

## تعیین منشاء فلزات کانسارهای روی و سرب با سنگ میزبان کربناتی در ناحیه کوهبنان - بهاباد: شواهد کانی شناسی، ژئوشیمیایی و الگوی عناصر کمیاب خاکی

علی امیری<sup>۱\*</sup>، ایرج رسا<sup>۲</sup>

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد زرنند، زرنند کرمان، ایران

۲- دانشیار دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران

(\*عهده دار مکاتبات - [aliamiri731@gmail.com](mailto:aliamiri731@gmail.com))

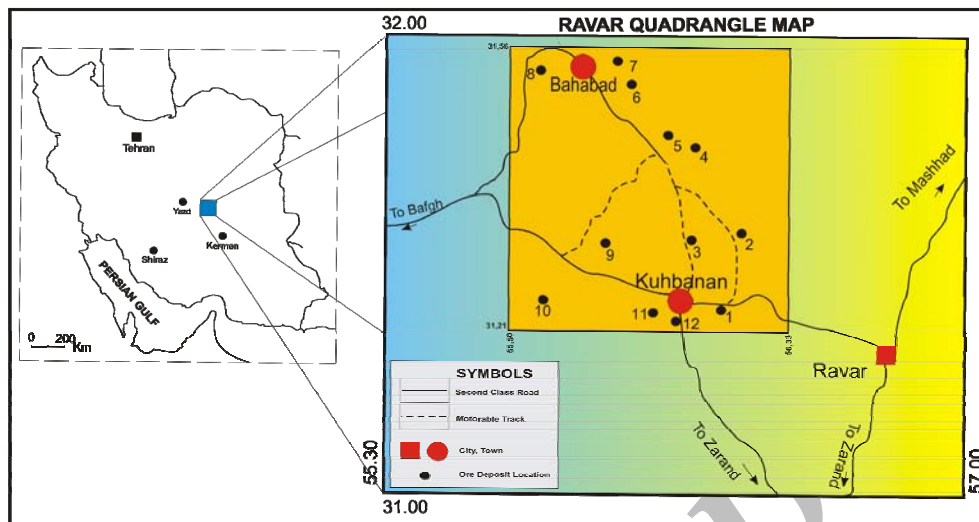
### چکیده

کانسارها و معادن روی و سرب ناحیه کوهبنان- بهاباد در سنگ های کربناتی پرمین بالایی قرار دارند. بررسی های پتروگرافی بر روی سنگ های کربناتی میزبان کانسارهای روی و سرب نشان می دهد که در این سنگ ها بر خلاف سنگ های کربناتی دیگر موجود در توالی چینه ای، مقدار قابل توجهی کانی های تمام شکل سولفیدی اولیه تشکیل شده است. مرفولوژی و روابط بافتی نشان می دهد که این کانی ها در مراحل ابتدایی تا تأخیری دیاژنز به وجود آمده اند. در مواردی، فراوانی این کانی ها به بیش از ۵ درصد نیز بالغ می شود. پژوهش های ژئوشیمیایی بر روی سنگ های مختلف در کمر پایین، سنگ میزبان و کمر بالای این کانسارها نشان می دهد که سنگ میزبان از نظر شیمیایی در ستون چینه شناسی ناحیه از قابلیت ویژه و بی نظیری برخوردار است. بالا بودن مقادیر فلزات معدنی از یک سو و مشابهت ژئوشیمیایی و الگوی توزیع عناصر خاکی کمیاب بین انواع کانسنگ و سنگ میزبان از سوی دیگر گویای این واقعیت است که عناصر معدنی این کانسارها از سنگ میزبان تأمین شده است. بررسی های ناحیه ای نشان می دهد که همزمان با تشکیل سنگ کربناتی میزبان، فعالیت برونومی سبب غنی شدگی رسوبات پرمین بالایی از فلزات معدنی شده است. در واقع، سنگ منشاء و سنگ میزبان این کانسارها یکی بوده و این نقش به عهده سنگ های کربناتی پرمین بالایی بوده است.

**واژگان کلیدی:** کانسارهای سرب و روی، ژئوشیمی، کانی شناسی، عناصر کمیاب خاکی، کوهبنان، بهاباد.

### ۱- مقدمه

در ناحیه معدنی کوهبنان- بهاباد، بالغ بر ۴۰ مورد معدن و اثر معدنی روی و سرب وجود دارد که از گذشته های دور و نزدیک مورد استخراج واقع شده اند. از این میان، ۱۲ معدن داری سابقه مشخص معدنکاری بوده و از نظر اهمیت دارای جایگاه ممتازتری هستند. از جمله این معادن می توان به طرز، گوجر، تاجکوه، کوه قلعه و چور اشاره نمود. کانسارها و معادن یادشده به طور عمده در نقشه چهارگوش ۱/۲۵۰۰۰۰ و ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰ بهاباد قرار دارند (شکل ۱). در این ناحیه توزیع وسیعی از سرباره های حاصل از ذوب کانسنگ این معادن در مجاورت رودخانه های فصلی مشاهده می شود که حاکی از رونق معدنکاری در گذشته است. در حال حاضر در این ناحیه وضعیت اقتصادی چندان مطلوبی وجود ندارد و شاید به جرأت بتوان پتانسیل های معدنی، به ویژه پتانسیل معادن روی و سرب را به عنوان موتور محرک اقتصادی این ناحیه در نظر گرفت.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و راه های دسترسی به معادن و کنسارهای روی و سرب ناحیه کوهبنان- بهاباد (امیری، ۱۳۸۶). ۱- طرز، ۲- گوجر، ۳- کاروانگاه، ۴- تپه سرخ، ۵- سنجدو، ۶- گیچرکوه، ۷- آب حیدر، ۸- بنه انار (احمدآباد)، ۹- کوه قلعه، ۱۰- تاجکوه، ۱۱- مگسو، ۱۲- گور (جور).

کنسارها و آثار معدنی مورد بحث به صورت چینه کران (strata-bound) و با اشکال رگه ای، رگچه ای، پرنکنده فضای باز و کارستی در داخل سنگ های کربناتی پرمین بالایی قرار دارند (امیری، ۱۳۸۶). در این کنسارها، کانسنگ سولفیدی اولیه در نتیجه قرارگیری در شرایط سطح زمین به کانسنگ غیرسولفیدی تبدیل شده و بخش عمده کانسنگ این معادن را همین نوع کانسنگ تشکیل داده است.

بر روی زمین شناسی کنسارهای روی و سرب ناحیه کوهبنان- بهاباد مطالعاتی به انجام رسیده است (امیری و همکاران، ۱۳۸۴؛ امیری و رسا، ۱۳۸۵؛ امیری و همکاران، ۱۳۸۸). با این وجود، مسئله منشاء عناصر معدنی مورد نیاز این کنسارها هنوز به خوبی مورد بررسی قرار نگرفته است. این پژوهش به طور مشخص به این مسئله پرداخته است. گزینه های مختلفی برای تأمین فلزات و عناصر معدنی در این ناحیه وجود دارد. توده های آذرین دلریتی (دیابازی) که سنگ های مختلف، از پالئوزوئیک پایینی تا کرتاسه را قطع نموده اند یکی از این گزینه هاست. سنگ های آواری کامبرین موسوم به سازند داهو (هم ارز سازن لالون در البرز) که در بسیاری از موارد در فاصله ناچیزی در زیر افق معدنی قرار گرفته است به عنوان گزینه دوم مورد توجه است. واحد ضخیم شیل (و ماسه سنگ) ژوراسیک که در فاصله ناچیزی از افق معدنی و در بالاتر از آن قرار دارد، گزینه سوم است. آخرین گزینه (که به ظاهر کمترین شانس برای تأمین فلزات را داراست) سنگ کربناتی میزبان کنسارهای روی و سرب ناحیه است.

در این مقاله تلاش شده است تا به کمک ابزارهای کانی شناسی، ژئوشیمی و الگوی عناصر کمیاب خاکی به این سؤال پاسخ داده شود که منشاء فلزات و عناصر معدنی کنسارهای روی و سرب ناحیه کوهبنان- بهاباد از کجاست. پاسخ به این سؤال در جهت اکتشاف کنسارهای جدید دارای اهمیت فوق العاده زیادی است.

## ۲- مواد و روش ها

برای مطالعه کانی شناسی و تحولات مربوط به زایش کانی ها، تعداد ۶۵ عدد مقطع نازک صیقلی از سنگ های مختلف تهیه شد. در این نمونه ها، که شامل ۱۵ نمونه از ماسه سنگ های پالئوزوئیک پایینی، ۱۷ نمونه از توده های آذرین، ۱۸ نمونه از شیل ژوراسیک و ۱۵ نمونه از سنگ های کربناتی میزبان کنسارهای ناحیه بوده است، به کمک میکروسکوپ پلاریزان انکساری- بازتابی وجود کانی های فلزی و باطله های همراه به دقت مورد بررسی قرار گرفت. همچنین تعداد ۷۵ نمونه از سنگ های مختلف منطقه به منظور بررسی های شیمیایی و ژئوشیمیایی برداشت شد (۴۶)

نمونه برای عناصر فرعی و کمیاب و ۲۹ نمونه برای عناصر کمیاب خاکی). برای تهیه این نمونه‌ها تلاش شد تا محل نمونه برداری تا حد امکان از آلودگی‌های معدنی به دور باشد. به همین خاطر، محل نمونه‌ها در فاصله نسبتاً زیادی از معادن برداشته شد. برای جلوگیری از خطای نمونه برداری، در مواردی که واحد مورد بررسی، دارای وضعیت ناهمگن بوده است، از نمونه‌های شیاری حجیم و لب پری (chip sample) استفاده شد. این نمونه‌ها پس از تبدیل به پودر، به روش‌های مرسوم خلاصه شده و برای آنالیز به آزمایشگاه ALS Chemex در ونکوور کانادا ارسال گردیده و عناصر مورد نیاز به روش ICP-MS اندازه گیری شد. برای اطمینان از دقت و صحت نتایج آنالیزهای یادشده، از نمونه‌های تکراری و نمودارهای تامسون استفاده گردید. بر این اساس، صحت و دقت داده‌های خام مربوط به این تجزیه‌ها در حد مطلوبی بوده است.

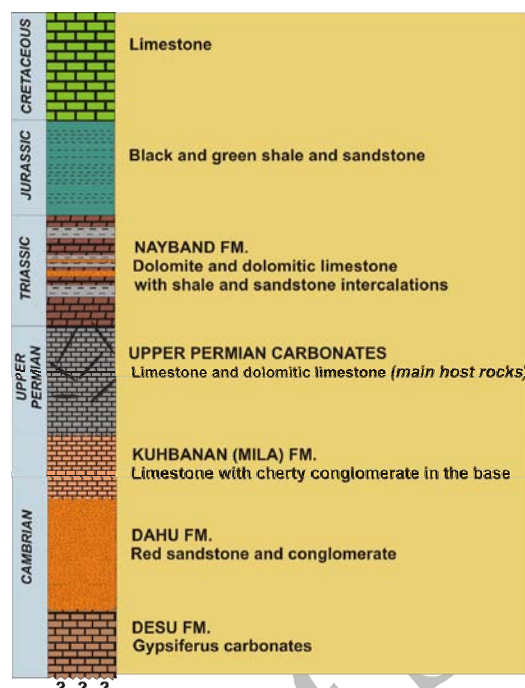
### ۳- جایگاه زمین‌شناسی

کانسارهای روی و سرب ناحیه کوهبنان- بهاباد در محدوده پهنه تکتونیکی- رسوبی ایران مرکزی و در شمال و شمال غربی استان کرمان و جنوب شرقی استان یزد قرار دارند. در این ناحیه چینه‌هایی از پالئوزوئیک پایینی تا عهد حاضر وجود دارد. بر اساس نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ کرمان- ساغند (Huckriede et al., 1962) و برداشت‌های صحرائی (امیری، ۱۳۸۶) محرز شده است که در این ناحیه کهن‌ترین چینه‌های موجود، کربنات‌های حاوی استروماتولیت و میان لایه‌های گچ موسوم به سازند دزو است (شکل ۲). سپس توالی ضخیم آواری سازند داهو (معادل سازند لالون در البرز) قرار دارد. واحد کربناتی سازند کوهبنان (معادل سازند میلا در البرز) سازند داهو را پوشانده است. حدفاصل این دوسازند، یک واحد کنگلومرای چرتی قرار دارد. پس از سازند کوهبنان، با ناپیوستگی هم شیب، واحدهای کربناتی پرمین بالایی قرار گرفته‌اند. این سنگ‌های کربناتی (آهک دولومیتی شده) میزبان اصلی کانسارهای روی و سرب ناحیه مورد مطالعه است. بر روی واحد کربناتی میزبان، نهشته‌های کربناتی دیگر شامل دولومیت و آهک تریاس قرار گرفته و قابل مقایسه با سازند ناپیند است. شیل‌های ضخیم ژوراسیک و آهک‌های کرتاسه مهم‌ترین چینه‌های جوانتر موجود در این ناحیه است.

سنگ‌های آذرین موجود در ناحیه را می‌توان در دو گروه دسته بندی نمود (امیری، ۱۳۸۶). گروه نخست گدازه‌هایی است که همزمان با رسوب‌گذاری فوران نموده و وارد حوضه رسوبی شده است. گروه دوم شامل سنگ‌های نفوذی به صورت دایک، سیل و استوک است که در توالی چینه‌شناسی منطقه به طور پراکنده حضور دارد.

