

# ساخت و بافت، کانی‌شناسی و مطالعه میانبارهای سیال کانسار روی-سرب - باریت کوه کلنگه، کمر بند فلز زایی ملایر - اصفهان، جنوب اراک

حمید پیرنجم‌الدین<sup>۱</sup>، ابراهیم راستاد<sup>۲\*</sup> و عبدالرحمان رجیبی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی دکترا، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

<sup>۲</sup>استاد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

<sup>۳</sup>استادیار، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۲۱

## چکیده

کانسار روی-سرب-باریت کوه کلنگه با سنگ میزبان کربناته در توالی آواری-کربناته کرتاسه زیرین حوضه جنوب اراک و در بخش میانی کمر بند فلز زایی ملایر-اصفهان در حوضه کششی پشت کماتی تشکیل شده است. کانه‌زایی به صورت هم‌روند با لایه‌بندی در بخش بالایی سنگ آهک خاکستری اریبتولین دار (واحد KI) در زیر واحد شیل-مارن با میان‌لایه سنگ آهک نازک لایه (واحد Ks) به سن آپسین رخ داده است. کانی‌های سولفیدی شامل اسفالریت، گالن و پیریت هستند و فراوان‌ترین کانی غیر سولفیدی باریت است که با کوارتز، کلسیت و دولومیت همراهی می‌شود. ساخت و بافت ماده معدنی به صورت برشی، جانیشینی، رگه-رگچه‌ای، لامینه-پراکنده و باریت توده‌ای همراه با سولفید است. دگرسانی‌های سیلیسی-کربناتی شدن (کلسیتی-دولومیتی) اصلی‌ترین دگرسانی‌های همراه با کانه‌زایی به شمار می‌روند. میانبارهای سیال مطالعه شده در کانسار را می‌توان به دو نوع تقسیم کرد. میانبارهای نوع اول، دوفازی غنی از مایع با شکل‌های کروی و بیضوی و آمیبی، میانگین دمای همگن‌شدگی آنها ۲۰۶/۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین درجه شوری ۸/۳ درصد وزنی معادل NaCl و میانبارهای نوع دوم، سه‌فازی (دو فاز مایع آب و CO<sub>2</sub> و یک فاز بخار) با شکل‌های کروی و بیضوی، میانگین دمای همگن‌شدگی ۲۳۴/۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین درجه شوری ۷/۱۷ درصد وزنی معادل NaCl هستند. با توجه به نتایج مطالعات صورت گرفته و بر پایه محیط زمین‌ساختی، نوع سنگ میزبان، شکل لایه‌ای کانسار، ساخت و بافت ماده معدنی، دمای همگن‌شدگی و درجه شوری میانبارهای سیال و رخداد باریت توده‌ای، می‌توان کانسار کوه کلنگه را مشابه با کانسارهای روی-سرب-باریت نوع ایرلندی در نظر گرفت.

**کلیدواژه‌ها:** کانه‌زایی روی-سرب-باریم، میزبان کربناته، کرتاسه زیرین، حوضه کششی پشت کماتی، نوع ایرلندی، کوه کلنگه، جنوب اراک.

E-mail: rastad@modares.ac.ir

\*نویسنده مسئول: ابراهیم راستاد

## ۱- پیش‌نوشتار

کانسار کوه کلنگه با مختصات جغرافیایی "۴۶° ۵۱' ۴۹" تا "۱۸° ۵۳' ۴۹" طول خاوری و "۵۴° ۴۲' ۳۳" تا "۳۸° ۴۳' ۳۳" عرض شمالی در ۲۲ کیلومتری شمال باختر شهرستان خمین در استان مرکزی جای دارد (پیرنجم‌الدین و همکاران، ۱۳۹۳؛ شکل ۱). این مقاله ضمن معرفی کانسار روی-سرب-باریت کوه کلنگه به عنوان نوع ایرلندی به بررسی ویژگی‌های ساخت و بافتی و کانی‌شناسی افق‌های کانسنگی و همچنین بررسی ویژگی‌های سیال تشکیل دهنده کانسار پرداخته است.

## ۲- روش پژوهش

در این پژوهش، برای بررسی ویژگی‌های سنگ میزبان کانه‌زایی تعیین جایگاه چینه‌ای افق‌های کانه‌زایی در کانسار کوه کلنگه ۴ مقطع زمین‌شناسی در راستای عمود بر روند لایه‌بندی در توالی رسوبی کرتاسه زیرین پیمایش و مطالعه میکروسکوپی (۲۲ مقطع نازک-صیقلی و ۱۰ مقطع نازک) روی نمونه‌های واحدهای سنگی Ks، Kld، Ksl انجام شده است. بر پایه داده‌های به دست آمده نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰ همراه با ستون چینه‌شناسی کانسار رسم و مطالعات کانی‌شناسی و ساخت و بافت صورت گرفته است. همچنین برای تفکیک کربنات‌ها (کلسیت از دولومیت)، رنگ‌آمیزی ۲۱ مقطع با محلول آلزیرین و فری سیانید روی مقاطع میکروسکوپی انجام شده است. افزون بر آن، ۷ مقطع دوبرصیقل از کانی‌های کوارتز، کلسیت و باریت مغزه‌های گمانه‌های حفاری شماره ۲ و ۵ و باریت‌های افق اول کانسار تهیه شد و در مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران مورد مطالعات ریزدامسنجی قرار گرفت تا شرایط دمایی و شوری سیال سازنده کانسار کوه کلنگه تعیین شود.

## ۳- جایگاه زمین‌شناسی

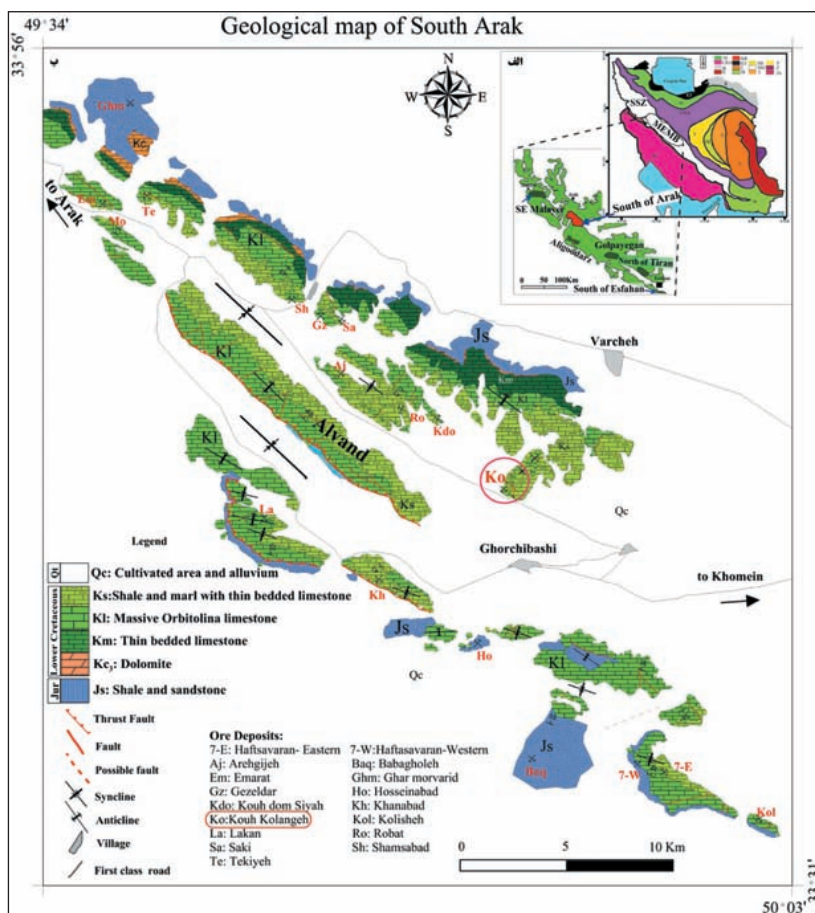
کمر بند فلز زایی ملایر-اصفهان، بخشی از پهنه ساختاری سندج-سیرجان است که

ذخایر سرب و روی با میزبان رسوبی از جمله بزرگ‌ترین منابع تأمین‌کننده سرب و روی در جهان هستند. این ذخایر بیشتر در سنگ‌های آواری-کربناتی (ذخایر نوع Sedex) و کربناتی (ذخایر نوع ایرلندی و نوع دره می‌سی‌سی‌پی MVT) گزارش شده‌اند (Goodfellow and Lydon, 2007; Leach et al., 2010; Wilkinson, 2014). در ایران نیز با توجه به حضور گسترده سرزمین‌های آواری و کربناتی، انواع مختلفی از ذخایر سرب و روی با میزبان رسوبی مورد مطالعه قرار گرفته است. به طور کلی، ذخایر سرب و روی با میزبان رسوبی در ایران در چهار کمر بند فلز زایی اصلی تشکیل شده‌اند که شامل کمر بند فلز زایی ملایر-اصفهان، یزد-انارک، طبس-پشت بادام و البرز مرکزی است (Rajabi et al., 2012). کمر بند فلز زایی ملایر-اصفهان، با طولی افزون بر ۴۰۰ کیلومتر و عرض ۹۰ کیلومتر، بزرگ‌ترین کمر بند فلز زایی سرب و روی در ایران و دربردارنده بیش از ۱۷۰ کانسار و نشانه معدنی است (Momenzadeh, 1976). منطقه معدنی جنوب اراک، غنی‌ترین ناحیه کانه‌زایی در کمر بند ملایر-اصفهان است که با طول ۶۰ کیلومتر و عرض ۲۰ کیلومتر، در بخش میانی آن جای دارد. جایگیری ۴۲ کانسار و نشانه معدنی از مجموع کانسارهای روی-سرب با میزبان کربناته در ناحیه جنوب اراک، از جمله کانسارهای عمارت (Ehya et al., 2010)؛ احیا، (۱۳۸۷)، تکیه (شهریاری، ۱۳۷۷)، موجان (فضلی و همکاران، ۱۳۹۱)، رباط (Mahdavi et al., 2016)، خان‌آباد، هفت‌سواران (محمودی و همکاران، ۱۳۹۳) و کوه کلنگه (پژوهش حاضر)، اهمیت رخداد این نوع کانه‌زایی را در این حوزه نشان می‌دهد.

جدیدترین پژوهش‌های انجام شده روی ذخایر سرب و روی کمر بند ملایر-اصفهان، ذخایر موجود در این کمر بند را از نوع MVT (Ehya et al., 2010)، سدکس (بویری و همکاران، ۱۳۹۴؛ Yarmohammadi et al., 2016; Boveiri Konari et al., 2017) دانسته‌اند.

شده است که بسیاری از کانسارهای روی و سرب از جمله آب‌باغ (موحدنیا، ۱۳۹۴)، ایرانکوه (Boveiri Konari et al., 2017)، تیران (Yarmohammadi et al., 2016) و بسیاری دیگر از کانسارهای روی-سرب با میزان کربناته (Rajabi et al., 2012) در حوضه‌های فروزمینی حاصل، نهشته شده‌اند.

بر پایه Mohajjel et al. (2003) و Mohajjel and Ferguson (2014) در موقعیت زمین‌ساختی پشت کماتی جای دارد و در نتیجه فرورانش اقیانوس نوتتیس به زیر صفحه ایران، ایجاد شده است (Ghasemi and Talbot, 2006). زمین‌ساخت کشتی کرتاسه زیرین سبب تشکیل حوضه‌های فرازمین و فروزمین در کمربند فلززایی ملایر-اصفهان



شکل ۱- الف) نقشه پهنه‌های ساختاری ایران (آقنابتی، ۱۳۸۳) و کمربند فلززایی ملایر- اصفهان (MEMB) بر پایه (Momenzadeh, 1976؛ ب) نقشه زمین‌شناسی ساده شده از توالی رسوبی حوضه جنوب اراک و جایگاه کانسارهای موجود در آن به همراه موقعیت کانسار کوه کلنگه (Ko) که با نشانه دایره مشخص شده است.

شده است، که به آن واحد Ks گفته می‌شود (شکل‌های ۲، ۳ و ۴). واحد Ks، با میان‌لایه‌های آهکی نازک‌لایه (Ksl) با رنگ نخودی و چین‌خوردگی‌های بسیار از واحد Kl به خوبی متمایز می‌شود. در بخش شمالی محدوده کانسار کوه کلنگه، واحد Ks با لایه مارنی کرم رنگ، با ستبرای میانگین ۸۰ سانتی‌متر شروع می‌شود که روی بخش بالایی واحد Klid جای گرفته است و به آن واحد Ksm گفته می‌شود (شکل‌های ۲ و ۴).

چین‌خوردگی‌های بسیار با روند شمال باختر- جنوب خاور در محدوده مورد مطالعه گسترش یافته‌اند (واعظی‌پور و خلقی، ۱۳۸۶؛ شکل ۱). رخداد گسلش امتدادلغز در منطقه معدنی سبب جابه‌جایی واحدهای سنگی میزبان کانه‌زایی در محدوده کانسار شده است (شکل ۲).

