

ارزیابی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی آبهای زیرزمینی دشت رومشگان، لرستان، ایران

امین رستمی زرین آبادی

دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی، دانشگاه صنعتی شاهرود

گیتی فرقانی تهرانی

استادیار بخش علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود

غلامحسین کرمی

دانشیار بخش علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود

تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۲۹

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۲۵

arostamik@yahoo.com

چکیده

محدوده مورد مطالعه شامل دشت رومشگان است که در جنوب غربی شهرستان کوهدشت از توابع استان لرستان واقع شده است. هدف از انجام این تحقیق ارزیابی تأثیر عوامل زمین‌شناسی و فعالیت‌های کشاورزی در کیفیت آبهای زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. به این منظور از چاههای آب منطقه نمونه برداری به عمل آمده است. مقادیر پارامترهای هدایت الکتریکی، pH و دمای آب در محل نمونه برداری اندازه‌گیری شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که دشت مورد نظر به لحاظ هدایت الکتریکی در راستای شرقی- غربی به سه زون تقسیم می‌شود. هدایت الکتریکی در شرق، مرکز و بخش غربی دشت به ترتیب ۶۲۶، ۸۴۶ و ۱۲۲۶ میکروموس بر سانتی متر می‌باشد. علت کم بودن مقادیر هدایت الکتریکی در بخش شرقی دشت به خاطر تغذیه دشت در این محدوده به وسیله آهکهای واقع در شرق دشت می‌باشد. علت افزایش هدایت الکتریکی در بخش مرکزی دشت به علت برداشت قابل توجه از آبهای زیرزمینی و افت سطح آب است. در بخش غربی منطقه به علت مجاورت جریان آب زیرزمینی با سازند گچساران هدایت الکتریکی به طور قابل توجهی افزایش یافته است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که عامل زمین‌شناسی باعث تخریب کیفیت آب در بخش غربی منطقه شده است. برای ارزیابی تأثیر فعالیت‌های کشاورزی از مقادیر نیترات استفاده شده است. بر اساس غلظت نیترات در بخش‌های مختلف منطقه ملاحظه می‌شود که غلظت نیترات در بخش مرکزی دشت، که در آن فعالیت‌های کشاورزی قابل توجه است، در مقایسه با دیگر بخش‌های دشت به طور چشمگیری بالاتر است.

کلمات کلیدی: رومشگان، هیدروژئولوژی، هیدروژئوشیمی، آبهای زیرزمینی،

مقدمه

به کود، در غلظت نیترات آبهای زیرزمینی یک منطقه نقش اساسی دارد. به عنوان مثال کشت گندم و غله در مقایسه با کشت سیب زمینی به مقدار کمتری کود نیاز دارد (Karafat and Stites, 2003). غلظت نیترات موجود در آبهای زیرزمینی بستگی به وضعیت زمین‌شناسی منطقه نیز دارد. غلظت نیترات در آبهای زیرزمینی سازندهای سست و غیر متراکم بسیار بیشتر از سایر مناطق است (Keskin, 2010). معمولاً در زمینهای زراعی به ویژه در مناطقی که آبهای سطحی و زیرزمینی کافی ندارند، آبیاری با فاضلابهای شهری و روستایی نیز تهدیدی برای آلودگی منابع آب زیرزمینی به نیترات در نظر گرفته می‌شود. آبیاری می‌تواند یک یا چند ترکیب را از خاک بشوید و آنها را وارد منابع آبهای سطحی و زیرزمینی کند و سبب آلودگی این آبها شود. این امر به تداخل بین فاضلابها و آبهای زیرزمینی منجر می‌شود و در نهایت، میزان نیترات در آبهای زیرزمینی بسیار افزایش می‌یابد (Abed - Shafy, 2008). دشت رومشگان با مساحت بیش از ۱۲۰ کیلومتر مربع یکی از بزرگ‌ترین دشت‌های استان لرستان است. تاکنون مطالعه جامعی در ارتباط با ارزیابی کیفیت و بررسی عوامل آلاینده منابع آب زیرزمینی دشت رومشگان صورت نگرفته است. بنابراین اهداف اصلی این پژوهش عبارتند از:

- ۱- تعیین خصوصیات هیدروژئوشیمیایی منابع آب زیرزمینی دشت رومشگان
- ۲- بررسی نقش عوامل طبیعی (سازندهای زمین شناسی) و انسان‌زاد (فعالیت کشاورزی) در کیفیت منابع آب دشت
- ۳- تعیین منشأ یونهای اصلی و نیترات در منابع آب زیرزمینی دشت

امروزه مطالعه در مورد کیفیت آبهای زیرزمینی با توجه به کمبود آب اهمیت بسیار زیادی پیدا کرده است. یکی از عوامل اصلی آلودگی آبهای زیرزمینی، ترکیب سنگ شناسی و کانی‌شناسی سنگهای مسیر عبور آب است، به این معنی که انحلال کانیهای موجود در سنگهای مسیر سبب تمرکز مقادیر بالایی از عناصر تشکیل دهنده کانیها در آب می‌شود (Yuce and Ugurluog, 2009). در بین توالبهای سنگی مختلف، سازندهای تبخیری در تخریب کیفیت منابع آب زیرزمینی نقش بسیار مهمی دارند. در مناطق دارای رسوبات تبخیری گچی-نمکی، به دلیل بالا بودن میزان سولفات، منیزیم و ترکیبات کلریدی و همچنین به دلیل انحلال‌پذیری بالای این ترکیبات، مقدار مواد حل‌شده در آبهای زیرزمینی بسیار بالاست، تا آنجا که در مقایسه با آبهای زیرزمینی مناطق کربناتی، مقدار مواد حل‌شده به ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیز می‌رسد (Dawis and Dewist, 1996).

