مطالعه کانه‌سازی طلا در رگه‌های اکسیدی منطقه‌ی خونی، انارک، ایران

Study of Gold Mineralization in the Khuni Iron Oxide Veins, Anarak, Iran

گروه زمین شناسی دانشگاه شهید بهشتی، (۲) گروه علوم زمین دانشگاه شیراز

(1) Department of geology, Shahid Beheshti University, (2) Department of Geosciences, Shiraz University.

چکیده: منطقه‌ی خونی در محدوده‌ی ایران مرکزی واقع شده است. سنگ‌هایی با سن پروتروزوئیک فوقانی و سنگ‌های نفوذی آتشفشانی ائوسن-الیگوسن منطقه را می‌پوشاند. یک ساختار حلقوی به نام کال‌کافی-خونی در منطقه تشخیص داده شده است که بر اساس این تحقیق با غالب کانه‌زایی‌های منطقه ارتباط مستقیم دارد. از شش زون کانه‌زایی تشخیص داده شده در منطقه، سه زون که دارای کانه‌زایی اکسیدی هستند در این مقاله بررسی شده‌اند. این کانه‌زایی‌ها در رگه‌های مزدوجی با جهت یابی شمالی- جنوبی و شرقی- غربی که به لحاظ ضخامت نیز بی‌نظم هستند رخداد یافته‌اند. میزبان رگه‌ها دولومیت متبلور شده تا مرمریت کلسیتی است و در بعد فضایی با دایک‌ها و زبانه‌های نفوذی موجود در منطقه مرتبط هستند. دگرسانی همراه با رگه‌ها از انواع دما بالا مانند پروپیلیتی و پتاسیک است. به لحاظ ژئوشیمی نیز این رگه‌ها به طور میانگین حدود ۱/۸ گرم بر تن طلا، ۴ درصد وزنی عناصر پایه و ۷۰ درصد وزنی آهن دارند که این ترکیب مشابه کانسارهای پورفیری و دیگر کانه‌زایی‌های همراه آنها است. با توجه به شواهد صحرایی، شباهت کانه‌شناسی دایک‌ها و رگه‌های کانه‌دار، کانه‌زایی از انواع مرتبط با توده‌های نفوذی بوده که سیال حامل مواد معدنی در مرحله تثبیت دگرسانی فلدسپات پتاسیم‌دار، که در این حالت فوگاسیته‌ی اکسیژن به قدر کافی جهت ایجاد هماتیت بالا می‌باشد، منشأ گرفته است. همچنین با توجه به وضعیت دگرسانی و کانه‌شناسی رگه‌ها سیال اولیه کلریدی، با اسیدیته‌ی خنثی و حالت اکسیدان می‌باشد. بر اساس نتایج حاصل از ژئوشیمی، کانه‌شناسی، دگرسانی و شواهد صحرایی کانه‌زایی را می‌توان از نوع Mother Load دانست.

Abstract: Khuni area is located in central Iran. Main part of this area covered by Proterozoeic Metamorphic Anarak Complex and Eocene-Oligocene potasic igneous rocks. Kal-e-Kafi _Khuni ring structure is situated in this area and is related to often mineralization zones. Six mineralization zones are recognized in Khuni area. Three of these zones have oxide mineralization kind that in this paper were studied. Mineralization occurred in the conjugate irregular veins system with north-south and east-west orientation. The host rocks of these veins are recrystalization dolomite and calcite marble. Oxide iron, especially hematite and few magnetites are main ore of mineralization veins. With mineralization are showed propylitic, potasic and calcitic alteration. Veins have in the average 1.8 ppm gold, 4 wt% base metals and 70 wt% iron that this geochemical composition is same to porphyrytic and related mineralization composition. Attention to field evidences, which showed relationship between mineralization and dyke or appophyses, and similar main ore and geochemical characters between veins and dykes. These mineralization zones are from related intrusive body kind. Also on the base of alteration, geochemistry and ore microscopy of veins showed the mineralization fluid had colorific compelex and neutral acidity and oxide condition. According to these results genesis of oxide mineralization veins, opposite of previous idea, is from mother load kind.

