مجله علمی پژوهش‌های کاربردی در علوم زمین (سال سوم)
شماره ۹ / پاییز ۱۳۹۷ / ص ۱۴ - ۱

ارزیابی هیدرو شیمیایی منابع آب زیرزمینی چاله تکتونیکی گلباف با استفاده از شاخص اشباع

ملیحه خواجوئی[۱]، سید حسام الدین معین زاده[۲]، احمد عباس نژاد[۳]

[۱]دانش آموخته کارشناسی ارشد، ژئوشیمی، گروه زمین شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
[۲]دانشیار، گروه زمین شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
[۳]دانشیار، گروه زمین شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

نام نویسنده مسئول:
سید حسام الدین معین زاده

چکیده

هدف این تحقیق، بررسی تغییرات شاخص‌های اشباع آب‌های زیرزمینی چاله گلباف نسبت به کلسیت ،دولومیت، ژیپس و هالیت می‌باشد . با توجه به فقدان چاه بهره‌برداری نمونه‌برداری از ۱۶ مادر چاه قنات در منطقه صورت پذیرفته است و غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم از طریق Flame فتومتر و کلر، منیزیم ، کلسیم و بی‌کربنات به روش تیتراسیون و سولفات به روش رنگ سنجی موردسنجش قرارگرفته است . EC و pH نیز به‌صورت دستگاهی در صحرا اندازه‌گیری شدند. برای آنالیز و ارزیابی هیدرو شیمیایی آب زیرزمینی چاله تکتونیکی گلباف، شاخص اشباع کانی‌های مختلف شامل کلسیت، دولومیت، ژیپس و هالیت به‌وسیله نرم‌افزار PHREEQC تعیین گردیده است . به‌منظور بررسی و برآورد تغییرات مکانی این شاخص‌ها در منطقه با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 9.3 و با به‌کارگیری گزینه Spatial Analyst نقشه‌های مربوطه ترسیم گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که شاخص‌های اشباع همه این کانی‌ها منفی است و آب زیرزمینی نسبت این کانی‌ها تحت اشباع می‌باشد . شاخص‌های اشباع کلسیت و دولومیت در محدوده موردمطالعه به دلیل تأثیر سازندهای اطراف و سنگ کف که بیشتر سنگ‌آهک است ، بالا می‌باشد . شاخص اشباع ژیپس و هالیت نیز در بخش‌های غربی یک روند افزایشی را نشان می‌دهد که می‌تواند به دلیل وجود نهشته‌های تبخیری و مارن های گچ دار قرمزرنگ باشد.

کلمات کلیدی: هیدرو شیمی ، آب زیرزمینی ، چاله گلباف، شاخص اشباع ، **PHREEQC** ، **GIS.**

مقدمه

ارزیابی هیدروژئوشیمی سفره‌های آب زیرزمینی معمولاً تحت تأثیر عوامل متفاوتی است که از آن جمله می‌توان به زمین‌شناسی محل، میزان هوازدگی سنگ‌ها و نوع آن‌ها، کیفیت آب ورودی به سفره و واکنش‌های هیدروژئوشیمیایی در داخل سفره آب زیرزمینی اشاره کرد(Coetsiers and Walraevens(2006) , [3] Subramani et al (2005)[17] و Guler and Thyne(2004) [10] .کیفیت آب به ترکیب آب تغذیه‌ای، ترکیب کانیایی و واکنش‌پذیری سازندهای زمین‌شناسی موجود در آبخوان‌ها، فعالیت‌های بشری و پارامترهای محیطی که ممکن است تحرک ژئو شیمیایی ترکیبات را تحت تأثیر قرار دهند، بستگی دارد (Kouras et al,2007)[13] . افزایش شناخت از فرآیندهای کنترل‌کننده شیمی آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند به مدیریت کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی و استفاده از آن‌ها، کمک شایانی بنماید(Menda et al,2007)[14]، Olajire and Imeokparia(2001) [15] Foster et al (2000) [8] .یکی از موضوعات مهم در هیدروژئوشیمی توزیع مکانی مشخصه‌های شیمیایی آب در انواع سازندها و قابلیت مصرف آن برای اهداف مختلف مانند شرب، کشاورزی و صنعت است . فعالیت‌های انسانی نیز تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر کیفیت آب دارد. برخی از این تأثیرات نتیجه فعالیت‌های مانند ساختن سد، خشک شدن تالاب‌ها و انحراف در مسیر جریان است(Gibbs,1970)[9] , (Fernández et al,2009)[7] ,(Bartram and Balance,1996)[2], (Eilers et al,2009)[5].

عوامل هواشناسی مانند کمیت، فراوانی و شدت بارندگی با تأثیر روی چرخه آب‌شناختی بر کیفیت و کمیت منابع آب تأثیر دارند. فرایندهای طبیعی و هوازدگی، کاربری اراضی، فعالیت‌های کشاورزی و دخالت‌های انسان در چرخه آب نیز، بر منابع آبی مؤثر هستند (آژانس محیط‌زیست اروپا،۲۰۰۰)[6]. محققان مختلفی ازجمله (Deutsch,1997)[4]،(2004) Rajmohan and Elango [16] ،(رستمی زرین‌آبادی و همکاران،۱۳۹۳)[22] (طالبی و همکاران ،۱۳۹۵)[24] ،(جمالی و اصغری مقدم،۱۳۹۲)[20] و (محمد دردی محمودی و همکاران ، ۱۳۹۵)[21] از شاخص اشباع در بررسی کیفی و تحلیل کیفیت آب‌های زیرزمینی در مناطق مختلف استفاده کرده‌اند.محاسبه شاخص اشباع کانی‌های مختلف به‌منظور توصیف تکامل شیمیایی آب‌های زیرزمینی صورت می‌گیرد. با استفاده از شاخص اشباع می‌توان به‌پیش بینی واکنش‌های کانی‌شناسی زیرسطحی با آب زیرزمینی، بدون جمع‌آوری نمونه‌های خاک و سنگ و تجزیه و تحلیل‌های پتروگرافی پرداخت (Hounslow1995)[11]. .برای محاسبه شاخص اشباع از نرم‌افزار هیدرو شیمیایی PHREEQC استفاده‌شده است. با استفاده از برآورد شاخص کانی‌های مختلف از قبیل کلسیت ، دولومیت ، هالیت و ژیپس برای نمونه‌های آب زیرزمینی در سطح منطقه گلباف و ترسیم تغییرات مکانی آن‌ها می‌توان میزان واکنش‌های بین آب زیرزمینی و سازندهای مختلف اطراف را بررسی نمود و درجه اشباع‌شدگی آب را ازنظر هرکدام از کانی‌های اصلی تحلیل نمود. بدین ترتیب امکان بررسی مکانی کیفیت آب زیرزمینی در بخش‌های مختلف چاله تکتونیکی فراهم می‌گردد لازم به ذکر است که در منطقه گلباف ، تاکنون هیچ‌گونه مطالعه‌ای که خصوصیات هیدروژئوشیمیایی منابع آب زیرزمینی را نشان دهد و عوامل تأثیرگذار بر آن را مشخص سازد صورت نگرفته است. ارزیابی هیدرو شیمیایی منابع آب زیرزمینی چاله تکتونیکی گلباف با استفاده از شاخص اشباع می‌تواند در حل مسائل هیدرو شیمیایی منطقه موردمطالعه و مناطق مشابه مفید باشد . با توجه به اینکه در منطقه گلباف چاه‌های بهره‌برداری فعال وجود ندارد، قنوات مهم‌ترین منبع تأمین آب هستند.

