

## بررسی منشا چشمه آب گرم زیارت گرگان از طریق مطالعات هیدروشیمی و ایزوتوپی

مصطفی رقیمی<sup>۱</sup> و محمد ابراهیم یخکشی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان؛ <sup>۲</sup>بخش مطالعات آبهای زیرزمینی اداره کل آب استان گلستان

تاریخ دریافت: ۸۰/۷/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۸۰/۱۲/۱۵

### چکیده

امروزه چشمه‌های آب گرم از نظر اقتصادی، زمین شناسی، پزشکی و صنعت جهانگردی حائز اهمیت می‌باشند. به همین دلیل، چشمه آب گرم زیارت به عنوان تنها چشمه آب گرم موجود در استان گلستان از نظر شیمیایی و ایزوتوپی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است تا ضمن بررسی خواص و منشأ، پتانسیل آن برای استفاده‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گیرد. این چشمه با دبی متوسط سالانه ۵۲ لیتر بر ثانیه و دمای متوسط ۳۰ درجه سانتی‌گراد دارای رخساره‌های هیدروشیمی در محدوده  $\text{Na}^+ \text{Cl}^-$  و  $\text{Na}^+ \text{HCO}_3^-$  می‌باشد. کاتیون غالب آن سدیم و آنیون غالب آن کلرید می‌باشد. خواص هیدروشیمی و معیارهای ژئوترموستری چشمه، گویای این است که سیستم تغذیه چشمه و ورودی به مخزن آن بصورت پراکنده و افشان بوده و سیستم خروجی آن بصورت کانالی و سریع تحت فشار است. منشأ چشمه هیدروترمال نبوده و دمای آن ناشی از خواص زمین‌گرمایی است. مطالعات ایزوتوپی چشمه حاکی از سن قدیمی آب آن بوده و اثر ریزش‌های جدید در آن ناچیز است، تغذیه چشمه از ریزش‌های جوی مناطق مرتفع حوضه است، آب آن در عمق زیاد جریان داشته و با چشمه‌های اطراف ارتباطی ندارد. در راستای شناخت بهتر منشأ چشمه آب گرم زیارت، برخی از چشمه‌های آب گرم پهنه البرز از نظر سنگ شناختی و هیدروشیمی با چشمه فوق مورد مقایسه قرار گرفته‌اند.

**واژه‌های کلیدی:** هیدروشیمی، ایزوتوپ، چشمه آب گرم، روستای زیارت و گرگان.

### مقدمه

در ایران و جهان چشمه‌های معدنی و گرم بسیار زیادی وجود دارد که با توجه به شرایط مورفولوژی، تکتونیک، ماگماتی و جوی می‌باشد.

برخی از چشمه‌های آب گرم ممکن است ارتباط چندانی با فعالیت آتشفشانی نداشته باشند بلکه در اثر نفوذ آبهای سطحی در امتداد شکستگی و گسل‌ها و گرم شدن در اعماق و سپس صعود به



این چشمه آب گرم ذکری به میان نیامده است (۶و۵)، اما در مطالعات تأمین آب گرگان از سازندهای سخت جنوب گرگان، به این چشمه آب گرم اشاره گردیده است (۷). در این تحقیق، این چشمه از نظر هیدروشیمی، ژئوترمومتری، ایزوتوپی و همچنین تعیین نوع رخساره شیمیایی آب مورد مطالعه قرار گرفت. برای شناخت بهتر منشأ این چشمه آب گرم اقدام به مقایسه برخی از خصوصیات از نظر سنگ شناختی و هیدروشیمی با سایر چشمه‌های آب گرم انتخابی در پهنه البرز گردید.

### مواد و روشها

نمونه‌برداری از آب این چشمه از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۰ در فصل‌های بهار و پاییز انجام گرفت. نمونه‌ها در ظرف‌های پلاستیکی جمع‌آوری و برای تعیین کاتیونها و آنیونها اصلی، در آزمایشگاه اداره کل آب استان گلستان مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفتند. دمای آب چشمه با دماسنج، pH با دستگاه pH متر و EC نیز با دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی در محل اندازه‌گیری گردید. کاتیونها Na و K با دستگاه فلیم فتومتر تعیین گردید و سایر کاتیونها و آنیونها با روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد (۸). داده‌های ایزوتوپی نمونه‌ها از مطالعات انجام شده بوسیله مهندسین مشاور آبن شناختی استخراج شده است (۷). دمای اعماق از ترکیبات شیمیایی آب چشمه با استفاده از ژئوترمومترها از نمودار Na, K, Mg تعیین شده است. منشأ و نوع آب مورد مطالعه به کمک داده‌های ایزوتوپی و نمودار  $\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3$  مشخص گردید و به کمک نرم افزار Rockware 99 نمودارهای پایرواستیف از داده‌های شیمیایی نمونه آب گرم زیارت ترسیم شده است.

