بررسی منابع آب زیرزمینی

دشت سیلاخور و عوامل مؤثر در آن

رحمت ا...شعبانی
دانشگاه تربیت مدرس

خلاصه:

دشت سیلاخور با وسعت ۱۱۰۰ کیلومتر مربع، واقع در غرب کشور و شمال شرقی استان لرستان، نمونهٔ یک واحد جغرافیائی است که از آبهای زیرزمینی غنی برخوردار است.

بررسی عوامل مؤثر در تشکیل منابع آب زیرزمینی این دشت، مشخص نموده است که دو عامل اقلیمی و زمین شناختی نقش بارزی را در این مورد بعهده داشته اند. در زمینهای غربی و جنوبی دشت مذکور بعلت کربناته بودن جنس سنگهای آن و گسل خوردگی و درز و شکاف فراوان به همراه انحلال سنگهای آهکی، شرایطی را به وجود آورده تا نزولات جوی از چنین مجاری بطرف مخازن آهکی راه یابند؛ و یک سری چشمه های کارستیک در محل گسلها، بعلت قطع مخازن آهکی ظاهر شوند؛ این چشمه ها سالانه ۱۵۷ میلیون متر مکعب آب بصورت جریانهای رودخانه ای در دشت تخلیه می نمایند.

در کف دشت ضخامت زیاد آبرفتها (بین ۲۵ تا ۷۵ متر) به همراه اقلیم نسبتاً مرطوب یک اسفنج آبی را تشکیل داده است، بنحوی که در بعضی مناطق سطح ایستابی حداکثر ۱/۵ متر می باشد و در قسمتهای دیگر سفره های تحت فشار تشکیل شده است؛ در بخش شرقی بعلت دگرگونه بودن تشکیلات زمین شناسی و عدم نفوذپذیری زمینها و بارش کمتر از ۴۰۰ میلیمتر، چنین شرایطی برای تشکیل آبهای زیرزمینی فراهم نشده است؛ بطورکلی مخازن کارستیک بیشترین حجم آبهای زیرزمینی را بخود اختصاص داده اند.

مقدمه:

آبهای زیرزمینی، بخشی از چرخهٔ هیدرولوژی در جهان است که امروزه با توجه به افزایش جمعیت و نیازهای آبی آن، بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک مورد توجه قرار دارد، زیرا در بعضی از چنین مناطقی تنها منبع تأمین آب می باشد؛ ضمن اینکه چنین آبهایی قسمت مهمی از منابع آب قابل استفاده زمین را در برمی گیرد.

با توجه به حجم کل آب موجود در بیوسفر و نحوه توزیع آن، اهمیت آبهای زیرزمینی به مراتب بیشتر می گردد؛ طبق برآوردهای انجام شده، تمام آب موجود در کره زمین حدود ۱۴۰۰ میلیون کیلومتر مکعب می باشد که از این مقدار ۹۷٪ آب دریاها و اقیانوسها را تشکیل می دهد، از ۳٪ باقی مانده، حدود سه چهارم، یعنی ۲/۲۵ درصد بصورت جامد در کلاهکهای یخچالی قطبین زمین وجود دارد و آنچه باقی می ماند به جز رودها و یخچالهای محلی، آب زیرزمینی است؛ آب موجود در رودخانه ها، دریاچه ها و اتمسفر، تنها یک پنجم از یک درصد کل آب شیرین مصرفی جهان را تشکیل می دهد؛ حدود نیمی از آب زیرزمینی در عمق ۸۰۰ متری زیر سطح زمین قرار دارد و مابقی پائین تر از این عمق یافت می شود؛ همهٔ این آبها قابل استفاده نیستند زیرا قسمتی از آنها محدودیت شیمیائی دارند و قسمت دیگر بعلت عمق زیاد قابل دسترسی نیستند.[۳]

آبهای زیرزمینی تنها به لحاظ کمی حائز اهمیت نمی باشند، بلکه در مقایسه با آبهای سطحی دارای محاسنی هستند که اهمیت آنرا بیشتر می نماید؛ از جمله آنکه آبهای زیرزمینی مخازنی هستند که در مواقع عدم برداشت، بطور طبیعی آب را ذخیره می نمایند و برخلاف آبهای سطحی زمینهای وسیعی را اشغال نمی کنند و از تأثیر جریانهای تبخیر و تعرق و آلودگی تا حدی زیاد محفوظ است ضمن اینکه جریانهای سیلابی زیانبار را باعث نمی شوند و در همهٔ فصول قابل برداشت می باشند، بنابراین شناخت چنین منابعی خصوصاً در مناطق خشک می تواند تا حدی کمبودهای آبی را جبران نماید بخصوص اینکه این منابع در پوسته جامد زمین بطور یکنواخت توزیع نشده است.

طرح مسئله، هدف و روش تحقیق:

بررسی آبهای زیرزمینی از جمله، آبهای زیرزمینی دشت سیلاخور و عوامل مؤثر در تشکیل آن، علاوه بر اینکه می تواند نحوهٔ شکل گیری چنین منابعی را روشن سازد، این امکان را بوجود می آورد تا با شناخت جنبه های کمّی و کیفی این آبها بتوان استفاده های بهینه را در طرحهای عمرانی بعمل آورد، بخصوص اینکه در کشور ما که دارای شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک می باشد چنین منابع آبی از گذشته تاکنون به روشهای گوناگون مورد بهره برداری قرار گرفته است.

هدف از تحقیق فوق بررسی عوامل مؤثر در تشکیل و میزان آبهای زیرزمینی دشت سیلاخور از یکسو، و تخمین میزان آب قابل استحصال از این منابع از سوی دیگر می باشد؛ سیر بررسی در تحقیق حاضر با عنایت به این مسئله انجام شده است که در تشکیل آبهای زیرزمینی دشت سیلاخور کدام عوامل نقش مهم و اصلی را بعهده دارد؟ در این میان توجه و تأکید بر دو عامل اقلیمی و زمین شناسی و نقش آنها در تشکیل چنین منابعی، زمینه و بستر اصلی تحقیق را تشکیل داده است.