مقدمه

منطقه‌ی خونی با توجه به حضور چندین کار قدیمی، که در میان افراد محلی به معادن طلا معروف هستند، در چند سال اخیر مورد توجه اکتشافی قرار گرفته است. طی مطالعات اخیر نتایج متفاوتی، به لحاظ نوع ژنز، از آنچه در مطالعات قبلی (باباخانی و همکاران، ۱۳۷۶ و Yankovenkov et al, 1981) گزارش گردیده بود به دست آمده است که این می‌تواند در انتخاب روش‌های اکتشافی و همچنین ارزیابی صحیح اقتصادی از مقدار مواد معدنی تأثیر مستقیم داشته باشد. بخش عمده‌ی مقاله‌ی حاضر به بررسی شواهد قابل استفاده در تعیین ژنز بخشی از کانه‌زایی‌های منطقه می‌پردازد و به علاوه بر پایه‌ی شواهد ژئوشیمیایی سعی شده نامی دقیق و علمی برای کانه‌زایی‌های مورد بحث انتخاب تا از چند گانه گویی در نامگذاری آنها جلوگیری گردد.

بحث

ناحیه‌ی مورد مطالعه (E 244000 -236000 و N 3708000 -3703000 در زون 40S دستگاه UTM) در ۶۰ کیلومتری شمال شرق شهر انارک از توابع استان اصفهان واقع گردیده است. بخش اصلی این ناحیه (تصویر ۱) را سنگ‌های دگرگونی با سن پروتروزوئیک فوقانی (Yankovenkov et al, 1981) می‌پوشاند هرچند بر اساس تحقیقات جدیدتر (خسروتهرانی، منتشر نشده و نظامپور ۱۳۸۴)، که بر پایه‌ی شواهد ناحیه‌ای و فسیل‌شناسی استوار است، سنی معادل تریاس برای آنها پیشنهاد گردیده است. این سنگ‌ها شامل مرمریت، دولومیت، شیست‌های بیتومینه، سرپانتینی و شبه فیلیت‌ها هستند. واحد کربناته با سن کرتاسه که در مقیاس ناحیه‌ای به صورت دگرشیب بر روی سنگ‌های پروتروزوئیک قرار گرفته است و توده‌های آتشفشانی حدواسط ائوسن با ترکیب غالب آندزیتی، تراکی‌آندزیتی و مقدار کمی داسیت از دیگر واحدهای رخنمون یافته در منطقه هستند. دایک‌ها و زبانه‌های نفوذی نیمه عمیق با جنس دیوریتی، مونزونیتی، کوارتزمونزونیتی و گرانیتی، و سن ائوسن-الیگوسن (Yankovenkov et al, 1981) واحدهای قدیمی‌تر منطقه را قطع می‌نماید. این دایک‌ها از توده‌ی نفوذی کال‌کافی که در جنوب غربی نقشه متمرکز گردیده و به لحاظ پترلوژیکی از انواع گرانیتوئیدی پتاسیک محسوب می‌گردد (احمدیان و همکاران،۱۳۸۳) منشأ گرفته‌اند.

تکتونیک منطقه در دو بعد ناحیه‌ای و بعد کانساری قابل بررسی است. در بعد ناحیه‌ای، ساختارهای کلی منطقه‌ی خونی و نواحی اطراف آن که می‌توانند در توجیه نحوه‌ی جایگیری و تعیین خاستگاه کانه‌زایی‌های منطقه دارای اهمیت باشند بررسی گردیدند. بر پایه‌ی اطلاعات موجود که غالباً از تحقیقات نظامپور و رساء (2005) و نظامپور (۱۳۸۴) حاصل گردیده است گسلی با روند شمالی جنوبی منطقه‌ی خونی و نواحی مجاور را متأثر ساخته که با توجه به حرکت نرمال این گسل باعث فروافتادگی بخش غربی کوه خونی و کال‌کافی گردیده است.