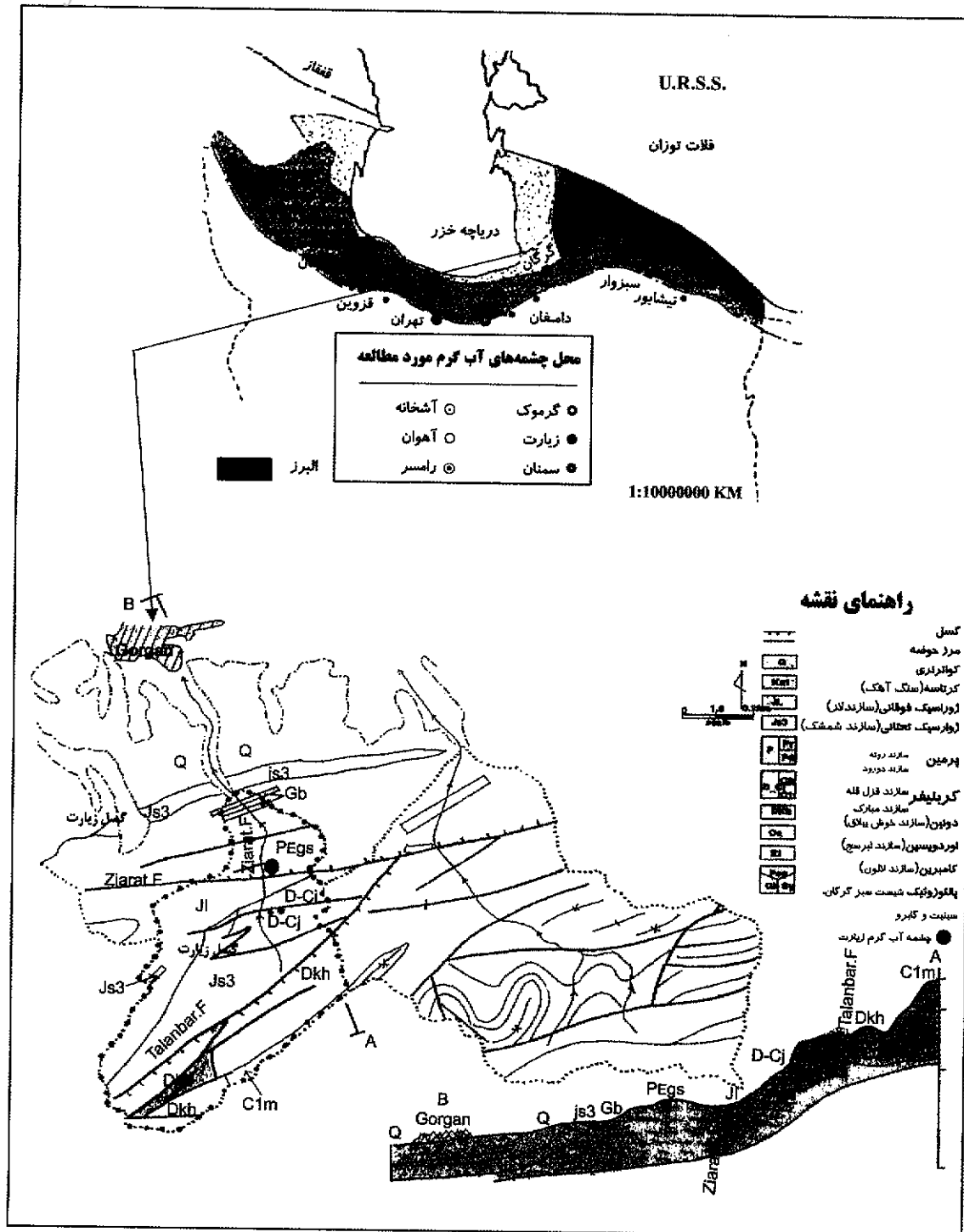
سطح زمین پدید آمده باشند (۵). مطالعه چشمه‌های معدنی و گرم ایران نیز بطور سیستماتیک صورت پذیرفته است (۱).

سازمان زمین‌شناسی کشور مطالعه و بررسی چشمه‌های معدنی ایران را انجام داده است و در حدود چهارصد چشمه آب معدنی و گرم موجود از نظر زمین‌شناسی و تکنیک و منشأ مسورد مطالعه قرار گرفته‌اند (۲). گزارشهایی در خصوص آبهای معدنی و گرم اطراف کوه دماوند و آذربایجان وجود دارد (۳و۴)، اما اکثر چشمه‌های معدنی و گرم ایران بطور جامع از نظر هیدروشیمی و نوع آب آن نیز مطالعه شده‌اند (۶). چشمه‌های آب گرم را می‌توان از نظر هیدروشیمی، ژئوهیدرولوژی، ژئوترمومتری و ایزوتوپی مورد بررسی قرار داد (۱۱، ۱۲، ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۱۸).

چشمه آب گرم زیارت در موقعیت جغرافیایی ۳۶ درجه، ۴۲ دقیقه و ۱۸ ثانیه عرض شمالی و ۵۴ درجه، ۲۸ دقیقه و ۴۶ ثانیه طول شرقی، در روستای زیارت در جنوب شهرستان گرگان و در بخش شمالی کوه‌های البرز واقع گردیده است (شکل ۱). این منطقه از نظر آب و هوایی دارای حداقل و حداکثر دمای ۶- تا ۴۶+ درجه سانتی‌گراد در سال است. این چشمه در سازند جیروود و متعلق به دوره دونین - کربونیفر می‌باشد. این سازند در شرق روستای زیارت رخنمون دارد و سطحی در حدود ۱۰ کیلومتر مربع را دربر می‌گیرد. از نظر سنگ‌شناسی دارای سنگ‌های آهکی متراکم است که در اثر گسل‌های متعدد بصورت یک توده آهکی بین سازند خوش بیلاق و شیت گرگان قرار گرفته است و چشمه آب گرم از آن خارج می‌شود. این سازند از نظر ژئوهیدرولوژی دارای مخازن آب زیر زمینی کمی در منطقه می‌باشد (شکل ۱).

