

هیدروژئوشیمی زیست محیطی منابع آب زیرزمینی دشت راور (شمال استان کرمان)

مرجان عبدالمهی^۱، دکتر افشین قشلاقی^۲، دکتر احمد عباس نژاد^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی دانشگاه صنعتی شاهرود

۲- استادیار دانشگاه صنعتی شاهرود

۳- دانشیار دانشگاه شهید باهنر کرمان

Abdolahi789@yahoo.com

چکیده

هدف اصلی این پژوهش بررسی ویژگیهای هیدروژئوشیمیایی و تعیین فرآیندهای هیدروژئوشیمیایی حاکم بر ترکیب شیمیایی منابع آب زیرزمینی دشت راور (استان کرمان) است. برای این منظور تعداد ۲۰ نمونه آب از چاههای مختلف در کل گستره دشت برداشت گردید. اندازه گیری غلظت کاتیونها و آنیونهای اصلی ($\text{Na}, \text{Ca}, \text{Mg}, \text{SO}_4, \text{Cl}, \text{HCO}_3$) و برخی خواص فیزیکوشیمیایی نمونه های آب (چون TDS) به روشهای استاندارد اندازه گیری شد. نتایج به طور کلی نشان داد که میزان همه پارامترهای مورد مطالعه ($\text{Ca}, \text{Na}, \text{Cl}, \text{TDS}$) و Mg از محل تغذیه به سمت تخلیه آبخوان و در جهت شیب آب زیرزمینی افزایش می یابد. همچنین بر اساس موقعیت نمونه ها در نمودارهای پایپر و دروو و محاسبه برخی نسبتهای یونی معلوم گردید که اولاً تیپ غالب نمونه های آب مورد مطالعه کلروره-سدیک بوده و ثانیاً فرآیندهایی چون انحلال کانپهای تبخیری (در پهنه های گلی)، تبادل یونی معمولی و معکوس (به علت حضور کانپهای رسی در پهنه های گلی) احتمالاً مهمترین فرآیندهای هیدروژئوشیمیایی کنترل کننده کیفیت آب زیرزمینی در دشت راور می باشند. علاوه بر منبع طبیعی، منابع انسانزاد (مانند فاضلابهای شهری شهر راور و آب برگشتی از کشاورزی) نیز بر میزان پارامترها در آب زیرزمینی بی تاثیر نبوده است و در بالا رفتن غلظت رفتن برخی یونها مثل سدیم، کلر، سولفات و زیاد شدن TDS در آب زیرزمینی مجاور شهر نقش داشته است.

کلمات کلیدی: آب زیرزمینی، دشت راور، سازندهای تبخیری، هیدروژئوشیمی.

مقدمه

ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک از اهمیت زیادی برخوردار است. در این مناطق به علت کمبود آب مشکلات زیست محیطی مربوط به منابع آب زیرزمینی (بویژه تغییر کیفیت آن) به شکل حادثی بروز می کند و بدین علت ارزیابی و پایش کیفی منابع آب می تواند نقش مهمی در تحقق توسعه پایدار در این مناطق، ایفا نماید (Nosrati and Eeckhaut, 2011).

تغییرات در کیفیت آب زیرزمینی در یک ناحیه، در واقع تابعی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی است که خود متأثر از منابع انسان زاد و سازندهای زمین شناسی منطقه است. از سوی دیگر در مناطق خشک کمبود بارش و بالا بودن نرخ تبخیر به طور مستقیم بر کیفیت منابع آب زیرزمینی اثر می گذارد.

