



مطالعه هیدروشمیایی چشمه کارستی طاغدانلو، بهکده رضوی، جنوب غربی استان خراسان شمالی

علی محقی^۱، حسین محمدزاده^{۲*}، رمضان کاظمی گلیان^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی، مرکز تحقیقات آب زیرزمینی (متآب)، دانشگاه فردوسی مشهد

۲. دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد، مرکز تحقیقات آب زیرزمینی (متآب)، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی

مشهد، کد و صندوق پستی: ۹۱۷۷۵-۱۴۳۶

۳. کارشناس آب زیرزمینی، شرکت مهندسی مشاور سیمای آب خاوران

mohammadzadeh@um.ac.ir

چکیده

در این مقاله به بررسی هیدروشمیایی چشمه طاغدانلو (جنوب غربی استان خراسان شمالی) و تاثیر سازندهای زمین شناسی بر آن پرداخته شده است. با استفاده از نرم افزارهای (Aq. Qa (2006 و PHREEQC نمودارهای هیدروشمیایی چشمه و شاخص های اشباع چشمه محاسبه و ارتباط آن با سازندهای زمین شناسی مورد بررسی قرار گرفت. علاوه بر این به بررسی کیفیت آب چشمه از نظر شرب، کشاورزی و صنعتی نیز پرداخته شده است. تیپ و رخساره آب در شچمه طاغدانلو در ۳ فصل نمونه برداری (پائیز و زمستان ۹۳ و پائیز ۹۴) ثابت و کلسیم بی کربنات می باشد بدین معنی که در بین آنیون ها یون بی کربنات و در بین کاتیون ها یون کلسیم غالب است که این نشانه ای از کارستی بودن چشمه طاغدانلو می باشد. سلازند آهکی تیرگان ضمن داشتن شرایط ساختمانی، لیتولوژیکی، وسعت و ضخامت مناسب این چشمه را تغذیه می کند. سازند مذکور بر رخساره و تیپ آب، یون های غالب و کیفیت آب این چشمه اثر گذار بوده است. آب این چشمه نسبت به کانی های ژئیس و هالیت تحت اشباع و نسبت به کانی کلسیت در حالت فوق اشباع قرار دارد در نتیجه کانی های ژئیس و هالیت حل شده و کانی کلسیت رسوب می کند. از نظر مصارف شرب، کشاورزی و صنعتی به ترتیب در وضعیت خوب، قابل استفاده برای کشاورزی و خورنده قرار دارد.

کلید واژه: چشمه کارستی، تیپ و رخساره، نمایه اشباع، چشمه طاغدانلو.

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی، مرکز تحقیقات آب زیرزمینی (متآب)، دانشگاه فردوسی مشهد.

۲. دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد، مرکز تحقیقات آب زیرزمینی (متآب)، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، کد

و صندوق پستی: ۹۱۷۷۵-۱۴۳۶.

۳. کارشناس آب زیرزمینی، شرکت مهندسی مشاور سیمای آب خاوران.



۱- مقدمه

چشمه های موقت و دائم از خصوصیات مهم سرزمین های کارستی بشمار می آیند که در نتیجه عمل مستقیم فرایندهای ایجاد کننده کارست بوجود آمده است. کارست حاصل فرایندهای متعددی است که در سنگ های انحلال پذیر مختلف و تحت شرایط اقلیمی و زمین شناسی گوناگون بوجود می آید (میلانوویچ، ۱۹۸۱). واکنش های شیمیایی در سطح سنگ های کربناته پیچیده است. با رد نظر گرفتن عوامل موثر بر کارستی شدن و با تاکید بر ارزش منابع آبی (از لحاظ کمیت و کیفیت) سنگ های کربناته آهکی مناسب ترین سنگ ها برای کارستی شدن هستند. پراکندگی سنگ های کربناته در جهان قابل توجه می باشد بطوری که حدود ۱۰٪ ایران را سنگ های کربناته در بر می گیرد (حدود ۱۵۰ هزار کیلومتر مربع). توزیع این سنگ ها در ایران یکنواخت نبوده و بیشترین گسترش سنگ های کربناته ایران به منطقه زاگرس اختصاص دارد.

