

## هیدروژئوشیمی چشمه‌های آب گرم روستای ورتون، کوهپایه اصفهان

محمد یزدی<sup>۱</sup>، سارا رضاحاجی<sup>۲</sup> و پدارم ناوی<sup>۳</sup>

۱-استاد دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی

۲-دانشجوی کارشناس ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۳- پژوهشگر سازمان زمین شناسی کشور

تاریخ دریافت: ۹۳/۱/۲۷ تاریخ تصویب: ۹۴/۱۰/۲۱

### چکیده

چشمه های آبگرم ورتون که شامل دو چشمه آب گرم، مراد و امام رضا و یک چشمه آب سرد می باشد، در ۱۲ کیلومتری روستای ورتون از شهرستان کوهپایه و در حدود ۷۰ کیلومتری شمال خاوری اصفهان قرار دارد. مطالعات صحرایی و پتروگرافی نشان دهنده آن است که سنگ های میزبان این چشمه ها از نوع سنگ آهک های ائوسن با ترکیب کانی شناسی کربنات هایی مثل کلسیت و آراگونیت همراه کانی های اکسید و هیدروکسید آهن و کانی های رسی است. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه های هیدروژئوشیمیایی، آب هر ۳ چشمه منطقه جز گروه آب های خیلی شور هستند. دیاگرام شولر نشان می دهد املاح آب های منطقه بالاتر از حد طبیعی و غیر قابل شرب است. همچنین براساس دیاگرام پاپیر تیپ آب های هر سه چشمه، از نوع سولفات و رخساره آن ها از نوع کلسیک می باشد. اندازه گیری های ژئوشیمیایی، مشخص کردن تیپ آب و مقایسه ای مقادیر بدست آمده با استانداردهای ملی و بین المللی نشان داد که مقادیر ترکیبات شیمیایی آب این چشمه ها نسبت به استانداردهای اعلام شده بیش از حد مجاز سلامتی و محیط زیست نمی باشد. این مطالعه نشان داد اگرچه این آب ها برای کشاورزی و شرب نامناسب هستند اما می توانند برای آب درمانی مفید باشند.

واژگان کلیدی: ژئوشیمی، زیست محیطی، چشمه آب گرم، ورتون، ایران مرکزی.

