



بررسی‌های ژئوشیمیایی، کانی‌شناسی و کانی‌سازی سولفیدی در رگه‌های کوارتز جنوب مشهد

نازنین گرمابی^۱، خسرو ابراهیمی^{۱*}، علیرضا مظلومی^۲، سید مسعود همام^۱

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- گروه زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور تهران

(دریافت مقاله: ۹۳/۱۰/۱۹، نسخه نهایی: ۹۴/۱۱/۱۵)

چکیده: منطقه‌ی شلگرد در جنوب مشهد (شمال شرق ایران) و در منطقه‌ی ساختاری بینالود قرار دارد. منطقه دستخوش دگرگونی ناحیه‌ای شده است و سنگ‌های دگرگون (اسلیت و فیلیت) بخش بزرگی از گستره‌ی مورد بررسی را پوشانده‌اند. واحدهای اسلیت، فیلیت، ماسه سنگ، و آهک دگرگون شده با سن تریاس و گنگلومرا با سن ژوراسیک به موازات و در راستای گسل سنگ بست شاندیز رخنمون دارند. کانی‌سازی در منطقه به صورت رگه‌ای در راستای $N50^{\circ}W$ و $N65^{\circ}E$ با شیب 75° است. کانه‌های اولیه شامل کوارتز، پیریت، کالکوپیریت، گالن، اوریبیمنت و رالگار بوده و کانی‌های ثانویه از ملاکیت، آزوریت، هماتیت، لیمونیت و کولیت تشکیل شده‌اند. نمونه برداری ژئوشیمیایی به روش رسوب آبراهه‌ای، بیهنجاری‌هایی از عناصر Ag, Cu, Pb, Zn, Fe را نشان می‌دهند. در نمونه‌های کانی سنگین، کانی‌هایی از قبیل اوریبیمنت، رالگار، طلا، پیریت، کلسیتریت مشاهده می‌شوند. همچنین براساس نتایج تجزیه‌های ژئوشیمیایی انجام شده روی نمونه‌های خرد سنتگی از رگه‌ی سطحی و توپل قدیمی، میزان طلا $4,424 \text{ ppm}$ ، نقره $4,4964 \text{ ppm}$ ، مس $1,4340 \text{ ppm}$ ، آهن $0,6939 \text{ ppm}$ ، و سرب $0,2825 \text{ ppm}$ بوده‌اند.

واژه‌های کلیدی: زمین‌شناسی؛ کانی‌سازی؛ ژئوشیمی؛ گسل سنگ بست شاندیز؛ شلگرد؛ جنوب مشهد.

رگه‌های کوارتز همراه با ملاکیت، آزوریت و اکسیدهای آهن ثانویه دیده می‌شوند. به نظر می‌رسد حفاری‌ها و فعالیت‌های معدن کاری قدیمی در محل رگه‌های کانی‌سازی نیز برای استخراج طلا، نقره و سرب حفر شده‌اند. از جمله بررسی‌های انجام شده قبلی در منطقه می‌توان به اولین گزارش وجود بی-هنچاری‌هایی از Pb, Ag, Zn در جنوب مشهد [۱]، نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ طرقه [۲]، بررسی بقایای رسوبی و زمین‌ساختی پالتوتیس در جنوب مشهد [۳]، نقشه‌ی زمین-شناسی ۱:۲۵۰۰۰ مشهد [۴]، بی‌جویی‌های ژئوشیمیایی و کانی سنگین در ورقه‌ی ۱:۱۰۰۰۰ طرقه [۵]، بی‌هنچاری ژئوشیمی در نواحی جنوب و غرب گستره‌ی بی‌هنچاری‌هایی از

مقدمه

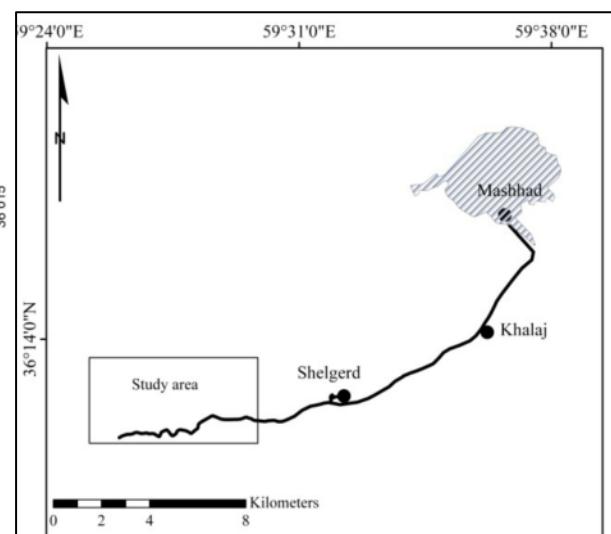
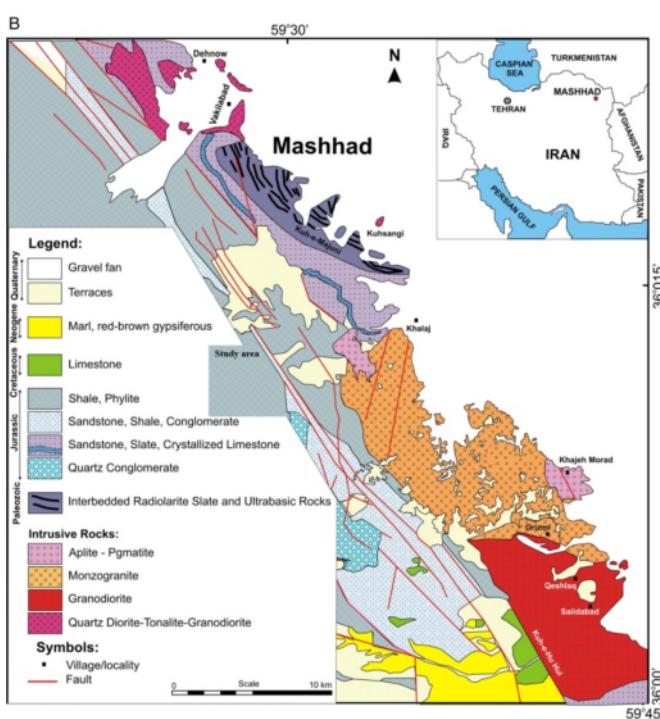
منطقه‌ی پی‌جویی شلگرد در فاصله‌ی ۱۴ کیلومتری جنوب غربی مشهد و در گستره‌ی طول شرقی $12^{\circ}36'W$ و عرض شمالی $۳۶^{\circ}59'E$ قرار گرفته است (شکل ۱). این منطقه در شمال شرق ایران و در ساختار بینالود قرار دارد. کانی‌سازی در دو رگه‌ی شمالی و جنوبی رخ داده است. در رگه‌ی شمالی با تشکیل دوگانه‌ی کانی اوریبیمنت+رالگار+گالن+پیریت و در رگه‌ی جنوبی شامل مجموعه‌ی گالن+کالکوپیریت+پیریت است. کانی کوارتز به عنوان تنها کانگ شناسایی شد و مجموعه ملاکیت+آزوریت+هماتیت+گوتیت+لیمونیت کانی‌های ثانویه حاصل از هوازدگی کانسارند. در منطقه‌ی مورد بررسی آثاری از

تعداد ۷۹ نمونه رسوب رودخانه‌ای و ۱۶ نمونه کانی سنگین برداشت شدند. آماده‌سازی و بررسی نمونه‌ها در سازمان اکتشافات زمین‌شناسی شمال شرق ایران صورت گرفت و نمونه‌ها برای آنالیز به روش ICP-MS و Fireassay ICP-MS از شرکت زرآزمای تهران ارسال شدند. پس از شناسایی نقاط دارای بیهنجاری و همخوانی نقاط بی‌هنجرار با رگه‌های معدنی، تعداد ۱۱ نمونه خردہ سنگی از رگه‌های کانی ساز برداشت شدند. آماده‌سازی و آنالیز نمونه‌های خردہ سنگی نیز به روش ICP-MS و Fireassay در شرکت زرآزمای تهران صورت گرفت،^۴ نمونه برای بررسی ژئوشیمی گالن از رگه‌های سطحی و تونل قدیمی، و ۳۵ با مقطع نازک با هدف بررسی‌های سنگنگاری و دگرسانی و ۳۰ نمونه مقطع بلوك صیقلی به منظور بررسی‌های کانی‌نگاری و کانی‌سازی رگه‌های سطحی و تونل قدیمی تهیه و بررسی شدند، و در پایان با جمع بندی و تلفیق اطلاعات نقشه‌ی زمین‌شناسی، نقشه‌ی دگرسانی و کانی‌سازی و ژئوشیمی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ در منطقه به وسعت ۲۲ کیلومتر مربع تهیه شدند و در نتیجه شکل هندسی و کانی‌سازی تونل قدیمی به دست آمد.