چشمه طاغدانلو در جنوب غربی استان خراسان رضوی و در جنوب روستای بهکده رضوی قرار دارد. این چشمه یکی از مهمترین منابع تامین آب کشاورزی و به مقدار کمتر از منابع آب شرب برای ساکنین این روستا می باشد و به همین دلیل تعیین ویژگی های هیدروشیمیایی آن دارای اهمیت می باشد. مهمترین سازند رخنمون یافته در منطقه سازند آهکی تیرگان است که دارای نشانه هایی از کارستیفیکاسیون^۱ است و چشمه طاغدانلو از همین سازند خارج می شود. با توجه به گستردگی رخنمون سازند تیرگان در این ناحیه، این سازند نقش مهمی بر کیفیت آب این چشمه دارد.

۲- مواد و روش ها

به منظور بررسی خصوصیات هیدروشیمیایی چشمه طاغدانلو ۳ دوره نمونه برداری (پائیز و زمستان ۹۳ و پائیز ۹۴) صورت گرفت. آنالیز نمونه های چشمه در آزمایشگاه های دانشگاه های اتاوا و واترلو کانادا و آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد با استفاده از دستگاه ICP-OES صورت گرفت. برای ترسیم نمودارهای مختلف از نرم افزارهای (Aq. Qa (2006 و PHREEQC استفاده شد. نتایج آنالیز نمونه های آب چشمه در جدول ۱ ارائه شده است.

۳- نمودار پایپر

با استفاده از نتایج آنالیزهای شیمیایی و با استفاده از نرم افزار (Aq. Qa (2006 نمودار پایپر چشمه طاغدانلو در ۳ فصل نمونه برداری تصویر شد. بمنظور نشان دادن دسته بندی های داده ها و نمونه های که ترکیب شیمیایی مشابه دارند، از نمودار پایپر، که یون های اصلی را به صورت درصدی از کل برحسب اکسی والان بر لیتر در دو مثلث پایه نشان میدهد، استفاده شده است. این نمودار ، با نمایش نمونه های متعدد در یک دیاگرام، برای تعیین نوع تیپ آب، رخساره هیدروشیمیایی، بررسی ترکیب و وضعیت هیدروژئوشیمیایی، مسیر تکامل هیدروژئوشیمیایی، نشان دادن تفاوت ها و تشابهات بین نمونه های آب و تأثیر اختلاط بین آب های

1. Karstification

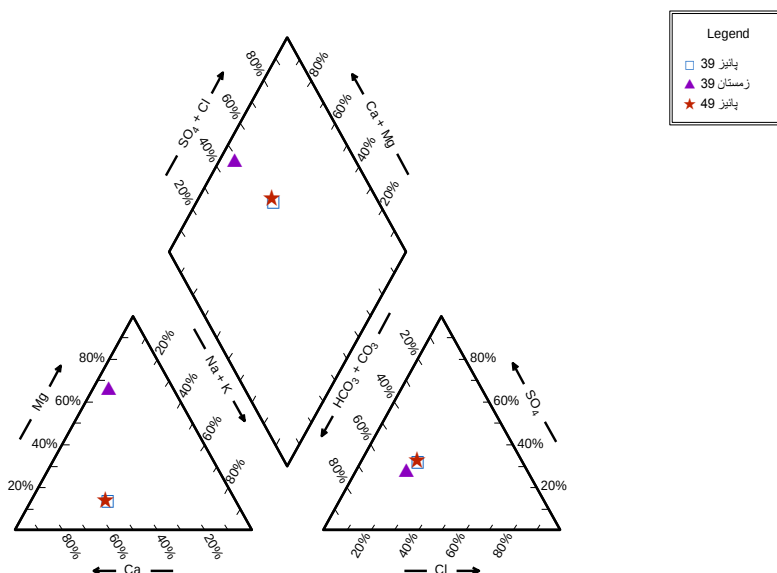


مختلف در یک منطقه مورد استفاده قرار می گیرد.

جدول ۱: مقادیر پارامترهای صحرایی و یون های اصلی چشمه طاغدانلو (غلظت یون های بر حسب میلی گرم بر لیتر است).

