

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده علوم زمین

رشته زمین‌شناسی گرایش اقتصادی

پایان نامه کارشناسی ارشد

مطالعه کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژئزکانسار مس ربیعی نیا، جنوب دامغان

نگارنده:

آرزو سادات میرباقری دهاقانی

استاد راهنما:

دکتر فرج‌ا... فردوست

دکتر مهدی رضائی کهخائی

مهر ۱۴۰۰

تقدیم بہ:

تقدیم بہ

مقدس ترین واثرہ مادر لغت نامہ دلم، مادر مہربانم کہ زندگیم را دیون مہر و عطوفت آن

می دانم؛ و پدرم،

کہ ہموارہ در سایہ سار حمایتش، جرئت چشم دوختن بہ افق های دور را یافتہ ام.

و

پدر بزرگ عزیزم

شہید سید محمد میر باقری کہ ہرگز ندیدمش

خدایا....!

از خیمه گاه رحمت بیرونان مکن. از آستان مهرت نومیدان مساز
آرزو و انتظارهایمان را به حرمان مکنشان. از دگاه خوشت ما را مران. خدای

من....! چگونه ناامید باشم، در حالی که تو امید منی!

چگونه سستی بگیرم، چگونه خواری پذیرم که تو تکیه گاه منی!
ای آنگه با کمال زیبایی و نورانیت خویش، آسپهان تجلی کرده ای که عظمت بر تمامی ماسیه

افکنده

نگاه خود را از ما بگیر...

اکنون که به یاری خدای متعال موفق به اتمام این مقطع تحصیلی شده ام، بر خود لازم می دانم از زحمات استادان بزرگوارم جناب آقایان دکتر فرج...ا.

فردوست و دکتر مهدی رضایی کهنانی که مرا از خوان بی دریغ اندوخته های خویش محروم نگذاشته اند و من انجام این رساله را مدیون دانش و فضل این بزرگواران
هستم شکر نمایم.

از اساتید شایسته؛ جناب آقای دکتر صادقیان، دکتر علی پور و دکتر موسوند که در کمال سه صدر با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کجی در این عرصه بر من دریغ ننمودند؛ کمال تشکر
و قدردانی را دارم، باشد که این پایان نامه بخشی از زحمات آنان را پاس گوید.

تشکر از تمامی دوستان و همسر بزرگوارم که وجودشان مایه دلگرمی در این مسیر بوده؛ که در سختی ها همراه و به کام بودند و از خداوند متعال آرزوی سلامتی و توفیق روز افزون را
دارم.

آرزو سادات میرباقری دهلانی

مهر ۱۴۰۰

تعهد نامه

اینجانب آرزو سادات میرباقری دهاقانی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی گرایش زمین شناسی اقتصادی از دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه کارشناسی ارشد با عنوان مطالعه کانی شناسی، ژئوشیمی و ژئزکانسار مس ربیعی نیا، جنوب دامغان تحت راهنمایی آقای دکتر فرج... فردوست، مهدی رضایی کهخانی متعهد می شوم:

۱. تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
۲. در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
۳. مطالب مندرج در پایان نامه تا کنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
۴. کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه صنعتی شاهرود» و یا «Shahrood University of Technology» به چاپ خواهد رسید.
۵. حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تاثیرگذار بوده اند، در مقالات مستخرج از این پایان نامه رعایت می گردد.
۶. در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت های آنها) استفاده شده است، ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
۷. در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

۱. کلیه حقوق این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) مربوط به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
۲. استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

کانسار مس ربیعی نیا در استان سمنان، در ۱۴۰ کیلومتری جنوب شاهرود، ۲۰ کیلومتری غرب ترود و در داخل مجموعه آتشفشانی-رسوبی نوار ترود-چاه شیرین در شمال پهنه ساختاری-رسوبی ایران مرکزی قرار دارد. فعالیت-های آتشفشانی و ماگمایی در این نوار از ائوسن تا میوسن باعث دگرسانی و کانی‌زایی‌های گرمایی گسترده‌ای شده است که عمدتاً در ارتباط با فروران‌ش در این پهنه است. در این نوار، فعالیت‌های آتشفشانی و کانه‌زایی‌های مرتبط با آن بیشتر در ارتباط با گسل‌های چپ‌گرد انجیلو در شمال و ترود در جنوب با راستای شمال‌شرق-جنوب‌غرب رخ داده است. بررسی‌های انجام شده در خصوص سنگ میزبان کانسار بیانگر وجود گدازه‌های آندزیتی، آندزیت بازالتی و بازالت به همراه سنگ‌های آذرآواری است که طی فعالیت آتشفشانی ائوسن میانی-الیگومیوسن تشکیل شده‌اند. این سنگ‌ها با انواع دگرسانی‌های سیلیسی، کربناتی، کلریتی، آرژیلیتی، سریسیتی و اکسیدهای آهن در اطراف رگه‌ها و در بخش‌هایی از منطقه همراه هستند. به‌علاوه، دارای ماهیت کالک‌آلکالن غنی از پتاسیم تا شوشونیتی می‌باشند. کانه‌زایی در منطقه ربیعی نیا، به‌صورت رگه‌ای در طول گسل‌ها در مجموعه گدازه‌ای تشکیل شده و شکستگی‌های حاصل از عملکرد این گسل‌ها در سنگ‌های منطقه، محل مناسبی را برای نفوذ محلول‌های گرمایی ایجاد کرده‌اند. در واقع کنترل‌کننده اصلی کانی‌سازی، گسل‌ها و شکستگی‌ها هستند. براساس مطالعات کانه‌نگاری و مشاهدات صحرایی کانه‌زایی در دو مرحله هیپوژن و سوپرژن و هوازدگی صورت گرفته که کانه‌های پهنه هیپوژن را عموماً کالکوسیت تشکیل می‌دهند. بخش اعظم کانه‌های فاز اصلی کانه‌زایی به دلیل قرار گرفتن در پهنه اکسیدان-سوپرژن از بین رفته و کانی‌های ثانویه مس نظیر کوولیت، آزوریت، مالاکیت و کریزوکولا به جای آنها تشکیل شده‌اند. بافت ماده معدنی نیز به صورت رگه‌ای، رگه-رگچه‌ای، دانه‌پراکنده، پرکننده فضاهای خالی، جانشینی و کلوفرمی دیده می‌شود. بررسی داده‌های زمین‌شیمیایی سنگ‌های آتشفشانی منطقه، غنی‌شدگی قابل ملاحظه‌ای نسبت به عناصر K، Th، U، و Pb و تهی‌شدگی از عناصر Nb، Th، Ba/Th نشان می‌دهند. بر این اساس می‌توان منشأ ماگمای آنها را به پهنه فروران‌ش نسبت داد. بر پایه مطالعات زمین‌شیمیایی، مس با عناصر Fe، As، Ag،

Sr ، Zn، Ni ، Pb ، Al ،Ar دارای همبستگی معنی داری است که این همبستگی ها با پاراژنز و توالی همبود کانی ها مطابقت دارد. در مجموع با توجه به بررسی کلیه خصوصیات کنترل ساختاری کانی سازی، نوع دگرسانی سنگ شناسی، کانی شناسی ساده، مطالعات زمین شیمیایی، و همچنین مقایسه آنها با کانسارهای مشابه ، کانسار مس ربیعی نیا را می توان در دسته کانسارهای مس تیپ مانتو در نظر گرفت.

کلید واژه ها: کانی شناسی، زمین شیمی، مس تیپ مانتو، ائوسن میانی-بالایی، ربیعی نیا، ترود-چاه شیرین.

فهرست مقالات مستخرج شده از پایان نامه

-میرباقری دهاقانی ا. و فردوست ف.ا و رضایی کهخائی م، (۱۴۰۰) "نگاه کلی بر زون آتشفشانی - رسوبی ترود-

چاه شیرین" سیزدهمین همایش ملی و اولین همایش بین المللی انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه

لرستان.

فهرست مطالب

فصل اول کلیات	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به محدوده	۲
۱-۳- شرایط آب و هوایی، اقلیمی و پوشش گیاهی	۴
۱-۴- شرایط اجتماعی و معیشتی	۵
۱-۵- ژئومورفولوژی	۵
۱-۶- مطالعات و کارهای انجام شده قبلی	۶
۱-۷- روش مطالعه	۱۱
۱-۷-۱- گردآوری اطلاعات و منابع	۱۱
۱-۷-۲- مطالعات صحرایی	۱۱
۱-۷-۳- مطالعات آزمایشگاهی	۱۲
۱-۷-۳-۱- مطالعات آزمایشگاهی و دستگاهی	۱۲
۱-۷-۴- مطالعه دفتری، پردازش و تفسیر داده‌ها	۱۳
فصل دوم	۱۵
زمین‌شناسی ناحیه‌ای	۱۵
۱-۲- مقدمه	۱۶
۲-۲- ویژگی‌های عمومی پهنه ساختاری-رسوبی ایران مرکزی	۱۷
۲-۳- ویژگی‌های عمومی رشته کوه آتشفشانی - رسوبی ترود - چاه شیرین	۱۷
۲-۳-۱- جایگاه تکتونیکی	۱۷
۲-۳-۲- سیستم گسل خوردگی‌ها	۱۹
۲-۳-۳-۱- گسل‌ها	۲۰
۲-۴- چینه‌شناسی ناحیه‌ای	۲۲
۲-۴-۱- واحدهای اردوئیسین - سیلورین	۲۲
۲-۴-۲- واحد کرتاسه	۲۳
۲-۴-۳- واحدهای ائوسن	۲۳

۲۴.....	۲-۴-۴- واحدهای ائوسن - الیگوسن
۲۴.....	۲-۵-۵- کانی سازی در منطقه
۲۵.....	۲-۵-۱- کانی سازی فلزی
۲۵.....	۲-۵-۲- کانی سازی غیر فلزی
۲۷.....	فصل سوم
۲۷.....	زمین شناسی و سنگ شناسی محدوده معدنی
۲۸.....	۳-۱- مقدمه
۳۱.....	۳-۲- چینه شناسی و سنگ شناسی محدوده معدنی مورد مطالعه
۳۱.....	۳-۲-۱- مجموعه آتشفشانی
۳۱.....	۳-۲-۱-۱- واحد آندزیت
۳۳.....	۳-۲-۱-۲- واحد بازالت
۳۴.....	۳-۲-۱-۳- واحد آندزیت-بازالت
۳۵.....	۳-۲-۲- سنگ های اذراواری
۳۵.....	۳-۲-۲-۱- واحد توف
۳۵.....	۳-۲-۲-۲- واحد مارن
۳۶.....	۳-۲-۲-۳- واحد ماسه سنگی
۳۹.....	فصل چهارم
۳۹.....	کانه زایی و دگرسانی
۴۰.....	۴-۱- مقدمه
۴۰.....	۴-۲- رخداد کانه زایی در محدوده مس ربیعی نیا
۴۱.....	۴-۲-۱- کانه زایی رگه ای
۴۲.....	۴-۲-۲- کانه زایی پرکننده حفره ها و فضاهای خالی
۴۲.....	۴-۳- اهمیت و کاربرد مطالعات پهنه های دگرسانی
۴۴.....	۴-۴- دگرسانی های موجود در منطقه مورد مطالعه
۴۴.....	۴-۴-۱- دگرسانی سرسیتیک (QSP)
۴۵.....	۴-۴-۲- دگرسانی سیلیسی:
۴۷.....	۴-۴-۳- دگرسانی آرژیلیتی

۴۸	۴-۴-۴- دگرسانی کلریتی
۵۰	۵-۴-۴- اکسیدهای آهن (هماتیت و لیمونیت)
۵۰	۶-۴-۴- دگرسانی کربناتی
۵۳	فصل پنجم
۵۳	کانی‌شناسی، ساخت ، بافت و توالی پاراژنتیکی
۵۴	۱-۵- مقدمه
۵۴	۲-۵- کانی‌شناسی
۵۵	۱-۲-۵- کانی‌های گروه سولفیدی
۵۵	۱-۱-۲-۵- کالکوسیت (Cu_2S)
۵۶	۲-۱-۲-۵- کالکوپیریت $Cu FeS_2$
۵۶	۳-۱-۲-۵- کوولیت (CuS)
۵۷	۲-۲-۵- کانی‌های گروه کربناتی و سیلیکاتی مس
۵۷	۱-۲-۲-۵- مالاکیت $Cu_2(CO_3)(OH)_2$
۵۸	۳-۲-۵- کانی‌های اکسیدی و هیدروکسیدی
۵۹	۱-۳-۲-۵- مگنتیت Fe_3O_4
۵۹	۲-۳-۲-۵- ههماتیت Fe_2O_3
۵۹	۳-۳-۲-۵- گوتیت ($FeO.OH$)
۶۰	۴-۳-۲-۵- لیمونیت $O.(FeOOH.nH_2O)$. تیاابغه‌های اکسیدی و هیدروکسیدی
۶۱	۴-۲-۵- کانی‌های باطله
۶۱	۱-۴-۲-۵- کوارتز SiO_2
۶۱	۲-۴-۲-۵- کلسیت $CaCO_3$
۶۳	۳-۴-۲-۵- باریت
۶۳	۳-۵- ساخت و بافت کانی‌ها
۶۴	۱-۳-۵- ساخت
۶۴	۱-۱-۳-۵- ساخت رگه- رگچه‌ای
۶۵	۲-۱-۳-۵- ساخت پرکننده فضاهای خالی
۶۶	۲-۳-۵- بافت

۶۶	۵-۳-۱- بافت دانه پراکنده
۶۶	۵-۳-۲- بافت رگه-رگچه‌ای
۶۷	۵-۳-۳- بافت پرکننده فضاهای خالی
۶۸	۵-۳-۴- بافت جانشینی
۶۹	۵-۳-۵- بافت کلوفر می
۶۹	۵-۴- پارائنز و توالی پارائنتیک کانی‌ها
۷۳	فصل ششم
۷۳	ژئوشیمی
۷۴	۶-۱- مقدمه
۷۴	۶-۲- زمین‌شیمی مس
۷۶	۶-۳- نمونه‌برداری و آنالیز نمونه‌ها
۷۶	۶-۴- ژئوشیمی سنگ میزبان
۷۶	۶-۴-۱- نامگذاری و طبقه‌بندی ژئوشیمیایی سنگ‌های میزبان
۷۷	۶-۴-۲- تعیین سری ماگمایی سنگ‌های میزبان کانسار
۷۷	۶-۴-۳- عوامل کنترل کننده ماگماتیسم در مناطق مورد مطالعه
۷۹	۶-۵- عناصر نادر و نادر خاکی در سنگ‌های آذرین میزبان کانسار مس ربیعی نیا
۸۰	۶-۵-۱- الگوی پراکندگی عناصر کمیاب خاکی در سنگ‌های میزبان و کانسنگ ماده معدنی
۸۱	۶-۶- ژئوشیمی کانسنگ
۸۲	۶-۶-۱- ضریب همبستگی
۸۵	فصل هفتم
۸۵	تیپ کانه‌زایی، الگوی تشکیل، نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۸۶	۷-۱- مقدمه
۸۶	۷-۲- خلاصه‌ای از شواهد ژنتیکی موجود در ارتباط با کانه‌زایی
۸۶	۷-۲-۱- زمین‌شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه
۸۷	۷-۲-۲- کانه‌زایی و دگرسانی
۸۸	۷-۲-۳- کانی‌شناسی، ساخت و بافت
۸۸	۷-۲-۴- ژئوشیمی

۳-۷- بررسی مدل ژنتیکی در کانسار مس ربیعی نیا.....	۸۹
۴-۷- کانسارهای تیپ مانتو در ایران.....	۹۳
۵-۷- الگوی تشکیل کانسار مس ربیعی نیا.....	۱۰۰
۶-۷- عوامل موثر در تشکیل کانسار مس ربیعی نیا.....	۱۰۳
۱-۶-۷- تکتونیک ناحیه ای.....	۱۰۳
۲-۶-۷- ساختارهای زمین شناسی منطقه و محدوده معدنی.....	۱۰۳
۳-۶-۷- سنگ میزبان.....	۱۰۳
۴-۶-۷- منبع انرژی حرارتی.....	۱۰۴
۵-۶-۷- مهاجرت عناصر.....	۱۰۴
۷-۷- نتیجه گیری.....	۱۰۵
۸-۷- پیشنهادات اکتشافی و تحقیقاتی.....	۱۰۶
منابع و مآخذ.....	۱۰۸
منابع فارسی.....	۱۰۹
پیوست.....	۱۱۸

فهرست جداول

- جدول ۵-۱ توالی پارازنتیک در کنسار مس ربیعی نیا ۷۱
- جدول ۶-۱- ضریب همبستگی پیرسون (Pearson) بین عناصر فلزات پایه و برخی عناصر دیگر در کنسار مس ربیعی نیا ۸۳
- جدول ۷-۱- تیپ کانه‌زایی کنسار مس ربیعی نیا در مقایسه با برخی از ویژگی‌های کنسارهای تیپ مانتو، لایه‌های سرخ آتشفشانی، میشیگان در سایر نقاط جهان ۹۱
- جدول ۷-۲ انواع مختلف کنسارهای تیپ مانتو در ایران ۹۴
- جدول ۷-۳- مقایسه بعضی از ویژگی‌های شاخص کنسار مس ربیعی نیا با برخی کنسارهای واقع در رشته کوه ترود- چاه‌شیرین و سایر نقاط ایران ۹۶

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- دورنمایی از موقعیت جغرافیایی و راه دسترسی به محدوده اکتشافی مس ربیعی نیا ۳
- شکل ۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راه دسترسی به محدوده مس ربیعی نیا بر روی تصویر ماهواره‌ای ۳
- شکل ۱-۳- موقعیت جغرافیایی کمر بند آتشفشانی- نفوذی ترود- چاه شیرین بر روی تصویر RGB سنجنده است، و تصویر بزرگنمایی شده از محدوده مورد مطالعه. ۳
- شکل ۱-۴- نمایی از پوشش گیاهی بسیار محدود در مجاورت محدوده اکتشافی ربیعی نیا (دید به سمت شمال غرب) ۴
- شکل (۱-۵): وضعیت موفولوژیکی در منطقه در نقشه توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ ترود و موقعیت محدوده اکتشافی ربیعی نیا بر روی آن، ۶
- شکل ۱-۲: الف. موقعیت زون ترود- چاه شیرین (T) در شمال پهنه ایران مرکزی. کمر بند ارومیه دختر (UD) به موازات زون زاگرس (MZT) کشیده شده است. ب. موقعیت رخداد های معدنی در زون ترود چاه شیرین. ۱۶
- شکل ۲-۲- نقشه گسل‌های شمال منطقه ترود- معلمان و وضعیت شکستگی‌های محلی در مناطق مختلف آن (کینژاد و همکاران، ۱۳۸۹). ۲۰
- شکل ۲ - ۳ - نقشه گسل‌های موجود در رشته کوه ترود- چاه شیرین، تهیه شده براساس نقشه گسله ۱/۲۵۰۰۰ معلمان. محدوده اکتشافی ربیعی نیا با چند ضلعی مشخص شده است (گزارش پایان اکتشاف، مهدی ربیعی نیا). ۲۱
- شکل ۳ - ۱ - نقشه زمین‌شناسی ۵۰۰۰ / ۱ محدوده اکتشافی مس ربیعی نیا (گزارش پایان اکتشاف، مهدی ربیعی نیا). ۲۹
- شکل ۳ - ۲ - نقشه توپوگرافی محدوده مس ربیعی نیا با مقیاس ۱۰۰۰ / ۱ (گزارش پایان اکتشاف، مهدی ربیعی نیا). ۳۰
- شکل ۳ - ۳ - نقشه توپوگرافی - زمین‌شناسی ۱۰۰۰ / ۱ محدوده اکتشافی مس ربیعی نیا (گزارش پایان اکتشاف، مهدی ربیعی نیا). ۳۰
- شکل ۳-۴- الف: تصویر نمونه دستی و صحرایی آندزیت همراه با کلسیت و باریت به صورت رگه ای و شکافه پرکن . ب: مقطع میکروسکوپی آندزیت که پلاژیوکلاز و آمفیبول کانی‌های اصلی سازنده سنگ که بصورت فنوکریست در زمینه دانه‌ریز تا شیشه‌ای قرار گرفته و بافت‌های پورفیری و میکرولیتی را ایجاد نموده و وجود کلسیت به صورت رگه ای در آن. ج: پلاژیوکلاز و آمفیبول کانی‌های اصلی سازنده سنگ و همچنین پلاژیوکلاز به صورت شکل‌دار تا

بیشکل و با اندازه‌های متفاوت در متن سنگ و ماکل پلیسنتتیک و آلبیت - کارلسباد مشاهده می شود. برخی از پلاژیوکلازها به صورت اجتماعی و اغلب به صورت تک بلور در خمیره مشاهده می شوند. ۳۲.....

شکل ۳-۵- الف: گدازه های بازالتی و رگه رگچه های باریت و کلسیت. ب: فنوکریستهای پلاژیوکلاز، پیروکسن که در زمینه‌ای از میکروولیت‌های پلاژیوکلاز، پیروکسن، و کانی‌های کدر ۳۳.....

شکل ۳-۶- الف: بازالت‌ها به شکل جریان‌های گدازه‌ای و گدازه‌های بالشی به رنگ خاکستری تیره و گاهی قرمز به دلیل آغشتگی به اکسید آهن. ب: کانی‌های پلاژیوکلاز، پیروکسن و آمفیبول ، به صورت شکل‌دار و بیشکل در زمینه میکروولیتی قرار دارند. ۳۴.....

شکل ۳-۷- توف های به رنگ عمومی ارغوانی تا ارغوانی تیره و سبز و لایه بندی نازک تا متوسط به همراه توفیت، سیلتستون و مارن بصورت پیوسته و همروند با آن. ۳۵.....

شکل ۳-۸- تصویر صحرایی از واحد مارن حاوی میان‌لایه‌های ژئوپس ۳۶.....

شکل ۳-۹- تصویر نمونه دستی، صحرایی و میکروسکوپی کوارتز آرنایت ۳۷.....

شکل ۴-۱- کانه زایی موجود در گسل ها در محدوده معدنی معدنی ربیعی نیا ۴۱.....

شکل ۴-۲- کانه‌زایی پرکننده حفره‌ها و فضاهای خالی در محدوده معدنی ربیعی نیا ۴۲.....

شکل ۴-۳- الف- وجود دگرسانی های اکسید آهن (لیمونیت و هماتیت) در کنار ماده معدنی. ب- وجود دگرسانی های اکسید آهن (هماتیت) در کنار ماده معدنی. ۴۳.....

شکل ۴-۴- الف- تصویر نمونه دستی از دگرسانی سریسیتی و لیمونیتی ب- تصویر میکروسکوپی از دگرسانی سریسیتی که بصورت دانه ریز در متن سنگ ۴۵.....

شکل ۴-۵- طیف پراش اشعه ایکس (برای نمونه M.R-8 شناسایی کانی های کوارتز، آلبیت اورتوکلاز و موسکویت که بیانگر دگرسانی سیلیسی، آلبیتی، پتاسیک و سرسیتیک می باشد. ۴۵.....

شکل ۴-۶- الف- رگچه های سیلیسی درون درزه ها و فضاهای خالی. ب- تصویر میکروسکوپی سیلیس که بیانگر دگرسانی سیلیسی میباشد. ۴۶.....

شکل ۴-۷- طیف پراش اشعه ایکس (برای نمونه M.R-14 شناسایی کانی های کوارتز، کلسیت، آلبیت و کلریت که بیانگر دگرسانی سیلیسی، کربناتی، آلبیتی و کلریتی می باشد. ۴۷.....

شکل ۴-۸- تصویر صحرایی که نشان دهنده دگرسانی آرژیلیتی، لیمونیتی و کلریتی در منطقه می باشد. ۴۸.....

شکل ۴-۹- طیف پراش اشعه ایکس (برای نمونه M.R-5 شناسایی کانی های کوارتز و رسی که بیانگر دگرسانی سیلیسی و آرژیلیتی می باشد. ۴۸.....

شکل ۴-۱۰- طیف پراش اشعه ایکس (برای نمونه M.R-2 شناسایی کانی های آلبیت، کوارتز و کلریت که بیانگر دگرسانی آلبیتی، سیلیسی و کلریتی می باشد. ۴۹

شکل ۴-۱۱- طیف پراش اشعه ایکس (برای نمونه M.R-13 شناسایی کانی های آلبیت، کوارتز، کلسیت و کلریت که بیانگر دگرسانی آلبیتی، سیلیسی، کربناتی و کلریتی می باشد. ۴۹

شکل ۴-۱۲- الف- عکس صحرایی از دگرسانی لیمونیتی موجود در کانسار مس ربیعی نیا ب- نمونه دستی از دگرسانی لیمونیتی که با رنگ زرد مشاهده میشود. ۵۰

شکل ۴-۱۳- الف- تصویر میکروسکوپی کلسیت‌هایی که بصورت رگه ای در نور Xpl قابل مشاهده است. ب- تصویر میکروسکوپی کلسیت‌هایی که بصورت رگه ای در نور ppl قابل مشاهده است. ۵۱

شکل ۴-۱۴- طیف پراش اشعه ایکس برای نمونه M.R-6 شناسایی کانی های کوارتز، آلبیت، کانی های رسی و کلسیت که بیانگر دگرسانی سیلیسی، آلبیتی، آرژلیتی و کربناتی می باشد. ۵۱

شکل ۵-۱- الف: تصویر میکروسکوپی کالکوسیت با بافت پراکنده ب: کالکوسیت و مالاکیت به صورت بافت رگه رگچه‌ای. ۵۵

شکل ۵-۲- الف- تصویر میکروسکوپی از کانی کالکو پیریت در متن سنگ. ب- تصویر میکروسکوپی از کانی کالکوپیریت و کالکوسیت در متن سنگ. ۵۶

شکل ۵-۳- تصویر میکروسکوپی از کانی مالاکیت و کوولیت بصورت بافت پرکننده حفرات و کالکوسیت بصورت رگه رگچه ای به همراه کانی های گوتیت، مگنتیت و کالکوسیت. ۵۷

شکل ۵-۴- الف- تصویر میکروسکوپی از کانی مالاکیت و کالکوسیت بصورت بافت رگه رگچه‌ای. ب- تصویر میکروسکوپی از کانی مالاکیت بصورت بافت رگه رگچه ای. ۵۸

شکل ۵-۵- الف و ب : تصویر نمونه میکروسکوپی از مگنتیت. ج: تصویر نمونه میکروسکوپی از گوتیت به صورت بافت حفره پرکن و مالاکیت. د و ه : تصویر میکروسکوپی از کانی لیمونیت که بصورت بافت حفره‌پرکن مشاهده میشود. ۶۰

شکل ۵-۶- رگه سیلیسی به قطر ۳ سانتیمتر در محدوده ربیعی نیا. ۶۱

شکل ۵-۷- الف، ب و ج تصویر صحرایی از رگه های کلسیتی در محدوده ربیعی نیا. ۶۲

شکل ۵-۸- تصویر میکروسکوپی رگه کلسیتی در نور ppl و xpl در محدوده ربیعی نیا. ۶۲

شکل ۵-۹- الف: تصویر نمونه دستی و صحرایی باریت بصورت پرشدگی حفرات و فضاها ی خالی و رگه- رگچه‌ای. ۶۳

شکل ۵-۱۰ الف- تصویر صحرایی از کانی‌سازی مالاکیت در امتداد شکستگیها و نمایش ساخت رگه -رگچه‌ای در کانسار مس ربیعی نیا ب: تصویر نمونه دستی از درزه‌ها و شکستگی‌ها که توسط مالاکیت و لیمونیت پر شده و نشان دهنده ساخت رگه-رگچه‌ای در کانسار مس ربیعی نیا میباشد. ۶۴.....

شکل ۵-۱۱- نمایی از کانی مالاکیت و گوتیت که بصورت حفره‌پرکن در میزبان آندزیتی کانسار مس ربیعی نیا قابل مشاهده است. ۶۵.....

شکل ۵-۱۲- تصویر میکروسکوپی از کانی کالکوسیت، کالکوپیریت که به ترتیب بافت دانه پراکنده و پرکننده حفرات را نشان میدهند. ۶۶.....

شکل ۵-۱۳- تصویر میکروسکوپی مقطع صیقلی کانی مالاکیت بصورت بافت رگه -رگچه‌ای به همراه کانی گوتیت و کالکوسیت در کانسار مس ربیعی نیا ۶۷.....

شکل ۵-۱۴ الف: تصویر میکروسکوپی از کانی مالاکیت (بافت رگه-رگچه‌ای)، گوتیت و مگنتیت (بافت پرکننده حفرات). ب: کانی کالکوسیت که نشان دهنده بافت پرکننده فضای خالی میباشد. ۶۸.....

شکل ۵-۱۵- تصویر میکروسکوپی که در آن جانشینی کالکوسیت توسط مالاکیت به خوبی قابل مشاهده است. ۶۸.....

شکل ۵-۱۶- بافت کلوفرمی در کالکوسیت‌های منطقه مورد مطالعه به همراه گوتیت ۶۹.....

شکل ۶-۱- موقعیت نمونه‌های سنگی ربیعی نیا بر روی نمودار (Hastie et, 2007) در محدوده آندزیت - بازالت و آندزیت قرار میگیرند. ۷۶.....

شکل ۶-۲- : موقعیت نمونه‌های سنگی ربیعی نیا بر روی نمودار (modified by Pearse (1996، در محدوده آندزیت - بازالت و آندزیت قرار میگیرند. ۷۷.....

شکل ۶-۳ - الف موقعیت سنگ‌های محدوده ربیعی نیا در نمودار Rb/Y در برابر Nb/Rb. ب- نمودار Th/Yb در برابر ۷۹.....

پ- تعیین نقش رسوبات فروانده با استفاده از نمودار Ba/Th در برابر Th ۷۹.....

شکل ۶-۴- نمودارهای عنکبوتی عناصر جزئی و کمیاب بهنجار شده الف: نسبت به گوشته اولیه ب: نسبت به کندریت (Sun et al, 1980; McDonough and Sun, 1989). ۸۱.....

شکل ۷ - ۱ - موقعیت و پراکندگی کانسارهای با میزبان آتشفشانی- رسوبی و با تیپ‌های مختلف (Kirkham, 1996). ۹۱.....

شکل ۷ - ۲ - الگوی تشکیل کانسار مس ربیعی نیا به صورت شماتیک ۱۰۲.....

فصل اول

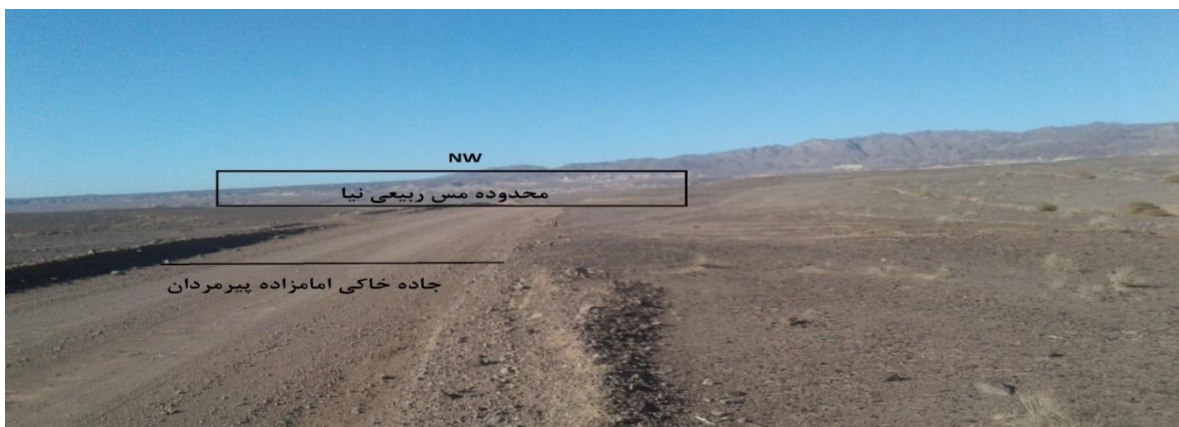
کلیات

۱-۱- مقدمه

یکی از پرمصرف ترین عناصر فلزی که توسط بشر کشف گردیده مس است که بخاطر ویژگی های شیمیایی و فیزیکی خاص استفاده می شود و پس از آهن و آلومینیوم در جایگاه سوم مصرف جهانی قرار می گیرد. به طور کلی ذخایر معدنی به شکل های متفاوتی پیدا می شوند و انتخاب روش محاسبه ذخیره، تابع وضعیت، کانی های تشکیل دهنده و شکل ماده معدنی از مشخصات کارهای اکتشافی است. کمربند جهانی مس ایران با طولی در حدود ۲۰۰۰ کیلومتر، باعث تشکیل اندیس ها و معادن متعددی در طول خود شده است (خوئی و همکاران، ۱۳۷۸) و منطقه ربیعی نیا در استان سمنان بخشی از مناطق معدنی است که مطالعات زمین شناسی اقتصادی بر روی آن صورت نگرفته است، موضوع تحقیق و پژوهش این پایان نامه قرار گرفته است.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راه های دسترسی به محدوده

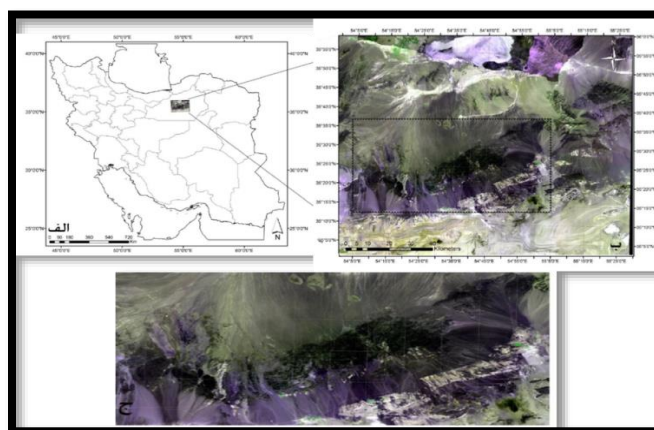
منطقه اکتشافی ربیعی نیا در استان سمنان، ۱۴۰ کیلومتری جنوب شاهرود، ۲۰ کیلومتری غرب ترود و بین مختصات جغرافیایی " ۴۴.۷۸ ' ۴۶ ° ۵۴ تا " ۱.۷ ' ۴۹ ° ۵۴ طول شرقی و " ۴۳.۲ ' ۲۴ ° ۳۵ تا " ۲۸.۲۳ ' ۲۵ ° عرض شمالی واقع گردیده است. دسترسی به محدوده از کیلومتر ۱۶ جاده ترود -معلمان و انحراف به راست با طی ۵ کیلومتر جاده خاکی مسیر امامزاده پیرمردان امکان پذیر می باشد (شکل ۱-۱ و ۱-۲ و ۱-۳).



شکل ۱-۱- دورنمایی از موقعیت جغرافیایی و راه دسترسی به محدوده اکتشافی مس ربیعی نیا



شکل ۲-۱- موقعیت جغرافیایی و راه دسترسی به محدوده مس ربیعی نیا بر روی تصویر ماهواره‌ای



شکل ۳-۱- موقعیت جغرافیایی کمر بند آتشفشانی- نفوذی ترود- چاه شیرین بر روی تصویر RGB سنجنده است، و تصویر بزرگنمایی شده از محدوده مورد مطالعه.

۳-۱- شرایط آب و هوایی، اقلیمی و پوشش گیاهی

عمدتاً استان سمنان دارای تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد است که از لحاظ اقلیمی، در گروه گرم و خشک بیابانی و نیمه بیابانی قرار می‌گیرد. بیشترین دما در تابستان به ۴۰ / ۸ و در زمستان به ۶- درجه می‌رسد (سالنامه هواشناسی ۱۳۸۱) و بیشترین بارندگی سالیانه معمولاً کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر می‌باشد که میانگین سالیانه آن از ۱۴۰ میلیمتر بیشتر نمی‌شود و در آن میانگین رطوبت نسبی هوا در سال بین ۵۴ - ۳۰ درصد تغییر می‌کند. بارندگی‌ها کوتاه مدت و اغلب به صورت رگبارهای تند و پراکنده است، به‌صورتی که رودهای منطقه در اغلب فصل‌ها سیلابی می‌شوند و کمتر مورد بهره برداری مردم منطقه قرار می‌گیرند. آب قابل شرب و کشاورزی بیشتر روستاها از طریق قنات‌ها و چشمه‌ها تأمین می‌شود و میزان آبدهی آنها برحسب وضعیت بارش جوی تغییر می‌کند. پوشش گیاهی در این ناحیه، بیشتر از نوع پوشش مناطق کویری و شامل بوته‌های خار، گز و طاق است. در مجاورت قنات‌ها معمولاً درختان محدودی یافت می‌شود (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱- نمایی از پوشش گیاهی بسیار محدود در مجاورت محدوده اکتشافی ربیعی نیا (دید به سمت شمال غرب)

۱-۴- شرایط اجتماعی و معیشتی

روستای ترود، در ۱۶ کیلومتری شرق محدوده ربیعی نیا و نزدیک‌ترین روستا به آن می‌باشد که قدمت بسیار زیادی دارد. شغل اصلی مردم این روستا پرورش شتر و به میزان خیلی کمتر گاو، گوسفند است. بیشتر زنان، خانه‌دار و به بافت قالی و قالیچه مشغول هستند. در این روستا به دلیل کمبود آب و زمینه‌ای کشاورزی، زراعت رونق زیادی ندارد. به دلیل قدمت زیاد فعالیت معدنکاری در منطقه ترود، مردم این روستا با صنعت معدنکاری آشنا هستند و امید است اکتشاف معادن در این محدوده باعث رونق اقتصادی اهالی روستای ذکر شده شود.