طلا، جیوه، مولیبدن، رالگار و گروه سرب- روی و در شمال آن شیلیت، کروم شناسایی شده‌اند [۵] اشاره کرد. این پژوهش با هدف بررسی پی‌جویی‌های ژئوشیمیایی (به روش رسوب رودخانه، کانی سنگین و خردہ سنگی) و پی‌جویی‌هایی برای شناسایی بی‌هنجراری‌های ژئوشیمیایی موجود و عناصر Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe و ... در گستره‌ی پی‌جویی شلگرد با گستردگی تقریباً ۲۲ کیلومتر مربع صورت گرفت و رگه‌های با کانی‌ساز با توجه به بی‌هنجراری حاصل از نتایج ژئوشیمیایی رسوب‌های آبراهه‌ای و کانی سنگین شناسایی شدند.

روش پژوهش

نخست نقشه‌ی زمین‌شناسی، کانی‌سازی و دگرسانی گستره، براساس بررسی‌های دورسنجی و پیمایش زمینی، تهیه شد. سپس پی‌جویی‌های ژئوشیمیایی رسوب‌های آبراهه‌ای، کانی سنگین و خردہ سنگی و تهیه‌ی نقشه‌های عناصر مختلف و تعیین نقاط دارای بی‌هنجراری با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ در گستره مورد نظر انجام شد. در این پژوهش به منظور بررسی اثرهای ژئوشیمیایی و کانی‌سازی Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe و ...



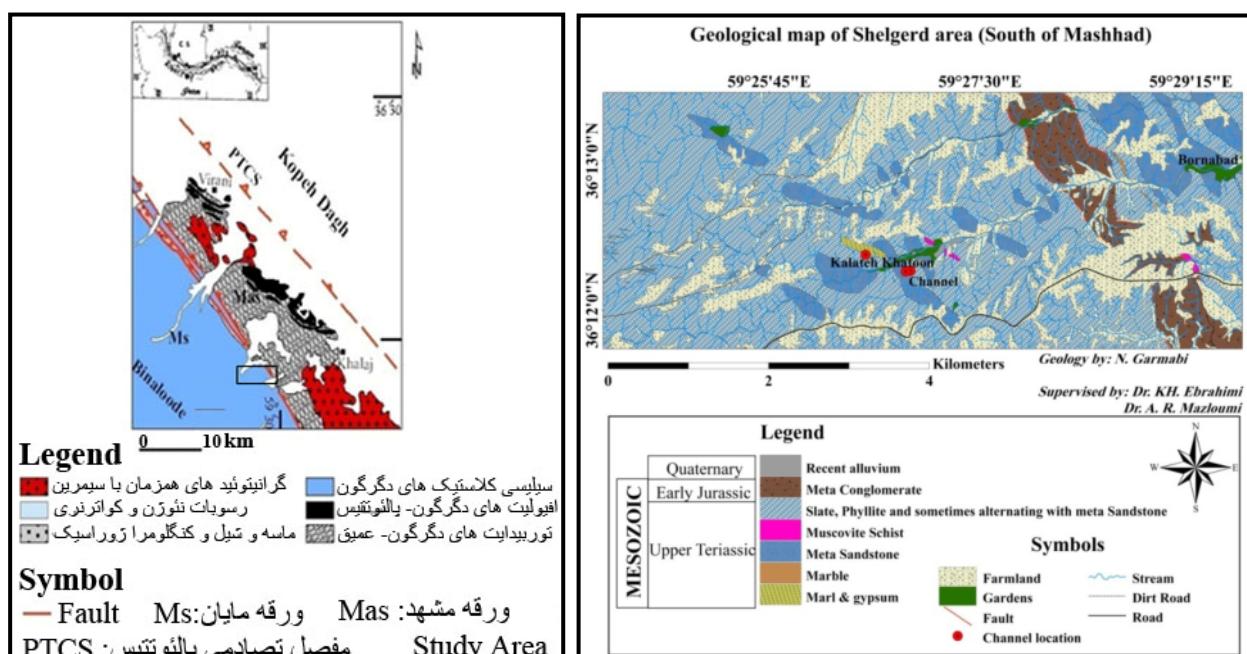
شکل ۱ مسیر ورود به منطقه‌ی بی‌جویی شلگرد [۶].

تقسیم کرد که شامل: سنگ‌های دگرگون، سنگ‌های رسوبی دگرگون شده و رسوب‌های عهد حاضر می‌شوند (شکل ۲).^۲ قدیمی ترین واحداً در منطقه عبارتند از اسلیت، فیلیت، شیست، ماسه سنگ دگرگون شده (متاسندرتون)، آهک دگرگون شده با سن تریاس. واحدهای دگرگونی اسلیت با میان لایه‌های فیلیت، بخش بزرگی از منطقه را پوشانده‌اند و در اغلب نقاط میزبان رگه‌های کانی‌سازی هستند. ماسه سنگ دگرگون شده با رگچه و رگه‌های فراوان کوارتز دارای دگرسانی سیلیسی است، شیست‌های سرخ و خاکستری و تناوب مارن و زیپس، آهک دگرگون شده با گستردگی محدود نیز در منطقه دیده می‌شوند، واحدهای کنگلومرا دگرگون شده (متاکنگلومرا) در بخش شرقی گستره در راستای گسل سنگ بست-شاندیز-ادامه دارند، منطقه‌ی مورد بررسی در حریم گسل سنگ بست-شاندیز قرار دارد. گسل اصلی سنگ بست شاندیز با پهنه‌ای متوسط ۳ کیلومتر، طول ۸۵ کیلومتر و روند شمال غربی-جنوب شرقی (N45W) است [۱۴] (شکل ۲). ترکیب کانی-شناختی این واحدها کوارتز، فلدسپات، سرسیت است. در سنگ‌های این واحد رگه‌های سیلیسی سفید رنگ دیده می‌شود که ستبرای آن‌ها از چند سانتی‌متر تا چند متر متغیر است و در برخی از رگه‌ها کانی‌سازی نیز مشاهده می‌شود.

زمین‌شناسی

شلگرد در شمال شرق ایران و در منطقه‌ی ساختاری بینالود قرار گرفته است. به عقیده [۸، ۷، ۳] منطقه‌ی ساختاری بینالود بخش شرقی رشته کوه البرز را تشکیل می‌دهد؛ در حالی که [۹] این منطقه را به ایران مرکزی وابسته می‌داند. رخمنون عمومی در رشته کوه‌های بینالود دارای روند تقریبی شرقی-غربی است. [۱۰] بینالود را منطقه‌ای تدریجی بین ایران مرکزی و البرز در نظر گرفته است. ولی به عقیده پژوهندگان دیگر کوه‌های بینالود شامل افیولیت و دنباله‌ی متافیلیتی باقیمانده از اقیانوس پالئوتیس است [۱۱، ۳] کوه‌های بینالود از نظر سنگ‌شناسی شامل سنگ‌ها و رسوب‌های پالئوزوئیک، مزوژوئیک و سنوزوئیک هستند [۱۲] و به عنوان بخش شرقی البرز متاثر از کوه زایی‌های سیمیرین و آلپین به حساب می‌آید [۱۳]. در نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ طرقه و مشهد رخمنون‌های سنگی گستره‌ی مورد بررسی به سری مایان [۳] با سن تریاس فوقانی-ژوراسیک زیرین و به مجموعه دگرگونی‌های مشهد نسبت داده شده‌اند. در این گستره سنگ‌ها دستخوش دگرگونی ناحیه‌ای در حد رخساره‌ی شیست سبز شده اند.

براساس بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی، واحدهای سنگی در منطقه‌ی بررسی شده را می‌توان به سه گروه اصلی



شکل ۲ (الف) نقشه زمین‌ساخت منطقه‌ی بینالود، [۸] (ب) نقشه زمین‌شناسی منطقه‌ی بینالود، [۸]

۱. کوارتز + گالن + کالکوپیریت + پیریت + مالاکیت + آزوریت +
هماتیت + گوتیت + لیمونیت.