بمنظور نیل به اهداف تحقیق روش کار در تحقیق حاضر به دو شکل انجام گرفته است:

۱ـ تحقیقات میدانی، مشتمل بر؛ برداشتهای محلی، بازدید از تشکیلات زمین شناسی، بازدید از چشمه ها و چاهها، اندازه گیریها و نمونه برداریهای صحرائی، شامل اندازه گیری دبی چشمه ها و چاهها، نوع رسوبات و جنس سنگها.

۲ـ تحقیقات کتابخانه ای مشتمل بر؛ مطالعه گزارشهای ادارهٔ آبیاری محل، شامل گزارشات حفاریها، مطالعات ژئوفیزیک و ژئوالکتریک، بررسی آمارهای دبی و جریان مربوط به چشمه ها و چاهها، مطالعه نقشه های زمین شناسی و آب شناسی و نمودارهای مربوط.

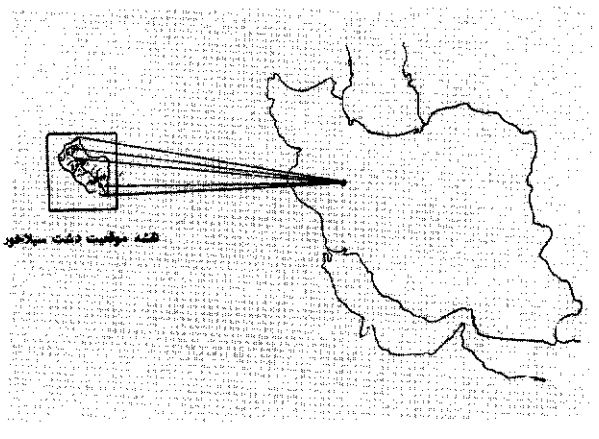
۱ـ آبهای زیرزمینی دشت سیلاخور

موقعیت و محدودهٔ تحقیقاتی:

دشت سیلاخور، بخصوص، قسمتهای میانی و علیای آن با وسعت ۱۱۰۰ کیلومتر مربع بعنوان محدودهٔ اصلی مورد مطالعه در شمال شرقی استان لرستان بین طول جغرافیائی ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیائی ۳۳ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی واقع شده است و از نظر زمین شناسی در برگیرنده سه چهرهٔ متفاوت است:

۱ـ زمینهای دگرگون شده در شمال و شرق دشت، شامل؛ تپه های کم ارتفاع که سنگهای تشکیل دهندهٔ آن عمدتاً شیست، اسلیت و توده های نفوذی می باشد، که از نفوذپذیری کمی برخوردارند.

۲ـ زمینهای رسوبی چین خورده (زاگرس خرد شده) در جنوب، غرب و شمال غربی دشت که ارتفاعات بلندی را تشکیل داده است و جنس قالب آنها کربناته می باشد که بعلت تأثیر نیروهای تکتونیکی و عمل انحلال؛ بشدت دچار خردشدگی، گسل خوردگی و درز و شکاف شده است.



۳ـ دشت آبرفتی سیلاخور در مرکز که از رسوبات ریزدانه کواترنر پوشیده شده است و بعلت ضخامت زیاد آبرفت (بین ۲۵ تا ۷۵ متر) از ضریب ذخیره آبی بالائی برخوردار است که شهرستان بروجرد با جمعیت ۳۰۳,۳۱۷ نفر در آن قرار دارد و از جمله دشتهای مهم کشاورزی و دامپروری غرب کشور است و مساحت زمینهای کشاورزی آن بالغ بر ۸۶ هزار هکتار می باشد.

تشکیلات زمین شناسی و خواص هیدرودینامیکی آن:

در تشکیل آبهای زیرزمینی هر منطقه سه عامل مهم بعنوان عوامل اصلی دخالت دارد:

۱ـ ویژگیهای زمین شناسی و تکتونیکی شامل؛ جنس، تخلخل و ضخامت، بافت و ساخت سنگها، میزان و نوع گسلها و درز و شکافها و شیب لایه های زمین شناسی.

۲ـ ویژگیهای اقلیمی شامل؛ میزان و نوع بارش، نحوهٔ پراکنش زمانی ـ مکانی بارش، دما، میزان تبخیر و تعرق.

۳ـ ویژگیهای ژئومورفولوژیکی شامل فرسایش خاکها، شیب توپوگرافی، نوع و ضخامت رسوبات.

خصوصیات سازندهای زمین شناسی دشت سیلاخور و عملکرد هیدرو دینامیکی آنها بشرح زیر مورد بررسی قرار می گیرد:

زمینهای دارای آبدهی خوب و خیلی خوب:

این زمینها شامل سفره هایی است که دارای قابلیت نفوذ خوب و آب دهی مطلوبی هستند و منطبق بر تشکیلات زیر می باشد.

آهکهای پرمین (آبدهی خوب):

این سازند شامل آهکهای ضخیم لایه کم و بیش دولومیتی است، که آثار کارست نیز در آن دیده می شود، ضخامت آن حدوداً ۱۰۰۰ متر است و حدود ۳۰ کیلومتر مربع از سطح دشت بروجرد را می پوشاند از جمله چشمه های موجود در این تشکیلات یکی چشمه چنارستان با دبی ۲۵۰ لیتر در ثانیه و دیگری چشمه زرشکه با دبی ۵۰ لیتر در ثانیه و چشمه برده کَل با دبی ۸۵ متر در ثانیه، مؤید آبدهی مطمئن و خوب این سازند است.

آهکهای تریاس ـ ژراسیک (آبدهی خیلی خوب):

در جنوب و جنوب غربی بروجرد این سازند شامل، سنگهای آهکی دولومیتی و دولومیت لایه نازک همراه با آهکهای مارنی است که دارای فرسایش کارستیک و گسل و درز و شکاف فراوان می باشد و آبدهی آن خیلی خوب می باشد.

