



## کانه‌زایی طلا در پهنه‌برشی شکل‌پذیر کرویان (جنوب باختر سقز-کردستان)

نویسنده: سید مهران حیدری، دکتر ابراهیم راستاد، دکتر محمد محجل و سیدمحمدجواد شمسا

### Gold Mineralization in Ductile Shear Zone of Kervian (Southwest of Saqez- Kordestan Province)

By: S. M. Heidari, Dr. E. Rastad, Dr. M. Mohajjel & S. M.J. Shamsa

#### چکیده

کانسار طلاي کرویان، در بخش شمال‌باختری پهنه سنندج سیرجان و در جنوب باختر سقز قرار دارد. واحدهای سنگی رخنمون شده در منطقه، با امتداد شمال‌خاور- جنوب باختر، شامل يك توالی از سنگهای دگرگون شده در رخساره شیست‌سبز، متشکل از واحدهای آذرین و رسوبی می‌باشند که زمان تشکیل آن را به مزوزویک نسبت می‌دهند. تمرکز کان‌زایی طلا در منطقه کرویان در پهنه‌ای به طول بیش از 2/5 کیلومتر، پهنای متوسط 60 متر و با ژئومتری عدسی شکل در راستای پهنه برشی شکل‌پذیر رخ داده است که در اینجا، برای اولین بار در ایران معرفی می‌گردد. مجموع واحدهای سنگی در منطقه مورد مطالعه، تحت تأثیر پهنه‌های برشی شکل‌پذیر با امتداد شمال‌خاور جنوب‌باختر با شیئی متوسط به سمت شمال خاور، دگرشکل شده و ساختارها و فابریکهای متفاوت به خود گرفته‌اند. تمامی واحدهای سنگی رخنمون شده در منطقه، شدت دگرشکلی یکسانی ندارند و از واحدهای کمتر دگرشکل شده (پروتومیلونیت) تا واحدهای به شدت دگرشکل (میلونیت و اولترامیلونیت) در منطقه مشاهده می‌شود. فابریکهای برشی C و S و درزه‌های حاصل از کشیدگی، محصول دگرشکلی است که در واحدهای سنگی رخنمون شده در پهنه برشی شکل‌پذیر کرویان، قابل تشخیص هستند.

سنگهای در برگرفته این پهنه، به‌طور عمده از سنگهای آتشفشانی اسیدی و بازی دگرگون شده کاملاً دگرشکل همراه با برگرارگی میلونیتی تشکیل شده است که در پهنه برشی شکل‌پذیر کرویان تحت تأثیر دگرسانی قرار گرفته‌اند. شدت و نوع دگرسانی در واحدهای سنگی مختلف، متفاوت است. از مهم‌ترین دگرسانیها می‌توان دگرسانیهای سرسیتی، کلریتی، سیلیسی، سولفیدی و کربناتی شدن را نام برد.

کانی‌شناسی ماده معدنی بسیار ساده و به‌طور عمده از پیریت، پیریت‌های آرسنیک‌دار، طلاي آزاد و به‌ندرت از کالکوپیریت تشکیل شده است که کانیهای مانند کوارتز، فلدسپار، انواع میکاها و کربنات‌ها آنها را همراهی می‌کنند.

طلا در ابعاد چند میکرون تا 30 میکرون، به‌صورت آزاد همراه با کوارتز و همچنین همراه با پیریت به‌صورت میانبار و یا هم‌رشد با آن (به ابعاد >5 میکرون) مشاهده می‌شود که به‌طور هم‌زمان با دگرشکلی، در فابریکهای C و S و درزه‌ها در واحدهای میلونیتی به شدت دگرسان شده (سیلیسی، سولفیدی و کربناتی) تمرکز یافته است.

شواهد صحرایی و مطالعات آزمایشگاهی، تشکیل و کان‌زایی طلا در منطقه مورد مطالعه را در کنترل عواملی همچون پهنه‌های برشی شکل‌پذیر، شدت دگرشکلی (فابریکهای اولترامیلونیت و میلونیت) و شدت دگرسانی گرمایی (سیلیسی و سولفیدی) نشان می‌دهد.

بر اساس شواهد موجود و مقایسه ویژگیهای کانسار طلاي کرویان با کانسارهای طلاي پهنه‌های برشی، کانسار طلاي کرویان بیشترین شباهت را با این تیپ از خود نشان می‌دهد.

**کلید واژه‌ها:** طلاي کرویان، پهنه‌برشی شکل‌پذیر، میلونیت، دگرشکلی، دگرسانی، سقز

#### Abstract

Gold bearing metamorphosed and deformed rocks (of green schist facies) are exposed in NE-SW trending





shear zone, about 25 km southwest of Sagez in Kordestan province.

The protolith ore, supposed to be mafic and mostly acidic volcanic and sedimentary rocks (phyllite, re-crystallized limestone, metaferrodolomite), was intruded by several granitic plutons. Shallow to moderately dipping mylonite foliation towards NW and stretching lineation plunging to the N20°E on the foliations imply that mylonites and ultra-mylonites were produced during oblique reverse left lateral tectonic regime. Hydrothermal alteration is both spatially and temporally associated with development of ductile shear zone.

The major types of alteration include sericitization, chloritization, silicification, sulfidation and carbonatization. Among them, sericitization and chloritization are pervasive; whereas, silicification, sulfidation and carbonatization are usually limited to the inner zone of altered shear zone and in close relation with the intensity of deformation. Two planar fabrics (S and C) of different morphology are recognized in the shear zone of Kervian gold field. These fabrics appear contemporary with deformation in Kervian's ductile shear zone.

The main mineralization zone, with lensoidal geometry, is about 2500 m long and 60 m wide, on average. The ores, predominantly auriferous hydrothermally altered mylonites, have been over printed by intense hydrothermal alteration. Gold, existing along the shear fabrics either in the native form or in composition with sulfide such as pyrite and arseno-pyrite, was deposited due to ductile shearing and strong alteration.

Final emplacement of gold is an integral part of hydrothermal alteration system, i.e., the major auriferous minerals were deposited in association with hydrothermal alteration. Formation and occurrence of gold field are controlled by ductile shear zone, intensity of deformation and associated hydrothermal alteration. Based on present evidences and comparison with other gold types in the World, the characteristics of Kervian gold deposit are similar to ductile shear zone type gold mineralization.

**Key words:** Kervian Gold deposit, Ductile Shear zone, Mylonite, Deformation, Alteration, Sagez

## مقدمه

کرت استیو، 1998؛ ویلکنسون و دیگران، 1999؛ بیرلین و ماهر، 2001).

شایان ذکر است که کانسار طلای کرویان در بخش شمال‌باختری پهنه سنندج- سیرجان، معدن طلای موته در بخش مرکزی و کانسار طلای زرتشت در بخش جنوب‌خاوری آن واقع شده‌اند و کانسار کرویان اولین نمونه از کانه‌زایی طلای نوع برشی در ایران است که معرفی می‌گردد. لذا مطالعه آن می‌تواند به عنوان الگویی برای اکتشاف رخدادهای مشابه در پهنه‌های برشی واقع در پهنه سنندج سیرجان و حتی در سایر زونهای ساختاری ایران، مورد استفاده قرار گیرد.

### زمین‌شناسی

توالی چینه‌ای منطقه با امتداد شمال خاور - جنوب باختر (تصویر 2) شامل مجموعه‌ای از سنگهای رسوبی و آتشفشانی دگرگون شده می‌باشند که تحت تأثیر پهنه‌های برشی با امتداد شمال‌خاور- جنوب‌باختر با شیئی متوسط به سمت شمال‌باختر تغییر شکل یافته‌اند (تصویر 3) و شامل فیلیت‌ها و آهک‌های بلورین (رسوبات پلیتی و آهکی دگرگون‌شده)، دولومیت‌های آهن‌دار، کوارتزیت و مجموعه آتشفشانی شامل آتشفشانیهایی فلسیک و بازیک دگرگون شده می‌باشند (تصویر 3) که زمان تشکیل آنها به مزوزویک، بویژه کرتاسه نسبت داده شده است (محجل، 1381).

حضور توده‌های گرانیتویدی در محدوده کانسار (تصویر 2) از مشخصات بارز منطقه مورد مطالعه و ناحیه‌ای است که در آن واقع شده است که خود نشان از گرادیان زمین گرمایی بالای

کانسار طلای کرویان در 25 کیلومتری جنوب باختر سقز در استان کردستان قرار دارد (تصویر 1).

تاریخچه مطالعه و بررسی کانسارهای طلای مرتبط با پهنه‌های برشی در ایران جز در مناطق معدنی طلای موته رشیدنژادعمران (1381) و در کردستان، در ناحیه آلت، باینجوب و تیژتیژ (اکتشافات سیستماتیک ژئوشیمیایی- حسنی پاک، 1377-1378) و کرویان محجل و شمس (1380) اطلاعات علمی چندانی در رابطه با این نوع از کانه زایی طلا گزارش نشده است.

محدوده مورد مطالعه از نظر تقسیم بندی ساختاری، در بخش شمال باختری پهنه سنندج- سیرجان و در زیر پهنه با دگرشکلی پیچیده (محجل و سهندی، 1378) واقع شده است. این منطقه از نظر رخدادهای زمین ساختی- ماگمایی، دستخوش رویدادهای حاصل از باز و بسته شدن اقیانوس نتوتتیس (فازکششی و تراکمی) شده که از اواخر پالئوزویک تا دوران سوم ادامه داشته است به گونه‌ای که تأثیر آن موجب دگرگونی ناحیه‌ای، فرورانش، ماگماتیسم کلسیمی- قلیایی و برخورد صفحه عربی و ایران در اوایل تریشری شده است پیامد این امر، به صورت ایجاد پهنه‌های برشی (شکل پذیر و شکننده) همراه با بالا آمدگی ناحیه‌ای نمود یافته (محجل، 2003) و محیط مناسبی برای تشکیل کانسارهای طلای تیپ کوهزایی فراهم آورده است (ساوکینز، 1990؛ فوستر، 1993؛ چاو و یانگ، 1995؛ کنتونومی، 1997؛ گرووز و دیگران، 1998؛ گلدفارب و دیگران، 1998؛





بعدي دگرشکل‌ی حذف شده اما اثرات این مرحله، گاه دیده می‌شود.

این مرحله از دگرشکلی همزمان با دگرگونی، باعث گسترش برگواره نسل اول (S1) به صورت شیستوزیته در شیستها شده است که با تشکیل نوارهای کانیه‌های روشن (کوارتز و فلدسپار) و کانیه‌های تیره (بیوتیت و کلریت) در بخش‌هایی که به شدت دگرشکل و دگرسان نشده‌اند، قابل تشخیص است.

#### • دگرشکلی مرحله دوم

دومین مرحله دگرشکلی ( $D_2$ )، در واقع مهم‌ترین مرحله در منطقه مورد مطالعه است. بر اثر توسعه و گسترش این دگرشکلی، شدیدترین تغییرات ساختاری در منطقه رخ داده است، به گونه‌ای که روند عمومی واحدهای رخنمون یافته، چینها، ساختارهای میلوئیتی و برگوارگی غالب منطقه که بیانگر یک دگرشکلی شدید و پیش‌رونده است (پشنیر و ترو، 1998) را باعث شده است.

در این مرحله دگرشکلی، پهنه‌های برشی شکل‌پذیر بوجود آمده‌اند (محجل و شمس، 1380). این پهنه‌ها حرکتی مایل لغز داشته و در آنها قطعه شمالی به صورت مایل لغز معکوس بر روی قطعه جنوبی حرکت کرده است.

#### • دگرشکلی مرحله سوم

دگرشکلی مرحله سوم، جوان‌ترین دگرشکلی است و ساختارهای حاصل از آن در شرایط دگرشکلی شکننده به وجود آمده‌اند. این دگرشکلی باعث شکل‌گیری ریخت شناسی کنونی منطقه شده است. ساختارهای این دگرشکلی، بیشتر به صورت گسل دیده می‌شود (تصویر 2) که مهم‌ترین آنها گسل‌های معکوس و رانندگی با روند شمال خاور- جنوب باختر بوده و باعث بالا آمدن و رخنمون شدن واحدهای سنگی منطقه و گاه تکرار آنها شده است. این روندها در مقیاس ناحیه‌ای نیز قابل پیگیری است.