۲. کوارتز + اورپیمنت + رالگار + گالن + پیریت + هماتیت +
گوتیت + لیمونیت.

تونل‌های قدیمی: در گستره‌ی بررسی‌ها چندین تونل قدیمی وجود دارند که احتمالاً برای استخراج طلا، نقره سرب حفر شده‌اند. تونل قدیمی در بخش جنوب گستره با مترا کمپاس برداشت شد. طول آن ۴۱ متر، عرض تونل از ۷۵ سانتیمتر تا ۲۵۰ متر تغییر می‌کند و میانگین ارتفاع ۱ متر اندازه‌گیری شد (شکل ۵). در نهایت شکل هندسی تونل ترسیم شد که روی آن موقعیت برداشت نمونه‌ها مشخص شده است. تونل حفر شده در رگه‌ی شمالی مسدود و قابلیت نقشه برداری ندارد.

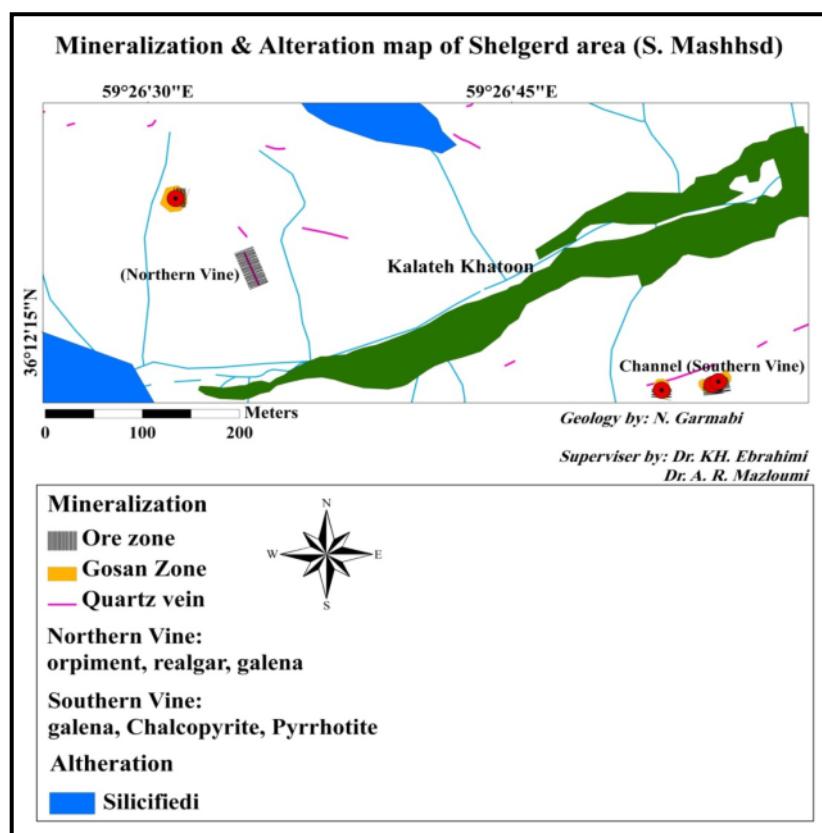
رخمنون‌های سطحی: در بخش مرکزی و شمال گستره، چندین رگه با عرض متغیر ۲۰ سانتیمتر تا ۲ متر و مجموع طول ۶۰ متر اندازه‌گیری شد.

به طور کلی کانی‌سازی‌های اولیه عبارتند از کوارتز، گالن، کالکوپیریت، پیریت، اورپیمنت و رالگار. کانه‌هایی که در مرحله‌ی ثانویه یا اکسایش شکل گرفته‌اند نیز شامل: مالاکیت، آزوریت، هماتیت، گوتیت و لیمونیت می‌شوند (شکل ۴).

کانی‌سازی

کانی‌سازی در منطقه‌ی پی‌جوبی به صورت رگه‌های درون واحدهای دگرگون با درجه‌ی پایین بیشتر به صورت اسلیت و فیلیت دیده می‌شود. روند کلی این رگه‌های N65E و N50W دارای شیب ۷۵°SW است. این رگه‌ها بیشتر در مرکز گستره‌ی بررسی شده مشاهده می‌شوند (شکل ۳). کانی‌های سولفیدی در اثر اکسایش موجب تشکیل منطقه‌ی گوسان شده‌اند. کارهای قدیمی و آثار متعددی نیز در مرکز منطقه، در محل منطقه‌ی گوسان و در محل رگه‌های همراه با کانی‌سازی مشاهده می‌شوند. براساس بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی رگه‌های کوارتز موجود در منطقه‌ی پی‌جوبی شلگرد را می‌توان به دو نسل تقسیم کرد. نسل اول: رگه‌هایی که هم راستا با شیستوزیته سنگ میزبان بوده‌اند. نسل دوم: رگه‌هایی که شیستوزیته سنگ میزبان را قطع کرده‌اند.

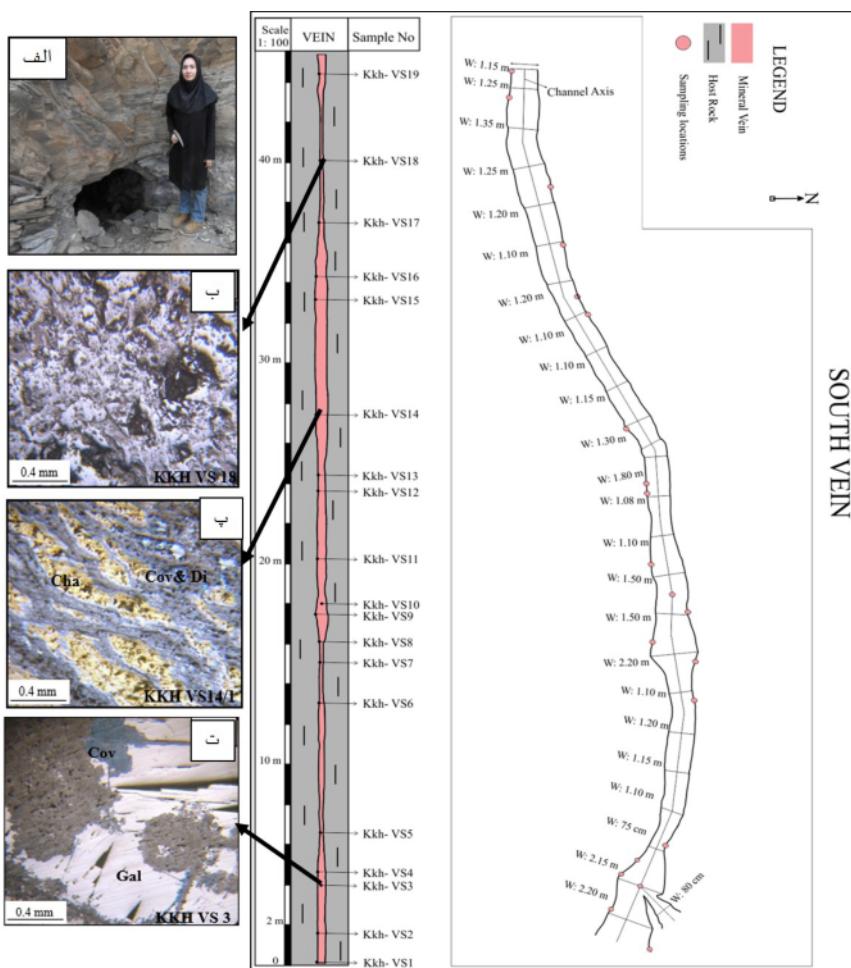
کانی‌سازی در منطقه شلگرد را می‌توان به دو مجموعه زیر رده‌بندی کرد. گروه اول کانی‌سازی در رگه‌ی جنوبی و ابسته به رگه و داخل تونل قدیمی است و گروه دوم در رگه‌ی سطحی (شمالی) است (شکل ۴). مجموعه‌ی کانی‌شناسی رگه‌ها به ترتیب به شرح زیر اند:



شکل ۳ نقشه‌ی دگرسانی و کانی‌سازی گستره اکتشافی شلگرد.

