



بررسی هیدروژئوشیمی چشمه‌های آب‌های گرم در ارتفاعات الله‌اکبر درگز

۱- حسین محمدزاده، گروه زمین‌شناسی و گروه پژوهشی تحقیقات آب‌های زیرزمینی و ژئوترمال (متاب)، پژوهشکده آب و محیط‌زیست،

دانشگاه فردوسی مشهد

۲- بنفشه اسدی چهاربرج، دانشجو کارشناسی‌ارشد هیدروژئولوژی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

*Email: mohammadzadeh@um.ac.ir

چکیده

در این مقاله، ویژگی‌های هیدروژئوشیمیایی چشمه‌های آبگرم و آبسرد شمال ارتفاعات الله‌اکبر درگز هزار مسجد، واقع در زیرپهنه رسوبی-ساختاری کپه‌داغ شرقی، بررسی شده است. براساس نتایج حاصل از دیاگرام پایپر چشمه‌های آبگرم دارای تیپ کربناته و رسوب‌گذار بوده و احتمالاً از منبع تغذیه مشترکی برخوردار هستند، درحالی‌که چشمه آبسرد چهل‌میر دارای تیپ سولفات و ترکیب شیمیایی متفاوتی است. وجود گسل بزرگ الله‌اکبر در منطقه بر دمای آب چشمه‌ها و اختلاط آب‌های سرد و گرم تأثیرگذار بوده است. این مطالعه نقش مهم گسل‌ها و لیتولوژی منطقه در تغییرات کیفیت و تیپ آب چشمه‌ها را تأیید می‌کند. همچنین، براساس دیاگرام شولر، کیفیت آب چشمه‌ها دارای ترکیب مشبیه در محدوده "خوب تا قابل قبول" و آب چشمه چهل‌میر در بازه "خوب تا متوسط" قرار دارد و می‌تواند منبعی برای جذب گردشگر و سرمایه‌گذاری‌های توریستی و استفاده از آب برای عشایر منطقه باشد. از نظر کشاورزی کیفیت آب چشمه‌ها کمی شور تا شور می‌باشد، اما قابل استفاده برای کشاورزی است.

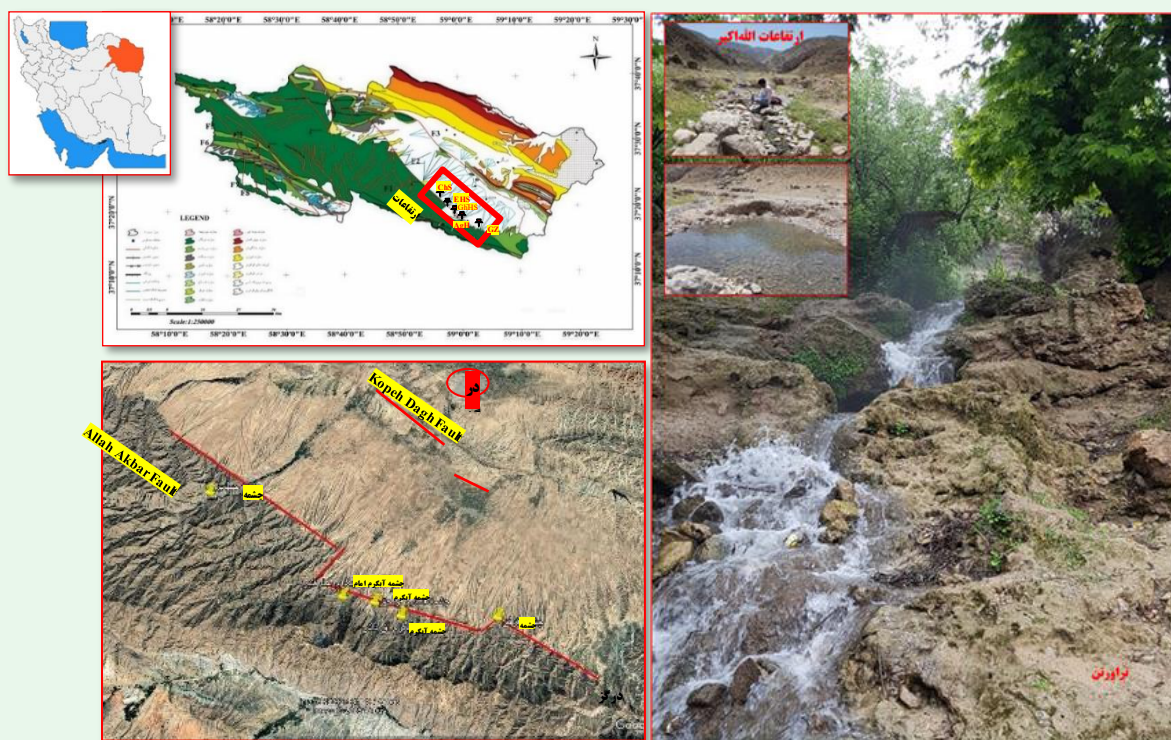
کلمات کلیدی: چشمه‌های آبگرم، ارتفاعات الله‌اکبر، درگز

