

# بررسی پهنه‌های دگرسانی و آمیختگی ماگمایی در محدوده معدنی کهنگ

مریم فرمینی فراهانی<sup>۱</sup>، احمد خاکزاد<sup>۲</sup>، هوشنگ اسدی هارونی<sup>۳</sup> و محمدهاشم امامی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، کرج، ایران

<sup>۲</sup> دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران

<sup>۳</sup> استادیار، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

<sup>۴</sup> دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۲/۱۸

## چکیده

معدن مس و مولیبدن پورفیری کهنگ در استان اصفهان و ۱۰ کیلومتری خاور شهرستان زفره و در کمربند آتشفشانی- نفوذی ارومیه - دختر قرار گرفته است. بیش از ۹۰ درصد سنگ‌های این محدوده اکتشافی تحت تأثیر سیال‌های گرمایی دگرسان شده است به گونه‌ای که انواع دگرسانی‌های مرتبط با ذخایر مس و مولیبدن پورفیری در آنجا دیده می‌شود. بیشتر سنگ‌های منطقه از نوع حدواسط تا اسیدی نیمه آتشفشانی است و دگرسانی‌های فلیک، آرژیلیک، پروپلیتیک و سیلیسی را نشان می‌دهند. با توجه به این که توده اصلی ذخیره تحت تأثیر فرسایش قرار نگرفته است و در ژرفا قرار دارد، دگرسانی پتاسیک در سطح محدوده رخنمون ندارد. در بررسی دگرسانی‌های موجود در منطقه اکتشافی از روش‌های مختلفی همچون دورسنجی، مطالعه مقاطع نازک و تجزیه شیمیایی نمونه‌ها استفاده شده است. مسئله دیگری که در این پژوهش به آن پرداخته شده آمیختگی ماگمایی است؛ این مسئله با شواهد سنگ‌نگاری همچون بافت غربالی، حاشیه‌های خلیجی در درشت‌بلورهای اولیه کوارتز و چگونگی تأثیر سیال‌های گرمایی در بلورهای پلاژیوکلاز به‌ویژه در واحدهای سنگ‌شناختی آندزیت پورفیری تأیید می‌شود. از سوی دیگر حجم گسترده سنگ‌های اسیدی و نیمه‌اسیدی، محدوده قابل توجه دگرسانی و حضور دو نسل کانه‌زایی هر کدام به گونه‌ای نشان از آمیختگی ماگمایی در محدوده اکتشافی است. در این پژوهش به همانندی‌های کهنگ و دیگر پورفیری‌ها در پهنه ارومیه- دختر توجه شده است.

**کلیدواژه‌ها:** دگرسانی، فلیک، آرژیلیک، پروپلیتیک، سیلیسی شدن، سیال گرمایی، آمیختگی ماگمایی، بافت غربالی، پورفیری، دورسنجی.

\*نویسنده مسئول: مریم فرمینی فراهانی

E-mail: fm\_farahani@yahoo.com

## ۱- پیش‌گفتار

مطالعه گزارش‌های زمین‌شناسی منطقه (اسدی هارونی، ۱۳۸۵) و بررسی تصاویر ماهواره‌ای ۶۰ نمونه سنگی برای تهیه مقاطع نازک، صیقلی و تجزیه شیمیایی XRF برداشت و همچنین به منظور دست‌یابی به نتایج مستدل و دقیق‌تر در بررسی هاله‌های دگرسانی منطقه از اطلاعات ژئوشیمیایی نیز بهره گرفته شد و در پایان پس از تجزیه و تحلیل و جمع‌بندی، پهنه‌های دگرسانی کهنگ با برخی از ذخایر پورفیری در پهنه ارومیه- دختر مقایسه شده است. (جدول‌های ۱ و ۲)

محدوده اکتشافی کهنگ در شمال خاوری برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ کوهپایه و در بخش شمال خاوری چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰۰ اصفهان قرار دارد. این محدوده بر پایه بررسی‌های متفاوت از دید ذخیره مس و مولیبدن پورفیری مستعد شناخته شده است (اسدی هارونی، ۱۳۸۵). در این پژوهش برای پی بردن به نزدیک‌ترین نواحی به توده معدنی به‌چگونگی پهنه‌بندی نواحی دگرسانی توجه شده و در این راستا از روش‌های مختلف بهره گرفته شده است.

## ۲- هدف از پژوهش

با توجه به این که محدوده معدنی کهنگ از دید ذخیره مس و مولیبدن پورفیری مستعد شناخته شده است و این ذخایر در سطح زمین رخنمون ندارد، یکی از مؤثرترین روش‌های بررسی این گونه ذخایر، شناسایی و بررسی انواع پهنه‌های دگرسانی در برگیرنده توده‌های معدنی است (کریم‌پور، ۱۳۸۴). این هاله‌ها ارتباط ژنتی خوبی با پدیده‌های تشکیل کانسار دارند و تجلی اصول ژئوشیمیایی حاکم بر مهاجرت عناصر هستند. به همین دلیل، الگوی پهنه‌بندی خوبی از خود نشان می‌دهند که با سوی جریان محلول‌های کانی‌ساز مرتبط است و با تشخیص درست آنها می‌توان به سو و مرکز کانی‌سازی در منطقه پی برد (حسنی‌پاک، ۱۳۷۷). بنابراین، در این پژوهش گوناگونی و شعاع تأثیر دگرسانی‌ها در منطقه مورد بررسی قرار گرفت و در این راستا برای دست‌یابی به نتایج دقیق‌تر از روش‌های گوناگون بررسی‌های صحرائی، سنگ‌نگاری، کانه‌نگاری و دورسنجی استفاده شد.

## ۳- روش کار

در پروژه اکتشافی کهنگ با توجه به اینکه کل محدوده به مقدار کم تا زیاد تحت تأثیر سیال‌های گرمایی دگرسان شده‌اند، به‌منظور بررسی هاله‌های دگرسانی از بررسی‌های صحرائی، تصاویر ماهواره‌ای، مطالعه مقاطع نازک و نتایج تجزیه نمونه‌ها به روش XRF استفاده شد. در این راستا در اولین مراحل پس از بازدیدهای صحرائی،

## ۴- زمین‌شناسی ناحیه‌ای

اندیس معدنی کهنگ با مساحت تقریبی ۱۰ کیلومتر مربع روی پهنه ماگمایی ارومیه- دختر قرار دارد. این پهنه بخشی از کمربند فلززایی اوراسیاست و در نتیجه فعالیت‌های ماگمایی در سنوزویک به‌ویژه نئوژن- پلیستوسن ایجاد شده است (Förster et al., 1972). بنا به باور نبوی (۱۳۵۵) و درویش‌زاده (۱۳۷۰) کمربند ماگمایی ارومیه- دختر مرز باختری ایران مرکزی و بزرگ‌ترین کمربند مس شناخته شده در ایران بوده و سنگ‌های سازنده آن بیشتر سنگ‌های آتشفشانی حدواسط و آذرآواری‌های وابسته به آنهاست.

## ۵- زمین‌شناسی و زمین‌ساخت منطقه

سنگ‌های موجود در محدوده معدنی بیشتر از نوع آتشفشانی، نیمه آتشفشانی و نیمه ژرف است به گونه‌ای که می‌توان گفت اصلی‌ترین واحدهای سنگ‌شناختی منطقه واحدهای آندزیت، آندزیت پورفیری، داسیت پورفیری، ریداسیت پورفیری، دیوریت، میکروگرانیت پورفیری و کوارتزومونزویت است. گدازه‌های آندزیتی با سن ائوسن، بیشتر در بخش‌های حاشیه‌ای قرار دارد. سنگ‌های نیمه آتشفشانی آندزیت پورفیری و ریداسیت پورفیری که جوان‌تر از سنگ‌های پیشین هستند، در بخش‌های داخلی‌تر و جوان‌ترین واحدهای سنگی منطقه یعنی کوارتزومونزویت‌ها، میکروگرانیت‌ها و گرانیت‌های پورفیری بیوتیت‌دار در بخش‌های مرکزی محدوده

زمینه از میکروولیت‌ها و تیغه‌های متقاطع پلاژیوکلاز تشکیل شده است که گاه حالت جریان‌ی نشان می‌دهند. بیشتر فلدسپارهای خمیره اپیدوتی شده‌اند و میان آنها کلریت، اسفن و کانی‌های میکایی دیده می‌شود. همچنین مقادیری سیلیس نیز در خمیره به چشم می‌خورد. مقداری از کانی‌های سنگ هنوز سالم مانده و تحت تأثیر دگرسانی قرار نگرفته است. می‌توان چنین بیان کرد که حضور درشت بلورها و زمینه متشکل از تیغه‌های پلاژیوکلاز نشان‌دهنده یک سنگ نیمه‌ژرف (Sub Volcanic) است که در مراحل بعدی تحت تأثیر دگرسانی پروپیلیتیک قرار گرفته است (شکل‌های ۵ و ۶).

#### ۴-۲. دگرسانی آرژیلیک

بر پایه مطالعات مقاطع نازک و نتایج حاصل از روش XRF مشخص شد که واحد داسیت پورفیری تا حدی تحت تأثیر این دگرسانی قرار گرفته است. گفتنی است با توجه به این که در برخی از ارتفاعات محدوده آرژیلیکی منطقه، به‌طور محدود دگرسانی آلونیتی نیز به چشم می‌خورد و به عبارتی همپوشانی میان دگرسانی آرژیلیک و آلونیتی به‌طور محدود در برخی از نواحی دیده می‌شود. این مسئله نشان‌دهنده عملکرد سیال‌های اسیدی و تشکیل پهنه آرژیلیک پیشرفته در اندیس کهنک است (علیرضایی، ۱۳۷۸). همچنین واحد ریوداسیت پورفیری تأثیرات دگرسانی آرژیلیک و فیلیک را نشان می‌دهد. این سنگ‌ها که دارای درشت بلورهای کوارتز با حاشیه خلیجی و فلدسپارهای سریستی شده و گاه رسی شده با خمیره‌ای متشکل از کوارتزهای بسیار دانه‌ریز و سریستی‌ها هستند (شکل ۷) در برخی از مقاطع قالب کانی‌های مافیک کاملاً دگرسان و تورمالین‌های شعاعی به چشم می‌خورد.