۱-۵- ژئومورفولوژی

دو گسل ترود در جنوب و انجیلو در شمال باعث تشکیل نوار ترود-چاه‌شیرین، با روند شمال شرقی جنوب غربی در میان دو دشت شمالی و جنوبی شده است. واحدهای سنگی تشکیل دهنده آن شامل مجموعه گدازه (آندزیت، بازالت، آندزیت بازالیت و تراکی‌آندزیت) سنگ‌های آذرآواری (توف، کریستال توف، لیتیک توف و آگلومرا)، و سنگ‌های رسوبی مثل ماسه سنگ، شیل، مارن و کنگلومرا هستند. دامنه‌ها کم شیب و به طرف دشت از سنگ‌های رسوبی تشکیل شده‌اند. محدوده ربیعی نیا در دامنه جنوبی این نوار قرار دارد. علاوه بر دو گسل اصلی، در داخل نوار تعداد زیادی گسل‌های فرعی با روندهای شمال شرقی-جنوب غربی و همچنین شمال غربی-جنوب شرقی وجود دارند که کنترل کننده سیستم‌های آبراه‌های اصلی هستند. در شکل (۱-۵) نقشه توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ ناحیه نشان داده شده است که دشت شمالی و جنوبی و رشته کوه ترود-چاه‌شیرین بر روی آن مشاهده می‌شوند.



شکل (۱-۵): وضعیت موفولوژیکی در منطقه در نقشه توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰۰ ترود و موقعیت محدوده اکتشافی ربیعی نیا بر روی آن

۱-۶- مطالعات و کارهای انجام شده قبلی

هلمهاکر (۱۸۹۸) و هنمک (۱۸۹۹) اولین محققانی هستند که با هدف پی جویی طلا زمین شناسی منطقه را مورد مطالعه قرار داده اند.

دیچل (۱۹۴۴) درباره ذخایر طلا، عیار و خاستگاه آن مطالعاتی انجام داده است. وی به این نتیجه رسید که پیدایش طلا با رگه های سیلیسی موجود در منطقه و توده های گرانیتی شرق کوه زر مرتبط است.

اشتوکلین (۱۹۵۶) و هوپر (۱۹۵۷) مشخصات زمین شناسی و توالی لیتولوژیکی و سنی واحدهای مختلف ترود- معلمان را معرفی کرده اند که توسط علوی (۱۹۷۰) مورد تجدید نظر واقع شد.

موحد اول (۱۳۴۷) درباره معدن فیروزه باغو در منطقه تحقیقاتی انجام داده است. ایشان احتمال وجود مس پورفیری را در ناحیه یادآور شده است.

پورحسینی (۱۳۶۲) ضمن مطالعه سنگ‌شناسی توده‌های نفوذی ایران، احتمال ارتباط توده‌های نفوذی منطقه ترود با فاز ماگمایی ائوسن-پسین-الیگوسن را بحث نمود.

جعفریان (۱۳۶۸) سنگ‌های آذرین محور ترود-کوه‌زر (باغو) را مورد مطالعه قرار داده و حجم اصلی سنگ‌های آتشفشانی منطقه را آندزیت، ماهیت ماگمایی سنگ‌های آذرین منطقه را کالک‌آلکالن و جایگاه تکتونیکی تشکیل آن‌ها را به کمان آتشفشانی قاره‌ای نسبت داده‌است.

رشیدنژاد عمران (۱۳۷۱) با بررسی تحولات سنگ‌شناسی و ماگمایی و ارتباط آن با کانی‌سازی طلا در منطقه باغو (جنوب شرق دامغان)، در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد، ارتباط کانه‌سازی طلا با سیالات سیلیسی تأخیری مرتبط با نفوذی‌های نیمه‌عمیق (با ترکیب اسیدی تا حدواسط) عنوان کرده اند.

کهنسال (۱۳۷۷) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود، پترولوژی سنگ‌های آتشفشانی منطقه را بصورت تناوبی از گدازه‌هایی با ترکیب آندزیت، بازالت، داسیت-آندزیت و تراکی-آندزیت همراه با سنگ‌های آذرآواری شامل انواع توف با ترکیب آندزیت و تراکی-آندزیت معرفی نموده است. به نظر این محقق، ماگمای بازالتی آلکالن اولیه، در حین صعود و تفریق تحت تأثیر آغشتگی با مواد پوسته‌ای به سنگ‌های حدواسط تبدیل شده است.

شمعانیان (۱۳۸۱) در رساله دکتری خود با مطالعه ژنز کانسارهای طلای گندی و ابولحسنی (شمال معلمان)، سنگ‌های نیمه عمیق منطقه را به کمان ماگمایی درون قاره‌ای نسبت داده که این کمان همزمان با فروانش پوسته اقیانوسی تتیس جوان به زیر پوسته قاره‌ای ایران مرکزی، پدید آمده است.

قربانی (۱۳۸۴) سنگ‌های ماگمایی جنوب دامغان را در قالب رساله دکتری پترولوژی مطالعه کرده و آن‌ها را نوع آلکالن و کالک‌آلکالن دانسته که در محیط‌های کششی تشکیل شده‌اند.

امام جمعه (۱۳۸۵) کانی‌سازی مس در منطقه چاه‌موسی را مطالعه کرده و تیپ کانی‌سازی را از نوع رگه‌ای گرمابی معرفی کردند.

خادمی (۱۳۸۶) در رساله دکتری خود، علت حرکت نوساختی منطقه ترود را گسل ترود معرفی کرده است.

امام جمعه، و همکاران (۱۳۸۷) سامانه واحد کانی‌زایی افشان-رگچه‌ای و رگه‌ای مس (سرب، روی) در محدوده معدنی چاه موسی-قله کفتران، بخش خاوری کمان ماگمایی ترود-چاه شیرین را معرفی کرده‌اند.

مهری و همکاران (۱۳۸۷) با بررسی کانسار سرب-نقره (روی) خانجار، آن را یکی از کانسارهای لایه‌کران (استراتاباند) توالی کربناتی کرتاسه بالایی در ایران مرکزی معرفی نموده است.

خواجه‌زاده (۱۳۸۸) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود، با مقایسه ویژگی‌های سنگ‌های منطقه، آن‌ها را در زمره آداکیت‌های غنی از سیلیس مشتق شده از ورقه اقیانوسی فرورانده شده می‌داند که از توانایی زیاد برای داشتن کانسارهای مس و طلا برخوردارند.

طالع ماسوله و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه خود تحت عنوان "مطالعه زمین‌شناسی اقتصادی کانسار مس چاه گله شم الغرب ترود" که خاستگاه این کانسار را محلول‌های گرمابی با درجه حرارت نه چندان زیاد فرض نموده که از سنگ‌های آتشفشانی نوع آندزیتی و تراکی آندزیتی منشأ گرفته است.

قاسمی سیانی و مهرابی (۱۳۸۹) با مطالعات کانی‌شناسی و زمین‌شناسی اقتصادی بر روی کانسار پلی‌متال چشمه حافظ، استان سمنان، این کانسار را از نوع اپی‌ترمال سولفید متوسط معرفی کرده‌اند.

پورشعبان و همکاران (۱۳۸۹) مطالعات کانه‌نگاری و لیتوژئوشیمیایی بر روی کانسار مس رگه‌ای کلاته مهران سمنان، انجام داده‌اند، و این کانسار را تیپ رگه‌ای دانسته‌اند.

بادوزاده کانرش (۱۳۹۰) کانه زائی کانسار آهن رباعی (بخش اسکارنی) را براساس پتروگرافی و ژئوشیمی در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد بررسی کرده و آن را یک کانسار آهن اسکارن کلسیمی کم دما معرفی نموده اند.

ناهیدی فر (۱۳۹۳) در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد بر روی کانسار مس دیان، مطالعه کرده اند که تیپ آن را هیدروترمال رگه ای معرفی نموده اند.

عبدالهی (۱۳۹۵) کانسار مس رباعی را یک کانسار هیدروترمال رگه ای که بیشترین شباهت را با اپی ترمال های سولفید متوسط دارد معرفی کرد

سیفی وند (۱۳۹۵) در مطالعه خود تحت عنوان “سازوکار جایگیری گنبد آذرین نیمه عمیق منطقه معدنی چاه موسی (شمال غرب ترود-جنوب شاهرود) با استفاده از روش ناهمسانگردی پذیرفتاری مغناطیسی” در قالب پایان نامه ارشد توده های نیمه عمیق در منطقه معدنی چاه موسی را مورد بررسی قرار داد و میزان پذیرفتاری مغناطیسی در واحد داسیتی را بیشتر از مقدار آن در گنبد اندزیتی نسبت داد و با توجه به این موضوع به گسترش دگرسانی در گنبد اندزیتی پی برد.

شبستر (۱۳۹۶) در مطالعه خود تحت عنوان “بررسی سازوکار جایگیری توده نفوذی کوه زر (جنوب شهر دامغان) با استفاده از روش ناهمگنی پذیرفتاری مغناطیسی (AMS)” در قالب پایان نامه ارشد توده نفوذی کوه زر را به یکی از بازشدگی های کشتی موجود در پهنه برشی - ترافشاری راستالغز کمر بند ماگمایی ترود-چاه شیرین نسبت داد.

اصغری (۱۳۹۷) پترولوزی سنگ های آتشفشانی منطقه چاه گبری را به صورت تناوبی از اندزیت- بازالت اندزیت و توف معرفی کرده است و این کانسار را یک کانسار گرمابی رگه ای سولفید پایین دانسته است.

مهابادی (۱۳۹۷) پترولوژی سنگ های آتشفشانی منطقه ابگاره را به صورت سنگ های اندزیتی و توف برش با ترکیب اندزیت- داسیت و اندزیت معرفی نموده است و محدوده را یک کانسار اپی ترمال با سولفیداسیون پایین معرفی کرده است.

حسینی (۱۳۹۷) در مطالعه خود تحت عنوان “ویژگی های ژئوشیمیایی و پترولوژیکی نفوذی های بارور و عقیم در زون ترو-چاه شیرین ، جنوب دامغان” در قالب پایان نامه ارشد توده های نفوذی و نیمه نفوذی سنگ های گرانیتی چاه موسی ، توده گرانودیوریتی چالو، سوسن وار و حافظ و نمونه های مونزونیتی و گرانیتی را در زمره توده های نابارور و سنگ های گرانیتی و مونزونیتی چاه موسی ، توده های مونزونیتی چالو، سوسن وار و معدن حافظ، توده گرانیتی و گرانودیوریتی کوه زر را در زمره توده های بارور قرار داد.

مسکینی (۱۳۹۸) در مطالعه خود تحت عنوان “زمین شناسی، کانی شناسی، ژئوشیمی، الگوی تشکیل کانسار مس قیصری، جنوب دامغان” در قالب پایان نامه ارشد کانسار قیصری را یک کانسار مس رگه ای معرفی نموده است. سرنخشی (۱۳۹۸) در پژوهشی خود تحت عنوان کانی شناسی، ژئوشیمی و الگوی پیدایش کانسار مس کلوت بلند، جنوب دامغان در غالب پایان نامه ارشد کانسار کلوت بلند را یک کانسار مس رگه ای معرفی کرده است.

۱-۷- روش مطالعه

در این تحقیق طی چندین مرحله مثل؛ مطالعات دفتری، مطالعات صحرایی، مطالعات آزمایشگاهی و دستگاهی، پردازش و در آخر مطالعات دفتری و تفسیر داده ها صورت گرفته است؛ در این بخش معرفی می‌شوند.

۱-۷-۱- گردآوری اطلاعات و منابع

– تهیه و مطالعه کتاب ها و مقالات مرتبط با موضوع پایان نامه و منطقه مورد مطالعه از طریق سایت های اینترنتی و منابع کتابخانه ای.

– استفاده از منطقه نقشه زمین شناسی ۱/۵۰۰۰ ، نقشه توپوگرافی ۱/۱۰۰۰ ، و نقشه توپوگرافی-زمین شناسی ۱/۱۰۰۰ به صورت همپوشانی ، در محدوده اکتشافی ربیعی نیا و نقشه زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰ و ۱/۱۰۰۰۰۰ ترود و معلمان.

– عکس های ماهواره ای، عکس های هوایی به خاطر پیدا کردن دید کلی نسبت به منطقه و تهیه و مطالعه گزارش ها و مقالاتی که در رابطه با منطقه ربیعی نیا و نواحی اطراف منتشر شده‌اند.

– برقراری ارتباط با زمین شناسان و اساتید جهت تأمین منابع به روز و دستیابی به اهداف تعیین شده.

۱-۷-۲- مطالعات صحرایی

مطالعات صحرایی و بازدید از منطقه ربیعی نیا طی چند مرحله به صورت زیر انجام شد:

– بازدیدهای مقدماتی برای آشنایی با محدوده مورد مطالعه و ارزیابی وضعیت زمین‌شناسی منطقه.

– شناسایی دقیق واحدهای سنگی و چگونگی ارتباط آن‌ها با یکدیگر

– نمونه برداری لیتوژئوشیمیایی از سنگ‌های سطحی از نمونه میزبان و کانه‌زایی بر مبنای تغییرات سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی، بافت، دگرسانی و رنگ.

– مطالعه شکل ساخت و بافت ماده معدنی مختلف نمونه‌دستی و میکروسکوپی.

– تهیه نقشه زمین‌شناسی بزرگ مقیاس از محدوده.

– بازدید نهایی از منطقه برای کنترل نتایج و اطلاعات به دست آورده.

۱-۷-۳- مطالعات آزمایشگاهی

۱-۷-۳- مطالعات آزمایشگاهی و دستگاهی

۱. تهیه و مطالعه تعداد ۱۸ مقطع نازک برای انجام مطالعات پتروگرافی.
۲. تهیه و مطالعه تعداد ۵ مقطع صیقلی و ۱ مقطع نازک- صیقلی، برای مطالعات کانی‌شناسی، بافت و توالی پاراژنتیکی کانه‌ها و سنگ‌درونگیر.
۳. تجزیه شیمیایی نمونه‌های زیر توسط مرکز تحقیقات و فرآوری زراآزمایشگاه است.
۴. تجزیه ۵ نمونه برای تعیین میزان عناصر کمیاب و عناصر نادر خاکی به روش طیف سنجی جرمی- پلاسمای جفت شده القایی (ICP- MS)^۱.
۵. تجزیه ۵ نمونه به روش فلورسانس اشعه ایکس (XRF)^۲، برای تعیین میزان اکسیدهای عناصر اصلی در سنگ‌های موجود در منطقه.

^۱ Inductively coupled plasma mass spectrometry

^۲ X-Ray Diffraction

۶. تجزیه ۷ نمونه به روش پراش اشعه ایکس (XRD)^۳، برای تعیین کانی‌های با فراوانی کم اصلی و فرعی در سنگ‌های موجود در منطقه.

۱-۷-۴- مطالعه دفتری، پردازش و تفسیر داده‌ها

۷. مطالعه پایان‌نامه‌ها، مقالات و کتاب‌های مرتبط با موضوع تحقیق.

۸. رسم نقشه‌های زمین‌شناسی و نقشه راه‌ها با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS، Corel.

۹. تجزیه و تحلیل و پردازش داده‌های حاصل از آنالیز با استفاده از نرم‌افزارهایی مانند؛ SPSS، Excel و نرم‌افزار GCDkit.

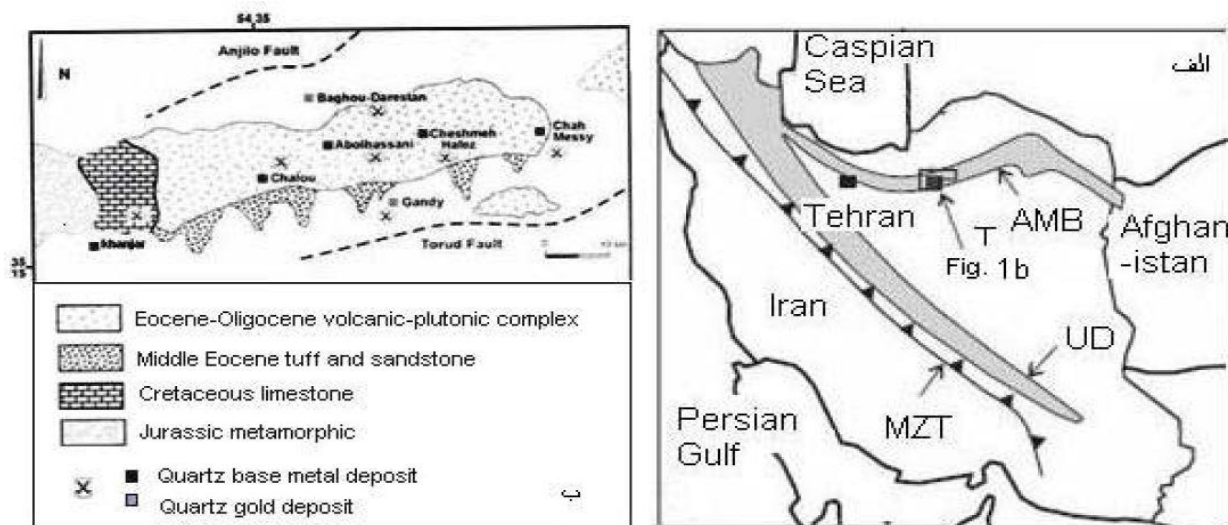
³ X-ray fluorescence

فصل دوم

زمین‌شناسی ناحیه‌ای

۲-۱- مقدمه

رشته کوه ترود - چاه شیرین به صورت یک برآمدگی بین گسل‌های ترود و انجیلو و در قسمت شمال ایران مرکزی واقع شده است (شکل ۲-۱ الف). قسمت غربی این کمربند به کمربند ماگمایی ارومیه - دختر متصل است که روندی موازی با زون زاگرس دارد (شکل ۲-۱ الف). در طی تکامل و تحول ژئوتکتونیک در این دو ابرقاره، بین گندوانا و لورازیا، اثرهایی، این فرایندها را در خود ثبت کرده است. تأثیرات حاصل از آن باعث تفکیک ایران به پنج پهنه اصلی و دوازده پهنه فرعی ساختاری - رسوبی شد (آقائباتی، ۱۳۸۳). محدوده اکتشافی مس ربیعی نیا در حدود ۱۶ کیلومتری غرب ترود و در بخش شمالی پهنه ایران مرکزی و دامنه جنوبی رشته کوه آتشفشان-رسوبی ترود-چاه شیرین قرار گرفته است. رشته کوه ترود - چاه شیرین شاهد فرایندهای مختلف متالورژی و کانی‌زایی‌های گوناگون در مقیاس‌های مختلف بوده است. در این فصل سعی داریم که شرح چینه‌شناسی، ماگماتیسم و تکتونیک نوار آتشفشانی- رسوبی ترود- چاه شیرین، خصوصیات و ویژگی‌های بارز منطقه‌ی مورد مطالعه را توضیح دهیم.



شکل ۲-۱: الف. موقعیت زون ترود- چاه شیرین (T) در شمال پهنه ایران مرکزی. کمربند ارومیه دختر (UD) به موازات زون زاگرس (MZT) کشیده شده است. ب. موقعیت رخدادهای معدنی در زون ترود چاه شیرین.

۲-۲- ویژگی‌های عمومی پهنه ساختاری-رسوبی ایران مرکزی

پهنه ایران مرکزی از بزرگ‌ترین واحدهای زمین‌شناسی ایران به شمار می‌آید و در آن سنگ‌هایی به سن پرکامبرین پسین تا کواترنر وجود دارد که در فازهای گوناگون کوهزایی، ماگماتیسم و دگرگونی قرار گرفته بوده‌اند (قربانی، ۱۳۸۹). پهنه ایران مرکزی بخشی از ایران میانی است که با افیولیت‌های سیستان، نائین، بافت، گسل درونه و کاشمر-سبزه‌وار و گسل‌های امتدادلغز راستگرد قابل تقسیم به بلوک لوت، فرازمین شتری، فرونشست طبس، فرازمین کلمرد، بلوک پشت بادام، فروافتادگی بیاضه-بردسیر و بلوک یزد است. الگوهای ساختاری در این خردقاره از نوع بلوک‌های جداشده با گسل‌های عمده است که هریک ویژگی‌های جداگانه دارند (آقاباتی، ۱۳۸۳). و در گذشته آن را بخشی از توده میانی ایران مرکزی می‌دانستند ولی به باور (اشتوکلین ۱۹۵۶) بعد از سخت شدن پی‌سنگ پرکامبرین، این بخش در زمان پالئوزوئیک حالت پلت فرمی داشته و در زمان‌های مزوزوئیک و سنوزوئیک به منطقه‌ای پرتحرک و پویا تبدیل شده است. الگوی ساختاری این خردقاره از نوع بلوک‌های جدا شده با گسل است. در پالئوزوئیک در این ناحیه نبوده‌های چینه‌نگاری مهمی وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها نبوده‌های چینه‌ای دونین میانی و کربویفر پسین است.

۲-۳- ویژگی‌های عمومی رشته کوه آتشفشانی - رسوبی ترود - چاه شیرین

۲-۳-۱- جایگاه تکتونیکی

رشته کوه ترود -چاه شیرین در زون‌های ساختاری ایران جزئی از پهنه البرز ماگماتیسم البرز، کمان ماگمایی البرز و یا کمان ماگمایی جدا شده از ارومیه دختر به وسیله کشیدگی میان کمانی ایران محسوب می‌شود. این

کمان از شمال به گسل انجیلو و در جنوب به گسل ترود محدود می شود و روند N-70E دارد (هوشمند زاده و همکاران، ۱۳۵۷).

این ورقه را می توان به سه حوضه کوچک تر تقسیم نمود: الف- نیمه جنوبی ورقه در محدوده حوضه رسوبی جندق. ب- نیمه شمالی ورقه رشته کوه ترود - چاه شیرین. بخش کوچکی از گوشه شمال باختری ورقه در محدوده ی باریک رشته کوه های انجیلو جای دارد. منطقه جندق حوضه فرو افتاده ای است که دریای میوسن آن را فرا گرفته و رسوبات با ضخامت زیاد مارن، ماسه سنگ، نمک و گچ را در آنجا به جای گذاشته است. رشته کوه ترود - چاه شیرین دارای روند شرق- شمال شرقی - غرب- جنوب غربی است و با وجود گستره به نسبت کم خود، در مطالعات تکتونیکی بیشتر پدیده ها و پیامدهای ناشی از حرکات تاریخی مثل متامورفیسم، وجود سنگ های نفوذی و ولکانیکی و همچنین چین خوردگی ها، ناپیوستگی ها و سایر پدیده ها را در خود دارد. ج- غرب ورقه که قدیمی ترین واحدهای سنگی را داراست و شامل مجموعه ای از انواع شیست، سنگ های اولترابازیک، دیوریت دگرگونه، سنگ های سیلیس متامورف و لیستونیت شامل می شود که برخی از اجزاء آن مربوط به پوسته اقیانوسی است. رسوبات دگرگونه قبل از ژوراسیک میانی مربوط به یک محیط کم عمق و اغلب قاره ای است. درجه دگرگونی در واحدهای سنگی اردوئیسین تا ژوراسیک زیرین از نوع دیناموترمال و به طور عمده در حد رخساره شیست سبز می باشد. این واحدهای سنگی دگرشکلی بالایی دارند. رسوبات کرتاسه زیرین در غرب ورقه و نواحی چاه شیرین است که به طور دگرشیب سنگ های دگرگونی را می پوشاند. ردیف ولکانیکی - رسوبی ترشیاری بر روی واحدهای سنگی قدیمی تر اند که نشان دهنده حرکات فاز لارامید است. در اواخرائوسن خروج گدازه های ولکانیکی به پایان رسید و در الیگوسن دوباره شروع شد. در پایان الیگوسن حوضه دریائی جندق شکل گرفت و ضخامت زیادی از رسوبات شبه مولاس مارنی، ماسه سنگی، گچی و نمکی در میوسن تشکیل داد.

۲-۳-۲- سیستم گسل خوردگی‌ها

ناحیه ترود-چاه شیرین در منطقه شمالی پهنه ساختاری- رسوبی ایران مرکزی واقع شده است و روند ساختارها در راستای شرقی-غربی است (شکل ۲-۲). ولی در اغلب واحدهای سنگین و به ویژه سنگ های دگرگونه قبل از ژوراسیک زیرین دارای روند شمالی- جنوبی است. همچنان که گفته شد سنگ‌ها به صورت بلوکی در بین دو گسل ترود-چاه شیرین در جنوب و انجینو در شمال محصور شده اند (شکل ۲-۳). گسل‌های ذکر شده دارای روند شرق- شمال شرقی و غرب- جنوب غربی هستند. گسل ترود، از سمت شرق و گسل انجیلو تا سمت غرب ادامه پیدا می‌کند این دو گسل از نوع قدیمی اند. با توجه به امتداد محور چین خوردگی‌ها (ناودیس بیل بن) و روند گسل‌های قدیمی که بیشتر از نوع راندگی هستند در حد فاصل گسل ترود و انجیلو دیده می‌شوند که اینگونه ساختارها عموماً عمود بر گسل‌های امتداد لغز ترود و انجیلو است. این بخش از سنگ‌های منطقه در حد فاصل این دو گسل بزرگ قرار گرفته اند و در نتیجه آن ساختارهای چین خورده و گسل‌های رانده با روندی به تقریب عمود نسبت به این گسل‌ها تشکیل شده است. پیدایش و آغاز فعالیت این دو گسل احتمالاً به کامبرین مربوط اند، ولی فعالیت آنها موجب این چرخش شده است و می‌توان به زمانی پس از لیاس و پیش از کرتاسه نسبت داد (هوشمندزاده و همکاران، ۱۳۵۷).



شکل ۲ - ۳ - نقشه گسل‌های موجود در رشته کوه ترود-چاه شیرین، تهیه شده براساس نقشه گسله ۱/۲۵۰۰۰۰ معلمان. محدوده اکتشافی ربیعی نیا با چند ضلعی مشخص شده است (گزارش پایان اکتشاف، مهدی ربیعی نیا).

ب- گسل‌های فرعی

در نوار ترود-چاه شیرین نهشته‌های کرتاسه و ائوسن را گسل‌های فرعی جابجا کرده اند که نشان دهنده آن است که منطقه در زمان این حرکات زیر اثر نیروهای کششی قرار داشته است به جز راستای N60-70E که همسو با گسل اصلی ترود است. گسل‌های دیگری که به صورت مزدوج عمل کرده‌اند که در آن‌ها کانی‌زایی نیز انجام گرفته است (شکل ۲-۴). گسل‌های نرمال: چند گسل نرمال و بزرگ با روند شمال شرقی- جنوب غربی در این ناحیه و در کوه قله دختر گسل چالو، گسل چشمه بیل بن و گسل سیاه پشته، گسل گندی هستند که این گسل‌ها به صورت قائم مشاهده شده اند.

۲-۴- چینه شناسی ناحیه ای

چینه شناسی و لیتولوژی در مقیاس ناحیه ای بر مبنای نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ معلمان از قدیم به جدید به اختصار شرح داده می شود.

۲-۴-۱- واحدهای اردوئیسین - سیلورین

واحد PZ^{mt} : این واحد در قسمت غربی ورقه از بیشترین گسترش و ضخامت را دارند که در نواحی چاه شیرین، سپیدلتو و دره رشم رخنمون دارد. بلندترین ارتفاعات و قله ها در این ناحیه در بخش های کربناته این واحد است. این واحد از مجموعه شیست، سنگ آهک و دولومیت، ماسه سنگ، توف و سنگ های ولکانیک تشکیل شده که همگی دگرگون شده اند (هوشمندزاده و همکاران، ۱۳۵۷).

واحد سنگ آهک دولومیتی: این واحد ارتفاعات غرب دره رشم را تشکیل می دهد و کوه های بابا احمد و انارو را می سازد. این واحد از سنگ آهک، سنگ آهک دولومیتی، دولومیت سنگ آهکی و دولومیت تشکیل شده است. **واحد دولومیتی:** این واحد از سنگ آهک، سنگ آهک دولومیتی، دولومیت سنگ آهکی و دولومیت تشکیل شده است و تقریباً ۳۵۰ متر ضخامت دارد. برخی از نقاط واحدها عمدتاً دولومیتی اند.

شیست و سنگ های ولکانیکی دگرگونه: این واحد در رشته کوه تنوره و قله دختر رخنمون دارد. بخش زیرین این واحد از شیست نقره ای رنگ و ماسه سنگ دگرگونه و بخش بالایی آن از سنگ های ولکانیک دگرگونه، ماسه سنگ دگرگونه و شیست تشکیل شده است. ترکیب سنگ های ولکانیک دگرگونه را از آندزیت تا بازالت در نظر می گیریم.

واحد کربناته: این واحد ارتفاعات بلند ناحیه را تشکیل می‌دهد و کوه‌های قله دختر، دوزینا و کچو را تشکیل داده است. این واحد دارای ضخامتی زیاد از طبقات ضخیم تا توده‌ای سنگ آهک و سنگ آهک دولومیتی است.

۲-۴-۲- واحد کرتاسه

واحد شیل و سنگ آهک

در سمت شرق ورقه، در دره رباعی، سنگ نهشته‌های کرتاسه بالایی به ضخامت ۳۰۰ متر که گستره کمی از آن در محدوده این ورقه قرار گرفته است. در این واحد شیل سبز رنگ، سنگ آهک نازک تا ضخیم لایه و سنگ آهک مارنی خاکستری با میان لایه‌های ماسه‌ای و ماسه سنگ آهکی و لایه‌های میکروکنگلومرایی تشکیل شده است. این واحد دارای فسیل‌های فراوانی از شکم‌پایان، آمونیت‌ها، خارپوستان و مرجان‌ها نیز هستند.

۲-۴-۳- واحدهای ائوسن

واحدهای ولکانیکی، آذرآواری و رسوبی ائوسن - الیگوسن در نوار ترود-چاه شیرین گسترش و تنوع زیادی دارند. این ردیف ولکانیکی - رسوبی واحدهای قدیمی تر را می‌پوشاند.

واحد ولکانیکی-رسوبی: بخش اصلی لیتولوژیکی نوار ترود-چاه شیرین را گدازه‌های زیردریایی با ترکیب بازالت، آندزی بازالت، آندزیت و تراکیت با بافت پورفیری و سنگ‌های آذرآواری، توف، توفیت و آگلومرا تشکیل می‌دهند. واحدهای فوق به صورت متوالی با یک دیگر و با واحدهای رسوبی از جمله شیل، ماسه سنگ و کنگلومرا قرار می‌گیرند. اغلب کانی‌زایی‌های مس در طول این نوار در داخل گسل‌ها، شکستگی‌ها، حفره و فضای خالی موجود در گدازه‌ها و آذرآواری‌ها صورت گرفته است.

۲-۴-۴- واحدهای ائوسن - الیگوسن

این واحد دارای سنگ های نفوذی از نوع گرانودیوریت یا داسیتی اند که در بخش های مختلف نوار رخنمون دارند و احتمال می رود عامل اصلی تأمین کننده حرارت جهت ایجاد چرخه هیدروترمالی بوده است. از جمله مهم ترین آن ها توده گرانودیوریتی شرق دره رباعی است که در سنگ آهک های کرتاسه نفوذ کرده و باعث کانی زائی های آهن اسکارنی و مس دیان و رباعی شده اند. توده نیمه عمیق گرانودیوریتی کوه زر در نزدیک روستای کوه زر سبب تشکیل کانسارهای طلا، مس و فیروزه شده است. توده نفوذی داسیتی و گرانودیوریتی چاه موسی واقع در شمال غرب ترود عامل اصلی کانه زایی مس در محدوده های چاه موسی، قله سوخته، آبگاره و از جمله چشمه تاجی (پیرمردان) بوده است. در رشته کوه ترود- چاه شیرین، اغلب سنگ های آذرین به سن پالئوژن هستند که بیشتر فعالیت های ماگمایی از ائوسن میانی تا بالایی رخ داده است. فعالیت های ماگمایی منطقه ترود - چاه شیرین از قدیم به جدید شامل سه مرحله است: مرحله اول: فعالیت های آتشفشانی گدازه های ریوداسیتی، آندزیتی تا آندزیت بازالتی همراه با رسوب گذاری با مارن ها، ماسه سنگ ها و ماسه سنگ های توفیتی. مرحله دوم: خروج گدازه ها و سنگ های آذرآواری که شامل توف، توف برشی و آگلومرای و اغلب ترکیبی آندزیتی، تراکی آندزیتی، تراکی آندزیتی تا بازالتی دارند. مرحله سوم: تزریق توده های آذرین گرانیت، گرانودیوریت، دیوریت تا گابرو تغییر می کند. آبرفت های قدیمی تر اغلب کوهپایه ها را تشکیل می دهند و از کنگلومرای دانه درشت و فاقد سیمان ساخته شده اند. جدیدترین رسوبات نهشته های داخل رودخانه ها هستند که از شن و ماسه و قلوه سنگ بدون سیمان تشکیل شده است.

۲-۵- کانی سازی در منطقه

کانی سازی های موجود در رشته ترو د- چاه شیرین را بطور کلی میتوان به دو دسته کانی سازی فلزی و کانی سازی غیر فلزی تقسیم بندی کرد که در زیر در مورد هر یک از آنها شرح داده می شود.

۲-۵-۱- کانی سازی فلزی

از کانسارهای فلزی به معادن قدیمی و فعال مانند آهن، منگنز، مس، سرب، روی، طلا و... اشاره می‌کنیم (شکل ۲-۱ ب). تیپ کانسارها در رشته کوه ترود- چاه شیرین مربوط به این کانی سازی‌ها شامل آهن و منگنز آتشفشانی- رسوبی، آهن اسکارنی یا اکسید آهن، مس و طلا (IOCG)، مس هیدروترمالی رگه‌ای و مانتو، طلای اپی‌ترمال سولفید متوسط، طلای پلاسری، سرب و روی تیپ MVT کانسارهای مرتبط با توده‌های نفوذی و غیره اند. و کانی سازی مس پورفیری در این رشته کوه وجود ندارد و شکل اغلب کانسارهای فلزی از نوع رگه‌ای است (قربانی، ۱۳۸۱).

۲-۵-۲- کانی سازی غیر فلزی

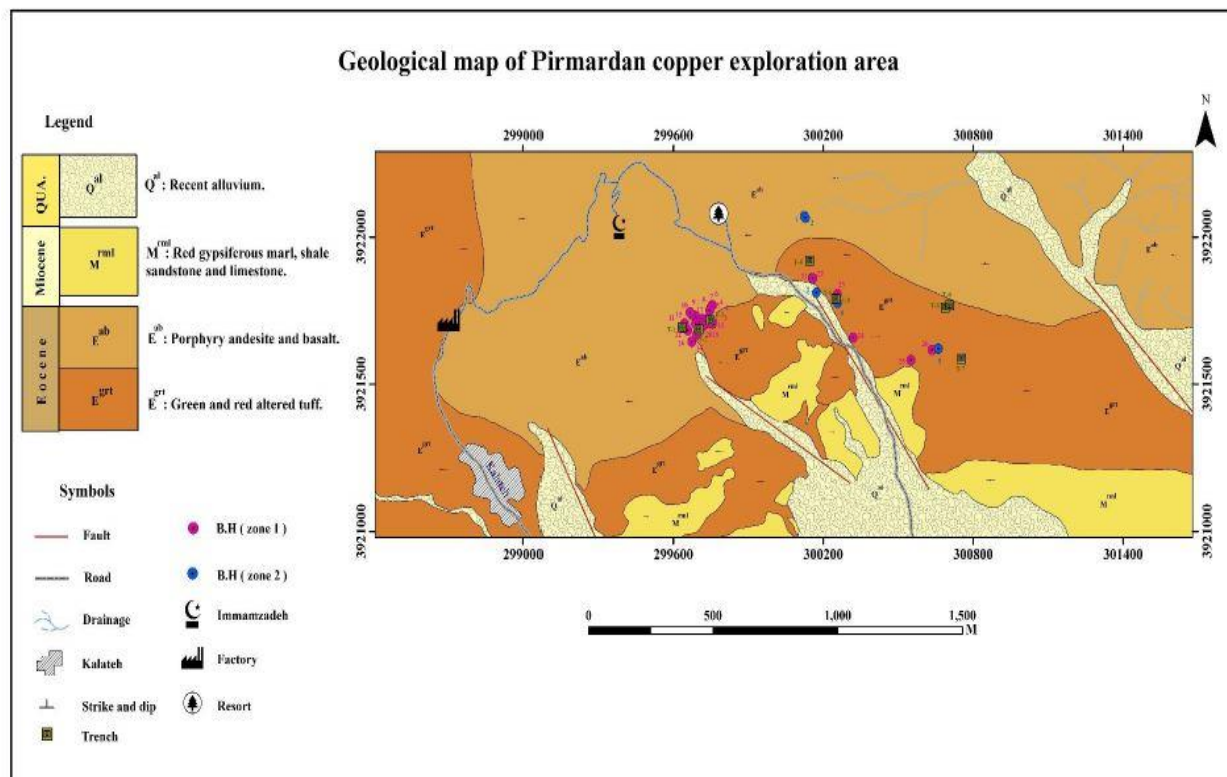
از کانسارهای فلزی به معادن بنتونیت در محدوده ورقه کلاته رشم، رگه های فلدسپاتی و سیلیس در دره‌ی رشم و نواحی چاه شیرین و چندین گنبد نمکی رخنمون در نیمه جنوبی ورقه کلاته - رشم می‌توان نام برد.