فعالیت‌های گروه اول از گسترش کمتری برخوردار بوده و از نمونه‌های آن می‌توان به فعالیت‌های آتشفشانی زیر دریایی اشاره نمود که به صورت لایه‌های توف و گدازه‌های بازیک در سازند دزو و به مقدار کمتر در سازند داهو مشاهده می‌شود. به علاوه گدازه‌های بازالتی متعلق به سیلورین در دره فتح آباد در جنوب معدن تاجکوه از این گروه محسوب می‌شود. همچنین همزمان با رسوب‌گذاری طبقات شیل و ماسه سنگ مربوط به ژوراسیک نیز فعالیت‌های آتشفشانی رخ داده است که در برخی نقاط با لایه‌هایی از توف و گدازه‌های بازیک خودنمایی می‌کند. این سنگ‌ها به شدت هوازده و دگرسان هستند و غالباً به رنگ سبز دیده می‌شوند که ناشی از فراوانی کانی‌های ثانویه نظیر کلریت، اورالیت و سرپانتین است. شواهد فعالیت‌های گرمایی همزمان با رسوب‌گذاری نیز در برخی موارد قابل تشخیص است. وجود آثاری از یک فعالیت اگزالاتیو و لخته‌های میکروسکوپی ماگمایی با ترکیب کوارتز- فلدسپاتی در داخل سنگ‌های کربناتی میزبان کانسارهای روی و سرب ناحیه نیز از جمله مواردی است که باید به آن توجه جدی نمود. این پدیده در سنگ‌های میزبان معدن کوه قلعه به خوبی قابل تشخیص است (شکل ۳). مجموعه یادشده به دلیل تحمل دگرگونی دچار تبلور مجدد شده و گهگاه در این ارتباط، مقداری کانی گارنت نیز تشکیل شده است.

گروه دوم از گسترش بیشتری برخوردار بوده و شواهد آن در تمامی سازندهای منطقه، از کامبرین پیشین تا کرتاسه مشاهده می‌شود. به همین خاطر سن تزریق آن‌ها بعد از کرتاسه است (امیری، ۱۳۸۶). این فعالیت‌های آذرین

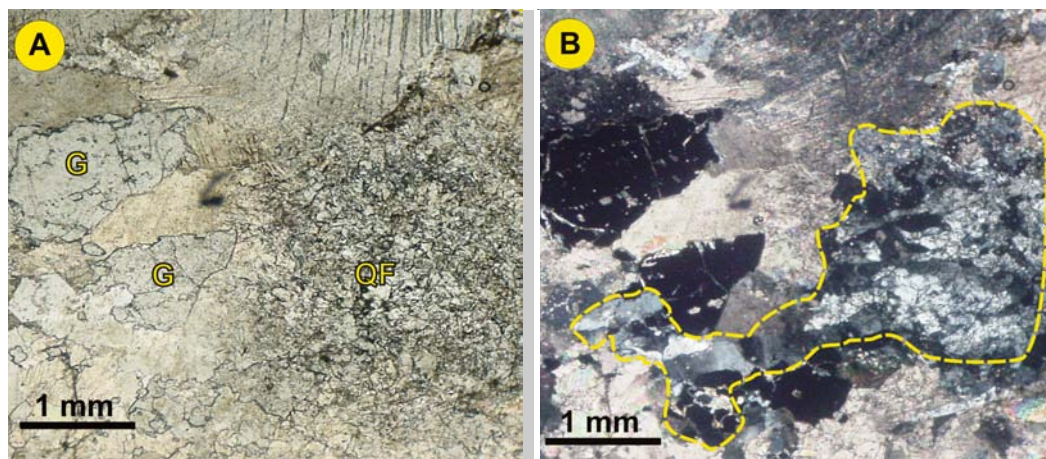


شکل ۲: ستون چینه شناسی شماتیک ناحیه کوهبنان - بهاباد (بدون مقیاس)

به صورت استوکها، دایکها و سیل‌هایی با ترکیب حد واسط تا بازیک دیده می‌شوند و در اغلب موارد با ساختارهای گسلی در ارتباط هستند. از نظر سنگ شناسی، ترکیب این توده‌ها بیشتر از دلریت (دیاباز) تشکیل شده است. با این وجود انواع دیگر سنگ‌های بازیک نیز شناخته شده است که شامل گابرو و لامپروفیر است. روند عمومی ساختارهای زمین شناسی در ناحیه معدنی شمال باختری - جنوب خاوری است و گسل‌های مهم و اساسی کوهبنان و بهاباد (بهاباد شماره ۱ و ۲) به عنوان ساختارهای تأثیر گذار در این بخش از ایران مرکزی محسوب می‌شوند. تأثیر حرکات این سامانه‌های گسلی و شاخه‌های فرعی آن‌ها باعث تحولات مهمی در زمین شناسی و زایش کانسارهای این ناحیه داشته است.

#### ۴- شواهد کانی شناسی

یکی از جنبه‌های مهم و کارساز در مطالعه کانسارها، مطالعه بر روی کانی شناسی و توالی تشکیل کانی‌ها در کانسار است. در واقع کانی شناسی نمودی از شرایط و تاریخچه تشکیل و تحولات یک کانسار به حساب می‌آید. مطالعات کانی شناسی این پژوهش به کمک بررسی‌های میکروسکوپی بر روی مقاطع نازک صیقلی انجام شده است. مقاطع یادشده قابل دسته بندی به چهار گروه اصلی است. نمونه‌های مربوط به ماسه سنگ‌های پالئوزوئیک پایینی (سازند داهو)، توده‌های آذرین، شیل سیاه و سبز رنگ ژوراسیک و سنگ‌های کربناتی کمر پایین، میزبان و کمر بالای کانسارهای ناحیه (پرمین بالایی) چهار گروه این دسته بندی است. از این دسته بندی برای تجزیه های شیمیایی نیز استفاده شده است و در ادامه به آن پرداخته خواهد شد.



شکل ۳: نمونه ای از آثار فعالیت های همزمان با رسوبگذاری سنگ کربناتی میزبان مربوط به معدن کوه قلعه در مقطع نازک میکروسکوپی. A- در نور ppl عبوری که در آن لخته کوارتز- فلدسپاتی (QF) و بلورهای گارنت (G) قابل مشاهده است و B- میدان دید مشابه در نور xpl عبوری که در آن موقعیت لخته کوارتز- فلدسپاتی محصور شده است

واحدهای آواری به ویژه ماسه سنگ ها یکی از منابع تأمین برخی فلزات کانسنگی، به ویژه سرب محسوب می شوند. برای مثال، اورت و همکاران (Everett et al., 2003) به نقش ماسه سنگ قرمز قدیمی ( Old Red Sandstone) در تشکیل برخی از کانسارهای سرب و روی نوع ایرلندی با سنگ میزبان کربناتی اشاره نموده اند. جانشیننی ژئوشیمیایی سرب با پتاسیم در ساختمان فلدسپارها دلیل فراوانی سرب در ماسه سنگها محسوب می شود. ماسه سنگ و کنگلومرای سازند داهو (پالئوزوئیک پایینی) از نظر زمانی به ماسه سنگهای قرمز قدیمی مشابهت دارد و به همین دلیل به طور دقیق مورد بررسی کانی شناسی واقع شد. در این سنگها مقدار ناچیزی کانی فلزی به صورت دانه های آواری وجود دارد. این کانیها به طور عمده از اکسید آهن تشکیل شده است. به علاوه، در خمیره سنگ نیز آثار اکسید آهن قابل مشاهده است و رنگ قرمز سنگ نیز به همین دلیل است. وجود اکسید آهن در خمیره ماسه سنگ می تواند نشانگر شرایط اکسیدی حوضه رسوبی تشکیل این سنگها باشد. هیچ نشانه ای از کانی های فلزی با ترکیب روی و سرب در سنگهای این سازند تشخیص داده نشد.

شیل ژوراسیک یکی از گزینه های مهم و مورد توجه برای تأمین فلزات لازم برای تشکیل ماده معدنی معادن روی و سرب ناحیه کوهبنان- بهاباد محسوب می شود. برای بسیاری از کانسارهای سرب و روی با سنگ میزبان کربناتی در سطح جهان، شیل به عنوان سنگ منشأ پیشنهاد شده است (مثلاً Coveney and Glascock, 1989). این نوع سنگ نقش مشابهی را در جهت تأمین فلزات سرب، روی و باریم شورابه های میادین نفتی بازی نموده اند (Carpenter et al., 1974). غضبان و حاجی کاظمی (۱۹۹۴) نیز شیل های ژوراسیک بالایی ناحیه ایرانکوه را منشأ اصلی فلزات مورد نیاز برای کانسارهای روی و سرب ناحیه مذکور معرفی نموده و یادآور شده اند که در حین تجزیه دیاژنتیک فلدسپار پتاسیک، میکا و رس های موجود در شیل، عناصر سرب، روی، باریم و استرانسیم به داخل سیال کانه دار وارد شده اند. به علاوه تبدیل شدگی رس ها و آبزدایی از شیلها می تواند تأمین کننده منیزیم مورد نیاز برای دولومیتی شدن همراه با کانه زایی باشد.

بررسی کانی شناسی نمونه های متعدد شیل ژوراسیک در ناحیه کوهبنان- بهاباد هیچ اثری از کانی فلزی با مقدار قابل ملاحظه را نشان نداد. در این نمونهها مقدار ناچیزی پیریت مشاهده شد که بر اساس مطالعات بافتی به صورت ثانویه به وجود آمده اند و بیشتر از نوع فرامبوئیدال پیریت هستند.

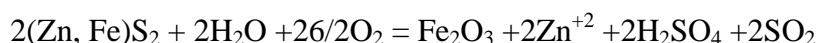
وضعیت توده های آذرین موجود در ناحیه نیز به عنوان یکی از گزینه های محتمل برای تأمین فلزات معدنی مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا به شواهد صحرایی توزیع این تودهها توجه شد. در این راستا مشخص گردید که این تودهها

در بسیاری از نقاط ناحیه گسترده‌اند و در سنگ‌های مختلف، از ماسه سنگ‌های پالئوزوئیک پایینی تا سنگ‌های کربناتی کرتاسه نفوذ نموده‌اند. بررسی‌های انجام شده نشان داد که توده‌های آذرین یاد شده بیش از هر سنگ دیگر، در ماسه سنگ‌های پالئوزوئیک پایینی و به مقدار کمتر در سنگ‌های جوانتر (تا آهک‌های رودیستی کرتاسه) نفوذ نموده و ارتباط مکانی مشخصی با کانسارهای روی و سرب ناحیه کوهبنان - بهاباد ندارند.

در متن سنگ‌های آذرین ناحیه تنها مقدار متغیری اکسید آهن مشاهده می‌شود. وجود مقدار بسیار ناچیزی کانی‌های فلزی دیگر نظیر پیریت نیز در برخی موارد قابل تشخیص است. به نظر نمی‌رسد که توده‌های آذرین به قدر کافی پتانسیل فلزی داشته باشند و این مطلب در کانی شناسی این سنگ‌ها خودنمایی کرده است. بالا بودن اکسید آهن در این سنگ‌ها نیز امری عادی محسوب می‌شود.