اما مهمترین پدیده‌ی ساختاری منطقه، ساختار حلقوی کال‌کافی-خونی است که محدوده‌ی توده‌ی نفوذی را، به ویژه در بخش مدفون غربی، نشان می‌دهد. این ساختار نشان می‌دهد که وسعت توده‌ی کال‌کافی بیش از ۲۰۰ کیلومتر مربع بوده و در زیر کوه خونی نیز ادامه دارد. در بعد کانساری، بر اساس پیمایش‌های صحرایی و مقایسه‌ی نقشه‌های دورسنجی (Nezampour and Rassa, 2005) با روند کانه‌زایی‌های منطقه مشخص می‌گردد که پتانسیل‌های معدنی گزارش شده در این منطقه غالباً تحت کنترل شاخه‌های فرعی و شکستگی‌های ناشی از ساختار حلقوی کال‌کافی خونی است.

بر اساس مطالعات نظامپور (۱۳۸۴) کانه‌زایی‌های منطقه‌ی خونی به ۶ بخش قابل تقسیم هستند. در میان این کانه‌زایی‌ها سه بخش از نوع اکسیدی و مابقی سولفیدی هستند. با در نظر داشتن این موضوع که کانه-زایی اکسیدی در این منطقه کمتر گزارش و یا اهمیت چندانی برای آن در نظر گرفته نشده، ادامه این مقاله به تشریح خصوصیت این کانه‌زایی‌ها خواهد پرداخت.

کانه‌زایی‌های مورد بحث به صورت رگه‌های در کنترل زون‌های گسله رخداد یافته‌اند. این رگه‌ها بر اساس موقعیت قرارگیری به نام‌های رگه‌ی شمال کوه خونی، رگه‌های جنوبی، رگه‌های موجود در تونل‌های ۲ تا ۵ خونی (نظامپور ۱۳۸۴) قابل تقسیم بندی هستند (تصویر ۱). روند رگه‌ها دارای جهت‌یابی شمالی-جنوبی و

یا شرقی- غربی است؛ رگه‌ی شمال کوه خونی و یکی از رگه‌های جنوبی دارای روند شرقی-غربی و مابقیه-ی رگه‌ها دارای جهت شمالی- جنوبی می‌باشند. این روند متقاطع خود به نوعی تأیید کننده‌ی وابسته بودن جایگزینی رگه‌ها با ساختار حلقوی کال‌کافی- خونی است که به طور طبیعی شکستگی‌های با جهات متفاوت و غالباً عمود بر هم (Conjugate) می‌سازند. میزبان این رگه‌ها دولومیت‌های متبلور شده تا مرمریت-های کلسیتی می‌باشند که این به عنوان یکی از تفاوت‌های اساسی بین این نوع کانه‌زایی‌ها با کانه‌زایی کاظمی، که صرفاً به بخش دولومیتی محدود می‌گردند (نظامپور، ۱۳۸۴) می‌باشد. به علاوه در تمامی این زون‌های کانه‌زایی شاهد حضور دایک‌هایی با جنس اسیدی تا حدواسط می‌باشیم. برای مثال در کمر پایین کانه‌زایی تونل ۲ با دایک کاملاً آلتره‌ای برخورد می‌نماییم که در حاشیه‌ی خود رگه‌ای مشابه رگه‌های درون تونل دارد و یا در پایین دست تونل ۳ زبانه‌ای نفوذی قرار دارد که در اطراف خود به مقدار ناچیزی کانه‌زایی اسکارنی ایجاد کرده است و درون آن نیز کانه‌زایی با وفور هماتیت دیده می‌شود.