#### پهنه‌برشی کرویان

مجموع واحدهای سنگی رخنمون یافته در منطقه مورد مطالعه، تحت تأثیر پهنه‌های برشی شکل‌پذیر با امتداد شمال خاور- جنوب باختر (N60-70E) با شیبی متوسط به سمت شمال باختر، دگرشکل شده، فابریک میلوئیتی به خود گرفته، توالی و نظام اولیه خود را از دست داده و واحدهای سنگی مختلف با ساختارها و فابریک‌های متفاوت از آن حاصل شده‌اند. لذا تمامی واحدهای سنگی رخنمون یافته در منطقه، شدت دگرشکلی یکسانی ندارند و از واحدهای کمتر دگرشکل شده تا واحدهای به شدت دگرشکل (میلونیت و اولترامیلونیت) در منطقه مشاهده می‌شود.

در مطالعه مقاطع میکروسکوپی نمونه‌های سنگ‌های در برگزیده کانسار کرویان، وجود دو نوع دانه‌بندی پورفیروکلاست

این ناحیه در زمان تشکیل گرانیتها دارد (دنگ و دیگران، 1999) این توده‌های گرانیتی براساس تقدم و تأخر نفوذ نسبت به عملکرد پهنه‌های برشی، به گرانیت‌های میلوئیتی (تصویر 4) جهت یافته همروند با پهنه‌های برشی و گرانیت تورمالین‌دار (تصویر 2) تقسیم می‌شوند.

در منطقه معدنی کرویان دو روند عمده از مقیاس رخنمون تا میکروسکوپی قابل تشخیص و قابل مقایسه با روندهای ناحیه‌ای در منطقه می‌باشد.

روند شمال خاور- جنوب باختر روند اصلی منطقه، و همان روند واحدهای سنگی رخنمون یافته، رانندگیهای منطقه، امتداد صفحه‌های محوری ناقدیسها و ناودیسها و زون دگرسان می‌باشد (تصویر 2).

روند شمالی- جنوبی که روند قبلی را قطع می‌کند، باعث جابجایی واحدهای رخنمون یافته در منطقه شده است (تصویر 2).

#### دگرگونی و دگرشکلی

بررسیها و مطالعات صورت گرفته (بویژه میکروسکوپی) حاکی از آن است که واحدهای سنگی منطقه، ابتدا تحت تأثیر دگرگونی ناحیه‌ای پیش‌رونده درحد رخساره شیست‌سبز بالایی قرار گرفته و ضمن دگرشکلی، کانیه‌های بیوتیت و هورنبلند نیز در این شرایط به تعادل رسیده‌اند، سپس تحت تأثیر عملکرد پهنه‌های برشی و دگرسانیهایی وابسته، کانیه‌های بیوتیت و هورنبلند (کانیه‌های آهن‌دار) به کلریت، سربسیت و مسکویت دگرسان (تبدیل) شده و در نتیجه پارائز کانیه‌های دگرگونی از رخساره شیست‌سبز بالایی به رخساره شیست‌سبز متوسط و پایین تنزل یافته و یک نوع دگرگونی پسروده در واحدهای سنگی دگرشکل شده منطقه ایجاد شده است. بنابراین کانسار طلای کرویان می‌تواند از این جهت در دسته کانسارهای با سنگ‌میزبان دگرگونی ناحیه‌ای و رخساره شیست‌سبز قرار گیرد (هاچینسون، 1987؛ گروز و دیگران، 1998؛ بیرلین و ماهر، 2001).

#### مراحل دگرشکلی منطقه معدنی کرویان

در بررسیهای ساختاری صورت‌گرفته از منطقه معدنی کرویان، وقوع سه مرحله دگرشکلی تشخیص داده شده و از یکدیگر تفکیک شده‌اند که در میان آنها، دومین مرحله دگرشکلی با توسعه برگواره غالب میلوئیتی از مهم‌ترین مراحل این توالی دگرشکلی به شمار می‌آید.

#### • دگرشکلی مرحله اول

اولین مرحله دگرشکلی ( $D_1$ ) در منطقه، یک فاز ترمودینامیک بوده که باعث دگرگون و دگرشکل شدن واحدهای سنگی منطقه شده است. عوامل ساختاری که نشان از تشکیل و گسترش این دگرشکلی در منطقه دارد، تحت تأثیر مراحل





اختصاص می‌دهند (پشیر و ترو، 1998) و بافت ساروجی در این نوع سنگها کاملاً توسعه یافته است (تصویر 7). افزون بر جریان کاتاکلاستیکی، جریان پلاستیکی بلورها نیز به صورت چرخش بلورها، کشیدگی و جهت‌یافتگی آنها در جهت برگوارگی و تبلور دوباره و خاموشی موجی (تصویر 8) و به هم‌ریختگی دوقلوهای فلدسپارها و پدیده تشکیل شکنجی کاملاً مشهود است (تصویر 8).

پورفیروکلاستها گاهی چرخش از خود نشان داده و در حین برش از مکان اصلی خود جابه‌جا شده‌اند. بعضی از پورفیروکلاستها کوارتز تحت تأثیر تنش برشی تغییرشکل داده و به مجموعه‌ای از ذرات ریزتر (Subgrain) تبدیل شده‌اند (تصویر 9).

دوقلوهای مثلثی و تیغه‌ای نوک تیز که از ویژگی کانیهای دگرشکل شده است، در این واحدهای دگرشکل شده به بیشترین گسترش خود می‌رسد. کانیهای اصلی تشکیل دهنده واحدهای میلونیتی در پهنه دگرسانی شامل کوارتز، فلدسپار، میکا و کانیهای مات (سولفیدی) می‌باشد که کاملاً جهت یافته بوده و به کانیهای تیره و روشن تفکیک شده‌اند و کانیهای مات (سولفیدی) آنها را همراهی می‌کند.

#### اولترامیلونیت

این واحد دگرشکل شده، تحت تأثیر بیشترین شدت دگرشکلی برشی واقع شده (تصویر 10) به طوری که بافت اولیه سنگ کاملاً از بین رفته و دانه‌های پورفیروکلاست موجود در آن کاملاً ریز شده است. در این واحد تفاوت اندازه پورفیروکلاستها و زمینه، به حداقل ممکن رسیده است (تصویر 12).

این واحد بیشترین گسترش را در پهنه برشی دگرسان از خود نشان می‌دهد و حجم پورفیروکلاستهای آن به کمتر از 10 درصد می‌رسد. جریان کاتاکلاستیک و پلاستیکی بلورها در این سنگها، به بیشترین عملکرد خود می‌رسد، به طوری که ریزشکستگیها، تبلور دوباره و خاموشی موجی و... در تمامی مقاطع میکروسکوپی قابل تشخیص است.

نتیجه بررسیهای صورت گرفته از دگرشکلیهای موجود در منطقه مورد مطالعه، حاکی از آن است که هرچه به سمت زون دگرسان نزدیک می‌شویم، شدت دگرشکلی افزوده می‌شود (تصویر 11).

#### فابریکهای موجود در پهنه برشی کرویان

در واحدهای سنگی رخنمون یافته در پهنه برشی خمیری کرویان فابریک  $S_0C$  که حاصل دگرشکلی است، قابل تشخیص است. این فابریکها در خلال دگرشکلی و همزمان با برشی شدن، در واحدهای سنگی منطقه ایجاد شده‌اند (تصویر 12). فابریک  $S$  در مقیاسهای متفاوت (رخنمون تا میکروسکوپی)

و زمینه از مشخصه‌های واحدهای دگرشکل شده منطقه است (تصویر 5) که خود بیان کننده درجه دگرشکلی متفاوت در سراسر پهنه برشی می‌باشد (پشیر و ترو، 1998). در واقع هرچه تفاوت اندازه پورفیروکلاستها و زمینه کمتر شود، به واحدهای به شدت دگرشکل شده نزدیک‌تر می‌شویم. در چنین حالتی، پورفیروکلاستها خردشدگی و جهت‌یافتگی بیشتری نشان داده و در نتیجه واحدهای میلونیتی تا اولترامیلونیتی به وجود می‌آیند. بر این اساس، انواع دگرشکلی را که واحدهای سنگی واقع در پهنه برشی خمیری کرویان متحمل شده‌اند، می‌توان در سه گروه پروتومیلونیت، میلونیت و اولترامیلونیت قرار داد که در زیر به آنها پرداخته خواهد شد.

#### پروتومیلونیت

این نوع میلونیتها، بیشترین گسترش را در منطقه داشته و دانه‌بندی درشت‌تری دارند (کمتر تحت تأثیر دگرشکلی برشی قرار گرفته‌اند) بلورهای درشت‌تر که مربوط به سنگ اولیه هستند، کمتر تبلور دوباره از خود نشان می‌دهند و حجم پورفیروکلاستها در سنگ اولیه، به بیش از 50 درصد می‌رسد. از ویژگی آنها وجود برگوارگی میلونیتی ضعیف و ناپیوسته در رخنمونهای سنگی مربوطه است.

کانیهای اصلی تشکیل دهنده پروتومیلونیتها شامل کوارتز، فلدسپار و میکاست. کانیهای مات که بیشتر شامل سولفیدهاست، به ندرت در آن حضور دارند. خاموشی موجی در دانه‌های کوارتز و کج‌شدگی تیغه‌های دوقلو (ماکل) فلدسپارها و کج‌شدگی و پیچ و تاب‌خوردگی کانیهای ورقه‌ای و میکاها، در تمامی نمونه‌ها به طور مشترک دیده می‌شود.

بافت ساروجی (قرار گرفتن دانه‌های با تبلور دوباره و ریز در بین ذرات دانه متوسط تا درشت اولیه- پورفیروکلاستها- که جهت‌یافتگی خاصی ندارند (دی‌ولف، 1995؛ وانگ و دیگران، 1999؛ زوو و وانگ، 1999) در پروتومیلونیت‌های کرویان به خوبی دیده می‌شود (تصویر 6). تبلور دوباره در ذرات دانه درشت (پورفیروکلاستها) موجود در سنگ نیز قابل مشاهده است ولی شدت آن زیاد نیست. در کنار دانه‌های قدیمی و کمتر تبلور دوباره یافته (پورفیروکلاستها)، دانه‌های جدید و چند وجهی کشیده و رشته‌ای به

#### میلونیتها

این واحد بیشترین گسترش را در پهنه دگرسان کرویان (تصویر 2) دارد. از مهم‌ترین ویژگی آن، توسعه برگواره میلونیتی پیوسته در مقیاس رخنمون و نمونه دستی است که براحتی از واحدهای با دگرشکلی برشی کمتر (پروتومیلونیتها) تشخیص داده می‌شود.

پورفیروکلاستها بین 10 تا 50 درصد حجم سنگ را به خود





امتداد روند پهنه برشی (فابریک C) با امتداد شمال خاور- جنوب باختر (N60-70E) می‌باشد که دلالت بر تشکیل آنها، طی فرایند دگرشکلی شکل‌پذیر در پهنه‌های برشی است. در مقیاس نمونه دستی دگرسانی سیلیسی شدن به صورت لامینه‌های همخوان با برگواره میلوئیتی (فابریک S) و به صورت نوارهایی با ضخامت متناوب (سانتی‌متر تا میلی‌متر) در سنگ مشاهده می‌شوند که کاملاً در جهت خاصی جهت یافتگی (شمال خاور- جنوب باختر) نشان می‌دهند. این امر گواهی بر تشکیل همزمان آن با برگواره میلوئیتی غالب در منطقه است در صورتی که بخش‌های سیلیسی شده سنگ دیواره در اثر پرشدگی شکستگی‌هایی که از روند خاصی پیروی نمی‌کنند (فابریک E) حاصل می‌شود و به نظر می‌رسد که در خلال مرحله اولیه دگرشکلی برشی تشکیل شده‌اند.

### دگرسانی سولفیدی

دگرسانی سولفیدی، در بخش درونی زون دگرسانی و کانه‌دار دیده می‌شود. محصول این دگرسانی عمدتاً پیریت و به ندرت کالکوپیریت و پیریت‌های آرسنیک‌دار است که به صورت دانه پراکنده و جهت یافته در درون سنگ دیواره دگر شکل یافته شده می‌گردد.

### دگرسانی کربناتی

کربناتی‌شدن از دیگر دگرسانی‌های موجود در منطقه دگرشکلی و محصولات اصلی آن شامل آنکریت، کلسیت و دولومیت است.

دگرسانی کربناتی، کاملاً در ارتباط با کانیهای مافیک دگرسان شده، بویژه واحد آتشفشانی دگرگون شده بازی می‌باشد، به طوری که شدت آن وابسته به سنگ دربرگیرنده (سنگ دیواره) و میزان سیال دارد، به طوری که بیشترین گسترش دگرسانی گرمابی کربناتی در واحدهای میلوئیتی بازی گسترش یافته است.

