

## شواهدی برای ژنز نوع Mississippi Valley-Type (MVT) در کانسارهای سرب و روی جنوب خراسان شمالی، شمال شرق ایران

رضا ارجمندزاده

استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران؛ r.arjmandzadeh@pnu.ac.ir

### چکیده

کانسارها و نشانه‌های معدنی سرب و روی و آهن در جنوب استان خراسان شمالی به طول بیش از ۱۰۰ کیلومتر در سازندهای کربناته ژوراسیک - کرتاسه کپه داغ واقع شده‌اند که نحوه تشکیل و الگوی ژنتیکی آنها تا حدود زیادی نامشخص مانده است. کانی‌سازی عموماً درون ساختارهای گسلی و مرز لایه‌بندی رسوبی رخ داده است و دارای ژئومتری از نوع رگه - رگچه‌ای و عدسی‌های باریک است و دارای پهنایی از چند سانتیمتر تا چند متر می‌باشد. کانی‌سازی هیپوژن تا حدود زیادی از بین رفته است و شامل مقادیر ناچیزی از سولفیدهایی نظیر گالن، اسفالریت و پیریت می‌باشد که توسط کانی‌های اکسیدی - کربناتی - سولفاتی مانند اسمیت زونیت، همی مورفیت، سروزیت، آنگلزیت، هیدروزینسیت، لیمونیت و همتایت جانشین شده‌اند. عیار آهن، سرب و روی بسیار متغیر بوده و در برخی کانسارها صرفاً همتایت استخراج می‌شود و در برخی دیگر مانند ساریگل عیار روی به بیش از ۳۰٪ و سرب در حد ۳ تا ۵٪ می‌رسد. ویژگی‌های شاخص این نوع کانی‌سازی شامل دمای تشکیل پایین (حدود ۲۰۰ درجه سانتی گراد) و شوری ۷ تا ۱۴ درصد وزنی نمک طعام، نبود واحدهای ماگمایی در منطقه، رخداد بخشی از کانه‌زایی در گسل‌های معکوس، سنگ میزبان کربناته مانند دولوستون و آهک دولومیتی، نبود مقادیر مهم باریت و قرارگیری در کمربند فورلند کوهزایی منطبق با کانسارهای تیپ MVT می‌باشد.

**کلیدواژه‌ها:** سرب و روی، خراسان شمالی، اسمیت زونیت، میزبان کربناته، تیپ MVT

### Evidence for a Mississippi Valley-Type (MVT) Genetic Model for Pb-Zn Mineralization in Southern North Khorasan, Northeastern Iran

Reza Arjmandzadeh

Department of Geology, Payame Noor University, Tehran, Iran; r.arjmandzadeh@pnu.ac.ir

### Abstract

Th Lead-zinc and locally iron mineralization occurs over than 100-km-long belt in southern North Khorasan Province, hosted by Jurassic-Early Cretaceous carbonate formations of the Kopeh-dagh Basin. Despite numerous occurrences and small deposits, the genetic model of this mineralization has remained poorly constrained. Ore bodies are mainly structurally controlled, occurring along fault systems and bedding contacts, and display vein-veinlet and narrow lenticular geometries with thicknesses ranging from a few centimeters to several meters. Primary hypogene sulfide mineralization is largely depleted and represented only by minor galena, sphalerite, and pyrite, which are extensively replaced by supergene oxide, carbonate, and sulfate minerals including smithsonite, hemimorphite, cerussite, anglesite, hydrozincite, limonite, and hematite. Metal grades are highly variable; in some deposits only iron oxides are exploited, whereas in others such as Sarigol, Zn grades exceed 30% and Pb ranges between 3-5%. Diagnostic features of the mineralization include low formation temperatures (around 200 °C), moderate salinity of ore fluids (7-14 wt.% NaCl equiv.), absence of coeval magmatic activity, partial localization along reverse faults, carbonate host rocks (dolostone and dolomitic limestone), and a general lack of significant barite. The tectonic setting within a foreland basin and the geological and geochemical characteristics collectively support a Mississippi Valley-Type (MVT) genetic model for Pb-Zn mineralization in southern North

