



# فصلنامه زمین ساخت

زمستان ۱۴۰۰، سال پنجم، شماره ۲۰

doi 10.22077/jt.2022.5201.1136

## پیوند میان متالوژنی ذخایر سرب-روی با میزبان کربناته و چرخه‌های کوهزایی در پهنه البرز مرکزی

علی ملانکه<sup>۱</sup>، محمدرضا قاسمی<sup>۲\*</sup>، پیمان افضل<sup>۳</sup>، علی سلگی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۲- استاد، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

۳- دانشیار، گروه مهندسی نفت و معدن، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران

۴- استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۱۶  
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۴

### چکیده:

البرز مرکزی بخش جنوبی تحذب دریای کاسپین را شامل می‌شود و دارای گسترشی از سمنان تا قزوین است. پژوهش انجام شده با توجه به پیوند تنگاتنگ بین کانه‌زایی سرب و روی و زمین‌ساخت و پتانسیل بالای این پهنه بر روی پهنه البرز مرکزی متمرکز شده است. در این پژوهش ابتدا سعی شده بر پایه بررسی‌های صحرایی، دفتری و نیز مطالعات پیشین، افق‌های اصلی کانه‌زایی سرب و روی و جایگاه این افق‌ها با رخدادهای کوهزایی بررسی شود. بر پایه این مطالعه مشخص گردید ۸ افق کانه‌زایی سرب و روی در البرز مرکزی قرار دارد که از قدیم به جدید شامل افق کانه‌زایی سازند سلطانیه-باروت مرتبط با کوهزاد زایگونین، افق کانه‌زایی سازند میلا مرتبط با کوهزاد کالدونین، افق کانه‌زایی سازند مبارک مرتبط با کوهزاد البرزین، افق کانه‌زایی سازند روت مرتبط با کوهزاد هرسی‌نین، افق کانه‌زایی سازند الیکا مرتبط با کوهزاد سیمیرین پیشین، افق کانه‌زایی سازند لار مرتبط با کوهزاد سیمیرین میانی، افق کانه‌زایی کربنات‌های به سن کرتاسه مرتبط با کوهزاد لارامید و افق کانه‌زایی درون واحد کرج به سن ائوسن مرتبط با رخدادهای پیرنه هستند. مطالعه ژنز کانه‌زایی‌های سازند سلطانیه-باروت، میلا و مبارک مشخص کرد رخدادهای زایگونین، کالدونین و البرزین نقشی در کانه‌زایی سرب و روی در البرز ندارند. کانه‌زایی‌های منطبق بر این رخدادهای اپی‌ژنتیک بوده که مربوط به کوهزادهای جوانتر از سنگ میزبان هستند. سازند الیکا که بیشترین تعداد کانه‌زایی و بهترین عیار را دارا بوده و منطبق بر کوهزایی سیمیرین پیشین است. بر پایه این پژوهش بیش از ۸۰ درصد از کانه‌زایی‌ها در مزوزوییک شکل گرفته است که کانه‌زایی‌های تریاس و ژوراسیک همزمان با زمین‌ساخت کششی و کانه‌زایی‌های کرتاسه در یک رژیم فشارشی ایجاد شده‌اند.

**واژه‌های کلیدی:** البرز مرکزی، سرب و روی، سنگ‌های کربناته، کوهزادهای البرز، افق کانه‌زایی

\*ایمیل: ghassemi.m.r@gmail.com

تلفن تماس: ۰۹۱۲۲۱۸۶۰۰۹



## Relationship between the orogenic cycles and metallogeny of carbonate hosted Pb-Zn deposits, central Alborz, Iran

Ali Malaekheh<sup>1</sup>, Mohammad R. Ghassemi<sup>2\*</sup>, Peyman Afzal<sup>3</sup> and Ali Solgi<sup>4</sup>

1. Ph.D. Student, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Professor, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran
3. Associate Professor, Department of Petroleum and Mining Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
4. Department of Earth Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

### Abstract

The southern section of the Caspian Sea convexity is included in the Central Alborz, which stretches from Semnan to Qazvin. The Central Alborz zone is the focus of the research because of the strong association between lead and zinc mineralization and tectonics, as well as the great potential of this zone. The major horizons of lead and zinc mineralization, as well as the location of these horizons with orogenic events, have been investigated in this study, based on fieldwork and office studies as well as previous research. According to this research, there are eight lead and zinc mineralization horizons in Central Alborz, ranging from old to recent, including the mineralization horizon of Soltanieh-Barut Formation associated with Zaygonin orogeny, the mineralization horizon of Mila Formation associated with Caledonian orogeny, the mineralization horizon of Mubarak Formation With Alborz orogeny, Mineralization horizon of Ruteh Formation related to Hercynian orogeny, Mineralization horizon of Elika Formation related to Early Cimmerian orogeny, Mineralization horizon of Lar Formation related to Middle Cimmerian orogeny, Cretaceous mineralization horizon related to Laramid orogeny and Mineralization within the Karaj Formation is related to the Eocene age in the Pyrenean orogen. The study of genesis in Pb-Zn mineralization of Soltanieh-Barut, Mila, and Mobarak horizons shows the Zygonian, Caledonian, and Alborzian Orogeny do not play a role in Pb-Zn mineralization. The mineralizations corresponding to these events are epigenetic, which are related to younger orogeny events than the host rocks. Elika formation has the highest number of mineralization and the best grade in study area, which corresponds to the early Cimmerian orogeny. According to the findings of this study, more than 80% of mineralizations occur in the Mesozoic. Triassic mineralizations occurred along with extension tectonics, while Cretaceous mineralizations formed under a compressive regime.

**Keywords:** Central Alborz, lead and zinc, carbonates, Alborz orogenies, Mineralization horizon

---

\*Email: ghassemi.m.r@gmail.com

Tel: +989153721246

## مقدمه

گستره مورد مطالعه در زیرپهنه البرز مرکزی قرار دارد و یکی از مناطق مناسب جهت تشکیل ذخایر سرب و روی با میزبان کربناته (MVT) در ایران به شمار می‌آید. با توجه به این که پیوند تنگاتنگی بین تشکیل کانسارهای MVT و پدیده‌های زمین‌ساختی بزرگ‌مقیاس وجود دارد (Leach et al., 2001) این گستره جهت بررسی پیوند کانه‌زایی سرب و روی با زمین‌ساخت (فازهای کوهزایی) انتخاب شده است.

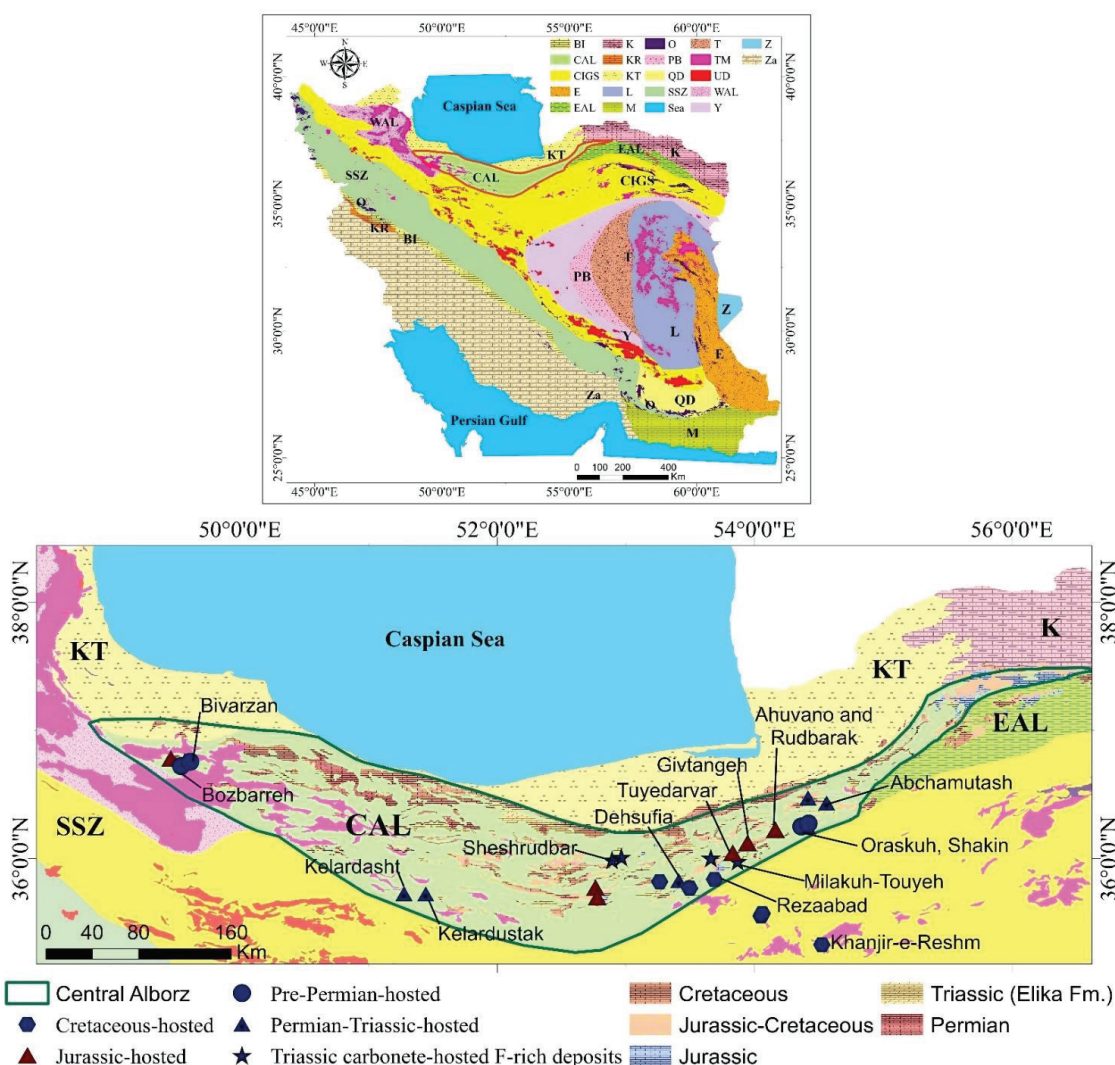
پهنه مورد مطالعه بین ۳۶ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی و بین ۴۹ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۴۲ دقیقه طول شرقی واقع شده است و با مساحتی در حدود ۵۰ هزار کیلومتر مربع در بخش شمالی ایران قرار گرفته است. حدود نیمی از مساحت این پهنه در استان‌های شمالی ایران شامل مازندران، گلستان، گیلان و رشت واقع شده است. استان‌های تهران، البرز، قزوین، سمنان و خراسان شمالی سایر بخش‌های دیگر این پهنه را دربرمی‌گیرد (شکل ۱). در گستره مورد بررسی، کانسارها و نشانه‌های معدنی سرب و روی زیادی شناخته شده است که از لحاظ تیپ کانه‌زایی در قلمرو ذخایر تیپ رسوبی-بروندیمی (SEDEX) تا نوع دره می‌سی‌سی‌پی (MVT) قرار می‌گیرند (Momenzadeh, 1976; Rajabi et al., 2012). برخی ذخایر نیز حالت بینابینی داشته و به‌طور خاص در یک تیپ از ذخایر جای نمی‌گیرد که با عنوان ذخایر تیپ آلپی، ایرلندی و یا ذخایر بینابینی (Transitional) از آنها یاد می‌شود. ذخایر سرب-روی با میزبان رسوبی ایران از دیدگاه زمان تشکیل در دوره‌های پروتروزوئیک بالایی، کامبرین، کربونیفر، تریاس، ژوراسیک، کرتاسه و انوسن تشکیل شده‌اند که در شکل‌گیری آنها علاوه بر حضور سنگ میزبان کربناته مناسب، خاستگاه زمین‌ساختی نیز نقش مؤثری داشته است (Malaekheh et al., 2021).

بر پایه مطالعه سن‌سنجی ایزوتوپ سرب-سرب برخی ذخایر سرب و روی در پهنه ساختاری البرز و ایران مرکزی، مشخص شده که منشا کانه‌زایی سرب و روی با سن ۱۴۰ تا ۲۵۰ میلیون سال قبل در این ذخایر، مربوط به واحدهای کربناته با سن تریاس بالایی تا کرتاسه است که به دنبال یک مرحله برافزایشی در پوسته در

کرتاسه پسین تا عهد حاضر مربوط به عملکرد فازهای کوهزایی مزوزوئیک تا سنوزوئیک ایجاد شده‌اند (Mirnejad et al., 2015). در گستره البرز مرکزی اخیراً مطالعاتی نیز بر روی کانسارهای سرب و روی فلوریت (فلوریت شش‌رودبار، ارا، کمربشت و پاچی میانا) شکل گرفته که با سن سنجی صورت گرفته سن تشکیل این کانسارها ۲۰ تا ۸۵ میلیون سال قبل و معادل کرتاسه پسین تا الیگوسن نشان داده است (Shafiei et al., 2021).

مطالعات پیوند کانه‌زایی سرب و روی در کربنات‌های البرز مرکزی با ساختارهای این پهنه بر پایه مدل‌های ریاضی حاکی از آن است که کنترل‌کننده‌های کانه‌زایی سرب و روی در این پهنه، گسل‌های راندگی و راستالغز با مولفه راندگی هستند (Malaekheh et al., 2021).

با توجه به حضور سرزمین‌های کربناتی در پهنه ساختاری البرز به‌ویژه البرز مرکزی و رخداد تعداد زیادی ذخایر سرب-روی با میزبان رسوبی و همچنین با در نظر گرفتن تاریخچه زمین‌ساختی محدوده، به نظر می‌رسد تعیین پیوند تشکیل ذخایر سرب-روی با سیمای زمین‌ساختی به‌ویژه گسل‌ها و شکستگی‌ها، بتواند کمک شایانی به مطالعه این تیپ از ذخایر در سراسر پهنه داشته باشد. با انجام این نوع مطالعات می‌توان عوامل کنترل‌کننده کانه‌زایی در این گستره ساختاری را مورد مطالعه قرار داد و شاید از این طریق بتوان به درک صحیحی از نحوه تشکیل این ذخایر در پهنه مورد مطالعه دست یافت. بر این پایه در این پژوهش با توجه به تمرکز بالای کربنات‌های با محدوده سنی متفاوت که جایگاه اصلی رخداد کانه‌زایی سرب و روی بوده است، به بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی، کانه‌زایی و ساختاری ۱۲۸ کانسار و اندیس سرب و روی در البرز مرکزی پرداخته شده است (از این بین ۱۱۳ کانسار دارای عیار سرب و روی ورنز ۸۹ مورد نیز مشخص است) تا بتوان در حد امکان پیوند تشکیل این نوع ذخایر را با رخداد کوهزایی مورد بحث و بررسی قرار داد.