از سوی دیگر فعالیت کشاورزی نیز احتمالاً بزرگ‌ترین منبع انسان‌زاد ورود نیترات به آبهای زیرزمینی است. نیتروژن موجود در کودهای شیمیایی و حیوانی برای رشد گیاهان ضروری است، اما کاربرد مقادیر زیاد کود باعث ورود نیتروژن (به شکل نیترات) به آبهای زیرزمینی می‌شود. نیترات موجود در آبهای زیرزمینی تحرک زیادی داشته و به دلیل داشتن بار منفی، کمتر از سایر گونه‌های نیتروژن جذب می‌شود (Almasri and Kaluarachchi, 2007). غلظت مجاز نیترات در آبهای آشامیدنی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر است (WHO, 2007). غلظت بیشتر از این مقدار، سبب بروز مشکلاتی در سلامتی انسان می‌شود. نوع محصولات کشت شده در یک زمین زراعی و میزان نیاز آنها

موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

(شکل ۱) موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی دشت رومشگان را نشان می دهد. دشت رومشگان در جنوب غربی استان لرستان بین طول جغرافیایی ۴۷° ۱۸' تا ۴۷° ۴۰' و عرض جغرافیایی ۳۳° ۱۲' تا ۳۳° ۲۲' و در زون زاگرس چین خورده واقع شده است. سازندهای مختلفی که در این منطقه رخنمون دارند عبارتند از: سازند تله زنگ، سازند کشکان، سازند آسماری-شهبازان، سازند آغاچاری و سازند گچساران. وسیع ترین رخنمونها مربوط به سازندهای آسماری-شهبازان، گچساران و رسوبات آبرفتی کواترنری می باشد. جنس رسوبات آبرفتی کواترنر گراول، شن، ماسه، سیلت و رس است. در این مطالعه، به منظور مقایسه کیفیت آب در بخشهای مختلف دشت و با توجه به وضعیت زمین شناسی منطقه، محدوده مورد بررسی به سه زون تقسیم شد. کیفیت آبهای زیرزمینی زون ۱ و زون ۲ (به ترتیب مناطق شرقی و میانی دشت) تحت تأثیر سازند کربناته آسماری، و کیفیت آبهای زیرزمینی زون ۳ (غرب دشت) تحت تأثیر سازند گچساران قرار می گیرد.

هیدرولوژی و هیدروژئولوژی منطقه مورد مطالعه

میانگین بارش و متوسط دما در منطقه به ترتیب ۵۴۴ میلی متر و ۱۷/۱ درجه سانتی گراد است (www.lorestanmet.ir). اقلیم منطقه در تقسیمات اقلیمی دمارتن (De Martonne, 1909) مدیترانه ای است. در دشت رومشگان هیچ منبع آب سطحی وجود ندارد و آب زیرزمینی تنها منبع تأمین آب می باشد. در (جدول ۱)، داده های مربوط به تراز و عمق آب در هشت چاه مشاهده ای دشت ارائه شده است. با توجه به این جدول، عمق برخورد به آب در نقاط مختلف دشت متفاوت است. (شکل ۲)، نقشه هم عمق آبهای زیرزمینی دشت رومشگان می باشد که با استفاده از اطلاعات (جدول ۱) ترسیم شده است. با توجه به (شکل ۲)، عمق سطح ایستایی از جنوب شرق به سمت شمال غرب دشت کاهش پیدا می کند. بیشترین عمق برخورد به آب زیرزمینی (۴۸ متر) در جنوب شرقی ترین نقطه و در بالادست دشت، و کمترین عمق برخورد به آب زیرزمینی (۲۵ متر) در شمال غربی ترین نقطه و در پایین دست دشت مشاهده می شود. عمق سطح ایستایی در تمام نقاط دشت بیشتر از ۵ متر می باشد، بنابراین مقدار تبخیر و ترقق از سطح ایستایی بسیار ناچیز است، در نتیجه تبخیر و ترقق در تخریب کیفیت آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان نقش مهمی ندارد. (شکل ۳)، نقشه هم پتانسیل سطح ایستایی است که با استفاده از داده های (جدول ۱) ترسیم شده است. با توجه به نقشه هم پتانسیل سطح ایستایی، جهت جریان آب زیرزمینی در راستای دشت یعنی تقریباً جنوب شرق - شمال غرب می باشد. علاوه بر این ملاحظه می شود که منطقه تغذیه دشت عمدتاً به ارتفاعات جنوب شرق منطقه محدود می شود و ارتفاعات آهکی مهمی که به موازات دشت در جنوب و شمال منطقه رخنمون دارند، نقش مهمی در تغذیه آبخوان ندارند. علت عدم تغذیه دشت به وسیله سازندهای آهکی مجاور دشت، احتمالاً حضور لایه های غیر قابل نفوذ در حاشیه سازندهای آهکی می باشد. گرادیان هیدرولیکی در ابتدای حوضه حدود ۰/۳ درصد، در محدوده میانی حوضه حدود ۰/۸ درصد و در انتهای حوضه حدود ۰/۴ درصد می باشد. علت کاهش گرادیان هیدرولیکی در مرکز دشت احتمالاً به دلیل کاهش جریان آب زیرزمینی، و علت افزایش گرادیان هیدرولیکی در بخش انتهایی دشت احتمالاً ناشی از وجود رسوبات ریز دانه (برای مثال نهشته های مربوط به سازند گچساران) است.

نمونه برداری و آنالیز نمونه ها

به منظور تعیین کیفیت هیدروشیمیایی آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان ۲۵ حلقه چاه با پراکندگی مناسب در دشت انتخاب شده و نمونه برداری از آنها

صورت گرفت (شکل ۱). پارامترهای دما، اسیدیته (pH) و هدایت الکتریکی (EC) در محل نمونه برداری اندازه گیری شدند. نمونه ها برای آنالیز کاتیونها (شامل کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم)، آنیونها (شامل کلر، سولفات، بی-کربنات، نیترات، فسفات) و جامدات حل شده کل (TDS) به آزمایشگاه یکی از مجهزترین کارخانه های آب معدنی استان لرستان فرستاده شدند. روشهای اندازه گیری پارامترهای هیدروشیمیایی در (جدول ۲) خلاصه شده است.

