

Application of structural data, the chemistry of sulfide minerals, and fluid inclusion in mineralization type determination of Zn-Pb carbonate-hosted Gardaneshir ore deposit in Southwest Ardestan

Mohammad Jafar Kupayi¹, Ebrahim Rastad^{1*}, Saeed Madanipour¹, Sajjad Maghfouri¹

1-Department of Geology, Faculty of Basic Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Keywords: Lead-Zinc mineralization, Thrust and normal structures, MVT-type, Gardaneshir, Central Iran

1-Introduction

A great source of the lead and zinc are sedimentary hosted deposits all around the world. They consisting of two large groups, including detrital sedimentary rocks (SEDEX) and carbonate host (MVT and Irish) hosted deposits (Goodfellow and Lydon, 2007; Leach et al., 2010; Wilkinson, 2014). Due to extensive exposures of the carbonate and detrital sedimentary rocks in Iran, it also a candidate for the pervasive distribution of the MVT and SEDEX type deposits. There are ~300 sedimentary rocks hosted lead, and zinc deposits have been reported in our country in which 285 cases occurred in carbonates, and the remainings in detrital sedimentary rocks (Rajabi et al., 2012). Gardanehshir Zn-Pb carbonate-hosted deposit is located in the southwestern margin of the Central Iranian structural zone. Central Iran structural zone has experienced a compressional tectonic regime related to the Neotethyan Oceans closure during Late Cretaceous time (Madanipour et al., 2018). Reactivation of the Qom-Zefreh basement fault is one of the significant evidence of this compressional event in the central Iranian basin (Porouhan et al., 2003).

2-Methodology

The main controlling factor in sulfide mineralization and alteration (Dolomitic and silicic) is the structures effect, especially fault zones on a local and regional scale. We have then analyzed the kinematics of the primary ore controlling faults in the Gardaneshir area (Fig 1). Based on our structural investigations, sulfide mineralization mainly occurs as vein and veinlet, replacement, and brecciated zones along strike-slip with normal component and normal to strike-slip component faults as well as Triassic Dolomites (Shotori Formation) thrust over Triassic sandstone and shale of the Naiband Formation (Fig. 1). Aside from sulfide mineralization, there is some evidence of oxide outcrops that resulted from the weathering of the sulfide one. The non-sulfide mineralization without any distinct texture occurred in red and white rock facies n the Gardaneshir area. The red mineralization is directly substituted with the sulfide ore, and the carbonate host replaces the white one.

3- Results and discussion

The mineralization in these deposits is in vein-veinlet, breccia, filling of karstic cavities with dolomitization and silicification, and mainly controlled by strike-slip faults with the normal component and normal faults with strike-slip component those are the cross-cutting older generation of thrust faults (Fig. 1). Fluid inclusion analysis of the sulfide ore minerals related fluids represents an irrigation fluid with the salinity of 23.26 to 18.6 percent by weight of salt, the temperature ranges between 91-162 °C, and a density of 1.09 - 0.56 grams per cubic centimeter, which is similar to fluids of MVT type deposits (Wilkinson, 2001; Fig. 2).

4-Conclusions

Taking together the comparison of Gardaneshir mineral deposit, characteristics index specification with sedimentary hosted lead and zinc deposits (MVT, Irish, and SEDEX type), it would summarize that the

*Corresponding author: rastad@modares.ac.ir

DOI: 10.22055/aag.2020.29813.1997

Received 2019-06-02

Accepted 2020-01-20

Gardaneshir deposit could compare to MVT deposits as it developed in the sedimentary carbonate host and controlled by orogenic foreland basin.

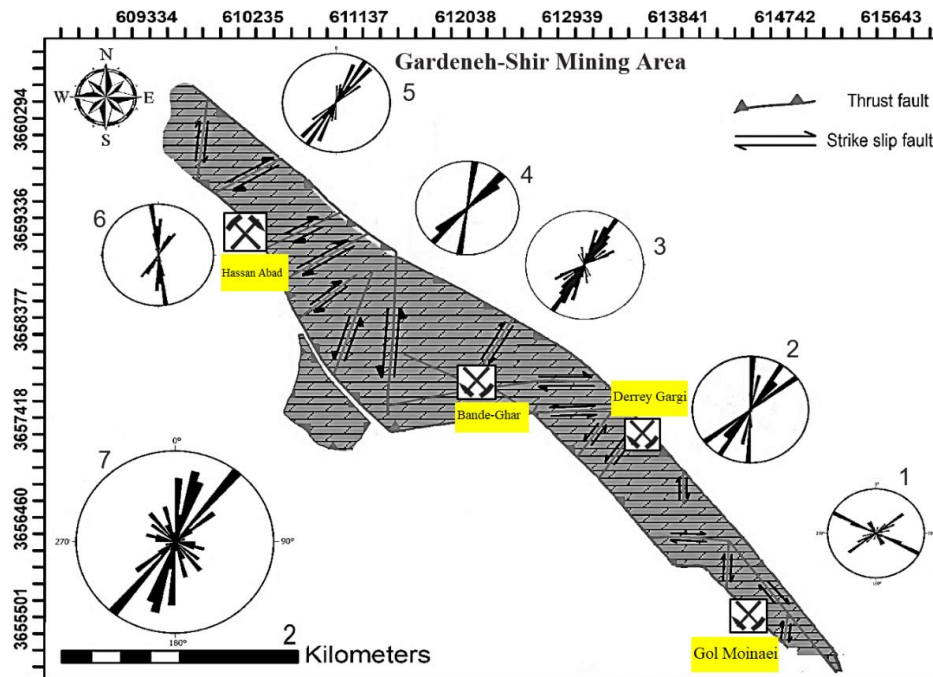


Fig. 1. Rose diagrams of faults and fractures associated with mineralization in, 1- Gol Moinaei (South section garage), 2- Derrey Gargi (tunnel section), 3- Bande-Ghar (Tranche), 4- Bande-Ghar (tunnel section), 5- Hassan Abad (tunnel section), 6- Hassan Abad (Tranche), and 7- All the fault zones associated with mineralization in the Gardaneshir mineralization area.

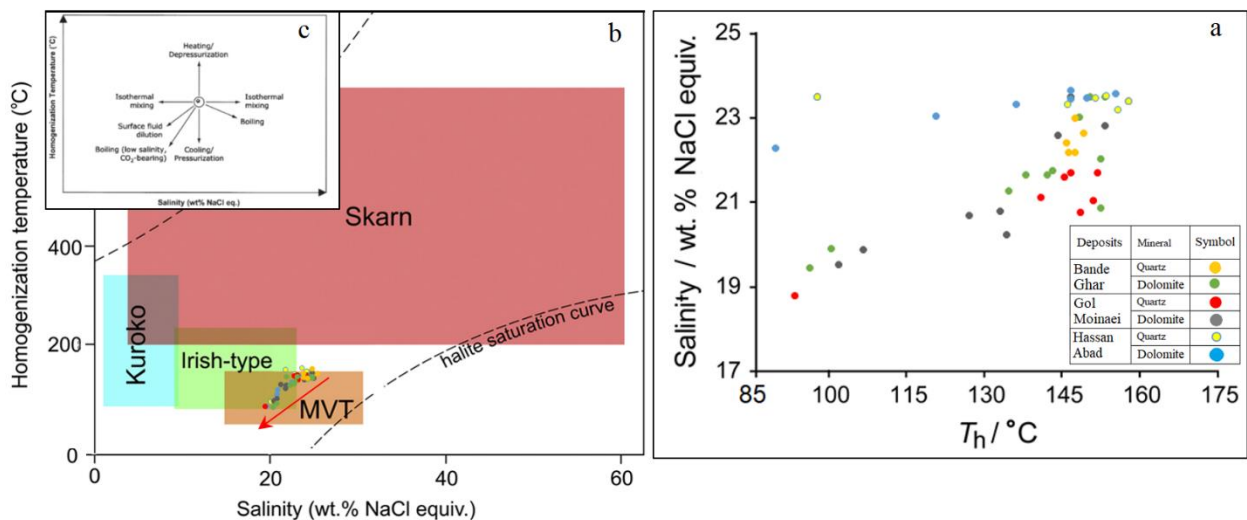


Fig. 2. (a) Fluid inclusion analysis data from Gardaneshir deposit plotted on Temperature-Salinity diagram of zinc and lead deposits, (b) Distribution of the fluid inclusion data set of Gardaneshir mineral area deposits (Gol Moinaei, Derrey Gargi, Bande-Ghar, and Hassan Abad districts) on the temperature-salinity grade diagram (Wilkinson, 2001). Data set of different districts has been separated by color bars from each other, and (c) Evolutionary process Th-salinity diagram of different fluids represent dilution process for the fluids of Gardaneshir deposit (Wilkinson, 2001).

Index Characteristics of the Irish-type ore deposits are mineralization in extensional basins, carbonate host rock and also the presence of some volcanic and pyroclastic rocks, presence of substituted and brecciated textures, mineralization and elemental zoning, fluids homogeneity temperature of 70 -270 °C, and 28 - 48 % by weight of salt salinity and very much appearance of barite (Hitzman et al., 2003; Wilkinson et al., 2005; Wilkinson 2014). However, MVT type mineral deposit is characterized by their generation in orogenic foreland basins, thrust fault

related occurrence of mineralization, dolomite as host rock, void filling and brecciated texture, low temperature of fluids, and tiny occurrence of barite (Leach et al., 2010; Wilkinson, 2014).

Then we conclude that the Gardaneshir Zn-Pb deposit has excellent affinities with MVT type deposits. The structural analysis results have also determined that significant mineralization in the Triassic dolomite has occurred during strike-slip with normal component faulting. The considerable difference between the age of the host rock (Middle Triassic) and mineralization event (post-Late Cretaceous) is one of the significant characteristics of the Gardaneshir MVT deposits that can be compared with other MVT-type deposits in Iran, including the Shahmirzad deposit (Bazargani et al., 2011), Darreh Zanjir deposit (Maghfouri et al., 2017) and Nakhlak deposit in the Yazd Block (Jazi et al., 2017).

References

- Bazargani-Guilani, K., Nekouvaht Tak, M.A., Faramarzi, M., 2011. Pb/Zn deposits in Cretaceous carbonate host rocks, northeast Shahmirzad, central Alborz, Iran. *Australian Journal of Earth Sciences* 58, 297–307.
- Goodfellow, W.D., 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, pp. 163–183.
- Hitzman, M.H., Reynolds, N.A., Sangster, D.F., Allen, C.R., Carman, C.E., 2003. Classification, genesis, and exploration guides for nonsulphide zinc deposits. *Economic Geology* 98, 685-714.
- Jazi, M.A., Karimpour, M.H., Shafaroudi, A.M., 2017. Nakhlak carbonate-hosted Pb/U (Ag) deposit, Isfahan province, Iran: a geological, mineralogical, geochemical, fluid inclusion, and sulfur isotope study. *Ore Geology Reviews* 80, 27–47.
- Leach DL, Sangster DF, Kelley KD., 2005. Sediment-hosted lead-zinc deposits: A global perspective. In: Hedenquist JW, Thompson JFH, Goldfarb RJ, and Richards JP (eds.) *Economic Geology 100th Anniversary Volume, 1905–2005*, pp. 561–607. Littleton, Society of Economic Geologists, Inc.
- Leach, D.L., Bradley, D.C., Huston, D., Pisarevsky, S.A., Taylor, R.D., Gardoll, S.J. 2010. Sediment-Hosted Lead-Zinc Deposits in Earth History. *Economic Geology* 105, 593–625.
- Madanipour, S., Yassaghi, A., Ehlers, T.A., Enkelmann, E., 2018. Tectonostratigraphic, structural geometry and kinematics of the NW Iranian plateau margin: insights from the Talesh mountains, Iran. *American Journal of Science* 158, 37-46.
- Maghfouri, S., Hosseinzadeh, M.R., Rajabi, A., Azimzadeh., 2017. Darreh-Zanjir deposit; a typical carbonate hosted Zn-Pb deposit (MVT) in Early Cretaceous sedimentary sequence, Southern Yazd basin. *Journal of Earth Sciences* 103, 13-28.
- Porouhan, N., Teimoornegad, K., Mohajjel, M., 2003. Geometry and Kinematics of Qom-Zefreh Fault System and its Significance in Transpression Tectonics. *Journal Earth Sciences* 95, 27-38.
- Radfar, J., Amini, M.R., Emami, M.H., 1999. Geological map of the Ardestan area, scale 1: 100,000. Geological Survey of Iran.
- Rajabi, A., Rastad, E., Canet, C., 2012. Metallogeny of Cretaceous carbonate hosted Zn-Pb deposits of Iran, geotectonic setting and data integration for future mineral exploration. *Ore Geology Reviews* 54, 1649-1672.
- Wilkinson, J.J., 2001. Fluid inclusion in hydrothermal ore deposits. *Lithos* 55, 229-272.
- Wilkinson, J.J. 2014. Sediment-hosted zinc-lead mineralization: Processes and Perspectives. *Treatise on Geochemistry* 2nd edition, 219 -249.