با توجه به گزارشها و منابع موجود در خصوص آبهای معدنی و چشمه‌های آب گرم، از





شکل ۱- موقعیت برخی از چشمه‌های آب گرم در زون البرز و نقشه زمین شناسی محدوده چشمه آب گرم زیارت (۵)

زیارت در ماه‌های مختلف تقریباً ثابت بوده و از یک الگوی جریان پیروی کرده و رخساره آن عموماً کلرید سدیم می‌باشد. ظهور این رخساره، بیانگر نفوذ عمقی جریان از حوضه آبگیر چشمه در بالادست از طریق گسل و سایر عوامل نفوذ، ترکیب و تبادل یونی با سنگ‌ها و رسوبات کولابی و مردابی زیردوین و خوش‌بیلاق است که در اثر آن آب نفوذی رخساره کلرید - سدیک پیدا کرده، گرم شده و از طریق گسل به سطح آمده است.

علاوه بر این، برای تجزیه و تحلیل شیمیایی داده‌ها از نمودارهای الگویی استیف نیز استفاده شده است (۱۶). در این نمودار تمرکز کاتیونها در سمت چپ و آنیونها در سمت راست است. در کلیه الگوهای رسم شده استیف، کاتیون‌های عمده آن  $Na + K$  بوده و آنیون آنها نیز  $Cl$  است. در مجموع، نمودارهای الگوی استیف نمودار پاپیر را تایید می‌نماید و بیانگر این است که ترکیب شیمیایی آب چشمه از یک الگوی جریان پیروی می‌نماید (شکل ۳).

در مناطق دارای آب گرم می‌توان از طریق بررسی دما و ژئوترموتری آب، اطلاعات زیادی را کسب نمود. اساساً، در مخازن ژئوترمال دماها همگن نیستند و در جهات افقی و عمودی متفاوت می‌باشند. وقتی روش ژئوترموتری روی یک چشمه آب گرم اعمال شود می‌توان دماهای تغذیه آب زیرزمینی را انتظار داشت، بخصوص اگر چشمه از سفره آبهای زیرزمینی کم عمق تغذیه شود (۹). ژئوترموتریهای  $Na-K-Ca$  و  $Na-K-Mg$  را برای تعیین دما استفاده می‌شوند. (۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۵). در اینجا از مثلث  $Na/100$ ،  $K/100$  و  $\sqrt{Mg}$  به عنوان روشی برای تعیین دمای مخازن و تشخیص اینکه آیا آنها در تعادل با سنگ‌های میزبان هستند یا خیر استفاده گردیده است (۱۴ و ۱۵). همانطوریکه شکل ۴ نشان می‌دهد، تمام نمونه‌های چشمه آب گرم زیارت در

## نتایج و بحث

نتایج دبی و تجزیه شیمیایی نمونه‌های آب چشمه زیارت گرگان در جدول ۱ ارائه شده است. دمای چشمه در طی زمان نوسانات خاصی نداشته و ۳۰ درجه سانتی‌گراد بوده است اما pH و EC آن دارای محدوده تغییراتی از ۷ تا ۷/۸ و ۱/۶۵۲ تا ۱/۹۵۸ دسی‌زیمنس بر متر بوده است. باقیمانده خشک (TDS) نیز از ۱۰۶۲ تا ۱۲۲۵ میلی‌گرم در لیتر تغییر نموده است. مقادیر کاتیون  $Ca^{+2}$  بین ۷۰ تا ۱۲۴ میلی‌گرم در لیتر،  $Mg^{+2}$  ۲۸ تا ۵۷ میلی‌گرم در لیتر،  $Na^{+}$  ۲۰۳ تا ۲۵۳ گرم در لیتر و  $K^{+}$  بین ۱۹ تا ۳۲ میلی‌گرم در لیتر بوده است. در آنیونها،  $HCO_3^{-}$  از ۲۳۱ تا ۳۷۸ میلی‌گرم در لیتر،  $Cl^{-}$  از ۳۱۱ تا ۳۶۵ میلی‌گرم در لیتر و  $SO_4$  از ۱۳۹ تا ۳۵۳ در لیتر متغیر بوده است. چشمه آب گرم زیارت از نظر ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی قابل مقایسه با چشمه‌های آب گرم دیگری در پهنه البرز است. مهمترین ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی این چشمه‌های آب گرم در جدول (۲) نشان داده شده است (۵).

داده‌های شیمیایی چشمه آب گرم زیارت بر روی نمودار پاپیر جهت تعیین رخساره‌های هیدروشیمی ترسیم گردید (۱۷ و ۱۹). هر رخساره، عملکردی از سنگ‌شناسی، تکتونیک و الگوی جریان در سفره آب زیرزمینی است (۶). کاتیون غالب در این نمونه‌ها سدیم می‌باشد و کلرید نیز آنیون غالب است. رخساره این آب در طی سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۰ متغیر بوده است بطوریکه در آبان ۱۳۷۶،  $Na^{+} HCO_3^{-}$ ، در آبان ۷۷ بصورت  $Na^{+} SO_4^{-2}$  و در بقیه ایام به صورت  $Na^{+} Cl^{-}$  بوده است (شکل ۲). صرف نظر از تغییرات اندک در رخساره شیمیایی آب در ماه‌های مختلف آماربرداری که احتمالاً ناشی از تغییرات در دبی چشمه است نتایج دیاگرام پاپیر بیان می‌دارد که تغییرات ترکیب شیمیایی چشمه



