Fluid inclusions and Chemistry of sulphide minerals (sphalerite and chalcopyrite) in the Baba-Gholleh and Emarat Pb-Zn deposits, middle part of Malayer- Isfahan metallogenic belt.

Alireza Zarasvandi[1], Elham Poursheikhi[*1],Somayeh Dolatshahi[2]

[1]Faculty of Natural Science, [1]Department of Geology, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran
[2] Department of Geology, Lorestan University, Khorramabad, Iran
Corresponding author:e. pgeo2015@gmail.com
09106040492

Abstract

Baba Golleh and Emarat Zn-Pb deposits are located in Markazi province and in the middle part of Malayer Isfahan belt. Mineralization in Emarat and Baba Golleh deposits occurred in Lower Cretaceous carbonate and Middle Jurassic black phyllites units, respectively. The difference in the ratio of zinc to iron, silver and copper elements in sphalerite indicate the different genesis of Baba Golleh and Emarat deposits. The ratio of Sn to In and Ga to In in the spherites of the Emarat deposit is more than one, and these ratios are less than one in the Baba Golleh deposit. The highest average concentration of Ga and Sn in the chalcopyrites of Emarat is higher than Baba- Golleh. The results of microthermometry of fluid inclusions in Baba Golleh deposits show the homogenization temperature of 130-195 °C and salinity of 1.9-18 wt. % NaCl equivalents, respectively. The homogenization temperature and salinity of Emarat deposit fluid inclusions are between 95-113 °C and 7.8-10.6 wt. % NaCl equivalents, respectively. Based on the geochemical evidence, the type of host rock and studies of the fluids inclusions data, Emarat and Baba Golleh deposits are the most similar to the MVT (Mississippi Valley type) and SEDEX (Sedimentary exhalative) deposits, respectively.

Keywords: Emarat, Baba Golleh, fluid inclusions sphalerite, chalcopyrite,

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

میانبارهای سیال و شیمی کانی‌های سولفیدی(اسفالریت و کالکوپیریت) در کانسارهای سرب و روی عمارت و باباقله، بخش میانی کمربند فلززایی ملایر- اصفهان.

علیرضا زراسوندی[۱]، الهام پورشیخی[۱×]، سمیه دولتشاهی[۲]

[۱]گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز

[۲]گروه زمین‌شناسی، دانشگاه لرستان

e.pgeo2015@gmail.com

۰۹۱۰۶۰۴۰۴۹۲

تاریخ تنظیم: ۱۴۰۳/۰۴/۳۱

چکیده

کانسارهای سرب و روی باباقله و عمارت در استان مرکزی و در بخش میانی کمربند ملایر- اصفهان قرار گرفته‌اند. کانه‌زایی در کانسارهای عمارت و باباقله به ترتیب در واحدهای کربناته کرتاسه زیرین و فیلیت‌های سیاه ژوراسیک میانی رخ داده است. متفاوت بودن نسبت روی به عناصر آهن، نقره و مس در اسفالریت، بیانگر تفاوت ژنزی کانسارهای عمارت و باباقله است. نسبت Sn به In و Ga به In در اسفاریت‌های کانسار عمارت بیش از یک است، و این نسبت‌ها در کانسار باباقله کمتر از یک می‌باشد. میانگین غلظت Ga و Sn در کالکوپیریت‌های عمارت از باباقله بیشتر است. نتایج ریزدماسنجی میانبارهای سیال کوارتز در کانسارهای باباقله به ترتیب دمای همگن‌شدگی۱۹۵ -۱۳۰ درجه سانتی‌گراد و شوری ۱۸-۱/۹ درصد وزنی نمک طعام را نشان می‌دهد. دمای همگن‌شدگی و شوری میانبارهای سیال کانسار عمارت به ترتیب در محدوده ۱۱۳-۹۵ درجه سانتی‌گراد و ۸/۶-۷/۱۰ درصد وزنی نمک طعام قرار می‌گیرند. براساس شواهد زمین شیمی، نوع سنگ میزبان و مطالعات میانبار سیال کانسار عمارت و باباقله به ترتیب بیشترین مطابقت را با دخایر نوع MVT (ذخایر نوع دره می سی سی پی) و SEDEX (رسوبی-بروندمی) دارند.

کلمات کلیدی: عمارت، باباقله، میانبار سیال، اسفالریت، کالکوپیریت

مقدمه

وجود سکوهای کربناته و شرایط ژئودینامیک ایران، شرایط را برای نهشته‌گذاری سرب و روی در میزبان‌های کربناتی فراهم کرده است. ذخایر سرب و روی با سنگ میزبان رسوبی شامل کانسارهای تیپ MVT (ذخایر نوع دره می سی سی پی)، SEDEX(ذخایر رسوبی-بروندمی)، Irish و سرب نوع ماسه سنگی می‌باشند[۱،۲]. ذخایر سرب و روی ایران با میزبان رسوبی از دو بعد زمانی و مکانی قابل تامل هستند به نحوی که پراکندگی زمانی آن‌ها عمدتاً طیفی از پالئوزوئیک و مزوزوئیک را در بر می‌گیرد[۳،۴] و گستردگی مکانی آن‌ها منجر به رخداد کمربندهای فلززایی ملایر- اصفهان، طبس- پشت بادام، البرز مرکزی، و یزد- انارک شده است[۵]. کمربند فلززایی ملایر- اصفهان با طول ۴۰۰ کیلومتر و عرض ۹۰ کیلومتر و با راستای شمال غربی- جنوب شرقی با دربرگیری عمده استان‌های مرکزی، اصفهان، همدان و لرستان و چهارمحال بختیاری، بخشی از قسمت میانی پهنه سنندج- سیرجان را به خود اختصاص داده است. دو کانسار باباقله و عمارت از جمله ذخایر سرب و روی در این

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

کمربند فلززایی هستند (شکل۱). ذخیره باباقله با مختصات جغرافیایی″ ۳۰ ″۵۳ ۴۹ طول خـاوری و عـرض شـمالی″ ۲۰′ ″۳۳ ۳۳ در ۳۳ کیلومتری جنوب‌غربی شهرستان خمین در استان مرکزی قرار دارد. نظریه‌های مختلفی در مورد منشأ آن ارائه شده است. [۶] رخداد باباقله را رگه‌ای نوع تله ترمال می‌داند، برخی دیگر از پژوهشگران این ذخیره را ناشـی از تولیـد محلـول‌هـای بالارونده‌ی حاوی سرب، روی و گوگرد به وسیله‌ی ماگماتیسم و آناتکسی عمیق و اختلاط این محلول‌ها با محلول‌های سـطحی و ته نشست کانه‌ها در شکستگی‌ها و سازندهای کربناته می‌دانند [۷]. [۸، ۹] این ذخیره را نـوع رگـه‌ای معرفـی کـرده‌انـد، در نهایت مطابق نظر[۱۰] این کانسار از نوع رسوبی- بروندمی (SEDEX) است.

کانسار عمارت با مختصات جغرافیایی ″ ۲۶ ″۴۳ ۴۹ طول شرقی و ″ ۰۵′۴۲ ۳۳ عرض شمالی در ۴۵ کیلومتری جنوب‌غـرب اراک قرار گرفته است و یکی از بزرگترین ذخایر سرب و روی در کمربند ملایر- اصفهان است. [۱۱] براساس مطالعـات زمـین-شناسی و ژئوشیمی این کانسار را از نوع ذخایر دره می‌سی‌سی‌پی (MVT) معرفی کرده‌اند. مطابق نظر [۱۲] این کانسـار از نـوع لایه‌کران بوده که در سنگ‌های کربناته کرتاسه زیرین نهشته شده است و آن را زیر رده‌ای از کانسارهای MVT به شمار آورده است و مهم‌ترین فرآیندهای تشکیل کانسار عمارت را احیای گرمایی- شیمیایی سولفات، برهم کنش محلول با سنگ دیـواره و سرد شدن آن برشمرده است. [۱۳] این کانسار را از نوع MVT قلمداد کرده است و اذعان داشته است که تحت شرایط محیط احیایی و محیط کم عمق و گرم تشکیل شده است. براساس نظر [۱۰] این کانسار از نوع MVT است. در این تحقیـق ذخیـره سرب و روی باباقله و عمارت از نظر کانی‌شناسی، شیمی کانی‌های سولفیدی، میانبار سیال و فرآیندهای موثر در تشکیل مـورد مطالعه و مقایسه قرار گرفته‌اند.

روش مطالعه

در این پژوهش به‌منظور مطالعات کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی در مجموع تعداد ۱۸ بلوک صیقلی و ۱۲ مقطع نـازک از هـر دو کانسار تهیه و مورد مطالعات کانه‌نگاری، کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی قرار گرفته است. به‌منظـور تعیـین شـیمی عناصـر فرعـی درکانی‌های سولفیدی آنالیز SEM-EDX با مطالعه ۲۱ نقطه برای هر یک از کانی‌ها در مجموع بر روی ۶ نمونه کالکوپیریت و اسفالریت دو ذخیره در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه لرسـتان انجـام گردیـد. ایـن آنـالیز توسـط دسـتگاه SEM-EDX بـا مـدل FESEM ساخت کشور جمهوری چک انجـام پـذیرفت. همچنـین بـا هـدف بررسـی ویژگـی‌هـای سـیال کانـه‌سـاز مطالعـات ریزدماسنجی میانبار سیال در کوارتزهای حاوی کانه‌زایی با استفاده از اندازه‌گیری پارامترهای دمایی در آزمایشگاه کانی‌شناسی مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران (ایمیدرو) به کمک استیج THMS600 گرم کننده و منجمدکننده با مدل Linkam متصل به میکروسکوپ ZEISS با دامنه حرارتی۱۹۶- تا ۶۰۰+ درجه سانتی‌گراد انجام شد و کالیبراسیون اسـتیج در گرمـایش با دقت ۰/۶±درجه بوده که با نیترات سزیم و با نقطه ذوب ۴۱۴ درجه صورت پذیرفت و در انجماد بـا دقـت ۰/۲± درجـه و بـا ماده استاندارد انهگزان با نقطه ذوب۹۴/۳ - درجه سانتیگراد انجام گرفته است. در این مطالعه تعـداد ۲۸ میانبـار سـیال بـرای ذخیره باباقله و تعداد ۲۹ میانبار سیال برای ذخیره عمارت در کوارتزهای حاوی کانه‌زایی مورد مطالعه قرار گرفت.

