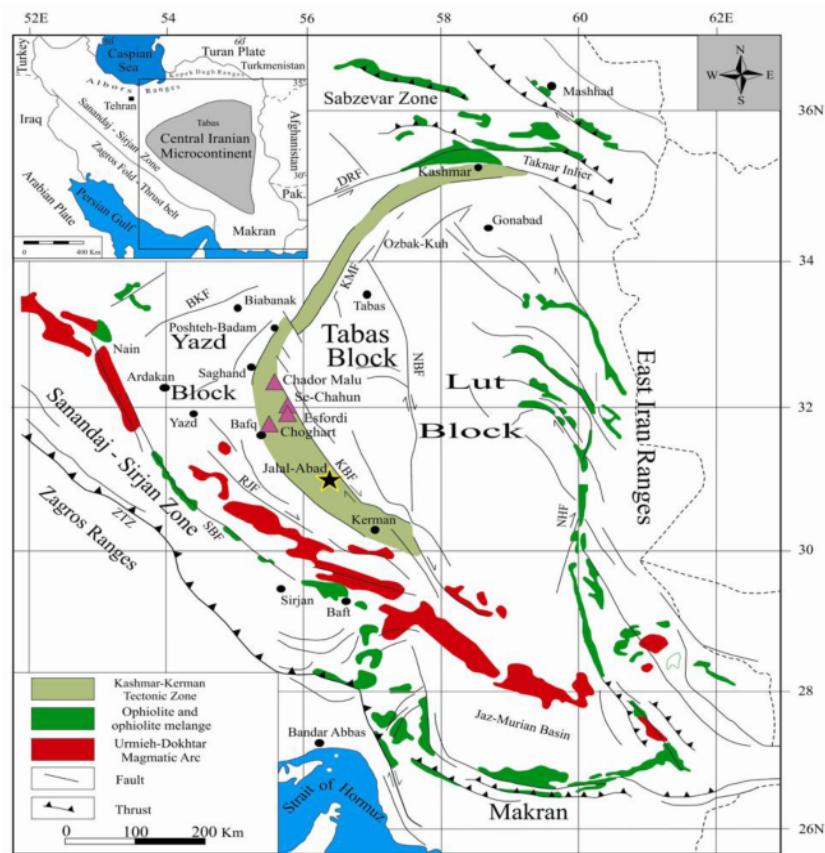


نتایج بررسی‌های زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، دگرسانی و شیمی‌کانی‌ها ارایه شده‌اند.

روش انجام پژوهش

پس از بررسی‌های صحرایی و کتابخانه‌ای، تعداد ۱۰۰ نمونه از رخنمون‌های مختلف سنگ میزبان از موقعیت‌های مختلف کانسار و از گمانه‌های حفاری شده برداشت شدند. کانی‌سازی بیشتر در عمق رخ داده و بیشترین نمونه‌ها از مغذه‌های حفاری شماره‌ی ۱۰، ۲۰، ۲۹، ۲۵، ۴۳، ۴۴، ۵۳ و تا عمق ۴۰۰ متر برداشت شده‌اند. تعداد ۳۰ مقطع صیقلی، ۴۵ مقطع نازک‌صیقلی برای بررسی‌های میکروسکوپی عبوری-بازتابی، میکروسکوپ الکترونی (SEM) و ریزپرداز الکترونی (EPMA) تهیه شدند. تعداد ۱۵ نمونه از بخش‌های دگرسان و کانسنگ با استفاده از XRD مدل Philips-Xpertpro، در مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران مورد آزمایش قرار گرفتند. تجزیه به روشن EPMA در مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران با استفاده از دستگاه الکترون ماکروپرور مدل CAMECA-SX100 انجام گرفت.

این کانسارها است [۲]. منطقه‌ی زمین‌ساختی کاشمر-کرمان در ایران مرکزی حاوی بیش از ۳۴ بی‌هنجاری و کانسار مگنتیت و مگنتیت-آپاتیت است که در برخی از آن‌ها به طور محلی از عنصر نادر خاکی و اورانیوم نیز غنی شده‌اند (شکل ۱). وجود دو میلیارد تن کانسنسنگ‌آهن و تنوع مواد معدنی، این منطقه را به یک ایالت معدنی یگانه درآورده است [۵-۶]. کانسار آهن جلال‌آباد یکی از کانسارهای منطقه‌ی زمین‌ساختی کاشمر-کرمان است که در ۳۸ کیلومتری شمال غرب شهر زرند در استان کرمان واقع شده است (شکل ۱). بررسی‌های قبلی در منطقه شامل بررسی‌های تکنواکسپورت [۶] مهرابی و کریمی شهرکی [۷] و کریمی شهرکی [۸] بوده است. بر اساس بررسی‌های انجام شده ذخیره‌ی کانسار جلال-آباد تقریباً ۲۰۰ میلیون تن سنگ آهن با عیار میانگین Fe = ۱۱٪، S = ۰.۱٪، P = ۰.۰۸٪ است. برخلاف کانسارهای دیگر منطقه‌ی بافق در کانسار جلال‌آباد علاوه بر کانی‌سازی آهن، کانی‌سازی مس نیز رخ داده و کانی‌سازی طلا برای اولین بار در این کانسار معرفی می‌شود. در این پژوهش



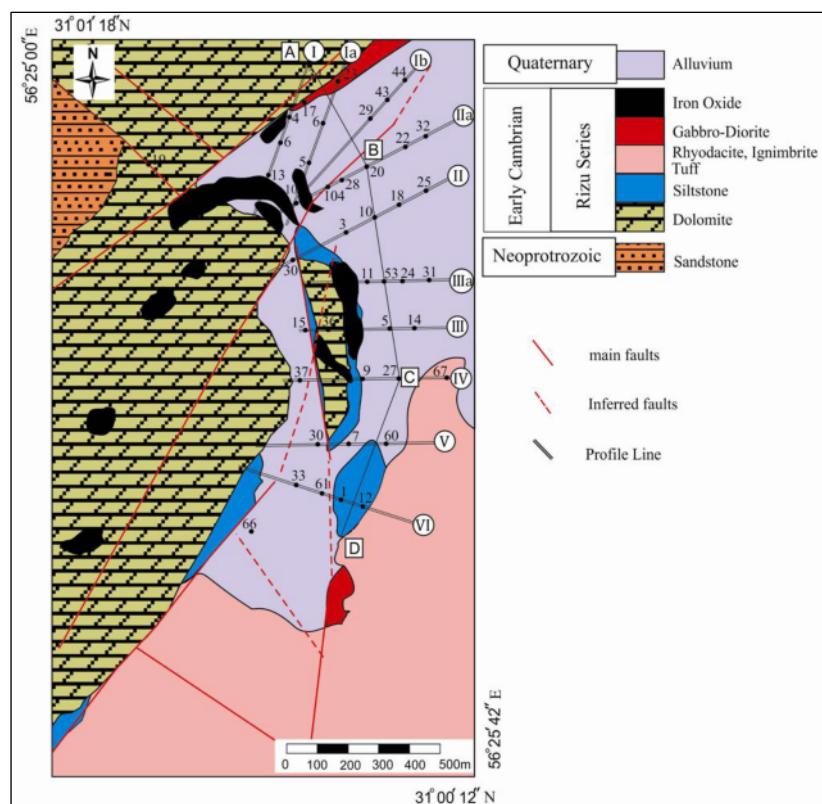
شکل ۱ منطقه‌ی زمین‌ساختی کاشمر-کرمان و موقعیت کانسارهای آهن منطقه‌ی بافق و جلال‌آباد زرند با تغییرات [۹].