موقعیت و هیدرولوژی منطقه

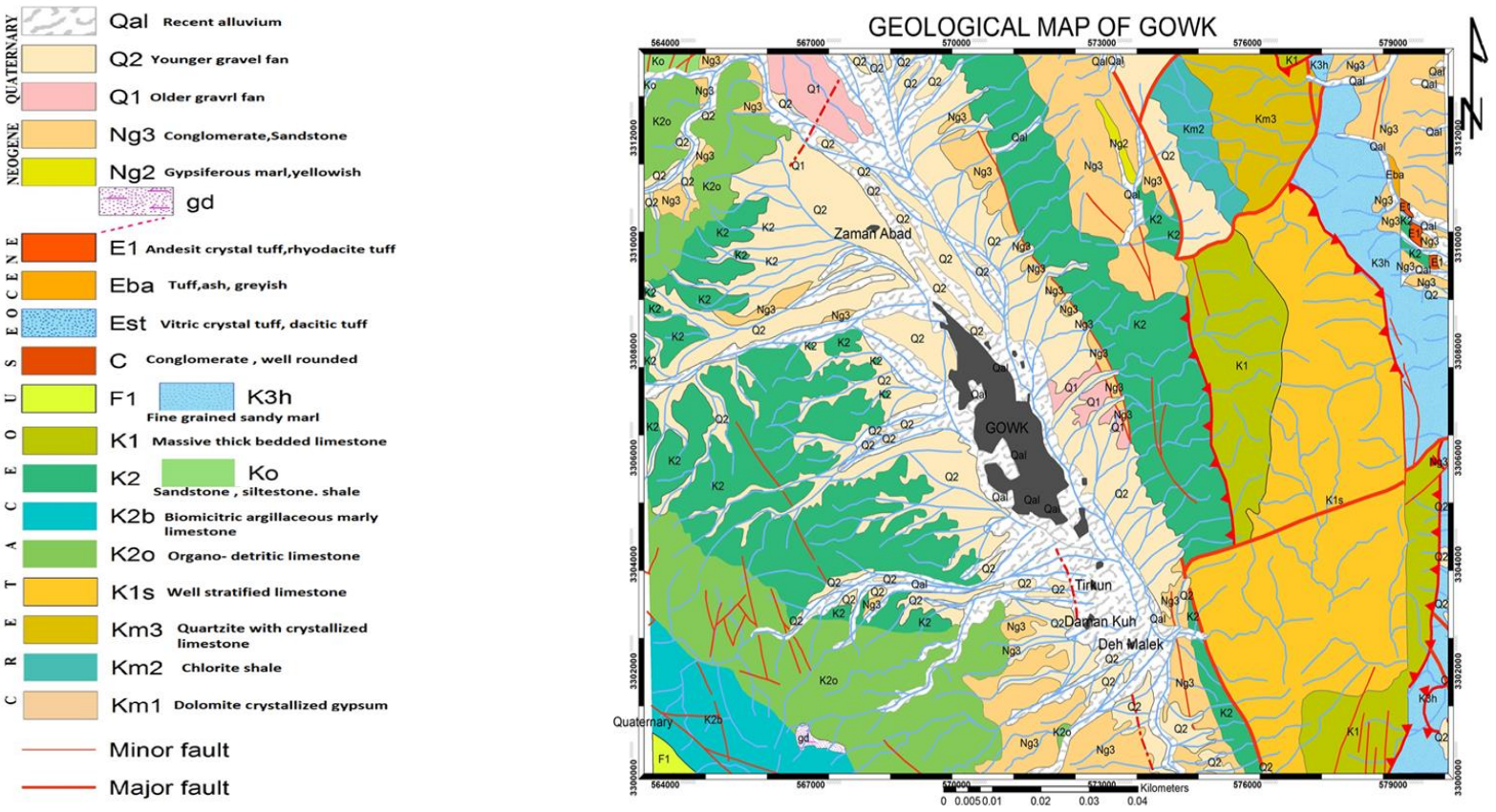
چاله تکتونیکی گلباف در جنوب شرق استان کرمان قرارگرفته است .گستره تقریبی محدوده موردمطالعه ۱۳۱۰/۳ کیلومترمربع می‌باشد . منطقه گلباف یک دره کوهستانی بوده، روند عمومی ارتفاعات آن شمال غربی و جنوب شرق است .طول آن حدود ۱۲ کیلومتر و عرض آن به‌طور متوسط ۴/۵ کیلومتر است. میانگین دمای سالانه این چاله تکتونیکی ۱۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین درازمدت بارندگی سالانه آن ۱۰۴ میلی‌متر است. با توجه به این داده‌ها و بر اساس رابطه دومارتن اقلیم منطقه خشک می‌باشد. رودخانه گلباف از رودخانه‌های منفرد حوزه بوده و رژیم آن در پایین‌دست به‌صورت موقتی می‌باشد. این رودخانه از دامنه‌های خاوری رشته‌کوه‌های پلوار واقع در ۱۲ کیلومتری غرب گلباف سرچشمه می‌گیرد و در جهت جنوب خاوری جریان یافته و بخش گلباف را مشروب می‌کند. در جنوب بخش گلباف و در اراضی روستای دامن کوه این رودخانه با شاخه دیگری که از جنوب به شمال جاری است تلاقی می‌کند که رودخانه دامن کوه را به وجود می‌آورند. طول این رودخانه حدود ۹۰ کیلومتر و حوزه آبریز آن ۹۰۰ کیلومترمربع وسعت دارد.