### ارتباط دگرشکلی و دگرسانی

شواهد ارائه شده نشان می‌دهد که بیشترین واحدهای دگرشکل شده (میلوئیت و اولترامیلونیت) با برگواره میلوئیتی پیوسته (فابریک S) و تقریباً به موازات صفحه‌های برش پهنه‌برشی (صفحات C) در طی فرایند دگرشکلی شکل‌پذیر در بخش‌های داخلی پهنه برشی‌کرویان رخمون یافته‌اند. از سوی دیگر، بیشترین شدت دگرسانی سیلیسی، سولفیدی و کربناتی که از دگرسانی گرمابی حاصل از سیالها بر سنگ دیواره می‌باشد، به همین بخش‌های درونی پهنه برشی محدود می‌شود که در آن محلولهای گرمابی در بیشترین حجم خود بر سنگ‌های دیواره تأثیر گذاشته و باعث حداکثر فعالیت دگرسانی گرمابی در زون دگرسان و در منطقه شده است.

حالت S مانند به خود گرفته و برگوارگی را در سنگ نمایان می‌کند (برگواره میلوئیتی) و با زاویه نسبتاً کم، با امتداد برگه‌های برشی فرار می‌گیرد. فابریک C شامل برگه‌های موازی هم برش در ارتباط با تنش‌های وارده می‌باشد. در صورتی که فابریک دیگری که از کشیدگی به وجود آمده (فابریک E) از روند خاصی پیروی نمی‌کند و در نقاط ضعف کانیهای سنگ‌های دگرشکل شده در پهنه برشی خمیری توسعه می‌یابد (تصویر 13).

فابریک‌های بالا، با افزایش شدت دگرشکلی افزایش می‌یابند، به طوری که فابریک میلوئیتی واضح‌تری از خود نشان می‌دهند و فضاهای ایجاد شده توسط این فابریک‌ها، با افزایش شدت دگرشکلی از کانیهای کوارتز، کربنات، سولفید و کانیهای ورقه‌ای (اغلب کلریت و مسکوویت) که محصول دگرسانی سیالهای گرمابی است، پرشدگی بیشتری نشان می‌دهند (تصویر 13).

### دگرسانی

از مهم‌ترین دگرسانی‌های واقع در پهنه برشی کرویان می‌توان دگرسانی سیلیسی، سولفیدی، کربناتی، سرسیستی و کلریتی را نام برد که کاملاً وابسته به نوع سنگ میزبان است (لئوناردو و دیگران، 1991؛ ساپسو و دیگران، 1995؛ جلسما و دیگران، 1999؛ فراری و چودری، 2000) در بین دگرسانی‌ها، دگرسانی سرسیستی و کلریتی‌شدن گسترش بیشتری داشته و تقریباً در همه واحدهای رخمون یافته دیده می‌شوند، در صورتی که دگرسانی‌های سیلیسی، سولفیدی و کربناتی بیشترین گسترش را در ارتباط با زونهای کانه‌دار داشته و در بخش درونی زونهای برشی دیده می‌شوند.

### دگرسانی سیلیسی

محصول اصلی دگرسانی سیلیسی را کوارتز تشکیل می‌دهد (اوانز، 1997) به طوری که هر چه به سمت زون دگرسان در بخش داخلی پهنه برشی منطقه نزدیک می‌شویم، نه تنها شدت دگرشکلی و برگوارگی افزایش نشان می‌دهد، بلکه دگرسانی سیلیسی و کوارتز نیز در درون زون دگرسان به بیشترین حد خود می‌رسد. بر اساس مشاهدات و مطالعات صورت گرفته در محدوده زون دگرسان، فرایند سیلیسی‌شدن به صورت تشکیل رگه‌ها یا لامینه‌هایی در امتداد برگواره میلوئیتی غالب منطقه و نیز به صورت سیلیسی‌شدن بخش‌هایی از سنگ‌های دیواره (میزبان) با ضخامت‌های متفاوت می‌باشد.

در مقیاس رخمون، این نوع دگرسانی بیشتر به صورت رگه‌های سخت و برجسته (ظاهر خشن) با ضخامت‌های بین نیم تا چند متر به رنگ سرخ و زرد تا سیاه (به دلیل حضور اکسیدهای آهن) مشخص می‌گردد. روند تشکیل آنها در







## کانه‌زایی

پهنه دگرسان و کانه‌دار با واحدهای سنگی مختلف (تصویر 16) نشان دهنده همبستگی قوی بین عیارهای بالای طلا با واحدهای به شدت دگرشکل شده (میلونیت-اولترامیلونیت) و دگرسان شده (سلیسی-سولفیدی و کربناتی) آتشفشانی دگرگون شده (غالباً اسیدی) است. به طوری که دگرسانی گرمابی از نظر مکانی، ارتباط بسیار نزدیکی با دگرشکلی برشی شکل‌پذیر و کانه‌زایی نشان می‌دهد.

### کانی‌شناسی و پارائز

مطالعه مقاطع میکروسکوپی مربوط به پهنه کانه‌دار کرویان نشانگر کانی‌شناسی ساده این کانسار است به گونه‌ای که پارائز کانه‌ها و کانیهای در رگ‌ها و زونهای سیلیسی-سولفیددار زون دگرسان، به دو صورت زیر مشاهده می‌شود:

الف) مجموعه سولفیدها و کوارتزهای ریز بلور

ب) مجموعه سولفیدها و کوارتزهای متوسط تا درشت بلور کانی‌شناسی دو مجموعه الف و ب مشابه هم بوده و پیریت فراوان‌ترین کانه سولفیدی تشکیل دهنده زون کانه‌دار در منطقه معدنی کرویان است. به طوری که در رگ‌ها و زونهای سیلیسی-سولفیدی، نقش اصلی را پیریت داشته و به ندرت کالکوپیریت و پیریت‌های آرسنیک دار نیز قابل مشاهده است. طلا نیز به همراه کوارتز و پیریت اکسیده دیده می‌شود.

### کانیها

#### کوارتز

مهم‌ترین کانی همراه کانه‌ها در کانسار طلای کرویان، کوارتز است. بر اساس مطالعات میکروسکوپی کوارتزهای موجود در نمونه‌های دگرسان را می‌توان به 3 گروه، کوارتزهای قبل از دگرشکلی، کوارتز مرحله اولیه گرمابی و کوارتزهای تأخیری گرمابی و همراه با سولفید تقسیم کرد.

کوارتزهای قبل از دگرشکلی (پورفیروکلاستها) کوارتزهایی هستند که ارتباطی با دگرسانی نداشته و قبل از دگرشکلی در سنگها حضور داشته‌اند (تصویر 5).

کوارتزهای مرحله اولیه گرمابی، کوارتزهایی هستند که با ظاهری روشن و شفاف به دو شکل رگچه‌ای و انبوهه دانه‌ای (granular aggregate) مشاهده می‌شوند (تصویر 9). دسته سوم کوارتزها، کوارتزهایی همراه با سولفیدها هستند که غالباً شکستگی‌ها و رگچه‌های واقع در کوارتزهای مرحله اول گرمابی را پر می‌کنند (تصویر 9).

#### کربناتها

پس از کوارتز، کربناتها بیشترین سهم همراهی با سولفیدها

نتایج حاصل از مطالعات ژئوشیمیایی و کانی‌سنگین در ورقه 1/100000 سفز (ابوالمعالی و دیگران، 1377) همگی بیان آن دارد که همه بی‌هنجاریهای معرفی شده طلا (از جمله کرویان)، در محدوده پهنه‌های برشی واقع بوده و هیچ بی‌هنجاری در نواحی و مناطقی که دگرشکلی در آن صورت نگرفته و یا به طور ضعیف دگرشکل شده، گزارش نشده است.

بیشترین تمرکز کانه‌زایی طلا در منطقه کرویان در پهنه‌ای به طول بیش از 2/5 کیلومتر، پهنای متوسط 60 متر در امتداد N60-70E و با ژئومتری عدسی شکل با شییبی به سمت شمال باختر گسترش یافته است که کاملاً با روند و شیب پهنه برشی شکل‌پذیر منطقه همخوانی نشان می‌دهد.

سنگهای در برگیرنده پهنه کانه‌دار کرویان به طور عمده از سنگهای آتشفشانی دگرگون شده اسیدی و بازی (اغلب اسیدی) با بین لایه‌های فیلیتی و کربناتی، کاملاً دگرریخته (میلونیتی و اولترامیلونیتی) همراه با برگوارگی میلونیتی تشکیل شده‌اند. واحدهای فوق در پهنه برشی شکل‌پذیر کرویان با امتداد شمال خاور-جنوب باختر، نوع و شدت دگرسانیهای متفاوتی دارند.

نمونه‌های گرفته شده از درون ترانشه‌های عمود بر پهنه برشی کانه‌دار (تصویر 14) و برگوارگی میلونیت نشان‌دهنده غنی‌شدگی عیار طلا در تمام این پهنه است به طوری که کمربالا و کمربالین پهنه دگرسان، که به ترتیب شامل میلونیت‌های بازی و کربنات‌ها و فیلیت‌هاست، عیاری در حد کلارک نشان می‌دهند، اما همین واحدها در پهنه برشی کانه‌دار، عیاری در حد چند ده قسمت در میلیارد (>50ppb) و در پهنه‌های به شدت دگرشکل و دگرسان شده با ضخامت 1 تا 6 متر (تصویر 15)، عیاری در حد چند قسمت در میلیون نشان می‌دهد (بیشینه 7ppm و میانگین 1-3 ppm) که گویای غنی‌شدگی عیار طلا در واحد به شدت دگرشکل و دگرسان شده می‌باشد.

کانه‌زایی طلا در پهنه کانه‌دار کرویان از نظر ژئومتری و بافت، به دو صورت رگچه‌ای-رگچه‌ای و افشان دیده می‌شود، به طوری که در درون واحدهای سیلیسی و با ضخامتهای متغیر (1 تا 2 سانتی متر تا چندین متر) به صورت لامینه‌ها و رگچه‌هایی به موازات برگواره میلونیتی مشاهده می‌شوند و یا در سنگهای دیواره به شدت سیلیسی شده به صورت رگچه‌ای و افشان هستند.

### ارتباط کانه‌زایی با دگرشکلی و دگرسانی

انطباق نتایج تجزیه نمونه‌های گرفته شده از ترانشه‌ها در





درشت، اغلب به صورت میانبرهای ریز (50 تا 150 میکرون) و در درون پیریت‌های خودشکل، به حالت محلول جامد مشاهده می‌شود که در حاشیه، در دگرسانی به کولیت تغییر یافته است. کالکوپیریت با پیریت‌های ریز، کاملاً از نظر روند و اندازه مطابقت دارد (تصویر 20) و نشان از تشکیل همزمان آنها در یک فاز دارد.

### پیریت‌های آرسنیک‌دار

بررسی کانیهای پیریت (درشت ریز) توسط میکروسکوپ الکترونی (SEM)، وجود مقادیر کمی آرسنیک را در شبکه ساختاری برخی پیریت‌های منطقه نشان داده است.

### رالگار

رالگار به عنوان یک کانی سولفیدی در یک نمونه مشاهده شده است. در این نمونه، کانه مذکور به صورت ریز بلور همراه با کانه‌های اکسیدی (تیتانومگنتیت) و پیریت‌های درشت بلور مشاهده می‌شود. ابعاد آن به ندرت از 10 میکرون فراتر می‌رود (تصویر 21).

### طلا

بر اساس مطالعات میکروسکوپی و میکروسکوپ الکترونی واحدهای عیاردار و پرعیار در پهنه دگرسان کرویان، طلا در دو حالت زیر قابل مشاهده است:

#### الف) در داخل کوارتز و به صورت آزاد

بخش عمده طلای کانسار کرویان به صورت دانه‌های آزاد در کوارتز (نسل دوم) وجود دارد. این طلاها اغلب ریز دانه بوده و ابعاد بزرگ‌ترین آنها به 30 میکرون در مقاطع مورد مطالعه می‌رسد (تصویر 22). این تیپ طلا معمولاً همراه با پیریت‌های ریز دانه و همروند با آنها مشاهده می‌شود (تصویر 23) و در مواردی در جهت کشیدگی کانیهای فیلسیلیکاتی دگرسان (همچون کلریت‌های حاصل از دگرسانی کانی بیوتیت) به صورت جهت‌یافته و همروند با برگوارگی و همراه با پیریت‌های ریز دانه دیده می‌شود (تصویر 23) که نشان از تشکیل همزمان آنها با دگرسانی سولفیدی در پهنه‌های برشی شکل‌پذیر و در حین دگرشکلی است.