۱- مقدمه

آب‌های زیرزمینی مهمترین منبع آب شیرین و تنها منبع قابل اطمینان برای تامین آب شرب، کشاورزی و صنعت در مناطق خشک و نیمه خشک، محسوب می‌شوند. ترکیب شیمیایی آب‌های زیرزمینی متأثر از عوامل متعددی از قبیل عوامل هیدرولیکی، اختلاط آب‌ها، تیخیر، تبادل کاتیونی، کیفیت آب باران، ترکیب سنگ شناسی و کانی شناسی سنگ‌های منطقه می‌باشد (محمدزاده، ۱۳۷۹؛ قاسمی و همکاران، ۱۳۹۲). میزان آنیون‌ها و کاتیون‌های موجود در آب بستگی به مواد تشکیل‌دهنده زمین و مسیر جریان و نفوذ آب‌های زیرزمینی دارد به گونه‌ای که تیپ آب‌های زیرزمینی در هر ناحیه بستگی به منشأ آب زیرزمینی و مسیر جریان یا نفوذ آب‌ها خواهد داشت (Al-Agha and Al-Nakhal, 2004). ارتفاعات الله‌اکبر درگز، بخشی از هزارمسجد بوده و در زیرپهنه رسوبی-ساختاری کپه‌داغ شرقی درحوضه آبریز قره قوم در استان خراسان رضوی واقع شده است. در منطقه چشمه‌های کارستی فراوانی وجود دارد که تعدادی از آن‌ها به عنوان چشمه آبگرم شناخته می‌شوند که می‌توانند منابع مهمی برای تامین انرژی ژئوترمال و یا مقاصد توریستی در منطقه باشند. بنابراین هر گونه مطالعه هیدروژئولوژیکی در این منطقه از نظر سیاسی، اقتصادی و اجتماعی بسیار حائز اهمیت است. این چشمه‌های آبگرم تراورتن ساز بطور مستقیم از سازند سخت تیرگان تخلیه می‌شوند. در این مطالعه به بررسی فرآیندهای هیدروژئوشیمیایی، ارزیابی کیفیت، تیپ آب چشمه‌های آبگرم درگز جهت مصارف شرب و کشاورزی و صنعت می‌باشد.

۲- موقعیت جغرافیایی

ارتفاعات الله اکبر درگز، در حدود ۳۱۰۰ تا ۳۱۵۰ متر ارتفاع دارد و جز بلندترین نقاط ارتفاعات هزار مسجد محسوب می شود و در شمال غرب مشهد قرار گرفته است. در شمال ارتفاعات الله اکبر، ۳ دهنه چشمه آبگرم (آبگرم امام قنبر، آبگرم قولجق و آق داش) تقریباً در یک راستا دیده می شوند و در همان راستا ولی در فاصله دورتر چشمه های آب سرد (چهل میر و قزلق) جریان دارند. این چشمه ها از سازند تیرگان، که در پایین و بالا به ترتیب با سازندهای شوربچه و سرچشمه هم پوشانی دارد، تخلیه می گردد. همچنین گسل های متعددی با روندهای شمال غربی-جنوب شرقی، شمالی-جنوبی و شمال شرقی-جنوب غربی در منطقه دیده می شوند (شکل ۱).