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Kupayi, M.J., Rastad, E., Madanipour, S., Maghfouri, S., 2020. Application of structural data, the chemistry of sulfide minerals, and fluid inclusion in mineralization type determination of Zn-Pb carbonate-hosted Gardaneshir ore deposit in Southwest Ardestan. *Adv. Appl. Geol.* 10(3), 452-467.

DOI: 10.22055/AAG.2020.29813.1997

url: https://aag.scu.ac.ir/article_15342.html?lang=en

کاربرد داده‌های ساختاری، شیمی کانی‌های سولفیدی و میان‌بارهای سیال در تعیین تیپ کانه‌زائی کانسارهای روی - سرب منطقه معدنی گردنه‌شیر با سنگ میزبان کربناته در جنوب باختر اردستان

محمد جعفر کوپائی

گروه زمین‌شناسی اقتصادی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

ابراهیم راستاد*

گروه زمین‌شناسی اقتصادی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

سعید معدنی‌پور

گروه زمین‌شناسی تکتونیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

سجاد مغفوری

گروه زمین‌شناسی اقتصادی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۳۰

*rastad@modares.ac.ir

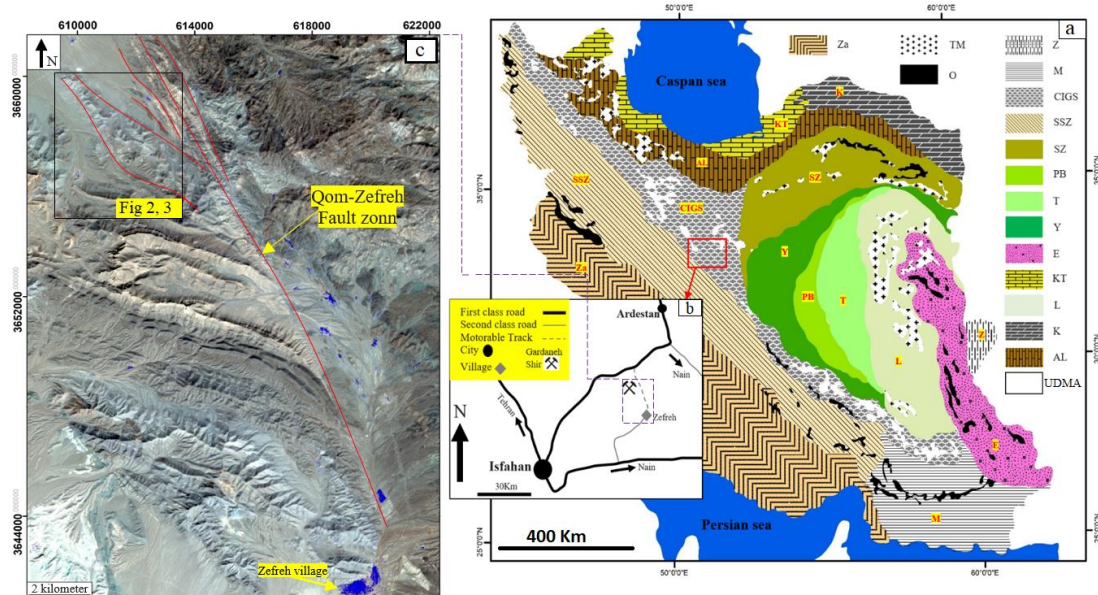
چکیده

منطقه معدنی روی - سرب گردنه‌شیر در جنوب باختری اردستان در کربنات‌های سازند شتری به سن تریاس میانی که بر روی سازند نایبند به سن تریاس بالایی رانده شده است تشکیل گردیده است. کانه‌زائی در این کانسارها به صورت رگه - رگچه‌ای، برشی و پرکننده حفرات کارستی بوده که با دگرسانی‌های دولومیتی و سیلیسی همراهی می‌گردد. کنترل کننده کانه‌زائی این منطقه معدنی گسل‌های شمال با مؤلفه امتداد لغز و گسل‌های امتداد لغز با مؤلفه شمال قطع کننده گسل‌های راندگی می‌باشد. نتایج مطالعات میان‌بارهای سیال کانی‌های کوارتز و دولومیت مرتبط با کانه‌زائی در منطقه معدنی گردنه‌شیر نشان از سیال کانه‌ساز با شوری معادل ۱۸/۶-۲۳/۲ درصد وزنی نمک طعام، دامنه دمایی همگن شدن بین ۹۱-۱۶۲ C^o و چگالی ۱/۰۵۶-۱/۰۹ g/cm³ دارد. نتایج آنالیز دستگاهی EPMA و مقایسه نسبت‌های عنصری Zn/Cd (۸۷۹) درصد) در کانی اسفالریت نیز تأییدی بر پایین بودن دمای تشکیل این کانی‌ها در محدوده دمای کانسارهای نوع MVT می‌باشد. با توجه به نتایج مطالعات صورت گرفته و بر اساس نوع سنگ میزبان، کانی‌شناسی، ساختارهای کنترل کننده کانه‌زائی، شوری و دمای میان‌بارهای سیال و مقایسه آنها با ویژگی‌های تیپ‌های کانساری سرب و روی با میزبان رسوبی می‌توان کانه‌زائی روی و سرب در منطقه معدنی گردنه‌شیر را در رده کانسارهای تیپ MVT در نظر گرفت.

کلمات کلیدی: کانه‌زایی سرب - روی، ساختارهای راندگی و نرمال، تیپ MVT، گردنه‌شیر، ایران مرکزی

مقدمه

ذخایر سرب و روی با میزبان رسوبی از بزرگترین منابع تأمین کننده سرب و روی در جهان هستند که از دو گروه بزرگ با میزبان آواری (SEDEX) و با میزبان کربناتی (MVT, Irish) تشکیل یافته‌اند (Goodfellow and Wilkinson 2014; Lydon, 2007; Leach et al., 2010). نظر به حضور گسترده سرزمین‌های کربناتی و آواری در ایران زمین، کشور ما نیز از این ویژگی برخوردار بوده آنچنانکه تاکنون بیش از ۳۰۰ کانسار سرب و روی با میزبان رسوبی در ایران گزارش شده است (Rajabi et al., 2012b) که از این تعداد ۲۸۵ مورد در سنگ‌های کربناته و الباقی در سنگ‌های آواری تشکیل گردیده است. از نظر سن سنگ میزبان ذخایر سرب و روی با سنگ میزبان کربناتی در ایران در دوره‌های دونین، پرمین، تریاس و کرتاسه و ذخایر سرب و روی با سنگ میزبان آواری در کامبرین و ژوراسیک (Rajabi et al., 2012b) تشکیل گردیده‌اند. از ذخایر سرب و روی با سنگ میزبان کربناتی نوع MVT می‌توان به کانسارهای اورس کوه (Lotfi et al., 2017)، آبید (Rajabi et al., 2016)، دره‌نجزیر (Nakini et al., 2015) و از ذخایر سرب و روی با سنگ میزبان کربناتی نوع Irish می‌توان به ذخایر کوه کلنگه (Pirinjam al-Din et al., 2016) و از ذخایر سرب و روی با سنگ میزبان کربناتی نوع Yarmohammadi et al., 2016) و ایران کوه (Rastad et al., 2017; Boveiri konari et al., 2017) اشاره نمود. از کانسارهای سرب و روی تیپ سدکس می‌توان به ذخایر کوشک، چاهمیر، زیرگان (Rajabi et al., 2013)، کانسار گل‌زرد (Zarasvandi., 2014) و حسین‌آباد (Mahmoodi et al., 2018) اشاره کرد. از نظر جایگاه ساختاری، ذخایر سرب و روی با میزبان کربناتی بیشتر در پهنه‌های سندج-سیرجان، ایران مرکزی و البرز (Rajabi et al., 2012b) قرار گرفته‌اند. در این میان کانسارهای سرب و روی منطقه معدنی گردنه‌شیر با سنگ میزبان کربناتی در حاشیه غربی زون ساختاری ایران مرکزی (شکل ۱a) و در مختصات ۳۱°۵۲' طول شرقی و ۳۳° عرض شمالی (شکل ۱b و ۱c) قرار گرفته‌اند. دسترسی به این کانسارها از جاده اردستان - نایبند و اصفهان - اردستان امکان پذیر می‌باشد (شکل ۱b). کانسارهای این منطقه معدنی به نام‌های بندغار، دره-گرگی، حسن آباد و گل‌موینائی شناخته می‌شوند (شکل ۲). هدف از انجام این مطالعه بررسی عوامل کنترل کننده ساختاری، ساخت و بافت، کانی‌شناسی، دگرسانی، مطالعه میان‌بارهای سیال در بخش‌های مختلف و در نهایت معرفی تیپ کانه‌زائی منطقه معدنی روی - سرب گردنه‌شیر می‌باشد.



شکل ۱- (a) موقعیت منطقه معدنی گردنه شیر بر روی نقشه پهنه‌های ساختاری سرزمین ایران (با تغییرات از Aghanabati, 2004; 1998 -Al، پهنه ساختاری البرز، CIGS -پهنه ساختاری و زمین‌شناسی ایران مرکزی، E -پهنه ساختاری شرق ایران، K -پهنه ساختاری کپه‌داغ، KT -پهنه ساختاری خزر- تالش، L - بلوک لوپ، M -پهنه ساختاری مکران، Oph -کمرندهای افیولیتی، PB - بلوک پشته-بادام، SSZ -پهنه ساختاری سنندج-سیرجان، T - بلوک طبرستان، TM - سنگ‌های ماگمایی تریاری، UDMA - کمان ماگمایی ارومیه - دختر، Y - بلوک یزد، Z - ناحیه زابل، Za - پهنه ساختاری زاگرس، (b) نقشه راه‌های دسترسی به منطقه معدنی گردنه شیر و (c) تصویر ماهواره‌ای (ASTER) از موقعیت منطقه معدنی گردنه شیر در کنار روستای زفره و پهنه گسلی زفره.

Fig. 1 (a) The Location of Gardaneshir ore deposit in the structural tectonic map of Iran (modified after Aghanabati, 2004 and Alavi, 1994). Al, Alborz zone; CIGS, Central Iranian geological and structural gradual zone; E, East Iran ranges; K, Kopeh-Dagh; KT, Khazar-Talesh-Ziveh structural zone; L, Lut block; M, Makran zone; Oph, Ophiolite belts; PB, Posht-e-Badam block; SSZ, Sanandaj-Sirjan zone; T, Tabas block; TM, Tertiary magmatic rocks; UDMA, Urumieh-Dokhtar magmatic arc; Y, Yazd block; Z, Zabol area; Za, Zagros ranges, (b) Map of the access roads to the Gardaneshir ore deposit, and (c) Satellite image (ASTER) of the Gardaneshir ore deposit in the near of Zefreh fault zone.

