

# زمین‌شناسی و ژئوشیمی کانی‌سازی طلا- مس - مولیبدن در منطقه انیق - قره‌چیلر (شمال خاور خاروانا - آذربایجان شرقی)

میرعلی‌اصغر مختاری<sup>۱\*</sup>، حسین معین‌وزیری<sup>۲</sup>، محمدرضا قربانی<sup>۳</sup> و محمود مهرپرتو<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

<sup>۲</sup> استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

<sup>۳</sup> استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

<sup>۴</sup> دکتر، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۸/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۱/۲۵

## چکیده

کانی‌سازی طلا- مس - مولیبدن منطقه انیق- قره‌چیلر در پهنه کانه‌دار ارسباران و درون باتولیت قره‌داغ رخ داده است. کانی‌سازی در این محدوده شامل رگه‌های کوارتزی دارای کانی‌سازی طلا، مس و مولیبدن درون توده گرانودیوریتی است که در ۳ منطقه مجزا شامل قره‌چیلر (۲ رگه)، زلی‌دره (۸ رگه) و قره‌دره (چند رگه باریک و کوتاه) گسترش دارد. دگرسانی‌های موجود در پیرامون رگه‌های کوارتزی شامل انواع سربستی و سیلیسی است که گسترش محدودی دارند. رگه‌های کوارتزی بیشتر متراکم و توده‌ای بوده و برخی رگه‌ها بافت شبکه‌ای و برشی نشان می‌دهند. رگه‌های کوارتزی با آرایش صفحه‌ای و به موازات هم (Sheeted Veins) در برخی نقاط، به‌ویژه منطقه قره‌چیلر حضور دارند. محتوای کانی‌های سولفیدی در این رگه‌ها، عموماً کمتر از ۱۰ درصد بوده و شامل پیریت، پیریت آرسنیک‌دار، کالکوپیریت، مولیبدنیت، بورنیت و اسفالریت و کانه‌های ثانویه کولیت، کالکوسیت، مالاکیت، آزوریت و هیدروکسیدهای ثانویه آهن است. مطالعات ژئوشیمیایی و عیارسنجی عناصر، نشانگر عیارهای بالای طلا به همراه نقره، مولیبدن و مس در رگه‌های کوارتزی است. عیار متوسط طلا در دو رگه کوارتزی منطقه قره‌چیلر، به ترتیب برابر با ۵/۷۶ و ۳/۹ گرم در تن و در رگه‌های کوارتزی منطقه زلی‌دره، به ترتیب ۴/۷، ۳/۱۲، ۲/۶، ۰/۴۵، ۱/۰۹، ۱/۳۴، ۱/۱۵ و ۰/۵۸ گرم در تن به دست آمده است. بیشترین عیار طلا اندازه‌گیری شده در کل منطقه انیق- قره‌چیلر، ۳۵۹ گرم در تن و مربوط به رگه کوارتزی شماره ۱ در منطقه زلی‌دره (ZVI) با بافت شبکه‌ای و حفره‌ای است. عناصر بیسموت و تنگستن نیز در شماری از رگه‌ها عیارهای قابل توجهی دارند. همبستگی خوبی میان طلا و عناصر نقره، مولیبدن، بیسموت و تنگستن وجود دارد. در رگه‌های کوارتزی منطقه قره‌دره، عیار طلا و مس پایین بوده ولی عیار مولیبدن میان ۰/۱۵ تا ۱/۱۵ درصد متغیر است. کانی‌سازی به صورت رگه‌های کوارتزی با آرایش صفحه‌ای درون توده نفوذی، محتوای پایین کانی‌های سولفیدی در رگه‌ها، هاله دگرسانی محدود، کانی‌سازی طلا همراه با مولیبدن و عیارهای بالایی از بیسموت و تنگستن، همبستگی طلا با عناصر W، Bi، Mo و شواهد میانبارهای سیال (دمای بالای همگن شدن)، همگی نشان از این دارند که کانی‌سازی طلا در محدوده انیق - قره‌چیلر می‌تواند جزو سامانه‌های طلا- مس مرتبط با توده‌های نفوذی باشد.

**کلیدواژه‌ها:** انیق، باتولیت قره‌داغ، خاروانا، قره‌چیلر، کانی‌سازی طلا- مس - مولیبدن

\*نویسنده مسئول: میرعلی‌اصغر مختاری

E-mail: amokhtari@znu.ac.ir

## ۱- پیش‌گفتار

قره‌داغ نیز کانی‌سازی طلا- مس - مولیبدن منطقه انیق- قره‌چیلر به صورت رگه‌ای وجود دارد که آثار فعالیت‌های کهن معدنی در نزدیکی روستای قره‌چیلر بر روی این رگه‌ها قابل مشاهده است (ملاک‌پور، ۱۳۵۲؛ برنا، ۱۳۷۰؛ برنا و جان‌نثاری، ۱۳۷۲؛ سهرابی، ۱۳۸۲؛ مختاری و یارمحمدی، ۱۳۸۶). همچنین، وجود معادن Cu-Mo پورفیری درون باتولیت قره‌داغ در جمهوری ارمنستان (معادن آگاراک و کاجاران)، بر اهمیت منطقه مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی اقتصادی افزوده و احتمال یافتن کانی‌سازی مشابه را در این منطقه از کشورمان و به ویژه در کناره باتولیت قره‌داغ افزایش می‌دهد. از این رو در این پژوهش، کانی‌سازی طلا- مس - مولیبدن منطقه انیق- قره‌چیلر مورد مطالعات دقیق‌تر و بررسی ویژگی‌های کانی‌سازی قرار گرفت.

## ۲- روش پژوهش

پژوهش‌های انجام شده، دربرگیرنده دو بخش مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی است. مطالعات صحرایی شامل شناسایی فازهای مختلف توده نفوذی و ارتباط آنها با یکدیگر، شناسایی رگه‌های کوارتزی و پهنه‌های کانی‌سازی و بررسی ارتباط فضایی آنها با یکدیگر و با سنگ‌های دربرگیرنده و در پایان، نمونه‌گیری از آنها برای مطالعات آزمایشگاهی بوده است. نمونه‌گیری از رگه‌های سیلیسی به صورت کانالی و از نمونه‌های کناره‌های دگرسانی رگه‌ها به دو صورت کانالی و چپ بوده

کانی‌سازی طلا- مس - مولیبدن منطقه انیق- قره‌چیلر، در پهنه کانه‌دار ارسباران، درون باتولیت قره‌داغ و در فاصله هوایی حدود ۲۰ کیلومتری شمال خاور خاروانا و ۷۰ کیلومتری شمال تبریز قرار دارد (شکل ۱).

منطقه ارسباران یکی از مهم‌ترین مناطق ایران از نظر فلززیایی (متالوژنی) و کانی‌سازی است و ارزش پژوهشی بالایی دارد. ذخایر مس پورفیری همچون کانسار مس پورفیری سونگون (اطمینان، ۱۳۵۶؛ Calagari, 1997; Mehrpartou, 1993)، کانسار مس پورفیری مسجد داغی (محمدی، ۱۳۸۳؛ فرد و همکاران، ۱۳۸۴؛ زنوزی، ۱۳۸۵؛ اکبرپور، ۱۳۸۴) و کانسار مس پورفیری سوناچیل (حسین‌زاده، ۱۳۸۷)، ذخایر اسکارنی همچون کانسارهای اسکارن مس مزرعه، سونگون و انجرد (Mollaei, 1993; Calagari & Hosseinzadeh, 2006; Karimzadeh Somarin & Moayyed, 2002; حسین‌زاده، ۱۳۷۸) و ذخایر طلا- مس مانند کانسار طلای شرف‌آباد (پورنیک، ۱۳۸۱)، کانسار طلای اپی‌ترمال مسجدداغی (محمدی، ۱۳۸۳؛ فرد و همکاران، ۱۳۸۴؛ زنوزی، ۱۳۸۵؛ اکبرپور، ۱۳۸۴)، کانسار طلای اپی‌ترمال زگلیک- ساریلاز (حیدرزاده، ۱۳۸۵)، کانسار طلای اندریان یا میوه‌رود (جمالی، ۱۳۷۷؛ غلامی چچکی، ۱۳۸۰)، کانسار طلای نبی‌جان (بنی‌آدم، ۱۳۸۱) و کانسار طلای صفی‌خانلو- نقدوز (قدیم‌زاده، ۱۳۸۱) در بخش‌های مختلف این منطقه شناسایی شده است (شکل ۲). درون باتولیت

در جدول ۱ آمده است. به دلیل عملکرد شدید زمین‌ساختی در این منطقه، امتداد رگه‌ها جابه‌جایی‌های به نسبت زیادی را نشان می‌دهد. فعالیت‌های معدنی کهن به صورت تونل‌های استخراجی متعدد روی این رگه‌ها (به‌ویژه رگه GV1) در سطوح مختلف دیده می‌شوند.

کانی‌سازی سولفیدی (کالکوپیریت، مولیبدنیت، پیریت و ...) درون رگه‌های کوارتزی تشکیل شده که فراوانی سولفیدها به ندرت به بیش از ۵ درصد می‌رسد (شکل ۴). همچنان که در شکل ۴- b دیده می‌شود، می‌توان چند مرحله کانی‌سازی را در این رگه‌ها تشخیص داد. در مرحله اول که با تشکیل رگه کوارتزی همراه است، کانه‌های پیریت و کالکوپیریت در متن رگه تشکیل شده‌اند. در مرحله بعد، رگه متحمل شکستگی شده و کانه مولیبدنیت به همراه مقداری پیریت در امتداد این شکستگی‌ها تشکیل شده است. مرحله سوم عبارت از تشکیل یک سری شکستگی‌های موازی هم است که درون آنها، هیدروکسیدهای ثانویه آهن با منشأ برون‌زاد دیده می‌شود. هاله‌های دگرسانی در پیرامون این رگه‌ها عموماً محدود بوده و بیشینه به ۱ متر می‌رسد (شکل ۴). مطالعات صحرایی و میکروسکوپی نمونه‌های برداشت‌شده از این پهنه‌های دگرسانی بیانگر این است که سنگ اولیه آنها توده گرانودیوریتی بوده که به شدت متحمل دگرسانی سریستی شده است (شکل ۵). سریست به صورت پولک‌های ریز تا متوسط دانه همراه با کوارتز ثانویه، کانی‌های موجود در این نوع دگرسانی هستند. به اعتقاد Seedorff et al. (2005) تشکیل این نوع مجموعه دگرسانی در نتیجه هجوم سیال‌ها و بیرون رانده شدن عناصری مانند Na, Ca, Mg و Fe و تشکیل کانی‌هایی همچون سریست، کوارتز، کلریت و سولفیدهایی مانند پیریت، کالکوپیریت و ترائدریت صورت می‌گیرد. با دور شدن از رگه‌ها، شدت دگرسانی کاهش می‌یابد. در برخی نقاط، رگه‌های باریک کوارتزی دارای کانی‌سازی سولفیدی و نیز رگه‌های آنکریتی درون پهنه دگرسانی سریستی حضور دارند. در بخش‌هایی از منطقه، رگه‌های تیره رنگ بسیاری با ستبرای کمتر از ۵ سانتی‌متر توده گرانودیوریتی را قطع کرده‌اند (شکل ۶). ارتباط صحرایی مشخصی میان این رگه‌ها و رگه‌های کوارتزی منطقه وجود ندارد. مطالعات سنگ‌نگاری بیانگر این است که این رگه‌ها بیشتر متشکل از پولک‌های ریز بی‌تیت ثانویه همراه با فلدسپار قلیایی و کوارتز ثانویه هستند. این رگه‌ها به طور عمده در ارتفاعات پایین‌تر و در دره قره‌چیلر دیده می‌شوند و می‌توانند شواهدی از دگرسانی پتاسیک در منطقه باشند. در برخی نقاط (به‌ویژه در کنار رگه GV2)، رگه‌های کوارتزی باریک (بیشینه ۲ سانتی‌متر) به موازات هم (sheeted vein) درون گرانودیوریت دیده می‌شود (شکل ۷) که در مجموع بیشینه ستبرایی حدود ۱ تا ۳ متر داشته و به میزان کمی کانی‌سازی سولفیدی (کالکوپیریت و پیریت) و آغشتگی‌های مالاکیتی دارند. این رگه‌ها امتدادی مشابه با رگه‌های کوارتزی اصلی و دایک‌های ریولیتی منطقه قره‌چیلر دارند. رگه‌های یادشده بیشتر در خاور رگه کوارتزی GV2 و با فاصله حدود ۲۰ متر از آن رخمون دارند. دایک ریولیتی نیز با فاصله حدود ۱۰ متر در باختر این رگه‌های باریک و موازی هم واقع شده است. این ساختار با ساخت استوک‌ورک رایج در سیستم‌های مس پورفیری (رگچه‌های سیلیسی متقاطع) متفاوت بوده و بیشتر در سیستم‌های طلای مرتبط با توده‌های نفوذی دیده می‌شود (Hart, 2005). رگچه‌های با بافت استوک‌ورکی در این منطقه دیده نمی‌شود. نبود شکستگی‌های استوک‌ورکی، می‌تواند بیانگر عبور سیال‌ها در یک حالت غیر فعال از سیستم باشد (Lang et al., 2000).

در منطقه قره‌چیلر شماری دایک ریولیتی وجود دارد که کنار رگه‌های کوارتزی قرار گرفته و امتداد مشابهی با آنها (شمال باختر - جنوب خاور) دارند. درون این دایک‌ها، کانی‌سازی سولفیدی پیریت در مقادیر جزئی (بیشینه ۱ درصد) به صورت پراکنده در متن و درون حفرات و شکستگی‌ها تشکیل شده است. در رگه‌های کوارتزی منطقه قره‌چیلر، کانه‌های کالکوپیریت، پیریت، مولیبدنیت،

است. مطالعات آزمایشگاهی شامل مطالعات سنگ‌نگاری (۱۵ نمونه)، کانه‌نگاری (۴۰ نمونه)، XRD (۲ نمونه) و تجزیه شیمیایی حدود ۴۰۰ نمونه مربوط به رگه‌های کوارتزی طلادار و کانه‌های دگرسانی آنها است. نمونه‌ها به روش جذب اتمی برای عناصر طلا، مس، مولیبدن و پاراژنهای آنها در آزمایشگاه‌های سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور تجزیه شدند.

### ۳- زمین‌شناسی

از نظر زمین‌شناسی، منطقه مورد مطالعه درون باتولیت قره‌داغ قرار گرفته است. باتولیت قره‌داغ با گسترشی بیش از ۱۵۰۰ کیلومتر مربع در شمال باختر ایران و دو کشور همسایه شمالی (جمهوری‌های آذربایجان و ارمنستان) قرار دارد. حدود ۵۰۰ کیلومتر مربع از باتولیت یادشده، در خاک کشورمان قرار گرفته است و بزرگ‌ترین توده نفوذی شمال باختر ایران به شمار می‌آید. باتولیت قره‌داغ یک باتولیت مرکب است که می‌توان واحدهای مافیک تا فلسیک را درون آن شناسایی کرد. مطالعات سنگ‌نگاری بیانگر این است که ترکیب سنگ‌شناختی باتولیت قره‌داغ در خاک کشورمان شامل گابرو، دیوریت، کوارتز دیوریت، کوارتز مونوزودیوریت، کوارتز مونزونیت، گرانودیوریت، مونزوگرانیت و گنبد ریولیتی است (مختاری و همکاران، ۱۳۸۴؛ مختاری، ۱۳۸۷؛ شکل ۳). بیشتر باتولیت قره‌داغ عبارت از کوارتز مونزوودیوریت و گرانودیوریت است که میزان کانی‌سازی طلای منطقه انیق-قره‌چیلر نیز می‌باشد.