**Khorasan. Keywords:** lead and zinc, North Khorasan, smithsonite, carbonate host rocks, MVT type deposits

## ۱- مقدمه

از نظر زمین‌شناسی پهنه ماگمایی - رسوبی شمال شرق ایران از چند بلوک و زون کنار هم شامل کپه داغ در شمال، پهنه البرز در شمال غرب و بلوک لوت در جنوب تشکیل شده است که با زمین درز سبزوار از هم جدا شده‌اند (Arjmandzadeh et al., 2022). از ویژگی‌های اصلی پهنه کپه داغ نبود فعالیت ماگمایی طی شکل‌گیری آن و وجود ذخایر بسیار هیدروکربنی چون میدان گازی خانگی و معدنی زغال‌سنگ آقدربند است (شکل ۱). تا کنون، ذخایر غیر فلزی بسیار زیاد (چون گچ، مارن، باریت سنگ‌های تزئینی در گزارش پهنه کپه داغ شده است. ردیف چینه‌شناسی کپه‌داغ از قدیم به جدید شامل سازندهای کشف‌رود، چمن‌بید، مزدوران، شوریجه، تیرگان، سرچشمه، سنگان، آتامیر، آبدراز، آبتلخ، نیزار، کلات، پستلیق، چهل‌کمان و خانگیران می‌باشد و قدمتی از ژوراسیک زیرین تا نئوژن را شامل می‌شود.

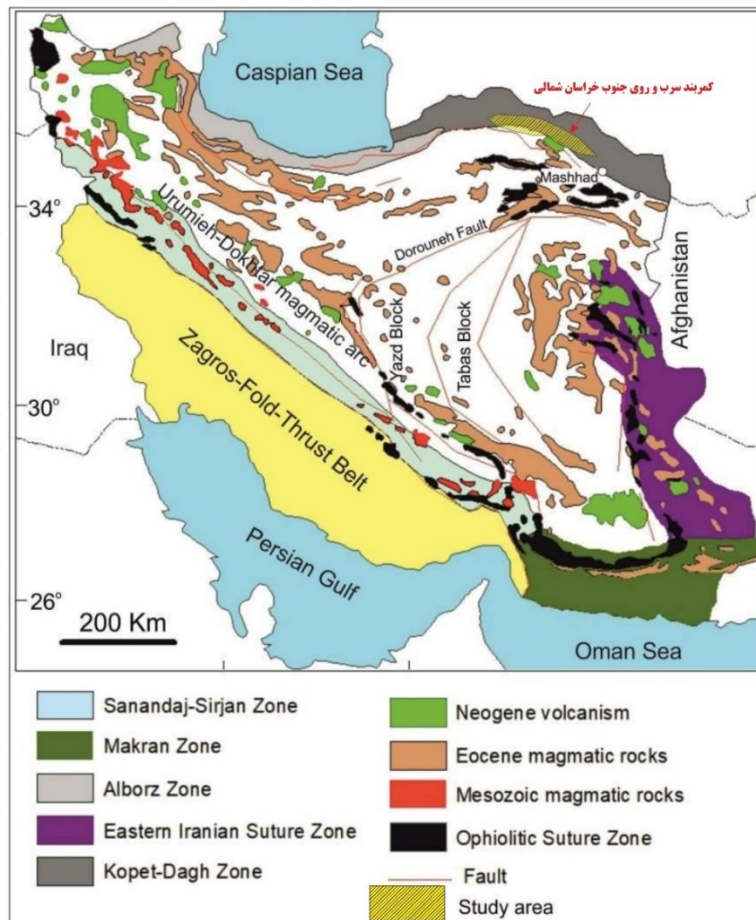
بر اساس (Ghazanfari 1993)، مهم‌ترین ایالت‌های فلزایی برای کانی‌سازی سرب و روی در ایران، زون‌های ساختاری ایران مرکزی، پهنه سندانج-سیرجان، و ناحیه البرز می‌باشد. در حالیکه زون ساختاری کپه‌داغ بر اساس مطالعات ایشان، فاقد اهمیت برای کانی‌سازی سرب روی در نظر گرفته شده است، به نظر می‌رسد با توجه به مطالعات اخیر و به دست آمدن ذخایری مانند ساریگل (آلباغ) و چندین کانسار و اندیس دیگر، زون ساختاری کپه‌داغ نیز دارای جایگاه ویژه‌ای است. با توجه به رخنمون گسترده واحدهای رسوبی ژوراسیک-کرتاسه، به‌ویژه واحدهای آهک و ماسه‌سنگ (نظیر سازندهای مزدوران، شوریجه و تیرگان) پتانسیل بسیار مطلوبی برای شکل‌گیری ذخایر ارزشمند سرب و روی در این کمربند وجود دارد (شکل ۱).