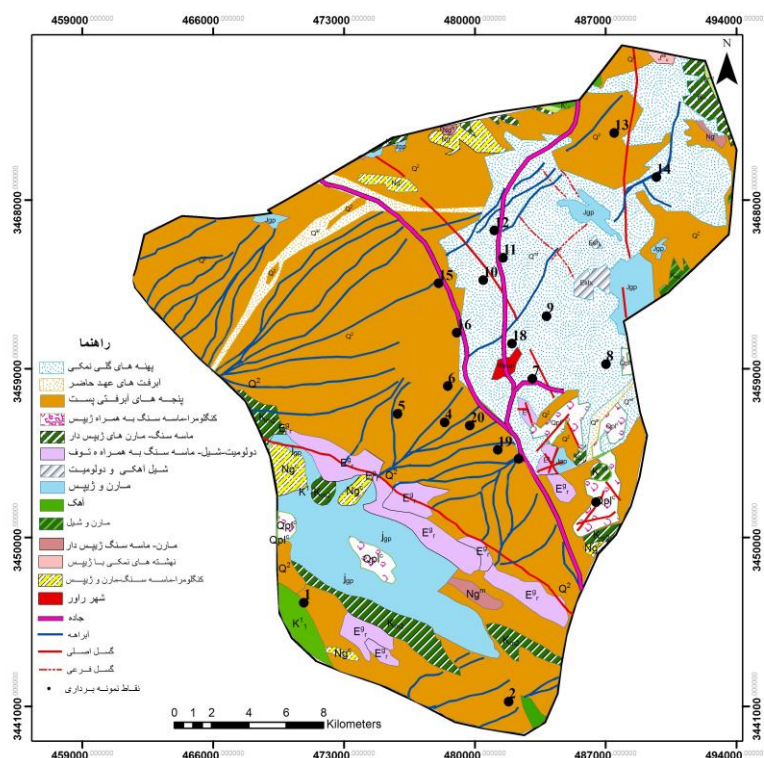
دشت راور در شمال استان کرمان که مطالعه حاضر بر روی آن انجام شده است در یک منطقه خشک کویری قرار گرفته است و در آن آب زیرزمینی تنها منبع تامین کننده آب برای تمام مصارف به حساب می آید. در این منطقه همچنین سازندهای زمین شناختی از تنوع زیادی برخوردارند و طبعاً هر یک از این واحدهای سنگی می توانند بر کیفیت آب زیرزمینی منطقه تاثیر

داشته باشند. هدف از این مطالعه ارزیابی کلی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت راور بویژه از دیدگاه هیدروژئوشیمیایی و بررسی عوامل (طبیعی یا غیر طبیعی) کنترل کننده ترکیب شیمیایی این منابع است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهرستان راور با طول جغرافیایی $57^{\circ}00'$ تا $56^{\circ}30'$ و عرض جغرافیایی $31^{\circ}00'$ تا $31^{\circ}30'$ در جنوب شرقی ایران مرکزی و در فاصله ۱۴۲ کیلومتری شمال شهر کرمان واقع شده است. مساحت کلی دشت راور ۴۰۸۰ کیلومتر مربع و متوسط بارندگی سالانه آن ۷۰ میلی‌متر می‌باشد. این منطقه به دلیل همجواری با کویر لوت، محدود بودن حجم ریزش‌های جوی و در نتیجه کم بودن بارندگی فاقد منابع آب سطحی، قابل توجه است و بدین علت منابع آب زیرزمینی مهمترین منبع تامین کننده آب در این منطقه به حساب می‌آیند. از نظر ساختاری دشت راور در یک ناودیس قرار گرفته است که هسته این ناودیس از ماسه سنگ با مقدار کمی مارن ژپس دار تشکیل شده است. سازندهای موجود در این منطقه شامل سازندهای بیدو، هجدک، بادامو و شمشک هستند اما جنس رسوبات موجود در این دشت آبرفت درشت در غرب و مرکز و رس و سیلت در پلایا (کفه) شرق دشت وجود دارد (شکل ۱). جهت جریان آب زیرزمینی نیز از سمت جنوب غرب به سمت شمال شرق است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه برداری در دشت راور