بخش گرانودیوریت و کوارتز مونزوودیوریت کهن‌ترین واحد نفوذی رخمون یافته در محدوده کانی‌سازی است. شماری توده دیوریتی در بخش‌های جنوبی منطقه مورد مطالعه به درون توده گرانودیوریتی نفوذ کرده‌اند. افزون بر این، دو استوک کوچک کوارتز مونزونیتی (جنوب روستای انیق و جنوب خاور روستای قره‌چیلر) نیز به درون توده گرانودیوریتی نفوذ کرده است. استوک کوارتز مونزونیتی جنوب روستای انیق دچار دگرسانی سریستی-سیلیسی شده است. در جنوب روستای انیق، گنبد ریولیتی نیمه آتشفشانی درون توده گرانودیوریتی دیده می‌شود که به نظر می‌رسد آخرین فاز نفوذی باتولیت قره‌داغ باشد. دایک‌های بسیاری با ترکیب دیوریتی، دیابازی، آندزیتی، گرانیتی، آپلیتی و گرانیتی در بخش‌های مختلف باتولیت قره‌داغ حضور دارند. تراکم این دایک‌ها در محدوده کانی‌سازی قابل توجه است. دایک‌های ریولیتی منطقه قره‌چیلر، از نظر فضایی و موقعیت، ارتباط نزدیکی با کانی‌سازی این منطقه داشته و خود نیز مقادیر جزئی پیریت (بیشینه یک درصد) دارند.

### ۴- کانی‌سازی منطقه انیق-قره‌چیلر

مهم‌ترین سیمای کانی‌سازی در منطقه انیق-قره‌چیلر عبارت از رگه‌های کوارتزی درون گرانودیوریت است. به طور کلی، بر پایه مطالعات صحرایی می‌توان ۴ منطقه کانی‌سازی شده شامل منطقه قره‌چیلر، منطقه زرلی دره، منطقه قره‌دره و دره گوهران را در این ناحیه شناسایی و تفکیک کرد (مختاری و یارمحمدی، ۱۳۸۶؛ مختاری، ۱۳۸۷؛ شکل ۳). ویژگی‌های کلی این کانی‌سازی‌ها شامل نوع سنگ میزبان، ابعاد کانی‌سازی، کانی‌شناسی، شمار نمونه و عیار متوسط Ag, Mo, Cu, Au در جدول ۱ آورده شده است.

#### ۴-۱. کانی‌سازی در منطقه قره‌چیلر

کانی‌سازی در منطقه قره‌چیلر عبارت از دو رگه کوارتزی اصلی (GV1 و GV2) درون توده گرانودیوریتی است که بیشتر در سمت باختر روستای قره‌چیلر قرار گرفته‌اند. افزون بر رگه‌های اصلی یادشده، چندین رگه فرعی نیز در این منطقه دیده می‌شود. این رگه‌ها امتداد کلی شمال باختر-جنوب خاور و شب حدود ۸۰ درجه به سوی شمال خاور دارند و ستبرای آنها میان ۰/۵ تا ۱ متر متغیر است. این رگه‌ها به صورت توده‌ای و به رنگ سفید تا خاکستری هستند. ویژگی‌های کلی این دو رگه

کانی اصلی است. در بقیه رگه‌ها، کالکوپیریت به صورت فرعی در برخی نمونه‌ها حضور دارد. اسفالریت در شماری از رگه‌ها (مانند ZV8 و ZV1) شناسایی شده است. نکته قابل توجه در مورد رگه‌های منطقه زرلی دره، شناسایی نشدن کانی مولیبدنیت است و فقط شمار محدودی از نمونه‌های این منطقه، عیارهای قابل توجه مولیبدن را نشان داده‌اند (بیشینه ppm ۱۴۵۰). در رگه‌های کوارتزی این منطقه نیز، طلا در مقاطع صیقلی شناسایی نشد. توالی پاراژنتیک کانه‌های موجود در رگه‌های کوارتزی منطقه زرلی دره در جدول ۲ به تصویر کشیده شده است.

#### ۴-۳. کانی‌سازی در منطقه قره‌دره و دره گوهران

در باختر منطقه کانی‌سازی قره‌چیلر و در خاور روستای قره‌دره، رگه‌های کوارتزی با کانی‌سازی مولیبدن (مولیبدنیت) درون گرانودیوریت وجود دارند. این رگه‌ها به طور عمده کم ستبرای بوده (حدود ۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متر) و تنها دارای کانی‌سازی مولیبدن، بیشتر به صورت رگچه‌ای و در امتداد شکستگی‌ها هستند (شکل ۱۲). بیشینه طول رخنمون این رگه‌ها ۱۰۰ متر بوده و مقادیر محدودی پیریت در همراهی با مولیبدنیت وجود دارد. بیشینه محتوای کانی‌سازی سولفیدی در این رگه‌ها ۵ درصد بوده و هاله‌های دگرسانی در پیرامون این رگه‌ها در حد چند سانتی‌متر است. این دگرسانی‌ها از نوع سرسیتی و سیلیسی است.

کانه‌های موجود در رگه‌های کوارتزی منطقه قره‌دره مولیبدنیت و پیریت هستند. اجتماع ذرات مولیبدنیت، لکه‌هایی به درشتی چند سانتی‌متر را پدید آورده است (شکل ۱۳-ا). کانی‌سازی بیشتر به صورت رگچه یا به صورت بلورهای مجزا درون باطله (گانگ) دیده می‌شود. پیریت در مقادیر جزئی حضور دارد.

در خاور منطقه زرلی دره و در خاور رودخانه انیق، درون دره گوهران یک رگه کوارتزی دارای کانی‌سازی مولیبدنیت وجود دارد (شکل ۱۴). ستبرای این رگه حدود ۲۵ سانتی‌متر بوده و در طول حدود ۵۰ متر قابل پیگیری است. این رگه بیشتر کانی‌سازی مولیبدنیت دارد (شکل ۱۳-ب) و پیریت در مقادیر بسیار جزئی آن را همراهی می‌کند. مشابه با منطقه قره‌دره، کانی‌سازی مولیبدنیت در این رگه نیز به صورت رگچه‌ای و در امتداد شکستگی‌ها متمرکز شده است (شکل ۱۴). هاله دگرسانی پیرامون این رگه نیز در حدود چند سانتی‌متر بوده و از نوع سرسیتی و سیلیسی است. توالی پاراژنتیک رگه‌های کوارتزی منطقه قره‌دره و دره گوهران در جدول ۲ نشان داده شده است.

#### ۵- ژئوشیمی

به منظور مطالعات ژئوشیمیایی و عیارسنجی طلا و دیگر عناصر همراه (Cu, Ag, Mo و ...)، ۶۹ نمونه از بخش‌های مختلف رگه‌های کوارتزی منطقه قره‌چیلر (رگه‌های اصلی GV1 و GV2) و حاشیه‌های دگرسان شده سرسیتی و سیلیسی این رگه‌ها برداشته شد. نتایج مطالعات آزمایشگاهی، تمرکز بالای طلا را در رگه‌های این منطقه نشان داده است. دامنه تغییرات طلا در رگه‌های کوارتزی و در کناره‌های دگرسان شده، به ترتیب بین ۲۳۰ تا ۳۷۲۰۰ میلی‌گرم در تن و ۶۰ تا ۱۳۵۰ میلی‌گرم در تن متغیر است (مختاری و یارمحمدی، ۱۳۸۶؛ مختاری، ۱۳۸۷؛ جدول ۳). به طور کلی، عیار متوسط طلا در رگه‌های کوارتزی اصلی این منطقه (GV1 و GV2) به ترتیب ۵۷۶۰ و ۳۹۰۰ میلی‌گرم در تن به دست آمده است (جدول ۱). در حاشیه‌های دگرسان شده این دو رگه، عیار متوسط طلا در حدود ۳۷۰ میلی‌گرم در تن است. بررسی نتایج تجزیه نمونه‌ها بیانگر این است که با خارج شدن از رگه کوارتزی، عیار طلا درون پهنه دگرسانی به شدت افت کرده و در پایان با فاصله کوتاه از رگه و خروج از پهنه دگرسانی، عیار طلا به حد کلارک آن در گرانیتوئیدها می‌رسد. در برخی نقاط درون پهنه دگرسانی، رگه و رگچه‌های باریک کوارتزی و آنکریتی وجود دارد که باعث بالا رفتن عیار طلا به صورت محلی در این بخش‌ها می‌شود.

عناصر Cu, Ag, Mo نیز عیارهای بالایی را در این رگه‌ها نشان می‌دهند. عیار

بورنیت، کولیت، کالکوسیت، اسفالریت، همتایت، آزوریت، مالاکیت، روتیل و هیدروکسیدهای ثانویه آهن شناسایی شده است (شکل ۸). کانه بیسموت طبیعی نیز در مطالعات پیشین (برنا و جان‌نثاری، ۱۳۷۲) معرفی شده است. کالکوپیریت، پیریت و مولیبدنیت کانه‌های اصلی تشکیل‌دهنده این رگه‌ها بوده و بقیه کانه‌ها در مقادیر بسیار جزئی حضور دارند. روابط صحرایی و بافتی بیانگر این است که ابتدا پیریت و کالکوپیریت به طور همزمان با هم تشکیل شده‌اند (شکل‌های ۸-a, b و c). در مرحله بعد، مولیبدنیت و پیریت نسل دوم در امتداد شکستگی‌های داخل رگه‌ها تشکیل شده‌اند (شکل ۸). گفتنی است که در مطالعات کانه‌نگاری، طلا در نمونه‌های این رگه‌ها شناسایی نشد. توالی پاراژنتیک کانه‌های موجود در رگه‌های کوارتزی منطقه قره‌چیلر در جدول ۲ نشان داده شده است.

#### ۴-۲. کانی‌سازی در منطقه زرلی دره

زرلی دره نام منطقه‌ای در فاصله میان روستاهای انیق و قره‌چیلر و در ضلع باختری رودخانه انیق است. کانی‌سازی در منطقه زرلی دره متشکل از ۸ رگه کوارتزی درون توده گرانودیوریتی است. ستبرای میانگین رگه‌های کوارتزی میان ۰/۵ تا ۱ متر متغیر بوده که در برخی نقاط تا ۲ متر نیز می‌رسد. افزون بر این، رگه‌های کوارتزی دیگری در ستبراهای باریک‌تر در این منطقه دیده می‌شود. رگه‌های کوارتزی در این منطقه ۳ امتداد کلی زیر را دارند:

- امتداد خاوری- باختری با شیب ۴۵ تا ۷۰ درجه به سمت شمال
  - امتداد شمال باختر- جنوب خاور با شیب ۷۵ تا ۸۰ درجه به سمت شمال خاور (مشابه منطقه قره‌چیلر)
  - امتداد شمال خاور- جنوب باختر با شیب ۳۵ تا ۴۰ درجه به سمت شمال باختر
- ویژگی‌های کلی رگه‌های کوارتزی منطقه زرلی دره در جدول ۱ نشان داده شده است. عملکرد گسل‌های مختلف در این منطقه نیز مشابه با منطقه قره‌چیلر، سبب جابه‌جایی رگه‌های کوارتزی شده است. فعالیت‌های معدنی کهن در این منطقه دیده نمی‌شود.

رگه‌های کوارتزی این منطقه نیز به طور عمده به صورت توده‌ای و به رنگ سفید تا خاکستری هستند. افزون بر این، بافت‌های شبکه‌ای و برشی در این رگه‌ها دیده می‌شود که بیشتر در بخش‌های مرتفع‌تر رگه‌های کوارتزی حضور دارند. کانی‌سازی سولفیدی در برخی از رگه‌های این منطقه (برش‌های گرمایی)، فراوانی بالاتری دارد (تا ۳۰ درصد). کانی‌های سولفیدی یاد شده بیشتر از نوع پیریت هستند. رگه کوارتزی ZV5، دارای محتوای بالای کانی‌سازی مس (کالکوپیریت و آغشتگی‌های مالاکیتی) بوده و امتدادی مشابه با امتداد رگه‌های کوارتزی منطقه قره‌چیلر دارد. در رگه‌های ZV1 و ZV2، برش‌های گرمایی فراوان هستند (شکل ۹) که از نظر ارتفاعی نسبت به بقیه رگه‌ها در ترازهای بالاتر و در بخش بیرونی کانی‌سازی منطقه زرلی دره واقع شده‌اند. بافت شبکه‌ای در شماری از رگه‌ها و به‌ویژه در بخش‌های مرکزی این رگه‌ها (رگه‌های ZV3 و ZV4) دیده می‌شود (شکل ۱۰).

در بالاترین و مرتفع‌ترین بخش رگه ZV2، کانی‌سازی به صورت پهنه کانه‌زایی (مینرالیزه) سیلیسی (کلسدون) و کربناتی در ستبرای قابل توجه (بیشتر از ۱۵ متر) صورت گرفته که به سمت ارتفاعات پایین‌تر، به برش‌های گرمایی غنی از سولفید و در ادامه به رگه کوارتزی متراکم دارای کانی‌سازی سولفیدی و گاه با بافت شبکه‌ای تبدیل می‌شود. مشابه با منطقه قره‌چیلر، هاله‌های دگرسانی در پیرامون رگه‌های منطقه زرلی دره نیز عموماً محدود و کمتر از ۱ متر بوده و از نوع سرسیتی و سیلیسی و در برخی نقاط آرژیلی هستند.

کانه‌های موجود در رگه‌های کوارتزی منطقه زرلی دره شامل پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، کولیت، کالکوسیت، مالاکیت، مارکاسیت، روتیل و هیدروکسیدهای ثانویه آهن است (شکل ۱۱). مطالعات صحرایی و میکروسکوپی نشان از این دارد که پیریت کانی اصلی تشکیل‌دهنده این رگه‌ها بوده و تنها در رگه ZV5، کالکوپیریت

میانگین این عناصر در هر یک از رگه‌های قره‌چیلر در جدول ۱ نشان داده شده است. گفتنی است که مشابه با عیار طلا، عیار این عناصر در کناره‌های دگرسان شده رگه‌ها به شدت افت می‌کند. عیار مس در کناره‌های دگرسانی نیز به دلیل آغشتگی‌های مالاکیتی قابل توجه است ( $GVI=0.55\%$  و  $GV2=1.07\%$ ). به دلیل وجود رگه و رگچه‌های باریک کوارتزی درون پهنه دگرسانی، عیار مولیبدن نیز در برخی نمونه‌ها بالا است. تمرکز عناصری چون Pb و Sb در برخی از نمونه‌ها قابل توجه است (به ترتیب بیشینه ۰/۵۳ درصد و ۱/۱۳ درصد) و شماری از نمونه‌ها، عیارهای بالایی از Bi (بیشینه ۷۰۰ ppm) و تنگستن (بیشینه ۲۵۰ ppm) را نشان می‌دهند.

