



Research Article

Study of geology, alteration and geochemical of Qesari copper deposit, west Torud, Semnan province

Shiva Meskini Siahmard^{1*} , Farajollah Fardoust¹, Mehdi Rezaei Kahkhaei²

1-Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Sharood, Iran

2-Department of Petrology, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Sharood, Iran

Received: 11 Jul 2024 Accepted: 01 Jan 2026

Extended Abstract

Introduction

The Qesari copper deposit is located on the 1:100,000 scale of Kalateh-e-Resham, 105 km south of Damghan, with geographical coordinates of 54° 18' 00" to 54° 19' 00" east longitude and 35° 19' 00" to 35° 21' 00" north latitude. Along the Troudeh-Chah-Shirin volcanic belt, copper mineralization has occurred in various forms under the influence of younger semi-deep masses (with Oligo-Miocene age). In some places, such as the Chah-Musa and Koh-Zar deposits, mineralization has taken place adjacent to relatively large intrusive masses. In some parts, major intrusive masses are not present, but traces of younger magmatic activity are exposed in the form of dykes composed of diabase and microdiorite, but they are directly related to mineralization. In the Qesari region, diabase dykes have played a direct role in mineralization. As it occurs, it is limited only to the edge of the dike and sometimes inside the dike itself.

Materials and Methods

In this study, after preparing a 1:2000 geological map of the region and conducting field surveys and sampling of the rocks of the region, 25 microscopic thin sections and 15 polished sections were prepared and examined to identify the mineralogical composition, petrology and textural relationships. For geochemical studies, 8 samples were selected for XRD analysis, 8 samples for XRF analysis and 8 samples for ICP-MS analysis.

Results and Discussion

The Qesari copper deposit is located in the northern part of the Central Iran structural-sedimentary zone. The volcanic and volcanic-sedimentary rocks host the semi-deep intrusive masses of the region, equivalent to the Karaj Formation of the Eocene period. In this area, andesitic, andesite-basalt, basalt and pyroclastic rocks of Middle Eocene to Oligomiocene age are exposed. The uplift of the Troudeh-Chah-Shirin mountain range has been formed under the influence of the action of the two main Troudeh faults in the south and Angelo in the north with left-lateral action. The mechanism of these two faults has caused the creation of smaller faults with two trends of northeast-southwest and northwest-southeast within this mountain range. Faults with these trends are also observed in the Qesari copper area. The controlling factor of mineralization in this area is the diabase dyke with a northeast-southwest trend, which was probably a function of faults with this trend. Mineralization in the study area is seen as veins of different thicknesses along fractures and fault zones, and most mineralization has occurred in basalts and andesites of the area.

Citation: Meskini Siahmard, Sh. et al, 2026. Study of geology, alteration and geochemical of Qesari copper deposit, *Res. Earth. Sci.* 16(4), (73-90) DOI: 10.48308/esrj.2021.100883

* Corresponding author E-mail address: sh.meskini@shahroodut.ac.ir




Amphibole and plagioclase have generally been transformed into chlorite and sericite, which indicates the effect of atmospheric waters on the rocks of the area. Pyroxenes are also seen in the background composition. In order to investigate the petrogenesis, determine the tectonic setting and chemical nomenclature of the rocks containing the deposit, the results of chemical analysis of 8 samples by ICP-MS method were used. Based on the Na₂O+K₂O vs. SiO₂ variation diagram, the volcanic rocks containing the deposit are in the range of andesite, trachyandesite, and basalt. In order to determine the composition and nature of the rocks in question, diagrams related to trace elements, including Zr, Ti, Nb, and Y, which are HSF and immobile elements, were used. In order to determine the tectonic environment, the ratios of trace elements were used. The ratio of trace elements Th/Ta>2 indicates the location of continental arc formation for the constituent rocks. There are various geochemical diagrams to determine the tectonic location of igneous rocks, and in this study, more diagrams based on immobile elements were used.

Conclusion

Based on geochemical studies, the lavas belong to the high-potassium alkaline and calc-alkaline magmatic series, which formed in a tectonic regime of volcanic arcs associated with active continental margins. This feature is related to the tectonic environment associated with subduction zones and shows the phenomenon of crustal contamination in the rocks. Among the factors controlling magmatism in subducting oceanic crust magmatic arcs are subducting sediments, which represent the effects of crustal contamination and digestion in the magma forming the rocks of the studied area.

Keywords: Copper mineralization, Dike, Basalte, Qeysari, Torud-Chahshirin.

مطالعات زمین شناسی، دگرسانی و ژئوشیمی کانسار مس قیصری، غرب تروود، استان سمنان

شیوا مسکینی سیاهمرد^{۱*} , فرج ا... فردوست^۱، مهدی رضایی کهخانی^۲

۱- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

۲- گروه پترولوژی، دانشکده علون زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

(پژوهشی) دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۴/۲۱ پذیرش نهایی مقاله: ۱۴۰۴/۱۰/۱۱

چکیده گسترده

مقدمه

کانسار مس قیصری در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم، در ۱۰۵ کیلومتری جنوب دامغان، با مختصات جغرافیایی $54^{\circ}18'00''$ تا $54^{\circ}19'00''$ طول شرقی و $35^{\circ}19'00''$ تا $35^{\circ}21'00''$ عرض شمالی واقع شده است. در طول نوار آتشفشانی تروود-چاه شیرین کانه زایی مس به اشکال مختلف تحت تاثیر توده های نیمه عمیق جوان تر (با سن الیگو-میوسن) رخ داده است. در برخی نقاط مثل کانسار چاه موسی و کوه زر کانه زایی در مجاور توده های نفوذی نسبتاً بزرگ صورت گرفته است. در بخش هایی توده های نفوذی عمده حضور ندارند ولی آثار فعالیت ماگمایی جوانتر به صورت دایک های با ترکیب دیاباز و میکرودیوریت رخنمون دارند ولی ارتباط مستقیم با کانه زایی مشاهده می شود. در منطقه قیصری دایک دیابازی به طور مستقیم در کانه زایی نقش داشته است. به طوری که رخ داد آن تنها به حاشیه دایک و گاه داخل خود دایک محدود می گردد.

مواد و روش ها

در این پژوهش، پس از تهیه نقشه زمین شناسی ۱:۲۰۰۰ منطقه و انجام بررسی های صحرایی و نمونه برداری از سنگ های منطقه، تعداد ۲۵ مقطع نازک میکروسکوپی و ۱۵ مقطع صیقلی به منظور شناسایی ترکیب کانی شناسی، سنگ شناسی و روابط بافتی تهیه و مورد بررسی قرار گرفت. جهت مطالعات ژئوشیمیایی تعداد ۸ نمونه برای آنالیز XRD، ۸ نمونه برای آنالیز XRF و تعداد ۸ نمونه برای آنالیز به روش ICP-MS انتخاب گردید.

نتایج و بحث

کانسار مس قیصری در بخش شمالی پهنه ساختاری - رسوبی ایران مرکزی واقع است. سنگ های آتشفشانی و آتشفشانی- رسوبی میزبان توده های نفوذی نیمه عمیق منطقه، هم ارز سازند کرج متعلق به دوره ائوسن می باشد. در این منطقه گدازه های آندزیتی، آندزیت- بازالتی، بازالت و سنگ های آذرآواری به سن ائوسن میانی تا الیگومیوسن رخنمون دارند. برآمدگی رشته کوه تروود - چاه شیرین تحت تاثیر عملکرد دو گسل اصلی تروود در جنوب و انجیلو در شمال با عملکرد چپ بر حاصل شده است. سازوکار این دو گسل سبب ایجاد گسل های کوچکتر با دو روند شمال شرقی- جنوب غربی و شمال غربی- جنوب شرقی در داخل این رشته کوه شده است. در محدوده مس قیصری نیز گسل هایی با این روندها مشاهده می شوند. عامل کنترل کننده کانه زایی در این محدوده دایک دیابازی با روند شمال شرقی- جنوب غربی است که احتمالاً تابع گسل های با این روند بوده است.

استناد: مسکینی سیاهمرد، ش. و همکاران، ۱۴۰۴. مطالعات زمین شناسی، دگرسانی و ژئوشیمی کانسار مس قیصری، پژوهشهای دانش زمین: ۱۶(۴)، (۹۰-۷۳)، DOI: 10.48308/esrj.2021.100883

کانی‌سازی در محدوده مورد مطالعه به صورت رگه‌هایی با ضخامت‌های مختلف در امتداد شکستگی‌ها و پهنه‌های گسلی دیده می‌شود و بیشترین کانی‌سازی در بازالت‌ها و آندزیت محدوده رخ داده است. آمفیبول و پلاژیوکلاز عموماً به کلریت و سریسیت تبدیل شده‌اند که نشان دهنده تأثیر آب‌های جوی بر سنگ‌های محدوده است. پیروکسن‌ها نیز در ترکیب پس‌زمینه دیده می‌شوند. به منظور بررسی پتروژنز، تعیین جایگاه زمین‌ساختی و نامگذاری شیمیایی سنگ‌های دربرگیرنده کانسار، از نتایج آنالیز شیمیایی ۸ نمونه با روش ICP-MS استفاده شد. براساس نمودار تغییرات $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ در مقابل SiO_2 ، سنگ‌های آتشفشانی در برگیرنده کانسار در گستره آندزیت، تراکی آندزیت، بازالت قرار می‌گیرند. به منظور تعیین ترکیب و ماهیت سنگ‌های مورد نظر، از نمودارهای مربوط به عناصر کمیاب از جمله Zr ، Nb ، Ti و Y که جزء عناصر HSF و غیر متحرک می‌باشند استفاده شد. به منظور تعیین محیط تکتونیکی از نسبت‌های عناصر کمیاب استفاده شده است. نسبت عناصر کمیاب $\text{Th}/\text{Ta} > 2$ ، نشان‌دهنده جایگاه تشکیل کمان قاره‌ای برای سنگ‌های تشکیل‌دهنده است. برای تعیین جایگاه زمین‌ساختی سنگ‌های آذرین، نمودارهای ژئوشیمیایی مختلفی وجود دارند که در این پژوهش بیشتر از نمودارهایی که بر پایه‌ی عناصر کم تحرک ترسیم شده‌اند، استفاده شده است.