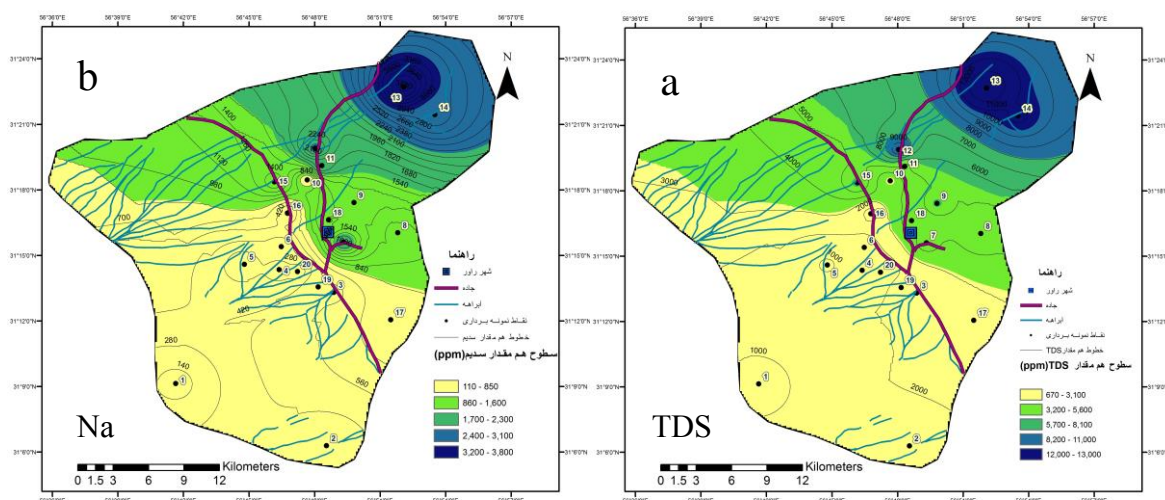
نمونه برداری و تجزیه نمونه‌ها

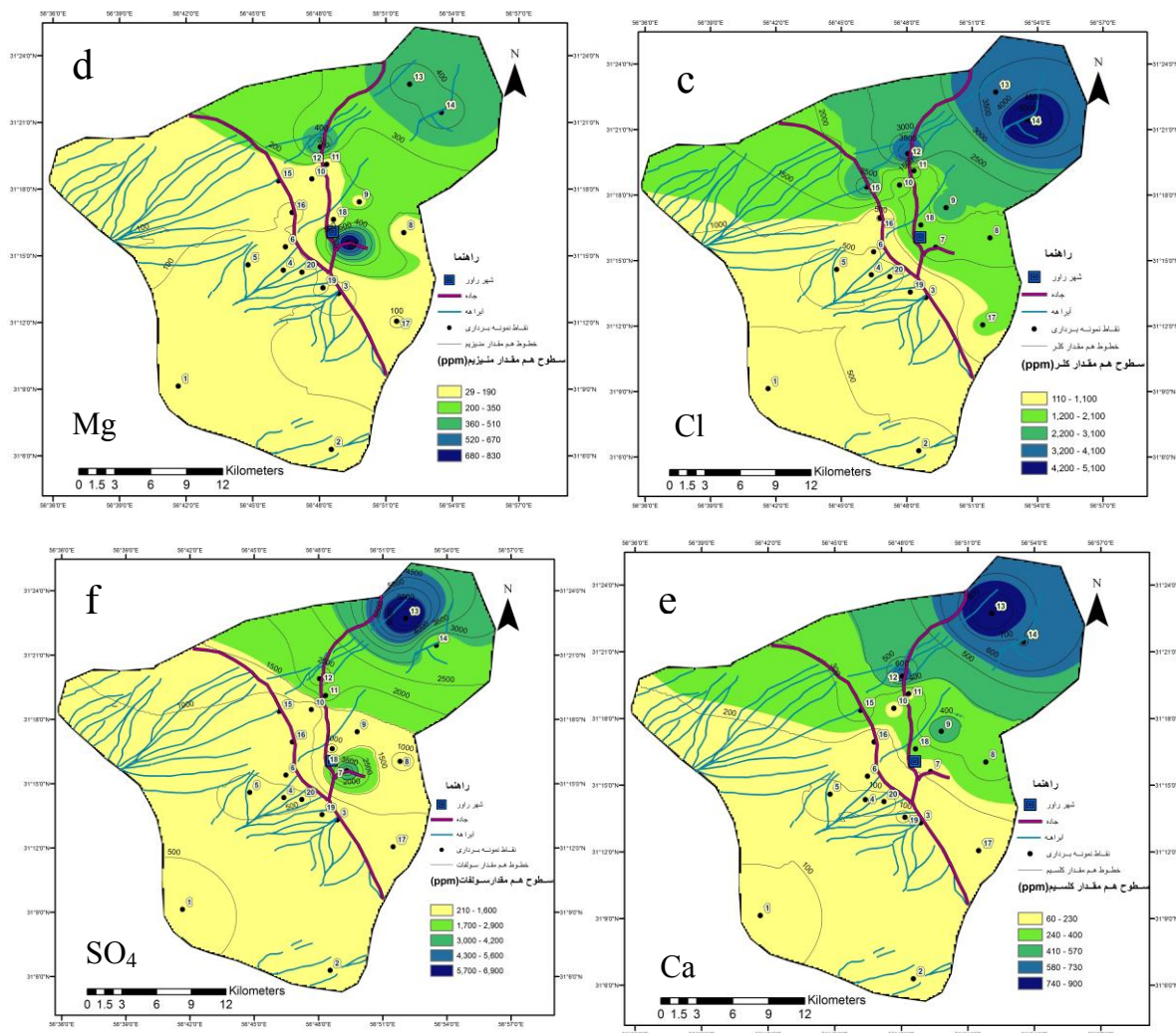
نمونه برداری آب زیرزمینی در مهرماه ۱۳۹۱ از ۲۰ چاه عمیق و نیمه عمیق انجام گرفت، با توجه به توزیع سازندهای مختلف زمین شناسی در منطقه و همچنین راههای دسترسی، مکانهای نمونه برداری به گونه‌ای انتخاب گردیدند که گویای بهترین پراکندگی از چاه‌های موجود در دشت باشند. موقعیت نقاط نمونه برداری شده در شکل ۱ نشان داده شده است.

نمونه‌ها پس از جمع آوری در بطریهای پلی اتیلنی، به آزمایشگاه منتقل گردیدند. سپس غلظت کاتیونهای اصلی (شامل Ca, Mg, Na) و آنیونهای اصلی (شامل HCO_3 , SO_4 , Cl) در نمونه‌های آب اندازه گیری شد. غلظتهای Ca , Mg , HCO_3 از طریق تیتراسیون، Na با استفاده از نشر شعله رنگ سنجی و SO_4 با روش گراویمتری، اندازه گیری گردیدند.

بحث

در این مطالعه ابتدا رفتار برخی کاتیونها و آنیونهای اصلی مورد بررسی قرار گرفته و سپس با استفاده از نمودارهای پایپر و دروو مهمترین فرایندهای کنترل کننده ترکیب آب تعیین گردید. همچنین به منظور درک بهتر تغییرات این کاتیونها و آنیونهای اصلی در منطقه مورد مطالعه نقشه‌های هم مقدار با استفاده از نرم افزار Arc GIS 10 ترسیم شد (شکل ۲).





شکل ۲- نقشه‌های هم مقدار پارامترهای مهم آب زیرزمینی دشت راور

کل جامدات حل شده (TDS)

محتوی کل جامدات حل شده آب (TDS) شامل کل املاح موجود در آب به اضافه SiO_2 است (Hounslow, 1995). میزان این پارامتر به طور قابل ملاحظه‌ای به سازندهای زمین شناسی و همچنین منابع انسانزاد ارتباط دارد (WHO, 2008).