روند تغییرات ضخامت رگه‌ها بسیار شدید است؛ در حالی‌که ضخامت رگه‌های شناسایی شده بین ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر است در مناطقی ضخامت به حدی کاهش می‌یابد که به نظر رگه کاملاً حذف شده است و به عکس در مناطقی شاهد عدسی‌های قطوری از مواد هستیم که مکانیزم تشکیل این ساخت‌های باقلایی (Pitch and Swell) مشابه روند تشکیل چنین ساخت‌هایی در تونل کاظمی است (نظامپور و همکاران،۱۳۸۴) یعنی عملکرد گسل‌هایی با صفحه‌ی ناصاف و توسعه‌ی متعاقب آنها توسط انحلال کربنات‌ها (پالئوکارست) باعث بی‌نظمی در ضخامت رگه‌ها شده است.

کانی شناسی رگه‌های این کانه‌زایی‌ها با اخذ ۱۵ نمونه‌ی نازک و صیقلی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل از این بررسی‌ها نشان می‌دهد که کانه‌ی اصلی تمامی رگه‌های مورد بحث را اکسیدهای آهن با وفور هماتیت و مقدار کمتری مگنتیت تشکیل می‌دهد و میزان کانی‌های سولفیدی این رگه‌ها که غالباً تحت تأثیر فرایندهای سوپرژن اکسیده گردیده از ۵% کل کانی‌های تیره کمتر است. آثار گوسان‌زایی به صورت تبدیل مگنتیت به هماتیت در مقاطع و همچنین توده‌های اسفنجی و بسیار سبک متشکل از اکسیدهای آهن در تونل‌ها قابل مشاهده است.

برای آن‌که بتوانیم مشخص نماییم که کدام یک از انواع نفوذی‌های منطقه دارای پتانسیل بالاتری برای کانه-زایی هستند اقدام به اخذ ۲۰ نمونه از این دایک‌های مرتبط با این توده نموده و از آنها مقاطع نازک-صیقلی تهیه گردید. نتیجه‌ی این مطالعه نشان داد که که تمامی این دایک‌ها دارای مقادیر مشابه و البته اندکی از کانه‌های تیره‌ی اکسید آهنی (غالباً هماتیت و کمتر مگنتیت) هستند و به صورت پرکنندگی فضای خالی، که نشانگر اپی‌ژنتیک بودن آنها است، در میان سایر کانی‌ها قرار گرفته‌اند.

در منطقه‌ی خونی دگرسانی‌های مختلفی از انواع سوپرژن و هایپوژن وجود دارد. این مقاله به تشریح آن دسته از دگرسانی‌ها خواهد پرداخت که با کانه‌زایی‌های مورد نظر دارای همبستگی و مشابهت هستند. نکته‌ی مهم قابل توجه در مورد این دگرسانی‌ها این است که علی‌رغم تفاوت جنس دایک‌های موجود در نزدیکی کانه‌زایی‌های رگه‌ای اکسیدی، دگرسانی‌های مشابهی بر روی آنها رخ داده است و این می‌تواند به واحد بودن سیال عامل کانه‌زایی دلالت داشته باشد. با توجه به این مقدمه می‌توان دگرسانی‌ها را به صورت زیر تشریح نمود:

الف) دگرسانی پتاسیک: در تمامی دایک‌ها دیده می‌شود و غالباً باعث تغییر ماهیت فلدسپات‌های قلیایی گردیده و آنها را به انواع پتاسیک تبدیل نموده است. این دگرسانی آن‌چنان شدید می‌باشد که گاهی تشخیص نوع اولیه‌ی دایک را با مشکل مواجه می‌سازد. به عنوان مثال دایکی که در شمال کوه خونی واقع است و ترکیبی مونزونیتی از خود نشان می‌دهد، در مطالعات دقیق مقاطع نازک، مشخص گردید که از انواع دیوریت می‌باشد که فلدسپات‌های آن به انواع پتاسیک آلتره شده است؛

ب) دگرسانی پروپیلیتیک: این نوع دگرسانی در مطالعات ادیب (1972) برای اولین بار در این منطقه گزارش گردید. در بررسی مقاطع نازک برداشتی از برخی دایک‌های منطقه شاهد تبدیل تعداد کمی از فلدسپات به