نتیجه‌گیری

براساس بررسی‌های ژئوشیمیایی گدازه‌ها به سری ماگمایی-قلیایی و آهکی-قلیایی پتاسیم بالا وابسته‌اند که در یک رژیم زمین‌ساختی قوس‌های آتشفشانی وابسته به حاشیه فعال قاره‌ای تشکیل شده است. این ویژگی مربوط به محیط تکتونیکی وابسته مناطق فرورانش بوده و پدیده آلاش پوسته‌ای را در سنگ‌ها نشان می‌دهد. از عوامل کنترل‌کننده ماگماتیسم در کمان‌های ماگمایی پوسته‌ی اقیانوسی فرورونده، رسوبات فرورونده می‌باشند که نمایانگر تأثیرات آلاش و هضم پوسته‌ای در ماگمای تشکیل‌دهنده‌ی سنگ‌های منطقه مورد مطالعه می‌باشند.

واژگان کلیدی: کانه‌زایی مس، دایک، بازالت، قیصری، تروود-چاه شیرین.

مقدمه

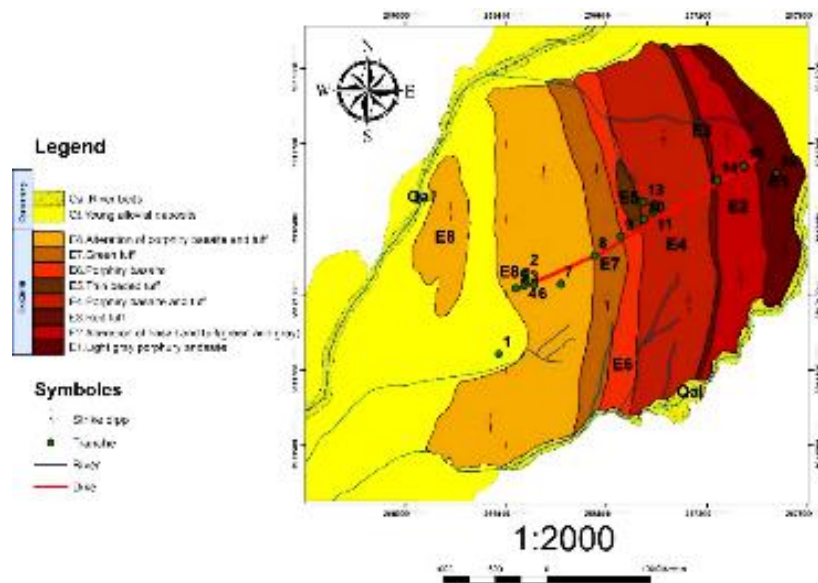
دارا بودن محیط تکتونیکی مناسب و وجود سنگ‌های آتشفشان-رسوبی ائوسن، شرایط زمین‌شناسی مناسبی را برای تشکیل فلزات پایه از جمله مس، سرب، روی، طلا، نقره و سایر فلزات قیمتی و گرانبها دارا می‌باشد که اندیس مس قیصری نمونه‌ای از آن‌ها می‌باشد. به همین دلیل مطالعات گسترده‌ای در زمینه پترولوژی، زمین‌شناسی اقتصادی، تکتونیک و همچنین مطالعات پی‌جویی و اکتشاف برای عناصر مختلف در این رشته کوه صورت گرفته است. مهم‌ترین مطالعات صورت گرفته در منطقه مورد مطالعه عبارتند از: قربانی (Ghorbani, 2005)، خواجه زاده (Khajezade, 2009)، تل ماسوله و همکاران (Tale masoleh et al, 2010)، پورشعبان (Poorshaban, 2010). در این تحقیق ضمن برداشت‌های صحرائی و تهیه نقشه زمین‌شناسی-معدنی و نمونه‌برداری سیستماتیک از سنگ میزبان و کانسنگ؛ سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی، کانه‌زایی، دگرسانی و خصوصیات ژئوشیمیایی منطقه مورد بررسی قرار گرفته است.

کانسار مس قیصری در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم، در ۱۰۵ کیلومتری جنوب دامغان، با مختصات جغرافیایی $35^{\circ} 19' 00''$ تا $54^{\circ} 18' 00''$ طول شرقی و $35^{\circ} 21' 00''$ تا $35^{\circ} 19' 00''$ عرض شمالی واقع شده است. در طول نوار آتشفشانی تروود-چاه شیرین کانه‌زایی مس به اشکال مختلف تحت تأثیر توده‌های نیمه عمیق جوان‌تر (با سن الیگو-میوسن) رخ داده است. در برخی نقاط مثل کانسار چاه موسی و کوه‌زر کانه‌زایی در مجاور توده‌های نفوذی نسبتاً بزرگ صورت گرفته است. در بخش‌هایی توده‌های نفوذی عمده حضور ندارند ولی آثار فعالیت ماگمایی جوانتر به صورت دایک‌های با ترکیب دیاباز و میکرودیوریت رخنمون دارند ولی ارتباط مستقیم با کانه‌زایی مشاهده می‌شود. در منطقه قیصری دایک دیابازی به طور مستقیم در کانه‌زایی نقش داشته است. به طوری که رخ داد آن تنها به حاشیه دایک و گاه داخل خود دایک محدود می‌گردد. این فرآیند می‌تواند به عنوان یک کلید اکتشافی در پی‌جویی مس در منطقه مورد توجه قرار گیرد. این منطقه به علت

و سنگ‌های آذرآواری به سن ائوسن میانی تا الیگومیوسن رخنمون دارند. به منظور مطالعه دقیق زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی محدوده اکتشافی، طی برداشت‌های صحرایی نقشه زمین‌شناسی- معدنی بزرگ مقیاس تهیه شد (شکل ۱). بر پایه این نقشه و مبنای سنی از نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ کلاتهرشم، واحدهای مختلف سنگ میزبان کانه‌زایی مس به اختصار معرفی می‌گردند.

منطقه‌ی مورد مطالعه

زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه کانسار مس قیصری در بخش شمالی پهنه ساختاری- رسوبی ایران مرکزی واقع است. سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی-رسوبی میزبان توده‌های نفوذی نیمه عمیق منطقه، هم‌ارز سازند کرج متعلق به دوره ائوسن می‌باشد. در این منطقه گدازه‌های آندزیتی، آندزیت- بازالتی، بازالت



شکل ۱: نقشه زمین‌شناسی بزرگ مقیاس محدوده معدنی که نشان دهنده واحدهای سنگی میزبان کانه‌زایی، دایک دیابازی قطع کننده آن‌ها و ترانسه‌های اکتشافی در راستای دایک می‌باشد.

Fig. 1: Large-scale geological map of the mining area showing the mineralizing host rock units, the diabase dyke cutting them, and the exploration trenches along the dyke.

تحقیقات دانشگاهی است و در دسته آنالیزهای طیف سنجی قرار می‌گیرد. XRF آنالیزی عنصری است. بدین معنی که می‌تواند غلظت عناصر معدنی و فلزی اصلی نمونه و دیگر عناصر را اندازه‌گیری کند) و تعداد ۸ نمونه برای آنالیز به روش ICP-MS^۳ (یا آنالیز پلاسما جفت شده القایی با استفاده از یک آشکارساز طیف سنج جرمی یکی از دقیق‌ترین آنالیزها برای اندازه‌گیری میزان غلظت عناصر در نمونه‌ها است. ویژگی مهم این دستگاه حد تشخیص بسیار بالا و منحصر به فرد آن است. این آنالیز می‌تواند حتی مقادیر کمتر از یک در میلیارد (ppb) را هم می‌تواند تشخیص دهد). انتخاب گردید. نتایج حاصل از این آزمایشات و مطالعات در بررسی اندیس مس قیصری مورد استفاده قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

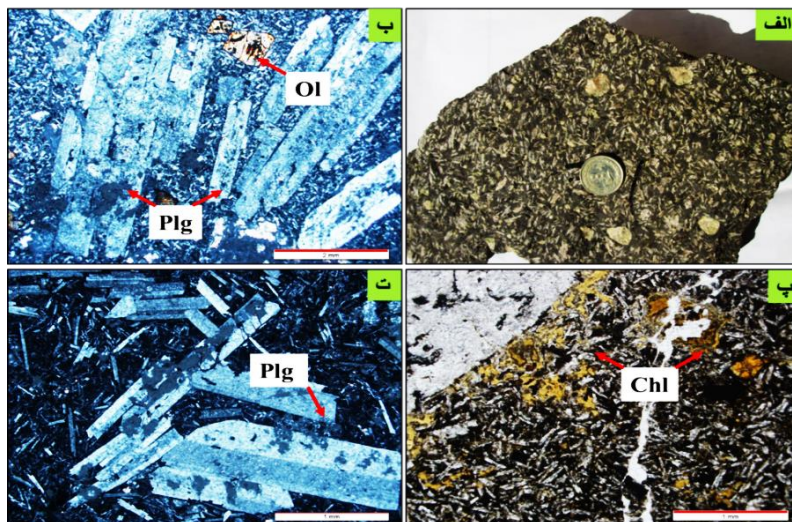
در این پژوهش، پس از تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۰۰۰ منطقه و انجام بررسی‌های صحرایی و نمونه‌برداری از سنگ‌های منطقه، تعداد ۲۵ مقطع نازک میکروسکوپی و ۱۵ مقطع صیقلی به منظور شناسایی ترکیب کانی‌شناسی، سنگ‌شناسی و روابط بافتی تهیه و مورد بررسی قرار گرفت. جهت مطالعات ژئوشیمیایی تعداد ۸ نمونه برای آنالیز XRD^۱ (آنالیز XRD یا پراش اشعه ایکس یک روش تحلیلی سریع است که در درجه اول برای شناسایی فاز یک ماده بلوری مورد استفاده قرار می‌گیرد و می‌تواند اطلاعاتی در مورد آن ارائه دهد. آنالیز XRD برای ارزیابی مواد معدنی، پلیمرها، فرآورده‌های خوردگی و مواد ناشناخته مفید است)، ۸ نمونه برای آنالیز XRF^۲ (آنالیز XRF (فلورسانس پرتو ایکس) یکی از آنالیزهای بسیار پرکاربرد در صنعت و

بحث و نتایج

بازالت‌ها

بازالت‌ها با سیمای برجسته، رنگ سیاه و روند شمال غربی- جنوب شرقی، با شیب به سمت جنوب غرب در محدوده در چهار واحد (E8, E6, E4, E1) تکرار می‌شود. پلاژیوکلاز به صورت شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار فراوان‌ترین (شکل ۲ الف) و الیوین، پیروکسن و هورنبلند به مقدار کمتر (شکل ۲ ب، پ، ت)، فنوکریست‌های آن را تشکیل می‌دهند که در زمینه ریز بلور با همین ترکیب کانیایی قرار گرفته‌اند. بافت اصلی

سنگ پورفیری و گلومروپورفیری است. بافت گلومروپورفیری نیز بیانگر مراحل مختلف تحول ماگما در آشیانه‌های ماگمایی مختلف و تشکیل در مرحله تبلور زیرزمینی و پیش از فوران است (Samuel et al, 2007). کانی‌های اوپک (منیتیت، همتایت) درصد بسیار ناچیزی را تشکیل می‌دهند. کانی‌های ثانویه آن شامل کلریت که حاصل دگرسانی پیروکسن و هورنبلند است و کلسیت و کلریت که حاصل دگرسانی پلاژیوکلاز می‌باشند.



