

زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و بررسی میانبار سیال در کانسار باریت امین‌آباد (بوئین‌میاندشت-غرب استان اصفهان)

زینب امیری، سیدوحید شاه‌رخی*

گروه زمین‌شناسی، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران

(دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۴/۱۹، نسخه نهایی: ۱۴۰۳/۶/۲۳)

چکیده: کانسار باریت امین‌آباد، در ۳۰ کیلومتری شرق بوئین‌میاندشت و در بخش میانی پهنه ماگمایی-دگرگونی سنندج-سیرجان واقع است. واحدهای سنگی آن، دربردارنده تراکی‌اندزیت‌های سبزرنگ، ماسه سنگ‌آهکی، آهک تا آهک دولومیتی، کنگلومرا، آهک‌های ماسه‌ای وابسته به ژوراسیک-کرتاسه و آبرفت‌های عهد حاضر هستند. این کانسار دربردارنده دو بخش رگه-رگچه‌ای و چینه‌سان است. بخش رگه-رگچه‌ای دربردارنده تراکی‌اندزیت است که با رگه و رگچه‌های باریتی-کوارتز سولفیددار قطع شده است. بخش چینه‌سان به شکل توده عدسی بر بخش رگه-رگچه‌ای قرار دارد و از باریت توده‌ای همراه با مقادیر کمی کانه سولفیدی تشکیل شده است. شوری کم سیال‌ها می‌تواند نشان‌دهنده خاستگاه آب دریا باشد که همراه با دمای همگن‌شدگی متوسط بیانگر چرخش و حرکت رو به بالای سیال‌ها در اثر گرم شدن توسط یک منبع گرمایی و در پایان سرد و نهشته شدن سولفید و سولفات در اثر آمیختگی با آب دریا بوده و شبیه کانسارهای سولفیدی نوع کروکو است.

واژه‌های کلیدی: کانی‌شناسی؛ میانبار سیال؛ کانسار باریت؛ کروکو؛ امین‌آباد؛ بوئین‌میاندشت.

مقدمه

تأمین‌کننده باریت جهان است [۳، ۴]. ذخایر مهم باریت در نقاط مختلف ایران مانند سنندج-سیرجان، البرز مرکزی و ایران مرکزی پراکنده هستند و در استان‌های لرستان، اصفهان، کردستان، آذربایجان غربی گسترش خوبی دارند. بخشی از این ذخایر در نواحی فرسش [۵]، باریکا [۶، ۷]، عبدالصمدی [۸]، جرین [۹] و ایرانکوه [۱۰] پراکنده هستند و بخشی از آنها طی سالیان اخیر شناسایی شده‌اند و تعدادی نیز در حال بهره‌برداری و تعدادی نیز تعطیل هستند.

در این پژوهش، ارائه ویژگی‌های زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و چگونگی تشکیل کانسار باریت امین‌آباد بر پایه داده‌های مختلف صحرایی، میکروسکوپی و زمین‌شیمیایی بررسی شده است.

ذخایر باریت از نظر چگونگی تشکیل و محیط نهشت به چهار گروه گرمایی و برون‌دیمی، دیرزاد و تخیری، کف‌زی و آذرین تقسیم‌بندی شده‌اند [۱]. نهشته‌های گرمایی دربردارنده نهشته‌های سولفید و یا سولفات توده‌ای با میزبان آتشفشانی (VHMS) هستند و از چرخش سیال‌های گرمایی در جایگاه‌هایی چون پشته‌های میان اقیانوسی یا پهنه‌ای کششی پشت‌کمانی بالا آمده و به‌صورت عدسی‌های توده‌ای چینه‌سان و در نزدیک به کف دریا و یا در کف دریا در شکل و اندازه‌های متفاوت نهشته می‌شوند [۲].

ایران با دارا بودن حدود ۱۰ میلیون تن ذخایر باریت، رتبه پنجم جهان و دوم غرب آسیا را دارد و یکی از مهم‌ترین منابع

*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۱۰۷۸۴۹۸، پست الکترونیکی: Vahid.shahrokhi@gmail.com

Copyright © 2025 The author(s). This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0



International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited

گستره نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ گلیپاگان [۱۱]، ۱/۱۰۰۰۰۰ الیگودرز [۱۲] در فاصله حدود ۲۰ کیلومتری شمال‌شرقی راندگی اصلی زاگرس جای دارد (شکل ۱ الف). کانسار روی و سرب تنگ دزدان در نزدیکی کانسار باریت امین‌آباد قرار دارد. بر اساس بررسی‌های انجام شده، مقدار عنصر روی موجود بین ۳ تا ۴ درصد و مقدار عنصر سرب کمتر از ۱/۵ درصد بوده است [۱۳، ۱۴]. باریت ناحیه امین‌آباد را می‌توان در سه بخش کم عیار، پرعیار و کارخانه‌ای تفکیک نمود که از این مقدار، حدود ۲۱ درصد باریت پرعیار و قابل فروش، ۳۸ درصد کم عیار و ۴۱ درصد کارخانه‌ای است که تا زمان برداشت و ساخت کارخانه فرآوری قابل مصرف نخواهد بود.

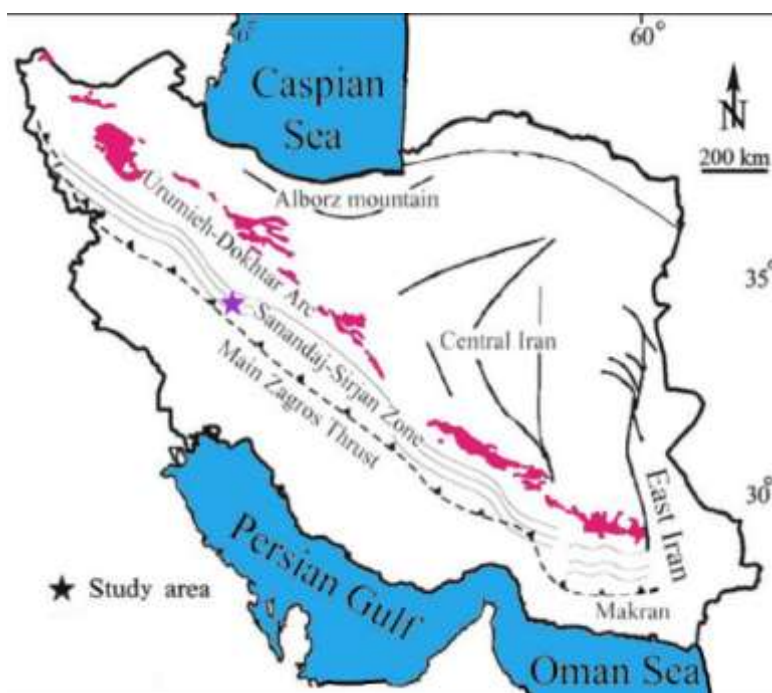
روش بررسی

به منظور بررسی، توضیح و تفسیر واحدهای سنگی در منطقه، به کمک عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و همچنین پیمایش صحرایی و پس از تحلیل واحدهای سنگی به کمک نمونه‌های دستی و میکروسکوپی، نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰ منطقه تهیه گردید (شکل ۱ ب).

