

تأثیر عوامل زمین شناسی در کیفیت شیمیایی منابع تأمین آب آشامیدنی گرگان

*مصطفی رقیمی^۱، عزیز رحیمی چاکدل^۲، مجتبی قره محمودلو^۳، مجید شاه پسندزاده^۴

و سید محمد سیدخادمی^۵

^۱دانشیار گروه زمین شناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲استادیار گروه زمین شناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳مربی گروه منابع طبیعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۴استادیار مؤسسه بین المللی زلزله و زلزله شناسی، ^۵کارشناس شرکت آب و فاضلاب استان گلستان
تاریخ دریافت: ۸۴/۱/۸؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۴/۳

چکیده

حدود ۸۰ درصد منابع تأمین آب آشامیدنی گرگان را آبخوان های زیارت، گرمابدشت و شصت کلاته و ۲۰ درصد آن را آب های سطحی منطقه (رودخانه های زیارت و النگدره) تشکیل می دهند. از داده های شیمیایی مربوط به منابع تأمین آب آشامیدنی برای تجزیه تحلیل هیدروژئوشیمیایی آبخوان شهر گرگان استفاده شده است. بنابر نمودارهای پایپر و دورو، رخساره های هیدروشیمیایی آب های سطحی و زیرزمینی منطقه عمدتاً از نوع بی کربنات کلسیم - منیزیم و کلروره (بی کربنات) کلسیم - منیزیم ($\text{Ca}^{+2}\text{-Mg}^{+2}\text{, HCO}_3^{-}\text{-Cl}^{-}$ و $\text{Ca}^{+2}\text{-Mg}^{+2}\text{, HCO}_3^{-}$) است. کاتیون آنها از نوع کلسیم، منیزیم و بدون نوع غالب و آنیون آن از نوع بی کربنات، کلرید با آنیون غالب بی کربنات است. با توجه به مقدار کربنات کلسیم موجود در این آب ها، منابع تأمین آب آشامیدنی گرگان در رده آب های خیلی سخت قرار می گیرند. مادامی که بر طبق رده بندی مدل ژپیس کل جامدات حل شده (TDS) موجود در آب آشامیدنی شهر گرگان از سنگ مادری منطقه منشأ گرفته است. بر طبق اطلاعات به دست آمده از نمودارهای غلظت یون های اصلی و نمایه اشباع (SI و TDI) میزان غلظت یون ها در جهت حرکت آب زیرزمینی در حال افزایش می باشد. این روند برای چاه های شمال گرگان (شمال گسل خزر) صادق نمی باشد و دارای غلظت هایی کمتر از چاه های جنوبی هستند. تغییرات نمایه های اشباع روی نمودارهای SI و TDI دارای روندی یکنواخت نمی باشد. پس می توان نتیجه گرفت که گسل خزر باعث تغییرات شدیدی در غلظت یون ها و نمایه های اشباع آب زیرزمینی در ناحیه شمال شهر گرگان شده است. براساس تحلیل نتایج داده های آزمایشگاهی، شناخت دقیق کیفیت شیمیایی منابع تأمین آب آشامیدنی می تواند در مدیریت و برنامه ریزی تأمین آب آشامیدنی این شهر مفید باشد.

واژه های کلیدی: عوامل زمین شناسی، کیفیت شیمیایی، هیدروشیمی آب آشامیدنی، شهر گرگان

مقدمه

خصوصیات شیمیایی آب های طبیعی بازتابی از خاک ها و سنگ های مرتبط به آن می باشد (مالینا، ۱۹۹۶). رخساره های هیدروشیمیایی نیز عملکردی از سنگ شناسی، نیروی جنبشی محلول و الگوی جریانی هستند (بک، ۱۹۶۶). گسل ها نیز با جابجایی لیتولوژی مختلف و

کیفیت شیمیایی به عنوان یکی از مهمترین خصوصیات آب آشامیدنی همیشه مدنظر بوده است.

* - مسئول مکاتبه: raghimi@yahoo.com

۲۸ و ۵۴ شرقی و عرض‌های ۴۹ و ۳۶ تا ۵۱ و ۳۶ شمالی در دامنه شمالی ارتفاعات البرز قرار دارد. این شهر بر روی مخروط افکنه‌های رودخانه‌های زیارت (ناهارخوران)، انجیر آب و گرمابدشت که از شاخه‌های فرعی رود قره‌سو به شمار می‌روند، قرار گرفته است. رودخانه قره‌سو در محدوده مورد مطالعه، امتداد شمالی-جنوبی دارد. منابع تأمین آب آشامیدنی شهر گرگان را رودخانه‌های زیارت و النگ دره و سفره‌های آب زیرزمینی منطقه تشکیل می‌دهند (شکل ۱).

از نظر زمین‌شناسی، در منطقه مورد مطالعه واحدهای سنگی از پالئوزوئیک (مجموعه سنگ‌های دگرگونی گرگان) تا کواترنری گزارش شده است (شاه پسندزاده، ۱۹۹۲). به‌علت نفوذپذیری کم و عدم وجود سفره‌های آب گسترده در سنگ‌های دگرگونی گرگان در مقایسه با نهشته‌های مخروط افکنه‌ای کوهپایه‌ها، ژرفای اکثر چاه‌های آب منطقه محدود به این سنگ بستر می‌گردد. کلیه چاه‌های عمیق تأمین‌کننده آب آشامیدنی گرگان در رسوبات ضخیم مخروط افکنه‌ای متشکل از گراول، شن، ماسه و سیلت حفر شده‌اند. گسل خزر نیز از بخش شمالی آن عبور می‌نماید. با توجه به شیب توپوگرافی شهر گرگان، جهت جریان آب رودخانه‌های زیارت و النگدره و هم چنین آب‌های زیر زمینی منطقه از جنوب به شمال گزارش شده است (برگر، ۱۹۷۲ و فنونی، ۱۹۸۹) (شکل ۲).

مواد و روش‌ها

۳۴ نمونه از آب‌های سطحی و زیرزمینی منابع تأمین آب آشامیدنی شهر گرگان در دو فصل بهار و زمستان در سال ۱۳۸۳ نمونه‌برداری شد (شکل ۱). نمونه‌برداری از آب‌های زیرزمینی، پس از تخلیه حجمی معادل سه برابر حجم لوله‌های آب داخل چاه‌ها، در ظرف‌های پلاستیکی شستشو داده شده با اسید آب مورد نمونه برداری جمع‌آوری گردید. نمونه‌های آب سطحی از رودخانه‌ها قبل از ورود به ایستگاه تزریق مواد از آب خام رودخانه برداشت گردید. نمونه‌های جمع‌آوری شده نیز بر طبق روش‌های استاندارد تجزیه آب آشامیدنی در

ایجاد سدهای هیدرولیکی تأثیرات متفاوتی را بر کیفیت شیمیایی و جهت حرکت آب زیرزمینی می‌گذارند. ارتباط بین جریان‌های آب‌های زیرزمینی با ویژگی‌های هیدرولوژیکی و هیدروشیمی آبخوان‌ها مورد مطالعه بسیاری از محققین قرار گرفته است (دومنی، ۱۹۷۲؛ اوفوری و تود، ۱۹۸۹؛ بایاری و کورتاس، ۱۹۹۵ و جونگ، ۲۰۰۱).

برطبق رهنمودهای کیفیت آب آشامیدنی کشور استرالیا "... به‌طور آرمانی، آب آشامیدنی باید شفاف، بی‌رنگ، بدون مزه، بی‌بو، و باید عاری از مواد معلق، مواد شیمیایی مضر و میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا باشد" (آب آشامیدنی، ۲۰۰۳).