#### ۴- کانه‌زایی و افق‌های کانسنگی

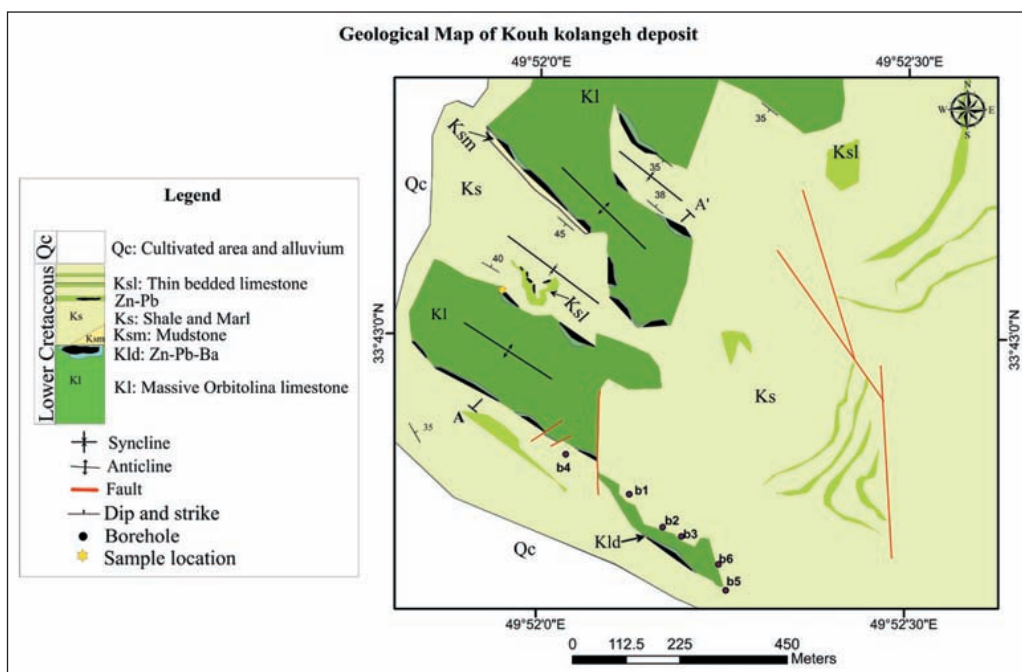
در کانسار کوه کلنگه ۲ افق کانسنگی دیده می‌شود. افق اول یعنی افق اصلی، در بخش بالایی واحد سنگ‌آهک توده‌ای اریبتولین دار و در زیر واحد Ks جای

کهن‌ترین سنگ‌های رخنمون یافته در ناحیه جنوب اراک و در منطقه مطالعاتی، واحدهای شیلی- ماسه‌سنگی تریاس- ژوراسیک بوده که به‌طور دگرشیب توسط واحد آواری کنگلومرا- ماسه‌سنگی قاعده کرتاسه و سپس واحدهای کربناته پوشیده شده است (Momenzadeh, 1976). در برخی نقاط ناحیه جنوب اراک، به ویژه در مقطع دوخواهران در فاصله ۱۰ کیلومتری جنوب باختر شازند، سنگ‌های آتشفشانی حد واسط با ترکیب آندزیت- بازالت روی واحد آواری قاعده کرتاسه جای گرفته‌اند (سهن‌دی و همکاران، ۱۳۸۶).

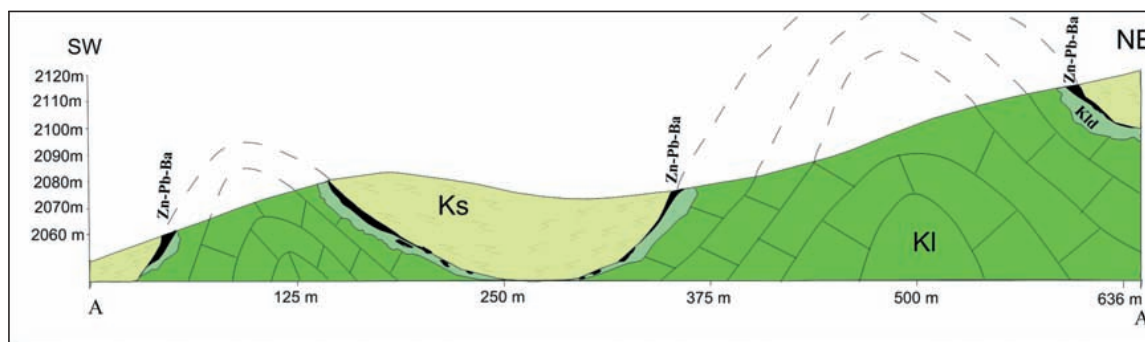
در محدوده کانسار کوه کلنگه، واحدهای آواری قاعده کرتاسه رخنمون ندارد و مرز میان واحدهای شیلی- ماسه‌سنگی ژوراسیک و کرتاسه گسلی است (شکل ۱). اولین واحدهای چینه‌ای کرتاسه در محدوده کانسار، سنگ‌آهک خاکستری توده‌ای ستبرلایه (واحد Kl) به ستبرای ۶۰ متر است (شکل ۲). این واحد غنی از ماکروفسیل‌های رودیست، گاستروپودا و انواع میکروفسیل‌ها از جمله اریبتولین و اکینودرم است. واحد Kl در ادامه توسط شیل و مارن با میان‌لایه‌های سنگ‌آهک نازک‌لایه به ستبرای ۱۰۰ متر و با ریخت‌شناسی (Morphology) نرم پوشیده

متغیر از ۱ تا ۱۰ متر و میکروفسیل‌های اربیتولین، در برخی بخش‌ها تحت تأثیر دگرسانی سیلیسی و کربناتی، کانه‌زایی ضعیفی از روی-سرب در آن دیده می‌شود، که به‌عنوان افق دوم میزبان کانسنگ در نظر گرفته شده است (شکل‌های ۲ و ۴).

گرفته است. ورود سیال‌های مرتبط با کانه‌زایی، موجب رخداد دگرسانی‌های سیلیسی و کربناتی (کلسیت و دولومیت) در این بخش شده است و به آن واحد Kld گفته می‌شود (شکل ۲). افق دوم کانسنگی در میان‌لایه‌های سنگ آهک نازک‌لایه واحد Ks جای دارد و Ksl نامیده می‌شود. این واحد با ستبرای



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی کانسار کوه کلنگه و موقعیت کانه‌زایی‌های روی-سرب-باریت در واحدهای چینه‌ای Kl و Ksl.



شکل ۳- مقطع زمین‌شناسی (AA) از توالی رسوبی کرتاسه زیرین در منطقه معدنی کوه کلنگه و موقعیت چینه‌ای کانه‌زایی روی-سرب-باریت در آن. چین‌خوردگی‌های بسیار سبب تکرار افق‌های کانه‌زایی شده است (محل مقطع زمین‌شناسی همراه با راهنمای آن روی شکل ۲ مشخص شده است).

### ۵- محیط تشکیل سنگ میزبان کانه‌زایی

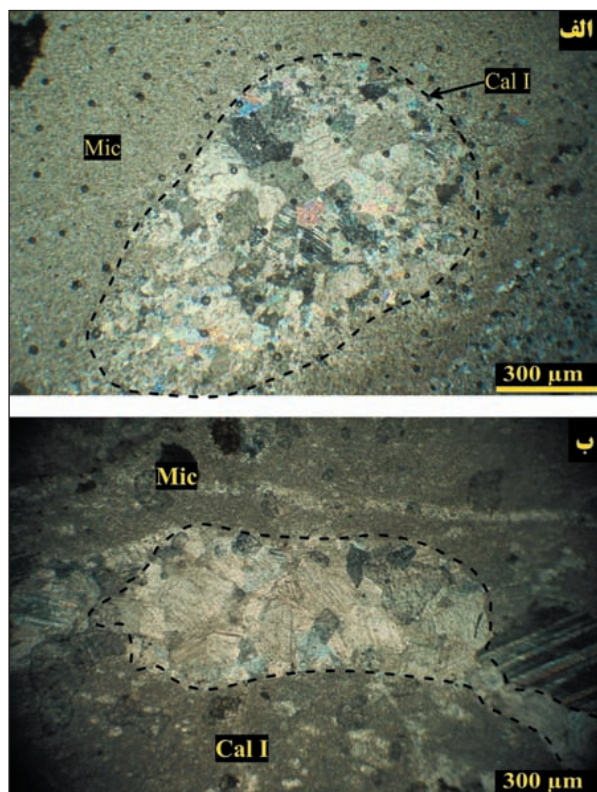
بر پایه مشاهدات صحرایی و مطالعات میکروسکوپی، سنگ آهک خاکستری توده‌ای (Kl) و سنگ آهک میزبان کانه‌زایی (Kld) اصلی کانسنگی، دارای رودیست و اربیتولین (Orbitolina Discoidea) است. حضور رودیست‌ها به شرایطی از جمله گسترش سکوی کربناته و دمای بالا نیاز دارد (Skelton and Gili, 2012). همچنین فراوانی اربیتولین (Orbitolina Discoidea) در ارتباط با حضور جریان‌های رسوبات آواری-تخریبی، پیشروی آب دریا و تغییر در شکل سکوی کربناته و تشکیل رمپ کربناته است (Vilas et al., 1995). حضور استیلولیت‌های ستونی در واحد Kld میزبان کانه‌زایی بر پایه Tada and Siever (1989) نشانه خالص بودن سنگ آهک و نبود

ناخالصی رسی در آن است. واحد Kl، ترکیب میکریٹ-بایومیکریتی دارد که با توجه به ویژگی‌های بافتی و شرایط رسوبی در رده‌بندی (Dunham, 1962) و کستون نام دارد. ترکیب میکریٹ-بایومیکریٹ در رخساره و کستون، نشان از تشکیل این واحد رسوبی در رمپ کربناته و در یک محیط کم انرژی و آرام دارد (Waasbergen, 1995). آدابی و جمالیان (۱۳۸۶) بر پایه مطالعات ایزوتوپی اکسیژن انجام شده روی واحدهای کربناتی منطقه رباط (در فاصله ۷ کیلومتری باختر کانسار کوه کلنگه)، دمای تشکیل آنها را ۷۵ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته و تمرکز پایین Sr و Na و مقدار بالای Mn را حاصل تأثیر سیال جوی بر این واحدهای کربناتی دانسته‌اند. سیمان

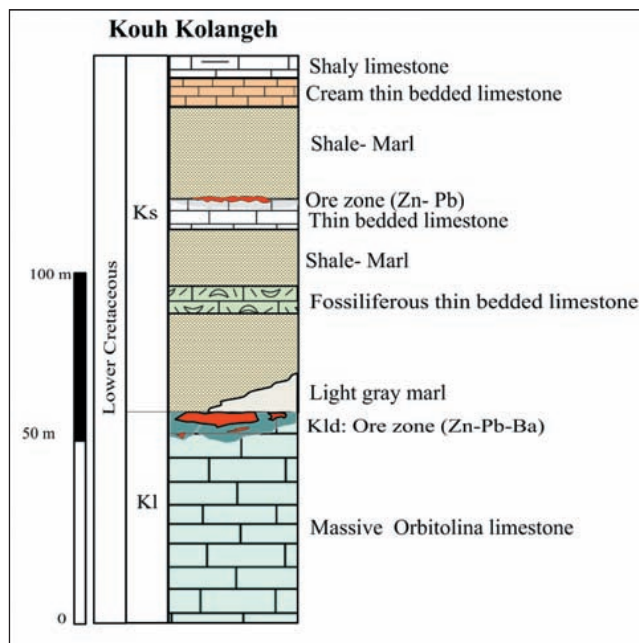


تشکیل واحدهای رسوبی در محیط‌های کم‌ژرفا، کم‌انرژی و دمابالا و در یک محیط سکوی کربناته است (Flugel, 2010).

هم‌بعد (unimodal)، موزاییکی، بی‌شکل و سیمان Drusy در واحد سنگ آهک خاکستری اربیتولین دار دیده می‌شود (شکل ۵). حضور این نوع سیمان‌ها بیانگر



شکل ۵- انواع سیمان کلسیتی در واحد K1 کانسار کوه کلنگه. الف) سیمان کلسیتی Drusy نسل اول، حفرات موجود زمینه میکریت را پر کرده است؛ بلورهای کلسیت (Cal I) از حاشیه به سوی مرکز حفره درشت می‌شوند؛ ب) سیمان کلسیتی Blocky نسل اول در زمینه میکریتی؛ بلورهای کلسیت (Cal I) با مرز مشخص بلوری از متوسط تا درشت و بدون جهت‌یافتگی دیده می‌شوند.



شکل ۴- ستون چینه‌شناسی عمومی کانسار کوه کلنگه و موقعیت جایگاه افق اول کانه‌زایی (K1d) در بخش بالایی سنگ‌آهک سترلایه (K1) و افق دوم کانه‌زایی در سنگ‌آهک نازک‌لایه واحد (Ks).

### ۶-۱. ساخت و بافت برشی

یکی از ساخت و بافت‌های کانه‌دار در کانسار کوه کلنگه، که محدود به محل گسل همزمان با رسوب‌گذاری بوده، ساخت و بافت برشی است. مطالعات گمانه‌های حفاری نشان می‌دهد که این ساخت و بافت در فرادایره گسل همزمان با رسوب‌گذاری از گسترش گسترده‌ای دارد و با دور شدن از محل گسل عادی همزمان با رسوب‌گذاری، از فراوانی و گسترش آن کاسته می‌شود (شکل ۶). در ساخت برشی قطعات سنگ‌آهک با شکل‌های زاویه‌دار تا نیمه گرد شده در زمینه دیده می‌شود. سولفیدها (اسفالریت، گالن و پیریت) به صورت جانشینی در قطعات سنگ‌آهک و پراکنده در زمینه برش و در مرز قطعات برشی شده حضور دارند (شکل ۷). سیمان برش شامل کلسیت، دولومیت و کوارتز است (شکل ۷-ج). در ساخت و بافت برشی، پدیده جانشینی گسترش دارد. سولفیدها جانشین قطعات و زمینه آهکی و اسفالریت جانشین دیگر سولفیدها شده است (شکل ۷-د).

