

بررسی منشأ یون‌های اصلی در آب‌های زیرزمینی محدوده آستانه-کوچصفهان

مسعود اسحق پور^۱، محمد منشوری^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

چکیده

حوزه آبریز سفیدرود بزرگ در محدوده ۹ استان کشور قرار گرفته است که از زیر حوزه های قزل اوزن، شاهرود و پایاب سفیدرود تشکیل شده است. به منظور تعیین منشأ یون‌های اصلی آبخوان دشت آستانه-کوچصفهان واقع در بخش مرکزی استان گیلان و بخش انتهایی حوزه آبریز رودخانه سفیدرود از اطلاعات ۲۵ حلقه چاه پایش کیفی عمیق و کم عمق موجود در منطقه با حداکثر عمق ۱۵۰ متر، طی ۱۱ دوره زمانی از شهریور ۱۳۸۲ لغایت شهریور ۱۳۸۷ و اطلاعات چهار ایستگاه هیدرومتری رودخانه سفیدرود واقع در سه زیر حوزه قزل اوزن، شاهرود و پایاب سفیدرود استفاده گردید. ایستگاه‌های پل آستانه و بین راه رودبار در حوزه پایاب سفیدرود و ایستگاه‌های شاهرود و گیلوان به ترتیب بر روی رودخانه های شاهرود و قزل اوزن واقع شده اند. محدوده مورد مطالعه بین طول‌های جغرافیایی ۴۳۰۰۰۰ - ۳۷۰۰۰۰ متر و عرض‌های ۴۱۵۰۰۰۰ - ۴۰۹۹۰۰۰ متر در سیستم UTM و در زون ۳۹ شمالی قرار گرفته است. آستانه اشرفیه بزرگترین شهر واقع در این منطقه می باشد. جنس مواد سازنده این محدوده رسوبات دلتائی و آبرفت رودخانه سفیدرود است که از محل امامزاده هاشم تا دلتای سفیدرود گسترش داشته و به شکل مخروط افکنه‌ای می باشد که راس آن به سمت ارتفاعات البرز و ضلع بزرگ آن به سمت دریای خزر است. آب چاه ها در محدوده آبهای طبیعی طبقه بندی شده و از لحاظ آبیاری در گروه C3S1 قرار می گیرد. کیفیت آب رودخانه سفیدرود در ایستگاه گیلوان در قزل اوزن در گروه C4S2 و در سه ایستگاه دیگر C3S1 می باشد. کیفیت چاه های مورد پایش از لحاظ شیمی یون‌های اصلی، با EC و TDS اندکی بالا می باشد که موجب کاهش گوارایی آب می شود. تأثیر آب با کیفیت پایین تر رودخانه سفیدرود و آب با کیفیت مناسب تر رودخانه در کیفیت آب چاه های محدوده مطالعاتی مشهود می باشد. در نمونه های مورد پایش تأثیر آب شور دریا مشاهده نمی‌گردد. تیپ آب بی‌کربناته کلسیم و منیزیم می باشد. با ترسیم رابطه رگرسیون خطی و مشخص نمودن ضریب تعیین بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها، منشأ آنیون بی‌کربنات به انحلال سازندهای آهکی در داخل محدوده یا در حوزه آبریز سفیدرود بزرگ، منشأ آنیون کلر نیز به انحلال نهشته های تبخیری حوزه آبریز قزل اوزن و منشأ آنیون سولفات به انحلال سازندهای تبخیری حوزه آبریز قزل اوزن و شستشوی خاکهای حاوی کودهای پتاس می تواند مرتبط باشد.

واژگان کلیدی: هیدروژئوشیمی، آب زیرزمینی، آستانه-کوچصفهان، سفیدرود.

مقدمه

نزدیک به ۱۵۰۰ میلی متر در سال بر اساس تقسیم‌بندی دومارتن در اقلیم خیلی مرطوب قرار می‌گیرد. تراکم بالای جمعیتی که بالغ بر ۱۰۰ نفر در هر کیلومتر مربع می‌باشد، از ویژگی‌های این منطقه می‌باشد. آستانه اشرفیه بزرگترین شهر واقع در این محدوده می‌باشد.

شیوه ها و ابزار مطالعه

به منظور مطالعه شیمی یون‌های اصلی، از اطلاعات ۲۷۵ نمونه آب چاه مربوط به ۲۰ حلقه چاه عمیق و ۵ حلقه چاه کم عمق (عمق کمتر از ۳۰ متر) طی ۱۱ نوبت از شهریور ماه ۱۳۸۲ لغایت شهریور ماه ۱۳۸۷ استفاده گردید. به منظور انجام مطالعات کمی آبخوان نیز از اطلاعات ۶۵ حلقه چاه مشاهده ای و پی‌زومتری پراکنده در محدوده مطالعاتی استفاده گردید.