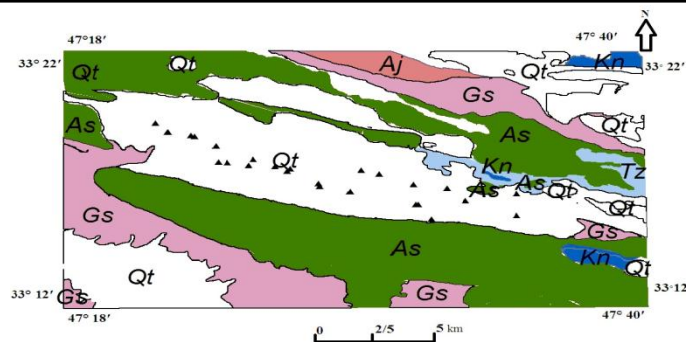
بحث و نتایج

(جدول ۳) نتایج آماری ترکیب شیمیایی آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان را نشان می دهد. با توجه به نتایج به دست آمده میانگین غلظت کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، کلر، سولفات و بی-کربنات (بر حسب mg/l) به ترتیب ۵۰/۲، ۴۵/۳، ۶۸، ۱/۳، ۴۴/۶، ۱۰۷/۴ و ۳۱۰/۴ است. بر اساس میانگین داده ها مشخص می شود که تغییر غلظت کاتیونها در ۵۲٪ نمونه های آب زیرزمینی به صورت $Ca^{2+} > Na^{+} + K^{+} > Mg^{2+}$ و در ۴۸٪ نمونه ها به صورت $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^{+} + K^{+}$ است. همچنین تغییر غلظت آنیونها در ۹۲٪ نمونه ها به صورت $Cl^{-} > SO_4^{2-} > HCO_3^{-}$ ، و در ۸٪ دیگر به صورت $SO_4^{2-} > HCO_3^{-}$ است. در (شکل ۴) مقادیر پارامترهای pH، EC، TDS در سه زون منطقه رومشگان مقایسه شده است. pH آبهای زیرزمینی سه زون، تفاوت شاخصی را نشان نمی دهد. میزان هدایت الکتریکی و TDS آبهای زیرزمینی از سمت شرق به سمت غرب دشت (یعنی از سمت سازندهای کربناته به سمت سازند سولفاته) به میزان چشمگیری افزایش می یابد. در (شکل های ۵ و ۶) غلظت کاتیونها و آنیونهای اصلی در سه زون بررسی شده است.

بر اساس (شکل ۶)، در زون ۱ غلظت یون بی-کربنات از سایر یونها بالاتر است. از زون ۱ به سمت زون ۳، غلظت یون بی-کربنات کاهش یافته و غلظت یونهای کلر و سولفات به میزان قابل توجهی افزایش می یابد، به طوری که غلظت یون کلر در زون ۳ (زون تحت تأثیر سازند گچساران) بیش از ۵ برابر غلظت آن در زون ۱ (زون تحت تأثیر سازند آسماری)، و غلظت یون سولفات در زون ۳ بیش از ۷ برابر غلظت این یون در زون ۱ است. با توجه به جهت جریان آب زیرزمینی، که از شرق به سمت غرب دشت است، زمان ماندگاری آب در سفره آب زیرزمینی افزایش می یابد و آب فرصت بیشتری برای انحلال کانیهای موجود در مسیر خود دارد. همچنین از بالادست به سمت پایین دست دشت، رخنمون سازندهای کربناته کاهش یافته در حالی که رخنمون سازندهای سولفاته تبخیری (گچساران) افزایش می یابد. بنابراین هرچه از سمت سازندهای کربناته به سمت سازند سولفاته حرکت کنیم از مقدار یونهای کلسیم، منیزیم کاسته و به مقدار یونهای کلر، سولفات و سدیم افزوده می شود.

رخساره های هیدروشیمیایی

برای تعیین تیپ و رخساره آبهای زیرزمینی از نمودار پایپر استفاده گردید (شکل ۷). به طور کلی تیپ آب زیرزمینی در نواحی تغذیه دشت که تحت تأثیر سازندهای کربناته است بی-کربناته کلسیک، بی-کربناته منیزیک، و بی-کربناته سدیک است. ۵۲٪ کل نمونه های آب از نوع بی-کربناته منیزیک و کلسیک (Ca, Mg, HCO_3^{-})، و ۴۰٪ نمونه ها بی-کربناته سدیک (Na, HCO_3^{-}) می باشند. در آبهای تیپ بی-کربناته کلسیک، بخش عمده بی-کربنات و کلسیم موجود، احتمالاً از انحلال سنگهای کربناتی سازند آسماری حاصل شده است. در نواحی تخلیه و پس از عبور آب از لایه های نفوذپذیر گچی سازند گچساران، آبها از نوع سولفاته سدیک می باشند. این تیپ آب ۸٪ نمونه ها را به خود اختصاص می دهد. بخش عمده سولفات و کلر این تیپ آبها احتمالاً از انحلال سنگهای تبخیری سازند گچساران حاصل شده است.


Legend

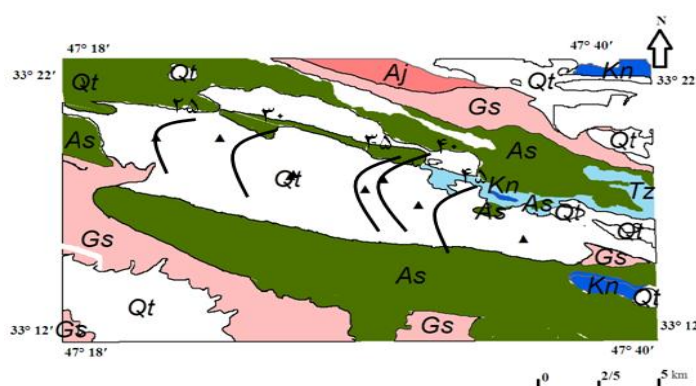
Qt	Quaternary Deposits: Gravel, Sand, Clay, Silt
Aj	Aghajari Formation: Gypsum, Marne, Salt
Gs	Gachsaran Formation: Gypsum, Marne, Salt
As	Asmari Formation: Limestone, Dolomite
Kn	Kashkan Formation: Conglomerate, Sandstone, Siltstone
Tz	Tala Zabg Formation: Limestone

شکل ۱. نقشه زمین شناسی و موقعیت نقاط نمونه برداری از منابع آب زیرزمینی دشت رومشگان

جدول ۱. داده‌های مربوط به تراز و عمق آب در چاههای مشاهده‌ای منطقه (اداره آب و فاضلاب استان لرستان)