کانی‌هایی همچون اپیدوت، کلسیت، کلریت و دیگر کانی‌های شاخص دگرسانی پروپلیتیک هستیم ولی آن گونه که ذکر شد فراوانی چنین دگرسانی‌هایی بسیار پایین‌تر از نوع پتاسیک است؛
ج) هر چند کربنات‌ها خود به عنوان یکی از کانی‌های مجموعه‌ی پروپیلیتیک محسوب می‌شوند ولی فراوانی و توسعه‌ی آن، بدون حضور کانی‌های شاخص دگرسانی پروپیلیتیک، باعث می‌گردد تا آنها در گروه دیگری و با نام دگرسانی کربناتی بررسی گردند. این دگرسانی نیز بر روی پلاژیوکلازها تأثیر گذاشته و سطح آنها در مقاطع کاملاً کلسیتی دیده می‌شود و
د) دگرسانی‌های رسی: در اطراف رگه‌ها و به خصوص بر روی دایک‌های نزدیک آنها شاهد کائولن‌زایی و آلونیتی شدن هستیم. این ترکیب کانی‌شناسی می‌تواند معرف آرژیلیک متوسط تا پیشرفته باشد. این نوع دگرسانی نیز چندان گسترشی در دایک‌ها ندارد.
ژئوشیمی رگه‌ها بر پایه‌ی آنالیز بیش از ۴۰ نمونه‌ی آنالیز شده توسط دستگاه ICP-MS در کشور کانادا به صورت زیر قابل تشریح است:
الف) متوسط محتوای عنصر طلا در این نمونه‌ها به نسبت دیگر کانه‌زایی‌های منطقه (نظامپور،۱۳۸۴) بالا بوده و به حدود 1.8 ppm می‌رسد و در حالت بیشینه از 30 ppm تجاوز می‌نماید؛
ب) مقدار عناصر پایه، به ترتیب با فراوانی سرب، روی و مس، در این نوع کانه‌زایی (4%~) در مقابل کانه‌زایی کاظمی که به طور متوسط به 25% (نظامپور،۱۳۸۴) می‌رسد بی‌اهمیت است؛
ج) محتوای آهن این رگه‌ها بسیار بالاتر از سایر کانه‌زایی‌های منطقه بوده و حتی در رگه‌های تونل‌های ۲ و ۳ خونی از 70% نیز تجاوز می‌نماید. این درحالی است که رگه‌های تونل کاظمی در حدود 20% آهن در خود دارند (نظامپور،۱۳۸۴)؛
د) با بررسی روش‌های آماری چند متغیری مشخص گردید که در رگه‌های موجود بین عنصر طلا با مس، روی، مولیبدن، آرسنیک، آنتیموآن، سلنیوم و ایریدیوم همبستگی مثبت و بالا وجود دارد؛
ه) بر اساس دیاگرام‌های پولسن و همکاران (2000) اقدام به تعیین مکان و موقعیت کانه‌زایی مورد بحث براساس پراکندگی عناصر پایه، طلا و نقره در رگه‌ها شد (تصویر ۲). نتیجه نهایی نشان می‌دهد این رگه‌ها بیشتر به انواع پورفیری شباهت دارند و از فاز متعارف کانسارهای اپی‌ترمال نسبتاً دور هستند. به علاوه نام علمی این رخدادهای کانه‌زایی بر اساس این نمودارها کانسار فلزات پایه‌ی طلا دار است و
و) مقایسه‌ی عیاری میان رگه‌های همجوار با سنگ میزبان و نواحی دورتر نشان دهنده‌ی روند نه‌چندان متعارف غنی شدگی رگه‌های نزدیک منشأ از طلا در مقابل بخش‌های دورتر رگه‌ها است. این موضع به سدهای ژئوشیمیایی و نحوه‌ی انتقال طلا در رگه‌ها باز می‌گردد.