فصل سوم

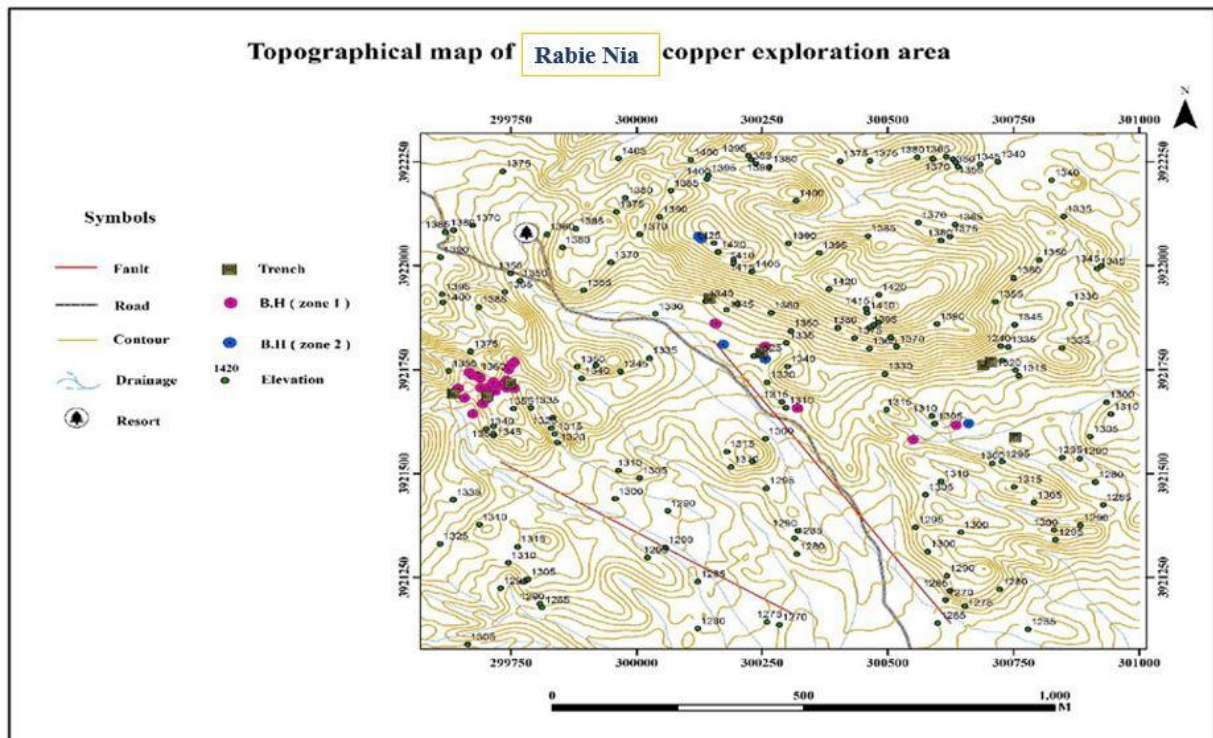
زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی محدوده معدنی

۳-۱- مقدمه

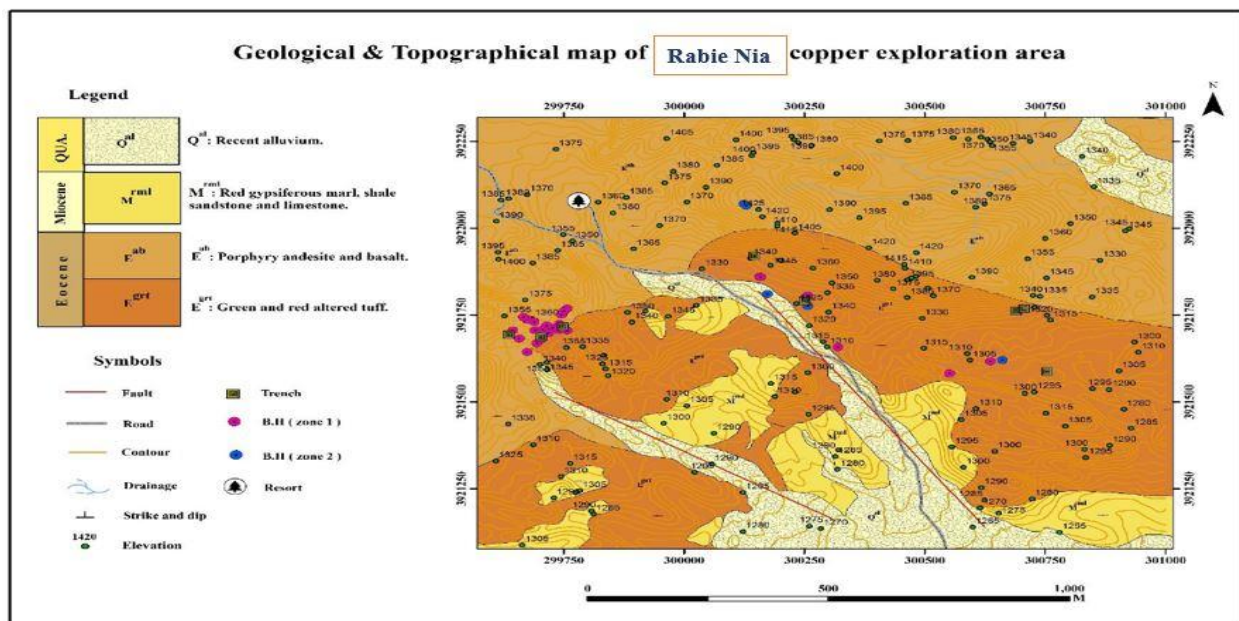
اولین قدم در یک عملیات اکتشافی، بررسی زمین شناسی منطقه از نگاه ساختاری، لیتولوژیکی و سنی است. این نوع مطالعات در سه مقیاس ناحیه‌ای، منطقه‌ای و محدوده معدنی انجام می‌گیرد. در مقیاس ناحیه‌ای، نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱ / ۲۵۰۰۰ و ۱ / ۱۰۰۰۰۰ مبنای کار قرار می‌گیرند و طی آن پهنه‌های ساختاری - رسوبی و کلیات چین‌شده‌شناسی، لیتولوژی و سنی واحدهای زمین شناسی مشخص می‌شود. در مقیاس منطقه‌ای، نقشه‌های با مقیاس ۱ / ۵۰۰۰ و ۱ / ۲۰۰۰۰ مبنای کار هستند که معمولاً از طریق مطالعه عکس‌های هوایی و پیمایش صحرایی تهیه و بررسی می‌شوند. در فصل دوم گزارش مبحث کلیات زمین شناسی معرفی گردید. و در مقیاس زمین شناسی-معدنی با استفاده برداشت مستقیم و تصاویر ماهواره‌ای ضمن پیمایش دقیق صحرایی، عوارض زمین- شناسی برداشت و ترسیم می‌شوند. در این مرحله واحدهای مختلف دارای رخنمون بخصوص واحدهای دربرگیرنده ماده معدنی برداشت، ترسیم و توصیف می‌شوند. در ادامه نقشه زمین شناسی - معدنی معرفی شده و واحدهای میزبان ماده معدنی توصیف می‌شوند.



شکل ۳ - ۱ - نقشه زمین‌شناسی ۱ / ۵۰۰۰ محدوده اکتشافی مس ربیعی نیا (گزارش پایان اکتشاف، مهدی ربیعی نیا).



شکل ۳ - ۲ - نقشه توپوگرافی محدوده مس ربیعی نیا با مقیاس ۱/۱۰۰۰ (گزارش پایان اکتشاف، مهدی ربیعی نیا).



شکل ۳ - ۳ - نقشه توپوگرافی - زمین شناسی ۱/۱۰۰۰ محدوده اکتشافی مس ربیعی نیا (گزارش پایان اکتشاف، مهدی ربیعی نیا).

۳-۲- چینه‌شناسی و سنگ‌شناسی محدوده معدنی مورد مطالعه

بر اساس نقشه زمین‌شناسی بزرگ مقیاس منطقه، واحدهای رخنمون یافته در آن را می‌توان به سه دسته

الف- آتشفشانی (شامل گدازه و پیروکلاستیک)، ب- رسوبی (شامل ماسه سنگ، شیل، سیلتستون، مارن

و آهک) و ج - توده‌های نفوذی (دایک و سیل)، تفکیک نمود. در ادامه به توصیف سنگ‌شناسی هر یک

از واحدهای سنگی پرداخته خواهد شد.

۳-۲-۱- مجموعه آتشفشانی

الف- گدازه‌های آتشفشانی

گدازه‌های آتشفشانی در منطقه از نظر ترکیب سنگ‌شناسی به سه دسته آندزیت ، بازالت و اندزیت- بازالت قابل

تفکیک می‌باشند:

۳-۲-۱- واحد آندزیت

واحد گدازه آندزیتی به رنگ خاکستری و با مورفولوژی با برجسته کم در بخش شمالی محدوده گسترش دارد. در

بخش‌هایی از این واحد رگچه‌های با کانه‌زایی مس و رگچه‌های کلسیت دیده می‌شود (شکل ۳-۴ الف). نمونه

شماره M.R-12 از این احد مورد مطالعه میکروسکوپی قرارگرفت و مشخص شد که پلاژیوکلاز و آمفیبول

کانی‌های اصلی سازنده سنگ هستند که به‌صورت فنوکریست در زمینه دانه‌ریز تا شیشه‌ای قرار گرفته و بافت‌های

پورفیری و میکرولیتی را ایجاد نموده‌اند. پلاژیوکلاز به صورت شکل‌دار تا بی‌شکل و با اندازه‌ای متفاوت در متن

سنگ مشاهده می‌شود. از خصوصیات آنها می‌توان به ماکل پلیسنتیک و آلبیت - کارلسباد اشاره نمود. برخی از

پلاژیوکلازها به صورت اجتماعی و اغلب به صورت تک بلور در خمیره مشاهده می‌شوند. از محصولات دگرسانی

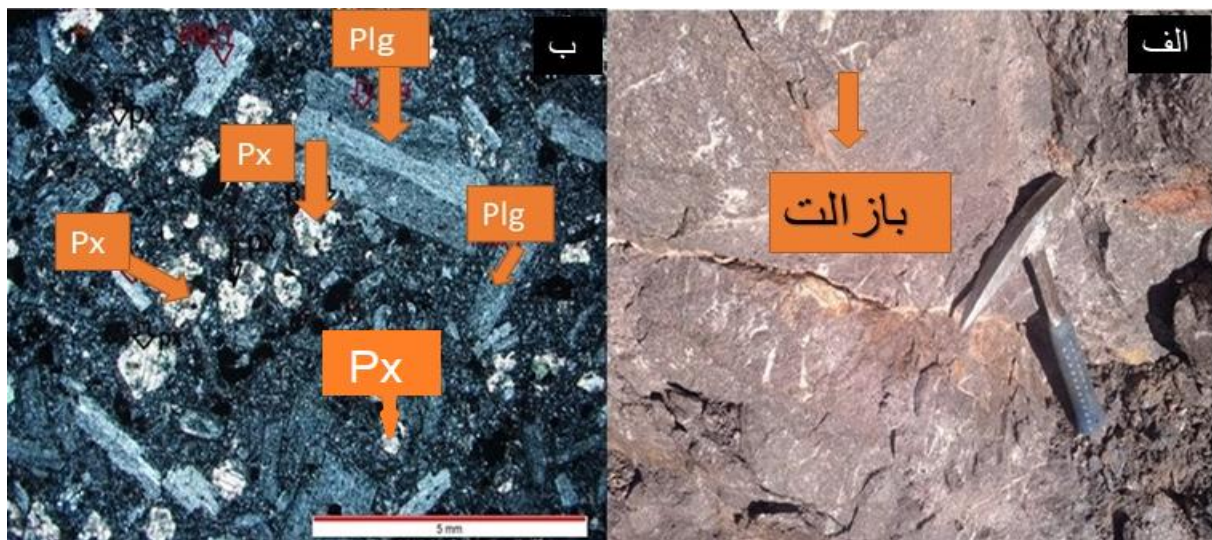
این پلاژیوکلازها می‌توان به کانی‌های رسی، سریسیت و کلسیت اشاره نمود. آمفیبول به صورت شکل‌دار تا بی‌شکل بوده و بر اساس ویژگی‌های نوری و ضریب شکست از نوع هورنبلند هستند (شکل ۳-۴ ب و ج) خمیره از بلورهای بسیار ریز پلاژیوکلاز و شیشه تشکیل یافته است.



شکل ۳-۴- الف: تصویر نمونه دستی و صحرایی آندزیت همراه با کلسیت و باریت به صورت رگه ای و شکافه پرکن. ب: مقطع میکروسکوپی آندزیت که پلاژیوکلاز و آمفیبول کانی‌های اصلی سازنده سنگ که بصورت فنوکریست در زمینه دانه‌ریز تا شیشه‌ای قرار گرفته و بافت‌های پورفیری و میکرولیتی را ایجاد نموده و وجود کلسیت به صورت رگه ای در آن. ج: پلاژیوکلاز و آمفیبول کانی‌های اصلی سازنده سنگ و همچنین پلاژیوکلاز به صورت شکل‌دار تا بی‌شکل و با اندازه‌ای متفاوت در متن سنگ و ماکل پلیسننتیک و آلبیت - کارلسباد مشاهده می‌شود. برخی از پلاژیوکلازها به صورت اجتماعی و اغلب به صورت تک بلور در خمیره مشاهده می‌شوند.

۳-۲-۱-۲- واحد بازالت

بازالت‌ها در نمونه‌های صحرایی به رنگ ارغوانی تا خاکستری تیره اند (شکل ۳-۵ الف). از لحاظ پتروگرافی، در نمونه میکروسکوپی دارای فنوکریست‌های پلاژیوکلاز، پیروکسن که داخل زمینه‌ای از میکرولیت‌های پلاژیوکلاز، پیروکسن، و کانی‌های کدر قرار دارند (شکل ۳-۵ ب). پلاژیوکلازها بیشترین و بزرگترین فنوکریست‌های این قسمت بازالتی در زیر میکروسکوپ می‌باشند. اکسیدهای آهن به صورت لکه‌های تیره رنگ و بی‌شکلی را در سطح مقطع ایجاد شده اند. بافت‌های میکرولیتی و پورفیری و از بافت‌های اصلی بازالت‌ها هستند. (Gill, 1981)، معتقد است که چرخش آب‌های گرم در توالی گدازه معمولاً منجر به شکل‌گیری کانی‌هایی مانند کلسیت و باریت در شکستگی‌های این سنگ‌ها شده است (شکل ۳-۵ الف).



شکل ۳-۵- الف: گدازه‌های بازالتی و رگه رگچه‌های باریت و کلسیت. ب: فنوکریست‌های پلاژیوکلاز، پیروکسن که در زمینه‌ای از میکرولیت‌های پلاژیوکلاز، پیروکسن، و کانی‌های کدر

۳-۲-۱-۳- واحد آندزیت-بازالت

بازالت‌ها عموماً، به صورت جریان‌های گدازه‌ای، گدازه‌های بالشی، دایک‌ها و سیل‌ها دیده می‌شود. بافت این سنگ ممکن است پوفیریتیک، یا ریزبلور، بلورین یا شیشه‌ای و میکرولیتیک باشد. فراوان‌ترین شکل بازالت‌ها را جریان‌های گدازه‌ای و گدازه‌های بالشی تشکیل می‌دهند. این فرم از بازالت‌ها را به شکل وسیعی در کف اقیانوس‌ها، گدازه‌های جلگه‌ای قاره‌ای، جزایر اقیانوسی و جزایر قوسی می‌توان مشاهده نمود (مایتر و همکاران، ۲۰۰۷). در مشاهدات صحرایی بصورت همشیب، همروند و با مورفولوژی خشن نسبت به سایر واحدها رخنمون دارند و اغلب به رنگ سبز تا خاکستری تیره و گاهی قرمز به دلیل آغشتگی به اکسید آهن مشاهده می‌شوند. در مقطع میکروسکوپی دارای بافت میکروپورفیری با زمینه میکرولیتی می‌باشند (شکل ۳-۶ الف). کانی‌های اصلی از جمله پلاژیوکلاز، کانی‌های پیروکسن و آمفیبول، به صورت شکل‌دار و بیشکل در زمینه میکرولیتی قرار دارند (شکل ۳-۶ ب). پلاژیوکلازها به سرسیست و کلسیت دگرسان شده‌اند.



شکل ۳-۶- الف: بازالت‌ها به شکل جریان‌های گدازه‌ای و گدازه‌های بالشی به رنگ خاکستری تیره و گاهی قرمز به دلیل آغشتگی به اکسید آهن. ب: کانی‌های پلاژیوکلاز، پیروکسن و آمفیبول، به صورت شکل‌دار و بیشکل در زمینه میکرولیتی قرار دارند.

۳-۲-۲- سنگ های اذراواری

۳-۲-۲-۱- واحد توف

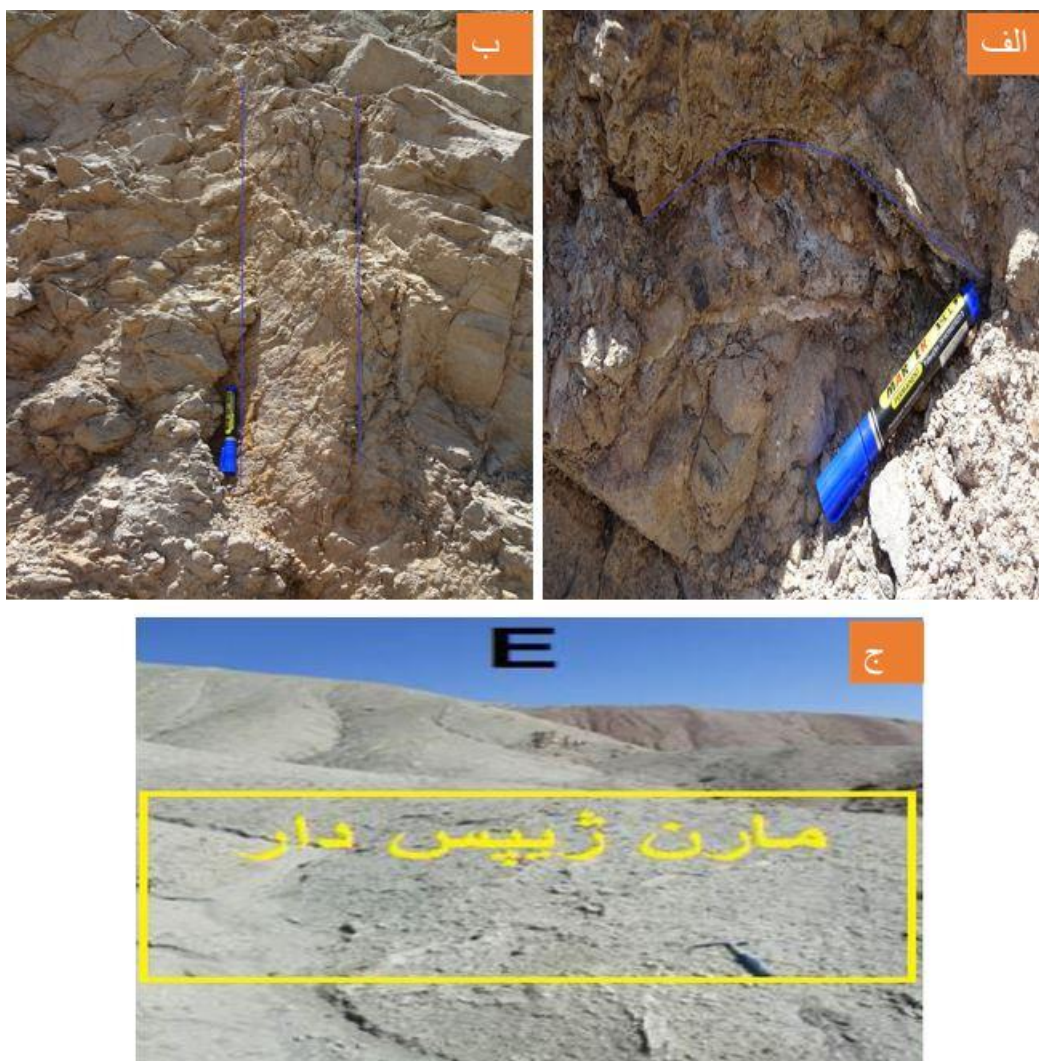
این واحد در جنوب منطقه مورد مطالعه رخنمون دارد. به رنگ عمومی ارغوانی تا ارغوانی تیره و سبز و لایه‌بندی نازک تا متوسط می‌باشد. در زیر واحد توفیت سفید رنگ ائوسن بالایی قرار می‌گیرد و در جنوب منطقه توسط رسوبات عهد حاضر پوشیده می‌شود. همراه این واحد توفیت، سیلتستون و مارن نیز بصورت پیوسته و هم‌روند مشاهده می‌شوند.



شکل ۳-۷- توف های به رنگ عمومی ارغوانی تا ارغوانی تیره و سبز و لایه بندی نازک تا متوسط به همراه توفیت، سیلتستون و مارن بصورت پیوسته و هم‌روند با آن.

۳-۲-۲-۲- واحد مارن

این واحد در جنوب و جنوب غرب محدوده مورد مطالعه رخنمون دارد و بر روی واحد توفی و سیلتستون ائوسن قرار گرفته است. این واحد از مارن‌های توفی به رنگ عمومی سفید تا کمی متمایل به سبز تشکیل شده است. این واحد با توپوگرافی تپه ماهوری و دامنه‌های باز می‌باشد. واحد فاقد پوشش گیاهی است. میان لایه‌های از ژئوپس سفید رنگ به ضخامت ۳ سانتی متر در آن مشاهده می‌شود. (شکل ۳ - ۸)، تصویر صحرایی از واحد مارن حاوی میان لایه‌های ژئوپس را نشان می‌دهد.

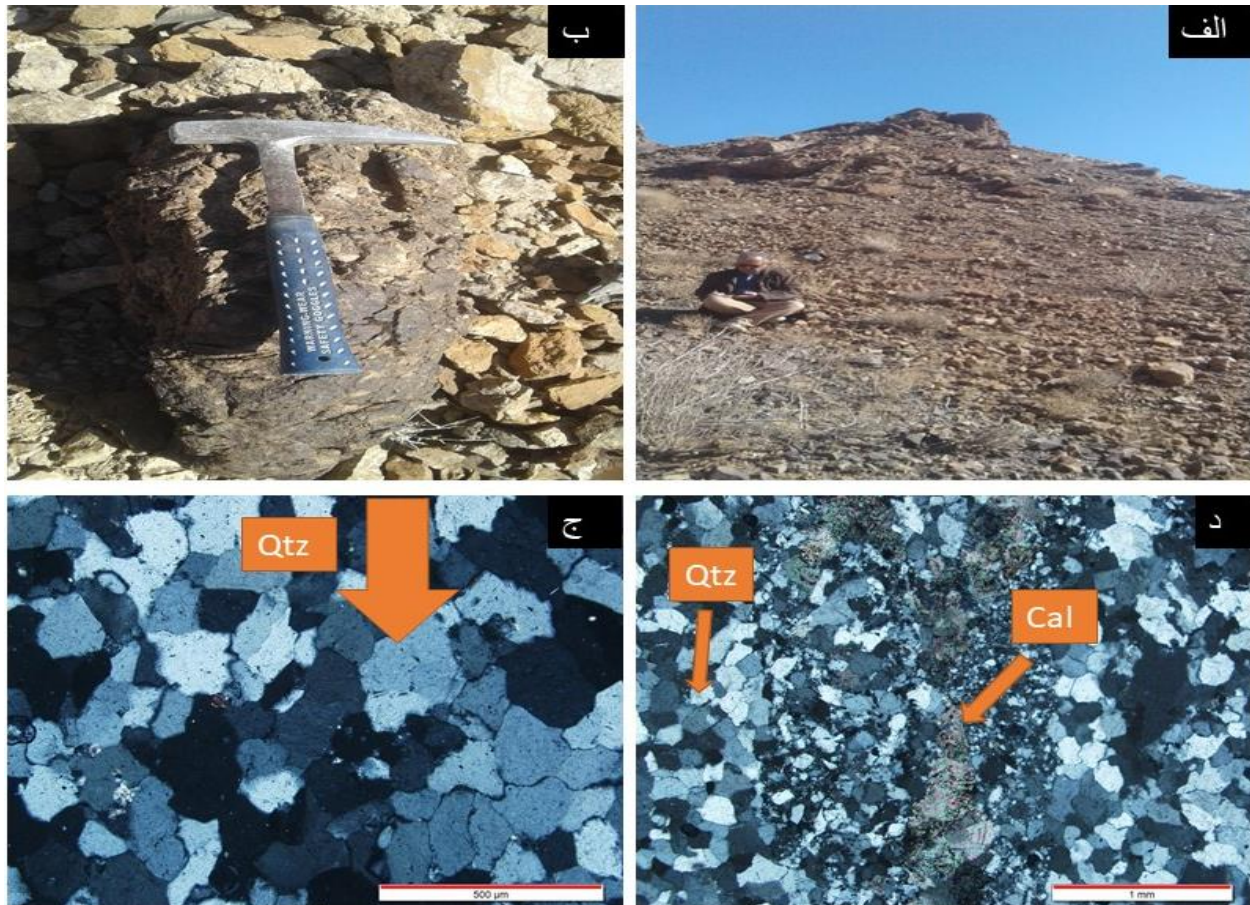


شکل ۳-۸- تصویر صحرایی از واحد مارن حاوی میان لایه های ژیبس

۳-۲-۲-۳- واحد ماسه سنگی

ماسه سنگ ها در محدوده دارای گسترش کم هستند و به دو صورت کوارتزارنایت و آرکوز دیده می شوند. واحد کوارتزارنایت درون آهک های نخودی رنگ ائوسن به صورت پراکنده و درهم آمیخته در میانه های محدوده مورد مطالعه مشاهده می شود (شکل ۳-۹ الف). نمونه شماره M.R-16 از رخنمون ماسه سنگ کوارتز آرنایت در میانه محدوده گرفته شد است (شکل ۳-۹ ب). نتایج مطالعات سنگ شناسی نشان می دهد که سنگ با بافت دانه متوسط،

گردشده‌گی ضعیف و جورشدگی خوب دارد. میزان بلورهای کوارتز بالا بوده و اغلب بی‌شکل و حدود ۹۵ درصد سنگ را تشکیل می‌دهند. (شکل ۹-۳ ج) و همچنین رگه‌های سیلیسی توسط کلسیت پر شده‌اند (شکل ۹-۳ د).



شکل ۹-۳ تصویر نمونه دستی، صحرایی و میکروسکوپی کوارتز آرنایت

فصل چهارم

کانه زایی و دگرسانی

۴-۱- مقدمه

محدوده اکتشافی مس ربیعی‌نیا در شمال پهنه ایران مرکزی و جنوب نوار آتشفشانی- رسوبی تروود-چاه‌شیرین واقع شده و به دلیل فعالیت‌های آتشفشانی ائوسن و فعالیت‌ماگمایی الیگوسن در این نوار، گسترش کانه‌زایی، مخصوصاً کانه‌زایی مس را در آن مشاهده می‌کنیم. آب‌های زیرزمینی و جوی تحت تأثیر حرارت حاصل از توده‌های نفوذی و تشکیل چرخه گرمایی در سنگ‌های آتشفشانی می‌دهند و باعث دگرسانی و شستشوی سنگ منشأ و آزادسازی مس شده و پس از مهاجرت و ته‌نشست در شکستگی‌ها و حفرات موجود در سنگ میزبان، باعث تشکیل نهشته‌های معدنی شده است. در این قسمت انواع دگرسانی‌ها و کانه‌زایی در محدوده اکتشافی ربیعی‌نیا مورد بررسی قرار می‌گیرد.

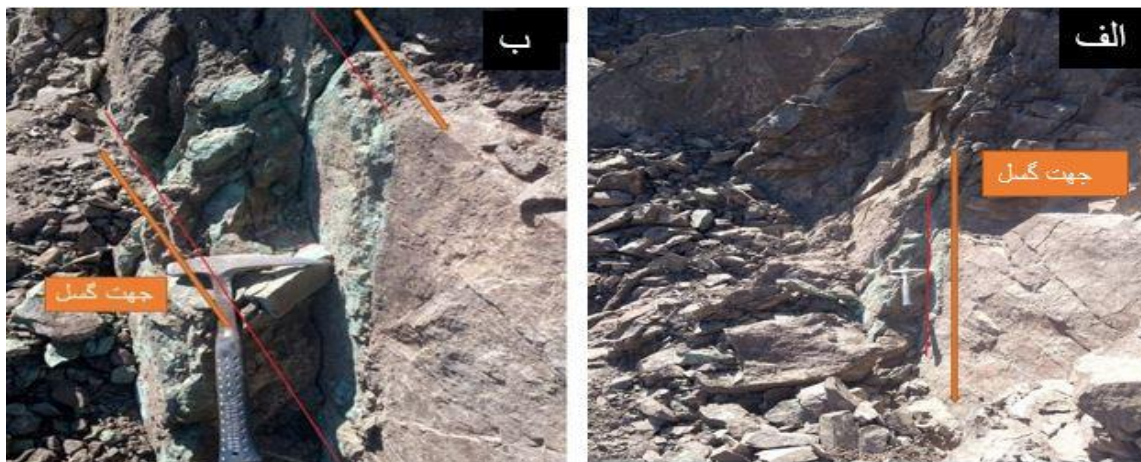
۴-۲- رخداد کانه‌زایی در محدوده مس ربیعی‌نیا

با فعالیت دو گسل تروود و انجیلو، کانه‌زایی فراوان و متنوعی در منطقه مشاهده می‌شود و با ایجاد گسل‌ها، شکستگی‌ها و درزه‌ها، باعث سهولت چرخه سیالات گرمایی در آن‌ها شده است. روند رگه‌های ماده معدنی در محدوده ربیعی‌نیا با کانسارهای مس چاه‌موسی (کی‌نژاد، ۱۳۸۹)، مس چاه گله (طالع ماسوله و همکاران، ۱۳۸۹)، مس و آهن رباعی (عبداللهی، ۱۳۹۶) و کانسارهای دیگری که با گسل تروود و انجیلو مطابقت دارد و نشان می‌دهد که کنترل‌کننده اصلی کانه‌زایی در منطقه این دو گسل بوده‌اند. عواملی مثل ساختار، زمین‌ساخت و هوازدگی در طول زمان‌های زمین‌شناسی نقشی مهم برای سیالات گرمایی برای چرخش سیالات کانه‌دار، جمع‌آوری و تمرکز مواد معدنی در میزبان مناسب دارند (Haldar, 2012). دگرسانی‌های رخ داده در کانسار مس ربیعی‌نیا مثل دگرسانی آرژیلیتی، کلریتی، سربیتی، سیلیسی، کربناتی و اکسید آهن است، نشان می‌دهد که سیال‌های گرمایی در همجواری با توده‌های نفوذی گرم شده و به درون واحدهای آتشفشانی وارد و مس موجود در سنگ منشأ را شسته و پس از چرخش در واحدها و حرکت به سوی بالا، در درزه و شکستگی‌های سنگ میزبان

رسوب داده است. کانه زایی در محدوده اکتشافی ربیعی نیا عمدتاً با فاز کربناته و غالباً بصورت ملاکیت رخ داده است.

۴-۲-۱- کانه‌زایی رگه‌ای

این کانی‌زایی در ارتباط با زون‌های گسله و درزه‌ها و شکستگی‌ها مشاهده می‌شود. این منطقه دارای گسل‌ها و درزه‌ها و شکستگی‌های فراوان است که کانه‌زایی به صورت رگه‌ای به طور عمده در طول صفحات گسلی و این شکستگی‌های رخ داده است (شکل ۴-۱). در بخش‌های نزدیک به این نوع کانی‌زایی که گسل‌ها و شکستگی‌های فراوان دارد و فضاهای مناسبی جهت نفوذ محلول‌های گرمابی فراهم کرده است که باعث کانه‌زایی و دگرسانی در این واحد شده است. با توجه به مشاهدات صحرایی می‌توان گفت که این نوع کانه زایی بیشتر به صورت رگه- رگچه‌های ملاکیت بوده که سنگ میزبان را در جهات مختلف قطع کرده است و در محل گسل‌ها کانه‌زایی بیشتری را مشاهده می‌کنیم. سامانه گسل‌های منطقه ربیعی نیا دارای روند NW_SE و NE_SW است.



شکل ۴-۱ کانه زایی موجود در گسل‌ها در محدوده معدنی ربیعی نیا

۴-۲-۲- کان‌زایی پرکننده حفره‌ها و فضاهای خالی

با توجه به ارتباط فعالیت‌های ساختاری در محل طلاقی شکستگی‌ها و کان‌زایی در منطقه ربیعی‌نیا کان‌زایی به صورت رگه‌ای، رگه-رگچه‌ای، حفره پرکن تشکیل شده است. این فضاهای خالی نقش مفیدی در جریان محلول-های کانی ساز در سنگ‌های میزبان داشته و بخش بیشتر ماده معدنی را در خود قرار داده اند. هنگام عبور از شکستگی‌ها و فضاهای خالی، سیالات گرمابی در صورت وجود شرایط مناسب، مواد همراه خود را در طول حفره‌ها و فضاهای خالی بر جای گذاشته اند (شکل ۴-۲، الف و ب).

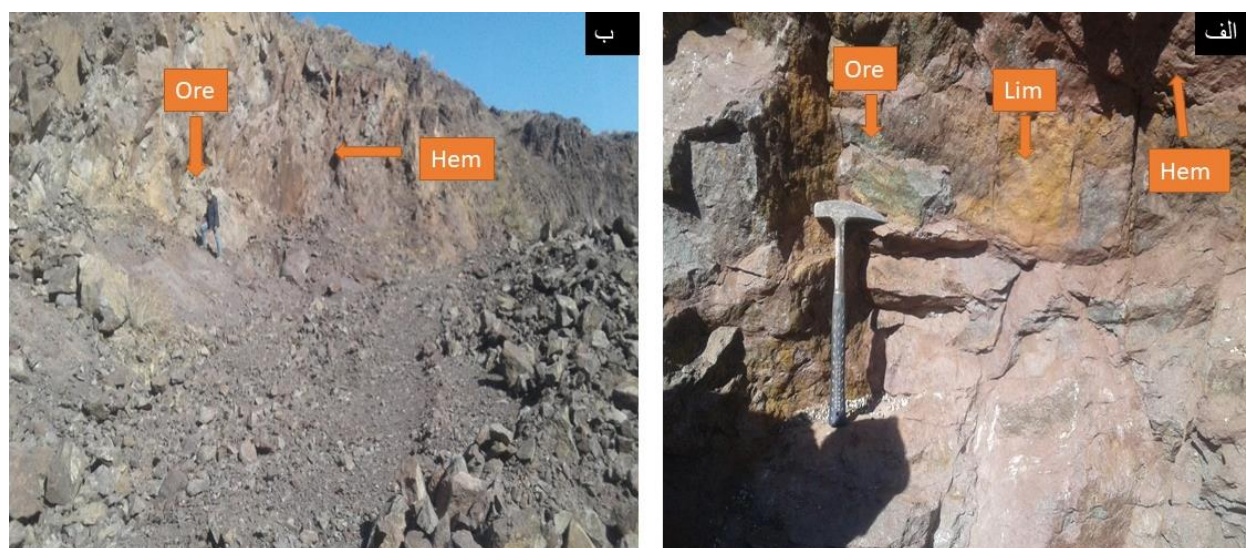


شکل ۴-۲- کان‌زایی پرکننده حفره‌ها و فضاهای خالی در محدوده معدنی ربیعی‌نیا

۴-۳- اهمیت و کاربرد مطالعات پهنه‌های دگرسانی

دگرسانی‌ها، معمولاً رابطه بسیار نزدیک با فرآیند کانی‌سازی گرمابی و یکی از راه‌های شناسایی فرایندهای تشکیل کانسار است و باعث پیشرفت در تکنیک‌های اکتشافی می‌شود. کانی‌سازی‌ها باعث تعامل شیمیایی محلول‌های گرمابی با سنگ میزبان و تشکیل مواد معدنی می‌شوند پس موقعیت و گسترش دگرسانی‌ها کلید اکتشافی برای

تعیین موقعیت سامانه‌های گرمابی است که ممکن است باعث شناسایی ذخایر معدنی شود. امروزه در کانسارهای مختلف، دگرسانی‌های گوناگون، با آرایش‌های متفاوتی ظاهر می‌شوند و شناخت دگرسانی‌ها باعث تشکیل کانسار شود پس اکتشاف کانسارها مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین بسیاری از کانی‌های دگرسانی در گستره خاصی از دما و pH پدیدارند و با بررسی گستره پایداری آنها می‌توانیم اطلاعات را از دمای تشکیل و ویژگی‌های سیالات کانی‌ساز و سیستم‌های گرمابی به دست آوریم. در محدوده ربیعی نیا با گسترش و شدت دگرسانی‌های آرژیلیتی، سریسیتی کلریتی و سیلیسی و با نزدیک شدن به رگه‌ها در ارتباط با گسل‌ها، شکستگی‌ها و فضاهای خالی افزایش چشم‌گیری پیدا کرده است و گسل‌های متعدد، شرایط را برای عبور محلول‌های گرمابی و ایجاد دگرسانی و کانه‌زایی فراهم کرده است. این دگرسانی‌های آرژیلیتی، سریسیتی کلریتی و سیلیسی رایج‌ترین دگرسانی‌های مرتبط با کانه‌زایی است. دگرسانی کربناتی شدن دگرسانی غالب در منطقه ربیعی نیا به صورت رگه-رگچه‌ای، پرکننده فضاهای خالی، جانشینی دیده می‌شود. از دیگر دگرسانی‌ها هماتیت و لیمونیت در زمینه سنگ میزبان است که مقدار آنها در کنار پهنه‌های کانی‌سازی افزایش می‌یابد (شکل ۳-۴).



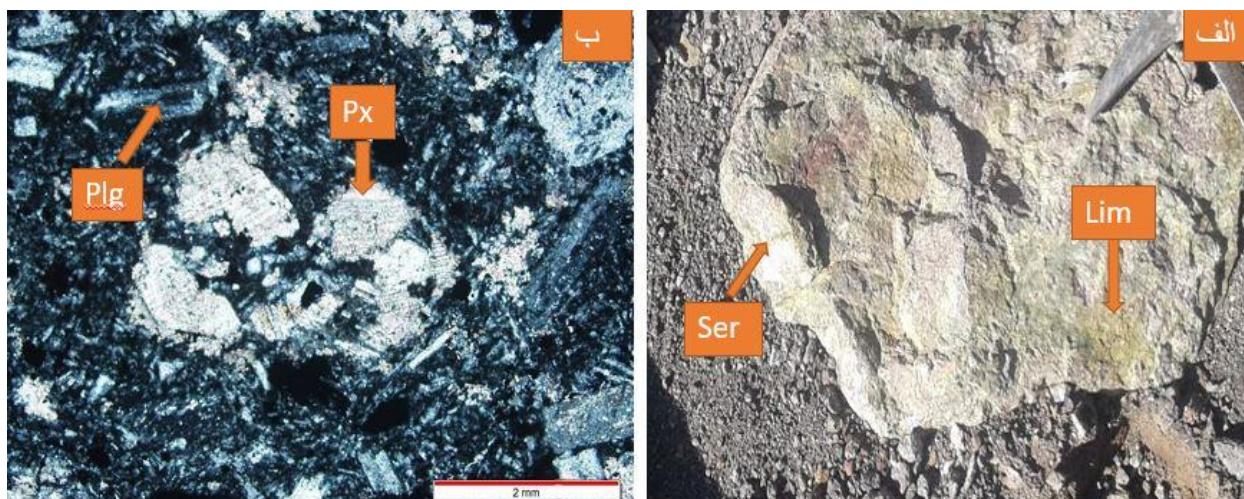
شکل ۳-۴-الف- وجود دگرسانی‌های اکسید آهن (لیمونیت و هماتیت) در کنار ماده معدنی. ب- وجود دگرسانی‌های اکسید آهن (هماتیت) در کنار ماده معدنی.