برای مشخص کردن همبستگی طلا با دیگر عناصر در منطقه قره‌چیلر، هر یک از رگه‌های کوارتزی به صورت مجزا بررسی شد. به طور کلی، نتیجه این بررسی‌ها بیانگر این است که در هر دو رگه موجود، طلا با عناصر نقره، مولیبدن، بیسموت، تنگستن، آنتیموان و آرسنیک همبستگی مثبت دارد. نکته جالب توجه، همبستگی نداشتن مس و طلا در این منطقه است (جدول ۴).

نمودارهای همبستگی طلا با دیگر عناصر در منطقه قره‌چیلر در شکل ۱۵ نشان داده شده است. همچنان که از نمودارها مشخص است، عیار عناصری مانند Mo, Ag, Sb, As, Bi و W با افزایش عیار طلا، افزایش می‌یابد و فقط Cu ارتباط و همبستگی مشخصی با طلا نشان نمی‌دهد. عیار مس نیز با عیار مولیبدن مقایسه شده است (شکل ۱۵) که بیانگر همبستگی منفی این دو عنصر در این رگه‌ها است. از این رو می‌توان گفت که کانی‌سازی مس در یک مرحله متفاوت از کانی‌سازی عناصر دیگر (Mo و Au) صورت گرفته است. بنابراین، با توجه به شواهد صحرایی و نتایج حاصل از همبستگی عناصر، می‌توان نتیجه گرفت که در منطقه قره‌چیلر دو مرحله کانی‌سازی صورت گرفته است. در مرحله اول رگه‌های کوارتزی دارای کانی‌سازی مس تشکیل شده است. در مرحله بعد، رگه‌های کوارتزی متحمل شکستگی شده و کانی‌سازی طلا و مولیبدن درون شکستگی‌ها تشکیل شده است.

از دایک‌های ریولیتی مجاور رگه‌های کوارتزی منطقه قره‌چیلر، دو نمونه انتخاب شد که عیار طلا در آنها ۳۹ و ۱۴۰ میلی‌گرم در تن به دست آمده است (مختاری و یارمحمدی، ۱۳۸۶). از این رو می‌توان گفت که این دایک‌ها می‌توانند نمودهایی از توده نفوذی پنهان مولد کانی‌سازی انیق- قره‌چیلر باشند.

در منطقه زلزلی دره، ۲۵۸ نمونه از بخش‌های مختلف رگه‌های کوارتزی (رگه‌های ZV1, ZV2, ZV3, ZV4, ZV5, ZV6, ZV7, ZV8) و کناره‌های دگرسان شده سریسیتی و سیلیسی این رگه‌ها برداشته شده است. نتایج آزمایشگاهی، بیانگر تمرکز بالای طلا در رگه‌های کوارتزی این منطقه است. دامنه تغییرات در هر یک از رگه‌های کوارتزی و هاله‌های دگرسانی کناره رگه‌ها در جدول ۵ نشان داده شده است. یک نمونه با عیار ۳۵۹ ppm (۳۵۹۰۰۰ میلی‌گرم در تن)، بیشترین عیار طلا را در کل منطقه انیق- قره‌چیلر نشان داده است که متعلق به رگه کوارتزی ZV1 با بافت شبکه‌ای است (مختاری و یارمحمدی، ۱۳۸۶). عیار متوسط طلا، نقره، مس و مولیبدن در رگه‌های کوارتزی منطقه زلزلی دره به تفکیک برای هر یک از رگه‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. در کناره‌های دگرسان شده این رگه‌ها، بیشینه عیار میانگین طلا به ۳۷۳ میلی‌گرم در تن می‌رسد. نتایج تجزیه نمونه‌ها نشان می‌دهد که مشابه با منطقه قره‌چیلر، در این منطقه نیز با خارج شدن از رگه کوارتزی، عیار طلا درون پهنه دگرسانی به شدت افت کرده و در پایان با فاصله کوتاه از رگه و خروج از پهنه دگرسانی، عیار طلا به حد کلارک آن در گرانتیویدها می‌رسد. در برخی نقاط درون پهنه دگرسانی، رگه و رگچه‌های باریک کوارتزی وجود دارد که سبب بالا رفتن عیار طلا به صورت محلی در این بخش‌ها شده است. گفتنی است که عیار ۳۵۹ ppm مربوط به رگه ZV1 در محاسبه عیار میانگین در نظر گرفته نشده است.

رگه ZV5 تمرکز بالایی از مس را به همراه طلا نشان می‌دهد (عیار میانگین مس حدود ۱/۶۵ درصد) ولی در بقیه رگه‌ها تمرکز مس قابل توجه نیست (جدول ۱).

مشابه با منطقه قره‌چیلر، کناره‌های دگرسان شده این رگه آغشتگی‌های مالاکیتی دارند که سبب شده عیار مس در نمونه‌های پهنه دگرسانی قابل توجه باشد (عیار میانگین حدود ۰/۶۳ درصد). برخلاف منطقه قره‌چیلر، عیار مولیبدن در این منطقه بالا نبوده (جدول ۱) و تنها در شماری از نمونه‌ها (به‌ویژه رگه ZV1)، عیارهای آن قابل توجه است (بیشینه ۱۴۵۰ ppm). عیار Sb در برخی از رگه‌ها قابل توجه بوده و تمرکز اصلی آن در رگه ZV1 دیده می‌شود (عیار میانگین حدود ۰/۱۷ درصد و بیشینه عیار ۱/۷۶ درصد). با توجه به عیارهای بالای As در نمونه‌های این منطقه، می‌توان گفت که پیریت‌های موجود از نوع پیریت‌های آرسنیک‌دار هستند. این موضوع توسط تجزیه میکروپروب پیریت‌ها نیز تأیید شده است (مختاری، ۱۳۸۷). شماری از نمونه‌ها تمرکزهای بالایی از Bi (تا ۶۷۰ ppm) دارند. تنگستن نیز عیارهای بالایی را در برخی نمونه‌ها نشان می‌دهد. بیشترین عیار این عنصر (۱۱۵۸ ppm) مربوط به رگه ZV5 است. برای مشخص کردن همبستگی طلا با دیگر عناصر در منطقه زلزلی دره، هر یک از رگه‌های کوارتزی به صورت مجزا بررسی شد. به طور کلی، نتیجه این بررسی‌ها بیانگر این است که در بسیاری از رگه‌های کوارتزی موجود در این منطقه، همبستگی مثبت طلا با نقره، آرسنیک، بیسموت و تنگستن وجود دارد. همبستگی مثبت طلا و مولیبدن تنها در رگه‌های ZV1 و ZV8 دیده می‌شود. مشابه با منطقه قره‌چیلر، همبستگی نداشتن طلا و مس در منطقه زلزلی دره نیز دیده می‌شود و تنها در رگه‌های ZV4 و ZV5 همبستگی مثبت ضعیفی دیده می‌شود (جدول ۴).

نمودارهای همبستگی عیار طلا با دیگر عناصر، برای نمونه‌های برداشت شده از رگه‌های کوارتزی منطقه زلزلی دره در شکل ۱۶ نشان داده شده است. همچنان که از نمودارها مشخص است، عیار عناصری مانند Mo, Ag, Sb و W با افزایش عیار طلا، افزایش می‌یابد در حالی که Cu همبستگی مشخصی نداشته و حتی همبستگی منفی دارد. عیار مس نیز با عیار مولیبدن مقایسه شده است که مشابه با منطقه قره‌چیلر، ارتباط مشخصی میان این دو عنصر دیده نمی‌شود. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که در منطقه زلزلی دره نیز کانی‌سازی طلا با کانی‌سازی مس ارتباط ژنتیکی ندارد و در دو مرحله متفاوت تشکیل شده‌اند.

برای مطالعات ژئوشیمیایی و عیار سنجی مولیبدن و دیگر عناصر در منطقه قره‌دره، ۴ نمونه از رگه‌های کوارتزی این منطقه انتخاب شد. بر پایه نتایج به دست آمده از تجزیه نمونه‌ها، عیار مولیبدن در این نمونه‌ها میان ۰/۱۴ تا ۱/۱۵ درصد متغیر است. طلا در این رگه‌ها عیار پایینی داشته و دامنه تغییرات طلا در آنها بین ۳۳ تا ۷۱ میلی‌گرم در تن و عیار نقره نیز میان ۱ تا ۴ گرم در تن متغیر است (جدول ۱).

از رگه کوارتزی موجود در دره گوهران نیز ۱ نمونه برای عیار سنجی مولیبدن و دیگر عناصر انتخاب شد که ۰/۵۳ درصد مولیبدن و ۶۳ میلی‌گرم در تن طلا و ۰/۴ گرم در تن نقره داشته است.

## ۶- خاستگاه کانی‌سازی انیق- قره‌چیلر

یکی از نکات مهم در مطالعه یک کانسار، توجه به عوامل کنترل‌کننده تشکیل و تمرکز ماده معدنی در آن کانسار است. برای شناسایی فرایندهای مؤثر در کانی‌سازی، لازم است همه پدیده‌هایی که به طریقی به تشکیل و تمرکز کانه مرتبط می‌شوند، بررسی شوند. در این راستا، نوع و ماهیت سنگ درون‌گیر کانسار، ماهیت فیزیکیوشیمیایی سیال‌های کانه‌ساز، تأثیرات متقابل سیال‌های کانه‌ساز و سنگ درون‌گیر، نقش ساختارهای زمین‌ساختی، نقش فعالیت ماگمایی و همچنین چگونگی پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر اصلی کانساری و مسائلی مانند آن، از جمله موارد با اهمیتی هستند که در مطالعه هر کانسار باید بدان توجه شود. بدیهی است که در هر کانسار با توجه به نموده‌های زمین‌شناسی محدوده کانساری، برخی از پدیده‌های زمین‌شناسی اهمیت بیشتری دارند.

پس از مقایسه کانی‌سازی منطقه انیق- قره‌چیلر با انواع ذخایر طلا،



### ۶-۳. ساختارهای زمین‌ساختی کنترل کننده

تشکیل ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی مشابه با دیگر کانسارها، دربرگیرنده مؤلفه کنترل کننده‌های ساختاری است. در این نوع کانی‌سازی‌ها، موقعیت و ژئومتری کانسار در همه مقیاس‌ها توسط ساختارها کنترل می‌شود. کانی‌سازی در منطقه مطالعاتی بیشتر به صورت رگه‌های صفحه‌ای با شیب زیاد (منطقه قره‌چیلر، قره‌دره و دره گوهران) و شیب کم تا زیاد (منطقه زرلی‌دره) است. شواهد صحرایی نشان از این دارد که کانی‌سازی در این منطقه به طور عمده توسط ساختارهای زمین‌ساختی (گسل‌ها و شکستگی‌ها) کنترل شده است.

### ۶-۴. سیال‌های گرمابی

سیال‌های گرمابی ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی از نوع کربن‌دار هستند (Baker, 2002; Lang & Baker, 2001). در ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی، سیال‌های کانی‌سازی‌های تشکیل شده در ژرفاهای کم، دمای همگن‌شدگی بالا (بیشتر از ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد)، شوری بالا (بیشتر از ۳۵ درصد معادل وزنی NaCl) و فاز بخار دی‌اکسید کربن دارند و در ذخایر تشکیل شده در ژرفای بیشتر، سیال‌های غنی از دی‌اکسید کربن با شوری پایین (کمتر از ۱۰ درصد معادل وزنی NaCl) حضور دارند (Hart, 2005; Baker, 2002). بسیاری از ذخایر رگه‌ای، با سیال‌های اولیه دمای بالا (بیشتر از ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد)، غنی از دی‌اکسید کربن و شوری پایین سازگار هستند (Hart, 2007). سیال‌های فوق اشباع از NaCl تا تحت اشباع از NaCl در سیستم‌های تشکیل شده در ژرفاهای به نسبت کم و در فشار کمتر از ۱/۵ کیلوپاا بسیار معمول هستند (Lang & Baker, 2001). در سیستم‌های ماگمایی آلکالن که کانی‌سازی طلا دارند، سیال‌ها می‌توانند شوری ۳۰ تا ۵۵ درصد معادل وزنی NaCl داشته باشند (Hart, 2007). دی‌اکسید کربن در سیال‌های گرمابی این نوع ذخایر فراوان است که بیانگر منشأ ماگمایی این سیال‌ها است (McCoy et al., 1997; Thompson et al., 1999; Lang & Baker, 2001).

مطالعات میانبارهای سیال رگه‌های کوارتزی منطقه انیق-قره‌چیلر (مختاری، ۱۳۸۷) بیانگر حضور سیال‌های غنی از دی‌اکسید کربن با شوری پایین (۲ تا ۲۰ درصد معادل وزنی NaCl) و شوری متوسط (کمتر از ۲۰ تا ۳۰ درصد معادل وزنی NaCl) تا شوری بالا (دارای فاز حالت؛ ۳۰ تا ۶۰ درصد معادل وزنی NaCl) در درون این رگه‌ها است که میانبارهای سیال با شوری متوسط فراوانی کمتری دارند. دمای همگن شدن این میانبارها میان ۱۷۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد متغیر است.

### ۶-۵. ژئوشیمی

ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی، دارای مقادیر متغیر طلا همراه با تمرکز بالای W, Bi, As, Mo, Te, Sb و محتوای پایین فلزات پایه بوده و عموماً همبستگی بسیار خوبی میان طلا و عناصر بیسموت، تنگستن، مولیبدن و تلور وجود دارد (Hart, 2007; Lang & Baker, 2001). ذخایر تشکیل شده در ژرفاهای کم توسط کانی‌سازی طلا همراه با آرسنیک و آنتیموان و در برخی موارد با غنی‌شدگی فلزات پایه مشخص می‌شود در حالی که ذخایر تشکیل شده در ژرفاهای بیشتر، عموماً تمرکزهای بالای بیسموت، تنگستن و آرسنیک دارند.

در نمونه‌های برداشته شده از منطقه کانی‌سازی انیق-قره‌چیلر، تمرکزهای بالای Au در همراهی با مجموعه فلزی Ag+Cu+Mo+As+Bi+Sb+W وجود دارد. همچنین، همبستگی خوبی میان طلا و عناصر نقره، بیسموت، مولیبدن و تنگستن دیده می‌شود (شکل‌های ۱۹ و ۲۰ و جدول ۴).

در ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی، فراوانی کانی‌های سولفیدی پایین است (عموماً کمتر از ۵٪) که شامل مجموعه کانه‌های احیایی آرسنوپیریت، پیرویت و پیریت بوده و کانی‌های اکسیدی مگنتیت و هماتیت حضور ندارند (Lang and Baker, 2001). شمار محدودی از این ذخایر می‌توانند بیشتر از ۲۰ درصد حجمی کانه داشته باشند (مانند کانسار Salave در اسپانیا؛

مشخص شد که کانی‌سازی در این منطقه، شباهت‌های بسیار زیادی با ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی دارد (جدول ۶). ویژگی‌های کلی ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی توسط پژوهشگران مختلف (Lang et al., 1997; Newberry et al., 1995; Hollister, 1992; Sillitoe, 1991; Goldfarb et al., 2000; Thompson et al., 1999; McCoy et al., 1997; Lang & Barker, 2001; Lang et al., 2000; Newberry, 2000; Mair et al., 2004; Baker, 2002; Logan, 2002; Baker & Lang, 2001; Hart, 2007; Hart, 2005) توصیف شده‌اند. در ادامه به مهم‌ترین شباهت‌های کانی‌سازی منطقه انیق-قره‌چیلر با ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی پرداخته می‌شود.