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی- ساختاری گستره البرز مرکزی به همراه برخی اندیس‌ها و کانسارهای مهم آن. در نقشه بالایی علامت‌های اختصاری به این شرح است. BI: زیرپهنه بیستون، CAL: پهنه ساختاری البرز مرکزی، CIGS: پهنه ساختاری و رسوبی ایران مرکزی، E: پهنه ساختاری سیستان، EAL: پهنه ساختاری البرز شرقی، K: پهنه ساختاری کبه داغ، KR: زیرپهنه رادیولاریت‌های کوه‌مانشاه، KT: زیر پهنه کاسپین تالش، L: بلوک لوت، M: پهنه ساختاری مکران، O: افیولیت، PB: زیرپهنه بلوک بافق پشت بادم، QD: فروافتادگی کواترنری (جازموریان)، SSZ: پهنه دگرگونی سستج سیرجان، Sea: دریا، T: زیرپهنه طیس، TM: سنگ‌های آتشفشانی سنوزوییک، UD: کمان ماگمایی ارومیه دختر، WAL: پهنه ساختاری البرز باختری، Y: زیرپهنه یزد، Za: بلوک زابل (نقشه ساختاری برگرفته از سهندی، ۱۳۸۵ و نقشه زمین‌شناسی-ساختاری برگرفته از Malaekheh et al., 2021).

### زمین‌شناسی ساختاری گستره

۱۹۷۴، Allen et al., 2003a، Allen et al., 2003b). به طور کلی این کوهزاد توسط چندین رخداد تراکمی مشخص می‌شود که زمین‌ساخت کنونی آن در پیوند با چندین مرحله دگرشکلی است (شهیدی و همکاران، ۱۳۸۹). از مهم‌ترین عناصر ساختارهای موجود در این پهنه می‌توان به گسل‌های شمال تهران، مشا، امامزاده داود، طالقان، بلده، جیرنده، شمال البرز و کاسپین جنوبی اشاره نمود. علاوه بر گسل‌های ذکر شده، گستره مورد بررسی شامل چین‌خوردگی‌های کم و بیش

رشته‌کوه البرز یک کمربند چین‌خورده-رانده فعال واقع در شمال ایران است که بخش بزرگی از کوهزاد آلپ-همالیایا را شامل می‌شود (قاسمی و همکاران، ۱۳۸۲). این رشته‌کوه از دیدگاه ساختاری، متعلق به ایران مرکزی است (Allen et al., 2003a، Allen et al., 2003b). ساختار البرز بر پایه مشاهدات زمین‌شناختی یک ساختار دوپلکس از نوع Antiformal stack است (Alavi, 1996). به عقیده برخی زمین‌شناسان البرز یک ساختار flower structure است (Stoklin, 1974).

## روش کار

به طور کلی جایگیری کانه‌زایی سرب و روی مرتبط با یک نبود چینه‌شناسی همراه است (Leach et al., 2010). بر این پایه ابتدا سعی شده کوهزادهای البرز، سن آنها و عملکرد آنها بررسی شود بطور مثال کوهزاد کالدونین در ۳۹۵-۴۰۰ میلیون سال قبل در سیلورین باعث خشکی زایی و نبود چینه‌شناسی در اردوئین بالایی در البرز شده است و یا کوهزاد هرسی‌نین که در ۳۳۰ میلیون سال قبل و در کربونیفر عمل کرده و باعث نبود چینه‌شناسی در بخش عظیمی از ایران شده است (درویش‌زاده، ۱۳۸۳).

جهت مطالعه پیوند کانه‌زایی ذخایر سرب- روی و رخداد کوهزایی در پهنه البرز مرکزی سعی بر آن شده بر پایه بررسی‌های میدانی که در این پهنه صورت پذیرفته و همچنین منابع موجود، زمین‌شناسی و خاستگاه زمین‌ساختی این پهنه به خوبی مطالعه شده، واحدهای سنگی مختلف تشکیل شده در این پهنه به‌ویژه واحدهای سنگی میزبان کانه‌زایی (عمدتاً کربناته) و سن تشکیل آنها مطالعه گردد. بررسی دقیق اندیس‌ها و کانسارهای گستره مورد بررسی مشتمل بر مختصات دقیق کانسارها و اندیس‌ها، تیپ کانه‌زایی، عیار سرب و روی، جنس سنگ میزبان، سن سنگ میزبان و ژنر کانه‌زایی‌ها بر پایه بررسی‌های میدانی، نمونه‌برداری در طی عملیات صحرایی و همچنین منابع موجود بررسی شده است. در انتها نیز بررسی فازهای کوهزایی و کانه‌زایی سرب و روی در پهنه البرز مرکزی مورد بحث واقع شده است.

## فازهای کوهزایی در البرز مرکزی

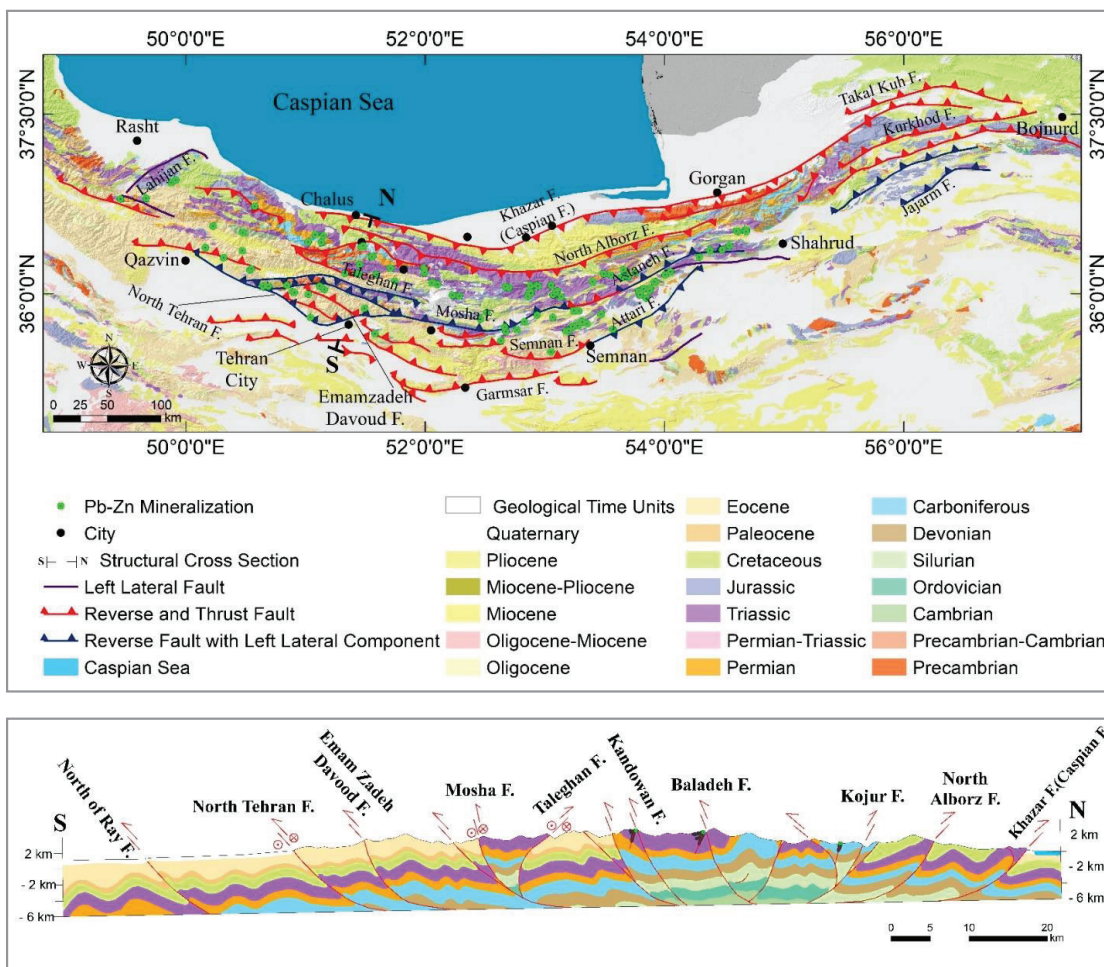
پهنه ساختاری البرز همانند سایر پهنه‌های ساختاری ایران، طی دوران‌های زمین‌شناسی تحت تاثیر فازهای زمین‌ساختی مهمی قرار داشته است که شواهد آن به صورت دگرشیبی، پیشروی و پسروی دریایی، دگرگونی، و ماگماتیسم در برخی نقاط دیده می‌شود. در جدول ۱ به مهمترین رخداد‌های کوهزایی و برخی شواهد آن پرداخته می‌شود.

کوچک و بزرگ است که همانند گسل‌های این پهنه، روند حدودی شرقی- غربی دارند. در شکل ۲ نقشه گسل‌های اصلی البرز مرکزی و زمین‌شناسی این گستره بر پایه نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ تهران، آمل، قزوین، ساوه، سمنان، ساری، طرود، گرگان، گنبد کاووس و کوه کورخود رقومی و کارتوگرافی شده و سپس بر مبنای نقشه تهیه شده برش ساختاری شمالی- جنوبی از این پهنه ترسیم که در این شکل نمایش داده شده است. در پژوهش انجام شده جهت تهیه نقشه ساختاری و تشخیص نوع و ماهیت گسل‌ها از مقالات، نقشه‌های زمین‌شناسی، گزارش‌های موجود و کتاب دانشنامه گسل‌های ایران (شیخ‌الاسلامی، ۱۳۹۲) استفاده شده است.

## زمین‌شناسی گستره

پهنه ساختاری البرز از نظر زمین‌شناسی شبیه ایران مرکزی بوده و سازندهای این دو پهنه یکسان بوده و عموماً به دلیل تفاوت‌های ساختاری از پهنه ایران مرکزی جدا شده است. (آق‌نابتی، ۱۳۸۵). بر پایه بررسی‌های صحرایی و دفتری مشخص شده قدیمی‌ترین واحد زمین‌شناسی البرز مرکزی کهر به سن پرکامبرین و جدیدترین آن رسوبات عهد حاضر است. سازندهای کهر و بایندر دارای سن پرکامبرین هستند. سازند دولومیتی سلطانیه دارای سن پرکامبرین- کامبرین است. سازندهای پالتوزوییک شامل سازندهای باروت، زاگون، لالون و میلا به سن کامبرین، سازند لشکرک به سن اردوئین، سازند مبارک به سن کربونیفر، سازندهای درود، روته نسن به سن پرمین هستند. سازندهای مزوزوییک در البرز مرکزی شامل سازند الیکا به سن تریاس، سازندهای شمشک، دلیچای و لار به سن ژوراسیک، سازندهای ملافیری، سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه پیشین، سازند تیزکوه، سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه بالایی و رسوبات آهکی کرتاسه بالایی هستند. سازندهای سنوزوییک در البرز مرکزی شامل سازندهای، فجن زیارت کرج و کند به سن پالتوزن، رسوبات سرخ‌رنگ و هزار دره به سن نئوزن و رسوبات آبرفتی تهران شامل کهریزک، آبرفت‌های تهران و رسوبات اخیر به سن کواترنری هستند (Aghanabati and Rezaee, 2009).





شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی - ساختاری و برش ساختاری پهنه البرز مرکزی (نقشه زمین‌شناسی بر پایه نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور یکپارچه، رقومی و کارتوگرافی شده و برش ساختاری بر پایه نقشه بادشده کشیده شده است).

سنگ‌شناسی می‌تواند جایگاه مهم تشکیل کانه‌زایی سرب و روی در البرز مرکزی باشند. افق توف شیلی سازند کرج به سن ائوسن نیز جدیدترین افق شناسایی شده در این پهنه بوده که دارای کانه‌زایی سرب و روی است. در شکل ۱۸ ستون چینه‌شناسی البرز به همراه افق‌های کانه‌زایی به نمایش درآمده است.

### واحدهای میزبان کانه‌زایی

مطالعات قبلی نشان داده که مهمترین افق‌های کانه‌زایی در البرز مرکزی مربوط به سازند الیکا به سن تریاس، سازند روتبه به سن پرمین و کربنات‌های کرتاسه می‌باشند (Rajabi et al., 2012). بر پایه پژوهش انجام شده در پهنه البرز مرکزی بر پایه بررسی‌های صحرایی، بررسی مقالات و اطلاعات موجود مشخص شد واحدهای میزبان مناسب تشکیل ذخایر سرب و روی از قدیم به جدید شامل: دولومیت‌های سازند سلطانیه به سن پرکامبرین - کامبرین، کربنات‌های سازند باروت به سن کامبرین، دولومیت‌های سازند میلا به سن کامبرین - اردوئیسین، دولومیت‌های سازند مبارک به سن کربونیفر، دولومیت‌های روتبه به سن پرمین، الیکا به سن تریاس و کرتاسه هستند که به لحاظ ترکیب



جدول ۱- رویدادهای کوهزایی البرز مرکزی و شواهد آن‌ها (آقنابتی، ۱۳۸۵؛ درویش زاده، ۱۳۸۸).

ردیف	فاز کوهزایی	سن	شواهد
۱	کاتانگایی	پر کامبرین- کامبرین	هم شیبی نسبی سازند کهر و پر کامبرین پسین
۲	پیش از لالون (زایگونین)	کامبرین	دگرشیبی بخش کنگلومرای لالون با واحدهای قدیمی‌تر
۳	میلاین	کامبرین پسین	دگرشیبی موازی بین لالون و میلا و کوارتزیت رأسی
۴	کالدونین	اردوئین-سیلورین (۴۳۰ م.ق.)	نبود بین رسوبات سیلورین بالایی و دوونین زیرین
۵	البرزین	کربونیفر	نبود بین سازند مبارک و درود
۶	هرسی نین	پرمن-تریاس (۳۳۰ م.ق.)	نبود سراسری نهشته‌های رسوبی کربنیفر بالایی در اثر پسروی دریا، بوجود آمدن دگرگونی‌های لاهیجان
۷	سیمرین پیشین	تریاس (۱۹۵ تا ۲۱۰ م.ق.)	نبود رسوبات تریاس فوقانی، گرانتیت زایی ناحیه لاهیجان در اثر فعالیت های کوهزایی راندگی‌هایی با شیب به شمال در البرز، بازالت‌زایی پرموتریاس حدفاصل دماوند تا سمنان
۸	سیمرین میانی	ژوراسیک (۱۷۰ م.ق.)	پسروی دریا و نهشت کنگلومرا بین سازند شمشک و دلیچای. نبود سازند دلیچای و لار در بخش‌هایی از جاده هراز و جاده چالوس در اثر بالآمدگی‌ها
۹	سیمرین پسین	ژوراسیک-کرتاسه (۱۴۰ تا ۱۵۰ م.ق.)	افق ژیبسی در گذار ژوراسیک به کرتاسه. تفاوت در واحدهای البرز شمالی و جنوبی در زمان این کوهزاد. بالآمدگی بخش‌هایی از البرز جنوبی و نبود آهک‌های اربیتولین دار در بخش‌های بالا آمده
۱۰	لارامید	کرتاسه-پالئوژن (۷۰ م.ق.)	سازند فجن با دگرشیبی ردیفهای کهن تر را می پوشاند. گسلش راندگی، چین خوردگی و بالآمدگی که باعث ایجاد رسوبات میان کوهی شده است. بالآمدگی و خروج از آب بخشهای زیادی از البرز شمالی در اثر رخداد لارامید
۱۱	پیرنن	پالئوژن-نئوژن (۳۷ تا ۴۰ م.ق.)	پوشیده شدن واحدهای قدیمی‌تر از میوسن با رسوبات سرخ رنگ قاره‌ای. خروج البرز جنوبی از آب در اثر رخداد فرابوم. جایگیری گابروی رودهن و مبارک آباد در اثر رخداد پیرنن.
۱۲	پاسادین	نئوژن-کواترنر (۱/۸ تا ۲ م.ق.)	آغاز فعالیت آتشفشان دماوند، گسلش راندگی، کوتاه شدگی پوسته و سیمای فعلی البرز

### اندیس‌ها و کانسارهای مورد بررسی

در گستره مورد بررسی تعداد ۱۲۸ کانسار و اندیس معدنی سرب- روی بر پایه برداشت‌های میدانی، گزارش‌ها، مقاله‌ها و اطلاعات موجود در کتب منتشر شده جمع‌آوری شده است (جدول ۲). همان‌گونه که در این جدول نیز مشخص است اطلاعاتی همچون مختصات کانه‌زایی‌ها، عیار سرب و روی، واحد میزبان کانه‌زایی و ژنز کانسارها و کانه‌زایی‌ها مشخص شده است. بخش اصلی اطلاعات مربوط به ژنز کانه‌زایی‌ها

بر پایه نقشه تیپ ذخایر معدنی و متالورژی ایران (Heidari et al., 2017) و نیز مقالات موجود (Rastad., Bazargani, 1982, and Shariatmadar., 2001 Rajabi et al., 2010, 2012 Shafiei Bafti et al., 2021) استفاده شده است.