شکل ۱: نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه و موقعیت چشمه های آبگرم (سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور، نقشه های زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰، شیت های درگز و بجنورد؛ محمدزاده، ۱۴۰۳)

۳- روش مطالعه

به منظور دستیابی به هدف مطالعه ابتدا موقعیت چشمه ها بر روی نقشه مشخص گردید. سپس در طی مطالعات صحرایی، وضعیت زمین شناسی منطقه (شامل سازندها، سنگ شناسی آن ها و گسل های موجود) در محل ظهور چشمه ها بررسی شد. همچنین جهت بررسی کیفیت شیمیایی آب چشمه ها در دو نوبت فصل تر و خشک (خرداد و آبان ماه سال ۱۴۰۲)، تعداد ۱۰ نمونه آب برداشت شد. نمونه ها بلافاصله به آزمایشگاه شرکت آب منطقه ای منتقل و پارامترهای صحرایی آب (هدایت الکتریکی-EC، اسیدیته-pH و

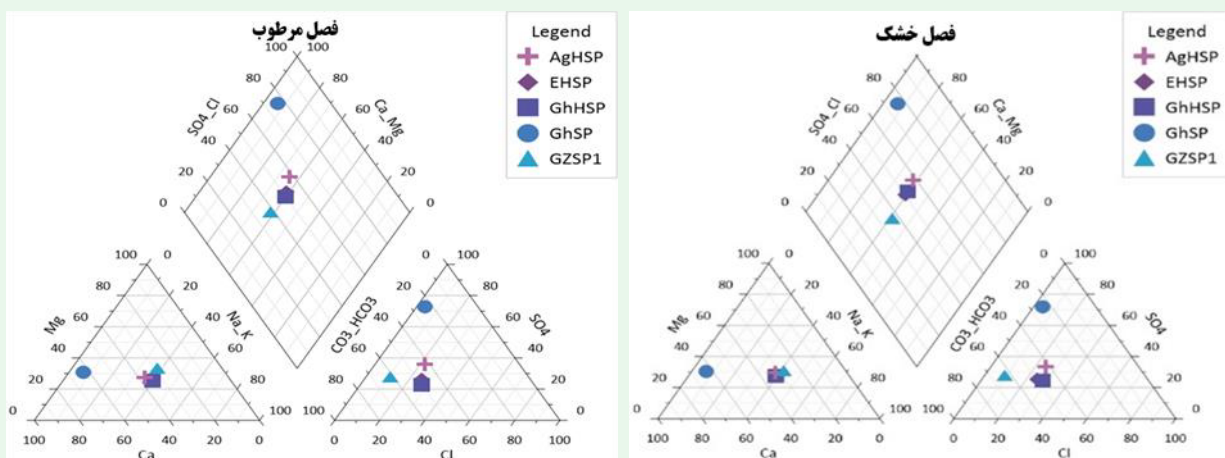


ذرات جامد معلق (TDS) و غلظت کاتیون‌های اصلی (Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+) و آنیون‌های اصلی (HCO_3^- , SO_4^{-2} , Cl^-) مورد آنالیز قرار گرفت. با استفاده از نرم افزار Grapher و رسم نمودارهای پایپر و شولر تیپ نمونه‌های آب تعیین و نتایج آب از نظر مصارف مختلف تجزیه و تحلیل گردید.

۴- بحث

نتایج اندازه گیری کیفیت شیمیایی آب چشمه‌های آبگرم و سرد شمال ارتفاعات الله اکبر در دو نوبت فصل تر و خشک در جدول ۱ ارائه شده است.

تیپ آب نشان دهنده نوع عناصر موجود در آن است که می تواند متأثر از لیتولوژی منطقه باشد (Silva Filho et al, 2009). رخساره‌های هیدروشیمی حاصل اثر متقابل ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی سنگ‌ها، نیروی جنبشی محلول و الگوی جریان سفره آب زیرزمینی هستند (Back, 1996). باتوجه به اینکه چشمه‌های مورد مطالعه از سازند تیرگان خارج می‌شوند موقعیت آنها در دیاگرام و پایپر (شکل ۲) تیپ آب چشمه‌های آبگرم امام قنبر، قولجق و آق داش و همچنین چشمه آبسرد قزلق، مشابه و از نوع کربناته و رسوبگذار هستند و منبع تغذیه یکسانی دارند. این چشمه‌ها احتمالاً به گسل بزرگ الله اکبر که در منطقه و دقیقاً در مسیر چشمه ها قرار دارد باید مربوط باشد. چشمه آبسرد چهلمیر تیپ کاملاً سولفات داشته و با بقیه متفاوت است. چشمه کارستی امام قنبر از نوع چشمه‌های گسلی بوده که از سازند تیرگان تخلیه می‌شود و به لحاظ درجه حرارت آب در گروه چشمه‌های آبگرم قرار می‌گیرد. این چشمه کارستی خروجی‌های متعددی دارد که تمام آن‌ها دما و هدایت الکتریکی کم و بیش یکسانی دارند و به احتمال زیاد از یک آبخوان تخلیه می‌شوند.