از نرم‌افزار aquachem4.0 جهت بررسی‌های هیدروژئوشیمیایی و برای تعیین میزان همبستگی بین یونها از ضریب تعیین (Determination Coefficient) استفاده گردید.

خصوصیات آبخوان

همان‌طوری‌که از آمار بارندگی ایستگاه‌های واقع در محدوده مطالعاتی بین سالهای ۱۳۸۷-۱۳۴۰ مشخص است، میزان بارندگی در ایستگاه‌های آستانه، شهر بیجار، سد سنگر و لاهیجان بین ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ میلی‌متر در سال متغیر می‌باشد که دال بر تغذیه مناسب مخزن می‌باشد.

جنس مواد سازنده آبخوان، رسوبات دلتائی و آبرفتی رودخانه سفیدرود می‌باشد که در بخش‌های

درک ماهیت هیدروژئوشیمیایی یون‌های اصلی منابع آب زیرزمینی یکی از اصلی‌ترین بخش‌های مطالعات کیفی این منابع می‌باشد. هیدروژئوشیمی می‌تواند به درک تاریخچه زمین شناسی لایه های آبدار کمک نموده و برخی از نشانه های تغذیه، سرعت و جهت جریان این منابع را در اختیار ما قرار دهد [8].

از آنجایی که یکی از بزرگترین چالش‌های آینده نوار ساحلی دریای خزر در استان گیلان، علاوه بر مشکل کم آبی ناشی از احداث سد‌های متعدد در بالادست حوزه آبریز سفیدرود، حل معضل کاهش کیفیت و آلودگی منابع آبی می‌باشد، این تحقیق می‌تواند راه گشای مطالعات آبی کیفی منابع آبی این استان باشد.