آهکهای ژوراسیک ـ کرتاسه (آبدهی خیلی خوب)

وسعت این آهکها در دشت مورد مطالعه ۱۲۵ کیلومتر مربع است که بعلت وجود اشکال کارستیک و درز و شکاف و گسل فراوان از منابع آبی زیرزمینی غنی برخوردار است و مهمترین چشمه های دشت مورد مطالعه در این سازند قرار دارد، چشمهٔ ونائی با دبی ۱۲۸۰ لیتر در ثانیه نمونهٔ بارز آبدهی خیلی خوب این سازند است.

آهکهای کرتاسه فوقانی (آبدهی خوب):

گسترش این سازند در دشت مورد مطالعه کم است ولی از آنجائیکه در ارتباط با سایر حوضه های مجاور، گسترش زیادی دارد، جزء مناطق با آبدهی خوب بشمار می آید.

آهکهای ائوسن (آبدهی خوب):

این سازند از طبقات آهکی، آهکی ـ مارنی ماسه دار تشکیل شده است که آبدهی آن متغیر است و می توان گفت طبقات مارنی بعنوان سنگ کف طبقات آهکی عمل می نماید.

آهکهای الیگوسن (آبدهی خوب):

این سازند از نظر مشخصات آبدهی مشابه سازند ژوراسیک کرتاسه است و بعلت محدودیت گسترش، جزء مناطق با آبدهی خوب محسوب می شود.

آهکهای کریستالیزه (آبدهی خوب):

این سازند بعلت وجود درز و شکاف فراوان و آثار کارست، بعنوان سازند با آبدهی خوب به حساب می آید، چشمهٔ سراب زارم با دبی ۲۰۰ لیتر در ثانیه نمونه چشمه این نوع سازند است.

زمینهای با آبدهی متوسط تا ضعیف:

این زمینها دارای نفوذپذیری متوسطی هستند و معمولاً از گسترش و ضخامت کمی برخوردارند و در کل سفره های قابل اطمینانی را تشکیل نمی دهند، مگر در شرایط خاص و بیشتر مصرف شرب دارند، مهمترین این سازندها بشرح زیر است:

شیستها و گنیسهای شرق دشت (آبدهی ضعیف):

این سنگها بطور کلی از نظر منشاء، غیرقابل نفوذ می باشند و تنها ممکن است بعلت حرکات تکتونیکی و شکستگی و خردشدگی که در آنها پدید آمده است، مقداری آب در خود ذخیره نماید، چشمهٔ بیچون با دبی ۸ لیتر در ثانیه نمونهٔ آبدهی ضعیف این سازند است.

سنگهای سری سبز (آبدهی ضعیف):

این سازند شامل مجموعه ای از سنگهای آذرین آواری و شیستهای سبز می باشد که درکل غیرقابل نفوذ بوده و تنها بعلت شکستگی و درز و شکاف مختصر، آبدهی ضعیفی دارند، سنگهای این سازند بعنوان سنگ کف آهکهای کریستالیزه عمل می کنند.

سنگهای گرانیتی (آبدهی متوسط):

گرانیت از نظر منشأ یک سنگ غیرقابل نفوذ است، اما بعلت خردشدگی و عمق هوازدگی و تشکیل خاکهای آرن، دارای قابلیت نفوذ ضعیفی هستند چشمه کبوترلان با دبی حداکثر ۱۰ لیتر در ثانیه نمونهٔ آبدهی این سازند است، با توجه به گسترش زیاد آن جزء زمینهایی با آبدهی متوسط به حساب می آید.

مارنهای میوسن (آبدهی ضعیف):

مارنها از نظر منشأ غیرقابل نفوذ هستند بعنوان نمونه چشمه های موجود در این سازند همگی کمتر از ۱۰ لیتر در ثانیه آبدهی دارند.

کنگلومرای بختیاری (آبدهی ضعیف):

سازند بختیاری از نظر نفوذپذیری ضعیف است و تنها در مواردی که دارای سیمان آهکی باشد و تحت تأثیر عوامل تکتونیکی، درز و شکاف در آن بوجود آمده باشد می تواند مقداری نفوذپذیری باشد.

کنگلومرای پلیوکواترنر (آبدهی ضعیف):

این سازند دارای نفوذپذیری کمی است ولی بعلت سیمانی شدن ضعیف، نسبت به سازند بختیاری آبدهی بیشتری دارد.

کنگلومرای قاعده(بدون آبدهی):

این سازند بدون آبدهی است و هیچگونه جریان چشمه ای در آن دیده نمی شود. به غیر از جنس و ضخامت سنگهای دشت، نیروهای تکتونیکی و نتایج حاصل از آنها نیز نقش مهمی را در آبهای زمینی بعهده دارند؛ این نیروها در بخش رسوبی خرد شده، در اثر تحولات زمین شناسی دوران دوم به بعد، باعث خردشدگی شدید رسوبات دوران دوم و سوم شده است و گسل و درز و شکاف فراوانی در سنگهای آن بوجود آورده است بنحوی که اکثر چشمه های مورد مطالعه در محل این گسلها ظاهر شده و در حقیقت نوع چشمه ها گسلی است و توسط عملکرد گسل و قطع مخازن آهکی پدیدار گشته اند؛ منطقه خردشدهٔ زاگرس که از شمال غرب تا جنوب غرب دشت را شامل می شود با داشتن بیشترین تعداد چشمه ها و با آبدهی خیلی خوب و متوسط مصداق این ادعا است.