جدول ۲- اطلاعات گردآوری شده از ۱۲۸ اندیس و کانسار سرب و روی در بهنه البرز مرکزی.

ردیف	نام	X	Y	سرب (%)	روی (%)	میزبان	ژنز
۱	دونا	51.44	36.16	5	0.7	الیکا	سین-اپی ژنتیک
۲	جنوب غرب دونا	51.43	36.17	0.05	0.06	الیکا	سین-اپی ژنتیک
۳	جنوب غرب یوش	51.71	36.21	0.5	0.2	الیکا	اپی ژنتیک
۴	ناصرآباد	51.47	36.39	5	5	مبارک	سین-اپی ژنتیک
۵	کندلوس	51.55	36.31	3.7	3.43	مبارک	-
۶	اوزیروک	51.56	36.31	0.05	0.09	مبارک	-
۷	شمال تاکر	51.99	36.21	2.02	0.11	روته	اپی ژنتیک
۸	جنوب شرق نمار	52.10	36.08	2.39	0.33	لار	اپی ژنتیک
۹	نمار	52.07	36.09	4	0.4	لار	اپی ژنتیک
۱۰	جنوب بولقلم	52.28	35.98	0.3	0.9	لار	اپی ژنتیک
۱۱	کورف	52.23	35.99	0.02	0.04	روته	اپی ژنتیک
۱۲	لیند	52.88	36.07	4.4	1.8	الیکا	اپی ژنتیک
۱۳	ششرودار	52.87	36.00	0.1	1.2	الیکا	سین ژنتیک
۱۴	تالع	53.05	36.07	2.3	0.1	الیکا	سین-اپی ژنتیک
۱۵	بایاکلا	53.10	36.02	0.1	3.2	الیکا	-
۱۶	سرچلشک	53.10	36.01	1.6	5	الیکا	سین-اپی ژنتیک
۱۷	کمرپشت ۱	53.07	35.99	5	0.1	الیکا	اپی ژنتیک
۱۸	کمرپشت ۲	53.08	35.99	5	1.8	الیکا	اپی ژنتیک
۱۹	زنگیان	52.93	36.07	0.05	0.09	الیکا	-
۲۰	پالند	52.89	36.01	0.04	0.03	الیکا	اپی ژنتیک
۲۱	ششرودار ۱	52.87	36.01	0.5	0.03	الیکا	سین ژنتیک
۲۲	امامفت	53.14	35.97	0.03	0.02	لار	-
۲۳	میرافضل	53.68	36.14	1	0.03	الیکا	سین ژنتیک
۲۴	جنوب کندلوس	51.56	36.31	0.4	0.1	مبارک	-
۲۵	ساواسرا	53.55	36.16	0.1	0.02	لار	-
۲۶	همسین	51.58	35.66	0.4	0.3	لار	-
۲۷	زنگیان ۲	52.94	36.06	0.17	0.05	الیکا	-
۲۸	زنگیان ۱	52.94	36.06	0.59	0.14	الیکا	-
۲۹	آغشت	50.89	36.02	2.7	0.4	کرج	اپی ژنتیک
۳۰	جنوب دروان	51.02	35.99	0.3	0.5	کرج	اپی ژنتیک
۳۱	امامعلی	50.91	36.01	1.9	0.1	کرج	اپی ژنتیک
۳۲	لیستان	51.12	36.06	2.9	0.23	کرج	اپی ژنتیک
۳۳	جوتان	50.47	36.36	5	2.1	کرج	سین ژنتیک
۳۴	شلمزار ۲	50.69	36.06	2.1	0.7	روته	-





ردیف	نام	X	Y	سرب (%)	روی (%)	میزبان	ژنر
۳۵	شلمزار ۱	50.65	36.06	1.7	1.3	روته	-
۳۶	ناردانگ	50.85	36.07	1.9	0.8	سلطانیه	-
۳۷	شکرناپ	50.32	36.30	1.6	0.1	کرج	سین ژنتیک
۳۸	امیرنان	50.54	36.20	5	0.3	کرتاسه	سین ژنتیک
۳۹	ارم کوچک	53.27	35.86	4.1	0.8	کرتاسه	سین ژنتیک
۴۰	ارم بزرگ	53.24	35.86	3.2	2.1	کرتاسه	سین ژنتیک
۴۱	اندریه	52.46	35.79	0.7	0.8	لار	سین ژنتیک
۴۲	سیرا	51.16	36.03	0.9	0.2	کرج	-
۴۳	شهمیرزاد	53.28	35.73	0.7	0.03	کرتاسه	اپی ژنتیک
۴۴	دریند	53.35	35.75	2.1	0.3	کرتاسه	سین ژنتیک
۴۵	آشخانی	52.70	36.05	0.1	0.01	شمشک	-
۴۶	کرور	52.67	36.06	0.08	0.03	لار	-
۴۷	شمال شرق ششروبار	52.88	36.01	0.75	0.01	الیکا	اپی ژنتیک
۴۸	کنگلبن	52.86	35.98	0.14	1.04	الیکا	اپی ژنتیک
۴۹	اسپهد ۲	53.09	36.01	0.1	3.25	الیکا	سین-اپی ژنتیک
۵۰	اسپهد ۱	53.09	36.01	0.29	3.98	الیکا	سین-اپی ژنتیک
۵۱	اسپهد	53.09	36.01	3.74	1.08	الیکا	سین-اپی ژنتیک
۵۲	غرب سرچلشک	53.10	36.01	5	0.19	الیکا	سین ژنتیک
۵۳	غرب سرچلشک ۱	53.10	36.01	5	0.05	الیکا	سین ژنتیک
۵۴	غرب کمپشت ۴	53.07	35.99	0.1	0.8	الیکا	سین ژنتیک
۵۵	امامفت ۱	53.14	35.98	0.11	0.01	لار	-
۵۶	زنگیان ۳	52.94	36.06	0.13	0.01	الیکا	-
۵۷	غرب کمپشت ۳	53.07	35.99	0.0435	0.2791	الیکا	سین ژنتیک
۵۸	غرب کمپشت ۲	53.07	35.99	0.83	0.68	الیکا	سین ژنتیک
۵۹	اسپلی ۲	49.88	36.93	0.02	0.012	لار	اپی ژنتیک
۶۰	اوان	50.48	36.51	0.05	0.02	باروت	سین ژنتیک
۶۱	رشک مشکوه	51.08	36.49	1.5	2.5	الیکا	اپی ژنتیک
۶۲	گورت کلاردشت	51.13	36.43	0.02	0.013	مبارک	-
۶۳	سربیشه	53.40	36.10	0.9	5	الیکا	سین ژنتیک
۶۴	واوسر	53.70	36.14	5	0.02	روته	سین ژنتیک
۶۵	تویه دروار	53.78	36.02	5	5	لار	اپی ژنتیک
۶۶	دروار	53.83	36.04	1.1	0.2	کرتاسه	-
۶۷	شورچشمه	53.88	36.05	0.2	0.5	سلطانیه	سین ژنتیک
۶۸	گیوتنگه	53.92	36.10	0.6	5	لار	سین ژنتیک
۶۹	گیوتنگه دامغان	53.93	36.10	1.9	3	کرتاسه	اپی ژنتیک



ردیف	نام	X	Y	سرب (%)	روی (%)	میزبان	ژنر
۷۰	توب اصلی	53.92	36.10	1	0.3	لار	سین ژنتیک
۷۱	کور چشمه	54.48	36.37	4	2	الیکا	-
۷۲	خرماکلا	53.09	36.01	5	5	الیکا	سین-اپی ژنتیک
۷۳	واز	52.88	36.07	5	2.63	الیکا	-
۷۴	واز ۲	52.88	36.07	5	1.56	الیکا	-
۷۵	غرب آلاشت ۲	52.88	36.07	5	0.02	الیکا	-
۷۶	غرب آلاشت	52.88	36.07	5	5	الیکا	-
۷۷	وندربین	51.02	36.43	1.5	5	مبارک	-
۷۸	زرین دشت	52.63	35.61	2	1.4	کرج	اپی ژنتیک
۷۹	چشمه آخوری	52.77	35.70	2.1	1.6	لار	اپی ژنتیک
۸۰	کهنه سوار	52.68	35.68	3	1.3	لار	سین ژنتیک
۸۱	انیو	53.07	35.80	1.1	0.2	کرتاسه	اپی ژنتیک
۸۲	کوه رودبار ۱	53.18	35.69	0.7	0.01	لار	اپی ژنتیک
۸۳	کوه رودبار ۲	53.20	35.69	3	0.01	لار	اپی ژنتیک
۸۴	رضابریگ	53.47	35.83	2.2	0.03	کرتاسه	اپی ژنتیک
۸۵	آبگرم	53.05	35.51	1.3	0.06	کرج	-
۸۶	در بند شهمیرزاد	53.23	35.73	3	0.02	کرتاسه	-
۸۷	عطاری	53.57	35.70	3.6	0.4	کرج	-
۸۸	سربیشه	53.64	36.13	1.1	0.2	روته	-
۸۹	ناحیه	51.59	36.16	2.6	0.001	لار	-
۹۰	دونا الیکا	51.44	36.17	3.3	0.8	روته	سین-اپی ژنتیک
۹۱	ناصرآباد ۱	51.48	36.40	3.3	0.2	مبارک	سین-اپی ژنتیک
۹۲	نمار	52.06	36.09	3.3	0.6	لار	اپی ژنتیک
۹۳	شیر دره	53.66	36.20	1.4	0.01	الیکا	-
۹۴	غرب تاگر	52.00	36.20	3.6	0.01	روته	اپی ژنتیک
۹۵	نج	51.99	36.18	1	0.02	شمشک	-
۹۶	دونا الیکا	51.45	36.17	5	0.02	روته	سین-اپی ژنتیک
۹۷	زرد چال	50.23	36.56	1.4	0.5	کرج	-
۹۸	اسپیلی ۱	49.92	36.95	2	0.1	لار	اپی ژنتیک
۹۹	حسین آباد	51.15	36.48	1.3	0.13	الیکا	اپی ژنتیک
۱۰۰	طاهر کلا	51.75	36.10	2.7	0.01	کرج	-
۱۰۱	میلاکوه	53.80	35.99	2.4	0.3	سلطانیه	اپی ژنتیک
۱۰۲	گیونمگ	54.05	36.18	1.2	0.4	لار	-
۱۰۳	آساران	53.28	35.86	3.6	2.1	کرتاسه	سین ژنتیک
۱۰۴	پیچمتو	54.67	36.53	5	1.8	لار	اپی ژنتیک



ردیف	نام	X	Y	سرب (%)	روی (%)	میزبان	ژنر
۱۰۵	تخت آبی	54.68	36.53	2.1	1.3	لار	ابی ژنتیک
۱۰۶	پای زندگی	54.68	36.53	3.6	2.1	شمشک	ابی ژنتیک
۱۰۷	سیاه دره	54.68	36.52	1.3	0.2	کرتاسه	ابی ژنتیک
۱۰۸	یورت بابا	54.61	36.52	4.1	0.8	لار	سین ژنتیک
۱۰۹	سرب موجن	54.60	36.52	3.6	1.6	لار	سین ژنتیک
۱۱۰	چمتوتاش	54.54	36.40	3.4	0.01	الیکا	سین ژنتیک
۱۱۱	سیاه چشمه	54.29	36.30	4.8	0	روته	-
۱۱۲	شمال غرب نسن	51.45	36.24	0.9	2	الیکا	سین-ابی ژنتیک
۱۱۳	زکریا	53.88	36.03	1.2	1.3	میلا	-
۱۱۴	مرجان آباد	49.45	36.79	-	-	روته	سین ژنتیک
۱۱۵	چمبل	49.67	36.80	-	-	اهک ائوسن	ابی ژنتیک
۱۱۶	قسلینسر	50.16	36.38	-	-	روته	سین ژنتیک
۱۱۷	آغوزکی	50.58	36.73	-	-	روته	ابی ژنتیک
۱۱۸	گلونگاه	51.33	36.17	-	-	روته	سین ژنتیک
۱۱۹	کلاک	51.04	35.80	-	-	کرج	سین ژنتیک
۱۲۰	پسقلعه	51.49	35.88	-	-	کرج	سین ژنتیک
۱۲۱	حوزنک	50.55	36.21	-	-	کرج	سین ژنتیک
۱۲۲	آخوری	52.52	35.84	-	-	کرج	سین ژنتیک
۱۲۳	فیروزکوه	52.66	35.72	-	-	لار	سین ژنتیک
۱۲۴	سیاه ده	52.83	35.77	-	-	اهک ائوسن	ابی ژنتیک
۱۲۵	گدوک	52.94	35.82	-	-	لار	ابی ژنتیک
۱۲۶	مهدی شهر	53.31	35.76	-	-	شمشک	سین ژنتیک
۱۲۷	کلاته تلمبو	53.76	36.18	-	-	لار	سین ژنتیک
۱۲۸	ارس کوه	53.85	35.96	-	-	الیکا	ابی ژنتیک

### کانه‌زایی سرب و روی در البرز مرکزی

کانه‌زایی‌های متعددی سرب- روی ( $\pm$  باریت-فلورین) و فلورین در ذخایر تیپ MVT غنی از فلورین در واحدهای رسوبی البرز مرکزی تشکیل شده است. به طور کلی واحد میزبان کانه‌زایی سرب و روی عمدتاً آهک و دولومیت (کربناته) و در برخی موارد توف شیلی است (Malaekhe et al., 2021, Rajabi et al., 2010, 2012., Bazargani, 1982).

