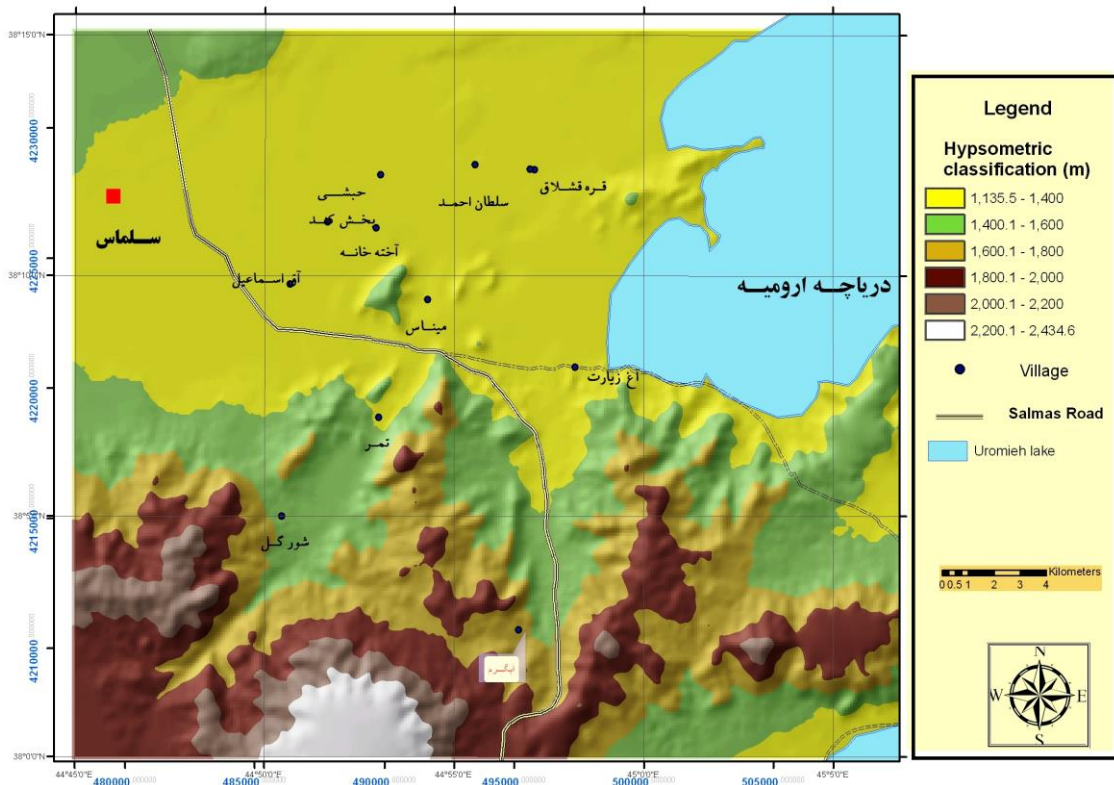
۲-۱- موقعیت جغرافیایی

روستای آغ‌زیارت از توابع شهرستان سلماس در استان آذربایجان غربی قرار دارد. این منطقه در جنوب شرقی دشت سلماس و کنار دریاچه ارومیه واقع است. برای دسترسی به محدوده مورد مطالعه از طریق جاده اصلی ارومیه - سلماس و هم جاده ارومیه - قولنجی - قره باغ - خان تختی می توان استفاده کرد. فاصله منطقه مورد مطالعه از ارومیه حدود ۷۰ کیلومتر می باشد. برای بررسی منشأ آلودگی آبهای زیرزمینی منطقه آغ‌زیارت، محدوده‌ای که در برگیرنده تمام منابع مؤثر بر این آبخوان باشد، انتخاب گردید. این محدوده که در شکل ۱ و ۲ نشان داده شده است، بین طول‌های جغرافیایی ۵۰° و ۴۴° و ۴۵° و عرض‌های جغرافیایی ۱°، ۳۸° و ۱۲°، قرار دارد و شامل حوضه های آبگرم، خرخره‌چای، قسمتی از دشت سلماس و دریاچه ارومیه می‌باشد. این منطقه در نقشه توپوگرافی به مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ به شماره II ۴۹۶۶ با نام سلماس قرار دارد (سازمان جغرافیایی کشور، ۱۳۵۰).

۲-۲- آب و هوا

دشت سلماس در مجموع دارای آب و هوای سرد و زمستان های سرد و تابستان های معتدل می‌باشد. درجه حرارت متوسط سالانه ۹/۵ درجه سانتی گراد بوده که حداقل آن در ماه بهمن حدود ۳/۷- درجه و حداکثر آن مربوط به مرداد ماه و حدود ۲۲/۲ درجه سانتی گراد می‌باشد. متوسط رطوبت نسبی منطقه ۶۵ درصد با حداکثر حدود ۷۷/۳ درصد در ماه های دی و بهمن و حداقل ۵۱/۳ درصد در ماه مرداد می باشد. متوسط بارندگی سالیانه در حدود ۲۹۷ میلی‌متر و متوسط تبخیر به حدود ۱۴۷۰ میلی‌متر در سال می‌رسد که حداکثر در ماه مرداد حدود ۲۹۰ میلی‌متر و حداقل در ماه بهمن حدود ۱۱ میلی‌متر می باشد. با توجه به موقعیت منطقه و ارتباط آن با کوه های اطراف از یک طرف و دریاچه ارومیه از طرف دیگر جهت باد در منطقه به سمت جنوب و جنوب غربی بوده که حداکثر سرعت آن حدود ۲۰/۵ متر بر ثانیه می باشد. اقلیم منطقه در روش دومارتن، نیمه‌خشک و در روش آمبرژه نیم خشک سرد تعیین شده است. (مشاور آب نیرو، ۱۳۸۲).

شکل ۱- نقشه موقعیت محدوده مورد مطالعه در کشور، استان و شهرستان



شکل ۲- نقشه توپوگرافی برجسته محدوده مورد مطالعه

۳-۲- زمین شناسی

دشت سلماس که در منتهی الیه رشته کوههای البرز و زاگرس قرار گرفته، از اطراف بوسیله تراس ها و تپه های بلند کوهستانی احاطه گردیده و تنها از قسمت شرق به دریاچه ارومیه منتهی می گردد. شیب عمومی منطقه از غرب به شرق می باشد.

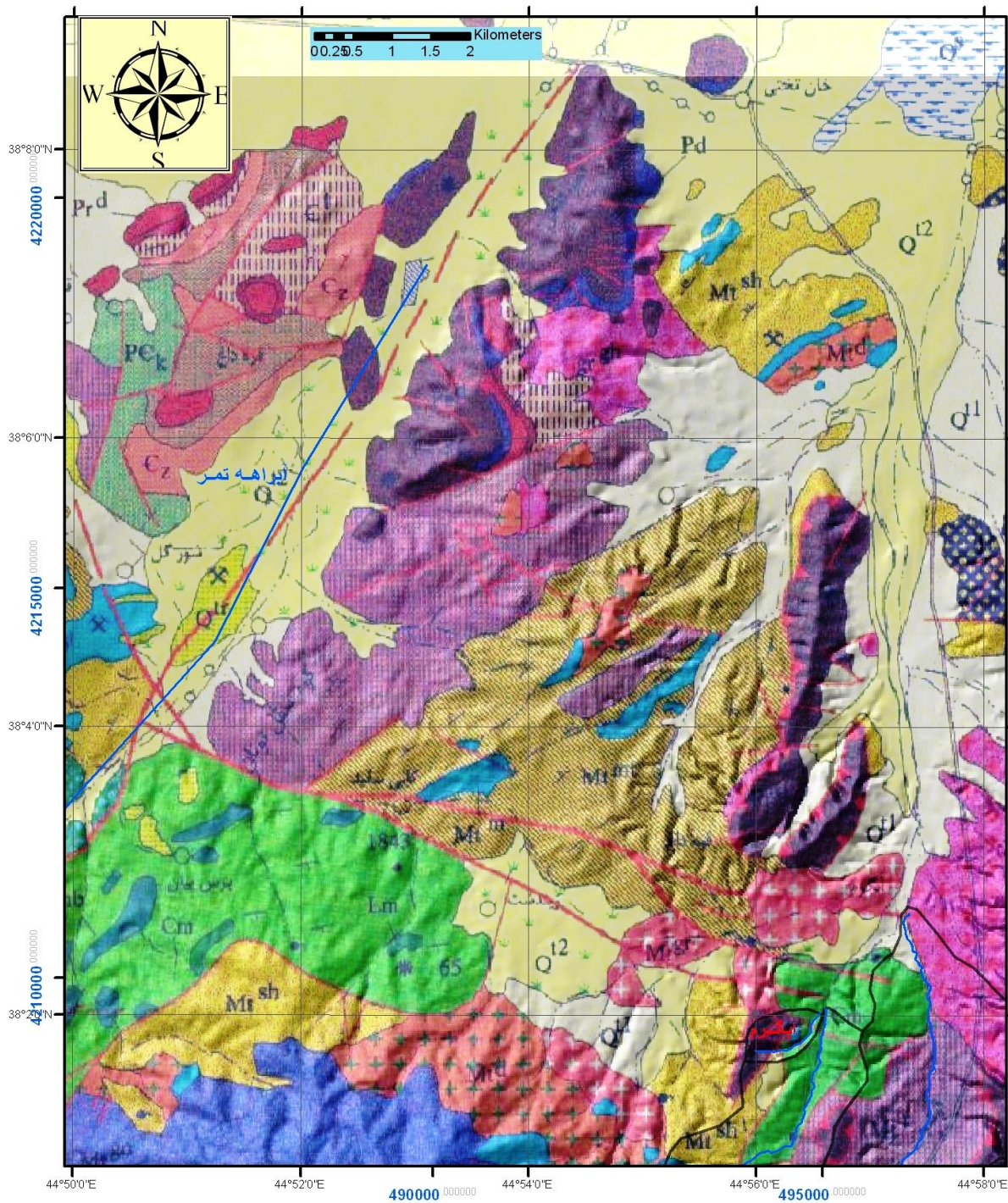
این منطقه با توجه به تقسیمات واحدهای ساختمانی - رسوبی ایران (اشتوکلین، ۱۹۶۸)، بخشی از کمربند دگرگونی و افیولیتی زون سنندج - سیرجان دانسته شده است. نبوی (۱۳۵۵) این منطقه را زیر عنوان زون خوی - مهاباد از زون البرز - آذربایجان تفکیک کرده است.