۴-۴- دگرسانی‌های موجود در منطقه مورد مطالعه

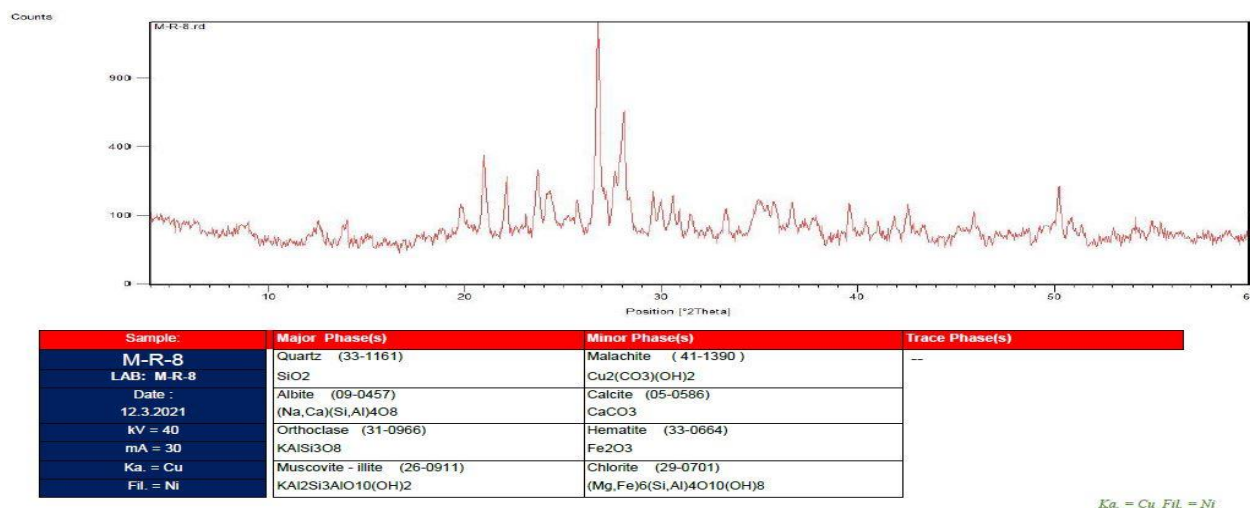
در اثر نفوذ محلول‌های گرمابی در امتداد شکستگی‌ها و گسل‌ها، در سنگ‌های محدوده مطالعاتی، دگرسانی‌ها از نوع آرژیلیتی، کلریتی، سریسیتی، سیلیسی، کربناتی و اکسید آهن است. در برخی نقاط کانی‌سازی مس این دگرسانی‌ها را همراهی می‌کند. برای مشخص کردن دگرسانی‌های منطقه ربیعی نیا نمونه‌هایی از بخش‌های دگرسان شده کانسار برداشته و برای مشخص کردن کانی‌های نشان دهنده دگرسانی مورد آنالیز پراش اشعه ایکس قرار گرفتند.

۴-۴-۱- دگرسانی سریستیک (QSP)

این دگرسانی به نوع کوارتز، سریست، پیریت معروف است. کانی‌های مهم دگرسانی سریستیک شامل: سریست، کوارتز، پیریت، پیروفیلیت، دیکیت کائولین و آندالوزیت که مقدار سریست بیشتر از بقیه است و کانی‌های فرعی شامل: کلسیت، آپاتیت و انیدریت هستند. از این دگرسانی در مراحل پی جویی و اکتشاف برای شناسایی ذخیره از آن استفاده می‌شود. کانی‌های تشکیل شده در این زون التراسیون بستگی به شدت هیدرولیز، مقاومت شیمیایی کانی اولیه و دمای محلول دارد. با پیشرفت این نوع دگرسانی کانی‌های پلاژیوکلاز و فلدسپارهای پتاسیم‌دار در شکستگی‌های آن متمرکز می‌شود (Pirajno, 1987). در کانسار مس ربیعی نیا با حضور سریست در زیر میکروسکوپ مشخص گردید که پلاژیوکلازها به سریست (موسکویت دانه ریز) تبدیل شده اند.



شکل ۴-۴-الف- تصویر نمونه دستی از دگرسانی سرسیتی و لیمونیتی ب-تصویر میکروسکوپی از دگرسانی سرسیتی که بصورت دانه ریز در متن سنگ .

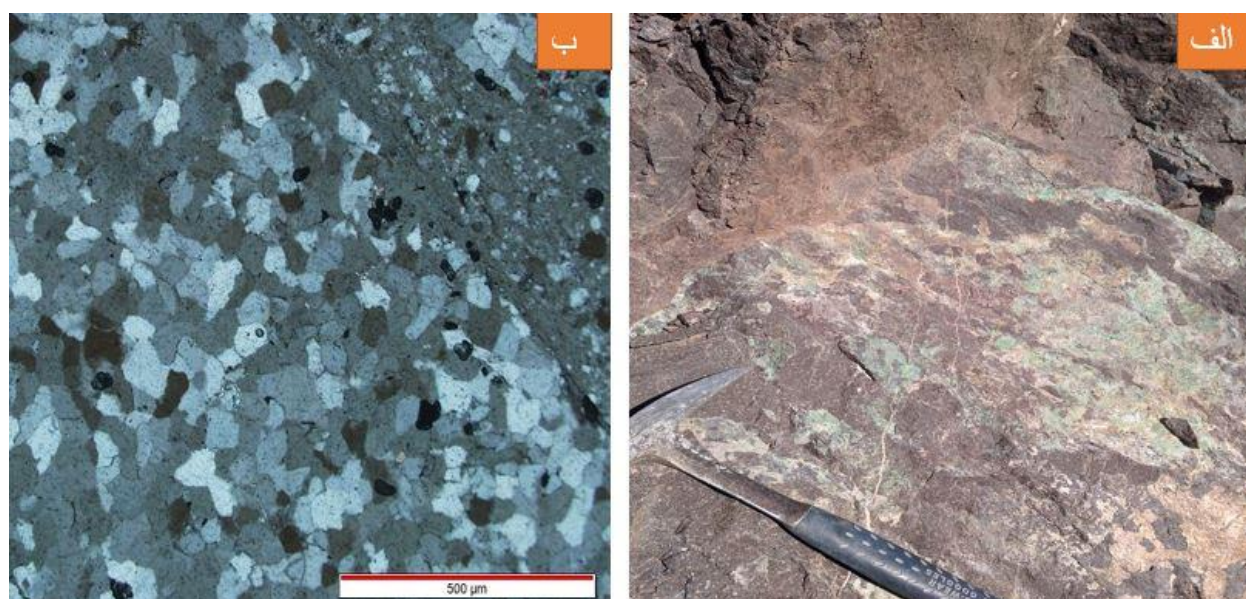


شکل ۴-۵- طیف پراش اشعه ایکس (برای نمونه M.R-8 شناسایی کانی های کوارتز، آلبیت اورتوکلاز و موسکویت که بیانگر دگرسانی سیلیسی، آلبیتی، پتاسیک و سرسیتیک می باشد.

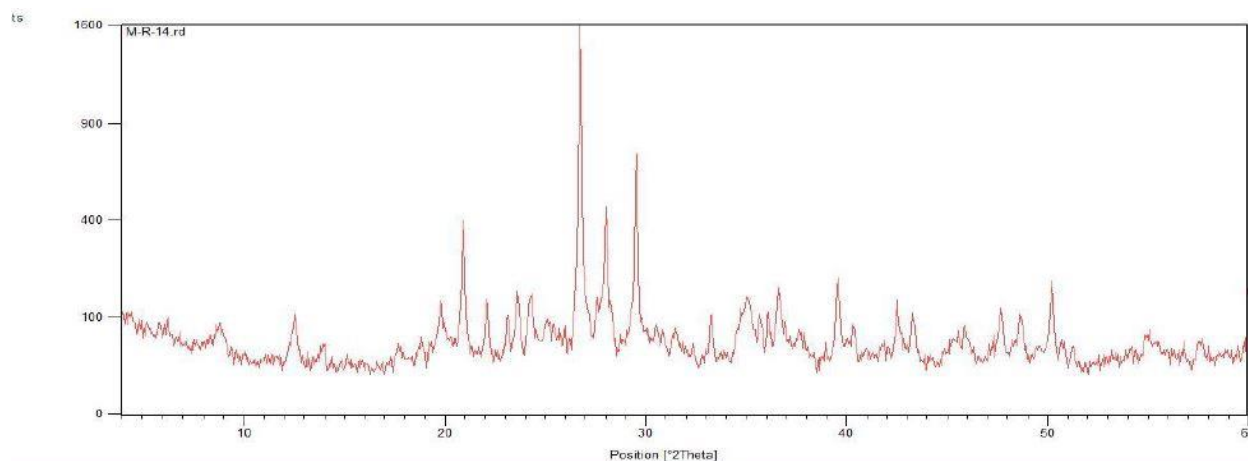
۴-۴-۲ دگرسانی سیلیسی:

دگرسانی سیلیسی معمولاً به وفور یافت می‌شود. افزایش مقدار کوارتز و یا اکسیدهای را در سنگ را سیلیسی شدن می‌گویند. سیلیسی شدن به دو طریق تشکیل می‌شود. ۱. اضافه شدن به سنگ از محلول‌های ماگمایی یا گرمایی ۲. بالا رفتن مقدار SiO_2 به خاطر انحلال مواد دیگر سنگ. دگرسانی سیلیسی معمولاً در اکثر سنگ‌ها تشکیل می‌شود. محلول‌هایی مثل محلول ماگمایی، گرمایی و یا دگرگونی پر از سیلیس، در شرایط مناسب

سیلیس خود را برجای می‌گذارند. عوامل مؤثر در تهنشست سیلیس شامل کاهش فشار ، حرارت و PH محلول است. در منطقه مورد مطالعه این دگرسانی به صورت رگه ای یا فضاهای خالی مثل درزه، شکاف‌ها، شکستگی‌ها حفرات بین قطعات یک سنگ را پر می‌کند و در بخش‌هایی از سنگ دیواره به صورت پراکنده وجود دارد (شکل ۴-۶). این نوع دگرسانی در مقاطع میکروسکوپی و همچنین در آنالیز پراش ایکس به صورت کانی کوارتز مشخص شده است. (شکل ۴-۷)



شکل ۴-۶- الف- رگچه های سیلیسی درون درزه ها و فضاهای خالی. ب- تصویر میکروسکوپی سیلیس که بیانگر دگرسانی سیلیسی می‌باشد.



$K\alpha = Cu, Fil. = Ni$

Sample:	Major Phase(s)	Major Phase(s)	Minor Phase(s)
M-R-14	Quartz (33-1161)	Muscovite - illite (26-0911)	Hematite (33-0664)
LAB: M-R-14	SiO ₂	KAl ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂	Fe ₂ O ₃
Date :	Calcite (05-0586)		Orthoclase (31-0966)
12.3.2021	CaCO ₃		KAlSi ₃ O ₈
kV = 40	Albite (09-0457)		Vermiculite (34-0166) ??
mA = 30	(Na,Ca)(Si,Al) ₄ O ₈		(Mg,Al) ₃ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ·4H ₂ O
Ka. = Cu	Chlorite (29-0701)		
Fil. = Ni	(Mg,Fe) ₆ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₈		

شکل ۴-۷- طیف پراش اشعه ایکس (برای نمونه M.R-14 شناسایی کانی های کوارتز، کلسیت، آلبیت و کلریت که بیانگر دگرسانی سیلیسی، کربناتی، آلبیتی و کلریتی می باشد.

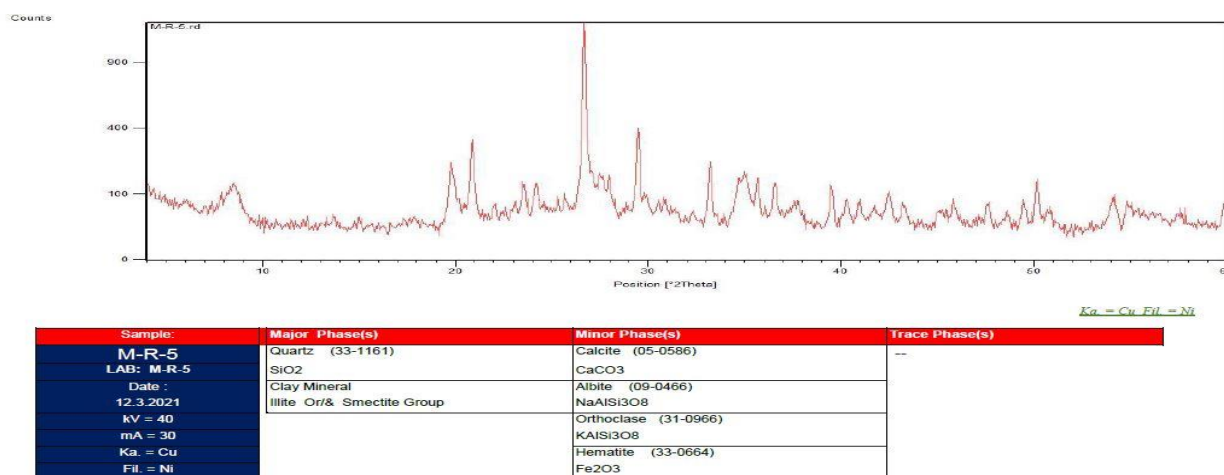
۴-۳-۴- دگرسانی آرژیلیتی

تشکیل کانی های ثانویه رسی در سنگ های سیلیکاته نشان دهنده دگرسانی آرژیلیتی است. برای تشکیل این نوع دگرسانی شرایط به صورت اسیدی باشد که تحت تأثیر محلول های اسیدی از محیط شسته می شوند (کریم پور، ۱۳۸۱). معمولاً در این نوع دگرسانی فلدسپات ها به کانی های رسی دگرسان می شوند. دگرسانی آرژیلیتی با توسعه کانی های رسی و دگرسانی پلاژیوکلازها و فلدسپارهای پتاسیک همراه است. این نوع دگرسانی با کانی های رسی مشخص می شود در شرایط اسیدی تشکیل می شوند. کانی های رسی نشان دهنده شرایط اسیدی بوده تشکیل آن ها مربوط به فرایندهای برونزاد است (جبارزاده و همکاران، ۱۳۹۴). دگرسانی آرژیلیتی معمولاً زمانی توسعه می یابد که شرایط pH محیط برای تحرک Al چندان مناسب نباشد (صالحی نصب، ۱۳۹۴). آرژیلیتی شدن یکی از

فرآیندهای عمده دگرسانی، در محدوده معدنی ربیعی نیا است. این دگرسانی در محدوده معدنی ربیعی نیا واحدهای سنگی توف و گدازه را تحت تأثیر قرار داده است. سنگ‌های این پهنه در محدوده بسیار نرم بوده و بسته به نوع کانی ثانویه آن‌ها سفید تا زرد در اثر ترکیب با هماتیت متمایل به قهوه ای دیده می‌شوند (شکل ۴-۸).



شکل ۴-۸- تصویر صحرایی که نشان دهنده دگرسانی آرژیلیتی، لیمونیتی و کلیتی در منطقه می باشد.

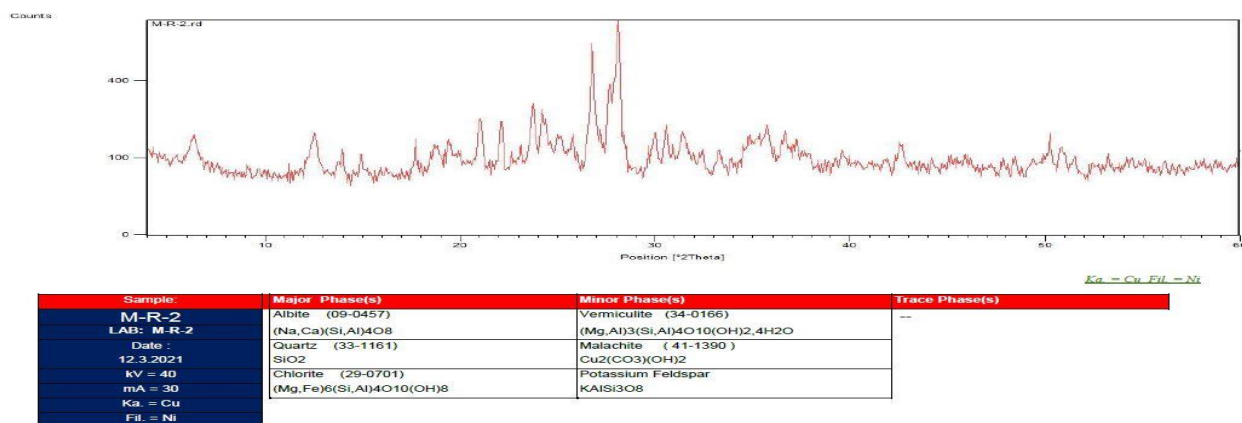


شکل ۴-۹- طیف پراش اشعه ایکس (برای نمونه M.R-5 شناسایی کانی های کوارتز و رسی که بیانگر دگرسانی سیلیسی و آرژیلیتی می باشد.

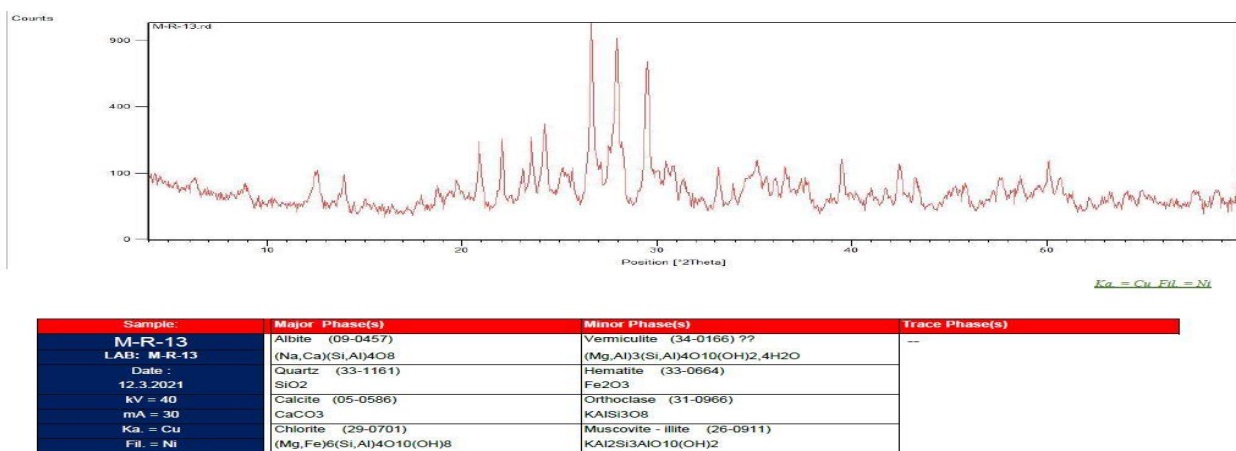
۴-۴-۴- دگرسانی کلیتی

یکی از مهم‌ترین پدیده‌هایی که در نتیجه ی تاثیر محلول‌های غنی از Fe, Mg و یا AL می‌تواند تشکیل شود کلیتی شدن است (Gill, 1981). در اثر این فرآیند سنگ‌های میزبان ظاهری سبز رنگ پیدا می‌کند و با

کانی‌های دارای کلسیم و منیزیم دار مشاهده می‌شود. دگرسانی کلریتی معمولاً در دمای ۲۰۰-۳۵۰ درجه سانتی‌گراد و در اثر متاسوماتیسم H^+ تشکیل می‌شود. در این منطقه، به دلیل گسترش درزه و شکستگی‌ها دگرسانی کلریتی سنگ‌های منطقه رواج دارد. براساس (بارنز، ۱۹۹۷) این نوع دگرسانی در آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD)، کلریت مشخص شده است (شکل ۴-۱۰ و ۴-۱۱).



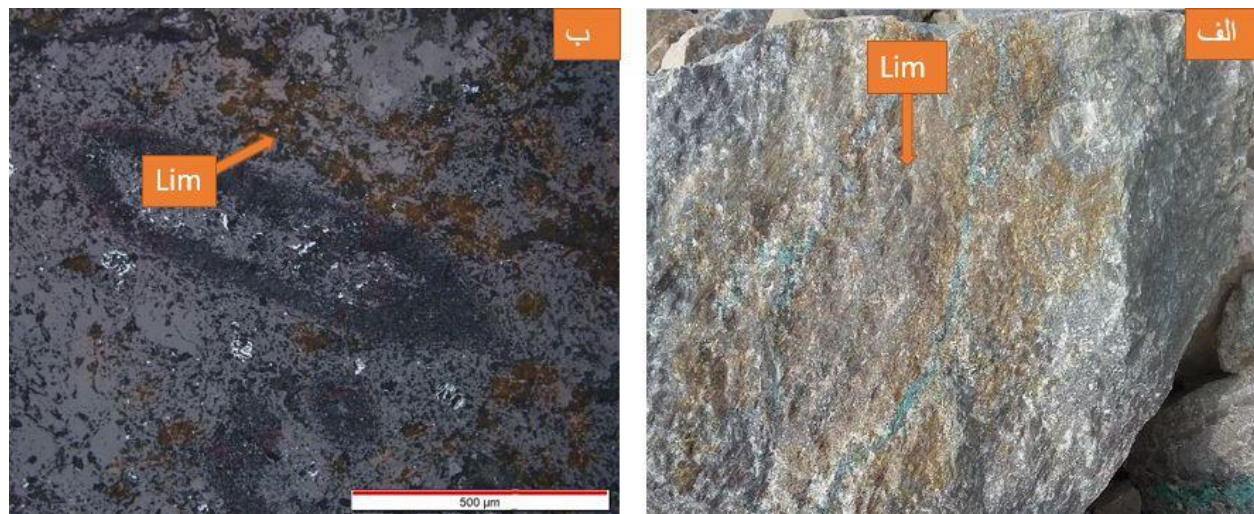
شکل ۴-۱۰- طیف پراش اشعه ایکس (برای نمونه M.R-2 شناسایی کانی‌های آلبیت، کوارتز و کلریت که بیانگر دگرسانی آلبیتی، سیلیسی و کلریتی می‌باشد).



شکل ۴-۱۱- طیف پراش اشعه ایکس (برای نمونه M.R-13 شناسایی کانی‌های آلبیت، کوارتز، کلسیت و کلریت که بیانگر دگرسانی آلبیتی، سیلیسی، کربناتی و کلریتی می‌باشد).

۴-۴-۵- اکسیدهای آهن (هماتیت و لیمونیت)

در مطالعات صحرایی منطقه ربیعی نیا، می توان به دگرسانی های اکسیدهای آهن (هماتیت و لیمونیت) اشاره کرد. این دگرسانی در این منطقه به دلیل عبور محلول های گرمابی از کانی های فرومنیزین و همچنین سولفیدهای آهن دار مثل کالکوپیریت تاثیر گذاشته است و آهن موجود در آن ها شسته و در یک محیط اکسیدان به صورت آهن فریک و اکسید و هیدروکسیدهای آهن، در درز و شکاف ها و شکستگی ها و در محدوده ته نشست شده است (شکل ۴-۱۲).

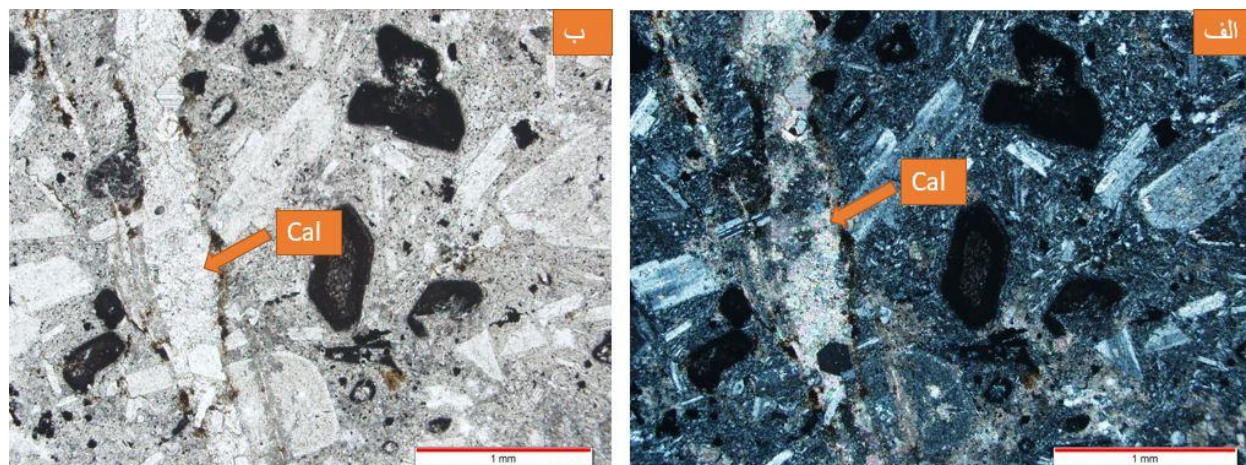


شکل ۴-۱۲- الف- عکس صحرایی از دگرسانی لیمونیتی موجود در کانسار مس ربیعی نیا ب- نمونه دستی از دگرسانی لیمونیتی که با رنگ زرد مشاهده می شود

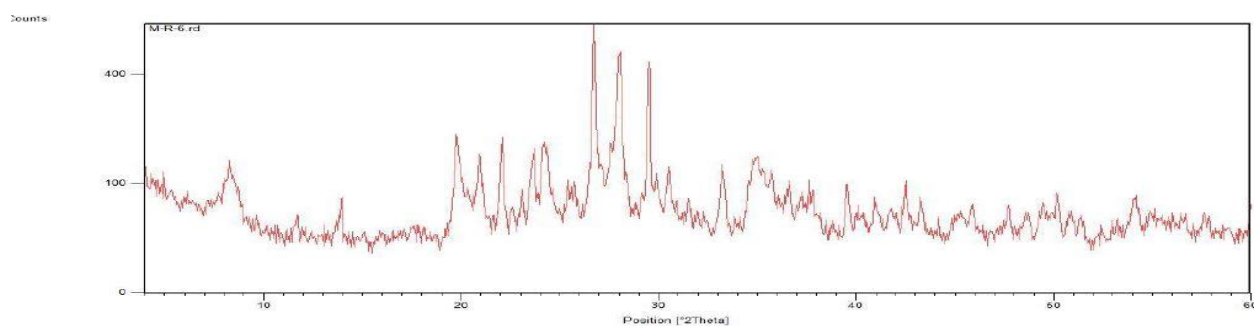
۴-۴-۶- دگرسانی کربناتی

دگرسانی کربناتی شدن معمولاً از دگرسانی رایج برای تشکیل کانی های کربناته، به ویژه کلسیت است. تکتونیک شدید منطقه و هوازدگی، باعث تشکیل شکاف هایی در سنگ میزبان منطقه و سپس باعث هجوم سیال های غنی از کلسیم این درز و شکاف ها به وسیله کلسیم پر شده اند (شکل ۴-۱۳). همراه شدن این پهنه با شکستگی ها، درزه ها و گسل ها نشان دهنده نزدیک بودن این رخداد با پهنه های گسلی است. این دگرسانی معمولاً با سیال شوری

کم و غنی از CO₂ که با سنگ میزبان واکنش دهد تشکیل می‌شوند. غلظت بالای CO₂ باعث افزایش پایداری کلسیت و کاهش نسبت $a_{H^+}/a_{Ca^{2+}}$ می‌شود (حسین زاده و همکاران ۱۳۸۸). همچنین کلسیت می‌تواند هم از سیالات گرمابی و هم از تجزیه پلاژیوکلاز و کانی‌های پیروکسن و اکسی هورنبلند تشکیل شود (Simmons et al., 2000).



شکل ۴-۱۳- الف- تصویر میکروسکوپی کلسیت‌هایی که بصورت رگه ای در نور Xpl قابل مشاهده است. ب- تصویر میکروسکوپی کلسیت‌هایی که بصورت رگه ای در نور ppl قابل مشاهده است.



Sample:	Major Phase(s)	Minor Phase(s)	Trace Phase(s)
M-R-6	Quartz (33-1161)	Hematite (33-0664)	---
LAB: M-R-6	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	
Date : 12.3.2021	Albite (09-0457)	Muscovite - illite (26-0911)	
kV = 40	(Na,Ca)(Si,Al) ₄ O ₈	KAl ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂	
mA = 30	Clay Mineral	Vermiculite (34-0166) ??	
Ka = Cu	Illite Or/& Smectite Group	(Mg,Al) ₃ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂ .4H ₂ O	
Fil = Ni	Calcite (05-0586)	Gypsum (33-0311)	
	CaCO ₃	CaSO ₄ .2H ₂ O	

شکل ۴-۱۴- طیف پراش اشعه ایکس برای نمونه M.R-6 شناسایی کانی‌های کوارتز، آلبیت، کانی‌های رسی و کلسیت که بیانگر دگرسانی سیلیسی، آلبیتی، آرژلیتی و کربناتی می‌باشد.

فصل پنجم

کافی‌شناسی، ساخت، بافت و توالی پارازیتیک

۵-۱- مقدمه

یکی از عوامل اکتشافی کانسارها، مطالعه دقیق کانی‌شناسی، ساخت و بافت کانی‌ها و توالی پاراژنتیک آن‌ها است. که امروزه برای ما مبتدی‌ترین، ارزان‌ترین و در دسترس‌ترین نوع مطالعه است پس از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنا به نظر (Craig and Vaughan 1994)، مطالعه کردن رفتار کانی‌های هر کانسار و رابطه بافتی آن‌ها نشانه‌ای از ویژگی‌های تشکیل‌دهنده آن کانسار است؛ همچنین در ناحیه‌هایی که دچار دگرشکلی شده‌اند که در اکتشاف، استخراج و فراوری اهمیت بسزایی دارد. برای انجام این مطالعات چند مرحله بازدیدهای صحرایی، همچنین برداشت نمونه‌هایی از بخش‌های مختلف کانه‌زایی و سنگ دربرگیرنده آن‌ها و در نهایت، ۱۸ مقطع نازک و ۵ مقطع صیقلی تهیه و مطالعه کردیم. همچنین، بخاطر نامعلوم بودن بعضی کانی‌ها ما ۷ نمونه برای آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD) به آزمایشگاه شرکت مواد معدنی زراآما فرستادیم تا مورد تجزیه قرار گیرد. در این فصل ابتدا کانی‌شناسی کانسار مس ربیعی نیا و سپس به انواع ساخت و در نهایت توالی پاراژنتیک کانی‌ها پرداخته می‌شود.

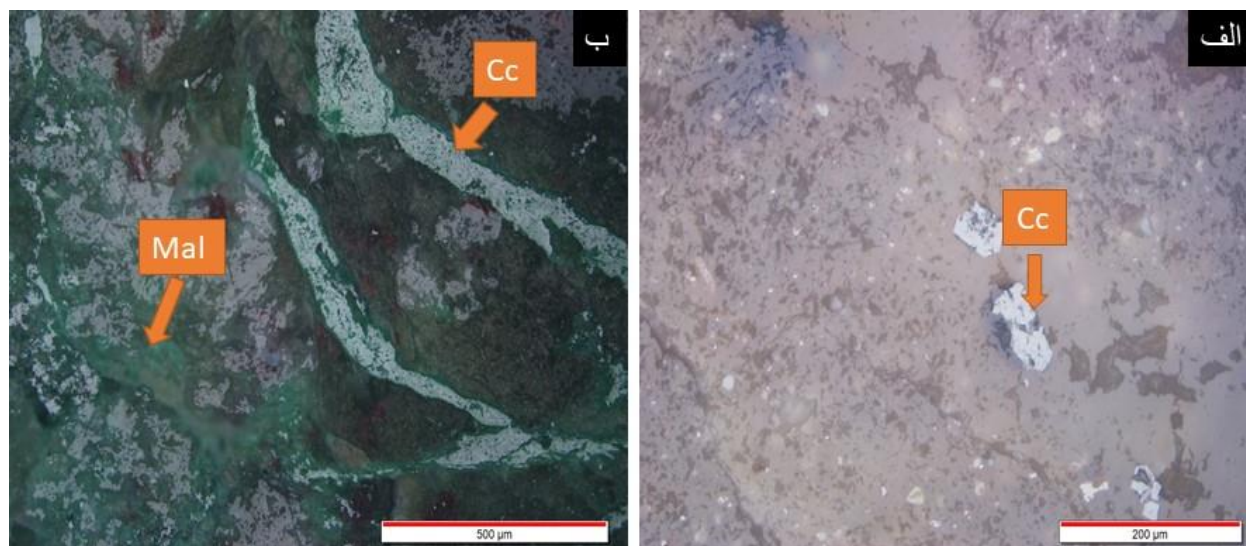
۵-۲- کانی‌شناسی

برای مطالعه کانی‌شناسی بر روی مقاطع میکروسکوپی نازک و صیقلی در نمونه‌های کانسار مس ربیعی نیا و همچنین با توجه به نتایج آزمایش (XRD)، کانی‌های تشخیص داده شده در منطقه ربیعی نیا را به چهار مجموعه کانی شامل کانی‌های سولفیدی مثل کالکوپیریت، کالکوسیت و کوولیت، کربناتی و سیلیکاتی مثل مالاکیت، اکسیدی و هیدروکسیدی مثل مگنتیت، هماتیت، گوتیت و لیمونیت و کانی‌های باطله مثل کلسیت، کوارتز و باریت دسته‌بندی شد که ما در ادامه برخی خصوصیات و ویژگی‌های کانی‌های موجود در کانسار ربیعی نیا جهت مطالعه دقیق تر هر یک از آن‌ها می‌پردازیم.

۵-۲-۱- کانی‌های گروه سولفیدی

۵-۲-۱-۱- کالکوسیت (Cu_2S)

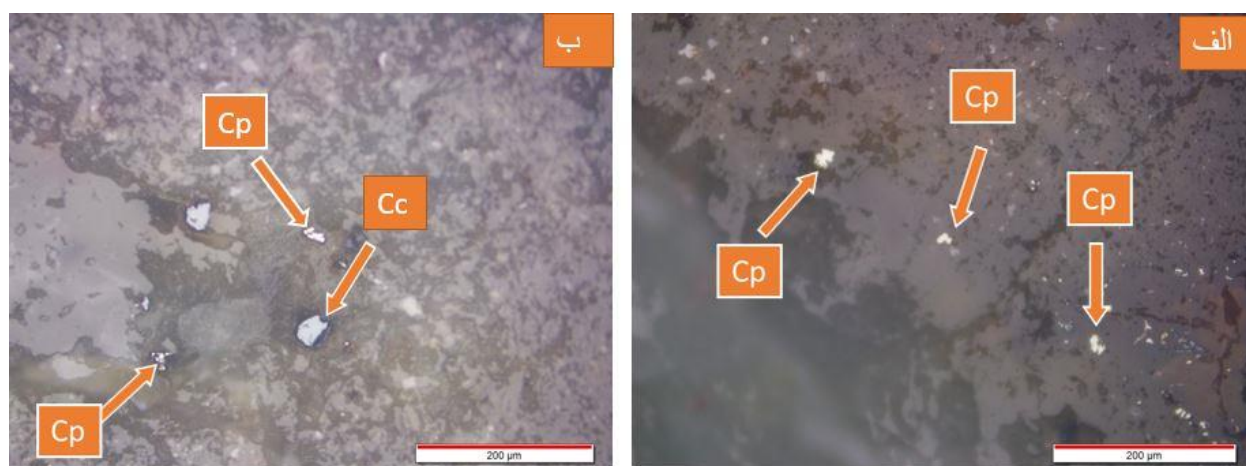
کالکوسیت یک کانی رایج مس در سامانه‌های گرمابی اپی‌ترمال است و در نمونه دستی به رنگ نقره‌ای تا سیاه رنگ دیده می‌شود. کالکوسیت فراوان‌ترین کانی سولفیدی در مقاطع مورد مطالعه بوده و معمولاً بی‌شکل و به رنگ سفید خاکستری تقریباً متمایل به آبی و بافت غالب این کانی بصورت رگه ای، رگه- رگچه‌ای، پر کننده فضای خالی، جانشینی و دانه پراکنده دیده می‌شود و اغلب به دو شکل اولیه و ثانویه تشکیل می‌شود. در کانسار مس ربیعی نیا کالکوسیت به صورت دانه پراکنده و رگه ای تشکیل شده است (شکل ۵-۱ الف و ب).



شکل ۵-۱- الف: تصویر میکروسکوپی کالکوسیت با بافت پراکنده ب: کالکوسیت و ملاکیت به صورت بافت رگه رگچه‌ای

۵-۲-۱-۲- کالکوپیریت Cu FeS_2

کالکوپیریت، یکی از رایج‌ترین کانی‌های سولفیدی است که در بخش‌های گسترده‌ای تشکیل می‌شود (Yilmaz., 2010). این کانی در منطقه مس ربیعی نیا از فراوانی بسیار کمی دارد و این ناشی از کمبود سولفید و پایین بودن دمای سیستم کانه‌زایی در محیط تشکیل شده و یا تجزیه این کانی در محیط اکسیدان می‌تواند باشد. کالکوپیریت در نمونه‌های دستی مشاهده نشد است ولی در زیر میکروسکوپ به‌صورت دانه‌های ریز و پراکنده دیده می‌شود (شکل ۵-۲ الف).