Mineral	Primary Hypogene Stage		Secondary Oxidation Stage
	Stage 1	Stage 2	
Quartz			
Pyrite			
Chalcopyrite			
Galena			
Covellite			
Cerussite			
Hematite			
Goethite			
Malachite			
Azurite			
Realgar & orpiment			

شکل ۴ دنباله پاراژنزی در گستره اکتشافی شلگرد.



شکل ۵ نیمرخ طولی تونل حفر شده در رگهی جنوبی (مختصات جغرافیای X: ۵۹° ۲۶' ۵۱" Y: ۳۶° ۱۲' ۱۶") و موقعیت نمونه‌های اخذ شده. الف: نما از دهانه‌ی ورودی تونل، ب: نمونه‌ی KKH-VS18 اکسیدهای آهن (هماتیت) در نور XPL. پ: نمونه‌ی 1/ KKH-VS14/ Cov & Di کالکوپیریت در حال تبدیل به کوولیت در نور XPL. ت: نمونه‌ی KKH-VS3 گالن در حال تبدیل شدن به کوولیت و سروزیت (بافت جانشینی) در نور XPL.

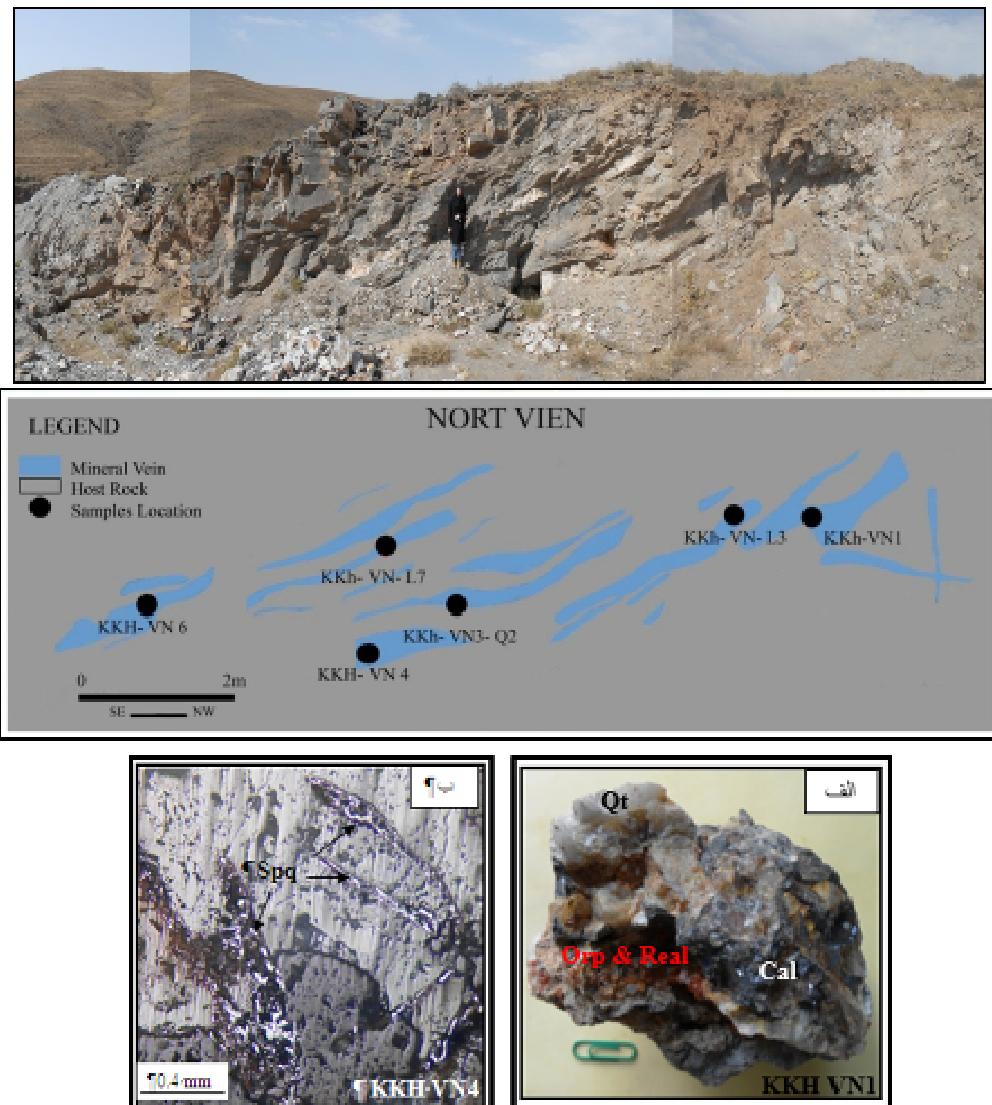
یک سانتیمتر، کانی کوارتز- گالن را قطع کرده است و بلورهای کالکوپیریت در کرانه‌ها به کوولیت تبدیل شده‌اند (شکل ۵ ج).

کوولیت که یک کانه‌ی سولفید مس است که به صورت جانشینی در حاشیه‌ی کانی گالن قرار گرفته است.

رگه‌ی سطحی: کانه‌های اصلی در این رگه شامل اوریبیمنت و رالگار هستند (شکل ۶ الف)، همچنین گالن به مقدار کمتر نسبت به تونل قدیمی دیده می‌شود کانی‌های ثانویه شامل هماتیت، گوتیت و لیمونیت می‌شوند، و نیز بافت سوزنی، تیغه‌های در کانی هماتیت (اسپیکیولاریت) دیده شده‌اند (شکل ۶ ب).

بررسی‌های کانه نگاری بافتی تونل قدیمی

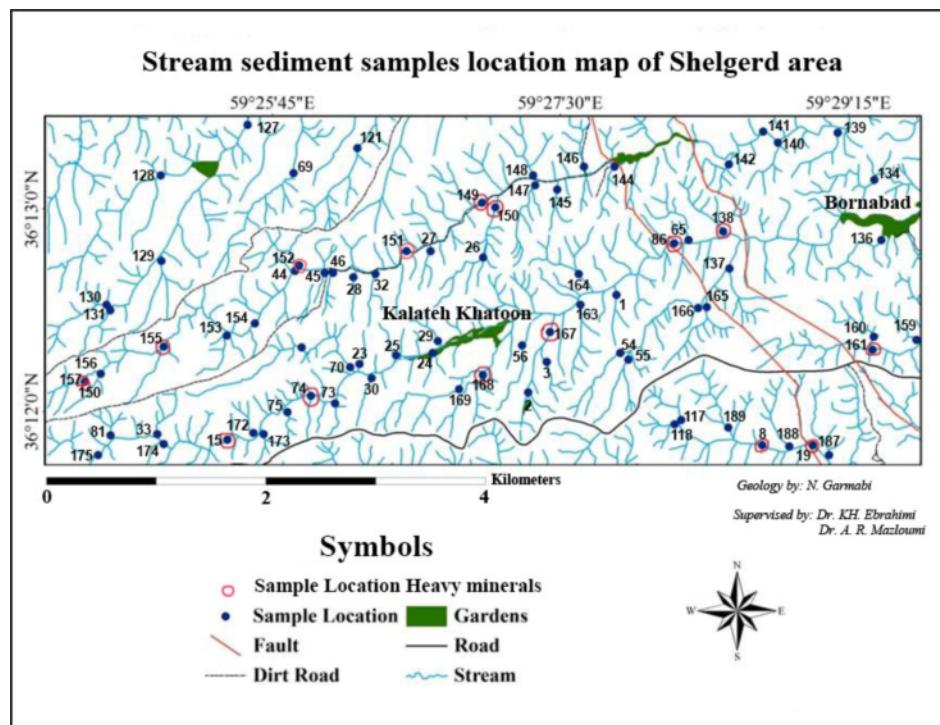
کانه‌های بررسی شده در اکثر مقاطع صیقلی عبارتند از کالکوپیریت، گالن، پیریت، هماتیت، مگنتیت، کوولیت، گوتیت و ملاکیت. گالن و کالکوپیریت را می‌توان به عنوان کانه‌های سولفیدی اصلی در تونل قدیمی معرفی کرد. حضور کانی ملاکیت در بعضی از نمونه‌های سطحی، حاصل فرایندهای هوازدگی کانی‌های اولیه مس (کالکوپیریت) هستند که به صورت پرکننده فضای خالی و پراکنده دیده می‌شوند. در بررسی کانی نگاری رگجهایی از کالکوپیریت با ضخامت حدود



شکل ۶ رخمنون رگه‌ی شمالی؛ دید به سمت جنوب، موقعیت رگه شمالی (مختصات جغرافیایی X: ۵۹ ۲۶ ۳۳ Y: ۳۶ ۱۲ ۱۷) و نمونه‌های مورد بررسی. الف: نمونه‌ی KKH-VN1 کانی‌های گالن، کوارتز، اوریبیمنت و رالگار در نمونه‌ی دستی. ب: نمونه KKH-VN4 اکسیدهای آهن و کوارتز در مقطع بلوك صیقلی هماتیت (اسپیکیولاریت) با صورت سوزنی و تیغه‌ای.