بر پایه نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام شده بر روی کانه‌زایی‌های سرب و روی پهنه البرز مرکزی، مهمترین افق کانه‌زایی سرب و روی، متعلق به دولومیت‌های

سازند الیکا به سن تریاس هستند که کانسارهای دونا، شمال غرب یوش، اسپهبد، کمپشت، شمال غرب نسن و خرماکلا در این افق قرار گرفته‌اند. سایر افق‌ها شامل دولومیت‌های سلطانیه به سن پرکامبرین تا کامبرین پیشین (کانسار تویه‌دروار)، دولومیت‌های سازند میلا به سن کامبرین تا اردوئوسین (فلوئوریت، سرب و روی دامغان)، کربنات‌های مبارک به سن کربونیفر (کانسار ناصرآباد و کندلوس)، کربنات‌های روته به سن پرمین (اندیس غرب تاگر، اندیس کرف)، کربنات‌های لار به سن ژوراسیک پسین (کانسار نمار، اندیس‌های شرق نمار، بولقلم و اسپیلی)، کربنات‌های سازند تیزکوه به

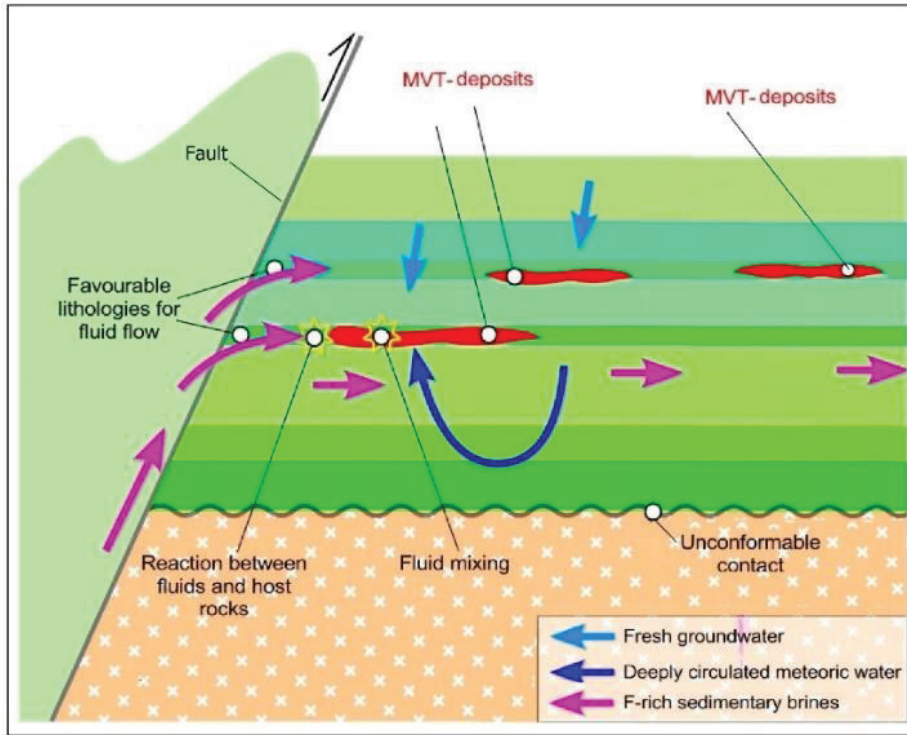


شد (راستاد و شریعتمداری، ۲۰۰۱؛ رجیبی و همکاران، ۲۰۱۳؛ تدین و همکاران، ۲۰۱۵). در شکل ۳ تشکیل این کانسارها به صورت نمادین آورده شده است. در رژیم کششی نیز همزمان با فرونشست رسوبات در شرایط کششی، در اثر فشار وارده بر توالی آواری همزمان با کافت و افزایش حرارت زمین گرمایی حاکم بر آن، آب درون سازندی از بین رسوبات خارج شده و جریان گردش سیال کانه‌دار را در بخش های نفوذپذیر توالی پرکننده کافت ایجاد می‌کند (Leach et al., 2005)، این آب توسط شکستگی‌ها و گسل به عنوان راهی نفوذپذیر، برای صعود و خروج سیال‌های کانه‌ساز و ورود به کف دریا عمل می‌کنند که در ادامه باعث نهشت کانه‌زایی به صورت لامینه، رگه-رگچه و توده‌ای می‌شود (Canet et al., 2003)، در شکل‌های ۴، ۵ و ۱۸ تشکیل این کانسارها به صورت نمادین آورده شده است.

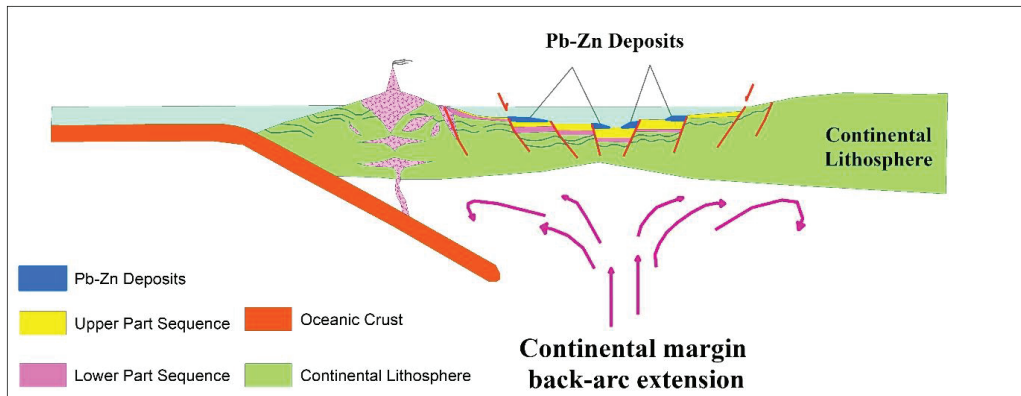
#### بررسی افق‌های کانه‌زایی

همانطور که پیشتر اشاره شد ۸ افق اصلی کانه‌زایی در البرز مرکزی قرار گرفته که در جدول ۳ اطلاعات آنها آمده است. در این بخش تعداد ۱۱۳ کانسار و اندیس دارای عیار مشخص شده که اطلاعات آنها مورد بررسی واقع شده است. همان طور که در این جدول نیز مشخص شده برای هر افق سعی شده عیار میانگین کانه‌زایی سرب و روی محاسبه گردد تا اثر هر رخداد کوهزایی و افق کانه‌زایی با هم مقایسه و بررسی گردند. در ادامه مهمترین افق‌ها بررسی شده‌اند.

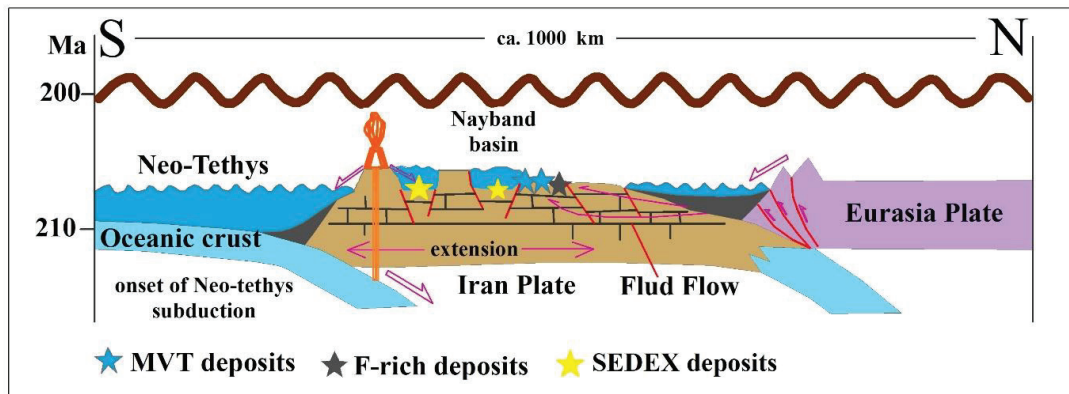
سن کرتاسه (کانه‌زایی‌های ارم بزرگ، ارم کوچک و شه‌میرزاد)، و بخش توف شیلی سازند کرج به سن ائوسن (کانه‌زایی‌های باریت و سرب رگه‌ای، کانسار امام علی، کانسار آغشت و غرب دروان) اشاره نمود. در مورد ژنز کانسارهای سرب و روی با میزبان کربناته در پهنه ساختاری البرز مرکزی، نظریه‌های گوناگونی وجود دارد. به‌طور مثال برای کانسار سرب و روی شش‌رودبار با سن پرمین تا تریاس یک منشا سین‌ژنتیک پیشنهاد شده است (راستاد و شریعتمداری، ۲۰۰۱). برخی شواهد جدید مثل فرآیند جاننشینی، بافت‌های رگه-رگچه‌ای، نواری، پیوند کانه‌زایی با شکستگی‌ها و گسل‌ها به‌ویژه گسل‌های معکوس که باعث کنترل و جایگیری کانه‌زایی می‌شود، دلالت بر اپی‌ژنتیک کانه‌زایی در این گستره است (Rajabi et al., 2013). علاوه بر این وجود کانه‌زایی فلوتورین در واحدهای میزبان کربناته، یکی از شواهد نسبتاً قوی از رخداد اپی‌ژنتیک کانه‌زایی در این تیپ از ذخایر است که عموماً مرتبط با ذخایر MVT غنی از فلوتور هستند (Leach et al., 2010). جهت بررسی هرچه بهتر پیوند کانه‌زایی سرب و روی با رویدادهای کوهزایی بر پایه اطلاعات موجود اعم از نقشه‌ها، گزارشات، مقالات و بازدید میدانی سعی شده کانسارها و کانه‌زایی‌های سرب و روی در گستره البرز مرکزی از نظر ژنز بررسی گردد که اطلاعات آن در جدول شماره ۲ آمده است. بر پایه شواهد موجود در البرز مرکزی به نظر می‌رسد کانه‌زایی سرب و روی در دوره‌های مختلف زمین‌شناسی و در دو حوضه نوع کششی و فشارشی رخ داده است. در رژیم فشارشی شیل‌های شمشک (ژوراسیک) بر روی کربنات‌های جدید تر (سازند لار و یا کربنات‌های کرتاسه) رانده شده و باعث حرکت و جریان یافتن محلول‌های دارای کانه‌زایی از حوضه پیش‌بوم (فورلند) به سوی پلتفرم کربناته تریاس (میزبان کانه‌زایی سرب و روی) شده است. این جریان می‌تواند باعث نهشت کانه‌زایی در شکستگی‌ها و تخلخل کربنات‌های ذکر شده شود. لازم به ذکر است به دلیل اینکه شیل نفوذپذیری و تخلخل مناسبی ندارد پس محلول‌های حاوی مواد کانه‌زایی نمی‌توانند درون این واحد که در فرادیواره گسل‌ها قرار می‌گیرند نفوذ کنند در نتیجه درون واحدهای کربناته به دام افتاده نهشته خواهد



شکل ۳- الگوی زایشی کانه‌زایی سرب و روی در رژیم فشارشی (برگرفته از Camprubi et al., 2019).



شکل ۴- مدل نمادین ساده شده از چگونگی تشکیل کانه‌زایی سرب و روی در یک رژیم زمین ساختی کششی (با تغییرات Rajabi et al., 2014).



شکل ۵- الگوی ژنتیکی کانه‌زایی سرب و روی ایران در یک رژیم زمین ساختی کششی در ۲۰۰ تا ۲۱۰ میلیون سال پیش (برگرفته با تغییر از Rajabi et al., 2012).



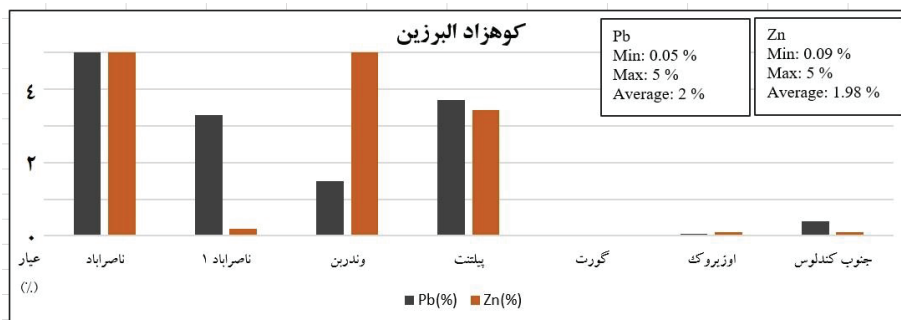
جدول ۳- اطلاعات افق‌های کانه‌زایی در گستره مورد بررسی.

ردیف	افق کانه‌زایی	کوهزاد	تعداد کانه‌زایی	عیار میانگین سرب %	عیار میانگین روی %
۱	سلطانیه	زایگونین	۳	۱/۵	۰/۵۳
۲	میلا	کالدونین	۱	۱/۲	۱/۳
۳	مبارک	البرزین	۷	۲	۱/۹۸
۴	روته	هرسی نین	۱۰	۲/۸۶	۰/۳
۵	الیکا	سیمرین پیشین	۳۹	۳/۸	۱/۷
۶	لار	سیمرین پسین	۲۵	۱/۹	۰/۹
۷	کربنات‌های کرتاسه	لارامید	۱۲	۲/۴۴	۰/۷۷
۸	کرج	پیرتنن	۱۲	۲/۱۹	۰/۵۱

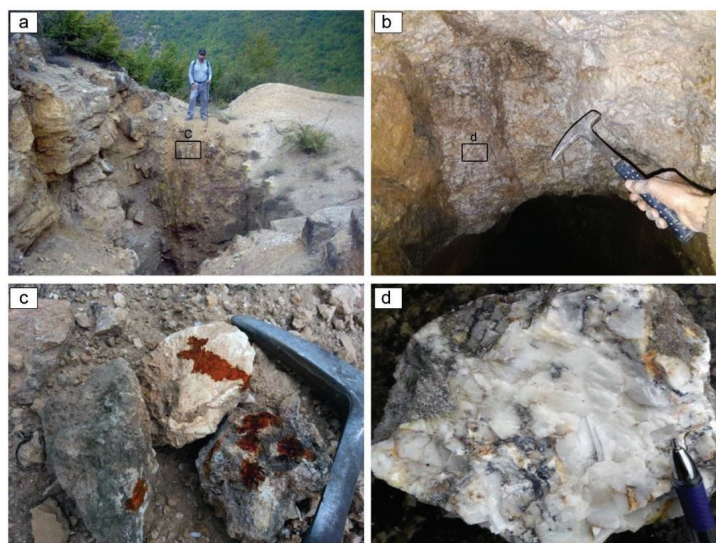
### افق کانه‌زایی مبارک

این افق کانه‌زایی به طور عمده درون دولومیت‌های سازند مبارک نهشته شده است سن این افق کانه‌زایی کربونیفر بوده که منطبق بر رخداد کوهزایی البرزین است. در این افق ۷ مورد کانه‌زایی قرار گرفته که میانگین عیار سرب ۲ درصد و عیار میانگین روی ۱/۹۸ درصد است. جهت بررسی هر چه بیشتر این افق از کانسار ناصرآباد

بازدید به عمل آمده بر پایه شواهد صحرایی مشخص شد کانه‌زایی سرب و روی درون پهنه‌های گسله، حاشیه گسل‌ها، شکستگی‌ها و درون پهنه‌های برشی مشاهده می‌شوند (شکل ۷) بر این پایه این کانسار دارای ژنز اپی ژنتیک بوده که احتمالاً کانه‌زایی در این کانسار در پیوند با رخداد کوهزایی البرزین نبوده و تحت تاثیر رخدادهای کوهزایی جدیدتر از البرزین اتفاق افتاده است.



شکل ۶- مقایسه عیار کانه‌زایی‌های افق سازند مبارک.