#### ب) در داخل فازهای سولفیدی

بررسی‌های میکروسکوپی سولفیدهای پهنه کانه‌دار بویژه پیریت‌های اکسیده، حکایت از حضور طلا به صورت دانه‌هایی به ابعاد کوچک‌تر از 5 میکرون در هر دوفاز پیریت (ریز و درشت) دارد که در حاشیه‌های آنها به صورت آزاد شده قابل تشخیص است. تجزیه آنها توسط میکروسکوپ الکترونی، طلا بودن این کانیها را تأیید می‌نماید (تصاویر 24 و 25).

بنابراین طلا هم به صورت آزاد و هم همراه با پیریت به صورت میانبار و یا هم‌رشد با آن و همچنین در پیریت‌های آرسنیک‌دار

را در کانسار کرویان به خود اختصاص داده‌اند و بیشترین گسترش را در واحدهای آتشفشانی بازی دگرگون و دگرسان شده دارند.

با توجه به مطالعات صورت گرفته، عملکرد دگرسانی کربناتی شامل دو

مرحله است: مرحله‌ای که در ارتباط با مراحل نهایی دگرسانی گرمایی و در ارتباط با فاز دگرشکلی شکل‌پذیر (تصویر 17) است و مرحله‌ای که بسیار جوان بوده و شامل فریند هوازدگی و سوپرژن می‌شود.

### کانه‌های سولفیدی کانسار کرویان

مقدار سولفیدهای این تیپ (کانسار) بسیار کم و ترکیب آنها بیشتر شامل پیریت و به مقدار جزئی کالکوپیریت و پیریت‌های آرسنیک‌دار است. سولفیدهایی مانند گالن، اسفالریت، کولیت و ... در مقاطع مطالعه شده مشاهده نشده که البته نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی نیز این مطلب را تأیید می‌کند، به طوری که می‌توان آنها را به عناصر درون شبکه بلوری کانه‌ها مربوط دانست.

### پیریت (FeS<sub>2</sub>)

پیریت فراوان‌ترین کانی سولفیدی در زون دگرسان و کانه‌دار کرویان است به طوری که تقریباً بیش از 95 درصد کانه‌های سولفیدی موجود در کانسار را شامل می‌شود و در بیشترین میزان خود در بخش‌های به شدت دگرسان و دگرشکل شده زون کانه‌دار، 2 تا 3 درصد حجم سنگ را اشغال می‌کند. پیریت‌های موجود در واحدهای دگرسان شده پهنه دگرسان را بر اساس مقیاس میکروسکوپی و حتی نمونه دستی می‌توان به دو نسل زیر تفکیک کرد:

الف) نسل اول پیریت‌ها، در اندازه‌های بیش از 200 میکرون تا میلی‌متر به صورت خودشکل و دانه درشت دیده می‌شوند، بیشتر جهت‌یافته و دارای ظاهری لامینه است (تصویر 18).

ب) نسل دوم پیریت‌ها شامل پیریت‌های بی‌شکل و ریز بلور است که به صورت افشان در واحدهای دگرسان شده دیده می‌شوند (تصویر 19). این پیریت‌ها گاهی جهت‌یافته بوده و به موازات برگوارگی دیده می‌شوند. گاه در اطراف کانه‌های آهن‌دار دگرسان شده و در بخش سنگ دیواره نیز قرار می‌گیرند اما به طور عمده، به صورت افشان در سنگ دیواره پراکنده‌اند و در مراحل انتهایی فعالیت‌های گرمایی حاصل شده‌اند.

### کالکوپیریت

در بعضی نمونه‌های مطالعه شده، کالکوپیریت در مقادیر بسیار ناچیز، و به ندرت کانسنگ سیلیس را همراه با دو فاز پیریت (اول و دوم) همراهی می‌کند. کالکوپیریت در پیریت‌های





- در نمونه‌های زون کانه‌دار، سه نوع کوارتز دیده می‌شود که نوع اول پورفیروکلاست بوده و نوع دوم و سوم (نسل اول و دوم) در اثر دگرسانی گرمایی تشکیل شده‌اند. کوارتزهای نوع سوم نسبت به نوع دوم تأخیری‌تر بوده و شکستگی‌های آن را پرمی‌کنند.

- پیریت نیز در 2 نوع و یا دو نسل به صورت زیر دیده می‌شود: الف) پیریت‌های درشت بلور و شکل‌دار، کاملاً جهت‌یافته (به موازات فابریک C) همراه با کانیهای کوارتز و کربنات. ب) پیریت‌های بی‌شکل و ریز بلور و همراه با کوارتز و کربنات که به صورت جهت‌یافته و افشان و پرکننده فضاهای حاصل از برگوارگی (فابریک S) و حفره‌ها و رگچه‌های درون کانیها (فابریک E).

- طلا به صورت دانه‌های بی‌شکل و معمولاً با حاشیه مضرس و نامنظم در ابعاد کمتر از 30 میکرون در کوارتز و نیز به صورت دانه‌هایی اغلب در ابعاد کمتر از 5 میکرون در سولفیدهای همرشد با کوارتز (نسل دوم) و کربنات دیده می‌شوند.

### نتیجه‌گیری

کانه‌زایی در کانسار کرویان را می‌توان در دو مرحله در نظر گرفت:

الف) فاز اولیه کانه‌زایی که شامل کانیهای کوارتز+کربنات +سولفیدهای درشت (=+طلا) + کلریت + مسکوویت + اکسیدهای آهن است و کانه‌زایی در آن در حد غنی شدگی بوده و پیش درآمدی برای مرحله اصلی کانه‌زایی طلا به شمار می‌آید که منجر به تشکیل واحدهای عیاردار و غنی شده در سراسر زون کانه‌دار می‌گردد.

ب) فاز دوم که شامل کانیهای کوارتز + طلا + پیریت‌های ریز (+ طلا) + کالکوپیریت + کربنات‌های آهن‌دار + کلریت و مسکوویت است، فاز اصلی کانه‌زایی طلا در کانسار طلای کرویان در بر می‌گیرد و واحدهای پرعیار در طی این مرحله در پهنه دگرسان کرویان تشکیل می‌گردند.

بنابراین، جان‌شینی و ته‌نشینی طلا بخشی از سامانه دگرسانی به شمار می‌آید. بدین معنی که کانیهای اصلی طلا در ارتباط با دگرسانی گرمایی (سولفیدی، سیلیسی و کربناتی) ته‌نشین شده و واحدهای پرعیار و سنگهای به شدت دگرسان لزوماً یکی هستند، با این ویژگی که تمرکزهای زیاد طلا در آن صورت گرفته است.

در نهایت، ویژگیهای ساختاری، نوع سنگ میزبان، دگرسانی، پارازنز و بالاخره مشخصات کانه‌سازی کانسار کرویان با کانسارهای طلای پهنه‌های برشی خمیری مقایسه (جدول 2) و نتیجه بررسیها و داده‌ها حاکی از آن است که کانسار

(نسل دوم سولفیدها) در بخشهای غنی از سولفید مشاهده می‌شود.

بررسی میکروسکوپی و میکروسکوپ الکترونی واحدهای عیاردار و پرعیار در پهنه دگرسان نشان دهنده آن است که مقاطعی که دارای پیریت‌های ریزدانه بیشتری می‌باشند، احتمالاً طلای آزاد بیشتری نیز دارند. عیار طلای موجود در واحدهای عیاردار رابطه مستقیمی با میزان فراوانی سولفیدها بویژه سولفیدهای ریزدانه دارد. حضور طلای آزاد در موقعیت و روند سولفیدهای ریز و همراهی آنها با کوارتزهای نسل دوم نیز گواهی بر تأیید کانه‌زایی اصلی طلا در مرحله دوم دگرسانی سولفیدی (سولفیدهای ریز بویژه پیریت‌های ریز) در کانسار طلای کرویان است.

در مطالعات (SEM) طلا همراه با باطله کلسیتی مشاهده نشد، اما در نمونه‌ها و مقاطعی که دارای کلسیت فراوان و عیار بالایی است (واحد آتشفشانی دگرگون شده بازیمیلونیتی کاملاً دگرسان) طلا در کوارتز مشاهده می‌شود. نتایج تجزیه شیمیایی طلای آزاد، حضور مقدار بسیار پایین نقره را در شبکه ساختاری آن نشان می‌دهد، ولی این کانه (نقره) به صورت آزاد در مقاطع مطالعه شده مشاهده نگردید.

### کانه‌های اکسیدی

#### -تینانومگنتیت، مگنتیت و ایلمنیت

این اکسیدها همراه با سولفیدها، پیریت و کالکوپیریت در سنگهای آتشفشانی دگرگون شده بازی مشاهده می‌شوند، اما شواهد بافتی موجود، حکایت از تشکیل فاز اکسیدی (مگنتیت، ایلمنیت) جدا و قبل از فاز سولفیدی دارد.

### هیدروکسیدهای آهن

#### هماتیت، گوتیت و لیمونیت

در اثر عملکرد آبهای جوی (فرابندسوپرژن) از خلال درز و شکافها و مجاری آبگذر موجود در سنگها، کانه‌های سولفیدی آهن‌دار (اغلب پیریت) از حاشیه و مرز شکستگیها، به طور بخشی و گاه کامل به هیدروکسیدهای آهن (عموماً گوتیت، لیمونیت و هماتیت) تبدیل شده‌اند.

هیدروکسیدهای آهن اغلب بافت کلوفرم داشته و معمولاً بقایایی از پیریت اولیه را به صورت بافت جزیره‌ای و باقیمانده در بردارند.

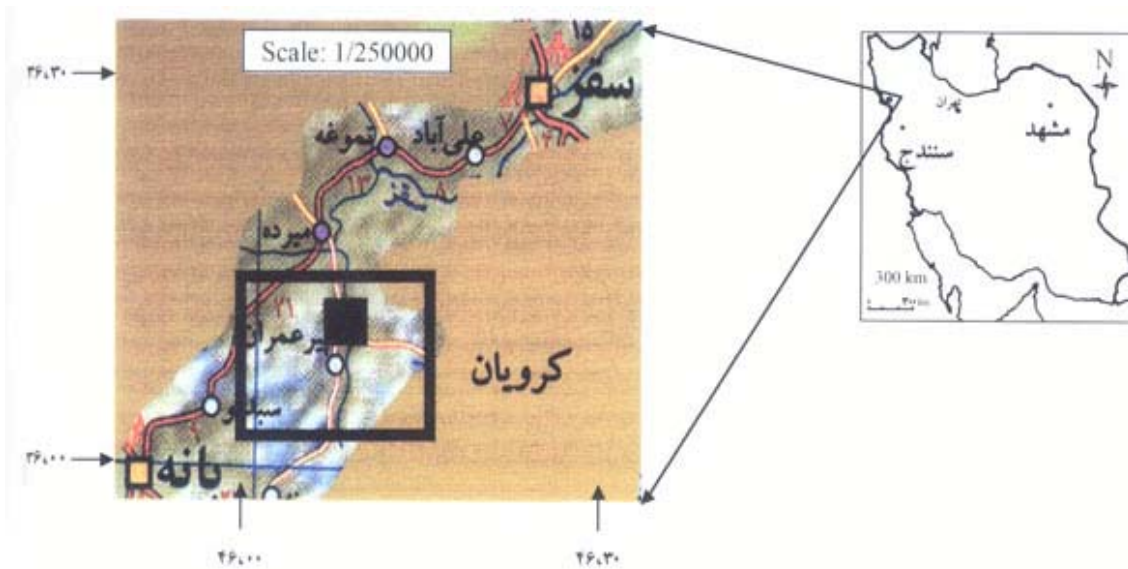
### توالی پاراژنتیک کانه‌ها و کانیها

بر مبنای مشاهدات انجام شده در روی زمین، نمونه دستی و مطالعات میکروسکوپی و میکروسکوپ الکترونی (SEM) انجام گرفته، می‌توان توالی پاراژنتیک زیر را برای کانه‌زایی در کانسار طلای کرویان در نظر گرفت (جدول 1):