دو پارامتر مهم برای این سکانس‌های آنیونی و کاتیونی عبارتند از: ۱- در دسترس بودن کانی‌ها ۲- نرخ انتشار این سکانس به وسیله عوامل طبیعی (رودخانه‌ها و آب‌های سطحی، گسل، اختلاط، لیتولوژی و...) و فعالیت انسانی (آب برگشتی کشاورزی، نشت پساب‌های شهری و صنعتی، نشت از چاه‌های جذبی و...) که همواره دستخوش تغییر هستند. یکی از عوامل مؤثر بر سکانس تکاملی آنیونی و کاتیونی گسل‌ها می‌باشند که به طرق مختلف از جمله تغییر لیتولوژی، ایجاد زون نفوذپذیر جهت نفوذ آب‌های سطحی (نزدیک شدن کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی به محل تغذیه)، ایجاد تخلخل ثانویه (کاهش زمان ماندگاری)، ایجاد زون نفوذناپذیر و ... می‌تواند بر سکانس تکاملی آنیونی و کاتیونی تأثیر گذارد (فریز و چری، ۱۹۷۹).

هدف از این تحقیق بررسی کیفیت شیمیایی آب آشامیدنی شهر گرگان و تأثیر عملکرد عوامل زمین‌شناسی مانند لیتولوژی و گسل‌های موجود در منطقه (مانند گسل خزر) در کیفیت هیدروژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی و هم چنین تأثیر آن بر سکانس تکاملی یون‌های آب زیرزمینی در منابع اصلی تأمین آب آشامیدنی شهر گرگان می‌باشد.

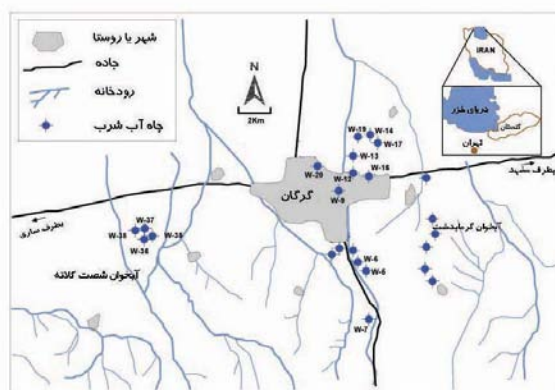
موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه: شهر گرگان در موقعیت طول‌های جغرافیایی ۲۵ و ۵۴ تا

تفسیر بهتر تیپ و تکامل ژئوشیمیایی آب زیرزمینی از نمودار دورو (Durov) استفاده شده است. این نمودار را می‌توان صورت تکامل یافته‌تری از نمودار پایپر به حساب آورد. به منظور بررسی دقیق‌تر هیدروژئوشیمیایی آبخوان مورد مطالعه از نمودارهای ترکیبی در دو فصل بهار و زمستان استفاده گردید. این نمودارها براساس غلظت یون‌های اصلی (TDI) در محور افقی و غلظت آنیون‌ها و یا کاتیون‌ها در محور قائم استوار می‌باشد. یکی از مهمترین کاربردهای این نمودار در تشخیص منابع تغذیه‌کننده آب زیرزمینی می‌باشد به طوری که نحوه آرایش نمونه‌ها دلالت بر منابع تغذیه‌کننده آنها دارد. جهت محاسبه نمایه‌های اشباع (SI) نمونه‌های آب زیرزمینی از کد کامپیوتری PHREEQC I (پارخورست و آپلو، ۱۹۹۹) استفاده شده است. جهت تعیین منشأ مواد جامد محلول از تغییرات نسبت $Na/(Na+Ca)$ و $Cl/(Cl+HCO_3)$ با مجموع مواد جامد محلول از نمودار بوم رنگ ژپس استفاده شده است.

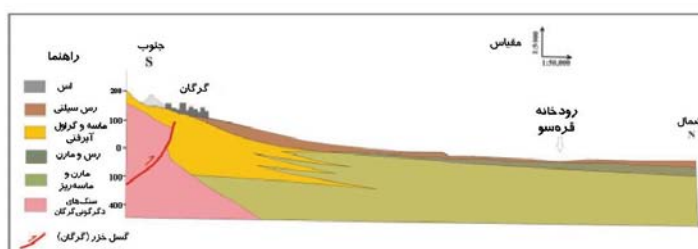
آزمایشگاه شیمی آب، اداره امور آب و فاضلاب شهر گرگان تجزیه شد (مؤسسه استاندارد ایران، ۱۹۸۸؛ آفا، آووا و ویسف، ۱۹۹۵ و ایپا، ۱۹۹۸).

هدایت الکتریکی (EC) نمونه‌های آب با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج HACH-۱۵۰ pH توسط pH متر Metrohm و کدورت نمونه‌ها با کدورت سنج HACH-۲۱۰۰p تعیین شده است. مقادیر آنیون‌های SO_4^{2-} ، NO_3^- ، HCO_3^- و Cl^- و کاتیون‌های Ca^{+2} ، Mg^{+2} ، Na^+ ، K^+ با استفاده از دستگاه اسپکترومتر HACH-DR2000 و سختی کل از روش تیتراسیون دیجیتالی برحسب میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری گردیده‌اند. ابتدا با استفاده از نقشه‌های هم ارزش روند کلی تغییرات برخی پارامترهای شیمیایی نظیر هدایت الکتریکی، کلرید، نیترات مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله بعد برخی از چاه‌های یک روند شمالی- جنوبی انتخاب شد (شکل ۱۰).

سپس تغییرات غلظت یون‌ها در این روند با استفاده از نمودار سری‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. جهت



شکل ۱- موقعیت چاه‌های نمونه‌برداری شده از منابع تأمین آب آشامیدنی شهر گرگان.



شکل ۲- برش زمین‌شناسی از نهشته‌های آبرفتی آبخوان زیارت. این برش با راستایی شمالی- جنوبی از شهر گرگان تا رودخانه قره‌سو بر پایه اطلاعات ۵ حلقه چاه آب اکتشافی و بهره‌برداری رسم شده است (با تغییرات از برگر، ۱۹۷۲).

انتقال آن به آب‌های زیرزمینی. الگوی تغییرات کلرید در چاه‌های با میزان نیترات غیرمجاز از الگوی تغییرات نیترات آب این چاه‌ها تبعیت می‌کند. با تعیین مقادیر K/Cl و NO_3/Cl ، منشأ احتمالی نیترات آب‌های زیرزمینی را می‌توان تعیین کرد. با توجه به این که در گمانه چاه‌های آب این منطقه و همچنین در مطالعات ژئوالکتریک انجام شده اثری از واحدهای سنگی تبخیری گزارش نشده است (برگر، ۱۹۷۲ و فنونی، ۱۹۸۹). لذا، امکان وجود نهشته‌های تبخیری با شک و تردید همراه است. پایین بودن مقدار نیترات در آب‌های زیرزمینی آبخوان‌های شصت کلا و گرمابدشت (چاه‌های شماره ۱۳، ۳۲، ۳۳ و ۳۴) علی‌رغم فرارگیری چاه‌های آشامیدنی این آبخوان‌ها در محدوده اراضی کشاورزی نسبت به آب‌های زیرزمینی آبخوان زیارت، نشانگر عدم تأثیر یا اثر ناچیز کودهای شیمیایی بر آلودگی آب‌های آشامیدنی این منطقه است. با توجه به دفع سنتی فاضلاب و قابلیت نسبتاً خوب نفوذپذیری زمین‌های دریافت‌کننده فاضلاب در این منطقه، مهمترین منشأ نیترات در نمونه‌های آب چاه‌های آشامیدنی شهر گرگان احتمالاً فاضلاب‌های شهری می‌باشد (رقیمی و سیدخادمی، ۲۰۰۱؛ شاه پسندزاده و همکاران، ۲۰۰۲). با توجه به این که اکثریت چاه‌های با بیشترین میزان نیترات منطقه در بخش‌های شمالی شهر (چاه‌های شماره ۲۷ و ۲۸) قرار دارند و نظر به این که شیب توپوگرافی و جهت جریان آب‌های زیرزمینی این منطقه از جنوب به سوی شمال است. بنابراین، انتقال آلودگی آب این چاه‌ها توسط فاضلاب‌های خانگی تأیید می‌شود.