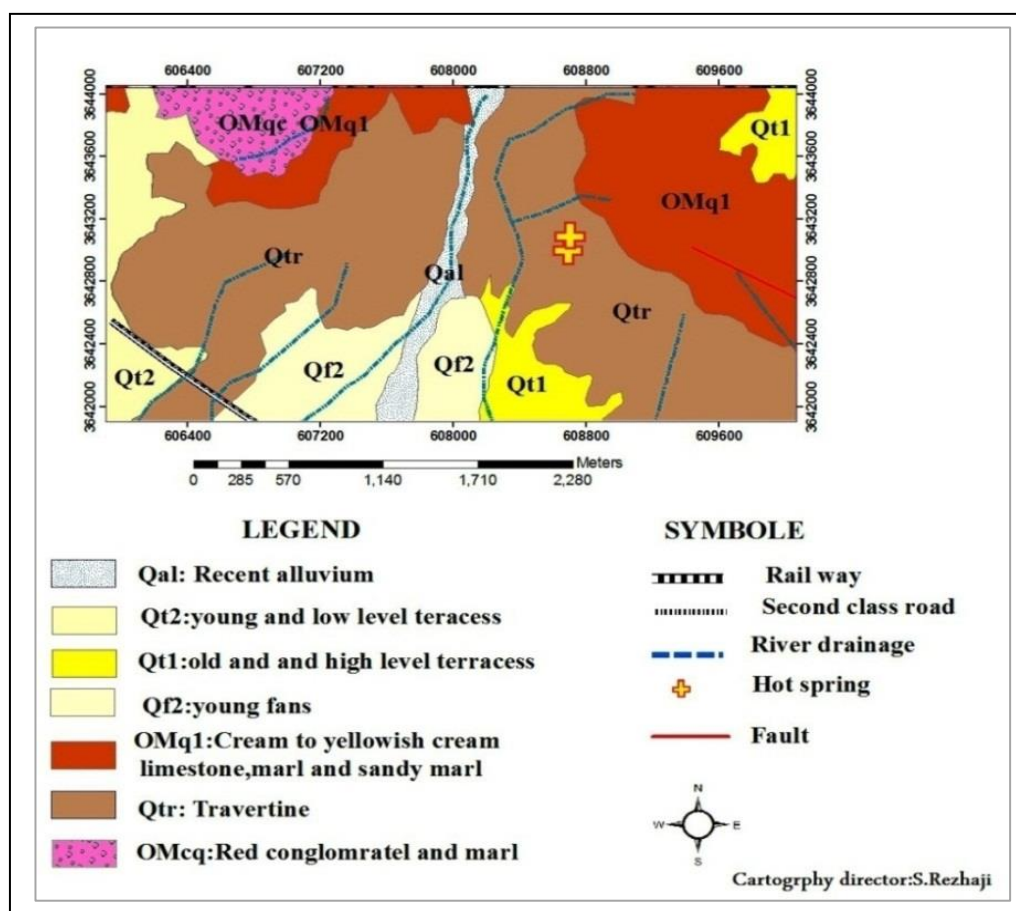
### مقدمه

به تغییرات ماهانه بارندگی، در طول سال) و با استفاده از اطلاعات ایستگاه های هواشناسی اردستان، بلان، نائین که در فاصله کمتری نسبت به منطقه مورد مطالعه قرار داشتند زمان مناسب نمونه برداری در فصول کم و پر آبی مشخص شد. سرانجام با بررسی اطلاعات به دست آمده از ۳ ایستگاه مورد نظر ماه های پر باران و کم باران منطقه مشخص شد. براین اساس ماه های دی، بهمن، اسفند و فروردین ماه های پر باران منطقه می باشند که کار برداشت

شهرستان کوهپایه در بخش شمال خاوری استان اصفهان با مختصات جغرافیایی ۳۰"، ۵۲°، ۰۰'، ۵۲° طول های خاوری و ۳۲°، ۳۰'، ۳۲°، ۰۰' عرض های شمالی قرار دارد (سوری و همکاران ۱۳۹۰). به منظور دست یابی به رخنمون ها و گستره های زمین شناختی منطقه می توان از راه های آسفالت اصفهان- کوهپایه- نائین و اردستان- ظفرقند- زفره نیز استفاده نمود. برای نمونه برداری با رسم نمودار آمبروترمیک منطقه (نمودار تغییرات ماهانه دمای هوا نسبت

زمین، در منطقه مورد بررسی، سنگ های بستر این چشمه ها بیشتر مربوط به نهشته های رسوبی الیگوسن- میوسن و بعد آن می باشند. نمونه های سنگی برداشت شده از منطقه شامل سنگ آهک، همراه کربنات (کلسیت یا آراگونیت) همراه با کانی های رسی و کانی های حاوی اکسید و هیدرو اکسید آهن می باشد. رنگ این سنگ ها در صورت آهک خالص سفید شکری و در صورت داشتن ناخالصی اکسید ها و هیدروکسیدهای آهن و منگنز رنگ قرمز است.

نمونه ما نیز در این بازه زمانی انجام گرفت (فروردین ۹۱). ماه های خرداد، تیر، مرداد و شهریور ماه های کم باران منطقه هستند که نمونه برداری در ماه شهریور انجام شد. سنگ های رسوبی واحد ائوسن کهن ترین رخنمون های سنگی دوران نوزیستی در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین شناسی کوهپایه می باشد. پس از آن مجموعه آتش فشانی- رسوبی ائوسن و نهشته های رسوبی الیگوسن- میوسن و میوسن قابل ذکر هستند. با توجه به نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ منطقه و بررسی های انجام گرفته روی



شکل ۱- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ منطقه مورد مطالعه (سوری و همکاران ۱۳۹۰)

## روش تحقیق

پس از انطباق موقعیت چشمه‌های آبگرم بر روی نقشه زمین‌شناسی و کنترل‌های صحرایی با عملیات زمین‌شناسی در منطقه، برای کسب اطلاعات زمین‌شناسی و ژئوشیمی چشمه‌های آبگرم و همچنین به منظور مطالعات ژئوشیمیایی و تعیین خواص فیزیکی و هیدروشمی و اثرات زیست‌محیطی چشمه‌های آبگرم ورتون، نمونه برداری در دوره زمانی کم باران (شهریور) و پرباران (فروردین) انجام گرفت. تعداد ۴ نمونه از چشمه‌های آب گرم و ۲ نمونه از چشمه آب سرد در هر دوره در منطقه برداشته شد. این نمونه‌ها برای تجزیه ژئوشیمیایی به آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور ارسال شدند. تجزیه ژئوشیمیایی نمونه‌ها با دستگاه ICP-OES در این آزمایشگاه انجام شد. تحلیل داده‌های ژئوشیمیایی به دست آمده با استفاده از نرم افزار GWB و SPSS انجام شد.