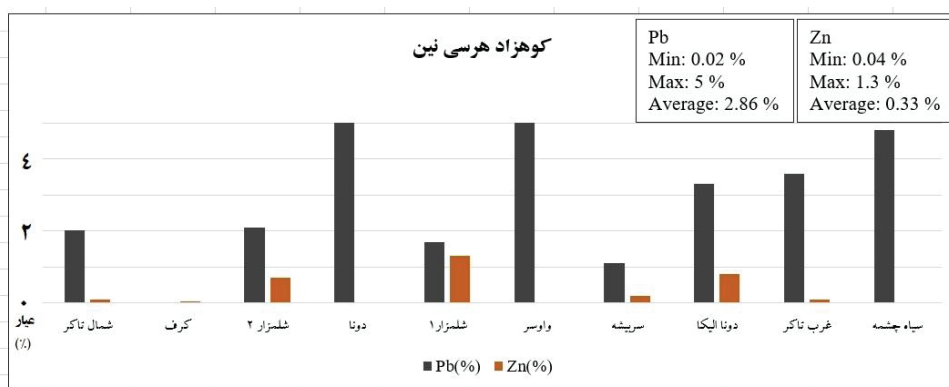
شکل ۷- تصاویر رخنمون (a و b) و نمونه دستی (c و d) از کانه‌زایی سرب و روی در افق کانه‌زایی سازند مبارک (معدن ناصرآباد).

این افق می‌تواند در اثر عملکرد رخداد هرسی نین و کانه‌زایی‌های اپی‌ژنتیک در اثر عملکرد رخداد‌های کوهزایی جوانتر از هرسی نین باشند.

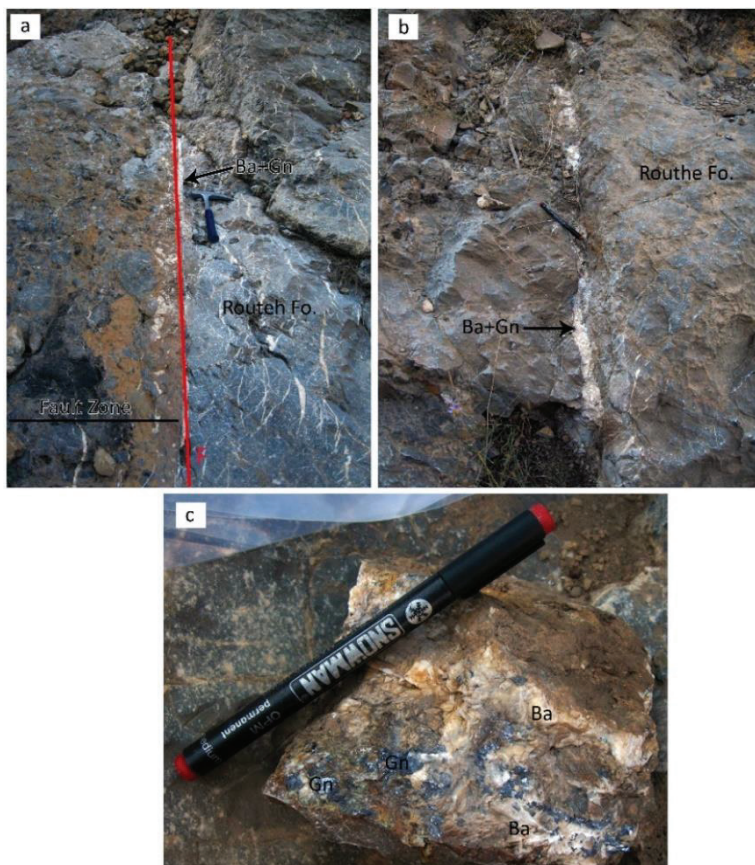
جهت بررسی هر چه بیشتر افق روت‌ه اندیس غرب تا کر درون که سازند روت‌ه نهشته شده مورد بررسی واقع شد. بررسی‌های صحرایی حاکی از نهشت کانه‌زایی سرب و روی درون گسل‌ها، شکستگی‌ها و برش‌های زمین‌ساختی است (شکل ۹) بر این پایه این کانسار اپی‌ژنتیک بوده و در اثر رخداد کوهزایی جوانتر از هرسی نین رخ داده است.

### افق کانه‌زایی روت‌ه

بر پایه بررسی‌های صحرایی صورت گرفته مشخص شد این افق کانه‌زایی بیشتر درون دولومیت‌های برشی خاکستری‌رنگ سازند روت‌ه نهشته شده است. این افق بر رخداد هرسی نین مطابقت دارد. تعداد ۱۰ مورد کانه‌زایی سرب و روی در این افق ثبت شده است که میانگین عیار سرب ۲/۸۶ درصد و عیار میانگین روی ۰/۳ درصد است. بررسی کانه‌زایی‌های افق کانه‌زایی روت‌ه نشان می‌دهد برخی از کانه‌زایی‌ها اپی‌ژنتیک، برخی سین‌ژنتیک و برخی حد واسط هستند. کانه‌زایی‌های سین‌ژنتیک در



شکل ۸- مقایسه عیار کانه‌زایی‌های افق سازند روت‌ه.



شکل ۹- تصاویر رخنمون (a و b) و نمونه دستی (c) کانه‌زایی سرب و روی در افق کانه‌زایی سازند روت‌ه. این بخش کانه‌زایی درون پهنه گسله (a و b) به صورت رگه ای و همراه برش زمین‌ساختی مشاهده می‌شود. Ba: باریت، Gn: گالن و F: محل گسل است (کانه‌زایی در شمال غرب روستای تا کر).

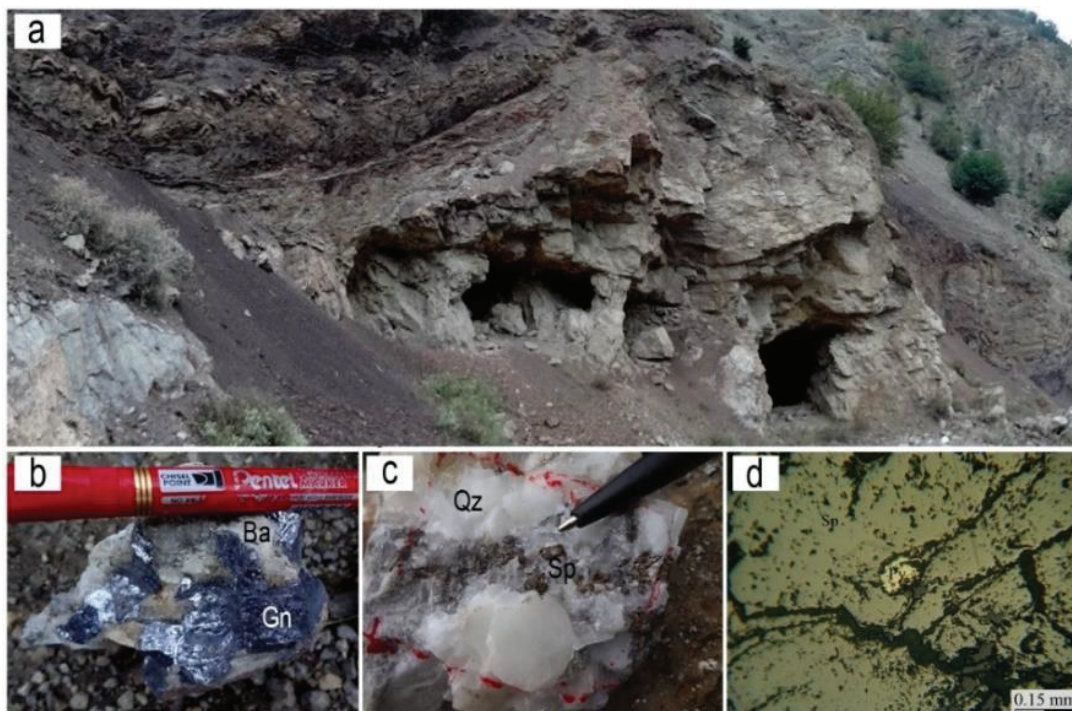
## افق کانه‌زایی الیکا

این افق اصلی‌ترین افق کانه‌زایی البرز مرکزی محسوب می‌شود به گونه‌ای که بخش عظیمی از کانسارها و اندیس‌های کانه‌زایی سرب و روی این پهنه مربوط به این افق است. تعداد ۳۹ مورد کانه‌زایی در این افق نهشته شده است. این افق بر کوهزایی سیمین پیشین منطبق است. در این افق کانه‌زایی میانگین عیار سرب ۳/۸ درصد و میانگین عیار روی ۱/۷ درصد است.

بررسی کانه‌زایی‌های افق الیکا نشان می‌دهد برخی از کانه‌زایی‌ها اپی‌ژنتیک (شش‌رودبار، کمرپشت) و برخی سین‌ژنتیک (شش‌رودبار ۱، سرچلشک) و برخی حد واسط هستند. کانه‌زایی‌های سین‌ژنتیک در این افق می‌توانند در اثر عملکرد رخداد سیمین پیشین و کانه‌زایی‌های اپی‌ژنتیک در اثر عملکرد رخدادهای کوهزایی جوانتر از سیمین پیشین باشند جهت بررسی هرچه بیشتر افق کانه‌زایی الیکا در البرز مرکزی

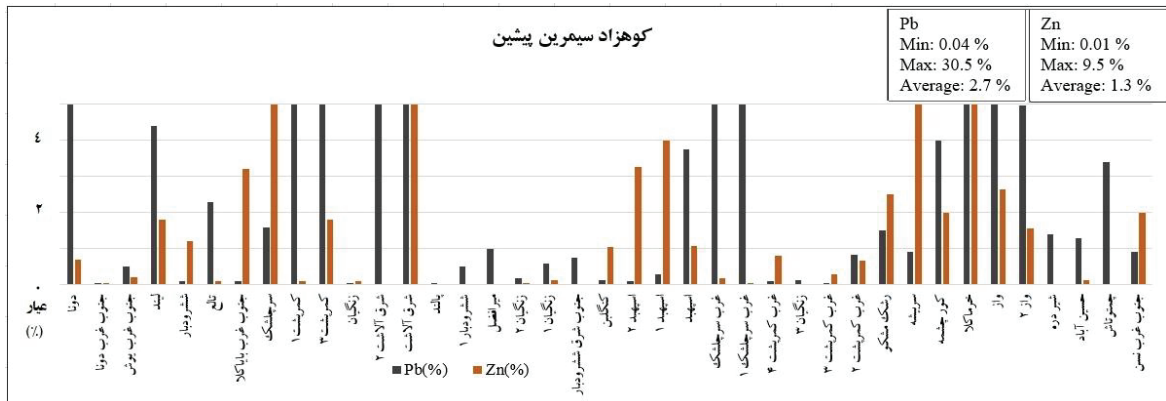
کانسار سرچلشک و کانسار دونا بازدید شده است بر پایه شواهد صحرایی مشخص شده کانه‌زایی سرب و روی به همراه باریت اغلب درون پهنه‌های گسله (شکل ۱۰ و شکل ۱۲). و بخشی نیز به صورت نواری و موازی لایه بندی نهشته شده‌اند. بر پایه این شواهد به نظر می‌رسد این کانسارها دارای ژنز حدواسط (سین- اپی‌ژنتیک) بوده که احتمالاً کانه‌زایی تحت تاثیر دو فاز کوهزایی (سیمین پیشین و یک فاز جدیدتر) رخ داده است.

در کانسار دونا همانطور که در تصویرهای میدانی نیز مشخص است (شکل ۱۲) اغلب کانه‌زایی‌ها درون پهنه گسله راستالغز چپ‌بر و معکوس نهشته شده اند معمولاً در این کانسار زاویه ریک حدود ۴۰ تا ۷۰ درجه می‌باشد که عملکرد فعال سامانه فشارشی و راستالغز را نشان می‌دهد.

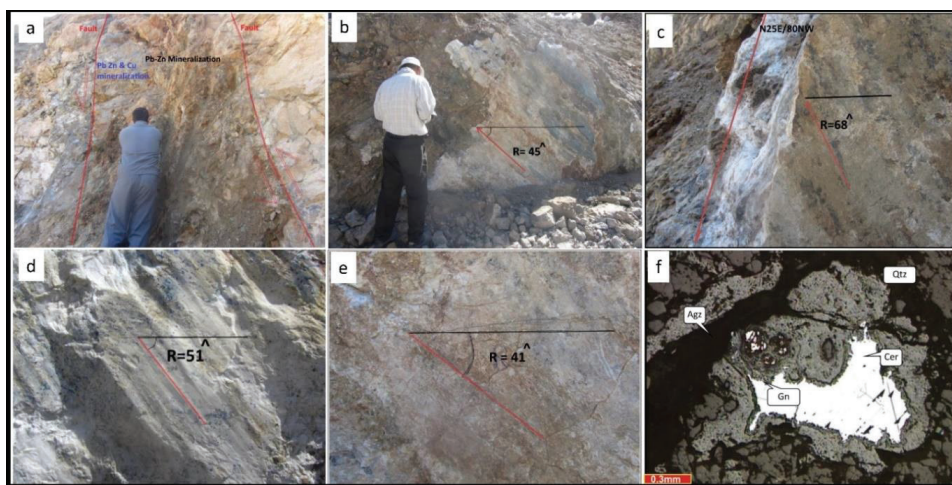


شکل ۱۰- رخنمون (a)، نمونه دستی (b و c) و تصویر میکروسکوپی (d) از کانه‌زایی سرب و روی در افق کانه‌زایی سازند الیکا (کانه‌زایی سرچلشک).





شکل ۱۱- مقایسه عیار کانه‌زایی‌های افق سازند البکا.



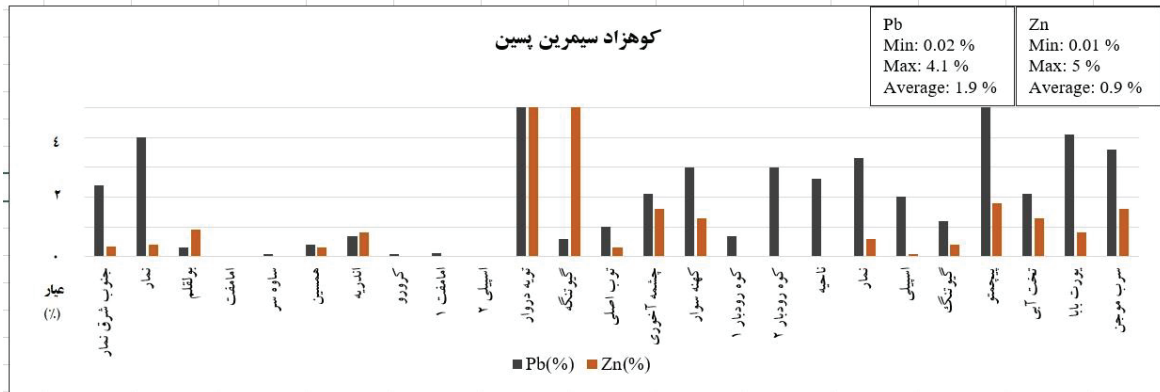
شکل ۱۲- کانه‌زایی سرب و روی در کانسار دونا که در پهنه گسله راست‌الغز چپ‌بر و معکوس نهشته شده است. پهنه گسله چپ‌بر و معکوس با کانه‌زایی سرب و روی و مس (a)، رویه گسل چپ‌بر با ریک ۴۵ درجه همراه با کانه‌زایی باریت و گالن (b)، رویه گسل چپ‌بر با ریک ۴۸ درجه همراه با کانه‌زایی باریت و گالن (c)، رویه گسل راست‌الغز با ریک ۵۱ درجه همراه با کانه‌زایی باریت و مس به صورت آזורیت (d)، رویه گسل راست‌الغز با ریک ۴۱ درجه همراه با کانه‌زایی باریت (e)، کانه‌زایی سرب به صورت انکلیزیت Agz و گالن Gn و روی به صورت سرویت Cer در مقطع صیقلی (تصویر b و c برگرفته از Hakimi-Asiabar, 2017 سایر تصاویر در طی عملیات صحرایی برداشت شده است).