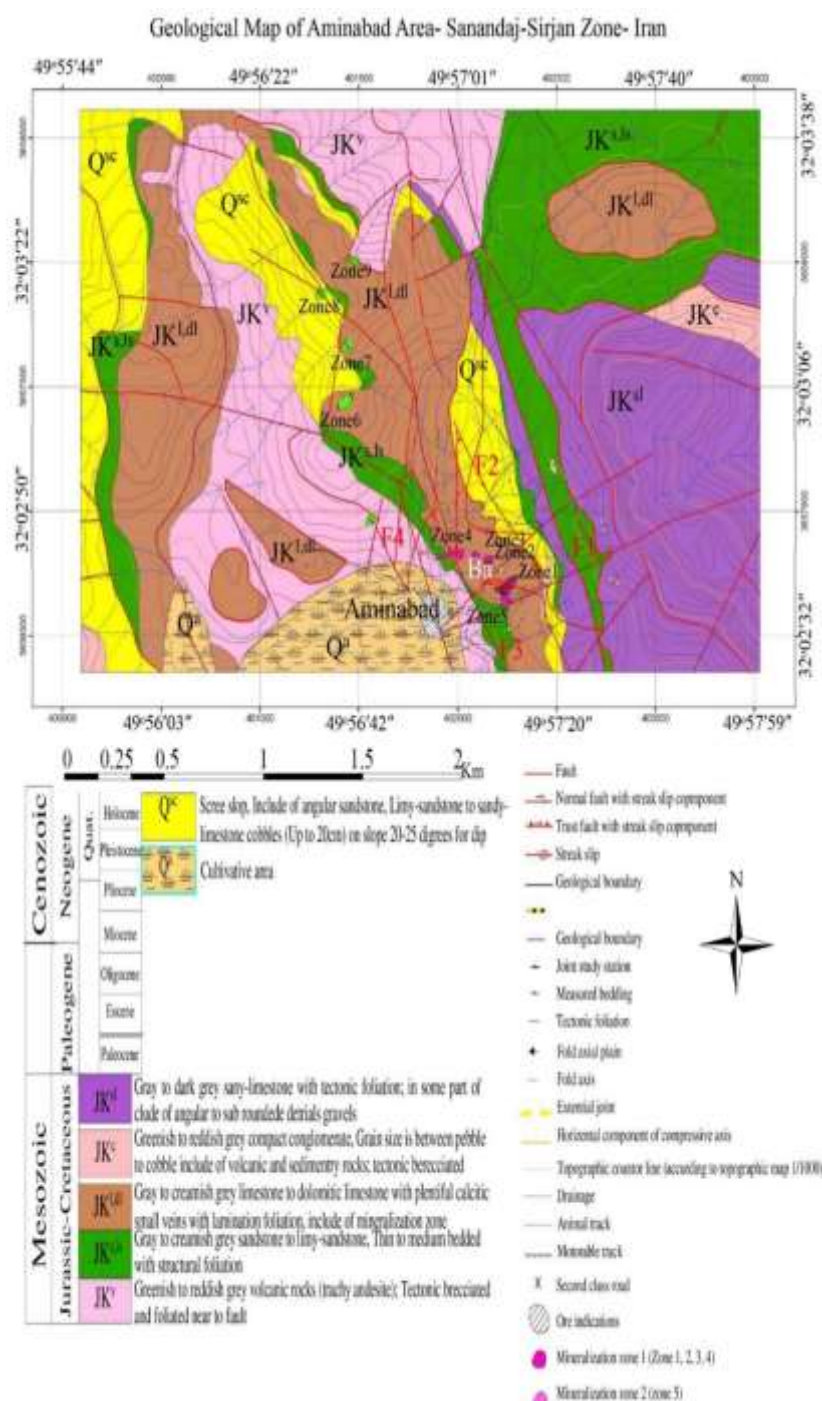
همچنین ماهیت فیزیکوشیمیایی سیال (سیال‌ها) کانه‌ساز و نوع کانسار به کمک بررسی میانبارهار سیال شناسایی گردیده است. از سوی دیگر، کانی‌سازی و سازوکار تشکیل باریت بررسی شده و افزون بر ویژگی‌های زمین‌شناسی، کانه‌زایی، کانی‌شناسی و ساخت و بافت کانسنگ در کانسار باریت امین‌آباد، ویژگی‌های سیال گرمایی و سازوکار نهشت کانسنگ بررسی گردیده است. بر این اساس، نتایج این پژوهش می‌تواند به درک چگونگی کانی‌سازی باریت در منطقه کمک نموده و به عنوان الگویی برای بررسی سایر کانسارهای مشابه باریت در پهنه سهندج-سیرجان و دیگر مناطق ایران استفاده شود.

موقعیت جغرافیایی

کانسار باریت امین‌آباد در غرب استان اصفهان و در ۱۰ کیلومتری شهرستان بوئین ومیاندشت و ۲ کیلومتری شمال روستای امین‌آباد بین طول‌های ۴۹° ۵۶' تا ۴۹° ۵۸' شرقی و عرض‌های ۳۲° ۳۰' تا ۳۲° ۳۳' شمالی، در دورترین بخش گوشه غربی استان اصفهان و کنار استان لرستان واقع است. این ناحیه بخشی از پهنه سهندج-سیرجان است و در



شکل ۱ الف. نقشه زمین‌ساختاری ایران و موقعیت منطقه مورد بررسی در آن.



شکل ۱ ب نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰ منطقه امین‌آباد.

تهیه مقطع نازک دوبرصیقل، تعداد ۲۵ سیال درگیر اولیه در کانی‌های باریت و کوارتز هم‌رشد با باریت در آزمایشگاه تربیت مدرس با میکروسکوپ زایس با عدسی شیئی LWD50x و دستگاه لینکام مدل THMS600 مجهز به صفحه گرم کننده و منجمدکننده بررسی گردیدند. گستره دمایی دستگاه ۱۹۶- تا ۶۰۰°C است. همچنین به منظور

برای شناسایی دقیق و تعیین نوع کانی‌ها، تعداد ۴۰ مقطع نازک-صیقلی از نمونه‌های برداشت شده از منطقه، گمانه‌ها و ترانشه‌ها تهیه و در آزمایشگاه کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد با میکروسکوپ قطبشی عبوری-بازتابی Nikon E200 بررسی شدند. پس از آن از بین نمونه‌های برداشت شده، ۵ نمونه مناسب انتخاب شده و پس از

شناسایی دقیق و تعیین نوع کانی‌ها، پراش پرتوی x (XRD) در آزمایشگاه زرآما تهران برای ۱۰ نمونه انجام شد. دستگاه مورد استفاده از نوع فیلیپس PW1730 بود و از ولتاژ ۴۰ kV و جریان ۳۰ mA استفاده شد. پس از آن کانی‌ها با نرم‌افزار Xpert high scorplus بررسی و شناسایی شدند. سپس بررسی با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) بر مقاطع صیقلی کوارتز در آزمایشگاه مرکز تحقیقات و فرآوری مواد معدنی ایران انجام شد. به کمک ریزپردازش پرتوی ایکس این دستگاه می‌توان عناصر با عدد اتمی بیشتر از ۴ را شناسایی نمود. حد تشخیص آن حدود ۵۰ تا ۱۰۰ ppm است.

زمین‌شناسی

بر اساس نقشه زمین‌شناسی تهیه شده از منطقه مورد بررسی (شکل ۱ الف)، واحدهای سنگی موجود وابسته به ژوراسیک-کرتاسه بوده و از قدیم به جدید دربردارنده تراکی‌آندزیتی‌های سبزرنگ (JK^v) خرد و برشی شده، ماسه سنگ‌آهکی خاکستری تا کرم ($JK^{s,ls}$)، آهک تا آهک دولومیتی خاکستری تا کرم ($JK^{l,dl}$)، کنگلومرا (JK^c) و آهک‌های ماسه‌ای (JK^{sl}) و آبرفت‌های عهد حاضر (Q^a و Q^{sc}) هستند. گدازه‌های سبزرنگ تراکی‌آندزیتی (JK^v) دارای سیمای کاملاً برشی شده بوده و در مقیاس‌های مختلف بصورت ورقه‌های روی هم رانده شده هستند و رنگ فرسایشی غالب آنها سبز مایل به قهوه‌ای است. همراه آنها بخش‌های خاکستری روشن با بافت آذرآواری و همچنین توف‌های کربناتی و ماسه‌ای نیز دیده می‌شود (شکل ۲ الف).

واحد ماسه‌سنگ آهکی ($JK^{s,ls}$) دربردارنده ماسه‌سنگ، ماسه‌سنگ آهکی نازک تا متوسط لایه، ماسه‌سنگ توفی سبز و خاکستری مایل به سبز و ارغوانی همراه با میان لایه‌هایی از

لایه‌های با پیچ و تاب‌های فراوان در بخش‌های با کانی‌سازی باریت دیده می‌شوند و در این نواحی، سنگ‌های کربناتی گاهی با شیب ۴۰ تا ۵۰ درجه به سمت شمال شرقی ($۵۰/۰۲۵$ ، $۴۰/۰۰۵$) مستقیم روی سنگ‌های آتشفشانی قرار دارند. در برخی نقاط، واحد $JK^{l,dl}$ دربردارنده سنگ‌آهک‌های ضخیم‌لایه تا توده‌ای به رنگ خاکستری تیره و گاهی نخودی بوده و مرز آن با واحدهای زیرین نیز گسلیده است (شکل ۲ ب). این رخنمون ممکن است بخشی از سفره‌های رورانده‌ای باشد که بقایای آن بصورت برش‌هایی در پهنه ساختاری سهندج-سیرجان دیده می‌شود. این واحد در غرب روستا دربردارنده سنگ‌های آهکی به شدت زمین ساخته و بلوری است که بصورت متوسط لایه تا توده‌ای و به رنگ خاکستری تا کرم و گاهی سفید هستند (شکل ۲ الف). عملکرد زمین‌ساخت رانشی و تشکیل سامانه دوتایی شامل صفحه‌هایی راندگی روی هم در مقیاس‌های مختلف عامل اصلی تبلور در این سنگ‌هاست.