کهن ترین سنگ های رخنمون یافته در منطقه شامل مجموعه ای از سنگ های دگرگون است که درجه دگرگونی آنها در حد رخساره شیبست سبز تا آمفیبولیت است ولی سن آنها بدرستس شناخته نیست. سنگ های کم دگرگونه سازند کهر با همبری گسله بر روی مجموعه یاد شده جای گرفته است. نهشته های متعلق به کامبرین در برگیرنده سازندهای باروت، زاگون، لالون و میلان است که در نیمه جنوبی گسترش دارند. سنگ های زمان پرمین نیز در منطقه نیز در منطقه وسعت و ضخامت قابل توجهی دارند که بطور دگر شیب بر روی سازند میلا و یا توسط گسل های تراستی بر روی سنگ های گوناگون جای گرفته اند. واحدهای متعلق به کرتاسه در برگیرنده شیل و ماسه سنگ و آهک است که درجه

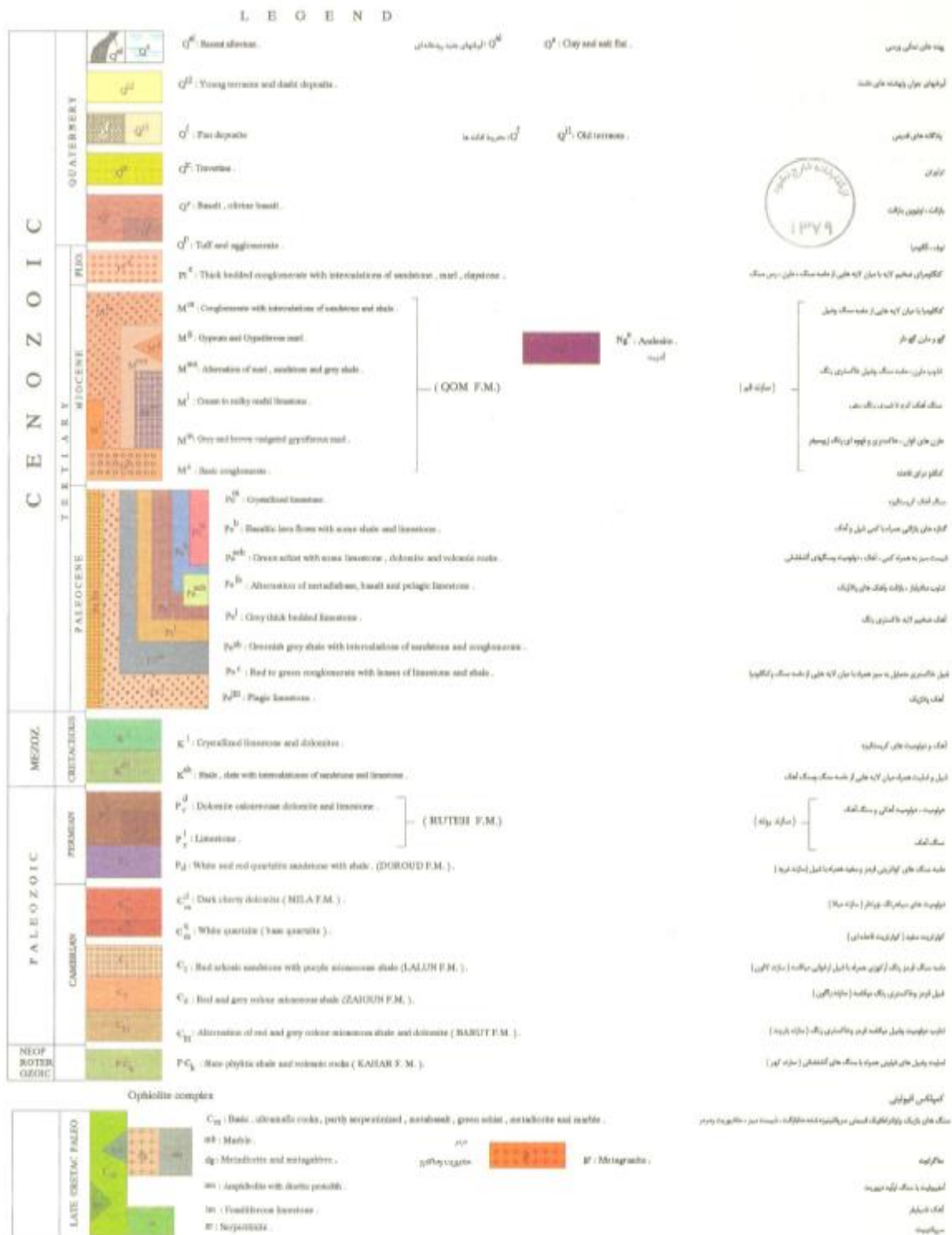
دگرگونی ضعیفی را متحمل شده‌اند. بخش گسترده از منطقه نیز در برگیرنده شیل و ماسه و آهک است که درجه دگرگونی ضعیفی را متحمل شده‌اند. بخش گسترده از منطقه نیز بویژه نیمه شمالی را ملانژ افیولیتی تشکیل داده که شامل مجموع ای از سنگ های آذرین و رسوبی دگرگون شده در حد رخساره شیست سبز است.

واحدهای میوسن در منطقه بطور پیشرونده با دگرشیبی زاویه دار روی واحدهای قدیمی را می‌پوشانند که در برگیرنده ماسه سنگ، کنگلومرا، شیل و مارن با عدسی هایی از سنگ آهک و گچ است. کنگلومرای پلیوسن نیز بطور دگرشیب روی مجموعه‌های یاد شده را پوشانیده است و سرانجام هم واحدهای یادشده توسط گدازه ها و سنگ‌های آذر آواری حاصله از فعالیت آتشفشانی کواترنر و آبرغت‌های متعلق به این دوره بطور افقی پوشیده می‌شود که ردیف واحدهای سنگ چینه ای در جدول راهنمای نقشه زمین شناسی ارائه شده است (خدابنده و همکاران).

در قسمت های شمالی و شرق منطقه، آهک های الیگومیوسن با رنگ های روشن تر از تشکیلات میوسن در وسعتی کم وجود دارند که میوسن بصورت مارن و ماسه سنگ و حاوی نمک گچ به رنگ‌های مختلف می باشد. خوشبختانه این سنگ ها باتوجه به محل و نیز جهت عمومی جریان آب تأثیر قابل ملاحظه ای در شور کردن آبهای منطقه ندارند. سنگ های آذرین بیشتر در قسمت غرب منطقه قرار دارند که از نوع اسیدی و بازی بوده و سنگ های بازالت که در قسمت جنوب غربی بصورت وسیعی گسترش دارند، این قسمت را نسبتاً قابل نفوذ ساخته اند. تشکیلات دگرگونی بصورت سیلیکات و سنگ های دگرگون شده آهکی (مرمر) بیشتر در قسمت جنوب متمرکز شده و بصورت پراکنده ملاحظه می‌شوند. در شرق منطقه در ناحیه دریاچه ارومیه، سنگ های آذرین اسیدی که دارای مقدار زیادی کوارتز هستند، به رنگ های گلی روشن و آجری وجود دارد و باتوجه به خصوصیات هیدرودینامیکی آنها، از نظر قابلیت نفوذپذیری فاقد ارزش می باشند طبق برآوردهای به عمل آمده قبلی، می توان رسوبات دوران چهارم را در دشت بصورت ذخایر در منطقه و نیز رسوبات حاشیه ای ملاحظه نمود، بگونه ای که ضخامت آبرفت های سطحی حدود ۳۵ تا ۴۰ متر و ضخامت آبرفت های عمیق حدود ۲۰۰ متر می‌باشد. جنس این رسوبات اکثراً سیلت، شن و ریگ همراه با لایه هایی از رس است که به نسبت های مختلف در منطقه پراکنده شده‌اند. علاوه بر این رسوبات، آبرفت های بادی در قسمت غرب منطقه و تشکیلات تراورتن در محل اتصال رسوبات دوران چهارم و سنگ های متامریک دیده می‌شوند. در این منطقه تعدادی گسل های بزرگ و کوچک وجود دارد که در امتداد غربی به شرقی کشیده شده و در تغذیه سفره مؤثر می باشند (مرکز تحقیقات آب). گسل هایی نیز در محدوده مورد مطالعه وجود دارند که در انتشار آلودگی مؤثر می باشند و درجای خود معرفی می‌گردند. نقشه زمین شناسی منطقه با راهنمای مربوطه در شکل ۳ و ۴ ارائه شده است.



شکل ۳- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه به مقیاس ۱/۱۰۰,۰۰۰ (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور)



GENERAL SYMBOLS			
GEOLOGICAL		Ore indications	
	Major fault	Cu : Copper	مس
	Minor fault	Fe : Iron	لبن
	Thrust fault	Gy : Gypsum	گچ
	Converted of probably fault	As : Asbestos	آزبست
	Syncline axis	Mi : Mica	میکا
	Anticline axis	Si : Silicious	سیلیس
	Formation boundary		
	Measured dip	NON - GEOLOGICAL	
	Low 0 - 29		First class road
	Medium 30 - 59		Motorable track
	Steep 60 - 89		Animal track
	Structural section		Railway
	Fossil locality		River
	Mine in operation		Drainage
	Abandoned mine		Spring/ Hot spring
	Quarry open cut		Qanat
	Foliation, Lineation		Elevation in meter
	Landslide		Cultivated area
	Volcanic dome		Dam
			Bridge
			Town and village

شکل ۴- راهنمای نقشه زمین شناسی (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور)

۲-۴- منابع مؤثر بر آبهای زیرزمینی آغ زیارت

بررسی‌های اولیه نشان می‌دهد که با توجه به موقعیت آبخوان آغ‌زیارت که در انتهای پایین دست دشت سلماس و در کنار دریاچه ارومیه واقع شده است و حوضه‌های آبگرم و خرخره چای بر آن مشرف می‌باشند، آبهای زیرزمینی این منطقه تحت تأثیر منابع آبی زیر قرار دارند که عبارتند از:

۱- آبهای سطحی آبراهه آبگرم

۲- آبهای زیرزمینی دره آبگرم

۳- آبهای سطحی رودخانه خرخره چای

۴- آبهای زیرزمینی دره خرخره چای

۵- آبهای سطحی دشت سلماس

۶- آبهای زیرزمینی دشت سلماس

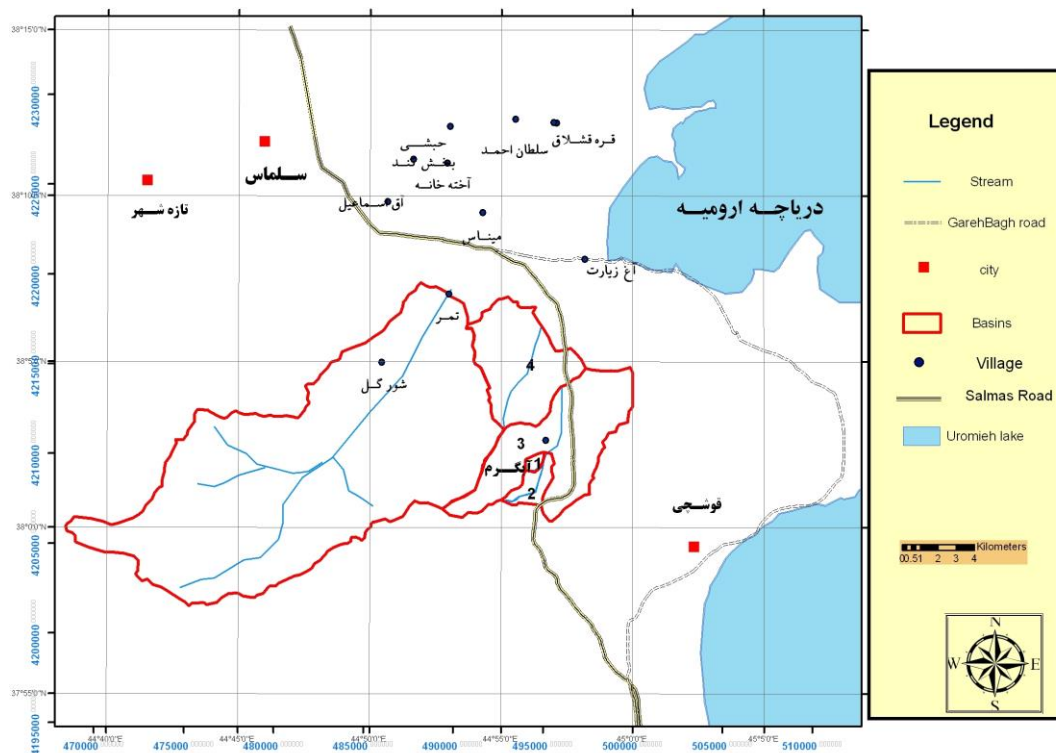
۷- آب دریاچه ارومیه

برای بررسی منابع آب مذکور محدوده‌ای که در برگیرنده تمام موارد بالا باشد، تعیین گردید. در این محدوده از منابع آبی سطحی و زیرزمینی نمونه برداری صورت گرفته است.

یکی از منابعی که آب زیرزمینی منطقه آغ زیارت را تحت تأثیر قرار می‌دهد چشمه آبگرم واقع در ۱/۵ کیلومتری روستای آبگرم سلماس می‌باشد و وجه تسمیه روستای آبگرم نیز به خاطر همین چشمه می‌باشد. با توجه به توپوگرافی منطقه آب خروجی از چشمه از طریق مسیلی که مشرف به دشت آغ زیارت می‌باشد، وارد آب زیرزمینی شده و آنرا آلوده می‌کند. بنابراین نمونه برداری آب از منابع آبی اطراف چاه‌های مورد استفاده برای تأمین آب شرب مجتمع قره‌باغ انجام شد. با توجه به وجود چند شاخه گسل که از روستای آبگرم تا بالادست روستای قباخ تپه ادامه می‌یابند. این احتمال داده شد که آب آلوده به بُر از طریق این گسل میتواند به دره خرخره چای نیز انتقال یافته و آبهای زیرزمینی آن منطقه را نیز آلوده نماید لذا از منابع آبی آن جا نیز نمونه برداری به عمل آمد. با توجه به نتایج آزمایشات معلوم گردید محدوده آلوده از شمال به روستاهای میناس و خان تختی، از غرب به روستای قباخ تپه، از جنوب به روستاهای شورگل و آبگرم و از غرب به روستای قره‌باغ محدود می‌گردد. با توجه به موارد ذکر شده ذیلاً به شرح هریک از آنها پرداخته می‌شود.