زمین‌شناسی منطقه

بر اساس تقسیم‌بندی زمین‌شناسی ناحیه‌ای چاله گلباف در زون ایران مرکزی قرار دارد. منطقه موردمطالعه، کوهستان‌های این منطقه روند عمومی شمال غرب- جنوب شرق را دارند؛ و گسل‌های اصلی نیز عموماً از چنین روندی تبعیت می‌کنند. زیربنای این کوه‌ها را سنگ‌های پرکامبرین، پالئوزوئیک، مزوزوئیک و ندرتاً سنوزوئیک تشکیل داده‌اند. در منطقه موردمطالعه، مرتفع‌ترین بلندی‌ها را قلل آهکی کرتاسه در شمال غرب منطقه تشکیل می‌دهند. در شمال شرق منطقه کوه‌های با ارتفاع ۲۶۹۳ متر از سطح دریا از سنگ‌های آهکی کرتاسه تشکیل‌شده است. خصوصیات لیتولوژی و مقاومت نسبتاً خوب این طبقات در مقابل عوامل فرسایشی سبب شده که قلل و ارتفاعات را تشکیل دهند. قدیمی‌ترین سازندها در منطقه متعلق به پرمین می‌باشد که به‌صورت باریکه‌ای از دولومیت در ارتفاعات کلاغون، رخنمون دارند (سازمان آب منطقه‌ای استان کرمان،۱۳۹۲)[23] .

سنگ‌های ژوراسیک با گستردگی کم حدود ۸ کیلومترمربع در شمال غرب محدوده و در جنوب شرق گلباف به چشم می‌خورند. تناوب ماسه‌سنگ و شیل به رنگ خاکستری مایل به سبز بارگه‌های ذغالی و به‌طور محلی با درون لایه‌هایی از کنگلومرا و سنگ‌آهک فسیل دار در شمال غرب و غرب بخش گلباف در ارتفاعات بیدویه و گلچین گسترش داشته، همچنین سنگ‌آهک، آهک ماسه‌ای اُالیت دار به رنگ خاکستری تیره با درون لایه‌هایی از ماسه‌سنگ به رنگ خاکستری مایل به سبز (آهک بادامو) که در قسمت محدودی از شمال بخش گلباف گسترش دارد.بیش از ۷۰ درصد سازندهای منطقه (حدود ۴۵۸ کیلومترمربع) از سنگ‌های کرتاسه تشکیل یافته که عموماً ضخیم لایه و توده‌ای هستند(شکل ۱). این سنگ‌ها به سمت شمال منطقه به‌تدریج از سنگ‌های آهکی ضخیم لایه به آهک‌های دولومیتی و آهک‌های ماسه‌ای و شیلی تبدل می‌شوند. سنگ‌های کرتاسه از بخش‌های جنوبی حوزه تا گلباف نه‌تنها به‌صورت توده‌ای و ضخیم لایه بوده، بلکه خردشدگی و درز و شکاف زیادی داشته و حاوی حفرات و پدیده‌های انحلالی در بعضی بخش‌ها می‌باشند. این سنگ‌ها ازنظر هیدرو ژئولوژی نسبت به دیگر سازندها از اهمیت بیشتری برخوردار هستند.به‌طرف شمال سنگ‌های آهکی به‌صورت آهک‌های دولومیتی مشاهده می‌شوند. در محدوده گلباف سنگ‌های کرتاسه عمدتاً ماسه‌سنگی و شیلی همراه با مارن می‌باشند. گرچه در این سنگ‌ها پدیده کارست مشاهده نمی‌شود ولی به دلیل عملکرد شدید تکتونیک ، شکستگی‌های فراوانی در این سنگ‌ها ایجادشده که عامل مهمی در انتقال آب‌های نفوذی هستند. نهشته‌های الیگو میوسن به‌صورت لایه‌هایی از کنگلومرا به رنگ قرمز و مارن های گچ دار قرمزرنگ در قسمت‌هایی از ارتفاعات و کوهپایه‌های میانی بخش گلباف رخنمون دارند که بر روی آن‌ها کنگلومرا و ماسه‌سنگ پلیوسن گستردگی قابل‌توجهی دارند.در محدوده مطالعاتی گلباف آبرفت‌های کواترنر هم به چشم می‌خورند . این آبرفت‌ها بخش عمده سطح چاله را اشغال کرده و هرچه از سمت غرب به‌طرف شرق پیش برویم ذرات آن‌ها دانه ریزتر می‌شوند. سطح گسترش این نهشته‌ها در محدوده مطالعاتی گلباف متجاوز از ۳۲۵ کیلومترمربع است. همچنین کفه رسی که در سطح کاملاً هموار و در پست‌ترین قسمت محدوده قرار دارد حدود ۱۵ کیلومترمربع وسعت دارد(سازمان آب منطقه‌ای استان کرمان،۱۳۹۲)[23].

منطقه موردمطالعه ازنظر زمین‌ساخت و تکتونیک جز ایران مرکزی بوده و گسل امتدادلغز معکوس با مؤلفه راست‌گرد گلباف (گوک) مهم‌ترین گسل منطقه است، این گسل با طول بیش از ۱۰۰ کیلومتر، از غرب شهداد تا محدوده غربی دشت بم با روند شمال غرب – جنوب شرق امتداد می‌یابد. گسل گلباف، گسل منفرد نبوده، بلکه به شکل یک سیستم گسلی است که همراه گسل کوهبنان – نایبند یک منطقه ساختاری بنیادی را در جنوب شرق ایران تشکیل داده‌اند. این گسل در راستای خود سبب رانده شدن سنگ‌های گوناگون کرتاسه (از سوی شرق) بر روی کنگلومرا ومارن نئوژن، بادبزن‌های آبرفتی کواترنر و پهنه‌های گلی (در غرب) شده است (Jackson et al,2001) [12].