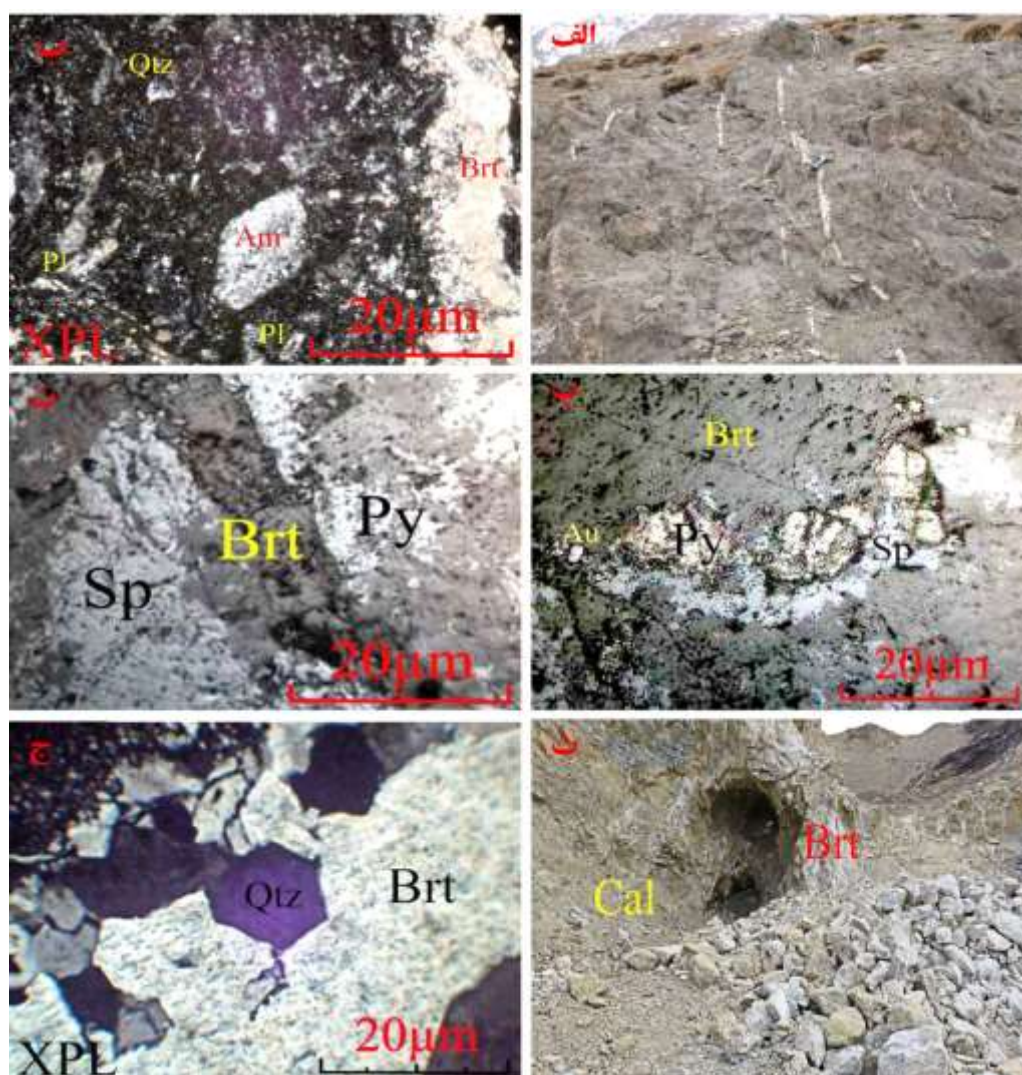


شکل ۲ الف) حضور آهک تا آهک دولومیتی ($JK^{l,dl}$) در کنار گدازه‌های سبزرنگ تراکی‌آندزیتی (JK^v) (نگاه به سمت غرب). ب) واحد آهکی ($JK^{l,dl}$) در شمال روستای امین‌آباد میزبان کانی‌سازی باریت با مرز گسله روی گدازه‌های سبزرنگ (JK^v).

کانی‌سازی

کانسار باریت همراه با سولفید توده‌ای آمین‌آباد از دو بخش رگه-رگچه ای و چینه‌سان تشکیل شده است. بخش رگه-رگچه ای دربردارنده گدازه آندزیتی به رنگ سبز مایل به قهوه‌ای (واحد JK^v) است که در کمربائین عدسی باریتی همراه با سولفید توده‌ای قرار دارد و به شدت دگرسان شده و با مجموعه‌ای از رگه و رگچه‌های باریتی-کوارتز سولفیددار قطع شده است (شکل ۳ الف). این بخش با طول بیش از ۲ کیلومتر و پهنای چندمتر تا ۲۲۰ متر در زیر بخش چینه‌سان کانسار قرار

دارد. سیمای دگرسانی گرمابی عمده در این پهنه از نوع کوارتز-سریسیت-سولفید به رنگ قهوه‌ای روشن تا خاکستری بوده که اغلب با رگه‌های باریت-کوارتز سولفیددار با ضخامت کم قطع شده است (شکل ۳ الف). فرآیند هوازدگی موجب اکسایش بخشی از کانه‌های سولفیدی موجود در پهنه رگه-رگچه ای و تبدیل آنها به اکسید-هیدروکسیدهای آهن شده است. آبهای سطحی در واکنش با کانه‌های سولفیدی ماهیت اسیدی یافته و در پهنه رگه-رگچه‌ای کانی‌های رسی از نوع کائولینیت را تشکیل داده‌اند.



شکل ۳ الف) نمای نزدیک از واحد JK^v با آثار کانه‌زایی باریت رگه‌ای (دید به سمت شمال). ب) توف شیشه‌ای تراکی آندزیتی با بافت شیشه آواری (واحد JK^v) شامل پلاژیوکلاز، آمفیبول، کلسیت، کلریت، شیشه، سریسیت و اپیدوت همراه با رگه باریت. پ) تشکیل پیریت به همراه رگچه اسفالریت در زمینه باریت. ت) قطع شدگی اسفالریت با رگچه غیرفلزی-باریت (دید به سمت جنوب). ث) رخنمون باریت توده‌ای در سنگ میزبان. ج) بلورهای شش وجهی کوارتز دربرگرفته شده با بلورهای باریت. Brt: باریت، Qtz: کوارتز، Cal: کلسیت، Py: پیریت، Sp: اسفالریت، Pl: پلاژیوکلاز، Am: آمفیبول [۱۵].

بلورها و نیز در زمینه شیشه‌ای سنگ قابل تشخیص است (شکل ۳ ت).

بخش چینه‌سان، قسمت اقتصادی کانسار بوده و به صورت توده عدسی شکل بر بخش رگه-رگچه‌ای واقع است و به‌طور عمده از باریت توده‌ای سفید تا خاکستری روشن همراه با مقادیر کمی کانه سولفیدی تشکیل شده است (شکل‌های ۳ ث و ج). باریت به شکل عدسی با طول حدود ۲۵۰ متر و ضخامت ۱ تا ۴۰ متر با راستای شمال-شمال شرقی (N30E) و شیب ۵۵ تا ۶۰ درجه به سوی شرق برونزد دارد. از نظر چینه‌شناسی، عدسی باریتی با یک مرز گسله و برش یافته روی بخش رگه-رگچه‌ای و در زیر واحد کنگلومرا توده‌ای قرار دارد.

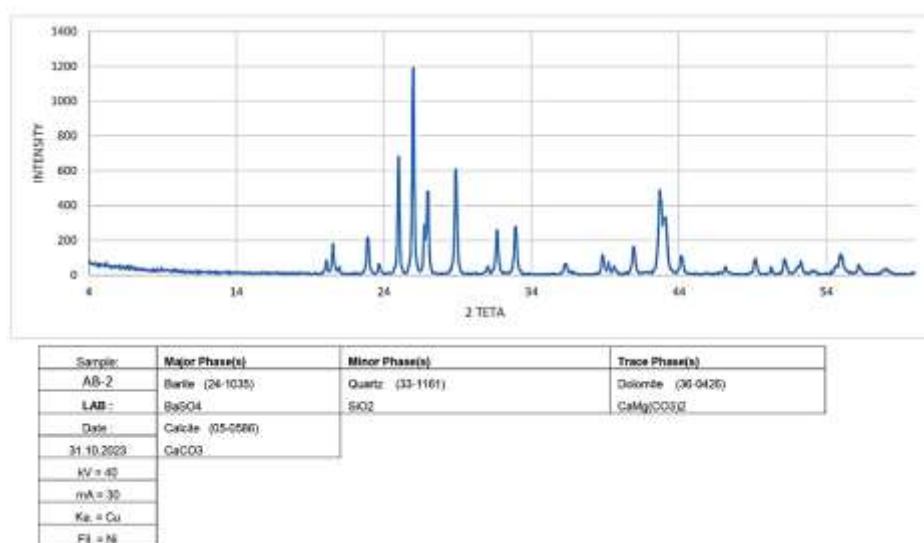
بررسی‌های XRD و SEM

بررسی کانی‌شناسی به روش پراش پرتوی ایکس (XRD) بر ۵ نمونه سنگی برداشت شده از باریت‌های منطقه امین‌آباد نشان‌دهنده حضور باریت به عنوان کانی اصلی، کوارتز و کلسیت به عنوان کانی‌های فرعی و دولومیت به عنوان کانی جزئی است (جدول ۱، شکل ۴).

بر اساس بررسی مقاطع نازک-صیقلی، ترکیب کانی‌شناسی این واحد دربردارنده پلاژیوکلاز، کوارتز، آمفیبول، کلریت، سریسیت، کلسیت، کانی کدر، اکسید و هیدروکسید آهن و شیشه است (شکل ۳ ب). پلاژیوکلازها با بلورهای نیمه‌شکل‌دار به درازای ۱/۱۰ تا ۱/۲ میلیمتر با ترکیب الیگوکلاز-آلبیت در زمینه سنگ با بلورهای ریزتر به عنوان مواد آذرآواری در این سنگ جای دارند. بلورهای پلاژیوکلاز به کانی‌های کلسیت و کلریت تبدیل شده‌اند. کوارتز با بلورهای ریز و بی‌شکل به مقدار بسیار کم به عنوان مواد آذرآواری و سیلیسی شده در زمینه سنگ دیده می‌شود. زمینه اصلی سنگ را ذرات شیشه تشکیل می‌دهند که به شدت به کانی‌های ثانوی چون کلسیت و کلریت تبدیل شده‌اند. قطعه‌های سنگی آندزیتی با زمینه شیشه که بطور بخشی به کلریت تغییر یافته است نیز دیده می‌شوند. تنها کانه‌های سولفیدی شناسایی شده در پهنه رگه-رگچه‌ای پیریت به همراه کمی اسفالریت هستند که با مقادیر جزئی ذرات ریز طلا دیده می‌شوند (شکل ۳ پ). در اغلب نمونه‌ها، اسفالریت همراه با پیریت با فراوانی حدود ۵ درصد حجمی و در اندازه کوچک، همراه با رگچه‌های کوارتز-باریت، به صورت جانشینی در درشت