رخساره‌های هیدروشمی حاصل اثر متقابل ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی سنگ‌ها، نیروی جنبشی محلول و الگوهای جریان سفره آب زیرزمینی هستند (بک، ۱۹۶۶). نتایج سنجش‌های شیمیایی منابع تأمین آب آشامیدنی شهر گرگان در راستای شناخت رخساره‌های هیدروشمی و نوع آب‌های زیرزمینی و سطحی بر روی نمودار پایپر ترسیم گردیده است (پایپر، ۱۹۴۴؛ هم،

جهت تجزیه و تحلیل داده‌های هیدروشمیایی منابع تأمین آب آشامیدنی از نرم‌افزارهای 99 Rockworks, 4 و Aquachem بهره‌گیری شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه شیمیایی منابع تأمین آب آشامیدنی گرگان در (جدول‌های ۱ و ۲) ارایه شده است. در نمونه‌های آب تجزیه شده، میزان هدایت الکتریکی از ۴۴۰ تا حداکثر ۱/۱۴۳۰ میکروموس بر سانتی‌متر، سختی ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر تا حداکثر ۶۴۰ میلی‌گرم در لیتر و pH ۶/۸ تا ۸/۳ گزارش می‌شود. منابع تأمین آب آشامیدنی ۱، ۵، ۸، ۲۱ و ۲۲ با میزان منیزیم بیش از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر مشخص می‌شوند، آب این چاه‌ها بعد از ورود به مخازن ذخیره با آب‌های با منیزیم پایین مخلوط گردیده، به‌طوری‌که شبکه آبرسانی منیزیمی در حد استاندارد خواهد داشت. نتایج تجزیه شیمیایی منابع تأمین آب آشامیدنی شهر گرگان تغییرات قابل توجهی را در میزان نیترات آنها از ۳/۵ در لیتر تا ۶۹ میلی‌گرم در لیتر نشان می‌دهد. میزان نیترات آب چاه‌های شماره ۲۷ و ۲۸ بیش از ۴۵ میلی‌گرم در لیتر مقدار مجاز آن در آب‌های آشامیدنی است (آفا، ۱۹۹۸).

تمرکز آنیون کلر در آب‌های زیرزمینی منطقه گرگان از ۸ میلی‌گرم در لیتر تا ۲۰۴ میلی‌گرم در لیتر متغیر است. الگوی تغییرات غلظت یون کلرید در چاه‌های با میزان غیرمجاز نیترات، از الگوی تغییرات غلظت نیترات آب این چاه‌ها تبعیت می‌کند. ضمناً، چاه‌های شماره ۱، ۱۹، ۲۱ و ۲۲ با میزان بالای کلرید ولی مقدار کم نیترات مشخص می‌شوند. قابل ذکر است که بنابر نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه کلیه چاه‌های با مقدار زیاد نیترات و کلرید در محدوده شهری قرار دارند.

میزان نیترات آب چاه‌های ۲۷ و ۲۸ بیش از مقدار مجاز آن در آب‌های آشامیدنی است. دو منشأ عمده ممکن است برای مقدار نیترات موجود در منابع تأمین آب آشامیدنی گرگان پیشنهاد شود، شامل فاضلاب‌های خانگی و تثبیت زیستی نیتروژن در خاک به همراه شستشو و

فاضلاب‌های خانگی شهر گرگان و فروشویی نمک‌های تبخیری موجود در لس‌ها باشند. کل جامدات حل شده رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی منطقه در برابر تغییرات نسبت $Na/(Na+Ca)$ و $Cl/(Cl+HCO_3^-)$ نمودار بوم رنگ ژئیس (ژئیس، ۱۹۷۰) نشانگر تأثیر سنگ‌های منطقه بر کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی و سطحی این منطقه است (شکل، ۳ الف و ب).

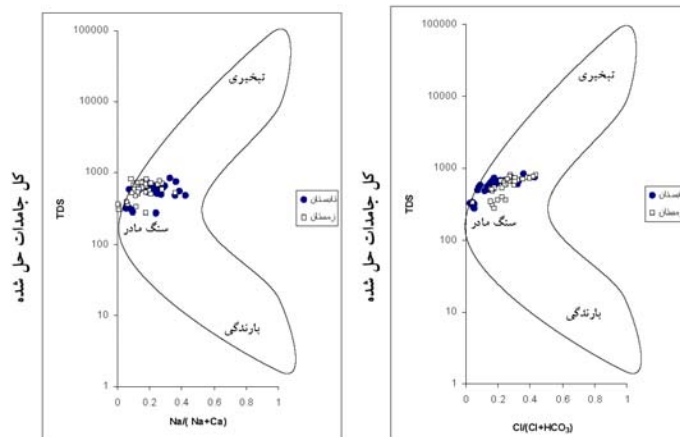
۱۹۸۹). بنابر نمودار پایپر، ترکیب شیمیایی آب‌های زیرزمینی منطقه و همچنین رودخانه زیارت عمدتاً از نوع بی کربنات کلسیم- منیزیم و بدون نوع غالب است. در صورتی که رخساره هیدروشیمی رودخانه النگ دره و سایر منابع آب زیرزمینی منطقه از نوع کلرید (بی کربنات) کلسیم- منیزیم و بدون نوع غالب گزارش می‌شود. منشاها احتمالاً آب‌های زیرزمینی نوع کلرید (بی کربنات) کلسیم- منیزیم منطقه می‌توانند نفوذ

جدول ۱- نتایج آنالیز شیمیایی چاه‌های آب آشامیدنی شهر گرگان- بهار ۱۳۸۳ (EC برحسب دسی‌زیمنس بر متر مابقی برحسب میلی‌گرم بر لیتر).