### ۶-۲. ساخت و بافت رگه-رگچه‌ای

رگه-رگچه‌های سیلیسی-کربناتی (کلسیت-دولومیت) دارای سولفید با سترای متغیر، به خوبی در مغزه‌های گمانه‌های حفاری (شکل ۸) دیده می‌شود. کانی‌شناسی رگه‌ها شامل اسفالریت، گالن، پیریت و سروزیت همراه با اکسیدهای آهن است. اسفالریت و گالن، فراوان‌ترین کانی‌های سولفیدی

مطالعات زمین‌شناسی و انطباق گمانه‌های حفاری در محدوده معدنی کوه کلنگه نشان از فعال بودن یک سری از گسل‌ها در زمان رسوب‌گذاری و تشکیل توالی رسوبی در حوضه جنوب اراک دارد؛ این شواهد عبارتند از: (۱) تغییر سترای رسوبات از محل گسل به سوی اطراف؛ به طوری که بیشترین سترای رسوبات در فرادایره گسل‌های عادی ته‌نشست یافته است؛ (۲) حضور برش‌های همزمان با رسوب‌گذاری، (۳) وجود ساخت و بافت‌های رگه-رگچه‌ای دارای سولفید و انواع دگرسانی‌ها در بخش فرادایره گسل (شکل ۶).

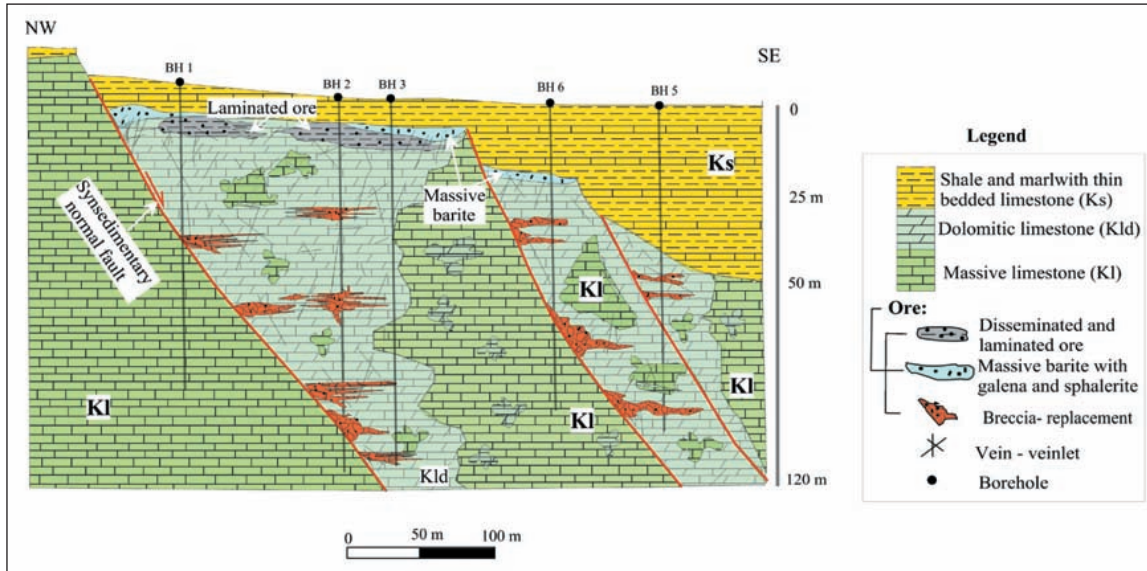
مشابه چنین گسل‌هایی در حوضه زیرگان-چاه میر (رجبی، ۱۳۹۱)، حوضه ایرانکوه (بویری، ۱۳۹۴)، حوضه تیران (یارمحمدی، ۱۳۹۴) و حوضه جنوب یزد (مغفوری، ۱۳۹۵) نیز شناسایی شده است.

### ۶-۳. ساخت و بافت ماده معدنی در افق‌های کانسنگی

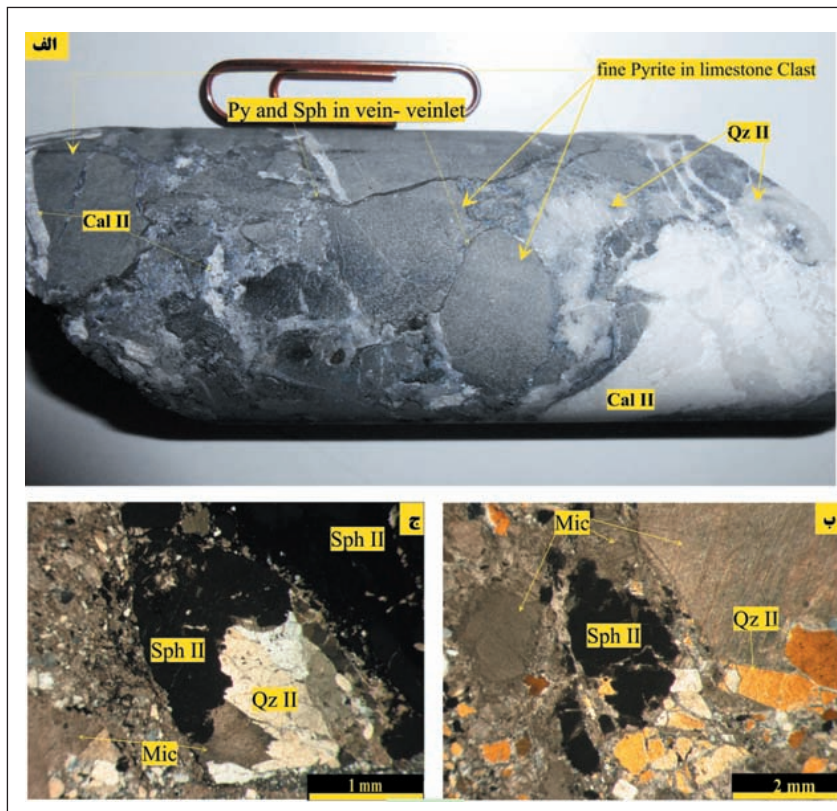
بر پایه بررسی‌های صحرایی و مطالعه مغزه‌های گمانه‌های حفاری و نمونه‌های دستی و میکروسکوپی، ساخت و بافت‌های برشی، جانشینی، رگه-رگچه‌ای و باریت توده‌ای همراه با سولفید دیده می‌شود (شکل ۶). گفتنی است که در افق اول اصلی کانسنگی، با میزبان واحد K1d هر سه نوع ساخت و بافت حضور دارد؛ ولی در افق دوم کانسنگی در واحد Ks، تنها ساخت و بافت دانه‌پراکنده دیده می‌شود.

قطع می‌کند و در بخش‌های سطحی کانسار این رگه- رگچه‌ها به ساخت و بافت لامینه- پراکنده و باریت توده‌ای همراه با سولفید می‌انجامد که در سطح به صورت لایه‌ای رخنمون دارند (شکل ۶).

دیده شده در رگه- رگچه‌ها هستند (شکل ۸). گسترش این رگه- رگچه‌ها در بخش‌های ژرف کانسار است. مطالعات روابط ساخت و بافتی در کانسار کوه کلنگه نشان می‌دهد که ساخت و بافت رگه- رگچه‌ای، بافت برشی را

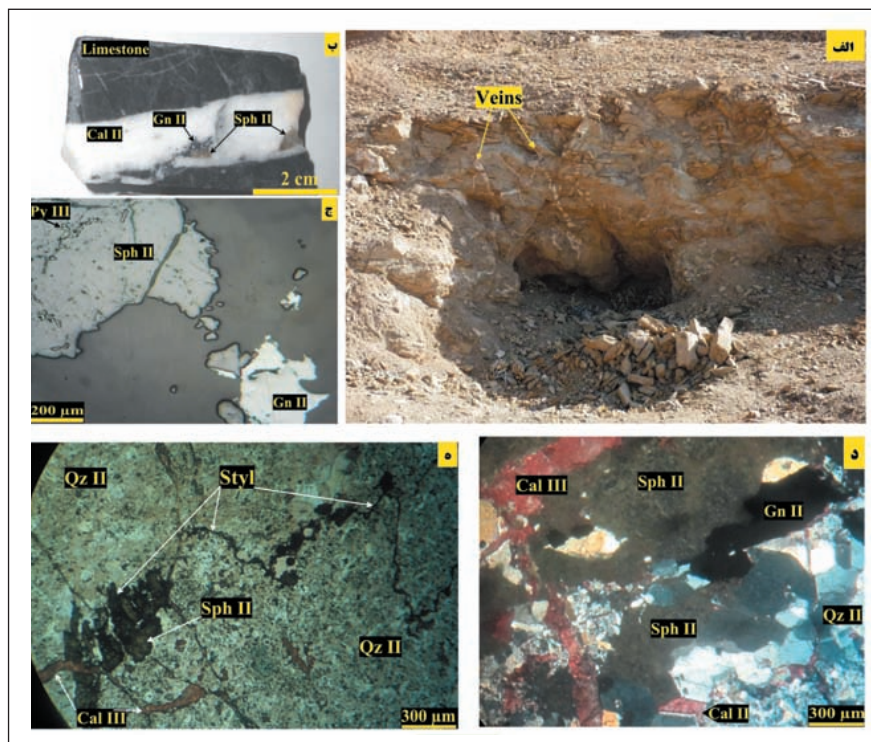


شکل ۶- نقشه زیر سطحی رسم شده بر پایه گمانه‌های حفاری در کانسار کوه کلنگه. کانه‌زایی در فرادیواره گسل‌های عادی تشکیل شده است. کانه‌زایی باریتی به صورت پوشاننده در بخش بالایی کانسار قرار گرفته است.



شکل ۷- ساخت و بافت برشی- جانشینی. الف) نمونه دستی از ساخت و بافت برشی که قطعات برش‌ها از سنگ آهک دارای پیریت‌های دانه‌پراکنده تشکیل شده و سیمان میان برش‌ها شامل کلسیت (Cal II) و کوارتز (Qz II) و پیریت است؛ ب) اسفالریت (Sph II) و کوارتز (Qz II) جانشین قطعات سنگ آهک میکربیتی (Mic) شده‌اند؛ ج) بافت برشی- جانشینی؛ اسفالریت (Sph II) جانشین قطعات سنگ آهک میکربیتی (Mic) و کوارتز (Qz II) شده است. اسفالریت‌های نسل دوم (Sph II) افزون بر جانشینی به صورت سیمان در فضای میان قطعات دیده می‌شوند.





شکل ۸- ساخت و بافت رگه- رگچه‌ای در کانسار کوه کلنگه. الف) رگه - رگچه‌های سیلیسی- کربناتی دارای سولفید، سنگ‌آهک توده‌ای خاکستری اریبتولین دار را قطع کرده است؛ ب) اسفالریت (Sph II) همراه با گالن (Gn II) و رگه رگچه های کلسیت (Cal II) تشکیل دهنده‌های اصلی رگه- رگچه های مرحله اصلی کانه‌زایی کانسار کوه کلنگه هستند؛ ج) تصویر میکروسکوپی از رگه- رگچه‌های سیلیسی- کربناتی دارای اسفالریت (Sph II)، گالن (Gn II) و پیریت (Py III) کانه‌زایی در کانسار کوه کلنگه؛ د) تصویر میکروسکوپی از قطع شدگی رگه- رگچه‌های دارای اسفالریت (Sph II) و گالن (Gn II) توسط رگچه‌های کلسیت (Cal III) یا مرحله تأخیری (مقطع رنگ آمیزی شده در نور XPL)؛ ه) تشکیل اسفالریت (Sph II) در مجاورت استیلولیت (Styl)؛ کل مجموعه توسط کلسیت مرحله سوم (Cal III) قطع شده است (مقطع رنگ آمیزی شده در نور PPL).

همزمان با رسوب‌گذاری تا دیاژنز اولیه تشکیل می‌شود. همراه با پیریت‌های فراموبیدال، کانی‌های اسفالریت و گالن به‌صورت هم‌رشدی دیده می‌شود. این هم‌رشدی بیانگر تشکیل آنها به‌صورت هم‌زمان است. پیریت‌های فراموبیدال به پیریت‌های نیمه‌شکل‌دار و در پایان به بلورهای پیریت شکل‌دار نسل دوم (Py II) تبدیل می‌شوند (شکل ۱۰-ج).

#### ۷- دگرسانی

دگرسانی‌های سیلیسی و کربناتی (دولومیتی- کلسیتی) در بخش‌های مختلف کانسار کوه کلنگه، گسترش و شدت متفاوتی دارند. سیلیسی شدن در کانسار کوه کلنگه به‌صورت ریزدانه در متن سنگ و به‌صورت رگه- رگچه‌ای، در بخش بالایی سنگ‌آهک خاکستری اریبتولین دار دیده می‌شود. در مقاطع میکروسکوپی، کوارتزهای ریزبلور و رشته‌ای (QzI) به‌صورت جانشینی در زمینه و حفرات سنگ میکربیتی و باریت نسل اول (Ba I) دیده می‌شوند (شکل ۱۱-ب). کوارتزهای درشت‌بلور (QzII) رگه- رگچه‌ای، به همراه فاز اصلی کانه‌زایی سولفیدی تشکیل شده‌اند (شکل ۸-د).