## روش نمونه برداری

مطالعات صحرایی در فروردین سال ۱۳۹۱ با نمونه برداری از ۲ مظهر چشمه آب گرم ورتون به نام چشمه امام رضا و چشمه مراد و ۱ چشمه آب سرد موجود در منطقه انجام پذیرفت. در این مورد برای نمونه برداری از ظروف پلاستیکی یک بار مصرف با حجم حدود ۲۵۰ میلی لیتر استفاده شد بدین صورت که ظروف را در هنگام نمونه برداری ۳ مرتبه با آب چشمه مورد نظر شستشو داده شدند. سپس آب چشمه از صافی عبور داده شده و بعد در دو ظرف جداگانه که قبلاً با آب چشمه شستشو داده شده بود،

ریخته شد. به یکی از این ظرف‌ها مقدار چند قطره اسید نیتریک اضافه شد. این عمل سبب می‌شود PH داخل ظرف به ۲ تا ۴ (شرایط اسیدی) برسد که در این حالت فلزات جذب شده به صورت یون آزاد، وارد محلول می‌شوند. این عمل برای جلوگیری از رسوب کردن فلزات و به حداقل رساندن جذب سطحی فلزات و مواد آلی توسط دیواره‌های ظرف صورت می‌گیرد. لازم به ذکر است که ظروف باید کاملاً از آب پر شوند تا از ترکیب هوا با آب جلوگیری شود. سپس درب ظروف محکم بسته می‌شود. نمونه‌های آب برداشت شده در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور مورد تجزیه قرار گرفت. همان‌طور که می‌دانیم بخش زیادی از مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها در اکتشافات هیدروژئوشیمیایی در هنگام نمونه برداری در صحرا باید انجام گیرد. از جمله اندازه‌گیری PH، هدایت الکتریکی، دما، میزان رسوب در هنگام نمونه برداری انجام شد. کلیه موارد فوق هنگام نمونه برداری از چشمه‌ها به دقت اندازه‌گیری شدند و دستگاه‌ها پس از هر اندازه‌گیری با آب مقطر شستشو داده شدند. لازم به ذکر است که متأسفانه چشمه‌های آب پوشیده نشده بود و فقط کمی دورتر از محل چشمه، کانال کشتی صورت گرفته بود و از آب چشمه، درون حوض‌هایی سرپوشیده جهت آب‌درمانی استفاده می‌شد.

## بحث و نتایج

علاوه بر آزمایش‌های شیمیایی انجام شده مثل PH, EC, T.D.S, H.T، تجزیه شیمیایی کامل و اندازه‌گیری آنیون‌ها و کاتیون‌های موثر بر روی نمونه‌ها در آزمایشگاه سازمان

زمین شناسی کشور انجام شد که به توصیف نتایج آن ها پرداخته می شود (جدول ۱).

**PH:** در آب خالص غلظت یون  $H^+$  و  $OH^-$  معادل اند و هر کدام برابر ۱۰-۷ مول بر لیتر است که PH آن معادل ۷ می باشد. هرگاه یون های  $H^+$  از یون های  $OH^-$  بیشتر شود، محلول اسیدی می شود یعنی PH کمتر است و هرگاه میزان یون های  $H^+$  بیشتر شود، محلول خاصیت بازی دارد یعنی PH از ۶ تا ۷ به معنای افزایش ده برابر غلظت یون  $H^+$  بوده و برای یون های  $OH^-$  نیز به همین ترتیب می باشد اغلب آب های زیر زمینی، از جمله آب چشمه های منطقه مورد نظر دارای PH معادل ۶ تا ۸/۵ می باشند.

**EC:** هدایت الکتریکی آب معرف قدرت یونی آن برای انتقال جریان الکتریکی است. آب خالص هدایت الکتریکی کمی دارد ولی اگر مقداری نمک به آن افزوده شود هدایت الکتریکی آن افزایش می یابد. بنابراین رابطه مستقیمی بین EC و میزان مجموع کل یون ها وجود دارد و نوعی نشان دهنده املاح موجود در آب می باشد. هدایت الکتریکی به دما نیز وابسته است و با دما افزایش می یابد، (Garg et al., 2009)

**T.D.S:** کل مواد جامد محلول (T.D.S) در آب های زیر زمینی شامل مواد جامدی است که در آب محلول می باشد اما شامل رسوبات معلق، کلوئیدها و گازهای محلول نمی شوند. بر اساس طبقه بندی هم Hem کل مواد جامد محلول آب های زیرزمینی به شرح جدول ۲ طبقه بندی می شوند. (علیزاده ۱۳۸۲). با توجه به طبقه بندی Hem، چشمه آب گرم امام رضا و مراد و چشمه آب سرد منطقه به ترتیب با (S.D.T)  $3450 \text{ mg/lit}$  و  $3420 \text{ mg/lit}$  و  $4080 \text{ mg/lit}$  دارای آب با شوری متوسط می باشند. بر اساس گزارش موسسه بین المللی مدیریت آب، کل مواد (Meenakshi, 2009).

جامد محلول نقش مستقیمی در ایجاد خطرات بهداشتی ندارد اما باعث می شود جذب و دفع نمک های محلول در آب، در بدن به تاخیر افتد و زمینه ایجاد سنگ کلیه بالا برود. سازمان بهداشت جهانی بالاترین غلظت قابل قبول T.D.S آب زیر زمینی را برای مصارف خانگی ۱۵۰۰ تعیین کرده است (WHO, 1997).