نمار بازدید صحرایی بعمل آمده که این بررسی‌ها به همراه بررسی مقالات منتشر شده (عزیزی ۱۳۸۴) نشان از کانه‌زایی سرب و روی در حاشیه دایک‌ها و توده‌های ساب‌ولکانیک به صورت اسکارن و اپی‌ژنتیک بوجود آمده‌اند (شکل ۱۴). بر این پایه با توجه به کانه‌زایی که درون واحد لار ایجاد شده می‌توان گفت در اثر رخداد کوهزایی جوانتر از سیمین پسین رخ داده است.

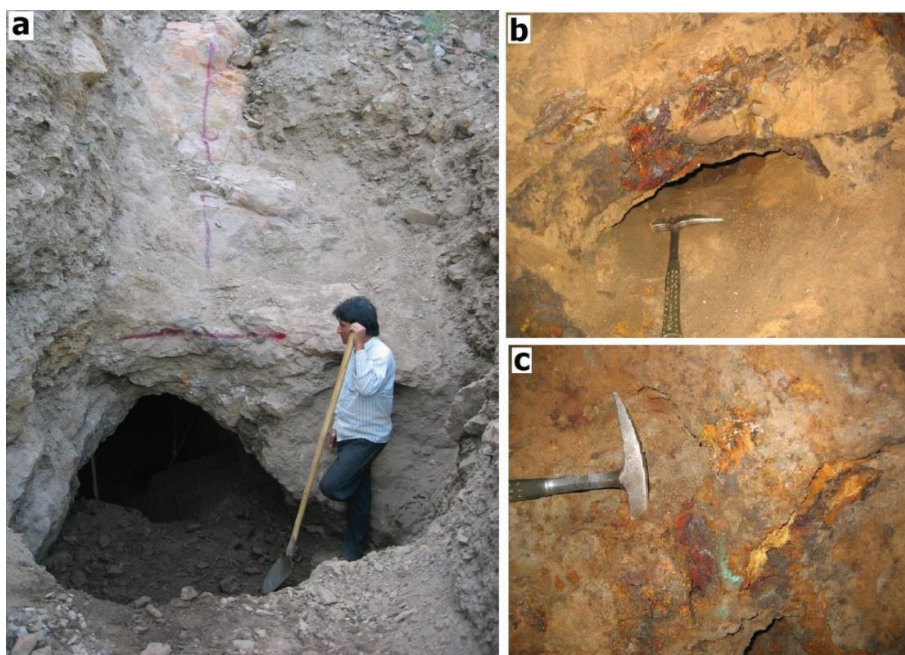
### افق کانه‌زایی لار

این افق ۲۵ مورد کانه‌زایی در خود جای داده و از نظر سنی نیز با رخداد کوهزایی سیمین پسین همخوانی دارد. میانگین سرب در این افق ۱/۹ درصد و میانگین روی ۰/۹ درصد است.

بررسی کانه‌زایی‌های افق لار حاکی از این است که این برخی از کانه‌زایی‌ها اپی‌ژنتیک و برخی سین‌ژنتیک هستند. کانه‌زایی‌های سین‌ژنتیک در این افق می‌توانند در اثر عملکرد رخداد سیمین پسین و کانه‌زایی‌های اپی‌ژنتیک در اثر عملکرد رخداد‌های کوهزایی جوانتر از سیمین پسین باشند. برای بررسی بیشتر افق کانه‌زایی لار در البرز مرکزی از کانسار



شکل ۱۳- مقایسه عیار کانه‌زایی‌های افق سازند لار.



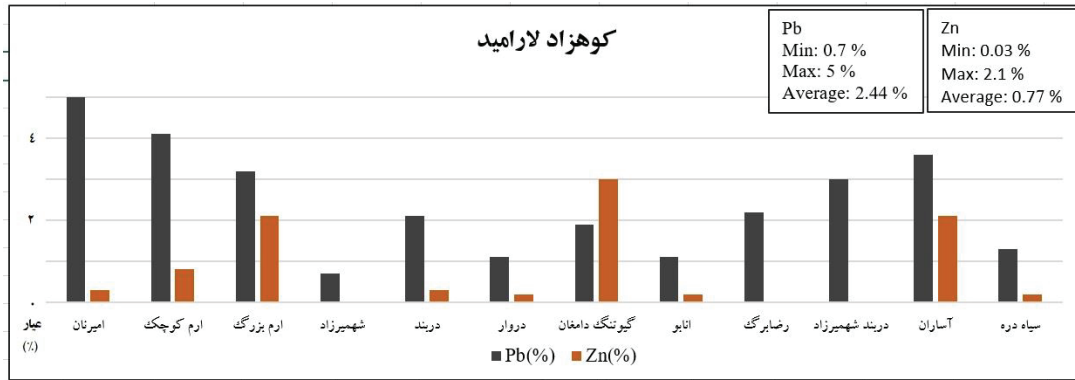
شکل ۱۴- رخنمون کانه‌زایی لار که در مرکز تصویر محل دایک به رنگ سرخ مشخص است. (a) نمای نزدیک کانه‌زایی (b و c) کانسار نما در افق کانه‌زایی لار.

در این افق می‌توانند در اثر عملکرد رخداد کوهزایی لارامید و کانه‌زایی‌های اپی‌ژنتیک در اثر عملکرد رخدادهای کوهزایی جوانتر از لارامید باشند.

### افق کانه‌زایی مربوط به سنگ‌های کربناته کرتاسه

سنگ‌های کربناته کرتاسه البرز مرکزی شامل سازند تیزکوه و معادل آن و نیز واحدهای غیررسمی نامگذاری شده است. در این بخش تعداد ۱۲ مورد کانه‌زایی سرب و روی بررسی شده‌اند. میانگین عیار سرب در این افق ۲/۴۴ درصد و میانگین عیار روی ۰/۷۷ درصد است. از نظر سنی این افق کانه‌زایی منطبق بر رخداد لارامید است. بررسی کانه‌زایی‌های افق کرتاسه مشخص می‌کند این برخی از کانه‌زایی‌ها اپی‌ژنتیک و برخی سین‌ژنتیک هستند. کانه‌زایی‌های سین‌ژنتیک





شکل ۱۵- مقایسه عیار کانه‌زایی‌های افق کربنات‌های کوتاسه.

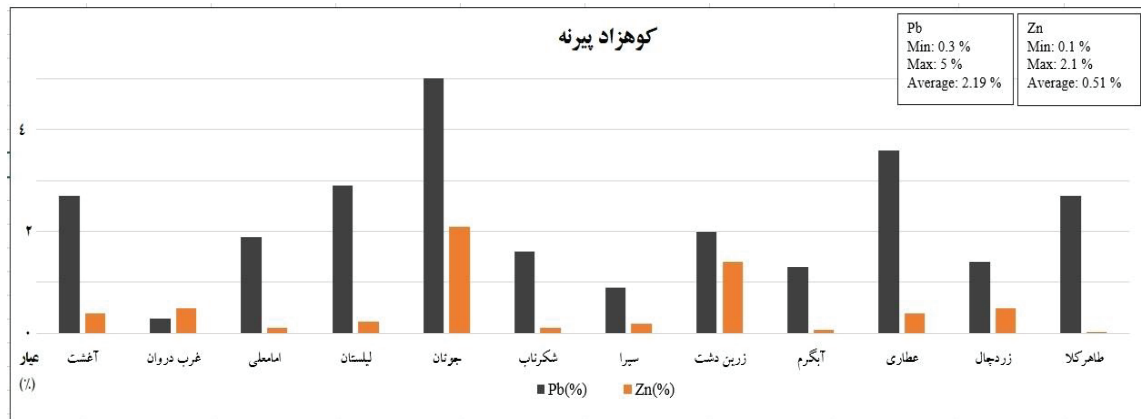
### افق کانه‌زایی سازند کرج

هستند. کانه‌زایی‌های سین‌ژنتیک در این افق می‌توانند در اثر عملکرد رخداد کوهزایی پیرنه و کانه‌زایی‌های اپی‌ژنتیک در اثر عملکرد رخدادهای کوهزایی جوانتر از لارامید مانند پاسادین رخ داده باشند جهت بررسی بیشتر افق کانه‌زایی در ائوس، از کانه‌زایی آغشت بازدید به عمل آمده است بر این پایه مشخص شده در این بخش کانه‌زایی سرب به صورت رگه ای و درون پهنه گسله همراه با باریت، کلسیت مشاهده می‌گردد (شکل ۱۶). بر این پایه می‌توان گفت این کانه‌زایی در اثر کوهزادی جوانتر از پیرنه (به احتمال پاسادین) به وجود آمده است.

بر پایه مطالعات صورت گرفته در سازند کرج تعداد ۱۲ کانه‌زایی در این سازند در بخش‌های شیلی ماسه ای این سازند کانه‌زایی سرب و روی به همراه باریت و به صورت رگه ای درون این سازند قرار گرفته‌اند بر این پایه میانگین عیار سرب در این ۱۲ کانه‌زایی برابر ۲/۱۹ درصد و عیار روی برابر ۰/۵۱ درصد است. افق کانه‌زایی سازند کرج مطابق رخداد کوهزایی پیرنه است بررسی کانه‌زایی‌های افق ائوسن مشخص می‌کند این برخی از کانه‌زایی‌ها اپی‌ژنتیک و برخی سین‌ژنتیک



شکل ۱۶- رخنمون (a, b و c) و نمونه دستی (d و e) کانه‌زایی سرب و روی در افق کانه‌زایی سازند کرج (کانه‌زایی آغشت).



شکل ۱۷- مقایسه عیار کانه‌زایی‌های افق سازند کرج.

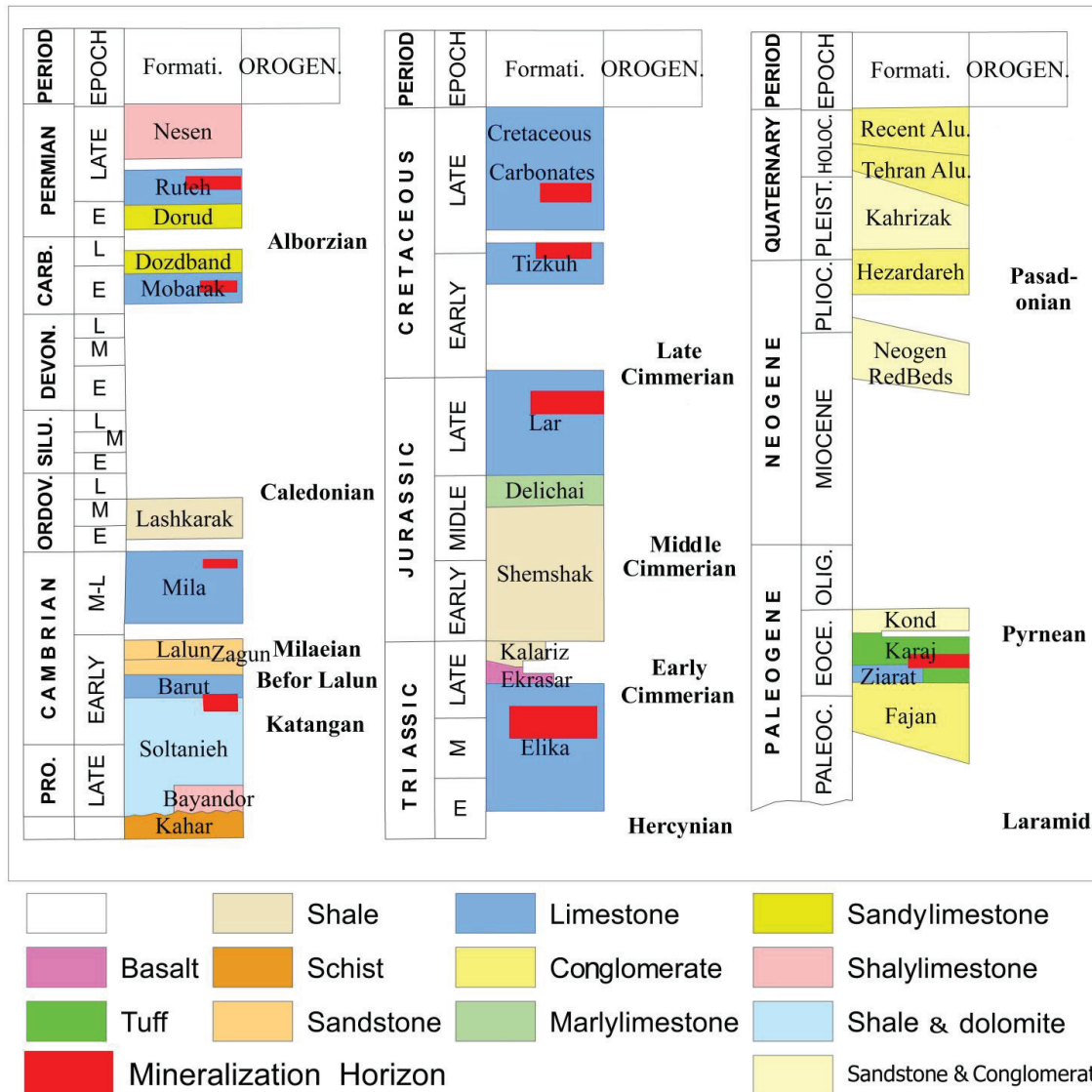
## بحث

هستند. بررسی سنی هر کدام از این افق‌ها نشان از تطابق آنها با یک رخداد کوهزایی دارد به طوری که افق پرکامبرین- کامبرین با رخداد زایگونین، افق پرمین با رخداد هرسی نین و افق تریاس با رخداد سیمین پیشین تطابق دارد (شکل ۱۸). جهت بررسی انطباق پیوند کانه‌زایی‌ها با رخداد کوهزایی به بررسی ژنز کانه‌زایی‌ها پرداخته شد. با توجه به اینکه کانسارها و کانه‌زایی‌های با ژنز سین‌ژنتیک معمولاً همزمان با نهشته شدن واحد میزبان جایگیر می‌شوند و این جایگیری می‌تواند متأثر از رژیم زمین‌ساختی حاکم بر منطقه و نیز رخداد‌های کوهزایی صورت پذیرد. کانه‌زایی‌های با ژنز اپی‌ژنتیک به طور مشخص پس از نهشت واحد زمین‌شناسی و تحت تاثیر فعالیت‌های زمین‌ساختی متأخر رخ می‌دهند. بر این مبنا مشخص می‌شود در گستره مورد بررسی رخداد کوهزایی زایگونین که بعد نهشت سازند سلطانیه و باروت بوده ولی با توجه به اینکه ژنز کانه‌زایی اپی‌ژنتیک است نمی‌تواند این رخداد باعث کانه‌زایی در این افق (باروت) گردد. رخدادی مانند کوهزایی سیمین پیشین بعد از نهشته شدن سازند الیکا اتفاق افتاده و در این افق برخی کانه‌زایی‌ها به صورت سین‌ژنتیک و برخی نیز به صورت اپی‌ژنتیک نهشته شده‌اند پس بر این مبنا، کانه‌زایی‌های سین‌ژنتیک می‌توانند در اثر رخداد سیمین پیشین بوجود آیند و کانه‌زایی‌هایی که دارای ژنز اپی‌ژنتیک هستند مطمئناً در اثر سایر رخداد‌های کانه‌زایی جوانتر نهشته شده‌اند. بر این پایه می‌توان نتیجه گرفت کانه‌زایی‌های سرب و روی با ژنز سین‌ژنتیک در یک واحد زمین‌شناسی به صورت مستقیم