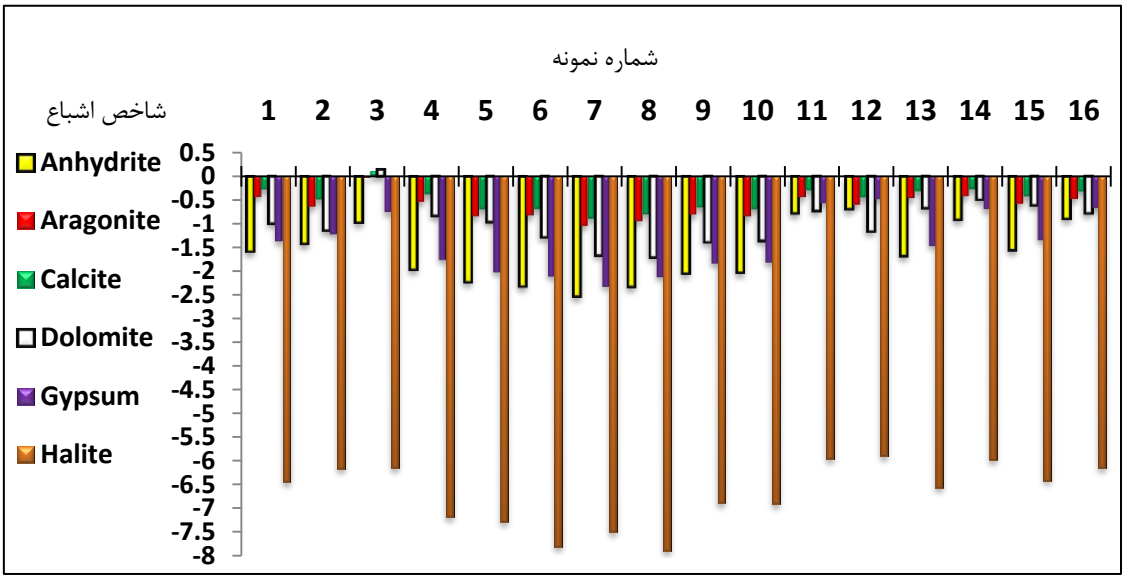
شکل۱- نقشه زمین‌شناسی چاله تکتونیکی گلباف برگرفته از نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی،۱۳۳۸ با اندکی تغییرات[25].

روش مطالعه

نمونه‌برداری در طی سه روز در اواسط اسفند ۱۳۹۳ و از مادر چاه ۱۶ قنات که تنها منابع برداشت آب در منطقه می‌باشند صورت گرفت . برای نمونه‌برداری از ظروف پلاستیکی یک لیتری استفاده شد. در صحرا قبل از نمونه‌برداری ، سه مرتبه ظروف نمونه‌برداری با آب موردنظر شسته شدند. در هر نقطه نمونه‌برداری، دو ظرف آب به‌منظور اندازه‌گیری کاتیون و آنیون‌های اصلی و همچنین نمونه تکراری برای کنترل صحت و دقت برداشته شد .در محل نمونه‌برداری pH ، دما و موقعیت جغرافیایی مکان نمونه‌برداری توسط GPS اندازه‌گیری و ثبت شد. و غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم از طریق Flame فتومتر و کلر،منیزیم، کلسیم و بی‌کربنات به روش تیتراسیون و سولفات به روش رنگ سنجی موردسنجش قرار گرفتند. EC وpH نیز به‌صورت دستگاهی اندازه‌گیری شدند. برای بررسی فرآیندهای هیدروژئوشیمیایی کنترل‌کننده ترکیب شیمیایی نمونه‌های آب از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. ازجمله این روش‌ها می‌توان به محاسبه شاخص اشباع‌شدگی (SI) و محاسبه برخی نسبت‌های یونی اشاره کرد . ابتدا با استفاده از نرم‌افزارPHREEQC و با توجه به مقدار پارامترهای Ca^{+2}, Mg^{+2}, K^{+}, Cl^{-}, SO_4^{-}, Na^{+}, HCo_3^{-} و pH مقدار شاخص اشباع کانی‌های اصلی مثل کلسیت ، دولومیت ، ژیپس و هالیت برای هرکدام از ۱۶ نمونه آب تعیین گردید سپس با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS9.3 و با استفاده از گزینه Spatial Analyst برآورد مکانی شاخص اشباع هرکدام از کانی‌های مذکور در منطقه موردمطالعه انجام گرفت. سپس با Excel نمودار نسبت‌های یونی ترسیم گردید.

نتایج

جهت محاسبه تکامل ژئوشیمیایی در دره از نرم‌افزار PHREEQC استفاده می‌شود. با استفاده از این نرم‌افزار می‌توان شاخص اشباع کانی‌های مختلف را محاسبه نمود. شاخص اشباع‌شدگی به‌صورت SI= Log IAP / Kt بیان می‌شود که در آن IAP میزان فعالیت یون و Kt ثابت انحلال است(Subyani, 2004)[18] .شاخص اشباع‌شدگی بسته به مقادیر یون‌های محلول ،pH، TDS و دما تغییر می‌کند (اصغری مقدم و محبی ، ۱۳۹۵)[19]. شاخص اشباع مثبت یک کانی به معنای رسوب آن کانی در محلول و شاخص اشباع منفی، به معنای انحلال کانی موردنظر در محلول است؛ به‌عبارت‌دیگر هر چه شاخص اشباع یک کانی مثبت‌تر باشد، مقدار آن کانی در آب بیشتر و آن کانی انحلال‌پذیرتر است (رستمی زرین‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۰)[22]. شاخص اشباع کانی‌های کلسیت، دولومیت، ژیپس و هالیت که برای منابع آب زیرزمینی در منطقه تعیین گردیده در شکل ۲ آورده شده است.



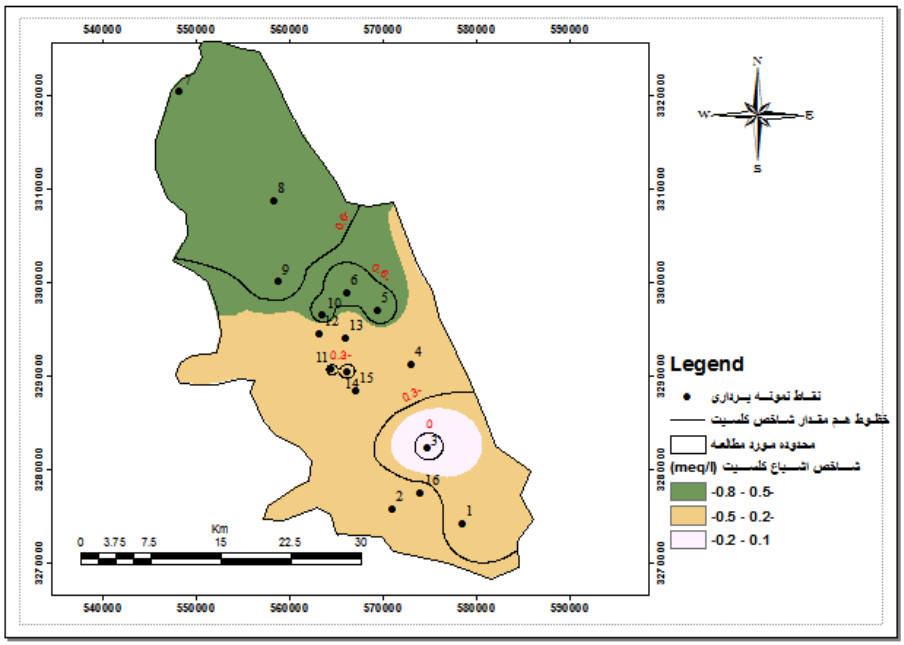
شکل ۲- نمودار شاخص اشباع کانی‌های اصلی برای نمونه‌های آب موردمطالعه