### کلرید (Cl)

کلر هر چند در آب دریا وجود دارد اما ماده اصلی و مهم چرخه هیدرولوژی است. در مناطق خشک نمکی به مقدار  $13000 \text{ ppm}$  مشاهده شده است ولی در آب باران، کمتر از  $10 \text{ ppm}$  می باشد. در آب باران نواحی ساحلی غلظت کلرید بیشتر از نواحی خشک می باشد. حل شدن سنگ های رسوبی تبخیری مانند نمک سبب بالارفتن میزان کلرید آب های زیر زمینی می شود. نمک های کلرید به مقدار زیادی قابل حل اند و توسط واکنش های شیمیایی از سنگ های مخزن آزاد می شوند. بسیاری از کلریدها در آب های زیرزمینی به شکل سدیم کلرید هستند اما در حالت عادی مقدار کلرید از میزان سدیم تجاوز می نماید که این امر ناشی از پدیده تبادل یونی است. غلظت غیر عادی کلرید ناشی از آلودگی ناحیه مورد نظر ممکن است توسط فاضلاب نیز باشد (خان نصرافهان، ۱۳۸۸).

یکی از مهم ترین وظایف تحقیقات در مورد آب ها، ارائه ی داده های شیمیایی، به طریقی می باشد که بتوان آن ها را مورد بازسازی قرار داد (Freeze et al. 1979). لذا در طی این تحقیق سعی شد با اندازه گیری متغیرهای فیزیکوشیمیایی PH, T.D.S, EC و به دست آوردن غلظت کاتیون ها و آنیون های اصلی آب در منطقه، کیفیت آب از نظر آشامیدن و آبیاری و امکان استفاده آن ها در صنعت را با استفاده از نمودارهای مربوط بررسی کرد (یعقوب پوروهمکاران، ۱۳۸۸). البته شایان ذکر است که از مهم ترین موارد مصرفی چشمه های آب گرم درجهان

می‌توان به کاربرد های آنها از نظر درمانی و اکوتوریسم اشاره کرد (Ebrahimzade , 2004).

جدول ۱- نتایج آزمایش‌های شیمیایی آب منطقه ورتون

Field No. شماره نمونه	166	168	172
Lab. No. شماره آزمایشگاه	842	843	844
Cl <sup>-</sup> ppm	709	709	851
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ppm	1247	1215	1616
PH	6.757	6.929	7.384
EC μs/cm	5195	5738	6560
TDS mg/lit	3450	3420	4080
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ppm	927	952	610
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ppm	<0.3	<0.3	<0.3

تناسب آب از نظر آبیاری و تاثیر آب بر نفوذ پذیری خاک را مشخص می‌کند. شوری با معیار هدایت الکتریکی برحسب میکروموس بر سانتیمتر سنجیده می‌شود و در محور افقی قرار می‌گیرد و سدیم با معیار نسبت جذبی سدیم (SAR) سنجیده می‌شود و در محور عمودی قرار می‌گیرد. روش طبقه بندی ویلکوکس (Wilcox) و استفاده از نمودار آن بهترین و کاربردی ترین روش طبقه بندی آب از نظر کشاورزی است که بر اساس (SAR) و هدایت الکتریکی ویژه (خطر شوری) تنظیم شده است. با توجه به دیگرام ویلکوکس و بررسی های انجام گرفته، آب هر ۳ چشمه خیلی شور بررسی های انجام گرفته، آب هر ۳ چشمه خیلی شور و نامناسب برای کشاورزی می‌باشند (Wilcox, 1948).

جدول ۳- کیفیت آب های مصرفی در کشاورزی و مقایسه آن با آب چشمه ورتون

محل نمونه برداری	SAR	EC	کلاس آب	کیفیت آب برای کشاورزی
ورتون 166	0.07	5195	C4-S1	خیلی شور، نامناسب برای کشاورزی
ورتون 168	0.04	5738	C4-S1	خیلی شور، نامناسب برای کشاورزی
ورتون 172	0.03	6560	C4-S1	خیلی شور، نامناسب برای کشاورزی

جدول ۲- طبقه بندی آب های زیرزمینی بر حسب (SDT)

(علیزاده، ۱۳۸۲)

آب شیرین	SDT < ۱۰۰۰ ppm
آب با شوری متوسط	۳۰۰۰ < SDT < ۱۰۰۰۰ ppm
آب خیلی شور	۱۰۰۰۰ < SDT < ۳۵۰۰۰ ppm
آب نمکی	SDT > ۳۵۰۰۰ ppm

امکان سنجی کاربرد چشمه های آب گرم ورتون

-دلایل عدم کاربرد در مصارف کشاورزی

استفاده در مصارف صنعتی

مشخصات تیپ آب های که در صنایع استفاده می‌شوند با توجه به نوع صنایع متفاوت است مثلاً آب‌هایی که به