### ۶-۱. مجموعه پلوتونیک‌های همراه

ماگمای همراه با ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی متنوع بوده و شامل گرانیتوئیدهای نوع S, I, A است (Hart, 2007). توده‌های نفوذی به طور عمده از نظر بافتی و شیمیایی منطقه‌بندی دارند و کانی‌سازی طلا درون یا کنار بخش‌های فلسیک‌تر قرار می‌گیرد (Mustard et al., 2006). این توده‌های نفوذی، از نوع متآلومینوس تا پرآلومینوس با ترکیب حدواسط تا فلسیک بوده و در مرز میان سری‌های ایلمنیت و مگنتیت (به نسبت احیایی) قرار می‌گیرند (Lang & Baker, 2001; Hart, 2007; Mair et al., 2004). بیشتر توده‌های نفوذی، هم بر پایه ترکیب ژئوشیمیایی و هم بر پایه حضور مقادیر کم تا قابل توجه ایلمنیت بدون همراهی مگنتیت یا مقادیر کم مگنتیت، به عنوان توده‌های نفوذی احیایی، ساب‌آلکالن، متآلومینوس و نوع I تقسیم‌بندی می‌شوند (Thompson et al., 1999). تنها شمار کمی از توده‌های نفوذی، مقادیر قابل توجهی مگنتیت دارند و نشانگر شرایط به نسبت اکسیدان هستند (Lang & Baker, 2001). وجود چنین توده‌های اکسیدان در Timbarra ممکن است بیانگر جایگزینی ماگماها به درون باتولیت موجود پیشین باشد تا نفوذ ماگما به درون سنگ‌های رسوبی درگون‌شده احیایی (Mustard, 2001). بیشتر توده‌های نفوذی حالت اکسیداسیون حدواسط دارند (Lang & Baker, 2001). توده نفوذی میزبان رگه‌های کوارتزی در منطقه مطالعاتی انیق-قره‌چیلر گرانودیوریت است که ماهیت کالک‌آلکالن و متآلومینوس دارد و در گروه گرانیتوئیدهای نوع I است (مختاری، ۱۳۸۷). این توده حالت اکسیدان داشته و تمرکز بالایی از مگنتیت دارد. ولی همچنان که در مطالب پیشین گفته شد، تعدادی دایک ریولیتی در کنار رگه‌های کوارتزی وجود دارد که ماهیت کالک‌آلکالن داشته و به نسبت پرآلومینوس هستند. این دایک‌ها، بدون مگنتیت یا دارای مقادیر بسیار جزئی مگنتیت بوده و حدواسط بین سری ایلمنیتی-مگنتیتی هستند. شواهد صحرایی و ژئوشیمیایی نشان می‌دهند که کانی‌سازی در این منطقه می‌تواند با یک استوک پنهان با ترکیب مشابه با دایک‌های ریولیتی در ارتباط بوده و این دایک‌ها نمودهایی از استوک یادشده هستند.

### ۶-۲. محیط زمین‌ساختی و تشکیل ماگما

ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی، در موقعیت صفحات همگرا تشکیل می‌شوند (Hart, 2007; Lang & Baker, 2001). این نوع ذخایر، درون توده‌های نفوذی که درون منشورهای بهم‌افزوده تا محیط‌های برخوردی و کمان‌های ماگمایی مرتبط با فرورانش نفوذ کرده‌اند، تشکیل یافته‌اند (Hart, 2007; Goldfarb et al., 2000).

مطالعات سنگ‌شناختی در ارتباط با محیط زمین‌ساختی باتولیت قره‌داغ بیانگر این است که بیشتر باتولیت قره‌داغ در یک محیط فرورانشی پیش از برخورد تا همزمان با برخورد تشکیل شده است (مختاری، ۱۳۸۷). استوک‌های کوارتزی موزونیتی و موزوگراتیتی کوچک در برخی نقاط (مانند جنوب روستای انیق) به درون این باتولیت نفوذ کرده‌اند که به نظر می‌رسد جوان‌ترین فازهای نفوذی باتولیت قره‌داغ باشند. این استوک‌ها و دایک‌های ریولیتی موجود در منطقه قره‌چیلر، در یک محیط پس از برخورد تشکیل شده‌اند (مختاری، ۱۳۸۷).

حالت اکسیداسیونی ماگمای اولیه (Ishihara, 1981) و درجه تفریق ماگمایی (Thompson et al., 1999) کنترل می‌شود. ماگماهای با ماهیت اکسیدی بالا در محیط کمان‌های ماگمایی که تفریق کمتری را متحمل شده‌اند، غنی از Cu بوده و پتانسیل خوبی برای Au نیز دارد (Hart, 2007). در سیستم‌های ماگمایی احیایی، احتمالاً Cu به‌وسیله نهشته شدن حباب‌های سولفید مذاب از محیط ماگما خارج می‌شود در حالی که W رفتاری ناسازگار داشته و در نتیجه طی تفریق، غنی‌شدگی پیدا می‌کند. رفتار جدایش Au در تحول سیستم‌های ماگمایی به‌خوبی شناسایی نشده است ولی تجربیات نشان می‌دهد که طلا، هم با سیستم‌های به شدت اکسیدی و هم با سیستم‌های به نسبت احیایی همراه است (Mungall, 2002; Rowins, 2000; Leveille et al., 1988) که در حالت اخیر می‌تواند به تشکیل ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی بیانجامد (Hart, 2007). هر چند که طلا عنصر سیدروفیل است ولی گرایش کالکوفیلی بالایی دارد و تشکیل گلبول‌های سولفیدی اولیه (به‌ویژه سولفیدهای مس و آهن) در مذاب، به‌طور مؤثری تمرکز طلا را در مذاب باقیمانده کاهش می‌دهد (Cygan & Candela, 1995). همچنین، شماری از پژوهشگران معتقدند که طلا در مذاب‌های ماگمایی می‌تواند توسط مگنتیت جدا شود (Tilling et al., 1973). به‌تازگی به‌طور تجربی ثابت شده است که جدایش طلا توسط مگنتیت، تأثیر زیادی در مذاب‌های فلسیک و حتی مذاب‌های اشباع از طلا ندارد (Simon et al., 2002, 2003; Cygan & Candela, 1995). با وجود این عامل‌های متناقض، طلا در بسیاری از فازهای سیلیکاتی، به شدت ناسازگار است. به‌طور کلی، همه عامل‌های یادشده نشان می‌دهند که احتمالاً حالت احیایی تأثیر شگرفی بر جدایش طلا در محیط‌های ماگمایی در طی تفریق دارد (Hart et al., 2005). فازهای نفوذی باتولیت قره‌داغ از توده‌های اکسیدی غنی از مگنتیت تا توده‌های به نسبت احیایی و دارای ایلمنیت متغیر است. این تنوع ترکیبی را می‌توان در ارتباط با سنگ منشأ متفاوت ماگماها تفسیر کرد. رگه‌های کوارتزی دارای کان‌سازی طلا در منطقه قره‌چیلر و زلی دره درون توده گرانودیوریتی با ماهیت اکسیدی قرار گرفته‌اند و توده گرانودیوریتی میزبان، بدون غنی‌شدگی طلا است. افزون بر این، دایک‌های ریولیتی کنار رگه‌های کوارتزی منطقه قره‌چیلر نیز غنی‌شدگی طلا (۳۹ ppb) و (۱۴۰ ppb) را نشان داده‌اند. از این رو و با توجه به مطالب بالا، می‌توان استنباط کرد که یک توده نفوذی پنهان و مرتبط با دایک‌های ریولیتی که ماهیت به نسبت احیایی داشته باشد، می‌تواند عامل کان‌سازی طلا در این منطقه باشد.

در ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی، کان‌سازی به مناطق بالایی محل اشباع از مواد فرار محدود می‌شود. به دلیل چگالی پایین تر مواد فرار در مقایسه با مذاب، سیال‌ها به بالاترین بخش‌های مخزن ماگمایی که گرانروی (ویسکوزیته) پایین‌تری دارد (گنبد ماگمایی غنی از مواد فرار در زیر سنگ‌پوش) مهاجرت می‌کنند (Candela & Blevin, 1995; Blevin & Chappell, 1992). سیال‌ها به درون شکستگی‌های سنگ‌پوش هجوم برده و به درون سنگ دیواره نفوذ کرده و با آن واکنش نشان می‌دهد. از این رو کان‌سازی عموماً در قله توده‌های نفوذی و درون سنگ‌پوش بالای توده نفوذی قرار دارد (Hart, 2007). پلوتون‌های ذخایر طلای مرتبط با توده نفوذی، احتمالاً حجم ماگمایی بزرگی دارند تا بتوانند حجم بزرگی از فلزات و مواد فرار را در این ذخایر فراهم کنند. این موضوع می‌تواند بیانگر جدایش حجم بسیار بزرگی از سیال‌ها و فلزات ماگمایی اولیه باشد (Candela & Piccoli, 2005). با در نظر گرفتن این موارد و بر پایه شواهد مطالعات صحرایی، کان‌شناسی، ساخت و بافت رگه‌ها و ژئوشیمی مناطق کان‌سازی، می‌توان یک توده نفوذی پنهان با ماهیت مشابه با ریولیت‌ها را به عنوان عامل کان‌سازی در منطقه کان‌سازی قره‌چیلر در نظر گرفت. این موضوع با منطقه‌بندی کان‌سازی در منطقه مطالعاتی نیز سازگار است. یعنی در مرکز منطقه مطالعاتی (منطقه قره‌چیلر) کان‌سازی دما بالای  $Au+Mo+Cu\pm Bi\pm W$  قرار دارد و به سمت کناره و منطقه زلی دره، کان‌سازی  $Au\pm Ag\pm Sb$  چیره می‌شود. گفتنی است که در بخش‌های

(Fernandez-Catuxo, 1998). در منطقه مطالعاتی نیز، محتوای سولفیدی رگه‌ها عموماً پایین است (به غیر از برش‌های گرمایی منطقه زلی دره). کانه‌های اصلی نیز شامل پیریت، پیریت آرسنیک‌دار، کالکوپریت و مولیبدنیت هستند. رگه‌های کوارتزی و پگماتیت‌های دارای مولیبدن را می‌توان در بسیاری از ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی دید (Lang & Baker, 2001). در منطقه مطالعاتی، افزون بر همراهی نزدیک Mo با Au در رگه‌های کوارتزی منطقه قره‌چیلر، شماری رگه کوارتزی در منطقه قره‌ده و دره گوهران وجود دارد که تنها کان‌سازی Mo (مولیبدنیت) دارند.

#### ۶-۶-۶. دگرسانی

به استثنای سیستم‌هایی که در ژرفاهای کم تشکیل شده‌اند، دگرسانی گرمایی در ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی، عمدتاً ضعیف و محدود است (Lang & Baker, 2001). دگرسانی درون توده‌های نفوذی عموماً محدود به هاله‌های دگرسانی باریکی در پیرامون رگه‌ها است که بیانگر روان‌شدن (سیلان) بسیار محدود سیال است (Lang & Baker, 2001; Hart, 2007). دگرسانی کنار رگه‌ها عموماً با واکنش‌های تخریب‌کننده و جایگزینی‌کننده فلدسپار قلیایی سازگار است (Malloof et al., 2001). مجموعه کان‌شناسی این دگرسانی شامل سریست  $\pm$  پیریت  $\pm$  کربنات است (Hart, 2007).

در منطقه مطالعاتی، دگرسانی به کناره رگه‌های کوارتزی محدود بوده و ستبری آن عموماً کمتر از ۱ متر است. دگرسانی چیره همراه این کان‌سازی، از نوع سریستی است. محدود بودن دگرسانی‌ها به پهنه کانه‌دار و گسترش نیافتن زیاد آنها، از ویژگی‌های توره‌های برشی غیر مرتبط با مس پورفیری است. این نوع ذخایر در محیط‌های زمین‌شناسی مشابه با کانسارهای مس پورفیری تشکیل می‌شوند ولی از نظر میزان ذخیره و چگونگی گسترش پهنه‌های دگرسانی با آنها تفاوت دارند و می‌توانند ذخایری از Au, Mo, W, Cu را تشکیل دهند (Lang & Baker, 2001).

#### ۶-۷-۶. شکل کان‌سازی

ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی، معمولاً دربرگیرنده کان‌سازی‌های اولیه و دما بالای ماگمایی تا رگه‌های گرمایی دما پایین است (Hart & Goldfarb, 2005). شیب (گردپان) گرمایی پیرامون توده نفوذی در حال سرد شدن، بالا بوده که به تشکیل منطقه‌های فلزی هم‌مرکز می‌انجامد. این منطقه‌های فلزی ممکن است به سمت بیرون تا چندین کیلومتر گسترش داشته و یا ممکن است تنها تا آن‌سوی هاله گرمایی توده مرکزی کان‌سازی شده گسترش داشته باشند (Hart & Goldfarb, 2005). از نظر زمانی، این نوع ذخایر با توده نفوذی به‌وجود آورنده خود هم‌زمان هستند (Hart & Goldfarb, 2005).

این ذخایر به شکل‌های مختلف شامل رگه‌های مسطح (Flat Vein)، رگه‌های صفحه‌ای موازی هم (Sheeted Vein)، برشی، پراکنده در متن کانسنگ و رگچه‌های موجود در دایک‌ها و سیل‌ها دیده می‌شوند. حالت شاخص ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی عبارت از میزبانی توسط توده نفوذی و آرایش صفحه‌ای رگه‌های کوارتزی کم‌سولفید با هاله دگرسانی باریک است (Lang & Baker, 2001; Hart & Goldfarb, 2005; Hart, 2007). این حالت‌های مختلف کان‌سازی با ژرفای جایگیری توده نفوذی و نزدیکی به آن مرتبط است. در منطقه قره‌چیلر، رگه‌های کوارتزی با آرایش صفحه‌ای، در برخی نقاط در کنار رگه‌های کوارتزی اصلی دیده می‌شوند. مقایسه ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی با کان‌سازی منطقه انیق-قره‌چیلر در جدول ۶ خلاصه شده است.

#### ۷- بحث و نتیجه‌گیری

فلزایی (متالورژی) ذخایر طلای همراه با توده‌های نفوذی عموماً به‌وسیله

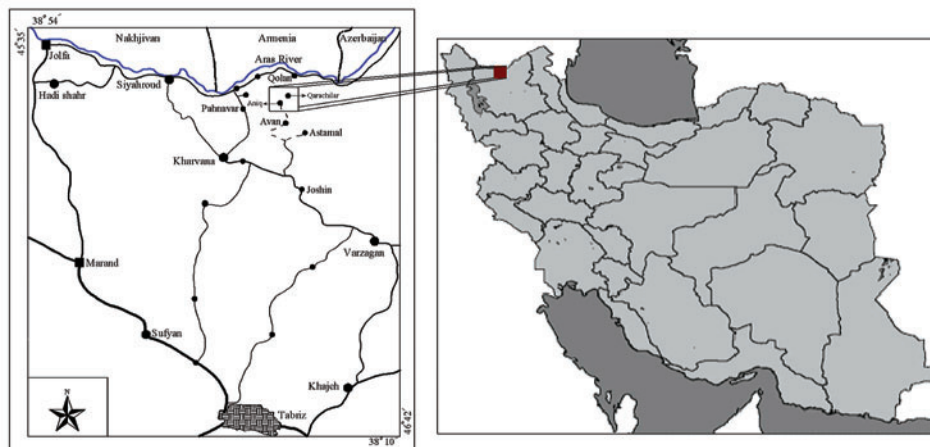
نشان می‌دهد که کل سیستم ماگمایی-گرماپی در گستره زمانی ۲ تا ۳ میلیون سال صورت می‌گیرد (Hart, 2007; Selby et al., 2001). از این رو، برای شناسایی دقیق توده نفوذی عامل کانی‌سازی در منطقه انیق-قره‌چیلر، انجام مطالعات ژئوکرونولوژی و ایزوتوپی روی رگه‌های کوارتزی، توده‌های نفوذی گرانودیوریتی، دایک‌های ریولیتی و استوک‌های کوارتز مونزونیتی ضروری است.