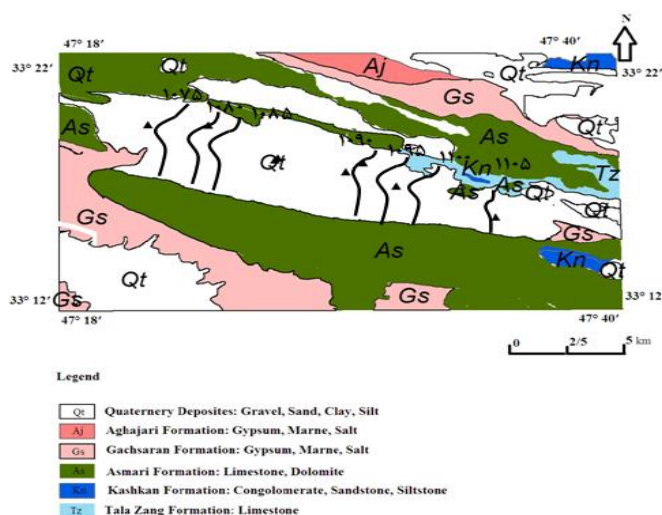
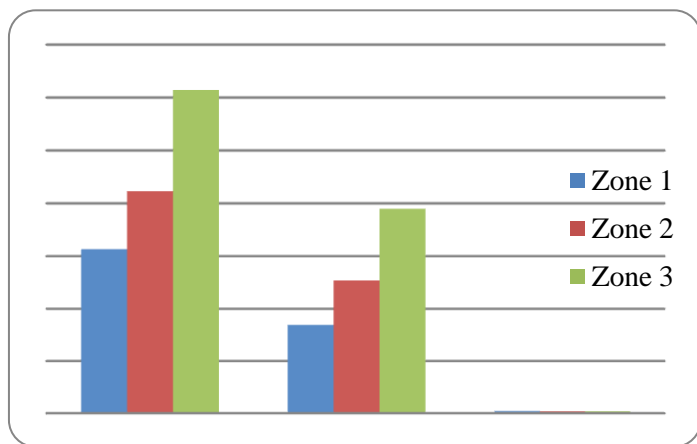
شماره چاه مشاهده‌ای عمق برخورد به آب (m) ارتفاع سطح تراز آب (m)

شماره چاه مشاهده‌ای	عمق برخورد به آب (m)	ارتفاع سطح تراز آب (m)
P _۱	۴۸	۱۱۰۵/۸
P _۲	۴۴	۱۱۰۰/۴
P _۳	۴۲	۱۰۹۲/۰
P _۴	۳۴	۱۰۸۹/۸
P _۵	۳۲	۱۰۸۶/۹
P _۶	۳۱	۱۰۸۶/۷
P _۷	۲۹	۱۰۸۶/۱
P _۸	۲۵	۱۰۷۵/۵


Legend

Qt	Quaternary Deposits: Gravel, Sand, Clay, Silt
Aj	Aghajari Formation: Gypsum, Marne, Salt
Gs	Gachsaran Formation: Gypsum, Marne, Salt
As	Asmari Formation: Limestone, Dolomite
Kn	Kashkan Formation: Conglomerate, Sandstone, Siltstone
Tz	Tala Zang Formation: Limestone

شکل ۲. نقشه هم‌عمق سطح ایستابی آبخوان در منطقه مورد مطالعه



شکل ۴. مقایسه هدایت الکتریکی، جامدات حل شده کل و اسیدپتته در سه زون منطقه رومشگان

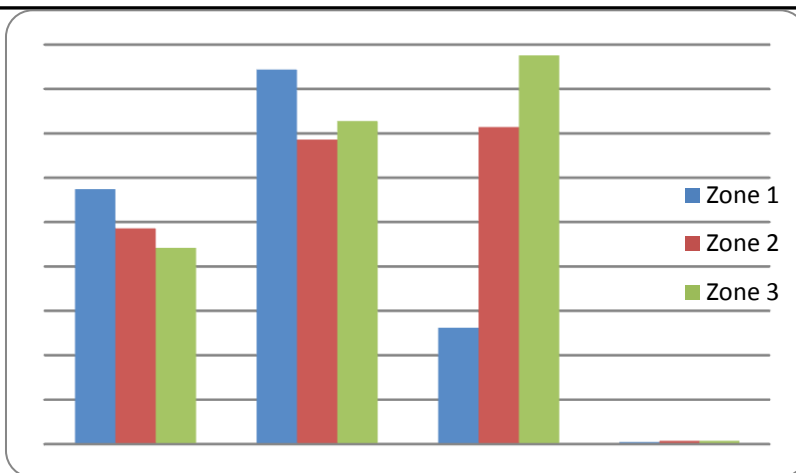
شکل ۳. نقشه هم‌پتانسیل سطح ایستابی آبخوان در منطقه مورد مطالعه

جدول ۲. روشهای اندازه گیری پارامترهای هیدروشیمیایی در آزمایشگاه

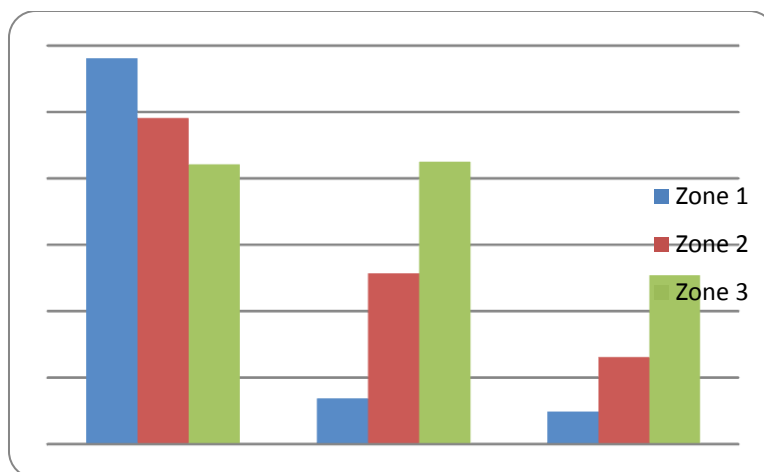
روش اندازه گیری	پارامتر
EDTA تیتراسیون با محلول	کلسیم و منیزیم
AgNO ₃ تیتراسیون با محلول	کلر
H ₂ SO ₄ تیتراسیون با محلول	بی‌کربنات
نورسنجی شعله‌ای	سدیم و پتاسیم
توربیدیمتری	سولفات
اسپیکتروفتومتری	نیترات و فسفات
تبخیر و خشک کردن نمونه	جامدات حل شده کل