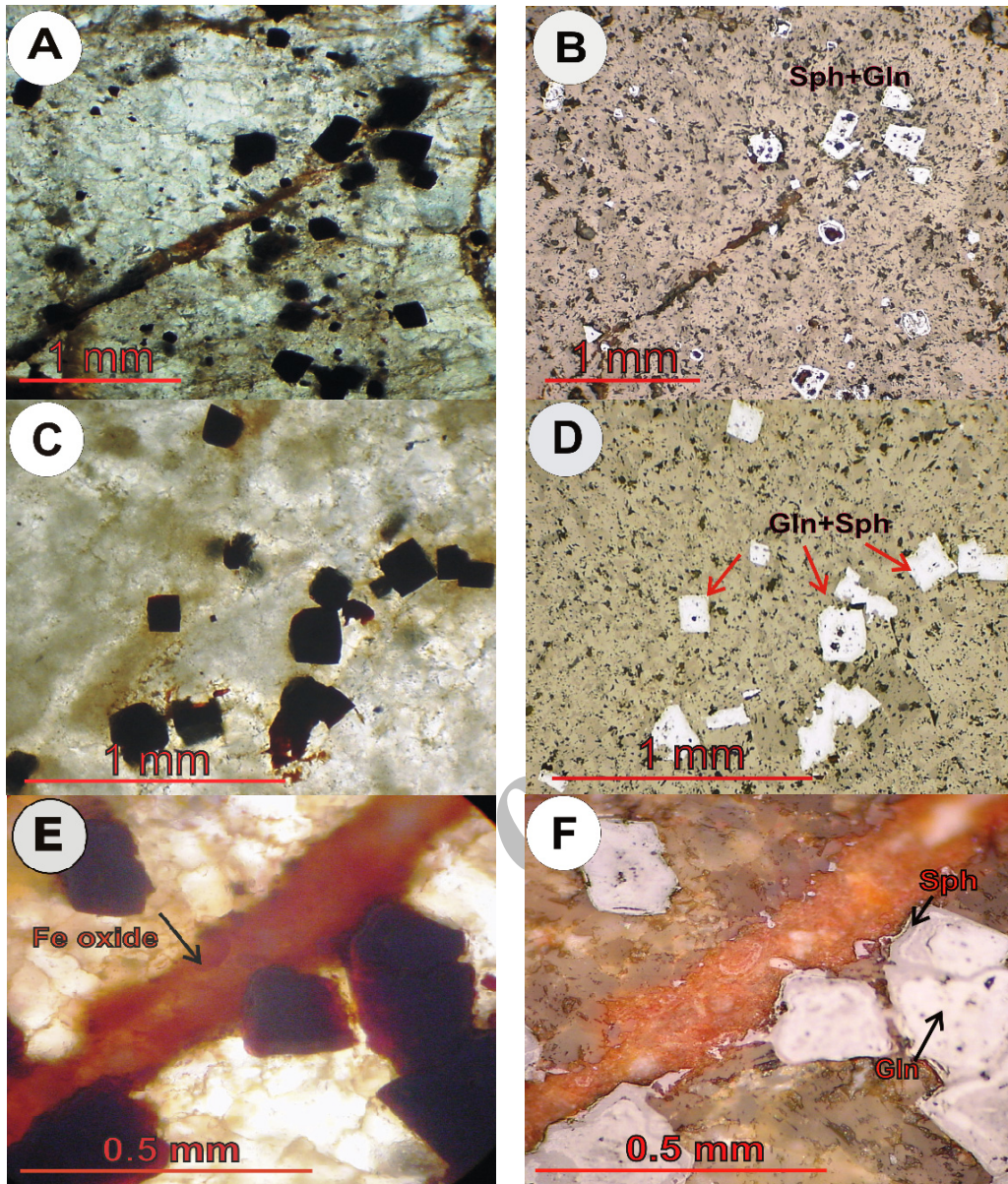
بررسی‌های کانی شناسی بر روی واحد سنگ کربناتی میزبان نشان داد که این واحد چینه‌ای از نظر داشتن کانی‌های فلزی سولفیدی جایگاه کاملاً متمایزی نسبت به سنگ‌های کربناتی زیرین و بالایی خود و همچنین در مقایسه با ماسه سنگ پالئوزوئیک پایینی، توده‌های آذرین و شیل ژوراسیک دارد (شکل ۴). به طوری که در برخی موارد، واحد یاد شده بیش از ۵ درصد کانی سولفیدی در خود دارند. بر مبنای مطالعات مینرالوگرافی انجام شده بر روی مقاطع نازک صیقلی، کانی‌های سولفیدی این واحد تقریباً به طور کامل از اسفالریت (به رنگ قهوه ای تیره) و گالن تشکیل یافته و به طور نادر و بسیار ناچیز، پیریت و کالکوپیریت نیز آن را همراهی می‌کند. بافت کانه‌های مورد نظر در این واحد چینه ای به طور عمده از نوع پراکنده در متن (disseminated) است و ابعاد کانی‌های سولفیدی از بسیار ریز و میکروسکوپی تا میلی‌متر در تغییر است. بافت کانی‌های فلزی یاد شده حاکی از آن است که این کانی‌ها از یک طرف، در اغلب موارد کاملاً تمام شکل بوده و در مقاطع نازک، برش‌های زیبایی از رده‌های سیستم تبلور مکعبی (کوبیک) را به نمایش گذاشته‌اند (شکل ۴، A تا D) و از سوی دیگر، این کانی‌های فلزی کاملاً پراکنده در متن بوده و به صورت تصادفی در بین بلورهای کلسیت توزیع شده‌اند. در مجاورت این کانی‌ها، گهگاه آثاری از مواد آلی (بیتومینی) نیز قابل مشاهده است. همچنین تحول گالن به اسفالریت در این نمونه‌ها می‌تواند نشانه تقدم تشکیل گالن نسبت به اسفالریت باشد (شکل ۴F).

از نظر ساختاری، کانی‌های فلزی موجود در سنگ‌های کربناتی فوق هیچ رابطه‌ای با سطوح ضعف موجود در سنگ ندارند. به گونه‌ای که مکان تشکیل آن‌ها با محل درزه‌های میکروسکوپی سنگ بی ارتباط است. به عبارت دیگر، روابط بافتی نشان می‌دهد که این کانی‌ها توسط ورود محلول‌های ثانویه به داخل سنگ تشکیل نشده‌اند. اما بر عکس، مطالعات انجام شده به خوبی گویای این واقعیت است که در مواردی که درزه‌های میکروسکوپی بلورهای فلزی را قطع نموده‌اند، مواد حاصل از تجزیه این کانی‌ها به داخل درزه‌ها وارد شده است (شکل ۴، E و F). بقایای اکسید آهن ناشی از تجزیه بلورهای اسفالریت (آهن دار)، در مجاورت بلورهای قطع شده مؤید این واقعیت است. در واقع می‌توان چنین عنوان کرد که درزه‌های موجود در سنگ بعد از تشکیل کانی فلزی به وجود آمده‌اند. این درزه‌ها محل ورود و چرخش سیال در داخل سنگ بوده و در نتیجه این فعل و انفعال، فلزات مربوط به این کانی‌ها به داخل سیال منتقل شده و در ادامه به فضاهای خالی ثانویه (از جمله به داخل گسل‌های دارای بازشدگی) سنگ مهاجرت نموده و کانه‌زایی رگه‌ای با تمرکز اقتصادی را به وجود آورده‌اند (امیری، ۱۳۸۶). واکنش شیمیایی محتمل به این گونه است:



بنابراین شواهد کانی شناسی حاکی از تشکیل کانی‌های فلزی در مراحل رسوب‌گذاری و دیاژنز در داخل سنگ میزبان است و می‌توان انتظار داشت که سنگ کربناتی میزبان، نقش سنگ منشاء فلزات را نیز بازی نموده باشد.





شکل ۴: تصاویر میکروسکوپی از کانی سازی سولفیدی همزمان با رسوبگذاری و دیاژنز در افق کربناتی پرمین بالایی در مجاورت معادن طرز و تاجکوه. A, C و E در نور PPL عبوری و B, D و F میدان های دید مشابه در نور PPL بازتابی، Gln = گالن و Sph = اسفالریت برای توضیح به متن رجوع شود

#### ۶- بررسی های ژئوشیمیایی

با مشخص شدن وضعیت کانی شناسی، بررسی های شیمیایی برای اثبات نقش سنگ کربناتی میزبان به عنوان سنگ منشأ فلزات امری ضروری به حساب می آید. در واقع به کمک این بررسی ها باید بتوان چنین نقشی را با قاطعیت بیشتر مورد توجه، بررسی و پذیرش قرار داد.

بررسی های ژئوشیمیایی بر روی واحدهای سنگی مختلف در این ناحیه نشان داد که هیچکدام از واحدهای سنگی به اندازه واحد کربناتی پرمین بالایی (افق میزبان)، از فلزات غنی شدگی ندارند. هرچند در تعدادی از نمونه های واحدهای دیگر نیز غنی شدگی ناچیزی از فلزات کانسنکی مشاهده می شود، اما هیچگاه این افزایش مقدار، چشمگیر

نیوده است. در واقع باید چنین عنوان کرد که توزیع عناصر معدنی در ماسه سنگ پالئوزوئیک پایینی، شیل ژوراسیک و توده‌های آذرین موجود در ناحیه، کم و بیش نزدیک به فراوانی عادی (کلارک) این عناصر است. در مقایسه با واحدهای سنگی دیگر، وضعیت بخش کربناتی پرمین بالایی، یعنی افق معدنی، از نظر شیمیایی کاملاً منحصر به فرد است (جدول ۱). به گونه‌ای که در این مجموعه توزیع عناصر کادمیوم، مس، مولیبدن، آنتیموان، روی، نقره، آرسنیک، بیسموت، وانادیم، کروم، منگنز، سرب، منیزیم، باریم و آهن نسبت به سایر مجموعه‌های سنگی موجود در ناحیه از غنی شدگی کاملاً بالاتری برخوردار است.

جدول ۱: نتایج تجزیه شیمیایی واحدهای کربناتی پرمین بالایی (افق کربناتی معدنی) در ناحیه کوهبنان - بهاباد.

Element (ppm)	SAMPLE CODE*					
	A1	A2	A3	A5	A6**	A7**
Te	0	0	0	0	0	0
Cd	155	19.7	30	18.3	46.8	540
Rb	0.3	0.6	2.5	0	1	0.9
Th	0.05	0.15	0.36	0	0.12	0.1
Tl	0	0	0	0	0	0
Cu	8	103	4.9	0	10	12
Mo	36.4	3.2	1.4	1.3	9.7	32.4
Sb	1.4	0.6	0.6	0.5	3.9	0.8
Zn	8040	4330	1840	682	385	12000
Sn	0	4.7	0.3	0	0	0
W	0	0.2	0.1	0	0.2	0.2
Cs	0	0	0.2	0	0	0
Nb	0	0	0.6	0	0	0
U	3.54	1.26	1.41	0.88	0.89	2.93
Na	384	300	283	246	184	308
S	460	360	400	200	440	350
Zr	0	0	0	0	0	0
Hg	0	0.11	0	0	0	0
Ag	3.28	7.95	0.06	0.04	0.14	0.39
As	6.4	2.4	5.9	3.7	9	12.2
B	0	0	0	0	0	0
Bi	0	0.3	0	0	0	0
Co	0.7	1.6	0.9	0.7	0.6	0.7
Al	279	438	2060	244	933	998
Sc	0	0	0	0	0	0
Ca	206000	215000	235000	217000	393000	195000
Li	0.7	0.6	1.7	0	0.7	2.2
P	55	33	47	18	36	73
V	10	4	42	7	5	6
Mg	121000	127000	103000	130000	2350	114000
K	128	115	851	56	376	380
Cr	5	3	3	2	0	2
Mn	1040	212	281	162	367	204
Ni	3	0	4	0	0	0
Pb	11900	1490	582	346	581	968
Sr	142	87.1	182	85.5	327	92.6
Ba	10.5	14.5	91.7	7	16.6	9.7
Be	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Ti	15	24	88	0	41	37
Fe	9170	1300	29300	1280	1370	4440

\* - نمونه A1 و A2 جنوب غرب معدن تاجکوه، نمونه های A3 و A5 مربوط به مناطق اطراف معدن طرز

\*\* - نمونه های A6 و A7 از افق هم ارز در مجاورت معدن طرز برداشته شده است که با توجه به نزدیکی به محل معدن از نتایج تجزیه این

دو نمونه در بررسی آماری استفاده نشده است



با توجه به کلارک عناصر مختلف در محیط‌های مختلف زمین‌شناسی، از جمله سنگ‌های کربناتی (جدول ۲)، فراوانی عناصر کانسنگی در سنگ‌های کربناتی میزبان کانسارهای روی و سرب این ناحیه بررسی می‌شود. میانگین حسابی روی در این بخش در حدود ۳۷۲۳ پی پی ام، یعنی در حدود ۱۸۶ برابر کلارک روی در سنگ‌های کربناتی است. میانگین حسابی سرب نیز در این مجموعه ۳۵۷۹ پی پی ام است که این میزان در حدود ۳۹۷ برابر کلارک سنگ‌های کربناتی است. فراوانی روی و سرب در سنگ‌های کربناتی این مجموعه با هیچ یک از واحدهای سنگی دیگر (اعم از ماسه سنگ پالئوزوئیک پایینی، واحدهای شیل و ماسه سنگ ژوراسیک و همچنین سنگ‌های آذرین) موجود در این ناحیه قابل مقایسه نیست و می‌توان بالاترین مقادیر عناصر اصلی کانه ساز را به این مجموعه کربناتی نسبت داد. در شکل ۵ توزیع عناصر مختلف به طور مقایسه‌ای ارائه شده است.