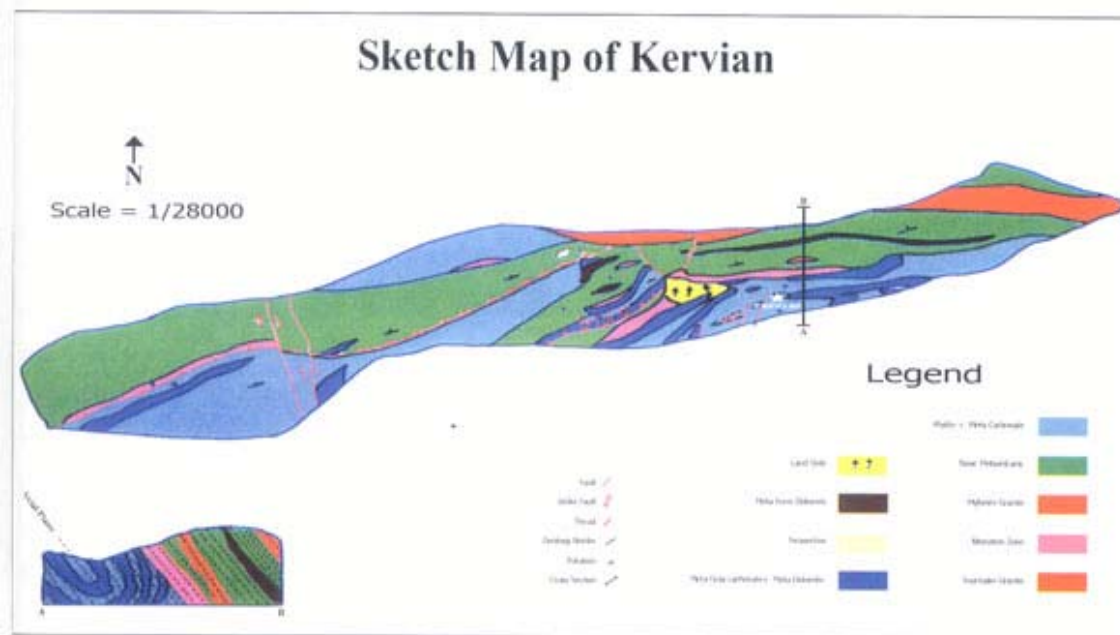




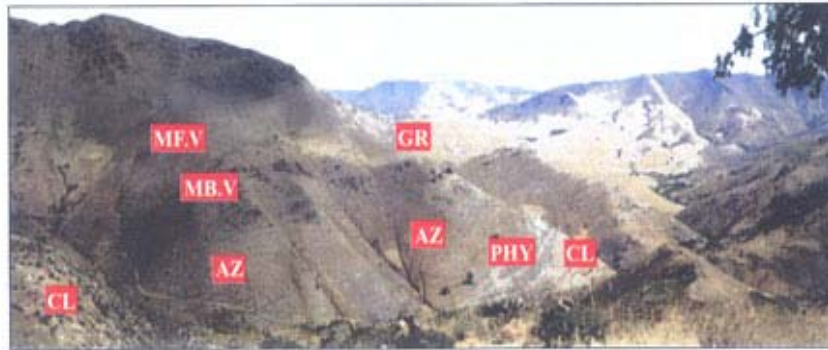
طلای کرویان بیشترین شباهت را با کانسارهای طلای پهنه های برشی شکل پذیر دارد.



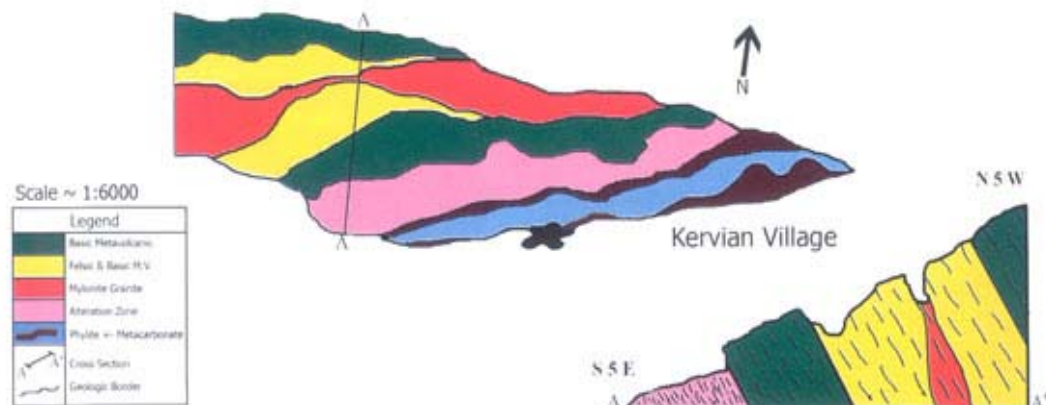
تصویر 1- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی منطقه معدنی کرویان. موقعیت روستای کرویان با علامت ( ■ ) مشخص شده است.



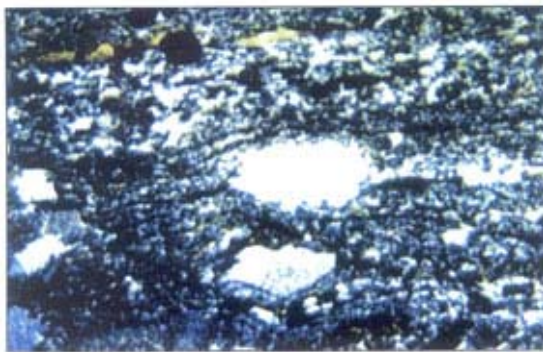
تصویر 2- نقشه زمین شناسی منطقه معدنی کرویان (مجله، 1381)



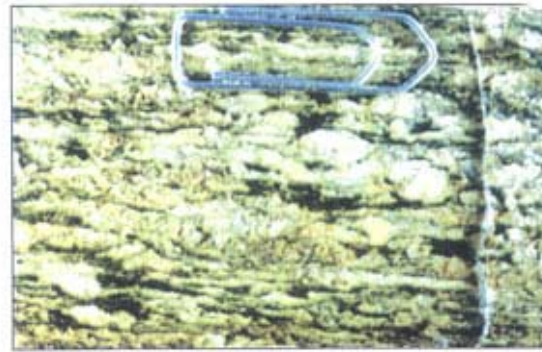
تصویر 1-3- الف- نمایی از توالی واحدهای آتشفشانی- رسوبی دگرگون شده، پهنه دگرسان و گرانیت میلونیتی در منطقه معدنی کرویان  
 GR: گرانیت میلونیتی      MB.V: آتشفشانی بازی دگرگون شده      MF.V: آتشفشانی فلسیک دگرگون شده      CL: گرانیت میلونیتی  
 آهک بلورین PHY: فیلیت      AZ: پهنه دگرسان



تصویر 1-3- ب- واحدهای رخنمون یافته در منطقه معدنی کرویان با توجه به تصویر 1-3- الف همراه با مقطع زمین‌شناسی (علامتهای خط چین در واحدهای نشان داده شده در مقطع A-A' نشان‌دهنده میلونیتی شدن و جهت شیب برگواره میلونیتی می‌باشد)



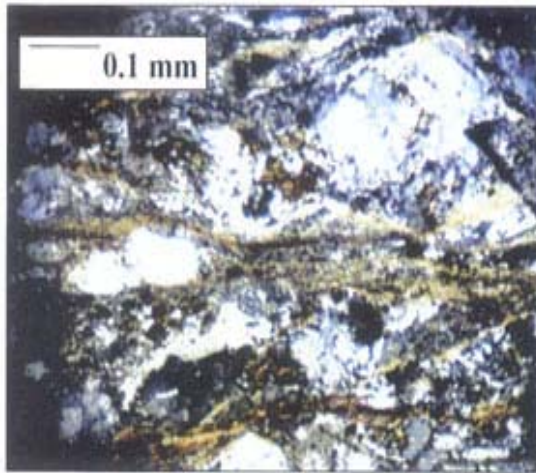
تصویر 5- نمایی میکروسکوپی از یک واحد دگرشکل شده میلونیتی و دو نوع دانه‌بندی، پورفیروکلاست و زمینه در آن، پورفیروکلاستها قبل از دگرشکلی در سنگ حضور داشته‌اند.



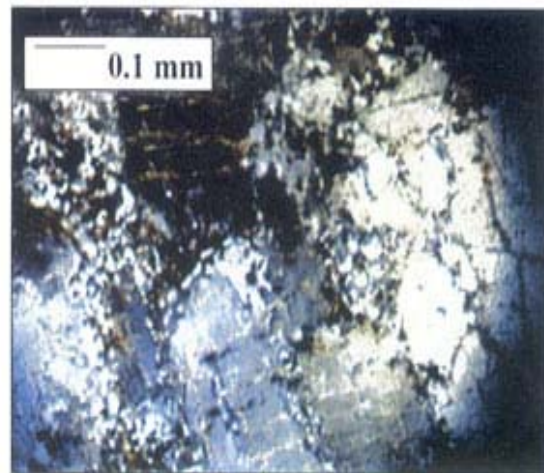
تصویر 4- گرانیت میلونیتی که در آن کاملاً کانیهای تیره (بیوتیت و کلریت) و روشن (کوارتز و فلدسپار) تفکیک شده و برگوارگی میلونیتی قابل تشخیص است.



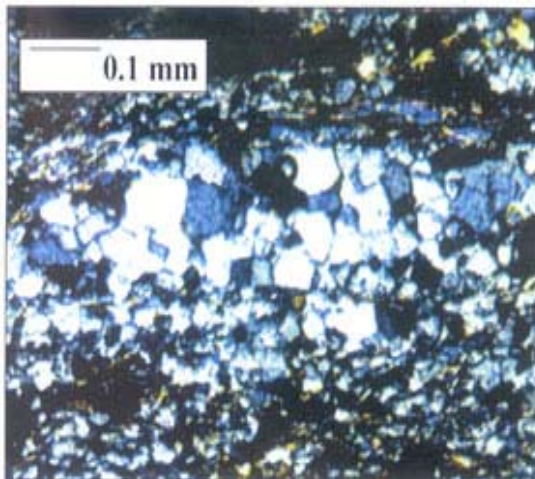




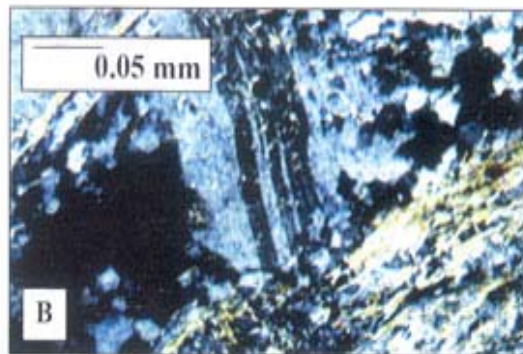
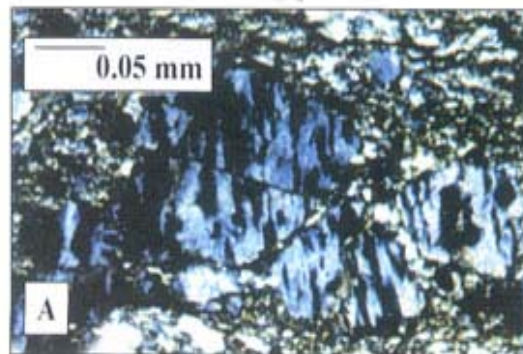
تصویر 7- بافت ساروجی در میلوئیتها



تصویر 6- بافت ساروجی (مورتار) در واحدهای پروتومیلونیتی، کانیهای ریز (اغلب کوارتز) در بین کانیهای دانه درشت (فلدسپار) توجه شود (در نور پلاریزه).



تصویر 9- کوارتزهای مرحله اول گرمایی (نوع دوم) با ظاهری روشن و درشت و به صورت انبوهه دانه‌ای در مرکز عکس به صورت کشیده (جهت یافته) مشاهده می‌شود. کوارتزهای نسل سوم در دو طرف بالا و پایین آن همراه با سولفیدها و همچنین در داخل شکستگیهای آن دیده می‌شود که ظاهری کمی کدرتر و ریزتر در عکس از خود نشان می‌دهد (نور معمولی).

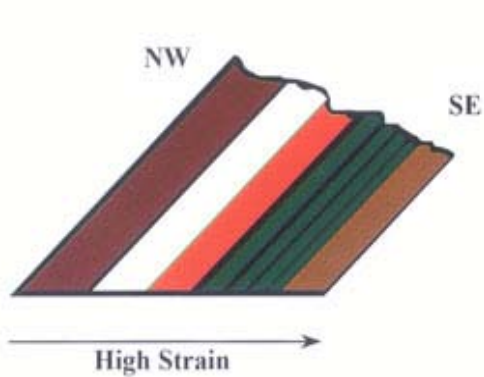


تصویر 8- تبلور دوباره و جهت‌یافتگی بلورها در راستای برگوارگی همراه با به هم ریختگی دوقلوهای فلدسپار و پیچ و تاب خوردگی آنها در طی دگرشکلی شدید در واحدهای میلوئیتی.