زمان نمونه برداری	pH	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (mg/l)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃
پائیز ۹۳	۷/۲	۷۶۶	۳۷۲	۱۰۳/۸	۱۵/۹	۷۲/۱	۰/۵	۱۳۶/۰	۲۷۸/۳	۷۸/۲	۲۳/۶
زمستان ۹۳	۷/۴	۷۴۰	۳۶۲	۱۳۹/۶	۱۹/۹	۴۲/۲	۰/۱	۱۳۱/۸	۳۴۷/۷	۷۹/۴	۱۵/۴
پائیز ۹۴	۷/۶	۷۷۲	۳۷۸	۱۰۱/۵	۱۵/۴	۶۶/۶	bdl*	۱۳۸/۵	۲۵۴/۶	۷۵/۷	۱۶/۶

bdl*: زیر آستانه تشخیص



شکل ۱: تیپ و رخساره چشمه طاغدانلو در فصل نمونه برداری

نمونه های چشمه طاغدانلو در تمامی دوره های نمونه برداری دارای تواتر کاتیونی مشابه به صورت $\text{Ca}^{+2} > \text{Na}^{+} > \text{Mg}^{+2} > \text{K}^{+}$ می باشد و تواتر آنیونی بجز در زمستان ۹۳ در چشمه قورته به صورت $\text{HCO}_3^{-} > \text{Cl}^{-} > \text{SO}_4^{-2}$ و در بقیه موارد به صورت $\text{HCO}_3^{-} > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^{-}$ می باشد. اما تیپ و رخساره آب در این چشمه ثابت و بدون تغییر بوده و از نوع کلسیم بی کربناته می باشد. یکسان بودن تواتر کاتیونی - آنیونی و تیپ و رخساره یکسان بیانگر یکسان بودن منشا هر دو چشمه می باشد (کاظمی و محمدزاده، ۱۳۹۲).



با توجه به نمودار پایپر نمونه‌ها در محدوده اختلاط قرار دارند، یعنی هیچ کاتیون و آنیونی بیش از ۵۰٪ نیست، فلزات قلیایی خاکی (کلسیم و منیزیم) بیشتر از فلزات قلیایی (سدیم و پتاسیم) هستند و اسیدهای قوی (سولفات و کلرید) از اسیدهای ضعیف (کربنات و بی کربنات) بیشتر هستند.

با توجه به رخنمون گسترده سازند آهکی تیرگان غالب بودن تیپ آب بی کربناته در منطقه دور از انتظار نبوده و وجود تغییرات در تیپ آب‌ها نشانگر متاثر شدن ترکیب شیمیایی چشمه طاغدانلو از لیتولوژی منطقه می باشد. وجود کاتیون های کلسیم، منیزیم و سدیم و آنیون های بی کربنات و سولفات به طور غالب نشانگر وجود سنگ‌های آهکی و دولومیتی می باشد. ترکیب هیدروشیمیایی آب از نظر تکاملی در ابتدای مسیر تکامل (بی کربناته به سولفات و سپس کلروه) قرار دارد.

۴- شاخص اشباع یونی

شاخص اشباع برای ارزیابی شدت تعادل بین آب و کانی‌های مختلف مورد استفاده قرار می گیرد. تغییرات در حالت اشباع برای تشخیص مراحل مختلف تکامل هیدروشیمیایی و کمک به تشخیص اینکه کدام واکنش‌های ژئوشیمیایی در کنترل شیمی آب مؤثر است استفاده می‌شود (Coetsiers and Walraevens 2006). شاخص اشباع یک کانی از رابطه (۱) بدست می آید.

$$SI = \log\left(\frac{IAP}{Kt}\right) \quad (1)$$

که در آن IAP محصول اکتیویته یون^۱ و Kt، ثابت انحلال برای کانی در دمای مشخص نمونه برداری است. اگر شاخص (SI) زیر صفر باشد نشانگر این است که نمونه نسبت به کانی مشخص تحت اشباع است. اگر شاخص اشباع بزرگتر از صفر باشد نشان دهنده این است که نمونه آب نسبت به کانی مشخص فوق اشباع می باشد. اگر مقدار این شاخص برابر با صفر باشد نمونه آب در حالت تعادل با کانی مشخص قرار دارد. شاخص های اشباع برای نمونه‌های آب زیرزمینی توسط کد کامپیوتری PHREEQC محاسبه شد.

جدول ۲: مقدار شاخص های اشباع چشمه طاغدانلو در فصول مختلف نمونه برداری.