دگرسانی کربناتی به‌صورت کلسیتی و دولومیتی است. گسترش دگرسانی کلسیتی در کانسار کوه کلنگه بیشتر از دگرسانی دولومیتی است. کلسیتی شدن از ابتدای مرحله دیاژنز به شکل اسپاریت (Cal I) و به شکل جانشینی در میکروفسیل‌های سنگ‌آهک و نیز به‌صورت پرکننده حفرات دیده می‌شود (شکل ۵). بیشترین

#### ۳-۶. ساخت و بافت توده‌ای باریت همراه با سولفید

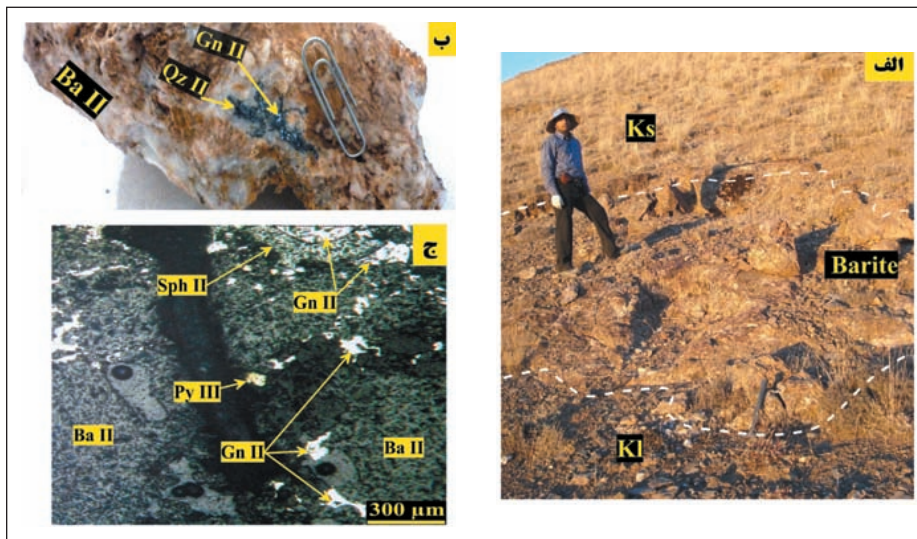
باریت توده‌ای همراه با سولفید در بخش بالایی سنگ‌آهک خاکستری سیلیسی- کربناتی (کلسیت- دولومیت) شده و در بالای پهنه رگه- رگچه‌ای، بخشی از افق اول اصلی کانسنگی است. کانه‌زایی در این بخش، شکل چینه‌سان و طولی حدود ۳۰۰ متر و ستبرای ۱ تا ۳ متر دارد (شکل‌های ۲ و ۹- الف). کانی‌های سولفیدی گالن، اسفالریت و پیریت به‌صورت پراکنده در باریت دیده می‌شود (شکل‌های ۹-ب و ج).

#### ۴-۶. ساخت و بافت لامینه - پراکنده:

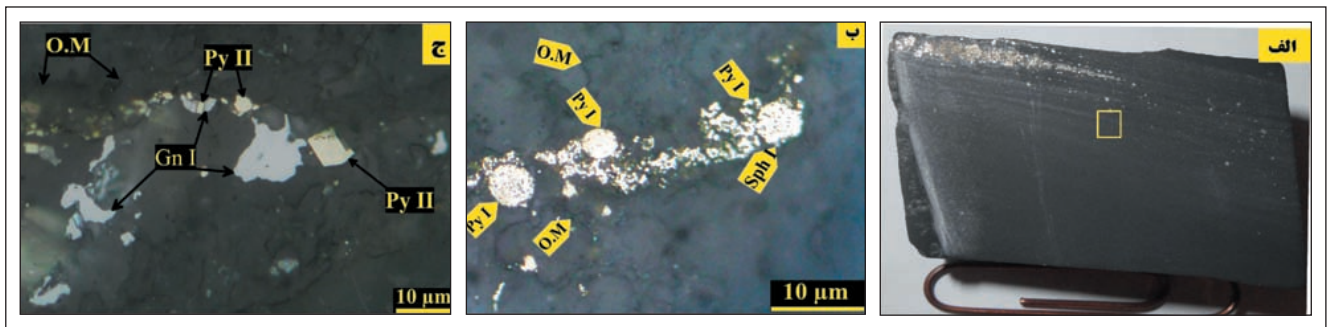
سنگ‌آهک خاکستری اریبتولین دار با ستبرای ۸ تا ۱۰ متر (شکل ۶)، میزبان سولفیدهای دانه‌پراکنده است که به‌صورت لامینه و افشان در متن سنگ حضور دارند. این سولفیدها شامل پیریت فراموبیدال، اسفالریت و گالن بسیار ریز هستند (شکل ۱۰). لامینه‌ها در این بخش شامل تناوب بخش‌های تیره و روشن همراه با لامینه‌های سولفیدی است (شکل ۱۰- الف). بخش‌های تیره از میکربیت و بخش‌های روشن از میکرواسپاریت و دولومیت نوع اول (Dol I) تشکیل شده است. در این لامینه‌ها پیریت فراموبیدال (Py I) و اسفالریت (Sph I) و به مقدار کمتر گالن (Gn I) حضور دارند؛ تشکیل سولفیدها با حضور مواد آلی (Organic matter) ارتباط مستقیم دارد؛ به‌طوری‌که با افزایش مواد آلی، کانی‌های سولفیدی نیز به‌صورت لامینه و پراکنده در متن مواد آلی موجود در سنگ‌آهک افزایش می‌یابد (شکل‌های ۱۰-ب و ج). تجمع ریزدانه‌های پیریت فراموبیدال، به‌صورت گویچه‌هایی در اندازه ۱۰ میکرون است. بر پایه (Gadd Layton- Matthews (2015 این نوع پیریت (Py I) در مرحله

موارد، رگه- رگچه‌های درشت‌بلور کلسیت (Cal III)، فاز اصلی کانه‌زایی و زمینه اولیه سنگ میزبان را قطع کرده‌اند (شکل‌های ۹- ج و د).

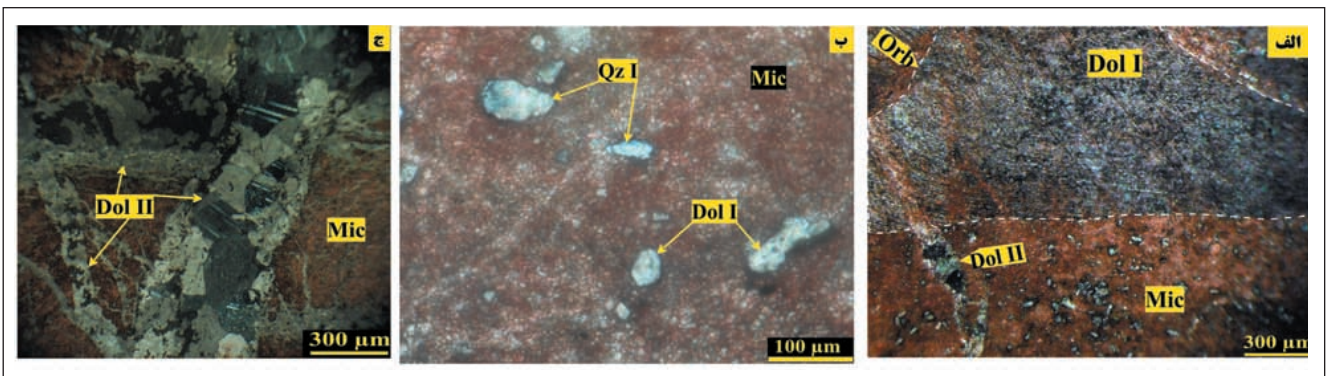
گسترش دگرسانی کلسیتی همراه با فاز کانه‌زایی است و درشت‌بلورهای کلسیت (Cal II)، همراه با کانی‌های سولفیدی نهشته شده‌اند (شکل‌های ۷ و ۸). در برخی از



شکل ۹- ساخت و بافت باریت توده‌ای همراه با سولفید در کانسار کوه کلنگه. الف) عدسی باریت توده‌ای در افق اول کانه‌زایی در بخش بالایی Kl و در زیر واحد Ks؛ ب) نمونه دستی کانسنگ توده‌ای باریت، از افق اول کانه‌زایی (شکل الف) دارای باریت توده‌ای (Ba II)، گالن (Gn II) و کوارتز (Qz II)؛ ج) تصویر میکروسکوپی بازتابی، از باریت توده‌ای که در آن اسفالریت (Sph II) جانشین گالن (Gn II) شده است.



شکل ۱۰- ساخت و بافت لامینه در کانسار روی-سرب- باریت کوه کلنگه. الف) نمونه دستی از سنگ‌آهک میکربیتی غنی از مواد آلی، که لامینه‌های غنی از پیریت (Py I) و اسفالریت (Sph I) با رنگ روشن مشخص است؛ ب) تصویر میکروسکوپی از شکل الف، شامل تجمع پیریت فراموبیدال و اسفالریت (Sph I) در بخش غنی از مواد آلی (O.M)؛ ج) تصویر میکروسکوپی از پیریت‌های خود شکل (Py II) که از تبلور پیریت‌های فراموبیدال (Py I) در طی دیاژنز تشکیل و همراه با گالن نسل اول (Gn I) دیده می‌شود.



شکل ۱۱- دگرسانی دولومیتی در سنگ‌آهک توده‌ای اربیتولین دار. الف) دولومیت گرمابی (Dol I) جانشین میکروفسیل اربیتولین (Orbitolina Discoidea) شده و رگچه دولومیت (Dol II) زمینه میکربیت و اربیتولین (Orbitolina Discoidea) را قطع کرده است؛ ب) دولومیت گرمابی (Dol I) و کوارتز (Qz I) به صورت پراکنده در متن میکربیت دیده می‌شود؛ ج) رگه- رگچه‌های دولومیت گرمابی (Dol II) شکل دار، زمینه میکربیت را قطع کرده است (مقطع نازک رنگ آمیزی شده در نور XPL).



نوع اول، پس از آن دولومیت‌های نوع دوم و در پایان کانی‌های سولفیدی ایجاد شده‌اند (شکل ۱۱).

### ۸-۱- توالی پاراژنزی و مراحل کانه‌زایی

بر پایه مطالعات نمونه‌های دستی، مغزه‌های حفاری و مشاهدات میکروسکوپی ساخت و بافت‌های کانسنگ، می‌توان نسل‌های مختلف کانیایی را از یکدیگر تفکیک کرد. بر این اساس، هر یک از کانی‌های باریت، پیریت، گالن و اسفالریت، در دو مرحله و یا دو نسل تشکیل شده‌اند. کانی‌های نسل اول، همگی ریزبلور هستند و در کانسنگ سولفیدی لامینه-دانه پراکنده دیده می‌شوند. در حالی که کانی‌های نسل دوم (II)، دانه درشت هستند و در پهنه برشی، باریت توده‌ای با سولفید پراکنده و رگه-رگچه‌ای، دیده می‌شوند (جدول ۱). کانه‌زایی در کانسار کوه کلنگه از دید زمان رخداد کانه‌زایی به سه مرحله پیش از کانه‌زایی، کانه‌زایی اصلی و مرحله پس از کانه‌زایی تقسیم می‌شود.

دگرسانی دولومیتی، در کانسار کوه کلنگه در هر ۲ مرحله پیش از کانه‌زایی و همزمان با کانه‌زایی در سنگ‌آهک خاکستری رخ داده است. این دگرسانی گسترش کمی دارد؛ به طوری که دولومیت‌های گرمایی در متن میکریتی سنگ‌آهک به صورت پراکنده و شناور دیده می‌شوند (شکل ۹-ب). بر پایه رده بندی Sibley and Gregg (1987)، ۲ نوع دولومیت گرمایی در کانسار کوه کلنگه وجود دارد. دولومیت‌های نوع اول (Dol I)، ریزبلور، تک‌بعد (unimodal) و نیمه‌شکل دار (Planar-S) همراه با کلسیت (Cal I) در زمینه سنگ، نیز به صورت پراکنده حفرات و جانشینی در بلورهای باریت نسل اول دیده می‌شود. دولومیت‌های نوع دوم (Dol II)، درشت‌بلور، نیمه‌شکل دار تا رومبوند و همراه با مرحله اصلی کانه‌زایی هستند و به صورت رگه-رگچه‌ای سنگ میزبان را قطع کرده‌اند. دولومیت‌های نوع دوم، دولومیت‌های نوع اول را قطع کرده و خود نیز توسط کانی‌های سولفیدی جانشین شده‌اند. بنابراین، از دید زمانی ابتدا دولومیت‌های

جدول ۱- مراحل تشکیل و توالی پاراژنزی کانه‌ها و کانی‌ها در کانسار روی-سرب-باریت کوه کلنگه.