چاه آب	TDS	EC	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃
۱	۸۳۲	۱/۴۲۰	۱۴۵	۴۷	۷۰	۳	۳۱۵	۱۷۶	۱۷۲	۲۸
۲	۶۵۱	۱/۱۲۸	۱۱۵	۳۹	۴۸	۹	۳۱۰	۹۷	۱۴۰	۱۷
۳	۴۹۵	۰/۸۴۵	۹۲	۲۲	۳۶	۵/۵	۲۷۶	۴۸	۱۱۰	۱۲/۳
A۴	۵۳۱	۰/۸۸۵	۱۲۰	۱۹	۲۸	۳/۵	۲۸۰	۵۷	۱۲۴	۱۱
B۴	۶۱۹	۱/۱۰۰	۱۳۲	۳۷	۲۶	۵/۵	۳۳۰	۶۷	۱۴۴	۴۶
۵	۶۰۷	۱/۰۸۰	۱۲۰	۴۳	۲۹	۳/۵	۳۰۰	۶۰	۱۴۴	۲۶
۶	۶۵۱	۱/۱۷۰	۱۲۸	۴۳	۳۲	۳/۵	۳۴۰	۶۹	۱۳۶	۳۶
۷	۶۱۷	۱/۱۲۳	۱۲۶	۴۴	۲۷/۶	۳/۵	۳۲۰	۵۹	۱۴۰	۲۶
۸	۷۲۱	۱/۱۹۰	۱۵۶	۴۳	۳۶	۴	۳۴۲	۷۳	۱۵۶	۴۷
۹	۵۷۲	۰/۹۹۰	۱۱۲	۳۸	۲۴	۵	۳۰۰	۵۰	۱۳۲	۲۵
۱۰	۵۳۵	۰/۹۲۲	۹۹	۳۶	۲۴	۰/۴	۳۲۲	۲۸	۱۴۰	۱۳
۱۱	۵۶۹	۰/۹۸۴	۱۲۹	۲۸	۲۰	۰/۸۵	۳۲۰	۳۲	۱۵۲	۱۳
۱۲	۲۷۴	۰/۵۷۶	۷۳	۳۲	۲۳	۲	۲۷۷	۱۵/۵	۲۴	۶
۱۳	۳۰۶	۰/۵۵۰	۷۲	۱۹	۷	۱/۵	۲۸۰	۱۴	۱۷	۹
۱۴	۳۲۱	۰/۵۷۵	۸۳	۱۶	۶	۱/۵	۲۹۰	۸	۲۴	۹
۱۵	۳۱۶	۰/۵۸۰	۸۰	۱۹	۵	۱/۵	۲۹۲	۱۱	۱۹	۶
۱۶	۳۱۴	۰/۵۸۵	۸۴	۱۸	۴/۹	۱/۵	۲۷۸	۱۵	۱۹	۷/۹
۱۷	۳۲۸	۰/۶۱۰	۸۲	۲۲	۵/۱	۱/۵	۲۹۰	۱۲/۷	۲۳	۹/۶
۱۸	۵۸۱	۰/۹۶۰	۱۰۷	۴۶	۹	۵/۵	۲۸۸	۶۳	۱۴۴	۳۴
۱۹	۵۸۹	۱/۰۲۰	۱۰۸	۴۱	۲۵	۵/۵	۲۴۰	۱۱۵	۱۲۸	۲۲
۲۰	۴۸۰	۰/۸۰۰	۷۸	۲۵	۵۸	۱/۵	۳۳۵	۲۷	۷۵	۱۴
۲۱	۶۴۲	۱/۱۲۰	۱۱۰	۴۸	۳۶	۴	۲۸۰	۱۳۶	۱۲۸	۲۴
۲۲	۷۴۳	۱/۳۲۰	۹۶	۷۲	۵۵	۴	۲۷۰	۲۰۴	۱۲۸	۲۲
۲۳	۵۶۵	۰/۹۵۰	۹۸	۳۷	۳۶	۳	۲۹۵	۵۳	۱۳۲	۲۸
۲۴	۶۰۳	۱/۲۰۰	۱۰۴	۳۷	۴۱	۳	۳۰۰	۷۱	۱۴۰	۲۶
۲۵	۶۱۴	۱/۰۳۰	۱۱۲	۳۴	۴۱	۳/۵	۳۰۵	۶۱	۱۵۲	۲۶
۲۶	۵۵۰	۱/۲۰۰	۹۶	۳۳	۶۰	۳	۳۲۰	۵۰	۱۵۰	۱۸
۲۷	۶۵۲	۱/۰۶۳	۱۲۸	۳۳	۳۶	۴	۲۹۹	۸۱	۱۴۰	۴۹
۲۸	۶۶۶	۱/۱۰۰	۱۳۰	۳۷	۳۶	۴	۳۰۰	۸۵	۱۴۸	۴۶
۲۹	۶۱۷	۱/۰۳۰	۱۲۶	۳۲	۳۶	۳/۵	۳۱۰	۵۷	۱۴۰	۳۷
۳۰	۵۴۷	۰/۹۹۰	۱۰۷	۳۸	۳۰	۳/۵	۲۹۷	۵۲	۱۴۴	۲۳
۳۱	۵۴۶	۰/۹۱۰	۹۸	۳۷	۳۳	۳/۵	۲۸۴	۴۹	۱۳۲	۲۳
۳۲	۴۷۰	۰/۷۵۳	۶۴	۴۰	۳۶	۱	۲۷۸	۳۸	۱۲۴	۷
۳۳	۵۰۶	۰/۸۸۳	۸۳	۳۸	۲۷	۷	۲۲۰	۳۶	۱۶۸	۱۳
۳۴	۲۸۰	۰/۴۶۰	۶۴	۱۴	۷	۳	۲۰۰	۱۰	۲۹	۸/۸

جدول ۲- نتایج آنالیز شیمیایی چاه‌های آب آشامیدنی شهر گرگان- زمستان ۱۳۸۳ (EC برحسب میکروموس بر سانتی‌متر مابقی برحسب میلی‌گرم بر لیتر).

NO ₃	SO ₄	Cl	HCO ₃	K	Na	Mg	Ca	EC	TDS	چاه آب
۲۸	۱۷۲	۱۷۶	۳۱۵	۳	۷۰	۴۷	۱۴۵	۱۴۲۰	۸۳۲	۱
۱۷	۱۴۰	۹۷	۳۱۰	۹	۴۸	۳۹	۱۱۵	۱۱۲۸	۶۵۱	۲
۱۲/۳	۱۱۰	۴۸	۲۷۶	۵/۵	۳۶	۲۲	۹۶	۸۴۵	۴۹۵	۳
۱۱	۱۲۴	۵۷	۲۸۰	۳/۵	۲۸	۱۹	۱۲۰	۸۸۵	۵۳۱	A۴
۴۶	۱۴۴	۶۷	۳۳۰	۵/۵	۲۶	۳۷	۱۳۲	۱۱۰۰	۶۱۹	B۴
۲۶	۱۴۴	۶۰	۳۰۰	۳/۵	۲۹	۴۳	۱۲۰	۱۰۸۰	۶۰۷	۵
۳۶	۱۳۶	۶۹	۳۴۰	۳/۵	۳۲	۴۳	۱۲۸	۱۱۷۰	۶۵۱	۶
۲۶	۱۴۰	۵۹	۳۲۰	۳/۵	۲۷/۶	۴۴	۱۲۶	۱۱۲۳	۶۱۷	۷
۴۷	۱۵۶	۷۳	۳۴۲	۴	۳۶	۴۳	۱۵۶	۱۱۹۰	۷۲۱	۸
۲۵	۱۳۲	۵۰	۳۰۰	۵	۲۴	۳۸	۱۱۲	۹۹۰	۵۷۲	۹
۱۳	۱۴۰	۲۸	۳۲۲	۰/۴	۲۴	۳۶	۹۹	۹۲۲	۵۳۵	۱۰
۱۳	۱۵۲	۳۲	۳۲۰	۰/۸۵	۲۰	۲۸	۱۲۹	۹۸۴	۵۶۹	۱۱
۶	۲۴	۱۵/۵	۲۷۷	۲	۲۳	۳۲	۷۲	۵۷۶	۲۷۴	۱۲
۹	۱۷	۱۴	۲۸۰	۱/۵	۷	۱۹	۷۲	۵۵۰	۳۰۶	۱۳
۹	۲۴	۸	۲۹۰	۱/۵	۶	۱۶	۸۲	۵۷۵	۳۲۱	۱۴
۶	۱۹	۱۱	۲۹۲	۱/۵	۵	۱۹	۸۰	۵۸۰	۳۱۶	۱۵
۷/۹	۱۹	۱۵	۲۷۸	۱/۵	۴/۹	۱۸	۸۴	۵۸۵	۳۱۴	۱۶
۹/۶	۲۳	۱۲/۷	۲۹۰	۱/۵	۵/۱	۲۲	۸۲	۶۱۰	۳۲۸	۱۷
۳۴	۱۴۴	۶۳	۲۸۸	۵/۵	۹	۴۶	۱۰۷	۹۶۰	۵۸۱	۱۸
۲۲	۱۲۸	۱۱۵	۲۴۰	۵/۵	۲۵	۴۱	۱۰۸	۱۰۲۰	۵۸۹	۱۹
۱۴	۷۵	۲۷	۲۳۵	۱/۵	۵۸	۲۵	۷۸	۸۰۰	۴۸۰	۲۰
۲۴	۱۲۸	۱۳۶	۲۸۰	۴	۳۶	۴۸	۱۱۰	۱۱۲۰	۶۴۲	۲۱
۲۲	۱۲۸	۲۰۴	۲۷۰	۴	۵۵	۷۲	۹۶	۱۳۲۰	۷۴۳	۲۲
۲۸	۱۳۲	۵۳	۲۹۵	۲	۲۶	۳۷	۹۸	۹۵۰	۶۵۶	۲۳
۲۶	۱۴۰	۷۱	۳۰۰	۲	۴۱	۳۷	۱۰۴	۱۲۰۰	۶۰۳	۲۴
۲۶	۱۵۲	۶۱	۳۰۵	۳/۵	۴۱	۳۴	۱۱۲	۱۰۳۰	۶۱۴	۲۵
۱۸	۱۵۰	۵۰	۳۲۰	۲	۶۰	۳۳	۹۶	۱۲۰۰	۵۵۰	۲۶
۴۹	۱۴۰	۸۱	۲۹۹	۴	۳۶	۳۲	۱۲۸	۱۰۶۳	۶۵۲	۲۷
۴۶	۱۴۸	۸۵	۳۰۰	۴	۳۶	۳۷	۱۳۰	۱۱۰۰	۶۶۶	۲۸
۳۷	۱۴۰	۵۷	۳۱۰	۳/۵	۳۶	۳۲	۱۲۶	۱۰۳۰	۶۱۷	۲۹
۲۳	۱۴۴	۵۲	۲۹۷	۳/۵	۳۰	۳۸	۱۰۷	۹۹۰	۵۴۷	۳۰
۲۳	۱۳۲	۴۹	۲۸۴	۳/۵	۳۳	۳۷	۹۸	۹۱۰	۵۴۶	۳۱
۷	۱۲۴	۳۸	۲۷۸	۱	۳۶	۴۰	۶۴	۷۵۳	۴۷۰	۳۲
۱۳	۱۶۸	۳۶	۲۲۰	۷	۲۷	۳۸	۸۳	۸۸۳	۵۰۶	۳۳
۸/۸	۲۹	۱۰	۲۰۰	۳	۷	۱۴	۶۴	۴۶۰	۲۸۰	۳۴