شدن. موقعیت نمونه‌ها (شکل ۷) و نتایج تجزیه‌ی آن‌ها در جدول‌های ۱، ۲ و ۳) ارائه شده‌اند.

ژئوشیمی
به منظور پی‌چویی‌های ژئوشیمیایی؛ ۷۹ نمونه رسوب رودخانه‌ای، ۱۶ نمونه کانی سنگین، و ۱۱ نمونه خرد سنگی برداشت



شکل ۷ موقعیت نمونه‌های ژئوشیمیایی (رسوب رودخانه و کانی سنگین)، منطقه‌ی پی‌چویی شلگرد.

جدول ۱ نتایج تجزیه‌ی ژئوشیمیایی نمونه‌های خرد سنگی به روش عیارسنگی آذری و ICP-MS، عنصر طلا برحسب ppb و عناصر دیگر برحسب ppm

No Sample	Y	X	Au (ppb)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)
92-M1	۴۰۰۹۵۳۳,۴	۷۱۹۶۸۸,۱	۳۹۰۹	۹,۸۰	۷۲۴۱	۸۲۹۹۹	۸۲۴	۱۹۲۸
92-M2	۴۰۰۹۵۴۴,۴	۷۱۹۶۵۱,۱	۱۸	۰,۲۸	۱۶۰	۱۰۱۴۹۹	۲۳۷۷	۱۱۱
92-M3	۴۰۰۹۶۰۷,۴	۷۱۹۴۴۸,۱	۴۴۲۴	۰,۳۸	۱۹۶۳	۵۱۱۶۰	۱۳۱۹	۱۲۲۳
92-M4	۴۰۰۹۶۴۷,۴	۷۱۹۳۰۸,۱	۱۲	۰,۷۰	۹۸	۹۴۳۴	۷۸	۶۹۳۹
92-M5	۴۰۰۶۶۵۷,۴	۷۱۹۴۶۴,۱	۴	۰,۳۰	۱۵	۴۶۸۳	۱۷۸۴	۹
92-M6	۴۰۰۹۵۰۵,۴	۷۱۹۵۳۵,۱	۷	۴۲,۸۰	۴۴۹۶۴	۱۴۳۴۰,۱	۲۸۲۵	۵
92-M7	۴۰۰۹۵۰۷,۴	۷۱۹۵۳۸,۱	۳۳۶	۱,۴۰	۳۲۵	۱۴۴۲۹	۱۲۲	۷۶۹
4-M1	۴۰۱۱۱۵۵,۰	۷۲۲۴۴۲,۰	۱۹	۰,۳۹	۴۰۹	۱۲۰۲۵۰	۳۳۶	۲۸۷
4-M2	۴۰۱۰۸۵۲,۰	۷۲۲۲۳۶۹,۰	۱۰	۱,۹۰	۱۳۴۶	۱۲۶۱۰,۸	۱۷۰	۹۶۱۰
142-M1	۴۰۰۸۴۵۵,۰	۷۲۱۴۷۳,۰	۱۴	۰,۱۷	۲۵	۲۶۴۱۵	۴۴	۹
142-M2	۴۰۰۸۴۴۲,۰	۷۲۱۴۸۷,۰	۲۱	۰,۷۰	۲۰۱	۳۷۸۰۰	۳۰	۱۴۲۳
KHH-VS	-	-	۲۳۰	۵۱,۲۰	۸۲۴۰	۶۴۷۶۳	۷۲۰	۶۶۹۴۸

جدول ۲ نتایج آنالیز ژئوشیمیایی رسوب رودخانه به روش عیارسنجی آذری و ICP-MS. عنصر طلا برحسب ppb و عناصر دیگر برحسب ppm است.