به طور کلی، کانی‌سازی به صورت رگه‌های کوارتزی با آرایش صفحه‌ای و محتوای پایین کانی‌های سولفیدی درون توده نفوذی، هاله دگرسانی محدود، کانی‌سازی طلا همراه با کانی‌سازی مولیبدن و تمرکزهای بالای از بیسموت و تنگستن، همبستگی به نسبت بالای طلا با عناصر W، Bi، Ag، Mo، ویژگی‌های سنگ‌شناختی و ژئوشیمیایی توده نفوذی میزبان کانی‌سازی و دایک‌های ریولیتی کنار رگه‌های کوارتزی و شواهد سیال‌های درگیر نشانگر این هستند که کانی‌سازی منطقه انیق-قره‌چیلر می‌تواند به احتمال نمونه‌ای از ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی باشد. همچنین، گسترش سطحی کانی‌سازی و عیارهای بالای Au همراه با عناصری مانند Mo، Cu و Ag می‌تواند نویدبخش وجود ذخیره با ارزشی از طلا در منطقه انیق-قره‌چیلر باشد.

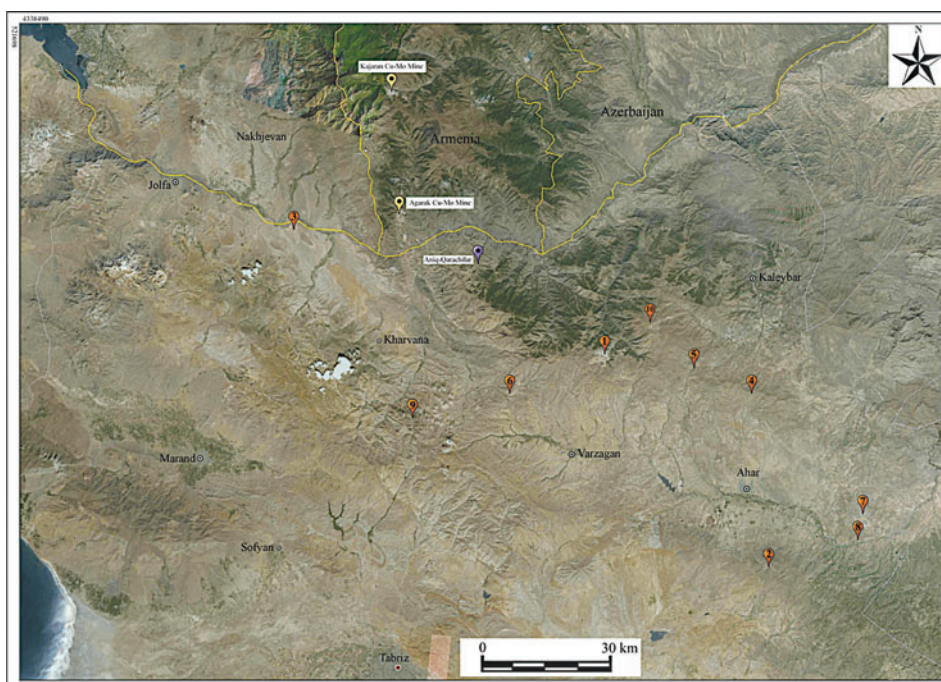
کم ارتفاع منطقه زرلی‌دره (تقریباً معادل منطقه قره‌چیلر) کانی‌سازی شامل  $Au \pm Ag \pm Bi \pm Cu$  بوده و در برخی نقاط بخش‌های مرتفع، غنی‌شدگی عناصر Zn و Pb نیز دیده می‌شود. بنابراین می‌توان بخش‌های مرتفع منطقه زرلی‌دره را بخش دما پایین سیستم کانی‌سازی منطقه انیق-قره‌چیلر در نظر گرفت.

رگه‌های کوارتزی مولیبدن‌دار در بسیاری از ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی معمول هستند (Lang & Baker, 2001). رگه‌های کوارتزی مولیبدن‌دار منطقه قره‌دره و دره گوهران از نظر ارتفاعی کم و بیش معادل منطقه قره‌چیلر هستند. بنابراین این رگه‌ها را می‌توان بخش‌های ژرف و دما بالای سیستم کانی‌سازی انیق-قره‌چیلر در نظر گرفت.

از آنجا که یک ویژگی اساسی طبقه‌بندی ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی عبارت از همراهی ژنتیکی مستقیم کانی‌سازی با ماگمای به‌وجود آورنده است، ژئوکرونولوژی اهمیت بسیار اساسی در روند مطالعات دارد. شواهد زیادی نشان می‌دهد که این سیستم‌های ماگمایی به سرعت سرد شده‌اند. این موضوع بیانگر این است که فرایندهای ماگمایی و گرماپی باید اساساً همزمان باشند. مقایسه ژئوکرونولوژی فازهای ماگمایی و گرماپی با استفاده از روش‌های تجزیه‌ای مختلف

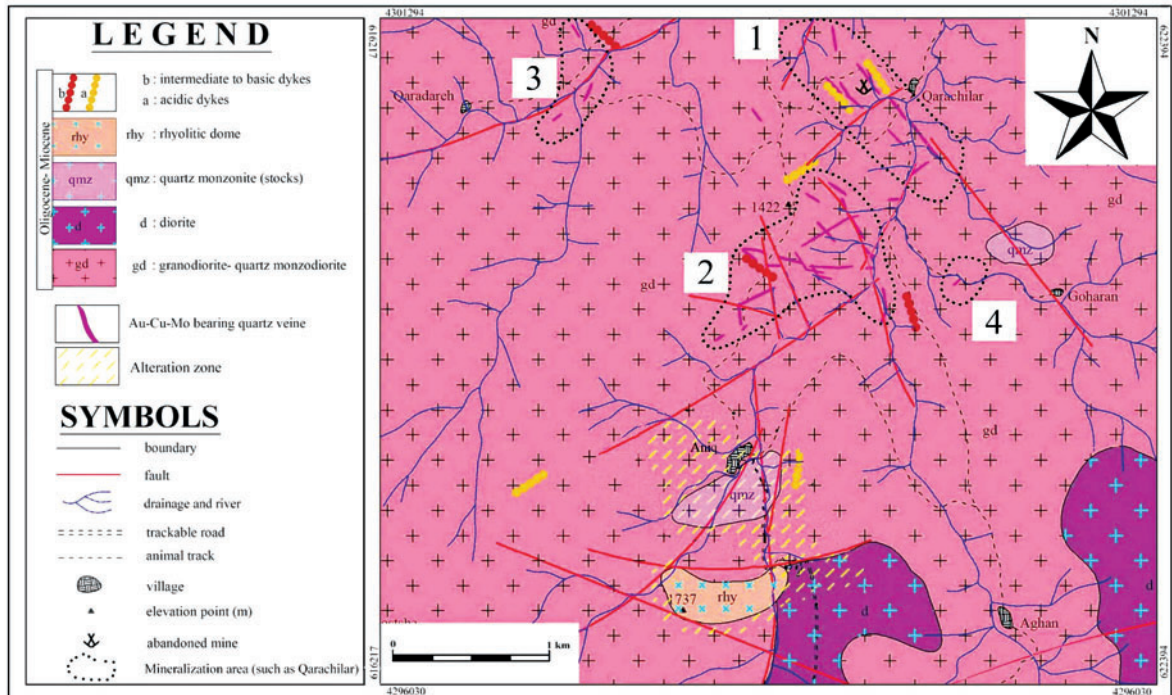


شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن.

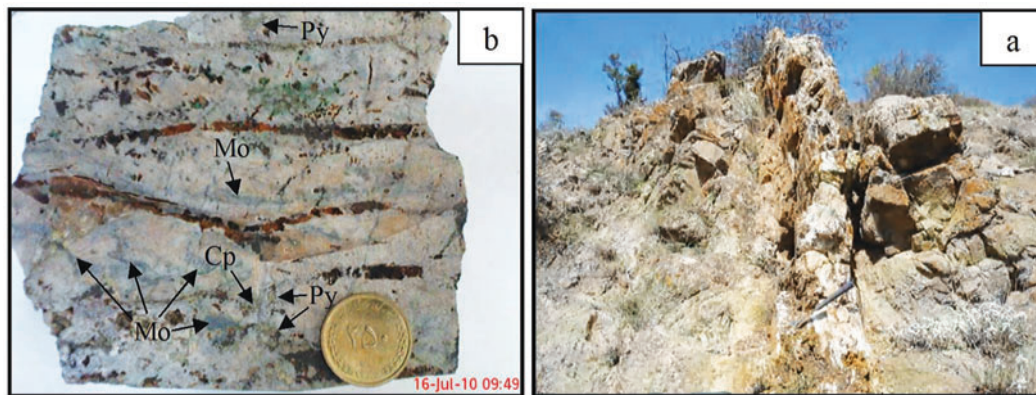


شکل ۲- موقعیت شماری از کانی‌سازی‌های شناخته شده موجود در پهنه ارسباران روی تصویر ماهواره‌ای؛ (۱) کانسار مس-مولیبدن پورفیری و اسکارن مس سونگون؛ (۲) کانسار مس پورفیری سوناجیل؛ (۳) کانسار مس پورفیری و طلای اپی‌ترمال مسجدداغی؛ (۴) کانسار اسکارن مس مزرعه؛ (۵) کانسار اسکارن مس انجرده؛ (۶) کانسار طلای شرف‌آباد؛ (۷) کانسار طلای زگلیک؛ (۸) کانسار طلای صفی‌خانلو-نقدوز؛ (۹) کانسار طلای اندریان (میوه‌رود)؛ (۱۰) کانسار طلای نی‌جان. موقعیت دو کانسار مس-مولیبدن پورفیری موجود در جمهوری ارمنستان (آگاراک و کاجاران) نیز نشان داده شده است. موقعیت کانی‌سازی طلا-مس-مولیبدن منطقه انیق-قره‌چیلر نیز در فاصله میان کانسار مس-مولیبدن پورفیری سونگون و کانسارهای مس-مولیبدن پورفیری جمهوری ارمنستان، با رنگ آبی مشخص شده است.



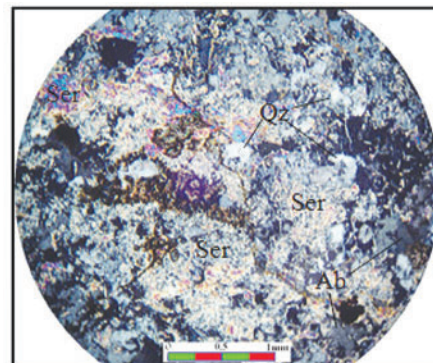


شکل ۳- نقشه زمین‌شناسی منطقه انیق- قره‌چیلر (مختاری، ۱۳۸۷). موقعیت کانی‌سازی‌های مختلف موجود در این منطقه روی نقشه مشخص شده است (۱- منطقه قره‌چیلر ۲- منطقه زرلی دره ۳- منطقه قره‌دره ۴- دره گوهران).



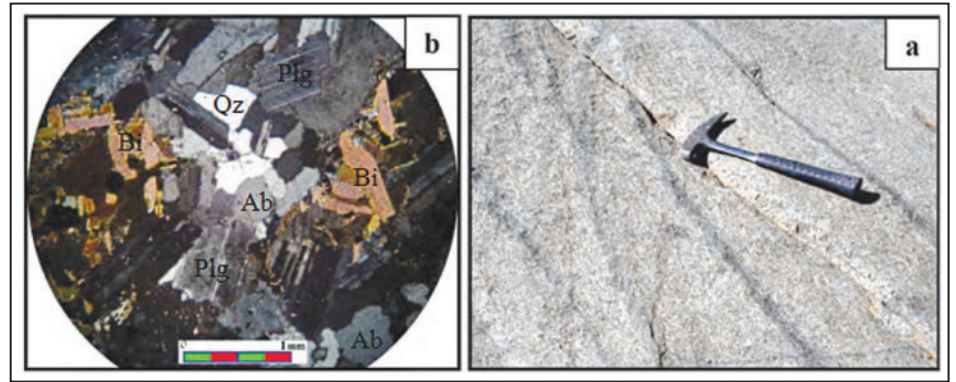
شکل ۴- (a) نمایی از رگه کوارتزی GV2 و کناره دگرسانی باریک آن درون گرانودیوریت در منطقه قره‌چیلر (دید به سوی شمال). با توجه به تصویر، ستبرای هاله دگرسانی در سمت چپ رگه بیشتر است و به حدود ۶۰ سانتی‌متر می‌رسد در حالی که در سمت راست رگه، هاله دگرسانی در حدود ۲۰ سانتی‌متر است. (b) نمایی از مقطع رگه کوارتزی که کانه‌های پیریت، کالکوپیریت، مولیبدنیت و هیدروکسیدهای ثانویه آهن (درون شکستگی‌های موازی هم) را می‌توان در آن دید. (Cp: کالکوپیریت، Py: پیریت، Mo: مولیبدنیت).

شکل ۵- تصویر مقطع نازک از دگرسانی سریستی حاشیه رگه‌های کوارتزی منطقه قره‌چیلر (نیکول‌های متقاطع) (Ser: سریست، Qz: کوارتز، Ab: آلپیت).

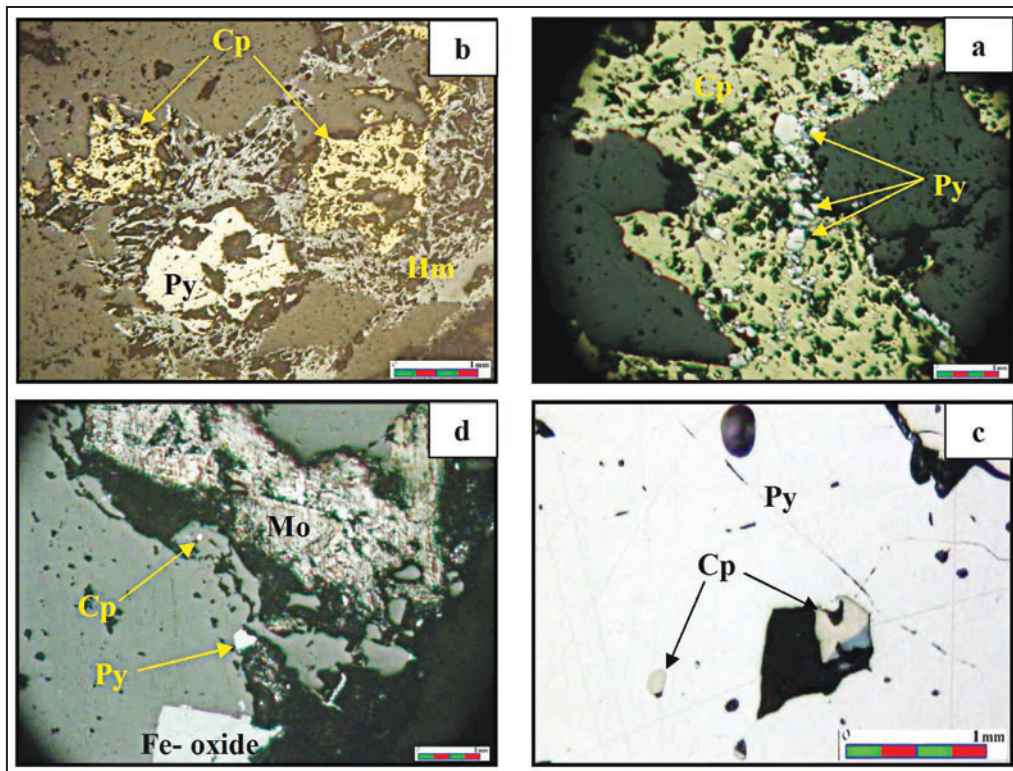




شکل ۶- (a) نمایی از رگه‌های تیره رنگ داخل گرانودیوریت در دره قره‌چیلر (b) تصویر میکروسکوپی رگه‌های یاد شده که متشکل از بیوتیت ثانویه، فلدسپار قلیایی و کوارتز ثانویه است (نیکول‌های متقاطع) (Bi: بیوتیت، Qz: کوارتز، Ab: آلپیت، Plg: پلاژیوکلاز).