زمین‌شناسی ناحیه‌ای و منطقه‌ای

پهنه سنندج سیرجان در موقعیت زمین‌ساختی پشت کمانی قرار دارد [۱۵، ۱۶] و در نتیجه فرورانش اقیانوس تتیس جوان به زیر صفحه ایران ایجاد شده است [۱۷]. در تریاس فوقانی- ژوراسیک فرورانش تتیس جوان به زیر ایران مرکزی شروع شده و با تداوم این رخداد حوضه کششی پشت قوسی پهنه سنندج سیرجان در کرتاسه تحتانی تشـکیل شـده اسـت[۱۸]. ایـن حوضـه کششی به کمربند فلززایی ملایر- اصفهان موسوم است [۱۵]. رخداد کششی کرتاسه زیرین منجر به ایجاد حوضه‌های فرا زمین و فرو زمین در کمربند فلززایی ملایر – اصفهان شده است. حوضه‌های فروزمینی این کمربنـد جایگـاه بسـیاری از کانسـارهای

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

سرب وروی با میزبان کربناته هستند [۵].شکل ۲ (الف و ب) بخش‌هایی از ستون چینه‌شناسی در دو ذخیره باباقله و عمارت را نشان می‌دهد. بیشتر ذخایر سرب و روی کمربند فلززایی ملایر- اصفهان در توالی واحدهای کرتاسه قرار دارند. کانسار عمارت در توالی چینه‌شناسی Ks به سن کرتاسه زیرین قرار گرفته است ، سنگ میزبان ذخایری که در این توالی قرار می‌گیرند شامل تناوب آهک‌های سیلیسی اربیتولین‌دار ضخیم لایه تا لایه‌های متوسط با شیل و سیلتستون آهکی می‌باشد[۱۹] (شکل ۲الف). ذخایر سرب و روی ژوراسیک در زون متالوژنی ملایر- اصفهان در توالی رسوبات تخریبی ژوراسیک که معادل سازند شمشک هستند ایجاد شده‌اند؛ از این دسته ذخایر کانسار باباقله را می‌توان نام برد[۱۹]

در منطقه ذخیره باباقله قدیمی‌ترین واحد سنگی رخنمون یافته مربوط به سنگ‌های دگرگونی ژوراسیک زیرین و میانی می‌باشد (شکل۳)؛ که واحد ژوراسیک زیرین (J_{ph}) شامل سرسیت کلریت شیست‌های خاکستری تا سیاه رنگ شدیداً چین خورده هستند که در نتیجه دگرگونی سنگ‌های پلیتی رسی، سیلتی و کمی ماسه‌ای دانه ریز تشکیل شده‌اند[۸]. واحد سنگی ژوراسیک میانی ($J_{s,sh}$) متشکل از شیل‌های سیلتی و رسی و تا حدی فیلیتی می‌باشد که به‌طور ناپیوسته بر روی فیلیت‌های همدان قرار دارد[۲۰]. فیلیت‌های سیاه در واحد ژوراسیک میانی ($J_{s,sh}$) در واقع سنگ میزبان کانسنگ ذخیره باباقله محسوب می‌شوند. این فیلیت‌های سیاه همراه با میان لایه‌های ماسه سنگ گریوکی دگرگون شده هستند. کنگلومرا، سیلتستون، مارن سیلتی و آبرفت جوانترین نهشته‌های رسوبی در ناحیه باباقله محسوب می‌شوند که دارای سن ترشیاری تا کواترنری می‌باشند[۸].

کانسار سرب و روی عمارت بر روی بخشی از یال جنوبی ناودیس الیم آباد-موچان-کوه برآفتاب قرار دارد. واحد ژوراسیک در این ناحیه معادل سازند نایبند در ایران مرکزی است. این واحد شامل شیل، ماسه سنگ و کمی آهک است که در برخی نقاط تبدیل به فیلیت، اسلیت، کوارتزیت، مرمر و آمفیبولیت می‌شود. مرز واحد ژوراسیک با واحد تریاس به‌صورت تدریجی می‌باشد. در این ناحیه واحد کرتاسه به صورت دگرشیب روی واحد ژوراسیک قرار می‌گیرد. رسوبات کواترنری جوان شامل آبرفت، ماسه سنگ، کنگلومرا، و مارن سیلتی به‌عنوان جوانترین رسوبات، منطقه وسیعی از محدوده کانسار عمارت را دربر می‌گیرند (شکل۴). دگرگونی در این منطقه ناشی از عملکرد فاز دگرگونی کوهزایی آلپی با سن کرتاسه پایینی- پالئوسن می‌باشد. در اثر این دگرگونی، کالک شیست، کالک فیلیت و کوارتزیت ایجاد شده است. نزدیک‌ترین توده نفوذی به منطقه عمارت گرانودیوریت آستانه می‌باشد که با کانسار ۲۵ کیلومتر فاصله دارد.

سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی

بررسی مقاطع نازک در ذخیره باباقله نشان داد که سنگ میزبان از نوع کوارتزیت و یک نوع ماسه‌سنگ لیتیک‌دار است که تحت تاثیر فازهای دگرگونی قرار گرفته و در واقع یک فیلارنایت می‌باشد. در محدوده ذخیره باباقله سه مرحله کانه‌زایی اتفاق افتاده است در مرحله اول یعنی قبل از مرحله کانه‌زایی فلزی، دولومیت و کلسیت تشکیل شده است. در این ذخیره دو نسل کوارتز مشاهده می‌شود نسل اول کوارتزهای فاقد کانه‌زایی فلزی می‌باشند و نسل دوم کوارتز همزمان با ته‌نشست کانه‌های فلزی از محلول هیدروترمال تشکیل شده است[۲۱]. دگرگون شدن سنگ میزبان در مرحله اصلی کانه‌زایی رخ داده و در این مرحله اسفالریت، پیریت، کالکوپیریت و گالن از سیال کانه‌زا ته‌نشین شده‌اند. در مرحله سوم کانه‌زایی کانی‌های مالاکیت و دیگر اکسیدهای آهن تشکیل شده‌اند (شکل۵- الف).

سنگ میزبان کانسار عمارت از آهک‌های توده‌ای و ضخیم لایه به رنگ خاکستری تیره با درزه‌ها و شکستگی‌های فراوان تشکیل شده است و دارای ضخامتی از ۰/۵ تا ۳ متر می‌باشد. سیلیسی شدن مهمترین ویژگی این بخش است که در مجاورت بخش شیلی Ks بر شدت آن افزوده می‌شود. سیلیسی شدن مرحله اول موجب جانشینی بخشی از سنگ آهک توسط کوارتز

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

شده است. کوارتزهای ریزبلور موجود در حاشیه رگچه‌های موازی دارای تظاهر چین خورده و جهت‌دار هستند که نشانه عملکرد نیروهای زمین‌ساختی پس از ایجاد رگچه‌هاست. فعالیت‌های تکتونیکی منطقه موجب شکستگی در سنگ میزبان شده و سپس محلول‌های غنی از سیلیس فضاهای خالی و شکستگی‌ها را پر کرده و کانه‌های اصلی اسفالریت، گالن و پیریت تشکیل شده و بخشی از فضاهای شکستگی را پر کرده‌اند. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، کانه‌های اسفالریت در سنگ میزبان کربناته که شدیداً سیلیسی شده‌اند و در داخل شکستگی‌ها و درون استیلولیت‌های ریز قرار گرفته‌اند [۲۱]. فراوان‌ترین کانی سولفیدی در کانسار عمارت، اسفالریت است که به‌صورت رگچه‌ای و دانه‌های ریز پراکنده در سنگ میزبان (اندازه ۰/۰۲ تا ۳ میلیمتر) مشاهده می‌شود. کانی‌زایی اسفالریت در دو مرحله اصلی رخ داده است. در مرحله اول اسفالریت‌هایی با آهن بیشتر و رنگ تیره‌تر مشخص می‌شوند؛ و اسفالریت‌های مرحله دوم فقیر از آهن هستند[۲۲].

گالن در این کانسار به‌صورت رگچه‌ای و دانه‌های ریز پراکنده در سنگ میزبان مشاهده می‌شوند. کانی‌زایی گالن در دو مرحله و همزمان با اسفالریت رخ داده است [۲۱]. در کانسار عمارت سه مرحله اصلی کانی‌زایی رخ داده و کانی‌زایی سرب و روی در دو مرحله اصلی اتفاق افتاده است (شکل۵- ب).

میانبار سیال

سنگ‌نگاری

در این پژوهش مطالعه میانبارسیال بر روی نمونه‌های برداشت شده از رگه‌های کوارتزی همراه با کانی‌سازی صورت گرفته است. اغلب میانبارهای سیال مطالعه شده براساس فازهای درونی جزء میانبارهای تک فازی و دو فازی غنی از مایع (L+V) می‌باشند (شکل ۶ الف تا ت). در نمونه‌های مطالعه شده میانبارهای تک فازی گاز، فراوانی کمتری دارند و اندازه آنها کوچک است و اغلب به‌صورت منفرد مشاهده می‌شوند. این میانبارها به‌علت وجود فاز گازی به رنگ تیره می‌باشند و دارای شکل‌های لوزی، بیضوی و گرد هستند. بیشترین تعداد میانبار در این مطالعه مربوط به میانبارهای دو فازی غنی از مایع است که شامل دو فاز مایع و بخار می‌باشند. حجم فاز بخار در آنها از ۱۰ تا ۴۰ درصد حجم میانبار متغیر است؛ این میانبارها اغلب به‌صورت منفرد و به شکل‌های دایره، بیضی و لوزی مشاهده می‌شوند.

اندازه میانبارهای سیال در ذخیره باباقله بین ۵ تا ۱۲ میکرون هستند که بیشترین فراوانی در اندازه ۵ میکرون می‌باشد. میانبارهای سیال مورد مطالعه در نمونه‌های کانسار عمارت در اندازه ۵ تا ۱۰ میکرون با میانگین اندازه ۶/۹ میکرون قرار دارند.

ریزدماسنجی

دامنه تغییرات دمای همگن‌شدگی برای میانبارهای سیال کانسار باباقله ۱۳۰ تا ۱۹۵ درجه سانتی‌گراد است (جدول ۱)؛ و همانطور که در هیستوگرام آن مشاهده می‌شود بیشترین فراوانی دمای همگن‌شدگی در دمای ۱۶۰ تا ۱۸۰ درجه می‌باشد (شکل ۷ – الف، شکل ۸ الف). دمای همگن‌شدگی برای کانسار عمارت در محدوده ۹۵-۱۳۰ درجه به‌دست آمد و میانگین دمای همگن‌شدگی آن ۱۱۶/۸۳ می‌باشد بدین صورت دمای همگن‌شدگی کمتری نسبت به کانسار باباقله را نشان می‌دهد (شکل ۷- پ، شکل ۸ الف)

میانگین دمای ذوب نهایی یخ (Tm-ice) برای میانبارهای سیال ذخیره باباقله ۷/۹- درجه و در دامنه دمایی ۱۱/۸- تا ۱/۲- درجه است. بر این اساس میزان شوری سیال در این ذخیره بر حسب درصد وزنی معادل نمک طعام در محدوده ۱/۹ تا ۱۸ درصد وزنی با میانگین ۱۲/۰۸ درصد وزنی معادل نمک طعام قرار دارد و بیشترین داده مربوط به ۱۵ درصد وزنی معادل نمک طعام است. بالاترین میانگین شوری متعلق به منطقه باباقله است (شکل ۷- ب، شکل ۸- ب).