۲-۴-۱- آبهای سطحی رودخانه آبگرم

رودخانه آبگرم از کوه‌های اوغان، قیلان داغ سرچشمه می‌گیرد. دبی متوسط سالانه آن ۰/۰۸۶ متر مکعب بر ثانیه (در محل پل جاده اصلی) و حجم آورد سالانه مربوطه حدود ۲/۷ میلیون متر مکعب برآورد شده است. حوضه آبریز این رودخانه با سطحی معادل ۷۰ کیلومتر مربع در محل پل جاده اصلی ارومیه-سلماس، از غرب به حوضه آبریز رودخانه خورخوره، از جنوب به حوضه آبریز رودخانه جمال آباد و از قسمت شمال منتهی‌الیه جنوبی دشت سلماس (دشت آغ زیارت) و از شرق به حوضه قوشچی و قره باغ محدود گشته است (شکل ۵). آب این حوضه پس از عبور از قسمت جنوب دشت سلماس به مراتع اطراف دریاچه ارومیه تخلیه می‌گردد. آبهای سطحی این حوضه در طول مسیر رودخانه پس از تغذیه آبخوان دشت آغ زیارت مستقیماً در آن تخلیه می‌گردند بنابراین در صورت وجود هرگونه آلودگی در آبهای سطحی، احتمال آلوده نمودن آبهای زیرزمینی پایین دست حتمی است. با توجه به اینکه چشمه آبگرم و تعدادی چشمه‌های معدنی واقع در اطراف آن در این حوضه قرار دارند و آب این چشمه‌ها بدون استفاده در رودخانه تخلیه می‌گردد لذا در حدث اولیه پیش بینی گردید که یکی از منابع آلوده کننده آبهای زیرزمینی دشت آغ زیارت، آب این چشمه‌ها باید باشد که آزمایشات بعدی صحت این پیش‌بینی را ثابت نمود.



شکل ۵- زیرحوضه های رودخانه آبگرم و حوضه خرخره چای

در محدوده چشمه آبگرم رودخانه به ۴ سرشاخه تقسیم می گردد (شکل ۶). سرشاخه ۱ که در سمت راست و به موازات جاده اصلی ارومیه- سلماس قرار دارد در قسمت بالا دست کاملاً از آلودگی بُر پاک است (نمونه شماره ۱۴). این آبراهه در پایین دست چشمه آبگرم به احتمال زیاد بر اثر نفوذ آب چشمه از طریق شکستگیها، مقدار کمی آلودگی آنهم در دبی پایه حدود ۱ لیتر بر ثانیه نشان می دهد (نمونه شماره ۱۳). بنابراین می توان نتیجه گیری کرد که این سرشاخه از رودخانه تقریباً عاری از بُر بوده و آب آن خصوصاً در دبی های بالا قابل استفاده می باشد.

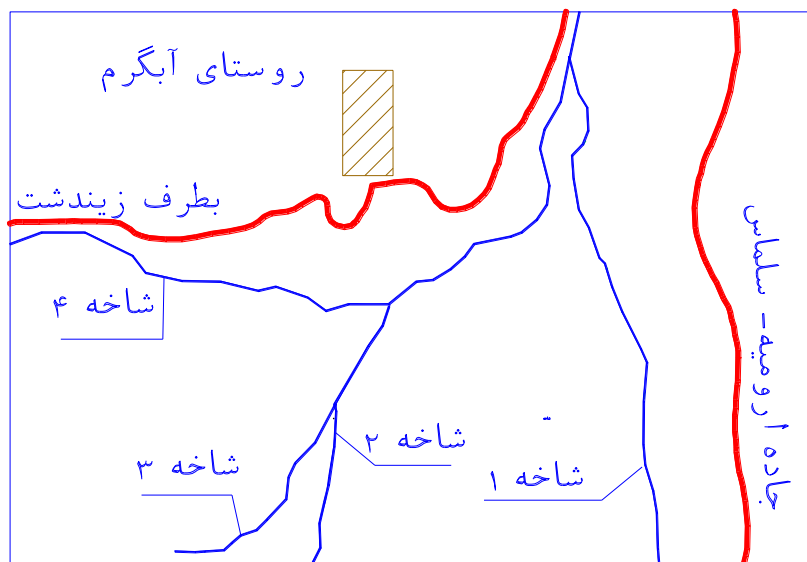
سرشاخه ۲ بین سرشاخه ۱ و سرشاخه ۳ که چشمه آبگرم در آن قرار دارد، واقع شده است. به علت مجاورت این سرشاخه با سرشاخه ۳، آلودگی به آن منتقل می گردد و مقدار بُر در آن بالا می باشد (نمونه شماره ۸). دبی این آبراهه در هنگام نمونه برداری حدود ۱ لیتر بر ثانیه حدث زده شد.

سرشاخه ۳ یک آبراهه بسیار کوچکی است که چند چشمه آبگرم با دبی ۰/۱ تا ۱ لیتر بر ثانیه و چشمه های گرم و سرد دیگر با دبی کم در آن قرار دارند. قبلاً آب چشمه ها در یک جا جمع آوری شده و به حمام دارای دوش در پایین دست هدایت می شد که در حال حاضر تخریب شده است (تصویر ۱) و فقط از آب ۳ چشمه که دبی آنها از بقیه بیشتر است به عنوان آبدرمانی استفاده می شود. ۲ اتاقک آجری غیر مسقف بر روی چشمه ها ساخته شده است که یکی از آنها زنانه و دیگری مردانه می باشد)

تصویر ۲ و ۳ پیوست). آب این چشمه ها دارای مقدار زیادی بُر می باشد (نمونه های ۱ تا ۷). بطور کلی می توان گفت که منشأ بُر در آبهای اطراف، این آبراهه می باشد و باید اقدامات جلوگیری از آلودگی در این قسمت از حوضه متمرکز گردد. دبی این آبراهه که مجموع دبی چشمه ها می باشد در هنگام نمونه برداری حدود ۳ لیتر بر ثانیه برآورد گردید.

سرشاخه ۴ یک شاخه نسبتاً بزرگی است. این آبراهه تأمین کننده آب کشاورزی و شرب روستای آبگرم می باشد و تمام باغات اطراف روستا از این آبراهه آبیاری می گردند. مقدار بُر آن بسیار کم و در حد مجاز می باشد (نمونه شماره ۱۱).

آب سرشاخه های ۲ و ۳ پس از اختلاط دارای مقدار بُر بسیار بالا است (نمونه شماره ۱۰). به همین دلیل اهالی روستا بنا بر تجربه آنرا قابل استفاده در کشاورزی نمی دانند و در تمام طول سال در آبراهه رها می گردد. این آبراهه با آبراهه سرشاخه ۴ به هم پیوسته و در پایین دست روستا به سرشاخه ۱ وصل می گردند. معمولاً آب سرشاخه های ۱ و ۴ در فصل زراعی در بالادست بوسیله نهلهایی برداشت می گردد و فقط مقدار نشتی از بندهای سنتی به پایین دست منتقل می گردد. نمونه برداشتی از نقطه تلاقی آبراهه ها (نمونه شماره ۱۲) نیز حاوی مقدار بسیار بالای بُر می باشد. دبی آبراهه در هنگام نمونه برداری در نقطه تلاقی حدود ۵ لیتر بر ثانیه تخمین زده شد. دبی ماهانه و سالانه رودخانه آبگرم در جدول ۲ ارائه گردیده است.



شکل ۶- سرشاخه های رودخانه آبگرم در حوالی روستای آبگرم

جدول ۲ - آورد ماهانه و سالانه رودخانه آبگرم در محل پل جاده ارومیه-سلماس (m³/sec)

شرح	مهر	آبان	آذر	دی	تیر	اسفند	فروردین	اردیبهشت	مرداد	شهریور	سالانه
میانگین	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۰۵	۰/۰۹

۲-۴-۲- آبهای زیرزمینی دره آبگرم

سنگ کف دره آبگرم در یک کیلومتری پایین دست روستا دارای برونزد بوده و تمام آب های سطحی و زیرزمینی بالادست به سمت این نقطه زهکشی شده و به سمت پایین دست جریان پیدا می کنند. به همین دلیل در تمام طول سال در این قسمت از آبراهه جریان سطحی مشاهده می گردد. کمی پایین تر از این نقطه آبرفت رودخانه روی سنگ کف را می پوشاند. با حرکت به سمت پایین دست عمق آبرفت افزایش یافته و جریان سطحی در آن نفوذ کرده و جریانات زیرزمینی را تشکیل می دهد. جریان زیرزمینی در این قسمت از شیب توپوگرافی تبعیت کرده و از سمت جنوب به شمال می باشد. این جریان در نقطه اتصال به دشت سلماس، تحت تأثیر جریان آب زیرزمینی کل دشت واقع شده و به سمت شرق تغییر جهت می دهد. این امر باعث می گردد که انتشار آلودگی ناشی از این منبع فقط به قسمت جنوب شرقی دشت محدود گردد. دشت آغ زیارت که در منتهی الیه جنوب شرقی دشت سلماس قرار دارد کاملاً تحت تأثیر جریانات آب دره آبگرم قرار می گیرد. بررسی نقشه های زمین شناسی نشان می دهد که در دره آبگرم خوشبختانه گسل های در جهت آبراهه دارای طول محدود بوده و از نوع راندگی می باشند و احتمال انتقال آب چشمه آبگرم که در بالا به آن اشاره گردید، از طریق مجراهای زیرزمینی به سمت دشت آغ زیارت کم می باشد. لذا با اطمینان زیاد می توان گفت که فقط آب خارج شده از چشمه های آبگرم به سطح زمین، پس از جریان یافتن در آبراهه، در آبرفت نفوذ یافته و آب زیرزمینی را آلوده می نماید. در دره آبگرم و ادامه آن دشت آغ زیارت در سال ۱۳۸۰ تعداد ۹ حلقه چاه عمیق و ۱۸ حلقه چاه نیمه عمیق وجود دارد که از ۸ مورد از آنها نمونه برداری بعمل آمده است. مقدار تخلیه سالانه این چاه ها در سال ۱۳۸۰ حدود ۴/۵ میلیون متر مکعب برآورد شده است (مهندسان مشاور آب نیرو، ۱۳۸۶).

۲-۴-۳- آبهای سطحی خرخره چای

رودخانه خرخره از کوه های تورشن، اوغچه لیق، پلان تکان خان سرچشمه می گیرد و دبی متوسط سالانه آن ۰/۲۴ متر مکعب بر ثانیه (در ایستگاه تمر) و آورد سالانه مربوطه حدود ۶ میلیون متر مکعب

می باشد. حوضه آبریز این رودخانه با سطحی معادل ۱۹۴ کیلومتر مربع در محل ایستگاه تمر، از شمال به حوضه آبریز رودخانه زولا، از غرب به حوضه آبگرم، از جنوب به حوضه آبریز رودخانه نازلو و جمال آباد و از قسمت شمال به دریاچه ارومیه امتداد یافته است. آب این حوضه پس از عبور از قسمت جنوب دشت سلماس به مراتع اطراف دریاچه ارومیه تخلیه می گردد. دبی ماهانه و سالانه رودخانه خرخره در دوره ۲۷ ساله در جدول ۳ ارائه گردیده است.