موارد قابل توجه در مورد این نوع دگرسانی در منطقه کهنک این است که سنگ‌های متأثر از آن افت شدیدی نسبت به اکسیدهای قلیایی از خود نشان می‌دهند که این مسئله در نتایج تجزیه XRF نمونه‌ها و نمودارها نیز مشهود است (شکل‌های ۸ و ۹). از سوی دیگر حضور کانی تورمالین در این محدوده بیانگر حضور گاز بور در سیال گرمایی مؤثر در منطقه و همچنین با توجه به چیرگی کانی‌های رسی و نبود کانی‌های دگرسانی دما بالا مانند پیروفیلیت و آندالوزیت مشخص می‌شود که دمای سیال گرمایی پایین بوده است.

#### ۴-۳. دگرسانی فیلیک

بیشترین تأثیر سیال‌های گرمایی اسیدی ایجادکننده این نوع دگرسانی در بخش‌های مرکزی‌تر منطقه دیده می‌شود، این مسئله به‌وسیله حضور کانی‌های سریست، کوارتز ثانویه و پیریت و نوع رگچه‌های دگرسانی قابل تأیید است. کانی‌های رسی، اسفن و روتیل به‌صورت فرعی در این محدوده دیده می‌شوند. مطالعه مقاطع نازک و نتایج حاصل از روش تجزیه شیمیایی XRF نشان از این مطلب دارد که بخش‌های قابل توجهی از منطقه مانند واحدهای سنگی کوارتز موزونیتی، میکروگرانیت پورفیری و گرانودیوریت پورفیری که نشانه سنگ‌های نیمه‌ژرف هستند و در بخش‌های مرکزی‌تر قرار دارند، تحت تأثیر دگرسانی فیلیک و گاهی فیلیک تا پروپیلیتیک قرار داشته‌اند. همان‌گونه که در شکل‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲ دیده می‌شود بر اثر این دگرسانی بخش‌های چیره از کانی‌های اولیه سنگ‌ها توسط سریست، کوارتز و کانی‌های کدر جایگزین شده‌اند. نفوذ این توده‌های آذرین نیمه‌ژرف به درون سنگ‌های دربرگیرنده همچون آندزیت‌ها و آندزیت‌های پورفیری سبب دگرسانی و برشی شدن واحدهای کهن‌تر شده است و خود نیز تحت تأثیر سیال گرمایی قرار گرفته‌اند. مهم‌ترین کانی‌های پورفیری در این سنگ‌ها فلدسپار قلیایی، پلاژیوکلاز و کوارتز اولیه است که با نفوذ و تأثیر سیال گرمایی در منطقه تا حدودی توسط کانی‌های ثانویه جایگزین شده‌اند. در واحد سنگ‌شناختی کوارتز موزونیت درشت‌بلورهای فلدسپار در شرایط قلیایی به سریست، پیریت، کوارتز ثانویه و اکسید آهن تبدیل شده‌اند و کوارتز اولیه با حاشیه خلیجی در آنها دیده می‌شود. گاهی فلدسپارها به‌طور کامل توسط سریست، کانی‌های رسی و اکسیدهای آهن جایگزین شده‌اند؛ کوارتز ثانویه در زمینه تبلور دوبار یافته و کانه‌های مگنتیت، هیدروکسیدهای آهن و گاه کلریت دیده می‌شوند.

قرار گرفته‌اند. بر پایه بررسی‌های دورسنجی و سنگ‌نگاری انجام‌شده در منطقه می‌توان گفت بیش از ۹۰ درصد سنگ‌های محدوده اکتشافی تحت تأثیر سیال‌های گرمایی به مقدار کم تا زیاد دگرسان شده‌اند و افزون بر این آن تحت تأثیر حرکات زمین‌ساختی نیز قرار گرفته‌اند (فرمینی فراهانی، ۱۳۸۷). بر پایه بررسی‌های سنگ‌نگاری و دورسنجی رابطه مستقیم ساختارهای زمین‌ساختی منطقه با کانه‌سازی تأیید می‌شود. به گونه‌ای که، مهم‌ترین گسل منطقه با روند شمال‌خاور- جنوب‌باختر با طول تقریبی ۷۰۰ متر و یک سری ساختارهای حلقوی کوچک، که از مرکز سامانه دگرسانی می‌گذرند، پتانسیل کانه‌سازی بالایی دارند (فرمینی، ۱۳۹۱).

#### ۶- نشانه‌های صحرایی دگرسانی در منطقه

در بازدهی‌های صحرایی از منطقه برخی از نشانه‌های زمین‌شناسی مرتبط با ذخایر پورفیری همچون واحدهای سنگی برشی و دگرسان‌شده، دایک‌های برشی (شکل‌های ۲، ۳ و ۴)، استوک‌ورک‌های سیلیسی کانه‌دار و پهنه‌بندی دگرسانی‌ها دیده شدند. بر پایه نشانه‌های سنگ‌نگاری، دایک‌های برش موجود در محدوده معدنی کهنک تحت تأثیر دگرسانی پروپیلیتیک و تا حدی فیلیک قرار گرفته‌اند و سرشار از اکسید آهن و گاه دارای رگچه‌های کوارتز- سریست هستند. در مطالعه مقاطع نازک این سنگ‌ها مشخص شد که پلاژیوکلازها از حاشیه به فلدسپار قلیایی تبدیل و آمفیبول‌ها کلریتی و گاه توسط بیوتیت‌های ثانویه جایگزین شده‌اند؛ کانی‌های مافیک نیز توسط اپیدوت، کلسیت و کلریت جایگزین شده‌اند و در زمینه سنگ افزون بر تیغه‌های پلاژیوکلاز، کانی‌های مافیک، نهبان‌بلورهای (کریپتوکریستال‌های) سیلیسی، کلریت، مگنتیت و تیتانومگنتیت حضور دارند (شکل ۱).

#### ۷- تأثیر دگرسانی بر واحدهای مختلف سنگ‌شناختی منطقه

از آنجا که میزان و چگونگی تأثیر سیال‌های گرمایی، توسط فاکتورهای بسیاری همچون ساخت و بافت سنگ‌ها و ژئومتری ماده معدنی کنترل می‌شود، لازم است در هنگام مطالعه محدوده‌های دگرسانی در منطقه به این کنترل‌کننده‌های ساختاری و شیمیایی توجه شود. بر پایه بررسی تصاویر ماهواره‌ای در محدوده پورفیری کهنک مشخص شد که بیشتر سنگ‌های موجود در محدوده، تحت تأثیر سیال‌های گرمایی به مقدار کم تا زیاد دگرسان شده‌اند. در بازدهی‌های صحرایی، مطالعه مقاطع نازک و نتایج تجزیه نمونه‌ها به‌روش XRF (جدول ۱) نیز این مسئله تأیید می‌شود به گونه‌ای انواع دگرسانی‌های مرتبط با ذخایر پورفیری مانند پروپیلیتیک، فیلیک، آرژیلیک، سیلیسی شدن در منطقه آشکار است. حال به تفکیک نوع دگرسانی، به چگونگی و میزان تأثیر سیال‌های بر واحدهای سنگی منطقه پرداخته می‌شود.

#### ۷-۱. دگرسانی پروپیلیتیک

طی بررسی‌های انجام‌شده در محدوده اکتشافی مشخص شد که گدازه‌های آندزیتی و به مقدار کمتر آندزیت‌های پورفیری (آدابی و کریم‌پور، ۱۳۸۱) تحت تأثیر این دگرسانی قرار گرفته‌اند. محلول گرمایی غنی از منیزیم، آهن، کلسیم، سدیم و بی‌کربنات ابتدا بر کانی‌های فرمونیزین مانند پیروکسن و آمفیبول و سپس پلاژیوکلازها تأثیر گذاشته و سبب تجزیه و تغییرات ثانویه در آنها شده به گونه‌ای که میکروولیت‌ها و تیغه‌های متقاطع پلاژیوکلاز (بیشتر از نوع آندزین) موجود در خمیره سنگ از حاشیه به فلدسپار قلیایی، اپیدوت و کربنات تبدیل شده‌اند و پیروکسن و آمفیبول موجود در میان تیغه‌ها گاهی توسط کلریت، اپیدوت، اکسید آهن و کانه‌ها جایگزین شده‌اند. اسفن و کوارتز ثانویه نیز به‌عنوان محصول دگرسانی در متن سنگ دیده می‌شود. در مقاطع حاصل از آندزیت‌های پورفیری منطقه، درشت‌بلورهای پلاژیوکلاز با ترکیب آندزین و قالب کانی‌های مافیک به چشم می‌خورد. پلاژیوکلازها به کانی‌های رسی، کلریت و اپیدوت تجزیه شده‌اند و قالب کانی‌های مافیک توسط کلریت، اپیدوت، کلسیت و کوارتز جایگزین شده است.