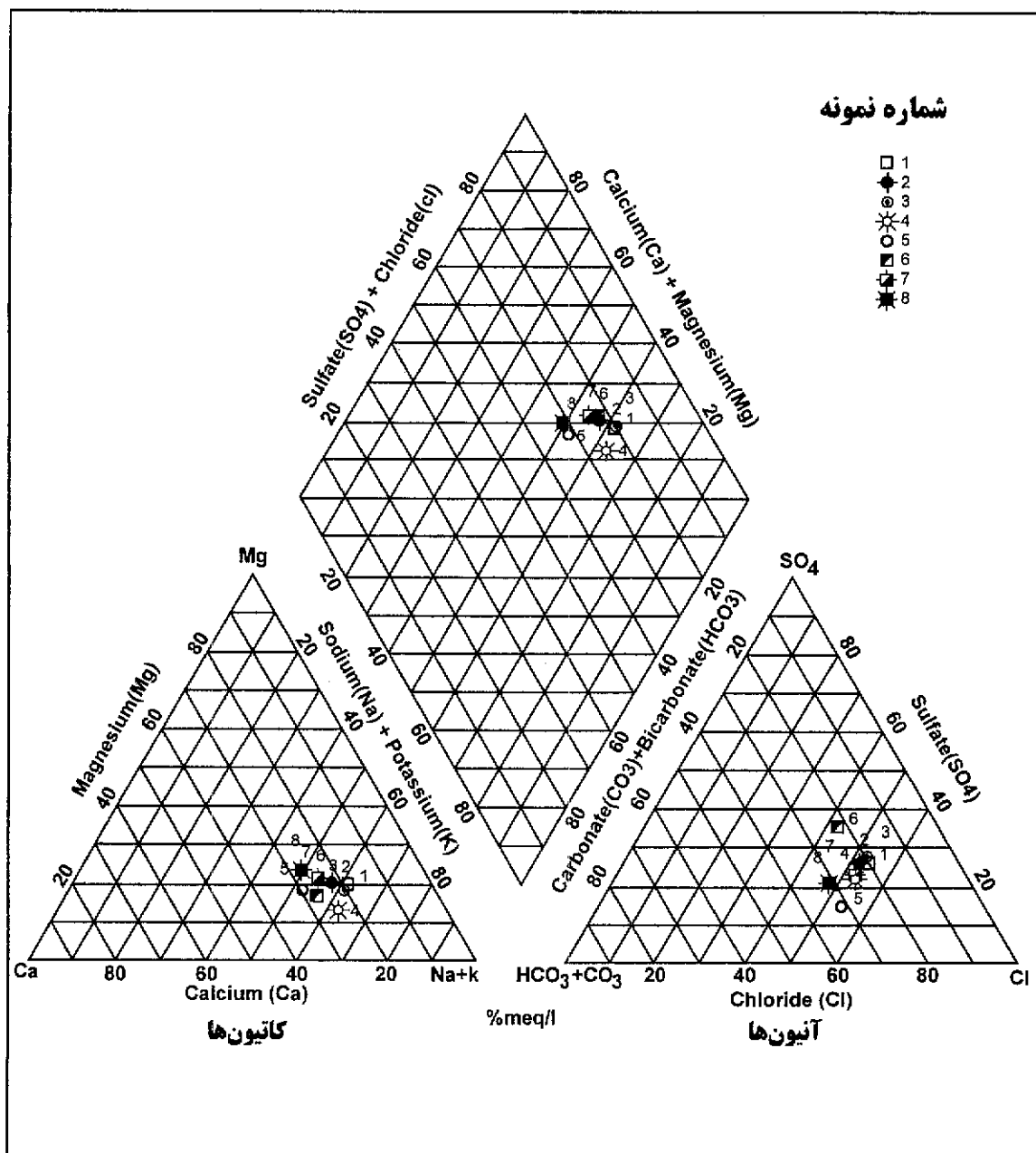


جدول ۱ - مقادیر دبی و نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های آب گرم چشمه زیارت کرگان

شماره نمونه	تاریخ نمونه برداری	Q Lit/sec	T C°	EC ds/m	T.D.S ppm	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ppm	Cl <sup>-</sup> ppm	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ppm	Ca <sup>++</sup> ppm	Mg <sup>++</sup> ppm	Na <sup>+</sup> ppm	K <sup>+</sup> ppm
۱	۸۰/۲/۱۰	۵۹	۳۰	۱/۷۴۵	۱۱۳۱	۲۲۱	۳۵۵	۲۳۳	۷۰	۴۵	۲۴۴	۲۹
۲	۷۹/۸/۲	۴۵	۳۰	۱/۷۶۳	۱۱۴۲	۲۵۶	۳۴۴	۲۳۷	۸۴	۴۶	۲۳۰	۲۸
۳	۷۹/۲/۱۴	۵۱	۳۰	۱/۸۳۹	۱۱۸۳	۲۳۲	۳۵۹	۲۵۴	۷۸	۴۳	۲۵۳	۲۷
۴	۷۸/۸/۴	۵۰	۳۰	۱/۷۶۴	۱۱۳۷	۲۸۷	۳۵۱	۱۹۹	۸۴	۲۸	۲۳۰	۳۲
۵	۷۸/۲/۱۲	۴۹	۳۰	۱/۸۲۹	۱۱۹۷	۳۷۲	۳۶۵	۱۳۹	۱۲۴	۴۶	۲۳۸	۱۹
۶	۷۷/۸/۲	۵۰	۳۰	۱/۹۵۸	۱۲۲۵	۲۸۷	۳۱۱	۳۵۳	۱۱۴	۴۳	۲۵۳	۲۳
۷	۷۷/۲/۱۰	۵۸	۳۰	۱/۶۵۲	۱۰۶۲	۲۱۲	۳۲۰	۲۰۱	۸۶	۴۲	۲۰۳	۲۱
۸	۷۶/۸/۲	۵۷	۳۰	۱/۸۷۳	۱۲۰۵	۳۷۸	۳۳۴	۱۹۹	۱۰۸	۵۷	۲۱۰	۲۴