جدول ۳ - آورد ماهانه و سالانه رودخانه خرخره در ایستگاه تمر در دوره ۲۷ ساله (m^3/sec)

شرح	۱۳۰۱	۱۳۰۲	۱۳۰۳	۱۳۰۴	۱۳۰۵	۱۳۰۶	۱۳۰۷	۱۳۰۸	۱۳۰۹	۱۳۱۰	۱۳۱۱	۱۳۱۲	سالانه
میانگین	۰/۱۳	۰/۲۴	۰/۲۸	۰/۲۵	۰/۲۸	۰/۳۴	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۳۶	۰/۱۴	۰/۰۳	۰/۲۴

رودخانه خرخره چای فقط در بالادست دارای آب پایه بوده که مقدار آن بسیار ناچیز است. یکی از سرشاخه های این رودخانه که در سمت راست آن و در بالادست روستای شورگل قرار دارد و دبی آن در موقع نمونه برداری حدود ۰/۵ لیتر بر ثانیه بود، دارای آلودگی بر می باشد. اکثر آورد رودخانه بصورت سیلابی می باشد. اگرچه از سیلاب رودخانه نمونه برداری نشده است ولی مسلماً بدلیل عدم نفوذ آب سطحی به لایه های پاییندر کوتاه مدت، عاری از آلودگی بر خواهد بود.

۴-۴-۲- آبهای زیرزمینی دره خرخره چای

دره خرخره چای به علت تغذیه مناسب توسط آب های سطحی که در آبراهه جریان دارند، نفوذپذیری خوب سنگ های حوضه آن و وجود آبرفت نسبتاً عمیق از ذخیره خوب برخوردار است. در دره خرخره و ادامه آن دشت خان تختی و میناس تعداد ۲۲ حلقه چاه عمیق و ۹ حلقه چاه نیمه عمیق با آبدهی سالانه ۱۰/۶ میلیون مترمکعب وجود دارد (مهندسان مشاور آب نیرو، ۱۳۸۶). مهمترین نکته ای که در رابطه با آب های زیرزمینی دره خرخره چای می توان ذکر کرد، وجود چندین گسل در این محدوده می باشد. یک گسل (آبگرم- قاباخ تپه) بطول حدود ۱۶ کیلومتر در جهت جنوب غرب به شمال شرق از روستای آبگرم تا حوالی روستای قاباخ تپه ادامه دارد. در انتهای شرقی این گسل چشمه آبگرم قرار دارد. این گسل در ۱۰ کیلومتر از سمت شرق گسل دیگری (تمر) را قطع می کند که بطول ۱۵ کیلومتر در سراسر طول دره خرخره چای تا جاده ارومیه-سلماس ادامه می یابد. حدود ۳ کیلومتر از این گسل در بالادست محل تقاطع و ۱۲ کیلومتر آن در پایین دست قرار می گیرد (شکل ۳). بنظر می رسد

آلودگی بُر که منشأ آن چشمه آبگرم می باشد از طریق گسل آبگرم- قاباخ تپه به گسل تمر منتقل شده و از طریق این گسل آب های زیرزمینی دره خرخره چای را تحت تأثیر قرار می دهد. وجود آلودگی بُر در بالادست نقطه تقاطع دو گسل آبگرم- قاباخ تپه و تمر در آب سطحی پایه سرشاخه رودخانه خرخره در بالادست روستای شورگل که از زهکشی آب زیرزمینی حاصل می شود، نشان می دهد که آلودگی به بالادست نیز سرایت کرده است.

۲-۴-۵- آبهای سطحی دشت سلماس

دشت سلماس در استان آذربایجان غربی، در طول های جغرافیایی ۴۴ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۴۵ درجه و عرض های جغرافیایی ۳۸ درجه و ۶ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه واقع گردیده است. حوضه آبخیز این دشت از شمال به شهرستان خوی، از شرق به دریاچه ارومیه، از جنوب به گردنه قوشچی و از مغرب به ارتفاعات مرزی ایران و ترکیه محدود می باشد. وسعت کل حوضه ۲۳۳۰ کیلومتر مربع و وسعت دشت حدود ۵۵۰ کیلومتر مربع است. ۴ رودخانه مهم زولا، دیرعلی، دریک و خرخره به دشت سلماس وارد می شوند که از میان آنها زولاچای رودخانه اصلی و دارای جریان دائمی بوده و رودخانه های دیگر نیز پس از پیوست به آن در نهایت به دریاچه ارومیه تخلیه می گردند.

دشت سلماس که قسمتی از کل حوضه سلماس است، تقریباً دارای توپوگرافی مسطح با شیب ملایم بوده که این شیب در حالت کلی از سمت غرب به سمت دریاچه ارومیه واقع در شرق منطقه می باشد. ارتفاع دشت از ۱۵۰۰ متر در غرب تا ۱۲۸۰ متر در شرق تغییر می کند و شیب آن در حدود ۰/۶۶ درصد می باشد. این دشت دارای شیب جانی نیز است که از شمال و جنوب به سمت مرکز دشت امتداد دارد. در جنوب شرقی و حوالی روستاهای میناس و خان تختی ارتفاعات پیرچاوش، قوری گل و خان تختی وجود دارد و بقیه دشت تقریباً مسطح می باشد. موقعیت دشت و وجود کوههای با ارتفاع نسبتاً زیاد در اطراف باعث شده است تا منطقه از نظر آبهای سطحی نسبتاً غنی گردد.

از جمله مهم ترین رودخانه های حوضه آبریز دشت سلماس، رودخانه زولا بوده که در تمام فصول، آب در آن جریان داشته و رژیم آبی آن تحت تأثیر ذوب برف می باشد. این رودخانه که از ارتفاعات ۲۵۰۰ متری واقع در مرز ایران و ترکیه نظیر کوه نوچ، گیربران، زردکل و کچلا سرچشمه می گیرد، دارای حوضه آبریزی بین طول های جغرافیای ۴۴ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۴۵ درجه و ۴۸ دقیقه و عرض جغرافیای ۳۷ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۲ دقیقه می باشد و پس از آبیاری و تغذیه قسمتی از دشت سلماس به دریاچه ارومیه می ریزد. رودخانه مذکور که دارای دبی متوسط سالانه ۳/۹۷ مترمکعب بر ثانیه (در ایستگاه چهریق علیا) و متوسط جریان سالانه ۱۲۵ میلیون متر مکعب می باشد

رودخانه زولا دارای زیرحوضه های دریک، دیرعلی، خرخره و آبگرم است که آب در تمام فصول در آنها جاری بوده و در مجموع در طول سال نقش مهمی را در تغذیه و آبیاری دشت ایفا می نمایند. رودخانه دریک که از کوه های بروشقلان، خنابری، لی نوس و کوه های مرز ایران و ترکیه سرچشمه می گیرد دارای حوضه آبریزی به مساحت ۲۴۰ کیلومتر مربع است که از شمال شرقی به حوضه آبریز رودخانه دیرعلی، از غرب به مرز ایران و ترکیه و از جنوب شرقی به حوضه آبریز رودخانه زولا کشیده شده است. رودخانه مذکور که دارای دبی متوسط سالانه ۱/۳۴ مترمکعب برثانیه (در ایستگاه نظرآباد) و متوسط جریان سالانه ۴۳ میلیون متر مکعب می باشد، از شمال غربی وارد دشت سلماس شده و پس از طی مسیر کمی به موازات رودخانه زولا، بعد از عبور از شهرستان سلماس به رودخانه زولا می ریزد. دوشیوان، بورشاد رود و آغ بره از جمله شاخه های فرعی آن می باشند.

آب رودخانه دیر علی از کوه های شوربلاغ، بابارزان و اوربان تأمین می گردد و دارای دبی متوسط سالانه ۰/۶۵ متر مکعب بر ثانیه (در ایستگاه اوربان) و آورد سالانه ۱۹ میلیون متر مکعب می باشد. این رودخانه با حوضه آبریزی که از شمال به حوضه آبریز قطور و از جنوب غربی به حوضه آبریز دریک و از شمال شرقی به حوضه آبریز زولا مرتبط است، پس از مشروب ساختن زمین های روستاهای سیلاب و ریگ آباد، وارد بخش مغانجوق گشته و نظر به اینکه در مواقع سیلابی، آب آن در مزارع پخش می شود، عملاً آبی به رودخانه زولا تخلیه نمی گردد (مرکز تحقیقات آب، ۱۳۷۱).

آب های سطحی دشت سلماس با توجه به آبیاری بدون محدودیت مزارع و باغات نمی تواند حاوی بُر بیش از حد مجاز باشد زیرا یکی از علائم عدم آلودگی به بُر در دشت سلماس که از آب های سطحی و زیرزمینی آبیاری می گردد، وجود باغ های میوه از انواع مختلف می باشد. چنانکه در جدول ۱ ملاحظه گردید انواع درختان میوه به میزان بُر در آب آبیاری حساس می باشند.

۲-۴-۶- آب های زیرزمینی دشت سلماس

از نظر هیدروژئولوژیکی سازند های آهکی و آبرفت های منطقه که دارای خصوصیت نفوذپذیری می باشند از اهمیت فراوان برخوردار بوده و باعث شده اند تا در منطقه ای از حوضه و در پای کوه ها، منابع آب طبیعی جهت نگهداری نزولات جوی به عنوان منابع آب زیرزمینی بوجود آید. با توجه به امکان دسترسی ساده تر و کیفیت مطلوب تر و نیز تأثیرپذیری کمتر این مخازن از آلودگی و تبخیر در مقایسه با آب های سطحی و همچنین بهره برداری نسبتاً سریع و هزینه تولید کمتر و از طرفی کمبود نسبی آب های سطحی، منابع آب زیرزمینی به عنوان یکی از منابع اصلی و در حقیقت اصلی ترین منابع تأمین کننده آب مورد نیاز، مورد استفاده قرار گیرند که در دشت سلماس وسعتی در حدود ۳۵۰ کیلومتر مربع را می پوشاند. از این مقدار حدود ۲۵۰ کیلومتر مربع آن به عنوان لایه آبدار عمیق شناخته

شده است. تحقیقات هیدروشیمی و آزمایشات انجام شده روی نمونه‌های آب از رودخانه‌ها، چشمه‌ها، قنات‌ها و چاه‌ها و همچنین تحلیل‌های فیزیکی و شیمیایی مربوطه نشان می‌دهد که آبهای زیرزمینی دشت حاضر می‌تواند برای مصارف کشاورزی بدون هیچ محدودیتی مورد استفاده قرار گیرد. در مجموع دو سفره آب زیرزمینی محصور و غیر محصور در منطقه مشاهده شده است که سفره آب زیرزمینی محصور در سطحی معادل ۱۲۵ کیلومترمربع گسترده شده است که از این مقدار حدود ۷۳ کیلومترمربع آن دارای فشار پیزومتريک بالاتر از سطح زمین بوده و بقیه از فشاری کمتر از سطح رقوم زمین برخوردار هستند. بطور کلی این منابع از طریق برداشت آب بوسیله چاه‌های آرتزین، عمیق و نیمه عمیق و نیز چشمه‌ها و قنات‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (مرکز تحقیقات آب، ۱۳۷۱). از آب زیرزمینی دشت سلماس بوسیله ۹۸۹ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق جهت مصارف کشاورزی، شرب و صنعت با تخلیه سالانه ۱۵۵ میلیون مترمکعب برداشت صورت می‌گیرد (مهندسان مشاور آب نیرو، ۱۳۸۶). نمونه برداری‌های انجام شده از آب شرب روستاهای قره قشلاق، سلطان‌احمد، قزلجه، حبشی، آخته‌خانه، بخش کندی، آغ‌اسماعیل و دریشک که از آب زیرزمینی دشت سلماس و از چاه‌های محدوده روستاها تأمین می‌گردد، نشان می‌دهد که مقدار عنصر بُر در آن‌ها در حد مجاز و زیر ۱ میلی گرم در لیتر می‌باشد (رضوی، ۱۳۸۵).