نتیجه‌گیری

ارتباط فضایی میان رگه‌های مورد مطالعه، شباهت میان کانه‌های این رگه‌ها، دایک‌ها و دیگر توده‌های نفوذی نیمه عمیق این منطقه و به علاوه جایگزینی این رگه‌ها درون گسل‌های محدود کننده‌ی حاشیه‌ی توده‌ی نفوذی کال‌کافی نشان دهنده‌ی منشأ گرفتن سیالات عامل کانه‌زایی از توده‌ی نفوذی موجود در منطقه است. بر اساس نظریه‌ی باباخانی و همکاران (۱۳۷۶) نفوذ توده‌ی کال‌کافی در سه فاز صورت پذیرفته که دایک‌ها و زبانه‌های دیوریتی و مونزونیتی موجود در منطقه‌ی خونی بیشتر مربوط به فاز دوم و کوارتزمونزونیت-ها و گرانیت‌ها از فاز سوم تزریق توده ناشی گردیده‌اند. با توجه به دگرسانی مشابه رخ داده بر روی تمامی این عوارض می‌توان به این نتیجه رسید که سیال کانه‌دار برای تمامی رگه‌ها واحد بوده و در واقع سیالات پسین ماگمایی فازهای نهایی توده‌ی کال‌کافی ناشی شده است.
وفور کانی‌های اکسیدی آهن در این کانه‌زایی‌ها نشان دهنده‌ی بالا بودن فوگاسیته‌ی اکسیژن در سیال کانه-زا، کمبود سولفیدها و به علاوه محدودیت دگرسانی‌های آرژیلیک و سریسیتی در مقابل کلسیتی شدن و پتاسیک نشان دهنده‌ی طبیعت اکسیدان با اسیدیته‌ی خنثی، فقیر از سولفید و غنی از کمپلکس‌های کلریدی سیال کانه‌دار است (شیرزاد و همکاران، ۱۳۸۰). با در نظر گرفتن وفور کمپلکس‌های کلریدی در سیال

، که دارای خاصیت اسیدیته‌ی بالاتری نسبت به کمپلکس‌های سولفیدی می‌باشند، و به طبع آن طلا نیز با چنین سیالاتی بالا بودن عیار طلا در مجاورت میزبان کربناته، با خاصیت قلیایی، در مقابل نواحی دورتر قابل توجیه است.

فراوانی بالای هماتیت در مقایسه با مگنتیت که غالباً به دلیل پایین بودن دمای سیال تعبیر می‌شود، در منطقه‌ی خونی، با توجه به حضور دگرسانی‌های دما بالا قابل پذیرش نیست. لذا بر اساس نظریه‌ی ویلا و سیلیتو (1991) می‌توان این واقعه را به دلیل منشأ گرفتن سیالات عامل کانه‌زایی در مرحله تثبیت دگرسانی K-feldspar دانست.

هر چند برای تصمیم‌گیری در مورد ژنز به اطلاعات بیشتری همچون سیالات درگیر و ایزوتوپی نیاز است اما حداقل می‌توان بر پایه‌ی مطالب فوق، که نشان می‌دهد سیال کانه‌دار اصولاً به لحاظ دمایی و ژئوشیمیایی چندان شباهتی با سیال عامل کانه‌زایی اپی‌ترمال، که ژنز ارایه شده توسط یانکوونکف و همکاران (1981) و باباخانی و همکاران (۱۳۷۶) است، ندارد؛ بلکه به عنوان یک پیشنهاد جهت مطالعات بعدی و بر اساس خصوصیت کانه‌زایی، مانند کنترل کانه‌زایی توسط گسل‌های نرمال پرشیب، ژئوشیمی و دگرسانی‌های همراه کانه‌زایی، می‌توان آن را از نوع Mother Load در نظر گرفت. سیال کانه‌دار پس از منشأ گرفتن از توده-های عمقی به سمت بالا حرکت نموده و با دور شدن از منشأ به علت کاهش دما، افزایش pH و اختلاط با آب‌های جوی و زیرزمینی مواد خود را در شکستگی‌ها ته‌نشین نموده‌اند.