همانطور که در (شکل ۲-ا) مشخص است، میزان TDS به سمت پایین دست جریان آب زیرزمینی به حداکثر میزان خود می‌رسد که با توجه به شیب هیدرولیکی کم آب زیرزمینی و مدت زمان تماس زیاد با سازندهای این امر بدیهی به نظر می‌رسد در منطقه مورد مطالعه وجود سازندهای انحلال پذیر و مخرب کیفیت آب (مانند پهنه‌های گلی نمکی)، که گسترش زیادی در داخل سطح دشت دارند، همچنین ورود آلاینده‌های شهری مانند تخلیه فاضلابهای خانگی و شهری، آب برگشتی کشاورزی بویژه در بخش شرقی دشت نیز بر میزان TDS نمونه‌های آب تاثیر گذاشته است.

سدیم و کلر

منشاء کلر در آب زیرزمینی ممکن است از منابع گوناگونی مثل هوازدگی، شستشو از سنگهای رسوبی و خاک، نفوذ شورابه‌ها، تخلیه فاضلاب‌های صنعتی و خانگی و فاضلاب‌های شهری باشد (Hounslow, 1995).

تغییرات مکانی سدیم و کلر (شکل ۲-b و c) نشان می‌دهد که میزان این یونها از ابتدا تا انتهای مسیر جریان آب زیر-زمینی روند صعودی دارد که دلیل آن گسترش پهنه های گلی نمکی و سازندهای تبخیری است که با افزایش زمان تماس این سازندها با آب، میزان این یونها افزایش پیدا کرده و در بخش‌های انتهایی دشت به بیشترین میزان خود می‌رسد. فرآیند تبادل کاتیونی سدیم بجای کلسیم نیز احتمالاً در افزایش هر چه بیشتر سدیم در آب، نقش مهمی داشته است. در مورد سدیم و کلر هم در بخش شرقی دشت، در محدوده شهر راور، یک افزایش غلظت مشاهده می‌شود، که نشان دهنده تاثیر احتمالی فاضلاب‌های شهری بر کیفیت آبهای زیرزمینی مجاور است.

کلسیم و منیزیم

کلسیم و منیزیم فراوان‌ترین عناصر موجود در آب زیرزمینی هستند و به‌طور عمده به صورت کربنات و در درجات کمتر به شکل سولفات و کلرید حضور دارند. غلظت این یونها با توجه به توزیع مکانی آنها از مناطق تغذیه به سمت تخلیه حالت پیشرونده دارد که می‌تواند در نتیجه انحلال کانیهای تبخیری از جمله ژپس باشد چرا که لایه‌های انیدریت و ژپس می‌توانند یونهای کلسیم، منیزیم و سولفات را به ترکیب آب زیرزمینی اضافه کنند. تبادل یونی نیز می‌تواند در تغییر غلظت کلسیم و منیزیم در آب نقش ایفا نماید (شکل ۲ بخش‌های e و d).