۲-۴-۷- آب دریاچه ارومیه

آب دریاچه ارومیه یکی از منابع مؤثر بر آبهای زیرزمینی مجاور می‌باشد. خصوصاً در شرایط عدم تغذیه کافی آبخوان‌های ساحلی و برداشت بی‌رویه از آنها، آب شور دریاچه به سمت آبخوان‌های شیرین ساحلی پیشروی کرده و باعث آلودگی آنها می‌گردد. البته بدلیل سنگین بودن آب شور همیشه آب شیرین در بالا قرار می‌گیرد و اختلاط فقط در مرز این دو نوع آب و در یک ضخامت کم صورت می‌پذیرد. بررسی کیفیت آب دریاچه ارومیه نشان می‌دهد که متوسط غلظت NaCl در آب دریاچه ارومیه در دوره آماری ۱۱ سال اخیر برابر $201/6$ گرم در لیتر بوده است. در نتیجه این نمک بیش از ۹۰٪ املاح محلول در دریاچه را به خود اختصاص می‌دهد. علاوه بر نمک NaCl ، املاح دیگری چون منیزیم، کلسیم، پتاسیم و... در آب دریاچه وجود دارد که منبع و منشأ این املاح نیز جریانهای سطحی ورودی به دریاچه است. اگرچه غلظت این املاح در مقایسه با نمک NaCl بسیار ناچیز است، اما غلظت بالای این مواد نسبت به دیگر منابع و همچنین امکان برداشت و بهره‌برداری از این مواد موجب شده است به عنوان املاح جانبی مورد توجه قرار گیرند. منیزیم با غلظت بلندمدت $5/91$ گرم بر لیتر، پس از کلر و سدیم، مهمترین محلول آب دریاچه ارومیه است که در حدود $2/6$ ٪ کل مواد محلول را به خود اختصاص می‌دهد.

در مطالعات فیزیکو شیمیایی چهار یون دیگر در دریاچه ارومیه اندازه گیری شده اند که در جدول ۴ ارائه شده است. غلظت برخی از این یونها مانند پتاسیم، کلسیم، سولفات و کربنات در دریاچه تقریباً ثابت است. میانگین بلند مدت این یونها برای دوره آماری یازده سال اخیر به ترتیب برابر ۱/۴۸، ۰/۴۸۳، ۱۲/۶۱ و ۰/۳۷۶ گرم بر لیتر بوده است. علاوه بر یونهای فوق، عناصر بُر، آهن، لیتیم، برم و آرسنیک نیز با غلظتهای ناچیز در آب دریاچه ارومیه یافت می شوند. غلظت این عناصر در دوره آماری بلند مدت به ترتیب برابر (۷۷ ppm)، (۴۷ ppm)، (۱۳/۴۴ ppm)، (۱/۱۶ ppm) و (۱/۰۴ ppm) بوده و در نتیجه مجموعاً ۱۳۶ میلی گرم بر لیتر از غلظت آب دریاچه ارومیه را به خود تخصیص می دهند (مهندسین مشاور یکم، ۱۳۸۳).

جدول ۴- مقدار یون‌ها و عناصر کمیاب در آب دریاچه ارومیه

نام عنصر	مقدار	واحد
پتاسیم	۱/۴۸	gr/l
سدیم	۷۵/۵۳	gr/l
منیزیم	۵/۹۱	gr/l
کلسیم	۰/۴۸	gr/l
کلر	۱۲۵/۷۰	gr/l
سولفات	۱۲/۶۱	gr/l
بی‌کربنات	۳۷۶/۵	gr/l
برم	۱/۱۶	ppm
لیتیم	۱۳/۴۴	ppm
آرسنیک	۱/۰۴	ppm
فلوئور	۴۷/۰	ppm
بُر	۷۷/۰	ppm
باقیمانده خشک	۲۲۲/۶	gr/l
هدایت الکتریکی	۳۸۲۷۴۰	$\mu\text{S/cm}$

چنانکه ملاحظه می‌گردد عنصر بُر در دریاچه ارومیه به مقدار زیاد (۷۷ میلی گرم بر لیتر) وجود دارد. اگر بدلیل عدم تغذیه کافی آبخوان آغ زیارت و برداشت زیاد باعث گردد آب شور به سمت ساحل پیش روی نماید در این صورت ممکن است بُر موجود در آب دریاچه باعث آلودگی آن گردد ولی باتوجه به شوری بسیار بالای آب دریاچه، انتظار می‌رود که شوری آب چاه‌ها بالا رود که عملاً چنین چیزی مشاهده نمی‌گردد. در جدول ۷ نتایج تجزیه شیمیایی آب شرب مجتمع قره‌باغ ارائه شده است چنانکه مشاهده می‌گردد مقدار کلر و سدیم موجود در آن در حد آب معمولی بوده و هدایت الکتریکی آن در مقایسه با آب دریاچه بسیار ناچیز است. از طرف دیگر موضوع اختلاط آب دریاچه با آبخوان آغ زیارت فقط در مناطق ساحلی می‌تواند مطرح باشد در صورتیکه چاه‌های برداشت آب حداقل کیلومتر با ساحل دریاچه فاصله دارند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که آب دریاچه ارومیه نمی‌تواند در آلودگی آبخوان آغ زیارت به بُر مؤثر باشد.

۲-۵- روش تحقیق

- تعیین محدوده مورد تحقیق با توجه به امکانات و زمان بندی
 - جمع آوری اطلاعات آب زیرزمینی منطقه
 - شناسایی آبخوان با استفاده از اطلاعات چاه های موجود
 - نمونه برداری از دریاچه، چشمه ها و چاه ها تعیین مقدار عنصر بر در نمونه ها
 - تعیین منشأ آلودگی با توجه به آنالیز نتایج آزمایشات
 - پیشنهاد راه حل های کنترل آلودگی
 - تهیه گزارش نهایی
- ابتدا با توجه به متدولوژی ارائه شده در شناسنامه طرح که در بالا ارائه شد، محدوده ای که منابع آبی آن در آلودگی آبهای زیرزمینی آبخوان آغ زیارت مؤثر می باشند، تعیین گردید. اطلاعات لازم در مورد کمیت و کیفیت آبهای سطحی و زیرزمینی منطقه و دریاچه ارومیه جمع آوری گردید. از منابع آبی قابل دسترس در محدوده تعیین شده در حد مورد نیاز نمونه برداری بعمل آمد و تحویل آزمایشگاه مرکزی میکروبیولوژی و آنالیز شیمیایی آب شرکت آب فاضلاب روستایی گردید. مقدار عنصر بر بروش Azomethine H با استفاده از دستگاه فتومتر Merck Nova 400 انجام شده است. نتایج آزمایشات انجام شده توسط این آزمایشگاه توسط آزمایشگاه گروه شیمی تجزیه مرکز تحقیقات هسته ای سازمان انرژی اتمی مقایسه گردیده و دقت آن مورد تأیید قرار گرفته است. در ادامه گزارش بقیه روش تحقیق که مربوط به نتیجه گیری از آزمایشات و بررسی های انجام شده و ارائه راه حل های جلوگیری از آلودگی است، ایفاد می گردد.

۳- نتایج

چنانکه اشاره گردید از نمونه برداری های انجام شده از منابع آب سطحی و زیرزمینی محدوده تعیین شده، آزمایش تعیین مقدار بُر بروش Azomethine H انجام شد که نتایج آنها در جدول ۵ ارائه شده است. لازم بذکر است که نمونه های ۱ تا ۳۱ توسط مجری طرح و همکاران برداشت شده و بقیه توسط نمونه بردار آزمایشگاه مرکزی میکروبیولوژی و آنالیز شیمیایی آب شرکت آب فاضلاب روستایی تهیه و به آزمایشگاه تحویل گردیده است. برای تعیین محدوده ای از منطقه که آبهای زیرزمینی آن با بُر آلوده است، مقدار بُر بدست آمده از آزمایش ها را با مختصات جغرافیایی آن در نرم افزار ArcGIS وارد نموده و با روش درون یابی IDW حدود بُر در بازه های مختلف در محدوده مورد نظر تعیین گردید که نتایج آن در شکل های ۷ تا ۱۰ ارائه شده است.

روش IDW (Inverse distance weighting) یکی از روشهای درون یابی بر اساس میانگین متحرک است که جهت تخمین داده مجهول با استفاده از داده های معلوم بکار می رود. داده های معلوم بکار رفته را می توان با توجه به فاصله ثابت و یا تعداد نقطه اطراف معلوم انتخاب نمود (واتسون و فیلیپ، ۱۹۸۵). یکی از قابلیت های این روش در ARC GIS 9.2 در نظر گرفتن موانع یا Barriers است که در این طرح موانع بکار رفته لایه های زمین شناسی بود. توان رابطه درون یابی ۲ و تعداد نقاط ۱۲ عدد انتخاب گردید که بطور پیش فرض در مدل در نظر گرفته شده است. لازم بذکر است سایر روشهای درون یابی مثل تیسن، مثلث بندی و روش های زمین آمار مثل کریجینگ مساله موانع را در نظر نمی گیرند. ویرایش های جزئی دستی نیز در جاهائی که داده های لازم کم بودند اعمال گردید.

جدول ۵- مقدار عنصر بُر در نمونه های آب برداشت شده از محدوده طرح

شماره نمونه	محل نمونه برداری	EC μS/cm	TDS mg/l	Boron mg/l
۱	چشمه آبگرم مردانه (سمت چپ)	۱۶۸۶۰	۱۰۹۶۰	۴۴۲
۲	چشمه آبگرم مردانه (سمت راست)	۱۶۷۵۰	۱۰۸۹۰	۴۵۰
۳	چشمه آبگرم زنانه	۱۶۷۷۰	۹۹۰۰	۴۳۵
۴	چشمه پایین دست مردانه	۱۶۸۷۰	۹۹۰۰	۴۳۸
۵	چشمه بالادست زنانه	۱۶۸۵۰	۱۰۹۵۰	۴۴۰
۶	چشمه آب سرد دامنه سمت راست	۱۵۷۳۰	۱۰۲۲۰	۴۴۶
۷	خروجی آبراهه آبگرم (سرشاخه ۳)	۱۷۴۵۰	۱۱۲۸۰	۴۵۱
۸	آبراهه سمت راست آبگرم (سرشاخه ۲)	۶۷۱۰	۴۳۶۰	۲۶۵

شماره نمونه	محل نمونه برداری	EC μS/cm	TDS mg/l	Boron mg/l
۹	چشمه تلاقی دو آبراهه	۱۵۷۵۰	۱۰۲۴۰	۴۱۰
۱۰	محل تلاقی آبراهه های ۲ و ۳	۱۱۴۰۰	۷۴۱۰	۳۸۰
۱۱	آبراهه سمت چپ آبگرم (سرشاخه ۴)	۴۵۰	۲۹۱	۰/۴۸
۱۲	محل تلاقی آبراهه های ۱، ۲ و ۳	۵۴۵۰	۳۵۴۰	۲۱۵
۱۳	آبراهه سرشاخه ۱ (پایین دست بند رسوبگیر)	۷۷۷	۵۰۵	۳/۴۸
۱۴	آبراهه سرشاخه ۱ (پایین دست گردنه قوشچی)	۶۸۰	۴۴۲	۰/۶۸
۱۵	چاه عمیق شماره ۱ آبگرم	۸۸۷	۵۷۷	۱۶/۰۸
۱۶	چاه عمیق شماره ۲ آبگرم	۹۶۴	۶۲۷	۱۶/۶۸
۱۷	چاه عمیق شماره ۳ آبگرم (کارخانه آجرپزی)	۶۶۰	۴۲۹	۸/۶۶
۱۸	چاه عمیق شماره ۴ آبگرم	۶۵۷	۴۲۷	۹/۲۱
۱۹	چاه عمیق کافه مرادخان	۱۰۵۰	۶۸۳	۶/۷۴
۲۰	چاه عمیق بعد از کافه مرادخان	۱۱۸۳	۷۶۹	۸/۶۶
۲۱	چاه عمیق پایین دست تمر سمت راست جاده	۱۲۴۵	۸۰۹	۷/۱۸
۲۲	چاه عمیق پایین دست تمر سمت چپ جاده	۱۲۵۵	۸۱۶	۸/۹۴
۲۳	چاه عمیق بالادست تمر	۹۸۱	۶۳۸	۸/۲
۲۴	چاه عمیق پایین دست جاده قره باغ	۸۷۵	۵۶۹	۶/۶۵
۲۵	چاه عمیق بالادست آغ زیارت شماره ۱	۶۷۰	۶۷۰	۷/۳۴
۲۶	چاه عمیق بالادست آغ زیارت شماره ۲	۸۵۷	۸۵۷	۱۰/۹۴
۲۷	شیر برداشت روستای آغ زیارت	۸۸۵	۸۸۵	۱۶/۸۸
۲۸	چشمه روستای شورگل	۸۱۵	۵۳۰	۱/۰۳
۲۹	آب شرب روستای شورگل	۱۴۵۳	۹۴۵	۲/۴۶
۳۰	چشمه سمت راست روستای تمر	۹۴۸	۶۱۶	۰/۶۱
۳۱	آبراهه سمت راست تمر بالادست شورگل	۵۸۰	۳۷۷	۱۲/۵۶
۳۲	آب شرب تمر			۴/۷
۳۳	آب شرب میناس			۸/۲
۳۴	آب شرب قره قشلاق			۱/۰۱
۳۵	آب شرب سلطان احمد			۰/۴۴