Paragenetic sequence of Kouh Kolangh Zn-Pb-Ba Deposit

Minerals	Pre ore stage	Main ore stage	Post ore stage	Supergene
Calcite	(Cal I)	(Cal II)	(Cal III)	
Barite	(Ba I)	(Ba II)		
Dolomite	(Dol I)	(Dol II)		
Quartz	(Qz I)	(Qz II)		
Pyrite	(Py I) (Py II)	(Py III)		
Galena	(Gn I)	(Gn II)		
Sphalerite	(Sph I)	(Sph II)		
Hemimorphite				
Cerussite				
Goethite/Hematite				
Alteration	Carbonatization			
	Silicification			

### ۸-۲. مرحله کانه‌زایی اصلی

در آغاز مرحله اصلی کانه‌زایی، کلسیت (Cal II)، کوآرتز (Qz II) و دولومیت (Dol II) همراه با باریت (Ba II) تشکیل و در پی آن کانی‌های سولفیدی پیریت (Py III)، گالن (Gn II) و اسفالریت (Sph II) جانشین آنها شده‌اند. اسفالریت (Sph II)، فراوان‌ترین کانی سولفیدی تشکیل شده در این مرحله است که جانشین دیگر کانی‌های سولفیدی از جمله گالن (Gn II) شده است (شکل‌های ۷، ۸ و ۹). نکته قابل توجه، همراهی اسفالریت فاز اصلی کانه‌زایی (Sph II) با استیلولیت‌های دیاژنزی است. این استیلولیت‌ها در ادامه توسط کلسیت مرحله تأخیری (Ca III) قطع شده‌اند (شکل ۸-ه).

### ۸-۳. مرحله پس از کانه‌زایی

در این مرحله، آثاری از کانه‌زایی سولفیدی و سولفاتی دیده نمی‌شود. کلسیت نوع سوم (Cal III)، تنها کانی تشکیل شده در این مرحله است که مجموعه کانه‌زایی مرحله اصلی و از جمله اسفالریت (Sph II) را قطع کرده است (شکل‌های ۸-د و ه).

### ۸-۱. مرحله پیش از کانه‌زایی

با شروع رسوب‌گذاری و آغاز دیاژنزی، کانی باریت نسل اول (Ba I) به صورت دانه‌پراکنده در زمینه گل میکریتی تشکیل شده است. در ادامه، زمینه میکریتی توسط دولومیت و کوآرتز گرمایی نوع اول جانشین شده است (شکل ۱۱).

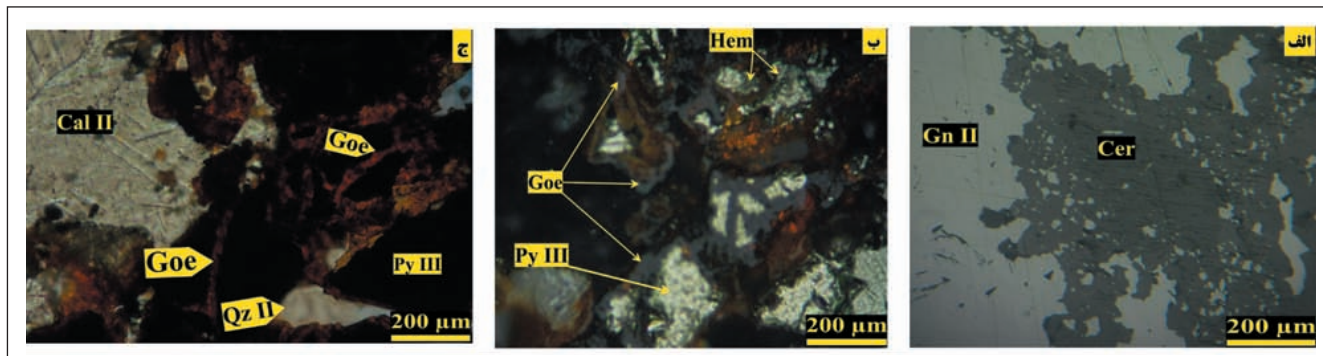
پیریت فرامبوئیدال (Py I) با بافت تجمعی و اندازه یک میکرون، گالن نسل اول (Gn I) و اسفالریت نسل اول (Sph I) نیز در این مرحله از کانه‌زایی تشکیل شده‌اند. در ادامه دیاژنزی، پیریت‌های فرامبوئیدال متبلور شده و از حالت گویچه‌ای به صورت بلوری و شکل دار (Py II) تبدیل شده‌اند که این تغییر با افزایش اندازه آنها تا ۳۰ میکرون همراه است. با افزایش اندازه، تعداد پیریت‌ها هم کمتر شده و ولی همچنان بافت تجمعی آنها حفظ شده است. اسفالریت (Sph I) همراه با پیریت فرامبوئیدال رشد کرده (شکل ۱۱-ب) و تشکیل آن همراه با تکامل شکل پیریت‌های فرامبوئیدال به صورت شکل دار (Py II) ادامه می‌یابد. همراه با پیریت نسل دوم (Py II)، گالن (Gn I) به صورت مکعبی و در اندازه پیریت (Py II) دیده شده می‌شود (شکل ۱۱).



۴-۸. مرحله پروژاد (Supergene)

همی مورفیت در بخش باریت توده‌ای و سروریت به مقدار کم در مغزه‌های حفاری در حاشیه گالن دیده می‌شوند (شکل ۱۲-الف). گوتیت و هماتیت در اثر اکسایش کانی پیریت، تشکیل شده‌اند (شکل‌های ۱۲-ب و ج).

گسترش پهنه غیر سولفیدی در کانسار کوه کلنگه، کم بوده و محدود به سطح رخنمون‌یافته کانسار است. طی فرایند پروژاد، کانی‌های سولفیدی به کانی‌های کربناته روی و سرب و کانی‌های اکسید و هیدروکسید آهن تبدیل شده‌اند. کانی



شکل ۱۲-الف) تصویر میکروسکوپی از شکل‌گیری سروریت از گالن (Gn II) هوازده در کانسار کوه کلنگه؛ ب و ج) تشکیل هماتیت (Hem) و گوتیت (Goe) حاصل از هوازده‌گی پیریت (Py III) در نور بازتابی و عبوری.

۹- مطالعه ریزدماسنجی میانبارهای سیال

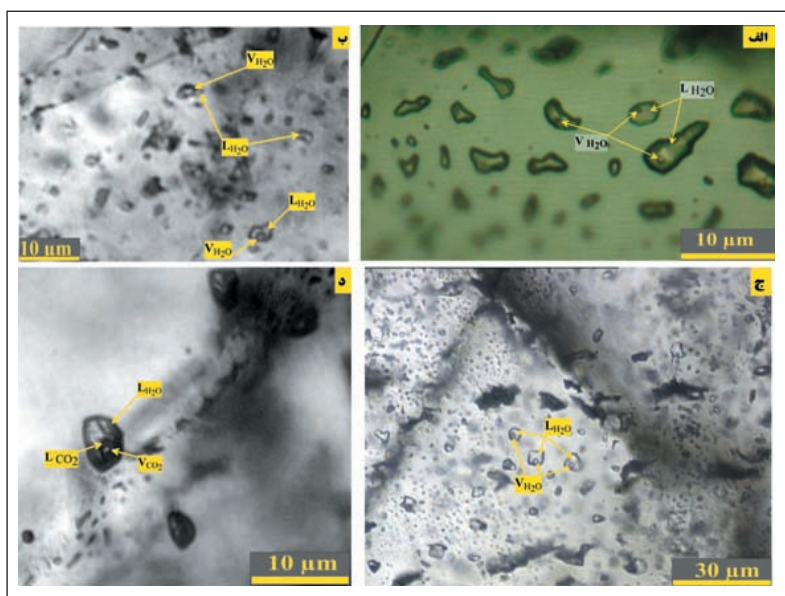
درجه شوری و دمای ذوب یخ (Tm-ice)) میانبارهای سیال مطالعه شده در کانی‌های اسفالریت، کوارتز و کلسیت در کانسنگ‌های برشی همزمان با رسوب‌گذاری و باریت توده‌ای به عنوان پایه تقسیم‌بندی انتخاب و مطالعه شد. میانبارهای کانسنگ رگه-رگچه‌ای به علت اندازه کوچک برای مطالعه ریزدماسنجی مناسب نبودند. میانبارهای سیال در کانسار کوه کلنگه به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۹-۱. میانبارهای نوع اول (T1)

این میانبارها، فراوان‌ترین نوع میانبار در هر سه کانی اسفالریت، کوارتز و کلسیت هستند؛ اندازه آنها میان ۵ تا ۱۶ میکرون در اسفالریت، ۷ تا ۱۰ میکرون در کوارتز و ۴ تا ۷ میکرون در کلسیت است. این میانبارها با اشکال آمیبی، کروی و بیضوی هستند و به صورت دو فاز غنی از مایع (L-V) با درجه پرشدگی میان ۶۰ تا ۷۰ درصد دیده می‌شوند (شکل‌های ۱۳-الف، ب و ج). این میانبارها معادل با میانبارهای نوع دوم (II) تقسیم‌بندی (Shepherd et al., 1985) است. دمای همگن‌شدگی این میانبارها در اسفالریت، میان ۱۶۰ تا ۲۳۷ با میانگین ۲۰۰/۷؛ در کلسیت میان ۱۵۲ تا ۲۷۸ با میانگین ۲۱۸/۵؛ و در کوارتز میان ۱۶۵ تا ۲۳۸ با میانگین ۲۰۱ درجه سانتی‌گراد است (شکل ۱۵).

اندازه‌گیری متغیرهای دمایی در آزمایشگاه کانی‌شناسی مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران با دستگاه THMS600 مدل Linkam مجهز به دو کنترل‌گر، گرمایش (TP94) و سرمایش (LNP)، با دامنه دمایی ۱۹۶- تا ۶۰۰+ درجه سانتی‌گراد نصب شده روی میکروسکوپ ZEISS انجام شد. کالیبراسیون Stage در گرمایش با دقت  $\pm 0.06$  درجه سانتی‌گراد، با نیترا ت سزیم (Cesium nitrate) و با نقطه ذوب ۴۱۴ درجه سانتی‌گراد صورت گرفته و در انجماد با دقت  $\pm 0.02$  درجه سانتی‌گراد، با ماده استاندارد ان-هگزان (n-Hexane) با نقطه ذوب ۹۴/۳- درجه سانتی‌گراد انجام شده است.

تقسیم‌بندی میانبارهای سیال به روش مجموعه‌های میانبار سیال (FIAs) توسط Goldstein and Reynolds (1994) ابداع شده است. در این روش، متغیرهای سنگ‌نگاری گروهی از میانبارهای سیال که در یک زمان به دام افتاده‌اند؛ اندازه‌گیری می‌شود. اگر داده‌های سنگ‌نگاری با داده‌های ریزدماسنجی هر گروه همخوان بود؛ می‌توان از میانگین داده‌های ریزدماسنجی به عنوان یک داده قابل قبول برای تعبیر و تفسیر دمایی استفاده کرد (Chi and Lu, 2008). بر همین اساس، متغیرهای سنگ‌نگاری (شکل و اندازه میانبارها) و داده‌های ریزدماسنجی (دمای همگن‌شدگی،



شکل ۱۳- تصاویر انواع میانبارهای سیال در کانسار کوه کلنگه. الف) میانبارهای نوع اول (T1) در کانی اسفالریت (Sph II)، با شکل‌های نامنظم و آمیبی؛ ب) میانبارهای نوع اول (T1) در کانی کلسیت (Cal II)؛ ج) میانبارهای دوفازی نوع اول (T1) در کانی کوارتز در کانسنگ باریت توده‌ای با سولفید پراکنده؛ د) میانبارهای سه‌فازی غنی از CO<sub>2</sub> (T2) در کانی اسفالریت (Sph II)، میانبارهای سیال شبه نانو به صورت ردیفی در مجاورت میانبارهای سه‌فازی دیده می‌شود.

است (شکل ۱۳-د). این میانبارها معادل با میانبارهای نوع ششم (VI) تقسیم‌بندی (Shepherd et al. (1985) به شمار می‌روند.

کمیته و بیشینه دمای ذوب CO<sub>2</sub> میانبارهای نوع دوم (T2) در اسفالریت به ترتیب، ۵۹/۵- و ۵۸/۳- و در کوارتز ۵۹/۵- و ۵۷/۸- درجه سانتی‌گراد است. دمای ذوب کلتريت در میانبارهای نوع دوم (T2) در اسفالریت میان ۵/۵ تا ۷ و در کوارتز میان ۵/۶ تا ۶ درجه سانتی‌گراد است.

دمای همگن‌شدگی کلی میانبارهای سیال نوع دوم در اسفالریت میان ۱۳۰ تا ۳۳۵ با میانگین ۲۲۵ بوده و در کوارتز میان ۲۳۰ تا ۲۷۴ با میانگین ۲۴۸ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است.

درجه شوری کمیته و بیشینه در میانبارهای نوع دوم در اسفالریت میان ۵/۶۸ تا ۸/۱۹ با میانگین ۶/۸۲ و در کوارتز میان ۷/۳۸ تا ۸/۰۲ با میانگین ۷/۷۸ درصد وزنی معادل NaCl اندازه‌گیری شده است (جدول ۲).

درجه شوری کمیته و بیشینه در میانبارهای نوع اول در اسفالریت میان ۱/۱۹ تا ۱۴/۲ با میانگین ۸/۰۷ در کلسیت میان ۱/۱۹ تا ۱۵/۳۶ با میانگین ۷/۹۲ و در کوارتز میان ۶/۶۲ تا ۱۰/۳ با میانگین ۸/۹۶ درصد وزنی معادل NaCl است.