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

میانگین دمای ذوب نهایی یخ (Tm-ice) برای میانبارهای سیال ذخیره باباقله ۶/۱- درجه و در دامنه دمایی ۵- تا ۶/۹- درجه است. بر این اساس میزان شوری سیال در این ذخیره بر حسب درصد وزنی معادل نمک طعام در محدوده ۷/۸ تا ۱۰/۶ درصد وزنی با میانگین ۹/۳۳ درصد وزنی قرار دارد و بیشترین داده مربوط به ۱۰ تا ۱۰/۲۵ درصد وزنی معادل نمک طعام است (شکل۷- ت، شکل ۸- ب).

جهت شناخت مکانیسم احتمالی نهشت کانه‌ها می‌توان از نمودار دمای همگن‌شدگی در برابر شوری[۲۳] استفاده کرد. بر اساس این نمودار داده‌های میانبارهای سیال برای نمونه‌های باباقله در محدوده اختلاط هم‌دما و برای نمونه‌های عمارت روند جوشش را نشان می‌دهد.

برای شناسایی کمپلکس غالب در حمل فلزات، از نمودار دمای همگن‌شدگی در مقابل شوری[۲۴] استفاده شد. نمونه‌های میانبار سیال در هردو ذخیره مورد مطالعه، در محدوده حمل با کمپلکس سولفیدی قرار گرفته‌اند (شکل ۹)، که می‌توان نتیجه گرفت که آنیون‌های غالب در هر دو ناحیه HS^- و SO_4^{-2} است، و با توجه به نمودار دمای همگن‌شدگی- شوری برای انواع مختلف کانسارها براساس سیال سازنده آنها[۲۵] ، بیش از ۷۰ درصد نمونه‌های میانبار سیال باباقله در محدوده ذخایر نوع SEDEX واقع می‌شوند و ۱۰۰ درصد نمونه‌های میانبار سیال کانسار عمارت در محدوده ذخایر MVT قرار می‌گیرند (شکل ۱۰).

ژئوشیمی

تصاویر مربوط به آنالیز SEM-EDX اسفالریت‌های دو ذخیره مورد مطالعه در شکل (۱۱- الف و ب) نشان داده شده است. ساختمان اسفالریت به‌گونه‌ای است که عناصر فرعی زیادی می‌توانند در آن جایگزین عنصر روی شوند. عناصر Ga، Cd، Fe، In، Ge، Sb، دارای شعاع یونی مشابه با Zn هستند، این عناصر به‌صورت ایزومورف جانشین روی می‌شوند[۲۶، ۲۷، ۲۸]. به‌علاوه عناصری مانند Co، Cu، Mn، که یون‌های هم‌اندازه با عنصر Zn دارند، نیز می‌توانند از طریق جانشینی ساده وارد ساختمان اسفالریت شوند[۲۹،۲۶]. میزان غلظت عناصر در ساختار اسفالریت تحت تاثیر دمای تبلور و منبع فلز از یک ذخیره به ذخیره دیگر متفاوت است[۲۶].

میانگین غلظت Cu در کانسار باباقله کمتر از ۵ درصد وزنی می‌باشد (۴/۰۷ درصد وزنی)، میانگین مس در اسفالریت‌های کانسار عمارت بیش از ۵ درصد وزنی است (۵/۹۸ درصد وزنی). میانگین غلظت Ag و Fe برای اسفالریت‌های باباقله بیش‌تر از ۲ درصد وزنی هستند اما برای ذخایر عمارت کم‌تر از ۲ درصد وزنی است (جدول ۳).

غلظت گالیم و ژرمانیم در ذخایری که دمای بیشتر دارند، کمتر است. مقادیر این عناصر در ذخایر سرب و روی نوع MVT بیش از ذخایر دما بالاست[۳۰،۲۶]. میانگین غلظت Ga و Ge در اسفالریت‌های باباقله کمتر از میانگین آنها در کانسار عمارت است، در صورتی که غلظت ایندیم در اسفالریت‌های کانسار باباقله بیشتر از میانگین غلظت این عنصر در عمارت می‌باشد. میانگین غلظت Ge در باباقله کمتر از ۲ درصد وزنی است و مقدار این عنصر در کانسار عمارت بیشتر از ۲ درصد وزنی می‌باشد. بیشترین غلظت Ga در نمونه اسفالریت کانسار عمارت ۲/۲۴ درصد وزنی می‌باشد. مقدار ایندیم در اسفالریت‌های عمارت کمتر از ۲ درصد وزنی است. میانگین غلظت برای عنصر Cd در ذخایر باباقله (۰/۷۶ درصد وزنی) کمتر از مقدار این عنصر در ذخایر عمارت (۰/۹۷ درصد وزنی) است. میزان عنصر Sb در اسفالریت‌های باباقله ۲/۲۵ درصد وزنی بود درحالی که میزان این عنصر در عمارت ۳/۴۲) درصد وزنی است.

شکل (۱۲) به‌گونه‌ای طراحی شده است که براساس مقدار گالیم و ایندیم در اسفالریت‌ها انواع ذخایر سرب و روی طبقه‌بندی می‌شوند. در این شکل ذخایر گل زرد، باباقله، تکیه و عمارت با کانسار سرب و روی Xiyi (نوع MVT) در جنوب‌غربی چین [۳۱] و دیگر ذخایر سرب و روی[۲۸] مقایسه شده است. در این دیاگرام سه محدوده وجود دارد، محدوده A، در این محدوده

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

نسبت گالیم به ایندیم کمتر از یک است (Ga/In<1) و شامل ذخایر ماگمایی، هیدروترمال و ذخایر SEDEX می‌باشد. محدوده B، در این محدوده نسبت گالیم به ایندیم برابر با یک است (Ga/In=1) و شامل ذخایر سرب و روی ولکانیکی می‌باشد. محدوده C، در این محدوده میزان گالیم به ایندیم بیشتر از یک است (Ga/In>1) و در این ناحیه ذخایرسرب و روی نوع MVT قرار می‌گیرند. در اسفالریت‌های باباقله مقدار ایندیم بیشتر از گالیم بود که موجب گردید نسبت Ga/In بیشتر از یک شود و نمونه‌های این ذخیره در محدوده A همراه با دیگر ذخایر SEDEX قرار بگیرند، بنابراین یکی ازدلایل زمین‌شیمی برای معرفی این ذخیره به‌عنوان نوع SEDEX می‌باشد. در اسفالریت‌های عمارت مقدار گالیم بیشتر از ایندیم بوده به‌گونه‌ای که نسبت Ga به In بیشتر از یک است و نمونه‌های اسفالریت آن در محدوده C قرار می‌گیرند.

نمودارهای دو متغیره Zn در برابر Ag، Zn در برابر Cu، Sn در برابر In، Zn در برابر Fe، Fe در برابر Cd، In در برابر Cu برای اسفالریت‌های دو کانسار در دو گروه SEDEX و MVT ترسیم گردید. نسبت Zn/Ag در ذخیره SEDEX (باباقله) بیشتر از ۲۰ می‌باشد و نسبت Zn/Cu بیشتر از ۸ و نسبت Zn/Fe بیشتر از ۲۰ است و در تمام نمونه‌ها این نسبت‌ها بالاتر از خط مربوط قرار می‌گیرند، در حالی‌که نمونه‌های عمارت در بخش پایینی این خطوط قرار دارند، یعنی این نسبت‌ها در این نوع ذخایر کمتر است. نمودارهای دو متغیره Sn در برابر In، Cd در برابر Fe و In در مقابل Cu، نمونه‌های ذخایر نوع SEDEX را از نوع MVT تفکیک کردند. بنابراین می‌توان از این عناصر برای شناسایی و تفکیک این دو نوع ذخیره سرب و روی استفاده کرد (شکل ۱۳ الف تا ج).

نمودارهای جعبه‌ای برای عناصر نقره، کادمیوم، مس، آهن، روی، ایندیم، ژرمانیم و گالیم برای اسفالریت‌های دو ذخیره سرب و روی مورد مطالعه ترسیم گردید (شکل ۱۴ الف تا ج). نمودارهای جعبه‌ای کم یا زیاد بودن هر عنصر را به وضوح نمایش می‌دهند. کمترین مقدار کادمیوم متعلق به باباقله (ذخایر نوع SEDEX) نسبت به ذخایر عمارت است. بالا بودن فعالیت گوگرد احیا $\sum S_{red}$ و بالا بودن دمای سیال در ذخایر سرب و روی SEDEX موجب کاهش مقدار کادمیوم در اسفالریت‌ها می‌شود. دمای کم سیال در ذخایر نوع MVT یکی از دلایل پایین بودن غلظت کادمیوم در اسفالریت‌هاست [۳۲]. تفاوت در مقدار و محتوای عناصر Ga، Ge، In، و Fe در انواع ذخایر سرب و روی وجود دارد؛ به‌نظر می‌رسد ذخایر MVT مهم‌ترین ذخایر سرب و روی برای عناصر گالیم و ژرمانیم هستند[۳۳]. میزان عناصر آهن، ژرمانیم و گالیم در اسفالریت‌های ذخایر عمارت بیشتر از ذخایر باباقله است. اسفالریت‌های عمارت از لحاظ رنگ، تیره‌تر از اسفالریت‌های باباقله هستند که یکی از دلایل مهم آن وجود مقادیر بیشتر آهن در اسفالریت‌های ذخایر عمارت است؛ زیرا اسفالریت‌ها در طیف وسیعی از رنگ‌ها قرار می‌گیرند، و میزان آهن مهم‌ترین عامل در رنگ آنهاست[۳۴]. همچنین. مقدار Fe، رابطه مستقیمی با میزان فعالیت گوگرد و فشار در زمان تشکیل کانسنگ دارد. در شرایط ثابت بودن فشار، مقدار آهن با افزایش دما، زیاد می‌شود و در حالتی که دما ثابت باشد با افزایش فشار، میزان آهن افزایش می‌یابد[۳۵].

براساس مطالعات[۳۶] زمانی که میزان Zn کم باشد آهن به راحتی وارد ساختمان اسفالریت می‌شود. میزان روی در اسفالریت‌های عمارت کمتر از مقدار این عنصر در باباقله است و احتمالا به این علت میزان آهن بیشتری وارد ساختمان اسفالریت‌های کانسار عمارت شده است.