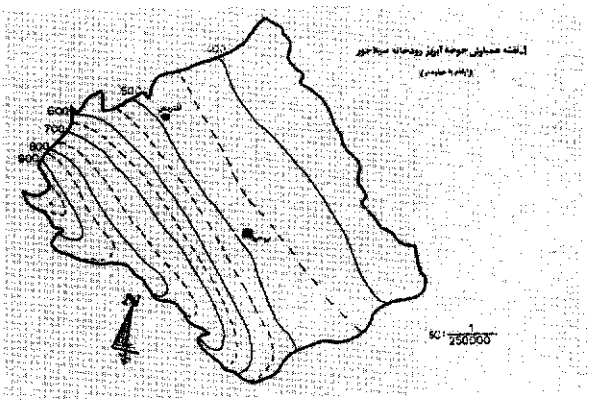
در منطقه دگرگون شده، نفوذ توده های گرانیتی و گرانودیوریتی بهمراه فشارهای تکتونیکی، باعث تشکیل گسلهای اصلی و فرعی در این تشکیلات شده است که البته مقدار آن نسبت به منطقه خرد شده کمتر است، مسئله دیگر شیب لایه های زمین شناسی است که در هدایت آبها به مخازن مؤثر بوده اند.

وجود سفره های آب زیرزمینی غنی در مرکز دشت بعلت رسوبات ضخیم آبرفتی و عملکرد گسل قلعه حاتم و شیب لایه های زمین شناسی حاشیه دشت است که باعث شده حجم عظیمی از آبهای زیرزمینی بصورت سفره های آزاد و بعضاً تحت فشار بوجود آید.

۲ـ نقش عوامل اقلیمی در آبهای زیرزمینی دشت سیلاخور

بدیهی است در صورت وجود شرایط مناسب زمین شناسی، چنانچه منطقه ای از لحاظ ریزشهای جوی فقیر باشد، مسلماً منابع آب زیرزمینی آن غنی نخواهد بود؛ در دشت مورد مطالعه، حداقل باران سالیانه ۴۰۰ میلیمتر، مربوط به شرق دشت است در صورتی که ارتفاعات غربی و شمال غربی بارانی بین ۶۰۰ تا ۹۰۰ میلیمتر را دارا می باشد که این مسئله توأم با جنس زمین و درز و شکاف فراوان باعث تشکیل سفره های زیرزمینی غنی در این قسمت شده است، بعنوان نمونه چشمهٔ گلرود با دبی متوسط سالانهٔ ۲٫۴۳ مترمکعب در ثانیه جریان رودخانه ای را بوجود آورده است، همچنین ارتفاع زیاد این قسمت موجب شده تا مقداری از نزولات جوی بشکل برف در ارتفاعات ذخیره شود و با ذوب تدریجی از طرق درز و شکافهای موجود به مخازن وارد شود، در مقابل، تشکیلات دگرگون شدهٔ شرق و شمال شرق دشت علاوه بر نفوذپذیری و درز و شکاف کم، دارای میزان بارش کمی است که آنهم بعلت ارتفاع کم منطقه (حداکثر ۲۶۰۰ متر)، بیشتر بصورت جریانهای سیلابی به طرف دشت تخلیه می شود.

نگاهی به نقشه همبارش دشت، نحوهٔ توزیع مکانی بارش را در محدودهٔ مورد مطالعه مشخص می کند (نقشه شمارهٔ ۱).



۳ـ بررسی سفره های آب زیرزمینی دشت

سازندهای نرم

براساس مطالعات ژئوفیزیکی و ژئوالکتریکی و همچنین مطالعه رفتار هیدرولیکی چاهها، چشمه ها و قنوات دشت که تاکنون توسط مؤسسات خصوصی و ادارهٔ آبیاری بروجرد انجام شده است، ویژگیهای سفره های آب زیرزمینی در سازندهای نرم دشت سیلاخور بشرح زیر است:

سطح آب زیرزمینی:

سطح آب زیرزمینی در دامنهٔ ارتفاعات و محل تغذیه سفره ها، عمیقتر و بطرف محور دشت از عمق سطح آب زیرزمینی کاسته می شود؛ در دشت اشترینان و قسمت جنوبی آن، سطح ایستابی نوسانی بین ۲ تا ۱۵ متر دارد و بعلت قطر کم رسوبات و ضریب ذخیره نسبتاً پائین آن، تغییرات سطح آب در دورهٔ ماکزیمم و مینیمم زیاد است (حدوداً ۳ متر)؛ در دشت بروجرد نوسان سطح آب زیرزمینی زیاد است ولی تغییرات چندانی در دورهٔ ماکزیمم و مینیمم مشاهده نمی شود، در این محدوده حداقل سطح برخورد با آب زیرزمینی یک متر و در حاشیه رودخانه سیلاخور است[۲]، بالا بودن سطح آب زیرزمینی در بخشی وسیعی از حاشیه رودخانه مذکور باعث شد تا این محدوده بصورت منطقه تبخیری درآید.

بالا آمدن سطح آب زیرزمینی در دشت اشترینان از اواخر آبان شروع و تا اردیبهشت ادامه دارد و پس از آن افت می نماید؛ در دشت بروجرد سطح آب زیرزمینی از دیماه بالا می آید و تا اواخر خرداد ادامه دارد؛ اختلاف در نوسانات سطح آب زیرزمینی در دو دشت اشترینان و بروجرد به دو علت است؛ یکی اختلاف دما در دو دشت و در نتیجه تأخیر در ذوب برف و پرآب تر شدن رودها و رسوبات در دشت بروجرد و دیگری وجود آهکهای انحلال یافتهٔ حاشیه شمال غربی، غربی و جنوبی دشت که موجب تغذیه سفره ها می شود (بالا آمدن سطح آب در چاههای واقع در پای دامنه های آهکی دشت بروجرد مؤید این نظر است).

جهت جریان آبهای زیرزمینی

جهت کلی آبهای زیرزمینی از دامنه ها بطرف محور دشت و از شمال غربی بطرف جنوب شرقی است که تقریباً از توپوگرافی ظاهری پیروی می نماید؛ در دشت اشترینان جهت جریان آب زیرزمینی از دامنه های شمالی، غربی و جنوبی بصورت همگرا بطرف محور دشت است که پس از بهم پیوستن، در امتداد غربی شرقی وارد دشت بروجرد می شود.