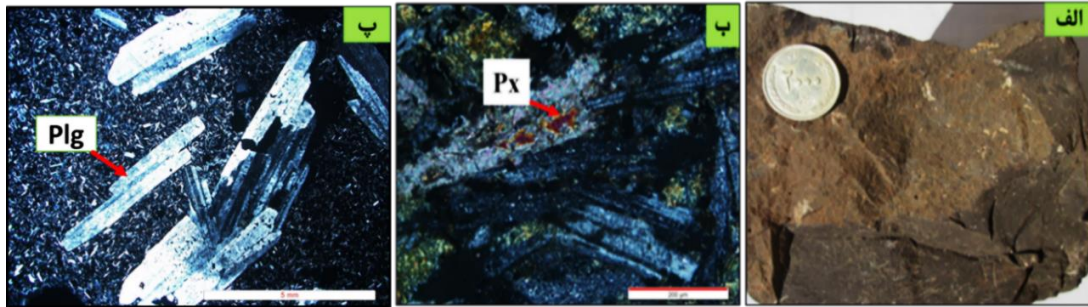
شکل ۲: الف: نمونه دستی از سنگ بازالت که درشت بلورهای پلاژیوکلاز در آن به خوبی دیده می‌شود. ب: بلورهای الیوین که ایدنگزیتی شده و پلاژیوکلازهایی که بافت پورفیری را نشان می‌دهند. پ: کانی‌های کلریت که نشان‌دهنده دگرسانی کلریتی می‌باشد. ت: پلاژیوکلازها که بافت گلومروپورفیری را نشان می‌دهد.

Fig. 2: A: Hand sample of basalt rock showing large plagioclase crystals. B: Olivine crystals that have become idenitized and plagioclase showing porphyry texture. C: Chlorite minerals showing chloritic alteration. D: Plagioclase showing glomeroporphyry texture.

آندزیت‌ها

آندزیت در محدوده مورد مطالعه در دو واحد (E5 و E2) و هم‌روند با بازالت‌ها و دیگر سنگ‌های میزبان گسترش دارد. در نمونه دستی به رنگ خاکستری روشن و بافت میکروولیتی پورفیری دیده می‌شوند (شکل ۳ الف). پلاژیوکلاز و پیروکسن به‌عنوان فنوکریست (درشت بلور) با چشم غیر مسلح قابل مشاهده می‌باشند. در زیر میکروسکوپ بلورهای شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار پلاژیوکلاز با ساخت منطقه‌بندی، ماکل پلی‌سنتیک و بافت غربالی مشاهده می‌شود که در

بعضی بخش‌ها به کلسیت و سربیسیت تجزیه شده‌اند. پیروکسن‌ها به صورت نیمه شکل‌دار از حاشیه‌ها به کلریت دگرسان شده‌اند. بافت غالب در آندزیت‌ها پورفیری، گلومروپورفیری و غربالی هستند. زمینه سنگ را میکروولیت‌های پلاژیوکلاز و پیروکسن‌های دانه‌ریز تشکیل می‌دهند این سنگ‌ها دارای بافت پورفیری نیز هستند که حاصل تبلور دو مرحله‌ای ماگما در عمق و سطح زمین می‌باشد ((Gill, 2012) (شکل ۳ ب)).



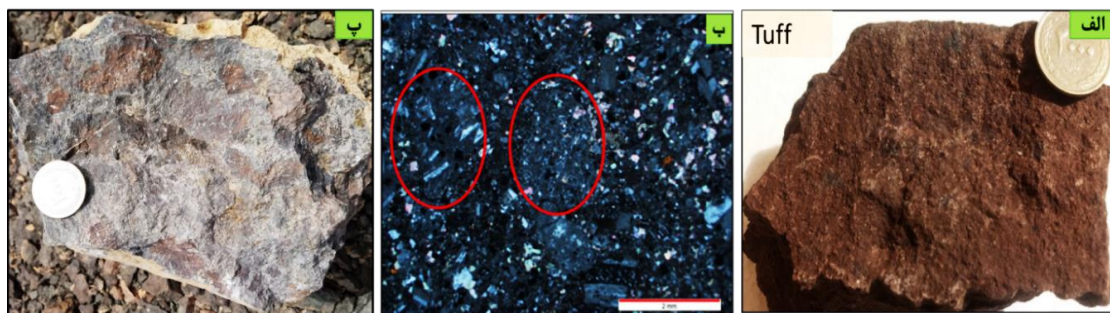
شکل ۳: الف: نمونه دستی آندزیت، ب: پیروکسن که از اطراف در حال تجزیه به کلریت است و ج: تجمع پلاژیوکلازها در متن سنگ که سبب تشکیل بافت پورفیری و گلومروپورفیری شده است.

Fig. 3: A: Hand sample of andesite, B: Pyroxene that is decomposing into chlorite from the surrounding area and C: Plagioclase accumulation in the rock context that has caused the formation of porphyry and glomeroporphy textures.

لیتیک توف تفکیک شده‌اند. تصاویری از نمونه دستی و میکروسکوپی از توف‌های مورد مطالعه در (شکل ۴ الف - ب) نشان داده شده است. آگلومراها از تجمع قطعات درشت‌تر (بمب و بلوک) تشکیل شده‌اند (Fisher, 1966)، که در نمونه‌های مورد مطالعه قطعات دارای ترکیب بازالت و آندزیت با ترکیب مشابه گدازه‌های منطقه هستند (شکل ۴ پ).

سنگ‌های پیروکلاستیک (آذرآواری)

این گروه شامل توف و آگلومرا در دو واحد (E3 و E7) به صورت هم‌روند و متوالی با گدازه‌های بازالتی و آندزیتی رخنمون دارند. توف‌ها گروهی از سنگ‌های آذرآواری هستند که از تجمع خاکستر و ذرات دانه‌ریز بلوری و سنگی تشکیل می‌شوند (Tucker, 2009). بر پایه مطالعات میکروسکوپی، توف‌های منطقه به انواع کریستال توف و



شکل ۴: الف: نمونه دستی توف که به رنگ قهوه‌ای مشاهده می‌شود. ب: نمونه مقطع نازک کریستال توف که قطعات لیتیک در آن نمایش داده شده است. پ: نمونه دستی از آگلومرای منطقه مورد مطالعه.

Fig. 4: A: Hand sample of tuff, which is seen in brown color. B: Thin section sample of tuff crystal showing lithic fragments. C: Hand sample of agglomerate from the study area.

دگرسانی شدید در این سنگ و حضور کانی‌های ثانویه کلسیت، سریسیت و کلریت در زیر میکروسکوپ از دیگر خصوصیت این واحد سنگی می‌باشد (شکل ۵). در منطقه قیصری این دایک دیابازی به‌عنوان یک کلید اکتشافی محسوب می‌شود. بر این اساس در بخش جنوب و جنوب غرب نقشه که توسط آبرفت پوشیده شده نیز دایک به همراه کانه‌زایی مس قابل تعقیب می‌باشد.

دایک دیابازی

واحدهای گدازه و آذرآواری میزبان قبلی توسط یک دایک دیابازی با روند شمال شرقی- جنوب غربی قطع شده است. این دایک دارای طول بیش از یک کیلومتر و عرض حدود ۲۰ متر است. رخداد کانه‌زایی به صورت شکافه پرکن در طرفین دایک و در طول آن صورت گرفته است. رنگ سبز در نمونه دستی و حضور سازنده‌های پلاژیوکلاز با شکل تیغه‌ای و پیروکسن هم بعد از ویژگی‌های این سنگ است.



شکل ۵: تصویر صحرایی از دایک دیابازی با روند شمال شرقی- جنوب غربی که رگه- رگچه‌های کانه‌دار در اطراف آن قابل مشاهده هستند.
 Fig. 5: Field image of a diabase dyke with a northeast-southwest trend, with mineralized veins and veinlets visible around it

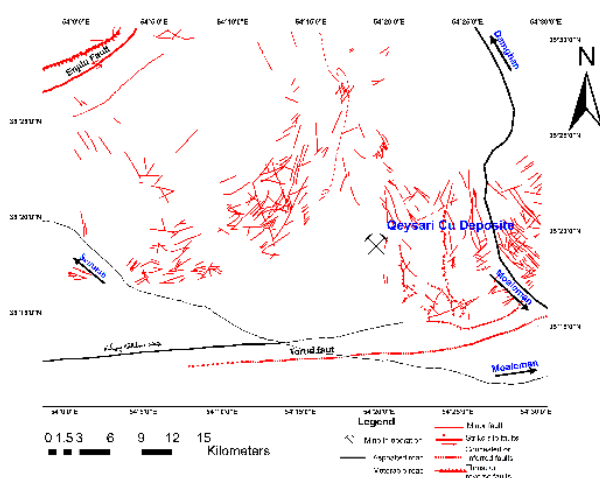
رسوبات عهد حاضر

واحدهای میزبان کانه‌زایی در دامنه‌ها و دشت مجاور توسط رسوبات کواترنری (Qt) پوشیده شده‌اند. جنس قطعات تشکیل دهنده آن‌ها مشابه سنگ‌های بالادست و اساساً گدازه‌های بازالتی، آندزیتی و آذرآواری هستند که به سمت دشت از اندازه ذرات کاسته می‌شود. رسوبات، خیلی جوان شامل نهشته‌های آبرفتی بستر رودخانه‌ها هستند که از قطعات شن، ماسه و قلوه‌سنگ به صورت منفصل تشکیل شده‌اند (Q^{al}).