شکل ۲: نمودار پایپر در دو فصل خشک و مرطوب.

گسل ها با تغییر در توالی لایه ها بر دبی و کیفیت منابع آبی اثر گذار می‌باشند (هاشمی و همکاران ۱۳۸۹). گسل ها باعث ایجاد آبراهه‌ها، نمایان شدن چشمه‌ها و تغییر مسیر رودخانه‌ها می‌شوند (White, 1988; Milanovic, 1988). گسل ها در ظهور چشمه های آب گرم نقش مهمی را ایفا می‌کنند (فیض‌اله پور، ۱۴۰۲). منطقه مورد مطالعه از لحاظ تکتونیکی بسیار فعال است. گسل بزرگ و اصلی کپه‌داغ که به موازات گسل الله اکبر قرار گرفته از روند کلی منطقه یعنی NW-SE پیروی می‌کند. و دارای سازوکار امتداد لغز با مولفه معکوس است. به موجب این حرکت برخی سازندها در بخش شمال غربی منطقه حذف گردیده اما در قسمت شمال شرقی هنوز



وجود دارند مانند سازند سرچشمه و تیرگان (فروغی گرو، ۱۳۹۱). هر سه چشمه آبگرم از سازند کربناته تیرگان تخلیه می‌شوند. همچنین وجود معدن تراورتن در نزدیکی چشمه آبگرم قزلق دلیل بر منشا تکتونیکی چشمه‌های آبگرم منطقه می‌باشد. وجود تشکیلات تراورتن یکی از رایج‌ترین نشانه‌های سطحی چشمه‌ها هستند (De Filippis et al., 2012; HENCHIRI et al., 2017; Karaisaoglu and Orhan, 2018). تراورتن‌ها معمولاً در مناطقی ایجاد می‌شوند که تخلیه چشمه دارای مقادیر بالایی از CO₂ است، که منجر به رسوب گذاری مواد معدنی کربناته به دلیل تفاوت بین فشار جزئی CO₂ در آب صعودی و جو اطراف می‌شود (Keppel et al., 2011). رسوبات تراورتن می‌توانند در امتداد ردپای گسل‌ها تشکیل شوند، که می‌تواند مکان گسل‌ها را نشان دهد (Hancock et al., 1999; Brogi and Capezzuoli, 2009). در مناطقی که رسوبات تراورتنی به وجود می‌آیند، لازم است که گسل‌ها فعال باشند تا از مسدود شدن مسیرهای جریان جلوگیری شود، زیرا در غیر این صورت ممکن است چشمه‌ها خشک شوند (Brogi and Capezzuoli, 2009). در چشمه‌های آبگرمی که در امتداد گسل‌ها هستند، همبستگی مثبتی بین کل مواد جامد محلول (TDS) و عمق گردش آب مشاهده می‌شود. آب چشمه‌های آبگرم تکتونیکی معمولاً با آب‌های سرد دچار اختلاط شده و نسبت‌های آب سرد در آن‌ها از ۶۰٪ تا ۹۰٪ متغیر است. چشمه‌های آبگرم با نسبت‌های مختلف اختلاط ممکن است نشان‌دهنده ناهمگونی شبکه‌های گسل و منابع مخزنی مختلف باشند (Wu and Xun, 2023). اما بدلیل تیپ کربناته و رسوبگذار بودن چشمه‌های آبگرم منطقه، نسبت به چشمه‌های آب سرد چهل‌میر و قزلق روند کاهشی دارند. البته بدلیل وجود گسل الله‌اکبر در مسیر چشمه‌های آبگرم ممکن است ورود آب از یک لایه‌های آبدار به درون مخزن چشمه‌های آبگرم وجود داشته باشد.