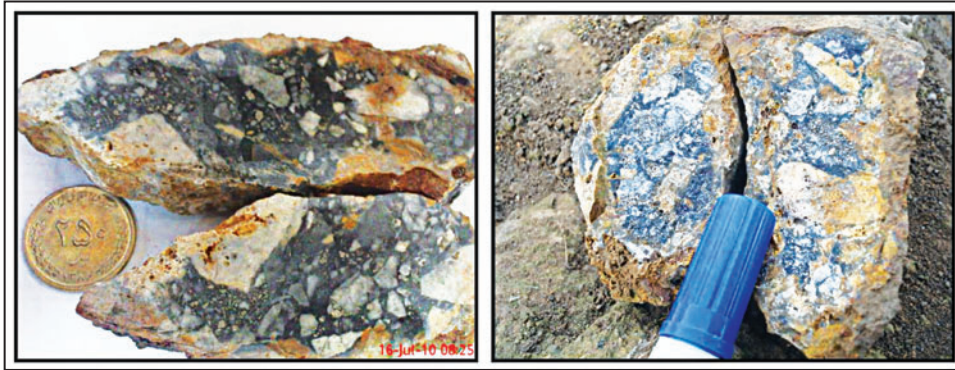


شکل ۷- نمای نزدیک از رگه‌های کوارتزی باریک و موازی هم (sheeted vein) درون گرانودیوریت.

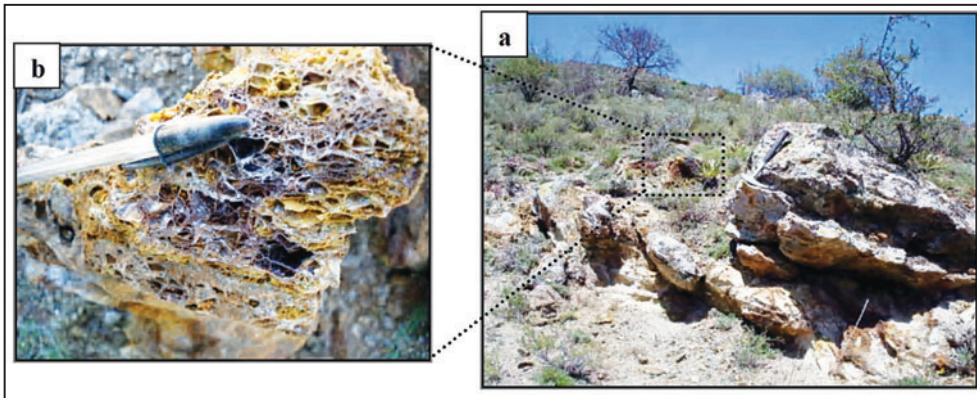


شکل ۸- (a) ادخال‌های پیریت در داخل کالکوپیریت که نشانگر تبلور پیریت پیش از کالکوپیریت است؛ (b) تجمع بلورهای کالکوپیریت، پیریت و تیغه‌های هماتیت در کنار هم که می‌تواند بیانگر همزمانی تبلور آنها باشد؛ (c) ادخال‌های کوچک کالکوپیریت درون پیریت که نشانگر تبلور کالکوپیریت پیش از پیریت است؛ (d) بلورهای درشت مولیبدنیت در کنار بلورهای ریز پیریت و کالکوپیریت (Cp: کالکوپیریت، Py: پیریت، Mo: مولیبدنیت، Hm: هماتیت).

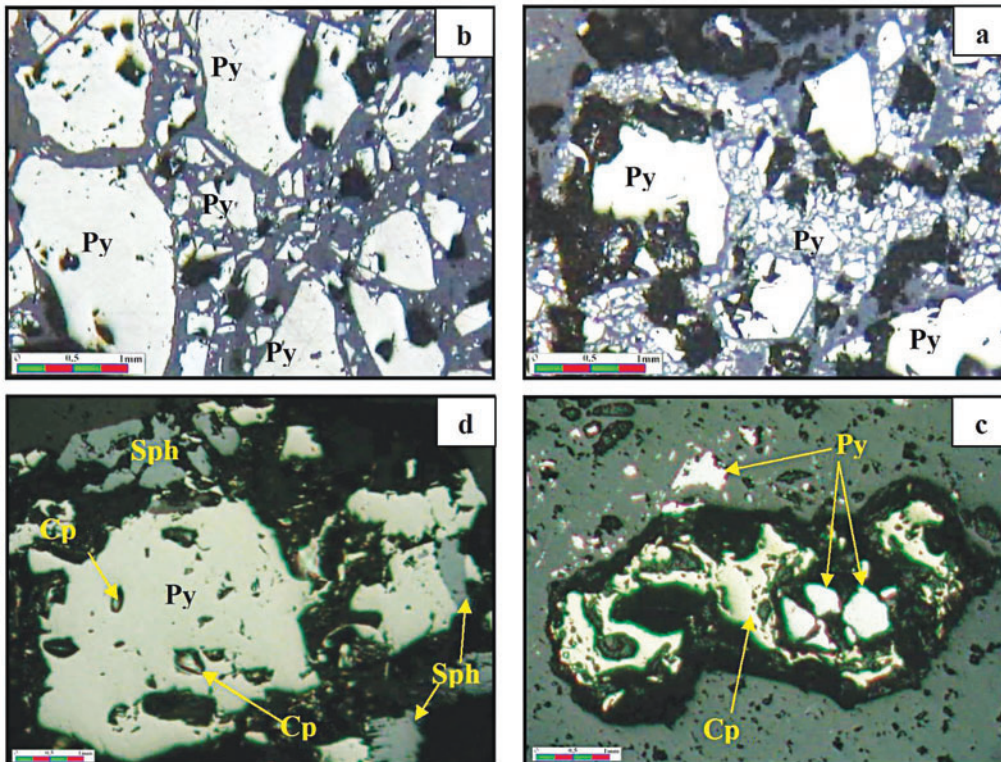




شکل ۹- نمایی نزدیک از برش‌های گرمابی دارای کانی‌سازی سولفیدی فراوان در رگه‌های ZV1 و ZV2.

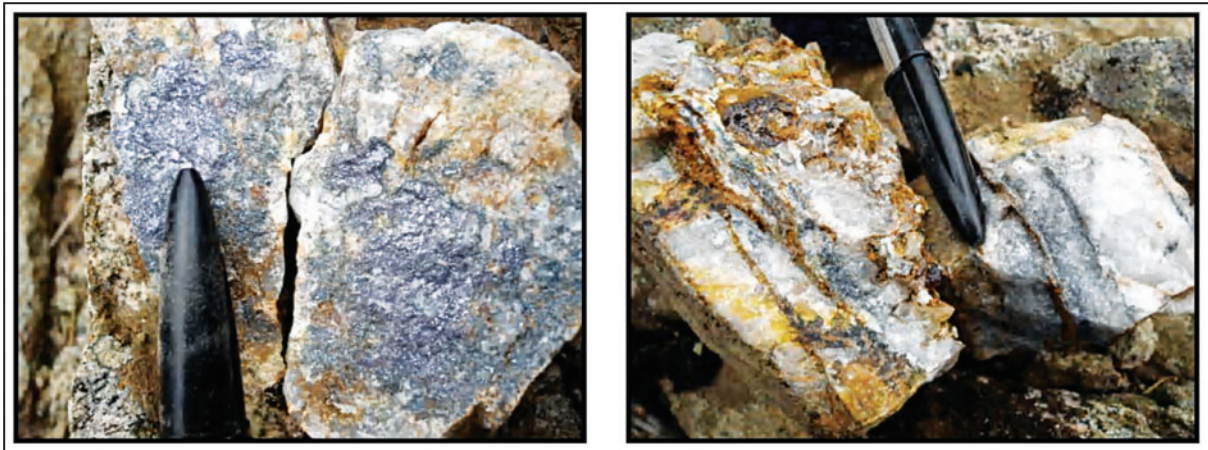


شکل ۱۰- (a) نمایی از رگه سیلیسی در منطقه زرلی دره (دید به سوی شمال باختر)؛ (b) نمایی نزدیک از بافت شبکه‌ای در بخش مرکزی رگه کوارتزی ZV3.

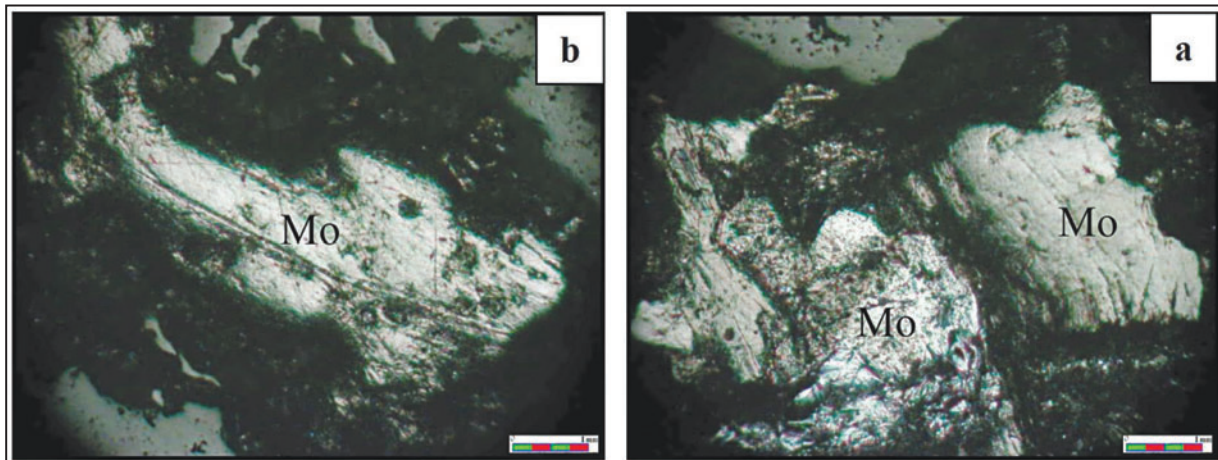


شکل ۱۱- (a و b) بافت خرد شده و برشی در بلورهای پیریت. (c) جانشینی پیریت توسط کالکوپیریت. (d) ادخال‌های کوچک کالکوپیریت درون پیریت در همراهی با اسفالریت. (Cp: کالکوپیریت، Py: پیریت، Sph: اسفالریت).

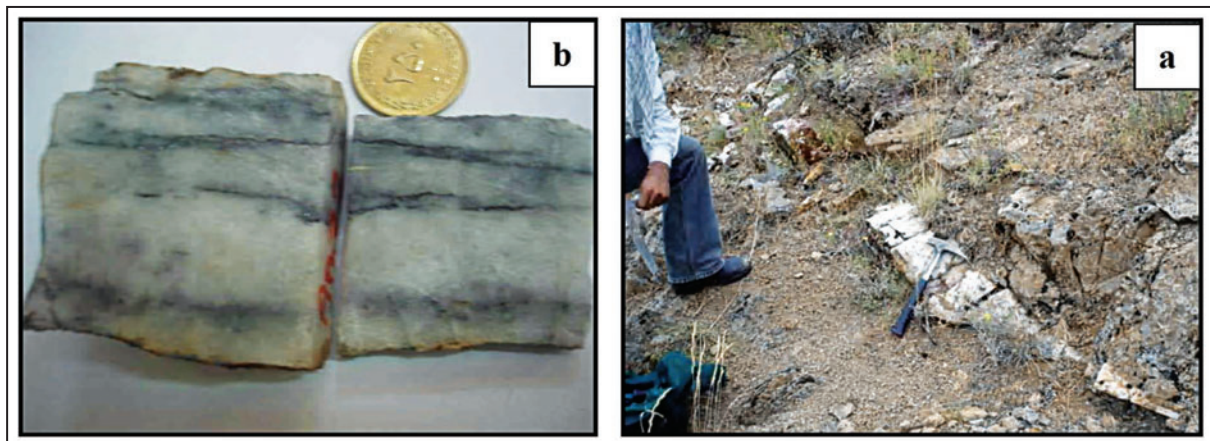




شکل ۱۲- دو نمای نزدیک از کانی‌سازی مولیبدنیت به صورت رگچه‌ای درون شکستگی‌های رگه‌های کوارتزی منطقه قره‌دره.

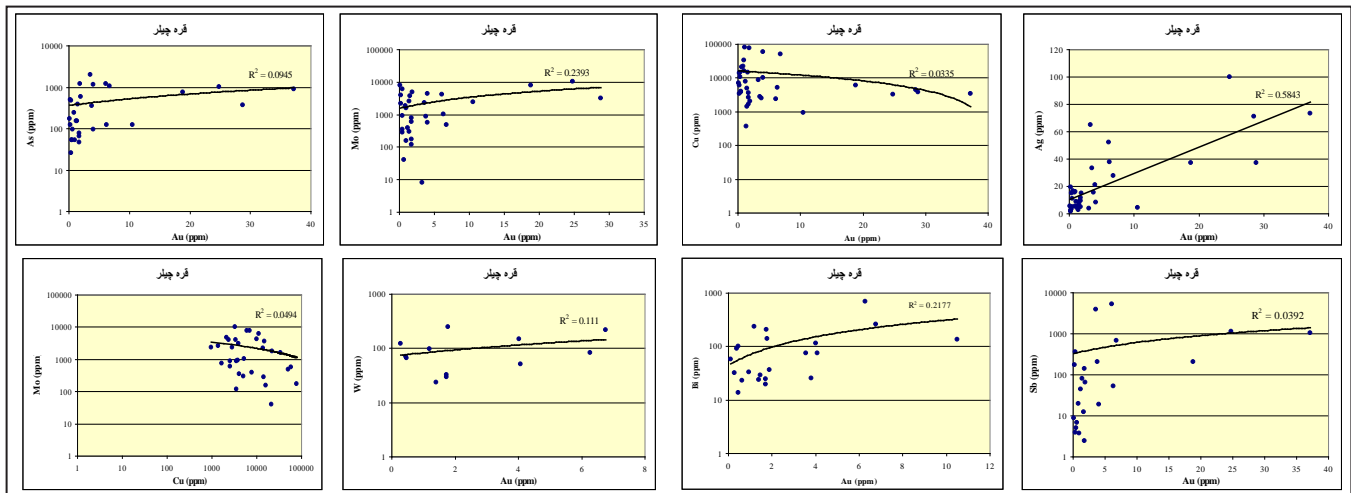


شکل ۱۳- بلورهای درشت مولیبدنیت؛ (a) رگه‌های کوارتزی منطقه قره‌دره؛ (b) رگه کوارتزی دره گوهران.