جدول ۳. نتایج آماری آنالیز نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه رومشگان (mg/l)

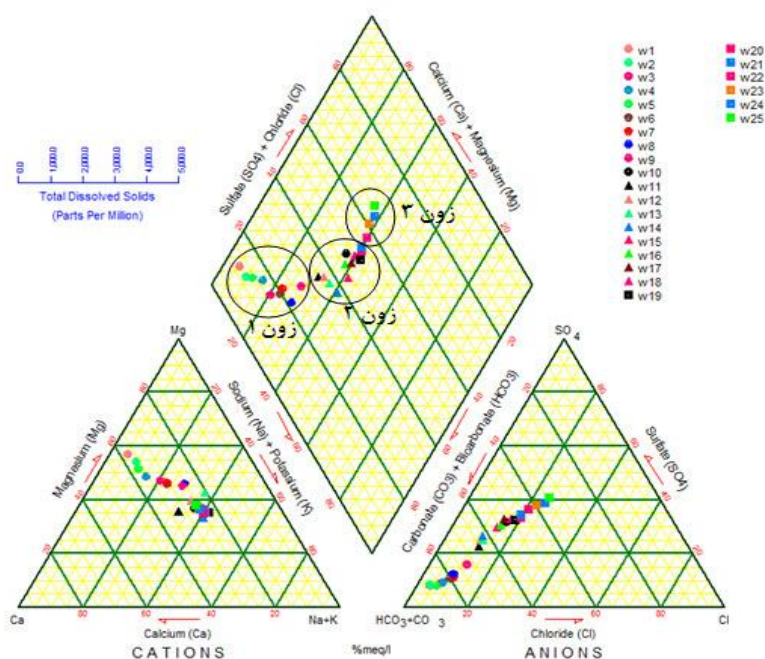
SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	pH	TDS	EC(μS/cm)	
۲۲۷	۱۰۲	۳۷۱	۲/۸	۱۰۶	۵۹	۶۶	۸/۴	۸۴۳	۱۳۱۴	حداکثر
۲۶	۹	۲۴۳	۰/۱	۹	۳۴	۳۸	۷/۳	۳۶۰	۴۹۷	حداقل
۱۰۷/۴	۴۴/۶	۳۱۰/۴	۱/۳	۶۸	۴۵/۳	۵۰/۲	۷/۸	۴۹۷	۸۳۳	میانگین
۱۰۱	۳۵	۳۱۰	۱/۴	۷۷	۴۵	۵۰	۷/۹	۴۶۲	۷۸۳	میانه
۰/۲	۰/۷	-۰/۰۲	-۰/۲	-۰/۷	۰/۶	۰/۱	-۰/۰۵	۰/۷	۰/۹	چولگی



شکل ۵. غلظت کاتیونهای اصلی در سه زون منطقه رومشگان (بر حسب meq/l)



شکل ۶. غلظت آنیونهای اصلی در سه زون منطقه رومشگان (بر حسب meq/l)



شکل ۷. نمودار پایپر نمونه‌های آب زیرزمینی دشت رومشگان

شاخص اشباع (SI) کانپها

جهت برآورد تکامل ژئوشیمیایی آب، شاخص اشباع کانپهای مختلف با استفاده از نرم افزار PHREEQC محاسبه شد. شاخص اشباع مثبت یک کانی به معنای رسوب آن کانی در آب و شاخص اشباع منفی، به معنای انحلال کانی مورد نظر در آب است، به عبارت دیگر هر چه شاخص اشباع یک کانی مثبت تر باشد، آب از کانی مورد نظر اشباع تر بوده و کانی از آب رسوب می کند، و هر چه شاخص اشباع منفی تر باشد، آب هنوز قادر به حل کردن آن کانی است.

(جدول ۴) نشان می دهد که شاخص اشباع کانپهای هالیت، ژپس و انیدریت در تمام نقاط دشت، منفی می باشد، بنابراین این کانپها هنوز می توانند در آب حل شوند. مقادیر شاخص اشباع این کانپها در آبهای زیرزمینی زون ۳ بالاتر از زون ۱ است، به عبارتی، در زون ۳ (زون سولفات) در مقایسه با زون ۱ (زون کربناته) مقدار انیدریت، ژپس و هالیت بیشتری در آب حل شده است. شاخص اشباع کانپهای کلسیت، آراگونیت و دولومیت در تمامی نمونه های برداشت شده، مثبت می باشد که بیانگر اشباع بودن آب زیرزمینی نسبت به این کانپها است. شاخص اشباع این کانپها در زون ۱ بسیار بالاتر از زون ۳ است که نشان می دهد مقدار بیشتری از کانپهای کلسیت، آراگونیت و دولومیت در زون ۱ (زون کربناته) در مقایسه با زون ۳ (زون سولفات) از آب رسوب می کند. بنابراین با حرکت آب از مناطق کربناته بالادست به سمت مناطق سولفات پایین دست، از مقدار رسوب کانپهای کلسیت، دولومیت و آراگونیت کم شده و بر مقدار رسوب کانپهای هالیت، ژپس و انیدریت افزوده می شود.

منشأ مواد حل شده در آب زیرزمینی

با ارزیابی روابط همبستگی بین یونهای کلسیم، منیزیم، سدیم و بی-کربنات می توان اطلاعات قابل قبولی را درباره فرآیندهای حاکم بر رفتار یونها بدست آورد (Jalali, 2009). (شکل ۸-الف) نشان می دهد که همبستگی مثبت خوبی بین کلسیم و منیزیم وجود دارد ($r = 0.62$)، بنابراین این دو یون منشأ مشترک دارند، که احتمالاً در ارتباط با نوع سازندهای زمین شناسی رخنمون یافته در نقاط نمونه برداری است. برای یافتن منشأ احتمالی کلسیم، می توان از نمودار غلظت کلسیم در مقابل بی-کربنات (شکل ۸-ب) و سولفات (شکل ۸-ج) استفاده کرد و با توجه به ضرایب همبستگی منشأ یونها را تشخیص داد. کلسیم با بی-کربنات همبستگی خوبی نشان نمی دهد، اما با سولفات همبستگی مثبت دارد. عدم مشاهده همبستگی بین کلسیم و بی-کربنات احتمالاً نشانگر فوق اشباع بودن آب از کلسیم و ته نشینی آن به صورت کلسیت و دولومیت است که شاخص اشباع مثبت این کانپها نیز مؤید این نتیجه گیری است.