نتایج آنالیز عناصر موجود در کالکوپیریت‌های ذخایر مورد مطالعه (جدول۴) نشان داد که بالاترین میانگین گالیم و قلع این مربوط به کانسار عمارت (Ga >۳ و Sn> ۱/۲۹) با کمترین دمای تشکیل (۱۱۶/۸۳ درجه سانتی‌گراد) می‌باشد، در نمونه های کالکوپیریت کانسار عمارت غلظت عنصر گالیم (۳/۵-۳ درصد وزنی) و بیشترین مقدار عنصر قلع ۲/۵۷ درصد وزنی است. همانطور که اشاره شد مقدار عناصر گالیم و قلع در دماهای پایین‌تر در سیال بیشتر از دماهای بالاست[۳۷] و احتمالا مهم‌ترین دلیل بالا بودن میزان این عناصر در کالکوپیریت‌های عمارت پایین بودن دمای سیال کانه ساز است. به‌طورکلی کالکوپیریت‌ها

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

عموماً میزبان ضعیفی برای اکثر عناصر هستند به استثناء Se و Hg که می‌توانند به اندازه کافی در کالکوپیریت‌ها غنی شوند[۳۸].

مقادیر بالایی از عنصر Se در کالکوپیریت‌های هر دو ذخیره مشاهده شد (باباقله با میانگین ۱/۲۶ درصد وزنی عمارت با ۱/۴۲ درصد وزنی). میانگین غلظت عنصر کبالت در کالکوپیریت های باباقله (۱/۶ درصد وزنی) بیشتر از میانگین غلظت این عنصر(۰/۹۱) در کالکوپیریت های عمارت است. بیشتر از عنصر کبالت تمایل دارد در ذخایر دما بالا تمرکز پیدا کند[۲۶] و مقدار کبالت در سیال با افزایش دما افزایش می‌یابد و به‌دنبال آن مقدار کبالت بیشتری می‌تواند وارد ساختمان کانی‌های سولفیدی شود[۳۹].

نتیجه گیری

۱- نتایج زیر حاصل از مطالعه میانبار سیال در دو منطقه مورد مطالعه است.

- بر مبنای مطالعات ریزدماسنجی میانبارهای سیال برای ذخیره باباقله، دمای همگن‌شدگی ۱۳۰ تا ۱۹۵ درجه سانتی-گراد و میزان میانگین شوری سیال در این ذخیره ۱۲/۰۸ درصد وزنی است و دارای شوری بیشتری نسبت به عمارت است.
- دمای همگن‌شدگی برای کانسار عمارت در محدوده ۱۳۰-۹۵ درجه سانتی گراد به‌دست آمد و میانگین دمای همگن‌شدگی آن ۱۱۶/۸۳ می‌باشد و نسبت به کانسار باباقله دمای همگن‌شدگی کمتری را برای سیالات نشان می-دهد. بیشترین فراوانی شوری در این کانسار در محدوده ۱۰ تا ۱۰/۵ درصد وزنی نمک طعام قرار دارد.
- با توجه به نمودار دمای همگن‌شدگی در مقابل میزان شوری سیال میزان فشار بخار در زمان تشکیل میانبارهای سیال برای هر دو ذخیره کمتر از ۵۰ اتمسفر می‌باشد و کلیه میانبارهای سیال برای هر دو در زیر منحنی اشباع-شدگی هالیت قرار گرفته‌اند که ممکن است نشان دهنده این موضوع باشد که میانبارها (با توجه به NaCl) از یک سیال همگن غیراشباع در دماها و فشارهای پایین به دام افتاده باشند.
- روند تکامل سیال برای نمونه‌های باباقله در محدوده اختلاط هم‌دما و برای نمونه های کانسار عمارت در محدوده جوشش قرار گرفته است.
- نمونه‌های میانبار سیال در هر دو منطقه مورد مطالعه در محدوده حمل با کمپلکس سولفیدی قرار می‌گیرند. که می‌توان نتیجه گرفت که آنیون‌های غالب در هر دو ناحیه HS^- و SO_4^{-2} است.
- با توجه به نمودار دمای همگن‌شدگی- شوری برای انواع مختلف کانسارها براساس سیال سازنده آنها، بیش از ۷۰ درصد نمونه‌های میانبار سیال کانسار باباقله در محدوده ذخایر نوع SEDEX و ۱۰۰ درصد نمونه‌های میانبار های سیال عمارت در محدوده ذخایر MVT قرار گرفته است

۲- براساس مطالعات SEM صورت گرفته بر روی دو کانی اسفالریت و کالکوپیریت در دو کانسار باباقله و عمارت نتایج زیر به دست آمده است.

- برخی عناصر فرعی همچون Ag، Co، Cd، Cu، In، Ge، Ga، Fe و Sb در اسفالریت‌های کانسار سرب و روی MVT عمارت و SEDEX باباقله با یکدیگر متفاوت هستند که موجب تمایز این دو نوع ذخیره از یکدیگرشده است.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

- نسبت Zn / Fe> ۲۰، Zn / Ag> ۲۰ و Zn / Cu> ۸ در اسفالریت‌های کانسار باباقله با ذخایر نوع SEDEX و نسبت Zn / Fe < ۲۰، Zn / Ag< ۲۰ و Zn / Cu < ۸ برای کانسار عمارت با ذخایر نوع MVT همخوانی دارد.
- براساس نمودارهای دو متغیره Sn در برابر In، Cd در برابر Fe و In در مقابل Cu، نمونه‌های کانسار باباقله در محدوده ذخایر SEDEX و کانسار عمارت در محدوده ذخایر MVT قرار می‌گیرند.
- نمونه‌های کالکوپیریت کانسار عمارت در مقایسه با کانسار باباقله غنی‌شدگی بیشتری از دو عنصر گالیم و قلع را نشان می‌دهند، این عناصر در سیالات کانه‌زا با دمای کمتر، بیشتر تمرکز پیدا می‌کنند و مقادیر بیشتری از این عناصر فرصت ورود به کانی‌های سولفیدی پیدا می‌کنند.
- بالا بودن میزان کبالت در کالکوپیریت‌های کانسار باباقله نسبت به عمارت را می‌توان به بالا بودن دمای سیال کانه-ساز در این کانسار مرتبط دانست.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از حوزه معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز برای فراهم آوردن امکانات پژوهشی و نیز از سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران(ایمیدرو) برای حمایت مالی سپاسگزاری می‌شود.

References

[1] Wilkinson, J. J., *"Sediment-hosted zinc-lead mineralization: processes and perspectives"*, Treatise on Geochemistry 2nd edition (2014) 219-249.

[2] Leach D.L., Sangster D.F., Kelley K.D., Large R.R., Garven G., Allen C.R., Gutzmer J., Walters S., *"Sediment-hosted lead-zinc deposits: a global perspective"*, In: Hedenquist J.W., Thompson J. F.H., Goldfarb R.J., Richards J.P. (eds) Economic Geology 100th Anniversary, Society of Economic Geology Inc (2005) 561- 607.

[3] Momenzadeh, M., *"Stratabound lead–zinc ores in the lower Cretaceous and Jurassic sediments in the Malayer–Esfahan district (west Central Iran), lithology, metal content, zonation and genesis"*, Unpublished PhD thesis, University of Heidelberg (1976) 300.

[4] Momenzadeh, M., *"Investigation of the Kolisheh Lead-Zinc prospect, Khomein area"*, Geological survey of Iran(1973) 35.

[5] Rajabi, A., Rastad, E. and Canet, C., *"Metallogeny of Cretaceous carbonate-hosted Zn–Pb deposits of Iran: geotectonic setting and data integration for future mineral exploration"*. International Geology Review 54 (2012)1649-1672.

[6] Momenzadeh, M.,*" The BabaGholleh lead-zinc prospect, Khomein area"*, (1968).

[7] Kavoshgaran Consulting Engineers., *"preliminary exploration report of Lead and zinc of the 1:20000 geology map of Baba Gholleh and Hoseinabad area*(in persian)", (1994) 225.

[8] Ehya, F., Lotfi, M., Rasa, I., *"Jurassic Pb-Zn mineralization at Baba Gholleh"*, Iranian Journal of Geotechnical Geology 4(2008) 234-246.

[9] Ehya, F., *"Geochemistry and genesis o Emarat and Baba Gholleh Pb Zn deposits, South Arak(in persian)",* P.h.D thesis, Azad University(2008) 178.

[10] Zarasvandi, A. Poursheikhi,E., Saki,A.,*" Sulfide Minerals and Fluid Chemistry of Zn–Pb Deposits in Central Sanandaj–Sirjan Zone, Iran"*, Iranian Journal of Science and Technology Transactions A:Science 45(2021) 2001-2020.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

[11] Ehya, F., M. Lotfi and I. Rasa "*Emarat carbonate-hosted Zn-Pb deposit, Markazi province, Iran: A geological, mineralogical and isotopic (S, Pd) study*" , Journal of Asian Earth Sciences 37(2010) 186-194.

[12] Fazli,S., Shamanian,Gh., Shafei, B., *" The Emarat and Mouchan stratabound Pb Zn deposits with sedimentary host rock, new data and genesis(in persian)"*, Iranaian Journal of Crystallography and Mineralogy 20(2012) 67-80.

[13] Derogar Khabici, F., *"Geology, mineralogy and evolution of fluid inclusions in Pb-Zn Tekyeh and Emarat deposits, Arak, Iran (In Persian)"*, (2013).

[14] Zarasvandi, A., Sameti, M., Sadeghi, M., Rastmanesh ,F., Pourkaseb ,H., *"The Gol-e-Zard Zn–Pb deposit, Lorestan Province, Iran: a metamorphosed SEDEX deposit"*, ACTA Geol Sin (Engl Ed) 88(2014) 142–153.

[15] Mohajjel, M., Fergusson, C. L., *"Jurassic to Cenozoic tectonics of the Zagros Orogen in northwestern Iran"*, International Geology Review 3(2014)263-287.

[16] Mohajjel, M., Fergusson, C., and Sahandi, M., *"Cretaceous–Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj–Sirjan zone, western Iran"*, Journal of Asian Earth Sciences 21 (2003) 397-412.

[17] Ghasemi, A., and Talbot, C. J., *"A new tectonic scenario for the Sanandaj–Sirjan Zone (Iran)"*, Journal of Asian Earth Sciences 26(2006) 683- 693.

[18] Stampfli, G. M., and Borel, G. D., *"A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrones"*, Earth and Planetary Science Letters196 (2002)17-33.

[19] Akbari, Z., *"The pattern of formation of Ahangaran Iron-Lead deposit(SE of Malayer), based on the studies of different types of ores, geochemistry and stable isotopes"*, PhD thesis, Shahid Beheshti University(2017).

[20] Sahandi, M. R., J. Radfar, J. Hoseinidoust and M. Mohajjel"*Shazand quadrangle map 1:100,000. Geological Survey and Mineral Exploration of Iran (in Persian)* ", (2006).

[21] Poursheikhi, E., *"Chemistry of sulfide minerals of the Pb-Zn deposits, middle Sanandaj-Sirjan zone: with emphasis on the geochemistry of rare earth elements(in persian)"*, P.h.D thesis, Shahid Chamran university of Ahwaz(2021) 208.

[22] Karimzadeh, A., *"The study of type, mineralization relationship and possible geneis of Emarat Pb and Zn mine*(in persian)*"*, (1992) 304.