روش کار

در ابتدا طی چندین عملیات صحرایی گسترده ویژگی‌های ساختاری کانسارها اعم از گسل‌ها، درزه‌ها و شکستگی‌ها و به ویژه ارتباط ماده معدنی با این ساختارها بررسی و در مجموع ۴۰ نمونه از سنگ میزبان و ماده معدنی برداشت گردید. از این تعداد، ۱۷ نمونه جهت مطالعه مقاطع نازک و ۳ صیقلی، ۳ نمونه جهت مطالعه مقاطع دوبر صیقل و تعداد ۳ نمونه جهت آنالیز XRD به منظور شناسایی کانی‌های اکسیدی و کربناتی انتخاب گردید. پس از مطالعه مقاطع نازک صیقلی و مشخص نمودن نقاط مورد نظر جهت انجام مطالعات الکترون میکروپروب نمونه‌ها به مرکز فرآوری مواد معدنی ایران ارسال گردید. لازم به ذکر است سایر مطالعات و آزمایش‌های انجام شده شامل تهیه و مطالعه مقاطع نازک و نازک - صیقلی، مطالعات مقاطع دوبر صیقل و اندازه‌گیری دما و شوری میانبارهای سیال و همچنین آنالیز XRD در آزمایشگاه‌های بخش زمین‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس انجام گردیده است.

زمین‌شناسی

ناحیه مورد مطالعه به لحاظ تقسیم بندی‌های ساختاری-زمین‌شناسی ایران (Aghanabati, 2004) در زون ساختاری ایران مرکزی قرار دارد (شکل ۱a). زون ساختاری ایران مرکزی از اواخر کرتاسه پسین به بعد متأثر از رژیم‌های تکتونیکی فشارشی و بسته شدن حوضه نئوتتیس قرار گرفته است (Madanipour et al., 2018). از شواهد این سازوکار فشارشی در منطقه معدنی گردنه شیر می‌توان به فعال شدن دوباره گسل

پی‌سنگی قم - زفره (شکل ۱c) اشاره کرد (Porouhan et al., 2003). این گسل به عنوان یکی از گسل‌های پی‌سنگی با روند کلی شمال باختری - جنوب خاوری می‌باشد که با رویداد زمین ساختی بسته شدن اقیانوس تتیس جوان فعال شده است (Porouhan et al., 2003). مجموعه گسل‌های امتدادلغز مرتبط با این سامانه گسلی سبب قطع و جابجایی راندگی‌های قدیمی‌تر شده‌اند. قدیمی‌ترین رخنمون‌های صحرایی در منطقه معدنی گردنه - شیر، توالی‌های رسوبی کربناته سازند شتری به سن تریاس میانی و توالی‌های آواری سازند نایبند به سن تریاس بالایی می‌باشد (Radfar et al., 1999) (شکل ۱b). کالبد اصلی بلندی‌ها را واحدهای آهکی سازند شتری و بخش تپه ماهوری را رسوبات شیلی سازند نایبند تشکیل داده‌اند. سازند شتری شامل سنگ‌های دولومیتی، آهک دولومیتی ضخیم لایه و زرد رنگ و لایه‌های آهکی خاکستری متمایل به سفید ضخیم تا متوسط لایه می‌باشد (Radfar et al., 1999). این واحدهای دولومیتی در منطقه معدنی گردنه شیر غالباً به صورت گسله راندگی بر روی واحدهای شیلی سبز رنگ سازند نایبند رانده شده‌اند. بر روی واحدهای تریاس بالایی کرتاسه قرار می‌گیرد.

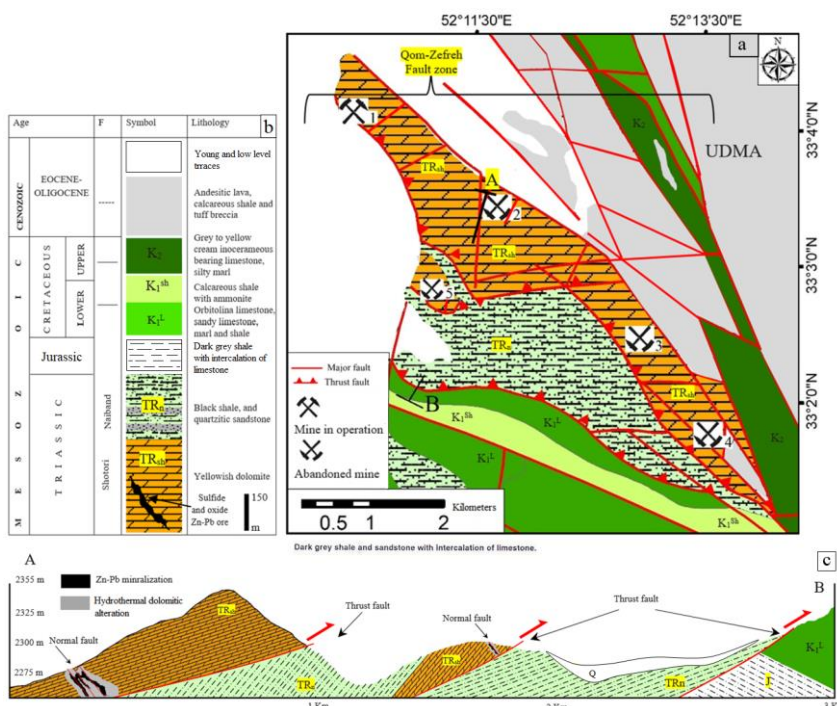
دگرسانی، کانه‌زایی و نقش ساختارها

کانه‌زایی سرب و روی در منطقه معدنی گردنه شیر در سنگ‌های کربناته با سن تریاس میانی (سازند شتری) رخ داده است (شکل ۱a). در مطالعات سنگ‌شناسی منطقه معدنی گردنه شیر دولومیت‌ها را بر اساس ویژگی‌های مرتبط با کانه‌زایی می‌توان به دو نسل متفاوت تقسیم کرد.

بخش‌های کوچکی از رگه - رگچه‌های مناطق کانه‌دار به صورت کوارتز می‌باشد. نکته کلیدی در خصوص دگرسانی (دولومیتی و سیلیسی) و کانه‌زایی سولفیدی، نقش ساختارها به عنوان عامل اصلی کنترل کننده چه در مقیاس ناحیه‌ای و چه در مقیاس معدنی می‌باشد. از اینرو سازوکار این گسل‌ها در تعیین سیستم کانی‌زایی و نحوه جایجایی ماده معدنی شناسایی و برداشت گردید (شکل ۳). بر اساس مطالعات ساختاری صورت گرفته در منطقه معدنی گردنه‌شیر، کانه‌زایی سولفیدی تنها در امتداد گسل‌های عادی پیشانی راندگی (شکل ۴a) به صورت گسل‌های امتداد لغز با مولفه نرمال و گسل‌های نرمال با مولفه امتداد لغز (شکل b5 و c) به شکل رگه - رگچه‌ای، جانیشینی، پرکننده فضای خالی و برشی (شکل ۵) درون دولومیت‌های رانده شده تشکیل گردیده است. جدای از کانه‌زایی سولفیدی در منطقه معدنی گردنه‌شیر، بخش مهمی از کانه‌زایی به صورت غیر سولفیدی که حاصل هوازدگی و اکسید شدن بخش سولفیدی است دیده می‌شود. کانسنگ غیرسولفیدی در منطقه معدنی گردنه شیر بدون بافت مشخص و با دو رخساره رنگی، سرخ و سفید دیده می‌شوند (شکل ۶). کانسنگ نوع سرخ به صورت جانیشینی مستقیم کانسنگ سولفیدی اولیه و کانسنگ سفید به صورت جانیشینی بخش‌های کربناته سنگ میزبان تشکیل گردیده‌اند.

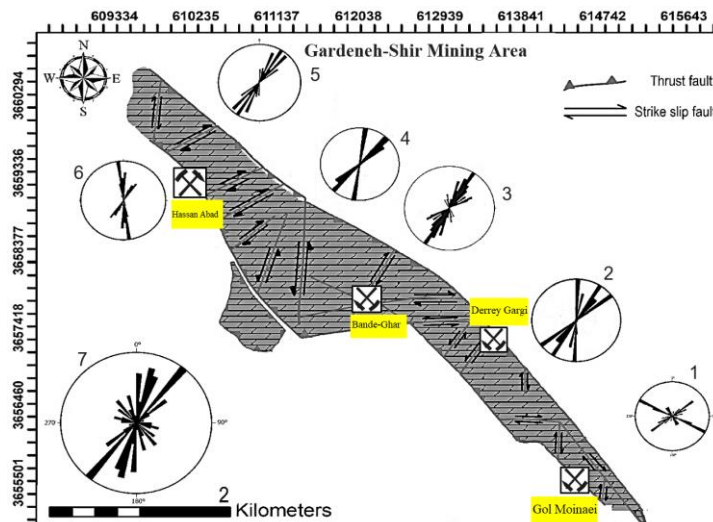
دولومیت‌های نسل اول، دولومیت‌های همزمان با رسوبگذاری و دیاژنتیکی سازند شتری است که شامل چهار نوع دولومیت مختلف (از نظر شکل و اندازه بلورها، پراکندگی اندازه بلورها در متن سنگ و اشکال مرزهای بلوری) می‌باشند (Karimzadeh and Adabi, 2009). دولومیت نوع یک، در شرایط دمای سطحی و در مراحل اولیه رسوبگذاری تشکیل شده و دولومیت دیاژنتیکی اولیه به شمار می‌آید. سایر دولومیت‌ها (دولومیت‌های نوع دو، سه و چهار) به ترتیب درشت شدن اندازه بلور آنها، در محیط‌های کم‌ژرفا تا ژرف تدفینی تشکیل شده‌اند. تغییر ترکیب سیال‌های دولومیت ساز در طی مراحل گوناگون دیاژنز (اولیه تا تأخیری) سبب چنین تنوعی در تشکیل دولومیت‌های این سازند شده است (Karimzadeh and Adabi, 2009).

دولومیت‌های نسل دو، دولومیت‌های درشت بلور به رنگ خاکستری روشن تا سفید با رخ‌های کاملاً شاخص و خاموشی موجی و نیز دولومیت‌های زین‌اسبی شکل می‌باشند که مرتبط با سیالات کانه‌ساز بوده و به عنوان دولومیت‌های دگرسانی در نظر گرفته می‌شوند. دگرسانی دولومیتی به پهنه‌های گسلی و برشی محدود می‌شود و شدت و گسترش آن به شدت و گسترش خردشدگی‌ها و کانه‌زایی سولفیدی مرتبط است. از دیگر دگرسانی‌های مشاهده شده در منطقه معدنی گردنه‌شیر دگرسانی سیلیسی می‌باشد که گسترش آن از دگرسانی دولومیتی کمتر بوده و محدود به



شکل ۲- (a) موقعیت کانسارهای منطقه معدنی گردنه‌شیر (۱- کانسار حسن‌آباد، ۲- کانسار بندگار، ۳- کانسار دره‌گرگی، ۴- کانسار گل‌موینائی و ۵- نشانه معدنی سمت باختر) بر روی بخشی از نقشه ساده شده ۱:۱۰۰۰۰۰ اردستان (همراه با تغییرات از Radfar et al., 1999)، (b) ستون چینه‌شناسی عمومی منطقه معدنی گردنه‌شیر و (c) نیمرخ زمین شناسی منطقه معدنی گردنه‌شیر.

Fig. 2. (a) Simplified geological 1: 100,000 map of the Ardestan, showing the location of ore deposits in the Gherdashansir area (1- Hassan Abad, 2- Bande-Ghar, 3- Derrey Gargi, 4- Gol Moinaei; modified after Radfar et al., 1999), (b) General stratigraphic column of Gardaneshir mining area, and (c) The geological profile of the Gherdashansir mining area.



شکل ۳- دیاگرام‌های گل‌سرخ از گسل‌ها و شکستگی‌های مرتبط با کانه‌زایی در ۱- معدن گل موینائی گارگاه بخش جنوبی، ۲- بخش تونلی معدن دره گرگی، ۳- گارگاه و ترانشه بالای معدن بندغار، ۴- بخش تونلی معدن بندغار، ۵- بخش تونلی معدن حسن آباد، ۶- بخش روباز معدن حسن آباد و ۷- مجموع گسل‌های برداشت شده مرتبط با کانه‌زایی در منطقه معدنی گردنه‌شیر.