شکل ۳- رده بندی چاه های آب آشامیدنی گرگان بر طبق مدل ژینس.

تغییرات غلظت یون ها در پروفیل شمالی- جنوبی (شکل ۱۰) با استفاده از نمودار سری ها مورد بررسی قرار گرفت (شکل های ۱۱ و ۱۲). بر این اساس تقریباً غلظت تمامی یون ها در جهت جریان آب زیرزمینی بعد از چاه شماره ۶ کاهش می یابند و کمترین مقدار آنها برای آنیون ها چاه شماره ۱۲ و کاتیون ها چاه شماره ۱۳ می باشد. لازم به ذکر است ناحیه ای که در آن غلظت یون ها شروع به کاهش یافتن می کند بر روی نقشه سازمان زمین شناسی و نقشه تکنونیک شرکت نفت محل عبور گسل خزر تشخیص داده شده است (شهرابی، ۱۹۹۰؛ زمانی پدرام و حسینی، ۲۰۰۳).

بر اساس نمودار دورو (قسمت مربع شکل آن) تنها یک جهت تکامل ژئوشیمیائی برای آب زیرزمینی آبخوان شهر گرگان وجود دارد. این چرخه تکامل یونی تبعیت بیشتری از چرخه تکامل آنیونی نسبت به چرخه تکامل کاتیونی در طول مسیر جریان آب دارد. سیر این تکامل در آبخوان از تیپ بی کربناته در مناطق تغذیه شروع و به تیپ سولفات در مناطق شمالی ختم می شود. این روند را بوضوح می توان با افزایش TDS نمونه های آب در قسمت مستطیل شکل نمودار دورو مشاهده نمود (شکل های ۱۳ و ۱۴).

با توجه به روند نمونه ها در نمودار دورو تیپ آب زیرزمینی از بی کربنات کلسیم تا سولفات منیزیک می باشد اما این روند ممتد نیست. نمونه هایی که در منطقه

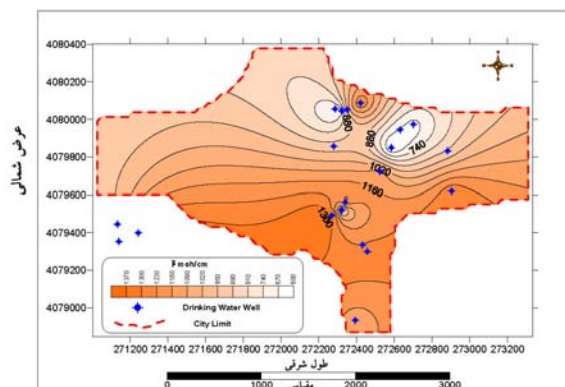
به عبارت دیگر، تأثیر ویژگی های سنگ شناسی منطقه (سنگ آهک های سازند لار و سنگ های دگرگونی گرگان) بر کل جامدات حل شده منابع تأمین آب آشامیدنی گرگان را می توان در نوع آب های زیرزمینی و سطحی منطقه (کربنات کلسیم- منیزیم و بدون نوع غالب) و هم چنین بالا بودن درجه سختی این آب ها مشاهده نمود.

بنابر طبقه بندی سختی آب (Hr) براساس کربنات کلسیم موجود در آن بر طبق معادله ۱ (ساویر و مک کارتی، ۱۹۶۷)،

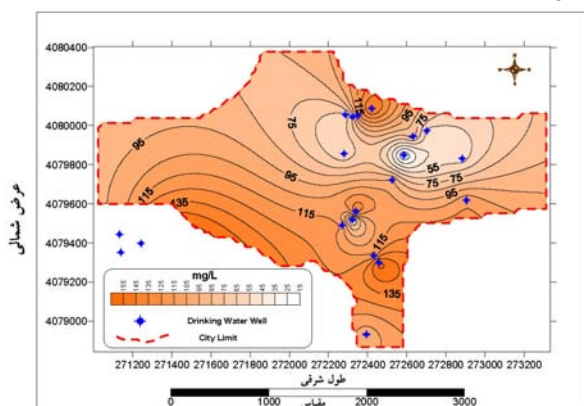
$$Hr = 2.5Ca + 4.1Mg \quad (1)$$

اکثر منابع تأمین آب آشامیدنی شهر گرگان، با سختی کل ۶۴۰-۲۰۰ میلی گرم در لیتر، در رده آب خیلی سخت قرار می گیرند. منابع تأمین آب ۱، ۴، ۵ و ۲۱ دارای آب سخت هستند. با استفاده از نقشه های هم ارزش روند کلی تغییرات برخی پارامترهای شیمیایی نظیر هدایت الکتریکی، کلرید و نیترات مورد بررسی قرار گرفت است. به طور طبیعی پارامترهای هیدروژئوشیمیایی (هدایت الکتریکی، کلرید و نیترات) در جهت حرکت آب زیرزمینی افزایش می یابند اما در محدوده مورد مطالعه این نظم وجود ندارد و به سمت شمال شهر گرگان در امتداد ناحیه ای شرقی - غربی میزان غلظت پارامترهای هدایت الکتریکی، کلرید و نیترات کاهش می یابد. بعد از این ناحیه، رفته رفته بر غلظت یون های افزوده می شود (شکل های ۴ تا ۹).

منابع تغذیه‌کننده آب زیرزمینی کاربرد دارد (مزور، ۱۹۹۱). به‌طوری که نحوه آرایش نمونه‌ها دلالت بر منابع تغذیه‌کننده آنها دارد. پراکندگی نمونه در نمودارهای مربوطه نشان از دو منبع آبی مختلف دارد. این اختلاف در فصل بهار محسوس‌تر می‌باشد (شکل‌های ۱۵ تا ۱۸). با توجه به نمودارهای مذکور در جهت حرکت آب زیرزمینی میزان غلظت یون‌ها در حال افزایش می‌باشد اما این روند برای چاه‌های شمال گرگان (شمال گسل خزر) صادق نمی‌باشد و برخلاف انتظار دارای غلظت‌هایی کمتر از چاه‌های جنوبی هستند. بنابراین عاملی توانسته سکانس تکاملی یونی و موقعیت هیدروژئوشیمیایی برخی از چاه‌ها را در طول مسیر جریان آب زیرزمینی تغییر بدهد.



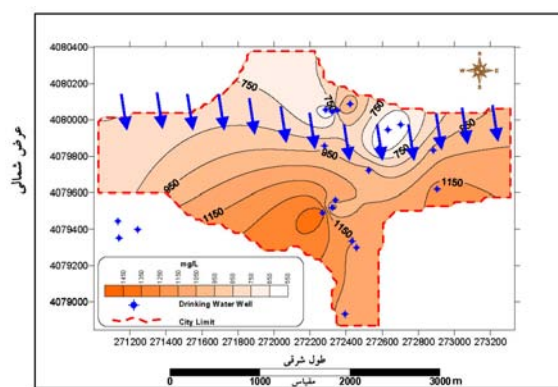
شکل ۵- تغییرات هدایت الکتریکی در آبخوان شهر گرگان (زمستان ۸۳).