SI Anhydrite	SI Halite	SI Gypsum	SI Dolomite	SI Calcite	فصل نمونه برداری
-۱/۶۲	-۶/۸۲	-۱/۳۷	-۰/۸۲	-۰/۱	پائیز ۹۳
-۱/۵۴	-۷/۰۴	-۱/۲۸	-۰/۱۳	۰/۲۹	زمستان ۹۳
-۱/۶۱	-۶/۸۹	-۱/۳۹	۰/۰۴	۰/۳۲	پائیز ۹۴

1. Ion Activity Product



با توجه به جدول ۲ آب چشمه نسبت به کانی‌های کلسیت در پائیز تحت اشباع و در زمستان ۹۳ و پائیز ۹۴ فوق اشباع است و دولومیت فقط در پائیز ۹۴ در حالت فوق اشباع و در سایر دوره‌های نمونه‌برداری تحت اشباع است و نسبت به کانی‌های و هالیت و انیدریت تحت اشباع هستند. در صورتی که شاخص اشباع کمتر منفی باشد این مسئله بیان‌کننده این است که این کانی به مقدار کافی در این سازند حضور ندارد یا می‌تواند مرتبط با مدت‌زمان کوتاه ماندگاری آب باشد (Aghazadeh and Moghaddam, 2010) و اگر شاخص اشباع مثبت باشد می‌تواند مرتبط با انحلال ناهمگون، اثر یون مشترک، تبخیر، افزایش سریع دما و آزاد شدن گاز دی‌اکسید کربن باشد (Appelo and Postma, 1997).

تقریباً تمامی نمونه‌های آب نسبت به کلسیت و دولومیت فوق اشباع و نسبت به ژیپس، هالیت و انیدریت تحت اشباع است که پیشنهادکننده این است که کانی‌های کربناتی بر روی ترکیب شیمیایی منابع آبی منطقه اثر می‌گذارند و همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود اغلب تیپ آب منابع آبی دشت قوری میدان کلسیم بی کربناته است. در منطقه مورد مطالعه انحلال هالیت، ژیپس و کلسیت روی می‌دهد در حالی که کانی‌های کلسیت و دولومیت رسوبگذاری می‌کنند. افزایش غلظت‌های کلسیم، منیزیم، بی کربنات یا کربنات از سایر منابع غیر از انحلال کلسیت و دولومیت باعث فوق اشباع شدن نمونه‌های آب نسبت به کلسیت و دولومیت و رسوبگذاری آن‌ها می‌شود (Sarikhani et al, 2015).

۵- بررسی کیفیت آب چشمه دشتک برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعتی

به منظور استفاده از منابع آبی برای اهداف مختلف بررسی کیفیت آب بر اساس استانداردهای هر زمینه امری ضروری می‌باشد. کیفیت و ویژگی‌های هیدروژئوشیمیایی هر منبع آبی با توجه به شرایط زمین شناسی و حضور سازندهای مختلف دارای تفاوت‌هایی می‌باشد به همین منظور بایست بهترین مورد مصرف هر منبع آبی تعیین گردد. برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعتی به ترتیب از استانداردهای شولر، ویلکوکس و ضریب لانژیه استفاده می‌شود.

نمودار شولر یک نمودار نیمه لگاریتمی برای بیان کیفیت آب از نقطه نظر غلظت یون‌های مختلف است و برای مصرف شرب در نظر گرفته می‌شود. با توجه به غلظت کلسیم، منیزیم، سدیم، کل مواد جامد محلول، سختی کل، سولفات و بی کربنات و بوسیله نمودار شولر کیفیت نمونه‌های آب چشمه برای مصرف شرب مورد بررسی قرار گرفت.

مصرف آب‌های شور برای کشاورزی باعث کاهش محصولات کشاورزی و شور شدن خاک می‌شود. طبقه بندی ویلکاکس کاربردی ترین روش برای طبقه بندی آب از نظر کشاورزی می‌باشد. در این نمودار هدایت الکتریکی آب (C) و نسبت جذب سدیم (S) در نظر گرفته می‌شود. هدایت الکتریکی بیانگر میزان مواد معدنی محلول (یون‌ها) می‌باشد و نسبت جذب سدیم به معنی جذب یون سدیم محلول در آب در نتیجه ی تبادل کاتیونی آب در خاک می‌باشد. داده‌های هدایت الکتریکی در صحرا اندازه‌گیری شده و مقدار نسبت جذب سدیم از رابطه (۲) بدست می‌آید (غلظت کلیه یون‌ها در این رابطه برحسب میلی اکوی والان بر لیتر می‌باشد).