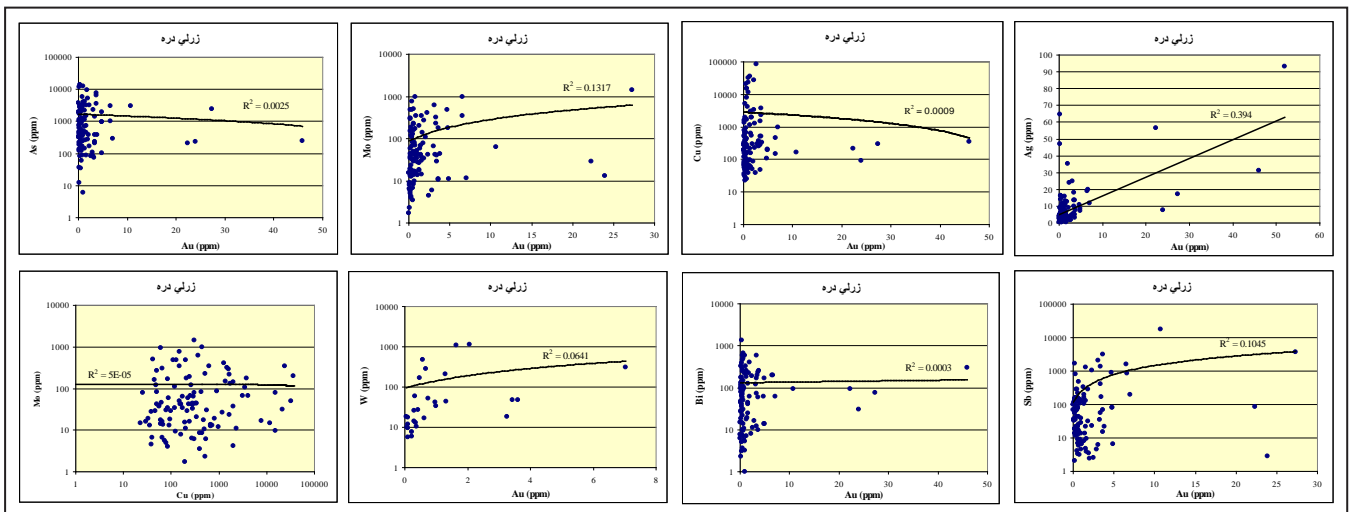


شکل ۱۴- (a) رگه کوارتزی دارای کانی‌سازی مولیبدن با هاله دگرسانی بسیار باریک در دره گوهران؛ (b) نمای نزدیک از کانی‌سازی مولیبدن به صورت رگچه‌ای درون شکستگی‌های رگه کوارتزی.





شکل ۱۵- مقایسه عیار طلا با نقره، مس، مولیبدن، آرسنیک، آنتیموان، بیسموت و تنگستن و همچنین مقایسه عیار مس با مولیبدن در رگه‌های منطقه قره‌چیلر.



شکل ۱۶- مقایسه عیار طلا با نقره، مس، مولیبدن، آرسنیک، آنتیموان، بیسموت و تنگستن و همچنین مقایسه عیار مس با مولیبدن در رگه‌های منطقه زرلی‌دره.

جدول ۱- ویژگی‌های کلی (سنگ میزبان، ابعاد کانی‌سازی، کانی‌شناسی، شمار نمونه‌ها و عیار متوسط) بخش‌های مختلف کانی‌سازی در منطقه انیق-قره‌چیلر.

	Qarachilar area (Silisic vein)		Zarlidareh area (Silisic vein)								Qaradareh area (Silisic vein)	Goharan valley (Silisic vein)
	GV1	GV2	ZV1	ZV2	ZV3	ZV4	ZV5	ZV6	ZV7	ZV8		
Host rock	gd	gd	gd	gd	gd	gd	gd	gd	gd	gd	gd	gd
Length (m)	700	400	400	600	300	200	650	300	300	200	100	50
Width (m)	0.6	0.6	1	0.6	0.5	1.5	0.5	0.6	0.8	0.7	0.3-0.5	0.3
Mineralogy	Cp Py Mo	Cp Py Mo	Py Sph Cp	Py Cp	Py Cp	Py Cp	Cp Py	Py Cp	Py Cp	Py Sph	Mo Py	Mo Py
Number of taken samples	19	24	25	23	18	20	17	6	4	15	4	1
Au mean grade (ppm)	5.76	3.9	4.7	3.12	2.6	0.45	1.1	1.34	1.15	0.58	0.03-0.07	0.06
Cu mean grade (ppm)	8351	18851	1959	463	835	601	16411	687	384	271	-----	115
Mo mean grade (ppm)	2910	1261	259	122	37	145	83	27.4	26.2	211	4337	5350
Ag mean grade (ppm)	23	18.25	16.4	6.39	5.52	8.34	5.79	5.47	5.8	2.95	2.2	0.4

جدول ۲- توالی پاراژنتیک کانه‌های موجود در بخش‌های مختلف کانی‌سازی در منطقه انیق- قره‌چیلر. ستبرای خطوط بیانگر فراوانی نسبی کانه‌ها است.

کانه‌ها	منطقه قره‌چیلر			منطقه زرلی‌دره			منطقه قره‌دره و دره گوهران		
	هیوزن		سوپرژن	هیوزن		سوپرژن	هیوزن		سوپرژن
	early	late		early	late		early	late	
پیریت									
کالکوپیریت									
بوریت									
مولیدنیت									
اسفالریت									
کولیت									
کالکوسیت									
هماتیت									
مارکاسیت									
آزوریت									
مالاکیت									
هیدروکسیدهای تائوه آهن									

جدول ۳- نمونه‌های برداشته شده از رگه‌های کوارتزی و کناره‌های دگرسانی آنها در منطقه قره‌چیلر و دامنه تغییرات طلا در آنها.

نام منطقه	نام رگه سیلیسی	طول رگه (m)	ستبرای متوسط (m)	تعداد نمونه	دامنه تغییرات طلا (ppb)
قره‌چیلر	رگه سیلیسی GV1	حدود ۷۰۰	۰/۵۷	۱۹	۴۱۰-۲۸۸۰۰
	زون دگرسانی حاشیه رگه GV1	-----	۰/۷۲	۱۵	۶۰-۱۳۵۰
	رگه سیلیسی GV2	حدود ۴۰۰	۰/۵۶	۲۴	۲۳۰-۳۷۲۰۰
	زون دگرسانی حاشیه رگه GV2	-----	۱/۲۷	۱۱	۱۱۰-۷۱۰

جدول ۴- همبستگی طلا با دیگر عناصر در هر یک از رگه‌های کوارتزی منطقه قره‌چیلر و زرلی‌دره.

نام منطقه	نام رگه	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo	As	Sb	Bi	W
زرلی‌دره	ZV1	0.65	-0.05	0.33	0.025	0.35	0.24	0.43	0.17	*
	ZV2	0.75	0.03	-0.13	-0.04	-0.2	-0.2	0.2	0.2	*
	ZV3	0.085	-0.17	-0.28	-0.42	-0.39	-0.16	-0.23	-0.27	*
	ZV4	-0.34	0.3	-0.36	0.33	-0.21	-0.3	-0.32	-0.02	*
	ZV5	-0.26	0.27	-0.09	-0.14	0	0.66	-0.06	0.16	0.2
	ZV8	0.86	-0.321	0.65	-0.41	0.41	0.62	0.71	0.71	0.23
قره‌چیلر	GV1	0.66	-0.2	-0.07	0.14	0.57	0.28	0.58	0.16	-0.35
	GV2	0.89	-0.15	0.34	0.11	-0.12	0.34	0.19	0.42	0.6

جدول ۵- نمونه‌های برداشته شده از رگه‌های کوارتزی و کناره‌های دگرسانی آنها در منطقه زرلی دره و دامنه تغییرات طلا در آنها.

نام منطقه	نام رگه سیلیسی و زون مینرالیزه	طول رگه (m)	ضخامت متوسط (m)	تعداد نمونه	دامنه تغییرات طلا (ppb)
زرلی دره	رگه سیلیسی ZV1	حدود ۴۰۰	۰/۸۵	۲۵	۲۰۰-۵۲۰۰۰
	زون دگرسانی حاشیه رگه ZV1	-----	۱	۱۷	۴۴-۷۵۰
	رگه سیلیسی ZV2	حدود ۶۰۰	۰/۶	۲۳	۱۹۰-۴۵۹۰۰
	زون دگرسانی حاشیه رگه ZV2	-----	۱	۳۴	۳۶-۴۹۰
	رگه سیلیسی ZV3	حدود ۳۰۰	۰/۴۵	۱۸	۱۸۰-۲۳۹۰۰
	زون دگرسانی حاشیه رگه ZV3	-----	۰/۸	۳۵	۶۱-۸۶۰
	رگه سیلیسی ZV4	حدود ۲۰۰	۱/۵	۲۰	۲۰۰-۱۵۹۰
	زون دگرسانی حاشیه رگه ZV4	-----	۰/۹۲	۱۲	۳۹-۴۹۰
	رگه سیلیسی ZV5	حدود ۶۵۰	۰/۴۵	۱۷	۳۵۰-۳۶۱۰
	زون دگرسانی حاشیه رگه ZV5	-----	۰/۶۴	۲۴	۴۶-۹۶۰
	رگه سیلیسی ZV6	حدود ۳۰۰	۰/۵۶	۶	۳۰۰-۲۳۰۰
	زون دگرسانی حاشیه رگه ZV6	-----	۰/۸۸	۸	۴۶-۵۷۰
	رگه سیلیسی ZV7	حدود ۳۰۰	۰/۷۷	۴	۴۳۰-۳۹۰۰
	زون دگرسانی حاشیه رگه ZV7	-----	۰/۴۷	۳	۸۰-۲۸۰
زون کانی‌سازی ZV8	حدود ۲۰۰	۰/۷	۱۵	۳۶-۱۲۹۰	

جدول ۶- مقایسه کانی‌سازی منطقه انیق-قره‌چیلر با ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی.

ردیف	ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی	کانی‌سازی منطقه انیق-قره‌چیلر
۱	توده‌های نفوذی از نوع متالومینوس و ساب آلکانل با ترکیب حدواسط تا فلیسیک هستند.	توده نفوذی میزبان از نوع متالومینوس و ساب آلکانل با ترکیب اسیدی و از نوع I است. دایک‌های ریولیتی نیز نسبتاً پرآلومینوس و حدواسط بین سری ایلمنیتی و مگنتیتی است.
۲	موقعیت زمین‌ساختی مرز صفحات همگرا می‌باشد.	محیط زمین‌ساختی-ماگمایی عبارت از حاشیه فعال قاره‌ای است.
۳	کانی‌سازی طلا همراه با تمرکز بالای Bi, W, Mo, As, Te و/ یا Sb و محتوای پایین فلزات پایه هستند.	کانی‌سازی Au به همراه کانی‌سازی Ag, Cu و Mo و تمرکزهای بالای As, Sb, Bi و W و محتوای پایین فلزات پایه.
۴	عموماً همبستگی بسیار خوبی بین طلا و بیسموت، تنگستن و مولیبدن وجود دارد.	همبستگی نسبتاً خوبی بین طلا و عناصر بیسموت، تنگستن و مولیبدن در بسیاری از رگه‌ها وجود دارد.
۵	دگرسانی گرمایی عمدتاً ضعیف و محدود می‌باشد.	دگرسانی گرمایی به صورت محدود در حاشیه رگه‌ها دیده می‌شود.
۶	رگه‌های کوارتزی و پگماتیت‌های حاوی مولیبدنیت در بسیاری از کانی‌سازی‌ها وجود دارد.	رگه‌های کوارتزی حاوی کانی‌سازی مولیبدنیت در منطقه قره‌دره و دره گوهران وجود دارند.
۷	کانی‌های سولفیدی فراوانی کمی داشته (کمتر از ۵٪) و شامل کانه‌های آرسنوپیریت، پیروتیت و پیریت می‌باشند.	محتوای کانی‌های سولفیدی کم بوده (کمتر از ۱۰٪) و شامل کانه‌های پیریت، پیریت آرسنیک‌دار، کالکوپیریت و مولیبدنیت است.
۸	سیالات گرمایی آنها از نوع کربن دار می‌باشند.	میانبراه‌های سیال حاوی CO <sub>2</sub> از فراوانی بالایی برخوردار هستند.
۹	سیالات فوق اشباع تا تحت اشباع از NaCl در سیستم‌های تشکیل شده در ژرفای نسبتاً کم و در فشار زیر ۱/۵ کیلو بار بسیار معمول هستند.	سیالات فوق اشباع تا تحت اشباع از NaCl در این منطقه وجود دارند.
۱۰	حالت بخصوص این نوع ذخایر عبارت از رگه‌های کوارتزی کم سولفید با آرایش صفحه‌ای و هاله دگرسانی باریک در داخل توده نفوذی است.	رگه‌های کوارتزی با مقادیر پایین کانی‌های سولفیدی با آرایش صفحه‌ای و هاله دگرسانی محدود در داخل گرانودیوریت قرار گرفته‌اند.

## کتابنگاری

- اطمینان، ه.، ۱۳۵۶- کشف کانی‌سازی مس و مولیبدن از نوع پورفیری در کنار قریه سونگون در شمال باختر اهر و برنامه پیشنهادی برای مطالعات اکتشافی آن، گزارش محرمانه، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۶ صفحه.
- اکبرپور، ا.، ۱۳۸۴- زمین‌شناسی اقتصادی منطقه کیمیک با نگرشی ویژه بر کانی‌سازی طلا و مس (مسجدداغی جلفا، آذربایجان شرقی)، رساله دکتری زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، ۲۴۱ صفحه.
- برنا، ب.، ۱۳۷۰- پی‌جویی مقدماتی طلا در مناطق قره‌چیلر، قره‌دره و دوزال، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- برنا، ب. و جان‌نثاری، م. ر.، ۱۳۷۲- گزارش اکتشافی طلا در مناطق قره‌چیلر و قره‌دره و بررسی طلا در زون‌های آرسنیک دار سیه‌رود و دستجرد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۲۶ صفحه.
- بنی‌آدم، ف.، ۱۳۸۱- مطالعه زمین‌شناسی و ژئو کانی‌سازی طلا-مس در منطقه نبی‌جان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۶۷ صفحه.