Fig. 3. Rose diagrams from faults and fractures associated with mineralization in the 1- The southern workshop of the Gol Moinaei mine, 2- The tunnel section of the Derrey Gargi mine, 3- Bande-Ghar mining trench, 4- Tunnel section of the Bande-Ghar mine, 5- Tunnel Section of Hassan Abad Mine, 6- Open section of Hassan Abad mine and 7- Summary of faults associated with ore mineralization in Gardaneh-Shir mining area.

کانی‌شناسی و ساخت و بافت کانسنگ

بافت قشری: در این بافت باریت و گالن به طور قرینه بصورت قشرهای روی سطح داخلی شکاف‌ها و حفرات را پر کرده است (شکل ۵f).
بافت انتشاری: در نزدیکی رگه‌ها و درون سنگ میزبان، این بافت دیده می‌شود که حاصل نفوذ سیالات گرمایی به داخل سنگ میزبان است. در مواردی نیز این بافت به صورت پرکننده فضای بین بلوری در سنگ میزبان دولومیتی دیده می‌شود (شکل ۵f).

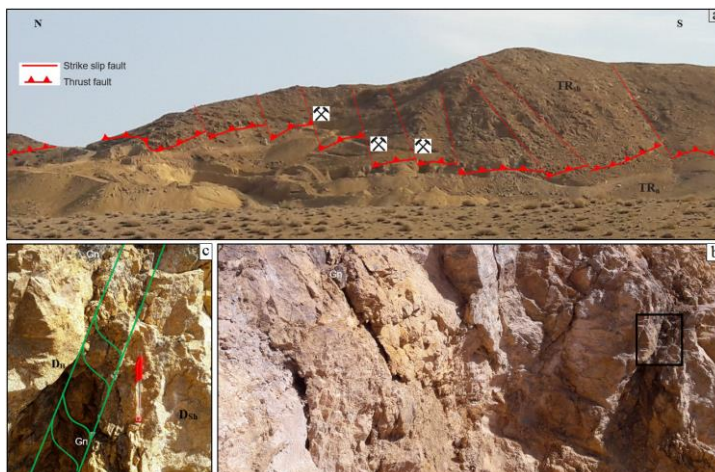
بافت کولفورم: این بافت در معادن مورد مطالعه غالباً در کانی باریت دیده می‌شود و در نتیجه رشد این کانی بر روی سطح فضای خالی ایجاد گردیده است (شکل ۵g).

بافت جان‌شینی: این بافت از جمله بافت‌های شاخص در بخش سولفیدی کانسارهای منطقه معدنی گردنه‌شیر می‌باشد که بصورت جان‌شینی دولومیت‌های گرمایی به جای دولومیت‌های سازند شتری (شکل ۵i)، جان‌شینی باریت و گالن به جای دولومیت‌های گرمایی (شکل ۵g و ۵i)، جان‌شینی گالن به جای اسفالریت و پیریت دیده می‌شود (شکل ۵j).

بافت پرکننده فضای خالی: این بافت در فضای خالی امتداد گسل‌های عادی ایجاد شده در طی کشش گسلی که توسط سولفیدهای سرب و روی پر شده است دیده می‌شود (شکل ۵d تا ۵e). در واقع می‌توان بافت‌های برشی و رگه-رگچه‌ای را حالت‌های مختلفی از بافت پرکننده فضای خالی برشمرد. دیگر بافت پرکننده فضای خالی در منطقه معدنی گردنه‌شیر در داخل حفرات و کارست‌ها مشاهده می‌شود که غالباً توسط کانسنگ اکسیدی پر شده است (شکل ۵f).

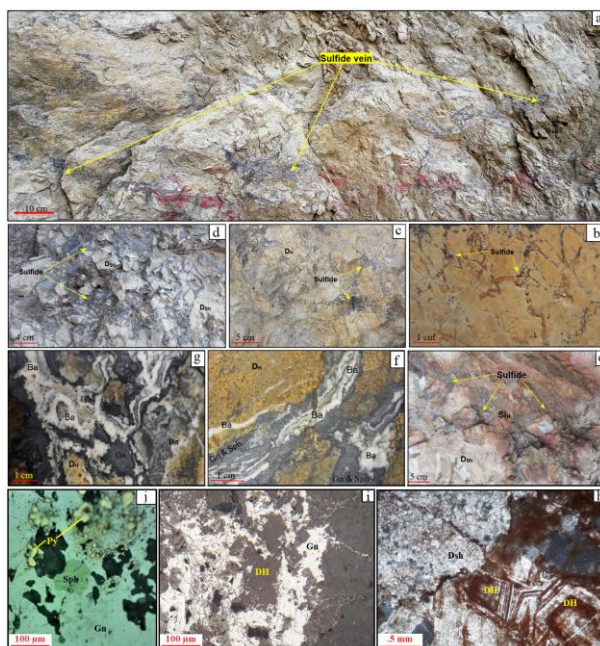
کانی‌شناسی در کانسارهای منطقه معدنی گردنه‌شیر ساده بوده و شامل کانه‌های سولفیدی، کانی‌های کانگ و کانه‌های ثانویه (اکسیدی، مرتبط با فرایند سوپرژن) می‌باشد. کانی‌های سولفیدی شامل گالن و اسفالریت به همراه مقادیر کمی پیریت، کانی‌های سولفوسالتی و کانی سولفاتی باریت می‌باشد که به صورت بافت‌های برشی، رگچه‌ای و جان‌شینی مشاهده می‌شوند. کانی‌های کانگ در این مجموعه دولومیت‌های ریز بلور تا متوسط بلور مرتبط با سنگ میزبان و همچنین دولومیت‌ها و کوارتزهای درشت بلور هیدروترمالی مرتبط با سیال کانه‌دار می‌باشند (شکل ۵f). کانی‌های ثانویه مرتبط با فرایند سوپرژن شامل کانی‌های اکسید روی (اسمیت‌زونیت، همی-مورفیت و هیدروزنسیت)، کانی‌های ثانویه مس (کولیت و مالاکیت) و کانی ثانویه سرب (سروزیت) می‌باشد. بافت‌های مشاهده شده عبارتند از:
بافت رگه-رگچه‌ای: این بافت و ساخت در امتداد گسل‌های امتداد لغز با مولفه نرمال بصورت ساختارهای صفحه‌ای و به حالت پرکننده فضای خالی با ضخامت چند ده سانتی‌متر و طول متغیر بین ۱-۴۰ متر مشاهده می‌گردند (شکل ۵a).

بافت برشی: بافت برشی عمده‌ترین شکل بافت معدنی در کانسارهای این منطقه معدنی می‌باشد که با توجه به شواهد ساختاری موجود، مهم‌ترین عامل ایجاد این بافت در کانسارهای منطقه معدنی گردنه‌شیر اثر فعالیت‌های تکتونیکی و سیالات گرمایی می‌باشد. برش‌ها از جنس سنگ دیواره هستند که کم و بیش دگرسان شده و توسط ماده معدنی سیمان شده‌اند (شکل ۵b-۵e). بر مبنای طبقه‌بندی انواع برش‌ها (Laznicka, 1989) بافت‌های برشی این منطقه معدنی به سه صورت برشی خرد شده (شکل ۵b)، بافت برشی موزائیکی (شکل ۵c) و بافت برش رابل (شکل ۵d) مشاهده می‌شود.



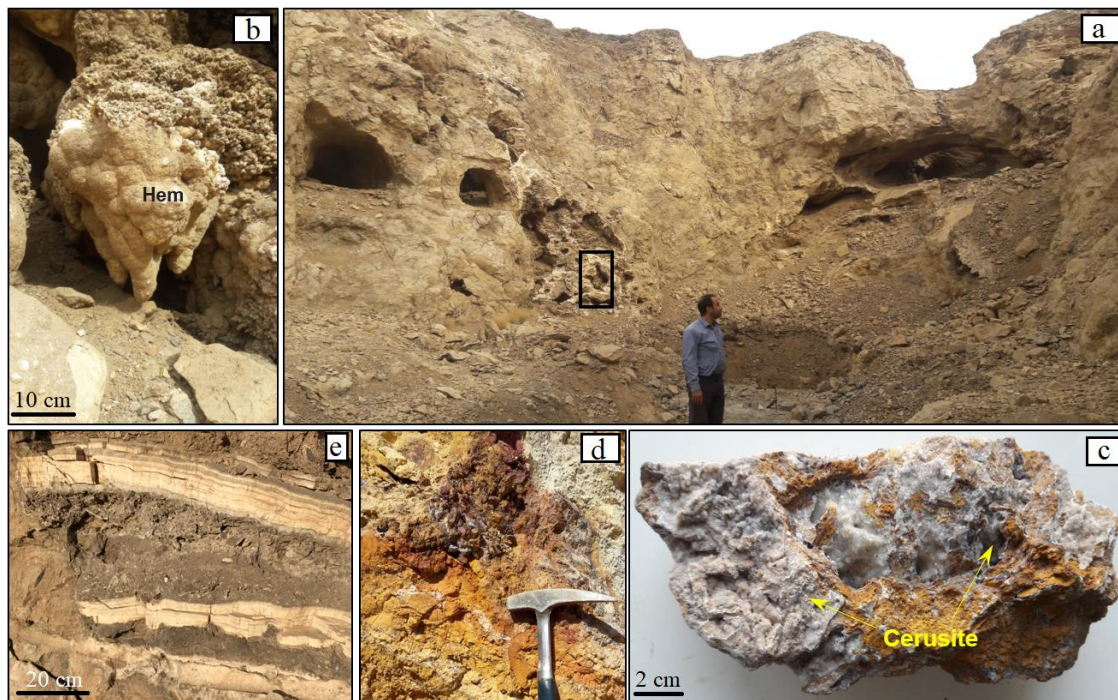
شکل ۴- (a) نمای دور از رانده شدگی واحدهای کربناته سازند شتری (TRsh) بر روی واحدهای شیلی سازند نایبند (TRn) و قطع شدگی گسل رانده‌گی توسط گسل‌های امتداد لغز با مولفه نرمال در امتداد شمال شرقی- جنوب غربی در کانسار حسن‌آباد، (b) نمای از زون گسله امتداد لغز با مولفه نرمال، (c) نمای نزدیک از کادر مربعی در شکل (b) و ساختارهای S و C در نمای رو به پایین از پهنه گسل که برش امتداد لغز را بصورت راستگرد نشان می‌دهد، عدسی‌هایی از جنس سنگ میزبان همراه با دولومیت‌های دگرسانی (DH: دولومیت هیدروترمال، Gn: گالن، Dsh: دولومیت شتری).

Fig. 4. (a) Thrusting of the Shotori carbonatic Formation (TRsh) on the Nayband shale Formation (TRn) and interruption of this thrust fault with normal strike-slip faults along the northeast-southwest (in the Hassanabad deposit), (b) View of the normal strike-slip fault zone, (c) Close-up view of the square box in the figure (b) and the S and C structures in the downward part of the fault zone showing the strike-slip deformation in the altered dolomitic lenses (DH: Hydrothermal dolomite, Gn: Galena, Dsh: Dolomite Shotori).



شکل ۵- (a) بافت رگه‌ای، (b) بافت برشی خرد شده، (c) بافت برشی موزائیکی، (d) بافت برش رابل، (e) بافت رگه‌ای - برشی همراه با دگرسانی سیلیسی، (f) بافت قشری حاصل از رشد متناوب کانی‌های سولفیدی (گالن و اسفالریت) با کانی باریت به طور قرینه نسبت به مرکز. همچنین در بخش‌های از سنگ میزبان کانی‌های سولفیدی به صورت دانه پراکنده مشاهده می‌شود، (g) بافت کلوفرم در نتیجه رشد کانی‌های سولفیدی همراه با باریت بر روی سطح فضای خالی، (h) جانشینی سولفید به جای دولومیت‌های سنگ میزبان، (i) کانه‌زایی سولفیدی به صورت پرکننده درزه و شکستگی و جانشینی اسفالریت به جای گالن و (j) جانشینی سولفوسالت به جای گالن (Dsh: دولومیت شتری، DH: دولومیت هیدروترمال، SiH: دگرسانی سیلیسی، Gn: گالن، Sph: اسفالریت، Ba: باریت).