شماره نمونه	محل نمونه برداری	EC μS/cm	TDS mg/l	Boron mg/l
۳۶	آب شرب قزلجه			۰/۷۶
۳۷	آب شرب حبشی			۰/۶۵
۳۸	آب شرب آخته خانه			۰/۷۷
۳۹	آب شرب بخش کندی			۰/۶۶
۴۰	آب شرب آغ اسماعیل			۰/۷۹
۴۱	آب شرب قاباخ تپه			۹/۶
۴۲	آب شرب سلماس (منبع ذخیره دریشک)			۰/۸۵
۴۳	موتور خانه چاه آغ زیارت (آب شرب مجتمع قره باغ)			۱۵/۴۲
۴۴	موتورخانه چاه خان تختی (آب شرب مجتمع قره باغ)			۷/۸۰
۴۵	شیربرداشت قره باغ			۱۳/۶۲

چنانکه در شکل های ۶ تا ۹ مشاهده می گردد جریان آلودگی از طریق آبهای زیرزمینی دره آبگرم و دره خورخوره در جهت جنوب به شمال حرکت نموده و پس از ورود به آبهای زیرزمینی دشت سلماس در جهت غرب به شرق حرکت نموده و در نهایت به دریاچه ارومیه تخلیه می گردند. جریان آب زیرزمینی در دشت سلماس و وجود موانعی مانند کوه پیرچاوش ، خان تختی و قوری گل باعث گردیده است که آلودگی بیش از آنچه انتظار می رفت در قسمت جنوب شرق دشت سلماس گسترش یابد. مساحت اراضی که آب زیرزمینی آنها دارای آلودگی شدید یا متوسط می باشند، در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶- مساحت اراضی دارای آب زیرزمینی آلوده به بر در غلظت های مختلف

درجه آلودگی به بر	محدوده آلودگی mg/l	مساحت
خیلی شدید	$6 <$	۷۲۷۰
شدید	۴-۶	۲۱۲۰
متوسط	۲-۴	۲۳۲۰

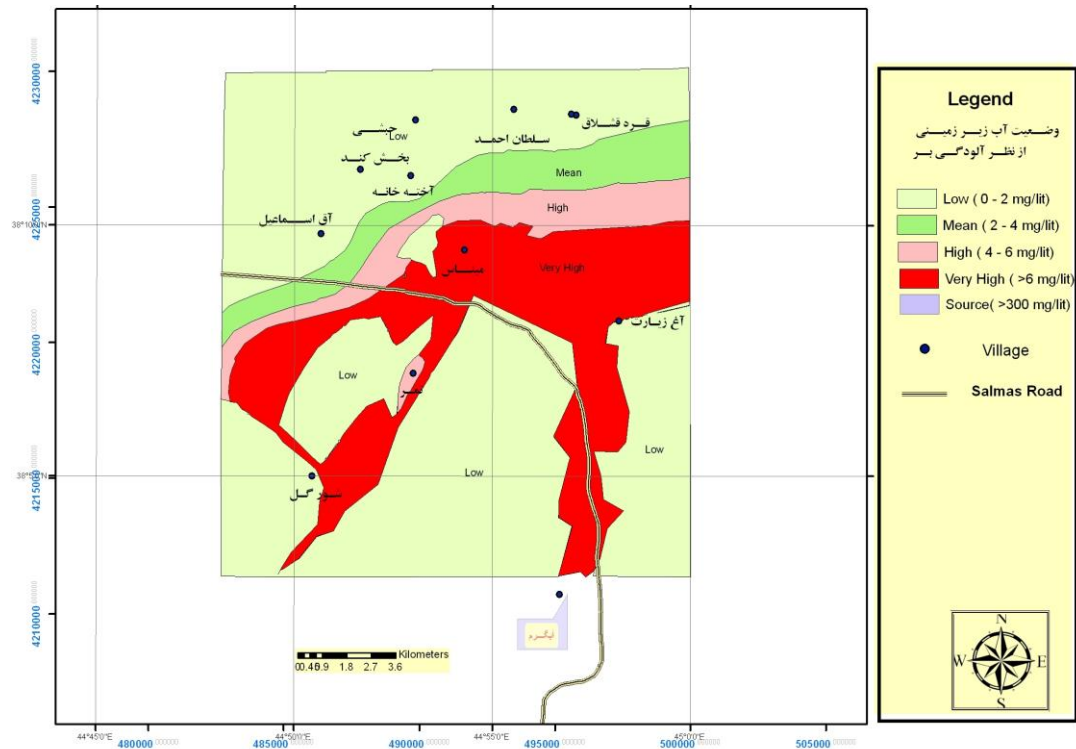
از نمونه‌های آب مجتمع قره باغ و چشمه آبگرم آزمایشات تجزیه شیمیایی علاوه بر برانجام شده و آنیون ها و کاتیون‌های آنها تعیین گردیده است که در جداول ۷ و ۸ ارائه شده است.

جدول ۷- نتیجه تجزیه شیمیایی آب شرب مجتمع قره باغ

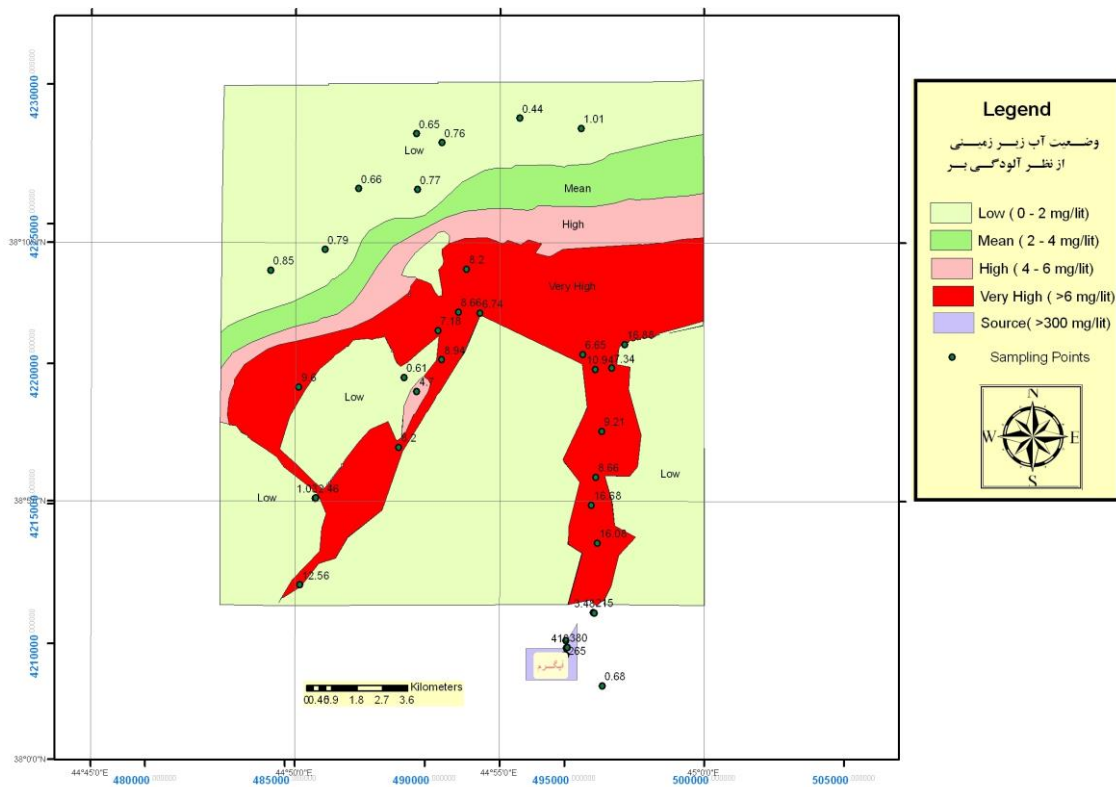
مقدار	واحد	مورد اندازه گیری
۴۴۴/۱	mg/l	بی کربنات
۶۸۰	mg/l	باقی مانده خشک
۱۱۳/۶	mg/l	کلر
۲۷/۴	mg/l	سولفات
۲۴	mg/l	کلسیم
۱۸	mg/l	منیزیم
۶	mg/l	پتاسیم
۱۸۹	mg/l	سدیم
۸/۸		درجه اسیدی
۱۰۹۳/۴		قابلیت هدایت الکتریکی
۷/۱		نسبت جذب سدیم

جدول ۸- نتیجه تجزیه شیمیایی آب چشمه آبگرم

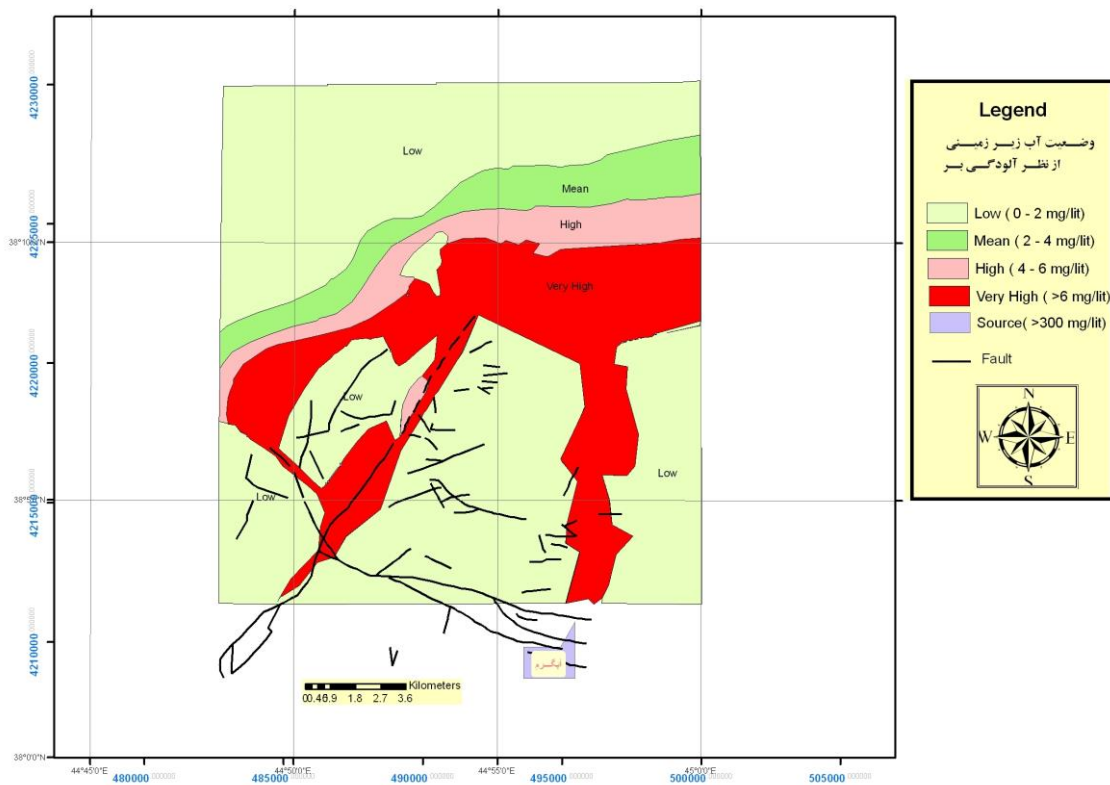
مقدار	واحد	مورد اندازه گیری
۱۲۸۳۴/۴	mg/l	بی کربنات
۱۳۱۰۰	mg/l	باقی مانده خشک
۱۲۰۷	mg/l	کلر
۲۸۵۱/۸	mg/l	سولفات
۱۰/۴	mg/l	کلسیم
۱۵/۶	mg/l	منیزیم
۲۵۶	mg/l	پتاسیم
۶۸۷۲/۳	mg/l	سدیم
۸/۱		درجه اسیدی
۲۰۸۵۹		قابلیت هدایت الکتریکی
۳۱۴/۵		نسبت جذب سدیم