سیال‌های گرمابی بر بخش‌های مختلف پلاژیو کلازهای دارای پهنه‌بندی اشاره کرد. بر پایه نشانه‌های سنگ‌نگاری در مورد آمیختگی ماگمایی می‌توان به ۳ مرحله اشاره کرد: ۱- مرحله پیش از آمیختگی، در این مرحله هسته پلاژیو کلازهای کلسیک ایجاد شده‌اند؛ ۲- مرحله آمیختگی، این مرحله سبب خوردگی حاشیه بلورها و افزایش سرعت سرد شدن ماگمای هیبرید (دو رگه) و ایجاد بافت غربالی شده است؛ ۳- مرحله پس از آمیختگی که مرحله به تعادل رسیدن نیز هست و ایجاد یک پلاژیو کلاز سدیک در حاشیه کرده است. (شکل‌های ۱۵، ۱۶ و ۱۷)

#### ۱۱- نشانه‌های کانه‌نگاری گویای تأثیر دو سیال کانه‌دار در منطقه

در ذخایر پورفیری، سیال گرمابی مراحل پایانی فعالیت، نقش مؤثری در کانه‌زایی دارد. به همین دلیل حضور دو نسل کانه سولفیدی در این مناطق می‌تواند نشان از دو مرحله کانه‌زایی و همچنین تأثیر نفوذ دو سیال کانه‌دار در زمان‌های متفاوت است، این مسئله در مقاطع صیقلی بر گرفته از سنگ‌های کانه‌دار کهنک کاملاً نمایان است. به گونه‌ای که نسل اول کانه‌های سولفیدی کاملاً دگرسان شده و توسط کانه‌های مالاکیت و گوتیت جایگزین شده‌اند (مهرپر تو و حلمی، ۱۳۷۹)، در صورتی که نسل دوم کانه‌ها به‌طور سالم و غیر دگرسان دیده می‌شوند (شکل‌های ۱۸ تا ۲۱). کانی کالکوپیریت بیشتر به‌عنوان یک کانی درون‌زاد با منشأ سیال بازماندی است و منشأ جوی ندارد و اگر تحت تأثیر سیال‌های جوی قرار گیرد با کانی‌های پهنه اکسیدان همچون مالاکیت جایگزین می‌شود. با توجه به حضور کالکوپیریت‌های کاملاً سالم در کنار کانی‌های کاملاً جایگزین شده با کانه‌های ثانویه مسئله آمیختگی ماگمایی در کهنک تقویت می‌شود.

#### ۱۲- نتیجه‌گیری

پس از بررسی واحدهای سنگی در منطقه و مطالعات سنگ‌نگاری مشخص شد که یک سری سنگ‌های آندزیتی در منطقه هستند که ایدوتی شده‌اند و سنگ‌های نیمه آتشفشانی آندزیت پورفیری و ریوداسیت پورفیری موجود در منطقه که جوان‌تر از سنگ‌های پیشین هستند، تحت تأثیر دگرسانی شدیدتر قرار گرفته‌اند. در بخش‌های درونی‌تر سنگ‌های یادشده، میکروگرانیتهای پورفیری و میکروگرانیتهای پورفیری بیوتیت‌دار قرار دارند که بیوتیت‌های موجود در این سنگ‌ها بر اثر بیرون آمدن آهن، به کلریت و مسکوویت تبدیل و پلاژیو کلازها گاه سربستی شده‌اند. سنگ‌های دگرسان، خردشدگی از خود نشان می‌دهند و این مسئله نشان از آن دارد که سنگ‌های منطقه افزون بر دگرسانی، تحت تأثیر حرکات زمین‌ساختی نیز قرار گرفته‌اند. در یک نگاه کلی می‌توان گفت که در محدوده اکتشافی یک پهنه‌بندی دگرسانی دیده می‌شود. به گونه‌ای که، بخش‌های بیرونی سامانه دگرسانی پروپیلیتیک را به نمایش گذاشته و بخش‌های میانه نشان‌دهنده دگرسانی آرژلیک و دارای کانی‌های رسی است. بخش‌های مرکزی سامانه نشان‌دهنده پهنه فیلیک است و گاه رگه‌های کوارتز-مگنتیت را نشان می‌دهند و مالاکیت و اکسیدهای آهن دارند. از سوی دیگر نشانه‌های سنگ‌نگاری همچون بافت غربالی، حاشیه خلیجی برخی از کانی‌ها و چگونگی تأثیر دگرسانی بر بلورهای فلدسپاری، پهنه‌بندی به‌ویژه در محدوده آندزیت پورفیری و حجم قابل توجه سنگ‌های اسیدی و سیال‌های گرمابی در منطقه نشان‌دهنده آمیختگی ماگمایی است و این موضوع نشان می‌دهد که گوناگونی، سنگ‌شناسی در محدوده اکتشافی تنها حاصل مسئله تفریق ماگما نبوده بلکه آمیختگی ماگماها نیز در این مورد مؤثر بوده است و به عبارتی ماگماهای متفاوت در تمرکز کانه‌های مس مؤثر بوده به گونه‌ای که این مسئله بر پایه بررسی مقاطع صیقلی سنگ‌های کانه‌دار منطقه و حضور دست کم دو نسل کانه‌های سولفیدی تأیید می‌شود. گفتنی است که برای نشان دادن شعاع تأثیر سیال‌های گرمابی و چگونگی پهنه‌بندی هاله‌ها از روش دورسنجی نیز استفاده شد.

در میکروگرانودیوریت کانی‌های مافیگ به‌وسیله کلریت، اکسید و هیدروکسید آهن و درشت‌بلورهای پلاژیو کلاز توسط سربست، کلریت و کانی‌های رسی جایگزین شده‌اند. در زمینه نیز کوارتز ثانویه، سربست، کانه‌های کدر، مالاکیت و زاروسیت دیده می‌شود. در میکروگرانیته، بیوتیت‌دار پورفیری پلاژیو کلازها سربستی شده و بیوتیت‌ها به اکسید آهن، مسکوویت و کلریت تبدیل شده‌اند. کوارتزهای ثانویه در زمینه حضور دارند و در واحد میکروگرانیته، پلاژیو کلازها که حالت پهنه‌بندی نشان می‌دهند، سربستی و گاه توسط کانی‌های رسی و اکسید آهن جایگزین شده‌اند. در این سنگ‌ها درشت‌بلورهای کوارتز اولیه با حاشیه واکنشی و کوارتزهای ریز خمیره به‌صورت بی‌شکل هستند. فلدسپارهای قلیایی گاه تحت تأثیر سیال سربستی شده‌اند و به‌طور کلی می‌توان گفت که بر اثر شکل‌گیری همبود (پاراژنز) کوارتزهای ثانویه، اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن، پیریت و سربست در این سنگ‌ها دگرسانی فیلیک ایجاد شده است. همچنین کانی‌های فرعی اسفن و روتیل و آناز نیز در سنگ حضور دارند. در یک جمع‌بندی، واحدهای سنگی یادشده بیشتر تحت تأثیر دگرسانی فیلیک قرار گرفته‌اند و در برخی مواقع گذر دگرسانی فیلیک به پروپیلیتیک را نشان می‌دهند و مسئله کنترل ساختاری توسط گسل‌ها مشهود است. به گونه‌ای که می‌توان گفت تأثیر سیال‌های گرمابی در پی برشی شدن و تکتونیزه شدن در منطقه صورت گرفته است.

#### ۴-۷- دگرسانی سیلیسی

بر پایه بررسی‌های صحرایی پوش سنگ سیلیسی در منطقه، در بخش‌های بالایی دگرسانی آرژلیک و گاه فیلیک به‌چشم می‌خورد. بدین ترتیب که پس از شکسته شدن ساختار فلدسپارها و تبدیل آنها به کانی‌های رسی، سیلیس اضافی به‌صورت یک پوشش در بخش‌های بالایی نواحی دگرسانی یادشده ایجاد شده است. همچنین بر پایه مطالعات سنگ‌نگاری مشخص شد واحدهای کوارتز مونزونیت و داسیت پورفیر تحت تأثیر فرایند سیلیسی شدن قرار گرفته‌اند. گفتنی است این پدیده با فرایند کانه‌زایی همراه است و گاه عملکرد تأثیرات زمین‌ساختی و برشی شدن روی این سنگ‌ها دیده می‌شود (شکل ۱۳).

#### ۸- علت نبود پهنه دگرسانی پتاسیک در نمونه‌های سطحی منطقه

در بررسی‌های صحرایی و مطالعه مقاطع نازک هیچ اثری از هاله دگرسانی پتاسیک دیده نشد با توجه به این که این دگرسانی در کنار توده نفوذی نیمه ژرف قرار دارد و دارای مقادیری از ذخیره است، نبود تأثیرات این دگرسانی در سطح به‌عنوان فاکتوری مثبت و نشانه‌ای بر نبود تأثیر فرسایش در نظر گرفته می‌شود. این مسئله در بررسی‌های ژئوشیمیایی و نتایج تجزیه نمونه‌ها تأیید شده است (فرمینی ۱۳۸۸).