در دشت بروجرد جهت جریان آب زیرزمینی از مخروط افکنه های شمالی، جنوبی و جنوب شرقی بصورت واگرا بطرف محور دشت و در جهت اصلی شمال غربی ـ جنوب شرقی ادامه می یابد؛ محلهای تغذیه سفره ها عموماً مخروط افکنه های دامنه ای است و در دامنه های ارتفاعات جنوبی دشت، تشکیلات کارستیک عامل مهمی در تغذیه این سفره ها می باشد.

شیب هیدرولیکی سفره های زیرزمینی:

شیب آب زیرزمینی در محل تغذیه سفره ها و در دامنه ها، بیشتر از نقاط مسطح دشت است؛ در دشت اشترینان بعلت ضخامت کم و تراوائی ناچیز لایه های آبرفتی و شیب نسبتاً زیاد کف در دامنهٔ ارتفاعات، باعث شده تا گرادیان هیدرولیک بین ۲۳ تا ۶۰ متر در هر هزار متر در جبهه های ورودی، و ۱۹ تا ۵۵ متر در هر هزار متر در جبهه های خروجی، متغیر باشد؛ در دشت امیرآباد شیب آب زیرزمینی در جبههٔ ورودی بین ۲/۲ تا ۱۲/۱ در هر هزار متر و در جبههٔ خروجی بین ۰/۸ تا ۷/۹ متر در هر هزار متر متغیر است.[۲]

مقاومت ویژه الکتریکی طبقات:

با توجه به نتایج سوندژهای الکتریکی، مقاومت ویژهٔ الکتریکی طبقات زمین شناسی بشرح زیر است:[۲]

۱ـ رسوبات قدیمتر از میوسن با مقاومت الکتریکی زیاد (اغلب بیش از ۱۰۰۰ اهم متر) که سنگ کف مقاوم دشت را تشکیل می دهد.

۲ـ رسوبات میوسن و پلیوسن ـ پلیوکواترنر، با مقاومت ویژهٔ الکتریکی ۱۰ تا ۲۰ اهم متر که سنگ کف هادی دشت را تشکیل می دهد.

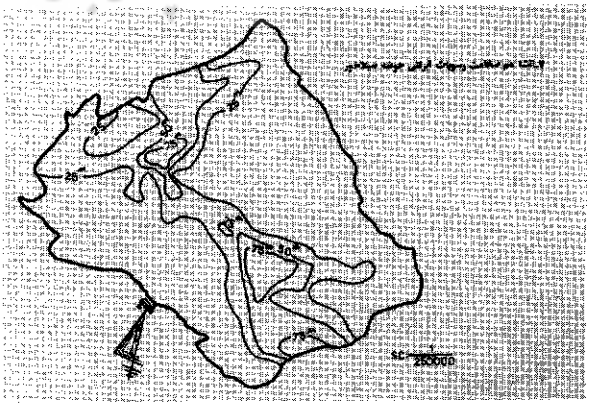
۳ـ سازند کنگلومرای بختیاری با مقاومت ویژهٔ ۱۰۰ تا ۲۰ اهم متر.

۴ـ رسوبات آبرفتی کواترنر با مقاومت ویژهٔ الکتریکی ۲۰ تا بیش از ۲۰۰ اهم متر، که سطح دشت را پوشانده و بعنوان اسفنج آبی دشت محسوب می شود.

ضخامت رسوبات آبرفتی:

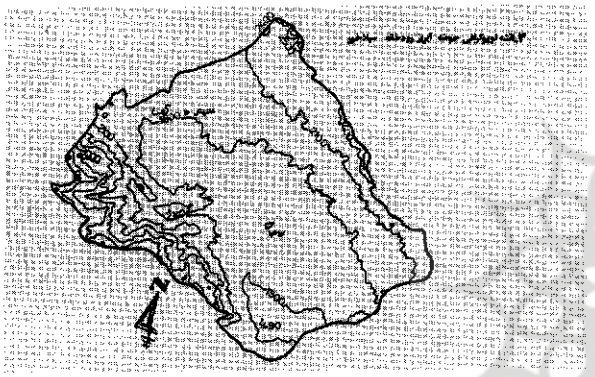
رسوبات آبرفتی قسمت شمال دشت، بجز پوشش سطحی، اغلب از آبرفتهای نسبتاً قدیمی و تراسهای آبرفتی تشکیل شده است؛ وضعیت دانه بندی طبقات نسبتاً درشت ولی سیمانی شدن مواد بطور نسبی موجب کاهش میزان تراوائی و تخلخل مفید رسوبات شده است؛ بیشترین ضخامت این رسوبات ۷۵ متر است که روی سنگ کف مقاوم طبقات قدیمتر از سنگهای میوسن قرار گرفته است؛ بطرف جنوب بروجرد، علاه‌بر سنگ کف مقاوم، سنگ کف هادی تظاهر می نماید که از طبقات میوسن و یا پلیوسن رسی تشکیل شده است. در جنوب بروجرد ضخامت رسوبات به ۷۵ و در پاره‌ای موارد به ۹۰ متر می رسد، رسوبات آبرفتی این قسمتها اغلب تحت تأثیر رسوبات مخروط افکنهای جانبی است و در کل عمیقترین حوضه آبرفتی دشت را تشکیل می دهد.

بطورکلی رسوبات حاشیه دشت بطور متوسط ۲۵ متر در حاشیه دشت و ۷۵ تا ۹۰ متر در محور دشت ضخامت دارند و همچنین رسوبات دشت بروجرد نسبت به دشت اشترینان ضخیم تر است (نقشه شماره ۲).



مقاومت عرضی لایه های آبدار:

مقاومت عرضی لایه آبدار عبارت است از: حاصل ضرب ضخامت لایهٔ آبدار در مقاومت ویژهٔ الکتریکی آن، از آنجا که مقاومت عرضی، با آبدهی لایه نسبت مستقیم دارد، لذا در دشت مورد مطالعه؛ دشت بروجرد که رسوبات آبرفتی آن ضخیم است، دارای مقاومت عرضی بیش از ۵۰۰۰ اهم متر مربع است که نشانه آبدهی مناسب آن است و در حاشیه دشت که ضخامت آبرفت کم است و همچنین در مناطق رسی، مقاومت عرضی لایه آبدار بین ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ اهم متر مربع است.