Sample No	X	Y	Au (ppb)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Sample No	X	Y	Au (ppb)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
۱	۷۲۱۴۶۴	۴۰۰۹۸۸۰	۱,۰۰	۰,۱۹	۳۰	۲۸۰۲۸۰	۱۸	۶۱	۱۳۹	۷۲۳۴۸۲	۴۰۱۱۳۶۰	۰,۸۰	۰,۲۰	۳۷	۳۲۵۶۶	۲۵	۶۷
۲	۷۲۰۶۶۰	۴۰۰۸۹۹۰	۰,۷۵	۰,۲۶	۳۷	۲۹۹۶۸	۲۹	۶۰۴	۱۴۰	۷۲۲۸۰۰	۴۰۱۱۳۷۰	۰,۸۰	۰,۲۴	۳۱	۳۰۸۳۸	۲۶	۶۶
۳	۷۲۰۸۳۱	۴۰۰۹۲۷۰	۰,۷۵	۰,۲۲	۲۵	۲۵۵۷۶	۱۹	۶۲	۱۴۱	۷۲۲۹۳۵	۴۰۱۱۲۷۰	۱,۰۰	۰,۱۸	۳۳	۲۸۰۰۵	۱۹	۵۷
۸	۷۲۲۷۹۳	۴۰۰۸۵۱۰	۲,۰۰	۰,۲۰	۲۳	۲۳۷۹۶	۱۷	۵۱	۱۴۲	۷۲۲۴۸۸	۴۰۱۱۰۷۰	۰,۸۰	۰,۲۶	۴۴	۳۶۵۳۴	۲۰۳۵	۷۱
۱۵	۷۱۷۹۱۹	۴۰۰۸۵۶۰	۳,۰۰	۰,۱۹	۳۰	۲۹۲۸۳	۲۶	۶۹	۱۴۴	۷۲۱۴۴۷	۴۰۱۱۰۵۰	۰,۸۰	۰,۲۰	۲۷	۲۶۰۰۳	۲۶	۵۲
۱۹	۷۲۳۲۵۶	۴۰۰۸۵۱۰	۰,۷۵	۰,۲۲	۲۴	۲۵۴۸۱	۲۰	۵۷	۱۴۵	۷۲۰۹۲۶	۴۰۱۰۱۸۴۰	۱,۰۰	۰,۲۰	۲۶	۲۷۸۲۷	۲۰	۶۰
۲۲	۷۱۸۲۲۱	۴۰۱۱۶۲۰	۰,۷۵	۰,۲۰	۳۴	۲۳۰۱۶	۲۹	۸۳	۱۴۶	۷۲۱۱۶۷	۴۰۱۱۰۵۰	۱,۰۰	۰,۲۰	۴۰	۳۳۴۴۰	۱۹	۶۳
۲۳	۷۱۹۱۲۳	۴۰۰۹۴۵۰	۰,۷۵	۰,۲۳	۳۱	۲۹۱۳۹	۲۷	۶۹	۱۴۷	۷۲۰۷۷۴	۴۰۱۰۱۸۸۰	۰,۸۰	۰,۲۲	۲۶	۲۷۴۴۵	۱	۵۷
۲۴	۷۱۹۷۹۰	۴۰۰۹۳۵۰	۱,۰۰	۰,۲۱	۳۰	۲۹۹۸۴	۳۱	۷۶	۱۴۸	۷۲۰۷۰۶	۴۰۱۰۰۹۷۰	۰,۸۰	۰,۲۰	۳۱	۳۲۹۷۵	۱۹	۵۹
۲۵	۷۱۹۴۵۶	۴۰۰۹۳۳۰	۱,۰۰	۰,۲۲	۶۸	۳۱۸۵۱	۳۱۶	۵۵۴	۱۴۹	۷۲۰۲۴۰	۴۰۱۰۱۷۲۰	۲,۰۰	۰,۲۱	۲۸	۲۸۲۷۴	۳۴	۶۹
۲۶	۷۲۰۲۵۰	۴۰۱۰۰۲۲۰	۰,۷۵	۰,۲۰	۲۲	۲۱۸۶۷	۱۹	۵۶	۱۵۰	۷۲۰۳۶۱	۴۰۱۰۱۶۸۰	۰,۸۰	۰,۲۰	۲۶	۲۷۴۴۷	۱۸	۵۹
۲۷	۷۱۹۷۷۱	۴۰۱۰۱۲۸۰	۰,۷۵	۰,۲۳	۲۶	۲۷۴۸۳	۲۰	۶۶	۱۵۱	۷۱۹۵۵۳	۴۰۱۰۱۲۸۰	۰,۸۰	۰,۲۰	۲۹	۲۹۳۲۷	۲۹	۷۲
۲۸	۷۱۹۰۸۹	۴۰۱۰۰۴۰	۰,۵۰	۰,۲۱	۳۱	۲۷۶۳۷	۱۰۲	۱۰۶	۱۵۳	۷۱۹۹۱۴	۴۰۰۹۵۱۰	۰,۸۰	۰,۲۰	۳۶	۲۵۲۹۰	۱۸	۶۱
۲۹	۷۱۹۸۲۸	۴۰۰۹۴۶۰	۰,۷۵	۰,۲۱	۴۰	۲۶۸۸۹	۲۰۸	۲۱۴	۱۵۴	۷۱۸۱۷۱	۴۰۰۹۶۲۰	۱,۰۰	۰,۱۹	۲۸	۲۵۸۹۸	۲۲	۵۶
۳۲	۷۱۹۲۸۹	۴۰۱۰۰۷۰	۰,۷۵	۰,۲۲	۳۲	۲۸۴۵۹	۱۲۰	۱۶۱	۱۵۵	۷۱۷۳۴۰	۴۰۰۹۴۱۰	۰,۸۰	۰,۲۹	۲۸	۲۸۹۵۸	۲۱	۶۴
۴۴	۷۱۸۵۳۷	۴۰۱۰۱۰۰	۴,۰۰	۰,۲۰	۲۶	۲۷۰۴۵	۲۰	۶۲	۱۵۶	۷۱۶۷۶۵	۴۰۰۹۱۶۰	۰,۸۰	۰,۲۳	۳۱	۳۰۱۲۱	۲۳	۶۴
۴۵	۷۱۸۸۷۷	۴۰۱۰۰۸۰	۰,۷۵	۰,۲۴	۲۷	۲۸۰۴۹	۲۷	۶۷	۱۵۷	۷۱۶۶۲۳	۴۰۰۹۰۹۰	۴,۰۰	۰,۱۹	۲۷	۲۹۲۵۶	۲۲	۶۴
۴۶	۷۱۸۸۸۴	۴۰۱۰۰۸۰	۰,۷۵	۰,۲۳	۲۶	۲۸۱۶۹	۳۴	۸۱	۱۵۸	۷۲۲۴۳۷۶	۴۰۰۹۶۸۰	۰,۸۰	۰,۱۹	۴۲	۳۲۰۶۰	۲۰	۷۰
۵۰	۷۲۰۴۱۰	۴۰۰۸۲۸۰	۰,۷۵	۰,۲۲	۲۶	۲۵۴۰۰	۱۹	۵۹	۱۵۹	۷۲۴۱۹۹	۴۰۰۹۴۷۰	۰,۸۰	۰,۲۳	۳۹	۳۲۶۳۶	۱۹	۶۷
۵۴	۷۲۱۴۹۹	۴۰۰۹۳۵۰	۱,۰۰	۰,۱۹	۲۱	۲۳۱۴۹	۱۹	۵۱	۱۶۰	۷۲۲۳۱۸۰	۴۰۰۹۵۰۰	۰,۸۰	۰,۱۹	۳۶	۲۹۹۵۳	۱۸	۶۱
۵۵	۷۲۱۵۹۴	۴۰۰۹۲۹۰	۰,۷۵	۰,۲۰	۲۱	۲۳۶۰۹	۱۹	۵۵	۱۶۱	۷۲۳۷۹۹	۴۰۰۹۳۸۰	۰,۸۰	۰,۱۷	۳۰	۲۸۲۵۰	۱۸	۵۷
۵۶	۷۲۰۶۰۴	۴۰۰۹۴۲۰	۱,۰۰	۰,۲۷	۳۰	۲۰۹۲۹	۵۳	۱۰۳	۱۶۳	۷۲۱۱۳۶	۴۰۰۹۷۹۰	۱,۰۰	۰,۲۱	۲۷	۳۰۵۸۰	۱۶	۶۰
۶۹	۷۱۸۵۲۳	۴۰۱۰۰۹۹۰	۰,۷۵	۰,۲۴	۲۶	۲۶۶۳۰	۲۴	۶۴	۱۶۴	۷۲۱۱۲۲	۴۰۱۰۰۷۰	۰,۸۰	۰,۲۹	۳۱	۳۱۰۶۹	۲۰	۶۶
۷۳	۷۱۸۹۰۰	۴۰۰۸۸۱۹۹۰	۱,۰۰	۰,۲۲	۲۹	۲۷۳۴۷	۳۱	۶۵	۱۶۵	۷۲۲۲۸۹	۴۰۰۹۷۷۰	۰,۸۰	۰,۲۰	۲۵	۲۶۹۴۹	۱۸	۵۴
۷۴	۷۱۸۶۸۱	۴۰۰۸۸۹۶۰	۰,۷۵	۰,۲۲	۲۹	۲۸۶۳۱	۲۷	۶۸	۱۶۶	۷۲۲۲۰۹	۴۰۰۹۷۶۰	۲,۰۰	۰,۱۸	۲۳	۲۴۸۵۳	۱۳	۵۰

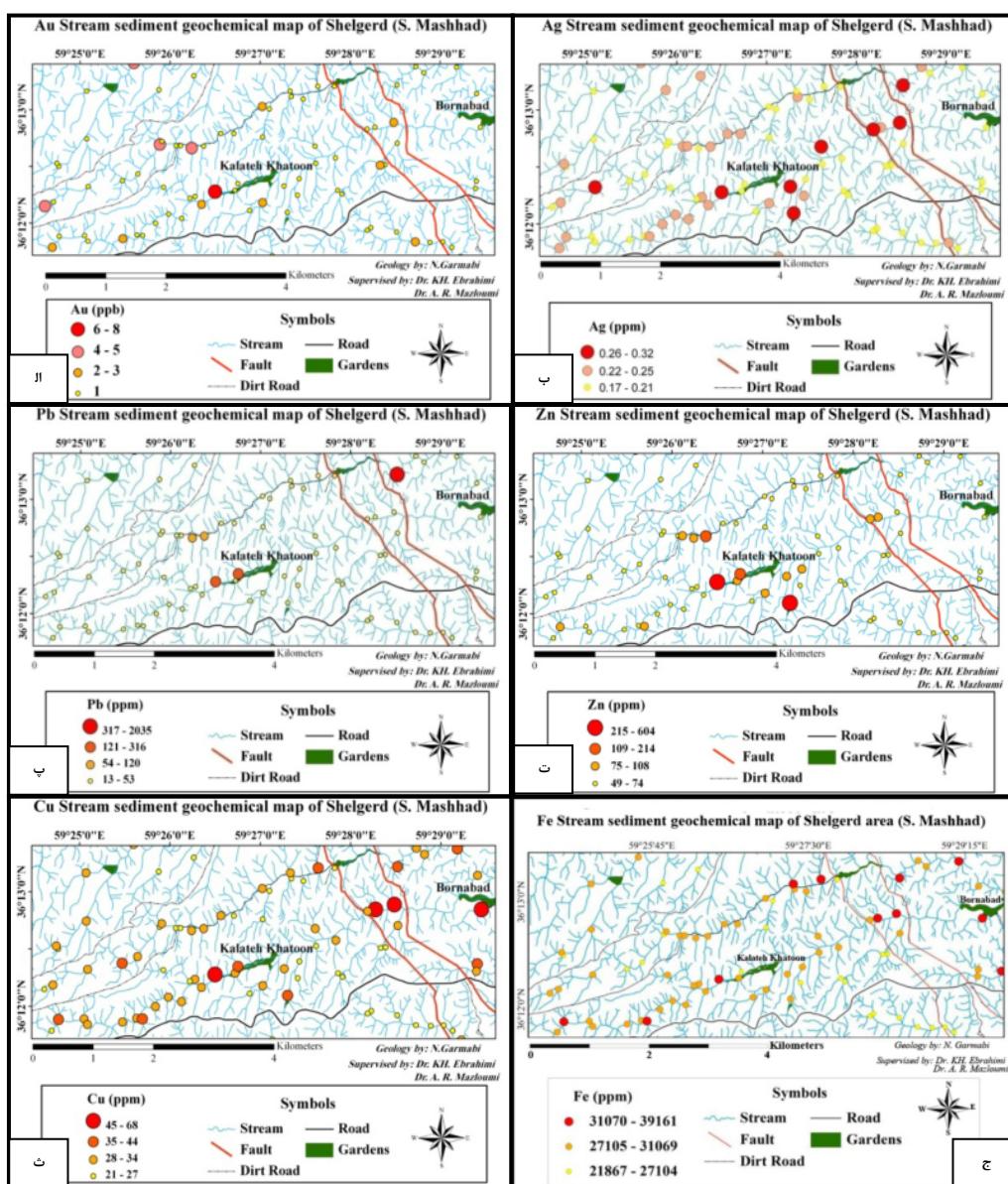
جدول ۳ ادامه نتایج آنالیز ژئوشیمیایی رسوب رودخانه به روش عیارسنجی آذری و ICP-MS. عنصر طلا برحسب ppb و عناصر دیگر برحسب ppm است.