شاخص اشباع‌شدگی کانی‌های کلسیت، دولومیت، ژیپس، هالیت، آراگونیت و انیدریت برای تمام نمونه‌های آب زیرزمینی محاسبه گردید (جدول ۱). همان‌طور که در (شکل ۲) مشاهده می‌شود تعداد آن در تمام منطقه پایین‌تر از ۱ بوده و در واقع آب زیرزمینی در این چاله تکتونیکی ازنظر تمامی این کانی‌ها تحت اشباع می‌باشد. درجه اشباع‌شدگی ژیپس و به‌ویژه هالیت مقدار بسیار کمی را نشان می‌دهند و در سرتاسر چاله تکتونیکی آب زیرزمینی ازنظر این کانی‌ها به‌شدت تحت اشباع می‌باشد. از بین این کانی‌ها کلسیت و دولومیت در نمونه شماره ۳دارای درجه اشباع‌شدگی بیشتری است . مثبت بودن شاخص اشباع کانی‌های کلسیت و دولومیت نشان می‌دهد از رسوب کانی‌ها کاسته و بر انحلال آن‌ها افزوده می‌شود . سنگ کف در دره گلباف عمدتاً از تشکیلات نئوژن شامل کنگلومرا و مارن است و در حاشیه چاله به‌خصوص در بخش‌های شمال غربی و جنوب شرقی(موقعیت نمونه ۳) سنگ کف از لایه مقاوم سنگ‌های آهکی کرتاسه تشکیل یافته است .مقدار بیکربنات در این نمونه ۳۹۴/۱ میلی گرم بر لیتر می باشد. با توجه به نقشه تغییرات شاخص اشباع کلسیت و دولومیت(شکل ۳ و ۴) مشاهده می‌شود که در کل سطح چاله تکتونیکی از یک‌روند مشابه پیروی می‌کند همچنین افزایش غلظت کلسیم ، منیزیم و بیکربنات از منشأهایی غیر از انحلال کلسیت و دولومیت می‌تواند باعث اشباع شدن نسبت به کلسیت و دولومیت و درنتیجه رسوب‌گذاری این دو کانی گردد و همچنین تبخیر یک عامل مهم است. انحلال ژیپس نیز باعث آزاد شدن کلسیم خواهد شد که این امر می‌توان باعث اشباع شدن کلسیت و دولومیت شود(به علت اثر اشتراک یونی).با توجه به جهت جریان آب که از شمال و شمال غرب به سمت جنوب شرق می‌باشد نیز می‌توان گفت همراه با حرکت آب و افزایش تماس آب با آبرفت که خود متأثر از سازندهای اطراف است، انحلال کانی‌های کلسیت و دولومیت افزایش می‌یابد .

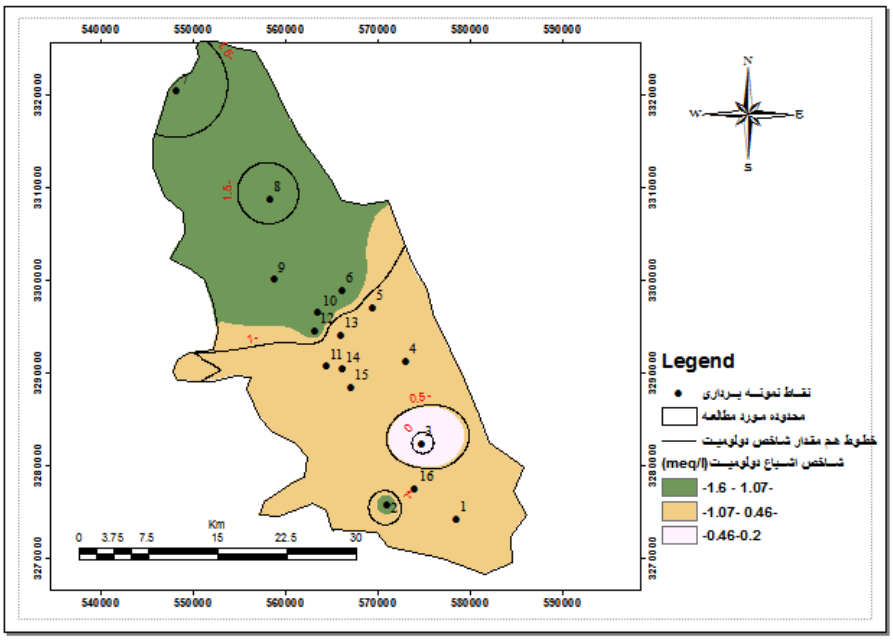
در مورد کانی‌های ژیپس و هالیت نیز همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد در کل سطح چاله تکتونیکی درجه اشباع‌شدگی بسیار پایین است. لذا شاخص اشباع هالیت در نمونه‌های آب بین ۸/ ۵ - تا۷/۹ - و شاخص اشباع ژیپس نیز بین ۰/۴- تا۲/۲- در نوسان است . مقادیر کمی از این کانی‌ها در ترکیب آب را نیز می‌توان به انحلال میان لایه‌های گچی و نمکی که به‌صورت لایه‌هایی از کنگلومرا به رنگ قرمز و مارن های گچ دار قرمزرنگ در قسمت‌هایی از ارتفاعات و کوهپایه‌های میانی بخش گلباف رخنمون دارند ارتباط داد(شکل‌های ۵ و۶).