ضریب انتقال آب رسوبات:

همانطورکه اشاره شد، مقاومت عرضی لایه آبدار (RT) از حاصلضرب ضخامت لایهٔ آبدار برحسب متر (e) در مقاومت ویژه لایه آبدار برحسب اهم متر (p) بدست می آید و همچنین ضریب انتقال آب لایه (T) از حاصلضرب مقاومت لایه برحسب برم (K) درضخامت لایه آبدار برحسب متر (e) حاصل می شود:[۲]

$$RT = e \cdot P$$

و

$$T = K \cdot e$$

با حذف عامل مشترک در دو رابطهٔ بالا و عنایت به اینکه تغییرات شوری در دشت مورد مطالعه بسیار کم است، می توان گفت که تغییرات p و K متناسب می باشد و ضریب انتقال تابعی از میزان مقاومت عرضی لایه آبدار است؛ براین اساس میزان قابلیت انتقال لایه آبدار در مخروط افکنه ها و رسوباتی که دانه درشت تر یا ضخیم می باشند، بیشتر است؛ بطورکلی این ضریب برای دشت اشترینان، متوسط ۵۰۰ مترمربع در روز و برای دشت جنوبی بروجرد با سفره های آب زیرزمینی غنی بین ۱۰۰ تا ۲۰۰۰ مترمربع در روز است.

نوع سفره های آب زیرزمینی :

با توجه به ضرایب ذخیره بدست آمده از چاههای دارای پیزومتر و مطالعات ژئوالکتریک و ژئوفیزیک، بطورکلی سفره های آب زیرزمینی دشت مورد مطالعه از نوع آزاد باشند و تنها در جنوب شهر بروجرد، در حوالی روستاهای نصیرآباد، شاه ویران و وزیرآباد قسمت کوچکی بصورت سفرهٔ تحت فشار وجود دارد که در چند سال اخیر ۱۳ حلقه چاه آرتزین در آن حفاری شده است؛ آزمایشات انجام شده مشخص نموده است که آب خروجی از این چاهها دارای مقداری گاز است و احتمالاً دلیل تحت فشار بودن آبها، وجود گاز می باشد.[۲]

بیلان آبهای زیرزمینی سازندهای نرم :

بمنظور برآورد پتانسیل آبهای ورودی و خروجی به سفره های زیرزمینی اقدام به برآورد بیلان آبهای زیرزمینی دشت مورد مطالعه شده است.

فرمول کلی معادله بیلان آبهای زیرزمینی بشرح زیر است :

$$QIN = QOUT \pm DV$$

که در آن :

QIN = کلیهٔ آبهای ورودی به سفره

QOUT = کلیهٔ آبهای خروجی از سفره

± DV= تغییرات حجم مخزن

هر یک ازعناصر فرمول بیلان بشرح زیر محاسبه می شود :

$$QIN = qin + qir + qRi + qPi$$

که در آن :

qin = کلیهٔ آبهای زیرزمینی ورودی به سفره

qir = کلیهٔ آبهای برگشتی از کشاورزی

qRi = آبهای نفوذی از جریانهای سطحی

qPi = آبهای نفوذی توسط ریزشهای جوی

$$QOUT = qout + P + E + (R \pm D)$$

که در آن :

qout = کلیهٔ آبهای زیرزمینی خروجی از دشت

P = برداشت از سفره توسط چاه، قنات، چشمه

E = میزان تبخیر از آب زیرزمینی

(R ± D) = جمع جبری مقدار تغذیه سفره از طریق رودخانه یا زهکشی

مقادیر محاسبه شده مؤلفه های معادلهٔ بیلان براساس مطالعات انجام شده برای سالهای آبی بین ۱۳۶۱ تا ۱۳۷۱ بشرح زیر است :

۱. نفوذ از طریق آب برگشتی کشاورزی بین ۱۰ تا ۱۲ درصد آبهای آبیاری.

۲ـ تغذیه از طریق آبهای سطحی بین ۴۵ تا ۵۵ درصد آبهای مصرفی سطحی.

۳ـ برداشت از سفره ها (چاه، قنات، چشمه) ۵۶/۳۱۹ میلیون مترمکعب.

۴ـ میزان تبخیر از سفره برای سطح آب زیرزمینی تا یک متر زیر سطح زمین، ۱۵ درصد و برای سطح آب ۱ تا ۱/۵ متر زیر سطح زمین ۶/۵ درصد مازاد تبخیر پتانسیل از بارندگی برابر با ۰/۴۵۲ میلیون مترمکعب.

درکل بیلان آبی برای آبهای زیرزمینی سازندهای نرم دشت در مدت مذکور بصورت زیر است (ارقام به میلیون مترمکعب) :

qout = ۸۱/۰۵۴	qin = ۱۸۶/۸۴۶
p = ۲۷/۵۴۷	qir = ۲/۷۵۸
E = ۰	qRi = ۲۶/۶۰۰
D ± R = ۱۰۸/۷۲۷	qPi = ۱/۷۰۰
±DV = + ۰/۵۴۶	—
QOUT = ۲۱۷/۹۰۱	QIN = ۲۱۷/۹۱۴

۴ـ بررسی آبهای زیرزمینی سازندهای سخت

تشکیلات آهکی تریاس ژوراسیک و ژوراسیک کرتاسه با آبدهی خیلی خوب و بعلت گسترش زیاد و درز و شکاف فراوان، غنی ترین چشمه های منطقه را که سرچشمهٔ رودخانهٔ اصلی دشت می باشد بوجود آورده اند (چشمه گلرود و سراب سفید).