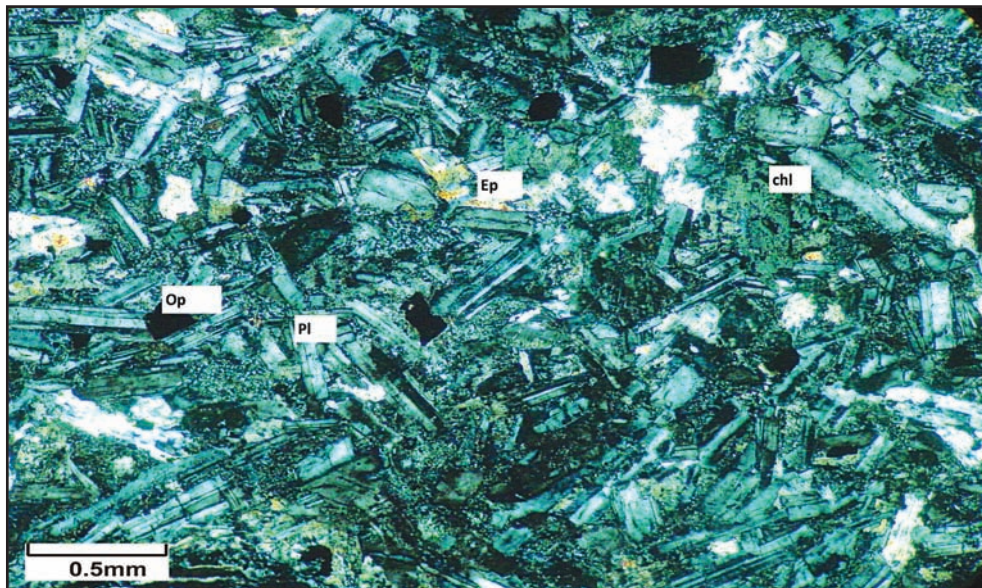
#### ۹- بررسی شعاع تأثیر و پهنه‌بندی هاله‌های دگرسانی به روش دورسنجی

برای تشخیص شعاع تأثیر و چگونگی هاله‌های دگرسانی در محدوده معدنی، تصاویر ماهواره‌ای مورد بررسی قرار گرفت بر این اساس مشخص شد که همه واحدهای سنگی موجود در محدوده معدنی تحت تأثیر سیال‌های گرمابی قرار گرفته‌اند که بر پایه نوع واحد سنگی و محل قرارگیری آن نسبت به ذخیره این تغییرات متفاوت است. شکل ۱۴ تصویر قلمروهای دگرسانی محدوده می‌باشد که به روش مؤلفه اصلی مورد پردازش قرار گرفته است، همان گونه که دیده می‌شود بخش‌های دارای کانی‌های هیدروکسیل‌دار که شامل پهنه فیلیک (به دلیل حضور سربست) و پهنه آرژلیک در بخش‌های مرکزی‌تر قرار دارد و پهنه غنی از اکسیدهای آهن یا پهنه پروپیلیتیک در حاشیه قرار دارد.

#### ۱۰- نشانه‌های آمیختگی ماگمایی و تأثیر آن در سیال‌های گرمابی در منطقه

در هنگام بررسی‌های سنگ‌نگاری در واحد آندزیت پورفیری در کهنک نشانه‌هایی از تفریق دست کم دو نوع ماگما در این محدوده دیده شد که از مهم‌ترین آنها می‌توان به حضور بافت غربالی، درشت‌بلورهای با حاشیه خلیجی و تفاوت تأثیر

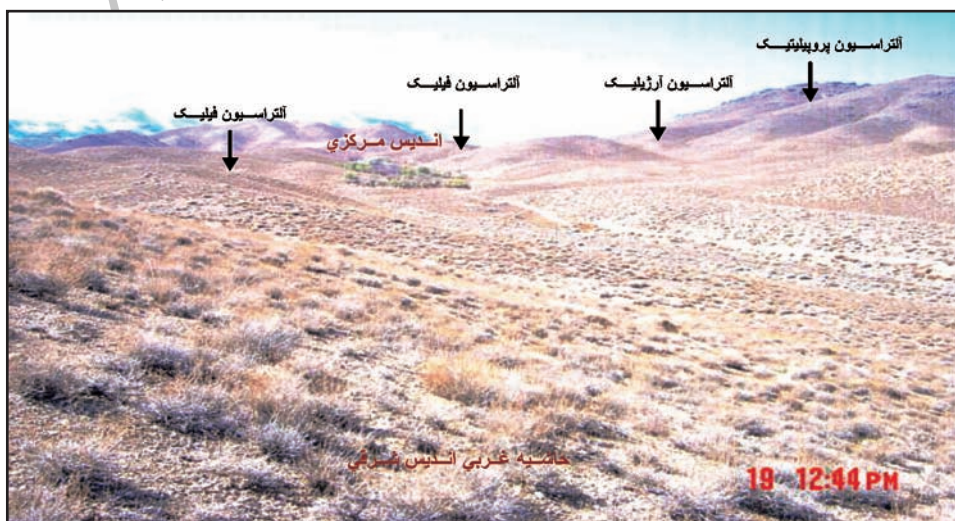




شکل ۱- نمایی از میکرودیوریت‌های برگرفته از دایک‌های منطقه که تحت تأثیر دگرسانی پروپلیتیک قرار گرفته‌اند و آثار آن را با حضور پلاژیوکلازهای سریستی شده و تبدیل شده به اپیدوت و کلریت نشان می‌دهند. کانی‌های کدر از نوع مگنتیت و تیتانومگنتیت هستند (نور xpl).



شکل ۲- تصویری از دایک‌های برشی (Breccia Dikes) در شمال خاور محدوده اکتشافی کهنک.



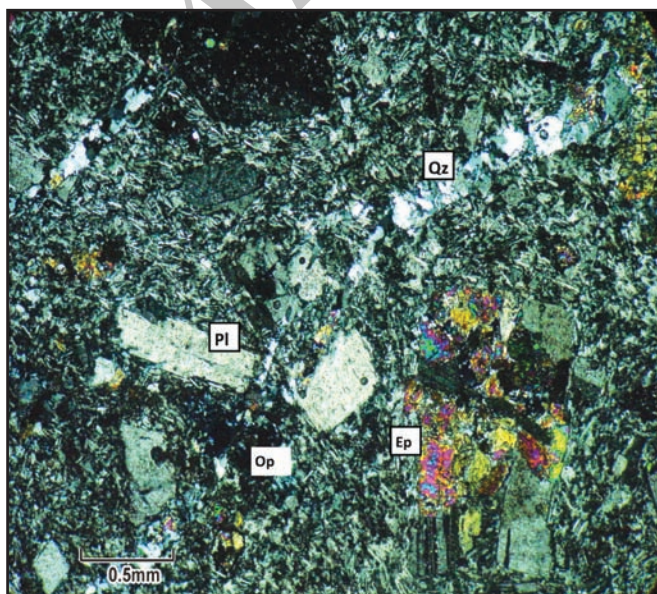
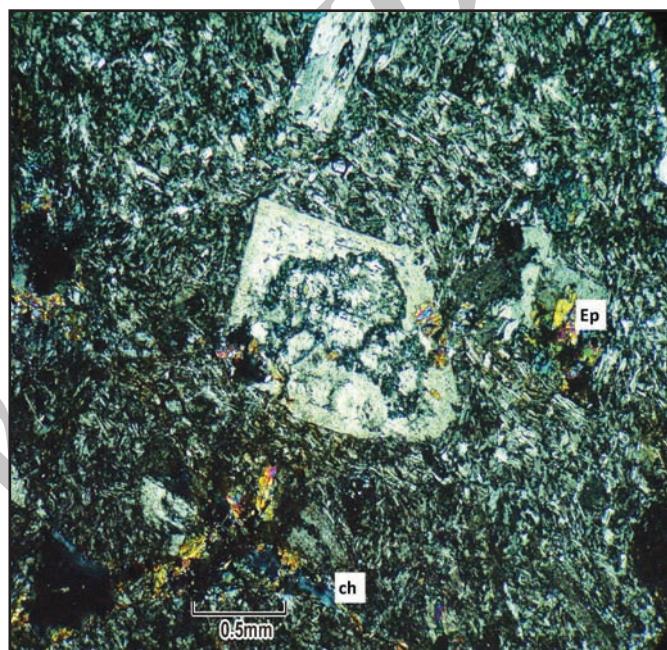
شکل ۳- پهنه‌بندی هاله‌های دگرسانی در سنگ‌های منطقه معدنی.





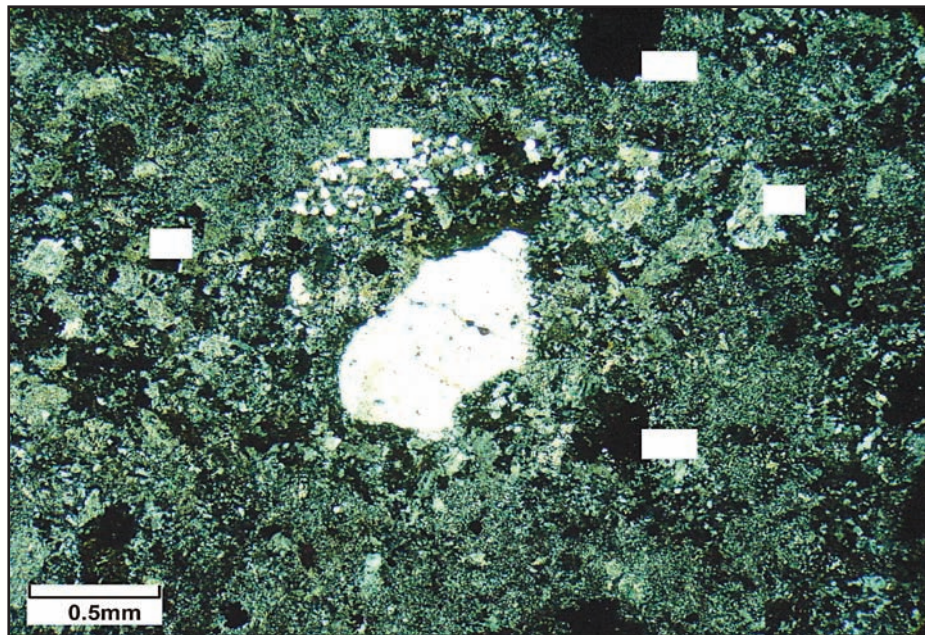
شکل ۴- شدت و تأثیر دگرسانی و برشی شدن در سنگ‌های منطقه معدنی.

شکل ۵- تأثیر دگرسانی پروپلیتیک در سنگ‌های آندزیت پورفیری با تبدیل پلاژیوکلاز به اپیدوت و کلریت و حضور رگچه‌های کوارتز ثانویه و کلریت آشکار است. بافت تمام بلورین با خمیره میکروولیتی بیانگر نیمه‌ژرف بودن سنگ‌های مورد مطالعه است (نور آنالیزور).