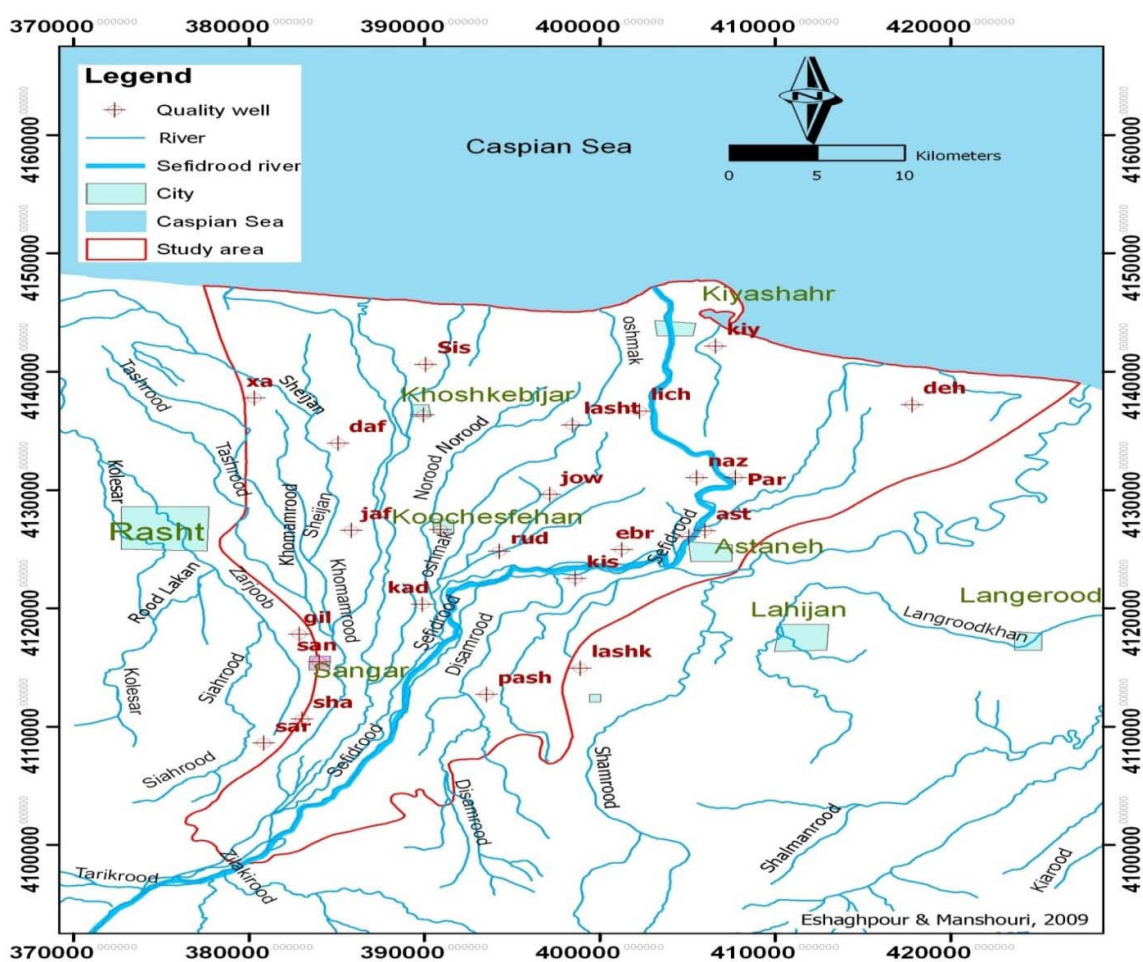
محدوده مطالعاتی

محدوده مطالعاتی آستانه-کوچصفهان یکی از ۴ محدوده شرکت سهامی آب منطقه ای گیلان می‌باشد که تقریباً بر مخروط افکنه سفیدرود منطبق می‌باشد. مخروط افکنه سفیدرود محدوده ای است که تمامی آب‌های سطحی آن وارد رودخانه سفیدرود یا نهرها و کانال‌های منشعب از آن شده و در نهایت با شیبی کمتر از ۱٪ به دریای خزر ریخته یا مزارع و شالیزارها را سیراب می‌نماید. این منطقه بین طول‌های جغرافیایی ۴۳۰۰۰۰ - ۳۷۰۰۰۰ متر و عرضهای ۴۱۵۰۰۰ - ۴۰۹۹۰۰۰ متر در سیستم UTM و در زون ۳۹ شمالی قرار گرفته است.

این محدوده از جنوب به امامزاده هاشم، از شمال به دلتای سفید رود و دریای خزر، از شرق به رودخانه شمرود و از غرب به رودخانه سیاه رود (زرچوب) منتهی می‌شود (شکل ۱). محدوده با بارندگی متوسط

می باشد (شکل ۲). در حاشیه ساحل مقاومت الکتریکی کمتر از ۵ اهم متر نشانه تأثیر آب شور دریا تا اعماق ۱۰۰ متر می باشد. مقاومت ظاهری بین ۵-۱۰ اهم متر به دلیل ریزش‌های جوی و تغذیه مناسب، دارای آبخوان محدود اما با کیفیت مناسب می باشد.

جنوبی تر ذرات دانه درشت تر بوده و از لحاظ کمی و کیفی شرایط بهتری را به وجود می آورد، ضمن اینکه رسوبات دانه ریز در نقاط مختلف، عدسی‌های رسی با ضخامت‌های متفاوت را به وجود آورده است [7] که توزیع آبخوان تحت فشار را پیچیده می سازد. عملیات ژئوالکتریک با $AB=400$ متر نشان دهنده مقاومت ظاهری بین ۵-۵۰ اهم متر در رسوبات این محدوده

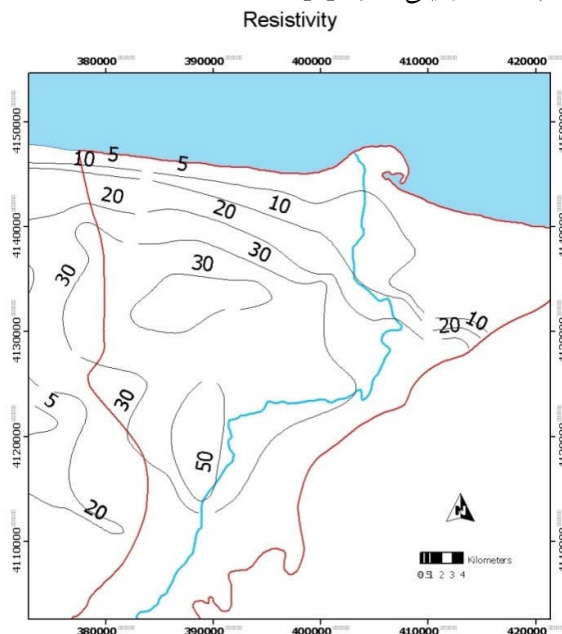


شکل ۱- نقشه چاه‌های پایش کیفی، رودها و نهرها و شهرهای مهم منطقه

می‌باشد. بنابراین تیپ آب بی‌کربناته کلسیم، سدیم و منیزیم می‌باشد. آنیون بی‌کربنات جزء اصلی حل شده در آب خشکی‌ها می‌باشد که از انحلال CO_2 اتمسفر و فعالیت‌های آلی در خاک‌ها تولید می‌شود [۲]. توزیع کاتیون‌ها و آنیون‌ها در فصل کم‌آبی و پرآبی و همین‌طور در طی سه سال نشان داده شده مشابه بوده و تغییرات ناچیزی را نشان می‌دهد.