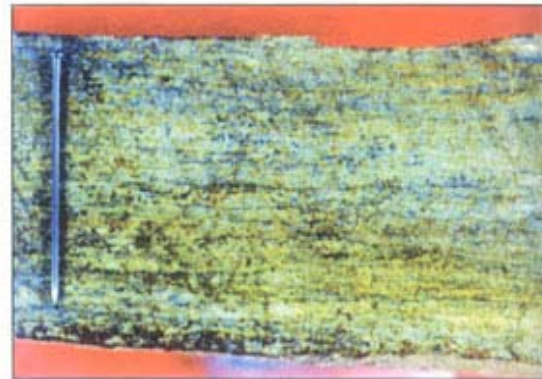
(A) نمایی از خردشدگی فلدسپار و به هم ریختگی دوقلوهای آنها در سنگهای میلوئیتی که تحت تأثیر دگرشکلی حاصل بوده‌اند.

(B) پدیده تشکیل شکنج در پورفیروکلاست فلدسپار که چرخش نیز نشان می‌دهد (حین دگرشکلی میلوئیتی)

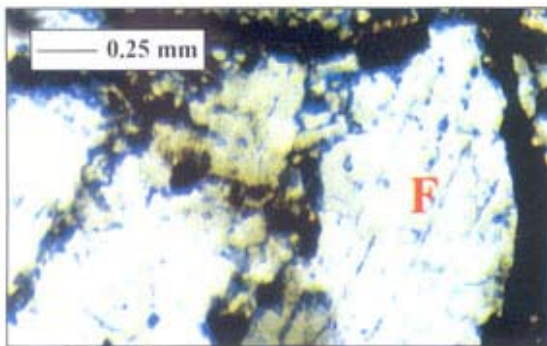




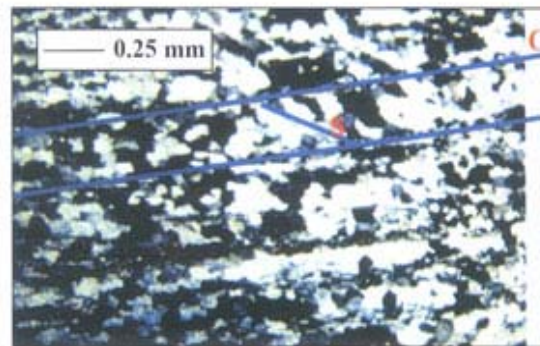
تصویر 11- نمایی شماتیک از تغییرات شدت دگرشکلی در پهنه برشی کرویان. هرچه به سمت جنوب خاور (روستای کرویان) نزدیک می‌شویم بر شدت دگرشکلی (تعداد خطوط کنار هم) افزوده می‌شود.



تصویر 10- واحدهای اولترامیلونیت در مقیاس نمونه دستی که بیشترین شدت دگرشکلی (کاملاً برگوارگی و جهت‌یافتگی کانیا و سولفیدهای حاصل از دگرسانی در آن مشهود است) را در پهنه دگرسان تحمل کرده‌اند (به تصویر میکروسکوپی آن تصویر 11 توجه شود).

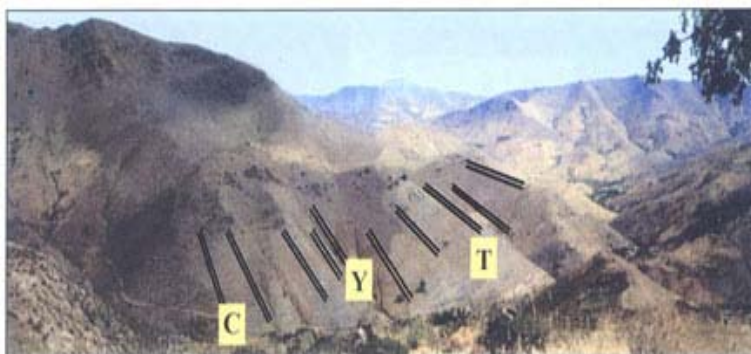


تصویر 13- ریزشکستگیها و شکستگیهایی که در پورفایروکلاست فلدسپار (F) در حین دگرشکلی و جریانهای کاتاکلاستیکی ایجاد شده و توسط کانیهایی سولفیدی و کوارتز پر شده است.



تصویر 12- مقطع میکروسکوپی از واحد اولترامیلونیتی که کاملاً کانیهایی آن جهت یافته، متبلور و هم اندازه شده‌اند افزون بر آن، در این مقطع فابریکهای باند برشی (S/C) مشاهده می‌شود.





تصویر 14- نمایی از پهنه کانه‌دار و دگرسان کرویان همراه با ترانشه‌های حفر شده در آن، C، Y، T، نام ترانشه‌ها است شمال روستای کرویان .

جدول 1- توالی پاراژنی کانیهای موجود در کانسار طلای کرویان

Mineral		Preore	Hydrothermal			Weathering
			First Stage	Second Stage		
				First Phase	Second Phase	
Pyrite	I			—————		
	II				—————	
Chalcopyrite				— — — — —		
Realgar				— — — — —		
Quartz	I	—————				
	II		—————			
	III			—————	—————	
Calcite(+ Ankerite)				— — — — —	—————	
Gold				— — — — —	—————	
Ilmenite & Magnetite		—————				
Fe-Hydroxide					—————	





جدول 2- مقایسه ویژگیهای کانسار طلاي کرويان با مشخصات مهم کانسارهاي طلاي در ارتباط با پهنه‌هاي برشي

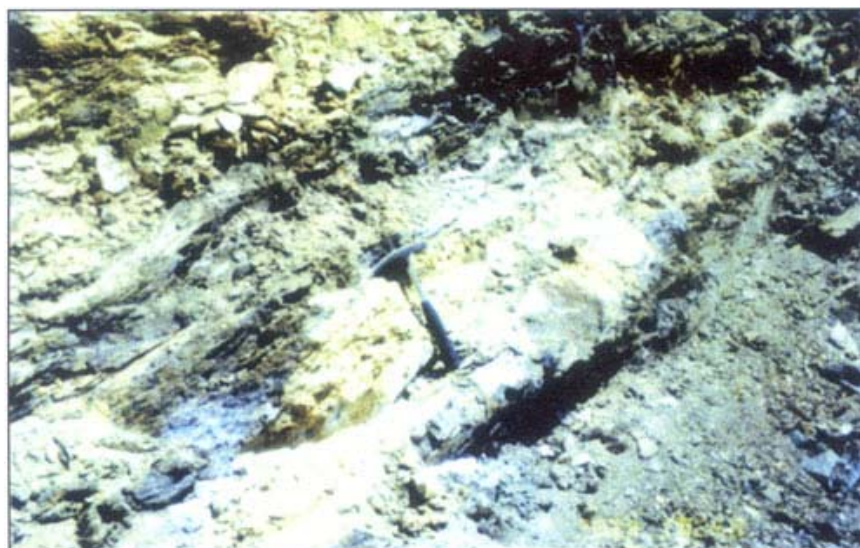
نوع شاخص	مشخصات کانسارهاي طلاي مرتبط با پهنه‌هاي برشي شکل‌پذير	منابع	مشخصات کانسار طلاي کرويان
محيط زمين ساختي	محیطهاي کوهزايي افزايشي که از نزديک شدن صفحات همگرا، فرورانش پوسته اقیانوسي و برخورد صفحات با همدیگر حاصل می‌شوند.	13-26- 16-19- 5 6-2 20-14 -29	توسط محققين مختلف (از جمله محجل، 2003) محیط فرورانش و نهایتاً برخورد صفحه عربي با ایران در نظر گرفته شده است.
جاگاه ساختاري ناحیه‌اي	کمريندهاي دگرگوني و دگرشکلي حاشيه فاره‌ها که توده‌هاي نفوذی با ترکیب حد واسط تا اسیدی در آن نفوذ نموده است (کمريندهاي ولکانولوتوني) و از دیگر مشخصه آنها وجود گسلهاي عمیق با شیب تند تا متوسط است.	1-25- 18-16- 11-10- 9-26-6 2-13	بخش شمال‌باختری پهنه دگرگوني ماگمائي سنندج سیرجان و در زیر پهنه با دگرشکلي پیچیده (محجل وسهندي، 1378) که در آن گسلهاي رانديگی با امتداد شمال‌باختر- جنوب خاور همروند با زاگرس گسترش یافته‌اند
دگرگوني نوع رخساره	دگرگوني از نوع ناحیه اي و پیشرونده و عمدتاً در رخساره شیب‌تسبز (بالايي تا پایيني) و در رخساره‌هاي با دماي بالاتر کمتر مشاهده شده است	13-16- 2-17	دگرگوني ناحیه‌اي و در رخساره شیب‌تسبز
ارتباط با توده‌هاي نفوذی ونقش آنها	عمدتاً ارتباط زاييشي با کانه‌زايي ندارد. بیشتر نقش تأمین حگرم و بالا بردن گراديان زمين گرمائي منطقه را به عهده دارند	21-13- 16-31- 20-30- 3-14-	سنگ ميزبان کانه‌زايي نمی‌باشند، شواهد موجود دال بر بي ارتباطي توده‌هاي نفوذی با کانه‌زايي از لحاظ زاييشي است ولي شار گرمائي آن در تمرکز کانه و دگرشکلي نقش دارد.
عوامل کنترل کننده کانه‌زايي	عوامل ساختاري که در ارتباط با پهنه‌هاي برشي شکل‌پذير و ميلونيتي و دگرساني است	1-31-24- 16-28- 2-18-11	پهنه‌هاي برشي شکل‌پذير و ميلونيتي و دگرسان
گسترش و ابعاد کانسار و شکل ذخيره	براي اين کانسارها عرضي حدود 0/1 كيلومتر و طولي متغير، 5-10 كيلومتر و گسترش عمقي 1 تا 2 كيلومتر گزارش شده است. ذخيره به صورت رگه‌اي و يا عدسي شکل در واحدهاي دگرشکل و دگرسان مشاهده می‌شود	28-16- 11	اين کانسار با طولي بيش از 2/5 كيلومتر و پهنای متوسط 60 متر (0-120) با ژئومتری عدسي شکل گسترش یافته است ضمن اینکه ادامه آن قابل تعقيب می‌باشد
سنگ ميزبان	انواع گسترده‌اي از سنگها می‌تواند سنگ ميزبان کانسارهاي طلاي پهنه‌هاي برشي فانروزويک باشد، اما گسترش آن در واحدهاي آتشفشاني رسوبي بیشتر گزارش شده است	16-13- 14	پهنه کانه‌دار منطقه کرويان به طور عمده از آتشفشانهاي دگرگون شده فلسيک و بازي گاملا دگرشکل همراه با واحدهاي فيليتي و کربناتي تشکيل شده است.
دگرساني هيدروترمال ي	عمدتاً شامل کربناتي شدن، آلبيتي‌شدن، سرپيتي شدن، سيليسي شدن، سولفيدي شدن، کلریتی‌شدن، و لیستونيتي‌شدن می‌باشد که کاملاً وابسته به نوع سنگ ميزبان است.	21-31- 12-16- 27-18	عمدتاً شامل کلریتی شدن، سرپيتي شدن، سيليسي شدن، کربناتي‌شدن و سولفيدي شدن است.
عناصر تشکيل دهنده کانه (عنصرکانه ساز)	<b>Au-Ag</b>	31-13	<b>Au</b>
کاني شناسي ي و پاراژنز	در دو مرحله تشکيل می‌شوند: فاز اوليه شامل کوارتز، کربناتهاي آهن-منيزيم-کلسيم، آرسنوپيريت، پيريت (+-طلا)، آلبيت، سرپيت، کلریت، شنلیت، استينيت، پروتيت، تتراهدريت، کالکوپيريت، تورمالين فاز ثانويه: طلا، گالن، اسفالریت، تلوریدها	31-13	فاز اوليه شامل: کوارتز، کلسيت و کربناتهاي آهن‌دار، سرپيت، کلریت، مسکویت، پيرتهاي خودشکل گاه طلا‌دار و فاز ثانويه شامل: طلا، کوارتز، پيريت، پيرتهاي آرسنيک‌دار، کالکوپيريت و رالگاراست
جاگاه کاني سازي در ارتباط با دگرشکلي	کاني‌سازي در پهنه‌هاي برشي و در فضاهي حاصل از دگرشکلي شکل‌پذير که به موازات برگوارگي و يا بدون جهت خاصي در کانسنگها است قرار می‌گیرد. شدت کانه سازي کاملاً در ارتباط با شدت دگرشکلي است.	31-28- 5-4-6-7	کانه‌زايي در فابريکهاي S و درزه‌ها که تحت تأثير دگرشکلي شکل‌پذير حاصل شده و توسط نفوذ سيالهاي کانه‌دار در آن بر شده قرار دارد. ضمناً شدت کانه سازي کاملاً در ارتباط با شدت دگرشکلي است.