Fig. 5 (a) Vein texture, (b) Crushed brecciated texture, (c) Mosaic brecciated texture, (d) Ruble brecciated texture, (e) Vein-brecciated texture with siliceous alteration, (f) Crustal tissue derived from alternating growth of sulfide minerals (galena and sphalerite) with barite minerals symmetrically relative to the center. Sulfide minerals are also found in parts of the host rock to be disseminated (diamine), (g) Coloform texture as a result of the growth of sulfide minerals with barite on the surface of the open spaces, (h) Host rock dolomites replaced with sulfide minerals, (i) Sulfide mineralization in the form of open space filling and galena replaced with sphalerite, and (j) Galena replaced with sulfosalate minerals. (Dsh: Shotori dolomite, DH: hydrothermal dolomite, SiH: siliceous alteration, Gn: galena, Sph: sphalerite, Ba: barite).



شکل ۶- (a) نمای از گسترش پدیده کارستی شدن کربناتها با موازات شکستگی‌های پهنه گسلی و کانه‌زایی اکسیدی در گارگاه شمار سه کانسار گل موئنایی، (b) استالاکتیت غنی از روی (hem: Hemimorphite)، (c) رخساره کانسنگ سفید کانسار حسن آباد (d) رخساره کانسنگ سرخ رنگ، (e) پرشدگی درون کارست با قطعات و بخش‌های کانسنگی سرخ رنگ.

Fig. 5 (a) View of the karst carbonate phenomenon parallel to the fault zone fractures (oxidized supergene mineralization) of the Gol Moinaei deposit in workshop no. 3, (b) Zinc-rich stalactite (hem: Hemimorphite) (c) White ore facies of Hassan abad deposit, (d) Red ore facies, and (e) Carbonatic karst filled with red ore facies fragments.

شیمی کانی‌های اسفالریت و گالن

نشان دهنده آن است که حداقل در بخشی از شبکه کانی اسفالریت، آهن جانشین روی شده است (Cook et al., 2000). انطباق مثبت عنصر سرب با روی (جدول ۱) نیز می‌تواند حاکی از جانشین شدن عنصر سرب در شبکه اسفالریت باشد (Cook et al., 2000). در تحقیقات اخیر، از مقایسه نسبت‌های عنصری Zn/Cd در اسفالریت برای پی بردن به نحوه تشکیل آنها استفاده می‌گردد (Song, 1984; Gottesmann and Kampe, 2007; Wen et al., 2016). اسفالریت‌های ذخایر آتشفشانی - رسوبی دارای نسبت Zn/Cd برابر با ۴۱۷-۵۷۳ درصد (Song, 1984) و کانسارهای نوع MVT ۵۰۰ - ۲۰۰۰ درصد (Wen et al., 2016) دارند در حالی که اسفالریت موجود در اسکارن ۱۰۲-۲۱۴ درصد (Xucxin, 1984) و ذخایر ماگمایی - هیدروترمال با ۱۰۴-۲۱۴ درصد (Song, 1984)، کمترین مقادیر این نسبت عنصری را به خود اختصاص می‌دهند. نسبت Zn/Cd اندازه‌گیری شده در اسفالریت‌های مورد مطالعه در این پژوهش برابر با ۸۷۹ درصد می‌باشد که منطبق بر محدوده اسفالریت‌های تیپ‌های کانه زائی نوع MVT می‌باشد. بر اساس نتایج حاصل از آنالیز گالن، تغییر خاصی در عناصر موجود در شبکه گالن رخ نداده و مقادیر عناصر کادمیم، روی، آهن، سلنیم، تیتانیوم، منگنز و نیکل به ترتیب مقادیر میانگین ۰/۲۳، ۰/۱۲۳، ۰/۳۵، ۰/۰۶، ۰/۱، ۰/۱۳ و ۰/۰۸۶ اندازه‌گیری شده است (جدول ۱).

شناسایی دقیق مقدار و نوع عناصر موجود در کانی‌های سولفیدی به منظور تعیین دقیق نام و ترکیب شیمیایی فازهای کانیایی، ما را به سوی انجام مطالعات الکترون میکروپروب رهنمون ساخت. به همین دلیل، ۸ نقطه ۱۶ عنصری از کانی‌های اسفالریت و گالن از کانسار گل موئنایی در بخش جنوبی منطقه معدنی گردنه‌شیر در مرکز تحقیقات و فرآوری مواد معدنی کرج مورد مطالعه قرار گرفت (جدول ۱). اسفالریت به علت دارا بودن فرمول ساده (ZnS) انواع گسترده‌ای از عناصر می‌توانند به صورت جانشینی عنصر روی، وارد شبکه این کانی شوند که از جمله این عناصر می‌توان به آهن و کادمیم اشاره کرد. علاوه بر آن برخی از عناصر دیگر مانند منگنز، کبالت و مس که دارای یون‌های هم اندازه با روی هستند نیز می‌توانند از طریق جانشینی ساده وارد ساختار اسفالریت شوند (Cook et al., 2000). اسفالریت‌های با رنگ قهوه‌ای تیره، دارای مقدار بیشتری از عنصر آهن در شبکه خود هستند در حالی که اسفالریت‌های با رنگ روشن‌تر دارای مقادیر بیشتری از عنصر کادمیم هستند. بر اساس نتایج به دست آمده مقدار عنصر آهن و کادمیم در اسفالریت‌های به ترتیب از ۰/۰۶ تا ۰/۲۴ درصد (به طور میانگین ۰/۱۹۵ درصد) و صفر تا ۰/۱۲ درصد (به طور میانگین ۰/۰۷۵ درصد) متغیر است (جدول ۱). مقادیر عناصر روی، سرب، نقره، مس، تیتانیوم، منگنز، آنتیموان و نیکل به ترتیب مقادیر میانگین ۱۵۲/۶۵/۹۵، ۰/۰۳، ۰/۰۱۷، ۰/۰۱، ۰/۰۱۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۳۵ درصد اندازه‌گیری شده است (جدول ۱). انطباق منفی عنصر آهن با روی (جدول ۱)

جدول ۱- نتایج آنالیز کمی به روش الکترون میکروپروب ۱۶ عنصری بر روی کانی‌های گالن (Gn) و اسفالریت (Sph) بخش‌های رگه-رگچه‌ای کانسار گل مونا‌ئی. لازم به ذکر است مقادیر عناصر کبالت، گالیم و ژرمانیوم صفر درصد اندازه‌گیری گردیده است (مقادیر عددی داخل جدول بر حسب درصد وزنی، Bdl: blew detection limit).

Table 1. Quantitative EPMA analysis of galena (Gn) and sphalerite (Sph) minerals in the vein-veinlets parts of the Gol Moinaei deposit. It should be noted that the values of cobalt, gallium and germanium have been measured as zero percent (numerical values in table by weight percent, Bdl: blew detection limit).

Point.No	S	Ti	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Ag	Cd	Sb	Pb
1-ZnS	32.88	0.01	0.02	0.24	Bdl	0.09	66.97	0.07	Bdl	0.01	0.12	0.12	0.23
2-ZnS	33.97	0.02	0.02	0.24	Bdl	0.28	65.66	0.05	Bdl	0.05	0.11	0.04	0.14
3-ZnS	33.72	0.02	0.02	0.06	0.04	Bdl	65.86	Bdl	Bdl	0.06	0.07	Bdl	0.06
4-PbS	12.76	bdl	Bdl	0.35	0.1	Bdl	0.13	Bdl	0.13	Bdl	Bdl	Bdl	86.66
5-PbS	13.45	0.03	0.04	0.35	0.01	Bdl	0.18	Bdl	0.03	Bdl	0.07	Bdl	85.77
6-ZnS	33.4	0.02	Bdl	0.24	0.1	0.03	65.31	Bdl	Bdl	Bdl	Bdl	Bdl	0.18
7-ZnS	33.8	bdl	0.01	0.1	0.35	Bdl	65	Bdl	Bdl	0.04	0.09	0.01	0.09
8-PbS	13.87	Bdl	Bdl	0.33	0.15	bdl	0.06	Bdl	0.02	Bdl	Bdl	Bdl	86.11

توالی پاراژنزی

سیلیسی همراه با کانه‌زایی سولفیدی در واحدهای کربناته میزبان کانه‌زایی شده است. کانه‌زایی گالن و باریت در این معادن غالباً به صورت جان‌شینی دولومیت‌های هیدروترمالی و همچنین دولومیت‌های نسل‌های مختلف پیش از کانه‌زایی می‌باشد (شکل ۵). سایر کانی‌های سولفیدی به صورت بقایائی در داخل گالن مشاهده می‌گردند و به عبارت دیگر، گالن آخرین کانی فاز سولفیدی است (شکل ۵ و ۶).

مرحله پس از کانه‌زایی: در این مرحله طی فرایند سوپرژن، کانی‌های سولفیدی به کانی‌های ثانویه (کربناته روی و سرب و کانی‌های اکسید و هیدروکسید آهن) تبدیل گردیده‌اند. کانی‌های ثانویه روی (همیمورفیت و اسمیت‌زونیت) غالباً در بخش‌های کارستی و کانی ثانویه سرب (سروزیت) در حاشیه‌های گالن مشاهده می‌گردند (شکل ۶).

توالی پاراژنزی در کانسارهای منطقه معدنی گردنه‌شیر به سه مرحله رسوبگذاری تا دیاژنز پسین، کانه‌زایی اصلی و مرحله پس از کانه‌زایی مربوط می‌گردد (جدول ۲).

مرحله رسوبگذاری تا دیاژنز پسین: در این مرحله شاهد چهار نوع دولومیت می‌باشیم که دولومیت‌های نوع یک مرتبط است با مراحل اولیه رسوبگذاری در شرایط دمای سطحی، که سبب تشکیل دولومیت‌های بسیار ریز بلور (به طور میانگین ۱۰ میکرون)، متراکم، نیمه شکل‌دار تا بی-شکل گردیده است. سایر دولومیت‌ها (دولومیت‌های نوع دو، سه و چهار) به ترتیب درشت شدن اندازه بلور آنها، در محیط‌های کم‌ژرفا تا ژرف تدفینی تشکیل شده‌اند (Karimzadeh and Adabi, 2009).

مرحله کانه‌زایی: این مرحله با هجوم سیال کانه‌دار به درون شکستگی‌های متأثر از حرکات تکتونیکی، موجب دگرسانی غالباً دولومیتی و بخشی

جدول ۲- توالی پاراژنتیکی عمومی کانی‌های سولفیدی و غیر سولفیدی، دگرسانی و بافت‌های مهم در کانسارهای منطقه معدنی گردنه‌شیر. Dol I- Dol II دولومیت نسل یک (دولومیت دیاژنتیکی) و دولومیت نسل دو (دولومیت گرمایی).

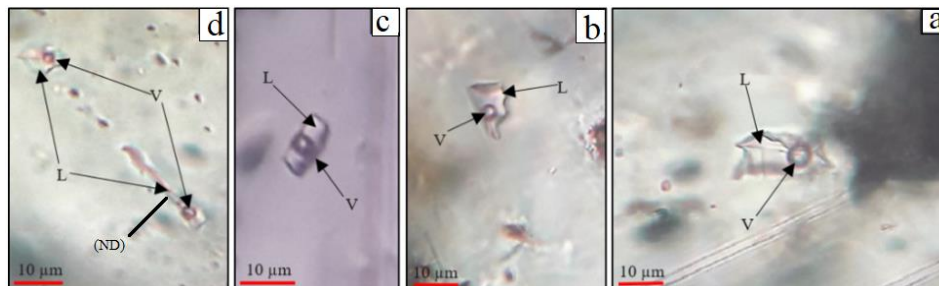
Table 2. General paragenetic sequence of sulfide and non-sulfide minerals, alteration and important textures in the Nakhshir mining area deposits. Dol I- Dol II first generation dolomite (diagenetic dolomite) and second generation dolomite (hydrothermal dolomit).