جدول ۱- داده‌های حاصل از آنالیز ژئوشیمیایی چشمه‌های آبگرم و سرد.

دوره تر

نام چشمه	Sample No	EC	TDS	PH	CO3	HCO3	Cl	SO4	Ca	Mg	Na	K
چهل‌میر (آب سرد)	ChSp	۱۲۴۰.۰	۸۶۸.۰	۷.۶	۰.۰	۳.۲	۰.۵	۹.۹	۹.۰	۴.۴	۰.۹	۰.۰
آبگرم امام قنبر	EHSp	۷۰۲.۰	۴۵۶.۰	۷.۹	۰.۰	۳.۴	۱.۸	۱.۹	۲.۵	۱.۹	۲.۸	۰.۰
آبگرم قولجق	GhHSp	۷۳۲.۰	۴۷۶.۰	۷.۹	۰.۰	۳.۷	۲.۰	۱.۷	۲.۵	۱.۸	۲.۸	۰.۰
آبگرم آق‌داش	AgHSp	۷۹۸.۰	۵۱۹.۰	۷.۸	۰.۰	۳.۴	۱.۸	۲.۹	۳.۰	۲.۲	۲.۸	۰.۰
قزلق (آب سرد)	GzSp	۶۶۹.۰	۴۳۵.۰	۸.۰	۰.۰	۴.۰	۰.۷	۱.۸	۱.۹	۲.۲	۲.۵	۰.۰

دوره خشک

نام چشمه	Sample No	EC	TDS	PH	CO3	HCO3	Cl	SO4	Ca	Mg	Na	K
چهل‌میر (آب سرد)	ChSp	۱۲۳۱.۰	۸۷۱.۰	۷.۴	۰.۰	۳.۳	۰.۶	۹.۶	۸.۹	۴.۳	۰.۹	۰.۰
آبگرم امام قنبر	EHSp	۷۱۰.۰	۴۲۵.۰	۷.۶	۰.۰	۳.۶	۱.۸	۱.۸	۲.۳	۱.۹	۲.۷	۰.۰
آبگرم قولجق	GhHSp	۷۳۵.۰	۴۳۱.۰	۷.۹	۰.۰	۳.۴	۲.۰	۱.۸	۲.۴	۲.۰	۲.۸	۰.۱
آبگرم آق‌داش	AgHSp	۷۷۲.۰	۴۸۲.۰	۸.۲	۰.۰	۳.۴	۲.۰	۲.۷	۲.۵	۲.۳	۲.۹	۰.۰
قزلق (آب سرد)	GzSp	۶۷۳.۰	۴۱۸.۰	۷.۹	۰.۰	۴.۱	۰.۶	۱.۸	۱.۹	۲.۱	۲.۷	۰.۰