بررسی کمربند کانه‌زایی سرب-روی از چین تا ایران نشان می‌دهد بخش اعظم کانه‌زایی‌های این کمربند و به ویژه البرز مرکزی دارای تیپ نوع MVT هستند. به طور کلی کانه‌زایی سرب و روی تیپ MVT در پهنه‌های قاره‌ای برخوردی و مرتبط با ساختارهای راندگی، چین‌خوردگی (همانند البرز) و پیش‌بوم این برخورد تشکیل می‌گردد (Yu cai Song et al., 2019). بر پایه مقالات و اطلاعات موجود مشخص شده در گستره البرز مرکزی علاوه بر تیپ MVT با ژنز اپی‌ژنتیک، تیپ کانه‌زایی SEDEX با ژنز سین‌ژنتیک وجود دارد (Raftad. and Shariatmadar., 2001). به طور کلی شکل‌گیری و جایگیری کانه‌زایی سرب و روی مرتبط با یک گپ چینه‌شناسی است که این گپ چینه‌شناسی نتیجه عملکرد فازهای کوهزایی اصلی است (Wilmsen et al., 2019). بر این مبنا در این پژوهش سعی شده رخداد‌های کوهزایی البرز مرکزی بررسی گردد تا پیوند این رخداد‌ها با کانه‌زایی سرب و روی درون واحدهای کربناته مشخص گردد. بررسی‌های صحرائی، مقالات و گزارش‌های موجود در روی کانه‌زایی‌های سرب و روی در البرز مرکزی و تشخیص سن سنگ میزبان کانه‌زایی، مشخص شد ۸ افق اصلی کانه‌زایی در البرز مرکزی وجود دارد که شامل سازندهای سلطانیه به سن پرکامبرین- کامبرین، سازند میلا به سن اواخر کامبرین، سازند مبارک به سن کربونیفر، سازند روتبه به سن پرمین، سازند الیکا به سن تریاس، سازند لار به سن اواخر ژوراسیک، کربنات‌های کرتاسه و سازند کرج به سن اتوسن

کانه‌زایی مانند روته، الیکا، شمشک، لار، کربنات‌های کرتاسه و واحدهای ائوسن که کانه‌زایی به صورت سین‌زنتیک نیز دارند می‌توانند به صورت مستقیم با رخداد کوهزایی معرفی شده در پیوند باشند. جهت مشخص شدن موثرترین رخداد کوهزایی بر کانه‌زایی سرب و روی در البرز مرکزی تعداد کانه‌زایی، عیار سرب و روی و همچنین ژنز کانه‌زایی‌ها مورد بررسی واقع شد. در این میان سازند الیکا و رخداد سیمین پیشین با بیشتری تعداد کانه‌زایی، عیار میانگین نسبی بالاتر نسبت به سایر افق‌ها و ژنز این افق موثرترین رخداد و افق کانه‌زایی در البرز مرکزی است.

با رخداد کوهزایی اشاره شده در شکل ۱۸ در پیوند می‌باشند و کانه‌زایی‌هایی با ژنز اپی‌زنتیک در پیوند با رخدادهای کوهزایی جدیدتر هستند. در جدول جدول ۴ اطلاعات مربوط به تعداد کانه‌زایی‌های سین‌زنتیک و اپی‌زنتیک برای هر افق کانه‌زایی و رخداد مرتبط آن آمده است. براین پایه مشخص می‌گردد برخی افق‌های کانه‌زایی معرفی شده در پیوند با رخداد کوهزایی مرتبط معرفی شده نمی‌باشند مانند افق کانه‌زایی مبارک و رخداد البرزین، افق کانه‌زایی میلا و رخداد کالدونین، افق کانه‌زایی سلطانیه-باروت و رخداد زایگونین و برخی افق‌های



شکل ۱۸- ستون چینه‌شناسی البرز و جانمایی افق‌های کانه‌زایی سرب و روی و پیوند آن‌ها با رخدادهای کوهزایی (برگرفته با تغییر از Aghanabati and Rezaee, 2009 و آفانباتی، ۱۳۸۵).



جدول ۴- میزبان کانه‌زایی سرب و روب، رخداد کوهزایی مرتبط و ژنز کانه‌زایی های سرب و روی البرز مرکزی بر پایه پژوهش حاضر.

ردیف	میزبان	کوهزاد مرتبط	تعداد سین ژنتیک	تعداد اپی ژنتیک
۱	واحد کرج و کربنات های ائوسن	پیرتن	۶	۷
۲	کربنات های کرتاسه	لارامید	۵	۵
۳	لار	سیمرین پسین	۸	۱۳
۴	شمشک	سیمرین میانی	۱	۱
۵	الیکا	سیمرین پیشین	۱۹	۲۰
۶	روته	هرسی نین	۶	۶
۷	مبارک	البرزین	-	۲
۸	میلا	کالدونین	-	-
۹	باروت	زایگونین	-	۱
۱۰	سلطانیه	کاتانگایی	-	۱

### نتیجه گیری

موجود ژنز کانسارها و کانه‌زایی‌ها مشخص شدند. بر این مینا کانه‌زایی‌های سین ژنتیک با توجه به اینکه همزمان با رسوب گذاری نهشته می‌شوند و این نهشته شدن به طور مستقیم با رژیم زمین ساختی منطقه و کوهزایی‌های حاکم بر منطقه در زمان رسوبگذاری است می‌توانند با رخدادهای کوهزایی پیوند مستقیم داشته باشند و همچنین کانه‌زایی‌های اپی ژنتیک با توجه به این که درون ساختارهای گسلی و یا پهنه‌های مرتبط با ساختارها شکل می‌گیرند مربوط به فازهای بعد از رسوب گذاری و طبیعتاً این نوع کانه‌زایی‌ها مربوط به فازهای کوهزایی جوانتر از سن واحد میزبان کانه‌زایی خواهند بود. بر این پایه ژنز کانه‌زایی‌ها به طور کامل بررسی شدند که بر پایه این بررسی‌ها مشخص شد افق‌های سلطانیه، باروت، میلا، مبارک به طور کلی رخدادهای کوهزایی اثری جهت کانه‌زایی سرب و روی نداشته و سایر افق‌های کانه‌زایی شامل روته، الیکا، لار، کربنات‌های کرتاسه و ائوسن هم به صورت اپی ژنتیک و هم به صورت سین ژنتیک وجود دارند که نشان از این دارد که رخدادهای کوهزایی با کانه‌زایی‌های سین ژنتیک همزمان بوده و کانه‌زایی‌های اپی ژنتیک به طور معمول بعد از رخداد کوهزایی همزمان نهشته شده‌اند. بر پایه پژوهش انجام شده مشخص شده است که نزدیک به ۸۰ درصد از کانه‌زایی‌های پهنه البرز مرکزی در مزوزوئیک واقع شده است (شامل ۱۰۳ مورد کانه‌زایی از مجموع ۱۲۸ کانه‌زایی). که خود حاکی از این است بیشترین کانه‌زایی مربوط به

در البرز مرکزی کانه‌زایی سرب و روی به‌طور عمده با کربنات‌ها و دولومیت‌ها و گاهی همراه با شیل و توف شیلی همراه است. بر پایه بررسی صورت گرفته بر روی این کانه‌زایی مشخص شد ۸ افق اصلی کانه‌زایی در این پهنه وجود دارد که شامل سازندهای سلطانیه به سن پرکامبرین - کامبرین، سازند میلا به سن اواخر کامبرین، سازند مبارک به سن کربونیفر، سازند روته به سن پرمین، سازند الیکا به سن تریاس، سازند لار به سن اواخر ژوراسیک، کربنات‌های کرتاسه و سازند کرج به سن ائوسن هستند. به‌طور کلی شکل‌گیری و جایگیری کانه‌زایی سرب و روی مرتبط با یک گپ چینه‌شناسی است که این گپ چینه‌شناسی نتیجه عملکرد فازهای کوهزایی اصلی آن زمان است، بر این پایه افق‌های کانه‌زایی مورد بررسی قرار گرفت که مشخص شد هر افق کانه‌زایی با یک رخداد کوهزایی همزمان شده است. به‌طور مثال افق کانه‌زایی سازند سلطانیه-باروت با کوهزاد زایگونین، افق کانه‌زایی سازند میلا با کوهزاد کالدونین، افق کانه‌زایی سازند مبارک با کوهزاد البرزین، افق کانه‌زایی سازند روته با کوهزاد هرسی نین، افق کانه‌زایی سازند الیکا با کوهزاد سیمرین پیشین، افق کانه‌زایی سازند لار با کوهزاد سیمرین میانی، افق کانه‌زایی کربنات‌های به سن کرتاسه با کوهزاد لارامید و افق کانه‌زایی درون واحد کرج به سن ائوسن با رخداد پیرنه همخوانی سنی دارد جهت اطمینان از پیوند رخدادهای کوهزایی و افق‌های کانه‌زایی با استفاده از مدارک و مستندات



هشت کوهزایی‌ها وجود دارد که از قدیم به جدید شامل: افق سلطانیه-باروت-کوهزاد زایگونین، افق میلان-کوهزاد کالدونین، افق مبارک-کوهزاد البرزین، افق روته-کوهزاد هرسی‌نین، افق الیکا-کوهزاد سیمیرین پیشین، افق لار-کوهزاد سیمیرین میانی، کربنات‌های کرتاسه-کوهزاد لارامید و افق ائوسن-رخداده پیرنه می‌باشد.

۳- با بررسی ژنز کانه‌زایی سرب و روی در البرز مرکزی مشخص شد رخداده سیمیرین پیشین بیشترین اثر در کانه‌زایی سرب و روی را دارا بوده و رخداده‌های کاتانگایی، زایگونین، کالدونین و البرزین هیچ نقشی در کانه‌زایی سرب و روی در البرز ندارند.

۴- در البرز مرکزی نزدیک به ۸۰ درصد کانه‌زایی سرب و روی در مزوزوییک و سنوزوییک نهشته شده‌اند که خود حاکی از این است بیشترین کانه‌زایی مربوط به کوهزایی‌ها و رخداده‌های مزوزوییک است.

۵- کانه‌زایی سرب و روی در گستره مورد بررسی در دو رژیم کشش و نیز فشارشی ایجاد شده‌اند. بطور مثال بخش‌های سین ژنتیک کانسار شش‌رودبار با سن تریاس در یک محیط کشش نهشته شده و کانسارهای اپی ژنتیک که سن جوان دارند مانند کمر پشت دارای سن جوانتر (۲۳ میلیون سال قبل) مربوط به رژیم فشارشی هستند.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از معاون پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات جهت در اختیار قرار دادن امکانات پژوهشی به منظور انجام رساله، قدردانی می‌گردد. همچنین بر خود لازم می‌دانیم از شرکت سامانه کانسار زمین که در کار عملیات صحرایی پشتیبان این پژوهش بوده است، سپاسگزار باشیم.

کوهزایی‌ها و رخداده‌های مزوزوییک خواهد بود. بر این پایه مشخص می‌شود این کانه‌زایی‌ها به دنبال یک مرحله برافزایشی در پوسته در کرتاسه پسین تا سنوزوییک مربوط به فعالیت‌های کوهزایی مزوزوییک تا سنوزوییک اتفاق افتاده است که این عملکرد باعث مهاجرت و نهشت کانه‌زایی‌ها درون شکستگی‌ها شده است. در شکل ۱۹ مدل نمادین پیوند کانه‌زایی سرب و روی با ساختارها و همچنین رخداده‌های کوهزایی بر مبنای پژوهش انجام شده و مطالعات پیشین آمده است. بر این پایه مشخص شد کانه‌زایی سرب و روی در پهنه البرز مرکزی به دو صورت مرتبط با ساختارها شکل می‌گیرد.

**الف:** همزمان با زمین‌ساخت کششی، شورابه‌های بین سازندی و آب دریای فرورفته به بخش پایین کافت، در اثر رژیم حرارتی حاکم بر کافت، ضمن حرکت به سمت بالا، فلزات را در مسیر خود می‌شویند. شاره‌های گرمابی از طریق منافذ، شکستگی‌ها و گسل همزمان با رسوب‌گذاری، به‌صورت برون‌دم وارد آب دریا شده و ستون شناوری از سیال گرمابی را در بالای بستر دریا (در محیطی غیراکسیدان) ایجاد می‌کنند. با کاهش دما و افزایش pH سولفیدها از این ستون ته نشین می‌گردند.