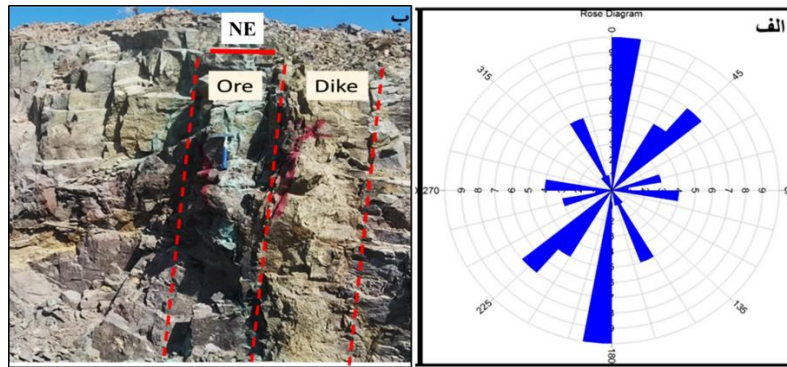
تکتونیک منطقه

برآمدگی رشته کوه تروند-چاه شیرین تحت تاثیر عملکرد و گسل اصلی تروند در جنوب و انجیلو در شمال با عملکرد چپ بر حاصل شده است. سازوکار این دو گسل سبب ایجاد

گسل‌های کوچکتر با دو روند شمال شرقی- جنوب غربی و شمال غربی- جنوب شرقی در داخل این رشته کوه شده است (شکل ۶). در محدوده مس قیصری نیز گسل‌هایی با این روندها مشاهده می‌شوند. در شکل ۷ الف دیاگرام گل سرخی گسل‌های محدوده نشان داده شده است. عامل کنترل کننده کانه‌زایی در این محدوده دایک دیابازی با روند شمال شرقی- جنوب غربی است که احتمالاً تابع گسل‌های با این روند بوده است. کانه‌زایی بصورت پرکننده درزه‌ها و شکاف‌ها در حاشیه دایک توسعه یافته است. لذا می‌توان گفت گسل کنترل کننده نفوذ ماگما و تشکیل دایک و دایک عامل اصلی کانه‌زایی (عامل حرارتی) و درزه و شکاف موجود در سنگ میزبان، نقش تمرکز دهنده ماده معدنی داشته‌اند (شکل ۷ ب).



شکل ۶: نقشه گسل‌های موجود در منطقه مورد مطالعه بر گرفته از نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم.
 Fig. 6: Map of faults in the study area taken from the 1/100,000 map of Kalat Resham.



شکل ۷: الف: نمودار گل سرخی فراوانی گسل‌ها در منطقه معدنی. ب: نمایش دایک هم‌روند با گسل‌های شمال شرقی - جنوب غربی و کانه - زایی شکافه‌پرکن در طرفین آن. ب: نمایش دایک هم‌روند با گسل‌های شمال شرقی - جنوب غربی و کانه‌زایی شکافه‌پرکن در طرفین آن.
Fig. 7: A: A red flower diagram of the frequency of faults in the mining area. B: Showing a dyke parallel to northeast-southwest faults and fissure-filling mineralization on its sides.

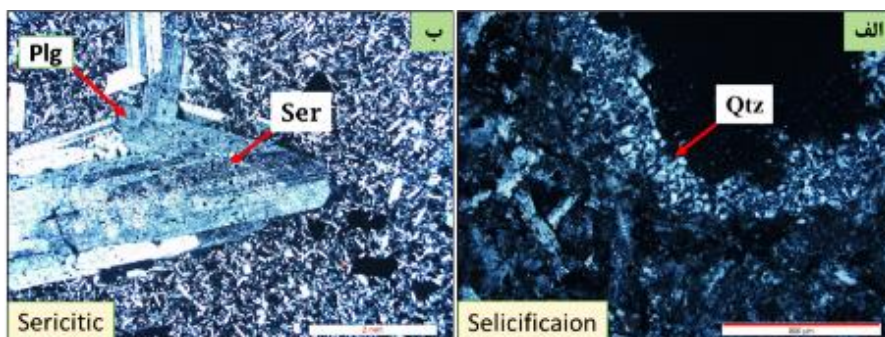
ماند. حضور فراوان سیلیس به اشکال رگه - رگچه‌ای و حفره‌ای و به حالت عقیق و کوارتز بلورین به خصوص در بخش شمال شرقی محدوده گواهی بر سیلیسیزاسیون تحت تاثیر محلول‌های گرمابی در سنگ‌های میزبان می‌باشد. (شکل ۸ الف). این نوع دگرسانی در آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD) به صورت کانی کوارتز مشخص گردیده است (شکل ۹).

دگرسانی سریسیتی: تحت تاثیر محلول‌های گرمابی کانی‌های سیلیکاته سدیم، پتاسیم و آلومینیوم‌دار متحمل هیدرولیز شده و به کانی‌های ثانویه مثل سریسیت تبدیل می‌شوند که معرف دگرسانی سریسیتی است. تشکیل سریسیت هر چند با گسترش کم ولی در محدوده مس قیصری رخ داده است (شکل ۸ ب). حضور سریسیت در آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD)، به صورت کانی مسکویت مشخص گردیده است (شکل ۹).

دگرسانی

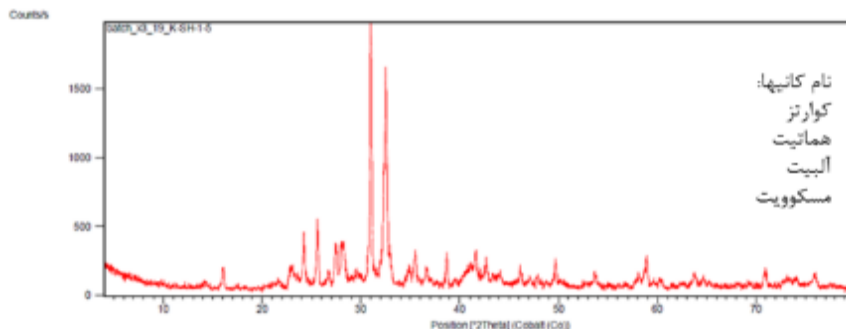
گسترش دگرسانی در سنگ‌های میزبان معمولاً تابع حجم و دمای سیال گرمابی می‌باشد. در محدوده مورد مطالعه حجم کم کانه‌زایی معرف حجم کم و دمای پایین سیال می‌باشد. به همین علت پهنه‌های دگرسانی گسترش قابل توجهی ندارند. دگرسانی‌های مشاهده شده در منطقه عبارتند از: سیلیسی، کلریتی، کربناتی، آرژیلیتی، سریسیتی و اکسیدهای آهن که توصیف آن‌ها به شرح ذیل می‌باشد.

دگرسانی سیلیسی: عوامل مهم و موثر در ته‌نشینی سیلیس (در شرایط مناسب) کاهش فشار، حرارت و PH (پی.اچ. میزان اسیدیته یا قلیایی بودن یک ماده غذایی یا محلول را مشخص می‌کند و در مقیاس ۰ تا ۱۴ اندازه گیری می‌شود) محلول می‌باشد. در محلول‌های گرمابی که نزدیک سطح زمین شروع به جوشیدن می‌نماید، به دلیل کاهش سریع دما و بخار آب، محلول مربوطه از سیلیس اشباع می‌شود که در نتیجه اکسیدهای سیلیس برجا می‌مانند.



شکل ۸: الف: سیلیسی شدن کانی‌های فرومنیزین و تشکیل دگرسانی سیلیسی، ب: سریسیتی شدن کانی پلاژیوکلاز.

Fig. 8: A: Silicification of ferromagnesian minerals and formation of silicic alteration. B: Sericitization of plagioclase minerals.



شکل ۹: طیف پراش اشعه ایکس (XRD) مربوط به شناسایی کانی‌های کوارتز، هماتیت، آلبیت، مسکوویت که بیانگر دگرسانی سیلیسی و سریسیتی می‌باشد.

Fig. 9: X-ray diffraction (XRD) spectrum related to the identification of quartz, hematite, albite, and muscovite minerals, indicating silicic and sericite alteration.

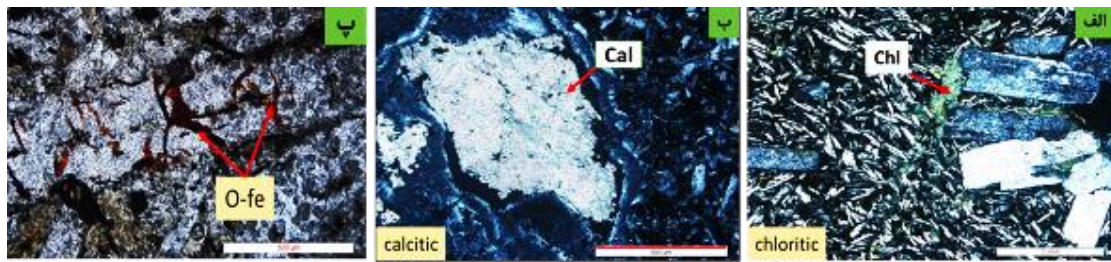
در سنگ‌های دیگر شده و تشکیل کلسیت ثانویه درشت بلور را داده است. کانی ثانویه کلسیت در زیر میکروسکوپ و نیز در آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD) شناسایی شده که نشان از دگرسانی کربناتی در منطقه می‌باشد (شکل ۱۰ ب، شکل ۱۱).