زمین‌شناسی

کوچک آذرین از نوع گابرو، میکرو گابرو و تعدادی دایک با ترکیب دیوریت و دیاباز در منطقه رخنمون دارند (شکل ۲). سال‌سنگی دقیقی روی این سنگ‌ها انجام نشده است و شواهد زمین‌شناسی بیانگر جوان‌تر بودن آن‌ها نسبت به سنگ‌های آتشفشاری و رسوبی از سری ریزو هستند و احتمالاً قدیمی‌تر و یا همزمان با کانی‌سازی آهن شکل‌گرفته‌اند. گسل‌های منطقه به صورت روندهای شمال‌غربی-جنوب‌شرقی و شمال‌شرقی-جنوب‌غربی دیده می‌شوند (شکل ۲).

بخش بیشتر منطقه از رسوب‌های آبرفتی و رسوب‌های بادی پوشیده شده است و رخنمون‌های واحدهای سنگی در منطقه کم هستند. در کانسار جلال‌آباد کانی‌سازی بیشتر در بخش‌های عمیق رخ داده و رخنمون‌های کمی از کانسنگ در بخش‌های شمال غربی و غربی کانسار دیده می‌شوند و اطلاعات به دست آمده از کانسار از طریق بررسی‌های گمانه‌های حفاری حاصل شده‌اند. شکل تقریبی کانسار جلال‌آباد به صورت یک عدسی کشیده با راستای شمال غربی-جنوب شرقی است و کانی‌سازی در کانسار بیشتر به صورت توده‌ای است و کانی‌سازی برشی، رگه-رگچه‌ای، افshan و آغشته نیز در مقادیر کمتر دیده می‌شوند.

سنگ‌های رسوبی-تخریبی (سری مراد) و واحدهای آتشفشاری-رسوبی کامبرین زیرین (سری‌های ریزو-ذو) از مهم‌ترین واحدهای تشکیل دهندهی کانسار جلال‌آبادند که از زمان نئوپروتزوئیک پایانی تا کامبرین زیرین در ساختار زمین-شناسی منطقه مشارکت دارند (شکل ۲). سنگ میزبان کانسار جلال‌آباد از سنگ‌های آتشفشاری-رسوبی سری ریزو است. ضخامت سری ریزو در منطقه تقریبی ۱۰۰۰ متر برآورد شده است و بخش ماسه‌سنگی زیرین ریزو در منطقه رخنمون ندارد و از طریق حفاری‌های بی‌جویی شناسایی شده است [۶]. تنوع سنگی سری ریزو در کانسار جلال‌آباد عبارتند از سیلتستون، ماسه‌سنگ، کانسنگ مگنتیتی، دولومیت، توف با ترکیب اسیدی و حدواسط، توفیت، ایگنومریت، ریوداسیت و داسیت. از ویژگی‌های شاخص این سنگ‌ها تغییرات رخسارهای مشخص و قرارگیری ماسه سنگ و سیلتستون در افق‌های زیرین و در ادامه با رخسارهای دولومیتی است. رخسارهای آتشفشاری به صورت عمودی و جانبی در منطقه گسترش دارند. در بخش غربی کانسار دنباله‌های دولومیتی به طول تقریبی ۴ کیلومتر و ضخامتی بین ۳۰۰ الی ۳۵۰ متر دیده می‌شوند. توده‌های



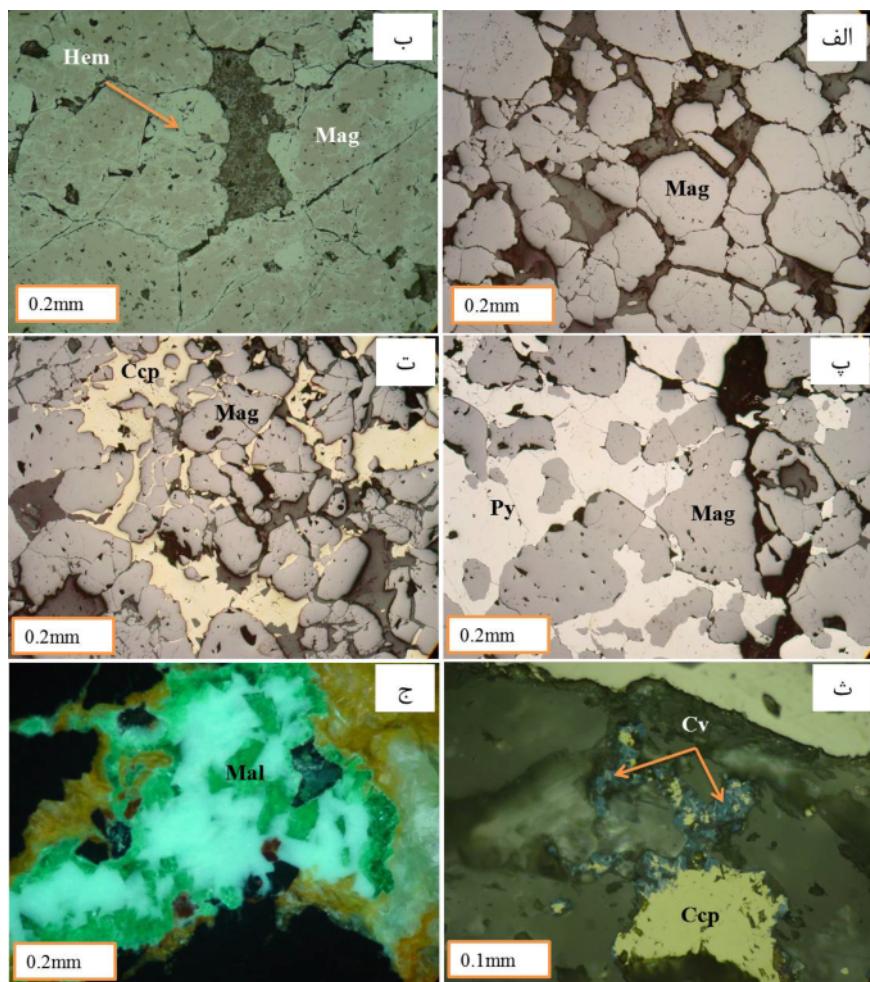
شکل ۲ نقشه‌ی زمین‌شناسی معدن جلال‌آباد زرند با تغییرات [۶]