این میزان از TDS بر اساس طبقه‌بندی‌های Hem و Davis and Deweist، جزء آب‌های شیرین و در برخی موارد جزء آب‌های اندکی شور قرار می‌گیرد [۵]. مقادیر TDS موجود در آب این چاه‌ها به گونه‌ای نیست که از لحاظ سلامتی خطر آفرین باشد و علیرغم نظر عده‌ای، مرزی برای خطر سلامتی از لحاظ TDS وجود ندارد. عدم وجود مرز خطر آفرین برای سلامتی انسان در آب شرب علاوه بر TDS برای pH، سدیم، سولفات، روی، نقره، آلومینیوم، آمونیاک، آزبست، کلر و سختی نیز وجود دارد [13]. سختی آب‌های زیرزمینی محدوده مطالعاتی بطور متوسط بیشتر از دیگر نواحی استان گیلان می‌باشد بطوریکه بر اساس طبقه‌بندی Sawyer & McCarty می‌توان آنها را عمدتاً در دسته آب‌های خیلی سخت طبقه‌بندی نمود [11].

حفر چاه تا عمق ۱۰۰ متر به منظور دسترسی به آب شیرین برای پهنه‌های دارای مقاومت ۳۰ اهم متر به بالا محدودیتی ندارد [۶].

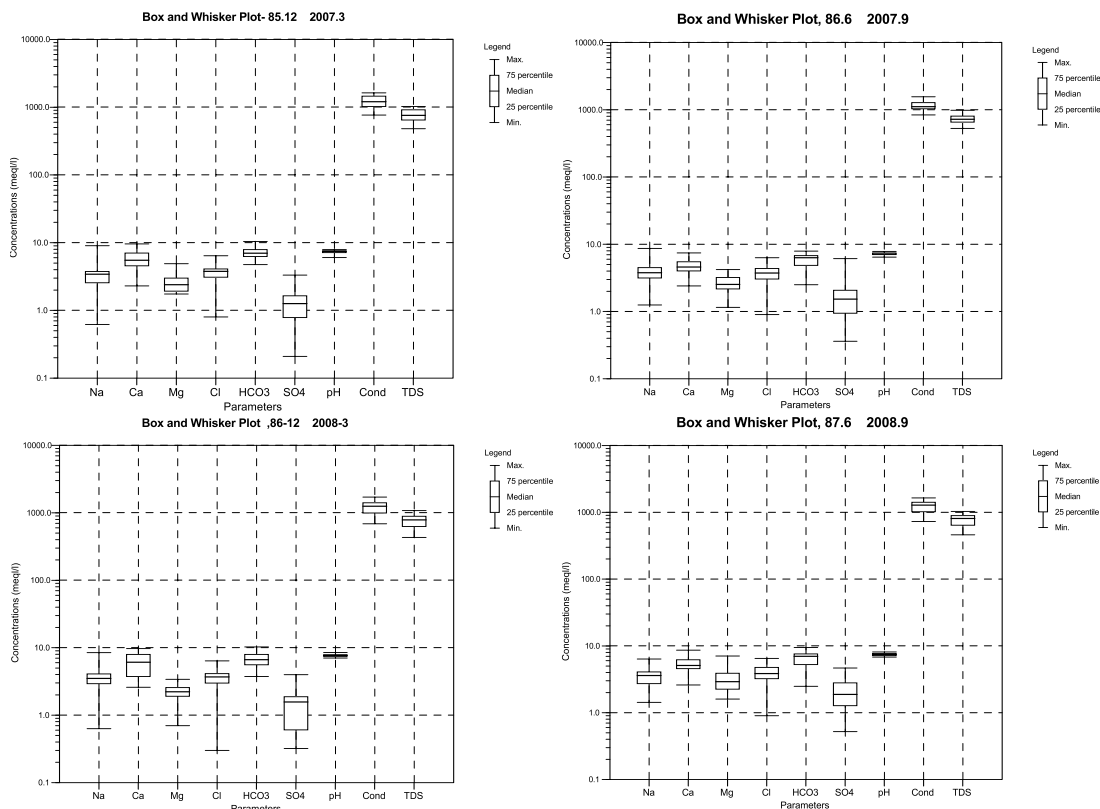


شکل ۲- نقشه هم مقاومت ظاهری رسوبات منطقه مطالعاتی

بحث

از آنجایی که در بررسی شیمیایی آب‌های زیرزمینی بسیاری از فاکتورهای پیچیده مکانی و زمانی نظیر آب و هوا، تیپ خاک، زمین شناسی و مدت اقامت موثر می‌باشد، بنابراین برای بیان غلظت بهتر است از یک محدوده تغییرات به جای یک غلظت واحد استفاده گردد [10].