دگرسانی آرژیلیتی: دگرسانی آرژیلیتی در کانسارهای گرمابی تحت تاثیر سیالات ماگمایی، بخارات اسیدی حاصل از جوشش سیالات و یا آب‌های جوی ایجاد می‌شود (Giggenbach, 1997; Sillitoe, 1993). این دگرسانی در منطقه گسترش نسبتاً خوبی دارد و با حضور کانی ایلیت و کائولینیت در بخش‌های دگرسان شده سنگ میزبان مشخص می‌شود. باتوجه به آنالیزهای بدست آمده با حضور کانی‌های رسی در نتایج حاصل از آنالیز XRD مشخص می‌شود.

دگرسانی اکسید آهن: آزاد شدن آهن در ضمن تجزیه کانی‌های فرومنیزین سبب غنی شدن آن در سیال گرمابی و تشکیل اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن در پیکره سنگ میزبان می‌گردد. آغشتگی اکسیدهای آهن در درزه و شکاف موجود در گدازه‌ها و همچنین در فضاهای خالی بین دانه‌های در توف‌ها و آگلومراهای منطقه با رنگ قرمز و زرد قابل مشاهده می‌باشد. (شکل ۱۰ پ). حضور هماتیت در آنالیزهای پراش اشعه ایکس (XRD) نیز تایید شده است (شکل ۱۱).

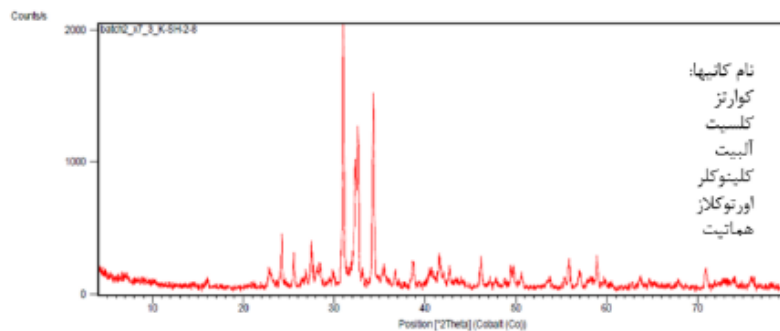
دگرسانی کلریتی: کلریتی شدن یکی از مهم‌ترین پدیده‌هایی است که در نتیجه تاثیر محلول‌های گرمابی غنی از آهن و منیزیم بر روی سنگ‌های میزبان بخصوص سنگ‌های بازیک تشکیل می‌شود (Gali, 2007). کانی‌های اولیه فرومنیزیم‌دار از جمله پیروکسن و هورنبلند به کلریت تجزیه می‌شوند. دگرسانی کلریتی شدن در صحرا با رنگ سبز هم در دایک بازیک و هم در سنگ‌های مجاور دایک مشخص می‌شود. در مطالعات میکروسکوپی کلریت به صورت پراکنده در متن سنگ و یا در اثر دگرسانی کلریتی کانی‌های از جمله پیروکسن مشاهده می‌شود (شکل ۱۰ الف). حضور این کانی در زیر میکروسکوپ و آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD) با کانی کلریت و کلینوکلر تایید می‌گردد (شکل ۱۱).

دگرسانی کربناتی: کلسیم آزاد شده از تجزیه پلاژیوکلازها در طی دگرسانی، با بی‌کربنات محلول در آب ترکیب شده و کربنات کلسیم به‌عنوان یک کانی ثانویه شکل می‌گیرد. در منطقه مورد مطالعه گسترش کربنات کلسیم به صورت رگه-رگچه‌ای در داخل سنگ‌های میزبان توسعه یافته است. کربناتی شدن یک دگرسانی رایج برای تشکیل انواع کانی‌های کربناته است که رایج‌ترین آن‌ها کلسیت، آنکرایت و دولومیت می‌باشند. این دگرسانی در مواد کربناتی در منطقه امری عادی است زیرا در محلول‌های منطقه حل شده و با تغییر PH این مواد، باعث رسوب کربنات کلسیم



شکل ۱۰: الف: کلریتی شدن کانی‌های فرومنیزین و تشکیل دگرسانی کلریتی، ب: کلسیت ثانویه حاصل تجزیه کانی‌های کلسیم‌دار از جمله پلاژیوکلاز، پ: تشکیل اکسیدهای آهن در نتیجه سیالات غنی از آهن حاصل از تجزیه سیلیکات‌های آهن‌دار (Fe-Ox).

Fig. 10: A: Chloritization of ferromagnesian minerals and formation of chlorite alteration, B: Secondary calcite resulting from the decomposition of calcium-bearing minerals including plagioclase, C: Formation of iron oxides as a result of iron-rich fluids resulting from the decomposition of iron-bearing silicates (Fe-Ox).



شکل ۱۱: طیف پراش اشعه ایکس (XRD) مربوط به شناسایی کانی‌های کوارتز، هماتیت، کلسیت، آلبیت، کلینوکلر، مالاکیت که بیانگر دگرسانی کربناتی، کلریتی، هماتیتی می‌باشد.

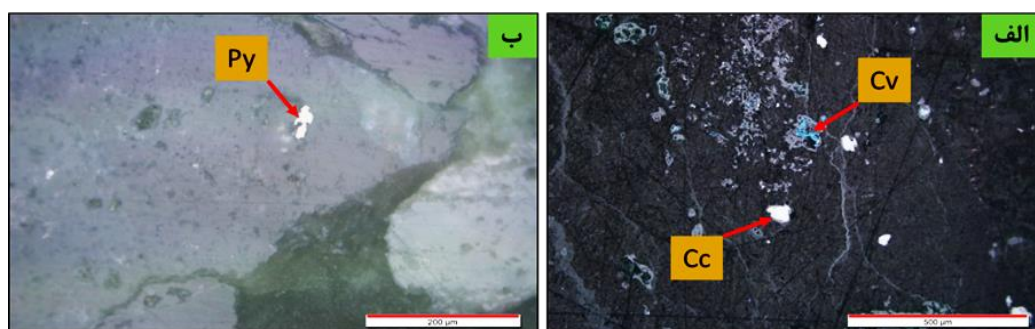
Fig. 11: X-ray diffraction (XRD) spectrum related to the identification of quartz, hematite, calcite, albite, clinocllore, malachite minerals, which indicate carbonate, chloritic, and hematitic alteration.

کانه‌نگاری

کالکوسیت با رنگ سفید و کوولیت با رنگ آبی، چند رنگی قوی و آنیزوتروپی بالا و بافت جانیشینی در حاشیه و امتداد شکستگی کانی‌های کالکوسیت و کوولیت مشاهده می‌شود. بافت کانی‌سازی آن‌ها جانیشینی بوده در بررسی‌های صحرایی و میکروسکوپی وجود پیریت بسیار ناچیز و محدود است. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده کمبود سولفید و پایین بودن دمای سیستم کانه‌زایی در محیط تشکیل باشد. دیژنیت در مقاطع صیقلی فراوانی کمی دارد.

بر پایه مطالعات میکروسکوپی مقاطع صیقلی یا کانه‌نگاری، کانی‌های سازنده کانسار به انواع سولفیدی، مس خالص، کربناتی، اکسیدی و باطله تقسیم‌بندی شدند. توصیف میکروسکوپی هریک از آن‌ها به شرح زیر می‌باشد.

پیریت - کالکوسیت - کوولیت و دیژنیت: کالکوسیت و کوولیت دو کانی سولفیدی مس در کانسار قیصری هستند که فراوانی نسبتاً کمی دارند و تنها در محل ترانشه ۱ و ترانشه ۱۰ به صورت ساخت رگه - رگچه‌ای مشاهده می‌شوند

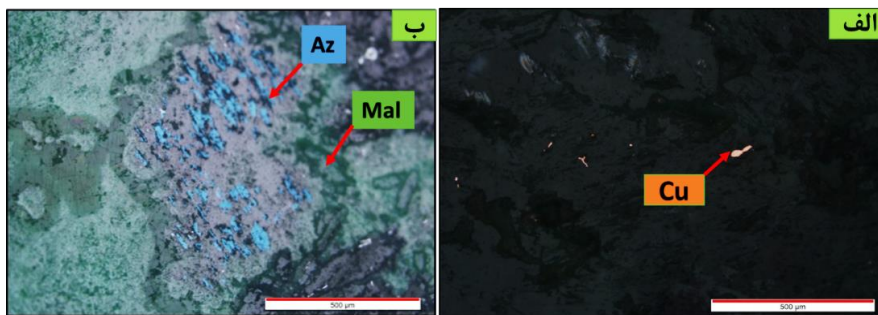


شکل ۱۲: الف و ب: کانی‌های فاز سولفیدی در مقاطع صیقلی مطالعه شده (کوولیت، کالکوسیت و پیریت)

Fig. 12: A and B: Sulfide phase minerals in the polished sections studied (covellite, chalcocite and pyrite)

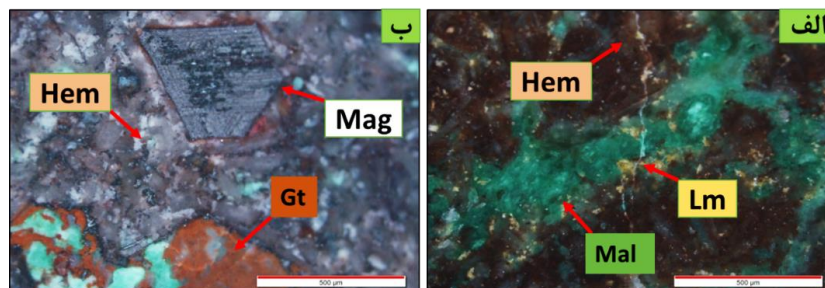
اکسیژن شکل می‌گیرد (Craig and Vaughan, 1981). مگنتیت در کانسار مس قیصری فراوانی خیلی کمی دارد. کانی مگنتیت در اکثر مقاطع صیقلی مطالعه شده به کانی هماتیت آلتزه شده است و کانی هماتیت در داخل مگنتیت در مقطع مشاهده می‌شود. کانی گوتیت جزو کانی‌های هیدروکسید آهن، رشته‌ای و موازی با محور C می‌باشد (Nesse, 2000). این کانی توسط هوازدگی یا دگرسانی کانی‌های حاوی آهن (از جمله مگنتیت، پیریت، غیره) ایجاد می‌شود. در منطقه مورد مطالعه بر اثر پدیده انحلال و اکسیداسیون سطحی، کانی‌های سولفیدی در قسمت سطحی کانسار دچار انحلال شده و یون گوگرد آن‌ها از محیط خارج و هیدرو اکسیدهای آهن بر جای مانده است. لیمونیت کانی اکسید آهن آبدار و غالباً به رنگ زرد مایل به قهوه‌ای می‌باشد. لیمونیت در قسمت‌های سطحی، درزه و شکاف‌های اکسیدان را پر کرده و اغلب به رنگ زرد تا قهوه ای دیده می‌شوند و بیشترین گسترش را در واحدها دارد.