در بعضی از تشکیلات سخت زمین شناسی منطقه، از جمله سنگهای کربناته، در اثر چین خوردگی لایه ها و فشارهای تکتونیکی، خردشدگی و درز و شکافهای فراوانی بوجود آمده است، درنتیجه جریان آب در این شکافها منجر به انحلال سنگهای آهکی و توسعهٔ فیزیکی درز و شکافها شده است و نهایتاً فضاهای خالی را برای ذخیره آب زیرزمینی فراهم نموده است؛ نزولات جوی از طریق این شکافها به مخازن آهکی جریان یافته و در برخورد با لایه های غیرقابل

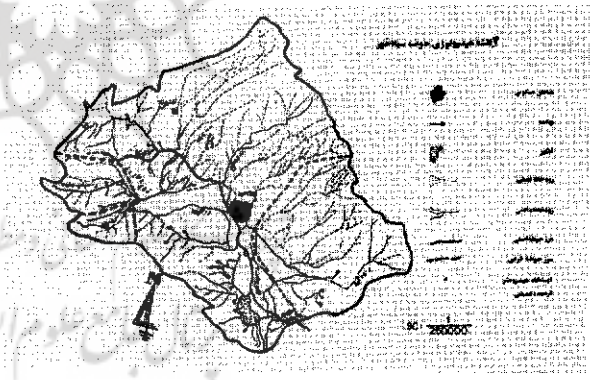
نفوذ که در تشکیلات دشت سیلاخور معمولاً مارن می باشند، منبع آبهای کارستیک را تشکیل داده اند و به مرور از محلی بصورت چشمه های کارستیک تخلیه می شوند؛ بررسیهای بعمل آمده در مورد ۱۳ چشمه در دشت مورد مطالعه مشخص نموده است که ۱۲ مورد از چشمه ها در محل گسلها و بعلت عملکرد گسل بصورت قطع مخزن تظاهر نموده اند.

چشمه های مورد مطالعه به دو دسته تقسیم می شوند:

۱ـ چشمه های سرریز منبع آب زیرزمینی، یعنی زمانی که منبع آب زیرزمینی پر می شود، مقداری از آب که بالاتر از مظهر چشمه قرار دارد بمرور تخلیه می شود.

۲ـ چشمه هایی که مظهر آنها پائین تر از منبع قرار دارد، در این نوع چشمه ها تمامی آب مخزن توسط چشمهٔ واقع در کف مخزن تخلیه می شود.

در دشت مورد مطالعه، ارتفاعات غربی و جنوب غربی عموماً



از طبقات آهکی تشکیل شده اند که بعلت شرایط تکتونیکی و رطوبتی، گسل و درز و شکاف فراوانی در این سنگها بوجود آمده است؛ میزان ریزشهای جوی در این ارتفاعات بین ۶۰۰ تا ۹۰۰ میلیمتر می باشد که بیشتر بصورت برف است، مقداری از این نزولات از طریق درز و شکافهای موجود، ضمن انحلال مجاری آهکی، به مخازن آهکی نفوذ می نماید، گسلهای بزرگ در این تشکیلات نقش معابر اصلی جریانهای زیرزمینی و در مظهر چشمه ها نقش زهکشهای مخازن کارستیک را ایفا می نمایند، در نهایت گسلها در تشکیلات کربناته دشت بهمراه نزولات جوی و عمل انحلال آهکها توسط آب، چشمه های کارستیک متعددی را بوجود آورده است.

در دشت مورد مطالعه تعداد ۱۲ چشمهٔ کارستیک و یک چشمه همبری وجود دارد که آبدهی آنها متفاوت و بین ۷۰ تا ۱۲۵۰ لیتر در ثانیه متغیر است و مجموعاً ۱۵۸ میلیون مترمکعب آب از ۲۰۱ میلیون مترمکعب کل آب سطحی دشت سیلاخور را تشکیل می دهد (۲۱۰ میلیون مترمکعب اندازه گیری شده در ایستگاه هیدرومتری رحیم آباد).

در بین چشمه های مورد مطالعه، دو چشمهٔ گلرود و سراب سفید از سایر چشمه های منطقه مهمتر هستند که بر روی آنها ایستگاههای هیدرومتری نسب شده است، براساس داده های این ایستگاهها دو چشمهٔ مذکور بشرح زیر مورد بررسی قرار می گیرد:

چشمه سراب سفید:

این چشمه در دامنهٔ ارتفاعات گرین (ارتفاع قله گرین ۳۶۵۸ متر) قرار دارد و براساس آمار موجود، حداکثر میزان آبدهی آن در اواسط اردیبهشت و حداقل آن در اواخر مهر است؛ همچنین آبدهی چشمه در بعضی مواقع تغییرات ناگهانی دارد که به نظر می آید در روزهای بارندگی مقداری از جریان سطحی وارد چشمه می شود؛ میزان آبدهی چشمه بین ۱ تا ۳/۵ مترمکعب در ثانیه متغیر است و دبی متوسط آن برای دورهٔ ۱۳۵۱ تا ۱۳۷۲ برابر با ۱/۷۳ مترمکعب در ثانیه است، همچنین متوسط تخلیه سالیانهٔ آب آن ۴۸ میلیون مترمکعب است؛ مقدار to برای چشمه ۳۵۸ روز است یعنی اگر مدت ۳۵۸ روز بارندگی نباشد و مخزن تغذیه نشود چشمه خشک می شود[۲].

مخزن چشمه در نیمه اردیبهشت پر و سطح آب به حداکثر می رسد، لذا حجم آبی که در ۱۵ اردیبهشت بالاتر از مظهر چشمه قرار دارد برابر زیر است:

میلیون مترمکعب ۶۶/۸ = ۳۶۰۰ * ۲۴ * ۲/۱۶ * ۳۵۸ =QITO= VMAX

و در آخر مهر حجم آب مخزن برابر است با:

میلیون مترمکعب ۴۳/۳ = ۳۶۰۰ * ۲۴ * ۱/۴ * ۳۵۸ = Q2TO= VMIN

بنابراین میزان تغذیه مخزن در فاصله بین مهر تا اردیبهشت عبارت است از:

$$R = VMAX - VMIN + D$$

که D کل آب تخلیه شده توسط چشمه در مدت مذکور با عنایت به متوسط جریان چشمه در دورهٔ خشک برابر ۱/۶ مترمکعب در ثانیه است، بنابراین میزان تغذیه مخزن در این فاصله زمانی برابر با ۴۸/۴ میلیون مترمکعب است.