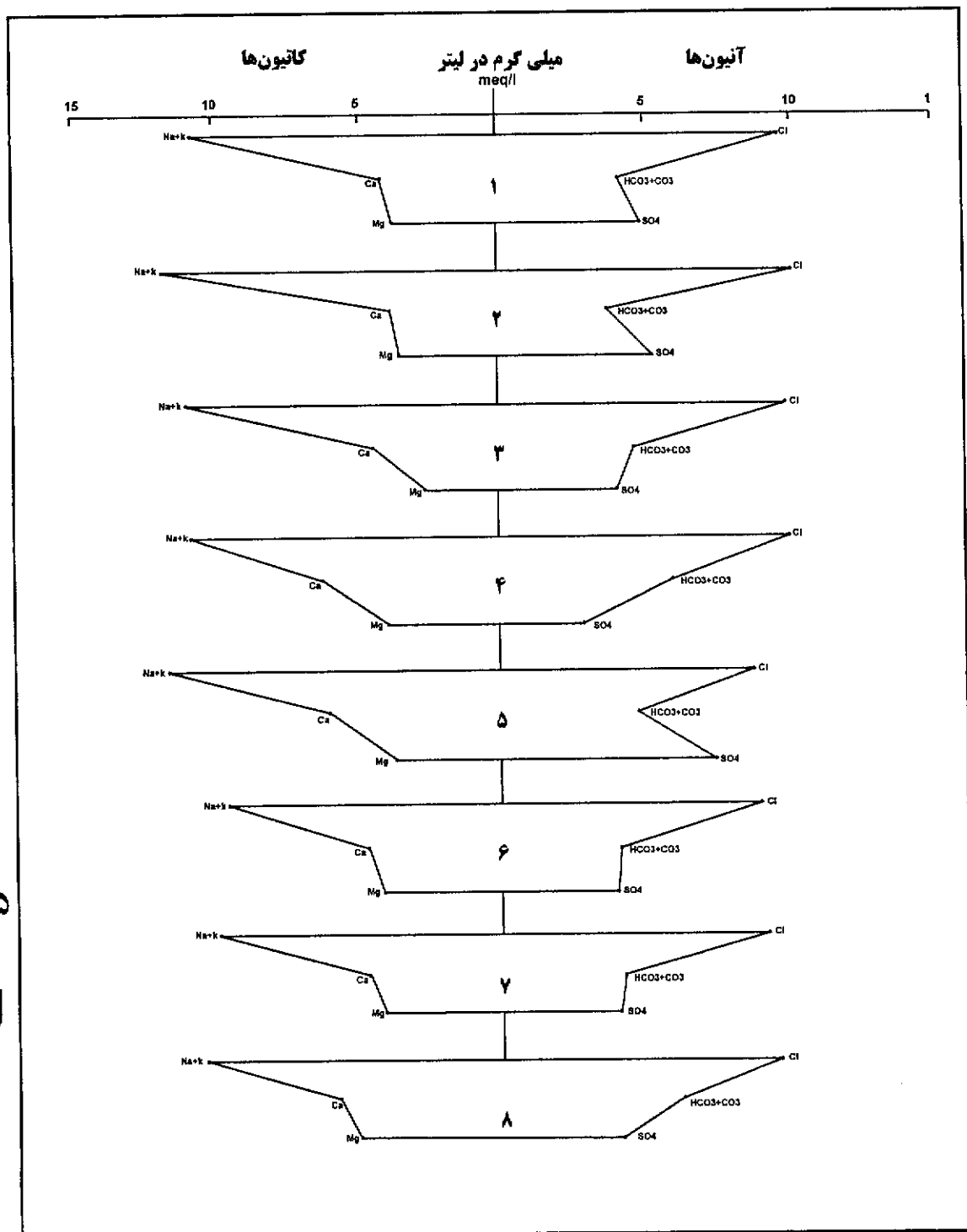
جدول ۲ - مقادیر دبی و نتایج تجزیه شیمیایی نمونه چشمه های آب گرم در بهته البرز(۵).

شماره نمونه	تاریخ نمونه برداری	Q Lit/sec	T C°	EC Ds/m	T.D.S Ppm	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ppm	Cl <sup>-</sup> ppm	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ppm	Ca <sup>++</sup> ppm	Mg <sup>++</sup> ppm	Na <sup>+</sup> ppm	K <sup>+</sup> ppm
گرموک	۲۹۰	۲	۲۸	۲/۹	۱۹۲۵	۱۳۷/۰۸	۹۵۶/۱۲	۱۱۸/۶۶	۱۹۷/۹۳	۲۷/۷۹	۴۲۷/۵	۸/۳
آشخانه	۲۹۱	۲	۲۴	۱/۵	۹۷۰	۲۱۴/۴	۱۱۴/۴۵	۳۴۷/۱	۹۲/۲۲	۳۹/۱۴	۱۵۰	۲/۷
آهوان	۲۹۴	۲	۲۲	۳/۲	-	۲۸۱	۷۸۴/۵	۵۱۶	۱۸۸	۹۹	۴۹۲/۵	۱/۷۰
سمنان	۲۹۶	۲	۳۵	۱۴/۱۱	۱۱۲۰۰	۲۱۰۵	۵۴۰۰	۱۵/۹۵	۵۱۰	۲۸۲	۳۲۰۰	۸۰
راسر	۳۵۲	۳	۴۱	۱۸/۱	۱۳۵۰۰	۶۳۲/۶۶	۶۹۰۰/۱	۱۹۶/۹۴	۵۷۶	۱۵۱/۲	۳۸۰۰	۲۹



شکل ۲- نمودار بایر چشمه آب گرم زیارت با استفاده از نمونه‌های هشت گانه ۱۳۷۶ لغایت ۱۳۸۰.