همبستگی مثبت کلسیم و سولفات نشانگر این است که ژپس نیز می تواند منشأ کلسیم، به ویژه در نمونه های آب متأثر از سازند گچساران (زون ۳) باشد. منیزیم نیز همبستگی مثبتی با سولفات ($r = 0.30$) نشان می دهد (شکل ۸-د) که نشان می دهد منشأ منیزیم احتمالاً از انحلال کانپهای سولفات منیزیم است. سولفات نمونه های آب زیرزمینی احتمالاً از انحلال کانپهای سولفاتی منشأ گرفته است. بنابراین می توان گفت که انحلال ژپس سبب فراهم آمدن سولفات و بخشی از کلسیم شده است.

برای تعیین شوری آبهای زیرزمینی می توان از ارتباط بین کلر و سدیم استفاده کرد (Magaritz et al., 1981, Dixon-Chiswell 1992, Sami, 1992). مقادیر بالای سدیم و کلر در برخی نمونه ها ممکن است به علت انحلال نمک باشد. همبستگی مثبت بالای این دو یون ($r = 0/86$) مؤید این

مطلب است (شکل ۸-و). همبستگی بسیار خوبی نیز بین سدیم و سولفات ($r = 0/93$) مشاهده می شود (شکل ۸-ه) که نشان می دهد بخشی از سدیم احتمالاً از انحلال کانپهای سولفات سدیم منشأ گرفته است.

ارزیابی تأثیر فعالیت کشاورزی بر کیفیت آبهای زیرزمینی دشت

فعالیت کشاورزی، یکی از منابع ورود نیترات به آبهای زیرزمینی است. مهم ترین محصولات کشاورزی منطقه رومشگان طالبی، گوجه، چغندرقد، هندوانه (کشت های آبی)، گندم و جو (کشت های دیم) است. از نظر نیاز به کود (حیوانی و شیمیایی) در بین کشتهای فوق، طالبی بیشترین مصرف کود را دارد و بعد از آن به ترتیب گوجه، چغندرقد، هندوانه، گندم و جو قرار دارند. بنابراین می توان انتظار داشت که در هر نقطه با توجه به نوع کشت میزان نیترات در آبهای زیرزمینی بسیار متفاوت باشد.

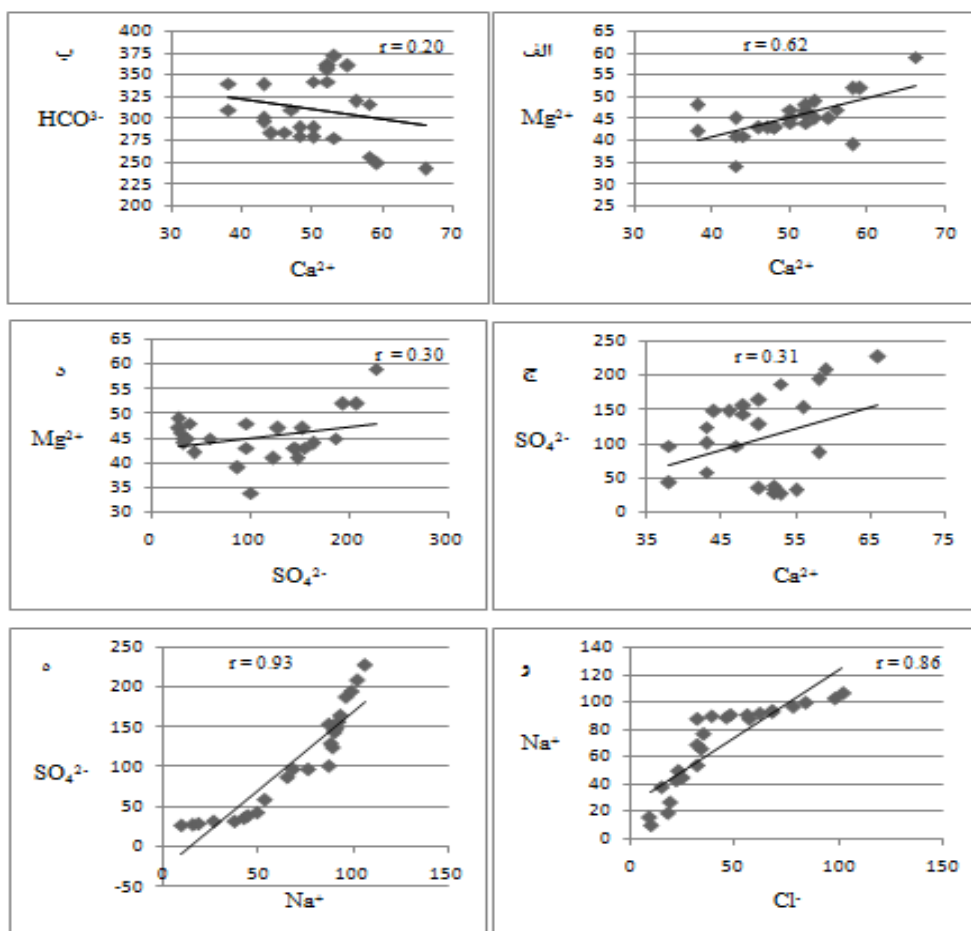
غلظت نیترات در آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان بین $0/9-56/2$ میلی گرم در لیتر تغییر می کند (جدول ۵). در (شکل ۹)، غلظت نیترات در بخشهای مختلف دشت رومشگان مقایسه شده است. میانگین غلظت یون نیترات در آبهای زیرزمینی زون ۲ بالاتر از دو زون دیگر است. کم ترین میانگین غلظت نیترات مربوط به زون ۱ (بخش شرقی دشت) است که بیشتر گندم و جو کشت می شود. در زون ۲ (بخش مرکزی دشت) به مقدار فراوان طالبی، گوجه و هندوانه کشت می شود، که با توجه به نیاز این محصولات به کود بیشتر، بالاتر بودن غلظت نیترات در زون ۲ نسبت به زونهای ۱ و ۳ قابل توجیه است.