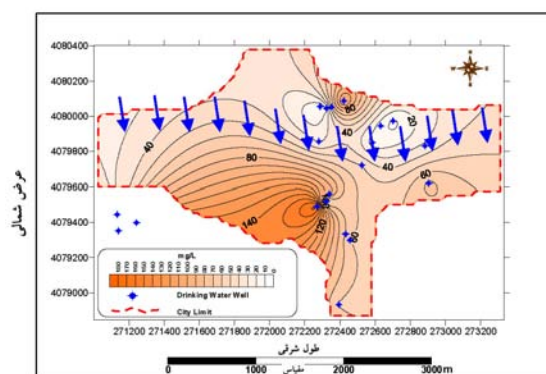
شکل ۷- تغییرات یون کلرید در آبخوان شهر گرگان (زمستان ۸۳).

B تجمع دارند (شکل ۱۳) از روند کلی هیدروژئوشیمیایی آبخوان تبعیت می‌کنند. نمونه‌های منطقه A همگی مربوط به چاه‌های شمال شهر گرگان (شمال گسل خزر) می‌باشند و براساس سکانس تکاملی باید به تیپ منیزیم نزدیک باشند اما تجمع آنها در نمودار مربوطه حاکی از تیپ بی‌کربناته این نمونه‌ها دارد، بنابراین عاملی هیدروژئولوژیکی باعث تغییر در مسیر سکانس تکاملی شده است.

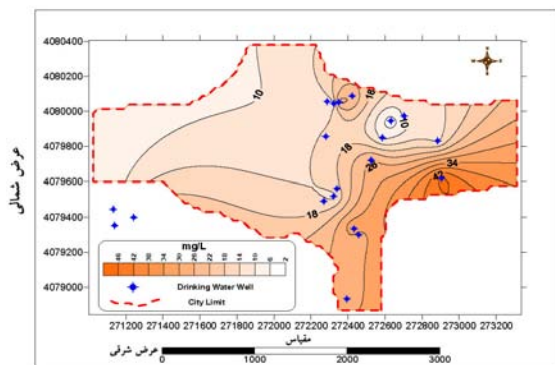
به‌منظور بررسی دقیق‌تر هیدروژئوشیمیایی آبخوان مورد مطالعه از نمودارهای ترکیبی در دو فصل بهار و زمستان استفاده شده است. این نمودارها براساس غلظت یون‌های اصلی (TDI) در محور افقی و غلظت آنیون‌ها و یا کاتیون‌ها در محور قائم استوار می‌باشد که در تشخیص



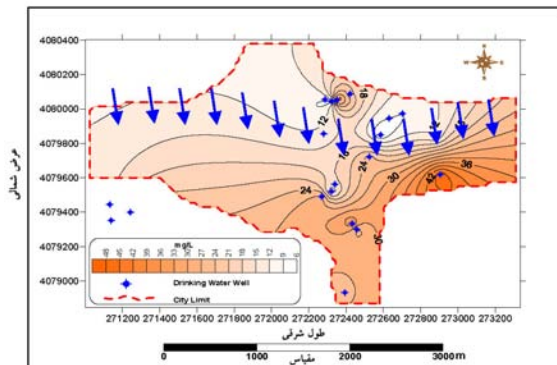
شکل ۴- تغییرات هدایت الکتریکی در آبخوان شهر گرگان (بهار ۸۳).



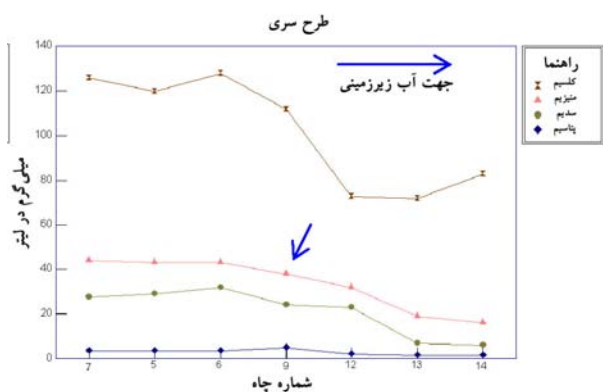
شکل ۶- تغییرات یون کلرید در آبخوان شهر گرگان (بهار ۸۳).



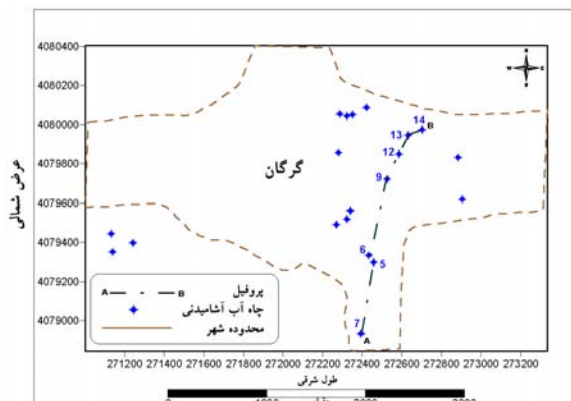
شکل ۹- تغییرات یون نیترات در آبخوان شهر گرگان (زمستان ۸۳).



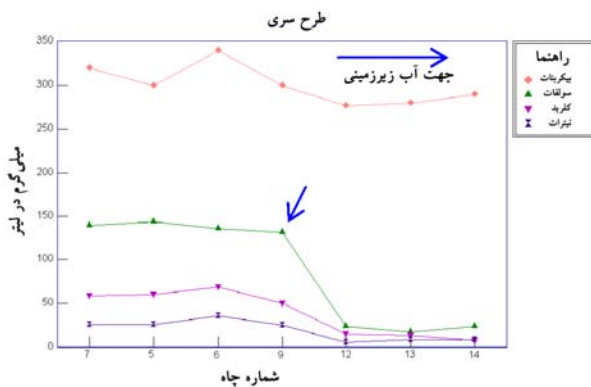
شکل ۸- تغییرات یون نیترات در آبخوان شهر گرگان (بهار ۸۳).



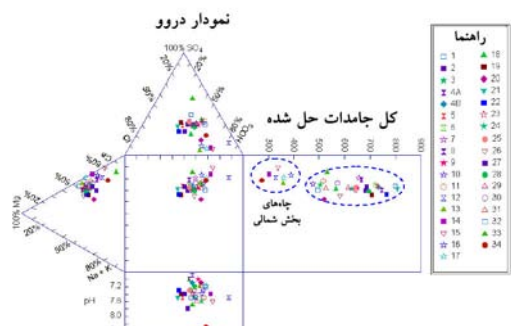
شکل ۱۱- نمودار تغییرات غلظت یون‌ها در پروفیل A-B.



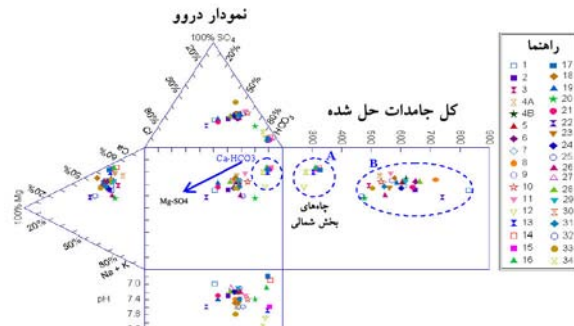
شکل ۱۰- موقعیت پروفیل انتخابی A-B.



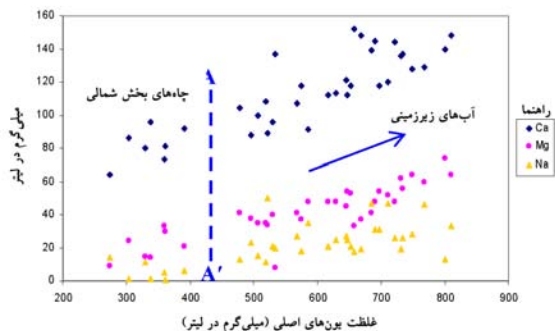
شکل ۱۲- نمودار تغییرات غلظت آنیون‌ها در پروفیل A-B.