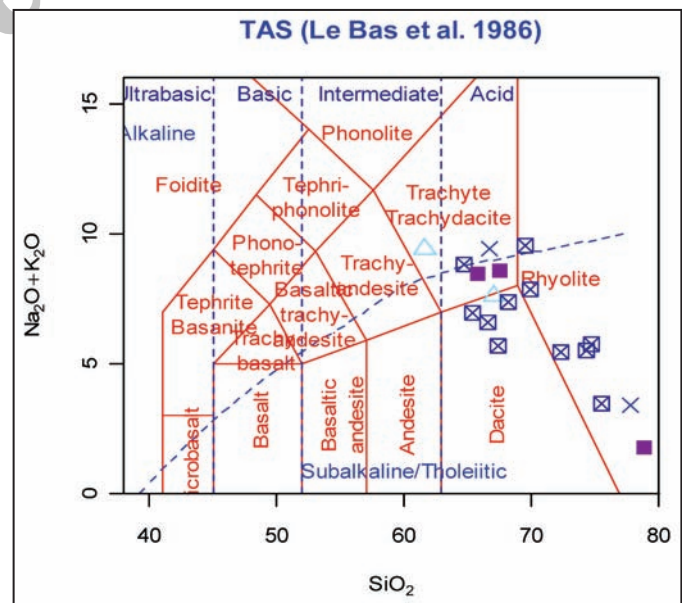
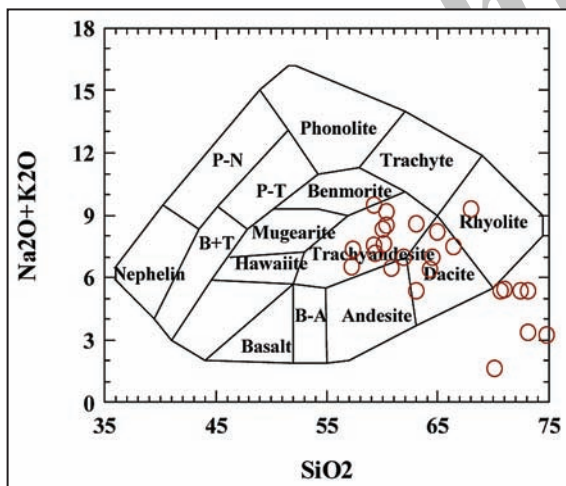


شکل ۶ - شواهد دگرسانی پروپلیتیک در سنگ‌های نیمه‌ژرف آندزیت پورفیری را نشان می‌دهد. همان‌گونه که دیده می‌شود بلورهای پلاژیوکلاز به اپیدوت و کلریت و آمفیبول‌ها به کلریت و اکسید آهن تبدیل شده‌اند (نور آنالیزور).





شکل ۷- پورفیرهای کوارتز اولیه با حاشیه خلیجی، پلاژیوکلاز و قالب کانی‌های مافیک پر شده با اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن در خمیره سرشار از کوارتز ثانویه، کانی‌های رسی، سربیسیت و کانی‌های کدر و به همراه مالاکیت و ژاروسیت در داسیت پورفیری.

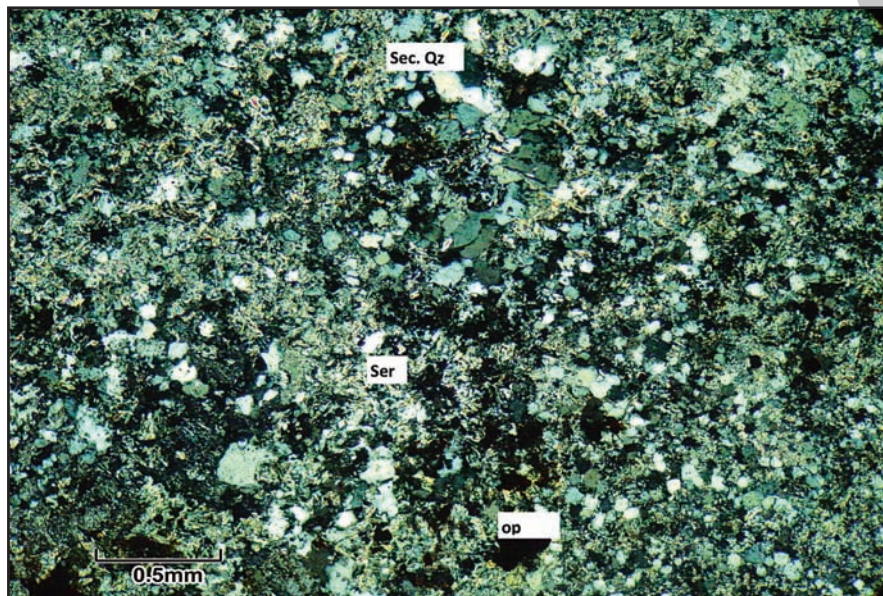
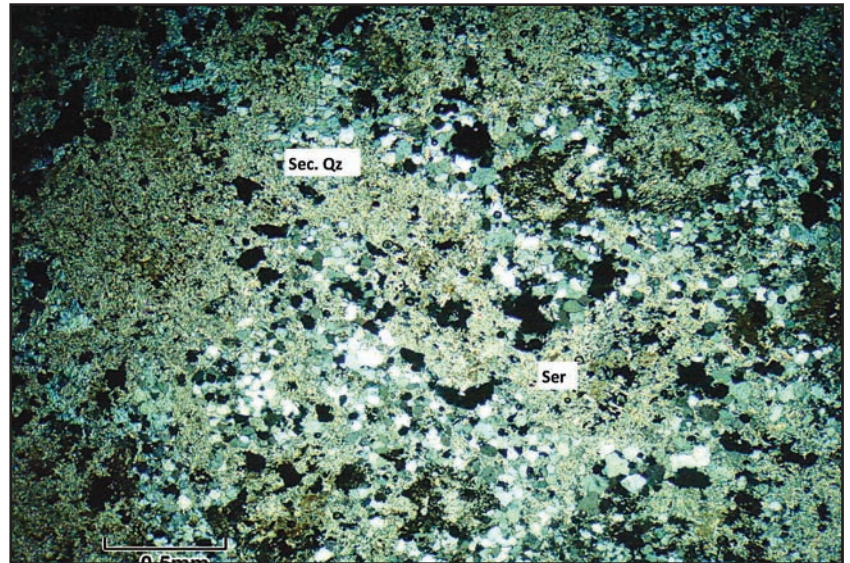


شکل ۹ - در نمودار Cox et al. (1979) که بر پایه نسبت  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$  رسم شده‌اند؛ افت شدید اکسیدهای قلیایی در سنگ‌های داسیتی و تراکی آندزیتی و رپولیتی منطقه بیانگر خروج سدیم و پتاسیم در اثر رسی شدن فلدسپار است.

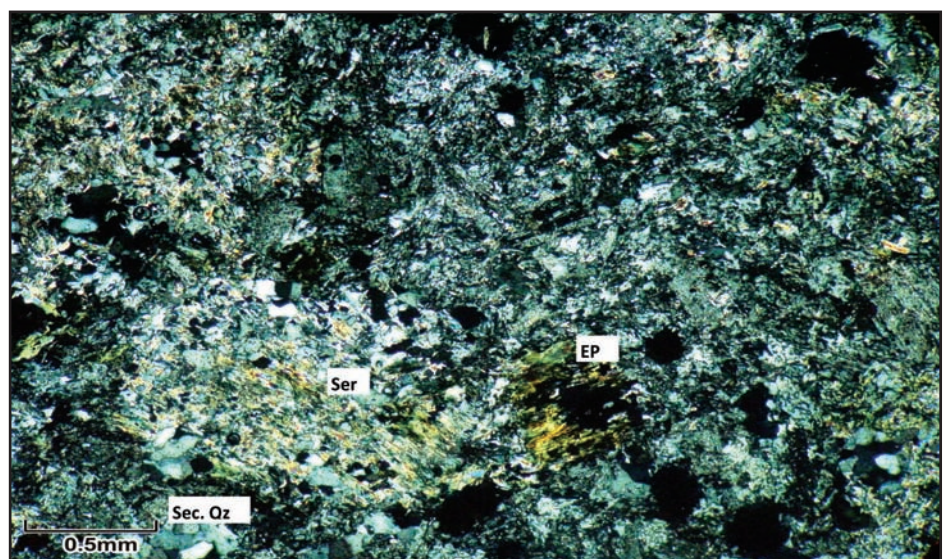
شکل ۸ - در نمودار تاس (Lebas et al. 1986) که بر پایه نسبت اکسیدهای قلیایی به سیلیس رسم می‌شود؛ افت شدید این اکسیدها نشان از تأثیر دگرسانی آرژیلیک در واحدهای سنگی تراکی داسیت، داسیت و رپولیت در منطقه است.



شکل ۱۰- دگرسانی فیلیک با تبدیل پلاژیوکلازها به سریسیت در خمیره سرشار از کوارتز، سریسیت و کانی کدر در یک سنگ آذرین نیمه ژرف با ترکیب داسیت دیده می شود (نور XPL).