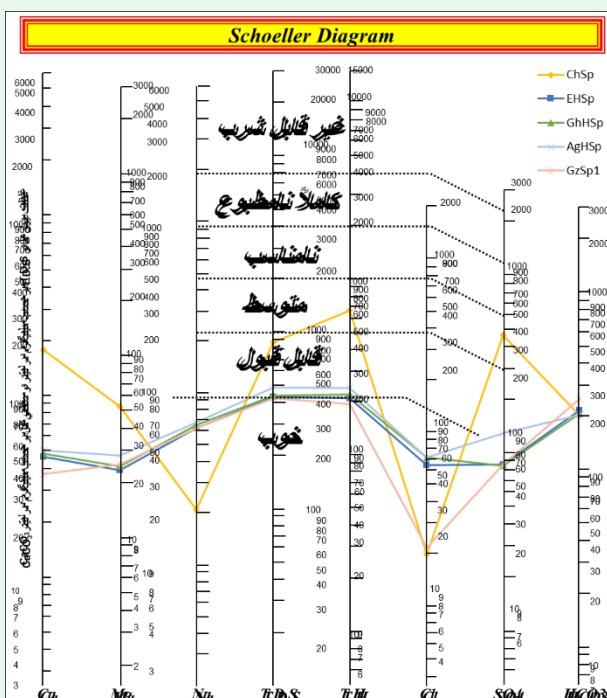
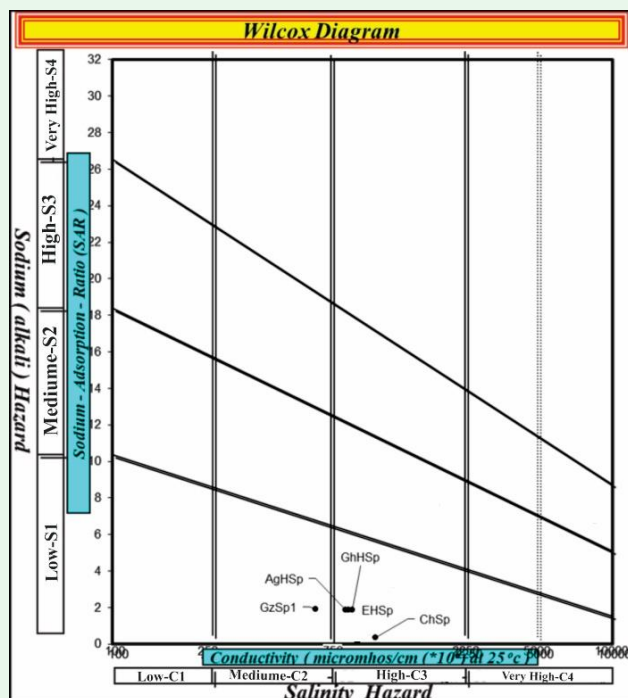
طبق دیاگرام شولر آب چشمه‌های آبگرم امام قنبر، قولجق، آق‌داش و همچنین چشمه آب سرد قزلق که ترکیب مشابه و نزدیک بهم دارند در محدوده بین خوب تا قابل قبول قرار می‌گیرند، اما آب چشمه آب سرد چهل‌میر در محدوده بین خوب تا متوسط دچار نوسان است. همچنین باتوجه به موقعیت نمونه‌ها در دیاگرام طبقه‌بندی ویلکوکس (شکل ۳). نمونه‌ها در کلاس‌های C2S1 و C3S1 (چشمه چهل‌میر) قرار می‌گیرند (جدول ۲). و علیرغم داشتن کمی شوری برای کشاورزی مناسب هستند. قابل ذکر است که شوری بالا در



آب آبیاری موجب تشکیل خاک‌های شور می‌شود و بنابراین، بکارگیری اینگونه آب‌ها مستلزم مدیریتی ویژه برای کنترل شوری و استفاده از گیاهانی با تحمل شوری بالا است.

جدول ۲: نتایج آنالیز شیمیایی منابع آب از دیدگاه استفاده در کشاورزی.

نام چشمه	Sample No.	EC	کلاس آب	کیفیت آب برای کشاورزی	کیفیت آب برای شرب
چهل‌میر (آب‌سرد)	ChSp	۱۲۴۰	C3-S1	شور-قابل استفاده برای کشاورزی	خوب و قابل قبول تا متوسط
آبگرم امام قنبر	EHSp	۷۰۲	C3-S1	شور-قابل استفاده برای کشاورزی	خوب تا قابل قبول
آبگرم قولجق	GhHSp	۷۳۲	C3-S1	شور-قابل استفاده برای کشاورزی	خوب تا قابل قبول
آبگرم آق‌دش	AgHSp	۷۹۸	C2-S1	کمی شور-قابل استفاده برای کشاورزی	خوب تا قابل قبول
قزلق (آب‌سرد)	GzSp	۶۶۹	C3-S1	شور-قابل استفاده برای کشاورزی	خوب تا قابل قبول



شکل ۳: موقعیت نمونه‌ها بر روی نمودار شولر (سمت راست) و بر روی نمودار ویلکوکس (سمت چپ).



۴- نتیجه گیری

ترکیب شیمیایی آب چشمه‌های پای شمال ارتفاعات الله اکبر به طور مستقیم تحت تاثیر نوع سنگ‌ها، ساختار زمین‌شناسی و فعالیت‌های تکتونیکی است. وجود گسل‌ها و شکستگی‌ها در منطقه باعث ایجاد مسیرهایی برای جریان آب‌های زیرزمینی و گرم شدن آن‌ها شده است. تیپ آب چشمه‌ها در دو فصل خشک و مرطوب نشان داده است تفاوت چندانی ندارند، در نتیجه می‌توان نتیجه گرفت که این چشمه‌ها با جریان‌های سطحی و فصلی تغذیه نمی‌شوند و تحت تاثیر جریان‌های آب کارستی لایه‌های بالایی نیستند و با جریان‌های زیرزمینی پایدار تغذیه می‌شوند. کیفیت آب این چشمه‌ها برای شرب خوب و مناسب است و می‌تواند هم منبعی برای جذب گردشگر و سرمایه‌گذاری‌های توریستی و هم منبع آب خوبی برای عشایر منطقه باشد. از نظر کشاورزی کیفیت آب چشمه‌ها کمی شور تا شور می‌باشد، اما قابل استفاده برای کشاورزی است.