Sample No	X	Y	Au (ppb)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Sample No	X	Y	Au (ppb)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
۷۵	۷۱۸۴۸۷	۴۰۰۸۸۱۰	۱,۰۰	۰,۲۴	۳۰	۲۹۸۹۷	۲۹	۶۸	۱۶۷	۷۲۰۸۵۹	۴۰۰۹۵۴۰	۰,۸۰	۰,۲۱	۲۷	۲۷۸۰۶	۲۴	۱۰۸
۸۶	۷۲۱۹۹۱	۴۰۱۰۳۵۰	۰,۷۵	۰,۲۶	۳۰	۳۰۱۸۴	۳۶	۹۶	۱۶۸	۷۲۰۲۴۹	۴۰۰۹۱۵۰	۳,۰۰	۰,۲۲	۲۸	۲۹۳۶۳	۵۰	۸۱
۱۱۷	۷۲۲۰۰۴	۴۰۰۸۷۴۰	۰,۷۵	۰,۲۱	۲۳	۲۳۳۸۰	۱۶	۵۱	۱۷۰	۷۱۹۰۳۹	۴۰۰۹۲۲۰	۰,۸۰	۰,۱۷	۲۷	۲۸۳۳۶	۲۰	۶۳
۱۱۸	۷۲۱۹۹۴	۴۰۰۸۷۰۰	۱,۰۰	۰,۱۹	۲۴	۲۴۴۲۹	۱۹	۵۱	۱۷۱	۷۱۸۵۷	۴۰۰۹۴۰۰	۱,۰۰	۰,۲۰	۲۶	۲۷۷۷۱	۲۱	۶۲
۱۲۰	۷۱۹۲۴۵	۴۰۱۱۶۵۰	۰,۷۵	۰,۲۳	۳۱	۲۸۷۷۲	۲۶	۷۱	۱۷۲	۷۱۸۱۵۷	۴۰۰۸۶۲۰	۰,۸۰	۰,۱۸	۲۸	۲۸۶۸۰	۲۴	۶۲
۱۲۱	۷۱۹۱۴۰	۴۰۱۱۲۲۰	۱,۰۰	۰,۲۵	۲۶	۲۵۰۴۰	۲۷	۶۱	۱۷۳	۷۱۸۲۵۰	۴۰۰۸۶۱۰	۰,۸۰	۰,۲۴	۳۵	۳۵۷۱۱	۳۰	۸۳
۱۲۷	۷۱۸۱۰۵	۴۰۱۱۴۳۰	۴,۰۰	۰,۲۵	۳۳	۳۰۵۹۳	۲۶	۶۶	۱۷۴	۷۱۷۳۳۹	۴۰۰۸۲۵۰	۰,۸۰	۰,۲۱	۲۹	۲۹۷۵۵	۲۴	۶۳
۱۲۸	۷۱۷۳۱۸	۴۰۱۰۹۷۰	۰,۷۵	۰,۱۸	۳۱	۲۸۱۱۲	۲۰	۵۸	۱۷۳	۷۲۲۴۱۳	۴۰۰۸۵۶۰	۱,۰۰	۰,۲۴	۴۶	۳۶۸۶۰	۲۲	۹۰
۱۲۹	۷۱۷۳۱۸	۴۰۱۰۱۹۰	۱,۰۰	۰,۱۸	۲۹	۲۹۳۴۱	۲۲	۶۲	۱۸۵	۷۲۲۹۳۴	۴۰۰۷۷۹۰	۱,۰۰	۰,۲۱	۲۶	۲۷۱۰۴	۲۰	۶۱
۱۳۰	۷۱۶۸۰۳	۴۰۰۹۷۴۰	۰,۷۵	۰,۱۹	۲۶	۲۶۰۴۵	۱	۵۳	۱۸۶	۷۲۳۵۴۶	۴۰۰۷۷۹۰	۰,۸۰	۰,۲۰	۳۰	۲۷۸۰۹	۲۲	۷۰
۱۳۱	۷۱۶۸۱۹	۴۰۰۹۷۹۰	۰,۷۵	۰,۲۴	۲۹	۳۰۷۹۵	۲۱	۶۲	۱۸۷	۷۲۳۴۰۱	۴۰۰۸۴۲۰	۰,۸۰	۰,۲۰	۲۳	۲۵۴۷۸	۱۷	۵۳
۱۳۴	۷۱۷۳۸۱۵	۴۰۱۰۹۳۰	۰,۷۵	۰,۲۰	۳۳	۲۷۹۴۰	۱۸	۵۸	۱۸۸	۷۲۳۰۳۹	۴۰۰۸۰۰۰	۰,۸۰	۰,۱۷	۲۶	۲۶۹۶۶	۱۶	۵۴
۱۳۵	۷۱۷۴۲۶۶	۴۰۱۰۸۳۰	۲,۰۰	۰,۱۴	۳۳	۳۰۷۰۵	۲۰	۶۲	۱۸۹	۷۲۲۴۸۳	۴۰۰۸۶۷۰	۱,۰۰	۰,۱۹	۲۴	۲۶۰۳۰	۲۰	۵۸
۱۳۶	۷۱۷۳۸۷۹	۴۰۱۰۳۸۰	۰,۷۵	۰,۲۰	۴۹	۳۵۷۱۴	۲۵	۶۹	۱۹۰	۷۲۲۶۸۱	۴۰۰۷۰۶۰	۰,۸۰	۰,۲۲	۳۰	۳۳۷۷۶	۲۰	۶۷
۱۳۸	۷۱۷۲۴۳۵	۴۰۱۰۴۶۰	۱,۰۰	۰,۲۷	۴۸	۳۹۱۶۱	۲۹										

آماده سازی برای ۳۵ عنصر به روش ICP-MS و عیارسنجی، تجزیه شوند. نمونه‌های کانی سنگین در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی شمال شرق مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه‌ی نمونه‌ها، نقشه‌ی توزیع و الگوی پراکندگی طلا، نقره، سرب، روی و مس ترسیم شدند. خلاصه‌ی توزیع عناصر اصلی در منطقه به شرح زیر است. طلا (Au): مقدار طلا در نمونه‌ها بین ۰/۷۵-۸ ppb متغیر بود. بیشترین مقدار طلا در نمونه‌ی شماره ۲۵ اندازه‌گیری شده که از پایین دست آبراهه‌ی جنوبی گستره‌ی مورد بررسی برداشت شده بود (شکل ۸-الف).

ژئوشیمی رسوبر و کانی سنگین

هر نمونه ژئوشیمیایی رسوبر و کانی سنگین از حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ گرم جزء زیر ۸۰ مش الک شد و در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی و کدگزاری شدند. هر نمونه کانی سنگین از چند محل که احتمال تمرکز کانی سنگین در آن بیشتر بود جمع آوری شدند و در این مکان‌ها ذرات شن و ماسه بیشتر حضور داشتند. وزن نمونه پس از الک کردن حدود ۷ لیتر از جزء زیر ۲۰ مش حاصل گردید. برای کاهش وزن نمونه‌ها، سهولت حمل و نقل و شستشو، هر نمونه در محل الک شد. نمونه‌های آبراهه‌ای به آزمایشگاه شرکت زرآزمایی در تهران ارسال شدند تا پس از



شکل ۸ الگوی پراکندگی ژئوشیمیایی رسوبرهای آبراهه‌های، (الف) عنصر طلا، (ب) عنصر نقره، (پ) عنصر سرب، (ت) عنصر روی، (ث) عنصر مس، (ج) عنصر آهن.