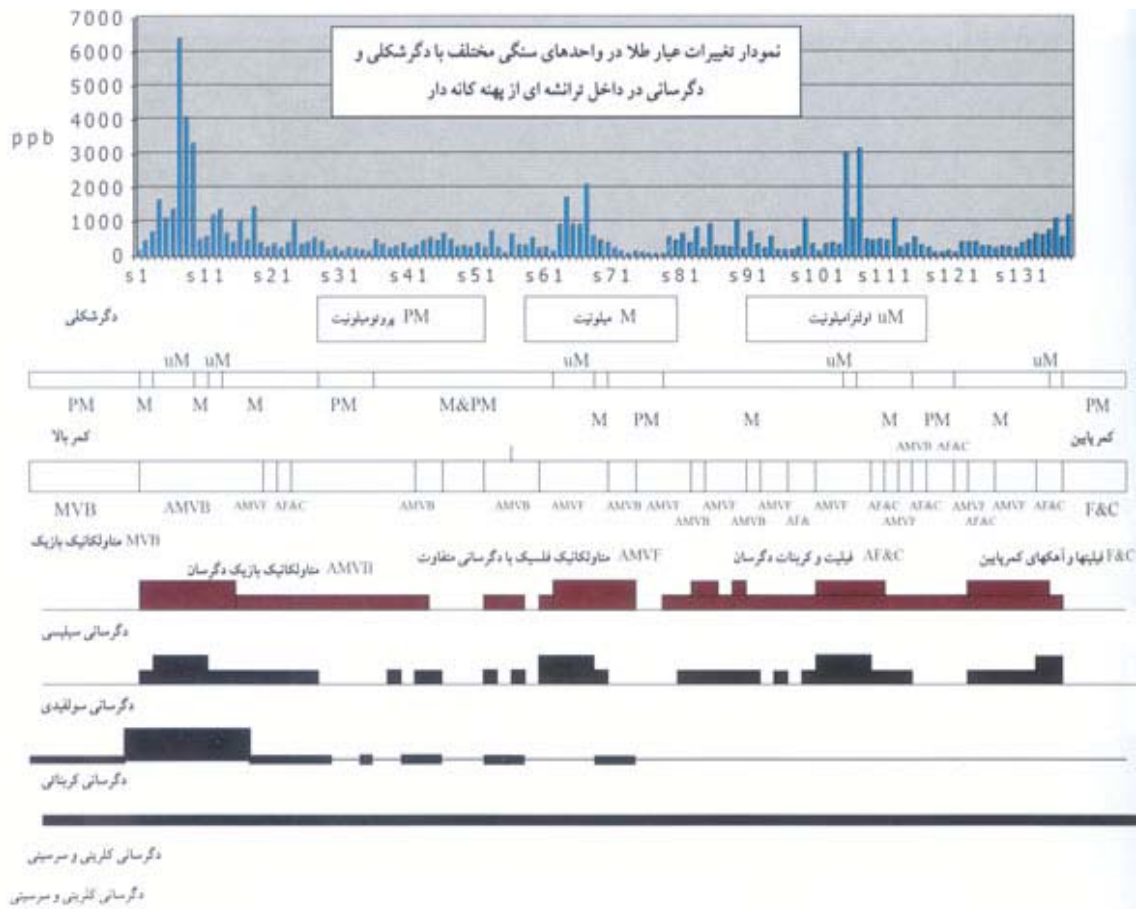
<b>فابريك و بافت شاخص</b>	فابريك واحدهاي سنگي منطقه، تحت تأثير دگرشكلي شكل پذير و از نوع فابريك ميلونيتي است كه از پروتوميلونيت تا اولتراميلونيت در منطقه گسترش داشته و بافت شاخص آنها ساروجي است.	28-31-7-4-6	فابريكهاي موجود تحت تأثير دگرشكلي شكل پذير ايجاد و از نوع ميلونيتي است كه از پروتوميلونيت تا اولتراميلونيت در پهنه برشي كانه دار گسترش دارد و بافتهاي شاخص آنها ساروجي و يا مورتار است.
<b>دماي تشكيل</b>	دماي 700-180 درجه را براي آن در نظر مي گيرند اما عمده كانسارهاي آنها، دمايي بين 400-200 درجه نشان مي دهند.	10-14-18-16-24-13-15	دماي تشكيل آن با توجه به نوع كانيها (كانيهاي دگرساني همراه كانه زايي) در درجه رخساره شيست سبز (240-320) در نظر گرفته مي شود
<b>سن</b>	به تمامي زمانها متعلق اند ولي در بين زمانهاي فانروزويك، بيشترين گسترش را در پالئوزويك پسين و ژوراسيك تا ترشييري دارند.	16-13-15-24	سن آنها براساس مطالعات انجام شده به نظر مي رسد به مزوزويك (كرتاسه پسين) منسوب باشد
<b>نحوه تشكيل</b>	دو نحوه تشكيل براي اين تپ از كانسارها از طرفداران بيشتري برخوردار است : گروهي تركز كانه زايي را در ارتباط با سيالهاي دگرگوني آزاد شده در بخشهاي عميق پوسته و حرکت آنها به سمت بالا با توجه به مجاري عبور (پهنه هاي برشي) در نظر گرفته اند گروه ديگر نفوذ آبهاي جوي به درون پوسته و گرم شدن و صعود اين سيالها را كه همراه با غني شدگي و تركز طلا از سنگهاي در بر گيرنده مي باشد را به عنوان نحوه تشكيل در نظر مي گيرند.	24-13-8-3-31-5-25-23	نحوه تشكيل اين كانسار با توجه به تشكيل آن در شرايط دگرشكلي شكل پذير و با توجه به شواهد موجود، بيشتر به گروهي كه تركز كانه زايي را در ارتباط با سيالهاي دگرگوني مي دانند نزديك تر است.

\* اعداد بيانگر ترتيب منابع مورد استفاده در قسمت Reference مي باشد.

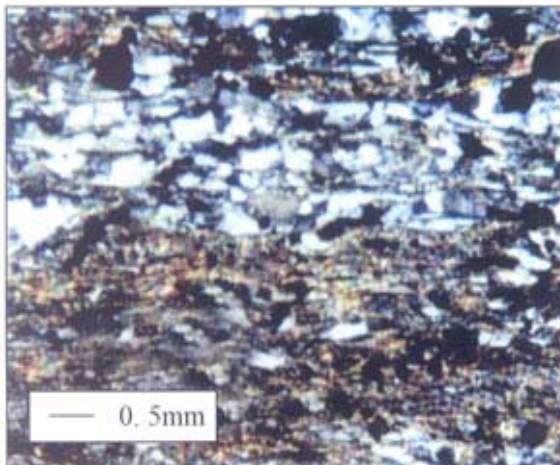


تصوير 15- واحد آتشفشاني دگرگون شده طلا دار با دگرشكلي شديد سيليسي، سولفيدي و كربناتي كه كاملا جهت يافتگي داشته و برگوارگي در آن قابل مشاهده مي باشد (ديد به سمت شمال خاور).

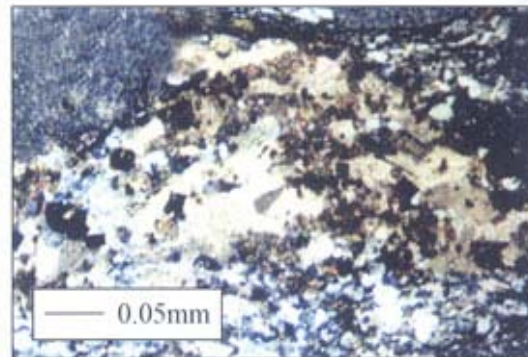




تصویر 16- نمایی کلی از تغییرات عیار طلا در برابر انواع فابریکهای دگرشکلی (میلونیت، پروتومیلونیت و اولترامیلونیت) و دگرسانی (سیلیسی، سولفیدی، کربناتی، کلریتی و سرسیتی) در سنگهای مختلف، واقع در ترانسه‌هایی که عمود بر روند پهنه کانه‌دار کرویان حفرشده است.

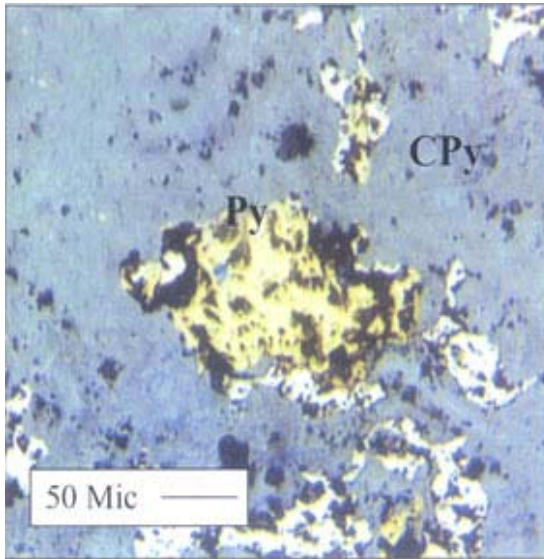


تصویر 18- پیریت‌های خود شکل (نسل اول) حاصل از دگرسانی سولفیدی شدن که در جهت برگوارگی تمرکز یافته‌اند (نور معمولی).

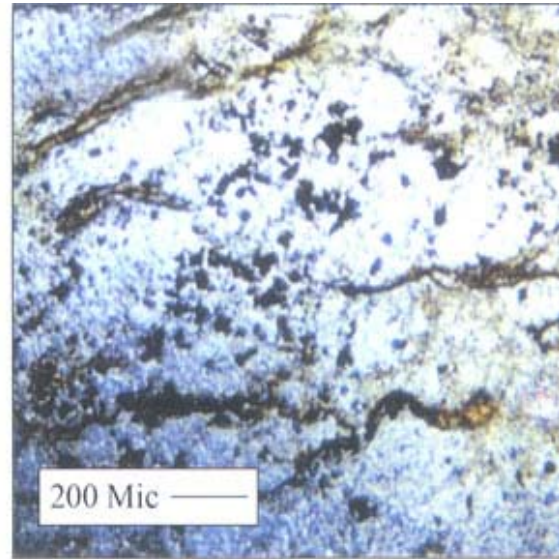


تصویر 17- سنگهای آتشفشانی بازی دگرگون و دگرسان شده که حاوی کربناتها (در مرکز تصویر و جهت‌دار)، پیریت (دانه‌های سیاه رنگ در داخل کربناتها و گاه فلدسپارهای دگرسان‌شده (در بالا و سمت چپ تصویر) می‌باشند.





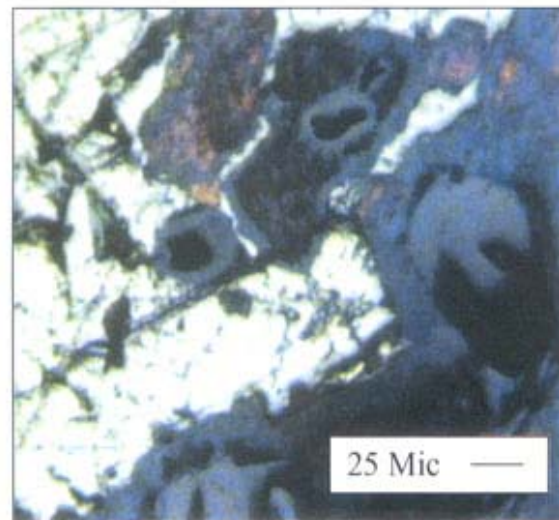
تصویر 20- کالکوپیریت‌های ریز بلور، که با پیریت‌های ریز بلور (نسل دوم)، هم اندازه و هم روند می‌باشند.



تصویر 19- سولفیدهای نسل دوم (ریز و بی‌شکل) که به صورت افشان در واحدهای دگرسان و دگرشکل شده پهنه دگرسان دیده می‌شود (بدون آنالیزور).