جدول ۱- شاخص اشباع کانی‌های اصلی برای نمونه‌های آب محدوده موردمطالعه

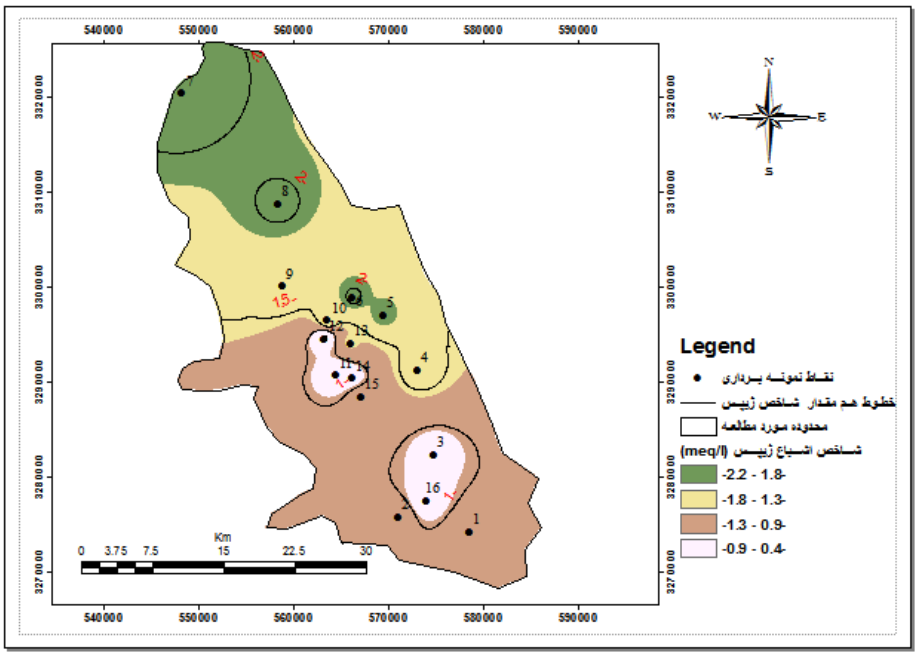
شماره نمونه	Anhydrite	Aragonite	Calcite	Dolomite	Gypsum	Halite
S1	-1.58	-0.43	-0.28	-0.98	-1.36	-6.44
S2	-1.42	-0.63	-0.49	-1.13	-1.2	-6.16
S3	-0.97	-0.04	**0.1**	**0.2**	-0.75	-6.15
S4	-1.96	-0.53	-0.38	-0.82	-1.74	-7.18
S5	-2.22	-0.83	-0.69	-0.95	-2	-7.29
S6	-2.31	-0.82	-0.68	-1.27	-2.09	-7.81
S7	-2.52	-1.03	-0.88	-1.64	-2.3	-7.5
S8	-2.32	-0.93	-0.79	-1.68	-2.1	-7.9
S9	-2.04	-0.8	-0.65	-1.37	-1.82	-6.89
S10	-2.02	-0.84	-0.69	-1.34	-1.8	-6.91
S11	-0.78	-0.44	-0.29	-0.72	-0.56	-5.95
S12	-0.69	-0.59	-0.44	-1.15	-0.47	-5.89
S13	-1.67	-0.46	-0.31	-0.66	-1.45	-6.56
S14	-0.91	-0.42	-0.27	-0.49	-0.69	-5.97
S15	-1.55	-0.57	-0.42	-0.6	-1.33	-6.41
S16	-0.89	-0.47	-0.32	-0.77	-0.67	-6.15



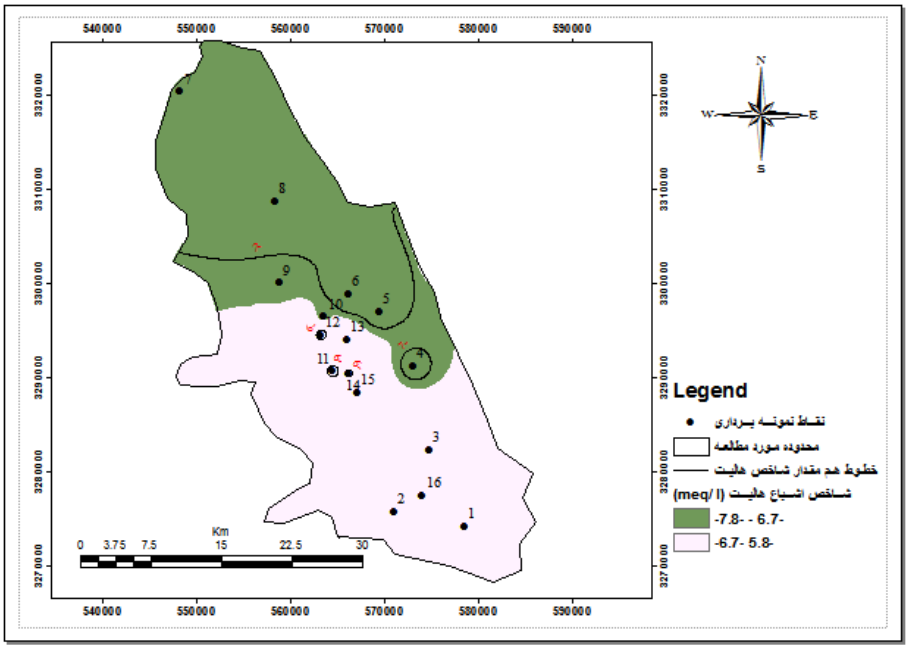
شکل۳- نمایه اشباع کلسیت



شکل۴- نمایه اشباع دولومیت



شکل ۵- نمایه اشباع ژیپس

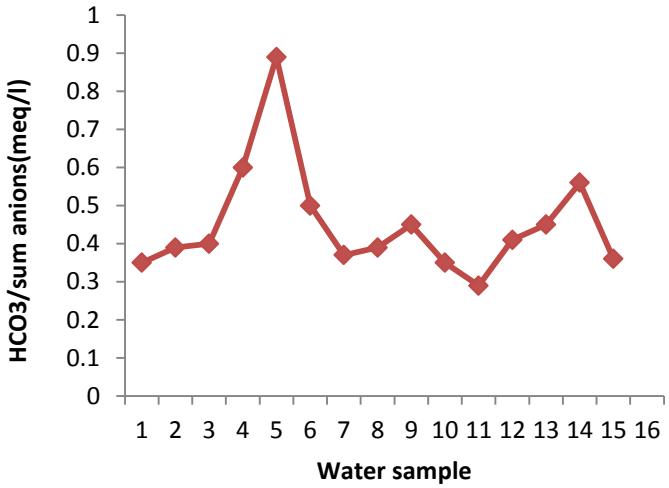


شکل ۶- نمایه اشباع هالیت

به‌منظور بررسی منشأ املاح آب زیرزمینی ، نسبت‌های یونی نیز برای نمونه‌های آب زیرزمینی این چاله تکتونیکی محاسبه‌شده و وضعیت آماری آن‌ها در جدول ۲ارائه‌شده است . نتایج مربوط به نسبت‌های یونی نشان‌دهنده این است که فرآیندها و عوامل تأثیرگذار بر کیفیت و مقدار نسبی عناصر و ترکیبات شیمیایی در این منطقه عبارت‌اند از انحلال گچ و هوازدگی سنگ‌های دولومیتی و آهکی. بررسی نسبت‌های یونی HCO_3^-/sum anions و $Mg^{+2}/Mg^{+2}+Ca^{+2}$ تأییدکننده این مطلب است .