جدول ۱ ترکیب کانی شناسی تعدادی از نمونه‌های بررسی شده از منطقه امین‌آباد به روش پراش پرتوی ایکس (XRD)

شماره نمونه	کانی اصلی	کانی فرعی	کانی جزئی
ZA1	باریت	دولومیت	---
ZA2	باریت-کلسیت	کوارتز	دولومیت
ZA3	باریت	کلسیت-دولومیت	کوارتز
ZA4	باریت	دولومیت	کوارتز
ZA5	باریت-کلسیت	کوارتز	دولومیت



شکل ۴ الگوی پراش پرتوی ایکس از یک نمونه برداشت شده از منطقه مورد بررسی

دهنده جوشش در محیط باشد. اندازه سیال‌های مورد بررسی از ۲ تا ۱۸ میکرون متغیر است و در رده ریز تا بسیار ریز قرار می‌گیرند. بررسی سنگ‌نگاری سیال‌ها نشان می‌دهد که سیال‌های دوفازی مایع-گاز بزرگتر از انواع دیگر بوده و اولیه هستند. درجه پرشدگی این سیال‌ها ۰/۷ تا ۰/۸ است و فراوانی مناسبی دارند. اغلب میانبارهای تک فازی آرایشی از میانبارهای ریز کوچکتر از ۳ میکرون را در ریز شکستگی‌ها نشان می‌دهند و ممکن است در اثر فرآیندهایی چون دگرشکلی و باز تبلور زمین ساختی ایجاد شده باشند. دمای همگن‌شدگی برای نمونه‌های باریت در گستره ۱۱۲ تا ۲۰۵°C با میانگین ۱۵۵°C است. نخستین نقطه ذوب یخ از ۱/۳- تا ۷/۵°C- با میانگین ۴/۱۱- و مقدار شوری نیز از ۲/۲۴ تا ۹/۰۸ معادل درصد وزنی نمک طعام با میانگین ۶/۵۲ درصد اندازه‌گیری شد که نشان می‌دهد که سیال کانه‌ساز به صورت یک شورابه ساده و اغلب بر پایه سدیم بوده است [۱۸]. این مقدار شوری می‌تواند نشان‌دهنده خاستگاه آب دریا برای سیال‌ها باشد.

نمودار شوری نسبت به دمای همگن‌شدگی [۱۹، ۲۰] نشان‌دهنده قرارگیری همه نمونه‌های بررسی شده در گستره سولفیدی توده‌ای است؛ دو نمونه نیز در بخش فراگرمایی قرار می‌گیرند (شکل ۶ الف). همچنین بر اساس نمودار دمای همگن‌شدگی نسبت به شوری [۲۱]، همه سیال‌های بررسی شده از منطقه آمین‌آباد در گستره نوع کروکو جای دارند (شکل ۶ ب).

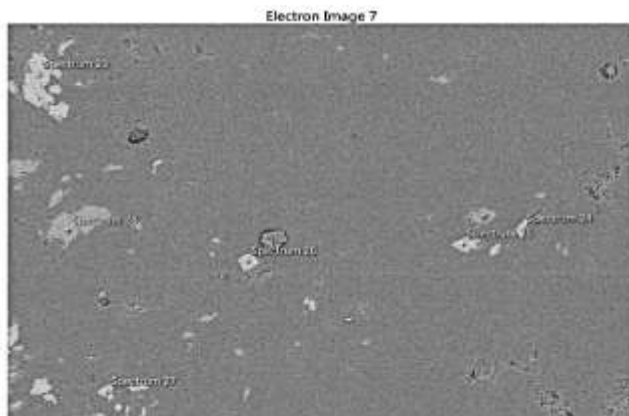
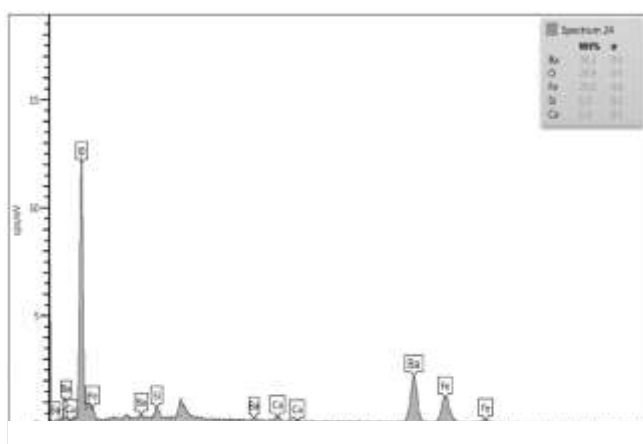
همچنین نمودار نمک‌گونگی نسبت به دمای همگن‌شدگی [۲۲] نشان‌دهنده حضور همه نمونه‌ها در گستره ماگمایی-دگرگونی است که با داده‌های بدست آمده پیشین همخوانی دارد (شکل ۶ پ).

به منظور افزایش دقت بررسی‌های، تجزیه و تصویربرداری ۳۰ نقطه از ۵ مقطع با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) انجام شد. بر این اساس، طیف‌های پراکندگی انرژی پرتوی X (EDX) بیانگر حضور کانی‌هایی چون باریت و کلسیت با مقادیری کوارتز و پیرولوزیت همراه با اکسیدهای آهن است (شکل ۵).

این داده‌ها با نتایج بدست آمده از بررسی‌های میکروسکوپی همخوانی دارد و نشان‌دهنده کانی‌شناسی به نسبت ساده باریت آمین‌آباد است.

ریزدماسنجی میان‌بارهای سیال

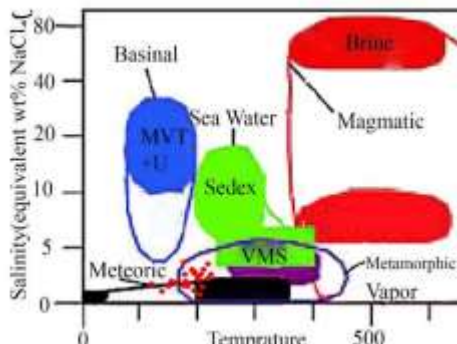
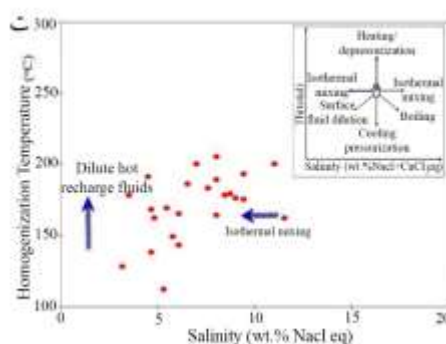
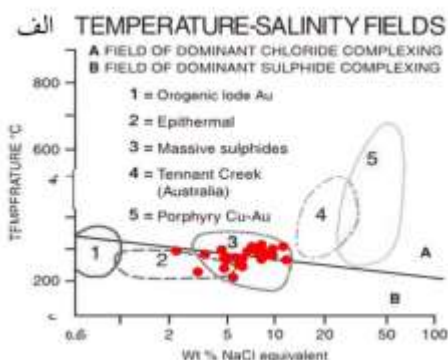
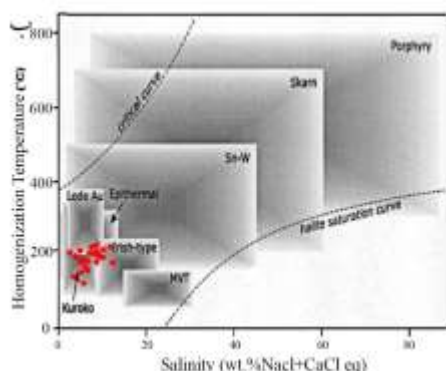
به منظور بررسی میان‌بارهای سیال و همچنین شناسایی ماهیت فیزیکوشیمیایی و بررسی روند تغییرات دمایی و شیمی سیال کانه‌ساز در کانسار باریت آمین‌آباد، ۵ نمونه باریت با کمترین درجه دگرشکلی و دارای سیال اولیه مناسب برداشت شده و پس از تهیه مقاطع نازک دوبرصقل، در آزمایشگاه کانی‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس تعداد ۲۵ سیال درگیر اولیه بررسی گردیدند (جدول ۲). میانبارهای موجود در نمونه‌های مورد بررسی را بر اساس فراوانی و از نظر شکل ظاهری و با توجه به عوامل موجود می‌توان به شکل‌های کروی، بیضوی، نامنظم و کشیده تقسیم نمود [۱۶، ۱۷]. در این بررسی‌ها از سیال‌های درگیر ثانویه و ثانویه کاذب استفاده نگردید. از سوی دیگر، حالت باریک‌شدگی (Necking down)، شکل‌های سوزنی و همگون‌شدگی به فاز مایع دیده نشد. میانبارهای سیال از انواع دوفازی مایع-گاز (L+V)، تک فازی گازی (V) و تک فازی مایع (L) مشاهده شدند. میانبارهای تک فاز به صورت همزیست با میانبارهای دو فازی دیده می‌شود که می‌تواند نشان



شکل ۵ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و طیف EDX از کانی‌سازی باریت در منطقه آمین‌آباد.