Stage Minerals		Sedimentary to late-diagenetic	Mineralization	Uplift and weathering
Dolomite		(Dol I)	(Dol II)	
Quartz				
Barite				
Pyrite				
Sphalerite				
Galena				
Smithsonite			
Hemimorphite			
Hydrozincite			
Cerussite			
Covellite			
Malachite			
Goethite/Hematite			
Texture	Vein and Veinlets Replacement			
	Breccia			
	Open Space filling			
Alteration	Dolomitization		
	Silicification		

دماسنجی میانبراهای سیال

میانبراهای نقش مهمی در تعیین منشأ و تحول سیالات کانه‌دار دارند و به عنوان کلیدی برای تعیین منشأ و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سیال کانه‌دار مورد استفاده قرار می‌گیرند (Wiesheu and Hein, 1998).

میانبراهای سیال مورد مطالعه از نوع دو فازی غنی از مایع L+V با درجه پرشدگی بین ۳۵ تا ۱۴ درصد و اشکال آمیبی، کروی و بیضوی می‌باشد (شکل ۷). اندازه سیالات از ۷ تا ۱۵ میکرون متغیر است که در طی اندازه‌گیری‌های ریز دما سنجی، به فاز مایع همگن شده‌اند.



شکل ۷- تصاویری از میانبراهای سیال اولیه دو فازی در کانسارهای منطقه معدنی گردنه‌شیر (تصاویر a و b مرتبط است با میانبراهای سیال کانی‌های دولومیت و تصاویر c و d مرتبط با میانبراهای سیال کانی‌های کوارتز می‌باشد. در تصویر (d) پدیده دم‌پریدگی (ND: Necking down) نشان داده شده است.

Fig. 7. Photomicrographs of two-phase primary fluid inclusion in the Gardaneshir deposits (Figs a and b are fluid inclusions in the dolomite minerals and c and d are fluid inclusions related to quartz minerals). Figure (d) shows the phenomenon of necking down.

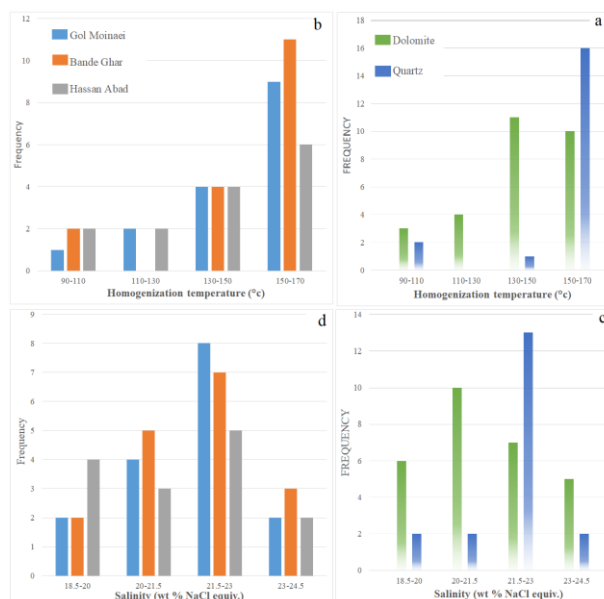
دست آمد (جدول ۳ و شکل ۸). دمای همگن شدن در کانی کوارتز موجود در کانسار حسن آباد بین ۹۸ تا ۱۶۰ با میانگین ۱۵۱ درجه سانتیگراد بوده و در کانی دولومیت موجود این دما بین ۹۱ تا ۱۵۶ با میانگین ۱۳۶ درجه سانتیگراد می‌باشد. دمای آخرین ذوب یخ نیز بین ۱۵/۳ تا ۲۱/۲- و ۱۵- تا ۲۱- به ترتیب برای کانی‌های کوارتز و دولومیت متغییر می‌باشد که بر این اساس میانگین شوری در کانی کوارتز ۲۱/۵ و در کانی باریت ۲۱/۲ درصد وزنی نمک طعام می‌باشد (جدول ۳ و شکل ۸). در مجموع از ۴۷ میانبراهای سیال اندازه‌گیری شده در کانسارهای منطقه معدنی گردنه‌شیر دمای همگن شدن بین ۹۱-۱۶۲ درجه سانتیگراد (به طور میانگین ۱۴۶ درجه سانتیگراد) و میزان شوری ۱۹ تا ۲۳/۲ درصد وزنی نمک طعام (به طور میانگین ۲۱/۶ درصد وزنی نمک طعام) اندازه‌گیری شده است (جدول ۳ و شکل ۸).

دمای همگن شدن در کانی کوارتز کانسار بندگار بین ۱۶۰ تا ۱۶۲ با میانگین ۱۶۰/۷ درجه سانتیگراد بوده و در کانی دولومیت کانسار بندگار این دما بین ۹۸ تا ۱۵۸ با میانگین ۱۴۳ درجه سانتیگراد می‌باشد. دمای آخرین ذوب یخ نیز بین ۱۹/۴- تا ۲۱- و ۱۵- تا ۲۱/۲- به ترتیب برای کانی‌های کوارتز و دولومیت متغییر می‌باشد که بر این اساس میانگین شوری در کانی کوارتز ۲۲/۴ و در کانی دولومیت ۲۱/۳ درصد وزنی نمک طعام محاسبه شده است (جدول ۳ و شکل ۹). دمای همگن شدن در کانی کوارتز موجود در کانسار گل موینائی بین ۹۸ تا ۱۶۱ با میانگین ۱۴۷ درجه سانتیگراد بوده است و در کانی دولومیت موجود این دما بین ۱۱۳/۵ تا ۱۵۹ با میانگین ۱۴۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. دمای آخرین ذوب یخ نیز بین ۱۵/۵- تا ۲۰/۵- و ۱۶/۳- تا ۲۱/۳- به ترتیب برای کانی‌های کوارتز و دولومیت متغییر می‌باشد که بر این اساس میانگین شوری در کانی کوارتز و دولومیت به ترتیب ۲۱/۸ و ۲۱/۴ درصد وزنی نمک طعام به

جدول ۳- نتایج میانبراهای سیال اندازه‌گیری شده در کانسارهای مختلف منطقه معدنی گردنه‌شیر.

Table 3. Summary of fluid inclusion micro-thermometric data in the different ore deposits of Gardaneshir mining area.

Ore Facies	Deposits	Mineral	Frequency	Size			Tm-ice (°C)			Wt. % NaCl			Th 1-v(°C)		
				Min	Ave	Ma _x	Min	Ave	Max	Min	Ave	Max	Min	Ave	Max
Vein and Breccia	Bande Ghar	Quartz	6	6	8.5	11	-21	-20	-19.4	22	22.4	23.1	160	160.7	162
		Dolomite	11	7	11	15	-21.2	-18.5	-15.5	19.1	21.3	23.2	98	143	158
	Gol Moinaei	Quartz	7	6	9	13	-20.5	-19.2	-15.5	19	21.8	22.7	98	147	161
		Dolomite	9	6	12.5	16	-21.3	-18.6	-16	19.7	21.4	23.2	113.5	140	159
	Hassan Abad	Quartz	6	6	9	13	-21.2	-18.7	-15.3	18.9	21.5	23.2	98	151	160
		Dolomite	8	6	12.5	16	-21	-18.3	-15	18.6	21.2	23.1	91	136	156
Average		-	-	10.4			-18.8			21.6			146		



شکل ۸- نمودار تغییرات دمای همگن شدن میان‌بارهای سیال اندازه‌گیری شده در منطقه معدنی گردنه‌شیر بر اساس (a) کانی‌های دولومیت و کوارتز و (b) کانسارهای بندغار، حسن آباد و گل‌موینائی. نمودار تغییرات شوری میان‌بارهای سیال اندازه‌گیری شده در منطقه معدنی گردنه‌شیر بر اساس (c) کانی‌های دولومیت و کوارتز و (d) کانسارهای بندغار، حسن آباد و گل‌موینائی.

Fig 8. Histogram of homogenization temperatures of fluid inclusions in the Gardaneshir deposits, based on (a) minerals (dolomite and quartz), and (b) deposits (Hassan Abad, Bande-Ghar, Gol Moinaei). Histogram of salinity for fluid inclusions in the Gardaneshir deposits, based on (c) minerals (dolomite and quartz) and (d) deposits (Hassan Abad, Bande-Ghar, Gol Moinaei).

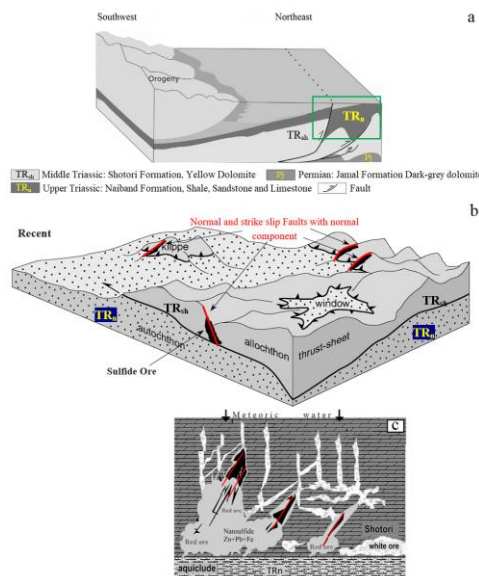
نتیجه‌گیری: تیپ کانه‌زایی در منطقه معدنی گردنه‌شیر

(سازند نایبند) رانده است (شکل b۹). کانسنگ سولفیدی در منطقه معدنی گردنه‌شیر به‌طور مشخص در ارتباط با زون‌های گسله شمال قطع کننده گسل راندگی می‌باشد و به صورت برشی، رگه-رگجه‌ای و فضاپرکن تشکیل شده است. کانسنگ غیر سولفیدی در این منطقه معدنی متأثر از فرایندهای برونزاد و هوازدگی است به این صورت که در اولین (شکل c۹) کانسنگ سولفیدی طی فرایندهای ساختاری و بالآمدگی در سطح زمین قرار گرفته و در طی آن، سولفیدها تحت تأثیر آب‌های جوی فرو رو، موجب تولید آب اکسیدان اسیدی تولید می‌شوند (Choulet et al., 2013) افزون بر این، آب‌های فرورو اسیدی سبب انحلال کربنات‌های میزبان و ایجاد پدیده کارستی شدن می‌گردد (شکل b۹). در مرحله بعدی حفرات کارستی و قطعات برشی حاصل از فرایند انحلال سیال اسیدی، سبب افزایش نفوذپذیری و حرکت آسان آب‌های اکسیدان فلزدار تولید شده در مرحله پیشین شده و اکسیژن موجود در این حفرات کارستی، سبب افزایش فرایند اکسایش در محیط می‌شود. عامل مهم دیگر در این مرحله وجود لایه شیلی- ماری نفوذناپذیر سازند نایبند در بخش زیرین کانسار است که سبب جلوگیری از فرار سیال‌های اکسیدان کانه‌دار از محیط می‌شود (شکل a۹، b). خاطر نشان می‌سازد بر مبنای مطالعه میان‌بارهای سیال بخش‌های کانسنگ سولفیدی باید گفت که سیال کانه- ساز این بخش‌ها شوری معادل $18/6 - 23/2$ درصد وزنی نمک طعام و دامنه دمایی بین $91 - 162$ درجه سانتیگراد و چگالی $1/056 - 1/09$ گرم بر سانتیمتر مکعب دارد و بر اساس دیگرام $Th - salinity$ پروسه‌های تکاملی میان‌بارهای مختلف از Wilkinson (2001) شاهد فرآیند رقیق‌شدگی در تشکیل کانسارهای منطقه معدنی گردنه‌شیر می‌باشیم (شکل ۱۰). به منظور تعیین تیپ کانه‌زایی کانسارهای منطقه معدنی