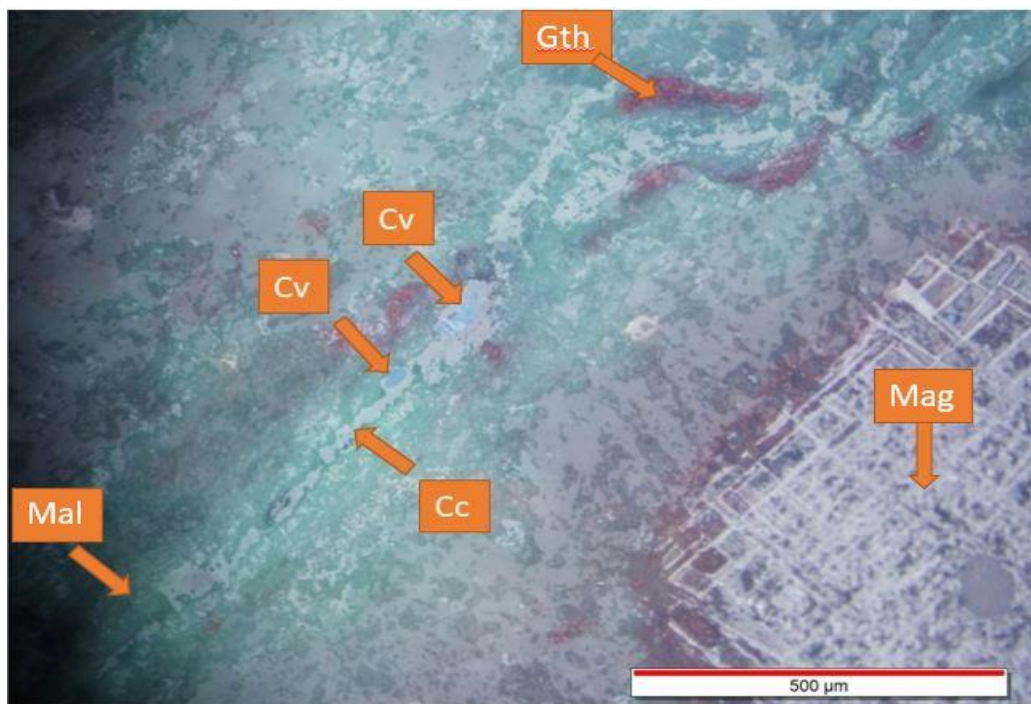


شکل ۵-۲ الف- تصویر میکروسکوپی از کانی کالکوپیریت در متن سنگ. ب- تصویر میکروسکوپی از کانی کالکوپیریت و کالکوسیت در متن سنگ.

۵-۲-۱-۳- کوولیت CuS

کوولیت یکی از کانی‌های مهم سولفید مس است که هنگام عبور از محیط اکسیدان به محیط احیا با افزایش مقدار گوگرد تشکیل می‌شود. به طور معمول کوولیت کانه رایجی نیست، اما در اثر جانشینی در سولفیدهای اولیه مس تشکیل می‌شود. این کانی در مقطع میکروسکوپی به رنگ آبی، با فراوانی کم، با چندرنگی قوی و آنیزوتروپی بالا و دارای بافت جانشینی در درون و در حاشیه کالکوسیت و در امتداد شکستگی‌ها مشاهده می‌شود (شکل ۵-۳).

به‌طور کلی کوولیت یک کانی ثانویه است که از تجزیه کانی‌های سولفیدی مس مثل کالکوپیریت تشکیل و بیشترین مقدار گسترش کوولیت پس از تشکیل کالکوسیت و در شرایط سوپرژن است. همچنین می‌توانیم حضور کوولیت را نشانه‌ای از آبشویی مس در منطقه بدانیم.



شکل ۵-۳ - تصویر میکروسکوپی از کانی مالاکیت و کوولیت بصورت بافت پرکننده حفرات و کالکوسیت بصورت رگه رگچه ای به همراه کانی های گوتیت، مگنتیت و کالکوسیت.

۵-۲-۲- کانی‌های گروه کربناتی و سیلیکاتی مس

۵-۲-۲-۱- مالاکیت $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$

مالاکیت از فراوان‌ترین کانی کربناته (ثانویه) مس‌دار و یک کانی آبدار مس است در نمونه‌های سطحی و کم عمق و در نمونه دستی به رنگ سبز تیره دیده می‌شود. مالاکیت از محلول‌های رقیق‌تر از مس و تحت شرایط فشار

دی‌اکسید کربن پایین شکل تشکیل شده است (بن ۱۹۸۲) که در اثر اکسیداسیون کانی‌های اولیه و سولفیدی مس به وجود آمده است و در مقاطع میکروسکوپی به رنگ سبز تیره و دارای انعکاس داخلی کم و انیزوتروپی قوی همراه با بافت رگه-رگچه‌ای و شکافه پرکن در سنگ میزبان آندزیت، آندزیت - بازالت تشکیل شده است. مالاکیت یک کانی پایدار در شرایط اکسیدان است و معمولاً به صورت ثانویه از تجزیه کانی‌های سولفیدی در محیط اکسیدان با حضور یون بیکربنات تشکیل می‌شود. مالاکیت فراوان‌ترین کانی مس در کانسار مس ربیعی نیا است که به صورت پرکننده فضای خالی درزه‌ها، شکستگی‌ها، حفرات بین دانه‌ای دیده می‌شود (شکل ۵-۴ الف و ب).



شکل ۵-۴ الف- تصویر میکروسکوپی از کانی مالاکیت و کالکوسیت بصورت بافت رگه رگچه‌ای. ب- تصویر میکروسکوپی از کانی مالاکیت بصورت بافت رگه رگچه ای .

۵-۲-۳- کانی‌های اکسیدی و هیدروکسیدی

یکی از فراوان‌ترین کانی‌های همراه سنگ‌های آذرین در نهشته‌های معدنی مختلف اکسیدهای آهن هستند. مگنتیت، هماتیت، لیمونیت، گوتیت عمده‌ترین کانی‌های اکسید و هیدروکسیدهای آهن در منطقه ربیعی نیا اند که در پایین به طور مختصر توضیح داده می‌شوند. با وارد شدن آب‌های جوی از درزه‌ها و شکستگی‌ها کانه‌های سولفیدی اکسیدشده و باعث تشکیل اکسید-هیدروکسیدهای ثانویه آهن شده و همچنین در اثر انحلال و

اکسیداسیون، کانی‌های سولفیدی در سطح دچار انحلال می‌شوند و یون گوگرد آنها از محیط خارج و هیدرواکسیدهای آهن بر جای می‌مانند (رامدهر ۲۰۱۷).

۵-۲-۳-۱- مگنتیت Fe_3O_4

مگنتیت یکی از کانی‌های اکسیدی دما پایین است که اغلب به صورت سین ژنتیک همراه سنگ‌های آذرین به عنوان یک کانی اوپک تشکیل می‌شود. یکی از کانه‌های موجود در منطقه ربیعی نیا مگنتیت است که در مقاطع صیقلی به رنگ خاکستری و به صورت شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار و دارای قدرت انعکاس ضعیف دیده شد. این کانی در مقطع میکروسکوپی به صورت پراکنده در زمینه مشاهده شد. (شکل ۵-۵ الف و ب).

۵-۲-۳-۲- هماتیت Fe_2O_3

هماتیت، کانی آنیزوتروپ با انعکاس داخلی قرمز می‌باشد. همان‌طور که می‌دانیم، هماتیت از جمله فراوان‌ترین کانی‌های اکسیدی است که برای تشکیل آن در قسمت فوقانی کانسار حضور اکسیژن الزامی است. این کانی در اثر اکسیداسیون و تحت تأثیر محلول‌ها، معمولاً از جانشینی کانی‌هایی نظیر پیریت و مگنتیت شکل گرفته است؛ به صورتی که در بیشتر موارد این کانی‌ها به‌طور کامل به هماتیت تبدیل شده‌اند. همچنین هماتیت در محیط هوازدگی، پایدار بوده و به‌طور معمول فرآیند هوازدگی به‌وجود می‌آید. بدون شک تشکیل اکسیدهای آهن به همراه کربنات‌های مس در منطقه معدنی را می‌توان به‌عنوان کانه‌زایی سطحی در نظر گرفت.

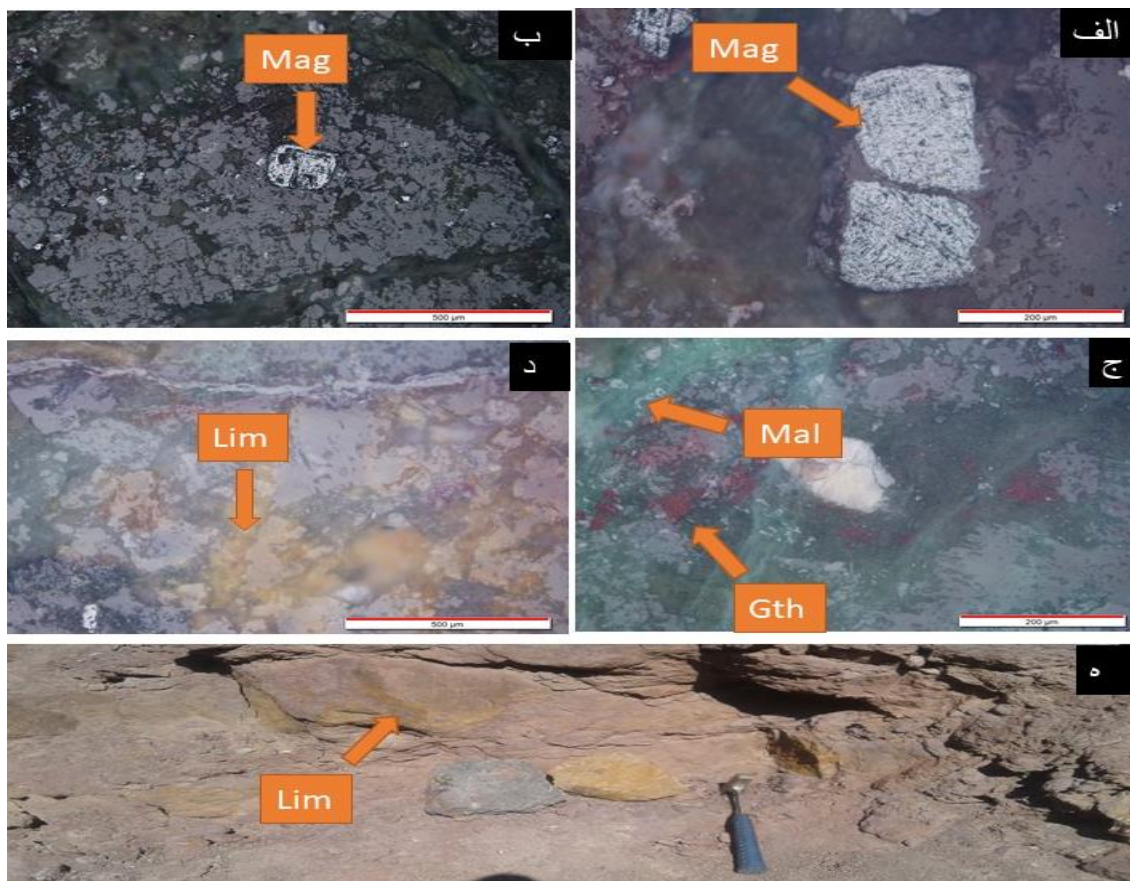
۵-۲-۳-۳- گوتیت $(\text{FeO}.\text{OH})$

یکی از کانی‌های هیدروکسید آهن است که توسط هوازدگی یا دگرسانی کانی‌های حاوی آهن مثل مگنتیت، پیریت، ایجاد می‌شود. در اثر انحلال و اکسیداسیون، کانی‌های سولفیدی در قسمت سطحی کانسار دچار انحلال شده و گوگرد موجود در آن‌ها از محیط خارج شده و هیدرواکسیدهای آهن بر جای می‌ماند. گوتیت هم در نمونه

دستی و هم در مقاطع میکروسکوپی فراوان است. گوتیت از هوازدگی پیریت و کالکوپیریت تشکیل شده و نشان-
 دهنده نسبت اندک پیریت به کالکوپیریت، اسیدیته کم و میزان سولفید کل پایین است (Sillitoe and Perello, 2005) (شکل ۵-۵ ج).

۵-۲-۳-۴- لیمونیت $O.(FeOOH.nH_2O)$. تیا بغه‌های اکسیدی و هیدروکسیدی

کانی لیمونیت یک کانی اکسید آهن آبدار و به رنگ زرد که بیشتر در قسمت‌های اکسیدان و در بخش‌های سطحی
 کانسار مس ربیعی نیا دیده می‌شود. لیمونیت در نتیجه دگرسانی و هوازدگی اکسیدها و سولفیدهای آهن تشکیل
 شده است (شکل ۵-۵ د و ه).



شکل ۵-۵- الف و ب : تصویر نمونه میکروسکوپی از مگنتیت. ج: تصویر نمونه میکروسکوپی از گوتیت به صورت بافت حفره پرکن و
 مالاکیت. د و ه : تصویر میکروسکوپی از کانی لیمونیت که بصورت بافت حفره پرکن مشاهده می‌شود.

۵-۲-۴- کانی‌های باطله

از کانی‌های باطله مهم در کانسار مس ربیعی نیا کوارتز، کلسیت، و باریت هستند.

۵-۲-۴-۱- کوارتز SiO_2

سیلیسیم در نتیجه فعالیت محلول‌های گرمابی به وفور یافت می‌شود. سیلیس حاصل دگرسانی و تجزیه کانی‌های سیلیکاته است که همین مهاجرت توسط سیال در فضای خالی درز و شکستگی‌ها و حفرات به اشکال مختلف کوارتز، اوپال، عقیق، کلسدونی را باعث می‌شود. در نتیجه گذر محلول‌های گرمابی در امتداد شکستگی‌ها و درزه‌ها رگه‌ها و رگچه‌های کوارتزی تشکیل می‌شود (سیاه‌چشم و همکاران، ۱۳۹۳) (شکل ۵-۶). سیلیس در منطقه ربیعی نیا کمتر مشاهده شد.

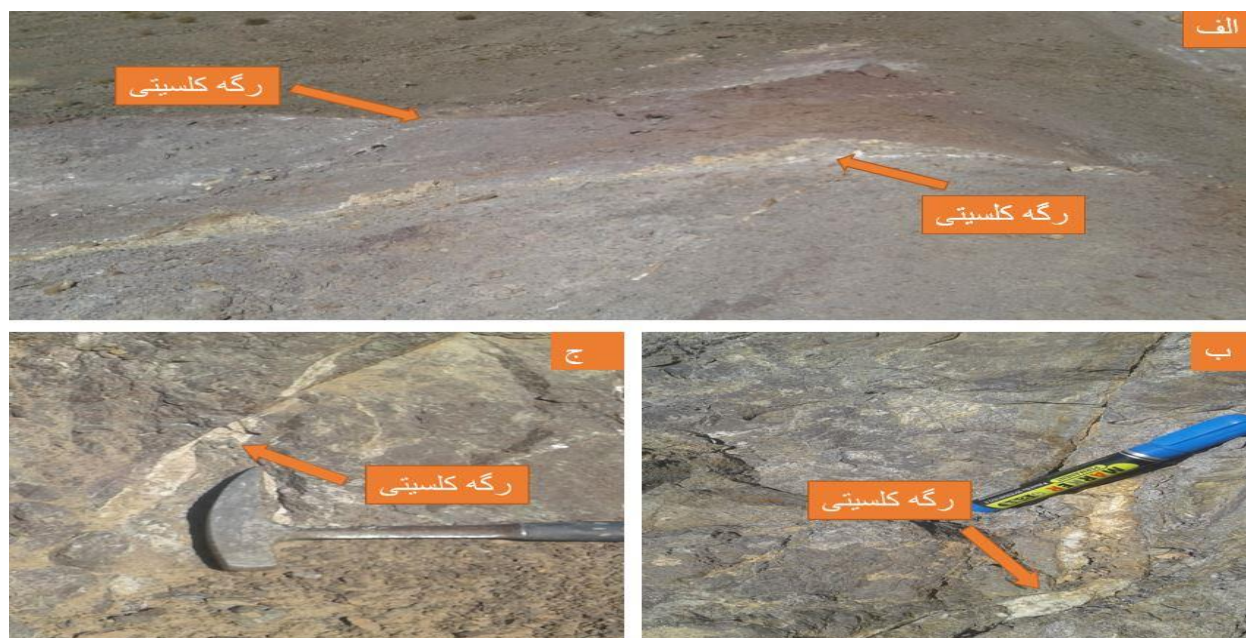


شکل ۵-۶- رگه سیلیسی به قطر ۳ سانتیمتر در محدوده ربیعی نیا

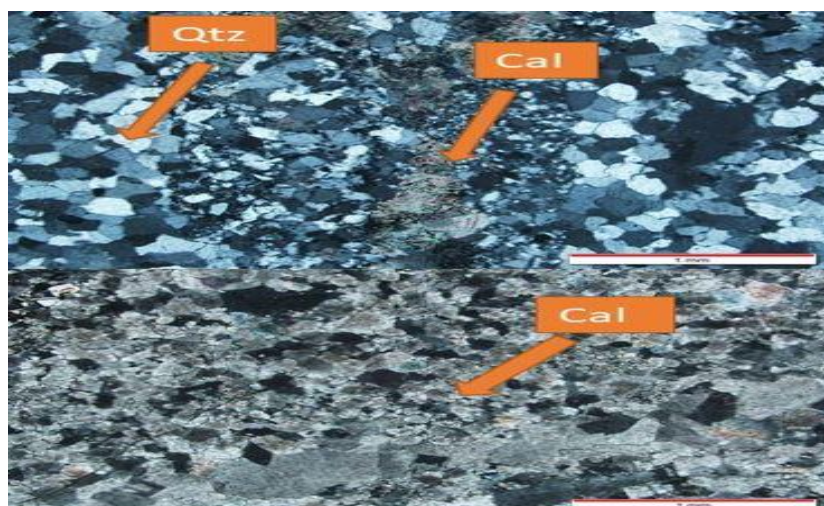
۵-۲-۴-۲- کلسیت CaCO_3

کربنات کلسیم یکی از مهم‌ترین کانی‌های باطله در کانسارهای گرمابی است. کلسیم در طی دگرسانی سنگ‌های مسیر از ساختمان کانی‌های کلسیم‌دار از جمله پلاژیوکلازها آزاد شده و در حضور یون بی‌کربنات (HCO_3)، تشکیل

کربنات کلسیم را می‌دهد. کلسیت یکی از فراوان‌ترین کانی‌های باطله کانسار مس ربیعی نیا است که به صورت رگه رگچه‌ای و پرکننده فضای خالی درزه‌ها و شکستگی‌ها شکل گرفته است. (شکل ۵-۷ الف و ب و ج و شکل ۵-۸).



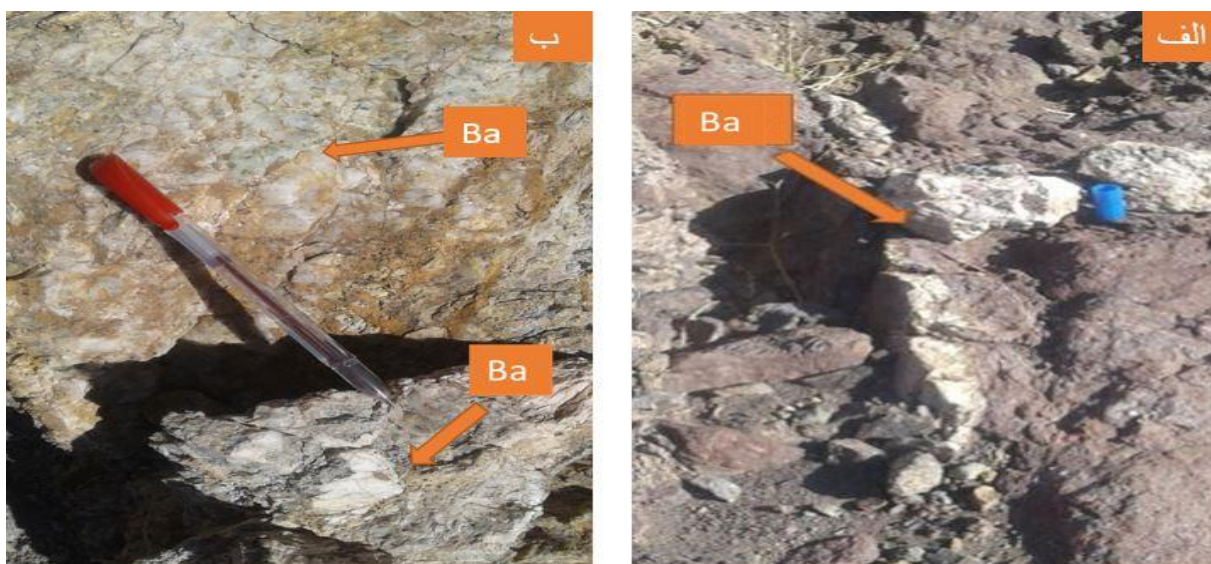
شکل ۵-۷- الف، ب و ج تصویر صحرایی از رگه‌های کلسیتی در محدوده ربیعی نیا



شکل ۵-۸- تصویر میکروسکوپی رگه کلسیتی در نور ppl و xpl در محدوده ربیعی نیا

۵-۲-۴-۳- باریت

کانی باریت یکی از کانی‌های باطله از گروه کانی‌های سولفات می‌باشد. باریت در منطقه ربیعی نیا در اثر پرشدگی حفرات و درزه‌ها و فضاها ی خالی به صورت رگه- رگچه‌ای و پرکننده فضاها ی خالی در آندزیت و آندزیت- بازالت مشاهده می‌شوند (شکل ۵-۸). به عقیده ی (Pirajno, 2009) باریت عمدتاً در محدوده دمایی پایین حضور دارد.



شکل ۵-۹- الف: تصویر نمونه دستی و صحرایی باریت بصورت پرشدگی حفرات و فضاها ی خالی و رگه- رگچه‌ای

۵-۳- ساخت و بافت کانی‌ها

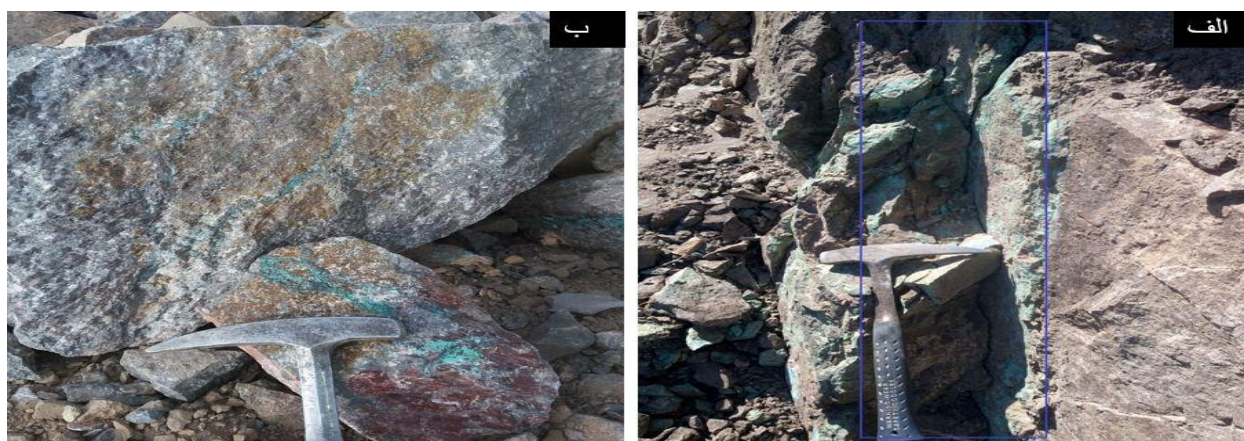
ساخت عبارتست از منظره کلی ای که یک ماده معدنی از خود نشان می‌دهد. مطالعه کردن ساخت و بافت اطلاعات مهمی در خصوص منشأ و تاریخچه رخدادها ی پس از تشکیل کانسارها در اختیار ما می‌گذارند (نجف‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). بافت به ویژگی هایی که در زیر میکروسکوپ یا نمونه‌های دستی مشاهده میکنیم، گفته می‌شود (شهاب‌پور، ۱۳۹۰). پس بررسی دقیق ویژگی‌های ساخت و بافت برای تعیین رابطه بین کانه‌ها و سنگ میزبان و الگوی کانه‌زایی در طول زمان از اهمیت زیادی دارد (کریم‌پور، ۱۳۸۱). براساس مشاهدات صحرایی و میکروسکوپی

و بررسی آن‌ها در منطقه مس ربیعی نیا از نوع رگه-رگچه‌ای بوده و انواع مختلف ساخت و بافت‌های کانسنگ قابل شناسایی است. در این قسمت به توصیف ساخت و بافت‌های موجود در کانسار مس ربیعی نیا می‌پردازیم.

۵-۳-۱- ساخت

۵-۳-۱-۱- ساخت رگه-رگچه‌ای

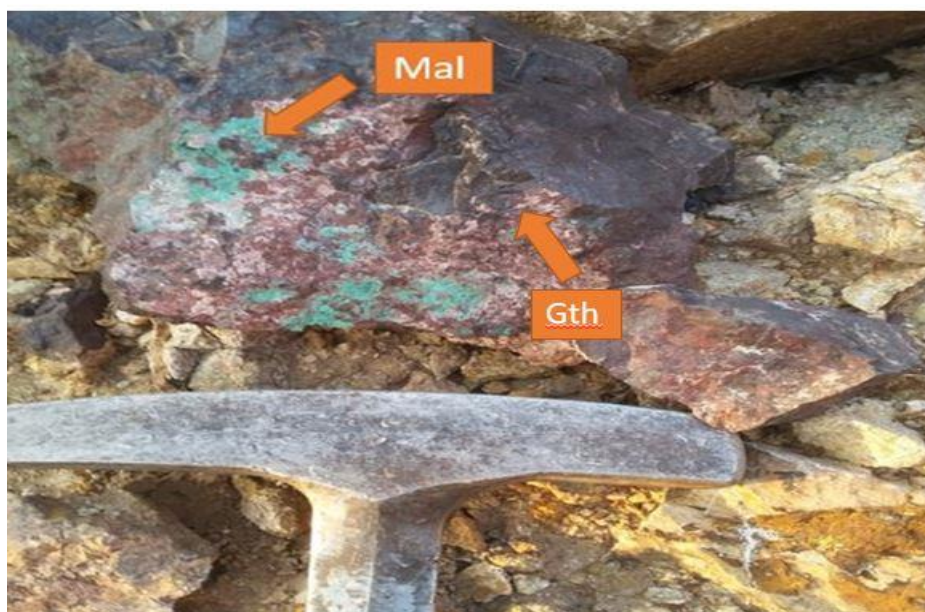
یکی از عمده ترین ساخت‌ها ساخت رگه‌ای و رگه-رگچه‌ای است که به عنوان یک ساخت غیرهمزاد بعد از تشکیل سنگ میزبان و کانی‌سازی در منطقه تشکیل شده است. پارامترهای کنترل‌کننده آن شامل سیستم‌های گسلی، درزه و شکستگی‌ها است. شکل این ذخایر، تابع گسل‌ها و شکستگی‌های منطقه است. سیال‌های کانه‌دار از طریق این گسل‌ها و شکستگی‌ها بالا آمده و در صورت وجود شرایط مناسب کانه‌زایی، کانی‌هایی مثل اکسید و هیدروکسیدهای آهن و کانی‌های کربناته و سیلیکاته مس در امتداد آنها شکل گرفته است (شکل ۵-۱۰) و حضور رگه-رگچه‌های مالاکیت و کریزوکولا نشان دهنده تحرک مس در منطقه است که تحت تأثیر محلول‌های گرمابی تشکیل شده‌اند.



شکل ۵-۱۰-الف- تصویر صحرایی از کانی‌سازی مالاکیت در امتداد شکستگی‌ها و نمایش ساخت رگه-رگچه‌ای در کانسار مس ربیعی نیا ب: تصویر نمونه دستی از درزه‌ها و شکستگی‌ها که توسط مالاکیت و لیمونیت پر شده و نشان دهنده ساخت رگه-رگچه‌ای در کانسار مس ربیعی نیا می‌باشد.

۵-۳-۱-۲- ساخت پرکننده فضاهای خالی

این نوع ساخت یکی از متداول‌ترین ساخت‌ها در اعماق کم و سطحی است. زیرا در این مناطق سنگ‌ها اغلب شکسته‌اند. محلول‌های گرمابی کانه‌دار هنگام عبور از گسل‌ها، درزه‌ها، شکاف‌ها و حفرات با فضاهای بین سنگ‌ها، مواد خود را برجای گذاشته و بافت پرکننده فضای خالی ایجاد کرده است (کریگ و همکاران، ۱۹۸۱). (شکل ۵-۱۱).

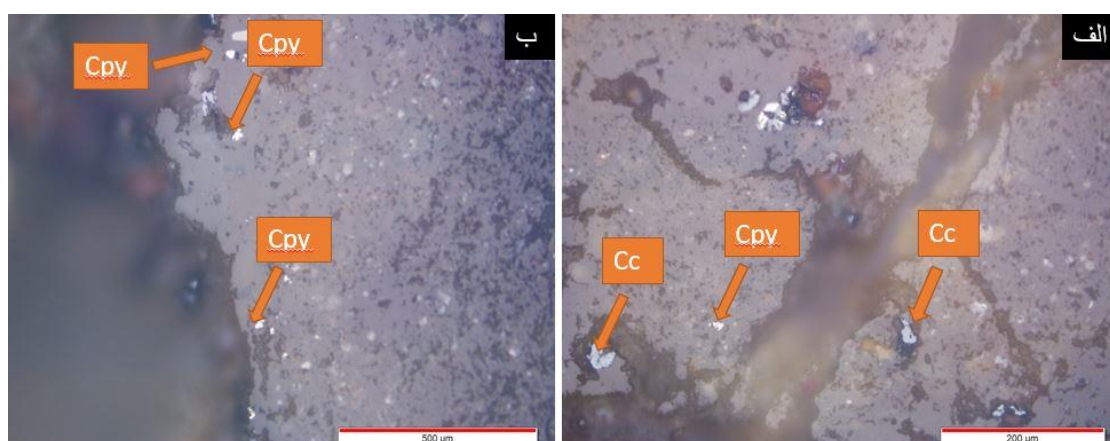


شکل ۵-۱۱- نمایی از کانی مالاکیت و گوتیت که بصورت حفره‌پرکن در میزبان آندزیتی کانسار مس ربیعی نیا قابل مشاهده است.

۵-۳-۲- بافت

۵-۳-۱- بافت دانه پراکنده

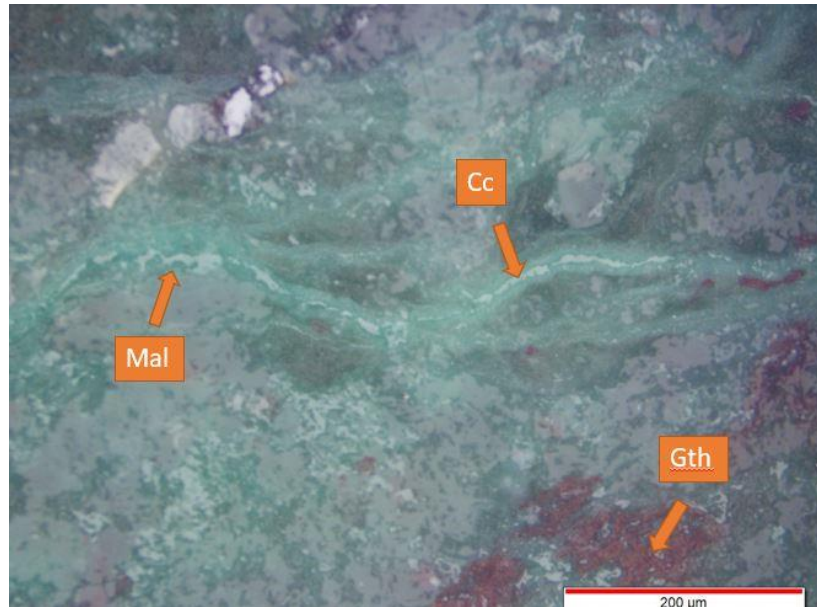
این بافت، یکی از بافت‌های مهمی است که اطلاعات زیادی در اختیار می‌گذارد. این بافت در بخش‌هایی از کانسنگ که فراوانی سولفیدها کم است مشاهده می‌شود. این بافت در سنگ میزبان و در داخل مواد معدنی در حین رسوبگذاری و یا دیاژنز همراه با دیگر کانی‌های تشکیل دهنده سنگ است (شکل ۵-۱۲).



شکل ۵-۱۲- تصویر میکروسکوپی از کانی کالکوسیت، کالکوپیریت که به ترتیب بافت دانه پراکنده و پرکننده حفرات را نشان می‌دهند.

۵-۳-۲- بافت رگه-رگچه‌ای

اصلی‌ترین بافت‌های مشاهده در منطقه معدنی بافت رگه-رگچه‌ای است و در اثر حرکت سیال در درز و شکستگی‌ها شکل گرفته است. یکی از ویژگی‌های آن، جوانتر شدن کانی‌سازی‌ها از حاشیه به سمت مرکز می‌باشد. (شکل ۵-۱۳).



شکل ۵-۱۳- تصویر میکروسکوپی مقطع صیقلی کانی مالاکیت بصورت بافت رگه -رگچه‌ای به همراه کانی گوتیت و کالکوسیت در کانسار مس ربیعی نیا

۵-۳-۲-۳- بافت پرکننده فضاهای خالی

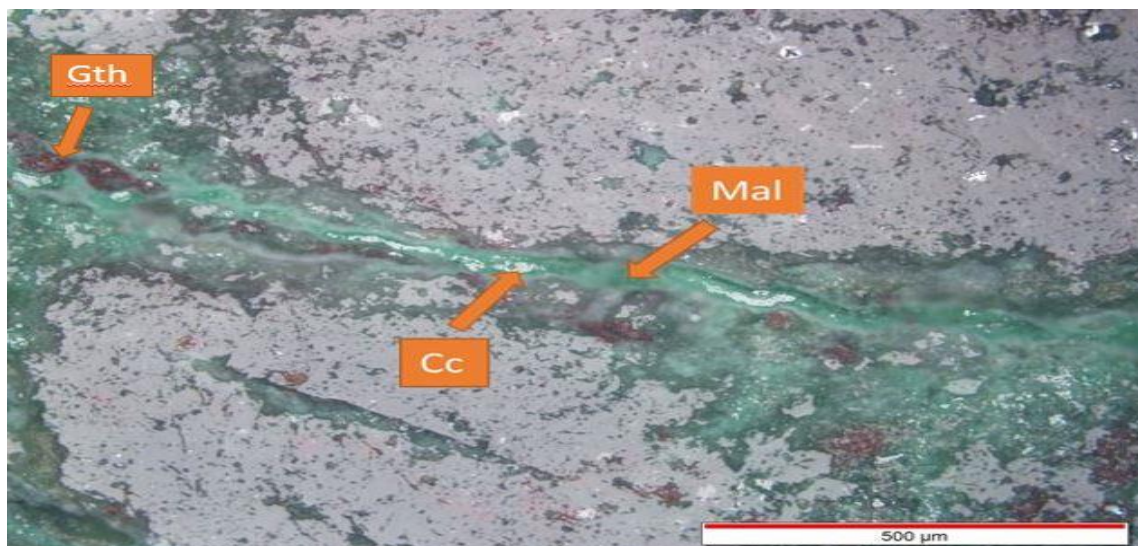
یکی از متداول‌ترین بافت‌ها، بافت پرکننده فضاهای خالی در محدوده ربیعی نیا است و این بخاطر وجود شکستگی زیادی است که در سنگ‌ها وجود دارد. حفرات و شکستگی‌ها در این مناطق به دلیل فشاری که از سنگ‌های دربرگیرنده وارد می‌شود، گسترش بیشتری پیدا کرده است پس سیالات کانه‌دار گردش آزادتری دارند و هنگام عبور از گسل‌ها و شکستگی‌ها و یا فضاهای خالی، مواد همراه خود را تهنشست می‌کنند. این کانی‌ها در شکاف‌ها و فضاهای خالی از دیواره شکاف شروع به رشد می‌کنند و به سمت مرکز آن ادامه می‌یابد. پس کانی‌های تشکیل شده در دو طرف، قدیمی‌تر و کانی‌های تشکیل شده در مرکز آن جدیدتر اند. کانی‌هایی مثل کالکوسیت، مالاکیت، اکسید و هیدروکسیدهای آهن این بافت را به وضوح نشان می‌دهند (شکل ۵-۱۴).



شکل ۵-۱۴- الف: تصویر میکروسکوپی از کانی مالاکیت (بافت رگه-رگچه‌ای)، گوتیت و مگنتیت (بافت پرکننده حفرات). ب: کانی کالکوسیت که نشان دهنده بافت پرکننده فضای خالی می‌باشد.

۵-۳-۲-۴- بافت جانشینی

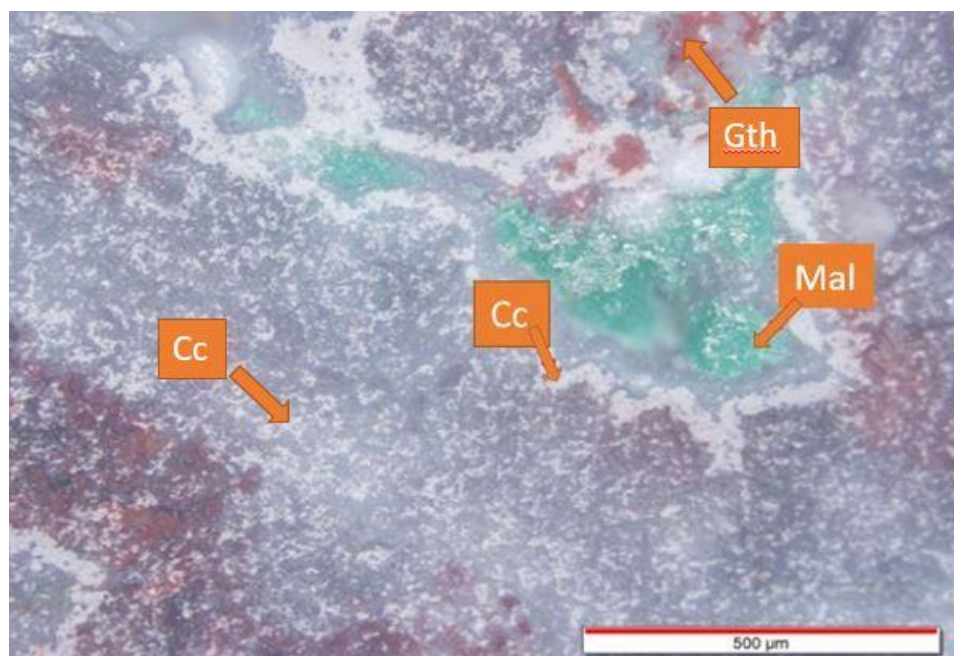
بافت جانشینی در اثر واکنش‌های دگرسانی و هوازدگی، رخ می‌دهد و شکستگی‌ها، رخ‌ها و حاشیه ذرات و مرز بین دانه‌ها از مکان‌های مناسب برای شروع این فرایند به شمار می‌آیند همچنین در اثر فرآیندهایی مثل: انحلال و رسوبگذاری مجدد، اکسیداسیون و انتشار در حالت جامد این بافت ممکن است رخ دهد (شکل ۵-۱۵).