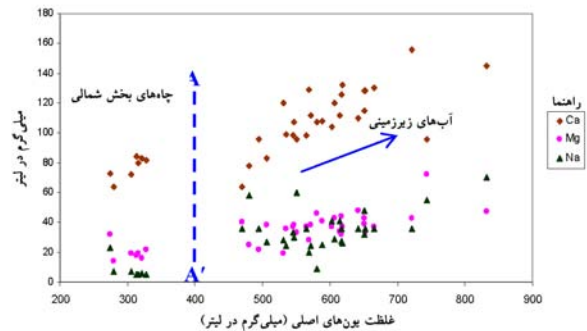
شکل ۱۴- نمودار درو چاه‌های آب آشامیدنی شهر گرگان (زمستان ۸۳).



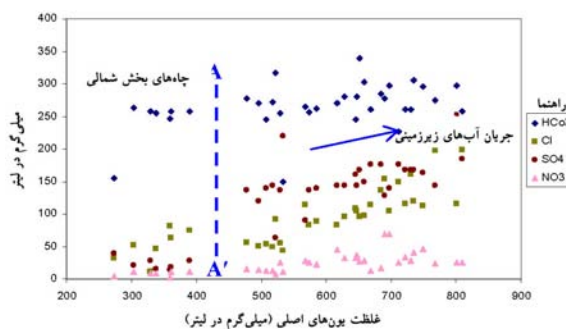
شکل ۱۳- نمودار درو چاه‌های آب آشامیدنی شهر گرگان (بهار ۸۳).



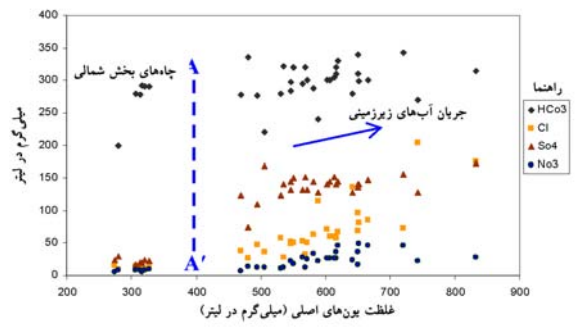
شکل ۱۶- نمودار ترکیبی کاتیونی چاه‌های آب آشامیدنی شهر گرگان (زمستان ۸۳).



شکل ۱۵- نمودار ترکیبی کاتیونی چاه‌های آب آشامیدنی شهر گرگان (بهار ۸۳).



شکل ۱۸- نمودار ترکیبی آنیونی چاه‌های آب آشامیدنی شهر گرگان (زمستان ۸۳).



شکل ۱۷- نمودار ترکیبی آنیونی چاه‌های آب آشامیدنی شهر گرگان (بهار ۸۳).

اشباع (SI) ژیبس، انیدرت و هالیت می‌باشد. روند افزایشی و کاهش نمایه‌های مذکور یکنواخت نمی‌باشد به طوری که تغییرات شدیدی را در چاه شماره ۹ از خود نشان می‌دهند (شکل‌های ۱۹ و ۲۰). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که گسل خزر باعث تغییراتی در نمایه‌های اشباع نیز شده است که ناشی از تغییر غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ناحیه عبور آن از شهر گرگان است.

نتیجه‌گیری

در مدیریت کیفیت آب آشامیدنی نیاز به شناخت خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب و اثر متقابل میان فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، انتقال و تبدیلات می‌باشد.

بر طبق نقشه‌های هم‌ارزش، غلظت پارامترهای هیدروژئوشیمیایی همچون هدایت الکتریکی، کلرید و نیترات در جهت حرکت آب زیرزمینی به طرف شمال شهر گرگان در امتداد ناحیه‌ای شرقی- غربی کاهش می‌یابد و بعد از این ناحیه، رفته رفته بر غلظت یون‌های افزوده

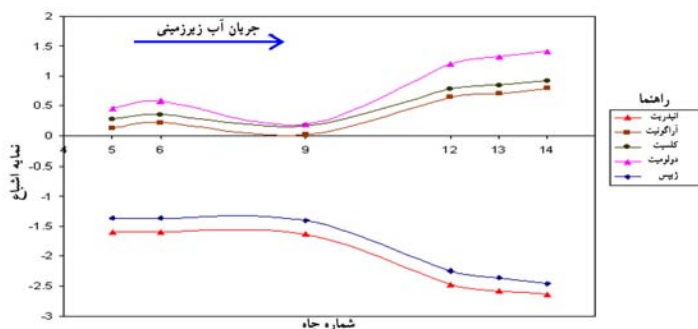
جهت محاسبه نمایه‌های اشباع (SI) نمونه‌های آب‌زیرزمینی از کد کامپیوتری PHREEQC I (بارخورست و آپلو، ۱۹۹۹) استفاده شده است. اغلب نمونه‌های آب زیرزمینی این منطقه نسبت به کلسیت و دولومیت فوق اشباع تا اشباع و نسبت به ژیبس تحت اشباع می‌باشند. از آنجایی که آبرفت موجود در منطقه حاصل آوردهای رودخانه‌های قره‌سو است و این نهشته‌های آواری از فرسایش سازندهای مختلف البرز از جمله سازندهای آهکی (نظیر سازند لار) منشاء می‌گیرند می‌توان استنباط نمود که بالا بودن نمایه‌های اشباع دولومیت نسبت به نمایه‌های اشباع کلسیت به علت وجود کانی‌های دولومیت و کلسیت منیزیم‌دار، رخداد فرایند دی‌دولومیتیزاسیون^۱ و رسوب‌گذاری کلسیت باشند. در مسیر جریان آب زیرزمینی درحالت کلی نمایه اشباع کلسیت، دولومیت و آراگونیت تقریباً نشانگر افزایش مقادیر نمایه‌های اشباع (SI) از مناطق تغذیه‌ای در جنوب شهر به سمت شمال شهر و کاهش مقادیر (نمایه‌های

1- Dedolomitization

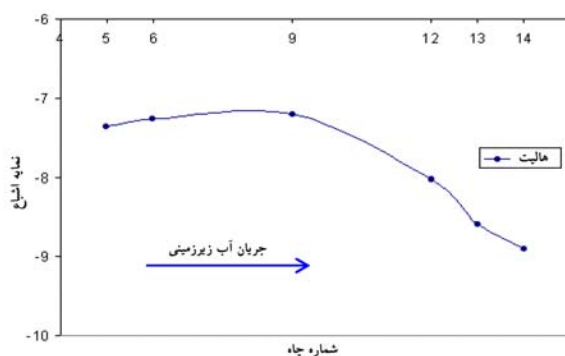
خزر واقع در شمال گرگان صادق نمی‌باشد و برخلاف انتظار دارای غلظت‌هایی کمتر از چاه‌های جنوبی هستند. روند تغییرات نمایه‌های اشباع یکنواخت نمی‌باشد به طوری که تغییرات شدیدی را در چاه شماره ۹ از خود نشان می‌دهند بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که از روی اطلاعات حاصله از نمودارهای TDI و SI در نمایه‌های اشباع گسل خزر باعث تغییرات غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ناحیه عبور آن از شهر گرگان شده است.

با توجه به اثرات سمی نیترات به ویژه در اطفال و استفاده بهینه از چاه‌های آب آشامیدنی آلوده به نیترات منطقه، رقیق‌سازی و اختلاط آب‌های آلوده با آب‌های واجد غلظت کم نیترات به همراه تبادل یونی با استفاده از رزین‌ها به منظور جایگزینی نیترات با عوامل غیرزیان‌آور پیشنهاد می‌شود. ضمناً، اعمال برنامه‌های مدیریتی مانند پهنه‌بندی میزان نیترات آب‌های زیرزمینی برای تعیین محل حفر چاه‌های آب آشامیدنی و انتخاب منابع تأمین آب آشامیدنی دور از مناطق شهری و صنعتی را در کاهش خطر آلودگی نیترات آب آشامیدنی شهر گرگان می‌توان مطرح نمود.