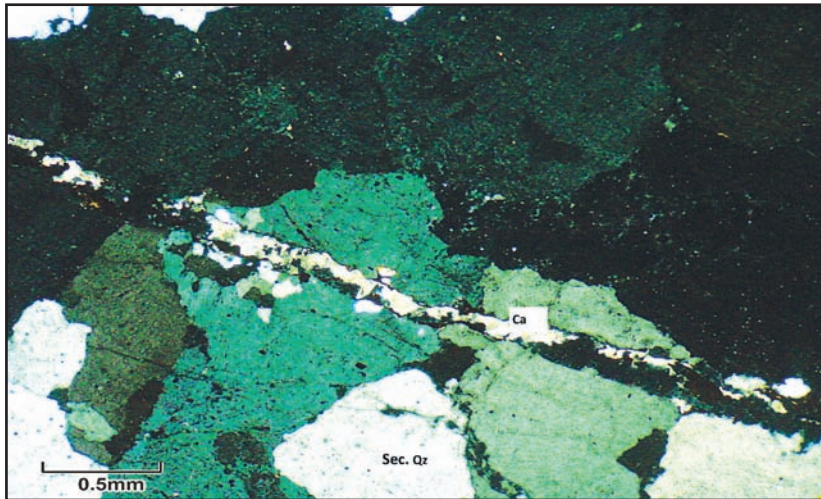


شکل ۱۱- دگرسانی فیلیک در یک سنگ آذرین اسیدی آتشفشانی تا نیمه ژرف با بافت پورفیریکی تا میکروگرانولار با تبلور بلورهای سریسیت، کوارتز ثانویه و کانی های کدر فراوان (نور XPL).

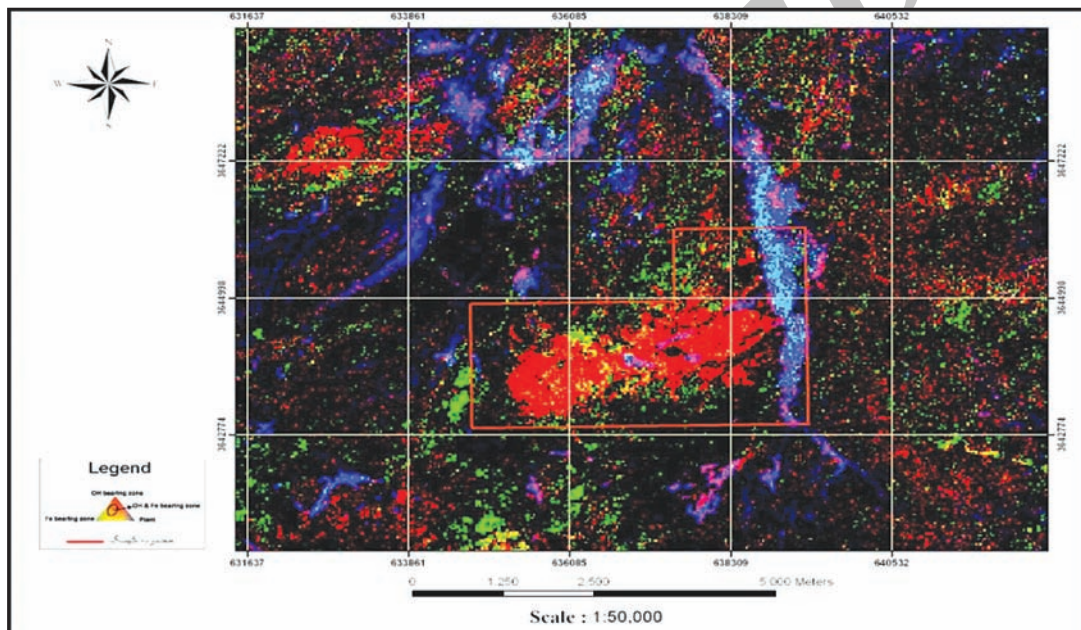


شکل ۱۲- گذر از دگرسانی فیلیک به پروپیلیتیک در یک میکروگرانیت برشی شده با رشد بلورهای سریسیت در کنار کوارتز ثانویه، اپیدوت و کلریت (نور XPL).

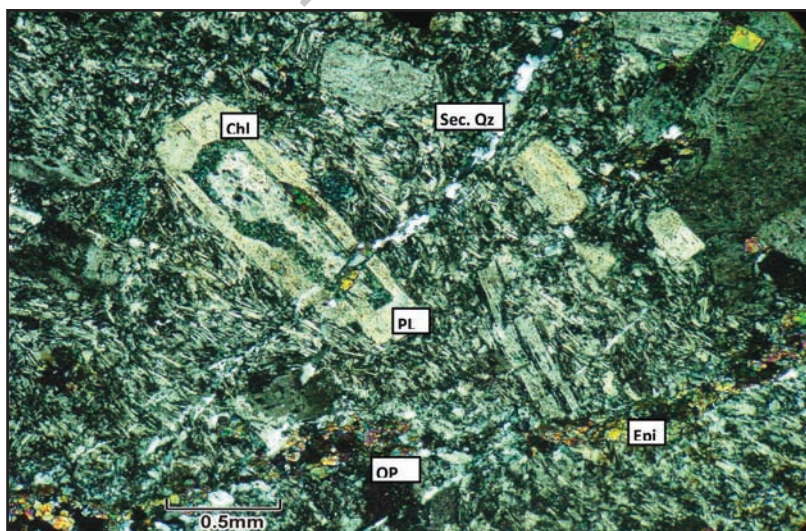




شکل ۱۳- نمونه‌ای از دگرسانی سیلیسی در منطقه کهنک که حاصل آن تشکیل کوارتزهای درشت‌بلور ثانویه و نیز رگچه‌های دارای کلسیت و کانی‌های فلزی در امتداد شکستگی‌ها بوده است (نور آنالیزور).



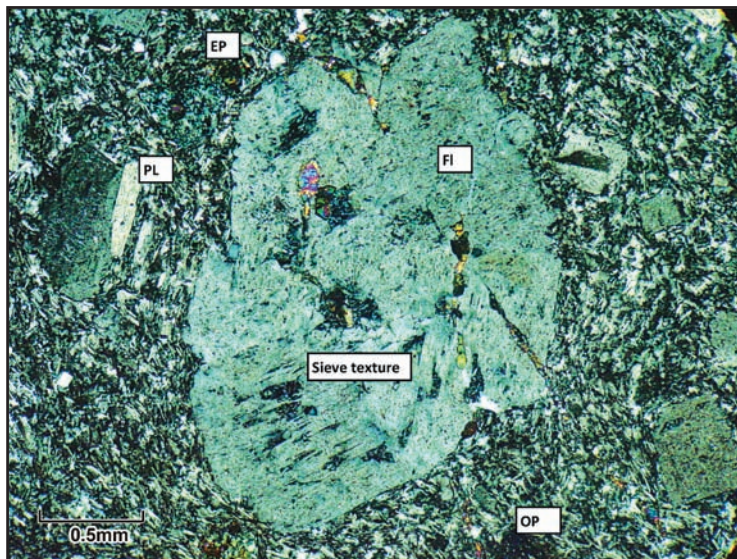
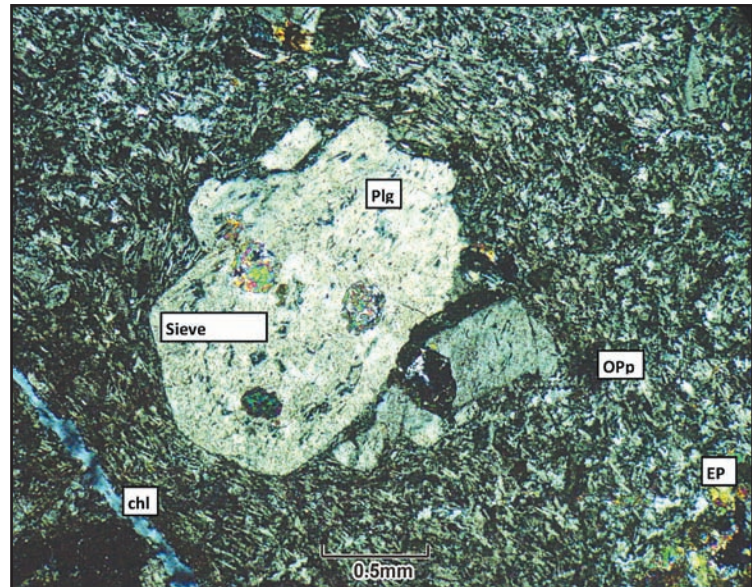
شکل ۱۴- در این تصویر با روش مؤلفه اصلی و تلفیق ترکیب باندهای مختلف، یک نمای کلی از منطقه نشان داده شده است که با کمک آن می‌توان تأثیر سیال‌های گرمابی و دگرسانی را بر واحدهای سنگی منطقه مشاهده کرد (نواحی رس‌دار و کانی‌های دارای یون هیدروکسیل با رنگ سرخ، مناطق آهن‌دار با رنگ سبز و پوشش گیاهی با رنگ آبی مشخص شده است).