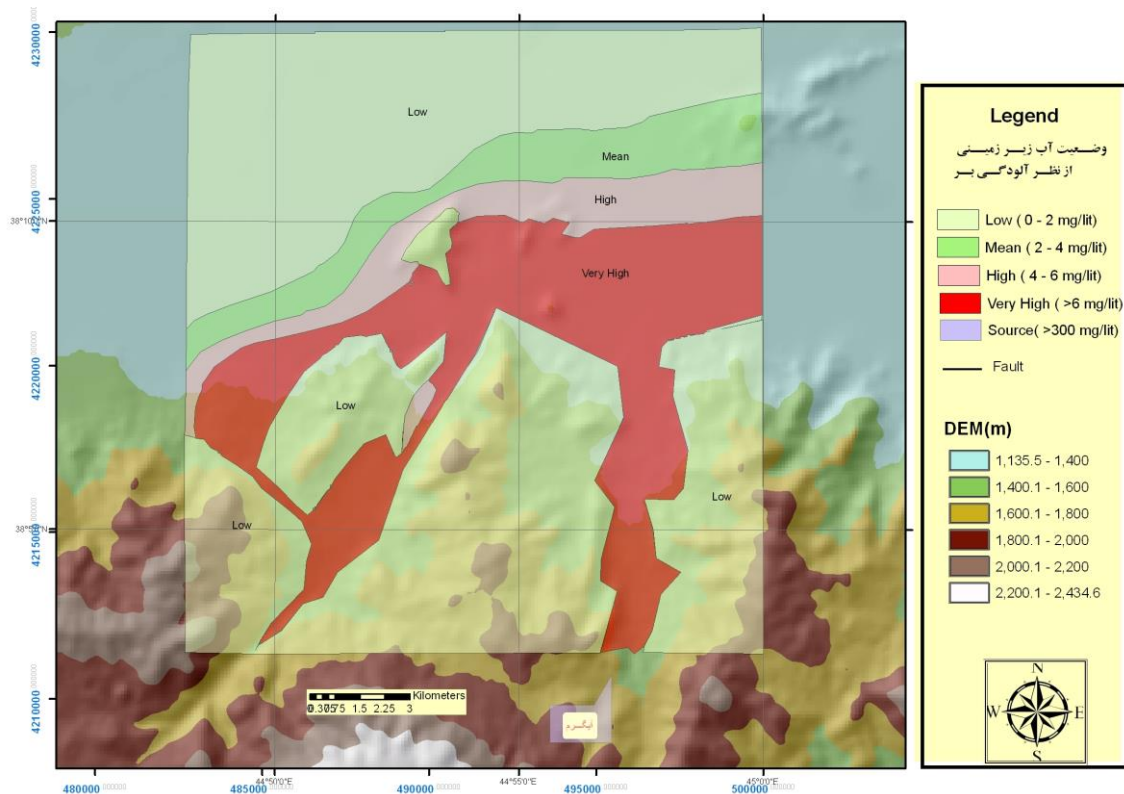
شکل ۷- وضعیت آب زیرزمینی منطقه از نظر آلودگی نیتروژن



شکل ۸- وضعیت آب زیرزمینی منطقه از نظر آلودگی بر با نقاط نمونه برداری



شکل ۹- موقعیت گسل های موجود در منطقه نسبت به محدوده های آلوده به بُر



شکل ۱۰- موقعیت محدوده‌های آلوده به بُر بر روی نقشهٔ توپوگرافی

۴- بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌ها و آزمایشات انجام شده نتایج زیر قابل استنتاج است:

۱- نتایج آزمایشات نشان داد که آلودگی بُر در محدودهٔ وسیعی از آبهای زیرزمینی منطقهٔ جنوب شرقی شهرستان سلماس وجود دارد. انتقال نتایج آزمایشات بر روی نقشهٔ توپوگرافی و استفاده از نرم افزار ArcGIS حدود نسبتاً دقیق منطقهٔ آلوده را نشان داد.

۲- منشأ آلودگی، آبهای گرم داخل زمین می‌باشند که از اعماق زمین پس از حل نمودن ترکیبات بُر موجود در سنگ مادر، مقداری از آن بصورت چشمه در سطح زمین جاری می‌گردد و مقداری از آن نیز از طریق گسل آبگرم-قاباخ تپه و گسل تمر وارد آبهای زیرزمینی درهٔ خرخره شده و باعث آلودگی آن می‌گردد.

۳- مناطق آلوده بغیر از محدودهٔ چشمه‌های آبگرم، منحصر به مناطق آبرفتی می‌باشند که از منشأ آلودگی تأثیر پذیرفته‌اند.

- ۴- انتشار آلودگی بُر که از دو درهٔ آبگرم و خرخره در جهت جنوب به شمال می باشد در اثر جریان آب زیرزمینی دشت سلماس که از سمت غرب به شرق است، متوقف گردیده و با آن هم جهت می گردد و از نفوذ آن به اعماق دشت سلماس جلوگیری می گردد.
- ۵- از آب زیرزمینی آلوده به بُر در حال حاضر آب شرب روستاهای زیادی از جمله روستاهای مجتمع قره باغ، آغ زیارت، خان تختی، میناس، تمر، شورگل و قاباخ تپه تأمین می گردد.
- ۶- بررسی اثرات آلودگی بُر در اراضی که با آب آلوده آبیاری می گردند کاملاً مشهود می باشد، اولاً در این محدوده اثری از گیاهان حساس به بُر مانند درختان میوه و صیفی جات که در جدول ۴ ارائه گردیده است، وجود ندارد. ثانياً بازدهی محصولات کشت شده که اکثراً محدود به گندم، جو، یونجه و درختان غیر مثمره مانند بید و صنوبر است، بسیار پایین است و آثار مسمومیت که زرد شدن برگ ها است، در آنها دیده می شود (تصاویر ۴ تا ۶).
- ۷- خاک هایی که با آبهای آلوده آبیاری می شوند، ممکن است در سال های اولیه اثر نامطلوب مسمومیت بُر را بروز ندهند ولی در دراز مدت با تجمع بُر در آنها ممکن است بطور کلی از حیز انتفاع بیفتند.
- ۸- با توجه به وجود منابع آب زیرزمینی غنی و بدون آلودگی بُر در دشت سلماس امکان تأمین آب سالم برای روستاهای دارای آب شرب آلوده وجود دارد.
- ۹- در رودخانه های خرخره و آبگرم پتانسیل خوبی از آبهای سطحی وجود دارد که عاری از آلودگی بُر بوده و می توان از آن به عنوان جایگزین برای آبهای زیرزمینی استفاده کرد.
- ۱۰- با توجه به دبی کم چشمهٔ آبگرم و محدودیت مساحت حوضهٔ آن امکان خارج نمودن آبهای آلوده از گردونهٔ آبهای زیرزمینی وجود دارد.

۵- پیشنهادات

با توجه به نتایج بدست آمده از طرح موارد زیر به عنوان راه حل های کنترل آلودگی آبهای زیرزمینی منطقه و بتبع آن آلودگی خاک های کشاورزی و تأمین آب شرب و کشاورزی سالم در محدوده مطالعاتی پیشنهاد می گردد.

۱- روستاهایی که آب شرب آنها از چاه های آلوده به بُر تأمین می گردد، با اطلاع رسانی از مصرف آب این چاه ها به عنوان آب شرب و پخت و پز جلوگیری شود و سعی شود از منابع غیر آلوده برای این امر استفاده شود. البته در بعضی از روستاها مانند گورچین قلعه، قره باغ و شورگل مشاهده گردید که این امر توسط مردم صورت می پذیرد.

۲- نسبت به جایگزین نمودن منبع آب جدید و احداث خط انتقال به روستاهای مورد نظر اقدام گردد که این امر خوشبختانه توسط شرکت آب و فاضلاب روستایی استان در دست اقدام می باشد.

۳- برای جلوگیری از ورود آب آلوده چشمه آبگرم به چرخه آب زیرزمینی، مطالعات و عملیات مربوطه شروع گردد. در این رابطه روش های زیر پیشنهاد می گردد.

الف- پس از تعیین دقیق محدوده آلوده، در انتهای حوضه مربوطه سد زیرزمینی برای جلوگیری از انتقال آب زیرسطحی به پایین دست و برروی آن، سد ذخیره ای کوچک برای جمع آوری آبهای سطحی احداث گردد. آب جمع شده در پشت سد بوسیله خط انتقال به بیرون انتقال داده شود.

ب- برای انتقال آب آلوده به بیرون دو راه حل متصور است:

ب-۱- احداث استخرهای باسطح وسیع و عمق کم برای تبخیر نمودن آب، که در این صورت باقی مانده خشک آب چون حاوی بُر می باشد می تواند به مصارف گوناگون از جمله کودسازی برسد.

ب-۲- احداث خط انتقال بطول تقریبی ۱۴ کیلومتر تا دریاچه ارومیه و تخلیه در آن.

برای بهره برداری بهتر از تأسیسات یاد شده بهتر است آب چشمه های آبگرم بوسیله لوله به پایین دست و کنار جاده انتقال و تأسیسات استخر و حمام آبگرم در آنجا ساخته شود. این پیشنهاد ۲ مزیت دارد: اول اینکه دسترسی مردم به آبگرم راحتتر خواهد شد، دوم اینکه امکان قرق نمودن حوضه آبگرم و ایزوله کردن برای کاهش فرسایش و رسوب و همچنین سیل حوضه وجود خواهد داشت و از نشت آبهای آلوده به خارج از آن جلوگیری خواهد شد.

۴- برای جلوگیری از آلوده شدن خاک های منطقه به بُر که توسط آبیاری با آب زیرزمینی انجام می گیرد، لازم است برای جایگزین نمودن کل آن با آب سطحی و یا قسمتی از آن، سریعاً مطالعات احداث سدهای ذخیره ای برای جمع آوری سیلاب های حوضه های خرخره و آبگرم صورت پذیرد. در این رابطه پیشنهاد های زیر ارائه می گردد.

۴-۱- با توجه به حجم آورد رودخانه خرخره که حدود ۶ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد ۴ گزینه جایگاه سد مخزنی برای ذخیره سازی شناسایی شده است که در شکل ۱۱ دیده می‌شوند. جایگاه ۱ در بالادست روستای شورگل، جایگاه ۲ در بالادست روستای تمر، جایگاه ۳ در شرق روستای میناس و جایگاه ۴ در جنوب شرقی روستای تمر قرار دارد. مشخصات این جایگاه‌ها در جدول ۹ ارائه شده است.