شوری و مقدار سدیم موجود در آب، مهم ترین معیارهای کیفی در طبقه بندی آب از نظر کشاورزی می‌باشد، زیرا این دو پارامتر، نه تنها بر رشد گیاه موثرند، بلکه درجه

کلسیم و منیزیم بوده که حاصل از انحلال سنگ های آهکی هستند. این آب ها به نام آب های سخت معروف هستند و صابون در آن ها کاملاً کف نمی کند. این آب ها حاوی بیش از ۱۲۰ppm کلسیم و منیزیم محلول هستند. بالعکس آب های دارای مقدار کمی کلسیم محلول، آب های نرم نامیده می شوند و صابون در این آب ها براحتی کف می کند. آب های نرم در نقاطی که سنگ های آتش فشانی و ماسه سنگ وجود دارد، یافت می شوند. گروهی از کانی های هیدروسیلیکاته موسوم به زئولیت حاوی سدیم، برای از بین بردن سختی آب به کار می روند. آب های زیرزمینی در حین عبور از سنگ ها، قادر به انحلال عناصر زیان آور سنگ ها هستند. در صورت انحلال مواد سمی، این آب ها دیگر قابل استفاده نیستند. آب های عبوری از میان سنگ های حاوی گوگرد مقدار زیادی  $H_2S$  دارند که دارای بو و طعم بدی هستند اما برای نوشیدن مضر نیستند. در مناطق بسیار خشک آب هایی که از میان سنگ های رسوبی عبور می کنند قادر به انحلال نمک هستند و سپس آن را در محل دیگری رسوب می دهند و خاک های شور ایجاد می کنند که برای کشاورزی مفید نمی باشند (غضبان، ۱۳۸۵). آب آشامیدنی باید فاقد رنگ، بو و طعم بوده و از لحاظ عناصر و مواد شیمیایی موجود در آن، در محدوده ی مجازی قرار گیرد که توسط سازمان های بهداشتی تعیین شده است. اسیدیته (PH) آب شرب نباید از ۶/۳ کمتر و از ۹/۲ بیشتر باشد. محدوده PH مطلوب برای آب شرب ۷ تا ۸/۵ می باشد. سختی کل نیز از معیارهای کیفی آب شرب است که مقدار آن بر حسب وزن معادل کربنات کلسیم سنجیده می شود. برای تعیین مناسب بودن آب شرب، دیاگرام های مختلفی ارائه شده است که از این میان دیاگرام شولر (Schoeller, 1962) .

براساس استانداردهای پیشنهادی آب قابل شرب برای انسان طراحی شده است، به شکل وسیعی کاربرد دارد. طبق دیاگرام شولر مشخص شد، املاح چشمه های آب منطقه

عنوان خنک کننده استفاده می شوند دارای دمای کمی بوده و فاقد خواص خوردگی هستند، در حالی که ترکیب شیمیایی آنها مهم نیست و یا این که آب دریا برای خنک کننده های آتش نشانی و استخرهای شنا استفاده می گردد اما برای شرب، کشاورزی و بخش هایی از صنعت مانند دیگ های بخار قابل استفاده نمی باشد. خواص خوردگی و رسوبگذار بودن آب ها جهت استفاده در مصارف صنعتی یا تعیین کننده است. هر چقدر مقدار کلسیم آب ها بالاتر باشد، آن آب رسوبگذارتر است و اگر کلسیم موجود در آب کم باشد آب خوردنده تر است. چشمه های آب گرم، مانند رامسر و لاریج با مقدار بالای کلسیم حالت رسوبگذار دارند اما چشمه های آب گرم مانند ورتون یا تنکابن با مقدار کلسیم پایین، خوردنده می باشند (جدول ۴).

جدول ۴- کیفیت آب در صنعت و موقعیت چشمه ورتون

نمونه برداری	قلیائیت بر	Ca (mg/l)	PHs	PH	PHs- PH صنعتی	زای مصارف
166	0.8	3.8	10.9	6.6	4.22	خورنده
168	0.43	2.8	11.3	6.9	4.37	خورنده
172	0.27	2.4	11.5	7.3	4.11	خورنده

غیر قابل شرب بودن آب چشمه های ورتون: بطور کلی تجزیه شیمیایی چاه های آب و چشمه ها نشان می دهد که ترکیبات محلول در آب های زیرزمینی شامل کلورورها، سولفات ها، بیکربنات های کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم و آهن است که مربوط به کانی های حاوی یون های گوناگون هستند که در اثر فرسایش از بین رفته اند. همچنین به سبب وجود سنگ های مختلف، ترکیبات شیمیایی آب های زیرزمینی در محل های مختلف متفاوت است. در مکان های دارای آهک فراوان، آب های غنی از بیکربنات

ورتون بالاتر از حد طبیعی و آب منطقه نامناسب برای شرب است.