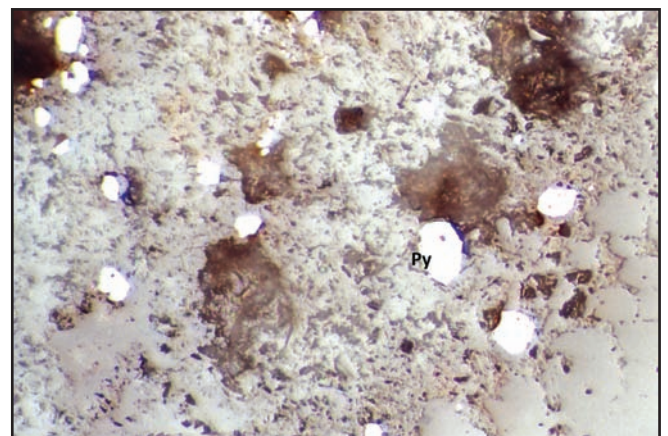
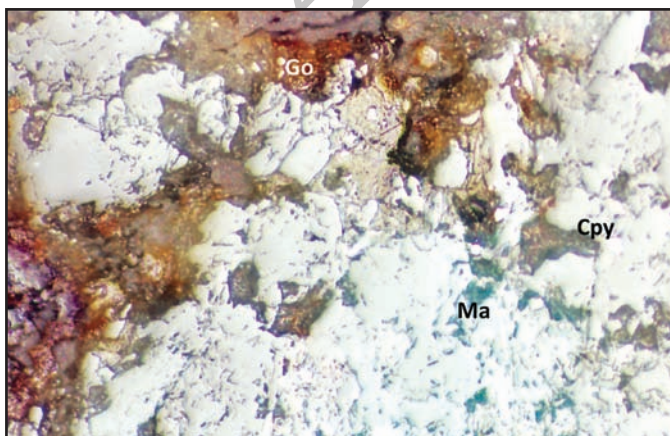
شکل ۱۵- نمونه‌ای از آندزیت‌پورفیری که همزمان با زمین‌ساخت تحت تأثیر دگرسانی پروپیلیتیک نیز قرار گرفته و بافت پورفیری جریان‌ی را نشان می‌دهد؛ کانی‌های حاصل از دگرسانی، اپیدوت و کلریت هستند و تشکیل رگچه پر شده از بلورهای کوارتز ثانویه ناشی از عملکرد زمین‌ساخت است. پهنه‌بندی نوسانی پلاژیوکلاز ناشی از آمیختگی ماگمایی است (نور آنالیزور).



شکل ۱۶- تصویر بافت غربالی، جهت یافتگی میکروولیت‌های پلاژیوکلاز، کانی‌های اپیدوت و رگچه‌های کلریتی در واحد آندزیت پورفیری که تحت تأثیر دگرسانی پروپیلیتیک قرار گرفته‌اند (نور آنالیزور).



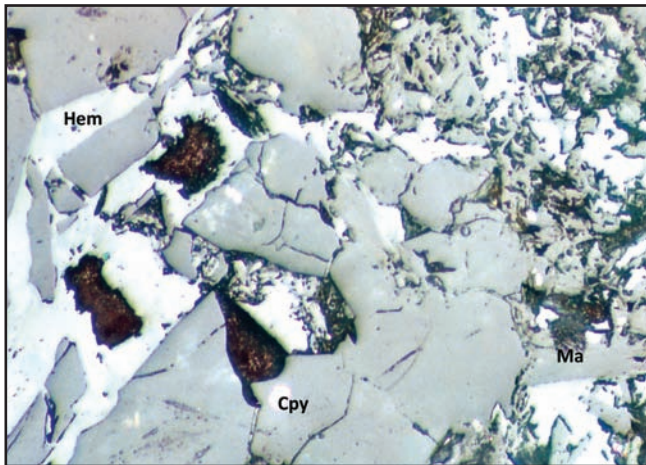
شکل ۱۷ - در این شکل بافت غربالی در بلور فلدسپار، بلورها و رگچه‌های اپیدوتی و کلریتی آشکارا دیده شود (نور آنالیزور).



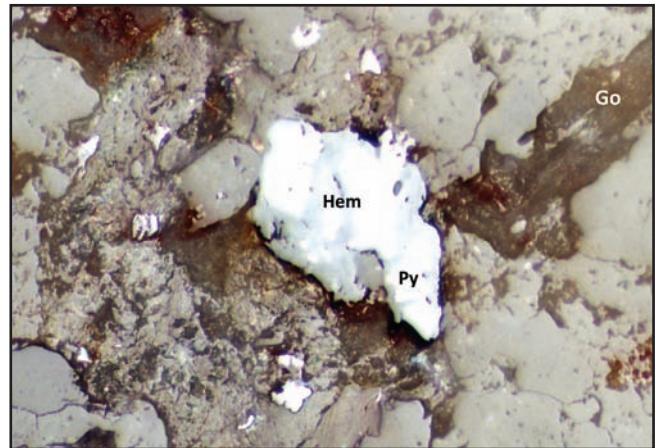
شکل ۱۹ - در این تصویر کالکوپیریت در کنار مالاکیت و گوتیت دیده می‌شود.

شکل ۱۸- در این تصویر دو نسل کانی‌های سولفیدی دیده می‌شود به گونه‌ای که می‌توان پیریت‌های سالم و غیر هوازده را در کنار گوتیت دید.

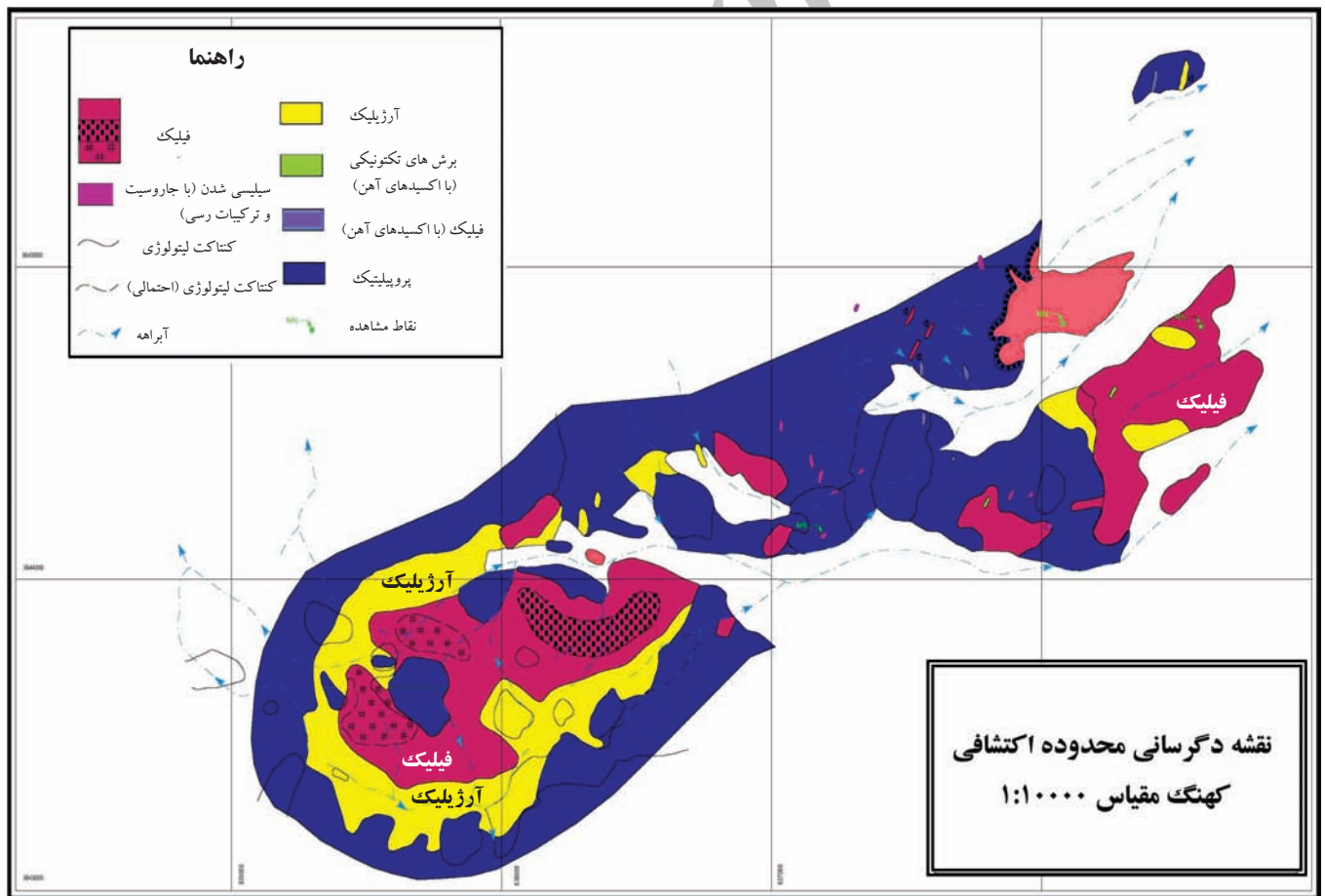




شکل ۲۱- این شکل نشان از حضور دو نسل کانه‌های سولفیدی بوده به گونه‌ای که کانه‌های مالاکیت و گوتیت حاصل دگرسانی کانه‌های سولفیدی نسل اول در کنار پیریت و کالکوپیریت نسل دوم دیده می‌شود.



شکل ۲۰- در این شکل کانه‌های پیریت که از حاشیه به هماتیت تبدیل شده‌اند و همچنین کانه گوتیت قابل مشاهده است.