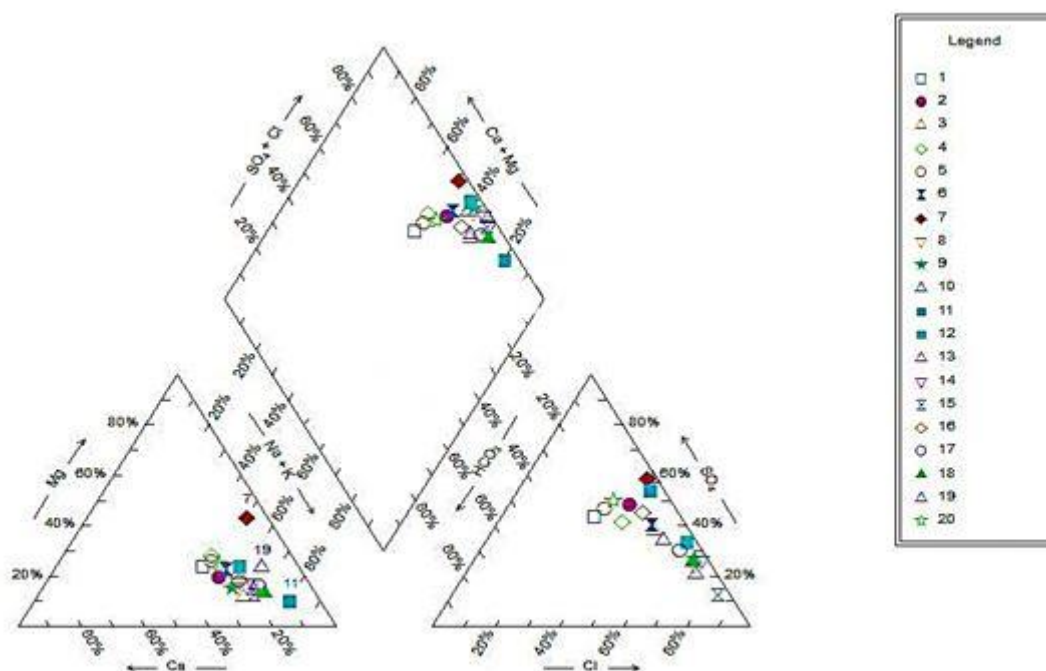
سولفات

سولفات یکی از آنیونهای اصلی آب است که منشاء آن، عمدتاً انحلال کانیهایی چون ژپس و انیدریت و کانیهای سولفیدی چون پیریت است (Hounslow, 1995).

با توجه به وفور واحدهای سنگی تبخیری چون ژپس و انیدریت در منطقه همانگونه که انتظار می‌رود و در (شکل ۲-f) نیز مشاهده می‌شود غلظت سولفات روند یونهای دیگر را دنبال می‌کند با این تفاوت که در نمونه ۷ غلظت بسیار بالایی از این آنیون مشاهده می‌شود (با میزان 3847 mg/l) که می‌توان آن را به تمرکز آبرفت حاصل از تخریب کنگلومرای حاوی قطعات ژپس و مارن و سازندهای ژپس دار مجاور نسبت داد. اگر چه تاثیر فعالیتهای انسان زاد در نمونه ۷ که مجاور شهر راور واقع است نیز می‌تواند در بالا رفتن این یون، دخیل باشد.

رخساره، تیپ هیدروشیمیایی و تعیین فرآیندهای کنترل کننده شیمی آب

برای تعیین رخساره و تیپ نمونه‌های آب معمولاً از نمودار پاییر استفاده می‌شود. در این نمودار، موقعیت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی در دو مثلث تعیین می‌شوند و اطلاعات کلی حاصل از این دو مثلث در یک لوزی قرار می‌گیرد.



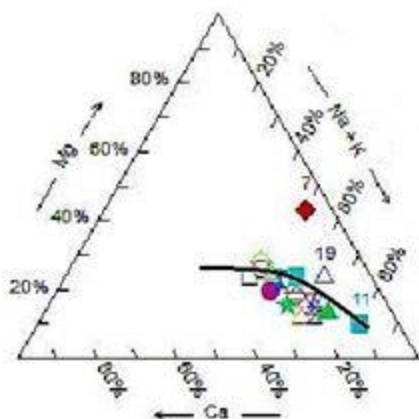
شکل ۳- نمودار پایپر و موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی آن

به عقیده هانسلو (Hounslow, 1995) در صورتی که نتایج آنالیز نمونه‌های آب بر روی نمودار پایپر روند خطی داشته باشد و از یک یا دو گوشه مثلث عبور کند نشان‌دهنده ته نشینی و یا انحلال است به این معنا که آب با سنگ یا کانیایی به تعادل رسیده و رابطه برهمکنشی بین آنها برقرار است. بنابراین با توجه به نمودار پایپر که در (شکل ۳) آمده است، انحلال و رسوبگذاری کانیهای تبخیری (ژیپس و هالیت)، شیمی آب را تحت تاثیر قرار داده است. بر اساس نتایج به دست آمده، تیپ آب برای اکثر نمونه‌ها کلروره سدیک و رخساره آن سدیک است. تیپ آب بی‌کربناته در منطقه به دلیل کمتر بودن سازندهای آهکی، مشاهده نمی‌شود.