مس طبیعی (Cu): در منطقه مورد مطالعه مس خالص فراوانی کمتری دارد و به صورت دانه‌های ریز و پراکنده همراه مالاکیت دیده می‌شود. (شکل ۱۳ الف). مالاکیت و آزوریت: در مقاطع صیقلی مطالعه شده به صورت بافت پرکننده فضای خالی و بافت جانیشینی و همچنین بافت گل کلمی هم دیده می‌شود. به نظر می‌رسد که مالاکیت از محلول‌های رقیق‌تر از مس و تحت شرایط فشار دی‌اکسید کربن پایین‌تر و آزوریت نسبت به آن از محلول‌های غلیظ‌تر از مس و در شرایط فشار دی‌اکسید بالاتر شکل گرفته است (Beane, 1982). (شکل ۱۳ ب). هماتیت- مگنتیت- گوتیت- لیمونیت: کانی هماتیت در مقاطع صیقلی مطالعه شده به صورت کانی‌های کوچک که تجمع آن لکه‌های درشتی نمایان کرده است. این کانی در بخش سوپرژن کانسار مس قیصری بر اثر هوازدگی کانی‌های پیریت، مگنتیت تشکیل شده است. هماتیت یکی از کانی‌های اکسید آهن است که در فوگاسیته بالای



شکل ۱۳: الف: تصویر مقطع میکروسکوپی کانی مس خالص به صورت دانه‌پراکنده در متن سنگ. ب: کانی‌های فاز کربناتی مالاکیت و آزوریت در حفرات سنگ میزبان کانسار مس قیصری.

Fig. 13: A: Microscopic cross-section of pure copper mineral as dispersed grains in the rock context. B: Malachite and azurite carbonate phase minerals in the host rock pores of the Qaysari copper deposit.



شکل ۱۴: الف: تصویر میکروسکوپی از کانی مالاکیت به صورت رگه‌ای و کانی هماتیت و لیمونیت بصورت حفره پر کن در متن سنگ‌های کانسار مس قیصری، ب: حضور بلور مگنتیت که به صورت سوزنی یا تیغه‌ای شکل دیده می‌شود و با زمینه هماتیت و هاله‌های قرمز رنگ گوتیت و حضور مالاکیت به صورت پراکنده.

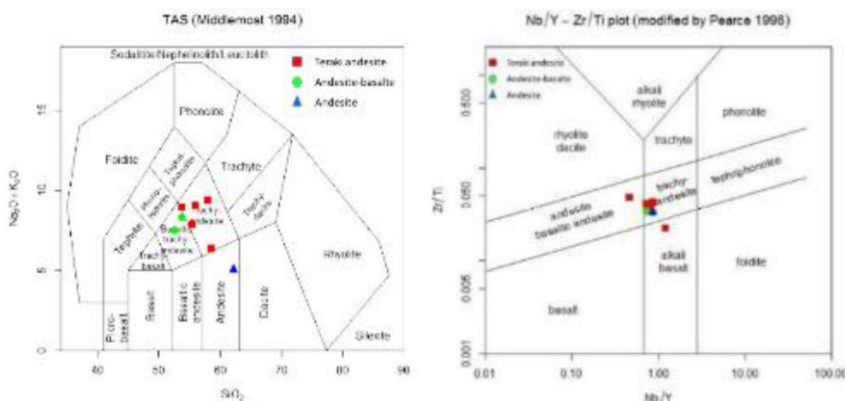
Fig. 14: A: Microscopic image of malachite mineral in the form of veins and hematite and limonite minerals as cavity fillers in the rocks of the Qaysari copper deposit. B: Presence of magnetite crystals that appear as needle or blade shapes, with a hematite background and red halos of goethite and the presence of malachite in scattered form.

مقابل SiO_2 (Middlmost, 1994)، سنگ‌های آتشفشانی در بر گیرنده کانسار در گستره آندزیت، تراکی آندزیت، بازالت قرار می‌گیرند (شکل ۱۵ الف). به منظور تعیین ترکیب و ماهیت سنگ‌های مورد نظر، از نمودارهای مربوط به عناصر کمیاب از جمله Nb ، Ti ، Zr و Y که جزء عناصر HSF (Pearce, 2014) و غیر متحرک می‌باشند استفاده شد (Rollinson, 1996). نمونه‌های سنگی منطقه در گستره‌ی تراکی-آندزیت و آندزیت بازالت و آلکالی بازالت قرار می‌گیرند (شکل ۱۵ ب). به‌طور کلی براساس بررسی‌های سنگ‌نگاری و داده‌های ژئوشیمی (اکسیدهای اصلی و عناصر کمیاب) سنگ‌های آتشفشانی ناحیه‌ی مورد بررسی را می‌توان در دو گروه بازیک شامل بازالت و حدواسط شامل (آندزیت و تراکی آندزیت) رده‌بندی کرد. مطابق (جدول ۱)، مقدار SiO_2 سنگ‌های آتشفشانی منطقه‌ی قیصری بین ۵۵ تا ۶۳ درصد وزنی در سنگ‌های آندزیتی بین ۵۳ تا ۵۶ درصد وزنی در سنگ‌های آندزیت بازالت متغیر است. به دلیل دگرسانی شدید سنگ‌های میزبان و خروج احتمالی عناصر اصلی از پیکره سنگ دیاگرام تغییرات نسبت عناصر اصلی SiO_2 مرسوم به هارکر (Harker 1909)، روند قابل تفسیری را نشان نمی‌دهد. لذا از آوردن آن‌ها اجتناب گردیده است.

باطله‌ها: مهمترین کانی‌های باطله در کانسار مس قیصری شامل کلسیت، کوارتز، ژپس هستند. یکی از مهم‌ترین کانی‌های باطله در کانسارهای گرمابی کربنات کلسیم است. کلسیم در طی دگرسانی سنگ‌های مسیر از ساختمان کانی‌های کلسیم‌دار از جمله پلاژیوکلازها آزاد شده و در حضور یون بی‌کربنات، تشکیل کربنات کلسیم را می‌دهد. یکی از عناصری که در نتیجه فعالیت محلول‌های گرمابی به وفور یافت می‌شود، سلیسیم است که به عنوان باطله در نظر گرفته می‌شود. این کانی در کانسار قیصری نیز به صورت نهان بلور در برش‌های هیدروترمالی و رگچه‌های ثانویه دیده می‌شود. ژپس از جمله کانی‌های سولفات آیدار مشاهده شده در منطقه مورد مطالعه می‌باشد که در شرایط تبخیری به وجود می‌آید و از جمله رسوبات حاصل از پدیده تبخیر می‌باشد که از نظر توالی رسوبگذاری بر سنگ نمک تقدم دارد. فراوانی این کانی در منطقه بسیار کم می‌باشد.

ژئوشیمی

به منظور بررسی پتروژنز، تعیین جایگاه زمین‌ساختی و نامگذاری شیمیایی سنگ‌های دربرگیرنده کانسار، از نتایج آنالیز شیمیایی ۸ نمونه با روش ICP-MS استفاده شد (جدول ۱ و ۲). براساس نمودار تغییرات $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ در



شکل ۱۵: الف: موقعیت سنگ‌های آتشفشانی محدوده کانسار مس قیصری در نمودار SiO_2 در برابر $(\text{Na}_2 + \text{K}_2\text{O})$ نمونه‌ها در گستره آندزیت، تراکی آندزیت، بازالت قرار می‌گیرند. ب: موقعیت آن‌ها در نمودار Zr/Y نسبت به Nb/Y نمونه‌ها بیشتر در گستره تراکی آندزیت به مقدار خیلی کم در آلکالی بازالت و آندزیت تراکی آندزیت قرار می‌گیرند.

Fig. 15: A: The position of the volcanic rocks of the Qaysari copper deposit area in the SiO_2 vs. $(\text{Na}_2 + \text{K}_2\text{O})$ diagram. The samples are located in the andesite, trachy-andesite, basalt range. B: Their position in the Zr/Y vs. Nb/Y diagram. The samples are mostly in the trachy-andesite range with a very small amount in alkaline basalt and andesite-trachy-andesite.

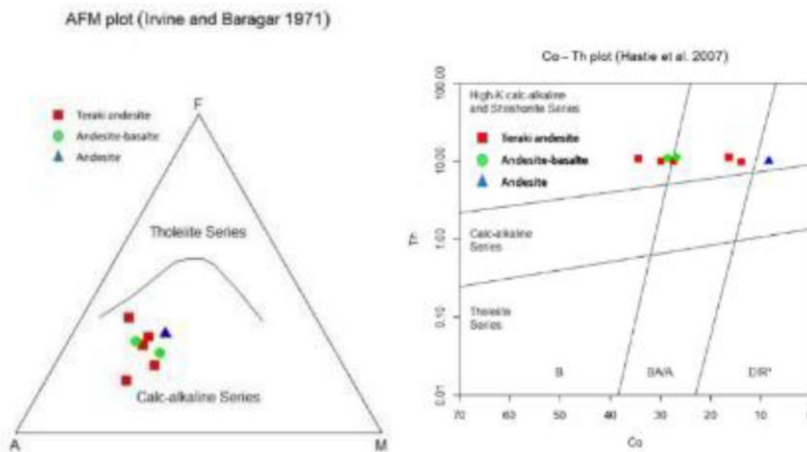
می‌گیرند. نمونه‌ها در محدوده کالک آلکالن قرار دارند. (Irvine and Baragar W.R.A., 1971). به دلیل هوازدگی

تعیین سری ماگمایی

نمودار AFM که در گستره ماگمایی آهکی-قلیایی قرار

پتاسیم بالا قرار گرفته است. ماگماهای کالک آلکالن-آلکالن حاصل اختلاط ماگماهای منشاء گرفته از گوشته و پوسته‌اند (Tatsumi and Takahashi, 2006).