کانسارهای سرب و روی نوع Mississippi Valley-Type (MVT) یکی از مهم‌ترین تیپ‌های کانسارهای با میزبان کربناته در جهان به‌شمار می‌روند و سهم قابل توجهی از ذخایر جهانی روی و سرب را تأمین می‌کنند. از دیدگاه ژنتیکی، مدل غالب برای تشکیل این کانسارها بر پایه گردش گسترده شورابه‌های حوضه‌ای در طی رویدادهای کوهزایی و تراکم حوضه‌های رسوبی است. در این مدل، فلزات از سنگ‌های رسوبی عمیق‌تر یا پی‌سنگ شسته شده و پس از انتقال در مسیرهای گسلی و لایه‌های تراوا، در سنگ‌های کربناته واکنش‌پذیر ته‌نشست می‌کنند. تغییرات در شرایط فیزیکوشیمیایی نظیر دما، فشار، Eh، pH و اختلاط سیالات، نقش مهمی در تمرکز فلزات دارند.

تاکنون در خصوص پتانسیل کانی‌سازی سرب و روی و تیپ کانی‌سازی در جنوب استان خراسان شمالی مطالعه جامعی صورت نگرفته است و در مقاله فعلی، با استفاده از داده‌های زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمیایی و میان‌بارهای سیال‌الگوی ژنزی این نوع کانی‌سازی بحث شده است. بدین منظور از تعداد ۴۰ نمونه سنگی از اندیس‌ها و کانسارهای سرب و روی این ناحیه مقطع نازک - صیقلی تهیه و به روش‌های XRD, XRF, ICP-OES آنالیز شدند.

## ۲- زمین‌شناسی و کانی‌سازی

بر اساس نقشه‌های زمین‌شناسی در مقیاس‌های ۱:۲۵۰۰۰۰، ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰، توالی‌های رسوبی رخنمون‌یافته در کمربند سرب و روی جنوب خراسان شمالی عمدتاً دارای سن ژوراسیک تا کرتاسه پیشین هستند. این توالی‌ها شامل آهک‌های روشن و آهک‌های دولومیتی سازند مزدوران، کنگلومرا و ماسه‌سنگ‌های با سیمان کربناته و رنگ رخنمون قرمز (سازند شوریجه) بوده که با یک توالی سبتر از آهک‌های خاکستری و آهک‌های دولومیتی فسیل‌دار سازند تیرگان پوشیده شده‌اند (شکل ۲). این سکانس رسوبی بیانگر رسوب‌گذاری در یک محیط ساحلی کم‌ثرفا است که با افزایش تدریجی عمق حوضه، شرایط برای گسترش نهشته‌های کربناته فراهم شده است. شایان ذکر است که واحدهای ژوراسیک این زون در نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ بجنورد با عنوان سازند لار و در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بجنورد با نام سازند مزدوران معرفی شده‌اند.