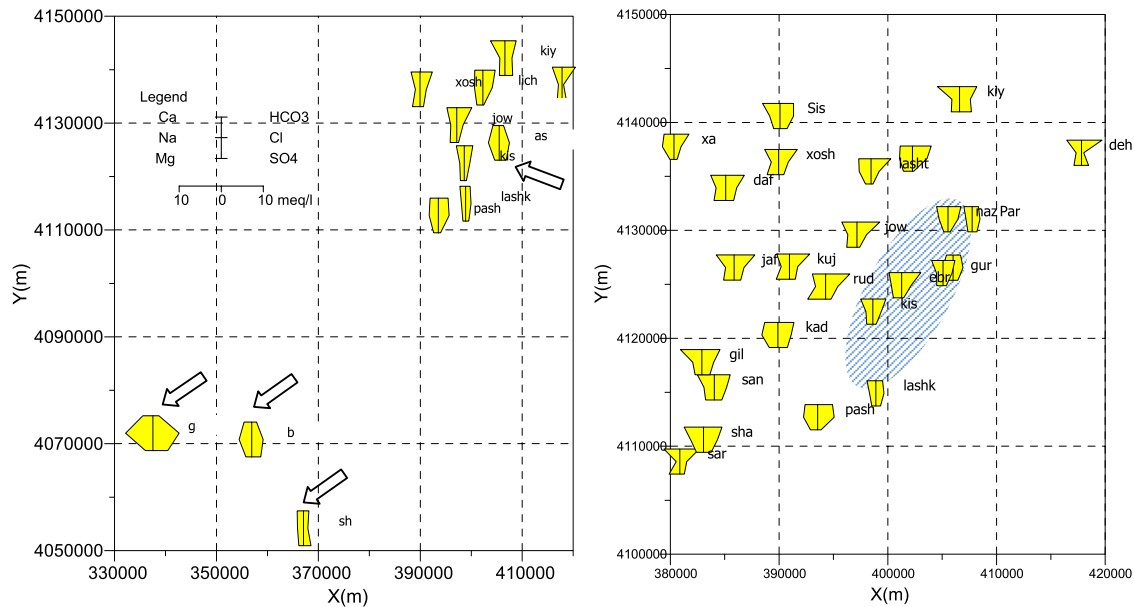
نمودارهای باکس و ویسکر (Box and Whisker) جوابگوی این نیاز می‌باشد [12]. توزیع یونهای اصلی در شکل ۳ و در مقاطع زمانی اسفند ۱۳۸۵، شهریور ۱۳۸۶، اسفند ۱۳۸۶ و شهریور ۱۳۸۷ در جهت حرکت عقربه‌های ساعت نشان داده شده است. میانگین غلظت کاتیون‌ها بیانگر $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ و میانگین غلظت آنیون‌ها نیز بیانگر $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$



شکل ۳- نمودارهای باکس و ویسکر نشانگر میزان غلظت اجزاء شیمیایی نمونه های آب چاه ها در سالهای ۱۳۸۵ لغایت ۱۳۸۷

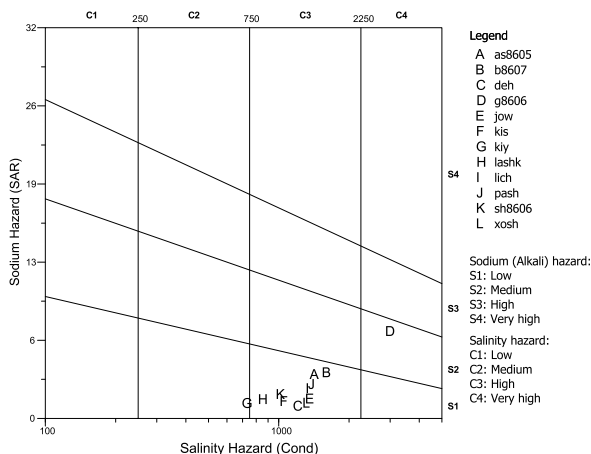
مطالعاتی استان گیلان، نامطلوب تر بوده و سفیدرود تنها رودخانه در استان گیلان می باشد که بخش اعظم حوزه آبریز آن در خارج از استان گیلان قرار داشته و بزرگترین رودخانه محدوده مطالعاتی و جنوب دریای خزر می باشد، کیفیت آب رودخانه سفیدرود در ۴ نقطه که با پیکان مشخص شده است با کیفیت آب ۸ حلقه چاه کیفی انتخابی از بین ۲۵ حلقه چاه موصوف در شهریورماه ۱۳۸۷، به صورت نمودار استیف در شکل ۴ سمت چپ مورد مقایسه قرار گرفته است.