حرکت‌های زمین ساختی دستخوش شکستگی شده‌اند به صورت گسترده دیده می‌شوند.

مارتیتی شدن در اعمق زیاد بسیار ناچیز است و از اکسایش مگنتیت بوجود آمده است (شکل ۳ ب). مارتیتی شدن در بخش‌هایی تشکیل می‌شود که گریزندگی اکسیژن بالا و یا ممکن است در اثر اکسایش دوباره مگنتیت اولیه (مارتیت با دمای بالا) تشکیل شود [۱۰]. مارتیتی شدن از حاشیه بلورهای مگنتیت و در راستای شکستگی‌ها و سطوح رخ‌ها شروع شده و در مراحل پیشرفت‌تر به داخل بخش‌های داخلی کانه گسترش یافته است. در کانسار جلال‌آباد کانی‌سازی آپاتیت بسیار ناچیز است و تنها در بررسی‌های با میکروسکوپ الکترونی شناسایی شده است.

کانی‌شناسی

مگنتیت، مهم‌ترین کانی آهن‌دار در جلال‌آباد است، و بیشتر در بخش‌های عمیق کانسار دیده می‌شود و در بخش‌های کم‌عمق و سطحی مقدار آن کاهش می‌یابد. مگنتیت در نمونه‌ها به صورت خودشکل تا بی‌شکل و اندازه‌ی آن‌ها از ۰۰۲ تا ۱ میلی‌متر متغیر است. بافت کانی‌سازی در کانسار به صورت‌های توده‌ای، افشار، برشی و پرکننده‌ی حفره‌ها و رگه‌رگچه‌ای است (شکل ۳ الف). برخی از مگنتیت‌ها تحت تاثیر حرکت‌های زمین ساختی دستخوش شکستگی شده و دارای بافت‌های کاتاکلاستیکی و خردشده هستند. فضای بین بلورهای مگنتیت بیشتر با کانی‌های اکتینولیت، کلریت، تالک، دولومیت و کوارتز پر شده است. همانیت بیشتر در بخش‌های نزدیک به سطح، رخمنون‌های کانسنگ در سطح و در محل‌هایی که در اثر

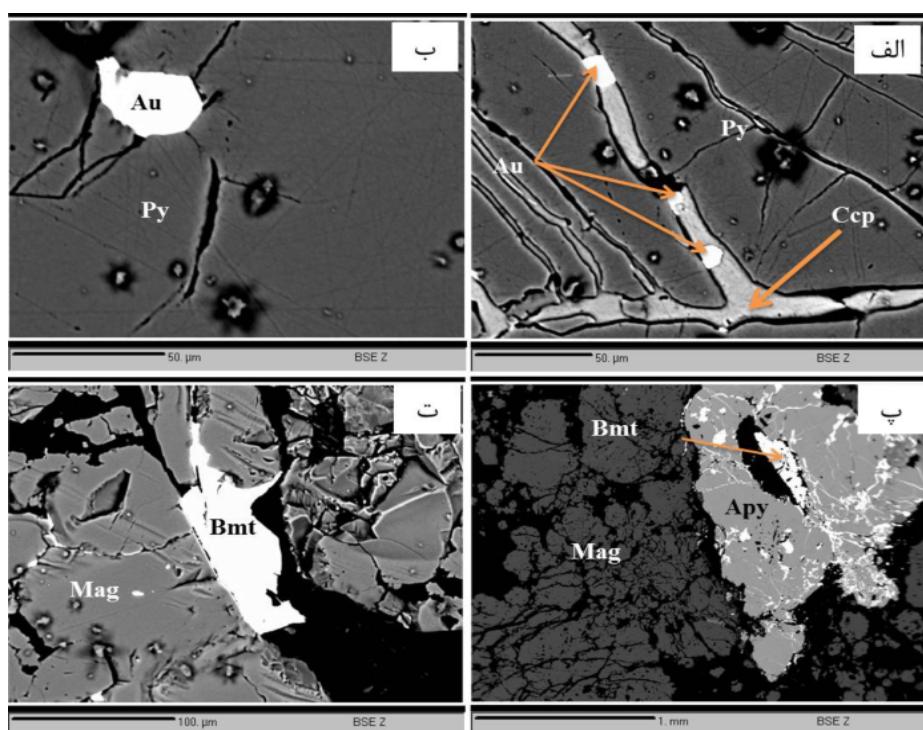


شکل ۳ تصاویر میکروسکوپی کانه‌ها در نور بازتابی، (الف) بلورهای بی‌شکل تا خودشکل مگنتیت (Mag) در بخش کانسنگ مگنتیتی، (ب) اکسایش مگنتیت به همانیت (Hem) طی فرآیند مارتیتی شدن، (پ) فضای بین بلورهای مگنتیت که به وسیله‌ی پیریت (Py) پر شده است، (ت) و (ث) کالکوپیریت (Ccp) فضای بین بلورهای مگنتیت را پر کرده است، (ث) کالکوپیریت را تبدیل شده است، (ج) حفره‌های موجود در کانی‌های باطله به وسیله‌ی مالاکیت (Mal) پر شده‌اند.

شامل مالاکیت $[Cu_2(CO_3)(OH)_2]$ ، آزوریت $[Cu_2Cl(OH)_3]$ و آتاکامیت $[Cu_3(CO_3)_2(OH)_2]$ می‌شوند. مالاکیت و آزوریت فراوان‌ترین کانی ثانویه مس و در واقع فراوان‌ترین کانی مس دار در نمونه‌های سطحی و کم عمق منطقه جلال‌آباد است که در اثر اکسایش کالکوپیریت حاصل شده است. مالاکیت در بخش‌های اکسیدی و به همراه سنگ‌های بخش فوقانی کانسار اغلب به صورت پرکننده فضاهای خالی و آغشته‌گاهی سطحی حضور دارد که به صورت ریزبلور دیده می‌شود (شکل ۳ ج).