کانسارهای سرب - روی با میزبان رسوبی در اثر عملکرد فرایندهای کانه‌زا بر روی طیف وسیعی از سنگ‌های آواری تا کربناته و در تنوعی از خاستگاه‌های زمین‌ساختی (حوضه‌های کافتی، پشت‌کمانی و کمربندهای کوهزایی) تشکیل می‌شوند (Leach et al., 2010; Wilkinson, 2014). این کانسارها بر اساس نوع کانه‌زایی (سین ژنتیک و اپی ژنتیک) و توالی در برگیرنده کانه‌زایی (کربنات، مادستون، سیلستون و ماسه-سنگ) نیز قابل تقسیم هستند (Leach et al., 2005; Goodfellow and Lydon, 2007a; Wilkinson, 2014; Leach et al., 2010). در این تقسیم بندی، کانسارهای سرب و روی با سنگ میزبان آواری (شیل، ماسه سنگ و سیلستون) و با جانشینی در کربنات‌های موجود در توالی تخریبی، به عنوان ذخایر سدکس شناخته می‌شوند در حالیکه به ذخایر سرب و روی که در پلاتفرم‌های کربناته تشکیل می‌گردند، ذخایر نوع MVT اطلاق می‌گردد. ذخایر ایریش را نیز به علت رخداد کانه‌زایی در سنگ میزبان کربناته در رده کانسارهای نوع MVT قرار داد (Leach et al., 2010). در جدیدترین تقسیم‌بندی (Wilkinson, 2014)، ذخایر سرب و روی به دو گروه کلی سدکس (رسوبی برون‌دمی) و MVT تقسیم شده و ذخایر ایریش به عنوان زیر مجموعه‌ای از ذخایر سدکس در نظر گرفته شده که به صورت جانشینی زیر سطحی تشکیل گردیده‌اند. منطقه معدنی گردنه‌شیر در واحدهای کربناته پلاتفرم تریاس میانی در بخش باختری زون ساختاری ایران مرکزی می‌باشد و متأثر از گسل‌های راندگی بوده است (شکل a۹) به‌طوری که این گسل‌ها واحدهای قدیمی (کربنات‌های سازند شتری) را روی واحد جوانتر

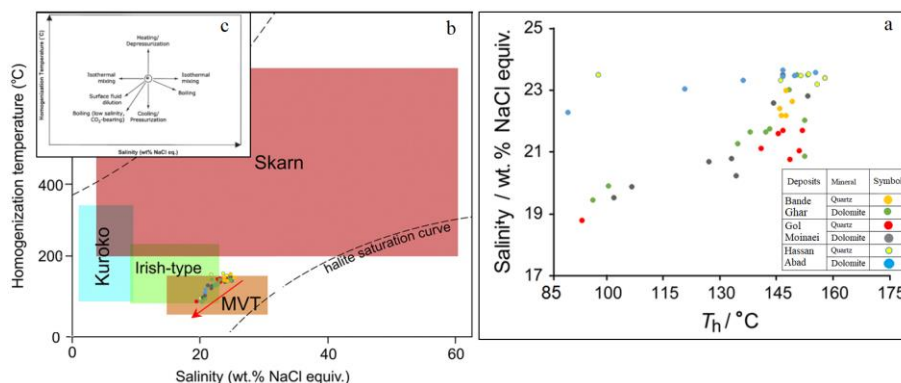
گردنه شیر باید ویژگی‌های شاخص این منطقه معدنی (محیط ژئودینامیکی، جنس سنگ میزبان، کنترل کننده ساختاری، سن کانه‌زایی، ژئومتری ماده معدنی، کانی‌شناسی، نتایج مطالعات سیالات درگیر و فعالیت آذرین مرتبط) با ویژگی‌های شاخص کانسارهای روی - سرب با میزبان رسوبی در دیگر نقاط جهان مقایسه گردیده است. با توجه به این نکته کلیدی که سنگ میزبان ذخایر تیپ سدکس، معمولا توالی‌های ماسه‌سنگی و شیلی می‌باشد و سنگ میزبان کانه‌زایی در منطقه معدنی گردنه شیر صرفا توالی‌های کربناته است لذا در ادامه ویژگی‌های شاخص کانسارهای منطقه معدنی گردنه شیر صرفا با تیپ‌های کانساری نوع Irish و کانسارهای نوع MVT مقایسه گردیده است. از مقایسه ویژگی‌های شاخص کانسارهای منطقه معدنی گردنه شیر با ویژگی‌های شاخص کانساری نوع ایریش از جمله رخداد کانه‌زایی در حوضه‌های کشتی در سنگ‌های میزبان کربناتی و حضور سنگ‌های ولکانیکی و پیروکلاستیکی، وجود بافت‌های جانیشینی و برشی، وجود زون‌بندی کانیایی و منطقه‌بندی عنصری، دمای همگن شدن ۲۸۰-۷۰ درجه سانتی‌گراد و شوری ۴-۲۸ درصد وزنی نمک طعام میان-بارهای سیال و حضور باریت فراوان (Hitzman et al., 2003; Jazi et al., 2017) و نخلک (Maghfouria et al., 2016) در بلوک یزد می‌باشد.

گردنه شیر باید ویژگی‌های شاخص این منطقه معدنی (محیط ژئودینامیکی، جنس سنگ میزبان، کنترل کننده ساختاری، سن کانه‌زایی، ژئومتری ماده معدنی، کانی‌شناسی، نتایج مطالعات سیالات درگیر و فعالیت آذرین مرتبط) با ویژگی‌های شاخص کانسارهای روی - سرب با میزبان رسوبی در دیگر نقاط جهان مقایسه گردیده است. با توجه به این نکته کلیدی که سنگ میزبان ذخایر تیپ سدکس، معمولا توالی‌های ماسه‌سنگی و شیلی می‌باشد و سنگ میزبان کانه‌زایی در منطقه معدنی گردنه شیر صرفا توالی‌های کربناته است لذا در ادامه ویژگی‌های شاخص کانسارهای منطقه معدنی گردنه شیر صرفا با تیپ‌های کانساری نوع Irish و کانسارهای نوع MVT مقایسه گردیده است. از مقایسه ویژگی‌های شاخص کانسارهای منطقه معدنی گردنه شیر با ویژگی‌های شاخص کانساری نوع ایریش از جمله رخداد کانه‌زایی در حوضه‌های کشتی در سنگ‌های میزبان کربناتی و حضور سنگ‌های ولکانیکی و پیروکلاستیکی، وجود بافت‌های جانیشینی و برشی، وجود زون‌بندی کانیایی و منطقه‌بندی عنصری، دمای همگن شدن ۲۸۰-۷۰ درجه سانتی‌گراد و شوری ۴-۲۸ درصد وزنی نمک طعام میان-بارهای سیال و حضور باریت فراوان (Hitzman et al., 2003; Jazi et al., 2017) و نخلک (Maghfouria et al., 2016) در بلوک یزد می‌باشد.



شکل ۹- (a) شکل سه‌بعدی از شرایط ژئودینامیکی موثر در مدل تشکیل کانسارهای منطقه معدنی گردنه شیر (modified from Bradley and Leach 2003)، (b) شکل سه‌بعدی از راندگی دولومیت‌های سازند شتری (TRsh) روی سازند نایبند (TRn) و موقعیت کانه‌زایی روی - سرب سولفیدی در ارتباط با گسل‌های امتداد لغز با مولفه شمال و شمال با مولفه امتداد لغز، (c) پس از رخداد کانه‌زایی سولفیدی آب‌های جوی از طریق شکستگی‌ها، از واحدهای کربناته تا زیر واحدهای نفوذ ناپذیر شیلی سازند نایبند عبور می‌کنند و با برخورد آب‌های زیرزمینی و آب‌های جوی با کانه‌زایی سولفیدی حجم وسیعی از آب‌های اسیدی را ایجاد می‌کند که سبب گسترش حفرات انحلالی، افزایش نفوذپذیری و تشکیل کانی‌های اکسیدی روی گردیده است و متعاقب آن بخش زیادی از کانی‌های سولفیدی توسط آب‌های اکسیدان اسیدی به کانسنگ غیر سولفیدی سرخ رنگ و سفید تبدیل می‌شوند که کانسنگ نوع سرخ به صورت جانیشینی مستقیم کانسنگ سولفید اولیه در سطوح بالای و کانسنگ سفید به صورت جانیشینی بخش‌های کربناته سنگ میزبان در بخش‌های عمیق تر مشاهده می‌شوند. در این مرحله آثاری از سولفیدهای اولیه درون بخش غیر سولفیدی نیز دید می‌شود.

Fig. 9. (a) A three-dimensional figure of the effective geodynamic model on the formation of ore deposits in the Gardaneshir mining area deposits (modified from Bradley and Leach, 2003), (b) Three-dimensional shape of the Shotori dolomitic Strike-slip (TRsh) thrusted on the Nayband Formation (TRn) and sulfide mineralization formed in relation with normal and normal strike-slip strike-slip faults, (c) After sulfide mineralization, meteoritic waters pass through carbonate units (up to impermeable shale subunits of the Nayband Formation) through fractures. Mixing of groundwater and meteoritic waters with sulfide mineralization, they create a large volume of acidic waters, which results in the expansion of soluble cavities, increased permeability and the formation of zinc oxide minerals. Subsequently, large portions of sulfide minerals are converted to red and white non-sulfide ores by acid oxidant waters. Red-type ore is seen as a direct succession of primary sulfide ore at high levels and white ore as a succession of carbonate portions of the host rock in the deeper portions. At this stage, traces of primary sulfides are also found within the un-sulfide parts.



شکل ۱۰- (a) پراکندگی میان‌بارهای سیال منطقه معدنی گردنه‌شیر در نمودار دما-شوری، (b) موقعیت میان‌بارهای سیال کانسارهای منطقه معدنی گردنه‌شیر (بندگار، گل- موبنائی و حسن‌آباد) بر روی نمودار دما - درجه شوری (Wilkinson, 2001). هر یک از نقاط بدست آمده از مطالعه میان‌بارهای سیال بر حسب کانی و نیز کانسار مورد مطالعه با نماد رنگی مشخص از یکدیگر جدا گردیده‌اند، (c) دیاگرام T_h - salinity (Wilkinson, 2001) نشان از فرایند رقیق شدگی در کانسارهای منطقه معدنی گردنه‌شیر می‌دهد.

Fig. 10. (a) Distribution of the fluid inclusions in the Gardanesht deposits in the temperature-salinity diagram, (b) The position of fluid inclusions of the Ghersht deposits (Hassan Abad, Bande-Ghar, Gol Moinaei) on the Wilkinson (2001) salinity-temperature graph, (c) The T_h - salinity diagram of Wilkinson (2001) illustrates the dilution process in the ore-bearing mineral deposits.

جدول ۴- مقایسه ویژگی‌های مشخصه کانسارهای ایریش و MVT با کانسارهای منطقه معدنی گردنه‌شیر.

Table 4. Comparison of the characteristics of the Irish and MVT-type deposits with Gardanesht Deposits.