کمیته و بیشینه دمای ذوب یخ در میانبارهای نوع اول در اسفالریت میان ۱۴/۹- تا ۰/۸- با میانگین ۵/۴-؛ در کلسیت میان ۱۱/۴- تا ۰/۸- با میانگین ۵/۱۹- و در کوارتز میان ۶/۷- تا ۴- با میانگین ۵/۷- درجه سانتی‌گراد است.

## ۲-۹. میانبارهای نوع دوم (T2)

میانبارهای نوع دوم، سه‌فازی (دو فاز مایع H<sub>2</sub>O و CO<sub>2</sub> و یک فاز بخار) در سامانه H<sub>2</sub>O-NaCl-CO<sub>2</sub> و کمیاب هستند و در کانی‌های اسفالریت و کوارتز کانستنگ‌های برشی و باریت توده‌ای با سولفید پراکنده دیده می‌شوند (جدول ۲). اندازه میانبارهای سیال غنی از CO<sub>2</sub> در اسفالریت میان ۵ تا ۸ میکرون و در کوارتز میان ۶ تا ۸ میکرون

جدول ۲- داده‌های ریزدماسنجی میانبارهای سیال کانی‌های مرحله اصلی کانه‌زایی کانسار کوه کلنگه.

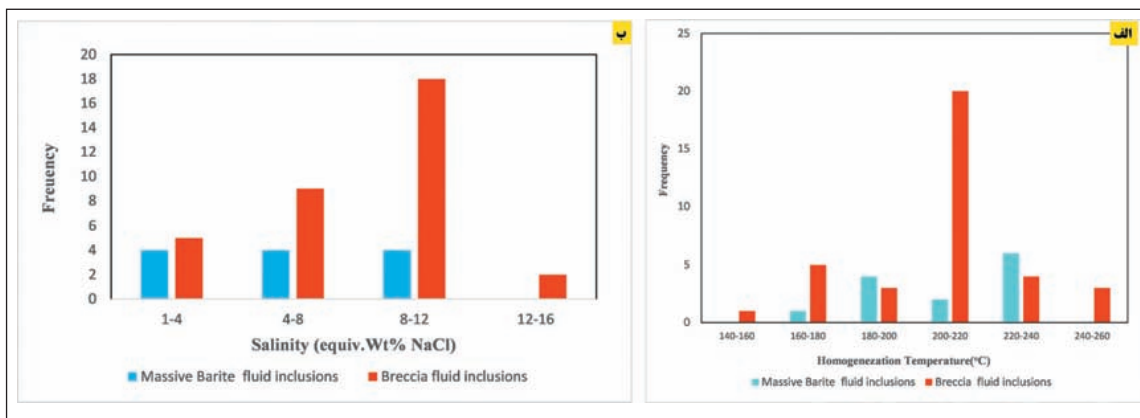
Ore Facies	Mineral	Type	Frequency	Size (µm)		Tm-ice (°C)			wt.% NaCl			Th l-v (°C)		
				Min	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max
Breccia	Sphalerite	T1	26	5	16	-14.9	-5.4	-0.8	1.19	8.07	14.2	160	200.7	237
	Calcite	T1	22	4	8	-11.4	-5.19	-0.8	1.19	7.92	15.36	152	218.5	278
Massive arite	Quartz	T1	12	7	10	-6.7	-5.7	-4	6.62	8.96	10.3	165	201.3	238
Ore Facies	Mineral	Type	TmCO <sub>2</sub> (°C)	TmClath (°C)	Thv-l CO <sub>2</sub> (°C)	Th l-v (°C)	wt.% NaCl	CO <sub>2</sub> Density	Bulk Density					
Breccia	Sphalerite	T2	-59.4	6.5	22.3	210	6.54	0.75	0.95					
			-59.5	7	22.5	205	5.68	0.74	0.96					
			-59	6.3	13.5	130	6.88	0.83	0.98					
			-58.3	5.5	26.9	355	8.19	0.68	0.94					
Massive Barite	Quartz	T2	-57.8	5.9	30.8	274	7.54	0.54	0.87					
			-59.5	5.6	7.5	240	8.02	0.88	1.00					
			-58.5	6	22.8	230	7.38	0.74	0.94					

بافت‌های لامینه و دانه‌پراکنده دارای اسفالریت، گالن، پیریت و باریت دیده می‌شود. افق فرعی کانه‌زایی دوم، در میان‌لایه‌های سنگ آهک نازک‌لایه واحد Ks جای دارد. ستبرای کم این سنگ آهک و دگرسانی محدود آن سبب شده که کانه‌زایی سولفیدی ضعیف، به‌صورت پیریت با مقادیر کمی از اسفالریت و گالن تشکیل شود. کانه‌زایی روی-سرب-باریت در کانسار کوه کلنگه در فرادایواره گسل‌های عادی تشکیل شده است؛ کاهش ستبرای رسوبات با افزایش فاصله از محل گسل‌های عادی، وجود برش‌های همزمان با رسوب‌گذاری، همراه با رخداد رخساره کانستنگ رگه-رگچه‌ای در مجاورت گسل و گسترش یک سویه کانسار از محل گسل، همگی نشان‌دهنده فعال بودن گسل‌های عادی در زمان تشکیل کانسار و در طی رسوب‌گذاری توالی رسوبی کرتاسه زیرین در حوضه کششی جنوب اراک هستند. به منظور تعیین نوع کانه‌زایی در کانسار کوه کلنگه، می‌توان ویژگی‌های شاخص این کانسار را با کانسارهای روی-سرب با میزبان رسوبی مقایسه کرد. بر پایه Wilkinson (2014) کانسارهای روی-سرب با میزبان رسوبی بر پایه ویژگی‌های شاخص کانساری و ژنتیکی به دو رده کلی تقسیم می‌شوند: (۱) کانسارهای نوع برون‌دمی-رسوبی یا نوع SEDEX (۲) کانسارهای نوع MVT. در این رده‌بندی کانسارهای نوع ایرلندی به عنوان کانسارهای نوع جانشینی زیر سطحی (Sub-seafloor) با میزبان کربناته معرفی شده و در رده کانسارهای SEDEX جای گرفته است.

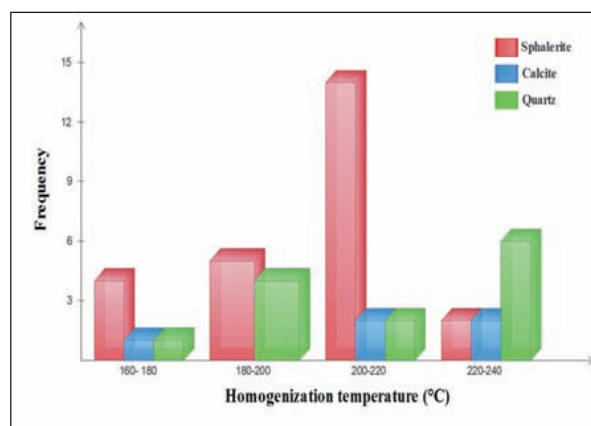
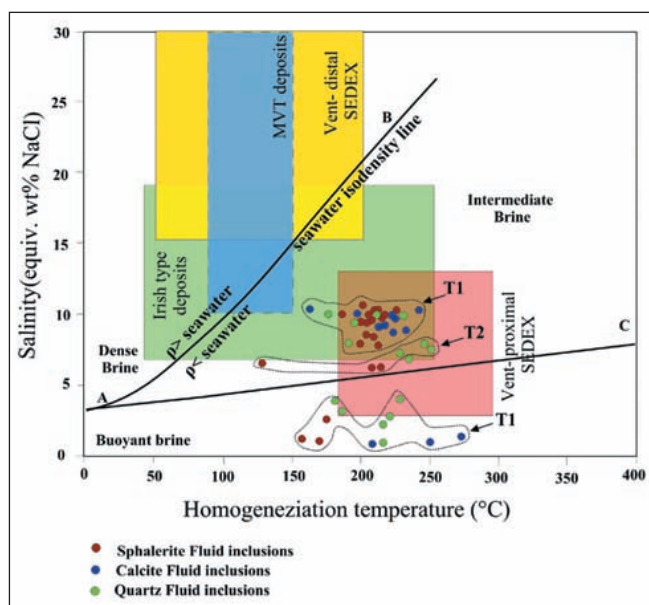
بر پایه Peter and Scott (1999) برای تعیین فشار ستون آب دریا، بیشینه دمای همگن‌شدگی میانبارهای سیال در نظر گرفته می‌شود. با توجه به چیره بودن میانبارهای سیال نوع اول، بیشینه دمای همگن‌شدگی این میانبارها در اسفالریت ۲۳۷ و در کوارتز ۲۳۸ درجه سانتی‌گراد است (جدول ۲). فرایند جوشش به علت نبود میانبارهای غنی از بخار همراه با میانبارهای غنی از مایع (نوع اول) مطالعه شده، در کانسار کوه کلنگه صورت نگرفته است. بنابراین برای تعیین بیشترین ژرفای آب دریا نیاز به تصحیح فشار است. پس از تصحیح فشار، بیشترین ژرفای آب دریا در زمان تشکیل کانسار، ۲۵۰ متر و فشار ۲۵ بار برآورد می‌شود (شکل ۱۸).

## ۱۰- بحث

کانسار روی-سرب-باریت کوه کلنگه در توالی رسوبی کرتاسه زیرین بخش مرکزی کمربند فلززایی ملایر-اصفهان، در یک حوضه کششی پشت‌کمانی (Mohajjel and Fergusson, 2014) تشکیل شده است. توالی کرتاسه زیرین در حوزه جنوب اراک از واحدهای آواری-کربناتی بوده و کانسار کوه کلنگه، در بخش کربناتی این توالی جای گرفته است. کانه‌زایی در کانسار کوه کلنگه در دو افق چینه‌ای رخ داده است؛ افق اول یعنی افق اصلی کانه‌زایی در بخش بالایی سنگ آهک ستبرالایه اربیتولین دار (واحد Kld) جای دارد. در این افق، ماده معدنی با ساخت و بافت‌های برشی، جانشینی، رگه-رگچه‌ای و باریت توده‌ای همراه با سولفید و



شکل ۱۴- مقایسه توزیع دمای همگن‌شدگی و شوری میان‌بارهای سیال در کانسنگ برشی و باریت توده‌ای؛ الف) نمودار تغییرات دمای همگن‌شدگی میان‌بارهای سیال کانسار کوه کلنگه، که گستره دمایی از ۱۴۰ تا ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد دارد؛ ب) نمودار تغییرات شوری میان‌بارهای سیال کانسار مورد مطالعه، که شوری آنها در بازه ۱ تا ۱۶ درصد جای می‌گیرد.



شکل ۱۵- نمودار فراوانی- دمای همگن‌شدگی (°C) میان‌بارهای سیال در کانی‌های اسفالریت، کلسیت و کوارتز در کانسار کوه کلنگه.

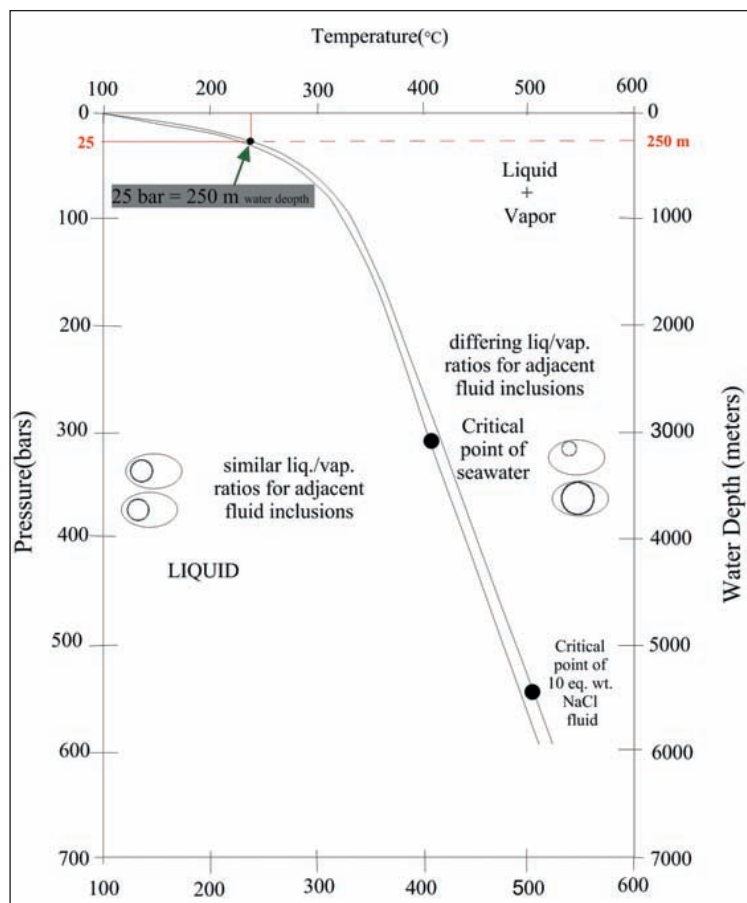
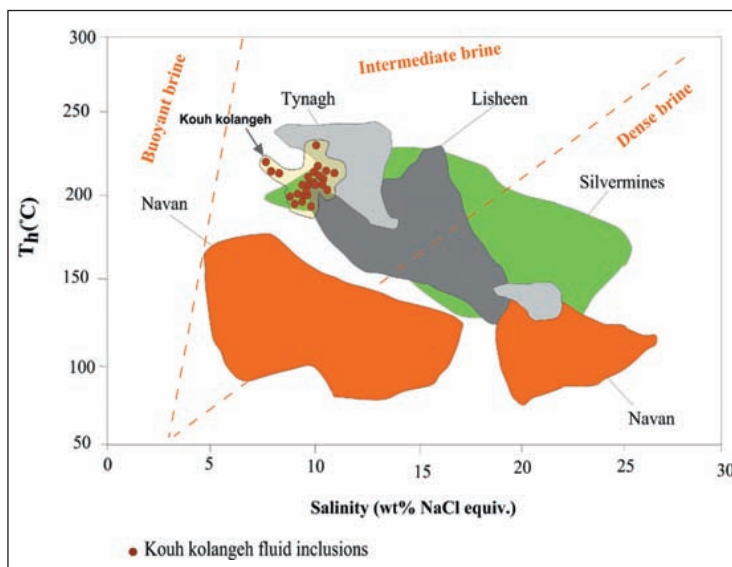
شکل ۱۶- موقعیت قرارگیری انواع میان‌بارهای سیال کانسار کوه کلنگه در نمودار دما- درجه شوری؛ میان‌بارهای سیال اصلی (T1) کانسار در مرز مشترک ذخایر ایرلندی و سدکس (Vent proximal) جای می‌گیرند. میان‌بارهای سیال T1 و T2 کانسار کوه کلنگه در محدوده شورابه‌های حد واسطه جای دارند. محدوده‌های انواع شورابه‌های شناور حدواسطه و چگال از (Sangster (2002 است. محدوده‌های دمای همگن‌شدگی و شوری انواع کانسارهای سدکس بر پایه (Ansdell et al. (1989 و (Trude and Wilkinson (2001)، (Large et al. (2004)، کانسارهای ایرلندی بر پایه (Wilkinson (2001) و (Wilkinson (2014) و کانسارهای MVT بر پایه (Leach et al. (2005) است. AB و AC به ترتیب خطوط هم‌چگالی بر پایه (Turner and Campbell (1978) و (Hass (1976) است.