جدول ۲ نتایج تجزیه سیال درگیر نمونه‌های مورد بررسی از منطقه امین‌آباد

ردیف	شماره	نوع	فاز	شکل	اندازه	پرسدگی	Tice	TH	نمک‌گونی	چگالی	عمق	فشار
۱	AB-12	اولیه	L-V	شکل‌دار	۸۵±۵	۰٫۷۵	-۲٫۱	۱۱۲	۵٫۱۱	۰٫۸۲	۳۰	۷٫۹
۲	AB-12	اولیه	L-V	بی‌شکل	۱۲±۴	۰٫۹۱	-۵٫۲	۱۷۵	۸٫۱۴	۰٫۹۵	۱۵۰	۳۹٫۷
۳	AB-12	اولیه	L-V	بی‌شکل	۶±۴	۰٫۹	-۲	۱۷۸	۳٫۳۹	۰٫۸۹	۱۶۵	۴۳٫۴
۴	AB-12	اولیه	L-V	شکل‌دار	۵۵±۴	۰٫۷	-۲٫۶	۱۹۱	۴٫۳۴	۰٫۷۹	۱۶۰	۴۲٫۴
۵	AB-11	اولیه	L-V	شکل‌دار	۵±۳	۰٫۸۴	-۲٫۷	۱۳۸	۴٫۴۹	۰٫۸۵	۳۰	۷٫۹
۶	AB-11	اولیه	L-V	شکل‌دار	۴±۳	۰٫۸۵	-۴٫۹	۱۶۴	۳٫۷۳	۰٫۸۹	۱۴۰	۳۷٫۰۸
۷	AB-11	اولیه	L-V	شکل‌دار	۴٫۵±۳	۰٫۸۸	-۳٫۶	۱۴۳	۵٫۸۶	۰٫۸۶	۳۵	۹٫۳
۸	AB-11	اولیه	L-V	مدور	۶٫۵±۲٫۵	۰٫۷۶	-۵٫۴	۱۷۹	۸٫۴۱	۰٫۸۰	۱۸۰	۴۷٫۷
۹	AB-11	اولیه	L-V	مدور	۴٫۵*۲٫۵	۰٫۸۱	-۴٫۹	۲۰۵	۷٫۷۳	۰٫۷۹	۲۲۰	۵۸٫۳
۱۰	AB-11	اولیه	L-V	شکل‌دار	۸±۶	۰٫۸۹	-۴٫۶	۱۸۳	۷٫۳۱	۰٫۸۱	۱۸۲	48.2
۱۱	AB-11	اولیه	L-V	شکل‌دار	۹±۲	۰٫۸۸	-۳٫۲	۱۶۹	۵٫۲۶	۰٫۷۸	۱۷۶	۴۶٫۶
۱۲	AB-11	اولیه	L-V	شکل‌دار	۴±۳	۰٫۸۵	-۱٫۸	۱۲۸	۳٫۰۶	۰٫۵۹	۳۸	۳٫۶
۱۳	AB-7	اولیه	L-V	بی‌شکل	۸±۳	۰٫۸۳	-۲٫۴	۱۵۰	۵٫۵۶	۰٫۸۵	۴۵	۱۱٫۹
۱۴	AB-7	اولیه	L-V	شکل‌دار	۲۰±۵	۰٫۷۷	-۵٫۹	۱۹۳	۹٫۰۸	۰٫۷۳	۱۶۵	۴۳٫۷
۱۵	AB-8	اولیه	L-V	شکل‌دار	۱۶±۷	۰٫۹	-۴٫۲	۲۰۰	۶٫۷۴	۰٫۸۴	۲۰۵	۵۴٫۳
۱۶	AB-8	اولیه	L-V	بی‌شکل	۱۰±۳	۰٫۹۱	-۱٫۳	۱۸۷	۲٫۲۴	۰٫۸۰	۵۵	۶٫۵
۱۷	AB-9	اولیه	L-V	مدور	۶٫۵±۲٫۵	۰٫۷۷	-۳٫۹	۱۸۶	۶٫۳۰	۰٫۶۸	۱۵۵	۴۱٫۰۵
۱۸	AB-9	اولیه	L-V	مدور	۴٫۵±۲٫۵	۰٫۸۲	-۳٫۶	۱۶۵	۵٫۸۶	۰٫۷۸	۱۴۰	۳۷٫۱
۱۹	AB-9	اولیه	L-V	شکل‌دار	۹±۲	۰٫۹۲	-۷٫۵	۱۶۲	۱۱٫۱۰	۰٫۹۶	۱۴۵	۳۸٫۴
۲۰	AB-10	اولیه	L-V	شکل‌دار	۴±۳	۰٫۸۳	-۵٫۶	۱۷۶	۸٫۶۸	۰٫۵۵	۱۷۷	۴۶٫۹
۲۱	AB-10	اولیه	L-V	شکل‌دار	۲۰±۵	۰٫۹۲	-۲٫۷	۱۶۸	۴٫۴۹	۰٫۸۳	۱۴۵	۳۸٫۴
۲۲	AB-10	اولیه	L-V	شکل‌دار	۱۶±۷	۰٫۸۳	-۵٫۹	۱۷۵	۹٫۰۸	۰٫۸۲	۱۸۰	۴۷٫۷
۲۳	AB-9	اولیه	L-V	بی‌شکل	۶٫۵±۲	۰٫۸۵	-۷٫۱	۲۰۰	۱۰٫۶۱	۰٫۹۰	۲۱۹	۵۸٫۰۰
۲۴	AB-10	اولیه	L-V	شکل‌دار	۶±۳٫۵	۰٫۷۷	-۴٫۹	۱۸۹	۷٫۷۳	۰٫۷۲	۱۶۲	۴۲٫۹
۲۵	AB-8	p	L-V	Faceted	۸٫۵±۵	۰٫۸۰	-۲٫۸	162	۴٫۶۵	۰٫۷۱	۱۳۹	۳۶٫۸



شکل ۶ الف) نمودار شوری نسبت به دمای همگن شدگی [۱۹، ۲۰] به منظور تفکیک انواع مختلف کانه‌زایی و قرارگیری بیشتر نمونه‌ها در گستره سولفیدی توده‌ای و کمی در بخش فراگرمایی. ب) نمودار دمای همگن شدگی نسبت به شوری [۲۱] و قرارگیری همه نمونه‌ها در گستره نوع کروکو. پ) نمودار نمک‌گونی نسبت به دمای همگن شدگی [۲۲] و حضور همه نمونه‌ها در گستره ماگمایی-دگرگونی. ت) مقایسه داده‌های شوری نسبت به دمای همگن شدگی [۲۱] و روند موجود، که نشان‌دهنده رقیق شدن سیال کانه دار با آب‌های سطحی و تا حدی آمیختگی سیال‌های جوی و دگرگونی به عنوان عامل اصلی کانه‌زایی است.

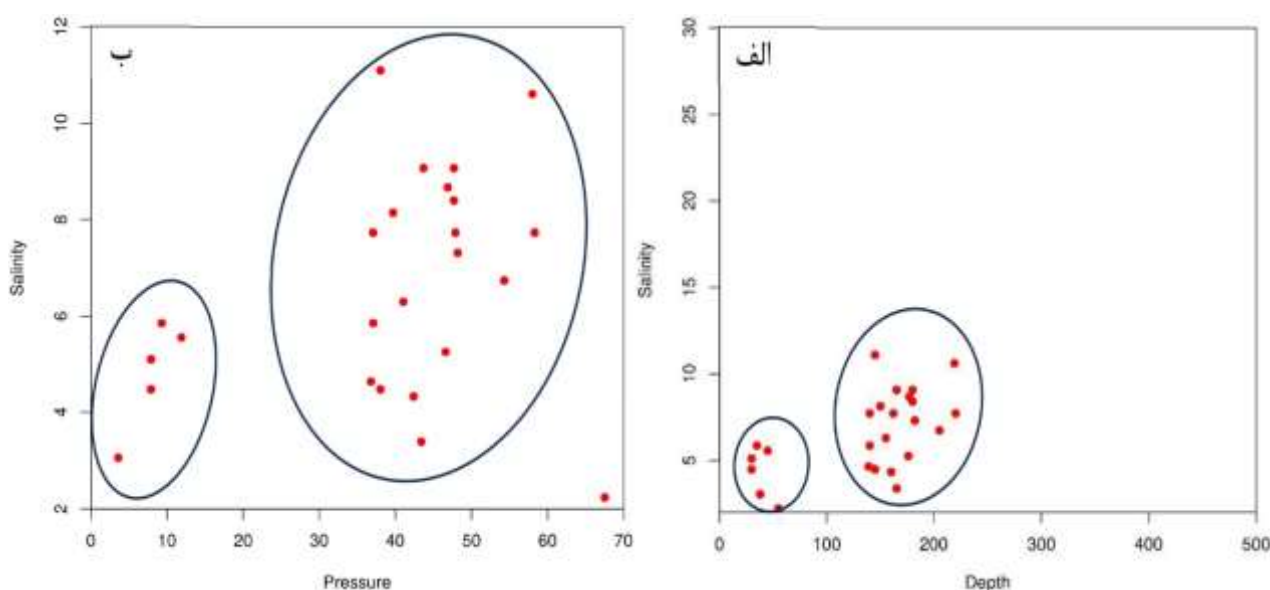
مایع به حباب ثابت همراه با سیال‌های غنی از فاز مایع و نیز تغییرات دمای همگن‌شدگی به نسبت محدود می‌تواند نشان‌دهنده رخ ندادن جدایش فازی با جوشش در کانسار باریت امین‌آباد کانسار باشد. بر این اساس، وجود دو نوع سیال با شوری متفاوت در منطقه مورد بررسی با فرایند آمیختگی سیال‌ها در ارتباط بوده و نزدیکی دمای همگن‌شدگی دو نوع سیال نیز گویای آمیختگی هم‌دمای آنهاست. در رخداد آمیختگی دست کم دو نوع سیال وجود دارند؛ گروه نخست شورابه‌های با ماهیت اولیه ناشی از فشردگی لایه‌ها و عملکرد زمین‌ساختی-زمین‌پویایی منطقه و گروه دیگر سیال‌ها رقیق برآمده از تزریق دوباره آب‌های جوی یا دریایی به سیال‌های از پیش موجود هستند [۲۴]. بر این اساس، باریت موجود در منطقه امین‌آباد می‌تواند ناشی از آمیختگی شورابه‌های درون سازندی و آب‌های جوی باشد. می‌توان گفت که سیال اولیه یک شورابه درون سازندی با دمای متوسط بوده که پس از آمیختگی هم‌دمای با آب‌های جوی رقیق شده و موجب تشکیل آب‌های سازندی با شوری و دمای کمتر شده است. این سیال با چرخش در شکستگی‌های سنگ بستر کانی‌سازی وابسته به ژوراسیک و کرتاسه و تبادل‌های سیال-سنگ، موجب رخداد دگرسانی و شکل‌گیری کانه‌زایی در منطقه امین‌آباد شده است. این سازوکار برای تشکیل بسیاری از کانسارها پیشنهاد شده است [۲۵-۲۸].