کانی‌سازی طلا نیز در جلال‌آباد رخ داده و بررسی‌های ریز پردازشی الکترونی نشان داد که کانی‌سازی طلا بیشتر همراه کالکوپیریت است. طلا به صورت نفوذی‌های ریز در ابعاد کوچکتر از ۲۵ میکرون در رگچه‌های کالکوپیریت دیده می‌شود (شکل ۴ الف). همراهی مس-طلاء با یکدیگر معرف اهمیت نقش سیستم کانی‌ساز مس در نهشت طلاست. پیریت‌هایی که هم‌zman با کالکوپیریت‌های فاز کانی‌سازی سولفیدی مس تشکیل شده‌اند حاوی نفوذی‌هایی از طلا هستند (شکل ۴ ب). ابعاد ذرات طلا در پیریت کمتر از ۵۰ میکرون است.

پیریت به صورت گستردگی در کانسار جلال‌آباد حضور دارد و درصد بالایی از گوگرد موجود در آن را به خود اختصاص داده است. پیریت‌ها بین کانه‌های مگنتیت تشکیل شده‌اند و میزان آن‌ها در بخش‌های مختلف متفاوتند (شکل ۳ پ). پیریت‌ها به صورت بلوری، نیمه‌بلوری با دانه‌بندی نامنظم با اندازه‌های ۰/۲ تا ۰/۳ میلی‌متر و رگه-رگچه‌ای هستند. مقدار پیریت در نمونه‌ها متغیر است و مقدار آن در نمونه‌ها، کمتر از ۰/۱٪ تا ۰/۲٪ تغییر می‌کند. کالکوپیریت مهم‌ترین کانی مس دار کانسار جلال‌آباد است و اغلب به شکل‌های نامنظم، رگه‌ای، پرکننده فضای خالی وجود دارد و ابعاد کانه‌ها بین ۰/۱ تا ۱/۵ میلی‌متر است (شکل ۳ ت) و در اثر عوامل دگرگسانی از حاشیه به کوولیت تبدیل شده است (شکل ۳ ث). مقدار تقریبی کالکوپیریت در نمونه‌ها کمتر از ۱٪ درصد تا ۶٪ درصد تغییر می‌کند. کانی‌سازی مس سولفیدی بیشتر در بخش کانسنگ توده‌ای مگنتیت و در بخش‌های عمیق کانسار دیده می‌شود و فراوانی آن به سمت بخش‌های سطحی کانسار کمتر است. به منظور شناسایی دقیق نوع کانی‌های مس اکسیدی، نمونه‌هایی که حاوی مقادیر قابل توجهی مس اکسیدی بودند مورد بررسی XRD قرار گرفتند و نتایج نشان داد که کانی‌ها



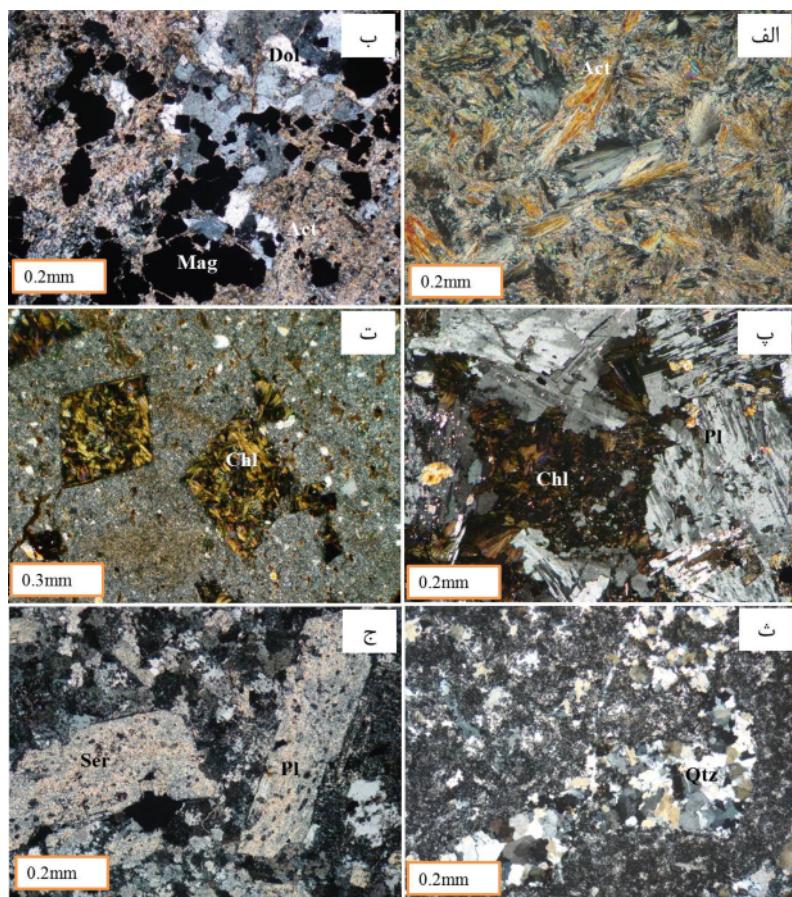
شکل ۴ تصاویر الکترون برکشته تهیه شده به وسیله‌ی ریزپردازنده‌ی الکترونی از بخش‌های کانی‌سازی شده، (الف) رگچه‌های کالکوپیریت حاوی طلا (Au) در زمینه پیریت، (ب) نفوذ طلا در داخل پیریت، (پ) پرشدگی حفره‌ها موجود در مگنتیت به وسیله بیسموتینیت (Bmt) و آرسنوبیریت (Apy)، (ت) پرشدگی حفره‌ها و شکستگی‌های مگنتیت به وسیله بیسموتینیت.