که هر کدام دارای سه رخساره کلسیک، منیزیک و سدیک (سدیم و پتاسیم) می باشند. یکی از روش های معمول داده‌های کیفی آب، با استفاده از نمودار پایپر می باشد (رقیمی وهمکاران ۱۳۸۱).

بر اساس نمودار پایپر به طور کلی برای آب ها چهار منشاء در نظر گرفته می شود که با چهار رخساره هیدروشیمیایی مشخص می گردد. داده های کیفی آب، با استفاده از نمودار های پایپر مورد بررسی قرار گرفته است. براساس نمودار پایپر، به طور کلی، برای چشمه های آب گرم چهار منشاء در رخساره نظر گرفته می شود که با چهار رخساره هیدروشیمیایی مشخص، برای تشخیص انواع آب ها شامل آب هایی با منشاء عمیق، PH خستی، حاوی کلر (نمونه های نزدیک به راس کلر) از نمونه های آب ثانویه غیر اصلی و آب های آتشفشانی می باشد (Giggenbach, 1992).

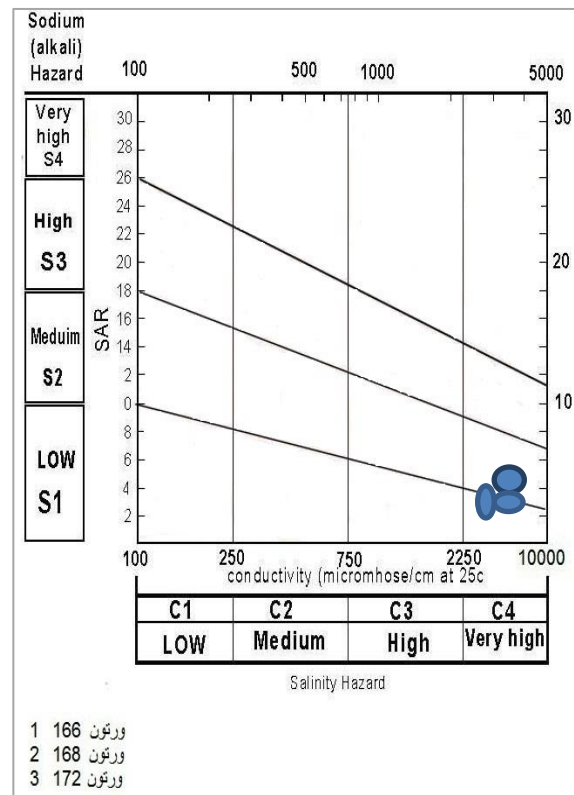
الف- رخساره  $(Ca-SO_4)$ : آب های خالص سنگ های گچی و محتوی ژپس و انیدریت

ب- رخساره  $(Ca-HCO_3)$ : آب های کم عمق و شیرین

ج- رخساره  $(Na-Cl)$ : آب هایی از منشاء دریاها و نیز آب های عمیق قدیمی

د- رخساره  $(Na-HCO_3)$ : آب های شیرین عمیق تری که تحت تاثیر تبادل یونی قرار گرفته اند.

مطابق نمودار های پایپر، نمونه های برداشتی از چشمه های آبگرم (۱۶۶ و ۱۶۸) و آب سرد (۱۷۲) در مثلث کاتیون ها تقریباً در محدوده Ca و در مثلث آنیون ها تقریباً در محدوده  $SO_4$  قرار می گیرد. براساس دیاگرام پایپر در مورد منشاء چشمه های ورتون می توان آب های خالص سنگ های گچی و محتوی ژپس و انیدریت را به عنوان منشاء برایشان در نظر گرفت. همچنین با توجه به دیاگرام پایپر تیپ آب های هر سه چشمه ما از نوع سولفات و رخساره آب ها از نوع کلسیک می باشند .



شکل ۱- دیاگرام ویلکوکس نمونه های آب منطقه ورتون

### رخساره های هیدروژئوشیمیایی چشمه های ورتون

ترکیب شیمیایی چشمه های آب گرم، تحت تاثیر سنگ شناسی مسیر جریان، به طور دائم تغییر و غلظت آنیون و کاتیون های آن، تا رسیدن به شرایط اشباع، افزایش می یابد. به منظور تعیین وضعیت آب به لحاظ ترکیب فراوانی آنیون ها، کاتیون ها و رسیدن به پیش فرضی در مورد لیتولوژی غالب در سازند های سخت مسیر جریان چشمه های آب گرم، تیپ و رخساره منابع آب مورد بررسی قرار می گیرد. تیپ آب براساس الویت غلظت یکی از آنیون ها و رخساره ها براساس اولویت غلظت یکی از کاتیون ها تعیین می گردد. به طور کلی آب ها از نظر ترکیب شیمیایی به سه نوع اصلی بی کربناته، سولفات و کلروره تقسیم شده