از سوی دیگر، مقایسه داده‌های شوری و دمای همگن‌شدگی مجموعه سیال‌های درگیر بررسی شده [۲۱] و توجه به روند بدست آمده (شکل ۶ ت) و نیز بررسی سایر نمودارهای موجود نشان می‌دهد که رقیق شدن سیال کانه‌دار با آب‌های سطحی و تا حدی آمیختگی سیال‌های جوی و دگرگونی، عامل اصلی کانه‌زایی بوده، که موجب تغییر در شرایط سیال کانه‌ساز و ناپایداری آن در منطقه امین‌آباد شده است (شکل ۶ ت).

بر این اساس می‌توان روند دگرگونی سیال کانه‌ساز در کانسار باریت امین‌آباد را نشان داد. به این ترتیب، دوگروه سیال درگیر دیده می‌شوند (شکل ۶ ت)؛ گروه اول دارای شوری متوسط (۱۰/۶۱ معادل درصد وزنی نمک طعام) و دمای همگن‌شدن متوسط (200°C) و گروه دوم با شوری پائین (۴/۴۹ معادل درصد وزنی نمک طعام) و دمای همگن‌شدن پائین‌تر (138°C) هستند. تفاوت در مقدار شوری سیال‌ها را می‌توان براساس رخداد جوشش [۲۱]، خاستگاه چندگانه و یا آمیختگی سیال‌ها [۲۳] توضیح داد.

همچنین با استفاده از نمودارهای نمک‌گونگی-عمق (شکل ۷ الف) و نمک‌گونگی-فشار (شکل ۷ ب) می‌توان آشکارا دو گروه سیال درگیر را تفکیک نمود که می‌تواند تأیید کننده داده‌های بدست آمده باشد.

به این ترتیب، حضور سیال‌های درگیر دوفازی با نسبت



شکل ۷ الف) نمودار شوری در برابر عمق و قرارگیری نمونه‌ها در دو گروه قابل تفکیک. ب) نمودار شوری نسبت به فشار و قرارگیری نمونه‌ها در دو گروه قابل تفکیک.

نوع کانه‌زایی و مدل تشکیل

ویژگی‌های کانی‌شناسی و شرایط مختلف کانه‌زایی در کانسار باریت امین‌آباد چون محیط زمین‌ساختی کمائی، گدازه آندزیتی در کمر پائین و شیل آهکی در کمر بالا به عنوان سنگ میزبان و همراه، حضور اسفالریت، گالن، پیریت و تتراهیدریت به عنوان کانه‌های معدنی و باریت و کوارتز به عنوان کانه‌های باطله، حضور عناصر فلزی روی و سرب در منطقه و دگرسانی‌های سیلیسی، سریسیتی و پیریتی قابل مقایسه با کانسارهای مختلف نوع کروکو هستند [۲۹-۳۲].

سیال‌های شور درون سازندی غنی از سدیم با دمای متوسط از لایه‌های زیرین سنگ بستر دربردارنده سنگ‌های گدازه‌های تراکی‌آندزیتی (JK^V) به درون فضاها خالی بوجود آمده در اثر گسل، برشی شده و همچنین انحلال سنگ میزبان آهکی تا آهک دولومیتی ($K^{1,dl}$) وارد شده اند [۳۳]. ورود آب-های جوی با شوری کمتر و دمای پائین از شکستگی‌ها، گسل‌ها و فضاها ناشی از انحلال و آمیختگی آنها با شورابه‌های یاد شده، موجب رقیق‌شدگی این شورابه‌ها و تشکیل سیال‌های با شوری و دمای متوسط و رخداد کانه‌زایی در منطقه امین‌آباد شده است. داده‌های سیال‌های درگیر در این منطقه نشان‌می‌دهد که سیال‌های ماگمایی نقشی در کانه‌زایی نداشته‌اند، اما ممکن است بخشی از سیال‌های کانه‌ساز دارای خاستگاه ماگمایی بوده و یا توده‌های آذرین در تأمین گرمای سیال‌ها مؤثر بوده باشند، البته سیال‌ها پیش از رسیدن به محل کانی‌سازی کاملاً با آب‌های درون سازندی آمیخته شده‌اند.

مقدار باریم لازم برای تشکیل یک ذخیره بزرگ باریت حدود ۱۰۰ گرم در تن است [۳۴]. دگرسانی و تخریب درون‌زادی فلدسپارهای پتاسیم، میکاها و کانی‌های رسی موجود در گدازه‌های تراکی‌آندزیتی (JK^V) می‌تواند باریم، روی و سرب لازم برای کانی‌سازی و همچنین منیزیم مورد نیاز به منظور دگرسانی دولومیتی را تأمین نماید [۱۴، ۳۵، ۳۶]. از آنجا که باریت و گالن در شرایط زمین‌شیمیایی متفاوتی ته‌نشست می‌نمایند [۱، ۳۷] و با توجه به حضور این دو کانی در منطقه مورد بررسی، می‌توان وجود دو نوع سیال احیایی دربردارنده شورابه‌های درون سازندی و سیال اکسیدی دربردارنده آب‌های جوی را اثبات نمود که با داده‌های میان‌بارهای سیال نیز هم‌خوانی دارد.

باریم در سیال‌های احیایی با مقدار گوگرد پائین حمل شده [۳۸] و ته‌نشست آن نیز با مقدار سولفات سیال کنترل می‌شود

[۳۹]. به این ترتیب، سیال‌های احیایی غنی از باریم و یا آمیختگی این سیال‌ها با آب‌های اکسیدی غنی از سولفات عامل ته‌نشینی باریت هستند [۱، ۴۰]. از آنجا که باریت در شرایط اکسیدی غیرمحلول است، تشکیل آن بیانگر آمیختگی سیال-های اکسیدی سولفات‌دار با سیال‌های احیایی باریم‌دار است [۴۱]. رقیق شدن سیال و ناپایداری کمپلکس‌های سرب و دیگر فلزها در اثر آمیختگی سیال‌ها عامل تشکیل کانی‌های سولفیدی هستند.

مقدار کم پیریت و مقادیر پائین گالن در منطقه امین‌آباد بیانگر وجود مقدار کم گوگرد در سیال‌های کانه‌ساز و اثر نداشتن سیال‌های ماگمایی در کانه‌زایی است [۳۵]. کانسار امین‌آباد مقدار فلز پائین دارد، اما سیال کانه‌ساز با شوری و دمای متوسط باید دربردارنده شورابه‌های غنی از فلز باشد که به علت گوگرد کم در سیال کانه‌ساز، بخش عمده فلزها در فاز سیال باقی مانده و با انتقال به مکان دورتر سبب کانه‌زایی روی و شکل‌گیری کانسار تنگ دزدان در شمال روستای امین‌آباد شده است [۱۴].

سیلیس در شورابه‌های درون‌حوضه‌ای برآمده از دگرسانی کانی‌های سیلیکانی در مجموعه‌های سنگی است [۳۲] کاهش دمای این شورابه‌ها به $100^\circ C$ موجب ته‌نشست همزمان و به نسبت برابر گالن و کوارتز می‌شود [۴۲]. بر این اساس، حضور مقدار کم کوارتز و گالن در کانسار باریت امین‌آباد با تغییر گستره دمای همگن‌شدگی سیال‌های درگیر قابل توضیح است. بخش عمده Ca^{2+} آزاد شده بر اثر دگرسانی دولومیتی وارد آب-های جوی شده و موجب اشباع آب‌ها از کلسیم و نهشت کلسیت به‌صورت رگچه‌ای و پرکننده فضای خالی شده است.