۱- نسبت HCO_3^-/sum anions

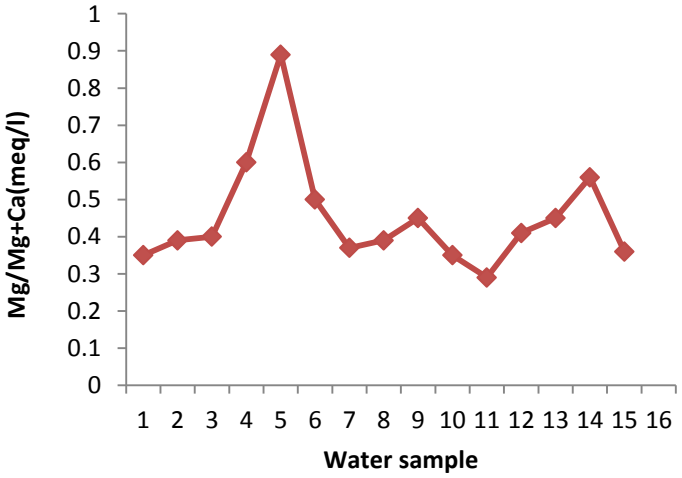
زمانی که نسبت این مقدار بیشتر از ۰/۸ باشد هوازدگی سیلیکات یا کربنات رخ‌داده است. چنانچه مقدار این نسبت از ۰/۸ کمتر باشد ولی حداکثر مقدار سولفات را داشته باشیم انحلال ژیپس صورت گرفته است و اگر میزان سولفات کم باشد می‌توان تأثیر شورابه یا آب دریا را در نظر گرفت (Hounslow1995)[11]. همان‌طور که در شکل (۷) مشاهده می‌شود مقدار این نسبت در تمام نمونه‌ها کمتر از ۰/۸ می‌باشد. به‌جز در نمونه شماره ۵ که مقادیر بالای ۰/۸ رانشان می‌دهد لازم به ذکر است میزان کربنات در این نمونه۱۹۲/۶میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که دلالت بر هوازدگی کربنات دارد. با توجه به این‌که مقدار میانگین سولفات در آب‌های زیرزمینی منطقه موردمطالعه (۳۴۴/۱۹ میلی‌گرم بر لیتر) می‌باشد احتمال انحلال ژیپس وجود دارد.



شکل۷- نمودار نسبت HCO_3^-/sum anions در نمونه‌های آب محدوده موردمطالعه

۲- نسبت $Mg^{+2}/Mg^{+2}+Ca^{+2}$

اگر مقدار این نسبت در نمونه آبی در حد ۰/۵ باشد نتیجه می‌گیریم که به‌احتمال زیاد هوازدگی دولومیت مسئول ورود این یون‌ها به آب است. چنانچه مقدار آن از ۰/۵ بیشتر بود باید به انحلال دولومیت و ته نشت کلسیت فکر کرد. همچنین اگر مقدار این نسبت کمتر از ۰/۵ باشد هوازدگی سنگ دولومیت و سنگ‌آهک را باید در نظر داشت(Hounslow1995)[11]. در شکل ۸ نسبت این مقدار در اکثر نمونه‌ها کمتر از ۰/۵ می‌باشد که هوازدگی سنگ دولومیت و سنگ‌آهک در آن‌ها صدق می‌کند. تنها در نمونه ۷ هوازدگی دولومیت عامل ورود این یون‌ها در آب می‌باشد. همچنین در نمونه‌های ۵،۶،۱۵که مقدار این نسبت بیشتر از ۰/۵ می‌باشد انحلال دولومیت و ته‌نشست کلسیت نقش بسزایی دارد.



شکل۸- نمودار نسبت $Mg^{+2}/Mg^{+2}+Ca^{+2}$ در نمونه‌های آب محدوده موردمطالعه

جدول ۲- نسبت‌های یونی در نمونه‌های محدوده موردمطالعه

نسبت‌های یونی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
Na/Na+Cl	۰/۵۸	۰/۶۲	۰/۶۵	۰/۶۱	۰/۶۲	۰/۵۸	۰/۵۸	۰/۵۳	۰/۶	۰/۶	۰/۶۱	۰/۶۵	۰/۶	۰/۶۳	۰/۵۵	۰/۵۲
Mg/Ca+Mg	۰/۲	۰/۳۵	۰/۳۹	۰/۴	۰/۶	۰/۸۹	۰/۵	۰/۳۷	۰/۳۹	۰/۴۵	۰/۳۵	۰/۲۹	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۵۶	۰/۳۶
$Ca/Ca+SO_4$	۰/۶۵	۰/۵	۰/۴	۰/۶۹	۰/۵۵	۰/۷	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۳	۰/۵۷	۳/۲	۰/۴۲	۰/۶۵	۰/۳	۰/۶۳	۰/۴
$Mg+Ca/SO_4$	۲/۴۴	۱/۵	۱/۲۹	۳/۷۵	۳/۷۵	۴/۴۱	۴/۳۲	۳/۴	۲/۸۶	۲/۴۴	۰/۷۵	۰/۶۲	۳/۱۸	۰/۸۵	۴/۰۸	۱/۰۳
Cl/sum Anions	۰/۴۵	۰/۴۸	۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۲	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۳	۰/۳۹	۰/۳۱	۰/۵	۰/۳۷
HCO_3/SUM Anions	۰/۳۷	۰/۲۴	۰/۰۲	۰/۶	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۷	۰/۶۵	۰/۴۵	۰/۴۸	۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۴۲	۰/۱۹	۰/۲۷	۰/۱۵

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی شاخص اشباع کانی‌های کلسیت، ژیپس، دولومیت و هالیت بیانگر این است که اکثر نمونه‌های آب نسبت به این شاخص‌ها تحت اشباع هستند به‌غیراز نمونه شماره ۳ که نسبت به شاخص کلسیت و دولومیت در حالت اشباع می‌باشد. درجه اشباع‌شدگی کانی‌های کلسیت و دولومیت در سطح چاله تکتونیکی بیشتر از ژیپس و هالیت است. علت اشباع‌شدگی بیشتر کلسیت و دولومیت را می‌توان به سازندهای مجاور محدوده و سازندهای تشکیل‌دهنده سنگ کف مربوط دانست که اکثراً از جنس کربنات کلسیم و منیزیم بوده و به مقدار کمتری حاوی میان لایه‌های گچی و ژیپسی هستند. هم‌چنین وجود نهشته‌های تبخیری و لایه‌های گچی و نمکی که به‌صورت لایه‌هایی از کنگلومرا به رنگ قرمز و مارن های گچ دار قرمزرنگ در بخش‌های غربی محدوده می‌تواند دلیلی بر انحلال بیشتر این بخش ازنظر هالیت و نیز ژیپس باشد. با توجه به اینکه در دشت رومشگان لرستان نیز، شاخص اشباع کانی‌های کلسیت، دولومیت و آراگونیت در نمونه‌های متأثر از سازندهای کربناتی بالاتر از شاخص اشباع این کانی‌ها در نمونه‌های متأثر از سازندهای تبخیری است که نشانگر انحلال کانی‌های کربناتی سازندهای آهکی بخش شرقی دشت می‌باشد از سوی دیگر، شاخص اشباع کانی‌های هالیت، ژیپس و انیدریت منفی است که نشان می‌دهد آب هنوز قادر به حل کردن این کانی‌ها است. شاخص اشباع این کانی‌ها در بخش غربی دشت بالاتر از سایر مناطق است که نمایانگر برهم‌کنش آب‌های زیرزمینی با سازندهای سولفاتی بخش غربی دشت است (رستمی زرین‌آبادی و همکاران،۱۳۹۳)[22]. که با مطالعات انجام‌شده بر روی آب‌های زیرزمینی منطقه گلباف تا حدودی همخوانی دارد. نتایج مربوط به نسبت‌های یونی نشان‌دهنده این است که فرآیندها و عوامل تأثیرگذار بر کیفیت و مقدار نسبی عناصر و ترکیبات شیمیایی در این دشت عبارت‌اند از انحلال گچ و هوازدگی سنگ‌های دولومیتی و آهکی.