جدول ۵- تعیین تیپ و رخساره آب چشمه‌ها در منطقه ورتون

محل نمونه برداری	غلظت آنیون	غلظت کاتیون	تیپ آب	رخساره آب	تیپ و رخساره
ورتون ۱۶۶	SO <sub>4</sub> >Cl >Hco <sub>3</sub>	Ca>Mg Na+K	سولفات	کلسیک	سولفات کلسیک
ورتون ۱۶۸	SO <sub>4</sub> >Cl >Hco <sub>3</sub>	Ca>Mg Na+K	سولفات	کلسیک	سولفات کلسیک
ورتون ۱۷۲	SO <sub>4</sub> >Cl >Hco <sub>3</sub>	Ca>Mg Na+K	سولفات	کلسیک	سولفات کلسیک

### نتیجه‌گیری

منطقه غیر قابل شرب است. جهت تعیین رخساره‌های هیدروژئوشیمیایی چشمه‌ها آب ورتون، از یکی از روش‌های معمول داده‌های کیفی آب، یعنی نمودار پایپر استفاده گردید (Piper, 1944). براساس این دیاگرام پایپر می‌توان منشأ چشمه‌های ورتون را آب‌های خالص سنگ‌های گچی محتوی ژپس و انیدریت در نظر گرفت. همچنین با توجه به دیاگرام پایپر، تیپ آب‌های هر سه چشمه مورد مطالعه از نوع سولفات و رخساره آب‌ها از نوع کلسیک می‌باشند.

### سپاسگزاری

این پژوهش با کمک و مساعدت سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور به سرانجام رسیده است که از همکاری آن‌ها صمیمانه قدردانی می‌شود.

### منابع

- بولیک، ز، کلاتسری، ن، کاورزی، م، احمدنژاد، ز، (۱۳۹۱)، "هیدروژئوشیمی و اثرات زیست محیطی چشمه‌های آبگرم گوگردی دالکی"، فصلنامه علمی پژوهشی زمین‌شناسی محیط زیست، سال ششم شماره ۱۹، ص ۱-۱۶.

با بررسی‌های انجام گرفته بر روی آب چشمه‌های منطقه ورتون به نتایج زیر بدست آمد. از آن جا که خواص خوردگی و یا رسوب گذار بودن آب‌ها جهت استفاده در مصارف صنعتی تعیین کننده است، آب چشمه‌های منطقه ورتون مورد بررسی قرار گرفتند. بر این اساس، هر چقدر مقدار کلسیم آب‌ها بالاتر باشد، آن آب رسوبگذارتر و اگر کلسیم موجود در آب کم باشد، آب خورنده است. از آن جا که چشمه‌های آب گرم ورتون دارای مقدار کلسیم پایین هستند، خورنده می‌باشند و کمتر قابل استفاده در صنعت هستند. جهت استفاده از آب چشمه‌ها در مصارف کشاورزی، دو عامل شوری و مقدار سدیم موجود در آب بسیار حائز اهمیت هستند و مهم‌ترین معیارهای کیفی در طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی می‌باشد. با استفاده از روش ویلکوکس (Wilcox, 1948) و استفاده از نمودار آن، چنین نتیجه‌گیری شد که آب هر سه چشمه خیلی شور و نامناسب برای کشاورزی می‌باشند. برای تعیین مناسب بودن آب، از نظر شرب، از دیاگرام شولر استفاده شد که براساس استانداردهای پیشنهادی آب قابل شرب برای انسان طراحی شده است. طبق این دیاگرام، مشخص شد که املاح چشمه‌های آب منطقه ورتون بالاتر از حد طبیعی و آب