جدول ۲: توزیع ژئوشیمیایی روی و سرب و عناصر همراه در سنگ‌های مختلف (Mason and Moore, 1982)

Element (ppm)	Carbonate rocks	Sandstone	Shale	Granite G-1*	Diabase W-1**	Clark
S	1200	240	2400	58	123	260
Co	0.1	0.3	19	2.4	47	25
Ni	20	2	68	1	76	75
Cr	11	35	90	20	114	100
Cu	4	X	45	13	110	55
Zn	20	16	95	45	86	70
Ga	4	12	19	20	16	15
Ge	0.2	0.8	1.6	1.1	1.4	1.5
Mo	0.4	0.2	2.6	6.5	0.75	1.5
Ag	0.0x	0.0x	0.07	0.05	0.08	0.07
As	1	1	13	0.5	1.9	1.8
Cd	0.09	0.0x	0.3	0.03	0.15	0.2
In	0.0x	0.0x	0.1	0.02	0.07	0.1
Sn	0.x	0.x	6	3.5	3.2	2
W	0.6	1.6	1.8	0.4	0.5	1.5
Hg	0.2	0.3	0.4	0.1	0.2	0.08
Pb	9	7	20	48	7.8	13
Ba	10	X0	580	1220	160	425

\*- گرانیته استاندارد در Westerly در Rhode Island

\*\* - دیاباز استاندارد در Centerville در ویرجینیا

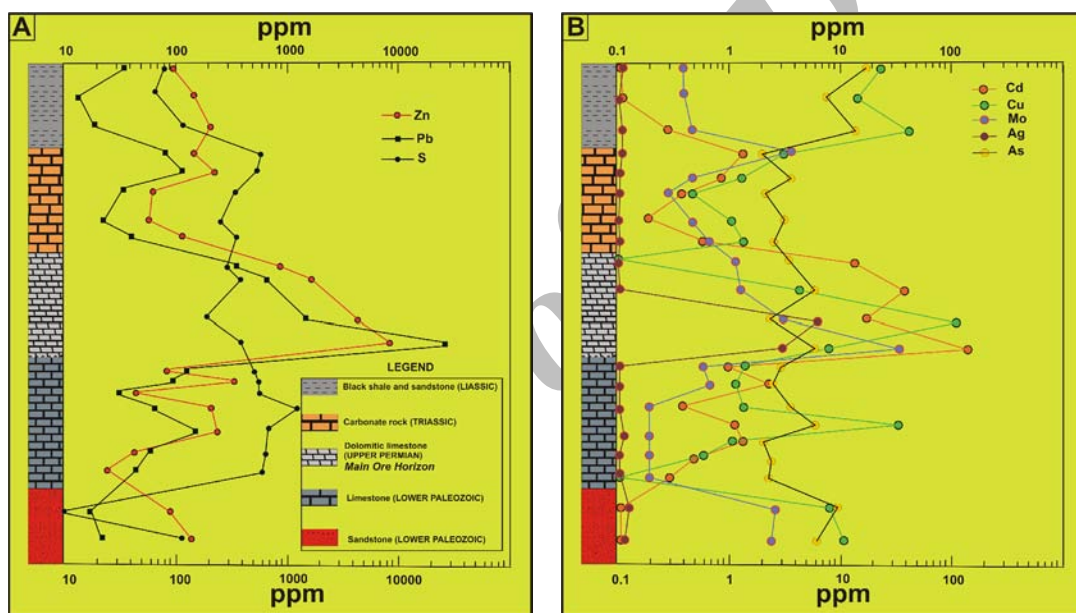
علاوه بر روی و سرب، که دارای فراوانی کاملاً غیرعادی هستند، عناصر کادمیوم نیز با میانگین حسابی ۵۵/۷ پی پی ام بیش از ۶۱۸ برابر کلارک، مولیبدن با میانگین حسابی ۱۰/۵ پی پی ام حدود ۲۶ برابر کلارک، نقره با میانگین حسابی ۲/۸ پی پی ام در حدود ۳۰ برابر کلارک، کبالت با میانگین حسابی ۳ پی پی ام نزدیک به ۳۰ برابر کلارک، مس با میانگین حسابی ۲۸/۹ پی پی ام بیش از ۷ برابر کلارک و آرسنیک با میانگین حسابی ۴/۶ پی پی ام بیش از ۴ برابر کلارک نیز دارای فراوانی بالا و قابل توجه هستند. در این بین فراوانی کادمیوم نسبت به سایر عناصر، حتی نسبت به روی و سرب غیر عادی‌تر است. لازم به یادآوری است که این بررسی‌های شیمیایی هنوز نیاز به تجزیه تعداد بیشتری نمونه دارد تا بتوان در مورد وضعیت شیمیایی غیرعادی این مجموعه سنگی با قاطعیت بیشتری اظهار نظر کرد. برای مقایسه آماری مقادیر عناصر در واحدهای مختلف موجود در ناحیه، میانگین حسابی برخی از عناصر مهم در جدول ۳ خلاصه شده است.

با توجه به مطالب یاد شده، و فراوانی عناصر کانه ساز در توالی کربناتی پرمین بالایی، این توالی را می‌توان به عنوان مهمترین سنگ منشاء مربوط به کانسارهای روی و سرب این ناحیه معرفی نمود. وجود عناصر یاد شده در آب دریای این زمان سبب ایجاد محیط نامساعد برای حیات موجودات دریایی گردیده و در نتیجه این توالی کربناتی (با توجه به محیط رسوبی پلاتفرمی) بر خلاف انتظار، از آثار فسیلی به شدت فقیر است (امیری، ۱۳۸۶).

جدول ۳: میانگین حسابی فراوانی برخی از عناصر مهم در واحدهای سنگی مختلف موجود در ناحیه

نوع سنگ عصر (پی پی ام)	ماسه سنگ پالئوزوئیک پایینی	سنگ های کربناتی پالئوزوئیک پایینی	سنگ های کربناتی پرمین بالایی	سنگ های کربناتی تریاس	شیل لیاس	سنگ های آذرین
Zn(ppm)	90.00	150.40	3723.00	113.58	140.73	227.90
Pb(ppm)	20.20	77.43	3579.50	70.65	23.13	39.50
Cd(ppm)	n.d*	1.01	55.75	0.71	0.13	0.20
Cu(ppm)	11.73	6.70	28.97	1.50	28.53	57.05
Mo(ppm)	2.40	0.28	10.57	1.06	0.43	1.55
Ag(ppm)	0.12	0.06	2.83	0.08	0.12	0.18
As(ppm)	7.23	3.45	4.60	2.85	13.46	5.30

\* - تشخیص داده نشده است.



شکل ۵: A- توزیع عناصر روی، سرب و گوگرد و B- سایر عناصر معدنی در توالی چینه ای ناحیه کوهبنان- بهاباد

### ۷- ژئوشیمی عناصر کمیاب خاکی

مطالعات کانی شناسی و ژئوشیمی سنگ‌های مختلف ناحیه، پذیرش این مطلب را که سنگ‌های کربناتی میزبان جایگاه و وضعیت متمایزی در زمینه تأمین فلزات کانسنگی بر عهده داشته‌اند، امکان‌پذیر کرد. برای اثبات بیشتر این موضوع، بهره‌گیری از الگوی توزیع عناصر کمیاب خاکی و مقایسه این الگوها برای سنگ‌های مختلف موجود در ناحیه می‌تواند کمک شایانی به تقویت نتایج این پژوهش نماید. به همین خاطر، تعداد ۳۰ عدد نمونه از سنگ‌های مختلف شامل سنگ کربناتی میزبان، ماسه سنگ پالئوزوئیک پایینی، شیل ژوراسیک و توده‌های آذرین تهیه و در آن‌ها میزان عناصر کمیاب خاکی (REE) اندازه‌گیری شد (جداول ۴ و ۵).

نتایج مربوط به کلیه نمونه‌ها نسبت به استاندارد کندریت C1 (Taylor & McLennan, 1981)، و نتایج مربوط به سنگ‌های رسوبی و کانسنگ‌های مختلف، علاوه بر آن، نسبت به استاندارد NASC یا ترکیب شیل آمریکای شمالی (Haskin and Frey, 1966) نیز بهنجار (نرمالیزه) شده‌اند. این بررسی‌ها در قالب دو گروه شامل سنگ‌های مختلف موجود در ناحیه و انواع کانسنگ به انجام رسیده است.

### ۷-۱- الگوی توزیع عناصر کمیاب خاکی در سنگ‌های ناحیه

در ابتدا، نمونه‌های سنگ‌های کربناتی میزبان کانسارهای ناحیه مورد بررسی قرار می‌گیرد. نمونه‌هایی از معادن طرز و گور برای این منظور انتخاب گردیده و طرح‌های توزیع REE آن‌ها نسبت به دو استاندارد ترسیم شد (شکل ۶). در مقایسه با استاندارد کندریت C1، روند عمومی تغییرات توزیع عناصر نشانگر تهی شدگی تقریبی مقدار عناصر کمیاب خاکی سنگین (HREE) در مقایسه با عناصر کمیاب خاکی سبک (LREE) است. در این طرح آنومالی مثبت Eu قابل تشخیص است (شکل ۶A). آنومالی  $Eu/Eu^*$  نیز برای این نمونه‌ها براساس رابطه (McLennan, 1989) به شرح زیر محاسبه شد؛

$$Eu / Eu^* = Eu_N / \sqrt{(Sm_N * Gd_N)} \quad N=Normalised$$

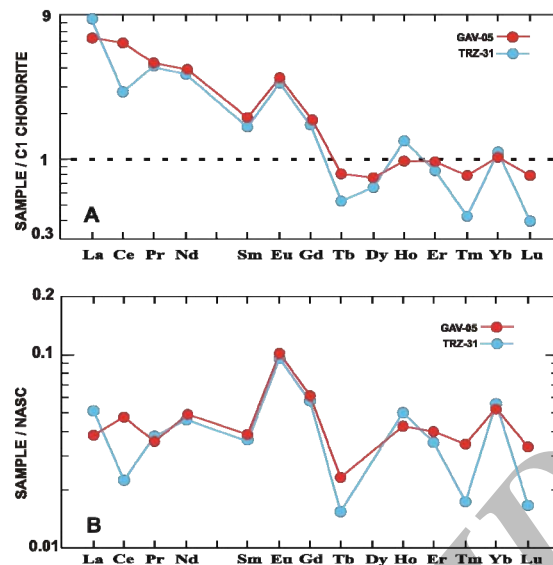
متوسط این مقدار برای نمونه‌های فوق ۱/۹۶۱ به دست آمد. اعداد بالاتر از ۱ نشانگر آنومالی مثبت و اعداد کمتر از ۱ نشان دهنده آنومالی منفی است (McLennan, 1989). بنابراین آنومالی مثبت Eu برای این نمونه‌ها مسجل است. به همین ترتیب، آنومالی  $Ce/Ce^*$  با رابطه ریاضی مشابه و بر اساس میانگین هندسی La و Pr محاسبه شد. این نسبت از ۰/۴۷ تا ۱/۲۶۶ در تغییر بوده و به طور کلی کمی منفی است. در الگوی بهنجار شده این سنگ‌ها نسبت به NASC (شکل ۶B) نیز آنومالی مثبت Eu قابل تشخیص است.

**جدول ۴:** نتایج تجزیه شیمیایی عناصر کمیاب خاکی مربوط به سنگ‌های مختلف موجود در ناحیه کوهبنان- بهاباد به روش ICP-MS. دقت تشخیص در تمام موارد ۰/۱ پی پی ام است.

Sample	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
GAV-05	1.50	3.59	0.38	1.72	0.27	0.20	0.36	0.03	0.18	0.06	0.16	0.02	0.18	0.02
TRZ-31	2.00	1.70	0.39	1.70	0.25	0.19	0.35	0.02	0.17	0.07	0.14	0.01	0.19	0.01
IG-01	60.00	140.00	11.00	44.60	9.46	1.80	5.83	1.31	7.00	1.95	4.25	0.96	4.56	0.70
IG-02	11.00	17.50	1.24	3.22	4.60	0.23	12.40	0.27	9.29	0.23	0.27	0.23	1.09	0.09
IG-03	10.00	17.10	2.92	12.90	3.10	0.94	3.44	0.57	3.51	0.61	2.08	0.26	1.91	0.32
IG-04	13.00	19.20	3.16	14.10	3.90	1.11	3.91	0.72	3.68	0.69	2.23	0.29	2.01	0.25
IG-05	32.00	58.90	9.86	43.50	10.40	3.19	11.6	1.88	8.60	2.00	7.12	0.87	6.09	1.01
IG-06	0.00	11.20	1.36	6.00	1.44	0.44	1.60	0.26	1.48	0.27	0.96	0.12	0.84	0.14
SS-01	29.00	47.00	6.40	24.00	5.92	1.28	5.12	0.95	4.16	1.60	2.56	0.48	1.92	0.64
SS-02	40.00	73.00	9.60	36.00	7.61	2.10	7.68	1.21	5.40	2.10	3.60	0.36	2.90	0.96
SS-03	11.00	18.90	2.60	9.70	2.40	0.58	5.00	0.39	1.86	0.81	1.00	0.22	0.78	0.26
SH-01	45.00	113.00	9.78	39.80	8.42	1.58	6.97	1.09	6.33	1.54	3.70	0.51	3.31	0.39
SH-02	37.00	104.00	10.90	43.20	10.40	1.98	9.36	1.62	7.74	2.16	4.86	0.90	3.96	1.08
SH-03	50.00	104.00	12.80	41.00	12.60	2.13	11.10	1.71	10.00	2.55	5.10	1.05	4.60	1.11

نمونه‌های GAV-05 و TRZ-31 مربوط به سنگ کربناتی میزبان معادن گور و طرز، IG-01 تا IG-06 نمونه‌های مربوط به توده‌های آذرین از هسته تاقدیس کاروانگاه و حوالی معدن طرز، نمونه‌های SS-01 تا SS-03 مربوط به ماسه سنگ پالئوزوئیک پایینی و نمونه‌های SH-01 تا SH-03 مربوط به شیل ژوراسیک شرق کوهبنان است.

سه نمونه از ماسه سنگ پالئوزوئیک پایینی نیز از دیدگاه تغییرات عناصر REE مورد بررسی واقع شد. الگوی توزیع REE خاکی از این است که عناصر REE در ماسه سنگ یاد شده حداقل بیش از ۱۰ برابر غنی‌تر از سنگ‌های کربناتی میزبان کانسارهای ناحیه است. در الگوی بهنجار شده نسبت به کندریت C1 (شکل ۷A)، روند عمومی تغییرات خاکی از تهی شدگی HREE در مقایسه با LREE است. در حالی که در الگوی بهنجار شده نسبت به NASC (شکل ۷B)، توزیع REE کم و بیش موازی محور X بوده و روند غنی شدگی به طور جزئی به نفع HREE



شکل ۶: الگوی توزیع عناصر کمیاب حاکی برای دو نمونه سنگ کربناتی دگرسان نشده و فاقد کانه زایی مربوط به معادن طرز (TRZ-31) و گور (GAV-05). A- بهنجارسازی نسبت به کندریت C1 (Taylor & McLennan, 1981) و B- بهنجارسازی نسبت به ترکیب شیل آمریکای شمالی (Haskin and Frey, 1966)

است. آنومالی منفی Eu در این سنگ‌ها شاخص است. نمونه‌های SS-01 و SS-02 مشابهت بیشتری با شیل آمریکای شمالی نشان داده و هر سه نمونه، توزیع یکنواخت‌تری برای LREE به نمایش گذاشته‌اند. در تمام موارد، توزیع REE مربوط به نمونه‌های ماسه سنگ هیچ شباهت و همپوشانی با نمونه‌های کانسنگ (که بعداً بررسی خواهد شد) نشان نمی‌دهند.