۳۵



شکل ۳- نمودارهای الگویی استیف چشمه آب گرم زیارت گرگان در نمونه‌های هشت گانه ۱۳۷۶-۱۳۸۰.

با هدف تعیین مکانیسم تغذیه و الگوهای جریان آبهای زیرزمینی انجام شد. در این مطالعه، رادیو ایزوتوپ تریتیوم به منظور تعیین سن، تشخیص جنس سنگ مخزن و بستر جریان آب زیرزمینی و نیز دو ایزوتوپ پایدار اکسیژن ۱۸ و دوتریم برای تشخیص مراکز تغذیه و نوع و منشأ آب و همچنین اختلاط و ارتباط هر آب با سایر آبهای منطقه استفاده شده است. از چشمه آب گرم زیارت، در فصل بهار و اواخر تابستان سال ۱۳۷۴ نمونه برداری صورت گرفت و ایزوتوپ‌های آنها آنالیز گردید (۷).

بر اساس این نتایج، در اواخر تابستان مقادیر تریتیوم،  $O^{18}$  و  $H^2$  به ترتیب  $0.7 + 9/55$ ،  $11/78 - 78/69$  و  $7/7 + 0.7$  و در بهار مقادیر تریتیوم و  $O^{18}$  نیز  $10/89$  - گزارش شده است (۷). نتایج تریتیوم بیانگر آن است که چشمه آب گرم زیارت از سری آبهای است که از نظر سن قدیمی بوده و اثر ریزش‌های جوی جدید در آنها ناچیز است. نتایج  $O^{18}$  حاکی از آن است که ارتفاع محل تغذیه چشمه آب گرم زیارت بالا بوده و مربوط به ریزش‌های جوی مناطق مرتفع حوضه است و آب این چشمه از عمق زیاد جریان یافته و به سطح می‌آید.

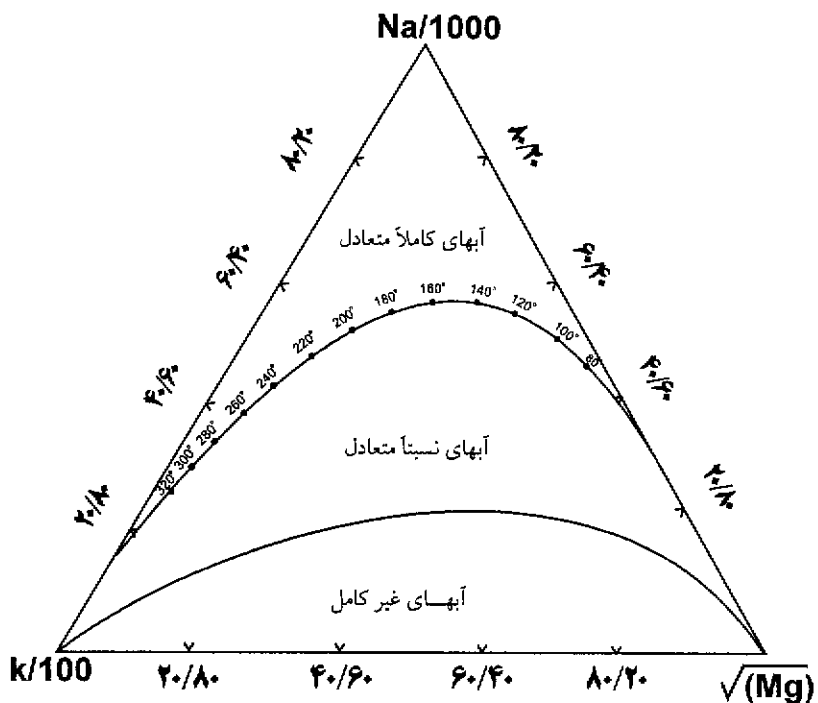
دمای ثابت چشمه آب گرم زیارت گرگان در مقایسه با تغییرات فصلی دمای محیط بیانگر عمقی بودن منشأ و مخزن چشمه می‌باشد. ترکیبات چشمه بیانگر معدنی بودن آن است و نیپ آب آن کلرید - سدیک می‌باشد. مقایسه چشمه آب گرم زیارت از نظر ویژگی‌های زمین‌شناختی و هیدروشیمی با چشمه‌های آب گرم گرموک، آشپخانه، آهوان، سمنان و رامسر توسط غسل‌های منطقه کنترل گردیده است. مظهر چشمه آب گرم گرموک و آهوان نظیر چشمه آب گرم زیارت در سنگ آهک‌های گسلیده یا مرز گسلی این سنگ‌های کربناته با سایر سنگ‌ها قرار