کانه‌زایی در آنها پس از گذشت ده‌ها میلیون سال پس از تشکیل سنگ میزبان در مجاورت گسل‌های عادی دوباره فعال شده صورت می‌گیرد (Velasco et al., 2003)؛ در حالی که کانسارهای روی-سرب نوع ایرلندی به صورت چین‌سان در حوضه‌های کششی حاشیه قاره‌ای و در مجاورت گسل‌های عادی همزمان با رسوب‌گذاری تشکیل می‌شوند (Wilkinson, 2014).

نظر به اینکه سنگ میزبان کانسار کوه کلنگه، سنگ‌های کربناتی است؛ ویژگی‌های این کانسار را می‌توان با کانسارهای نوع ایرلندی و نوع MVT مقایسه کرد؛ کانسارهای نوع MVT بیشتر در محیط‌های فشارشی ناشی از کوهزایی و در ارتباط با ساختارهای گسلی و کارستی ایجاد می‌شوند (Leach et al., 2010). در برخی موارد، کانسارهای MVT در محیط‌های کششی نیز تشکیل می‌شوند؛ ولی

شکل ۱۷ - مقایسه تغییرات دما در برابر شوری میانبارهای سیال، کانسار کوه کلنگه با انواع کانسارهای روی-سرب حوضه ایرلندی (Wilkinson, 2013). این میانبارها در محدوده شورابه‌های حد واسطه جانمایی می‌شوند و بیشترین شباهت را با میانبارهای سیال کانسارهای Tynagh (Banks and Russel, 1999) و کانسار Silvermine (Banks et al., 2002; Samson and Russel, 1986) دارند.



شکل ۱۸- نمودار دما در برابر فشار و ژرفا و منحنی‌های نقطه جوشش در برابر ژرفا، برای سیال آبگین با شوری معادل ۱۰ درصد وزنی نمک طعام (Roedder and Bodnar, 1980)، برگرفته از (Peter and Scott (1999). موقعیت دمای همگن‌شدگی بیشینه میانبارهای سیال کانسار کوه کلنگه در ۲۵ بار، معادل ۲۵۰ متر ستون آب است.

وجود ساخت و بافت‌های برشی، جانیشینی، توده‌ای، رگه-رگچه‌ای و دانه پراکنده، حضور پیریت فراموبیدال و نیز رخداد کانه‌زایی باریت، از دیگر ویژگی‌های مشترک کانسار کوه کلنگه با کانسارهای نوع ایرلندی است. در کانسار کوه کلنگه کانسنگ باریت توده‌ای همراه با سولفید دیده می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد که کانی باریت در کانسارهای سرب و روی نوع MVT کمیاب است و یا حضور ندارد (Leach et al., 2005)، ولی در کانسارهای روی-سرب نوع ایرلندی باریت یک کانی معمول و در مواردی نیز کانی اصلی به شمار می‌رود (Wilkinson, 2014). در کانسارهای روی-سرب - باریت Silvermine و Magcobar در حوضه ایرلند مرکزی، باریت به صورت چینه‌سان و توده‌ای همراه با پیریت و گالن پراکنده در آن، در بخش بالایی کانسار و در مجاورت گسل عادی اصلی تشکیل شده است (Samson and Russell, 1986). همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد؛ باریت یکی از پارائزهای کانیاپی اصلی در کانسار کوه کلنگه بوده و از این نظر نیز مشابه با کانسارهای روی-سرب نوع ایرلندی است. در مقایسه کانسار کوه کلنگه با کانسارهای نوع سدکس که معمولاً میزبان آنها آواری است (Wilkinson, 2014)؛ کانه‌زایی روی-سرب-باریت در کانسار کوه کلنگه تنها در سنگ‌های کربناته تشکیل شده است؛ بنابراین بیشترین همخوانی را با کانسارهای نوع ایرلندی نشان می‌دهد که بدون رخداد کانه‌زایی در سنگ میزبان آواری هستند.

## ۱۱- نتیجه‌گیری

با توجه به موارد یاد شده، کانسار کوه کلنگه از دید موقعیت ژئودینامیکی (محیط کشتی پشت کمائی کرتاسه زیرین)، جایگاه زمین‌ساختی (تشکیل در مجاورت گسل‌های عادی در حوضه‌های فروزمینی)، نوع سنگ میزبان (کربنات‌های سکو)، شکل هندسی کانه‌زایی (همروند با لایه‌بندی)، گسترش جانبی زیاد آن، وجود رخساره‌های کانسنگی (رگه-رگچه‌ای، توده‌ای و لایه‌ای)، ویژگی‌های ساخت و بافتی (برشی، جانیشینی، رگه-رگچه‌ای، لامینه، دانه پراکنده و فراموبیدال)، همراهی کانه‌زایی با دگرسانی کربناتی-سیلیسی، کانی‌شناسی (حضور باریت و نبود فلوتوریت) و نیز ویژگی‌های دمایی سیال مؤثر بر کانه‌زایی، شباهت زیادی به کانسارهای روی و سرب نوع ایرلندی دارد.

## سپاسگزاری

بدین وسیله از حوزه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس برای فراهم آوردن امکانات پژوهشی و نیز از سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران (ایمیدرو) برای حمایت مالی سپاسگزاری می‌شود.

جایگاه زمین‌ساختی و ساخت و بافت کانسار کوه کلنگه مؤید آن است که کانه‌زایی در این کانسار، مشابه با کانسارهای نوع ایرلندی است که در دیاژنز آغازین و بی‌فاصله پس از نهشته شدن واحد رسوبی میزبان، در مجاورت گسل‌های عادی همزمان با رسوب‌گذاری در یک حوضه کشتی پشت کمائی در کرتاسه زیرین (Mohajjel and Fergusson, 2014) تشکیل شده‌اند.

در کانسارهای نوع ایرلندی، دگرسانی کربناتی و سیلیسی، مهم‌ترین نوع دگرسانی همراه با کانه‌زایی است (Hitzman et al., 2002; Wilkinson, 2003; Wilkinson, 2014) که در کانسار کوه کلنگه نیز این نوع دگرسانی‌ها گسترش فراوان و همراهی نزدیک با کانه‌زایی دارند.

بر پایه نمودار دما-درجه شوری میانبارهای سیال، کانسار کوه کلنگه در محدوده مشترک کانسارهای روی-سرب نوع ایرلندی و سدکس نوع Proximal جای می‌گیرد (شکل ۱۶). همچنین در نمودار دما و شوری رسم شده برای کانسارهای نوع ایرلندی، میانبارهای سیال کانسار کوه کلنگه تا حدود زیادی مشابه با کانسارهای Silvermine و Tynagh هستند (Banks and Russel, 1999; Banks et al., 2002) و در جایگاه شورابه‌های حد واسط جانمایی می‌شوند (شکل ۱۷).

عامل ته‌نشست کانه‌زایی در کانسارهای روی-سرب نوع ایرلندی، آمیختگی سیال‌ها شورابه‌ای داغ با آب دریای سرد است (Wilkinson, 2001). مطالعات میانبارهای سیال در کانسار کوه کلنگه نشان از بازه گسترده دمای همگن‌شدگی میانبارهای نوع I (۱۵۲ تا ۲۳۸ درجه سانتی‌گراد) و بازه شوری گسترده (۱ تا ۱۶ درصد معادل درصد وزنی NaCl) در هر دو نوع کانسنگ برشی و باریت توده‌ای است (شکل ۱۴) و ته‌نشست کانه‌زایی در اثر آمیختگی سیال‌های با دما و درجه شوری متفاوت است.

از جمله شواهد این آمیختگی حضور باریت بوده و بدیهی است که سولفات و باریم نمی‌توانند توسط یک سیال منتقل شوند (Wilkinson and Eyre, 2005). در کانسار کوه کلنگه دمای همگن‌شدگی در بخش کانسنگ توده‌ای کمتر از بخش برشی بوده (شکل ۱۴-الف) که علت آن کاهش دمای سیال کانه‌ساز، در هنگام بالآمدگی و نزدیک شدن به سطح و یا آمیختگی بیشتر با سیال دما پایین است.

بر پایه Kontak (1995) منشأ میانبارهای سیال غنی از CO<sub>2</sub> می‌تواند ناشی از انحلال سنگ‌های کربناتی و یا از تجزیه مواد آلی در دمای بیش از ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد باشد. با توجه به حضور واحدهای کربناتی در توالی چینه‌ای کرتاسه زیرین در منطقه و دمای بالای میانبارهای سیال اندازه‌گیری شده در کانسار کوه کلنگه، هر دو منشأ برای میانبارهای غنی از CO<sub>2</sub> محتمل است. حضور میانبارهای سیال غنی از CO<sub>2</sub> در هر دو نوع کانسنگ برشی و توده‌ای نشان از منشأ زایشی مشابه آنهاست.

## کتابنگاری

- احیا، ف.، ۱۳۸۷ - ژئوشیمی و منشأ کانسارهای سرب و روی عمارت و بابا قله - جنوب اراک، رساله دکترا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، ۱۷۸ ص.
- آدابی، م. و جمالیان، م.، ۱۳۸۶ - شناسایی ترکیب کانی‌شناسی اولیه و نحوه کانسارسازی در کربنات‌های معدن رباط (خمین- اراک)، فصلنامه علوم زمین، شماره ۶۶، صص. ۱ تا ۲۳.
- بویری، م.، راستاد، ا.، محجل، م.، ناکینی، ع. و حق‌دوست، م.، ۱۳۹۴ - ساخت و بافت، کانی‌شناسی و چگونگی تشکیل رخساره‌های سولفیدی در کانسار روی-سرب (نقره) تپه سرخ با سنگ میزبان آواری - کربناتی، جنوب اصفهان، فصلنامه علوم زمین، شماره ۹۷، صص. ۲۲۱ تا ۲۳۶.
- بویری، م.، ۱۳۹۴ - بررسی رخساره‌های کانه‌دار و تعیین الگوی ژنتیکی کانه‌زایی روی-سرب با میزبان کربناته در کانسار تپه سرخ در حوضه ایرانکوه، جنوب اصفهان، رساله دکترا، دانشگاه تربیت مدرس، ۳۹۸ ص.
- پیرنجم‌الدین، ح.، راستاد، ا. و محمودی، پ.، ۱۳۹۳ - جایگاه چینه‌ای افق‌های کانه‌زایی روی-سرب و باریت در توالی کربناته کرتاسه زیرین منطقه معدنی رباط، حوضه جنوب اراک، پهنه سندج-سیرجان، سی و سومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- رجبی، ع.، ۱۳۹۱ - عوامل کنترل کننده کانه‌زایی و الگوی تشکیل کانسارهای سولفیدی روی-سرب رسوبی-بروندمی (SEDEX Type) در منطقه زیرگان-چاه میر، شرق بافق، ایران مرکزی، رساله دکترا، زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس.
- سهنندی، م.، رادفر، ح.، حسین‌دوست، ج. و محجل، م.، ۱۳۸۶ - نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی شازند، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- شهریاری، ا.، ۱۳۷۷ - مطالعه زمین‌شناسی، ژئوشیمی، آنالیز رخساره‌ای و ژنز کانسار سرب و روی و نشان-تکیه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۳۶ ص.
- فضلی، س.، شمعانیان، ف. و شفیع، ب.، ۱۳۹۱ - کانسارهای لایه کران روی و سرب با سنگ میزبان رسوبی عمارت و موجان: داده‌های جدید و برداشت‌هایی از چگونگی پیدایش، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۱، صص. ۶۷ تا ۸۰.
- محمودی، پ.، راستاد، ا.، رجبی، ع. و پیرنجم‌الدین، ح.، ۱۳۹۳ - رخساره‌های کانسنگ کانسار روی-سرب هفت سواران با میزبان تخریبی در حوضه جنوب اراک، سی و سومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- مغفوری، س.، ۱۳۹۵ - زمین‌شناسی، ژئوشیمی، عوامل کنترل کننده کانه‌زایی و الگوی تشکیل کانسارهای روی-سرب با سنگ درونگیر کربناته-تخریبی کرتاسه زیرین در حوضه جنوب یزد، با تأکید بر کانسار مهدی‌آباد، رساله دکترا دانشگاه تبریز، ۴۷۵ ص.
- موحدنیا، م.، ۱۳۹۴ - رخساره‌های کانسنگی، ژئوشیمی و تیپ کانه‌زایی روی-سرب «باریم» در کانسار آب باغ «کهرویه»، جنوب شهرضا، پهنه سندج-سیرجان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۳۳۸ ص.
- واعظی‌پور، م. و خلقی، م.، ۱۳۸۶ - نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورچه، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- یارمحمدی، ع.، ۱۳۹۴ - آنالیز رخساره‌ای، ماهیت و منشأ سیالات کانه‌دار و الگوی تشکیل ذخایر روی-سرب با سنگ درونگیر کربناته در بخش بالایی کرتاسه زیرین، منطقه معدنی شمال تیران (شمال غرب اصفهان)، رساله دکترا، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۷۷ ص.