- پورنیک، پ.، ۱۳۸۱- زمین شناسی اقتصادی و اکتشاف طلا در محدوده اکتشافی شرف آباد- هیزه جان (شمال باختر ورزقان)، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۰۱ صفحه.
- جمالی، ح.، ۱۳۷۷- بررسی های زمین شناسی، ژئوشیمی و تعیین ژنر احتمالی کانسار پلی متال میوه رود، آذربایجان خاوری، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه تربیت معلم تهران.
- حسین زاده، ق.، ۱۳۷۸- بررسی کانسار مس تپ اسکارن انجرد (شمال غرب اهر- استان آذربایجان شرقی). پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه تبریز، ۱۱۸ صفحه.
- حسین زاد، ق.، ۱۳۸۷- مطالعه زمین شناسی، ژئوشیمی، سیالات در گیر، دگرسانی و ژنر کانسار مس پورفیری سوناجیل، خاور هریس، آذربایجان خاوری، رساله دکتری زمین شناسی اقتصادی دانشگاه تبریز، ۲۳۰ صفحه.
- حیدرزاده، ر.، ۱۳۸۵- کانی شناسی، دگرسانی و ژنر کانی سازی طلا در منطقه زگلیک- ساریلار، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۲۳ صفحه.
- زنوزی، ر.، ۱۳۸۵- کانی شناسی و ژنر کانی سازی طلای منطقه مسجد داغی، جنوب خاور جلفا. پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، ۱۷۸ صفحه.
- سهرابی، م.، ۱۳۸۲- بررسی کانی سازی مس و مولیدن و آهن در توده گرانیته قولان، شرق سیه رود، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی دانشگاه تبریز، ۱۴۸ صفحه.
- غلامی چچکی، ص.، ۱۳۸۰- زمین شناسی و عوامل کنترل کننده کانی زایی زون های طلا دار کانسار میوه رود در منطقه خاروانا (آذربایجان خاوری)، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.
- فرد، م.، علی اکبری، ح. و محمدی، ب.، ۱۳۸۴- گزارش نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰ و حفاری های انجام شده در منطقه مسجد داغی (سیه رود- جلفا). سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۶ صفحه.
- قدیم زاده، ح.، ۱۳۸۱- زمین شناسی اقتصادی و اکتشاف طلا در محدوده اکتشافی صفی خانلو- نقدوز (جنوب خاور اهر). پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۳۲ صفحه.
- محمدی، ب.، ۱۳۸۳- گزارش مختصری از اکتشاف نیمه تفصیلی طلا- مس و مولیدن پورفیری در منطقه مسجد داغی، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- مختاری، م. ع. ا.، معین وزیری، ح.، قربانی، م. ر. و مهرپرتو، م.، ۱۳۸۴- پتروگرافی و پترولوژی باتولیت قولان (شمال آذربایجان)، بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- مختاری، م. ع. ا. و یارمحمدی، ع.، ۱۳۸۶- گزارش پی جویی ذخیره پلی متال منطقه اتیق- قره چیلر (شمال خاور خاروانا)، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۸۷ صفحه.
- مختاری، م. ع. ا.، ۱۳۸۷- پترولوژی، ژئوشیمی و پتروژنر باتولیت قره داغ (خاور سیه رود - آذربایجان خاوری) و هاله اسکارنی آن، با نگرشی بر کانی سازی مرتبط با توده نفوذی؛ رساله دکتری زمین شناسی، گرایش پترولوژی؛ دانشگاه تربیت مدرس، ۳۴۷ صفحه.
- ملاک پور، م. ع.، ۱۳۵۲- مطالعات مقدماتی حفاری و زمین شناسی ناحیه معدنی قره چیلر، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

## References

- Baker, T. & Lang, J. R., 2001- Fluid inclusion characteristics of intrusion- related gold mineralization, Tombstone-Tungsten Magmatic belt, Yukon Territory, Canada. *Mineralium Deposita*, V. 36, P. 563-582.
- Baker, T., 2002- Emplacement depth and carbon dioxide-rich fluid inclusions in Intrusion related gold deposits. *Economic geology*, V. 97, P. 1111-1117.
- Blevin, P. L. & Chappell, B. W., 1992- The role of magma sources, oxidation states and fractionation in determining the granite metallogeny of eastern Australia. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*. V. 83, p. 305-316.
- Calagari, A. A., 1997- Geochemical, stable isotope, noble gas, and fluid inclusion studies of mineralization and alteration at Sungun porphyry copper deposit, East Azarbaijan, Iran: Implication for genesis. Unpublished PhD. Thesis. Manchester University, Manchester, p. 537.
- Calagari, A. A. & Hosseinzadeh, G., 2006- The mineralogy of copper-bearing skarn to the east of the Sungun-Chay river, East-Azarbaijan, Iran. *Journal of Asian Earth Science*, V. 28, p. 423-438.
- Candela, P. A. & Blevin, L. P., 1995- Do some miarolitic cavities preserve evidence of magmatic volatile phase permeability? *Economic Geology*, V. 90, p. 2310-2316.
- Candela, P. A. & Piccoli, P. M., 2005- Magmatic processes in the development of porphyry- type ore systems. *Economic Geology*, 100<sup>th</sup> Anniversary Volume, p. 25-38.
- Cygan, G. L. & Candela, P. A., 1995- Preliminary study of gold partitioning among pyrrhotite, pyrite, magnetite and chalcopyrite at 600 to 700°C, 140 MPa (1400 bars). In: Thompson J.F.H. (Eds.), *Magmas, fluids and ore deposits*. Mineralogical Association of Canada Short Course, V. 23, p. 129-137.
- Fernandez-Catuxo, J., 1998- The Salave gold prospect revisited: new ideas for an old deposit. In: Arias, D., Martin-Izard, A. and Paniagua, A. (Eds.), *Gold exploration and mining in NW Spain*. International Meeting of Gold Exploration and Mining in NW Spain, Oviedo, Spain, p. 82-85.
- Goldfarb, R., Hart, C., Miller, M., Miller, L., Framer, G. L. & Groves, D., 2000- The Tintina gold belt: a global prospective. In: Tucker, T.L. and Smith, M.T. (Eds.), *The Tintina gold belt: concepts, exploration and discoveries*. British Columbia and Yukon Chamber of Mines, Special volume 2, P. 5-34.
- Hart, C. J. R. & Goldfarb, R. J., 2005- Distinguishing intrusion related from orogenic gold systems. *Proceedings of the 2005 New Zealand Minerals Conference*, Auckland, November 13-16, p. 125-133.
- Hart, C. J. R., 2005- Classifying, distinguishing and exploring for Intrusion-Related Gold System, The Gangue. In internet, pp.1-18.

- Hart, C. J. R., Mair, J. L., Goldfarb, R. J. & Groves, D. I., 2005- Source and redox controls of intrusion-related metallogeny, Tombstone-Tungsten Belt, Yukon, Canada. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Earth Science*, V. 95, P. 339–356.
- Hart, C. J. R., 2007- Reduced intrusion-related gold systems. In: Goodfellow, W.D., (Eds.), *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 No. 5, P. 95-112.
- Hollister, V. F., 1992- On a proposed plutonic porphyry gold deposit model. *Nonrenewable Resource*, V. 1, P. 293-302.
- Ishihara, S., 1981- The granitoid series and mineralization. *Economic Geology*, 75<sup>th</sup> Anniversary Volume, p. 458-484.
- Karimzadeh Somarin, A. & Moayyed, M., 2002- Granite and gabbrodiorite associated skarn deposits of NW Iran. *Ore Geology Reviews*, V. 20, P. 127-138.
- Lang, J. R., Thompson, J. F. H., Mortensen, J. K. & Baker, T., 1997- Intrusion- related Au mineralization associated with lithophile elements: an under-recognized metallogenic association. *Geol. Soc. Am. Prog. Abstr.* V. 29, 358 P.
- Lang, J. R., Baker, T., Hart, C. J. R. & Mortensen, J. K., 2000- An Exploration Model for Intrusion- related gold systems. *SEG Newsletters*, N. 40, P. 5-15.
- Lang, J. R. & Baker, T., 2001- Intrusion- related gold systems: The present level of understanding. *Mineralium Deposita*, V. 36, P. 477-489.
- Leveille, W. B., Newberry, R. J. & Bull, K. F., 1988- An oxidation state- Alkalinity diagram for discriminating some gold- favorable plutons: an empirical and phenomenological approach. *Geological Society of America, Abstracts with Programs*, V. 20, p. 142.
- Logan, J. M., 2002- Intrusion-Related Gold Mineral Occurrences of the Bayonne Magmatic Belt. *Geological field work 2001, British Columbia Geological Survey*, N. 1, P. 237-246.
- Mair, J. L., Hart, C. J. R., Groves, D. I. & Goldfarb, R. J., 2004- The nature of Tombstone Plutonic Suite rocks at Scheelite Dome, Tintina Gold Province: Evidence for an enriched mantle contribution. *Geoscience Australia. The Ishihara Symposium: Granites and Associated Metallogenesis*.
- Maloof, T. L., Baker, T. & Thompson, J. F. H., 2001- The Dublin Gulch intrusion hosted deposit, Tombstone Plutonic Suite, Yukon Territory, Canada. *Mineralium Deposita*, V. 36, p. 583- 593.
- McCoy, D., Newberry, R. J., Layer, P. W., DiMarchi, J. J., Bakke, A. A., Masterman, J. S. & Minehane, D. L., 1997- Plutonic-related gold deposits of interior Alaska. *Economic Geology, Monograph 9*, P. 191– 241.
- Mehrpourt, M., 1993- Contributions to the geology, geochemistry, Ore genesis and fluid inclusion investigations on Sungun Cu-Mo porphyry deposit, northwest of Iran. Unpublished PhD. Thesis. University of Hamburg, Germany, p. 245.
- Mollaie, H., 1993- Petrochemistry and genesis of the granodiorite and associated Iron-copper skarn deposit of Mazraeh, Ahar, East- Azerbaijan, Iran. Unpublished Ph.D. thesis. University of Rookee, India, 287 pp.
- Mungall, J. E., 2002- Roasting the mantle: Slab melting and the gnesis of major Au and Au- rich Cu deposits. *Geology*, V. 30, p. 915-918.
- Mustard, R., 2001- Granite hosted gold mineralization in Timbarra, Northern New South Wales, Australia. *Mineralium Deposita*, V. 36, p. 542-562.
- Mustard, R., Ulrich, T. & Mernagh, T., 2006- Gold and metal enrichment in natural granitic melts during fractional crystallization. *Geology*, V. 34, N. 2, p. 85-88.
- Newberry, R. J., 2000- Mineral deposits and associated Mesozoic and Tertiary igneous rocks within the Interior Alaska and adjacent Yukon portions of the Tintina gold belt: a progress report. In: Tucker, T.L. and Smith, M.T. (Eds.), *The Tintina gold belt: concepts, exploration and discoveries*. British Columbia and Yukon Chamber of Mines, Special volume 2, P. 59-88.
- Newberry, R. J., McCoy, D. T. & Brew, D. A., 1995- Plutonic-hosted gold ores in Alaska: Igneous versus metamorphic origins. *Resource Geology, Special Issue*, V. 18, P. 57–100.
- Rowins, S. M., 2000- Reduced porphyry copper- gold deposits in the Abitibi greenstone belt, Canada. *Mineralium Deposita*, V. 36, p. 503-516.
- Seedorff, E., Dilles, J. H., Proffett, J. M., Einaudi, M. T., Zucher, L., Stavast, W. J. A., Johnson, D. A. & Barton, M. D., 2005- Porphyry deposits: Characteristics and origin of hypogene features. *Economic Geology*, 100<sup>th</sup> Anniversary Volume, P. 251- 298.
- Selby, D., Creaser, R. A. & Hart, C. J. R., 2001- Timing relationship between plutonism and gold mineralization: Re-Os molybdenite study of the reduced intrusion related gold deposits of the Tombstone Plutonic Suite, Yukon and Alaska. *Joint Annual Geological Association of Canada, Mineralogical Association of Canada, Abstract and Program, Newfoundland*, May 27-30, p. 134.
- Sillitoe, R. H., 1991- Intrusion-related gold deposits. In: Foster, R.P., (Eds.), *Gold metallogeny and exploration*. Blackie, Glasgow, P. 165–209.
- Simon, A. C., Candela, P. A., Piccoli, P. M., Pettke, T. & Heindrich, C. A., 2002- Gold solubility in magnetite. *Geological Society of America, Annual Meeting Abstracts*, p. 82-111.
- Simon, A. C., Pettke, T., Candela, P. A., Piccoli, P. M. & Heindrich, C. A., 2003- Experimental determining of Au solubility in rhyolite and magnetite: Constraints on magmatic Au budgets. *American mineralogist*, V. 88, p. 1644-1651.
- Thompson, J. F. H., Sillitoe, R. H., Baker, T., Lang, J. R. & Mortensen, J. K., 1999- Intrusion-related gold deposits associated with tungsten-tin provinces. *Mineralium Deposita*. V. 34, P. 323-334.
- Tilling, R. I., Gottfried, D. & Row, J. J., 1973- Gold abundances in igneous rocks: Bearing on gold mineralization. *Economic Geology*, V. 68, p. 168-186.

# Geology and Geochemistry of Aniq-Qarachilar Au- Cu- Mo Mineralization (NE of Kharvana, Eastern Azarbaijan)

M. A. A. Mokhtari<sup>1\*</sup>, H. Moinvaziri<sup>2</sup>, M. R. Ghorbani<sup>3</sup> & M. Mehrpartou<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran

<sup>2</sup> Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Kharazmi University, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

<sup>4</sup> Ph.D., Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Received: 2011 November 21

Accepted: 2012 February 14

## Abstract

Au-Cu-Mo mineralization of Aniq-Qarachilar area is located in Arasbaran ore zone within the Qaradagh batholith. Mineralization in this area mainly includes Au-Cu-Mo bearing quartz veins within the granodiorite that cropped out in three areas include: Qarachilar (2 major veins), Zarlidareh (8 veins) and Qaradareh (some narrow and short veins). Alterations around the quartz veins include sericitic and silicification that has limited development. Quartz veins have compact, boxwork and brecciated texture. Sheeted veins of quartz present in some areas especially in the Qarachilar area. Sulfide mineral content of these veins commonly less than 10 percent and includes pyrite, As-bearing pyrite, chalcopyrite, molybdenite, bornite, stibnite, sphalerite and galena. Secondary minerals include coveline, malachite, azurite and iron hydroxides. Geochemical studies and grades of elements indicate that Au, Ag, Cu and Mo have high content in quartz veins. The average grade for Au in two quartz veins in the Qarachilar area is 5.76 and 3.9 ppm. The average grade for Au in the quartz veins in the Zarlidareh area is 4.7, 3.12, 2.6, 0.45, 1.09, 1.34, 1.15 and 0.58 ppm. The highest Au grade is about 359 ppm that belongs to a quartz vein with boxwork texture in the Zarlidareh area (ZV1). Moreover, W and Bi have high concentration in some veins. There is a good correlation between Au and Ag, Mo, W and Bi. Au grades in the Qaradareh quartz veins is low, but Mo grades vary between 0.15- 1.15%. Mineralization as silicic sheeted veins within the granodioritic intrusion, low concentration of sulfide minerals within the quartz veins, limited alteration aureole, Au mineralization together with Mo mineralization and high concentrations of Bi and W and relatively good correlation of Au with Ag, Bi, W and Mo indicate that Au mineralization in the Aniq-Qarachilar area can be classified as an intrusion related gold systems.

**Keywords:** Aniq, Qaradagh Batholith, Kharvana, Qarachilar, Au- Cu- Mo mineralization

For Persian Version see pages 135 to 150

\*Corresponding author: M. A. A. Mokhtari; E-mail: amokhtari@znu.ac.ir