گوشه Mg تمرکز یافته‌اند و این امر دلالت بر آن دارد که آبهای این چشمه ناکامل هستند و واکنش چشمه آب گرم با سنگ در دماهای تقریباً پایین صورت می‌گیرد (بدلیل اینکه غلظت زیاد Mg معمولاً در دماهای پایین اتفاق می‌افتد). همانطوریکه جریان ژئوترمالی از محیط‌های با دمای بالا به پایین جریان می‌یابد، مقدار قابل توجهی از Mg را براحتی از سنگ‌های اطراف در خود حل کرده و به همراه می‌آورد (۱۶). در این مطالعه نیز غلظت Mg با توجه به دمای چشمه آب گرم زیارت (۳۰ درجه سانتی‌گراد) زیاد است که بیانگر انحلال منیزیم در دمای پایین و خروج آن به سطح است که در واقع دلالت بر نفوذ آب به عمق گرم شدن و خروج آن از مظهر چشمه دارد و سیستم جریان آن کانالی است و فرصت برای تعادل یونی کامل وجود ندارد.

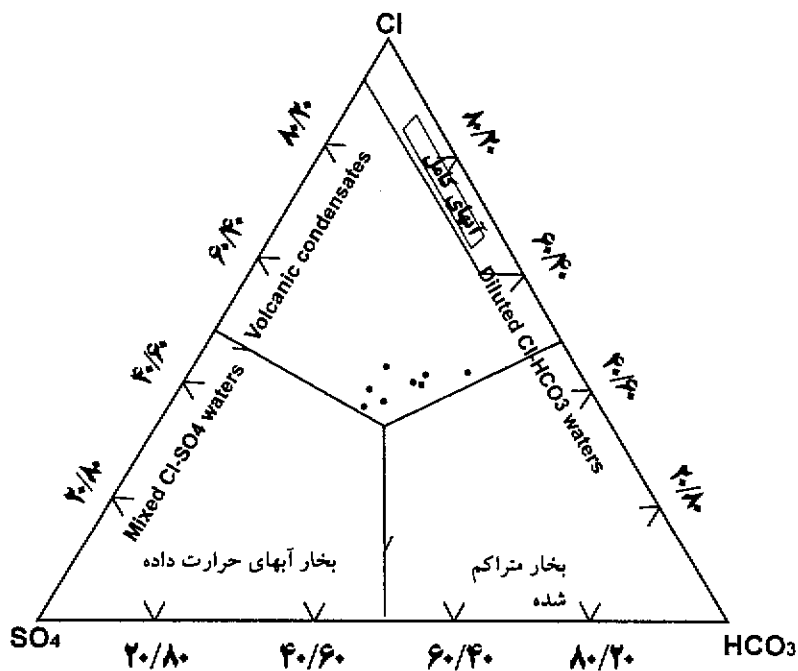
نمودار ژئوترمو متر  $HCO_3^- - SO_4 - Cl$  ارتباط بین ترکیبات مختلف را نشان می‌دهد. این نمودار بیانگر نحوه مخلوط شدن آبها و توزیع جغرافیایی آنها در یک منطقه ژئوترمالی است، بطوریکه برای مثال آبهای حاوی کلرید در مرکز منطقه ژئوترمالی قرار گرفته و بتدریج به آبهای بی‌کربنات‌دار در حاشیه تبدیل می‌شوند و آبهای گرم و بخار حاوی  $SO_4$  معمولاً در مناطق بالای میدان ژئوترمالی قرار می‌گیرند و درجه تغییرات داده‌ها بیانگر نحوه ارتباط آبها با یکدیگر نیز است (۱۸). شکل ۵ نمودار  $HCO_3^- - SO_4 - Cl$  را برای چشمه آب گرم زیارت نشان می‌دهد. این نمودار بیانگر آن است که آبهای چشمه زیارت به لحاظ ترکیبات شیمیایی و ارتباط و تبادل یونی با سنگ مخزن ناکامل بوده و میل به تبدیل به رخساره  $HCO_3^-$  دارد که در واقع بر تبادل  $CO_3$  با سیال تغذیه شونده در محیط پایین دلالت دارد. مطالعات ایزوتوپ‌های طبیعی چشمه‌ها و منابع آبی حوضه از جمله چشمه آب گرم زیارت،







شکل ۴- نمودار مثلثی  $Na^+ - K^+ - Mg^{+2}$  چشمه آب گرم زیارت گرگان.



شکل ۵- نمودار مثلثی  $Cl^- - SO_4^{2-} - HCO_3^-$  چشمه آب گرم زیارت گرگان.



بیشتری به سطح آمده و بصورت چشمه آب گرم خارج شده است. آب این چشمه با آبهای چشمه‌های اطراف ارتباطی ندارد. خواص درمانی آب گرم چشمه زیارت نیازمند بررسی بیشتری است، لیکن می‌توان از آن برای مصارف گرمایی و سایر مصارف غیرشرب با انجام لوله‌کشی برای روستای زیارت مورد استفاده قرار گیرد.

### سپاسگزاری

نویسندگان از جناب آقایان مهندس حسین دهقان و مهندس سیدمحمد سیدخادمی که همکاری صمیمانه و محبت‌آمیزی در تهیه این مقاله داشته‌اند، کمال تشکر و سپاس را دارند.