از سوی دیگر، ذخایر سولفید توده‌ای آتشفشان‌زاد بر اساس ویژگی‌های مختلف چون ترکیب سنگ میزبان و موقعیت زمین‌ساختی [۴۳]، محیط زمین‌شناسی [۴۴] و مقدار فلزی [۴۵] به انواع مختلفی از جمله مافیک [۴۶] (نوع قبرس)، دوگانه مافیک (نوع نورندا)، پلیتیک-مافیک (نوع بشی)، دوگانه فلسیک (نوع کوروکو) و سیلیسی آواری فلسی (نوع باتورست) تقسیم شده‌اند. در این مجموعه، دو شاخص معدنی اصلی به منظور تفکیک کانسارهای سولفید توده‌ای (VMS) از هم ترکیب سنگ‌شناسی توالی چین‌های دربرگیرنده کانسار و نوع ماده معدنی هستند و بر این اساس، می‌توان کانسار باریت امین‌آباد را در رده کانسارهای نوع کروکو قرار داد (جدول ۳).

جدول ۳ ویژگی‌های شاخص کانسار باریت امین‌آباد در مقایسه با انواع مختلف کانسارهای سولفید توده‌ای (VMS) بر اساس رده‌بندی مرجع [۴۵].

ویژگی‌های شاخص	باریت امین‌آباد	بایومودال فلسیک	سیلیسی کلاستیک فلسیک	بایومودال مافیک	پلتیک مافیک	مافیک-اولترامافیک
تیپ	Aminabad Barite	Kuroko	Bathurst	Noranda	Besshi	Cyprus
محیط زمین‌ساختی	کمانی	کمانی و پشت کمانی	کمانی و پشت کمانی	کمان‌های نوظهور اقیانوسی	پشت کمانی و کافت‌های قاره‌ای	پشته‌های میان‌اقیانوسی و پشت کمانی
سنگ میزبان و همراه	گدازه آندزیتی (کمر پائین) و شیل آهکی کمر بالا	ریولیت، داسیت و سنگ‌های آذرآواری فلسیک	داسیت، ریولیت و شیل سیاه	بازالت، آندزیت، و سنگ‌های آذرآواری	بازالت، آندزیت، شیل، سیاه، سیلستون، و ماسه سنگ	بازالت‌های بالشی و سنگ‌های اولترامافیک
کانی‌های معدنی	اسفالریت، گالن، پیریت و تتراهیدریت	اسفالریت، گالن، پیریت، کالکوپیریت و تتراهیدریت	اسفالریت، گالن، پیریت، آرسنوپیریت، پیرویت و تتراهیدریت	پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت و تتراهیدریت	پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، مگنتیت و پیرویت	پیریت و کالکوپیریت
کانی‌های باطله	باریت (فراوان) و کوارتز	باریت (فراوان) و کوارتز	کربنات، کوارتز، سریسیت و باریت	کلریت، کوارتز و کربنات	کلریت، کوارتز، سریسیت و اپیدوت	کوارتز، ژاسپ و کلریت
عمده عناصر فلزی	Zn, Pb	Pb, Zn	Zn, Pb, Cu	Cu, (Zn)	Cu, Zn	Cu
دگرسانی	سیلیسی-سریسیتی-پیریتی	سریسیتی-پیریتی-سیلیسی-کلریتی	سریسیتی-سیلیسی-کلریتی-کلسیتی	کلریتی-سریسیتی	کلریتی-سیلیسی-سریسیتی-اپیدوتی	کلریتی-سیلیسی

برداشت

کانه‌زایی و ساختارهای کنترل‌کننده وابسته به آن دربردارنده گسل‌ها، شکستگی‌ها و حفره‌های انحلالی در سنگ میزبان آهکی تا آهک دولومیتی وابسته به ژوراسیک-کرتاسه (K^{ld}) رخ داده‌اند. کانسار باریت از دو بخش رگه-رگچه‌ای و چینه‌سان تشکیل شده که بخش رگه-رگچه‌ای دربردارنده گدازه آندزیتی به رنگ سبز مایل به قهوه‌ای (واحد JK^v) است که در کمربند پائین عدسی باریتی همراه با سولفید توده‌ای قرار دارد و با مجموعه‌ای از رگه و رگچه‌های باریتی-کوارتز سولفیددار قطع شده است. بر بخش رگه-رگچه‌ای، بخش چینه‌سان واقع بوده که از باریت توده‌ای سفید تا خاکستری روشن همراه با مقادیر کمی کانه سولفیدی تشکیل شده است. بر اساس بررسی‌های انجام شده، کاهش دما و فشار ناشی از ورود سیال‌های کانه‌ساز به درون فضاهای خالی نیز در نهشته شدن مواد معدنی مؤثر بوده است. بر این اساس، فشارهای زمین‌ساختی موجب مهاجرت شورابه‌های درون سازندی به درون فضاهای خالی ناشی از گسل، شکستگی و حفره‌های انحلالی در سنگ آهک تا آهک دولومیتی شده و سپس نفوذ آب‌های جوی به بخش‌های پائین‌تر از طریق گسل، شکستگی و حفره‌های انحلالی و آمیختگی با شورابه‌های درون سازندی موجب کاهش دما، رقیق‌شدگی شورابه‌ها و سرانجام ته‌نشست مواد معدنی گردیده است. بر اساس داده‌های ریزدماسنجی بدست آمده از میان

بارهای سیال، سیال‌های کانه‌ساز در کانسار امین‌آباد ناشی از آمیختگی آب‌های جوی با شورابه‌های درون سازندی با خاستگاه گرمایی-دگرگونی بوده‌اند. سیال اولیه یک شورابه درون سازندی با دمای متوسط بوده که پس از آمیختگی هم‌دما با آب‌های جوی رقیق شده و موجب تشکیل آب‌های سازندی با شوری و دمای کمتر شده است. این سیال با چرخش در شکستگی‌های سنگ بستر کانی‌سازی وابسته به ژوراسیک و کرتاسه و تبادل‌های سیال-سنگ، موجب رخدادهای دگرسانی و کانه‌زایی در منطقه امین‌آباد شده است. حضور مقدار کم کوارتز و گالن نشان‌دهنده تغییر گستره دمای همگن‌شدگی سیال‌های درگیر است. بر اثر دگرسانی دولومیتی، بخش عمده Ca^{2+} آزاد شده وارد آب‌های جوی شده و موجب اشباع شدن آب‌ها از کلسیم و نهشت کلسیت به صورت رگچه‌ای و پرکننده فضای خالی شده است. بر پایه ویژگی‌های زمین‌شناسی، ترکیب سنگ‌شناسی، توالی چینه‌ای دربرگیرنده کانسار، نوع ماده معدنی، ویژگی‌های کانی‌شناسی، مشخصه‌های زمین‌شیمی و داده‌های سیال‌های درگیر، می‌توان کانسار باریت امین‌آباد را در گروه کانسارهای نوع کروکو رده‌بندی نمود.

قدردانی

این مقاله بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی نویسنده نخست است. نگارندگان بر خود فرض لازم

<https://doi.org/10.22055/aag.2017.13432>

[10] Thiele O., "Explanatory text of Golpayegan quadrangle 1:250000 map., Iran", Geological Survey and mineral exploration of Iran No. E7 (1968).

[11] Soheili M., Jafarian M.B., Abdollahi M.R., "Geological map of Aligudarz Scale 1:100000", Geological Society of Iran (1992).

[12] Aftabi A., Hosseini-Dinani H., "Geothermometry Obtained from the Calcite Twin and Fluid Inclusions in Barite (Irakuh Pb-Zn Deposit, Southwest of Isfahan)", Petrology 29 (2017) 1-20. (In Persian).

<https://doi.org/10.22108/ijp.2017.21497>

[13] Amiri B., Shahrokhi S.V., "Geochemistry and Mineralogy of Zn & Pb in Tang-e-Dozdan area (NE Fereydoonshahr-Isfahan Province)", 29th Symposium of Mineralogical and Mineralogy of Iran, Damghan University (2017). (In Persian).

[14] Amiri B., Shahrokhi S.V., "Ore control factors of Zinc and Lead mineralization in the Tangedozdan area (NE-Fereydoonshahr-Isfahan Province)", Journal of Economic Geology 14(4) (2022) 175-199. (In Persian).

<https://doi.org/10.22067/econg.2023.79745.1058>

[15] Siivola J., Schmid R., "List of mineral abbreviation Recommendations by the IUGS Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks", American Mineralogist, Web version 01.02.07 (2017).

http://www.minsocam.org/msa/ammin/toc/abstracts/2010_abstracts/jan10_abstracts/whitney_p185_10.pdf

[16] Roedder E., "Fluid inclusions. Mineralogical Society of America", Reviews in Mineralogy 12 (1984) 644 pp.

[17] Shepherd T. J., Rankin A. H., Alderton D. H. M., "A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies. Blackie", Glasgow (1985) 239 pp.

[18] Valenza K., Moritz R., Mouttaqi A., Fontignie D., Sharp Z., "Vein and karst barite deposits in the western Jebilet of Morocco: Fluid inclusion and isotope (S, O, Sr) evidence for regional fluid mixing related to central Atlantic Rifting", Economic Geology 95(3) (2000) 587-606. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.95.3.587>

[19] Large R. R., Huston D., McGoldrich P., McArthur G., Ruxton P., "Gold distribution and genesis in Paleozoic volcanogenic massive

می‌دانند تا از حمایت‌های گروه زمین‌شناسی و معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد تقدیر و تشکر نمایند.

مراجع

[1] Hanor J.S., "Barite - celestine geochemistry and environments of formation", Review in Mineral Geochemistry 40 (2000) 193-275. DOI:10.2138/rmg.2000.40.4

[2] Shanks W. C. P., Koski R. A., "Introduction in volcanogenic massive sulfide occurrence model: U.S." Geological Survey Scientific Investigations Report (2012) 2010-5070-C, Ch. 1, 4 p.