و دگرسانی بالای نمونه‌های انتخاب شده و مقادیر بالای K در آن‌ها از نمودار Co نسبت به Th استفاده شد. براساس این نمودار سنگ‌های مورد بررسی در قلمرو کالک آلکالن



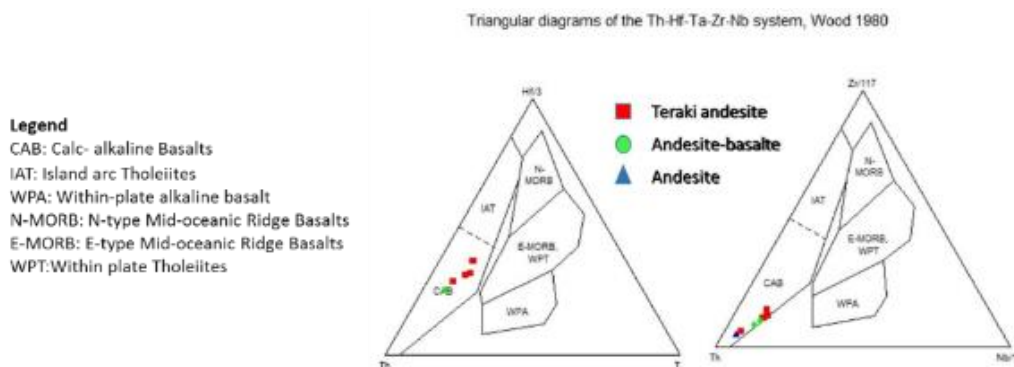
شکل ۱۶: الف: نمودار AFM، جهت تمایز سنگ‌های تولیتی از سنگ‌های کالک آلکالن. ب: نمودار CO نسبت به Th معرف ماهیت آهکی-قلیایی با پتاسیم بالا.

Fig. 16: A: AFM diagram to distinguish tholeiitic rocks from calc-alkaline rocks. B: CO vs. Th diagram indicating a high-potassium calc-alkaline nature.

پژوهش بیشتر از نمودارهایی که بر پایه‌ی عناصر کم تحرک ترسیم شده‌اند، استفاده شد است. چنانکه در شکل ۱۷ الف و ب دیده می‌شود، همه نمونه‌ها، در گستره (CAB) کمان قاره‌ای که خاص مناطق فرورانش است، واقع می‌شوند. از آنجا که نمونه‌ها نزدیک به راس Th و زیر خط جداکننده $Hf/Th=3$ قرار گرفته‌اند، همه‌ی آن‌ها با ماهیت آهکی-قلیایی شناخته می‌شوند.

جایگاه تکتونیکی

در این قسمت به منظور تعیین محیط تکتونیکی از نسبت های عناصر کمیاب استفاده شده است. به عقیده وود، نسبت عناصر کمیاب $Th/Ta > 2$ ، نشان دهنده جایگاه تشکیل کمان قاره‌ای برای سنگ‌های تشکیل دهنده است (Wood, 1979). برای تعیین جایگاه زمین‌ساختی سنگ‌های آذرین، نمودارهای ژئوشیمیایی مختلفی وجود دارند که در این



شکل ۱۷: الف و ب: تعیین محیط‌های زمین‌ساختی سنگ‌های آتشفشانی مورد بررسی با استفاده از نمودارهای $Zr/117-Th-Nb/16$ و نمودار $Hf/3-Th-Ta$.

Fig. 17: A and B: Determination of the tectonic environments of the studied volcanic rocks using the $Zr/117-Th-Nb/16$ diagrams and the $Hf/3-Th-Ta$ diagram.

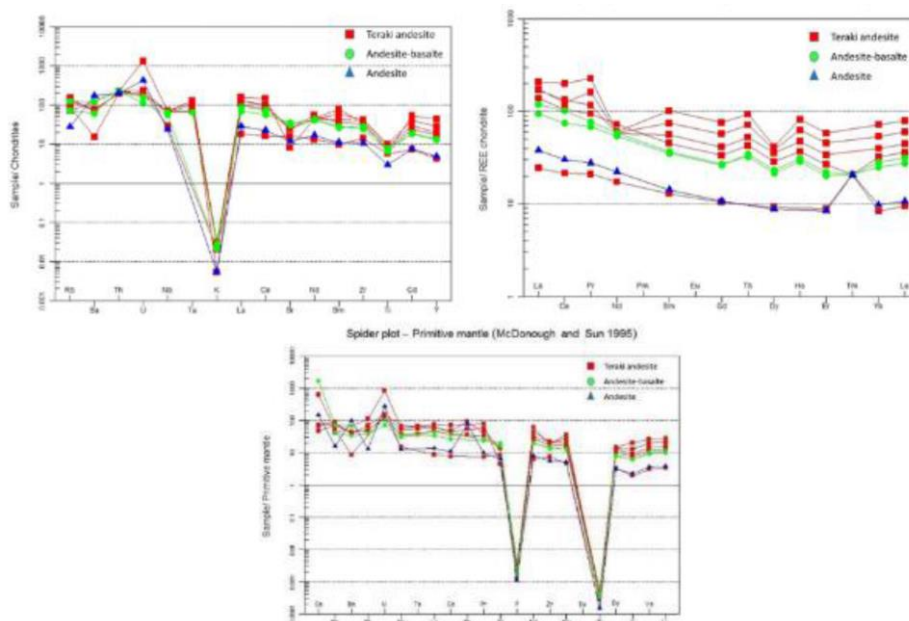
سازنده سنگ‌های منطقه، فراوانی عناصر کمیاب نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده

نمودار عنکبوتی

برای تعیین و تشخیص محیط‌های تکتونیکی ماگمای

بالایی از عناصر لیتوفیل بزرگ یون (LILE) مانند Ba، Th و K و تمرکز پایینی از عناصر با شدت میدان بالا (HFSE) مخصوصاً Ti و Zr و Nb را نشان می‌دهد. این ویژگی‌ها می‌تواند نشانه آغشتگی پوسته در فرآیند ماگمایی و آلودگی توسط پوسته باشد (Harris et al, 1986). آنومالی منفی عناصر Ti، Nb و P در نمودار عنکبوتی همراه با یک غنی‌شدگی مشخص از عناصر Th و Sr از ویژگی‌های مهم سنگ‌های ماگمایی مرتبط با قوس‌های آتشفشانی است که در اثر عملکرد سیالات ناشی از فروانش بوجود می‌آیند (Rollinson, 2014) و (Peng and Wang, 2008). همچنین آنومالی منفی Nb نشان‌دهنده ماگماهای مربوط به محیط‌های حاشیه فعال قاره‌ای است و می‌تواند در اثر آلودگی پوسته و سیالات آزاد شده از لیتوسفر فرورونده به وجود آمده باشد (Aldanmaz et al, 2000). آنومالی مثبت Pb به متاسوماتیسم گوه گوشته‌ای توسط سیالات ناشی از پوسته اقیانوسی فرورو و یا آرایش ماگما با پوسته قاره‌ای اشاره دارد (Kamber et al, 2002). ماگمای تشکیل‌دهنده سنگ‌های آتشفشانی در مناطق فروانش معمولاً از گوه گوشته‌ای، سیالات و مذاب‌های آبدار مشتق از پوسته اقیانوسی فرورو منشأ می‌گیرند (Pearce And Peate, 1995). Ba عنصری ناسازگار و متحرک است و مقدار آن در پوسته قاره‌ای و رسوبات زیاد است (Rollinson, 2014).

عناصر نادر خاکی نسبت به کندریت و گوشته اولیه بررسی می‌شود. این نمودار بهنجار شده عناصر نادر خاکی نسبت به کندریت (Thompson R., 1982) و (Nakamura 1974). (شکل ۱۸ الف و ب)، بیانگر غنی‌شدگی از عناصر نادر سبک و ناسازگار (LREE) نسبت به انواع سنگین (HREE) است که از ویژگی‌های کالک‌آلکان کمان‌های آتشفشانی زون‌های فروانش حاشیه قاره است. همانطور که در این نمودار مشاهده می‌شود، نمونه‌های مورد مطالعه دارای آنومالی مثبت از Sr و Eu توسط پلاژیوکلاز کنترل می‌شود و به فوگاسیته اکسیژن وابسته است. فراوانی فلدسپات در این سنگ‌ها، بیانگر این است که پلاژیوکلاز به عنوان یک کانی نگهدارنده عناصر فوق نتوانسته در فرآیند ذوب بخشی ناحیه منبع تشکیل‌دهنده ماگمای سنگ‌های منطقه پایدار بماند و در نتیجه ذوب آن، مقادیر زیادی از Sr و Eu وارد ماگمای نهایی و باعث ایجاد آنومالی مثبت این عناصر در نمودار عنکبوتی شده است. گدازه‌های قوس آتشفشانی، با نسبت بالای LILE/HFSE و LREE/HREE شناخته می‌شوند. به اعتقاد (Moham et al, 2000)، نسبت بالای LILE/HFSE در سنگ‌های آتشفشانی آهکی - قلیایی مناطق کمانی در نتیجه ورود اجزای LILE موجود در صفحه فرورونده به درون گوشته بالای آن بوجود می‌آید. نمودار به هنجار شده نسبت به گوشته اولیه در (Sun and Mc Donough, 1989) (شکل ۱۸ ج) نیز تمرکز نسبتاً



شکل ۱۸: الف و ب: نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده با کندریت. ج: نمودار بهنجار شده با گوشته اولیه.

Fig. 18: a and b: Normalized spider diagrams with chondrites. c: Normalized diagram with early mantle

جدول ۱: مقادیر درصد اکسیدهای اصلی بر حسب درصد وزنی (XRF).

Table 1: Percentage values of the main oxides in terms of weight percent (XRF).