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (2)$$



برای بررسی وضعیت آب از نظر صنعتی (خوردنگی یا رسوبگذاری) ضریب اشباع لانیثه (Li) با استفاده از رابطه ۳ برای تمام نمونه های آب محاسبه شده است.

$$Li = pH - pHs \quad (3)$$

آب هایی با خاصیت رسوبگذار باعث مسدود شدن لوله ها و در نتیجه کاهش دبی عبوری و آب هایی با خاصیت خوردنگی باعث سوراخ شدن لوله ها و هدر رفتن آب می شود. هرگاه ضریب لانیثه منفی باشد آب تمایل به خوردنگی دارد، اگر صفر باشد آب متعادل است و اگر مثبت باشد آب تمایل به پوسته گذاری داشته و رسوب می کند (مقیم، ۱۳۸۴).

جدول ۳: وضعیت کیفیت چشمه طاغدانلو برای مصارف مختلف (شرب، کشاورزی و صنعتی)

فصل نمونه برداری	شرب	کشاورزی	صنعتی
پائیز ۹۳	خوب	شور - قابل استفاده برای کشاورزی	خورنده
زمستان ۹۳	خوب	کمی شور - مناسب برای کشاورزی	خورنده
پائیز ۹۴	قابل قبول	شور - قابل استفاده برای کشاورزی	خورنده

۶- نتیجه گیری

چشمه طاغدانلو از مهمترین چشمه های روستای بهکده است که برای آبیاری باغات و به مقدار کمتر شرب مورد استفاده قرار می گیرد. گسترش قابل توجه سازند آهکی تیرگان در منطقه قرارگیری چشمه طاغدانلو و شرایط مناسب ساختاری آن موجب توسعه کارست و ظهور چشمه کارستی متعدد در منطقه شده که چشمه طاغدانلو یکی از این موارد می باشد. بدلیل حضور گسترده سازند تیرگان کیفیت آب زیرزمینی در این محدوده مرتبط با سنگ شناسی و سیستم کارستی منطقه می باشد بطوری که تیپ و رخساره غالب در ادین چشمه در هر ۳ فصل نمونه برداری ثابت و کلسیم بی کربنات است. از نظر شاخص اشباع کانی های انیدریت، هالیت و ژیپس در هر ۳ فصل تحت اشباع هستند اما کانی های کلسیت در پائیز ۹۳ تحت اشباع و در زمستان ۹۳ و پائیز ۹۴ فوق اشباع و دولومیت در پائیز و زمستان ۹۳ تحت اشباع و در پائیز ۹۴ فوق اشباع است. از نظر مصارف شرب، کشاورزی و صنعتی به ترتیب در وضعیت خوب، قابل استفاده برای کشاورزی و خوردنده قرار دارد.



۷- فهرست منابع

- کاظمی، م.، و محمدزاده، ح. (۱۳۹۲). بررسی منابع انرژی ژئوترمال (چشمه های آب گرم ایوب و آب گرم شفا- استان خراسان شمالی). دومین همایش ملی انرژی های نو و پاک. دانشکده فنی شهید مفتاح همدان.
- مقیم، ه. (۱۳۷۷). هیدروژئوشیمی. انتشارات دانشگاه پیام نور. تهران.
- میلانویچ، پ.، ت. ترجمه: آغاسی، عبدالوحید (۱۹۸۱). هیدروژئولوژی کارست. انتشارات طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور.
- Aghazadeh, N., & Mogaddam, A. A. (2004). Evaluation effect of geological formation on groundwater quality in the Harzandat plain aquifer. Symposium of Geosciences of Iran, 22: 392-395.
- Appelo, C. A. J., & Postma, D. (1996). Geochemistry, groundwater and pollution (p. 536). Rotterdam: Balkema
- Coetsiers, M., & Walraevens, K. (2006). Chemical characterization of the Neogene Aquifer, Belgium. Hydrogeology Journal, 14: 1556-1568.
- Sarikhani, R., Ghassemi, A., Ahmadnejad, Z and Kalantari, N. (2015). Hydrochemical characteristics and groundwater quality assessment in Bushehr Province, SW Iran. Environment Earth science, 48: 53-65.