شکل ۲۲- نقشه دگرسانی کهنگ



جدول ۱- واحدهای سنگ شناختی محدوده اکتشافی کهنک

واحد لیترولژی	نوع دگرمتی موثر بر آن	سن واحد لیترولژی
گلزله های آندزیتی	پرولپتیک	اتوسن
تندزله های پورفیری	مگما هیدرو یا آندزیت آرزولیک و در قسمتهای داخلی تریا آندزیت فلیک دیده میشود	اتوسن بالایی
سنگهای آتشفشانی برشی شده	فلیک و آرزولیک	میوسن پایینی
طسبت های پورفیری	در بیشتر مواقع دگرمتی فلیک بر آن تاثیر گلخته است	میوسن میانی
میکرودیوریت	فلیک و پرولپتیک	میوسن بالایی
کوارتز مونزونیت	فلیک و پرولپتیک	میوسن بالایی

جدول ۲- مقایسه ذخیره کهنک با برخی از ذخایر مس پورفیری در ارومیه- دختر

نام کانسار	سرچشمه	سونگون	محدوده اکتشافی کهنک	ویژگی های کانسارهای Mo و Cu پورفیری
سنگ درون گیر	آندزیت ها، توده نفوذی، دایک ها و گدازه های داسیتی اتوسن	سنگ های آتشفشانی اتوسن و نیمه آتشفشانی الیگوسن	آندزیت ها، آندزیت پورفیرا داسیت ها و ریوداسیت پورفیری	سنگ های آتشفشانی تا نیمه آتشفشانی حدواسط
ترکیب سنگ نفوذی	گرانودیوریت پورفیری، دیوریت کوارتز دار	گرانیت، گرانودیوریت و میکرومونزونیت	کوارتز مونزونیت، دیوریت و میکروگرانیت پورفیری	گرانودیوریت ها، مونزونیت ها کوارتز مونزونیت ها، دیوریت ها و حتی گاه سینیت ها و گرانیت ها
شکل توده نفوذی	استوک نفوذی	استوک نفوذی	احتمالاً استوک نفوذی	استوک و گاه بخش های بالایی یک باتولیت
سن توده نفوذی	میوسن	الیگومیوسن	میوسن	بیشتر در محدوده زمانی مزوزویک و سنوزویک یافت می شود
انواع دگرسانی	پتاسیک، فلیک، آرزولیک، پروپلیتیک	پتاسیک، فلیک، آرزولیک، پروپلیتیک	فلیک، آرزولیک، پروپلیتیک	پتاسیک، فلیک، آرزولیک، پروپلیتیک
شکل های کانی سازی	افشان و استوک ورک	افشان و استوک ورک	افشان و استوک ورک	افشان و استوک ورک
نشانه های صحرایی	پهنه های دگرسانی برش های گرمابی دایک های قله سنگی	پهنه های دگرسانی برش های گرمابی دایک های قله سنگی	پهنه های دگرسانی، برش های گرمابی، دایک های قله سنگی	پهنه های دگرسانی، برش های گرمابی، دایک های قله سنگی
بررسی های ژئوفیزیکی	در اکتشاف این توده معدنی از روش های ژئوفیزیکی استفاده شده است.	در اکتشاف این توده معدنی از روش های ژئوفیزیکی استفاده شده است.	در مراحل اولیه اکتشاف از روش های مغناطیس سنجی و IP استفاده شده است.	با توجه به حضور کانه های سولفیدی و رگچه های کوارتز مگنتیتی در این محدوده های کانساری می توان از روش های IP و مغناطیس سنجی در مراحل اکتشاف استفاده کرد.
تأثیر هوازدگی	کانه های سولفیدی بخش های سطحی اکسید شده اند و در ژرفا پهنه پروتازاد دارد.	کانه های سولفیدی بخش های سطحی اکسید شده اند و در ژرفا پهنه پروتازاد دارد.	کالکوپیریت در بخش های سطحی توسط مالاکیت جایگزین شده و اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن جایگزین پیریت شده اند. گپ های سیلیسی در برخی نقاط به چشم می خورند. با توجه به نشانه های موجود احتمال حضور پهنه پروتازاد در ژرفا وجود دارد.	بر اثر هوازدگی کانه های بخش های سطحی اکسید شده و ترکیبات مس شسته شده و سبب ایجاد پهنه پروتازاد در ژرفا می شود.
کانه ها	کالکوپیریت، پیریت مس مولیبدنیت، اسفالریت گالن، بورنیت، کالکوزیت کولیت، مالاکیت	کوپریت، مگنتیت، هماتیت دیژنیت، روتیل، مس کالکوپیریت، پیریت مولیبدنیت، اسفالریت گالن، بورنیت، کالکوزیت کولیت، مالاکیت	مالاکیت، مگنتیت، پیریت کالکوپیریت، گوتیت، لیمونیت ژاروسیت، هماتیت ایلمنیت دار اسفالریت	کالکوپیریت، پیریت، مالاکیت، آزوریت گالن، بورنیت، کالکوزیت، کولیت مولیبدنیت، اسفالریت، انارژیت کوپریت، مگنتیت، هماتیت
عیار و تناژ	عیار میانگین این کانسار درصد ۱۰۰۰/۱۳ و مقدار تناژ آن بیش از ۱۰۰۰ میلیون تن برآورده شده است.	عیار میانگین مس در این کانسار در حدود ۷/۰ درصد است.	نامشخص	میزان عیار به طور میانگین میان ۴/۰ تا ۱ درصد و در بیشتر موارد متغیر است مقدار تناژ در بیشتر موارد میان ۵۰ تا ۵۰۰ میلیون تن است.

## کتابنگاری

- آدابی، م. ح. و کریم‌پور، م. ح.، ۱۳۸۱- نام‌گذاری و طبقه‌بندی جامع سنگ‌های رسوبی، آذرین و دگرگونی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۷۲ صفحه.
- اسدی‌هارونی، ه.، ۱۳۸۵- گزارش مطالعات زمین‌شناسی محدوده اکتشافی کهنک.
- حسنی‌پاک، ع. ا.، ۱۳۷۷- اصول اکتشافات ژئوشیمیایی (مواد معدنی)، انتشارات دانشگاه تهران.
- درویش‌زاده، ع.، ۱۳۷۰- زمین‌شناسی ایران، انتشارات امیرکبیر، ص ۹۰۸.
- علیرضایی، س.، ۱۳۷۸- زمین‌کانسارها (ترجمه)، انتشارات دانشگاه امیرکبیر، ۱۱۵۵ صفحه.
- فرمهبینی‌فراهانی، م.، ۱۳۸۷- مطالعات زمین‌شناسی، ژئوشیمی و کانی‌شناسی محدوده اکتشافی کهنک، رساله دکترا، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، ۲۴۷ صفحه.
- فرمهبینی‌فراهانی، م.، ۱۳۸۸- بررسی های ژئوشیمیایی در محدوده اکتشافی کهنک، فصلنامه علوم‌زمین، شماره ۷۳.
- فرمهبینی‌فراهانی، م.، ۱۳۹۱- نتایج مطالعات دورسنجی و علل بررسی هاله‌های مرکب در محدوده اکتشافی کهنک، فصلنامه علوم‌زمین، شماره ۸۱.
- کریم‌پور، م. ح.، ملک‌زاده، آ. و حیدریان، م. ر.، ۱۳۸۴- اکتشاف ذخایر معدنی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۶۳۲ صفحه.
- مهرابی، ف.، ۱۳۷۴- کانی‌های سنگ‌ساز در مقطع نازک، ترجمه کتاب *Rock-forming Minerals in Thin Section* (Pichler & Schmitt-Riegraf 1995)، انتشارات دانشگاه شیراز، ۴۶۳ صفحه
- مهرپرتو، م. و حلمی، ف.، ۱۳۷۹- پیش‌درآمدی بر اورمیکروسکوپی کاربردی، ترجمه کتاب *Introduction to practical ore microscopy*، نوشته Ineson (2000)، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۷۵ صفحه
- نوی، م. ح.، ۱۳۵۵- دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران.

## References

- Cox, K. G., Bell, J. S. & Pankhurst, R. J., 1979-*The Interpretation of Igneous Rocks*: Allen and Unwin, London, 450 p.
- Förster, H., Fesefeldt, K. & Kürsten, M., 1972- Magmatic and orogenic evolution of the central Iranian volcanic belt, in 24th International Geologic Congress, edited by J. E. Armstrong, and H. D. Hedberg, pp. 198–210, Int. Geol. Congr., Montreal, QC, Canada.
- Kaufman, H., 1988- Mineral exploration along the Aqaba-Levanat structure by use of TM data, concepts, processing and results. *International Journal of Remote Sensing*, 9, 1630-1658.
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A. & Zanettin, B., 1986- A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology* 27, 750–745 pp.
- Middlemost, E. A. K., 1994 - Naming Materials in the magma, igneous rock system p. 215-224.



## The Investigation of Alteration Zones and Magma Mixing In Exploration Kahang Area

M. Farmahini Farahani <sup>1\*</sup>, A. Khakzad <sup>2</sup>, H. Asadi Harooni <sup>3</sup> & M. H. Emami <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Assistant Professor, Islamic Azad University, Karaj Branch, Karaj, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Assistant Professor, Industrial University of Esfahan, Esfahan, Iran

<sup>4</sup> Associate Professor, Islamic Azad University, Eslam-Shahr Branch, Tehran, Iran

Received: 2012 June 13

Accepted: 2013 May 08

### Abstract

Kahang copper and molybdenum mine is located in Esfahan province and 10 Km far from the east of Zefreh town that is on Urumieh-Dokhtar volcanoplutonic belt. The Kahang region is an alteration and breccia zone. Generally, hydrothermal fluids have affected more than % 90 of rocks of this region. These alteration are related to Copper (Cu) and Molybdenum (Mo) porphyry deposits. Most of the rocks are acidic, semi acidic and sub volcanic. Several kinds of alteration are observable in kahang as propylitic, argilic, silisification and phyllic. The basic oxides were highly decreased in dacite and rhyodacites of exploration area. This is an evidence of argilic alteration effect on the rock units considering that main deposit is not affected by erosion, placed in depth and potassic alteration is not exposed at surface. In study of existing alteration several methods such as remote sensing, studying of thin section and the chemical analysis of samples were used. Another issue that has taken into consideration in this paper is the magma mixing. This subject is confirmed by petrographic evidence such as sieve texture, corroded rims in primary phenocryst quartz, and hydrothermal effects on plagioclases especially in porphyritic andesites. Moreover, the extensive acidic rocks, notable alteration expanse, and also two generations of mineralization reveal assimilation in the studied area. This text has examined the similarities between Kahang and other porphyries in the Urumieh-Dokhtar zone.

**Keywords:** Alteration, Phyllic, Argilic, Propylitic, Silisification, Hydrothermal Fluid, Magma Mixing, Sieve Texture, Porphyry, Remote Sensing.

For Persian Version see pages 183 to 194

\*Corresponding author: M. Farmahini Farahani; E-mail: fm\_farahani@yahoo.com

Archive of SID