- یعقوب پور، ع.؛ رحیم سوری، ی.، شهریار، م.، (۱۳۸۸)، "ژئوشیمی زیست محیطی محدوده معدنی آغ دره، تنکابن"، گزارش طرح پژوهشی، سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۰ ص.
- **Ebrahimzade I., (2004), "Health and the role of mineral spring in tourism industry", Recent trends in tourism the Baltic and the world, conference proceedings, Greifswald.**
- **Pirajno F., (2009), "Hydrothermal Processes and Mineral Systems", Geological Survey of Western Australia, Perth, WA, Australia, pp30-38.**
- **Freeze R. A. and Cherry J. A., (1979), "Ground Water", Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, P 604.**
- **Garg, V. K., Suthar, S., Singh, S., Sheoran, A., Meenakshi, G., & Jain, S., (2009), "Drinking water quality in villages of southwestern Haryana, India: assessing human health risks associated with hydrochemistry", Environmental Geology, pp 1329-1340.**
- **Giggenbach, W.F., (1992), "Chemical techniques in geothermal exploration", In F.D, Amore (Ed.), Application of Geochemistry in Geothermal Reservoir development. UNITAR/UNDP, pp.119-144.**
- **Hem, J.D., (1989), "Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Water", 3th Ed., U.S. Geological Survey Water- Supply, P 12.**
- **Piper, A.M., (1944), "A graphical procedure in the geochemical interpretation of Water analysis", Transaction of the American Geophysical Union 25: pp913- 923.**
- **Schoeller H., (1962), "Les eaux, souterraines", Masson & Cie , Paris, 642P .**
- **WHO., (1997), "Guideline for drinking water quality health criteria and other supporting information", Vol. 2, 2nd edition. Geneva.**
- **Wilcox, L.V., (1948), "The Quality of Water for Irrigation Use", U.S. Dept. of Agriculture, Bull. 962, Washington, 19p.**
- **Wilde, F. D., Radtke, D. B., Gibs, J. & Iwatsubo, R. T., (1998), "National field manual for the collection of water quality Data- Selection of equipment for water sampling", U.S. Geological Survey Techniques of water resources investigations, Book 9, Chap. A2, variously paged.**
- خان نصر اصفهان، ع.، کنگازیان، ع.، مصدق زاده، ح.، (۱۳۸۸)، "فصلنامه رسوب و سنگ های رسوبی"، شماره ۵، ص ۳۱-۴۰.
- رحیم سوری، ی.، یعقوب پور، ع.، مدبری، س.، (۱۳۹۰)، "هیدروژئوشیمی و بررسی کیفیت آب چشمه ها و آب های آشامیدنی رو ستاهای واقع در حوضه آبریز رودخانه آغ دره، شمال باختر تکاب، استان آذربایجان غربی"، فصلنامه علوم زمین، شماره ۸۲، ص ۷۷-۸۲۳.
- رقیمی، م، یخکشی، م.، (۱۳۸۱)، "بررسی منشا چشمه آب گرم زیارت گرگان از طریق مطالعات هیدروشیمی و ایزوتوپی"، فصلنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال نهم، شماره ۳۵، ص ۲۹.
- رادفر و کهنسال (۱۳۸۵)، "نقشه زمین شناسی مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- علیزاده، ا.، (۱۳۸۲)، "اصول هیدرولوژی کاربردی"، مشهد، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ۲۳۰ ص.
- غضبیان، ف.، (۱۳۸۵)، "زمین شناسی زیست محیطی"، تهران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۹ ص.
- رجایی محمد، م.، اصغری مقدم، ا.، (۱۳۸۰)، "هیدروژئوشیمی و ژئومتری چشمه های آب معدنی و آب گرم دامنه های جنوب شرقی سبلان (سرعین و بوشلی)"، پنجمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، ۱۴ ص.
- مقیمی، ه.، (۱۳۸۵)، "هیدروژئوشیمی"، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۲۱۵ ص.
- ناظری، م.، یزدی، م.، ضیاء ظریفی، ا.، حق نظر، ش.، (۱۳۸۸)، "بررسی های اولیه زمین شناسی پزشکی چشمه های آب گرم رامسر"، فصلنامه علمی پژوهشی زمین و منابع واحد لاهیجان، سال دوم، شماره اول ص ۸۹-۹۸.
- ندایی گیلارلو، س.، حافظی مقدم، ن.، فتایی، ا.، (۱۳۹۱)، "ارزیابی کیفی و تعیین پتانسیل آلاینده گی چشمه های آبگرم سرعین"، فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست، سال ششم شماره ۱۸، ص ۹۷-۱۰۶.
- بابایی ام. و بهرام نجف پور، (۱۳۸۹)، "نقشه ها و نمودارهای اقلیمی"، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۳۳ ص.
- یزدی، م.، (۱۳۸۱)، "روش های مرسوم در اکتشافات ژئوشیمیایی"، تهران انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، ۱۸۲ ص.

# Environmental Hydrogeochemistry of hot springs in Vartoun, Kouhpayeh, Esfahan

Mohammad Yazdi<sup>1</sup>, Reza Haji Sara<sup>2</sup>, Pedram Navi<sup>3</sup>

1- Department of Geology, Shahid Beheshti University

2- MSC student, Department of Geology, Islamic Azad University, Science and Research unite

3- Geological Survey of Iran

## Abstract

Vartoun's hot springs (Imam Reza and Morad) are located in 12Km from Vartoun Village and about 70 Km from the east of Esfahan. Petrographic and field studies show that most of the base rocks of these hot springs are Eocene limestone with composition of carbonate (calcite or aragonite), iron oxide and hydroxide and clay minerals. According to the Wilcox diagram it is recognized that the water of these springs are saline and not appropriate for agricultural purposes. The result of Schoeller diagram indicating the amount of salt of the water in this region is higher than drinking water standard and according to Piper-tip diagram, the water in these three springs is sulfated and high saline type. The geochemical data show that the chemical compositions of the spring are not harmful for environment according to internal and international standards. The results of the research show that these waters are not suitable for industrial and irrigation purposes, but can be utilized for water treatment.

**Keywords:** Geochemistry, environmental, hot springs, Vartoun, Central Iran.