کاهش مجدد غلظت نیترات در زون ۳ می تواند در اثر جذب این یون توسط کانپهای رسی این زون رخ داده باشد. سازمان بهداشت جهانی WHO (2008) حداکثر غلظت مجاز نیترات در آبهای آشامیدنی را 50 mg/l تعیین نموده است. میانگین غلظت نیترات در نمونه های مورد مطالعه $18/4$ میلی گرم بر لیتر است. بر اساس استاندارد WHO برای حداکثر غلظت مجاز نیترات در آبهای آشامیدنی، در 12% نمونه ها غلظت نیترات بیشتر از حد مجاز است. با توجه به (جدول ۵)، در 68% نمونه های مورد مطالعه، غلظت نیترات کمتر از میانگین غلظت نیترات در نمونه ها ($18/4 \text{ mg/l}$)، و در 32% نمونه ها غلظت نیترات بیشتر از مقدار میانگین است. اگر غلظت نیترات در آبهای زیرزمینی منطقه ای بیشتر از 13 mg/lit باشد، نشان دهنده آلودگی در اثر فعالیت های انسانی است (Burkart and Kolpin 1993 و Eckhardt و Stackelberg 1995 به نقل از Jalali 2009). بر این اساس میزان نیترات در 40% نمونه ها بیش از 13 mg/lit است، بنابراین این نمونه ها در اثر فعالیتهای انسانی به نیترات آلوده هستند.

علاوه بر نیترات، سایر یونها از قبیل کلر، بی-کربنات و سدیم نیز در نتیجه فعالیتهای کشاورزی (استفاده از کودهای شیمیایی و حیوانی) به آبهای زیرزمینی اضافه می شوند (Jalali, 2009). بنابراین افزایش TDS آبهای زیرزمینی می تواند نشانگر آلودگی منابع آب در اثر فعالیت کشاورزی باشد (Ellaway et al., 1992, Gillardet et al., 1999) و با رسم نمودار غلظت یونهای نیترات، کلر، و بی-کربنات در مقابل TDS می توان اثر فعالیتهای کشاورزی را در تغییر شیمی آبهای زیرزمینی نشان داد (Han and Liu, 2004). (شکل ۱۰) نشان می دهد همبستگی خوبی ($r = 0/89$) بین TDS و $\text{NO}_3^- + \text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$ وجود دارد. بنابراین نیترات موجود در آبهای زیرزمینی دشت رومشگان در اثر فعالیتهای کشاورزی به این آبها اضافه شده است.

جدول ۴. مقادیر میانگین شاخص اشباع کانیهای مختلف در زونهای مختلف دشت رومشگان

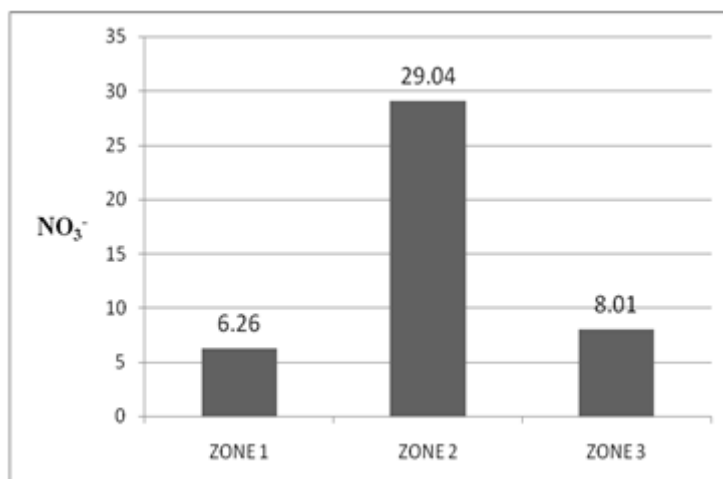
انیدریت	آراگونیت	کلسیت	دولومیت	ژیپس	هالیت
زون ۱	۰/۵۹	۰/۷۳	۱/۷۵	-۲/۲۸	-۷/۹۴
زون ۲	۰/۳۱	۰/۴۴	۱/۱۷	-۱/۷۹	-۷/۰۲
زون ۳	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۳۸	۱/۵۱	-۶/۶۴



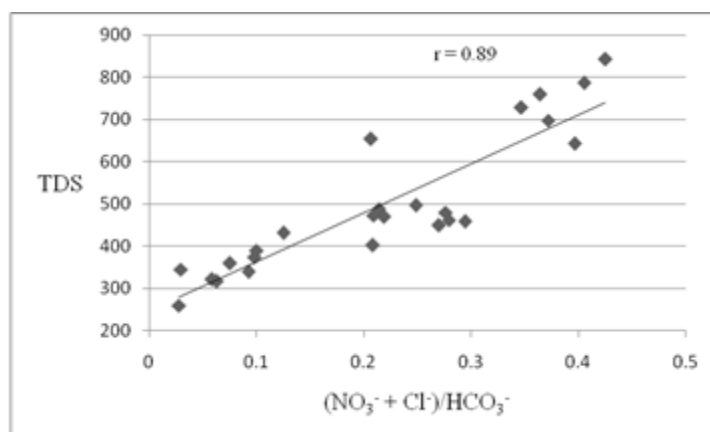
شکل ۸. ارتباط بین یونهای مختلف موجود در آب زیرزمینی منطقه رومشگان

جدول ۵. نتایج آماری غلظت نیترات و فسفات در نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه رومشگان.