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂
K-sh-1-4	52.38	19.93	4.87	6	4.39	3.82	0.064	6.83	0.69	1.03
K-sh-1-7	58.58	12.11	15.4	3.76	0.68	2.63	0.0638	5.69	0.41	0.67
K-sh-2-3	55.93	19.15	5.61	4.11	3.23	4.87	0.0575	5.81	0.46	0.77
K-sh-1-5	63.37	21.33	2.12	2.56	2.61	2.13	0.0067	5.03	0.25	0.59
K-sh-1-26	54.48	19.36	7.04	6.07	3.58	1.99	0.0546	6.16	0.66	0.9
K-sh-2-18	51.17	22.76	5.67	4.96	3.52	2.93	0.074	7.72	0.39	0.8
K-sh-2-6	49.63	21.29	11.08	4.56	2.78	4.43	0.0702	5.15	0.32	0.68
K-sh-2-5	61.89	16	8.39	3.86	3.8	2.85	0.0123	2.66	0.23	0.3

جدول ۲: مقادیر عناصر فرعی و کمیاب بر حسب (PPM و درصد) (ICP-MS).

Table 2: Minor and trace element values in terms of (PPM and percentage) (ICP-MS).

	k-sh-1-4	k-sh-1-7	k-sh-2-3	k-sh-1-5	k-sh-1-26	k-sh-2-18	k-sh-2-6	k-sh-2-5
Ba(ppm)	261.55	<1	278.32	57.93	294.19	459.63	226.93	650.61
Ce(ppm)	75	121	63.63	12.94	80.42	45.13	61.81	18.12
Gd(ppm)	11.21	14.87	6.56	2.05	8.1	5.18	5.28	2.1
Eu(ppm)	2.64	3.68	1.68	<1	2.01	1.42	1.37	<1
K(%)	3.64	0.63	2.99	2.42	3.31	3.26	2.57	0.65
Lu(ppm)	1.46	1.93	0.88	0.23	1.08	0.77	0.67	0.26
La(ppm)	41	49	32.65	5.72	39.92	22.2	28	8.93
Nb(ppm)	44.62	40.29	24.54	10.13	34.68	22.78	19.58	8.3
Nd(ppm)	56.33	77.17	32.89	7.83	40.09	24.54	26.42	10.03
P(%)	0.3	0.18	0.2	0.11	0.29	0.17	0.14	0.1
Pb(ppm)	8.16	<1	5.37	<1	14.01	<1	<1	11.71
Pr(ppm)	14.36	20.28	8.43	1.88	10.38	6.11	6.86	2.47
Rb(ppm)	53	24.69	42.98	31.62	46.43	44.11	25.43	9.53
Sm(ppm)	11	14.94	6.64	1.9	8.24	5.14	5.42	2.09
Sr(ppm)	268.61	88.67	269.07	174.05	274.58	394.4	330.87	131.14
Ta(ppm)	2.5	2.49	1.41	<1	2.05	1.31	<1	<1
Tb(ppm)	2.6	3.38	1.55	<1	1.91	1.26	1.19	<1
Ti(ppm)	0.62	0.4	0.46	0.34	0.54	0.48	0.41	0.18
Tm(ppm)	1.55	2.03	<1	<1	1.16	<1	<1	<1
Th(ppm)	5.69	9.2	4.1	<1	4	3.08	3.1	1.06
U(PPm)	3.1	17.13	2.38	2.73	2.65	2.07	1.47	5.51
Y(PPm)	55.91	86.8	33.73	8.41	40.25	26.03	26.8	9.7
Yb(ppm)	77.76	35.42	51.98	19.14	51.67	43.85	61.49	54.25
Zr(ppm)	233.81	191.92	188.61	78.66	228.45	161.44	138.72	59.08
Cs(ppm)	1.56	<1	1	13.44	1.43	35.86	<1	3.13
Hf(ppm)	18.63	23.76	13.89	5.61	16.41	12.73	10.3	3.77

نتیجه‌گیری

براساس مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی، سنگ‌های میزبان کانه‌زایی در منطقه محدوده مورد مطالعه شامل گدازه‌های با ترکیب بازالت، آندزیت و سنگ‌های آذرآواری از جمله توف و آگلومرا با ترکیب مشابه با سن ائوسن می باشند. عامل کنترل کننده کانه‌زایی در این محدوده دایک دیابازی با روند شمال شرقی- جنوب غربی است که احتمالاً تابع گسل‌های با این روند بوده است. دگرسانی‌های مشاهده

شده در منطقه عبارتند از: سیلیسی، کلریتی، کربناتی، سربستی، آرژیلیتی و اکسیدهای آهن. براساس تبعیت کانه‌زایی شکافه پرن در طرفین دایک، کانی‌شناسی ساده و دگرسانی‌های اطراف آن می‌توان نفوذ دایک دیابازی را عامل اصلی حرارتی در کانه‌زایی دانست. لذا می‌توان گفت گسل کنترل کننده نفوذ ماگما و تشکیل دایک و دایک عامل اصلی کانه‌زایی در درزه و شکاف موجود در سنگ میزبان، نقش تمرکز دهنده ماده معدنی را داشته است.

صحرایی و آزمایشگاهی کانسار مس قیصری احتمالاً یک کانسار گرمایی دما پایین و اپیژنتیک است که گسل‌ها کنترل کننده نفوذ دایک و دایک عامل حرارتی و کانه‌زایی شکافه‌پرکن در اطراف خود می‌باشد.

سپاسگزاری

نویسنده این مقاله از هیچ سازمان یا ارگانی کمک مالی دریافت نکرده است.

براساس بررسی‌های ژئوشیمیایی گدازه‌ها به سری ماگمایی - قلیایی و آهکی - قلیایی پتاسیم بالا وابسته‌اند که در یک رژیم زمین‌ساختی قوس‌های آتشفشانی وابسته به حاشیه فعال قاره‌ای تشکیل شده است. این ویژگی مربوط به محیط تکتونیکی وابسته مناطق فرورانش بوده و پدیده آلاینش پوسته‌ای را در سنگ‌ها نشان می‌دهد. از عوامل کنترل کننده ماگماتیسیم در کمان‌های ماگمایی پوسته‌ی اقیانوسی فرورونده، رسوبات فرورونده می‌باشند که نمایانگر تاثیرات آلاینش و هضم پوسته‌ای در ماگمای تشکیل دهنده سنگ‌های منطقه مورد مطالعه می‌باشند. براساس شواهد

پانویس

1-X-Ray Diffraction
2-X-ray Fluorescence

3-Inductively coupled plasma mass spectrometry

References

- Aldanmaz, E., Pearce, J.A., Thirlwall, M.F. and Mitchell, J.G., 2000. Petrogenetic evolution of late Cenozoic, post-collision volcanism in western Anatolia, Turkey, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 102(1), p. 67-95.
- Fisher, R.V., 1966. Rocks Composed of Volcanic Fragments and Their Classification. *Earth-Science Reviews*, v. 1, p. 287-298.
- Giggenbach, W.F., 1997. The origin and evolution of fluids in magmatic-hydrothermal Systems *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*, v. 3, p. 737-796.
- Ghorbani, Gh., 2005. Petrology of magmatic rocks of southern Damghan, PhD thesis, Shahid Beheshti University, 355 p.
- Craig, J.R., Vaughan, D.J. and Hagni, R.D., 1981. *Ore microscopy and ore petrography*, v. 406. New York: Wiley.
- Beane R.E., 1982. Hydrothermal alteration in silicate rocks. *Advances in Geology of the Porphyry Copper Deposits, Southwestern North America*, p. 117-137.
- Galley, A.G., Hannington, M.D. and Jonasson, I., 2007- Volcanogenic massive sulphide deposits. *Journal of Mineral Deposits of Canada*, v. 5, p. 141-161.
- Gill J., 2012. *Orogenic Andesites and Plate Tectonics*, Springer-Verlag, Vol. 16, Springer Science and Business Media, 382 p.
- Harker, A., 1909. *The Natural History of Igneous Rock*, Methuen Co. London, 344 p.
- Houshmandzadeh, A., Alavi Naeni, M. and Haqipour, A., 1978. Evolution of Geological Phenomena in the Torud Region, *Geology and Mineral Exploration Organization of Iran*, 138 p.
- Rvine, T.N. and Baragar, W.R.A., 1971. A guid to chemical classification of the common volcanic rocks. *Can.J.Sci*, v. 8, p. 523-548.
- Jafarian, M., 1994. Geological map with a scale of 1:100,000 of Kalate-Reshm, Publications of the Geological and Mineral Exploration Organization of the country.
- Khajehzadeh, H., 2009. Master's thesis, Petrology and geochemistry of intrusive igneous masses north of Moaleman, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, 253 p.
- Middlemost, E.A.K., 1994. Naming materials in the magma / igneous rock system, *Longman Groun u. k*, p. 73-86.
- Nakamura, N., 1974. Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 38, p. 757-775.
- Nesse, W.D., 2000-Introduction to mineralogy Oxford University Press, 442 p.
- Pearce, J., 1996. Sources and setting of granitic rocks, *Episode*, v. 19, p. 120-125.
- Rollinson, H.R., 2014. *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*, Routledge, Longman, UK, 352 p.
- Sun, S.S. and Mc Donough, W.F., 1989. *Chemical and Isotopic Systematics of Ocean Basins*. Geological Society of London Special Publication, 42. Black Well, Oxford, p. 313-346.
- Sillitoe, R.H., 1993. Epithermal models: genetic types, geometrical controls and shallow features. *Mineral Deposit Modeling, Geological Association of Canada Special Paper*, v. 40, p. 403-417.
- Taleh Masouleh, S., Ghorbani, M. and Hakimi Asiabar, S., 2010. Economic Geological Study of Chah- Gole Copper Deposit, Semnan, Northwest of Torud, *Scientific Research*

- Quarterly of Land and Resources, Lahijan Branch, v. 3(1), p. 74-87
- Tatsumi, Y. and Takahashi, T., 2006. Operation of subduction factory and production of andesite, Journal of Mineralogical and Petrological Sciences, v. 101(3), p. 145-153.
- Wood, D.A., 1980. The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. Earth and Planetary Science Letter, v. 50, p. 11-30.
- Thompson, R.N., 1982. Magmatism of the British Tertiary volcanic province, Scottish Journal of Geology, v. 18(1), p. 49-107.