واحدهای شیل ژوراسیک نیز برای مقایسه با سایر سنگ‌های موجود در ناحیه و همچنین بررسی احتمال تأمین فلزات کانسنگ‌های ناحیه از این واحدها مورد مطالعه قرار گرفتند. برای این منظور سه نمونه از واحدهای شیل سیاه (SH-01، SH-02 و SH-03) شرق کوهبنان انتخاب و بررسی شد.

الگوی توزیع عناصر REE مربوط به شیل ژوراسیک نیز حاکی از بالا بودن نسبی عناصر یاد شده در این سنگ‌ها به میزان بیش از ۱۰ تا ۱۰۰ برابر نمونه کندریتی است. به عبارت دیگر، در الگوی بهنجار شده نسبت به کندریت (شکل ۸A)، روند توزیع، نشان دهنده غنی شدگی نسبی HREE به میزان حدود ۱۰ برابر و در مورد LREE غنی شدگی در حدود ۲۰۰ برابر نمونه کندریتی است. همچنین الگوی یاد شده نشانگر تهی شدگی HREE در مقایسه با LREE در این نمونه‌ها است. در الگوی بهنجار شده نسبت به شیل آمریکای شمالی نیز غنی شدگی کلی نمونه‌های این ناحیه قابل تشخیص است (شکل ۸B). به گونه‌ای که در مورد بیشتر عناصر مورد بررسی، موقعیت نمونه‌ها در بالای خط افقی ۱ (نمونه استاندارد) قرار گرفته است. این الگو نشان می‌دهد که روند غنی شدگی حداقل در مورد دو نمونه (SH-02 و SH-03) برای عناصر مختلف برعکس اتفاق افتاده و به نفع HREE است. این بدان معنی است که این واحدهای شیل در مقایسه با شیل آمریکای شمالی در مجموع دارای غنی شدگی هستند و این غنی شدگی در مورد HREE شاخص‌تر است. نمود مورد توجه دیگر آنومالی منفی Eu است که در الگوی بهنجار شده نسبت به کندریت به خوبی قابل تشخیص است (شکل ۸A). مقایسه انجام شده بین الگوی توزیع REE نمونه‌های شیل ژوراسیک و انواع کانسنگ موجود در این ناحیه (که بعداً بررسی خواهد شد) نیز هیچ شباهتی با یکدیگر نشان نمی‌دهد. بنابراین، تأمین فلزات کانسنگی از این منشاء نیز غیرمحمول به نظر می‌رسد.

سنگ‌های آذرین ناحیه نیز از اهداف بررسی در این پژوهش بوده‌اند. مطالعه این توده‌های آذرین نیز در جهت تأثیر بر روی تشکیل کانسارهای ناحیه می‌تواند حائز اهمیت باشد. در این راستا، تعداد ۵ نمونه از سنگ‌های آذرین

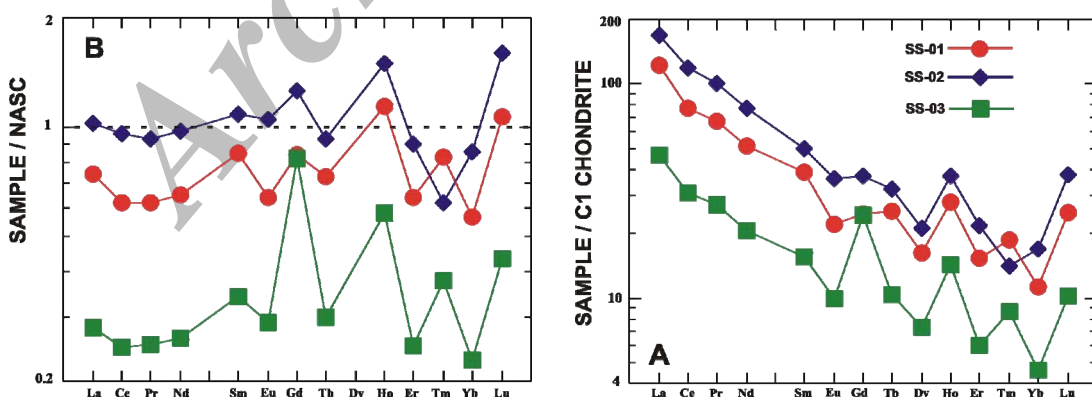
نسبتاً سالم ناحیه به منظور مطالعه بر روی REE تهیه شد. نمونه‌های IG-01, IG-02 و IG-03 از هسته تاقدیس کاروانگاه و نمونه‌های IG-04 و IG-05 از حوالی معدن طرز انتخاب شده است.

الگوی توزیع REE سنگ‌های آذرین ناحیه نیز نسبت به کندریت C1 ترسیم شد (شکل ۹). این الگو نشانگر بالا بودن نسبی عناصر REE در این سنگ‌ها به میزان کمتر از ۱۰ تا بیشتر از ۲۰۰ برابر نسبت به نمونه استاندارد است. این مطلب می‌تواند نشان دهنده منشأ پوسته‌ای برای سنگ‌های آذرین یادشده باشد. همچنین فقیر شدگی شدید HREE در مقایسه با LREE در این نمونه‌ها و آنومالی منفی ناچیز Eu به چشم می‌خورد. مقایسه بین الگوی توزیع عناصر REE سنگ‌های آذرین با الگوی مربوط به انواع کانسنگ کانسارهای ناحیه (که بعداً بررسی خواهد شد) هیچ شباهتی بین آن‌ها نشان نمی‌دهد. بنابراین، در مورد کانه زایی روی و سرب موجود در این ناحیه، نمی‌توان نقش مهم و مؤثری را به عنوان سنگ منشأ برای سنگ‌های آذرین در نظر گرفت.

### ۷-۲- عناصر REE در انواع کانسنگ‌های ناحیه

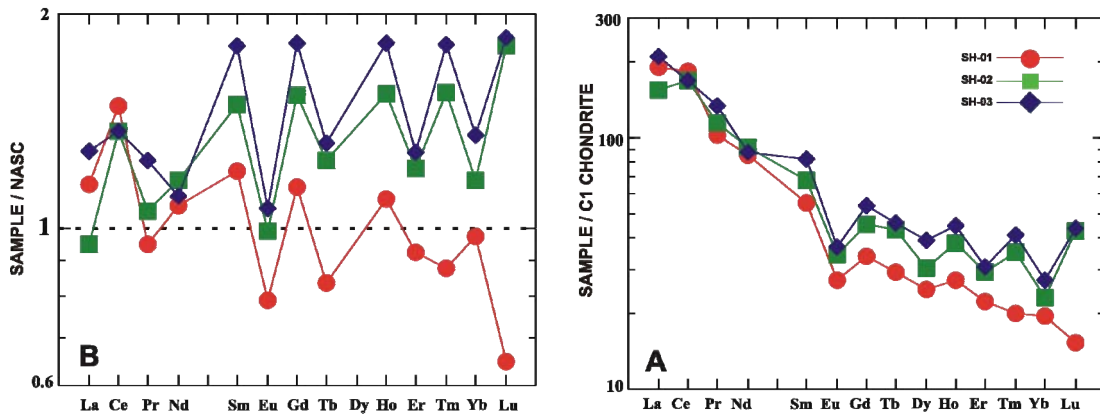
به منظور بررسی رفتار عناصر کمیاب خاکی در انواع کانسنگ موجود در کانسارهای روی و سرب ناحیه کوهبنان-بهباد، تعداد ۱۵ عدد نمونه شامل ۶ نمونه کانسنگ سولفیدی، ۶ نمونه از کانسنگ غیرسولفیدی و ۳ نمونه از کلاهی آهنی مورد مطالعه قرار گرفت (جدول ۵). سپس برای هر یک از تیپ‌های کانسنگ الگوی توزیع عناصر REE ترسیم و این الگوها مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفت.

الگوی توزیع عناصر REE نمونه‌های کانسنگ سولفیدی معدن طرز و تاجکوه در شکل ۱۰ نشان داده شده است. توزیع این عناصر بر خلاف سنگ‌های موجود در توالی چینه‌ای ناحیه از نظم کمتری برخوردار است. به گونه‌ای که کمتر می‌توان یک روند توزیع یکنواخت را مشاهده نمود. الگوی توزیع این نمونه‌ها که نسبت به کندریت بهنجار شده‌اند (شکل ۱۰A) حاکی از این است که نمونه‌های مربوط به معدن طرز نسبت به استاندارد از فراوانی نسبی بیشتری برخوردار بوده، در حالی که نمونه‌های معدن تاجکوه فراوانی نسبی پایین‌تری نسبت به استاندارد از خود به نمایش گذاشته‌اند. با این وجود می‌توان به وضوح مشاهده نمود که فراوانی عناصر REE در این نمونه‌ها در محدوده تقریبی ۱۰ برابر کمتر تا ۱۰ برابر بیشتر از نمونه استاندارد تغییرات دارند. این مقادیر کم و بیش با مقادیر مربوط به نمونه‌های سنگ میزبان (شکل ۶) قرابت نشان می‌دهد، اما نسبت به مقادیر مربوط به نمونه‌های ماسه سنگ مربوط به پالئوزوئیک پایینی، واحدهای شیل ژوراسیک و سنگ‌های آذرین (شکل‌های ۷ تا ۹) تفاوت کاملاً بارزی از خود نشان می‌دهند.

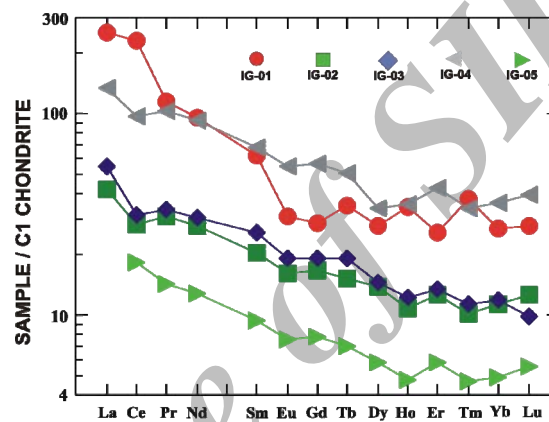


شکل ۷: الگوی توزیع عناصر کمیاب خاکی در ماسه سنگ پالئوزوئیک پایینی ناحیه کوهبنان-بهباد. A- بهنجار شده نسبت به کندریت C1 و B- بهنجار شده نسبت به NASC





شکل ۸: توزیع REE در نمونه های شیل سیاه ژوراسیک مربوط به محدوده شرق کوهبنان (در مرکز ناحیه معدنی روی و سرب ناحیه کوهبنان- بهاباد). A- بهنجار شده نسبت به کندریت C1 و B- بهنجار شده نسبت به NASC.



شکل ۹: الگوی توزیع REE مربوط به دایک های دیابازی هسته تاقدیس کاروانگاه و حوالی معدن طرز.

جدول ۵: نتایج تجزیه شیمیایی عناصر کمیاب خاکی مربوط انواع کانسنگ موجود در ناحیه کوهبنان- بهاباد به روش ICP-MS. دقت تشخیص در تمام موارد ۰/۰۱ پی پی ام است

Sample*	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
TAJ.S1	0.14	0.17	0.01	0.05	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
TAJ.S2	0.11	0.10	0.00	0.00	0.01	0.13	0.03	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TAJ.S3	0.07	0.05	0.01	0.09	0.01	0.01	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
TRZ.S1	1.30	1.10	0.08	0.11	0.09	0.14	0.12	0.02	0.32	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02
TRZ.S2	1.17	1.10	0.09	0.25	0.24	0.18	0.25	0.01	0.41	0.00	0.02	0.01	0.03	0.01
TRZ.S3	1.16	1.30	0.11	0.40	0.10	0.21	0.18	0.01	0.19	0.00	0.03	0.00	0.02	0.03
TAJ.NS1	1.29	4.33	0.21	1.00	0.30	0.00	0.33	0.02	0.27	0.02	0.04	0.00	0.09	0.01
TAJ.NS2	1.10	5.30	0.13	0.80	0.20	0.00	0.29	0.05	0.16	0.07	0.10	0.00	0.14	0.03
GUJ.NS1	2.04	3.38	0.27	1.20	0.16	0.00	0.22	0.01	0.19	0.04	0.07	0.00	0.06	0.01
TRZ.NS1	1.45	0.76	0.11	0.50	0.11	0.01	0.24	0.01	0.10	0.03	0.09	0.00	0.09	0.01
TRZ.NS2	0.85	0.19	0.13	0.90	0.18	0.02	0.17	0.08	0.21	0.08	0.08	0.00	0.10	0.03
TRZ.NS3	1.00	0.28	0.21	1.00	0.25	0.01	0.15	0.03	0.18	0.02	0.06	0.00	0.08	0.02
TAJ.G1	1.51	1.25	0.15	0.70	0.50	0.00	0.76	0.04	0.82	0.04	0.08	0.00	0.75	0.04
TAJ.G2	2.05	1.30	0.13	0.90	0.70	0.00	0.85	0.02	0.60	0.03	0.07	0.00	0.61	0.03
TAJ.G3	1.95	1.14	0.11	0.80	0.30	0.00	0.57	0.01	0.44	0.01	0.06	0.00	0.66	0.02

\*- نمونه های TAJ.S1 تا TAJ.S3 و TRZ.S1 تا TRZ.S3 به ترتیب کانسنگ سولفیدی معادن تاجکوه و طرز، نمونه های TAJ.NS1 تا TAJ.NS3 و TRZ.NS1 تا TRZ.NS3 و نمونه GUJ.NS1 به ترتیب کانسنگ غیرسولفیدی معادن تاجکوه، طرز و گوجر و نمونه های TAJ.G1 تا TAJ.G3 کلاک آهنی معدن تاجکوه است.