به منظور تعیین نحوه توزیع یون‌های اصلی در آب‌های زیرزمینی محدوده مطالعاتی، نمودار استیف این نمونه‌ها در شهریور ماه ۱۳۸۷ در شکل ۴ سمت راست به نقشه در آمده است. تیپ آب در نقاط مختلف دشت تقریباً یکسان می باشد. ناحیه هاشور خورده در بخش های شرقی محدوده مطالعاتی، احتمالاً تحت تأثیر رودخانه دیسام قرار گرفته است که یکی از رودخانه های فرعی محدوده مطالعاتی می باشد. با توجه به اینکه کیفیت آبهای زیرزمینی محدوده آستانه کوچصفهان نسبت به بقیه محدوده‌های



شکل ۴- نقشه توزیع یون‌های اصلی در ۲۵ حلقه چاه پایش کیفی در شهریور ۱۳۸۵ (سمت راست) و مقایسه ترکیب شیمیایی ۴ نمونه آب رودخانه های زیر حوزه سفیدرود با ۸ حلقه از ۲۵ حلقه چاه (سمت چپ).

از لحاظ کیفیت آبیاری کلیه نمونه های آب چاه‌های مورد پایش در محدوده C3S1 و نمونه آب ایستگاه گیلوان در قزل اوزن با تفاوتی آشکار با دیگر نمونه‌ها اغلب در محدوده C4S2 قرار می گیرد (شکل ۵).



شکل ۵- نمودار ویلکاکس نمونه‌های آب ۸ حلقه چاه انتخابی و ۴ ایستگاه رودخانه‌ای

کیفیت شیمیایی رودهای فرعی حوزه پایاب سفیدرود مطلوب تر بوده به عنوان مثال EC زیلیکی رود بین ۶۶۳-۱۱۰ میکروموس بر سانتی متر [۱] و EC رودخانه دیسام نیز بین ۶۰۰-۱۲۰ میکروموس بر سانتی متر متغیر می باشد [۴]. در نقشه سمت چپ از شکل ۴، چاه‌ها در شهریور ۸۷ و ایستگاه نمونه برداری بر روی رودخانه سفیدرود در محل پل آستانه در مرداد ماه ۱۳۸۶ با علامت اختصاری as در گوشه شمال شرقی نقشه قرار گرفته است و ایستگاه‌های رودخانه‌ای نیز عبارتند از: ایستگاه گیلوان قزل اوزن در شهریورماه ۱۳۸۶ با علامت اختصاری gh، ایستگاه شاهرود در شهریورماه ۱۳۸۶ با علامت اختصاری sh، ایستگاه بین راه رودبار در مهر ماه با علامت اختصاری b. کیفیت آب چاه های محدوده مطالعاتی بیشترین همبستگی را با ایستگاه‌های پل آستانه و بین راه رودبار نشان می‌دهد.

با استفاده از شکل‌های ۴ و ۵ می‌توان پی برد که میزان غلظت مجموع آنیون‌ها و کاتیون‌ها در نمونه‌های آب ایستگاه‌های شاهرود و دو نمونه واقع در پایاب سفیدرود (ایستگاه‌های بین راه رودبار و پل آستانه) به نمونه‌های آب چاه‌ها شباهت بیشتری دارند تا نمونه آب رودخانه قزل اوزن. همچنین مجموع آنیون‌ها و کاتیون‌ها بر حسب میلی‌اکی‌والان در لیتر در نمونه‌های رودخانه قزل اوزن بیشتر از دیگر نمونه‌ها می‌باشد (شکل ۴ سمت چپ). تیپ آب رودخانه قزل اوزن و دو ایستگاه پایاب سفیدرود کلرور سدیم و تیپ آب رودخانه شاهرود و چاه‌های محدوده مطالعاتی بی‌کربناته می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری نمود که تیپ آب در آبخوان محدوده مطالعاتی در کنترل رودخانه‌های فرعی و محلی و روابط آب و رسوب می‌باشد نه تأثیر رودخانه سفیدرود. میزان غلظت یون‌ها در دو چاه کیشهر و دهکا (با علامت‌های اختصاری *deh* و *kiy*) کمتر از دیگر چاه‌ها می‌باشد و به نظر می‌رسد این دو چاه که از جمله چاه‌های کم عمق می‌باشند، تحت تأثیر آب‌های سطحی یا آب باران قرار گرفته‌اند.