منابع و مراجع

[1] Alley, W.M., 1993, "Regional ground-water quality", New York, Van Nostrand Reinhold, P.634.

[2] Bartram J., and Balance, R., 1996, "Water quality monitoring: A practical Guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes", UNEP/WHO, E & FN Spon, London, UK, P.348.

[3] Coetsiers, M., and Walraevens, K., 2006, "Chemical characterization of the Neogene Aquifer, Belgium", Hydrogeology Hydrogeology.

[4] Deutsch,W.J. 1997. Groundwater geochemistry: fundamentals and application to contamination. CRC, Boca Raton. Florida

[5] Eilers, J.M., Brakke, D.F., and Henricksen, a., 1992, "the inapplicability of gibbs' model of world water chemistry for filute lakes", Limnology and Oceanography., 37: P.1335-1337.

[6] European Environment Agency (EEA), 2000, "Groundwater quality and quantity in Europe, Environmental assessment report No 3. Office for official publications of the European communities", Copenhagen, P.13-37.

[7] Fernández, A.C., Fernández, A. M., Domínguez, C.T. and Santos, B.L., 2009, "Hydrochemistry of northwest Spain ponds and its relationships to groundwaters", Limnetica, 25, P.433-452.

[8] Foster, G.D., Roberts Jr, E.C., Gruessner, B., Velinsky, D.J., 2000, "Hydrogeochemistry and transport of organic contaminants in an urban watershed of Chesapeake Bay (USA)", Applied Geochemistry, 15, P.901-915.

[9] Gibbs, R.J., 1970, "Mechanisms controlling world water chemistry", Science, 17, P.1088-1090.

[10] Guler, C. and Thyne, G.D., 2004, "Hydrologic and geologic factors controlling surface and groundwater chemistry in Indian Wells-Owens Valley area, southeastern California, USA", Journal of Hydrology, 285, P.177-198.

[11] Hounslow,A.W. 1995. Water quality data analysis and interpretation, Lewis publishers, CKC press, LLC:378 pp.

[12] Jackson,A.J.,Berberian,M.,Walker,R.,2001, The 1998 March 14 Fandoqa earthquake (Mw 6.6) in Kerman province, southeast Iran: re-rupture of the 1981 Sirch earthquake fault, triggering of slip on adjacent thrusts and the active tectonics of the Gowk fault zone, Geophys. J. Int. 146, 371–398.

[13] Kouras, A., Katsoyiannis, I. & Voutsa, D., 2007- Distribution of arsenic in groundwater in the area of Chalkidiki, Northern Greece, Journal of Hazardous materials 147: 890-899.

[14] Menda, A., Astorga, A., Neumann, D., 2007, "Strategy for groundwater management in developing countries: A case study in northern Costa Rica", Journal of Hydrology, 334, P.109-124.

[15] Olajire, A.A., and Imeokparia, F.E., 2001, "Water Quality Assessment of Osun River: Studies on Inorganic Nutrients", Environmental Monitoring and Assessment , 69, P.17 -28.

[16] Rajmohan,N., L.,Elango .2004. Identification and evolution of hydrogeochemical processes in the groundwater environment in an area of the PLe and Cheryyar River Basins, Southern India. Environment Geology. 46, p47-61.

[17] Subramani, T., Elango, L., Damodarasamy, S.R, 2005, "Groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in Chithar River Basin, Tamil Nadu, India", Environmental Geology, 47, P.1099-1110.

[18] Subyani, A.M. 2005. Hydrochemical identification and salinity problem of groundwater in Wadi Yalamlam basin, Western Soudia Arabia. Arid Environments, 60: 53-66.

[19] اصغری مقدم،ا.،محبی قره اوغلان، ی.،۱۳۹۵،ارزیابی عوامل موثر بر کیفیت شیمیایی آب زیر زمینی دشت کهریز با استفاده از از روش های اماری و هیدرو شیمیایی ، دوره ۱، شماره ۱، صفحه ۷۶-۹۲.

[20]جمالی،ل.،اصغری مقدم ،ا.،۱۳۹۳، تشخیص وضعیت هیدروژئوشیمیایی و روند شوری در سفرهٔ آب زیرزمینی دشت خوی به روش‌های آماری و هیدرو شیمیایی، مجله محیط‌شناسی، سال سی و نهم، شماره ۲، تابستان ۹۲ ، صفحه ۱۱۳- ۱۲۲.

[21]دردی محمودی ،م.،ندیری،ع.،اصغری مقدم،ا.،پوراکبر، م.، مکان یابی مولفه های موثر بر کیفیت منابع آب زیر زمینی دشت شیرامین و بررسی شاخص اشباع شدگی آن.

[22]رستمی زرین‌آبادی،ا .، فرقانی تهرانی ،گ.،کرمی، غ .، ۱۳۹۳ ، ارزیابی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت رومشگان(لرستان)،مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته ،شماره۱۳،ص ۴۱-۳۳.

[23]شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان کرمان ،۱۳۹۲،گزارش پیشنهاد ممنوعیت محدوده مطالعاتی گلباف، انتشارات وزارت نیرو.

[24] طالبی،ب.،سجادی ،ن.،شارمد ،ت.،۱۳۹۵،ا ارزیابی ویژگی های هیدروژئوشیمی منابع آب زیرزمینی منطقه شمال دشت قزوین، مجله پژوهش های علوم و فنون دریایی،سال یازدهم،شماره اول.

[25] نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ گلباف ، ۱۳۳۸، سازمان زمین‌شناسی کشور.