فرآیند تبادل یونی

علاوه بر انحلال، فرآیندهای دیگری نیز بر ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی اثر می‌گذارند، یکی از این فرآیندها، تبادل یونی (Ion Exchange) است که در حقیقت شامل جایگزینی سدیم به جای کلسیم و منیزیم در آبهای زیرزمینی است و معمولاً در حضور کانیهای رسی (مانند مونت موریلونیت) روی می‌دهد. رخداد این فرآیند را می‌توان از طریق محاسبه نسبتهای یونی Na^+/Na^++Cl و $Ca^{+2}/Ca^{+2}+SO_4^{-2}$ مشخص ساخت به طوریکه اگر نسبت اول کمتر از ۰/۵ و نسبت دوم بیش از این عدد باشد در این صورت نشان دهنده رخداد فرآیند تبادل یونی است (Hounslow, 1995). با محاسبه این نسبتها برای نمونه های آب مورد مطالعه مشاهده می‌شود که مقدار میانگین نسبت اول حدود ۰/۳۶ و نسبت دوم حدود ۰/۵۴ است که موید تاثیر فرآیند تبادل یونی بر ترکیب شیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی است. بر روی نمودار پایپر نیز ترکیب آب، در اثر تبادل یونی تغییر می‌کند و به صورت

منحنی موازی با راس منیزیم و متمایل با ضلع سدیم، در می آید (شکل ۴) که این امر نشان دهنده این است که در این آبخوان کلسیم احتمالا بیشتر از منیزیم مبادله شده است.

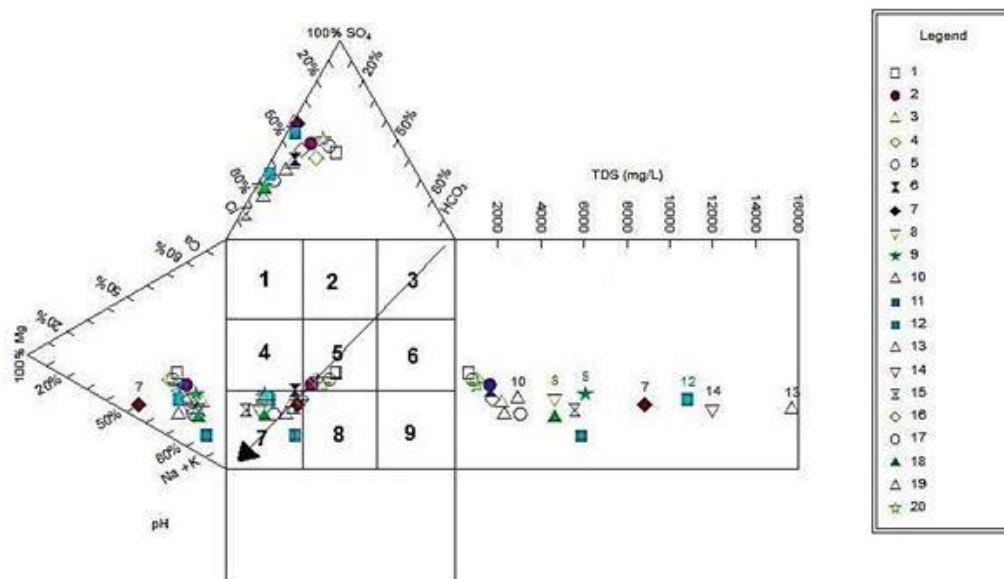


شکل ۴- موقعیت نمونه ها و فرآیند تبادل یونی بر روی نمودار پایپر

نمودار دروو (Durov)

نمودار دروو از این نظر که نتایج آنالیزها بر روی مثلث های آنیون و کاتیون جداگانه قرار می گیرند شبیه به نمودار پایپر است (Hem 1989). این نمودار در حقیقت شکل گسترش یافته و بسط یافته ای از نمودار پایپر است (Hounslow, 1995).