منابع

احمديان، جمشيد– هاشم امامي، محمد– قرباني، محمد – لطفي، محمد (۱۳۸۳) ؛ معرفي گرانيتوئيدهاي پتاسيك در مجموعه ولكانوپلوتونيك كالكافي (شمال شرق انارك) و نحوه‌ي تشكيل آنها، بيست و سومين گردهمايي علوم زمين.

باباخاني، عليرضا- مهرپرتو، محمود- رادفر، جواد- مجيدي، جمشيد، (۱۳۷۸)؛ مطالعات زمين‌شناسي و اكتشافات مقدماتي در منطقه كالكافي- خوني جهت طلا و ساير فلزات همراه؛ شركت توسعه علوم زمين.

شیرزاد و کریم‌پور (۱۳۸۰)، نگرشی بر کانه زایی طلا در منطقه‌ی کوه زر دامغان، ششمین همایش انجمن زمین شناسی کشور، دانشگاه تهران.

نظامپور، محمدهادي (۱۳۸۴)؛ ژئوشيمي، دورسنجي و سنگ شناسي جهت تعيين خاستگاه كانه‌زايي‌ها در منطقه‌ي خوني نايين، پايان نامه‌ي كارشناسي ارشد. دانشگاه شهيد بهشتي.

نظامپور، محمدهادي – رساء، ايرج – لياقت، ساسان (۱۳۸۴)؛ راه‌كارهاي اكتشافي كانسار پلي‌متال خوني بر اساس دگرساني هاي همراه و كنترل هاي ساختاري، نهمين گردهمايي انجمن زمين شناسي ايران.

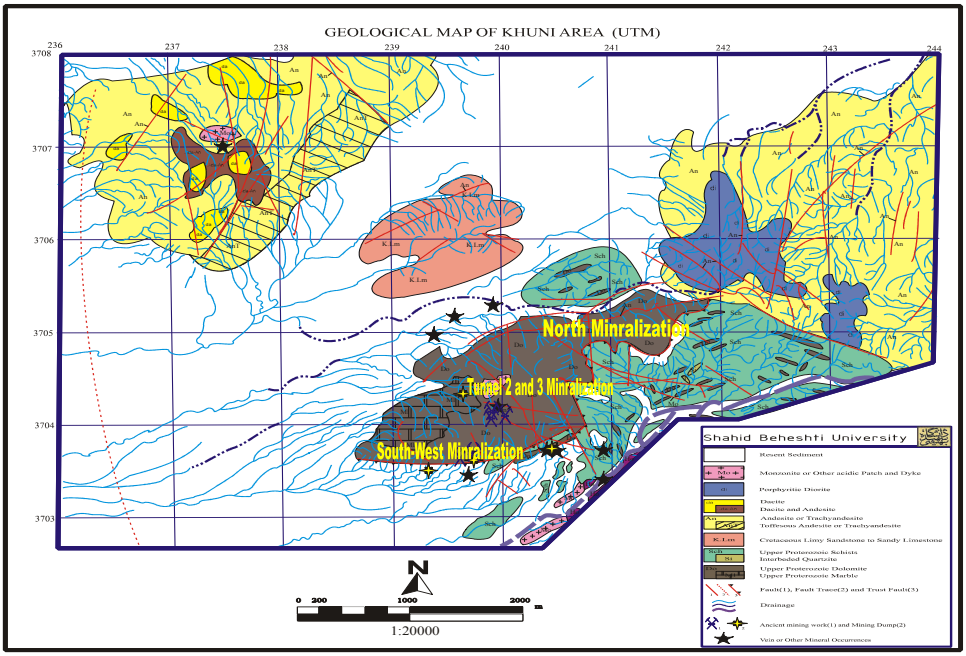
Adib,D. (1972), Mineralogische Untersuchungue in der Oxydation Zone der Langerstatite Tchah Khuni, Anarak, Zentral Iran. Diplom Mineralogie, Ruprechte karl Universitat Heidenburg.