در الگوی بهنجار شده این نمونه‌ها نسبت به NASC نیز بی نظمی یاد شده کم و بیش قابل مشاهده است (شکل ۱۰B). در این الگو نیز پایین بودن نسبی عناصر REE به وضوح مشاهده می‌شود، به گونه‌ای که دامنه تغییرات این عناصر نسبت به استاندارد یاد شده در محدوده تقریبی ۰/۰۰۱ تا ۰/۱ برابر واقع شده است که حاکی از فقیر شدگی بارز REE در این نمونه است. در الگوی یاد شده نیز مشخص است که نمونه‌های مربوط به معدن طرز نسبت به معدن تاجکوه از غنی شدگی نسبی برخوردارند.

در هر دو الگوی ترسیم شده مربوط به نمونه‌های سولفیدی آنومالی مثبت Eu به وضوح قابل تشخیص است. مقادیر  $Eu/Eu^*$  نمونه‌های یاد شده از ۲/۱۶ تا ۲۲/۹۴ با میانگین ۶/۰۶ در تغییر است (بیشترین تکرار در حدود ۴). آنومالی Ce نیز از طریق میان یابی La و Pr بهنجار بر طبق رابطه McLennan (1989) محاسبه شد. مقادیر  $Ce/Ce^*$  از این طریق بین ۰/۴۶ تا ۱/۱ با متوسط ۰/۸۰ به دست آمد. بنابراین، Eu در این نمونه‌ها دارای آنومالی مثبت و Ce دارای آنومالی منفی است (نرمالیزاسیون نسبت به کندریت C1 انجام شده است). آنومالی مثبت Eu می‌تواند مربوط به ترکیب باطله‌های کربنات کلسیم همراه با کانسنگ سولفیدی باشد.

نمود دیگری که از این الگوها قابل تشخیص است این است که در مجموع در این نمونه‌ها LREE در قیاس با HREE دارای غنی‌شدگی است. نسبت La/Lu به طور متوسط برای کل نمونه‌های یاد شده ۳۸/۴ محاسبه شد (نمونه‌هایی که زیر حد تشخیص بوده‌اند در این محاسبه لحاظ نشده است).

بر روی کانسنگ غیرسولفیدی نیز مطالعه مشابهی انجام شد. به همین منظور، تعداد ۶ نمونه از کانسنگ‌های غیرسولفیدی کانسارهای تاجکوه، طرز و گوجر انتخاب گردید. نتایج تجزیه شیمیایی این نمونه‌ها نسبت به استانداردهای کندریت C1 و NASC بهنجار شد. سپس الگوی توزیع عناصر REE این تپ از کانسنگ‌های ناحیه ترسیم گردید (شکل ۱۱).

الگوی توزیع عناصر REE کانسنگ غیرسولفیدی بهنجار شده نسبت به کندریت C1 نشانگر توزیع منظم‌تری نسبت به کانسنگ سولفیدی است. به گونه‌ای که از سمت LREE به سمت HREE تهی شدگی قابل تشخیص است. میانگین نسبت La/Lu در نمونه‌های کانسنگ غیرسولفیدی ۷۰/۲۷ است. این میزان در مقایسه با نسبت مشابه در کانسنگ سولفیدی (بامیانگین ۳۸/۴) به وضوح بالاتر است.

دامنه تغییرات عناصر REE در نمونه‌های کانسنگ غیرسولفیدی در مقایسه با نمونه استاندارد کندریتی بین ۰/۱ تا ۱۰ برابر در تغییر است (شکل ۱۱A). بنابراین می‌توان دریافت که کانسنگ غیرسولفیدی در مقایسه با کانسنگ سولفیدی دارای غنی‌شدگی نسبی است. نسبت  $Eu/Eu^*$  در نمونه‌های کانسنگ غیرسولفیدی از ۰/۱۵ تا ۰/۳۴ با میانگین ۰/۲۳ در تغییر بوده و به وضوح آنومالی منفی Eu قابل استنباط است. این مطلب از روی الگوهای توزیع عناصر REE کانسنگ غیرسولفیدی نیز به وضوح قابل تشخیص است. نسبت  $Ce/Ce^*$  نیز در این نوع کانسنگ از ۰/۱۵ تا ۳/۴۳ با میانگین ۱/۲۲ در تغییر است. به عبارت دیگر Ce در کانسنگ غیرسولفیدی از خیلی منفی (مربوط به معدن طرز) تا خیلی مثبت (مربوط به معدن تاجکوه و گوجر) تغییر می‌کند.

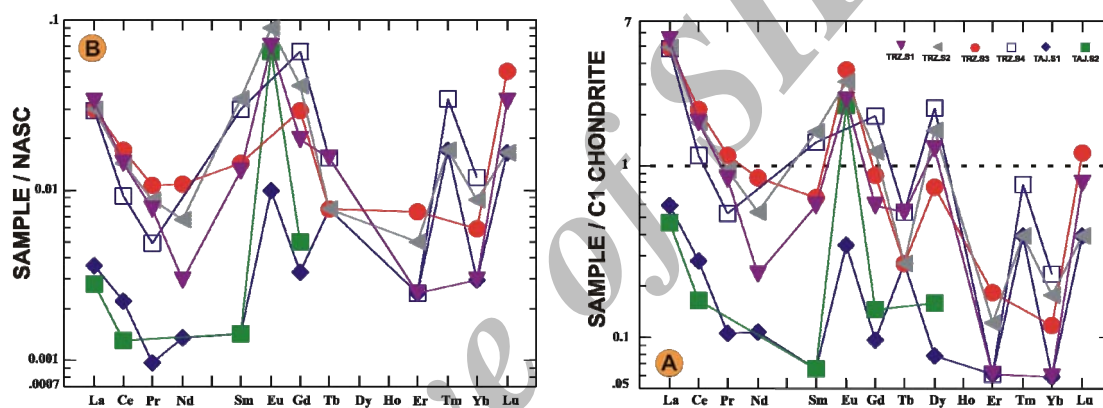
سه نمونه از کلاهدک آهنی مربوط به معدن تاجکوه نیز انتخاب برای آن‌ها الگوی توزیع REE ترسیم گردید (شکل ۱۲). الگوی مربوط به این نمونه‌ها در مقایسه با دو تپ کانسنگ سولفیدی و غیرسولفیدی از نظم توزیع بهتری برخوردار است.

در تمام نمونه‌های این تپ سنگ، عیار Eu و Tm زیر حد تشخیص (۰/۰۱ پی پی ام) بوده است و بنابراین امکان محاسبه آنومالی Eu یعنی نسبت  $Eu/Eu^*$  وجود نداشته است. اما آنومالی Ce در این نمونه‌ها بر اساس معادله McLennan (1989) به انجام رسید. مقدار  $Ce/Ce^*$  نمونه‌های کلاهدک آهنی از ۰/۶۰ تا ۰/۶۴ (با میانگین ۰/۶۱) در تغییر بوده و در نتیجه آنومالی منفی Ce برای این نمونه‌ها مسجل است. این مطلب در الگوهای توزیع عناصر REE نیز به خوبی قابل مشاهده است.

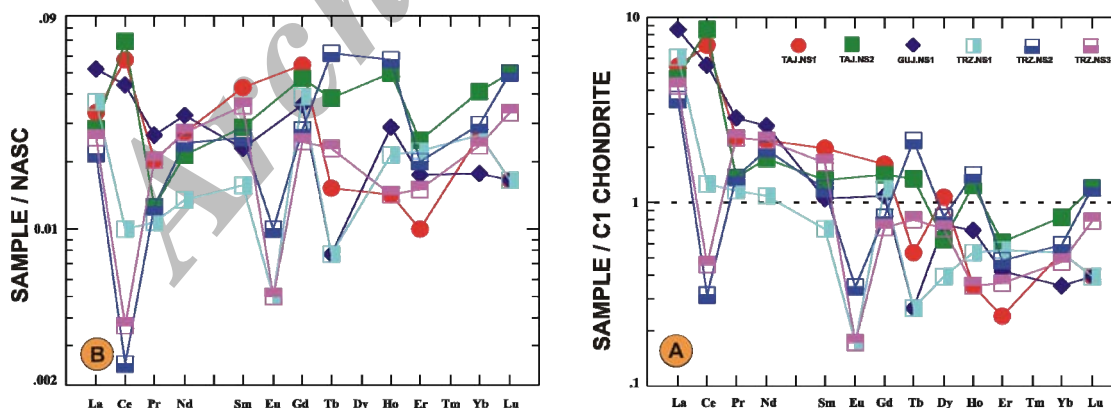
میانگین نسبت  $La/Lu$  برای نمونه‌های کلاhek آهنی ۶۱/۲۲ محاسبه شد. این نسبت نشانگر تهی شدگی HREE در قیاس با LREE است. این نسبت مشابهت بیشتری با کانستگ غیرسولفیدی داشته و این مطلب با توجه به شباهت‌های کلاhek آهنی و کانستگ غیر سولفیدی بدیهی به نظر می‌رسد. در مجموع نسبت‌های بهنجار شده کلاhek آهنی نشانگر بالاتر بودن نسبی عناصر REE در مقایسه با انواع دیگر کانستگ است. با توجه به ناچیز بودن تحرک عناصر REE در شرایط هوازدگی سطحی (Rollinson, 1995) وجود چنین پدیده‌ای امری عادی است.

### ۷-۳- مقایسه الگوهای توزیع عناصر REE در سنگ‌های توالی چینه شناسی و انواع کانستگ

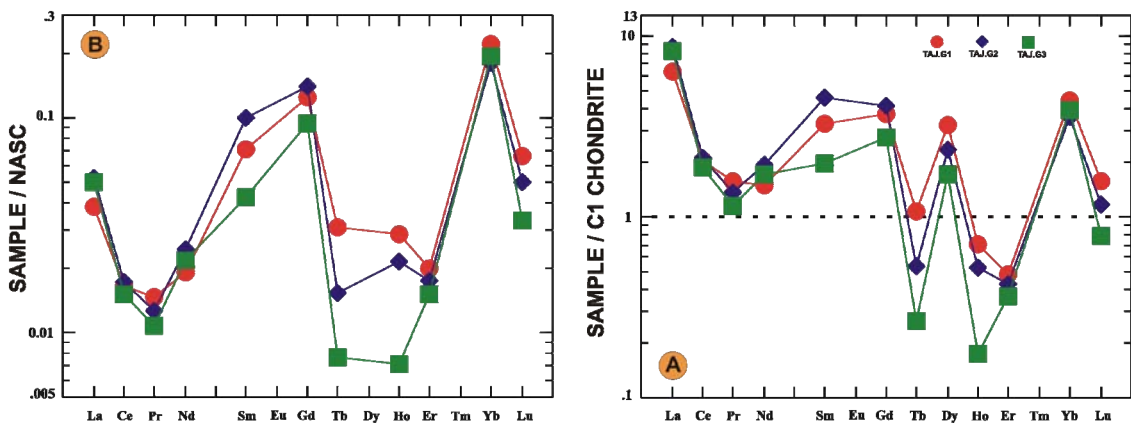
پس از بررسی جداگانه توزیع عناصر REE در سنگ‌های موجود در توالی چینه شناسی و انواع سنگ‌های معدنی، لازم است توزیع این عناصر در یک نمای کلی و به طور مقایسه‌ای نیز مورد بررسی قرار گیرد. در چنین نمایی می‌توان مقایسه بهتری انجام داد. به علاوه از برخی شاخص‌های مقایسه‌ای دیگر نیز استفاده خواهد شد تا وجوه تمایز و شباهت‌های کانستگ، سنگ میزبان و سایر سنگ‌های موجود در ناحیه آشکار گردد.