۵- منابع

فیض اله پور، م.، ۱۴۰۳. تغییرات دمای چشمه‌های آبگرم آتشفشان سبلان با استفاده از شاخص دمای سطح زمین (LST) و سنجنده‌های TM لندست ۵ و سنجنده OLI و TIRS ماهواره لندست ۸ در بازه زمانی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۲.
فروغی گرو، ف.، ۱۳۹۱. تحلیل ساختاری تاقدیس ژرف (ارتفاعات کپه داغ). (پایان نامه کارشناسی ارشد). دانشگاه فردوسی مشهد.
قاسمی، ع.، لشکری پور، غ.، بنی‌اسدی، ع.، حسینی، م.، نعمت‌اللهی، م.، ۱۳۹۲. ارزیابی تاثیر سازندهای زمین شناسی بر کیفیت منابع آب حوزه آبریز شورلق سرخس، در استان خراسان رضوی.
محمدزاده، ح.، ۱۳۷۹. بررسی عوامل طبیعی موثر بر کاهش کیفیت ابهای زیرزمینی (بررسی موردی غلل شوری ابهای زیرزمینی دشتهای کربا).
محمدزاده، ح.، ۱۴۰۳- در حال انجام. انجام خدمات مشاوره پژوهشی مطالعات منابع آبخوان‌های سازند سخت و کارست در نواحی مرزی شمال شرق کشور، موسسه تحقیقات منابع آب، وزارت نیرو.
مقترن ز.، اصغری مقدم ا.، زینالی ع.، ۱۳۸۹. ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت کردکندی و بررسی عوامل مؤثر در شوری آن، چهاردهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین.

Al-Agha, M. R. El-Nakhal, A. (2004). Hydrochemical facies of groundwater in the Gaza Strip, Palestine. Hydrological Sciences– Journal– des Sciences Hydrologiques, vol.108, pp. 359-371.

Back, W., (1966). Hydrochemical facies and groundwater flow pattern in northern part of Atlantic coastal plain. U.S. Geol. Surv. p 498.

Brogi, A., Capezzuoli, E., (2009). Travertine deposition and faulting: The fault-related travertine fissure-ridge at Terme S. Giovanni, Rapolano Terme (Italy). Int. J. Earth Sci. 98, 931–947.

De Filippis, L., Faccenna, C., Billi, A., Anzalone, E., Brilli, M., Ozkul, M., Soligo, M., Tuccimei, P., Villa, I.M., (2012). Growth of fissure ridge travertines from geothermal springs of Denizli Basin, western Turkey. Bull. Geol. Soc. Am. 124, 1629–1645.

Hancock, P.L., Chalmers, R.M.L., Altunel, E., Çakir, Z., (1999). Travertines: Using travertines in active fault studies. J. Struct. Geol. 21, 903–916.

Henchiri, M., Ben Ahmed, W., Brogi, A., Alçiçek, M.C., Benassi, R., (2017). Evolution of pleistocene travertine depositional system from terraced slope to fissure-ridge in a mixed travertine-alluvial succession (Jebel El Mida, Gafsa, Southern Tunisia). Geodin. Acta 29, 20–41.

Karaisaoglu, S., Orhan, H., (2018). Sedimentology and geochemistry of the Kavakkoy Travertine (Konya, central Turkey). Carbonates Evaporites 33, 783–800.

Keppel, M.N., Clarke, J.D.A., Halihan, T., Love, A.J., Werner, A.D., (2011). Mound springs in the arid Lake Eyre South region of South Australia: A new depositional tufa model and its controls. Sediment. Geol. 240, 55–70.

Wu, Y., Xun, Z., (2023). Structural control effects on hot springs' hydrochemistry in the northern Red River Fault Zone: Implications for geothermal systems in fault zones.