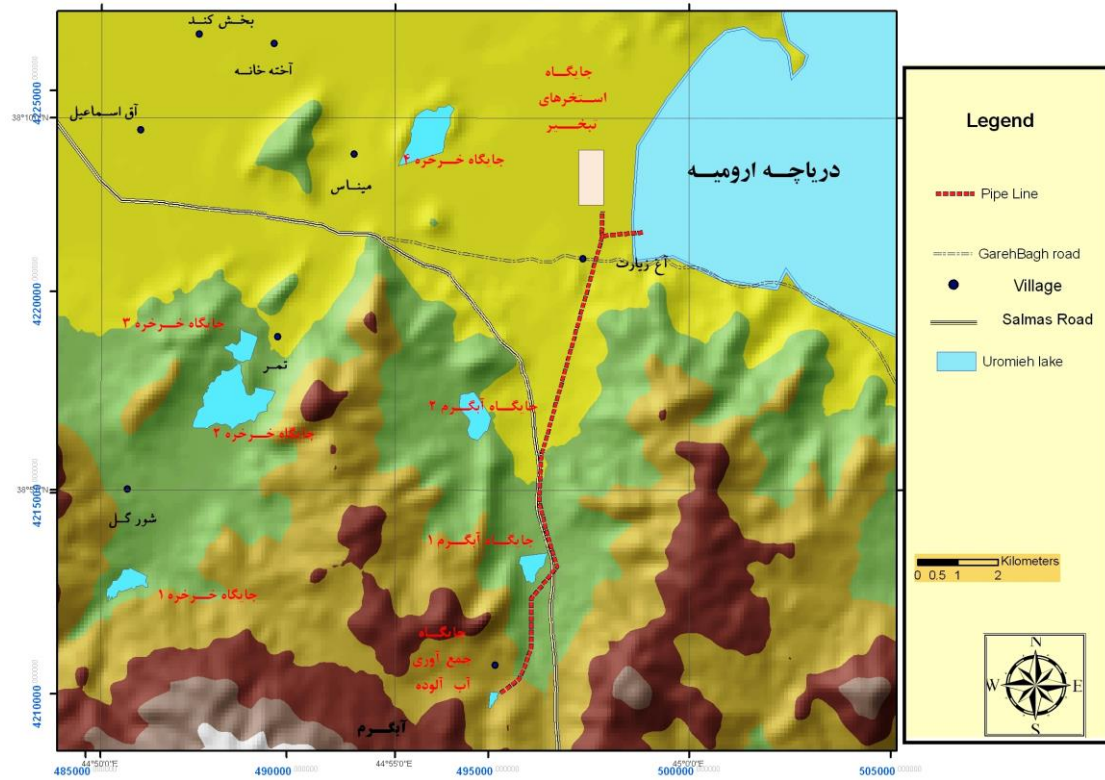
جدول ۹- مشخصات جایگاه‌های احداث سد مخزنی برای ذخیره‌سازی آب خرخره چای

شماره جایگاه	موقعیت	ارتفاع سد m	طول تاج m	حجم مخزن Mm ³
۱	بالادست روستای شورگل	۳۰	۱۲۵۰	۷/۳
۲	بالادست روستای تمر	۲۰	۵۵۰	۶/۸
۳	شرق روستای میناس	۱۵	۱۰۰+۹۰۰	۸/۵
۴	جنوب شرقی روستای تمر	۲۰	۲۶۰	۱/۶

۴-۲- برای ذخیره‌سازی آب رودخانه آبگرم ۲ گزینه جایگاه سد مخزنی شناسایی شده است که مشخصات آنها در جدول ۱۰ ارائه شده است

جدول ۱۰- مشخصات جایگاه‌های مختلف ذخیره‌سازی آب رودخانه آبگرم

شماره جایگاه	موقعیت	ارتفاع سد m	طول تاج m	حجم مخزن Mm ³
۱	پایین دست روستای آبگرم	۲۰	۷۷۰	۳/۵
۲	پایین دست روستای مغول	۲۵	۵۶۰	۳/۵



شکل ۱۱ - جایگاه‌های پیشنهادی برای ذخیره آب سطحی و انتقال آب آلوده چشمه آبگرم

۶- فهرست منابع

- ۱- حبیبی، مهدی و معصومی، ابوالفضل. ۱۳۸۵. کیفیت آب، مواد آلاینده، استاندارد و روش های بهبود، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران. ص ۲۰-۳۴
- ۲- خدابنده، غلامعلی. سلطانی، غلامعلی و سرتپی، عبدالحمید. گزارش نقشه زمین شناسی سلماس به مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- ۳- رضوی، سید حسین. ۱۳۸۵. گزارش مطالعات زمین شناسی و آبهای زیرزمینی و نحوه تأمین آب شرب مجتمع خان تختی. شرکت آب و فاضلاب روستایی آذربایجان غربی. ص ۱۳ و ۱۴
- ۴- سازمان برنامه و بودجه. ۱۳۷۱. استاندارد کیفیت آب آشامیدنی، سازمان برنامه و بودجه- وزارت نیرو. تهران. ص ۲
- ۵- مرکز تحقیقات آب وزارت نیرو. ۱۳۷۱. گزارش نهایی مدل ریاضی آبهای زیرزمینی دشت سلماس. ص ۲ و ۳
- ۶- مهندسان مشاور آب نیرو. ۱۳۸۲. گزارش بهنگام شده هواشناسی و هیدرولوژی و برنامه ریزی منابع آب، طرح سد مخزنی دریک و تأسیسات وابسته و شبکه آبیاری و زهکشی دشت پایاب. ص ۱/۱-۱۱۰
- ۷- مهندسان مشاور آب نیرو. ۱۳۸۶. طرح دشت سلماس، خلاصه نتایج بررسی های تغییرات آب زیرزمینی دشت از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۵. شرکت آب منطقه ای آذربایجان غربی. ص ۱۵
- ۸- مهندسین مشاور یکم. ۱۳۸۳. طرح مطالعات پیامدهای زیست محیطی طرح های توسعه منابع آب (اثرات کمی و کیفی) حوضه دریاچه ارومیه بر روی دریاچه ارومیه، جلد سوم، اثرات متقابل کیفیت آب و تراز آب دریاچه. ص ۱۵ و ۱۶

- 9- Donaldson D.R., Ayers R. S., Kaita K. Y. and Cabral F. (1978). Use of boron sewage effluent on golf greens-Calistoga, Napa County (California, USA). Western Landscaping News 18:15-17
- 10- Gemici, U., Tarcan, G. (2002). Distribution of boron in thermal waters of western Anatolia, Turkey, and examples of their environmental impacts. J. of Environmental Geology. Volume 43, Numbers 1-2. pp. 87-98
- 11- Maas E. (1984). Salt tolerance of Plants. In: The Handbook of Plant Science in Agriculture. B.R. Christie (ed). Press, Boca Raton, Florida, USA

- 12- Molina, L. Sa´nchez-Martos, F. Pulido-Bosch,A., Vallejos,A.Origin of boron from a complex aquifer in southeast of Spain. J. of Environmental Geology. Volume 44. pp. 301–307
- 13- ÖZGÜR.N. (2001). Origin of High Boron Contents of the Thermal Waters of Kizildere and Vicinity, Western Anatolia, Turkey. International Geology Review. Vol.43. V. H. Winston & Son. Inc.
- 14- Watson, D.F., and G.M. Philip. A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation. Geoprocessing, 2:315-327.
- 15- World Health Organization. 2004. Guidelines for drinking water quality.Anex4,Chemical summary tables.p.491
- 16- www.co.stearns.mn.us,(1998). Boron in Minnesota's Ground Water. Minnesota Pollution Control Agency

۷- پیوست



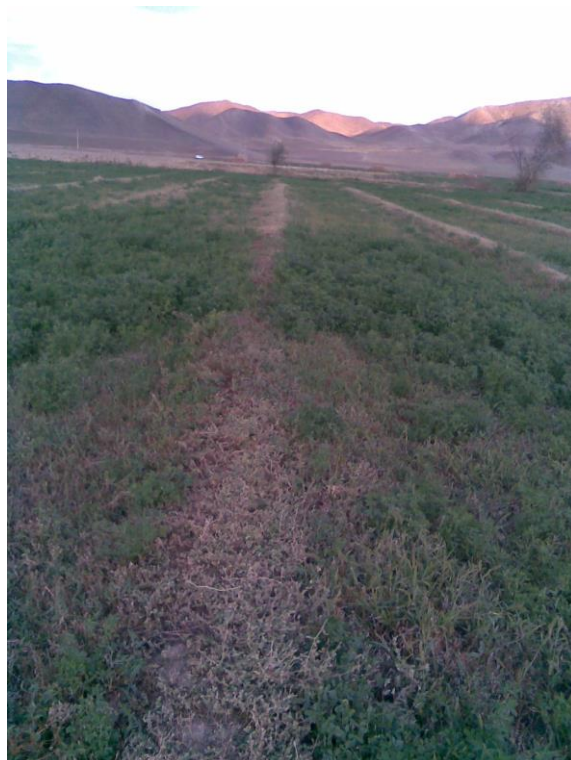
تصویر ۱- ساختمان حمام آبگرم تخریب شده



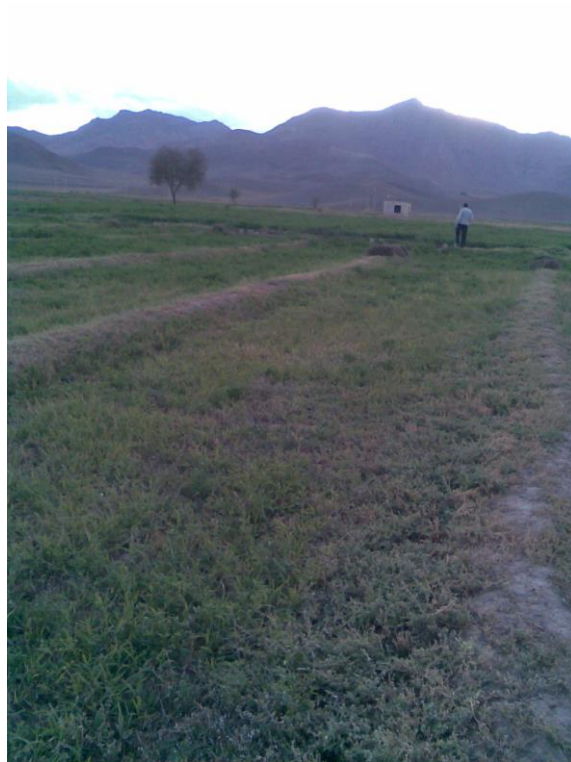
تصویر ۲- دورنمایی از چشمه آبگرم و اتاقک‌های موجود



تصویر ۳- اتاقک های ساخته شده بر روی چشمه های آبگرم



تصویر ۴- وضعیت یونجه زارهای آبیاری شده با آب زیرزمینی آلوده به بُر



تصویر ۵- وضعیت یونجه‌زارهای آبیاری شده با آب زیرزمینی آلوده به بُر



تصویر ۶- آثار مسمومیت بُر در بوته‌ها و برگ‌های یونجه

Abstract

Ground water is the main resource of water supply and irrigation of Salmas and Ag zeiarat plains. In the recent years, water supply of Gareh bag complex was provided from Ag zeiarat and Khan takhty plain by drilling and equipping two water wells. After many objects of water consumers from quality of supplied water and chemical analysis on specimens, it was determined that quantity of Boron was higher than standards. In this research, to determine the origin of pollution of groundwater and propose solutions for prevention, investigations were carried out. At first the water resources which influenced the polluted region were determined. 45 water specimens were collected from accessible water resources and quantity of Boron was determined by method of Azomethine H. By ARCGIS9.2 package, utilization of IDW method with regard to Barriers which were geologic stratum, the polluted region was classified to 4 zone (low, medium, high and very high). The results of water tests and geologic maps were studied and concluded that mineral waters were the origin of pollution which solve the Boron from minerals and convey to surface of the earth. A part of mineral water flows through faults to Khor Khoreh valley and Gabakh tapeh plain and pollute the groundwater and other part of water come to surface as hotwater springs and then penetrate to Ag zeiarat aquifer and pollute its groundwater. To prevent from further pollution of groundwater and soils of region some variants proposed: first, the flow of hot water spring had to be collected by an underground dam and surface reservoir and conveyed to Uroumieh lake or lagoons to evaporate, second, study and construction of low head dams on Khorkhoreh and Hot spring valleys for storage of surface water and substituting with ground water.

Keywords: Boron, Groundwaters, Hotwater Spring, Origin of Pollution
Pollution Control.

• •

**MINISTRY OF POWER
WEST AZARBAIJAN REGIONAL WATER
COMPANY
RESEARCH COMMITTEE**

Title: Study of Groundwater Pollution of Ag zeiarat Region and its Control
NO:AG-W-85003

Executor(s) : Mahdi Jafari bari

Execution site: Salmas – Ag zeiarat Village

With Cooperation of: Behzad Hesari, Khadijeh Nasiri

This Scientific work has been accomplished with financial support of research committee of West Azarbaijan Regional Water Company under the contract number of 14688/123 date 1386/3/24 with Code No. AG-W-85003.

All rights reserved. No part of this Publication may produce or transmitted without the original reference.

ISLAMIC REPUBLIC OF IRAN
MINISTRY OF POWER
WEST AZARBAIJAN REGIONAL WATER COMPANY
RESEARCH COMMITTEE

Final Report of Research Plan:
Study of Groundwater Pollution of Ag zeiarat Region and its Control

Cod No. AG-W-85003

Executor :
WEST AZARBAIJAN REGIONAL WATER COMPANY