[23] Wilkinson, J. J. , *"Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits"* , Lithos 55(2001) 229-272.

[24] Pirajno, F., *"Hydrothermal processes and mineral system. New York"*, Springer Science(2009).

[25] Kesler, S. E., *"Ore- Forming Fluids"*, Elements 1(2005) 13-18.

[26] Cook, N. J., C. L. Ciobanu, A. Pring, W. Skinner, M. Shimizu, L. Danyushevsky, B. Saini-Eidukat and F. Melcher., "*Trace and minor elements in sphalerite: A LA-ICPMS study*" , Geochimica et Cosmochimica Acta 73(2009) 4761-4791.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

[27] De Vivo, B., A. Lima and J. D. Webster., "*Volatiles in magmatic-volcanic systems*", Elements 1(2005) 19-24.

[28] Zhang, Q., "*Trace elementes in Galena and Sphalerite and their geochemical significance in distinguishing the genetic types of Pb-Zn ore deposits"*, Geochemistry 6 (1987)177-190.

[29] Ye, L., N. J. Cook, C. L. Ciobanu, L. Yuping, Z. Qian, L. Tiegeng, G. Wei, Y. Yulong and L. Danyushevskiy ., "*Trace and minor elements in sphalerite from base metal deposits in South China: A LA-ICPMS study*", Ore Geology Reviews 39(2011) 188-217.

[30] Paradis, S., H. Keevil, G. J. Simandl and M. Raudsepp .,*"Carbonate-hosted nonsulphide Zn–Pb mineralization of southern British Columbia, Canada"* ,Mineralium Deposita 50(2015) 923-951.

[31] Li, J., Z. Chen, T. Zhou, X. Gu, N. C. White and H. Gao., *"Genesis of the Xiyi Pb–Zn deposit, Yunnan Province, SW China: Evidence from trace element and fluid inclusion data"* , Ore Geology Reviews 119(2020)

[32] Schwartz, M. O., *"Cadmium in zinc deposits: Economic geology of a polluting element"* , International Geology Review 42(2000) 445-469.

[33] Frenzel, M., T. Hirsch and J. Gutzmer., "*Gallium, germanium, indium, and other trace and minor elements in sphalerite as a function of deposit type - A meta-analysis*" , Ore Geology Reviews 76(2016) 52-78.

[34] Beaudoin, G. , "*Acicular sphalerite enriched in Ag, Sb, and Cu embedded within color-banded sphalerite from the Kokanee Range, British Columbia, Canada"*, Canadian Mineralogist 38(2000) 1387-1398.

[35] Barnes, H. L., *"Geochemistry of hydrothermal ore deposits, John Wily"*, (1997).

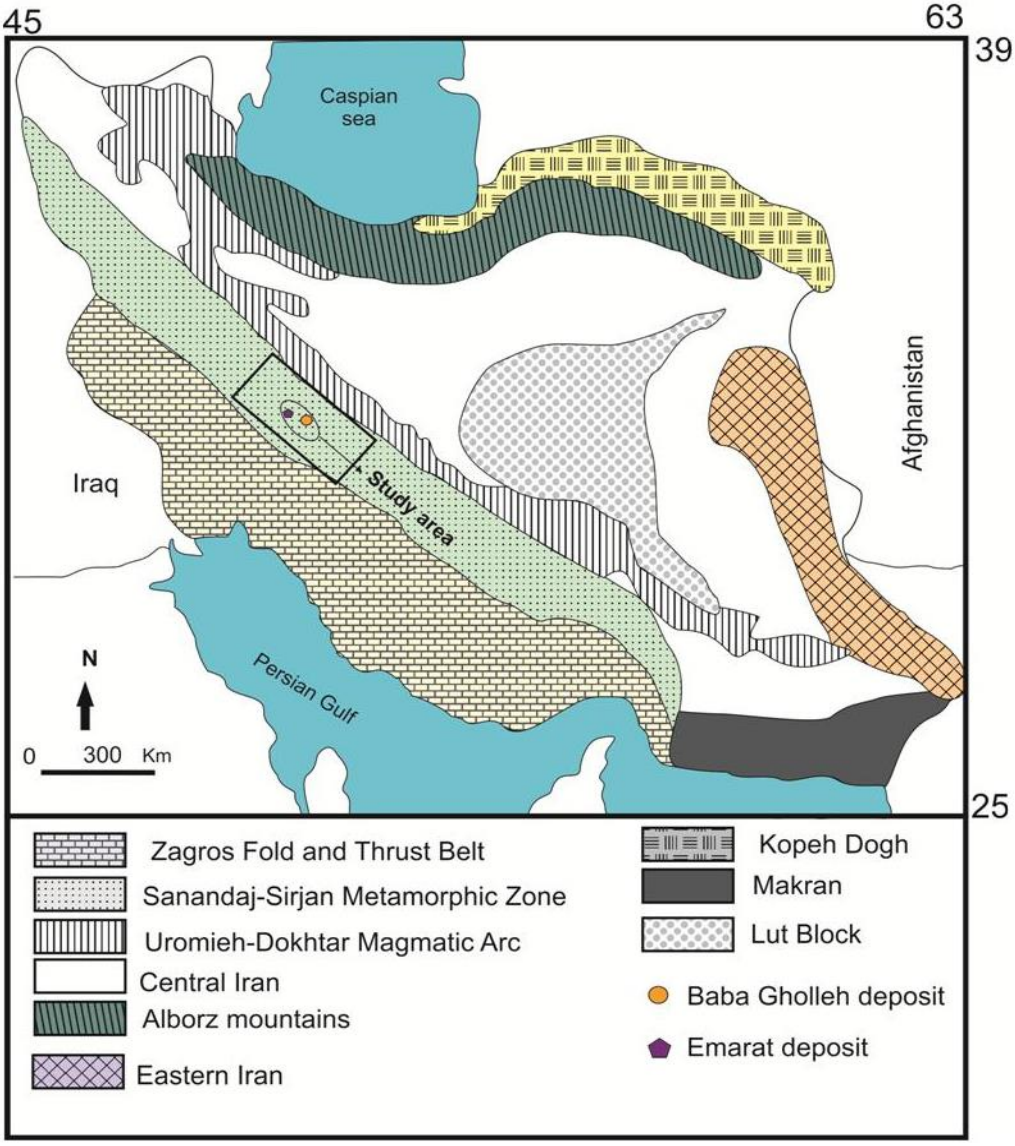
[36] Wright, K. and J. D. Gale ., "*A first principles study of the distribution of iron in sphalerite*" , Geochimica et Cosmochimica Acta 74(2010)3514-3520.

[37] Lockington, J. A., "*Trace and minor elements in sphalerite from metamorphosed sulphide deposits"*, Mineralogy and Petrology 108(2014): 873-890.

[39] George, L. L., N. J. Cook, B. B. P. Crowe and C. L. Ciobanu ., "*Trace elements in hydrothermal chalcopyrite*", Mineralogical Magazine 82(2018) 59-88.

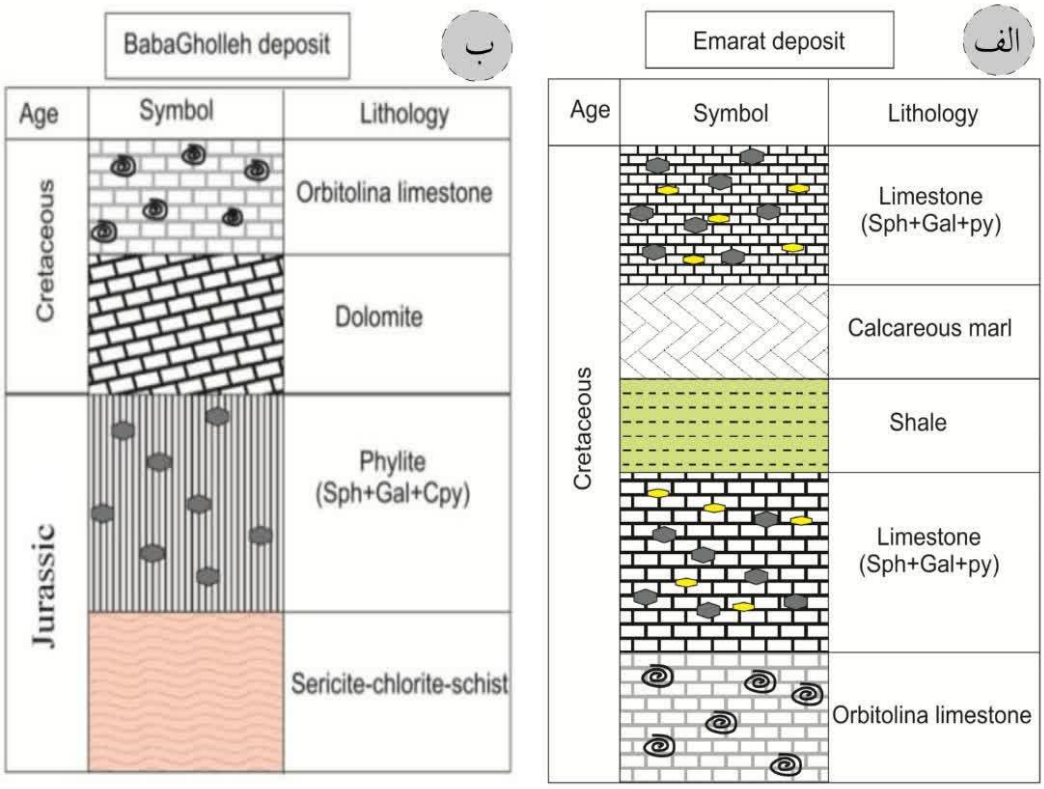
[40] Lin, Y., N. J. N. J. Cook, L. C. Cristiana, Y. Yulong, Q. Zhang, L. Tiegeng, G. Wei, Y. Yulong, L. Danyushevskiy, L. Ye, N. J. N. J. Cook, C. L. C. L. Ciobanu, L. Yuping, Z. Qian, L. Tiegeng, G. Wei, Y. Yulong, L. Danyushevskiy, Y. P. Liu, Q. Zhang, W. Ao, Y. L. Yang and L. V. Danyushevsky ., "*Trace and minor elements in sphalerite from base metal deposits in South China: A LA-ICPMS study*", Ore Geology Reviews 39(2011) 188-217.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