چولگی	میانه	میانگین	حداقل	حداکثر	
۰/۹	۹/۶	۱۸/۴	۰/۹	۵۶/۲	NO_3^- (mg/l)
۰/۷	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۰۳	۰/۱	PO_4^{3-} (mg/l)



شکل ۹. غلظت نیترات در زون های مختلف دشت رومشگان


 شکل ۱۰. رابطه بین $(NO_3^- + Cl^-)/HCO_3^-$ با TDS

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان می دهد که کیفیت آب زیرزمینی دشت رومشگان مستقیماً تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسان زاد قرار گرفته است. نتایج به دست آمده نشان می دهد که بالاترین غلظت یون بی کربنات مربوط به نمونه های آب متأثر از سازند کربناتی آسماری (بخش شرقی دشت) است، در حالی که بالاترین غلظت یونهای سولفات و کلر مربوط به نمونه های آب متأثر از سازند تبخیری گچساران (بخش غربی دشت) می باشد. بنابراین سازند گچساران نقش مستقیمی در تخریب طبیعی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت رومشگان دارد. در مناطق کربناتی آب از نوع بیکربناته کلسیک، بی کربناته منیزیک، و بی کربناته سدیک و در مناطق سولفاته، سولفاته سدیک می باشد.

شاخص اشباع کانیهای کلسیت، دولومیت و آراگونیت در نمونه های متأثر از سازندهای کربناتی بالاتر از شاخص اشباع این کانیها در نمونه های متأثر از سازندهای تبخیری است، که نشانگر انحلال کانیهای کربناتی سازندهای آهکی بخش شرقی دشت می باشد. از سوی دیگر، شاخص اشباع کانیهای هالیت، ژپس و انیدریت منفی است، که نشان می دهد آب هنوز قادر به حل کردن این کانیهاست. شاخص اشباع این کانیها در بخش غربی دشت بالاتر از سایر مناطق است که نمایانگر برهم کنش آبهای زیرزمینی با سازندهای سولفاتی بخش غربی دشت است. روابط همبستگی بین یونهای مختلف نیز نشان می دهد که منشأ

کلسیم، منیزیم، بی کربنات و سولفات، انحلال توالیهای کربناتی و سولفاتی منطقه است.

علاوه بر زمین شناسی منطقه، کیفیت آب زیرزمینی دشت رومشگان تحت تأثیر فعالیتهای کشاورزی نیز دچار تغییر شده است، به نحوی که غلظت نیترات در برخی نمونه های آب از حداکثر غلظت مجاز نیترات (۵۰ mg/l) بالاتر است. رابطه TDS با غلظت یونهای نیترات، کلر، و بی کربنات در آبهای زیرزمینی منطقه رومشگان نشان می دهد که منشأ نیترات موجود در آبهای زیرزمینی این منطقه فعالیت های کشاورزی است. همچنین به دلیل تفاوت توسعه فعالیت کشاورزی، نوع کشت، و میزان کود مصرفی، غلظت نیترات در بخشهای مختلف دشت رومشگان با هم متفاوت است. غلظت نیترات در بخشهای میانی دشت رومشگان در مقایسه با سایر مناطق بالاتر است. نتایج این پژوهش نشان می دهد که علاوه بر نقش توالیهای زمین شناسی در تخریب کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت رومشگان، توسعه فعالیتهای کشاورزی نیز می توانند کیفیت منابع آب زیرزمینی این منطقه را با خطر مواجه سازد.

سپاسگذاری

نویسندگان مقاله مراتب سپاس خود را از کمیته پژوهشی دانشگاه صنعتی شاهرود و همچنین داوران محترم فصلنامه زمین شناسی کاربردی پیشرفته ابراز می دارند.

- Abed- Shafy. H., 2008 "Groundwater contamination as affected by long- term sewage irrigation in Egypt" *Journal of Occupation Environ Med* 8. P: 1- 11.
- Almasri. M. and Kaluarachch. J., 2007, "Modeling nitrate contamination of groundwater in agricultural watersheds" *Journal of Hydrology* 343. P: 211- 229.
- Burkart. MR. and Kulpin. DW., 1993 "Hydrologic and land use factors associated with herbicides and nitrates in near-surface aquifer. *Journal of Environ Qual* 22, P: 646-656
- Davis. S.N. and Dewist R.J.M., 1996 "Hydrogeology" John Wiley, New York, p: 463
- Dixon. W. and Chiswell. B., 1992, The use of hydrochemical sections to identify recharge areas and saline intrusions in alluvial aquifers, southeast Queensland, Australia. *J Hydrol* 130, p: 299-338
- Eckhardt. DAV. and Stackelberg. PE., 1995 "Relation of groundwater quality to land use on long Island, New York. *Groundwater* 33. P: 1019-1033
- Ellaway. M., Finlayson. B. and Webb. J, 1999, The impact of land clearance on karst ground water: a case study from Buchan, Victoria, Australia. In: Drew D, Ho" tzi H (eds) *Karst hydrogeology and human activities*. A. A. Balkema Rotterdam, p: 66-68
- Gillardet. J., Dupre. B., Louvat. P. and Allegre. C. J, 1999, Global silicate weathering and CO₂ consumption rates deduced from the chemistry of large rivers. *Chem Geol* 159:3-10
- Han. G. and Liu. C-Q, 2004, Water geochemistry controlled by carbonate dissolution: a study of the river waters draining karst-dominated terrain, Guizhou province, China. *Chem Geol* 204, p: 1-21
- Jalali. M., 2009, "Geochemistry characterization of groundwater in an agricultural area of Razan, Hamadan, Iran" *Environ Geol* 56. P: 1479-1488
- Kraft. G. and Stites. W., 2003, "Nitrate impacts on groundwater from irrigated- vegetable systems in a humid north- central U.S. sand plain" *Journal of Agricultural Ecosystem and Environment* 100. P: 63- 74
- Keskin. T., 2010, " Nitrate and heavy metal pollution resulting from agricultural activity: a case study from Eskipazar (Karabuk, Turkey)" *Journal of Environ Earth Science* 61. P: 703- 721
- Magaritz. M., Nadler. A., Koyumdjisky. H. and Dan. N., 1981, The use of Na/ Cl ratio to trace solute sources in a semiarid zone. *Water Resoures* 17, p: 602-608
- Sami. K., 1992, Recharge mechanisms and geochemical processes in a semi-arid sedimentary basin, Eastern cape, South Africa. *J Hydrol* 139, p: 27-48
- WHO, 2007. World health organization.
- Yuce. G. and Ugurluog. D., 2009, " The Effect of lithology on water pollution: Natural Radioactivity and Trace Element in Water Resource of Eskishir Region (Turkey)" *Journal of water air soil pollutant*, p: 69-89