منطقه‌های دگرسان در کانسار شامل اکتینولیت، ترمولیت، کلریت، دولومیت، گوتیت، پیریت، تالک، کوارتز، کلسیت، بیوپیت، آلبیت و سریسیت است. دگرسانی‌های گرمابی اولیه شامل دگرسانی‌های سدی-کلسیک است که با کانی‌های اکتینولیت، مگنتیت، پیریت و کلریت همراه است. بررسی‌های سنگنگاری و پراش پرتو ایکس (XRD) که به صورت کمی روی نمونه‌ها انجام شد، و در مجموع نشان داده که نمونه‌ها از مگنتیت (٪۴۱)، فرواکتینولیت (٪۲۵)، تالک (٪۲۰)، کلریت (٪۱۰) و کلسیت (٪۴) تشکیل شده‌اند که معرف فرایند متاسوماتیسم سدیم است. دگرسانی سدیک-کلسیک در بخش‌های زیرین کانسار (عمق ۳۰۰-۴۰۰ متر) با کانی‌های شاخص اکتینولیت و ترمولیت مشاهده شده، در حالی که در نمونه‌های سطحی مشاهده نشده است (شکل ۵ الف و ب).

حضور نفوذی‌های طلا در مگنتیت، دولومیت و آنکریت از طریق بررسی‌های ریزپردازدهی الکترونی شناسایی شد. بررسی‌های کانی‌شناسی به وسیله‌ی ریزپردازدهی الکترونی نشان داد که کانه‌های بیسموتینیت و آرسنوبیریت همراه یکدیگر در کانسنگ تشکیل شده‌اند (شکل ۴ پ). بیسموتینیت بی‌شکل است و شکاف‌های موجود در مگنتیت را پر کرده است (شکل ۴ ث). ابعاد بیسموتینیت در نمونه‌ها معمولاً ۰،۰۴ متر و ابعاد آرسنوبیریت غالباً ۰،۰۷ میلیمتر است.

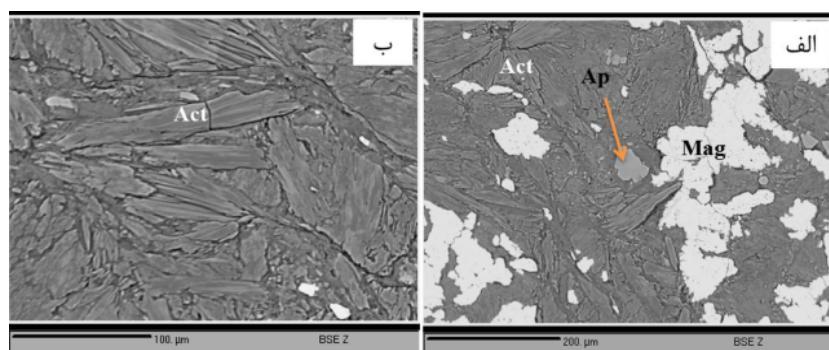
دگرسانی

دگرسانی گرمابی به طور گستردگی در کانسار جلال‌آباد صورت گرفته و مجموعه‌ی کانی‌های دگرسان در منطقه تاریخچه‌ی فعالیت‌های گرمابی را در منطقه نشان می‌دهد. بررسی‌های XRD و میکروسکوپی نشان دادند کانی‌های معمول در



شکل ۵ تصاویر میکروسکوپی از دگرسانی‌های موجود در کانسار جلال‌آباد، الف) دگرسانی سدی در کانسنگ آهن با رخداد کانی‌های کشیده و سوزنی اکتینولیت (Act)، ب) تشکیل بلورهای مگنتیت بین دولومیت (Dol) و اکتینولیت، پ) دگرسانی پلازیوکلازها (Pl) در سنگ‌های آتشفشاری به کلریت (Chl)، ث) دگرسانی بلورهای خودشکل هورنبلند در سنگ‌های آتشفشاری به کلریت، ج) سیلیسی شدن سنگ‌های توفی در اثر پر شدن حفره‌ها و شکستگی‌ها به وسیله کوارتز (Qtz) و تشکیل کوارتز، ج) دگرسانی بلورهای پلازیوکلاز در دایک دیابازی به طور کامل به سریسیت (Ser).

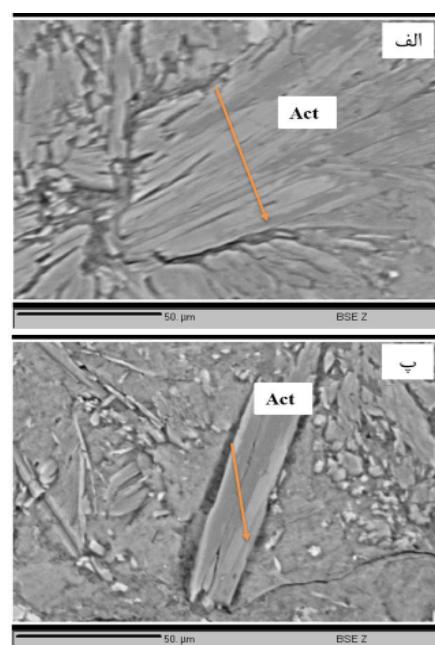
قابل ملاحظه‌ای نشان می‌دهند (شکل ۶ ب). نیمرخ‌های تهیه شده از آمفیبول‌ها، غنی‌شدگی و تهی‌شدگی از عناصر Fe و Mg را نشان می‌دهند در صورتی که مقدار Ca تقریباً ثابت بوده و تغییراتی نشان نمی‌دهد (شکل ۷). کلریت از دیگر کانی‌های مهم دگرسان است که به‌طور گسترده در بخش‌های مختلف کانسار تشکیل شده و در ماسه سنگ، سیلتستون، گابرو، دیوریت، سنگ‌های آتش‌فشاری و همراه کانسنگ دیده می‌شود. کلریتی شدن در اثر دگرسانی کانی‌های مافیک پیروکسن، هورنبلنده و عملکرد شاره‌های غنی از Mg ایجاد می‌شود [۱۱].



شکل ۶ تصاویر الکترون برگشتی به وسیله ریزپردازندۀ الکترونی از دگرسانی‌های سدی در کانسار جلال‌آباد. (الف) همرشدی مگنتیت با اکتینولیت و حضور بلورهای آپاتیت (Ap) (ب) بین بلورهای اکتینولیت، (ب) منطقه‌بندی بلورهای اکتینولیت به‌دلیل تغییرات منیزیم و آهن.

در بخش‌های غنی از اکتینولیت کانی‌های آپاتیت، زیرکن، پیریت و کوارتز نیز در مقادیر کم دیده شدند (شکل ۶ الف). کانی‌سازی مگنتیت بیشتر با کانی‌های دگرسان اکتینولیت، کلریت و تالک همراه است. تالک در اثر دگرسانی اکتینولیت‌ها و در مواردی نیز در اثر عملکرد گرماب‌های حاوی سیلیس روی بخش‌های دولومیتی ایجاد شده است.