از آنجایی که آنیون‌های بی‌کربنات و کلرید، آنیون‌های غالب در آب‌های زیرزمینی این محدوده می‌باشند، ارتباط این آنیون‌ها با کاتیون‌ها از طریق ترسیم نمودارهای پراکنش مورد بررسی قرار گرفت. در صورتی‌که رابطه مثبت بین مقادیر کلر و سدیم وجود داشته باشد، می‌توانیم حدس بزنیم که منبع کلر و سدیم موجود کلرید سدیم است نه سولفات سدیم یا کلرید کلسیم [۳]. بر اساس معادله رگرسیون خطی بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها، بیشترین میزان همبستگی

آنیون بی‌کربنات به ترتیب با یون‌های منیزیم و کلسیم بوده و علیرغم بالا بودن نسبی غلظت کاتیون سدیم در نمونه‌ها، میزان همبستگی بین بی‌کربنات با سدیم و پتاسیم ناچیز می‌باشد بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بی‌کربنات موجود در آب چاه‌ها تحت تأثیر انحلال کانی‌های دولومیت و کلسیت وارد آبخوان شده است. وجود سازندهای آهکی در ارتفاعات اطراف محدوده مطالعاتی در استان گیلان همانند سنگ‌های آهکی سبز و خاکستری با لایه‌بندی مناسب [۵] می‌تواند به عنوان منشأ کانی‌های کربناته قلمداد گردد. وجود سازندهای آهکی در دیگر زیرشاخه‌های رودخانه سفیدرود در دیگر استان‌ها نیز می‌تواند ترکیبات حاصل از انحلال کانی‌های کربناته را وارد رودخانه سفیدرود نماید.

ضریب تعیین آنیون کلر با کاتیون‌های کلسیم، منیزیم و پتاسیم ناچیز و کمتر از ۰/۱ و با سدیم ۰/۵ می‌باشد شکل ۶ شوری بالا می‌تواند بیانگر آلودگی وسیع ناشی از فعالیت‌های انسانی، زهکشی نواحی خشک حاوی خاک‌های شور، نفوذ آب دریا یا تأثیر سیالات گرمایی باشد [۲] نمک پاشی روی جاده‌ها و ورود فاضلاب‌های زیستی نیز می‌تواند از دیگر منابع ورود یون کلر به داخل منابع آبی باشد [۳].

سه منشأ برای هالیت در این محدوده می‌توان فرض نمود:

۱- نفوذ آب شور دریا: با توجه به مطالعات ژئوفیزیک انجام شده با قدرت نفوذ ۱۰۰ متر که در شکل ۲ نشان داده شده است، نفوذ آب شور دریا فقط در حاشیه ساحل وجود دارد. کربنات کلسیم در آب‌های شور حاوی سدیم، نسبت به کربنات منیزیم حلالیت کمتری

بین سولفات و کلسیم می باشد که می توان انحلال سازندهای تبخیری حوزه آبریز قزل اوزن که حاوی کانی های ژپیس و انیدرید می باشند را منشأ آن دانست. پس از کلسیم، بیشترین همبستگی سولفات با پتاسیم وجود دارد. منشأ پتاسیم را می توان در سولفات پتاسیم که نمکی بلورین بوده و در کودهای شیمیایی به منظور تامین پتاسیم و گوگرد خاک مورد استفاده قرار می گیرد، جستجو نمود [14]. به طور کلی کاتیون پتاسیم همبستگی کمی با آنیون ها دارد و از طریق هوازدگی کانی هایی مانند فلدسپات های پتاسیم داری چون ایلیت وارد خاک و آب می شود [9].

نتیجه گیری

کلیه نمونه های آب زیرزمینی، در محدوده آب های طبیعی (Natural Waters) طبقه بندی می شوند. این آب ها از نظر آبیاری تقریباً مناسب می باشند. تأثیر آب با کیفیت پایین تر رودخانه سفیدرود و آب با کیفیت مناسب تر رودخانه دیسام در کیفیت آب چاه های محدوده مطالعاتی مشهود می باشد. در نمونه های مورد پایش تأثیر آب شور دریا و آب شور فسیل مشاهده نمی گردد. تیپ آب بی کربناته کلسیم و منیزیم می باشد که منشأ آنیون بی کربنات آن به انحلال سازندهای آهکی در داخل محدوده یا در حوزه آبریز سفیدرود بزرگ و منشأ آنیون کلر نیز به انحلال نهشته های تبخیری حوزه آبریز قزل اوزن مربوط می باشد. منشأ آنیون سولفات را در ارتباط با انحلال سازندهای تبخیری حوزه آبریز قزل اوزن و شستشوی خاک های حاوی کودهای پتاس می توان مرتبط دانست.

دارد و نسبت کلسیم به منیزیم در آب شور دریا معادل یک به پنج می باشد در نتیجه مقدار بالای منیزیم در مجاورت دریا، می تواند دال بر آلودگی سفره آب توسط دریا باشد [۵]. اما نمونه های آب چاه های نزدیک به ساحل در این تحقیق، غلظت منیزیم و کلسیم نزدیک به یکدیگر دارند. دلیل عدم مشاهده تأثیر آب شور دریا بر روی نمونه آب چاه های حاشیه ساحل، عمق کم این چاه ها می باشد.