## References

- Ansdell, K. M., Nesbitt, B. E. and Longstaffe, F. J., 1989- A fluid inclusion and stable isotope study of the Tom Ba-Pb-Zn deposit, Yukon Territory, Canada. *Economic Geology*. V.84, p. 841-856.
- Banks, D. A. and Russel, M. J., 1999- Fluid mixing during ore deposition at the Tynagh base-metal deposit, Ireland. *Eur. J. Mineral.*, V.4, p.921-931.
- Banks, D. A., Boyce, A. J. and Samson, I. M., 2002- Constraints on the Origins of Fluids Forming Irish Zn-Pb-Ba Deposits: Evidence from the Composition of Fluid Inclusions. *Economic Geology*, V. 97, p. 471-480.
- Boveiri Konari, M., Rastad, E. and Peter, J., 2017- A sub-seafloor hydrothermal syn-sedimentary to early diagenetic origin for the Gushfil Zn-Pb-(Ag-Ba) deposit, south Esfahan, Iran, *Journal of Mineralogy and Geochemistry*, V.194, p. 61-90.
- Chi, G. and Lu, H., 2008- Validation and representation of fluid inclusion microthermometric data using the fluid inclusion assemblage (FIA) concept, *Acta Petrologica Sinica*, V. 24 p.1945-1953.
- Dunham, R. J., 1962- Classification of carbonate rocks according to their depositional texture in w. E., Ham, ed., *classification rocks -A symposium : AAPG. Bulletin*, p.108-121.
- Ehya, F., Lotfi, M. and Rasa, I., 2010- Emarat carbonate-hosted Zn-Pb deposit, Markazi Province, Iran: A geological, mineralogical and isotopic (S, Pb) study, *Journal of Asian Earth Sciences*, V. 37, p. 186-194.
- Flugel, E., 2010- *Microfacies of Carbonate Rocks Analysis, Interpretation and Application*, Springer, p.984.
- Gadd, M. G. and Layton-Matthews, D., 2015- In situ Trace Element and Sulphur Isotope Analyses of Pyrite Constrain Timing of Mineralization and Sources of Sulphur in the Howard's Pass SEDEX Zn-Pb District, Yukon, *American Mineralogist* V.101, p.1061-1071.
- Ghasemi, A. and Talbot, C. J., 2006- A new tectonic scenario for the Sanandaj-Sirjan Zone (Iran): *Journal of Asian Earth Sciences*, V. 26, p. 683-693.
- Goldstein, R. H. and Reynolds, T. J., 1994- Systematics of fluid inclusions in diagenetic minerals. *Sediment. Geol. Short Course*, V. 31, 199 p.
- Goodfellow, W. D. and Lydon, J. W., 2007- Sedimentary exhalative (SEDEX) deposits. In Goodfellow W. D., (ed.), *Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods*. Geological association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication, V. 5, p. 163-183.



- Hass, J. L., 1976- Thermodynamic properties of the coexisting phases and thermochemical properties of the NaCl component in boiling NaCl solutions. – US Geol. Surv. Bull. 1421-B.
- Hitzman, M. W., Redmond, P. B. and Beaty, D. W., 2002- The carbonate-hosted Lisheen Zn-Pb-Ag deposit, County Tipperary, Ireland. V.97, p.1627-1655.
- Kontaka, D. J., 1995- A Study of Fluid Inclusions in Sulfide and nonsulfide mineral phases from Carbonate-Hosted Zn-Pb Deposit, Gays River, Nova Scotia, Canada, *Economic Geology*, V. 93, p. 793–817.
- Large, R. R., McGoldrick, P., Bull, S. and Cooke, D., 2004- Proterozoic stratiform sediment-hosted zinc-lead-silver deposits of northern Australia, in Deb, M.
- Leach, D. L., Bradley, D. C., Huston, D., Pisarevsky, S. A., Taylor, R. D. and Gardoll, S. J., 2010- Sediment-hosted lead-zinc deposits in Earth history: *Economic Geology*, v. 105, p. 593–625.
- Leach, D. L., Sangster, D. F., Kelley, K. D., Large, R. R., Garven, G., Allen, C. R., Gutzmer, J., Walters, S., 2005- Sediment-hosted lead-zinc deposits: A global perspective. *Economic Geology*, 100th Anniversary Volume, p. 561–607.
- Mahdavi, G., Khakzad, A. and Lotfi, M., 2016- Conditions of Ore-Mineralization and Geochemical Correlation of Rare-Elements at the Robat Pb-Zn Deposit, West of Khomein, Central Iran, *Open Journal of Geology*, 6, 1118-1136.
- Mohajjel, M. and Fergusson, C. L., 2014- Jurassic to Cenozoic tectonics of the Zagros Orogen in northwestern Iran. *International Geology Review*, Vol. 56, No. 3, 263–287.
- Mohajjel, M., Fergusson, C. L. and Sahandi, M. R., 2003- Cretaceous-Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj-Sirjan Zone, western Iran: *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 21, p. 397–412.
- Momenzadeh, M., 1976- Stratabound lead-zinc ores in the lower Cretaceous and Jurassic sediments in the Malayer-Esfahan district (west Central Iran), lithology, metal content, zonation and genesis. Unpublished PhD thesis, University of Heidelberg, p.300.
- Peter, J. M. and Scott, S. D., 1999- Windy Craggy, Northwestern British Columbia: the world's largest Besshi-type deposit. In: Barrie CT, Hannington MD (eds) *Volcanic-associated massive sulfide deposits: processes and examples in modern and ancient settings*, *Reviews in Economic Geology*, Vol. 8, p. 261–295.
- Rajabi, A., Rastad, E. and Canet, C., 2012- Metallogeny of Cretaceous carbonate-hosted Zn-Pb deposits of Iran: geotectonic setting and data integration for future mineral exploration." *International Geology Review*, V.54, p.1649-1672.
- Roedder, E. and Bodnar, R. J., 1980- Geologic pressure determinations from fluid inclusion studies. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, V. 8, p. 263-301.
- Samson, L. M. and Russel, M., 1986- Genesis of the Silvermines Zinc-Lead-Barite Deposit, Ireland: Fluid Inclusion and stable isotope evidence. *Economic Geology*, V. 82, p. 371-394.
- Sangster, D. F., 2002- The role of dense brines in the formation of vent-distal sedimentary exhalative (SEDEX) lead-zinc deposits: field and laboratory evidence. *Mineralium Deposita*, V.37, P. 149–157.
- Shepherd, T. J., Rankin, A. H. and Alderton, D. H. M., 1985- A practical guide to fluid inclusion studies. Glasgow and London (Balckie), P. 239.
- Sibley, D. F. and Gregg, J. M., 1987- Classification of dolomitic rock textures. *Journal of Sedimentary Petrology*, V. 57, p. 967-975.
- Skelton, P. W. and Gili, E. L., 2012- Rudists and carbonate platforms in the Aptian: a case study on biotic interactions with ocean chemistry and climate, *Sedimentology*, V. 59, p. 81–117.
- Tada, R. and Siever, R., 1989- Pressure solution during diagenesis, *Annual Reviews Earth and Planetary Sciences*, V.17, p. 89– 118.
- Trude, K. J. and Wilkinson, J. J., 2001- A mineralogical and fluid inclusion study of the Haberton Bridge Fe-Zn-Pb deposit, County Kildare, Ireland. *Journal of Geological society of London*, V. 158, p.37-46.
- Turner, J. S. and Campbell, L. B., 1978- The flow of hot saline solutions from vents in the seafloor- some implications for exhalative massive sulphide and other ore deposits. *Economic Geology*, V. 37, p.1082-1100.
- Velasco, F., Herrero, J. M., Yusta, I., Alonso, J. A., Seebold, I. and Leach, D., 2003- Geology and Geochemistry of the Reocín Zinc-Lead Deposit, Basque-Cantabrian Basin, Northern Spain. *Economic Geology*, V. 98, p. 1371–1396.
- Vilas, L., Masse, J. P. and Arias, C., 1995- Orbitolina episodes in carbonate platform evolution: the early Aptian model from SE Spain, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, V. 119, p. 35–45.
- Waasbergen, R. J. V., 1995- Sediment facies and environments of deposition on cretaceous pacific carbonate platforms: an overview of dredged rocks from western pacific guyots, *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, V. 143, p. 471-493.
- Wilkinson, J. J. and Eyre, S. L., 2005- Ore-Forming Processes in Irish-Type Carbonate-hosted Zn-Pb Deposits: Evidence from Mineralogy, Chemistry, and Isotopic Composition of Sulfides at the Lisheen Mine. *Economic Geology*, V. 100, p. 63–86.
- Wilkinson, J. J., 2001- Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits. *Lithos*, V. 55, p. 229–272.
- Wilkinson, J. J., 2003- On diagenesis, dolomitisation and mineralization in the Irish Zn-Pb Orefield. *Miner. Deposita*, V. 38, p. 968–983.
- Wilkinson, J. J., 2013- Genesis of the Irish Zn-Pb (-Ba-Ag) deposits. *African Metallogeny II-Kitwe*.

- Wilkinson, J. J., 2014- Sediment-hosted zinc-lead mineralization: processes and perspectives. Treatise on Geochemistry 2nd edition, p. 219-249.
- Yarmohammadi, A., Rastad, E. and Rajabi, A., 2016- Geochemistry, fluid inclusion study and genesis of the sediment-hosted Zn-Pb ( $\pm$  Ag  $\pm$  Cu) deposits of the Tiran basin, NW of Esfahan, Iran, N. Jb. Miner. Abh. (J. Min. Geochem.) V. 193, p.183-203.

# Ore structural, textural, mineralogical and fluid inclusions studies of the Kouh-Kolangeh Zn-Pb-Ba deposit, Malayer- Isfahan metallogenic belt, South Arak, Iran

H. Peernajmodin<sup>1</sup>, E. Rastad<sup>2\*</sup> and A. Rajabi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ph.D. Student, Faculty of Basic Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

<sup>2</sup>Professor, Faculty of Basic Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

<sup>3</sup>Assistant Professor, Faculty of Geology, College of Science, Tehran University, Tehran, Iran

Received: 2016 October 25

Accepted: 2017 June 11

## Abstract

The Kouh-Kolangeh carbonate-hosted Zn-Pb-Ba deposit is hosted by Lower Cretaceous detrital-carbonate sequence in the central part of the Malayer-Isfahan metallogenic belt (MEMB) and has been formed within an extensional basin. Ore mineralization occurred as concordant with layering in the upper part of non- argillic massive orbitolina gray limestone (KI) and at the boundary of shale- marl with intercalated thin bedded limestone unit (Ks) with Aptian age. Sulfide minerals include sphalerite, galena and pyrite. Barite is the most abundant non-sulfide mineral associated with quartz, calcite and dolomite. Ore textures and structures include breccia, replacement, vein-veinlets, massive barite and laminated ore. Silicification and carbonatation (calcification- dolomitization) are the main wall-rock alterations. Based on fluid inclusion studies, fluid inclusions can be divided into two types: (I) two-phase fluid inclusions (T1) with amoebic and irregular shapes and average homogenization temperature of (T1) 206.8°C and the average salinity of 8.3 wt% NaCl. (II) CO<sub>2</sub>-rich three-phase fluid inclusions (LCO<sub>2</sub>-LH<sub>2</sub>O-VCO<sub>2</sub>) (T II) with spherical shapes and average total homogenization temperature of (T1) 234.8°C and the average salinity of 7.17 wt% NaCl. According to evidence such as tectonic setting, type of host rock, layered geometry of deposit, ore textures and structures, homogenization temperature, average salinity and presence of massive barite, the Kouh Kolangeh deposit can be considered as an Irish-type Zn- Pb deposit.

**Key words:** Zn-Pb-Ba mineralization, Carbonate-hosted, Lower Cretaceous, Back-arc basin, Irish type, Kouh-Kolangeh, South Arak

For Persian Version see pages 287 to 302

\*Corresponding author: E. Rastad; E-mail: rastad@modares.ac.ir