شکل ۵-۱۵- تصویر میکروسکوپی که در آن جانشینی کالکوسیت توسط مالاکیت به خوبی قابل مشاهده است.

۵-۳-۲-۵- بافت کلوفرمی

بافت کلوفرمی در قسمت سطحی کانسار مس ربیعی نیا که در آن بر اثر اکسیداسیون کانی‌های پیریت و کالکوپیریت به گوتیت تبدیل شده‌اند دیده می‌شود. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود کانی‌های هماتیت که در حاشیه‌ها تبدیل به گوتیت شده است و مالاکیت، کالکوسیت بافت منطقه‌بندی کلوفرمی را نشان می‌دهد (شکل ۵-۱۶).



شکل ۵-۱۶- بافت کلوفرمی در کالکوسیت‌های منطقه مورد مطالعه به همراه گوتیت

۵-۴- پاراژنز و توالی پاراژنتیک کانی‌ها

این توالی نشان‌دهنده ترتیب زمانی نهشته شدن کانی‌ها در شرایط یکسان و از یک منشأ در یک کانسار است. مطالعه کانی‌شناسی و پاراژنز کانی‌ها اطلاعات خوبی در مورد ویژگی‌های محیط تشکیل کانسار و تقدم و تاخر ته‌نشینی کانی‌ها در یک کانسار را نشان می‌دهد. همچنین برای تعیین توالی پاراژنتیک می‌توانیم از شواهد بافتی و ساختی استفاده کنیم. پارامترهایی مثل تفاوت در شکل، اندازه و ترتیب زمانی رشد کانی‌ها نشان‌دهنده چند

مرحله‌ای بودن سیال گرمابی در کانه‌زایی است. مرحله اول هیپوژن: عبور سیالات گرم کانه‌دار در طول شکستگی‌ها و ته‌نشینی کانی‌هایی مثل کالکو پیریت. مرحله دوم سوپرژن و هوازدگی: عبور سیالات سرد جوی و تشکیل کانی‌های ثانویه مثل کالکوسیت، کوولیت، مالاکیت و اکسید و هیدروکسیدهای آهن. در توالی پاراژنز اولین کانی تشکیل شده توسط محلول‌های گرمابی در برخورد با کانی‌های مافیک کالکوپیریت است می‌باشد. در این مرحله، رگه-رگچه‌های سیلیسی و کربناتی نیز تشکیل می‌شوند. طی فرآیندهای سطحی از هوازدگی و سوپرژن در منطقه اغلب کانه‌زایی مس به صورت کربنات است. فرآیندهای سوپرژن در منطقه معدنی را می‌توان در دو مرحله سولفیدی و اکسیدی مورد بررسی قرار می‌دهیم. در شرایط احیایی، برخورد سیالات جوی با کالکوپیریت سبب تشکیل سولفیدهای ثانویه مس مثل کالکوسیت و کوولیت می‌شود. کوولیت معمولاً پس از تشکیل کالکوسیت، تشکیل می‌شود. انحلال کالکو پیریت در شرایط اکسیدان در سیال جوی باعث ایجاد سیال اسیدی و گسترش زون اکسیدان در منطقه دارد و انحلال بیشتر کالکوپیریت و باعث تشکیل کانی‌هایی مثل مالاکیت و کریزوکولا به همراه اکسید و هیدروکسیدهای آهن در درون درزه و شکاف‌های سنگ میزبان می‌شود. با توجه به مطالعه کانی‌ها و فرایندهای شکل‌گیری آن‌ها محتمل‌ترین توالی پاراژنتیک کانی‌ها از نظر زمانی، بافت و ساخت توالی پاراژنتیک در (جدول ۵-۱) ارائه شده است.

جدول ۵-۱ توالی پاراژنتیک در کانسار مس ربیعی نیا

کانی ها و بافت ها	پیش گانه زایی	کانی سازی		
		هیپوژن	سوپرژن	
			احیایی	اکسیدان
کالکوپیریت		████		
مگنتیت		████		
کالکوسیت		████	████	
کوولیت			████	
هماتیت		-----		████
گونیت				████
لیمونیت				████
مالاکیت				████
کواتز		████	████	
کلسیت		-----	-----	-----
باریت		████		
کلریت		████		
سرسیت		████		
دانه پراکنده	████	████		
رگه رگچه ای		████	████	████
پرکننده		████	████	████
فضاهای خالی			████	████
جانشینی				████
کلوفرمی				████

فصل ششم

نوشته‌ی

۶-۱- مقدمه

با بررسی ژئوشیمی سنگ‌ها، می‌توان استانداردهای ژئوشیمیایی مشخصی را برای تشخیص توده‌های مولد و عقیم به‌دست آورد. اگر هر سنگ را به عنوان یک سامانه شیمیایی در نظر بگیریم، در آن تغییرات شیمیایی توسط عوامل مختلفی رخ می‌دهند. که این تغییرات باعث تشکیل نهایی یک سامانه جدید و پایدار می‌شوند (بهرامی، 1382). نشان دادن چگونگی استفاده از داده‌های ژئوشیمیایی برای تشخیص فرآیندهای زمین‌شناختی یکی از هدف‌های اصلی این فصل است. و برای شناخت تأثیرات شیمیایی این فرآیندها و فرآیندهای مؤثر در تغییر و تحول ماگما و ماگمای مولد آن، پراکندگی عناصر در واحدهای سنگی منطقه و ارتباط این عناصر با یکدیگر، مطالعات ژئوشیمیایی بر روی آن‌ها انجام می‌دهیم.

۶-۲- زمین‌شیمی مس

مس یکی از فلزات پایه با عدد کلارک 55 ppm و در جایگاه ۲۴ از لحاظ فراوانی در پوسته زمین است. این عنصر در کنار عناصری مانند Co، Ti، V، Mn، Ni، Fe، Cr و Zn و در گروه یازدهم به همراه نقره و طلا در گروه ۱۱ جدول تناوبی قرار دارند. همه این عناصرها پس از یک لایه الکترونی d دارای یک الکترون در اوربیتال s اند. این عناصرها همگی دارای خواص چکش‌خواری و رسانایی الکتریکی بالا هستند. لایه الکترونی d که پر از الکترون است چندان در واکنش‌های میان اتمی وارد نمی‌شود بلکه پیوند فلزی از طریق الکترون اوربیتال s صورت می‌گیرد. برخلاف فلزهایی که دارای لایه d نیمه پر هستند، پیوند فلزی در مس دارای ویژگی‌های پیوند کووالانسی نیست و نسبتاً ضعیف است. این عنصر دارای عدد جرمی ۶۳/۵۴، عدد اتمی 29، حالت اکسیداسیونی (+۱ و +۲) می‌باشد. مس علاوه بر تعداد زیادی رادیوایزوتوپ مثل ^{64}Cu ، دو ایزوتوپ پایدار ^{65}Cu و ^{63}Cu را داراست. تعداد بسیار زیادی از این رادیوایزوتوپ‌ها دارای نیمه عمرهایی به مقیاس دقیقه یا کمتر دارند، طولانی‌ترین نیمه عمر

متعلق به ^{64}Cu است که مدت آن ۱۲/۷ ساعت، با دو حالت فرسایشی که منجر به محصولات جداگانه می‌شود. عنصر مس در حالت یک ظرفیتی به عناصر قیمتی مانند Au و Ag و در حالت دو ظرفیتی به دیگر سری‌های اول عناصر واسطه (Fe و Co, Ni) شباهت دارد. کانی‌های پلاژیوکلاز، پیروکسن، آمفیبول و همچنین بیوتیت در سنگ‌های نفوذی به‌عنوان کانی‌های حامل و تمرکز دهنده عنصر مس شناخته شده‌اند (Agangi and Reddy, 2016). Cu^{2+} به‌دلیل داشتن تشابه یونی ($0/27 \text{ A}^0$) با یون‌های Fe^{2+} ($0/82 \text{ A}^0$) و Mn^{2+} ($0/91 \text{ A}^0$)، موقعیت‌های مشابهی را در شبکه بلوری این کانی‌ها اشغال می‌نماید. مس یک عنصر کالکوفیل است و باعث می‌شود با پیشرفت فرآیند تفریق در کانی‌های سیلیکاتی، تا زمانی که فاز مایع از سولفور اشباع شود، افزایش می‌یابد از این‌رو کانی‌های سولفیدی و بیشتر کالکوپیریت، بورنیت و کالکوسیت که اغلب همراه پیریت می‌باشند، را تشکیل می‌دهد. به‌علت تشکیل یک محلول سولفیدی غیرقابل امتزاج با ماگمای مادر، بخش عمده مس از مذاب سیلیکاتی جدا می‌شود و کانی‌های تشکیل شده مقدار مس پایین‌تری را نشان می‌دهند. مس به راحتی وارد ساختمان این کانی‌ها نمی‌شود، زیرا سبب به‌هم ریختگی شدید در شبکه بلوری و ناپایداری انرژی می‌گردد (طائفی، 1393). برطبق (شکل ۶-۱). مس از پهنه اکسیدان توسط آب‌های فرورو حمل و در زیر سطح آب‌های زیرزمینی به‌دلیل افزایش pH و کاهش Eh به‌صورت سولفید یا مس طبیعی برجای گذاشته می‌شود. غنی‌شدگی مس تحت تأثیر برونزاد را می‌توان در دو پهنه اکسیدان فوقانی و غنی‌شده مورد بررسی قرار داد. در پهنه اکسیدان فوقانی مقادیر بالای گوئیت و کانی‌های مس اکسیدی مانند مالاکیت تحت شرایط آب و هوایی بسیار خشک تشکیل می‌شوند. در پهنه غنی‌شده مس، کالکوسیت مهم‌ترین کانی گزارش شده است. همچنین مقداری کوولیت در بالای کالکوسیت و در مرز بین شرایط اکسیداسیون و احیا یافت می‌شود (ناهیدی‌فر، 1393). اکثر کانسارهای مس حاوی نقره هستند که تغییرات Eh - pH و لیگاندهای کلریدی، رفتار مس و نقره را در دماهای پایین کنترل می‌کنند. یک استثنای مهم، نوار مس آفریقای مرکزی است که به جای نقره حاوی کبالت است.

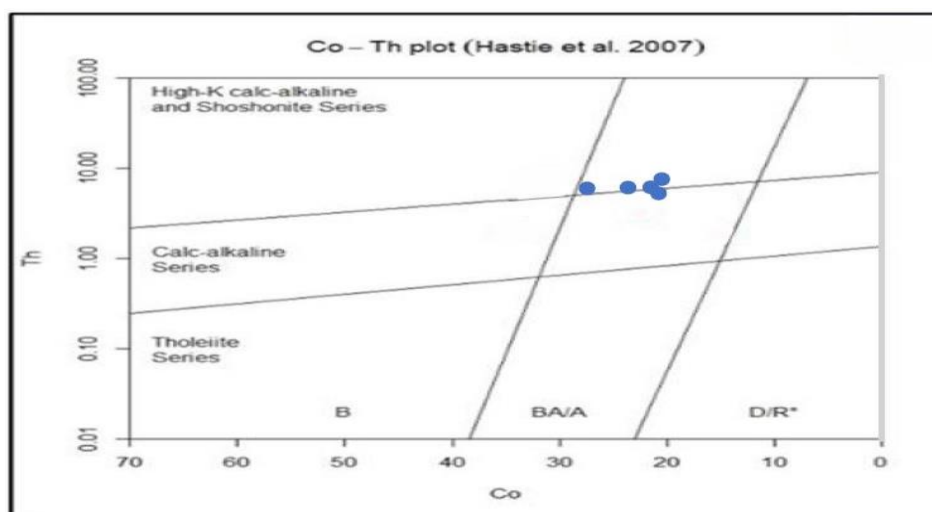
۶-۳- نمونه برداری و آنالیز نمونه‌ها

برای شناخت عناصر اصلی سنگ میزبان درک صحیح چگونگی رخداد فرایندهای مختلف کانه‌زایی در کانسار مس ربیعی نیا، لزوم شناخت دقیق‌تر سنگ‌های آذرین، بررسی ویژگی‌های ژئوشیمیایی سنگ میزبان، طی چند مرحله بازدید صحرایی پنج نمونه آنالیز شیمیایی به روش فلورسانس اشعه ایکس (XRF) و پنج نمونه آنالیز شیمیایی به روش (ICP-MS) و هفت نمونه آنالیز شیمیایی به روش (XRD) توسط آزمایشگاه تحقیقاتی زرا‌ما انجام گرفت.

۶-۴- ژئوشیمی سنگ میزبان

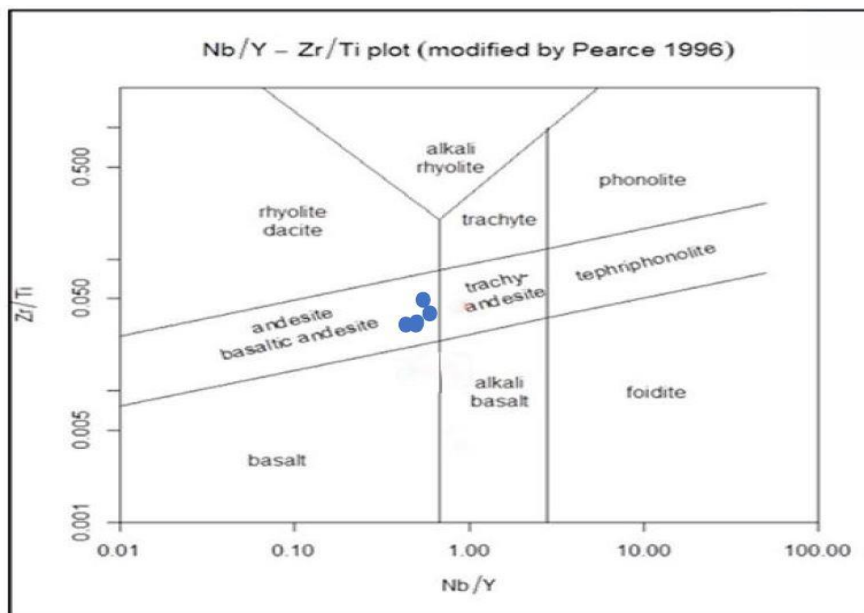
۶-۴-۱- نامگذاری و طبقه بندی ژئوشیمیایی سنگ‌های میزبان

یکی از مفیدترین روش‌های طبقه بندی شیمیایی برای سنگ‌های آتشفشانی و آذرآوری، نمودارهای Hastie et,2007 است چون نمونه‌های ما همه دگرسان شده هستند. براساس نمودار Th در مقابل Co (Hastie Co et,2007) نمونه‌های سنگ‌های میزبان منطقه مس ربیعی نیا با ماهیت کالک‌آلکالن پتاسیم بالا و شوشونیتی قرار گرفته‌اند (شکل ۶-۱).



شکل ۶-۱- موقعیت نمونه‌های سنگی ربیعی نیا بر روی نمودار Hastie et, (2007) در محدوده آندزیت - بازالت و آندزیت قرار می‌گیرند.

همچنین نمونه‌های مربوط به سنگ‌های میزبان مس ربیعی نیا در نمودار (modified by Pearce (1996) در محدوده آندزیت بازالتی و آندزیت قرار می‌گیرند (شکل ۶-۲).



شکل ۶-۲: موقعیت نمونه‌های سنگی ربیعی نیا بر روی نمودار (modified by Pearce (1996) در محدوده آندزیت - بازالت و آندزیت قرار می‌گیرند.

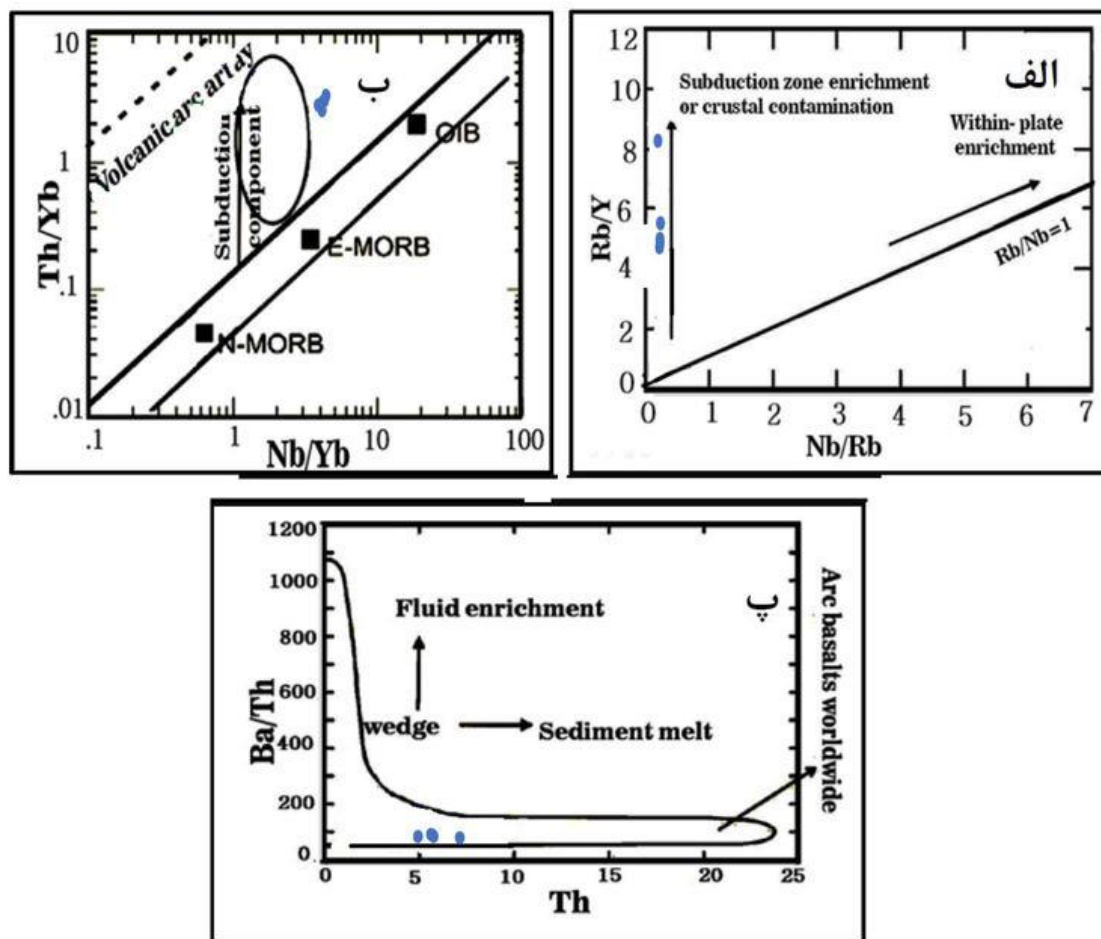
۶-۴-۲- تعیین سری ماگمایی سنگ‌های میزبان کانسار

در مطالعات زمین‌شنای اقتصادی تعیین سری ماگمایی، کمک شایانی جهت مقایسه تیپ کانسارها با یکدیگر و در نهایت منشا کانی‌سازی می‌نماید. براساس نمودار Th در مقابل Co (Hastie et, 2007)، نمونه‌های سنگ‌های میزبان منطقه مس ربیعی نیا با ماهیت کالک‌آلکان پتاسیم بالا و شوشونیتی قرار گرفته‌اند (شکل ۶-۱).

۶-۴-۳- عوامل کنترل کننده ماگماتیسم در مناطق مورد مطالعه

از عوامل کنترل کننده ماگماتیسم در کمان‌های ماگمایی می‌توان به گوه گوشته‌ای، لیتوسفر اقیانوسی فرورونده، رسوبات فرورونده، ضخامت پوسته و شیب لیتوسفر فرورونده اشاره کرد. در این بخش به توصیف برخی از این

عوامل احتمالی کنترل کننده ماگماتیسم در منطقه مورد مطالعه می پردازیم. برای تشخیص غنی شدگی به وسیله سیالات در زون فرورانش یا آلودگی پوسته‌ای از نمودار $\text{Nb/Rb} - \text{Rb/Y}$ (Temel *et al.* 1998) ، استفاده شد. بر اساس این نمودار ماگمای سازنده سنگ‌ها از ذوب بخشی گوه گوشته‌ای غنی شده واقع در بالای ورقه اقیانوسی فرورونده که تا حدودی متحمل آرایش پوسته‌ای شده است، نشأت گرفته‌اند (شکل ۳-۶ الف). برای تعیین تحولات ژنتیکی از نمودار Nb/Yb در برابر Th/Y (Leat *et al.*, 2004) استفاده شده است. در این نمودار Yb به عنوان یک فاکتور به‌هنگارکننده برای Nb و Th عمل می‌کند. Nb دارای ضرایب جدایش مشابه در بلورومذاب هستند (Leat *et al.*, 2004) و Th در زون‌های فرورانش به ماگما اضافه می‌شود اما مقدار Nb در ماگما کاهش می‌یابد. جهت فلش در این نمودار غنی شدگی در اثر سیالات مشتق شده از لیتوسفر فرورونده در زون‌های فرورانش را نشان می‌دهد (شکل ۳ - ۶ ب). یکی دیگر از فاکتورهای مؤثر در تعیین ژنز سنگ‌های منطقه، رسوبات فرورانده شده هستند. از آنجایی که Th در تعیین نقش رسوبات فرورانده در سیستم کمان‌های ماگمایی مرتبط با فرورانش، از اهمیت به سزایی برخوردار است، برای تعیین نقش رسوبات فرورانده شده از نمودار Ba/Th در مقابل Th (Hawkesworth *et al.*, 1997) ، استفاده شد. نمونه‌های منطقه مورد مطالعه میزان نسبتاً بالایی Th و نسبت پایینی از Ba/Th را نشان می‌دهند که احتمالاً ناشی از نقش رسوبات فرورانده در تشکیل ماگمای مادر این سنگ‌ها است (شکل ۳ - ۶ پ).



شکل ۶-۳ - الف موقعیت سنگ‌های محدوده ربیعی نیا در نمودار Rb/Y در برابر Nb/Rb. ب- نمودار Th/Yb در برابر

پ- تعیین نقش رسوبات فراونده با استفاده از نمودار Ba/Th در برابر Th (Nb/Yb).

۶-۵- عناصر نادر و نادر خاکی در سنگ‌های آذرین میزبان کانسار مس ربیعی نیا

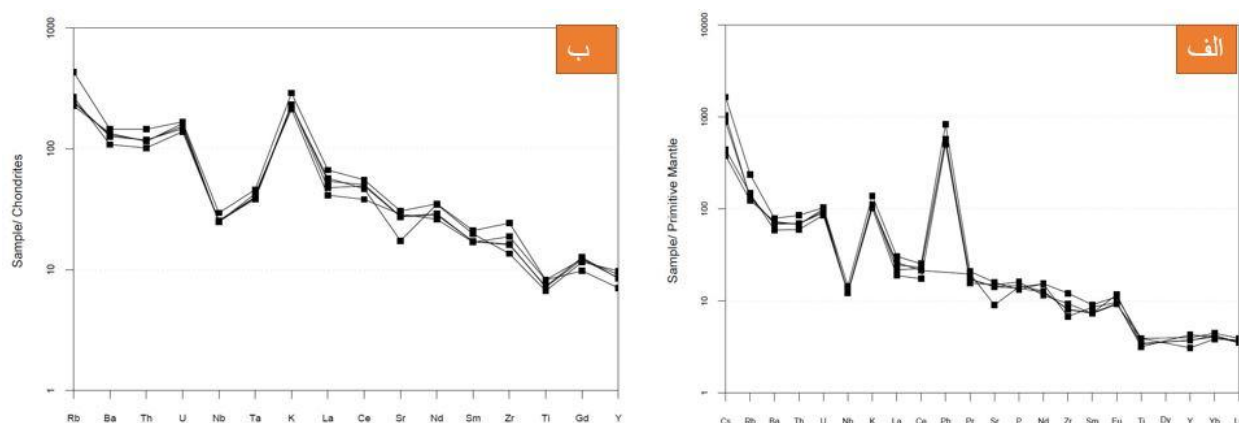
عناصر کمیاب خاکی قابلیت تحرک پایینی در طی فرآیندهای هوازدگی، دگرگونی درجه پایین و دگرسانی گرمایی دارند. پس کاربرد فراوانی در تعیین منشا کانسارهای آذرین، دگرگونی، رسوبی دارند (رولینسون، ۲۰۱۴). برای مطالعه تغییرات عناصر نادر خاکی در منطقه، تعداد ۵ نمونه از سنگ درونگیر و کانسنگ ماده معدنی به روش

ICP-MS که به ترتیب نسبت به کندریت و گوشته اولیه بهنجار شده‌اند، استفاده گردید. در زیر توضیح مختصری از آن داده می‌شود.

۶-۵-۱-الگوی پراکندگی عناصر کمیاب خاکی در سنگ‌های میزبان و کانسنگ ماده معدنی

الگوی پراکندگی عناصر کمیاب خاکی برای تفسیر تاریخچه تشکیل و ژنز کانسارها کاربرد زیادی دارد. کانسارهایی که با سامانه‌های گرمایی تشکیل شده‌اند دارای ترکیباتی از عناصر کمیاب بوده، که نشان دهنده شرایط حمل و ته‌نشینی توسط محلول‌های گرمایی هستند. ویژگی‌های چنین عناصر نادر شامل کاتیون‌های غیر متحرک و با قدرت میدان بالا (Ta, Nb, REE and Zr)، کاتیون‌های غیر متحرک (Ni, V and Ti)، مقادیر نسبتاً بالا از عناصر آلکالین (Cu, K, Rb and Na) و عناصری که به آسانی قابل حمل هستند (Pb, Ca, Mn and Mg)، Cu, Si, Zn هستند (نسلاند و همکاران، ۲۰۰۰). طبق نمودار عنکبوتی (شکل ۶-۴)، تهی‌شدگی عناصر با پتانسیل یونی بالا مانند Ti و Nb و آنومالی مثبت Pb، U یک جایگاه کمان قاره‌ای مربوط به فروانش را مشخص می‌کند (ویلنسون، ۱۹۸۹) (جیونکاد و همکاران، ۲۰۰۳). در نمودارهای بهنجار شده (ناکامورا، ۱۹۷۴؛ مک دونوف و همکاران، ۱۹۹۵) الگوی توزیع عناصر نادر خاکی در سنگ‌های آتشفشانی محدوده ربیعی نیا، از LREE ها به سوی HREE ها با شیب ملایم در حال کاهش است. غنی‌شدگی عناصر LREE و تهی‌شدگی عناصر نادر خاکی سنگین HREE، آنومالی مثبت Pb و تهی‌شدگی عناصر Ti و Nb (شکل ۶-۴ الف و ب) نیز شاخص ماگماتیسم محیط‌های فروانش و از ویژگی‌های ماگماهای قوسی است (ویلنسون، ۱۹۸۹). آنومالی منفی عناصر Ti و Nb در نمودار عنکبوتی همراه با یک غنی‌شدگی مشخص از عنصر Pb از ویژگی‌های مهم سنگ‌های ماگمایی مرتبط با کمان‌های آتشفشانی است که در اثر عملکرد سیالات ناشی از فروانش به وجود می‌آیند (رولینسون، ۲۰۱۴). شاخص‌های تهی‌شدگی، Nb و Ti عبارتند از: الف) شاخص ماگماتیسم مرتبط با فروانش (ساجونا و همکاران، ۱۹۹۶؛ ویلسون، ۲۰۰۷؛ کاسکو و گنلی، ۲۰۰۸). ب) مشخصه سنگ‌های پوسته قاره‌ای و شرکت پوسته در فرآیندهای ماگمایی (رولینسون، ۱۹۹۳) و پ) کمبود در منبع، ج) غیرمتحرک بودن عناصر موجود در منبع.

پایداری فازهای حاوی این عناصر در طی ذوب بخشی و یا جدایش آنها طی فرایند تفریق باشد (وود و همکاران، ۲۰۰۳). در منطقه ربیعی نیا علت این تهی‌شدگی غیرمتحرک بودن عناصر موجود در منبع و آلودگی پوسته‌ای می‌باشد. به طور کلی، غنی‌شدگی از عناصر نادر خاکی سبک را می‌توان به دو عامل درجه ذوب بخشی پایین منبع گوشته‌ای غنی‌شده و آلایش ماگمایی توسط مواد پوسته‌ای نسبت داد (سریواستاو و سین، ۲۰۰۴).



شکل ۶-۴- نمودارهای عنکبوتی عناصر جزئی و کمیاب بهنجار شده الف: نسبت به گوشته اولیه ب: نسبت به کندریت (Sun et al, 1980; McDonough and Sun, 1989).

۶-۶- ژئوشیمی کانسنگ

ژئوشیمی کانسنگ نقش مهمی در تعیین بی‌هنجاری‌های وابسته به کانسارهای دارای بیرون‌زدگی و فاقد بیرون‌زدگی دارند (رابرت، ۲۰۰۷). از بین ۳۰ فلز واسطه، فقط Co ، Mn ، Fe ، Cu ، Zn ، Mo ، Au و Ag عموماً ذخایر گرمایی بزرگی را تشکیل می‌دهند (بریم هال و کرار، ۱۹۸۷). در این بخش، برای مطالعات ژئوشیمی کانسارهای مورد مطالعه به بررسی چگونگی پراکندگی عناصر و ارتباط و همبستگی عناصر در هر یک از کانسارها می‌پردازیم.

۶-۶-۱- ضریب همبستگی

ضریب همبستگی پیرسون یا ضریب همبستگی حاصل ضرب-گشتاور پیرسون، میزان همبستگی خطی بین دو متغیر تصادفی را می‌سنجد. مقدار این ضریب بین ۱- تا ۱ تغییر می‌کند که ۱ به معنای همبستگی مثبت کامل، صفر (۰) به معنی نبود همبستگی و ۱- به معنی همبستگی منفی کامل است. همبستگی مثبت بیشتر از ۰/۵+ نشان دهنده خروج یا ورود همزمان دو عنصر از یک محیط و یا معرف منشأ یکسان دو عنصر است. همبستگی بیشتر از ۰/۵- نشان دهنده ارتباط معکوس این دو عنصر با یکدیگر است. به این معنی که ورود یک عنصر به محیط، همزمان با خروج دیگری صورت می‌پذیرد و یا دو عنصر از دو منبع جدا از یکدیگر مشتق می‌شوند. اعداد ۰/۵+ تا صفر و ۰/۵- تا صفر نشان از همبستگی‌های ضعیف و عدم همبستگی بین دو زوج از عناصر دارد. مطالعه توزیع و پراکندگی و محاسبه ضرایب همبستگی عناصر در نمونه‌های مورد مطالعه، با استفاده از نرم‌افزار Portable IBM SPSS Statistics صورت گرفت که در زیر شرح داده می‌شود:

ضریب همبستگی پیرسون (Pearson) بین عناصر فلزات پایه و برخی عناصر دیگر در کانسار مس ربیعی نیا، در جدول (۶-۱) نشان داده شده است. همبستگی عناصر مس، سرب، روی، نقره، آهن با یکدیگر و با سایر عناصر به شرح زیر ارائه می‌شود:

مس: همبستگی مثبت با آهن ($r=0/472$)، سرب ($r=0/508$)، نیکل ($r=0/467$)، روی ($r=0/887^*$)، استرانسیم ($r=0/226$)، آلومینیوم ($r=0/687$)، نقره ($r=0/683$)، آرسنیک ($r=0/864$) و همبستگی منفی با منگنز ($r=-0/518$)، مولیبدن ($r=-0/033$)، نیوبیوم ($r=-0/276$)، کروم ($r=-0/744$) و وگورد ($r=-0/471$) دارد.

سرب: همبستگی مثبت بسیار بالایی با عناصر آلومینیوم ($r=0/969^{**}$)، نقره ($r=0/974^{**}$) نشان می‌دهد. همچنین این عنصر با عناصر آرسنیک، مس، مولیبدن و نیوبیم همبستگی مثبت و با عناصر کروم، منگنز و نیکل همبستگی منفی دارد.

روی: همبستگی مثبت بالایی با مس ($r=0/887$) و تا حدودی همبستگی منفی با کروم، منگنز، مولیبدن، نیوبیم

و گوگرد نشان می‌دهد.

نقره: همبستگی منفی نسبتاً بالایی با کروم ($r = -.959^{**}$) نشان می‌دهد. همچنین رابطه این عنصر در نمونه‌های مورد مطالعه با عناصر منگنز و نیکل منفی است. نقره همبستگی مثبت با آرسنیک، مولیبدن، مس، آهن، نیوبیم، گوگرد، روی و استرانسیم دارد. نقره با سرب در نمونه‌های مورد مطالعه ($r = .974^{**}$) همبستگی نسبتاً خوبی را نشان می‌دهد.

آهن: همبستگی مثبت بالایی با آلومینیوم، نقره، سرب و استرانسیم دارد. همچنین همبستگی مثبتی با آرسنیک، مس، مولیبدن، نیوبیم، گوگرد، روی و استرانسیم دارد و همچنین همبستگی منفی نسبتاً بالایی با منگنز ($r = -.981^{**}$) و همبستگی منفی با نیکل و کروم دارد.

جدول ۶-۱- ضریب همبستگی پیرسون (Pearson) بین عناصر فلزات پایه و برخی عناصر دیگر در کانسار مس ربیعی نیا.

Al	1														
Ag	.993 ^{**}	1													
As	0/808	0/781	1												
Cr	-.956 [*]	-.959 ^{**}	-.902 [*]	1											
Cu	0/687	0/683	0/864	-0/744	1										
Fe	.919 [*]	.880 [*]	0/767	-.879 [*]	0/472	1									
Mn	-.969 ^{**}	-.947 [*]	-0/747	.912 [*]	-0/518	-.981 ^{**}	1								
Mo	0/520	0/458	0/111	-0/277	-0/033	0/637	-0/634	1							
Nb	0/465	0/455	0/159	-0/426	-0/276	0/685	-0/650	0/558	1						
Ni	-0/128	-0/179	0/133	0/183	0/467	-0/254	0/263	-0/058	-0/812	1					
Pb	.969 ^{**}	.974 ^{**}	0/650	-.892 [*]	0/508	.900 [*]	-.967 ^{**}	0/605	0/602	-0/302	1				
S	0/316	0/316	-0/164	-0/181	-0/471	0/485	-0/493	0/681	.910 [*]	-0/757	0/517	1			
Zn	0/491	0/461	.894 [*]	-0/637	.887 [*]	0/415	-0/378	-0/216	-0/257	0/442	0/266	-0/580	1		
Sr	0/788	0/762	0/631	-0/791	0/226	.940 [*]	-.903 [*]	0/537	0/865	-0/545	0/816	0/642	0/245	1	
	Al	Ag	As	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Nb	Ni	Pb	S	Zn	Sr	

ضریب همبستگی شدید مثبت ضریب همبستگی بالا مثبت ضریب همبستگی شدید منفی ضریب همبستگی بالا منفی

فصل ہفتم

تیپ کا نہ زالی، الگوی تشکیل، تیجہ گیری و پیشہادات

۷-۱- مقدمه

از مهم‌ترین اهداف مطالعه هر کانسار ارائه یک الگوی زمین‌شناختی و یک راهکار اکتشافی برای شناسایی و اکتشاف ذخایر جدید در مناطق با شرایط زمین‌شناسی مشابه، است که این امر در گرو شناخت دقیق پارامترهای کنترل‌کننده ماده معدنی است. ارزیابی این پارامترها نیازمند ارزیابی دقیق مشاهدات صحرایی، نتایج داده‌های آزمایشگاهی و تلفیق اطلاعات مطرح شده در بخش‌های گذشته، مانند کانی‌شناسی، دگرسانی زمین‌شناسی، زمین‌ساخت منطقه و زمین‌شیمیایی است. در ابتدا شواهد ژنتیکی مهم در محدوده ربیعی نیا و ارتباط کانه‌زایی‌ها با یکدیگر مورد بررسی قرار می‌گیرد و بعد برای تعیین تیپ کانه‌زایی و نحوه تشکیل کانسار، با کانسارهای مشابه و شناخته شده جهان و ایران مقایسه و بحث خواهد شد. و برای شناخت جوانب مختلف یک فعالیت ماگمایی و پی بردن به خصوصیات محل منشاء و چگونگی تشکیل ماگمای سازنده سنگ‌های مورد مطالعه، الگوی مناسبی ارائه خواهد شد و برای پی بردن به ارتباط کانه‌زایی‌ها با یکدیگر در منطقه ربیعی نیا و رسیدن به الگوی زمین‌شناسی مناسبی مدل ژنتیکی فرضی از تشکیل و تمرکز مواد معدنی، مورد بررسی قرار می‌گیرد. در نهایت نیز پیشنهادات ضروری برای شناسایی و اکتشاف مناطق امیدبخش و کانه‌سازی احتمالی در محدوده مورد بررسی آورده شده است.

۷-۲- خلاصه ای از شواهد ژنتیکی موجود در ارتباط با کانه زایی

۷-۲-۱- زمین شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه

محدوده اکتشافی مس ربیعی نیا در استان سمنان، ۱۴۰ کیلومتری جنوب شاهرود، ۲۰ کیلومتری غرب ترود واقع شده است. این محدوده بخشی از نوار آتشفشانی - رسوبی ترود - چاه شیرین است. واحدهای سنگ‌شناختی در منطقه مورد بررسی محدوده سنی ائوسن تا کواترنری را دربر می‌گیرند که شامل گدازه‌های بازالتی و اندزیتی به

همراه سنگ‌های آذرآواری به شکل توف و آگلومرا به سن ائوسن می‌باشند که توسط دایک دیابازی به سن الیگومیوسن قطع شده اند. از این رو حاشیه شمالی پهنه ساختاری - رسوبی ایران مرکزی در دوران سنوزوئیک بیانگر فعالیت‌های ماگمایی بسیار وسیعی بوده که در پی آن، نوار آتشفشانی- رسوبی ترود - چاه شیرین با روند شمال شرقی- جنوب غربی شکل گرفته است. گسترش فعالیت آتشفشانی و نفوذی باعث شده که این نوار از جهت اکتشاف مواد معدنی فلزی و غیرفلزی دارای پتانسیل بالایی باشد. واحدهای زمین‌شناسی منطقه به ترتیب فراوانی شامل (۱) خاکسترهای ریولیتی، توف، لاپیلی توف، مارن و ماسه سنگ، (۲) گدازه و سنگ‌های آذرآواری با ترکیب آندزیت و آندزیت-بازالت و (۳) داسیت، ریوداسیت و توده‌های نفوذی اسیدی نیمه عمیق است. این مجموعه آتشفشانی-رسوبی توسط توده‌های نفوذی بسیاری به سن ائوسن-پسین-الیگوسن قطع شده است. کلیه تحولات زمین‌شناسی محدوده ربیعی نیا توسط دو گسل اصلی انجیلو در شمال و ترود در جنوب با راستای شمال شرقی- جنوب غربی و سایر گسل های فرعی کنترل می‌شود (مهرابی و همکاران، ۱۳۹۳).