شکل ۱۰: الگوهای توزیع عناصر کمیاب خاکی برای کانستگ سولفیدی معادن طرز و تاجکوه بهنجار شده  
A- نسبت به کندریت C1، و B- نسبت به NASC



شکل ۱۱: الگوی توزیع عناصر کمیاب خاکی در نمونه‌های کانستگ غیرسولفیدی معادن تاجکوه، گوجر و طرز  
A- بهنجار شده نسبت به کندریت C1 و B- بهنجار شده نسبت به NASC



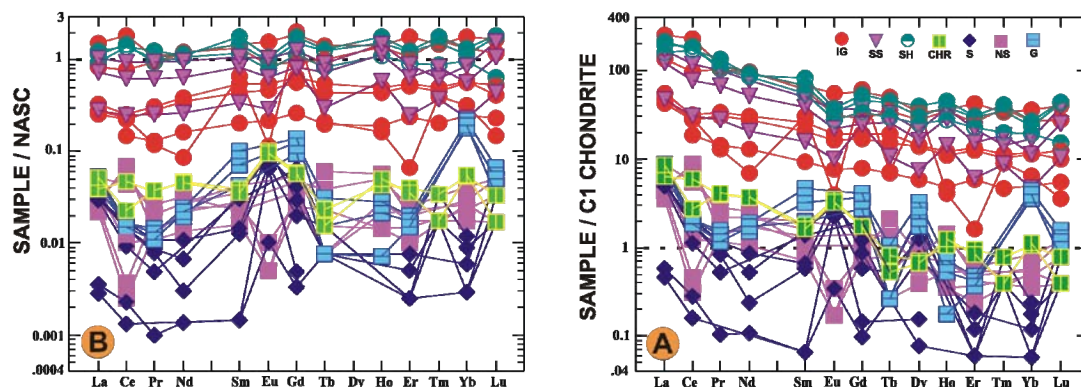
شکل ۱۲: الگوی توزیع عناصر REE مربوط به نمونه های کلاهدک آهنی معدن تاجکوه  
A- بهنجار شده نسبت به کندریت C1 و B- بهنجار شده نسبت به NASC

در این راستا، الگوی توزیع عناصر REE تمامی نمونه‌های مورد بررسی، اعم از سنگ‌های توالی چینه‌ای، سنگ میزبان، سنگ‌های آذرین و انواع کانسنگ پس از بهنجار شدن نسبت به کندریت C1 و NASC بر روی دو نمودار جداگانه ترسیم گردید (شکل ۱۳ A و B).

چنان‌که در شکل ۱۳ دیده می‌شود، سه مجموعه سنگی مهم موجود در ناحیه و توالی چینه‌ای، شامل ماسه سنگ پالئوزوئیک پایینی، شیل سیاه ژوراسیک و سنگ‌های آذرین، به لحاظ میزان عناصر REE دارای فراوانی کاملاً بیشتری نسبت به سنگ میزبان و انواع کانسنگ هستند. با توجه به شباهت‌های الگوی توزیع، سنگ‌های اخیر را می‌توان در یک گروه قرار داد. در این بین و به طور نسبی، شیل از نظر فراوانی این عناصر مقام نخست را به خود اختصاص داده‌اند. سپس ماسه سنگ قرار گرفته‌اند و توده‌های آذرین در جایگاه سوم قرار دارند. کل نمونه‌های این گروه سنگی دارای توزیع نسبتاً منظمی بوده و از سمت LREE به طرف HREE تهی شدگی نشان می‌دهند. فراوانی عناصر REE در این گروه سنگ در حدود ۱۰ تا نزدیک به ۳۰۰ برابر نمونه استاندارد کندریتی (شکل ۱۳A) و کمتر از ۰/۱ تا حدود ۲ برابر نمونه استاندارد NASC است (شکل ۱۳B).

سنگ کربناتی میزبان کانسارهای روی و سرب ناحیه به همراه سه تیپ مختلف کانسنگ نسبت به گروه قبلی در جایگاه متمایزی قرار دارند. این مجموعه چهار عضوی را نیز به خاطر شباهت‌های فراوانی و الگوی توزیع عناصر REE می‌توان در یک گروه جای داد. در این بین، کلاهدک آهنی از نظر میزان عناصر REE به طور نسبی دارای فراوانی بالاتری نسبت به کانسنگ سولفیدی، کانسنگ غیرسولفیدی و سنگ میزبان است، هرچند که این برتری چندان شاخص نیست. همچنین، کانسنگ سولفیدی در این میان نسبت به سایر اعضای گروه از نظر عناصر REE دارای فراوانی کمتری است. در واقع در این گروه می‌توان کانسنگ سولفیدی و کلاهدک آهنی را دو عضو انتهایی در نظر گرفت.

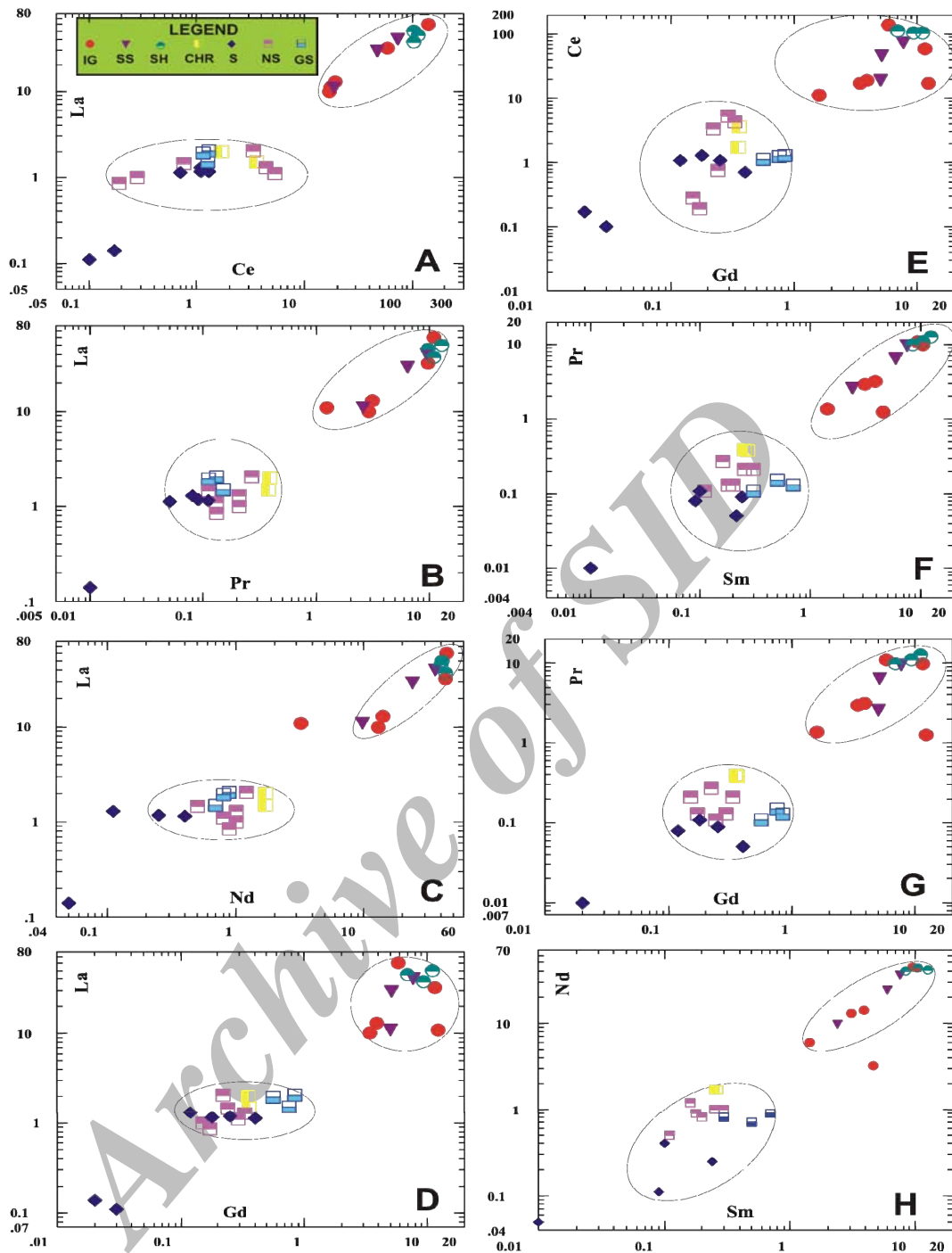
در مجموعه چهار عضوی یاد شده، فراوانی عناصر REE حدود ۰/۱ تا ۱۰ برابر نمونه استاندارد کندریتی (شکل ۱۳A) و ۰/۰۰۱ تا ۰/۱ برابر نمونه NASC (شکل ۱۳B) در تغییر است. این میزان فراوانی در مقایسه با فراوانی عناصر یاد شده در گروه سه عضوی ماسه سنگ، شیل و سنگ آذرین کاملاً متمایز است. به علاوه، الگوی توزیع در این گروه حاکی از نظم توزیع کمتری بوده و در قیاس با گروه نخست، تفاوت چندان زیادی در فراوانی LREE و HREE مشاهده نمی‌شود. دو گروه مورد بحث از نظر نوع آنومالی عناصر REE نیز با یکدیگر تفاوت‌هایی را نشان می‌دهند.



شکل ۱۳: نمودار مقایسه ای الگوی توزیع عناصر کمیاب خاکی در سنگ های مختلف موجود در توالی چینه ای ناحیه، سنگ میزبان و انواع کانسنگ روی و سرب ناحیه کوهبنان- بهاباد. A- بهنجار شده نسبت به کندریت C1 و B- بهنجار شده نسبت به IG.NASC سنگ های آذرین، SS ماسه سنگهای پالئوزوئیک پایینی، SH شیل ژوراسیک، CHR سنگ کربناتی میزبان کانسار(پرمین بالایی)، S کانسنگ سولفیدی معادن طرز و تاجکوه، NS کانسنگ غیرسولفیدی، و G نمونه های کلاهدک آهنی معدن تاجکوه.

همچنین نمودارهای دوتایی عناصر REE نیز برای بررسی شباهت ها و تفاوت های موجود بین کانسنگ، سنگ میزبان و سایر واحدهای چینه ای موجود در ناحیه مورد استفاده قرار گرفت. به همین منظور، نمودار دوتایی بین زوج های عناصر خانواده REE ترسیم شد. در نمودارهای دوتایی نیز جایگاه کلیه نمونه مورد بررسی، اعم از سنگ های موجود در توالی چینه ای، سنگ های آذرین، سنگ میزبان کانسار و انواع کانسنگ مشخص گردید. در واقع، این نمودارها نیز جنبه مقایسه ای کلی داشته و به کمک آن ها می توان موقعیت گروه های سنگی را متمایز نمود. در این راستا، ۸ نمودار متمایز کننده که با قابلیت بالاتری تمایز مورد نظر را منعکس نموده اند انتخاب شد (شکل ۱۴). نمودارهای یاد شده (شکل A تا H ۱۴) مربوط به زوج های  $La/Ce$ ,  $La/Pr$ ,  $La/Nd$ ,  $La/Gd$ ,  $Ce/Gd$ ,  $Pr/Sm$ ,  $Pr/Gd$  و  $Nd/Sm$  به طور مقایسه ای تمام نمونه ها را در کنار یکدیگر نشان می دهند. چنان که از این نمودارها نیز مشخص است، دو گروه متمایز قبلی در اینجا نیز از یکدیگر تفکیک گشته و به صورت دو مجموعه کاملاً مجزا قابل مشاهده اند. به عبارت دیگر، گروه اول شامل ماسه سنگ پالئوزوئیک پایینی، شیل ژوراسیک و سنگ های آذرین در یک خوشه جدا مشخص شده اند. گروه دوم شامل سنگ های کربناتی میزبان، کانسنگ سولفیدی، کانسنگ غیرسولفیدی و کلاهدک آهنی نیز در خوشه ای دیگر متمایز شده اند.





شکل ۱۴: نمودارهای دوتایی عناصر REE متمایز کننده سنگ های موجود در توالی چینه شناسی و انواع کانسنگ مربوط به کانسارهای روی و سرب ناحیه کوهبنان - بهاباد. از A تا H به ترتیب شامل زوج های  $La/Ce$ ,  $La/Pr$ ,  $La/Nd$ ,  $La/Gd$ ,  $Ce/Gd$ ,  $Pr/Sm$  و  $Pr/Gd$  و  $Nd/Sm$ . علائم استفاده شده شامل IG, SS, SH, CHR, S, NS و GS به ترتیب به جای سنگ های آذرین، ماسه سنگ پالئوزوئیک پایینی، شیل ژوراسیک، سنگ های کربناتی میزبان (پرمین بالایی)، کانسنگ سولفیدی، کانسنگ غیر سولفیدی و کلاک آهنی مورد استفاده واقع شده است.

#### ۸- بحث و نتیجه گیری

تلاش های زیادی برای تعیین منشأ فلزات مورد نیاز کانسارهای فلزات پایه با سنگ میزبان کربناتی صورت گرفته است (Everett et al., 2003; Leach and Sangster, 1993; Sverjenski, 1981; 1986; 1989).

در این تحقیقات و تحقیقات متعدد دیگر، شیل، ماسه سنگ و گاه سنگ‌های آذرین به عنوان تأمین کننده‌های فلزات کانسنگی برای این تیپ از کانسارها معرفی شده است. بحث اصلی این پژوهش نیز بررسی منشاء عناصر کانسنگی در کانسارهای روی و سرب ناحیه کوهبنان - بهاباد است.