می‌شود. با توجه به اینکه شاخه‌ای از رودخانه قره‌سو در محدوده مورد مطالعه، امتداد شمالی- جنوبی دارد بنابراین نمی‌تواند مربوط به تأثیر نفوذ آب‌های سطحی باشد. تقریباً غلظت تمامی یون‌های ذکر شده در جهت جریان آب زیرزمینی بعد از چاه شماره ۶، کاهش می‌یابد و کمترین مقدار آنها برای آنیون‌ها چاه شماره ۱۲ و کاتیون‌ها چاه شماره ۱۳ می‌باشد. براساس نمودار دروو تیپ آب زیرزمینی از بی‌کربنات کلسیک تا سولفات منیزیک می‌باشد اما این روند ممتد نیست. تجمع نمونه‌ها در دو منطقه می‌باشد که در نگاه کلی از روند تکاملی هیدروژئوشیمیایی آبخوان تبعیت می‌کنند. نمونه‌هایی که دارای تیپ بی‌کربنات کلسیم می‌باشند مربوط به چاه‌های شمال گسل خزر می‌باشند و براساس سکانس تکاملی باید دارای تیپ منیزیم باشند اما تجمع آنها در نمودار مربوطه نشان از تیپ بی‌کربنات این نمونه‌ها دارد، بنابراین عاملی هیدروژئولوژیکی باعث تغییر در مسیر سکانس تکاملی یون‌ها شده است. با توجه به نمودارهای TDI و SI در جهت حرکت آب زیرزمینی میزان غلظت یون‌ها در حال افزایش می‌باشد اما این روند برای چاه‌های شمال گسل



شکل ۱۹- تغییرات نمایه‌های اشباع آنیدریت، آراگونیت، کلسیت و ژپس در طول مسیر جریان آب زیرزمینی.



شکل ۲۰- تغییرات نمایه اشباع هالیت در طول مسیر جریان آب زیرزمینی.

منابع

1. APHA, 1998. Standard methods for examination of water & waste water. American Public Health Association, Washington, DC.
2. APHA, AWWA, WPCF. 1995. Standard methods for examination water and waste water. American Public Health Association, Washington DC.
3. Appelo, C.A.J., and Postma, D. 1994. Geochemistry (Groundwater and Pollution). Brookfield, 2th Balkema, Rotterdam, 536P.
4. Back, W. 1966. Hydrochemical facies and groundwater flow pattern in northern part of Atlantic coastal plain. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper, 498-A
5. Bayari, C.S., and Kurttas, K. 1995. Geochemistry or regional groundwater flow in Aladag Karastic a aquifers Eastern Taurids. Turkey: Effect of flow conditions. Turkey Journal of Earth Science, 4:29-37.
6. Berger, L. 1972. Complimentary investigation of ground - water development in the Gorgan and plain area, Gorgan Project, vol.1: Geology and geophysics, hydrology and water resources, Payab Consulting Engineers, 304p.
7. Drinking Water Facts. 2003. All about Australia's drinking water. CRC. 4p.
8. EPA. 1998. The quality of our nation's water, 1996. Washington, Environmental Protection Agency.
9. Fononi, B, 1989. The investigation of the cause of drinking water wells reduction the water level of Gorgan city, 82 p.
10. Freeze, R.A., and Cherry, J.A. 1979. Ground water, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 691pp.
11. Gibbs, R.J. 1970. Mechanisms World water Chemistry. Science, 170, 1088- 90.
12. Hem, J. D. 1989. Study and interpretation of the Chemical characteristics of natural water. U.S. Geological Survey, Water Supply, 1473- 363pp.
13. Iranian standard institute and industrial research, 1988. Physical and chemical properties drinking water. Std. No. 1052, 13 p.
14. Jeong, C.H. 2001. Effect of land use and urbanization on hydrochemistry and contamination of groundwater from Taejon area, Korea. Journal of Hydrology, 253, 194-210.
15. Malina, J.F. 1996. Water quality.8:1-49. In Mays L.W., Water Resources Handbook, McGraw Hill New York.
16. Mazor, E. 1991. Applied chemical and isotopic groundwater hydrology, John Wiley & Sons, New York, 274P.
17. Ophori, D.U., Toth. J. 1989. Patterns of groundwater chemistry, Ross Creek basin, Alberta, Canada, Ground Water, 27, 20-26.
18. Parkhurst, D.L., and Appelo, C.A.J., 1999. PHREEQE - a computer program for geochemical calculations, U. S. Geological Survey, 210pp.
19. Piper, A.M. 1944. A Graphic procedure in hydrochemical interpretation or water analysis. AGU Trans, 25, 914- 923.
20. Raghimi, M., Seyed Khdemi, S. 2001. Investigation of nitrate pollution in groundwater (Case study: Gorgan city). Proceeding of Environment pollutant, Gilan university (27 Apr 2002). 191-196 p.
21. Sawyer, C.N., and McCarty, P.L. 1967. Chemistry for sanitary engineers. McGraw-Hill., N.Y., 518 p.
22. Shahpasandzadeh, M. 1992. Structural and sedimentary environment interpretation of metamorphic rocks complex of Gorgan. Tehran Tarbiat Moalem University. Gology M.Sc. Dissertation, 297 p.
23. Shahpasandzadeh, M., Raghimi, M., Damavandi. M.Z. Seyed Khdemi, S. 2002. Investigation of nitrate pollution origin of water drinking of Gorgan city. Proceeding of the 6th Geological society of Iran kerman university (27-29 Aug. 2002) 45-54 p.
24. Shahrabi, M. 1990. Geological map of Gorgan (scale 1: 250,000) No. 44 Geological survey of Iran, Tehran, one sheet.
25. Stiff, H.A. 1951. The interpretation of chemical water analysis by means of Patterns, Journal of petrol. Tech. 3, 15-17.
26. Zamani Pedram, M., and Hosseini, H. 2003. Map and report of Geology of Gorgan 1:100000 sheet no. 6863. Geological survey of Iran, Tehran, one sheet.

The Effects of geological factors on chemical quality of drinking water of Gorgan City, Iran

***M. Raghimi¹, A. Rahimi Chakdel², M. Gareh Mahmood Loo³, M. Shahpasandzadeh⁴ and S. Mohammad Khademi⁵**

¹Associate Prof, Dept, of Geology, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Iran,

²Assistante Prof, Dept., of Geology, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Iran,

³Instructor, Dept. of Natural Resources, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Iran,

⁴Assistant Prof. International of Earthquake and seismology Interval, Iran, ⁵Expert of water and Sewaye company of Golestan Province, Iran.

Abstract

More than 80% of drinking water of Gorgan city is supplied by groundwater of the region (Ziarat, Garmabdasht, and Shast-kula aquifers) and rest of that from Ziarat and Alang Dareh rivers. Hydro chemical studies and interpretations carried out on collected samples on Piper, Durve, and Gibbs diagrams in summer and winter 1383. The results indicate that hydro chemical facies of drinking water are Ca^{+2} - Mg^{+2} HCO^{-3} Cl^{-} and Ca^{+2} - Mg^{+2} HCO^{-3} . According to hardness classification, water class of Gorgan drinking water is in the range of very hard. While, the total dissolved solid (TDS) of Gorgan drinking water is rock-dominance according to Gibbs classification. The data obtained from TDI and SI diagrams shows that the rate of ionic concentrations are increasing in flow direction of groundwater, but not for wells located in the northern part of the city. The saturation index variation on TDI and SI diagrams is not continuous. So, it could be concluded that Khazar fault causes high changes in ionic concentration and saturation index of groundwater in northern region of city. According to interpretation of laboratory chemical data analysis, the precise knowledge of chemical quality of drinking water resources could be useful in planning and management of drinking water resources in this city.

Keywords: Geological factors; Chemical quality; Hydrochemistry; Drinking water; Gorgan city.

*- Corresponding Author; Email: raghimi@yahoo.com