Gardanesht ore deposit	MVT	Irish	Features
Platform carbonate sequence at foreland thrust belts	Platform carbonate sequence at flanks of basins or foreland thrust belts	Carbonate ramp and extensional basins on extending continental margin	Tectonostratigraphic setting (at the time of mineralization)
Dolostone (Shotori Formation)	Mainly dolostone and limestone, rarely sandstone in carbonate dominant sequences	Non-argillaceous carbonates within mixed carbonate-siliciclastic succession	Host rocks
Transensional and Normal faults and associated fractures and breccias	Normal, transtensional, and wrench faults and associated fractures and breccias	Synsedimentary faults controlling subbasins and associated fractures and breccias	Structural controls
Stratabound, veins and dissolution breccias	Highly variable; commonly stratabound, pipes or tabular zones, locally stratiform. Veins, dissolution breccias, lithological transitions	Single or multiple lenses with generally stratiform but strictly stratabound morphology in preferred sedimentary horizons, sedimentary and hydrothermal breccias. May be underlain by feeder zone	Ore-body morphology and controls
Coarsely crystalline to fine-grained. Replacement and open-space filling	Coarsely crystalline to fine-grained, massive to disseminated. Replacement and open-space filling.	Dominated by massive sulfide but highly variable and complex textures. Mostly replacement, common veins and locally open-space filling	Texture
Sphalerite, galena, pyrite, minor sulfosalts dolomite, calcite. Barite is minor	Sphalerite, galena, pyrite, marcasite, minor sulfosalts dolomite, calcite. Barite is minor to absent and fluorite is rare	Sphalerite (low Fe), galena, pyrite, marcasite, minor sulfosalts, chalcopyrite-dolomite, calcite, quartz. Barite is common, locally economic. Fluorite is extremely rare	Principal ore and gangue minerals
low temperature (91–162 $^\circ\text{C}$) connate bittern brines or evaporate dissolution brines (salinity 18.6-23.2 wt. % NaCl)	Mostly low temperature (90–150 $^\circ\text{C}$) connate bittern brines or evaporate dissolution brines	Low to moderate temperature (70–280 $^\circ\text{C}$) infiltrated partially evaporated seawater	Ore fluid
Epigenetic, tens millions years after host-rock deposition	Epigenetic, tens to hundreds of millions years after host-rock deposition	Mostly during diagenesis, in partly and wholly lithified sediments. Minor syngenetic component	Timing of mineralization
Not associated with igneous activity	Not associated with igneous activity	Close spatial and temporal association with volcanic activity in Limerick province	Associated igneous activity
In this study	(Leach et al., 2005, 2010; Wilkinson, 2014)	(Wilkinson, 2003, 2014; Wilkinson et al., 2005; Kerr, 2013)	Reference

مهندس رضا خوشنویس زاده در بررسی میدانی ساختارهای زمین شناسی و نیز حمایت مالی سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران (ایمیدرو) تشکر و قدردانی می‌گردد.

بدین وسیله از حوزه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس جهت فراهم آوردن امکانات پژوهشی، جناب آقای دکتر میثم تدین و جناب آقای

منابع

- Aghanabati, A., 1998. Major sedimentary and structural units of Iran (map). *Geosciences* 7, 29-30.
- Aghanabati, A., 2004. *Geology of Iran*. Geological Survey of Iran, 600p.
- Bazargani-Guilani, K., Nekouvaght Tak, M.A., Faramarzi, M., 2011. Pb/Zn deposits in Cretaceous carbonate host rocks, northeast Shahmirzad, central Alborz, Iran. *Australian Journal of Earth Sciences* 58, 297–307.
- Berberian, M., 1983. The southern Caspian: A compressional depression floored by a trapped, modified oceanic crust. *Canadian Journal of Earth Science* 20, 163-183.
- Boveiri konari, M., Rastad, E., 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 Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung* 194/1, 61–90.
- Choulet, F., Charles, N., Barbanson, L., Branquet, Y., Sizaret, S., Ennaciri, A., Badra, L., Chen, Y., 2013. Non-sulfide zinc deposits of the Moroccan High Atlas: multiscale characterization and origin. *Ore Geology Reviews* 56, 115-140.
- Cooke, D.R., Bull, S.W., Large, R.R., McGoldrick, P.J., 2000. The importance of oxidized brines for the formation of Australian Proterozoic stratiform sediment-hosted Pb-Zn (Sedex) deposits. *Economic Geology* 95, 1–18.
- Goodfellow, W.D., 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, pp. 163–183.
- Gottesmann, W., Kampe, A., 2007. Zn/Cd ratios in calcsilicatehosted sphalerite ores at Tumurtijn-ovoo, Mongolia. *Chemie der Erde - Geochemistry* 67, 323-328.
- Hanjie, W., Chuanwei, Z., Yuxu, Z., Christophe, C., Haifeng, F., Shaohong, F., 2016. Zn/Cd ratios and cadmium isotope evidence for the classification of lead-zinc deposits. *Scientific Reports* 6, 25273.
- Hitzman, M.H., Reynolds, N.A., Sangster, D.F., Allen, C.R., Carman, C.E., 2003. Classification, genesis, and exploration guides for nonsulphide zinc deposits. *Economic Geology* 98, 685-714.
- Hnatyshin, D., 2012. *Geochronology and Trace Element Characteristics of Pyrite from Selected Carbonate-Hosted Pb-Zn Ore Deposits*. MSc Thesis, University of Alberta.
- Jazi, M.A., Karimpour, M.H., Shafaroudi, A.M., 2017. Nakhlak carbonate-hosted Pb/U (Ag) deposit, Isfahan province, Iran: a geological, mineralogical, geochemical, fluid inclusion, and sulfur isotope study. *Ore Geology Reviews* 80, 27–47.
- Karimzadeh, F., Adabi, M.H., 2009. Description of Different Kinds of Dolomites in Shotori Formation (Kouhbanan area) based on Petrographic and Geochemical Studies with a Reference to the Role of Shales in the Sorkh Shale Formation as a Major Source of Mg. *Arabian Journal of Geosciences* 38, 92–108.
- Laznicka, P., 1989. Breccia's and ores. Part 1: History, organization and petrography of breccia's. *Ore Geology Reviews* 4, 315-344.
- Leach, D.L., Sangster, D.F., Kelley, K.D., 2005. Sediment-hosted lead-zinc deposits: A global perspective. In: Hedenquist, J.W., Thompson, J.F.H., Goldfarb, R.J., Richards, J.P., (eds.) *Economic Geology 100th Anniversary Volume, 1905–2005*, pp. 561–607. Littleton, CO: Society of Economic Geologists, Inc.
- Leach, D.L., Taylor, R.D., Fey, D.L., Diehl, S.F., Saltus, R.W., 2010. A deposit model for Mississippi Valley-type lead-zinc ores: Chapter A of mineral deposit models for resource assessment. *US Geological Survey Scientific Investigations Report 2010– 5070–A*. Reston, Geological Survey.
- Leach, D.L., Bradley, D.C., Huston, D., Pisarevsky, S.A., Taylor, R.D., Gardoll, S.J., 2010. Sediment-Hosted Lead-Zinc Deposits in Earth History. *Economic Geology* 105, 593–625.
- Lotfi, M., Hekmatian, A., Shabani, A., Mokhtari, M., 2015. Geology and Origin of Oras-Kuh Pb-Zn Deposit in Eastern Alborz (Semnan Province). *Journal of Earth Sciences*, 73-84.
- Madanipour, S., Yassaghi, A., Ehlers, T.A., Enkelmann, E., 2018. Tectonostratigraph, structural geometry and kinematics of the NW Iranian plateau margin: insights from the Talesh mountains, Iran. *American Journal of Science* 158, 37-46.
- Maghfouri, S., Hosseinzadeh, M.R., Rajabi, A., Azimzadeh., 2017. Darreh-Zanjir deposit; a typical carbonate hosted Zn-Pb deposit (MVT) in Early Cretaceous sedimentary sequence, Southern Yazd basin. *Journal Earth Sciences* 103, 13-28.
- Maghfouri, S., Hosseinzadeh, M.R., Rajabi, A., Choulet, F., 2018. A review of major non-sulfide zinc deposits in Iran. *Geoscience Frontiers* 9, 249-272.
- Mahmoodi, P., Rastad, E., Rajabi, A., Peter, J.M., 2018. Ore facies, mineral chemical and fluid inclusion characteristics of the Hossein-Abad and Western Haft-Savaran sediment-hosted Zn-Pb deposits, Arak Mining District, Iran. *Ore Geology Reviews* 342–365.
- Nakini, A., Mohajjel, M., Tadayon, M., 2016. Correlation of lead and zinc mineralization with faulting structure in Darreh-Zanjir deposit, southwest of Yazd. *Advanced Applied Geology* 2, 235-255.

- Porouhan, N., Teimoornejad, K., Mohajjel, M., 2003. Geometry and Kinematics of Qom-Zefreh Fault System and its Significance in Transpression Tectonics. *Journal Earth Sciences* 95, 27-38.
- Radfar, j., Amini, M.R., Emami, M.H., 1999. Geological map of the Ardestan area, scale 1: 100,000. Geological Survey of Iran.
- Rajabi, A., Rastad, E., Canet, C., 2012. Metallogeny of Cretaceous carbonate hosted Zn-Pb deposits of Iran, geotectonic setting and data integration for future mineral exploration. *Ore Geology Reviews* 54, 1649-1672.
- Rajabi, A., Yarmohammadi, A., Gholami, E., 2016. Carbonate-Hosted Lead-Zinc Mineralization of the Ab-Bid Deposit, South of Ravar. 24th Symposium of Crystallography and Mineralogy of Iran.
- Rastad, E., Boveiri konari, M., Kalender, L., 2017. Implication of Geochemical Investigations on the Genetic Model of Sediment-Hosted Base Metal Deposits. *Advanced Applied Geology*, 42-64.
- Schneider, J., Von Quadt, A., and Wilkinson, J.J., 2007, Age of the Silvermines Irishtype Zn-Pb deposit from direct Rb-Sr dating of sphalerite. In: Andrew CJ, et al. *Digging Deeper: Proceedings of the 9th Biennial Meeting of the Society for Geology Applied to Mineral Deposits*, Dublin, Ireland, 20–23 August 2007, p. 373–376. Dublin: Irish Association for Economic Geology.
- Song, X., 1984. Minor elements and ore genesis of the Fankou lead-zinc deposit, China. *Mineralium Deposita* 19, 95-104.
- Stampfli, G.M., Borel, G., 2003. A revised plate tectonic model for the western Tethys from Paleozoic to Cretaceous: Barcelona, Spain, international Conference, September 1–6 p.
- Wen, H., Zhu, C., Zhang, Y., Cloquet, C., Fan, H., Fu, S., 2016. Zn/Cd ratios and cadmium isotope evidence for the classification of lead-zinc deposits. *Ore Geology Reviews* 85, 105-117.
- Wiesheu, R., Hein, U.F., 1998. The history of fluid inclusion studies. In: Fritscher, B., Henderson, F., (eds.) *Toward a history of mineralogy, petrology and geochemistry*. Heft 23, Munchen, Institut fur Geschichte der Naturwissenschaften, 309-326.
- Wilkinson, J. J., 2003. On diagenesis, dolomitisation and mineralization in the Irish Zn- Pb orefield. *Mineralium Deposita* 38, 968–983.
- Wilkinson, J.J., 2010. A Review of Fluid Inclusion Constraints on Mineralization in the Irish Ore Field and Implications for the Genesis of of Sediment-Hosted Zn-Pb Deposits. *Economic Geology* 105, 417-442.
- Wilkinson, J.J., 2001. Fluid inclusion in hydrothermal ore deposits. *Lithos* 55, 229-272.
- Wilkinson, J.J., Eyre, S.L., Boyce, A.J. 2005. Ore-Forming Processes in Irish-Type Carbonate-hosted Zn-Pb Deposits, Evidence from mineralogy. *Economic Geology* 100, 63-86.
- Wilkinson., J.J. 2014. Sediment-hosted zinc-lead mineralization: Processes and Perspectives. *Treatise on Geochemistry* 2nd edition, 219 -249.
- Wilmsen, M., Fürsich, F. T., Seyed-Emami, K., Majidifard, M. R., Taheri, J., 2009. The Cimmerian orogeny in northern Iran: tectonostratigraphic evidence from the foreland. *Terra Nova* 21, 211–218.
- Xuexin, S., 1984. Minor elements and ore genesis of the Fankou lead-zinc deposit, China. *Mineralium Deposita* 19, 95-104.
- Yarmohammadi, A., Rastad, E., 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. *Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung* 193, 183-203.
- Zarasvandi, A., Sameti, M., Sadeghi, M., Rastmanesh, F., Pourkaseb, H., 2014. The Gol-e-Zard Zn-Pb Deposit, Lorestan Province, Iran Metamorphosed SEDEX Deposit. *Acta Geologica Sinica* 88, 142-153.