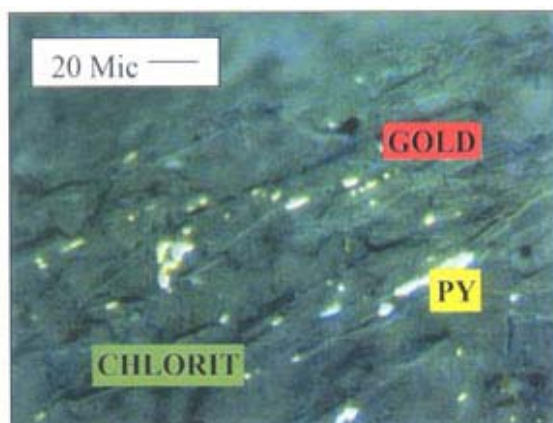


تصویر 22- طلای آزاد در داخل باطله سیلیسی در نمونه‌های به شدت دگرسان شده (سیلیسی، سولفیدی).

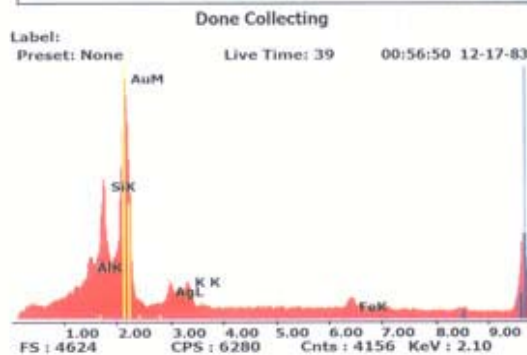
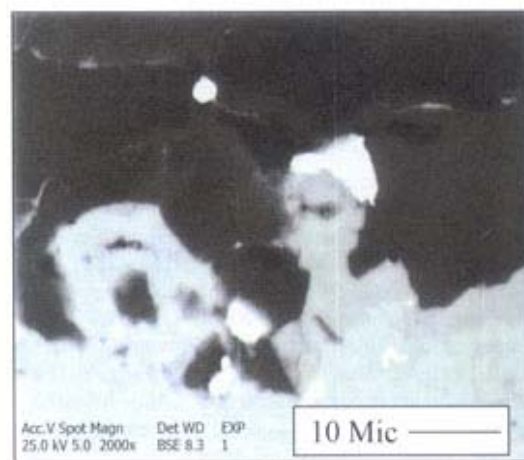
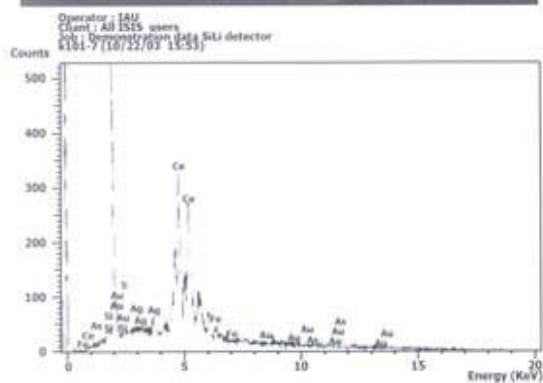
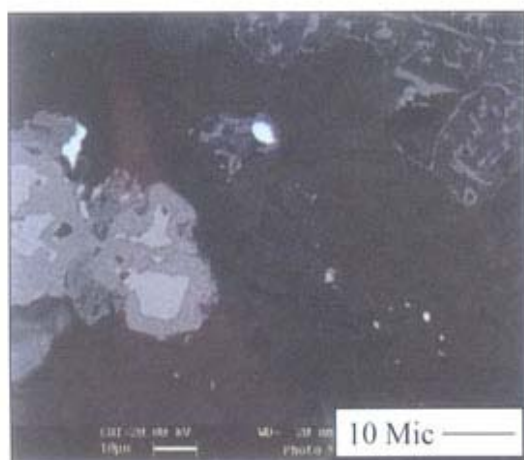


تصویر 21- کانی سولفیدی آرسنیک‌دار (رالگار) در شکستگی‌های کانی اکسیدی (تیتانومگنتیت) که با رنگ تداخلی داخلی سرخ قابل تشخیص است و نشان از تقدم فاز اکسیدی نسبت به فاز سولفیدی دارد.





تصویر 23- طلاهای آزاد جهت یافته در جهت برگوارگی که در کنار سولفیدهای ریز دانه و در امتداد کانیهایی فیلسیلیکاتی حاصل از دگرسانی (کلریت) و در سیلیس دیده می شوند.



تصویر 25- دانه های طلاي آزاد شده از پیریت های ریز اکسیده همراه با نتایج تجزیه میکروسکوپ الکترونی آن.

تصویر 24- طلاي آزاد شده از پیریت های درشت اکسیده همراه با نتایج تجزیه میکروسکوپ الکترونی آن.



**کتابنگاری**

ابوالمعالي، ش.، علوي، م.، زعيم فرخزادي، ن.، 1377- اکتشافات ژئوشیمیائی سیستماتیک در محدوده برگه 1/100000 سقز، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

حسني پاك، ع. ا.، 1377- گزارش ژئوشیمیائی سیستماتیک در محدوده برگه 1/100000 آلت، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، شرکت توسعه علوم زمین. گزارش داخلی.

حسني پاك، ع. ا.، 1378- گزارش ژئوشیمیائی سیستماتیک در محدوده برگه 1/100000 تیژتیز، سازمان صنایع و معادن استان کردستان. گزارش داخلی.

رشید نژاد عمران، ن.، 1381- پترولوژی و ژئوشیمی سنگ های متا ولکانوسدیمتری و پلوتونیک منطقه موته (جنوب دلیجان) با نگرشی ویژه به خاستگاه کانی سازی طلا. رساله دکترا، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس.

مجل، م.، 1381- گزارش نقشه زمین شناسی، ساختاری و آتراسیون منطقه معدنی کرویان (1/5000)، طرح اکتشاف طلای سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

مجل، م. و سهندي، ر.، 1378- تکامل تکتونیکي پهنه سنج سیرجان در نیمه شمال باختری و معرفی زیر پهنه های جدید در آن، فصل نامه علوم زمین شماره 31-32، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

مجل، م. و شمسا، س. م. ج.، 1380- فابریک سنگهای طلا دار منطقه کرویان، نوزدهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

**References**

- Anderson, S.D., and Beaumont- Smith, C.J., 2001- Structural analysis of the pool Lake-Boiley lake area, Lynn lake greenstone belt. Manitoba Geological-Survey, 76-85 P.
- Bierlein, F.P., and Maher, S., 2001- Orogenic disseminated gold in phanerozoic fold belts- examples from Victoria, Australia and elsewhere, Ore Geology Reviews, v. 18, Issue:1-2, p.113-148.
- Bohlke, J.K. and Kistler, R.W., 1986- Rb-Sr, K-Ar and stable isotope evidence for the ages and sources of fluid components of gold bearing quartz veins in the northern Sierra Nevada Foothills Metamorphic Belt, California, in Foster, R.P., 1993, Gold metalogeny exploration. Blackie and son .Ltd. 432P.
- Boyle, R.W., 1987- Gold history and genesis of deposits. Van Nostrand Reinhold, New York, 627P.
- chuanyong, L., Yongnian, H., Xiade, C., 1995- Relation between ductile shear zone and gold mineralization-Taking Jinchangyu Gold Mine- Eastern Hebei Province -China. Chinese Science, Vol.14, Issue;4.
- Deng, J., Yang, L., Zhai, Y., Wang, J., and Fang, Y., 1999- Crust -Mantle Interaction and Dynamics of Metallogenic System of Jiaodong gold ore concentrating area, China, Journal of Geosciences of China, vol.1, NO1.
- Dewolfe, J.C., 1995- Structure geology of shear-hosted gold deposits in the Beardmore-Geraldton Greenstone Belt, Superior province, Ontario. Mineral Exploration Research Center, Department of Earth Sciences, Laurentian University.
- Doyle, C., and Cartwright, I., 2002- The role of fluids in retrograde shearing. Journal of Geochemical Exploration, Vol. 69-70, pp. 575-579.
- Evans, A.M., 1997- An introduction to economic geology and its environmental impact Blackwell, Sci:Pub.364P.
- Evan, D.T.W., and Wilton, D.H.C., 2000- The midas pond gold prospect, Victoria Lake Group, Central New Foundland. Explor. Mining Geol., v.9, p. 65-79.
- Ferkous, K., and Leblance, M., 1995- Gold mineralization in the west Hoggar shear zone, Algeria. Mineral Deposita, v. 30, p. 211-224.
- Ferrari, M.A.D., and Choudhuri, A.A., 2000- Chemical and structural constraints on the paiol gold deposit, Almas greenstone belt, Brazil. Revista Brasileira de Geociencias, v.33, p. 297-301.
- Foster, R.P., 1993- Gold metalogeny and exploration. Blackie and son .Ltd. 432P.
- Goldfarb, R.J., Phillips, G.N., and Nokleberg, W.J., 1998- Tectonic setting of synorogenic gold deposits of the Pacific Rim. Ore Geology Reviews, 13:185-218.

- Groves, D.I., Goldfarb, R.J., Robert, F., Hart, C.J., 2003- Gold Deposits in metamorphic Belts: Overview of current Understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance, *Economic Geology*, Vol. 98, pp, 1-29.
- Groves, D.I., Goldfarb, R.J., Gebre-Mariam, M., Hgemann, S.G. and Robert, F., 1998- Orogenic gold deposits. *Ore Geology Reviews*, 13:7-27.
- Hutchinson, R.W., 1987- Metallogeny of Precambrian gold deposits: Space and time relationship. *Econ.Geol.*82, 1993 - 2007.
- Jelsma, H.a., Huizenga, J.M., Touret, J.L.R., 1999- Fluids and epigenetic gold mineralization at Shamva Mine, Zimbabwe:a combined structural and fluid inclusion study, v. 27, Issue.1, pp. 55-70.
- Kontoniemi, O., 1997- Paleoproterozoic shear zone related gold deposit at Osi konmaki, SE Finland. *Mineral Deposits :Research and Exploration* ,V.11-13, pp213-216.
- Kurt Stuwe, 1998- Tectonic constraints on the yiming relationship of metamorphism, fluid production and goldbearing quartz vein emplacement .*Ore Geology Reviews* 13:219-228.
- Leonardos, O., Jost, H. and Oliveira, C.G.,1991- Gold deposits and shear zone relationships in the precambrian of Brazil. *BrazilGold91*, E.A.Laderia(ed).p167-169.
- Mohajjel, M., Fergussen, C.L. and Sahandi, M.R., 2003- Cretaceous-Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj -Sirjan zone, western Iran. *Journal of Asian Earth Science*, 21:397-412.
- Passchier, C.W., and Trouw, R.A.J., 1998- *Microtectonics* springer, Berlin Heidelberg. New York.
- Phillips, G.N., 1993- Metamorphic fluids and gold. *Mineralogical Magazine*, Vol. 57, pp. 365-374.
- Piessens, K.,Mucchez, P., Viaene, W., Boyce, A., Devos, W., Sintubin, M. and Debacker, T., 2000- Alteration and fluid characteristics of a mineralised shear zone in the lower Paleozoic of the Anglo-Brabant belt, Belgium. *Journal of Geochemical Exploration*, 69-70:317\_321.
- Read, C.M. and Cartwright, I., 2000- Meteoric Fluid infiltration in the middle crust during shearing .*Journal of Geochemical*, 69-70:333-337.
- Sawkins, F.J., 1990- *Metal deposits in relation to plate tectonic*, Second Revised and enlarged Edition: Springer-Verlag.p.
- Sup So, C., Taek Yun, s., Shelton, K.L., 1995- Mesothermal gold vein mineralization of the Samdong mine, Youngdong mining district, Republic of Korea, *Mineral Deposita*, v, 30, pp, 384-396.
- Wang, H.N. and Chen, J. and Ji, J.F. and Sun, C.Y.,1999- Geochemistry and metalization of mylonite-hosted gold deposit in southern china.Ninth Annual V.M Goldschmidt Conference.
- Wilkinson, J.J., Boyce, A.J., Earls, G., and Fallick, A.E., 1999- Gold remobilization by low- temperature brines: Evidence from the curraghinalt gold deposit, Northern Ireland. *Economic Geology*, v.94, pp. 289-296.
- Woodward, L.A., 1993- Structural control of lode gold deposits in the Pony Mining district,Tobacco root Mountains, Montana. *Economic Geology*,88:1850-1861.
- Zhou, Y. and Wang, Z., 1999- Altered ductile shear-zone host type of gold deposits from south China .*Journal of Geoscience of China* .1:1.

\*بخش زمین شناسی دانشگاه تربیت مدرس  
\*\* سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور

\*Geological Department, Ttarbiat Modares University, Tehran, Iran

\*\*Geological Survey and Mineral Exploration of Iran