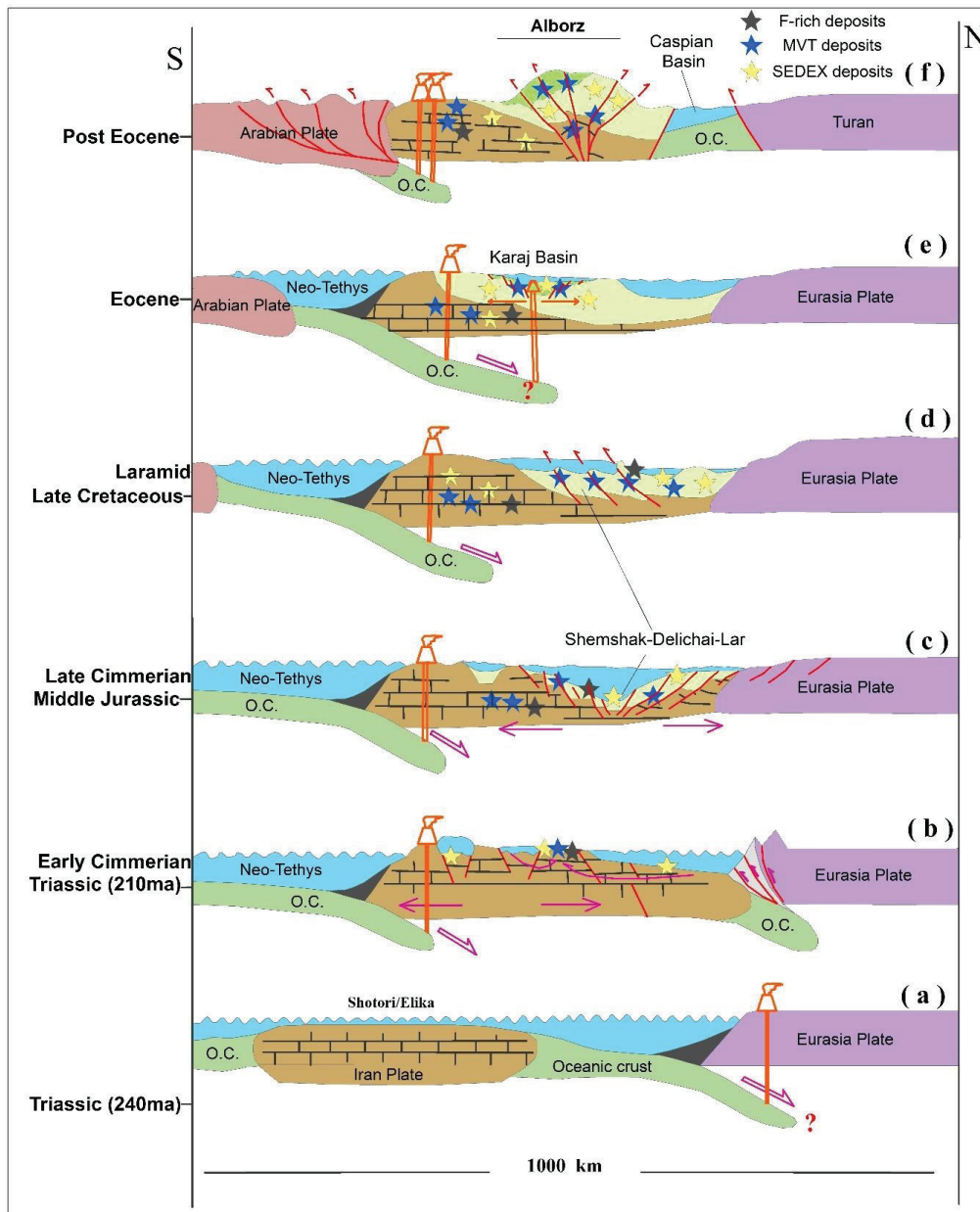
**ب:** در رژیم فشارشی نیز پس از رخداده راندگی باعث انتقال واحدهای شیلی به روی واحدهای کربناته شده و محلول‌های دارای کانه‌زایی از واحدهای میزبان که قاعدتاً شیلی می‌باشند به سوی بخش‌های کربناته منتقل می‌گردند. این جریانات می‌تواند باعث نهشت کانه‌زایی در شکستگی‌ها، پهنه‌های خرد شده و تخلخل کربنات‌های ذکر شده شود. لازم به ذکر است به دلیل اینکه شیل نفوذپذیری و تخلخل مناسبی ندارد. پس محلول‌های حاوی مواد کانه‌زایی نمی‌تواند درون این واحد که در فرادیواره گسل‌ها قرار می‌گیرند نفوذ کنند در نتیجه درون واحدهای کربناته به دام افتاده نهشته خواهد شد.

### خلاصه نتایج

بر پایه مطالعه صورت گرفته خلاصه نتایج بدین شرح است:

- ۱- در البرز مرکزی کانه‌زایی سرب و روی با کربنات‌ها و گاهی همراه با شیل و توف شیلی نهشته شده‌اند.
- ۲- در گستره مورد بررسی ۸ افق کانه‌زایی مرتبط با





شکل ۱۹- مدل نمادین کانه‌زایی سرب و روی در البرز (تکمیل شده بر پایه مطالعات Stoklin, 1986؛ Rajabi et al., 2013 و Sheikholeslam, 2018): a: فرورانش پوسته اقیانوسی به زیر اوراسیا و نهشته شدن کربنات‌های الیکا و شتری در تریاس. b: کشش حاکم بر کربنات‌های پوسته ایران، تشکیل کانه‌زایی سرب و روی در محیط کشش، فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر ایران. c: ادامه فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر صفحه ایران و کشش حاکم بر حوضه البرز در ژوراسیک میانی و ادامه نهشت کانسارهای سرب و روی. d: ادامه فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر صفحه ایران و فشارش حاکم بر حوضه البرز طی کوهزاد لارامید و کانه‌زایی سرب و روی در کربنات‌های کرتاسه. e: کشش حاکم بر حوضه البرز و نهشت سازند کرج در طی انوسن و ادامه فرورانش نئوتتیس به زیر ایران. f: فشارش حاکم بر صفحه ایران پس از انوسن، شکل‌گیری راندگی‌های البرز و تشکیل حوضه کاسپین جنوب



within a collision zone. *Tectonophysics* 366, 223-239.

Annels, R. N., Arthurton, R. S., Bazley, R. A. B., Davies, R. G., Hamed, M. A. R. and Rahimzadeh, F., 1970. Qazvin-Rasht geological quadrangle map. In *Geological Survey of Iran: Vol. No. E3-4*.

Bazargani, K., 1982. Die Mittelpermischen schichtgebundenen bleizinckschwespat-lagerstätten des Kalwanga distriktes, Aentralalborz, Iran. PhD thesis, University of Heidelberg (unpublished: in German with English abstract).

Camprubi, A., González-Partida, E., Richard, A., Boiron, M., González-Ruiz, L., Aguilar-Ramírez, C. F., Fuentes-Guzmán, E., González-Ruiz, D. and Legoux, C., 2019. MVT-Like Fluorite Deposits and Oligocene Magmatic-Hydrothermal Fluorite-Be-U-Mo-P-V Overprints in Northern Coahuila, Mexico. *Minerals* 2019. 9, 58

Canet, C., Alfonso, P., Melgarejo, J. C. and Fallick, A. E., 2003. Origin of the mineralizing fluids from the Carboniferous sedex deposits of L Alforja (SW Catalanian Coastal Ranges, Spain). *Journal of Geochemical Exploration* 78, 513-517.

Canet, C., Alfonso, P., Melgarejo, J. C. and Belyatsky, B. V., 2004. Geochemical evidences of sedimentary-exhalative origin of the shale-hosted PGE-Ag-Au-Zn-Cu occurrences of the Prades Mountains (Catalonia, Spain): trace-element abundances and Sm-Nd isotopes. *Journal of Geochemical Exploration* 82, 17-33.

Chen, J., Walter, M. R., Logan, G. A., Hinman, M. C. and Summons, R. E., 2003. The paleoproterozoic McArthur River (HYC) Pb-Zn-Ag deposit of northern Australia: Organic Chemistry and ore genesis, *Earth and Planetary Science Letters* 210, 467-479.

Ghorbani, M., 2008. Economic geology ore deposits of Iran: Tehran, Arianzamin Press, 640 p.

Goodfellow, W. D., 2004. Geology, genesis and exploration of SEDEX deposits, with emphasis on the Selwyn basin, Canada, in Deb, M. and Goodfellow, W.D., eds., *Sediment-*

## منابع

- آقابات، ع.، ۱۳۸۵. زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

- درویش زاده، ع.، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران (بر اساس شورای عالی برنامه ریزی وزارت علوم)، امیرکبیر.

- سهندی م. ر.، ۱۳۸۵، نقشه زمین‌شناسی ساختاری-رسوبی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

- شهیدی ع.ر.، باریر ا.، برونست م.، ف.، سعیدی ع.، ۱۳۸۹. فرگشت ساختاری البرز در میان زیستی و نوزیستی، نشریه علوم زمین شماره ۸۱، ص ۲ تا ۲۰۱.

- شیخ‌الاسلامی، م. ر.، جوادی، ح. ر.، اسدی سرشار، م.، آقاحسینی، ا.، کوه‌پیمای، م.، وحدتی‌دانشمند، ب.، ۱۳۹۲. دانشنامه گسل‌های ایران، تهران، رهی.

- قاسمی، م.ر.، قرشی، م. و سعیدی، ع.، ۱۳۸۲. گسله‌های لرزه‌زای بنیادی البرز. گزارش طرح پژوهشی شورای پژوهش‌های علمی کشور.

Afshar, A., Soheili, M. and Valeh, M., 1997. Kuh-e-Kurkhud geological quadrangle map. In *Geological Survey of Iran: Vol. No. I3*.

Aghanabati, A. and Rezaee, A., 2009. Correlation of lithostratigraphic units of Iran in major structural and sedimentary basins. *National Geoscience of Iran*.

Alavi, M., Hushmandzadeh, M., Etminan, H. and Haghypour, A., 1976. Torud geological quadrangle map. In *Geological Survey of Iran: Vol. No. H5*.

Alavi, M., 1996. Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz Mountains system in northern Iran. *Journal of Geodynamics* 11, 1-33.

Allen, M.B., Ghassemi, M.R., Shahrabi, M. and Qorashib, M., 2003a. Accommodation of late Cenozoic oblique shortening in the Alborz range, northern Iran. *Journal of Structural Geology* 25, 659-672.

Allen, M.B., Vincent, S.J., Alsop, G. I., Ismail-zadeh, I. and Flecker, R. 2003b. Late Cenozoic deformation in the South Caspian region: effects of a rigid basement block

- Malaekeh, A., Ghassemi, M.R., Afzal, P. and Solgi, A., 2021. Fractal modeling and relationship between thrust faults and carbonate-hosted Pb-Zn mineralization in Alborz Mountains, Northern Iran. *Geochemistry journal*. Volume 81, Issue 4.
- Mirnejad H., Simonetti A. and Molasalehi F., 2015. Origin and formational history of some Pb-Zn deposits from Alborz and Central Iran: Pb isotope constraints. *International Geology Review* 57:4, 463-471
- Momenzadeh, M. and Raštad, E., 1982. Geological report of Pb-Zn mineralization in the Rudbar-Kelardasht area. Geological Survey of Iran, Unpublished report (In Persian).
- NogolSadat, A. A., Hushmandzadeh, M., Behrouzi, A., Lotfi, M., Zazer, N. KH., Mahdavi, M., Caillat, C., Dehlavi, P., Martin-Jantin, B. and Amidi, S. M., 1984. Saveh geological quadrangle map. In Geological Survey of Iran: Vol. No. E5.
- Rajabi, A., Raštad, 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* 14, 1649-1672.
- Rajabi, A., Raštad, E. and Canet, C., 2013. Metallogeny of Permian-Triassic carbonate-hosted Zn-Pb and F deposits of Iran: A review for future mineral exploration. *Australian Journal of earth Science* 60, 197-216.
- Rajabi, A., Raštad, E., Canet, C. and Alfonso, P., 2014. The early Cambrian Chahmir shale-hosted Zn-Pb deposit, Central Iran: an example of vent-proximal SEDEX mineralization. *Mineralium Deposita* 50, 571-590.
- Raštad E. and Shariatmadar A. 2001. Sheshrudbar fluorite deposit, sedimentary and diagenetic fabrics and its depositional environment (Savadkuh area). *Geosciences* 41-42, 20-37. (In Persian).
- Saidi, A. and Andalibi, M. J., 1993. Gonbad-e-kavoos geological quadrangle map. In Geological Survey of Iran: Vol. No. H3.
- hosted lead-zinc sulphide deposits: Attributes and models of some major deposits of India, Australia and Canada. Narosa publishing house, Delhi, India 24-99.
- Haghipour, A., Taraz, H., Vahdati Daneshmand, F., Lorenz, Ch., Dedual, E., Iwao, A., Houshmand Zadeh, A., Mohajir, G. A., Assereto, R., Nabavi, M. H., Engalenc, M., Allenbach, P., Steiger, R., Moshiri, R., Huber, H. and Kalhor, R., 1986. Tehran geological quadrangle map. In Geological Survey of Iran: Vol. No.F5.
- Hakimi Asiabar S. 2017. Structural deformations of Duna mine. *Scientific Quarterly Journal, geosciences*, Vol. 28, No.110, Winter 2019.
- Heidari S.M., Arefipour S., Hassanlou A., Rashidnegad Omran N., Peernajmodin H., Ardebili O., Asli B., Karimi A., Mohammadi B., Barati, B., Mehri B., Moosivand F., Fazeli M., Aghajani M., Sharifi R. and Raštegarpour H., 2017. "Mineral Deposit Types and Metallogenic map of Iran 1:1000000" With "Explanatory Notes for the Mineral Deposit Types and Metallogenic map of Iran". Map and Report, National bibliography Number: 4652070, Geological Survey and Mineral Exploration of Iran, National Geoscience Database, Institute of Earth Sciences.
- Leach D. L., Bradley D, Lewchuk M. T., Symons D. T., Marsily G. and Brannon J., 2001. Mississippi Valley type lead-zinc deposits through geological time - implications from recent age-dating research. *Mineralium Deposita* 36, 711-740.
- Leach, D.L., Sangster D. F., Kelley K. D., Large R., Garven G., Allen C. R., Gutzmer J. and Walters S., 2005. Sediment-hosted lead-zinc deposits: a global perspective. *Society of Economic Geologists, 100th Anniversary Volume* 561-607
- Leach, D.L., Taylor, R.D., Fey, D.L., Diehl, S.F. and Saltus, R.W., 2010b. A deposit model for Mississippi Valley-type lead-zinc ores. Chapter A of mineral deposit models for resource assessment. USGS, Scientific Investigations Report 5070A.



- Wilkinson, J. J., 2014. Sediment-Hosted Zinc-Lead Mineralization: Processes and Perspectives.
- Wilmsen, M., Fursich, F.T., Seyed-Emami, K., Majidifard, M.R. and Taheri, J., 2009. The Cimmerian Orogeny in northern Iran: Tectono-stratigraphic evidence from the foreland. *Terra Nova* 21,211–219
- Salehirad, R., Alavi, M., Jenny, J., Stampfli, G., Shahrabi, M., 1990. Gorgan geological quadrangle map. In Geological Survey of Iran: Vol. No. H4.
- Samadian, M. R., Nabavi, M. H., Alavi Naini, M., Shahrabi, M., Hamed, A. R., Vaezipour, M. J. and Aghanabati, A., 1994. Semnan geological quadrangle map. In Geological Survey of Iran: Vol. No. G5.
- Song, Y. C., Liu, Y. Ch., Hou, Z. Q., Fard, M., Zhang, H. R. and Zhuang, L. I., 2019. Sediment-hosted Pb-Zn deposits in the Tethyan domain from China to Iran: Characteristics, tectonic setting, and ore controls. *Gondwana Research* 75, 249–281.
- Shafiei Bafti, B., Dunk, I. and Madanipour, S., 2021. Timing of fluorite mineralization and exhumation events in the east Central Alborz Mountains, northern Iran: constraints from fluorite (U-Th)/He thermochronometry. *Geological Magazine* 158,1600-1616
- Sheikholeslami, M.R., 2018. Tectonosedimentary evolution of the basins in Central Alborz, Iran., *GEOSCIENCES* 106, 2938–
- Stocklin, J., 1974. Possible ancient continental margins in Iran, in Burk, C.A., and Drake, C.L., eds., *The Geology of continental margins*. New York, Springer Verlag 873–887.
- Tadayon, M., Nakini, A., Mohajjel, M. and Rashidnejad-Omran, N., 2015. Tectonic analysis and its role on the location of ore minerals at Mazendran mines, case study Kamarposht and Sheshrudbar mines. *advanced Applied Geology* 16, 13-23.
- Vahdati Daneshmand, F., Cartier, E., Ganser, A., Huber, H., Stadler, P., Galus, M., Dedual, E., Meyer, S., Lorenz, Ch., Assereto, R., Rasekh, M., Thiedig, F., Wollmer, T., Weggen, J., Suessli, P. and Allenbach, P., 1991. Amol geological quadrangle map. In Geological Survey of Iran: Vol. No.F4.
- Vahdati Daneshmand, F. and Saidi, A., 1991. Sari geological quadrangle map. In Geological Survey of Iran: Vol. No.G4.