چشمه گل رود:

آبدهی این چشمه در اردیبهشت ماه حداکثر حدود ۵ مترمکعب در ثانیه است و در اواخر شهریور حداقل و حدود ۱/۳۹ مترمکعب در ثانیه می باشد، در فاصلهٔ بین اردیبهشت تا شهریور ماه تنها تخلیه مخزن صورت می گیرد.

آب این چشمه از دو منبع تأمین می شود، قسمت اعظم آب چشمه از منبعی تأمین می شود که زمان جریان آن ۱۰۴ روز است و قسمت دیگر از یک جریان چشمه ای تأمین می شود که تابع شرایط جوی است و تنها در دورهٔ مرطوب آبدهی دارد و تا ۱۵ تیر ماه مقداری آب وارد چشمه می نماید (سراب دروغ زنه): مقدار to برای این منبع ۱۹ روز است بنابراین حجم هر یک از مخازن ذکر شده در زمانهای حداکثر و حداقل و همچنین مقدار متوسط تغذیهٔ آنها بشرح زیر است:

D، کل آب تخلیه شده در مدت مذکور (اردیبهشت تا پایان شهریور) توسط چشمه گلرود، ۳۷/۲۸ میلیون مترمکعب است.

میلیون مترمکعب ۱۰۴*۲۴*۳۶۰۰=۴۳/۱ VMAX = Q2to

میلیون مترمکعب ۱۰۴*۲۴*۳۶۰۰=۱۳ VMIN=Q2to

میلیون مترمکعب ۱۹*۲۴*۳۶۰۰=۲/۳۸ VMAX=q1to

میلیون مترمکعب ۱۹*۲۴*۳۶۰۰=۰/۱۶ VMIN=q2to

میلیون مترمکعب ۶۹/۶ = R=(Q1to-Q2to)+(q1to-q2to)+D

تنظیم جریان آبهای کارستیک بمنظور استفاده بهینه:

چشمه های کارستیک در فصل زمستان بدون استفاده از دسترس خارج می شوند با توجه به اینکه این چشمه ها در حقیقت سرریز مخازن آهکی هستند لذا می توان با حفر چاههای عمیق دراینگونه مخازن، جریان چشمه ها را مطابق نیازهای آبی تنظیم نمود که این برداشت می تواند معادل تغذیه سالانه باشد. اگر تنها بتوان آب این دو چشمه را درسطح دشت تنظیم کنیم برای دورهٔ نیاز آبی از اول خرداد تا آخر مهر ماه می توان حداقل ۹ مترمکعب در ثانیه آب از این دو چشمه مذکور برداشت نمود.

یعنی در این مدت می توان حجم آبی به مقدار ۱۱۶/۶۴ میلیون مترمکعب از این دو چشمه استحصال نود.

میلیون مترمکعب ۱۶/۶۴ =۳۶۰۰*۲۴*۱۵۰*۹

نتیجه گیری

با توجه به موارد بررسی شده در تحقیق حاضر می توان به نتایج زیر دست یافت:

الف: عوامل تکتونیکی بصورت گسل و خردشدگی لایه های زمین شناسی به همراه جنس کربناته سنگها که در مقابل آب انحلال پذیر هستند نقش اول را در ایجاد مجاری و مخازن آبهای کارستیک ایفاء می نماید.

ب: خصوصیات اقلیمی دشت بصورت بارانهای نسبتاً مناسب در غرب و شمال و جنوب دشت، منابع قابل توجهی از آب را بصورت برف و باران به این مخازن وارد می نماید بنابراین عوامل اقلیمی همپای عوامل زمین شناسی نقش بارزی در تغذیه مخازن و سفره ها بعهده دارند.

ج ـ رسوبات ضخیم کف دشت بصورت ریز دانه به همراه سنگ کف هادی و مقاوم باعث شده تا آبهای تحتی و سطحی در این رسوبات سفره های زیرزمینی غنی را تشکیل بدهد.

د ـ در شرق و شمال شرقی دشت بعلت عدم نفوذپذیری سنگها و بارش کم، منابع آب زیرزمینی غنی نمی باشد.

ه ـ قسمت اعظم آبهای سطحی و مصارف شرب و کشاورزی توسط ۱۳ چشمه تأمین می شود که ۱۲ تای آنها آهکی می باشد.

و ـ اغلب چشمه ها درمحل گسلها تظاهر نموده اند که این خود نقش تکتونیک را در بوجود آمدن چشمه های کارستیک، بصورت قطع مخزن توسط گسل، نشان می دهد.

منابع:

۱ ـ اداره آبیاری شهرستان بروجرد، خلاصه آمار هواشناسی و هیدرولوژی دشت سیلاخور، بروجرد، ۱۳۷۲

۲ـ اداره آبیاری شهرستان بروجرد، خلاصه آبهای زیرزمینی منطقه بروجرد، ۱۳۷۲

۳ـ پرایس، مایکل، مقدمه ای برآبهای زیرزمینی، ترجمه دکتر سعدالله ولایتی و شهریار رضائی، انتشارات خراسان، مشهد، ۱۳۷۰

۴ـ درویش زاده علی، زمین شناسی ایران، چاپ اول، انتشارات دانش امروز، تهران، ۱۳۷۰

۵ـ مهندسین مشاور آبفن، طرح تأمین آب و شبکه آبیاری زهکشی دشت بروجرد ـ دورود، استانداری لرستان، اسفند ۱۳۶۳

۶ـ نقشه زمین شناسی بروجرد، مقیاس ۱۰۰۰۰۰ : ۱، سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۷۱