آمفیبول‌های بخش دگرسان همراه کانسنگ ریزپردازش الکترونی شدند. تصاویر الکترون برگشتی نشان می‌دهند که در بخش‌های کانسنگ غنی از مگنتیت، آمفیبول‌ها تغییرات رنگ



شکل ۷ نیمرخ تغییرات غلظت عناصر در اکتینولیت‌ها، نیمرخ در جهت پیکان با استفاده از یک ریزپردازندۀ الکترونی تهیه شده است. تصاویر الکترون برگشتی اکتینولیت‌ها نشان می‌دهند که دوفاز در کنار یکدیگر وجود دارند (قسمت تیره و قسمت روشن). براساس نیمرخ‌های رسم شده مقدار عنصر آهن در بخش‌های روشن بیشتر از منیزیم است و مقدار منیزیم در بخش‌های تیره بیشتر از آهن است و مقدار کلسیم تقریباً در هردو ثابت است.

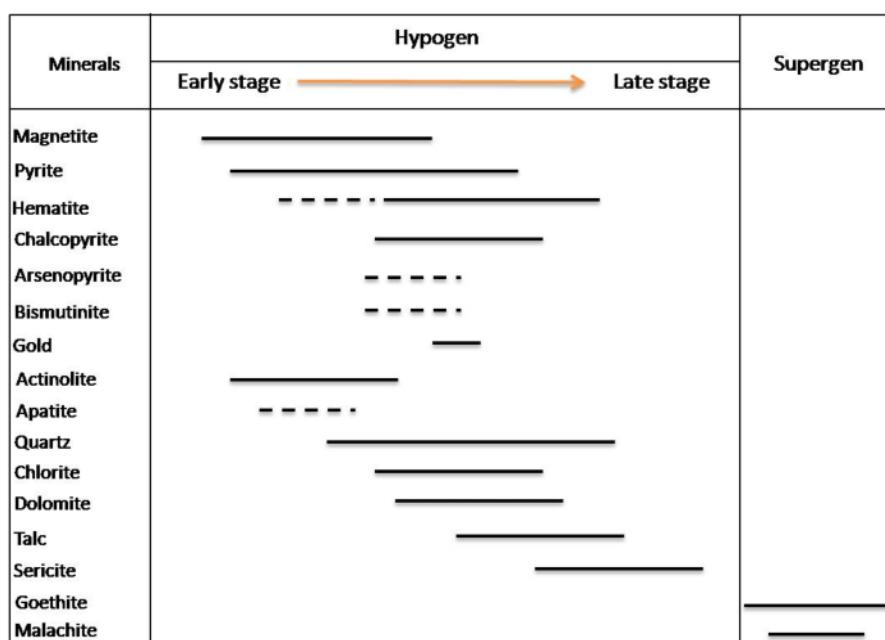
اولیه کانی‌سازی تشکیل شده است.

ژئوشیمی

براساس ترکیب شیمیایی و عیار سنگ‌آهن، کانسار جلال‌آباد به چهار گروه کانسنگ اکسیدی، کانسنگ مگنتیتی پرعیار، کانسنگ مگنتیتی کم‌رعیار و سیلیستون‌های کانی‌سازی شده تقسیم می‌شود (جدول ۲).

دگرسانی‌های مراحل پایانی شامل تشکیل بیوتیت ثانویه، سریسیت، کائولینیت، موسکوویت، هماتیت و گوتیت است. پلاژیوکلازها در سنگ‌های آتش‌فشاری در اثر دگرسانی به سریسیت و کائولینیت تبدیل شده‌اند (شکل ۵ ج). کانی‌سازی مس- طلا بیشتر با کانی‌های دگرسان کلریت، سریسیت و کوارتز همراهند. در جدول ۱ دنباله‌ی تشکیل دوگانه کانی‌ها نشان داده شده است. کانی‌های مگنتیت و اکتنیولیت در مراحل

جدول ۱ دنباله‌ی کانی‌های دوگانه در کانسار جلال‌آباد.

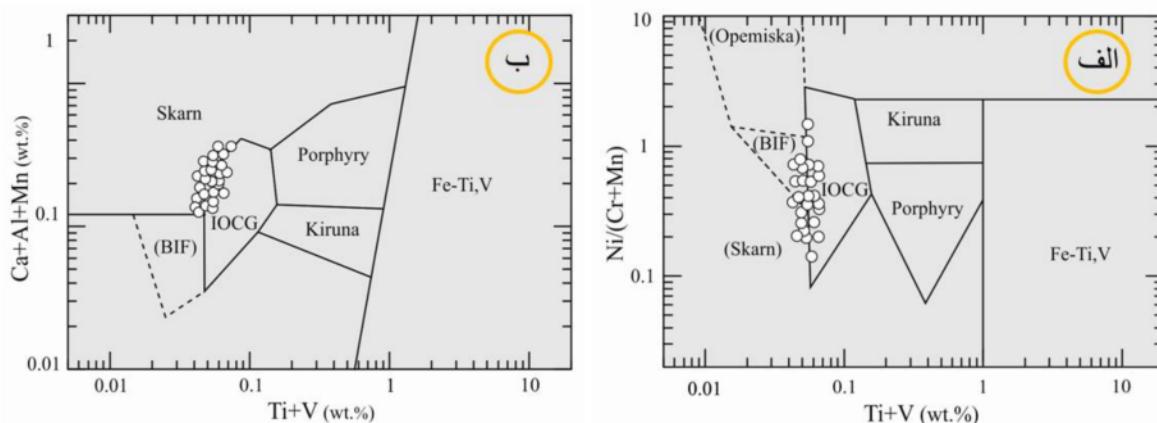


جدول ۲ میانگین ترکیب شیمیایی انواع مختلف کانسنگ در کانسار جلال‌آباد بر اساس درصد [۸].