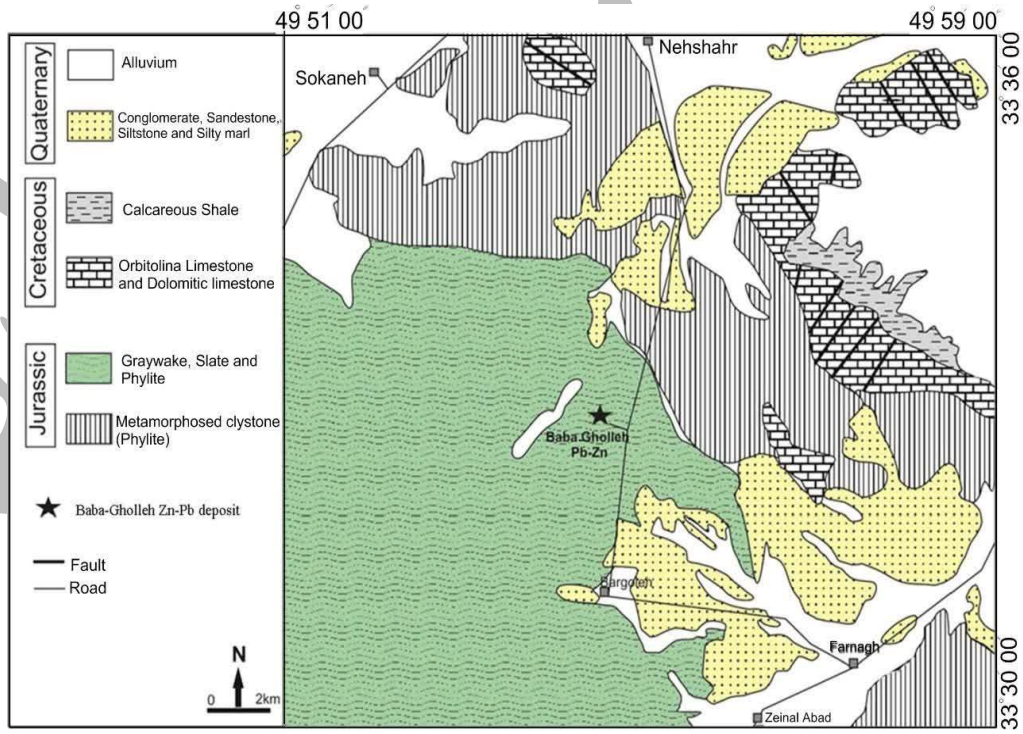


شکل ۱ موقعیت مناطق مورد مطالعه در پهنه سنندج- سیرجان، مستطیل سیاه نشان دهنده کمربند سرب وروی ملایر اصفهان است، با تغییرات از [۱۴].

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

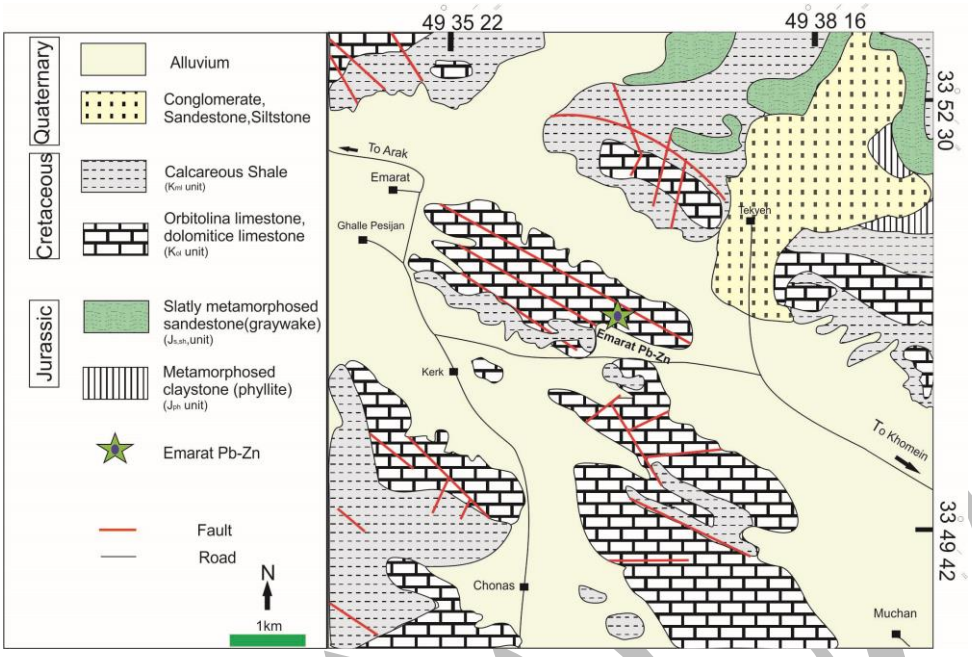


شکل۲ بخش‌هایی از ستون چینه‌شناسی ذخایر الف-عمارت،ب- باباقله

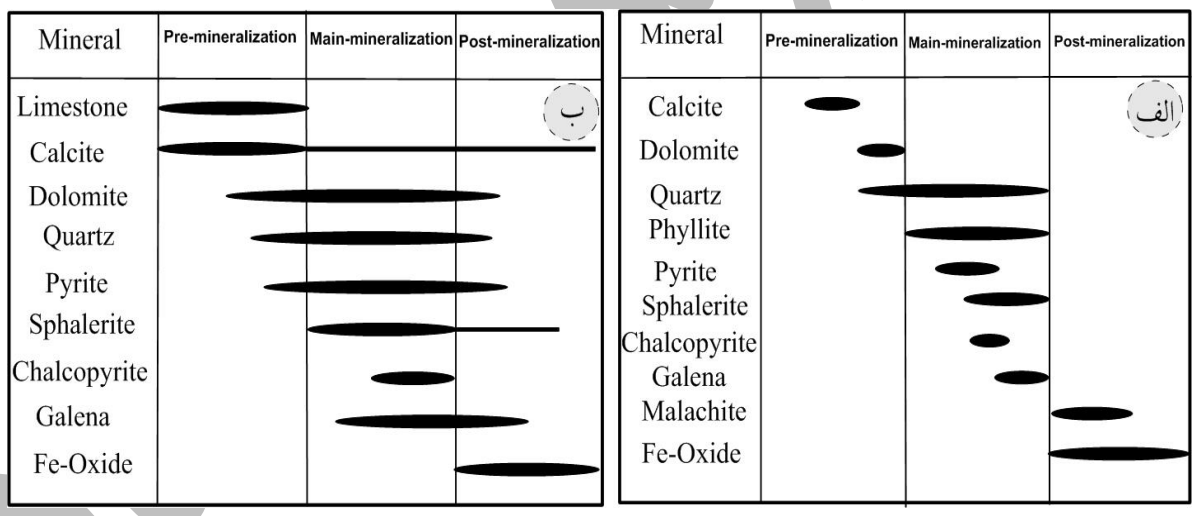


شکل ۳ نقشه زمین‌شناسی ساده شده منطقه باباقله با تغییرات از [۸].

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

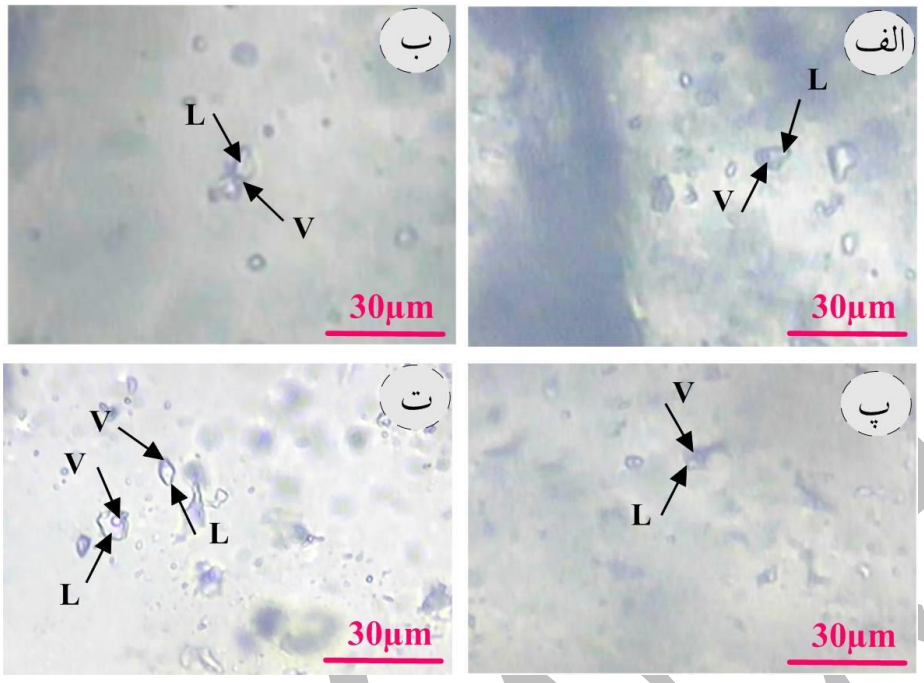


شکل۴ نقشه زمین‌شناسی کانسارهای سرب و روی عمارت، استان مرکزی، با تغییرات از [۱۱].

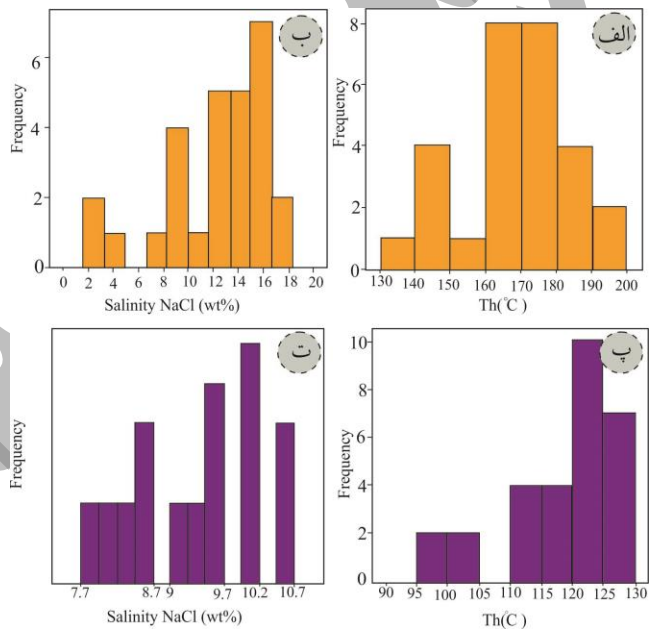


شکل۵ توالی پاراژنزی کانی‌ها در مراحل مختلف کانی‌سازی. الف- کانسار باباقله. ب- کانسار عمارت

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

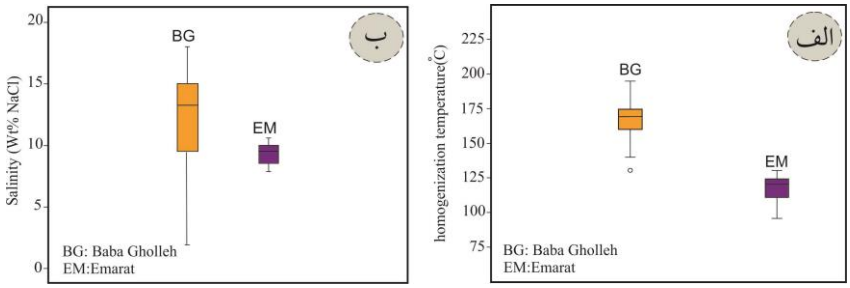


شکل ۶ الف و ب– نمایی از میانبارهای سیال دوفازی غنی از مایع (L+V) در میانبارهای سیال کانی کوارتز کانسار باباقله. پ و ت- میانبارهای سیال دوفازی غنی از مایع (L+V) در میانبارهای سیال کانی کوارتز کانسار عمارت. (L : فاز مایع و V: فاز بخار).