۷-۲-۲- کانه زایی و دگرسانی

با وجود دو گسل اصلی ترود و انجیلو، کانه‌زایی فراوان و متنوعی در منطقه مشاهده می‌شود که با تشکیل گسل‌ها، شکستگی‌ها و درزه‌ها، باعث ایجاد شرایط مناسب برای چرخه سیالات گرمابی فراهم شده است. ساختار، زمین- ساخت و هوازدگی نقشی مهمی برای سیالات گرمابی و چرخش سیالات کانه‌دار، گردآوری و تمرکز مواد معدنی جایگاه مناسب دارند (Haldar, 2012). با توجه به دگرسانی‌های موجود در کانسار مس ربیعی نیا که شامل دگرسانی سیلیسی، سربسیتی، کربناتی، آرژیلیتی، کلریتی، و اکسید آهن است، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که سیالات گرمابی فعال شده، در طی نزدیکی با توده‌های نفوذی و گرم شدن به واحدهای آتشفشانی وارد شده و مس در سنگ منشأ را شسته و پس از چرخش در واحدها و حرکت به سمت بالا، در درزه و شکستگی‌های سنگ میزبان نهشت ایجاد کرده است. کانه زایی در محدوده اکتشافی ربیعی نیا عمدتاً با فاز کربناته و غالباً بصورت ملاکیت رخ داده است.

۷-۲-۳- کانی شناسی، ساخت و بافت

در این بخش ما کانی‌های اصلی تشکیل دهنده در کانسار ربیعی نیا را به چهار گروه تقسیم میکنیم : ۱:کانی‌های سولفیدی مثل کالکوسیت، کوولیت، کالکوپیریت ، ۲: کانی‌های کربناتی مثل مالاکیت و آزوریت ۳ : کانی‌های اکسیدی مثل هماتیت، لیمونیت و گوئتیت ۴ :کانی‌های باطله مثل کوارتز، کلسیت و باریت. از بافت‌های عمده مشاهده شده می‌توان بافت رگه ای، رگه- رگچه‌ای، دانه پراکنده و بافت پرکننده فضاهای خالی، نام برد.

۷-۲-۴- ژئوشیمی

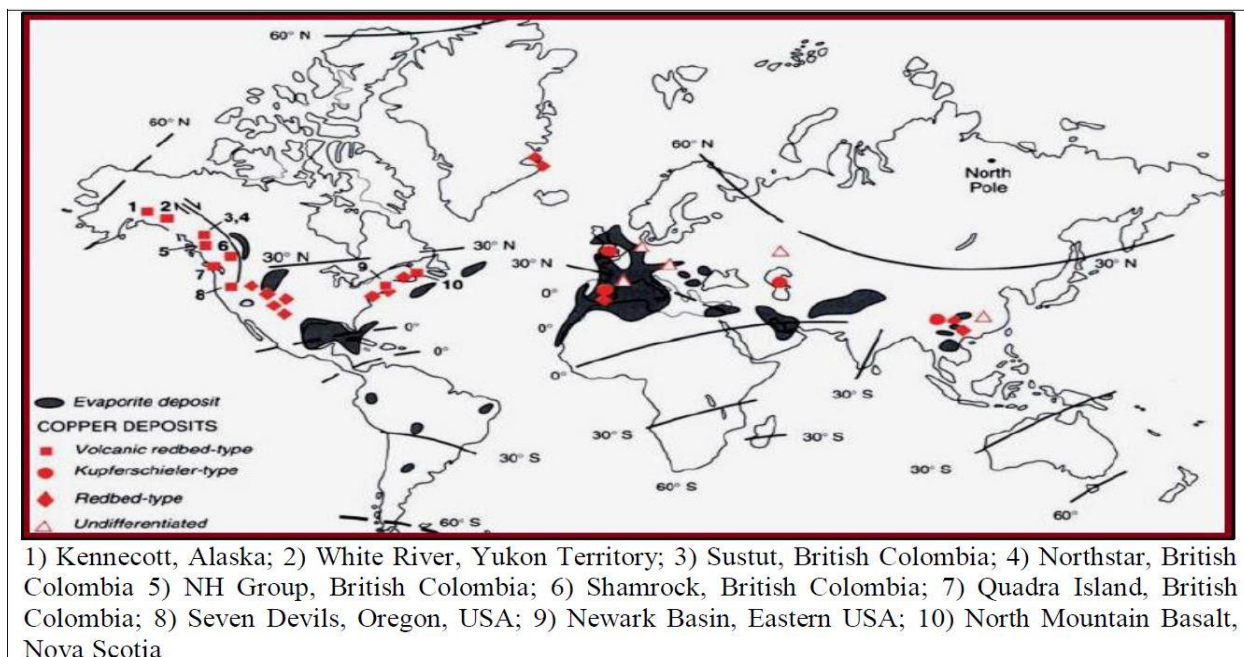
مس بجز رادیوایزوتوپ‌های ناپایدار، دو ایزوتوپ پایدار ^{63}Cu و ^{65}Cu نیز دارد. تعدادی از این رادیوایزوتوپ‌ها دارای نیمه عمرهایی به اندازه دقیقه یا کمتر دارند، طولانی‌ترین نیمه عمر مربوط به ^{64}Cu است که ۱۲/۷ ساعت است. کانی‌های پلاژیوکلاز، پیروکسن، آمفیبول و همچنین بیوتیت در سنگ‌های نفوذی تحت عنوان کانی‌های حامل و تمرکز دهنده عنصر مس بیان شده‌اند (Agangi and Reddy, 2016). Cu^{2+} به علت داشتن تشابه یونی ($0.27 \text{ \AA}$) با یون‌های Fe^{2+} ($0.82 \text{ \AA}$) و Mn^{2+} ($0.91 \text{ \AA}$)، مکان‌های مشابهی را در شبکه بلوری این کانی‌ها در بر می‌گیرند. به دلیل این که مس یک عنصر کالکوفیل است، باعث افزایش عمل تفریق در کانی‌های سیلیکاتی، تا موقعی که فاز مایع از سولفور اشباع شود، می‌شود. در این مرحله به دلیل تشکیل یک محلول سولفیدی غیرقابل ترکیب با ماگمای مادر، بخش اصلی مس از مذاب سیلیکاتی جدا و بعد از این مرحله، کانی‌های تشکیل شده مقدار مس پایین‌تری دارند. بر اساس مطالعات انجام شده مس به آسانی وارد ساختار این کانی‌ها نمی‌شود، زیرا موجب به هم ریختگی بسیار زیادی در شبکه بلوری و ناپایداری انرژی می‌شود (اقتباس گرفته از طائفی، 1393). در منطقه ربیعی نیا عوامل شیمیایی نقش مهمی در ته‌نشینی عنصر مس دارند و کانی‌های سولفیدی مثل کالکوپیریت، بورنیت و کالکوسیت را شکل می‌دهد. این عنصر تحت شرایط اکسیداسیون و اسیدی

در سیالات گرمایی می‌تواند جا به جا شود و با توجه به وجود رگه‌های کلسیتی بسیار زیاد در سامانه درزه و شکستگی‌ها و حفره‌ها می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با وارد شدن عنصرهایی مثل کلسیم به سیالات کانه‌دار، سیالات قلیایی‌تر شده و توانایی انحلال مس و ایجاد لیگاندهاگسترش می‌یابد. در این شرایط، سولفیدهای مس به آسانی به سولفات‌ها اکسید و مس به شکل 2Cu^+ آزاد می‌شود. مس از پهنه اکسیدان توسط آب‌های فرورو منتقل و در زیر سطح آب‌های زیرزمینی به علت افزایش PH و کاهش EH به شکل سولفید یا مس طبیعی باقی می‌ماند. غنی‌شدگی مس تحت تأثیر برونزاد را می‌توان در دو پهنه اکسیدان فوقانی و غنی‌شده مورد ارزیابی قرار داد. پهنه احیایی به علت افزایش عیار اولیه به پهنه غنی‌شده نیز معروف است. در پهنه اکسیدان فوقانی مقادیر بالای گوئیت و کانی‌های مس اکسیدی مثل ملاکیت تحت شرایط آب و هوایی بسیار خشک ایجاد می‌شوند. در پهنه غنی شده مس، کالکوسیت مهم‌ترین کانی است. هم‌چنین مقداری کوولیت در بالای کالکوسیت و در مرز بین شرایط اکسیداسیون و احیا یافت می‌شود (اقتباس گرفته از ناهیدی‌فر، 1393). اکثر کانسارهای مس شامل نقره می‌باشند که تغییرات EH - PH و لیگاندهای کلریدی، رفتار مس و نقره را در دماهای پایین کنترل می‌کنند. بر مبنای درصد وزنی Zr/Ti در مقابل درصد وزنی Nb-Y سنگ‌های میزبان عمدتاً در محدوده بازالت و تراکی بازالت قرار می‌گیرند.

۷-۳- بررسی مدل ژنتیکی در کانسار مس ربیعی نیا

تقسیم بندی نهشته‌های کانساری می‌تواند بر اساس گروه‌های کانساری و مبتنی بر لیتولوژی‌های میزبان باشد. در این بخش برای تعیین تیپ کانی‌زایی و مدل ژنتیکی کانسار مس ربیعی نیا از هر دو تقسیم بندی استفاده می‌شود. ذخایر مس چینه‌کران و چینه‌سان یکی از بزرگ‌ترین ذخایر سولفیدی هستند. محیط ته نشست آن‌ها برای کانه زایی گوناگون است و می‌توانند در همه مراحل چرخه زمین ساختمانی-ماگمایی-رسوبی ایجاد شوند. ما در این بخش به مطالعه و مقایسه کانسار ربیعی نیا با انواع ذخایر سولفیدی چینه کران و چینه سان مس می‌پردازیم.

انواع تیپ‌های مختلف کانسارهای مس، شامل کانسارهای مس نوع مانتو، لایه‌های سرخ آتشفشانی، میشیگان آمریکا (کویناوی) و نیز کانسارهای مسیو سولفید آتشفشانزاد است. کانسار ربیعی نیا با توجه نوع سنگ میزبان، محیط زمین شناختی، نوع ساخت و بافت، توالی و نوع دگرسانی، با کانسارهای مسیو سولفید و کانسارهای مس چینه‌سان رسوبی متفاوت است. و بیشترین شباهت را با کانسار مس نوع مانتو نشان می‌دهد. کانسارهای مس نوع مانتو از نوع کانسارهای چینه‌کران با میزبان گدازه‌های آتشفشانی اند که برای اولین بار در شیلی کشف شدند (Ruiz, 1971). این نوع ذخایر مس، پس از کانسارهای مس پورفیری و کانسارهای IOCG، سومین ذخایر بزرگ مس در شیلی به حساب می‌آیند (Aguilera et al., 2006). این تیپ کانسارها مطابق با لایه‌بندی و یا درون طبقات یا گدازه‌ها ایجاد می‌شوند. سنگ میزبان در این ذخایر، گدازه‌های بازالتی و آندزیتی با ماهیت کالک‌الکالن تا تولییتی است که در محیط‌های کششی مربوط به فروراش و حوضه‌های پشت کمانی ایجاد شده‌اند. سنگ میزبان این نوع کانسارها، تحت تأثیر دگرسانی سرسیتی، کربناتی، آرژلیتی، کلریتی، و سیلیسی هستند. کانی‌شناسی توده معدنی شامل کالکوسیت، بورنیت، مالاکیت، مگنتیت، کالکوپیریت و کوولیت است. این ذخایر حاوی عیار بالای مس و شامل نقره پایین و در اکثر موارد بدون طلا هستند. کانسار السولدادو از جمله بزرگترین ذخایر شناخته شده در شیلی به حساب می‌آید (Wilson et al., 2003). بیان این نکته لازم است که منشاء سیالات در این تیپ کانسارها به صورت عمده مرتبط با اتفاق افتادن فرآیندهای دیاژنز تدفینی تا دگرگونی است. موقعیت و پراکندگی کانسارهای میزبان آتشفشانی- رسوبی و تیپ‌های متفاوت در شکل (۷ - ۱) نمایش داده شده است.



شکل ۷-۱ - موقعیت و پراکندگی کانسارهای با میزان آتشفشانی- رسوبی و با تیپ‌های مختلف (Kirkham, 1996)

جدول ۷-۱- تیپ کانه‌زایی کانسار مس ربیعی نیا در مقایسه با برخی از ویژگی‌های کانسارهای تیپ مانتو، لایه‌های سرخ

آتشفشانی، میشیگان در سایر نقاط جهان.

ویژگی‌های شاخص	کانسار ربیعی نیا	تیپ مانتو	لایه	سرخ	تیپ میشیگان
آتشفشانی					
موقعیت جغرافیایی	ایران (سمنان، جنوب دامغان)	شیلی (کانسار)	کانادا (کانسار)	جزیره کوینا، ایالات	
		بوننا اسپرانز)	مانت الکساندر)	متحدہ	(کانسار میشیگان)
محیط تکتونیکی	حاشیه کمان قاره‌ای	محیط کششی	کافت درون قاره-	کافت نیمه قاره‌ای	
		مرتبط	با	ای و نزدیک به	
		فرورانش اند و	حواشی صفحات		
		حوضه‌های پشت			
		کمانی			

سری ماگمایی	کالک آلکالن پتاسیم بالا-شوشونیتی			سری تولیتی
سنگ میزبان	آندزیت-بازالت، آندزیت	گدازه‌های	گدازه‌های	بازالت آمیگدالوئیدال
		آندزیتی و بازالتی	آتشفشانی مافیک	با میان لایه‌های
			تا فلسیک، تووف	کنگلومرای
			و سنگ‌های	
			رسوبی وابسته	
کانی‌شناسی	کالکوسیت، کالکوپیریت، کوولیت، مالاکیت، کریزوکلا، کانی‌های اکسیدی	کالکوسیت، بورنیت،	کالکوسیت، بورنیت،	مس طبیعی، مس کوپریت، مالاکیت، کالکوپیریت، مس طبیعی، دیژنیت و طبیعی، مالاکیت و کریزوکولا
کانی‌های باطله	باریت، کلسیت، کوارتز	کلریت، کلریت و زئولیت	هماتیت، مگنتیت، کلسیت، اپیدوت و زئولیت	هماتیت، مگنتیت، کلسیت، اپیدوت، کوارتز، کلریت و زئولیت
دگرسانی	کلریتی، سیلیسی، سریسیتی، کربناتی، اکسید آهن و آرژیلیتی	سیلیسی، کلسیتی، آلبیتی و پروپلیتیک	عموما بدون دگرسانی مرتبط با کانه‌زایی و اغلب با دگرگونی پرهنیت پومپله- ایت	بدون دگرسانی مرتبط با کانه‌زایی
سن کانه‌زایی	اتوسن میانی-الیگومیوسن	ژوراسیک	ژوراسیک	پرکامبرین
منبع فلز	واحد آتشفشانی	واحد آتشفشانی	واحد آتشفشانی	واحد آتشفشانی
ساخت و بافت	پرکننده فضاهای خالی، دانه پراکنده، رگه-	رگه‌ای و پرکننده	رگه‌ای و پرکننده	رگه‌ای و پرکننده

رگچه‌ای، جانشینی و کلوفرمی	فضاهای خالی	فضاهای خالی	فضاهای خالی
شکل هندسی	چینه‌کران	چینه‌کران	چینه‌کران و تخت
منبع	تحقیق حاضر	(Oliveros <i>et al.</i> , 2008)	(Cabral and Beaudoin, 2007) (Sillitoe, 1997)

۷-۴- کانسارهای تیپ مانتو در ایران

تعداد متفاوت تیپ‌های کانه‌زایی مس در ایران وجود دارد اما ذخایر تیپ مانتو فقط در زون سنندج-سیرجان و زیر پهنه سبزوار زون ارومیه-دختر ارائه شده‌اند. بر اساس مطالعات انجام شده و مقایسه کانسار مس ربیعی نیا با سایر کانسارهای تیپ مانتو در ایران و بررسی پارامترهایی مثل مطالعه بر روی بافت و ساخت، کانی‌سازی، زون‌های دگرسانی، تمام مشاهدات صحرایی و آزمایشگاهی حاوی ترکیب سنگ میزبان، عناصر فلزی اصلی و همراه، توالی پاراژنتیکی، ژئوشیمی، کانسار مس ربیعی نیا در رده کانسارهای نوع مانتو جای می‌گیرد. مقایسه مشخصات کانسارهای مس ربیعی نیا با کانسارهای مشابه در ایران در جدول ۷-۲- ارائه شده است.

جدول ۷-۲ انواع مختلف کانسارهای تیپ مانتو در ایران

ویژگی‌های شاخص	ربيعی نيا	کانسار ماری	کانسار چشمه گز	کانسار بزرگ	کانسار گرماب	کانسار کشک محکی	کانسار ابری	کانسار رهبری
موقعیت جغرافیایی	ایران (جنوب دامغان)	شمال زنجان	بردسکن	شرق شاهرود	شمال شرق قاین	شمال شرق صفاشهر	شمال غرب بردسکن	شمال غرب بردسکن
سنگ میزبان	آندزیت، آندزیت-بازالت	آندزیت	گدازه های آندزیتی	تراکی آندزیت	آندزیت-آندزیت بازالت پورفیری	آذراواری، آندزیت-تراکی آندزیت	گدازه، آذراواری آندزیت، آندزیت-بازالت	گدازه، آذراواری آندزیت، آندزیت-بازالت
سن تشکیل	اؤسن میانی - الیگومیوسن	اؤسن	اؤسن	ترشیری	کرتاسه زیرین	اؤسن میانی	اؤسن میانی	اؤسن میانی
شکل هندسی	چینه کران	چینه کران	چینه کران	چینه کران	چینه کران	چینه کران	چینه کران	چینه کران
دگرسانی های رایج	کلریتی.	اپیدوتی.	کلریتی.	پروپلتیک	آلبیتی	کربناتی	اپیدوتی.	کلریتی.
	کربناتی	کلریتی.	کربناتی	کلریتی.	کلریتی.	کلریتی	کلریتی.	کربناتی
	.سیلیسی	کربناتی	.سیلیسی	کربناتی	کربناتی	آرژلیتی	کربناتی	.سیلیسی
	اکسید آهن	.سیلیسی	اکسید آهن	.سیلیسی	.سیلیسی	.سیلیسی	.سیلیسی	اکسید آهن
	سرسیتی			اکسید آهن	اکسید آهن	پروپلتیک	اکسید آهن	سرسیتی
						اپاسیتی	سرسیتی	
	پرکننده فضاخالی	پرکننده فضاخالی	پرکننده فضاخالی	پرکننده فضاخالی	دانه پراکنده	پرکننده فضاخالی	پرکننده فضاخالی	پرکننده فضاخالی
بافت و ساخت	رگه رگچه ای	رگه رگچه ای	رگه رگچه ای	رگه رگچه ای	رگه رگچه ای	رگه رگچه ای	رگه رگچه ای	رگه رگچه ای
	دانه پراکنده	دانه پراکنده	دانه پراکنده	دانه پراکنده	دانه پراکنده	دانه پراکنده	دانه پراکنده	دانه پراکنده

جانشینی کلوفر می	جانشینی	جانشینی لامینه ای		بادامکی	بادامکی		جانشینی کلوفر می	کانی شناسی
کالکوسیت بورنیت کولیت مالاکیت آزوریت	کالکوسیت بورنیت کولیت مالاکیت آزوریت	کالکوسیت بورنیت کولیت مالاکیت آزوریت	کالکوسیت بورنیت کولیت دیژنیت کالکوپیریت	کالکوسیت بورنیت کولیت دیژنیت	کالکوسیت بورنیت کولیت مالاکیت آزوریت	کالکوسیت بورنیت پیریت	کالکوسیت کالکوپیریت اکسید های آهن کولیت مالاکیت آزوریت	

سن	اٹوسن میانای - الیکومپوسن	اٹوسن	اٹوسن	ترشیری	کرتاسه زیرین	اٹوسن میانای	اٹوسن میانای
منبع	تحقیق حاضر	(اصل ممقانی ۱۳۹۰)	(میلانلو ۱۳۹۴)	(صالحی و همکاران ۱۳۹۴)	(عادل پور ۱۳۹۱) و همکاران ۱۳۹۳	(افسانه سلطانی ۱۳۹۴)	(افسانه سلطانی ۱۳۹۴)

در جدول (۷-۳)، با بیان بعضی مشخصات کانسارها در ایران، مقایسه کانسار مس ربیعی نیا با چندین نمونه از این تیپ کانسارها در دیگر نواحی ایران و نوار
 ترود-چاه شیرین شده است.

جدول ۷-۳- مقایسه بعضی از ویژگی‌های شاخص کانسار مس ربیعی نیا با برخی کانسارهای واقع در رشته کوه ترود- چاه شیرین و سایر نقاط ایران.

کانسارها ویژگی‌ها	کانسار مس ربیعی نیا	کانسار مس رباعی	کانسار دیان	کانسار چاه موسی	کانسار کالچویه	کانسار چشمه حافظ	کانسار گندی	کانسار ابوالحسنی	کانسار گلوچه
رشته ساختاری	ترود- چاه شیرین	ترود- چاه شیرین	ترود- چاه شیرین	ترود- چاه شیرین	رشته ارومیه- دختر	ترود- چاه شیرین	ترود- چاه شیرین	ترود- چاه شیرین	طارم- هشتجین
سنگ میزبان	آندزیت آندزیت- بازالت	آندزیت و آندزیت بازالت	الیوین بازالت، بازالت	بیوتیت- هورنبلند آندزیت پورفیری	گدازه‌های آندزیتی و توف ماسه‌ای	آندزیت، آندزیت بازالت، توف برش، ماسه سنگ	آندزیت، سیلتستون، توف ماسه- ای، لاپیلی توف و ولکانیک برش	آندزیت، سیلتستون، توف ماسه‌ای، لاپیلی- توف و ولکانیک برش	آندزیت، آندزی- بازالت، تراکی- آندزیت، داسیت و توف
سری ماگمایی	کالک‌آلکالن پتاسیم بالا تا شوشونیتی	کالک آلکالن	آلکالن تا کالک آلکالن غنی از پتاسیم	کالک و آلکالن	کالک و آلکالن	کالک آلکالن	آلکالن تا کالک آلکالن	آلکالن تا کالک آلکالن	ساب آلکالن تا کالک آلکالن غنی از پتاسیم
دگرسانی	آرژلیک، کلریتی، کربناتی، سیلیسی، سریسیتی، هماتیتی و لیمونیتی	آرژلیک، کلریتی، کربناتی، سیلیسی، سریسیتی	آرژلیک، پروپلیتیک و سیلیسی	فیلیک، پروپلیتیک، کلریتی- کلسیتی، اپیدوتی- کلریتی- کلسیتی	پروپلیتیک و سیلیسی	پروپلیتیک، آرژلیک، سریسیتی و سیلیسی	سیلیسی -کربناتی پرو پلیتیک، آرژلیکی (کائولینیتی و ایلیت)،	سیلیسی - کربناتی، آرژلیکی (ایلیت و مونتموریونیت)، اپیدوت و کلریتی شدن، هماتیتی و	فیلیک، پروپلیتیک، آرژلیک، سریسیتی و سیلیسی

	شدن								
روند کانی‌زایی	غالبا شمال- شرقی- جنوب غربی	غالبا شمال شرق جنوب غرب	شمال شرق- جنوب غرب	-	شمال شرق- جنوب غرب	-	غالبا شمال شرق جنوب غرب	شدن	
کانه‌های اصلی اولیه	کالکوپیریت، کالکوسیت، مگنتیت	کالکوپیریت، کالکوسیت و طلا آزاد	گالن، اسفالریت، کالکوپیریت، بورنیت، تتراهیدریت، کالکوسیت، سروزیت	گالن، اسفالریت، کالکوپیریت، بورنیت، تتراهیدریت، کالکوسیت، سروزیت	کالکوپیریت، کالکوسیت، مس طبیعی، تنوریت و کوپریت	کالکوپیریت، کالکوسیت، دیژنیت، کوولیت	کالکوپیریت، بورنیت، کالکوسیت، دیژنیت، کوولیت	کالکوپیریت، کالکوسیت، مگنتیت	کالکوپیریت، کالکوسیت، مگنتیت
کانی‌های ثانویه	مالاکیت، آزوریت، کوولیت، کالکوسیت و کریزوکلا	مالاکیت، آزوریت و کریزوکلا	تتراهیدریت، کالکوپیریت، کالکوسیت، کوولیت و طلا	تتراهیدریت، کالکوپیریت، کالکوسیت، کوولیت و طلا	کالکوپیریت، کالکوسیت، گالن، مالاکیت و آزوریت	مالاکیت، نئوتوسیت	مالاکیت، آزوریت و کریزوکلا	مالاکیت، آزوریت، کوولیت، کالکوسیت و کریزوکلا	مالاکیت، آزوریت، کوولیت، کالکوسیت و کریزوکلا
باطله و کانی‌های فرعی	کلسیت، کوارتز، باریت، هماتیت، مگنتیت و لیمونیت	کلسیت، کوارتز، باریت و هماتیت	کلسیت، کوارتز، باریت، هماتیت و لیمونیت	کلسیت، کوارتز، باریت، هماتیت و لیمونیت	کوارتز، مگنتیت، هماتیت، گوتیت و سایر هیدرواکسیدهای آهن	کوارتز، کلسیت و پیریت	کلسیت، دولومیت، کوارتز، کانی‌های رسی، پیریت	کلسیت، کوارتز، باریت، هماتیت، مگنتیت و لیمونیت	کلسیت، کوارتز، باریت، هماتیت، مگنتیت و لیمونیت

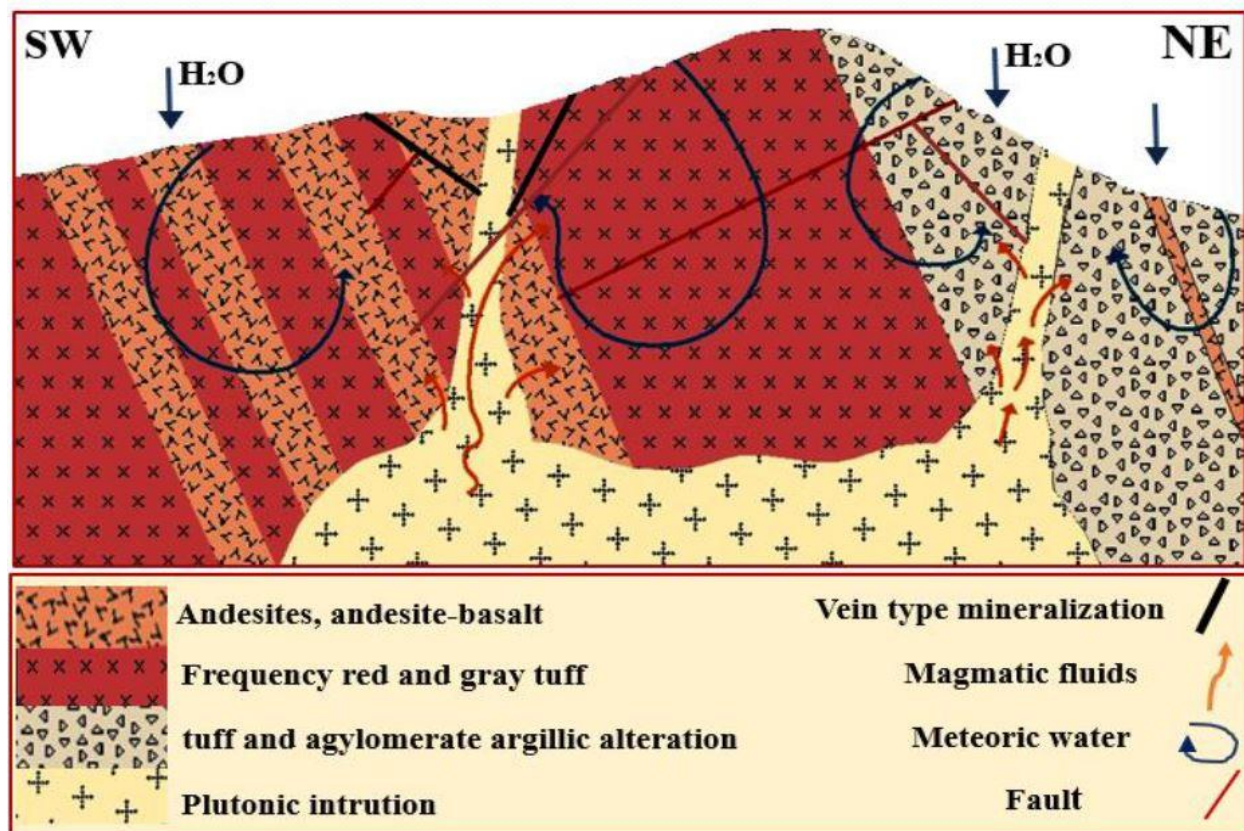
							هماتیت، مگنتیت و لیمونیت	گوتیت	
پرکننده فضای خالی، جانشینی و برشی	برشی، دانه پراکنده، پرکننده فضای خالی، رگه‌ای و نواری	رگه - رگچه‌ای، پرکننده فضای خالی و برشی	پرکننده فضای خالی، رگه رگچه‌ای، دانه پراکنده، شانه‌ای و برشی	رگه - رگچه‌ای	افشان و رگچه‌ای	شکافه پرکن، رگه - رگچه‌ای و جانشینی	رگه - رگچه‌ای، پرکننده فضای خالی، جانشینی، دانه پراکنده و اکسلوشن	رگه - رگچه‌ای، پرکننده فضای خالی، جانشینی، دانه پراکنده و کلوفر می	ساخت و بافت ماده معدنی
°C 150- 340	234- 340°C	°C 235-285	140- 280 °C	180- 320 °C	-	-	140- 170 °C	-	دمای سیال
0.1-13.3 NaCl	6.7- 18.7 NaCl	4.2- 5.4 NaCl	4.7- 18 NaCl	شوری بسیار پایین	-	-	2- 6 NaCl	-	شوری
اپی ترمال سولفید بالا تا متوسط	اپی ترمال سولفید متوسط	اپی ترمال سولفید متوسط	اپی ترمال سولفید متوسط	اپی ترمال سولفید پایین	هیدروترمالی رگه‌ای	هیدروترمالی رگه‌ای	هیدروترمالی رگه‌ای (اپی - ترمال سولفید متوسط)	مانتو	تیپ کانی‌زایی
Mehrabi et al., 2016	Shamanian et al., 2004	Shamanian et al., 2004	Mehrabi et al., 2012	مهدوری و همکاران، ۱۳۸۸	امام جمعه و همکاران، ۱۳۸۷	ناهدی‌فر، ۱۳۹۳	عبداللهی، ۱۳۹۵	تحقیق حاضر	مراجع

۷-۵- الگوی تشکیل کانسار مس ربیعی نیا

دو مدل برای ایجاد ذخایر مانتو بیان شده است: (۱) منشاء دگرگونی: در این مدل، مس در درجات بالای دگرگونی و در واکنش های آبدایی آزاد شده و در سنگ های میزبان ته نشست کرده است. (۲) مدل اپی ژنتیک دیاژنتیکی: در این مدل، کانه زایی مس مرتبط با دیاژنز ابتدایی تا تدفینی است. مس از میزبان که در شرایط احیایی ته نشست شده است، در طول فرآیند شستشو آزاد می شود. این سیالات عمدتاً شورابه های حوضه ای هستند ولی می تواند ناشی از آب دریا، آب های جوی و سیالات ماگمایی نیز به وسیله ایزوتوپ های اکسیژن، هیدروژن و گوگرد باشد. چون این دگرگونی در منطقه مشاهده نشد، مدل اپی ژنتیک دیاژنتیکی برای کانسار مس ربیعی نیا در نظر گرفته شد. با توجه به مدل اپی ژنتیک دیاژنتیکی مراحل کانه زایی و فرآیندهای تشکیل را می توان در سه مرحله دیاژنز آغازین، مرحله دیاژنز تدفینی و مرحله بالآمدگی نام برد: ابتدا در مکانیزم تشکیل کانسارهای تیپ مانتو آب های سطحی و آب های شورابه ای و سنگ میزبان آتشفشانی نقش مهمی دارند. در سنگ میزبان یک منبع حرارتی برای جریان آب های سطحی مورد نیاز است. به عنوان منبع حرارتی احتمالی یک مجموعه پلوتونیک عمیق می تواند نقشی داشته باشد. اگرچه ماگماهای نفوذی در شکل گیری کانسار نقشی ندارند اما برای گرم کردن سیال و اثر حرارتی توده های نفوذی مد نظر قرار گرفته می شود. پس از ته نشینی رسوبات در کف دریا و تراکم آنها اجزای رسوبی به وسیله سیمانی به یکدیگر باکتری های احیاکننده سولفات های آب دریا در محیط موجب تشکیل شرایط احیایی در حوضه گردیده و در نتیجه گوگرد حاصل با آهن موجود موجب نهشته شدن کالکوپیریت به طور دانه پراکنده و پرکننده فضاهای خالی در زمینه سنگ می شود. کالکوپیریت عامل مهمی برای تشکیل موقعیت احیایی در سنگ میزبان کانه زایی به حساب می آید. بعد از مرحله دیاژنز در نتیجه ته نشینی رسوبات جدیدتر بر روی آنها، تدفین انجام می شود اما تغییرات زیادی در بافت و ساخت سنگ انجام نمی شود. در مرحله تدفینی با توجه به فعالیت های آتشفشانی گسترده، توالی ضخیمی از واحدهای آتشفشانی ایجاد می شوند (Kirkham, 1996). فعالیت های آتشفشانی و ادامه رسوبگذاری موجب اشباع شدن سیال حوضه ای و افزایش فشار و حرارت و تحرک

سیال و ایجاد بعضی از کانی‌های سولفیدی، اکسیدهای آهن و کربناته و حتی کالکوپیریت می‌شوند. منشاء گوگرد سولفیدی‌های مس می‌تواند ناشی از جابجایی گوگرد در کالکوپیریت‌های اولیه باشد. سیال گرمایی در واحدهای آتشفشانی و آذرآواری، گردش و تبدیل کانی‌های هیدروکسید آهن به اکسیدهای آهن و نیز مس آزاد شده را در شبکه کانی‌های در واحدهای آتشفشانی دگرسان شده را حمل کرده و پس از چرخش در واحدهای سنگی به سمت بالا به واحد آذرآواری با تخلخل و نفوذپذیری بالا رسیده و کانی‌های کالکوسیت و کالکوپیریت در مرحله دیاژنز تدفینی ایجاد شده‌اند. پس نتیجه گرفته می‌شود که عنصر مس از سنگ‌های میزبان آتشفشانی- رسوبی نشأت گرفته است. فاز کانه‌زایی کالکوپیریت و کالکوسیت اولیه به صورت دانه پراکنده و پرکننده فضاهای خالی در واحد آذرآواری در مرحله دیاژنز تدفینی ایجاد و در انتهای فرایند تدفین و با آغاز بالآمدگی منطقه و گسل- خوردگی تحت تأثیر گسل‌های درونه و گسل ترود افزایش و سبب تمرکز دوباره کانه‌زایی سولفیدی و اکسیدی مس در امتداد گسل‌ها، درزه و شکاف‌ها و حتی فضاهای خالی واحدهای آذرآواری می‌شود. منشاء سیالات می‌تواند آبهای جوی و آب‌های ماگمایی باشد. محدوده ربیعی نیا به لحاظ تکتونیکی فعال و دارای گسل‌ها، درزه‌ها و شکستگی‌های فراوان می‌باشد که درصدی از این گسل‌ها و شکستگی‌ها قبل از کانی‌سازی حضور داشته و می‌توانسته‌اند سیستم عبوری را برای سیال‌های کانه‌ساز فراهم کنند. در این صورت کانی‌سازی باید در اطراف آن‌ها متمرکز شده باشد. منشاء سیال گرمایی در این فاز کانه‌سازی مس را می‌توان آب‌های جوی و احتمالاً آب ماگمایی دانست. به نظر میرسد محلول‌های فرورو از طریق شکستگی‌های زمین‌شناختی به اعماق کم فرورفته و پس از گرم شدن با گردش در واحدهای منطقه موجب فروشت واحدهای سنگی زیرین شده و از طریق گسل‌ها و شکستگی‌ها و تخلخل و نفوذپذیری بالای واحد آذرآواری، به مناطق سطحی رسیده‌اند. و در اثر کاهش حرارت، فلزات موجود در این مناطق ته‌نشست پیدا کرده‌اند. در بخش‌هایی از منطقه شواهد معینی وجود دارد که حرکت محلول‌های مس‌دار به وسیله ساختارهای خطی و منطقه‌های گسلی، کنترل شده است. فاز کانه‌زایی اکسیدی و کربناته شامل مالاکیت، آزوریت و اکسیدهای آهن و به صورت رگه‌ای، رگه- رگچه‌ای، پرکننده فضاهای خالی در مرحله اکسیدان صورت گرفته است. برخورد سیال‌های اکسیدان با کالکوپیریت سبب آزاد شدن آهن و جانشینی مس به جای آهن

می‌شود و نزدیک سولفیدهای مس تشکیل هماتیت می‌دهد. در بخش‌هایی، به شدت اکسیدان، کالکوپیریت‌ها به طور کامل توسط هماتیت جانشین می‌شوند. کانه‌زایی مس در منطقه ربیعی نیا نشانگر اهمیت ضخامت قابل توجه توالی آتشفشانی و درزه و شکستگی‌های فراوان است که شرایط لازم را برای نفوذ سیالات و شست و شو و ته نشینی کانه‌های فلزی فراهم آورده است. با توجه به کانی‌شناسی در واحدهای گدازه و آذرآواری، ساخت و بافت‌ها میتوان دو فاز کانه‌زایی در کانسارهای مس منطقه ربیعی نیا در نظر گرفت. فاز اول؛ کانه‌زایی سولفید شامل کالکوپیریت و کالکوسیت اولیه به صورت پرکننده فضاهای خالی و دانه پراکنده که در واحد آذرآواری در مرحله دیاژنز آغازین و تدفینی تشکیل شده‌اند. فاز دوم؛ فاز کانه‌زایی اکسیدی و کربناتی شامل ملاکیت، آزوریت و اکسیدهای آهن به صورت رگه ای، رگه- رگچه‌ای و پرکننده فضاهای خالی در مرحله بالآآمدگی و شروع فعالیت- های هیدروترمالی صورت گرفته است.