Nezampour, M.H., Rassa, I. (2005) Using Remote Sensing Technology for the determination of Mineralization in Kal-e-Kafi Porphyrytic Deposit, Anarak, Iran. SGA 40th Anniversary, China.

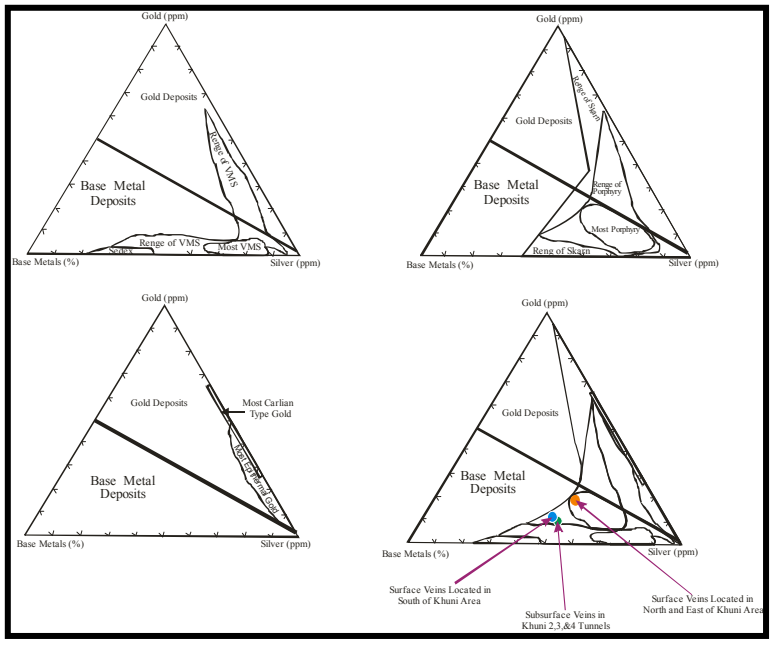
Poulsen, K.h, Robert, F. and Dube, B., (2000), Classification of Gold Deposits in the Canada, US Geological Bolten.

Vila, T. and Sillito R.H.(1981), Gold Rich POrphyrytic Sistems in the Maricuga Belt, Northen Chile, Economic Geology, Vol 86, pp 1236-1260

Yankovenko, V., Chinakov, I., Kokorin, Y., Krivyakin, B. (1981). Report on Detailed Geological Prospecting in Anarak area (Kal-e-Kafi, khuni locality), Technoexport Company, Moscow.



تصویر ۱ نقشه‌ی ۱:۲۰۰۰۰ منطقه‌ی خونی و جانمایی زون‌های مورد بررسی



تصویر ۲ موقعیت زون‌های مورد بررسی بر روی نمودار پولسن و همکاران (2000)

۱- ایرج رساء
مدرک تحصیلی: دکترای زمین شناسی اقتصادی
محل دریافت مدرک: دانشگاه برلین
سال دریافت مدرک: ۱۹۸۷
شغل و محل کار: مدرس دانشگاه شهید بهشتی
Iraj.Rassa@gmail.com
تهران- اوین- دانشگاه شهید بهشتی- دانشکده‌ی علوم زمین- گروه زمین شناسی

۲- محمد هادی نظامپور
مدرک تحصیلی: کارشناس ارشد زمین شناسی اقتصادی
محل دریافت مدرک: دانشگاه شهید بهشتی تهران
سال دریافت مدرک: ۱۳۸۴
شغل و محل کار: کارشناس پردازش داده‌ها، شرکت مهندسین مشاور کان‌آذین
Hadi.nezampour@gmail.com

۳- ساسان لیاقت
مدرک تحصیلی: دکترای زمین شناسی اقتصادی
محل دریافت مدرک: دانشگاه تورنتو کانادا
سال دریافت مدرک: ۱۹۹۶
شغل و محل کار: مدرس دانشگاه شیراز
saliaghat@yahoo.com