Com.	Oxide ore	Magnetite rich ore	Magnetite poor ore	Mineralized siltstone
Fe	۵۴,۲۱	۵۳,۳۱	۴۳,۱۰	۱۶,۵۵
P	۰,۰۶	۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۱۰
FeO	۰,۴۲	۱,۵۰	۱,۵۳	۱,۳۵
SiO _۲	۱۱,۳۶	۱۲,۲۹	۲۴,۰۴	۴۳,۶۰
Al _۲ O _۳	۱,۱۰	۰,۷۸	۲,۱۰	۳,۳۲
MgO	۲,۶۳	۴,۶۳	۶,۰۱	۸,۲۰
CaO	۳,۳۹	۲,۳۰	۴,۲۵	۵,۲۰
MnO	۰,۱۸	۰,۰۷	۰,۲۶	۰,۰۸
Cu	۰,۱۵	۰,۱۷	۰,۱۶	۰,۹۰
Fe/FeO	۱۳,۴۱	۲,۳۵	۰,۰۶	۱,۵۴
TiO _۲	۰,۱۲	۰,۱۱	۰,۲۲	۰,۲۰

کانسارهای آهن-تیتانیوم، کانسارهای حاوی وانادیوم و کانسارهای کرومیت، مقدار عناصر Ti, Cr, V در مگنتیت نسبتاً زیادتر است (شکل ۸) [۱۲]. در نمودار $Ni/(Cr+Mn)$ در مقابله با $Ti+V$ (شکل ۸ الف) نمودار IOC G و گسترهای مرزی کانسارهای BIF ، $IOCG$ ، اسکارن، $Ca+Al+Mn$ پورفیری مس و ذخایر آهن-تیتان و وانادیم به خوبی مشخص شده‌اند. داده‌های مگنتیت کانسار جلال‌آباد در گستره‌ی کانسارهای $IOCG$ و گستره مرزی کانسارهای BIF و اسکارن واقع شده‌اند (شکل ۸ الف). نمودار $Ti+V$ در مقابل $Ca+Al+Mn$ (پائین)، $IOCG$ ، اسکارن، BIF ، $IOCG$ ، $Ca+Al+Mn$ پورفیری مس و ذخایر آهن-تیتان-وانادیم را از هم تفکیک می‌کند. بر اساس این نمودار داده‌های کانسار جلال‌آباد در گستره کانسارهای $IOCG$ و اسکارن واقع شده است و بیشتر داده‌ها در گستره $IOCG$ قرار گرفته‌اند (شکل ۸ ب).

مقدار TiO_2 اندازه‌گیری شده در مگنتیت از 0.003% درصد تا 0.007% درصد متغیر است. در تصاویر الکترون برگشتی از مگنتیت‌ها، تیغه‌های ایلمنیت نفوذی دیده نشد. مقدار V_2O_5 در مگنتیت‌ها از 0.002% تا 0.006% درصد متغیر است. در برخی از نقاط اندازه‌گیری شده مقادیری کبالت جانشین مگنتیت شده و نتایج نشان می‌دهد که مقدار CoO در مگنتیت 0.001% تا 0.036% درصد است. احتمالاً نفوذ شاره‌های کبالتدار در کانسینگ باعث جانشینی کبالت در مگنتیت شده است. مگنتیت با مقادیر پائین Ti (کمتر از 0.005% درصد) از شاخص‌های کانسارهای BIF است و با کانسارهای اسکارن، ماسیو سولفید و $IOCG$ مشترک است. مگنتیت کانسارهای نوع کایرونا (مگنتیت-آپاتیت) و مس پورفیری در مقایسه با کانسارهای $IOCG$ مقادیر بیشتری Ti دارند. تمرکز عناصر Mn و Al در کانسارهای نوع کایرونا نسبتاً پائین‌تر است (شکل ۸). در



شکل ۸ الف- نمودار تغییرات $Ni/(Cr+Mn)$ در مقابل $Ti+V$ که نشان دهنده ارتباط نمونه‌های کانسار آهن جلال‌آباد با کانسارهای $IOCG$ و اسکارن است. ب) نمودار تغییرات $Ca+Al+Mn$ در مقابل $Ti+V$ که نشان دهنده ارتباط نمونه‌های کانسار آهن جلال‌آباد با کانسارهای BIF ، $IOCG$ و اسکارن است [۱۲].



شکل ۹ تنوع شاره‌های درگیر در کوارتزهای نسل اول، الف) شاره‌های درگیر سه فازی ($L+V+S$)، د) شاره درگیر سه فازی با کانی‌های نوزاد هالیت و سیلویت.

- central Iran: new isotopic and geochemical evidence*", *Jour Scien IRI* 14 (3) (2003) 259-269.
- [5] Daliran F., "Kiruna-type iron oxide-apatite ores and apatites of the Bafq district, Iran, with an emphasis on the REE geochemistry of their apatites: in Porter, T. M. (ed.) *Hydrothermal iron oxide copper-gold & related deposits*", A global perspective. 2 (2002) 303-320.
- [6] Technoexport., "Results of the survey of Zarand ore deposite", (1976) 104 p.
- [۷] مهرابی ب، کریمی شهرکی ب، "کانسار جلال آباد نمونه ای از کانسارهای اکسید آهن گرمابی"، بیست و دومین همایش علوم زمین، سازمان زمین شناسی کشور (۱۳۸۲).
- [۸] کریمی شهرکی ب، "بررسی ژئوشیمیایی و زمین شناسی اقتصادی کانسار آهن جلال آباد زرند". پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم (۱۳۸۲)، ص ۱۸۰.
- [9] Ramezani J. and Tucker. R.D., "The Saghand region, central Iran: U-Pb geochronology, petrogenesis and implications for Gondwana tectonics", *American Journal of Science* 303 (2003) 622-665.
- [10] Forster. H., and Jafarzadeh, A., "The Bafq mining district in central Iran ahightly mineralized Infracambrian Volcanic Field", *Economic Geology* 89 (1994) 1697-1721.
- [11] Monteiro. L.V.S., Xavier. R.P., Hitzman. M.W., Caetano Juliani. C., Filho. C.R.S., Carvalho. E.R., "Mineral chemistry of ore and hydrothermal alteration at the Sossego iron oxide-copper-gold deposit, Carajás Mineral Province, Brazil", *Ore Geology Reviews* 34 (2008) 317-336.
- [12] Dupuis. C., Beaudoin. G., "Discriminant diagrams for iron oxide trace element finger printing of mineral deposit types", *Miner Deposita* 46 (2011) 319-335.
- [13] Leake. B.E., Woolley. A.R., Arps. C.E.S., Birch. W.D., Gilbert. M.C., Grice. G.D., Hawthorne. F.C., Kato. A., Kisch. H.J., Krivovichev. V.G., Linthout. K., Laird. J., Mandarino. J., Maresch. W.V., Nickel. E.H., Rock. N.M.S., Shumacher. J.C., Smith. D.C., Stephenson. N.C.N., Ungaretti. L., Wittaker. E.J.W., Youzhi. G., "Nomenclature of amphiboles. Report of Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names", *European Journal of Mineralogy* 9 (1997) 623-651.
- سدی-کلسیک در جلال آباد عبارتند از کانی‌های فرو اکتینولیت، ترمولیت، مگنزیو هومنبلند و مگنتیت. دگرسانی سدی-کلسیک در جلال آباد در سطوح عمیق کانسار رخ داده است که از نشانه‌های کانساهای IOCG است. شاره‌های درگیر دارای دمای همگن‌شدن و شوری بالایی هستند که نشان-دهنده‌ی خاستگاه ماغمایی شاره‌ها هستند. دامنه‌ی تغییرات دمای همگن‌شدن و شوری شاره‌های درگیر زیاد است و اختلاط گرمابهای اولیه با شاره‌های جوی محتمل است.
- در اواخر پرکامبرین تا پالئوزوئیک زیرین منطقه بافق-زرند تحت تأثیر فرآیندهای کششی قرار گرفته است و توده‌های نفوذی با ترکیب گلبرو و دایک‌های متعددی با ترکیب دیوریت و دیبازار در کانسار تزریق شدند که ریشه آن‌ها در بخش‌های زیرین کانسار به توده‌ی آذرین مافیک ختم می‌شود. توده‌های آذرین نقش ماشین گرمایی منطقه را داشته و باعث گرمشدن شاره‌ها و چرخش آن‌ها در منطقه شده است. در کانسار جلال-آباد شاره‌های ماغمایی و غیر ماغمایی در کانی‌سازی نقش داشته‌اند. شاره‌های ماغمایی در کانی‌سازی مراحل اولیه و تشکیل مگنتیت و مراحل سولفیدی مس نیز اهمیت زیادی داشته‌اند. بررسی‌های کانی‌شناختی، دگرسانی، ژئوشیمی و شاره‌های درگیر در کانسار جلال آباد نشان داد که این کانسار دارای ویژگی‌های کانسارهای IOCG است.
- ### مراجع
- [1] Hitzman M. W., Oreskes N., Einaudi M.T., "Geological characteristics and tectonic setting of Proterozoic iron oxide (Cu-U-Au-REE) deposits", *Precambrian Research* 58 (1992) 241-287.
- [2] Groves D.I., Bierlein F.P., Meinert. L.D., Hitzman. M.W, "Iron oxide copper-gold (IOCG) deposits through Earth history: implications for origin, lithospheric setting, and distinction from other epigenetic iron oxide deposits". *Economic Geology* 105 (2010) 641-654.
- [3] Bonyadi Z., Davidson. G., Mehrabi. B., Meffre. S., Ghazban. F., "Significance of apatite REE depletion and monazite inclusions in the brecciated Se-Chahun iron oxide-apatite deposit, Bafq district,Iran:Insights from Paragenesis and geochemistry", *ChemicalGeology* 281 (2011) 253-269.
- [4] Moore. F. and Modabberi. S., "Origin of Choghart iron oxide deposit, Bafq miningdistrict,