شکل ۷ - ۲ - الگوی تشکیل کانسارمس ربیعی نیا به صورت شماتیک

۷-۶- عوامل موثر در تشکیل کانسار مس ربیعی نیا

عوامل موثر در کانه زایی و نحوه تجمع و تشکیل ذخایر معدنی جهت ارائه مدل ژنتیکی و نحوه کانی سازی کانسار مس ربیعی نیا در ادامه مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۷-۶-۱- تکتونیک ناحیه ای: محیط‌های مناسب برای تشکیل این نوع کانسار حاشیه فعال قاره‌ای، جزایر

قوسی آتشفشانی و نواحی آتشفشانی قاره‌ای وابسته به ساختارهای کششی هستند. منطقه ربیعی نیا مکان مناسبی برای تشکیل این نوع کانسار است زیرا این کانسار روی کمان ماگمایی حاشیه قاره‌ای قرار دارد.

۷-۶-۲- ساختارهای زمین شناسی منطقه و محدوده معدنی: منطقه تروود-چاه شیرین از نظر

تنوع کانه‌زایی به خصوص کانی‌زایی مس قابل توجه می‌باشد. با توجه به اینکه محل تلاقی گسل‌های اصلی، می‌تواند محل مناسبی برای نفوذ ماگما و سیالات گرمایی و کانه‌زایی در اثر عملکرد گسل‌های اصلی انجیلو، تروود و سایر گسل‌های فرعی وابسته به آنها با روندهای شمال شرقی- جنوب غربی، شمال غربی - جنوب شرقی و شمالی - جنوبی، باعث شده این منطقه به شدت گسله شده و مکان مناسبی برای کانه‌زایی شده باشد. این شکستگی‌ها موجب تسهیل نفوذ آبهای سطحی به اعماق، گرم شدن، افزایش انحلال پذیری و برگشت آن به صورت محلول کانه دار به مناطق ته‌نشست می‌گردد.

۷-۶-۳- سنگ میزبان: برای تشکیل کانی‌سازی بعد از محیط تکتونیکی سنگ میزبان یکی از پارامترهای

اساسی است که در تعیین نوع ماگما و نوع کانی‌زایی را نقش دارد. توالی سنگ‌شناسی منطقه که شامل گدازه‌های آندزیتی، آندزیت بازالتی و بازالت و سنگ‌های آذرآواری (کریستال توف) است که طی فعالیت آتشفشانی ائوسن میانی-الیگومیوسن تشکیل شده که به دلیل وجود گسل‌ها و درزه و شکستگی‌ها فراوان در گدازه‌های زیردریایی و تخلخل و نفوذپذیری بالای سنگ‌های آذرآواری، محیط مناسبی را برای تمرکز ماده معدنی فراهم کرده‌اند.

۷-۶-۴- منبع انرژی حرارتی: فعالیتهای توده‌های آذرین نفوذی نیمه‌عمیق در کانسارهای گرمابی به

عنوان موتور حرارتی نقشی اساسی جهت تشکیل کانسار دارند. فعالیتهای ماگمایی به‌عنوان منبع فلزات در سامانه این تیپ کانسارها نقش مؤثری ندارند، اما حرارت لازم برای شروع چرخش سیالات را تأمین کرده‌اند. ما می‌توانیم احتمال وجود یک توده نفوذی نیمه‌عمیق را جهت تأمین حرارت مورد نیاز برای چرخش محلول‌های گرمابی با توجه به تنوع و گستردگی دگرسانی‌ها و توده‌های نفوذی در منطقه در شکل‌گیری کانسار ربیعی نیا را بدهیم.

۷-۶-۵- مهاجرت عناصر:

ویژگی توزیع عناصر شیمیایی در هر یک از سازندهای زمین‌شناسی پوسته زمین، به وسیله تغییرات فراوانی آنها نسبت به میانگین محلی، ناحیه‌ای و جهانی مشخص می‌شود. مهاجرت ژئوشیمیایی عناصر در پوسته زمین به وسیله قابلیت تحرک آنها کنترل می‌شود. بر اساس محیطی که مهاجرت ژئوشیمیایی عناصر صورت می‌گیرد، محیط‌های مهاجرت شامل انواع ۱- هیپوژن (اولیه) و ۲- سوپرژن (ثانویه) هستند. در کانسار مس ربیعی نیا کالکوسیت‌ها ابتدا به صورت دانه پراکنده در محیط هیپوژن و بعد به صورت رگه- رگچه‌ای در محیط سوپرژن تمرکز یافته است. عوامل موثر در مهاجرت عناصر در محیط‌های هیپوژن شامل عوامل داخلی و عوامل خارجی هستند. یکی از این عوامل خارجی عوامل شیمیایی است که در مهاجرت هیپوژن عنصر مس نقش بسیار مهمی دارد. مهاجرت شیمیایی مس در کانسار مس ربیعی نیا در فاز مایع (سیال) صورت می‌گیرد. فاز سیال در این کانسار سیالات می‌تواند آب‌های با منشاء ماگمایی یا جوی باشد و برای اینکه عناصر بتوانند در فاز سیال مسافت‌های طولانی را طی کنند، باید ترکیبات مهاجر پایدار تشکیل دهند تا در فاز مایع به شکل محلول باقی بماند. خواص یک ترکیب شیمیایی تا حدود زیادی از طریق خواص اتم‌های تشکیل دهنده‌ی آن و طبیعت پیوندهای شیمیایی بین آنها مشخص می‌شود و نوع پیوند شیمیایی بین دو اتم تا حدود زیادی به وسیله اختلاف مقدار الکترونگاتیویته آن دو اتم تعیین می‌شود. عنصر مس دارای میانگین الکترونگاتیویته‌ی در حدود ۲۳۰ تا ۲۴۰ کیلوکالری بر اتم گرم دارد، که اصطلاحاً آلفوتر نامیده می‌شود، و می‌توانند بر حسب ترکیب محلولی که در آن وجود دارند دارای

خاصیت قلیایی و یا اسیدی باش و این خاصیت آمفوتری عناصر، در قدرت آنها برای تشکیل ترکیبات پایدار (کمپلکس‌های اسیدی) تاثیرگذار است.

۷-۷- نتیجه‌گیری

بر پایه مشاهدات صحرایی و مطالعات میکروسکوپی (پتروگرافی و کانه‌نگاری)، آنالیزهای ژئوشیمیایی ویژگی‌های کانسار مس ربیعی نیا به شرح زیر مشخص می‌گردد:

- منطقه مورد مطالعه در بخش شمال غرب نوار ترود - چاه شیرین واقع شده است.
- سنگ‌های منشأ و میزبان کانه‌زایی مجموعه آتشفشانی - رسوبی با ترکیب آندزیت، آندزیت-بازالت می‌باشد.
- از نظر جایگاه تکتونیکی کمان ماگمایی حاشیه قاره‌ای می‌باشد.
- کانه‌های اولیه شامل کالکوسیت، کالکوپیریت و مگنتیت و کانی‌های سوپرژن در دو محیط ژئوشیمیایی اخیایی (کالکوسیت و کوولیت)، اکسیدان (مالاکیت) و اکسیدهای آهن (هماتیت، گوتیت و لیمونیت) است.
- بافت‌های پرکننده فضاهای خالی، رگه‌ای-رگه-رگچه‌ای، دانه‌پراکنده، کلوفرمی و جانشینی وجود دارد.
- ساخت‌های منطقه شامل رگه-رگچه‌ای و پرکننده فضاهای خالی می‌باشد.
- باتوجه به مطالعات میکروسکوپی و نتایج آنالیز XRD دگرسانی‌های موجود در منطقه شامل کلریتی‌شدن، کربناتی‌شدن، سیلیسی‌شدن، سریسیتی‌شدن، آرژیلیتی به همراه آغشتگی اکسید و هیدروکسیدهای آهن (هماتیت، گوتیت و لیمونیت) هستند.
- براساس مطالعات ژئوشیمیایی، تغییرات عناصر فرعی و الگوی عناصر کمیاب خاکی، غنی‌شدگی از عناصر LREE نسبت به HREE، تهی‌شدگی از Ti و Nb شاخص ماگماتیسم محیط‌های فرورانس و از ویژگی‌های ماگماهای قوسی است مشخصات کانسار مس ربیعی نیا با سایر کانسارها شباهت‌ها و تفاوت‌هایی دارد. بنابراین در مجموع می‌توان کانسار مس ربیعی نیا را در گروه کانسارهای تیپ مانتو دسته‌بندی نمود.

۷-۸- پیشنهادات اکتشافی و تحقیقاتی

برای کامل کردن اطلاعات به دست آمده در محدوده ربیعی نیا و با توجه به نتایج اولیه بدست آمده از این محدوده، پیشنهادات زیر قابل ذکر می‌باشد:

-در محدوده مورد مطالعه تمامی گمانه‌های حفاری شده با دقت بررسی و عمق بخش‌های حاوی کانی‌سازی کالکوسیت برای تعیین تناژ ذخیره بدست آوریم.

-آنالیز میکروپروپ و SEM ترکیبات کانی مس‌دار.

ترسیم مدل هندسی ماده معدنی و تعیین میزان ذخیره قطعی با استفاده از اطلاعات حفاری توسط نرم افزار

Data Mine

-مطالعات چینه شناسی بر روی فسیل‌های موجود در منطقه ربیعی نیا برای تعیین سن دقیق واحدهای آهکی

منابع و مأخذ

منابع فارسی

احیا ف، رسا ا و لطفی، م، (۱۳۸۷)، "کانی سازی سرب و روی ژوراسیک در بابا قله"، فصلنامه زمین شناسی

کاربردی، سال ۴، شماره ۴، ص ۲۳۴-۲۴۶.

اسماعیلی زینلی م، کریمپور م ح و ملکزاده شفارودی آ، (۱۳۹۳)، "سنگ‌نگاری، دگرسانی، کانی‌سازی و پیجویی -

های ژئوشیمیایی در منطقه‌ی شمال غرب ارغش نیشابور"، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال

۲۲، شماره ۱، ص ۶۳ تا ۷۴.

امام جمعه ا، راستاد ا، بوذری ف و رشیدنژاد عمران ن، (۳۸۷۱)، "معرفی سامانه واحد کانه‌زایی افشان- رگچه-

ای و رگه‌ای (مس، سرب، روی) در محدوده معدنی چاه‌موسی- قله‌کفتران، بخش خاوری کمان ماگمایی

ترود- چاه شیرین"، مجله علوم زمین، سال ۱۸، شماره ۷۰، ص ۱۲۵ - ۱۱۲

ابولیپور م، راستاد ا و رشید نژاد عمران ن، (۱۳۹۴)، "کانه‌زایی مس چینه‌کران نوع مانتو (Manto-Type) در

پهنه دهج- ساردوییه در ناحیه کشکوییه رفسنجان"، دومین همایش زمین‌شناسی اقتصادی، سال ۲۴،

شماره ۲۵، ص ۱۴۴ - ۱۲۳.

اصل ممقانی ف، (۱۳۹۰)، پایان نامه ارشد: "مطالعه ژنز کانسار مس ماری (شمال زنجان) با نگرشی ویژه بر

فرایندهای غنی‌شدگی و اکسیداسیون سوپرژن"، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، وزارت علوم، تحقیقات

و فناوری.

باقرزاده، ز. (۱۳۹۳) "کانی شناسی، ژئوشیمی و الگوی تشکیل کانسار منگنز ربیعی ترود، جنوب شاهرود" پایان‌نامه

کارشناسی ارشد دانشگاه شاهرود، ۱۴۹ صفحه.

بویری کناری م، راستاد ا و رشید نزد عمران ن، (۱۳۹۳)، " کانه‌زایی مس (نقره) نوع "Volcanic Redbed" در

کانسار کشک مہکی، شمل باختر صفا شهر، پهنه سندنچ- سیرجان جنوبی"، مجله علوم زمین، سال ۲۴،

شماره ۹۳، ص ۳۶ - ۱۹.

جعفریان، م. (۱۳۷۳)، نقشه زمین شناسی ۱۰۰۰۰۰ / ۱ چهارگوش کلاته رشم شماره ۶۸۶۰، سازمان زمین

شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

حسینی، م. (۱۳۹۷) "ویژگی های ژئوشیمیایی و پترولوژیکی نفوذی های بارور و عقیم در زون تروود-چاه شیرین،

جنوب دامغان" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شاهرود، ۱۰۵ صفحه.

حسین-زاده م، مغفوری س، موید م، لطفه‌نیا م و حاج علیلو ب، (۱۳۹۴)، " سنگ‌شناسی، دگرسانی و کانه‌زایی

رگه-رگچه‌ای چندفلزی (مس-سرب-روی) در منطقه لوبین-زرده، شمال خاور زنجان"، مجله علوم زمین،

دوره ۲۴، شماره ۹۶، ص ۴۱ - ۵۲.

حیدری ع ع و آقاخانلو م، (۱۳۸۵)، " گزارش پروژه اکتشاف طلا- مس تنورچه- کاشمر"، گروه صنعتی معدنی

زرمهر، مشهد.

حسینی پاک ع ا، (۱۳۹۴)، " اصول اکتشافات ژئوشیمیایی (مواد معدنی)"، چاپ نهم، انتشارات دانشگاه تهران،

۶۱۵ص.

حسینزاده ق، موید م و اصفهانیپور ر، (۱۳۸۸)، " فرایندهای سوپرژن در کانسار مس پورفیری سوناجیل(شرق

هریس- آذربایجان شرقی) با نگرشی بر استفاده از کلاهدک شسته شده جهت تخمین میزان غنی- شدگی

سوپرژن"، فصلنامه زمین شناسی ایران، سال ۳، شماره ۱۰، ص ۸۵ - ۹۶.

رشید نژاد عمران ن. (۱۳۷۱) "بررسی تحولات سنگ‌شناسی و ماگمایی و ارتباط آن با کانه‌سازی طلا در منطقه

باغو (جنوب دامغان)"، پایان‌نامه ارشد دانشگاه تربیت معلم.

رئیزی م، (۱۳۹۴)، پایان نامه ارشد: " مطالعات زمین‌شناسی، دگرسانی گرمابی، ژئوشیمی و سیالات درگیر
کانی‌سازی مس مزده (جنوب نظز) "، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، ۱۸۵ ص.

سامانی ب، (۱۳۸۱)، " متالوژنی کانسارهای مس (نوع مانتو) در ایران"، ششمین همایش انجمن زمین‌شناسی
اقتصادی ایران.

سرنخشی، ی. (۱۳۹۸)، "کانی‌شناسی، ژئوشیمی و الگوی پیدایش کانسار مس کلوت بلند، جنوب دامغان" پایان-
نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شاهرود، ۱۸۹ صفحه.

سیفی وند، ع. (۱۳۹۵)، "سازوکار جایگیری گنبد آذرین نیمه عمیق منطقه معدنی چاه موسی (شمال غرب تروند-
جنوب شاهرود) با استفاده از روش ناهمسانگردی پذیرفتاری مغناطیسی" پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه
شاهرود، ۱۴۰ صفحه.

سیمونز و، (۱۳۹۳)، راهنمای عملی برای مطالعات سیالات درگیر، انتشارات دانیال، تبریز.
شبستر، ا. (۱۳۹۶)، "بررسی سازوکار جایگیری توده نفوذی کوه زر (جنوب شهر دامغان) با استفاده از روش
ناهمگنی پذیرفتاری مغناطیسی (AMS)" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شاهرود، ۱۴۹ صفحه.

شهرابی م، (۱۳۸۵)، "نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ بردسکن"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
شمعانیان غ، (۱۳۸۲)، " مطالعه دگرسانی و کانی‌سازی گرمابی فلزات پایه و گرانبها در منطقه معلمان، جنوب
خاور دامغان"، دانشکده علوم زمین، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه شهید بهشتی تهران.

صالحی نسب، س. (۱۳۹۴)، "کانی‌شناسی، زمین‌شیمی و الگوی پیدایش کانسار مس- سلسیت بندقیچی منطقه
تروند" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شاهرود، ۱۵۸ صفحه.

صالحی ل، رسا ا، علیرضایی س و کاظمی مهرنیا، (۱۳۹۴)، " کانسار مس معدن بزرگ با میزبان آتشفشانی، نمونه‌ای از کانسارهای مس نوع مانتو، خاور شاهرود"، مجله علوم زمین، سال ۲۵، شماره ۹۸، ص ۱۰۴ - ۹۳.

طالع ماسوله، س. (۱۳۸۹)، "مطالعه زمینشناسی اقتصادی کانسار مس چاه گله، شمال غرب تروود، استان سمنان"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد، لاهیجان، ۱۲ صفحه.

عبداللهی، ا. (۱۳۹۵)، دانشگاه صنعتی شاهرود "زمین شناسی، کانی شناسی، ژئوشیمی و الگوی تشکیل کانسار مس و آهن رباعی، جنوب دامغان"، استان سمنان"، دانشکده علوم زمین، پایان نامه کارشناسی ارشد، ۱۸۹ صفحه.

علوی، م.، هوشمندزاده، ا. (۱۳۵۷) "نقشه زمین شناسی چهارگوش ۲۵۰۰۰ / ۱ تروود شماره H5"، سازمان زمین شناسی کشور.

علیزاده و، مومنزاده م و امامی م ه، (۱۳۹۱)، "سنگ نگاری، ژئوشیمی، کانی شناسی، مطالعه میانبارهای سیال و تعیین نوع کانه زایی کانسار مس ورزگ-قاین". مجله علوم زمین، سال ۲۲، شماره ۸۶، ص ۵۸ - ۴۷.

عادلپور م، (۱۳۹۱)، " زمین‌شناسی اقتصادی کانسار مس گرماب- قائن (خراسان جنوبی)"، دانشکده علوم زمین، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۳۷ ص.

قائم‌ی ف و موسوی حرمی ر، (۱۳۸۵)، "نقشه ۱:۱۰۰۰۰ درونه"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

قربانی، ق. (۱۳۸۸) "ولکانیسم ائوسن در منطقه تروود، جنوب دامغان"، بیست و چهارمین گرد همایی علوم زمین سازمان زمین شناسی کشور، تهران

مسکینی، ش. (۱۳۹۸)، "زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی، الگوی تشکیل کانسار مس قیصری، جنوب دامغان" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شاهرود، ۱۴۱ صفحه.

مهدوری، م. (۱۳۹۵)، "مهدوری (۱۳۹۵) کانی‌شناسی، ژئوشیمی و الگوی تشکیل کانسار آهن-سلسیت کوه ریگ، جنوب شاهرود" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شاهرود، ۱۴۵ صفحه.

مهرابی ب.، و قاسم‌سیانی م. (۱۳۸۹) "کانی‌شناسی و زمین‌شناسی اقتصادی کانسار پلی‌متال چشمه‌حافظ، استان سمنان، ایران" مجله زمین‌شناسی اقتصادی، دوره ۲، شماره ۱، ص ۲۰-۱.

مهرابی ب، طالع فاضل ا، قاسمی سیانی م و علی اقبال م، (۱۳۸۸)، "بررسی نحوه کانی‌سازی و تشکیل رگه‌ای مس-طلا گلوچه (شمال زنجان) بر اساس شواهد کانی‌شناسی، ژئوشیمی و سیالات درگیر"، مجله علوم دانشگاه تهران، جلد ۳۵، شماره ۴، ص ۱۹۹ - ۱۸۵.

مغفوری س، موحدینیا م و لای ک، (۱۳۹۳)، "زمین‌شناسی و کانه‌زایی کانسارهای مس عباس آباد شاهرود و مقایسه آنها با کانسارهای تیپ مانتو"، انجمن زمین‌شناسی ایران.

میلانلو م، (۱۳۹۴)،: "کانی‌سازی مس در کانسار مس نسیم بردسکن (خراسان رضوی) با استفاده از شواهد ژئوشیمی و ماهیت سیالات گرمایی"، دانشکده علوم زمین، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۵۵ ص.

ناهیدی‌فر م، (۱۳۹۳)،: "کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار مس دیان (جنوب دامغان)"، دانشکده علوم زمین، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شاهرود.

Reference

- Alavi M. (1991). "Sedimentary and structural characteristics of the Paleo-Tethys remnants in northeastern Iran". Geological Society of America Bulletin, 103(8), pp. 983-992.
- Arndt N., Ganino C. (2012). "Metals and society". An Introduction to Economic Geology. Berberian M. (1976). "Quaternary faults in Iran", Geological survey of Iran, Report (No 39), pp. 201- 205. Barnes H. L. (1997). "Geochemistry of hydrothermal ore deposits" (Vol. 1). John Wiley & Sons.
- Bazin D., Hübner H. (1969). "Copper deposits in Iran", (No. 13-14). Geological Survey of Iran. Bazargani-Guilani K., Rabbani M. S. (2004). "Amygdaloidal and other cavity filling zeolites of Kuh-e-Aradeh, Brathwaite R. L., Simpson M., Faure K., Skinner D. (2001). "Telescoped porphyry Cu-Mo-Au mineralisation, advanced argillic alteration and quartz-sulphide-gold-anhydrite veins in the Thames District, New Zealand. Mineralium Deposita", 36(7), pp. 623-640.
- Corbett G. (2002) "Epithermal gold for explorationists". Abstract for AIG Journal, Paper, 1.
- Craig J. R., Vaughan D. J., Hagni R. D. (1981). "Ore microscopy and ore petrography". (Vol. 406). New York: Wiley.
- Carter W. D. (1961). "Yacimieo de cober tipo, manto. su distribucion en fajas mineraizadas", provincia de Camprubi A., Albinson T. (2006). "Depósitos epitermales en México-Actualización de su conocimiento y reclasificación empírica". Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 58(1), 27-81
- De Haller A., Zúñiga A. J., Corfu, F., Fontboté L. (2002). "The iron oxide-Cu-Au deposit of Raúl-Fauvelet E., Eftekhari Nezhad J. (1990). "Explanatory text of the Taybad quadrangle map 1/250000", Ministry of mines and metals. Geological map Iran, survey of Iran, Tehran.
- Giffkins C. C., Herrmann W., Large, R. R. (2005). "Altered volcanic rocks: A guide to description and Haas J. L. (1971). "The effect of salinity on the maximum thermal gradient of a hydrothermal system at hydrostatic pressure". Economic Geology, 66(6), pp. 940-946.
- Hedenquist J. W., Lowenstern J. B. (1994). "The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits". Nature, 370(6490), pp. 519-527.

- Hosseini-Dinani H., Bagheri H., Esmaeili-Vardanjani M. (2015). "Mineralization and structural features of Kalchouyeh copper-gold deposit (west-central Iran)". *Arabian Journal of Geosciences*, 8(5), pp. 3007-3018.
- Hawkesworth C., Turner S., Peate D., McDermott F., van Calsteren P. (1997). "Elemental U and Th variations in island arc rocks: implications for U-series isotopes". *Chemical Geology*, 139(1), pp. 207-221.
- Kojima S., Trista-Aguilera D., Hayashi K. I. (2009). "Genetic Aspects of the Manto-type Copper Deposits Based on Geochemical Studies of North Chilean Deposits". *Resource geology*, 59(1), pp. 87-98.
- Kirkham R. V. (1996). "Volcanic redbed copper. Geology of Canadian Mineral Deposit". Types: Geological Survey of Canada, Geology of Canada, (8), pp. 241-252.
- Kojima S., Trista-Aguilera D., Hayashi, K. I. (2009). "Genetic Aspects of the Manto-type Copper Deposits Based on Geochemical Studies of North Chilean Deposits". *Resource geology*, 59(1), pp. 87-98.
- Kirkham R. V. (1996). "Volcanic redbed copper". Geology of Canadian Mineral Deposit Types: Geological Survey of Canada, Geology of Canada, (8), pp. 241-252.
- Kelemen P. B., Hanghøj K., Greene A. R. (2003). "One view of the geochemistry of subduction-related magmatic arcs, with an emphasis on primitive andesite and lower crust". *Treatise on geochemistry*, 3, pp. 593-659.
- Leat P. T., Pearce J. A., Barker P. F., Millar I. L., Barry T. L., Larter R. D. (2004). "Magma genesis and mantle flow at a subducting slab edge: the South Sandwich arc-basin system". *Earth and Planetary Science Letters*, 227(1), pp. 17-35.
- Large R., Huston D., McGoldrick P., McArthur G., Ruxton P. (1988). "Gold distribution and Genesis in Paleozoic Volcanogenic massive sulphide systems, Eastern Australia". *Bicentennial Gold*, 88, pp. 121-126.
- Morata D., Aguirre L. (2003). "Extensional Lower Cretaceous volcanism in the Coastal Range (29°20'–30°S), Chile: geochemistry and petrogenesis". *Journal of South American Earth Sciences*, 16(6), pp. 459-476.
- Middlemost E. A. (1975). "The basalt clan". *Earth-Science Reviews*, 11(4), pp. 337-364.
- Müller D., Groves D. I. (2000). "Potassic igneous rocks and associated gold-copper mineralization". (Vol. 252). Berlin: Springer.

- Maynard J. B. (2012). "Geochemistry of sedimentary ore deposits". Springer Science & Business Media.
- Mehrabi B., Siani M. G. (2012). "Intermediate Sulfidation Epithermal Pb-Zn-Cu ($\pm$ Ag-Au) Mineralization at Cheshmeh Hafez Deposit, Semnan Province, Iran". *Journal of the Geological Society of India*, 80(4), pp. 563-578.
- Piercey S. J. (2011). "The setting, style, and role of magmatism in the formation of volcanogenic massive sulfide deposits". *Mineralium Deposita*, 46(5-6), pp. 449-471.
- Pearce J. A. (1983). "Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins".
- Pirajno F. (2009). "Hydrothermal processes associated with meteorite impacts". In *Hydrothermal Processes and Mineral Systems*. Springer Netherlands. pp. 1097-1130
- Ruiz C., Peebles F. (1988). "Geología, distribución y génesis de los yacimientos metalíferos chilenos". Editorial Universitaria.
- Robert F., Brommecker R., Bourne B.T., Dobak P.J., McEwan, C.J., Rowe R. R., Zhou X. (2007). "Models and exploration methods for major gold deposit types". In *Proceedings of Exploration*, Vol. 7, pp. 691-711.
- Sillitoe R. H., Perelló J. (2005). "Andean copper province: Tectonomagmatic settings, deposit types, metallogeny, exploration, and discovery". *Economic Geology 100th Anniversary Volume*, pp. 845-890.
- Siahcheshm K., Calagari A. A., Abedini A. (2014). "Hydrothermal evolution in the Maher-Abad porphyry Cu-Au deposit, SW Birjand, Eastern Iran: evidence from fluid inclusions". *Ore Geology Reviews*, 58, 1-13.
- Sillitoe R. H. (2003). "Iron oxide-copper-gold deposits: an Andean view". *Mineralium Deposita*, 38(7), pp. 787-812.
- Simmons S. F., White N. C., John D. A. (2005). "Geological characteristics of epithermal precious and base metal deposits". *Economic Geology 100th anniversary volume*, 29, pp. 485-522.
- Sillitoe R. H., Hedenquist J. W. (2003). "Linkages between volcanotectonic settings, ore-fluid compositions, and epithermal precious metal deposits". *Special Publication-Society of Economic Geologists*, 10, pp. 315-343.

- Sillitoe R. H., Hedenquist J. W. (2003). "Linkages between volcanotectonic settings, ore-fluid compositions, and epithermal precious metal deposits". Special Publication-Society of Economic Geologists, 10, pp. 315-343
- Sun S. S., McDonough W. S. (1989). "Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes". Geological Society, London, Special Publications, 42(1), pp. 313-345.
- Sillitoe R. H. (1992). "Gold and copper metallogeny of the central Andes-Past, present, and future exploration objectives". Economic geology and the bulletin of society of economic geologists 87(8),
- Thompson R. N. (1982). "Magmatism of the British Tertiary volcanic province. Scottish Journal of Geology", 18(1), pp. 49-107.
- Tchalenko J. S., Berberian M., Behzadi H. (1973). "Geomorphologic and seismic evidence for recent activity on the Doruneh Fault, Iran". Tectonophysics, 19(4), pp. 333-341..
- Tosdal R. M., Munizaga F. (2003). "Lead sources in Mesozoic and Cenozoic Andean ore deposits", north-central Chile (30–34 S). Mineralium Deposita, 38(2), pp. 234-250.
- Wilson N. S., Zentilli M., Spiro B. (2003). "A sulfur, carbon, oxygen, and strontium isotope study of the volcanic-hosted El Soldado manto-type copper deposit, Chile: the essential role of bacteria and petroleum". Economic Geology, 98(1), pp. 163-174.
- White N. C., Hedenquist J. W. (1995). "Epithermal gold deposits: styles, characteristics and exploration". SEG newsletter, 23(1), pp. 9-13.
- Wendlandt R. F., Harrison W. J. (1979). "Rare earth partitioning between immiscible carbonate and silicate liquids and CO₂ vapor: results and implications for the formation of light rare earth-enriched rocks". Contributions to Mineralogy and Petrology, 69(4), pp. 409-419.
- Wilkinson J. J. (2001). "Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits". Lithos, 55(1), pp. 229-272.
- Wilson N. S., Zentilli, M. (2006). "Association of pyrobitumen with copper mineralization from the Uchumi and Talcuna districts, central Chile". International journal of coal geology, 65(1), pp. 158-169.
- White N.C. (2003). "Epithermal gold deposits. Society of Economic Geologists Beijing Gold Workshop", 25–26 Oct, p 118 (confidential document distributed in China University of Geosciences).
- Wood D. A. (1980). "The application of a Th Hf Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary Volcanic Province". Earth and planetary science letters, 50(1), pp. 11-30.
- Wilkinson J. J. (2001). "Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits". Lithos, 55(1), pp. 229-272.

سوست
چ

پیوست ۱: جدول مقادیر فراوانی عناصر فرعی و کمیاب در نمونه های منطقه ربیعی نیا

شماره نمونه	M.R-2	M.R-8	M.R-13	M.R-21	M.R-23
Ag	17/1	20/5	1/1	15/3	16/6
Al	71321	79198	32522	67652	65352
As	12/2	7/8	0	5/4	4/9
Ba	510	552	412	495	480
Be	1/1	1/3	1	½	1/1
Bi	0	0	0	0	0
Ca	11002	14989	45614	34500	27325
Cd	0	0	0	0	0
Ce	31	45	38	41	40
Co	27/3	20/4	20/7	23/5	21/4
Cr	69	69	81	74	72
Cs	3	13	3/5	8/2	7
Cu	38703	15219	1359	25458	23521
Dy	3/19	3/62	3/56	3/38	3/27
Er	1/63	1/83	1/82	1/73	1/7
Eu	1/55	1/86	1/62	1/97	1/58
Fe	43908	45708	40299	43215	42154
Gd	2/74	3/42	3/24	3/54	3/4
Hf	3/58	4	2/73	4/49	3/4
In	<0/5	<0/5	<0/5	<0/5	<0/5
K	24626	35544	27512	30512	28154
La	13	21	18	17	15
Li	81	36	31	59	48
Lu	0/28	0/29	0/27	0/26	0/26
Mg	0	11278	15364	16524	16989
Mn	823	530	1394	865	960

Mo	1	2	1	2	1
Na	21906	22076	26231	27251	26214
Nb	8/7	10/3	8/8	8/7	8/9
Nd	15/6	20/9	20/7	17/3	16/9
Ni	36	23	31	39	28
P	1255	1152	1181	1192	1189
Pb	36	59	0	40	41
Pr	4/34	5/78	5/42	4/71	4/79
Rb	79	151	94	84	87
S	302	967	528	564	573
Sb	<0/5	9/1	<0/5	<0/5	<0/5
Sc	15/9	16/5	16/5	16/4	16
Se	<0/5	<0/5	<0/5	<0/5	<0/5
Sm	3/24	4/04	3/79	3/27	3/29
Sn	2/8	4	2/3	2/4	2/4
Sr	316	336	191	304	301
Ta	0/85	0/92	0/77	0/79	0/8
Tb	0/55	0/66	0/63	0/59	0/6
Te	<0/1	<0/1	<0/1	<0/1	<0/1
Th	5/76	7/26	5/08	5/86	5/9
Ti	5187	5528	4405	5230	5107
Tl	0/39	0/67	0/49	0/49	0/51
Tm	0/26	0/3	0/28	0/27	0/29
U	2/1	2/17	1/8	1/99	1/91
V	195	181	186	183	184
W	<1	1/5	<1	<1	<1
Y	14/1	18/2	19/5	16/9	17/1
Yb	1/9	2/2	2	2/1	2
Zn	235	149	125	158	150
Zr	105	136	76	90	91

پیوست ۲: جدول مقادیر درصدی اصلی بر حسب درصد وزنی (به روش XRF) (منطقه ربیعی نیا)

شماره نمونه	M.R-2	M.R-8	M.R-13	M.R-21	M.R-23
SiO ₂	50/67	58/52	51/56	52/54	51/65
Al ₂ O ₃	15/33	15/91	15/3	15/34	15/37
BaO	0	0/05	0	0	0
CaO	1/76	2/2	7/49	2/64	2/51
Fe ₂ O ₃	6/77	6/88	6/33	6/51	6/54
K ₂ O	3/07	4/18	3/27	3/34	3/36
MgO	7/35	2/09	3	3/44	3/39
MnO	0/31	0/12	0/23	0/29	0/27
Na ₂ O	3/11	2/98	3/58	3/47	3/49
P ₂ O ₅	0/35	0/29	0/31	0/32	0/3
SO ₃	0/28	0/26	0/17	0/22	0/21
TiO ₂	0/85	0/85	0/69	0/75	0/74
LOI	5/89	4/1	7/92	6	6/1

پیوست ۳: مختصات و مشخصات گسل های برداشت شده در منطقه ربیعی نیا

شماره گسل	مختصات	امتداد	شیب	جهت شیب	کانه زایی/عدم کانه زایی
F1	35°25'18/1"	Az 90	54	E-w	کانه زایی
F2	54°49'8/0"	Az 67	35	N-W	کانه زایی
F3	35°25'21/3"	Az 90	90	N-S	کانه زایی
F4	54°49'03/2"	Az 82	67	S-E	کانه زایی
F5	35°25'14/4"	Az 35	35	N-W	کانه زایی
F6	54°47'55/6"	Az 60	40	N-W	کانه زایی
F7	35°25'14/4"	Az 100	80	N-E	کانه زایی
	54°47'55/6"				کانه زایی

پیوست ۴: علامت اختصاری کانی‌های مورد استفاده در فصل‌ها

Plg	Plagioclases
Am	Amphibole
Px	Pyroxene
Cal	Calcite
Qtz	Quartz
Mal	Malachite
Lim	Limonite
Hem	Hematite
Mag	Magnetite
Ser	Sericite
Si	Silisyom
Cc	Calcocyste
Cv	covellite
Cpy	Chalcopyrite
Gth	Goethite
Ba	barite

Abstract

Rabie Nia copper deposit is located in Semnan province, 140 km south of Shahroud, 20 km west of Trudeau and inside the Eocene volcanic-sedimentary belt of Trudeau-Chahshirin strip in the northern margin of the structural-sedimentary zone of Central Iran. Volcanic and magmatic activities in the belt from the Eocene to the Miocene have caused extensive hydrothermal alterations and mineralizations that are mainly related to subduction events in this zone. In the Trud-Chahshirin strip, the calc-alkaline and related mineralization volcanic activity is mostly associated with the left-handed Anjilo faults in the north and Trud in the south in a northeast-southeast direction. has happened. Studies on the host rock of the deposit indicate the presence of andesitic, basaltic and basaltic lavas along with pyroclastic rocks that were formed during the Middle Eocene-Oligocene volcanic activity. These rocks are associated with a variety of algalite, sericite, siliceous, carbonate, chlorite, and iron oxide alterations around the veins and in parts of the area. In addition, they are calc-alkaline in nature, rich in potassium to chaos. Mineralization in Rabieinia region is formed as a vein along the fault plates in the lava complex that the fractures resulting from the operation of these faults in the rocks of the region, a suitable place for the penetration of solutions They have created a hot spring. These faults and fractures are the main controllers of mineralization. Endogenous zone ores (hypogene) are generally composed of chalcopryrite, chalcocite. Such as colitis, azurite, malachite, and chrysocolla are formed in their place. The mineral texture is also seen as scattered granules, streaks, substitutions, voids and cloforms. / Th Examination of geochemical data of volcanic rocks in the region shows significant enrichment of K, Th, U, and Pb elements and depletion of Nb and Ti elements. The origin of magma can be attributed to the mantle wedge related to the subduction zone. Based on geochemical studies, copper has a significant correlation with the elements Ag, As, Fe, Ar, Al, Pb, Ni, Zn, Sr. These correlations are consistent with evidence of mineralogy (paragenesis and sequencing) is consistent. In general, according to the study of all lithological properties, structural control of mineralization, type of alteration and its expansion, simple mineralogy, geochemical studies, as well as their comparison with similar deposits, Rabieinia copper deposit can be In the category of copper ores, the Manto type was considered.

Keywords: Mineralogy, Geochemistry, Manto type copper, Middle-Upper Eocene, Rabie Nia,



Faculty of Earth Sciences

M.Sc Thesis in Economic Geology

**Study of mineralogy, geochemistry and genesis of
Rabieinia copper deposit, south of Damghan**

By:

Arzou Sadat Mirbagheri Dehaghani

Supervisors:

Dr. Farajollah Fardoost

Dr. Mehdi Rezaei Kahkhaei

October 2021