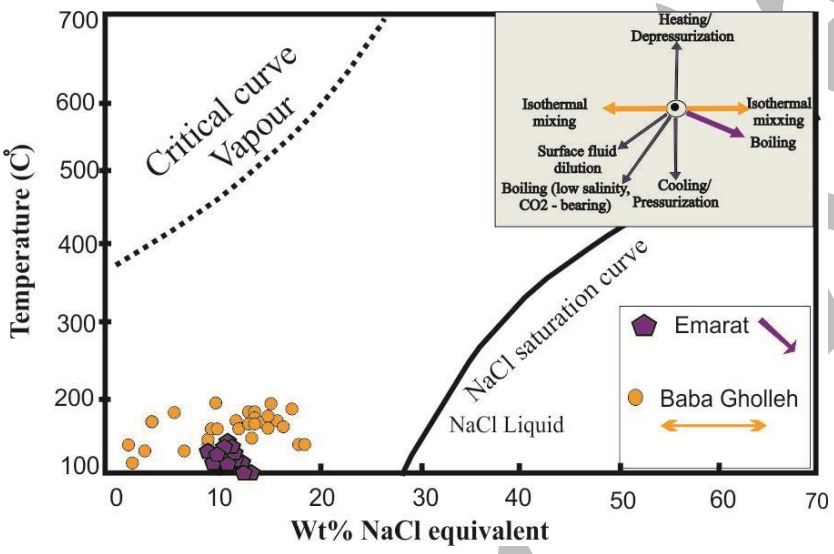


شکل ۷ الف و ب- به ترتیب هیستوگرام دمای همگن‌شدگی و شوری برای کانسار باباقله. پ و ت- به ترتیب هیستوگرام دمای همگن-شدگی و شوری برای کانسار عمارت.

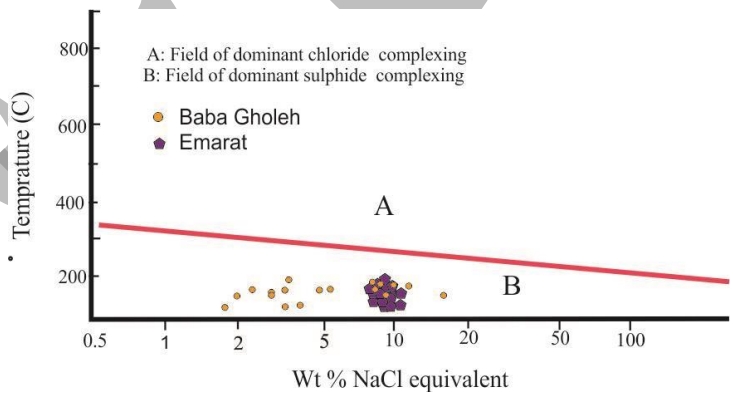
[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]



شکل ۸ الف- نمودار جعبه ای مقادیر دمای همگن‌شدگی برای مناطق مورد مطالعه. ب- نمودار جعبه‌ای مقادیر شوری برای مناطق مورد مطالعه

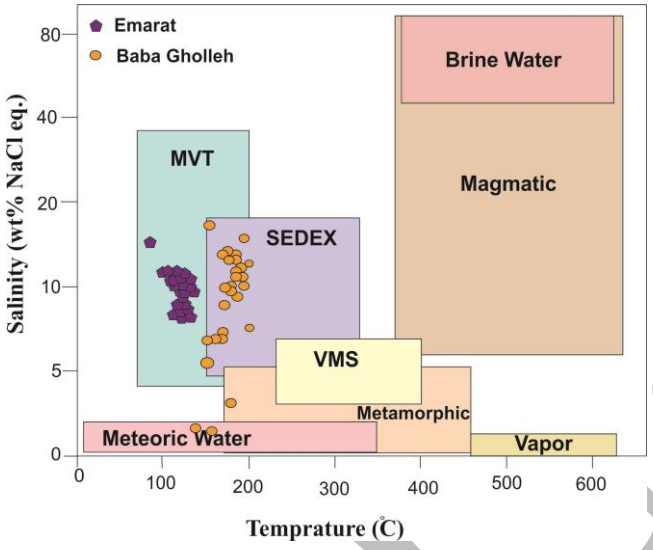


شکل ۹ روندهای احتمالی تکامل سیالات مناطق مورد مطالعه براساس نمودار دمای همگن‌شدگی و شوری [۲۳].



شکل۱۰ نمودار دمای همگن‌شدگی- شوری برای تعیین کمپلکس فلزی[۲۴] (ذخایر باباقله و عمارت).

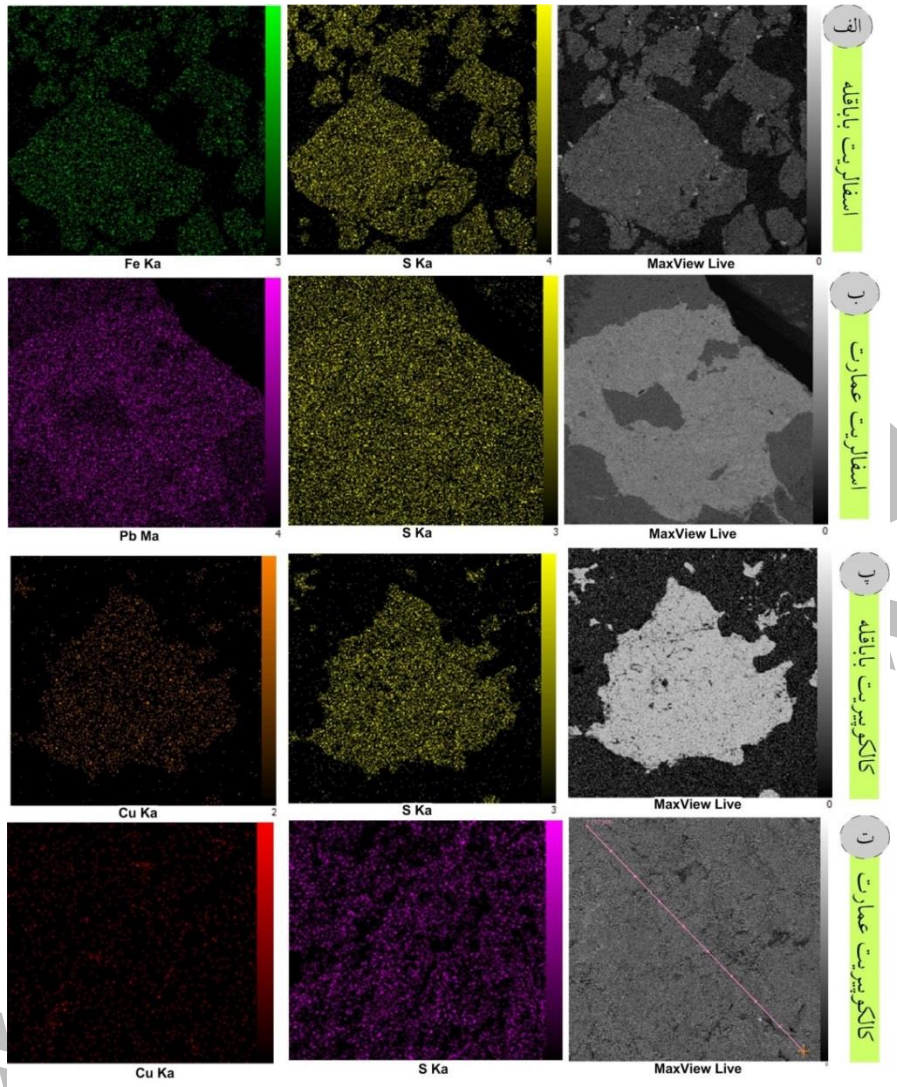
[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]



شکل۱۱ نمودار تعیین تیپ کانه‌زایی براساس شوری و دمای همگن‌شدگی[۲۵]، برای دو کانسار باباقله و عمارت.

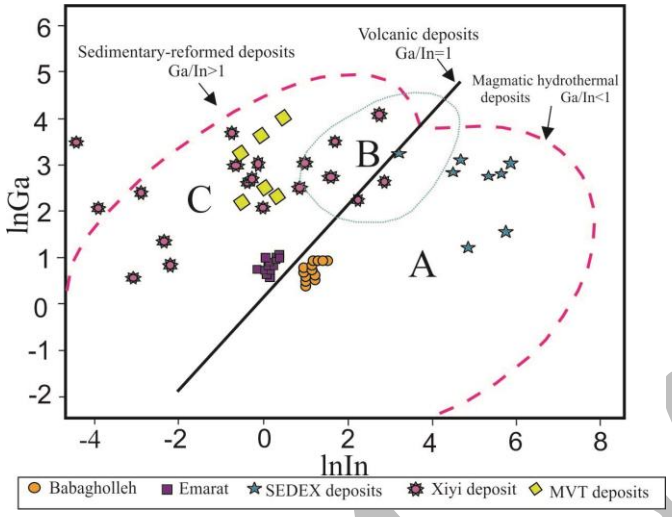
ویرایش نشده

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

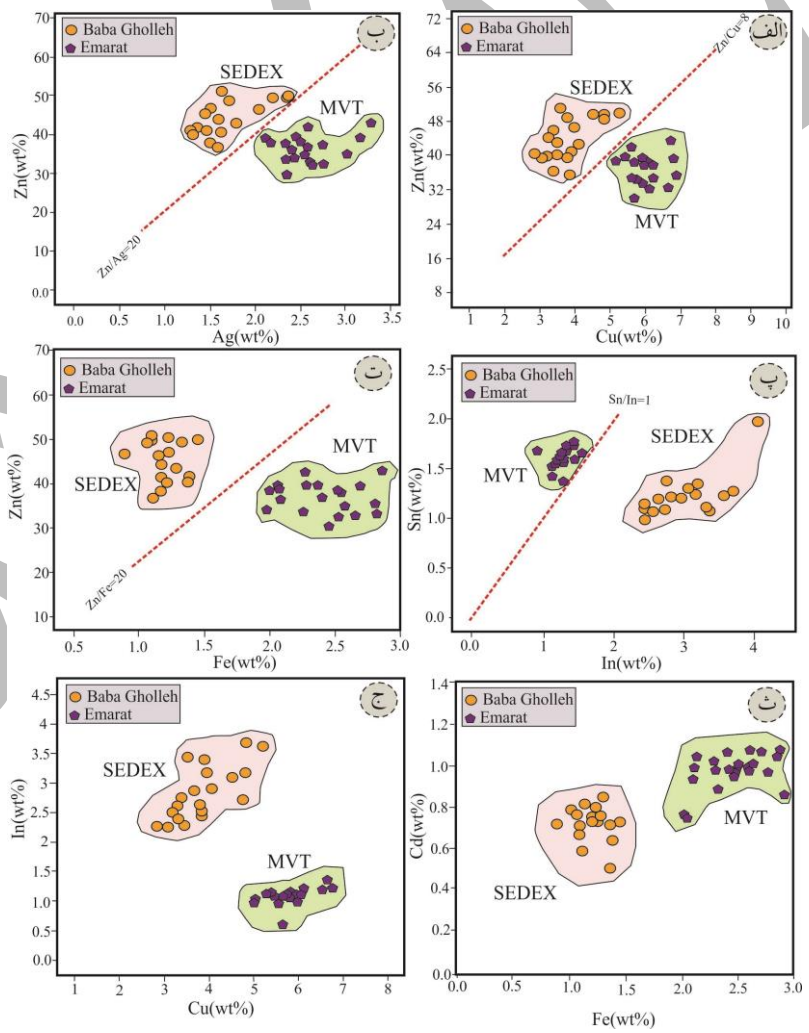


شکل۱۲ تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM-EDX) از کانی‌های سولفیدی مناطق مورد مطالعه. الف- اسفالریت باباقله. ب- اسفالریت عمارت. پ- کالکوپیریت باباقله. ت- کالکوپیریت عمارت