به منظور بررسی و تحلیل بیشتر فرآیندهای احتمالی کنترل کننده شیمی آب از نمودار دروو نیز استفاده گردید. ناحیه بندی مربع نمودار دروو به طور مفصل توسط (Lloyd and Heathcote, 1985) توضیح داده شده است و بر طبق آن قرار گرفتن نمونه ها در منطقه ۷ نشان دهنده غالب بودن یونهای سدیم و کلر در آب است. همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است، تیپ آب از مناطق تغذیه به سمت تخلیه، به دلیل تماس طولانی مدت با سازندهای تبخیری به صورت کلروره-سدیک درآمده که دلیل آن انحلال بسیار زیاد کانیهای تبخیری مانند هالیت در مسیر جریان آب است. بر اساس این نمودار هر چه از ناحیه ۹ به سمت ۷ پیش می رویم فرآیند عکس تبادل یونی بر تبادل یونی غالب می شود که مربوط به نقاط انتهایی آبخوان است. فرآیند عکس تبادل یونی مانند تبادل یونی مستلزم حضور رس های تبادلگری چون مونت موریلونیت است. نسبت سدیم به کلر در این شرایط به کمتر از ۱ می رسد (Hounslow, 1995). برای نمونه های آب مورد مطالعه این نسبت نزدیک به یک است که نشان دهنده شروع این فرآیند بویژه در چاههای انتهایی آبخوان است.



شکل ۵- نمودار دروو و موقعیت نمونه‌های آب زیرزمینی مورد مطالعه بر روی آن

نتیجه گیری

بر اساس نتایج بدست آمده از این مطالعه به طور کلی مشخص شد که میزان همه پارامترهای مورد مطالعه (Ca, Na, Cl, TDS) و (Mg) از محل تغذیه به سمت تخلیه آبخوان و در جهت شیب آب زیرزمینی افزایش می‌یابد که علت اصلی آن زمان بیشتر تماس آب زیرزمینی با سازندهای تبخیری است. و در قسمت شرقی دشت که شهر راور واقع است نیز تخلیه فاضلابهای خانگی و شهری، در بالا بردن غلظت یونهای آب موثر بوده است. البته این نکته را نیز نباید از نظر دور داشت که کیفیت آب در این منطقه به دلیل تاثیر سازندهای تبخیری به حدی نامطلوب است که از نمایان شدن تاثیر فاضلابهای خانگی و آب برگشتی کشاورزی، در محدوده شهر کاسته است.

همچنین بر اساس موقعیت نمونه‌ها در نمودارهای پاییر و دروو معلوم گردید که تیپ غالب نمونه‌های آب مورد مطالعه کلروره-سدیک بوده و فرآیندهایی چون انحلال کانیهای تبخیری (در پهنه‌های گلی)، تبادل یونی معمولی و معکوس (به علت حضور کانیهای رسی در پهنه‌های گلی) احتمالاً مهمترین فرآیندهای هیدروشیمیایی کنترل کننده کیفیت آب زیرزمینی در دشت راور می‌باشند.

منابع

- Hounslow, A. W. (1995). Water quality data analysis and interpretation. University Still Water, Oklahoma, p. 363.
Hem JD (1989) Study and interpretation of the chemical character-istics of natural water, 3rd edn. U.S. Geological Survey, Water Supply Paper 2254. US Govt. Printing Office, Washington, pp263.
Nosrati, k., Eeckhaut, M. V. D. (2011). " Assessment of groundwater quality using multivariate statistical techniques in Hashtgerd Plain, Iran." Environ Earth Sci., Vol. 65, pp. 331-344.
Lloyd JW, Heathcote JA (1985) Natural inorganic hydrochemistry in relation to groundwater, an introduction. Clarendon, Oxford.
WHO (2008) Guidelines for drinking water quality. World Health Organisation, Geneva.