۲- نفوذ آب شور فسیل: لایه های آب شور فسیل به دلیل فعالیت دلتایی رودخانه سفیدرود در دشت گیلان و در مناطقی همانند بین لاهیجان و لنگرود و غرب رشت به ویژه در چاه های با عمق بیش از ۱۰۰ متر محرز می باشد. به دلیل اینکه هیچ یک از چاه های این محدوده بطور واضح خواص آب های شور را نشان نداده اند، نمی توان در مورد آن اظهار نظر نمود. تنها مورد استثنا که احتمال وجود و اختلال آب های شور فسیلی یا سازندهای نمک دار در آن محتمل می باشد، چاه پاشاکی می باشد.

۳- تأثیر آب دارای غلظت کلر بیشتر رودخانه سفیدرود: حوزه قزل اوزن، بزرگترین زیرحوزه سفیدرود بزرگ می باشد که در حین گذر از استان های آذربایجان شرقی، کردستان، همدان، اردبیل، زنجان و قزوین تحت تأثیر سازندهای تبخیری دارای هالیت قرار می گیرد که تفاوت هدایت الکتریکی در نمونه های آن با دیگر زیرشاخه های سفیدرود در شکل ۵ مشخص می باشد. میزان سولفات نسبت به آنیون های بی کربنات و کلرید به صورت چشمگیری کمتر می باشد. معادله رگرسیون خطی بین آنیون سولفات و کاتیون ها نشان دهنده بیشترین همبستگی

پیشنهادات

به منظور درک روابط هیدروژئوشیمیایی و روابط آب و سازند، مطالعات آتی در خصوص ساختار، عملکرد و وضعیت لایه‌های آب شور فسیل و تعیین مرز تداخل آب شور و شیرین و نحوه تأثیر آب دریای خزر بر روی منابع آب شیرین در محدوده مطالعاتی توصیه می‌گردد. بدین منظور انتخاب چاه‌های کیفی جدید به

ویژه چاه‌های حاوی آب شور فسیل و چاه‌های عمیق‌تر می‌تواند مفید باشد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله وظیفه خود می‌دانیم تا از تمامی مدیران و کارشناسان شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان به ویژه دفتر مطالعات پایه، که امکان دسترسی به اطلاعات مذکور را فراهم کردند، قدردانی نماییم.

منابع

- 1- اصلاح عربانی، ابراهیم و همکاران، (۱۳۷۴): کتاب گیلان، جلد اول، ناشر: گروه پژوهشگران ایران، ۷۴۷ ص.
- 2- بهرامی، محمد (مترجم)؛ میسن، برایان، مور، ک، (۱۳۸۰): مبانی ژئوشیمی، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۴۵۱ ص.
- 3- زرکامی، رحمت و همکاران (مترجمین)، کگلی، سوزان، اندروز، ج، (۱۹۵۷): شیمی آب، انتشارات دانشگاه گیلان، ۲۷۷ ص.
- 4- شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان، (۱۳۸۷): بانک نرم افزاری آمار و اطلاعات.
- 5- مقیمی، همایون، (۱۳۸۵): هیدروژئوشیمی، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۲۳۱ ص.
- 6- مهندسین مشاور سفیدرود گیلان، (۱۳۸۴): گزارش مطالعات بهنگام سازی اطلس منابع آب، حوزه آبریز سفیدرود و تالش تالاب انزلی، جلد دوم: بررسیها و مشخصات عمومی، ۳۱۶ ص.
- 7- Annel, R.N, R. Arthurton, R.A.B, Bazley, R.G, Davis, M.A.R, Hamed, Rahimzade. F, (1985); Geological map of Ghazvin-Rasht area, 1:250000, Geological survey of Iran.
- 8-Asghari Moghaddam, Allaf Najib, M., (2006); Hydrogeologic characteristics of the alluvial tuff aquifer of northern Sahand Mountain slopes, Tabriz, Iran, Hydrogeology Journal, 14: 1319-1329
- 9- Jalali, M. (2007): Assessment of the chemical components of Famenin groundwater, western Iran, Environ Geochem Health, 29:357-374.
- 10- Shand., P., Edmunds., W.M., (2008): The Baseline inorganic chemistry of european groundwater, Blackwell publishing, 469 pages.
- 11-Todd.,D.K.,Mays.,L.W.,(2005); Groundwater Hydrology, John Wiley and Sons inc. pages 636.
- 12-Waterloo Hydrogeologic Inc., (2006); AquaChem v.5.1, Demo Tutorial, 76 pages.
- 13-WHO (World Health Organization), (2004); Guidelines for drinking water quality. Volume 1. Recommendations, third edition.540 pages.
- 14-www.en.wikipedia.org/wiki/ potassium_sulfate.