شکل ۱. موقعیت کمر بند کانی سازی سرب و روی در زون کپه داغ

سازند تیرگان به صورت تدریجی و هم‌شیب بر روی سازند آواری شورجه (از کیمبرجین در ژوراسیک بالایی تا هاتروین) قرار گرفته است. این سازند با سن بarmین تا آپسین، عمدتاً از آهک‌های آلئیتی به همراه میان‌لایه‌های شیلی تشکیل شده که بر روی نهشته‌های سیلیسی-آواری شورجه قرار داشته و به وسیله شیل‌های سازند سرچشمه پوشیده می‌شود. علاوه بر این، بخش‌های گسسته‌ای از زون بینالود در محدوده نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ بجنورد رخنمون دارند که شامل سازندهای پالئوزوئیک نظیر زاگون، لالون، میلا، نیور، پادها و خوش‌یلاق هستند. جایگاه ساختاری این واحدها در زون بینالود و ارتباط آن‌ها با توالی‌های کپه‌داغ نیازمند بررسی‌های بیشتر چینه‌شناسی و تکتونیکی است. کانه‌زایی سرب و روی در این کمر بند عمدتاً در ارتباط با سیستم‌های گسلی رخ داده و درون واحدهای آهک دولومیتی متمرکز است. رخساره‌های کربناته به عنوان کنترل‌کننده لیتولوژیکی اصلی عمل کرده و به دلیل تخلخل، نفوذپذیری و قابلیت انحلال بالا، میزبان بخش عمده‌ای از کانی‌سازی هستند. با این حال، کانه‌زایی ضعیف سرب و روی به صورت پراکنده در واحدهای ماسه‌سنگی دارای سیمان کربناته نیز مشاهده می‌شود.





شکل ۲. موقعیت کمر بند سرب و روی جنوب استان خراسان شمالی در نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ بجنورد

### ۳- بحث

بخش اصلی کانه‌زایی قابل مشاهده کمر بند ناشناخته سرب و روی در جنوب استان خراسان شمالی شامل کانی‌های اکسیدی-کربناتی-سولفاتی آهن، روی و سرب می‌باشد. البته وجود مقادیر ناچیزی از سولفیدهایی نظیر گالن درون افق‌های اکسیدی، نشان می‌دهد که این زون‌ها و رگه‌های کانه‌دار غنی از اسمیت‌زونیت، همی‌مورفیت، سروزیت، آنکلیزیت و هیدروزینسیت همراه با لیمونیت و هماتیت (شکل ۳)، احتمالاً در نتیجه هوازدگی زون‌های سولفیدی تشکیل شده‌اند. ماده معدنی شامل آهن، سرب، روی و مقادیر ناچیزی از مس در برخی نمونه‌ها می‌باشد.

کانه‌زایی روی و سرب در این کمر بند، عموماً درون ساختارهای گسلی به‌ویژه محل تقاطع گسل‌ها و دارای ژئومتری از نوع رگه‌ای و عدسی‌های باریک است که به صورت تکرار شونده درون گسل‌های کنترل‌کننده شکل گرفته‌اند (شکل ۳).

توالی‌های رسوبی میزبان کانسار سرب و روی، دارای سن ژوراسیک-کرتاسه بوده و مشابهت‌هایی را با ذخایر تیپ MVT دارند. ویژگی‌های شاخص کانسارهای تیپ MVT شامل نبود فعالیت‌های ماگمایی، رخداد کانه‌زایی در گسل‌های معکوس، وجود دولوستون و آهک دولومیتی بعنوان واحدهای سنگی میزبان، وجود باریت در مقادیر جزئی و قرارگیری در کمر بند فورلند کوهزایی در این زون قابل مشاهده می‌باشند (Shelton, 2009).

عمومی‌ترین بافت‌های کانسنگ روی و سرب در کانسارهای این کمر بند، بافت‌های جانشینی، رگه-رگچه‌ای، توده‌ای و پرکننده فضاهای خالی و برشی می‌باشند. بافت‌های برشی، توده‌ای و جانشینی، عموماً در مرکز ساختارهای گسلی کنترل‌کننده کانه‌زایی، و بافت‌های رگه-رگچه‌ای تا دانه پراکنده نیز عموماً در حاشیه‌های آن جای دارند (شکل ۳).

ویژگی‌های کانساری روی و سرب با میزبان کربناته در جنوب خراسان شمالی، مشابهت‌های زیادی را با کانسارهای نوع MVT نشان می‌دهد و با توجه به جایگاه ژئودینامیکی و زمین‌ساختی منطقه، متالوژنی روی و سرب در زون ساختاری کپه‌داغ، نوع و سن واحدهای سنگی میزبان، نوع دگرسانی‌های سنگ دیواره، نوع و پاراژنز کانی‌های سرب و روی، تشکیل دو مرحله‌ای کانه‌زایی شامل مرحله اول سولفیدها و مرحله دوم کربنات‌ها، اکسیدها و سولفات‌ها، نوع و عملکرد ساختارهای گسلی کنترل‌کننده کانه‌زایی، این کانسار را می‌توان با احتمال زیاد از نوع روی و سرب تیپ دره می‌سی‌سی‌پی یا با عنوان کلی تیپ سرب و روی با میزبان رسوبی در نظر گرفت.