- [22] Zhang H.F., Zhu R.X., Santosh M., Ying J.F., Su B.X., Hu Y., "Episodic widespread magma underplating beneath the North China Craton in the Phanerozoic: implications for craton destruction", *Gondwana Research* 23 (2013) 95–107.
- [23] Pollard P.J., "An intrusion-related origin for Cu–Au mineralization in iron oxide–copper–gold (IOCG) provinces", *Mineralium Deposita* 41 (2006) 179–187.
- [24] Baker T., Mustard R., Fu B., Williams, P.J., Dong G., Fisher L., Mark G., and Ryan, C.G., "Mixed messages in iron-oxide-copper-gold systems of the Cloncurry district, Australia: insights from PIXE analysis of halogens and copper in fluid inclusions", *Mineralium Deposita* 43 (2008) 599–608.
- [۲۵] آل طه کوهبنانی، ب، "مطالعه پترولوزی و ژئوشیمی سنگهای آذرین شرق زرند کرمان"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده علوم (۱۳۷۳)، ص ۱۹۰.
- [۲۶] درویش زاده، علی، "زمین شناس ایران"، انتشارات نشر دانش امروز، تهران، (۱۳۷۰) ص ۹۰۱.
- [27] Berberian. M. and king. G.C. P., "Towards a Paleogeography and tectonic evolution of Iran", *Canadian Journal of Earth Sciences* 18 (1981) 210–265.
- [28] Yardley B.W.D., "100th Anniversary Special Paper: metal concentrations in crustal fluids and their relationship to ore formation", *Economic Geology* 100 (4) (2005) 613–632.
- [29] Rieger A.A., Marschik R., Diaz M., "The hypogene iron oxide copper–gold mineralization in the Mantoverde District", Northern Chile, *Economic Geology* 105 (2010) 1271–1299.
- [14] Shepherd TJ., Chenery SR., "Laser ablation ICP-MS elemental analysis of individual fluid inclusions: An evaluation study", *Geochimica et Cosmochimica Acta* 59 (1995) 3997–4007.
- [15] Bakker RJ., Package FLUIDS 1. "Computer programs for analysis of fluid inclusion data and for modeling bulk fluid properties. *Chem Geol* 194 (2003) 3–23
- [16] Sterner SM., Hall DL., Bodnar RJ., Synthetic fluid inclusions V: solubility relations in the system NaCl–KCl–H₂O under vaporsaturated conditions. *Geochim Cosmochim Acta* 52 (1988) 989–1005
- [17] Barton M.D., Johnson D.A., "Footprints of Fe-oxide (Cu-Au) systems: University of Western Australia", Centre for Global Metallogeny Special Publication 33 (2004) 112–116.
- [18] Williams P., "Classifying IOCG deposits. In: Exploring for iron oxide copper–gold deposits: Canada and global analogues", Geological Association of Canada 20 (2010a) 11–19.
- [19] Mark G., Oliver N.H.S, and Carew M.J., "Insights into the genesis and diversity of epigenetic Cu–Au mineralisation in the Cloncurry district, Mt. Isa Inlier, Northwest Queensland", *Australian Journal of Earth Sciences* 53 (2006a) 109–124.
- [20] Hunt, J.A., Baker, T., Cleverly, J., Davidson, G.J., Fallick, A.E., and Thorkelson, D.J., "Fluid inclusion and stable isotope constraints on the origin of Wernecke Breccia and associated iron oxide–copper–gold mineralization, Yukon", *Canadian Journal of Earth Sciences*. 48 (2011) 1425–1445.
- [21] Barton M.D., Kreiner D.C., Jensen E.P., and Girardi J.D., "Superimposed hydrothermal systems and related IOCG and porphyry mineralization near Copiapo, Chile. In: Proceedings of the 11th Biennial SGA Meeting, Society for Geology Applied to Ore Deposits", Antofagasta, Chile (2011b) 521–523.