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

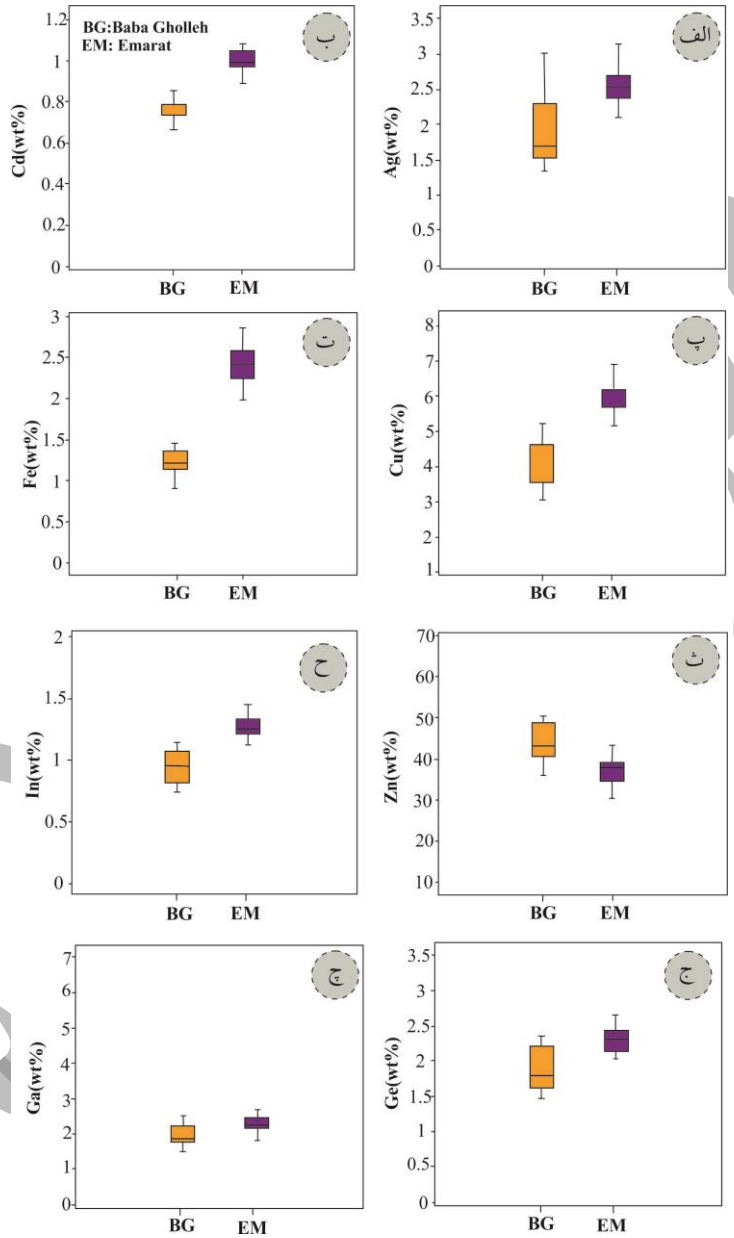


شکل۱۳ مقایسه میزان تمرکز گالیم در برابر ایندیم در اسفالریت‌های مناطق مورد مطالعه با ذخایر SEDEX و MVT، با تغییرات از[۲۸، ۳۱].



[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

شکل ۱۴ مقایسه کانی‌های اسفالریت باباقله و عمارت؛ الف- نمودار دو متغیره Zn در برابرCu. ب- نمودار دو متغیره Zn در برابر Ag، پ- نمودار دو متغیره Sn در برابر In. ت- نمودار دو متغیره Zn در برابر Fe. ث- نمودار دو متغیره Fe در برابر Cd. ج- نمودار دو متغیره In در برابر Cu.



شکل ۱۵ نمودارهای جعبه‌ای ترسیم شده برای عناصر فرعی اسفالریت‌های مناطق مورد مطالعه. الف-نقره. ب- کادمیم. پ- مس. ت- آهن. ث- آهن. ح- روی. ج-ژرمانیم. چ-گالیم.

جدول ۱ داده‌های آماری میکروترمومتری میانبارهای سیال دوفازی کانی‌های کوارتز مناطق باباقله (BG) و عمارت (EM).

		Te(ºC)	Th(ºC)				NaCl wt%			
	N	Mean	Max	Min	Mode	Mean	Max	Min	Mode	Mean
BG	28	-۲۱	۱۹۵	۱۳۰	۱۷۵	۱۶۶	۱۸	۱/۹	۱۵	۱۲/۱

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

EM	29	-۲۱	۱۳۰	۹۵	۱۲۵	۱۱۶/۸	۱۰/۶	۷/۹	۱۰	۹/۳
		Tm-ice (ºC)				**Size(µm)**				-
	N	Max	Min	Mode	Mean	Max	Min	Mode	Mean	-
BG	28	-۱۲	-۱۱/۸	-۹/۸	-۷/۹	۱۲	۵	۶	۷/۲	-
EM	29	-۵	-۶/۹	-۶/۹	-۱/۶	۱۰	۵	۶	۶/۹	-

جدول ۲ نتایج آنالیز عناصر فرعی در نمونه‌های اسفالریت کانسارهای باباقله و عمارت

		Ag	Cd	Cu	Fe	Ga	Ge	In	Mn	S	Sb	Sn	Zn
Baba Gholleh	Mean(21)	۱/۸۸	۰/۷۶	۴/۰۷	۱/۲۸	۱/۹۲	۱/۸۲	۲/۹	۱/۲۷	۳۳/۱	۲/۲۵	۱/۱۹	۴۵/۷
	Median	۱/۷۰	۰/۷۳	۳/۸۳	۱/۲۲	۱/۸۰	۱/۷۵	۲/۷	۱/۲۰	۳۵/۷	۲/۱۸	۱/۱۲	۴۶/۶
	Minimum	۱/۳۳	۰/۵۴	۲/۹۹	۰/۸۹	۱/۴۳	۰/۴۱	۲/۲۶	۰/۷۳	۲۳/۵	۰	۰/۹۵	۳۱/۲
	Maximum	۳/۰۱	۱/۲۸	۷/۶۱	۲/۶۳	۲/۵۰	۳/۱۹	۴/۲۵	۱/۸۹	۳۸/۲	۳/۳۹	۲/۱۲	۵۰/۶
Emarat	Mean(21)	۲/۵۳	۰/۹۷	۵/۹۸	۲/۴۱	۲/۲۴	۲/۲۹	۱/۲۷	۲/۱۲	۳۲	۳/۴۲	۱/۵۷	۳۶/۹
	Median	۲/۵۰	۰/۹۹	۵/۹۱	۲/۴۱	۲/۲۲	۲/۲۹	۱/۲۶	۲/۰۹	۳۳/۱	۳/۴۶	۱/۵۷	۳۷/۸
	Minimum	۲/۰۸	۰/۷۳	۵/۱۵	۱/۹۸	۱/۷۷	۲/۰۲	۰/۹۰	۱/۷۴	۲۰/۵	۲/۳۶	۱/۳۱	۳۰/۲
	Maximum	۳/۲۳	۱/۰۸	۶/۸۲	۲/۸۶	۲/۶۵	۲/۶۳	۱/۵۴	۲/۶۰	۳۸	۴/۳۳	۱/۷۲	۴۳/۲

جدول ۳ نتایج آنالیز عناصر فرعی در نمونه‌های کالکوپیریت کانسارهای باباقله و عمارت

		Fe	Cu	S	Sn	Ga	Ge	Ag	Co	As	Cd	Se	In
Baba Gholleh	Mean(21)	۲۴/۱۵	۲۴	۳۱/۸	۱/۱۲	۱/۹	۱/۲۷	۱/۷	۱/۶	۱/۱۱	۰/۷۶	۱/۲۶	۰/۹۲
	Median	۲۴	۲۳/۷	۳۲/۶	۱/۲	۱/۸	۱/۲۲	۱/۶	۱/۶۲	۱/۰۷	۰/۷۶	۱/۱۹	۰/۹۱
	Minimum	۲۱/۷	۲۰/۴	۲۳	۰/۹۶	۱/۲	۰/۹۶	۱/۳	۱/۲۳	۰/۸۳	۰/۵۸	۰/۹۰	۰/۷۶
	Maximum	۲۷/۱	۲۸/۳	۳۹/۲	۱/۸۳	۲/۸	۱/۸۳	۲/۱	۲/۱	۱/۵۵	۰/۹۸	۱/۹۱	۱/۱۷
Emarat	Mean(21)	۲۶	۲۲/۴	۲۷	۱/۲۹	۳/۴	۱/۹	۱/۸۷	۰/۹۱	۰/۳۸	۰/۸۳	۱/۴۲	۱/۰۳
	Median	۲۶	۲۳/۲	۲۷/۴	۱/۲۲	۳/۲	۱/۶۵	۱/۶۶	۰/۸۲	۰	۰/۷۸	۱/۲۳	۰/۹۶
	Minimum	۲۵/۵	۱۸/۵۲	۱۹	۰/۸۶	۲/۵۹	۱/۰۶	۱/۳۸	۰/۵۰	۰	۰/۵۹	۱	۰/۵۹
	Maximum	۲۹/۸	۲۵/۴	۳۲	۲/۷۵	۵/۹	۴/۹۵	۴/۴۷	۲/۱۲	۱/۳۳	۱/۷۲	۳/۶۹	۱/۷۲

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]