جاویدی مقدم و همکاران (۱۴۰۲) بر پایه مطالعات میان بارهای سیال (LV) در بلورهای کلسیت همزمان با کانی‌سازی، دمای همگن شدن بین ۱۸۰ تا ۲۶۵ و ۱۶۷ تا ۲۱۴ درجه سانتی‌گراد و تغییرات شوری بین ۷/۸ تا ۱۴/۵ و ۱۱/۷ تا ۱۲/۲ درصد وزنی نمک طعام را برای منطقه اکتشافی کلاته پیاله در شمال شرق اسفراین به دست آوردند. این محققین بر پایه شواهدی چون کنترل ساختاری کانی‌سازی، نوع دگرسانی‌ها و گسترش خطی آنها، کانی‌شناسی ساده، زمین‌شیمی و همچنین شواهد میانبارهای سیال محدوده اکتشافی کلاته پیاله را به کانسارهای اپی ترمال سرب و روی نسبت داده‌اند که البته به نظر می‌رسد نیاز به بازنگری دارند.



شکل ۳. انواع ساخت‌های کانی‌سازی سرب و روی در زون اسفراین. پدیده جانشینی سروزیت به جای گالن در شکل C نشان داده شده است. Sm: اسمیت زونیت، He: همی‌مورفیت، Ang: انگلزیت، Gn: گالن

#### ۴- نتیجه‌گیری

شواهد زمین‌شناسی و کانی‌شناسی نشان می‌دهد کانه‌زایی سرب و روی جنوب خراسان شمالی عمدتاً درون سنگ‌های کریناته ژوراسیک-کرتاسه و تحت کنترل ساختارهای گسلی و سطوح لایه‌بندی رخ داده است. تمرکز کانی‌سازی در واحدهای دولومیتی، هندسه رگه‌ای تا عدسی‌شکل، و نبود ارتباط با فعالیت‌های ماگمایی از ویژگی‌های اصلی این سیستم به شمار می‌رود.



کانی‌شناسی اولیه شامل گالن، اسفالریت و پیریت بوده که به‌طور گسترده توسط کانی‌های سوپرژن مانند اسمیت‌زونیت، همی‌مورفیت، سروزیت و اکسیدهای آهن جانشین شده‌اند. با وجود دگرسانی سوپرژن، پراکندگی ژئوشیمیایی ثانویه فلزات در سطح منطقه محدود است. دمای نسبتاً پایین تشکیل، شوری متوسط سیالات، سنگ میزبان کربناته، جایگاه تکتونیکی فورلند و نبود دگرسانی‌های ماگمایی، همگی با ویژگی‌های کانسارهای نوع Mississippi Valley-Type (MVT) سازگار هستند.

#### ۵- تقدیر و تشکر

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه پیام نور انجام شده است.

#### ۶- مراجع

جاویدی مقدم، مریم؛ ملک زاده، شفاوردی آزاده و فرهمند، میلاد، ۱۴۰۲. کانی سازی سرب - روی در منطقه اکتشافی کلاته پیاله، پهنه کپه داغ، بررسی‌های کانی سازی، زمین شیمی گالن و میان بارهای سیال، زمین شناسی اقتصادی، ۱۵ (۳): ۷۰-۵۳.

Arjmandzadeh, R., Alirezaei, S., Almasi, A., 2022. Tectonomagmatic reconstruction of the Upper Mesozoic-Cenozoic Neotethyan arcs in the Lut block, East Iran: a review and synthesis. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 31:520-544.

Ghazanfari, F., 1993, Zn-Pb Mines and Deposits in Iran [M.Sc. thesis]: University of Tehran, 199 p.

Shelton KL, Gregg JM, and Johnson AW., 2009. Replacement dolomites and ore sulfides as recorders of multiple fluids and fluid sources in the southeast Missouri MVT district, USA: Halogen-  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - $\text{d}^{18}\text{O}$ - $\text{d}^{34}\text{S}$  systematics in the Bonnetterre Dolomite. *Economic Geology* 104: 733-748.