گرفته است. تیپ هیدروشیمی چشمه‌های آب گرم گرموک، آهوان، سمنامو رامسر نیز مانند چشمه آب گرم زیارت از نوع کلرید-سدیک و کربنات کلسیم است. مطالعات انجام شده منشأ این چشمه‌های آب گرم را انرژی زمین گرمایی نشان می‌دهد. از مجموع بررسی‌های به عمل آمده چنین نتیجه‌گیری می‌شود که منشأ گرمایی آب چشمه زیارت انرژی زمین گرمایی بوده و منشأ هیدروترمالی ندارد. تغذیه و تخلیه آن به گونه‌ای است که تغذیه آن از آبهای جوی در ارتفاعات بالا سرچشمه گرفته و از طریق نفوذ سطحی و درز و شکافها به صورت افشان<sup>۱</sup> به عمق رفته و در اثر انرژی زمین گرمایی، گرم شده و نهایتاً از طریق گسل زیارت بصورت جریان کانالی<sup>۲</sup> با سرعت



۱. ایقانیان، ر. و ی. صیونت، ۱۳۵۲. مطالعه سیستماتیک چشمه‌های معدنی ایران، وزارت نیرو، تهران.
۲. سازمان زمین شناسی کشور. ۱۳۶۸. نقشه آبهای معدنی و گرم ایران، تهران.
۳. شاه بیگ، ا. ۱۳۶۶. آبهای معدنی و گرم آذربایجان، سازمان زمین شناسی کشور، تهران.
۴. شاه بیگ، ا. ۱۳۶۹. آبهای معدنی اطراف کوه دماوند، سازمان زمین شناسی کشور، تهران.
۵. شاه بیگ، ا. ۱۳۷۲. آبهای معدنی و گرم، زمین شناسی ایران، معاونت طرح و برنامه، سازمان زمین شناسی کشور، تهران، ۲۱۲ صفحه.
۶. غفوری، م. ر. ۱۳۶۵. شناخت آب معدنی و چشمه معدنی ایران، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۲۸۸ صفحه.
۷. مهندسین مشاور آبن. ۱۳۷۵. مطالعات تأمین آب از سازندهای سخت جنوب گرگان، گزارش هیدروژئولوژی، جلد چهارم، ۳۳۷ صفحه.
8. APHA, AWWA and WOCF. 1989. Standard methods of determination of water and wastewater, 15<sup>th</sup> ed. APHA Publication.
9. Arnorsson, S., E. Gunniajsson, and H. Svarsson. 1983. The chemistry of geothermal waters in Iceland: III. Chemical geothermometry in geometrical investigation. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 47: 567-577.
10. Back, W. 1966. Hydrochemical facies of groundwater flow pattern in northern part of Atlantic coastal plain. U.S. Geol Surv. Prop. paper 498-A.
11. Fournier, R.O. 1944. Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems. *Geothermics*, 5: 41-50.
12. Fournier, R.O. 1981. Application of water chemistry to geothermal exploration. p. 109-143. In: M. Rybach (eds) *Geothermal Systems, Principles and Case Histories*, Wiley, Chichester.
13. Fournier, R.O., and R.W. Potter. 1979. Magnesium correction to Na-K-Ca geothermometer. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 37: 1255-1275.
14. Fournier, R.O., and A. Treusdeff. 1973. An empirical Na-K-Ca geothermometer for natural waters. *Geochim Cosmochim. Acta.* 52: 2749-2765.
15. Giggenback, W.F. 1988. Geothermal solute equilibria, deviation of Na-K-Mg-Ca geothermometers. *Geochim Cosmochim. Acta.* 52: 2749-2765.
16. Giggenback, W.F. 1991. Chemical techniques in geothermal exploration. In: D'Amore F (CO-Ordinator), *Application of geochemistry in geothermal reservoir development*. UNITAR/UNDP Publication, Rome. 119-142.
17. Hem, J.D. 1989. Study and interoperation of chemical characteristics of natural water. U. S. Geological Survey.
18. Ozler, H.M. 2000. Hydrogeology and geochemistry in the Curuksu, Denizli hydrothermal field, western Turkey. *Environmental Geology*. 39:1169-1180
19. Piper, A.M. 1944. A Graphic procedure in geochemical interpretation and water analyses. *AGU Trans.* 25:914-923.
20. Stiff, H.A. 1951. The interpretation of chemical water analysis by means of patterns. *J. Petrol. Tech.* 3: 15-17.



---

## The origin of the thermal water of Ziarat, Gorgan by hydrochemistry and isotopic studies

M. Raghimi<sup>1</sup> and M.E. Yakhkashi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran; <sup>2</sup>Water Bureau of Golestan Province, Gorgan, Iran.

---

### Abstract

Nowadays, thermal springs are very important from economic, geology medicine and tourism. Thermal spring of Ziarat is the unique thermal water of Golestan Province, which are undergone chemical and isotopic studies for determination of its properties and origin as well as its potential for other applications. This water springs with annual flow of about 52 lit/sec and means temperature of 30°C has hydrochemistry facies in limit of  $\text{Na}^+\text{Cl}^-$  and  $\text{Na}^+\text{HCO}_3^-$ . Dominated cation is sodium while dominated anion is chloride. Hydrochemistry properties and geothermometry of this spring indicate that the feed system and input to reservoir are scatter and dispersive while output system is conduit and under pressure. So that, it is not considered as a hydrothermal spring. The high temperature of this spring is due to thermal gradient. Isotopic studies reveals that the origin of water is not old and traces of new precipitation are very low. The feeding of this spring is from precipitation of highest part of watershed. The flowage occurs at depth and is not related to surrounding springs.

**Keywords:** Thermal water; Hydrochemistry; Isotopic studies; Ziarat, Gorgan.

۴۰