شواهد صحرایی نشان می‌دهد که در سنگ آهک دولومیتی شده مربوط به پرمین بالایی در ناحیه کوهبنان - بهاباد یک کانی سازی قابل ملاحظه از روی و سرب رخ داده است. این کانی سازی به شکل رگه - رگچه ای و پرکننده فضاهای کارستی مشاهده می‌شود و گهگاه روند کانی سازی از روند چینه شناسی تبعیت می‌کند. کانسنگ این کانسارها ابتدا از نوع سولفیدی بوده و در نتیجه رخنمون شدن این نوع کانسنگ، تخت تأثیر شرایط سوپرژن، کانسنگ غیرسولفیدی به وجود آمده است (امیری، ۱۳۸۶؛ امیری و رسا، ۱۳۸۶).

بررسی‌های پتروگرافی بر روی سنگ میزبان نشان می‌دهد که این سنگ‌های کربناتی در محیط رسوبی کم عمق (سکوی قاره‌ای) نهشته شده است. از جمله ویژگی‌های جالب این سنگ، فقر شدید از بقایای فسیلی است، به گونه‌ای که به ندرت بقایایی از دوکفه‌ای، گاستروپود و خرده‌های فسیلی دیگر در این سنگ مشاهده می‌شود. در برخی از نمونه‌های این سنگ، آثار فسیلی شاخصی نظیر *Agathamina sp.*; *Hemigordius sp.*; *Fronicularia sp.*; *Glomospira sp.*; *Archaesphaera sp.* یافت می‌شود (امیری، ۱۳۸۶) که این مجموعه فسیلی سن پرمین بالایی را برای این واحد سنگی محرز می‌نماید.

سنگ کربناتی میزبان در زیر و بالای خود نیز به وسیله سنگ‌های کربناتی دیگر (در زیر واحد کربناتی پالئوزوئیک پایینی موسوم به سازند کوهبنان که هم ارز سازند میلا در البرز است و در بالا واحد کربناتی تریاس موسوم به سازند نایبند) احاطه شده است. به همین دلیل پذیرش این مطلب که سیالاتی از زیر یا از بالا به داخل افق کربناتی میزبان مهاجرت نموده و در آنجا کانی سازی انجام داده باشد قابل قبول نیست. چرا که در این صورت می‌بایست کانی سازی در سنگ‌های کربناتی زیر و بالای افق معدنی نیز رخ می‌داد، در حالی که چنین پدیده‌ای در بیابان قابل مشاهده نیست.

بررسی‌های کانی شناسی نشان داد که افق کربناتی پرمین بالایی، به عنوان سنگ میزبان کانسارهای روی و سرب ناحیه کوهبنان - بهاباد، در مقایسه با انواع دیگر سنگ‌های موجود در ناحیه، جایگاه متمایزی دارد. در این افق یک کانه‌زایی سولفیدی (غیر اقتصادی در حال حاضر) کم نظیر رخ داده است. اسفالریت و گالن به طور نادر و بسیار ناچیز، پیریت و کالکوپیریت مهم ترین کانی‌های سولفیدی این افق محسوب می‌شوند که با توجه به مرفولوژی و ویژگی‌های بافتی، در مراحل مختلف دیازنز سنگ کربناتی تشکیل شده‌اند. سایر سنگ‌های موجود در این ناحیه فاقد کانه‌زایی مشابهی هستند.

به منظور بررسی ویژگی‌های ژئوشیمیایی سنگ‌های موجود در توالی چینه‌ای ناحیه کوهبنان - بهاباد و ارتباط کانسارهای روی و سرب این ناحیه اقدام به تهیه نمونه‌هایی از واحدهای سنگی و انواع کانسنگ شد. در این نمونه‌ها عناصر مختلف اندازه‌گیری شد و سپس نتایج حاصل از این تجزیه‌های شیمیایی مورد تحلیل واقع شد. با توجه به توالی چینه‌ای موجود در ناحیه، ماسه سنگ پالئوزوئیک پایینی، شیل ژوراسیک، توده‌های آذرین و در آخر سنگ کربناتی میزبان به عنوان محیط‌های محتمل برای تأمین فلزات مورد بررسی قرار گرفت.

بررسی‌های انجام شده بر روی سنگ‌های مختلف موجود در ناحیه، فرضیات مربوط به ماسه سنگ پالئوزوئیک پایینی، شیل ژوراسیک، توده‌های آذرین را مردود نمود. به این ترتیب که دقیقاً برعکس فرض فوق، کمترین احتمال تأمین فلزات به ماسه سنگ، واحدهای شیل و سنگ‌های آذرین مربوط بوده، زیرا که این سنگ‌ها غنی شدگی چندانی از فلزات مورد نیاز نداشته‌اند. در مقابل، سنگ‌های کربناتی از این نظر دارای شرایط مناسب‌تری بوده و فرضیه آخر با احتمال بالایی مورد تأیید قرار گرفت. به گونه‌ای که سنگ‌های کربناتی پرمین بالایی در خارج از محدوده‌های معدنی و در مکان‌های فاقد آلودگی معدنی، فراوانی بسیار بالایی از عناصر کانسنگ ساز را به نمایش گذاشته‌اند (شکل ۵). در این

سنگ‌ها فراوانی متوسط روی ۱۸۶ برابر و سرب ۳۹۷ برابر کلارک سنگ‌های کربناتی است. فراوانی عناصر یاد شده در این مجموعه با هیچ یک از واحدهای سنگی دیگر (اعم از ماسه سنگ پالئوزوئیک پایینی، واحدهای شیل و ماسه سنگ ژوراسیک و همچنین سنگ‌های آذرین) موجود در این ناحیه قابل مقایسه نیست و می‌توان بالاترین مقادیر عناصر اصلی کانه‌ساز را به این مجموعه کربناتی نسبت داد. در سنگ‌های یادشده، علاوه بر روی و سرب، که دارای فراوانی کاملاً غیرعادی هستند، عناصر کادمیوم نیز بیش از ۶۱۸ برابر کلارک، مولیبدن حدود ۲۶ برابر کلارک، نقره در حدود ۳۰ برابر کلارک، کبالت نزدیک به ۳۰ برابر کلارک، مس بیش از ۷ برابر کلارک و آرسنیک بیش از ۴ برابر کلارک نیز دارای فراوانی بالا و قابل توجه هستند.

در این بخش کربناتی، وجود میان لایه‌هایی از برش بین سازندی، همراه با شواهد پتروگرافی دیگر حکایت از بالا بودن کانی‌های تبخیری و در نتیجه بالا بودن گوگرد دارد. بنابراین می‌توان پذیرفت که اجزاء مهم و مورد نیاز کانسنگ به جای تأمین از واحد های دورتر، یعنی از ماسه سنگ زیرین، شیل بالایی و یا توده‌های آذرین، از داخل سنگ‌های کربناتی در اختیار قرار گرفته است. شواهد کانی شناسی نیز این نظر را تأیید نموده است. بنابراین، سنگ‌های کربناتی پرمین بالایی به عنوان افق معدنی معرفی شده است و رگه‌های معدنی عمدتاً در این افق جای گرفته‌اند.

مطالعه بر روی عناصر کمیاب خاکی نیز حاکی از وجود شباهت‌های انکارناپذیر کانسنگ و سنگ میزبان است. مطالعه این عناصر نشان داد که ماسه سنگ پالئوزوئیک پایینی، شیل و ماسه سنگ ژوراسیک و همچنین سنگ‌های آذرین موجود در ناحیه به لحاظ فراوانی عناصر REE دارای جایگاه کاملاً متمایزی نسبت به سنگ میزبان و انواع کانسنگ هستند (اشکال ۱۲ و ۱۳). در مقابل، میان سنگ میزبان و انواع کانسنگ شباهت آشکاری وجود دارد. همچنین نمودارهای دوتایی زوج‌های عناصر REE (شکل ۱۴) نیز نشان داد که سنگ‌های مورد بررسی در دو گروه یا خوشه جداگانه، شامل ماسه سنگ پالئوزوئیک پایینی، واحدهای شیل و ماسه سنگ ژوراسیک و همچنین سنگ‌های آذرین در گروه نخست و سنگ کربناتی میزبان، کانسنگ سولفیدی، کانسنگ غیرسولفیدی و کلاهدک آهنی در گروه دوم قرار گرفته‌اند. بنابراین می‌توان پذیرفت که کانسنگ موجود در این کانسارها ارتباط مستقیمی با سنگ میزبان داشته و با سایر سنگ‌های زیر و یا بالای افق معدنی وابستگی چندانی ندارد. بنابراین، مهمترین نتیجه این پژوهش را می‌توان به این صورت عنوان نمود که فلزات مورد نیاز برای تشکیل کانسنگ کانسارها و معادن روی و سرب ناحیه کوهبنان- بهاباد از داخل سنگ میزبان کربناتی تأمین شده اند و این واحد چینه ای یک نقش دوگانه منشاء و میزبان را به عهده داشته است.

## ۹- منابع

۱. امیری، ع.، ۱۳۸۶، مطالعه ویژگی های زمین شناسی، ژئوشیمیائی و ژنز کانسارهای روی و سرب با سنگ میزبان کربناته در ناحیه کوهبنان- بهاباد. رساله منتشر نشده دکترای تخصصی زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، ۳۲۰ صفحه.
۲. امیری، ع.؛ قربانی، م.؛ اکبرزاده، ع. و شجاعی باغینی، س.و.، ۱۳۸۴، نگرشی نو بر کانسارهای استراتاباند غیرسولفیدی روی و سرب در ناحیه کوهبنان- بهاباد. مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران، صفحات ۳۸۵-۳۷۵.
۳. امیری، ع. و رسا، ا.، ۱۳۸۵، بررسی ویژگی های زمین شناسی کانسارهای استراتاباند غیرسولفیدی روی و سرب در ناحیه کوهبنان- بهاباد. فصلنامه زمین شناسی کاربردی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، سال دوم، شماره اول، صفحات ۹-۱.
۴. امیری، ع. و رسا، ا.، ۱۳۸۶، شرایط تشکیل کانسنگ غیرسولفیدی در کانسارهای روی و سرب ناحیه راور- بافق، یافته های ایزوتوپ های پایدار کربن و اکسیژن. فصلنامه زمین شناسی کاربردی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، سال سوم، شماره دوم، صفحات ۱۰۳-۹۵.

۵. امیری، ع؛ رسا، ا؛ خاکزاد، ا. و آدابی، م.ج.، ۱۳۸۸، دماسنجی و مدل تشکیل کنسارهای سولفیدی روی و سرب با سنگ میزبان کربناتی در ناحیه راور- بافق بر مبنای ایزوتوپ های پایدار گوگرد. فصلنامه علوم زمین، شماره ۷۲، صفحات ۱۰-۳.
6. Carpenter, A.B.; Trout, M.L. and Pickett, E.E., 1974, Preliminary report on the origin and chemical evolution of lead and zinc- rich oil field brines in Central Mississippi. *Economic Geology*, Vol. 69: 1191-1206.
  7. Coveney, R.M. and Glascock, M.D., 1989, A review of the origins of the metal- rich Pennsylvanian black shales, Central U. S. A., with an inferred role for basinal brines. *Applied Geochemistry*, Vol. 4: 374-367.
  8. Ghazban, F. and Hajikazemi, E., 1994. Geological and geochemical evidence on the genesis of carbonate-hosted Zn-Pb-Ba deposit in Irankuh district, West Central Iran. *Proceeding of 4<sup>th</sup> Mining Symposium of Iran*, Yazd University, Vol. 1: 49-77.
  9. Everett, C.E.; Rye, D.M. and Ellam, R.M., 2003. Source or sink? An assessment of the role of the Old Red Sandstone in the genesis of the Irish Zn-Pb deposits. *Economic Geology*, Vol. 98: 31-50.
  10. Haskin, M.A. and Frey, F.A., 1966, Dispersed and not-so-rare earths. *Science*, Vol. 152:299-314.
  11. Huckriede, R.; Kürsten, M., and Venzlaff, H., 1962, Zur geologie des gebiets zwischen Kerman und Saghand (Iran): Beihefte zum Geologischen Jahrbuch, Vol. 51, p. 197.
  12. Leach, D.L. and Sangster, D.F., 1993, Mississippi Valley-Type Lead-Zinc Deposits. In Kirkham R. V., Sinclair W. D., Thorpe R. I. and Duke J. M. (eds.), *Mineral Deposit Modeling*. Geological Association of Canada Special Paper, No. 40: 289-314.
  13. Mason, B. and Moore, C.B., 1982, *Principles of geochemistry*. Forth edition, John Wiley and Sons, 344p.
  14. McLennan, S.M., 1989, Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes. In: Lipin B.R. and McKay, G.A., (eds.), *Geochemistry and mineralogy of rare earth elements*. Mineralogical Soc. America: 169-200.
  15. Rollinson, H.R., 1995, *Using geochemical data: evaluation, presentation and interpretation*. Longman Group, UK, 344p.
  16. Sverjensky, D.A., 1981, The origin of a Mississippi Valley-type deposit in the Viburnum trend, southeast Missouri. *Economic Geology*, Vol. 76: 1848-1872.
  17. Sverjenski, D.A., 1986, Genesis of Mississippi Valley-Type lead-zinc deposits. *Annual Reviews of Earth Planetary Sciences*, 14, 177-199.
  18. Sverjenski, D.A., 1989, The diverse origins of Mississippi Valley-Type Zn-Pb-Ba-F deposits. *Chron. rech. min.*, No. 495:5-13.
  19. Taylor, S.R. and McLennan, S.M., 1981, The composition and evolution of the continental crust: rare earth element evidence from sedimentary rocks. *Phil. Trans. R. Soc.*, A301: 381-399.

Archive SID