[3] Hastorun S., Renaud K. M., Lederer G. W., "Recent Trends in the Nonfuel Minerals Industry of Iran. U.S." Geological Survey, Reston, Virginia 1421 (2016) 18p. <https://doi.org/10.3133/CIR1421>

[4] U. S. Geological Survey, "Mineral Commodity Summaries 2016: U.S." Geological Survey, January (2016), 202P. <http://dx.doi.org/10.3133/70140094>.

[5] Shahrokhi S.V., "Mineralogy and Geochemistry of Barite of Farsesh area (Northeast of Lorestan Province)", 9th Conference of Economic Geology, Birjand University (2017).

[6] Baharvandi A., Lotfi M., Ghaderi I., Jafari M.R., Tajeddin H.A., "Ore mineralization and fluid inclusion and sulfur isotope studies on the Shekarbeig deposit, southwest Mahabad, Sanandaj-Sirjan Zone", Scientific Quarterly Journal of Science 103 (2017) 201-218. (In Persian). <https://doi.org/10.22071/gsj.2017.46614>

[7] Tajeddin H.A., Rastad E., Yaghoubpour A., Mohajjel M., "Formation and evolution stages of gold rich Barika massive sulfide deposit, east of Sardasht, northern Sanandaj-Sirjan zone: based on structural, textural and fluid inclusion studies", Journal of Economic Geology 2(1) (2010) 97-121. (In Persian).

<https://dorl.net/dor/20.1001.1.20087306.1389.2.1.7.4>

[8] Tajeddin H.A., Hassankhanlou S., Mohajjel M., "Geology, Mineralogy and Fluid Inclusion studies of the Abdossamadi Barite Deposit, northeast Marivand", Scientific Quarterly Journal of Science 28(109) (2018) 97-108. (In Persian). <https://doi.org/10.22071/gsj.2017.82349.1085>

[9] Kouhestani H., Mokhtari A.A., "Ore Geology and Fluid Inclusion Studies of Jarin Barite-Fluorite Deposit, Southeast Zanzan", Advanced Applied Geology 7(3) (2017) 20-34. (In Persian).

- of the Spanish Central System", Mineralogical Magazine 55(2) (1991) 225-344.
- [29] Leach D.L., Taylor R.D., "Mississippi Valley-type lead - zinc deposit model", U.S. Geological Survey Open-File Report 2009. 1213 (2009) 5p. <http://pubs.usgs.gov/of/2009/1213/pdf/OF09-1213.pdf>
- [30] 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", Economic Geology, 100th Anniversary (2005) 561-608. <http://dx.doi.org/10.5382/AV100.18>
- [31] Paradis S., Hannigan P., Dewing K., "Mississippi Valley - type lead - zinc deposits. In: Goodfellow, W.D. (Ed.), Mineral deposits of Canada: A synthesis of major deposit - types, district metallogeny, the evolution of geological provinces, and exploration methods", Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication 5 (2007) 185-203. https://geomuseu.ist.utl.pt/JAZIGOS%20MINERAIS%202006/deposit_synthesis_mvt.paradis%5B1%5D.pdf
- [32] Sverjensky D.A., "Oil field brines as ore - forming solutions", Economic Geology 79 (1984) 23-37.
- [33] Leach D.L., Sangster D.F., "Mississippi Valley - type lead - zinc deposits. In: Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., Thrope, R.I. and Duke, S.M. (Eds.), Mineral deposit modelling", Geological Association of Canada (1993) 289-314.
- [34] Kesler S.E., "Geochemistry of Manto fluorite deposits. Northern Coahuila, Mexico", Economic Geology 72 (1977) 204-218.
- [35] Ghazban F., McNutt R.H., Schwarcz H.P., "Genesis of sediment- hosted Zn- Pb- Ba deposits in Irankuh district, Esfahan area, west - central Iran", Economic Geology 89 (1994) 1262-1278.
- [36] Liaghat S., Moore F., Jami M., "The Kuh - e-Surmeh mineralization, a carbonate - hosted Zn-Pb deposit in the simply folded belt of the Zagros Mountains, SW Iran", Mineralium Deposita 35 (2000) 72-78. <http://dx.doi.org/10.1007/s001260050007>
- sulphide systems. In: Bicentennial Gold 88", Geol Soc Aust Abst Ser. 22 (1988) 121-126.
- [20] Pirajno F., "Hydrothermal Processes and Mineral Systems, 1st ed.", University of Western Australia (2009) 1250 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8613-7>
- [21] Wilkinson J. J., "Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits", Lithos 55 (2001) 229-272. [https://doi.org/10.1016/S0024-4937\(00\)00047-5](https://doi.org/10.1016/S0024-4937(00)00047-5)
- [22] Kesler S.E., "Ore-forming fluids. Elements 1, 13-18. Levinson, A.A., 1974. Introduction to exploration geochemistry", Applied Publishing Ltd., Calgary (2005) 612p. <https://doi.org/10.2113/gselements.1.1.13>
- [23] Nejadhadad M., Taghipour B., Zarasvandi A., Karimzadeh Somarin A., "Geological, geochemical, and fluid inclusion evidences for the origin of the Ravanj Pb-Ba-Ag deposit, north of Delijan city, Markazi Province, Iran", Turkish Journal of Earth Sciences 25 (2016) 179-200. <http://dx.doi.org/10.3906/yer-1501-26>
- [24] Boiron M.C., Cathelineau M., Richard A., "Fluid flows and metal deposition near basement-cover unconformity: lessons and analogies from Pb-Zn-F-Ba systems for the understanding of Proterozoic U deposits", Geofluids 10(3) (2010) 270-292. <https://doi.org/10.1111/j.1468-8123.2010.00289.x>
- [25] Cann J.R., Banks D.A., "Constraints on the genesis of the mineralization of the Alston Block, Northern Pennine Orefield, northern England. Proceedings of the Yorkshire" Geology Society 53(3) (2001) 187-196. <https://doi.org/10.1144/pygs.53.3.187>
- [26] Lüders V., Reutel C., Hoth P., Banks D., Mingram B., Pettke T., "Fluid and gas migration in the North German Basin: fluid inclusion and stable isotope constraints", International Journal of Earth Science 94(56) (2005) 990-1009. <http://dx.doi.org/10.1007/s00531-005-0013-2>
- [27] Sanchez V., Vindel E., Martin - Crespo M., Corbella M., Cardellach E., Banks D.A., "Sources and composition of fluids associated with fluorite deposits of Asturias (N Spain)", Geofluids 9(4) (2009) 338-355. <https://doi.org/10.1111/j.1468-8123.2009.00259.x>
- [28] Tornos F., Casquet C., Locutura J., Collado R., "Fluid inclusions and geochemical evidence for fluid mixing in the genesis of Ba-F (Pb-Zn) lodes

- [42] Rowan E.L., Leach D.L., "Constraints from fluid inclusions on sulfide precipitation mechanisms and ore fluid migration in the Viburnum Trend lead district, Missouri", *Economic Geology* 84 (1989) 1948-1965.
- [43] Sawkins E.I., "Metal deposits in relation to plate tectonics", Springer-Verlag, Berlin (1990) 461p.
- [44] Sangster D. F., Scott S. D., "Precambrian, stratabound massive Cu-Zn-Pb sulfide ores in North America. In: Wolf, K.H. (Ed.)", *Handbook of Stratabound and Stratiform Ore Deposits* Elsevier 6 (1976) 129-222.
- [45] Franklin J. M., Sangster D. M., Lydon J. W., "Volcanic-associated massive sulfide deposits, in Skinner, B. J., ed.", *Economic Geology, Anniversary Volume*, Society of Economic Geologists 75 (1981) 485-627.
- [46] Franklin J.M., Gibson H.L., Jonasson I.R., Galley A.G., "Volcanogenic massive sulfide deposits", *Economic Geology* 100th Anniversary Volume, (2005) 523-560.
- [37] Kharaka Y.K., Hanor J.S., "Deep fluids in the continents: I. Sedimentary basins" *Treatise on Geochemistry* 5 (2007) 1-48.
https://webpages.ciencias.ulisboa.pt/~fbarriga/ZeroEm/Bibliografia_files/Kharaka+Hanor_2003_Tr_Geochemistry_Vol5_Deep_Fluids.pdf
- [38] Philips G.N., Evans R., "Role of CO₂ in the formation of gold deposits", *Nature* 429 (2004) 860-863. <http://dx.doi.org/10.1038/nature02644>
- [39] Hanor J.S., "Reactive transport involving rock buffered fluids of varying salinity. *Geochemica et Cosmochimica Acta*", 65 (2001) 3721-3732. [https://doi.org/10.1016/S0016-7037\(01\)00703-7](https://doi.org/10.1016/S0016-7037(01)00703-7)
- [40] Adams J.J., Rostron B.J., Mendoza C.A., "Evidence for two fluids mixing at Pine Point, NWT.", *Journal of Geochemical Exploration* 69-70 (2000) 103-108. [https://doi.org/10.1016/S0375-6742\(00\)00014-5](https://doi.org/10.1016/S0375-6742(00)00014-5)
- [41] Williams-Jones A.E., Schrijver K., Doig R., Sangster D.F., "A model for epigenetic Ba - Pb - Zn mineralization in the Appalachian Thrust belt, Quebec: evidence from fluid inclusions and isotopes", *Economic Geology* 87 (1992) 154-174.