بیشترین مقدار مربوط به آبراهه جنوبی بوده است (شکل ۸-ث).

مس (Cu): فراوانی مس در منطقه از ۶۸ ppm تا ۲۱ متغیر و بنابر الگوی پراکندگی Au و Ag وابسته به نمونه شماره ۲۵ بوده است (شکل ۸-ج).

کانی‌های سنگین

۱۶ نمونه کانی سنگین برداشت شدند که با تلفیق گستره‌های بی‌亨جار و حذف گستره‌های کم ارزش؛ در نهایت ۹ نمونه کانی سنگین شناسایی شدند که دارای بیشترین بیهنجاری بوده‌اند. در این بررسی‌ها، کانی‌هایی از قبیل اورپیمنت، رالگار، طلا، پیریت، کاسیتیریت و ... شناسایی و توصیف نمونه‌های کانی سنگین در جدول ۴ ارائه شده‌اند.

نقره (Ag): مقدار نقره از ۰/۳۲ ppm تا ۰/۱۷ ppm را نشان می‌داد (شکل ۸-ب)، بیشترین مقدار نقره وابسته به نمونه شماره ۲۵ و کمترین میزان از آبراهه جنوبی گستره‌ی با نمونه‌های شماره ۱۰۶-۱۷۰-۱۸۸ اندازه‌گیری شد.

سرب (Pb): مقدار سرب گستره ۰/۲۰-۰/۲۵ ppm است؛ بیشترین مقدار آن مربوط به نمونه شماره ۱۴۲ و کمترین آن مربوط به نمونه‌ی آبراهه‌ای ۱۳۳ و ۱۶۶ وابسته بوده است (شکل ۸-پ).

روی (Zn): مقادیر روی بین ۴۰/۴-۶۰/۴ ppm متغیر بود بیشترین مقدار روی از نمونه‌ی شماره ۲ در آبراهه‌ی جنوبی گستره یاد شده به دست آمد (شکل ۸-ت).

آهن (Fe): فراوانی آهن از ۳۹۱۶۱-۲۱۸۶۷ ppm متغیر بود، میزان آهن در نقاط مختلف بیهنجاری بالایی را نشان می‌داد.

جدول ۴ نتایج بررسی‌های کانی‌های سنگین.

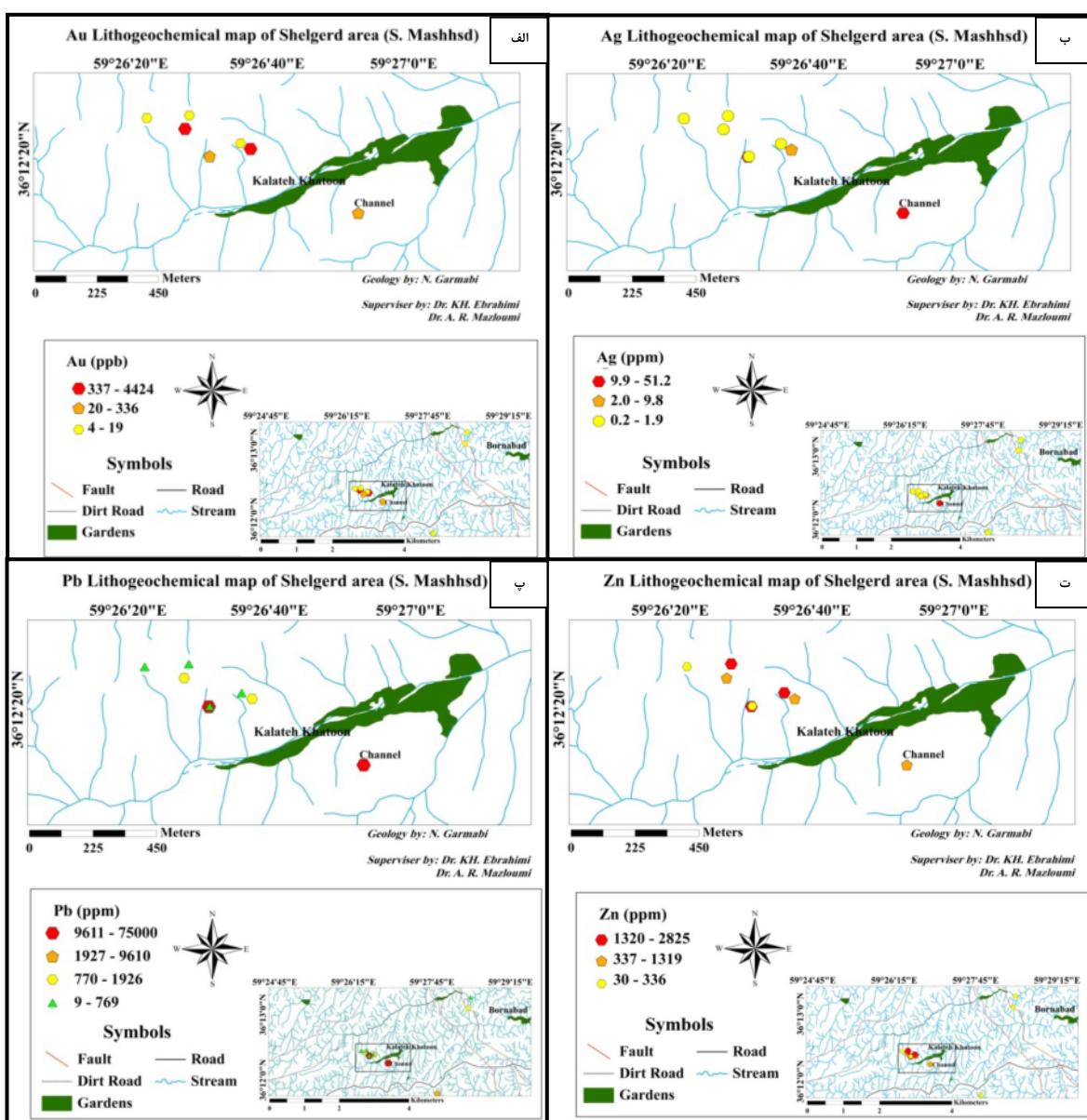
کانی‌های سنگین (ppm)	Y	X	شماره نمونه
-	۴۰۰۹۴۱۰	۷۱۷۳۴۰	MF-155-H
-	۴۰۰۹۰۹۰	۷۱۶۶۲۲۳	MF-157-H
-	۴۰۱۰۶۸۰	۷۲۰۲۶۱	MF-150-H
زیرکن (۱۵۰/۱۰)، طلا (۳۳۳/۲)، شیئلیت (۳۳۳/۲)، الیژیست (۱۸۲/۸)	۴۰۱۰۷۲۰	۷۲۰۲۴۱	MF-149-H
-	۴۰۱۱۴۳۰	۷۱۸۱۱۱۵	MF-127-H
-	۴۰۱۰۲۸۰	۷۱۹۵۵۳	MF-151-H
لیمونیت (۷۵۰/۹۹)	۴۰۱۰۴۶۰	۷۲۲۲۴۵۳	MF-138-H
-	۴۰۰۹۵۴۰	۷۲۰۸۵۹	MF-167-H
رالگار (۰/۰۷۹)، اورپیمنت (۰/۰۲۹۷)	۴۰۱۰۳۵۰	۷۲۱۹۹۱	MF-86-H
-	۴۰۱۰۸۳۰	۷۲۴۲۶۶	MF-135-H
روتیل (۰/۰۷۹۱)، سلسیتیت (۰/۰۴۲۵)	۴۰۰۸۵۱۰	۷۲۲۳۲۵۶	MF-19-H
مگنتیت (۶۰/۶۲۱)، آپاتیت (۱۴۵/۱)، پیریت (۶۰/۲۰)، کربنات (۱۳۰/۰۸۰)، نیگرین (۵۰/۴۰)، دیستن (۲۹۶/۱)، هماتیت (۱۲۰/۸۲۵)، گوتیت (۴۰۰/۲۳۷)، اکسید پیریت (۲۴۳)، پیریت و لیمونیت (۰/۰۶۰، ۰/۴۸)، پیروکسن (۰/۶۸۰، ۰/۱۰۳)، آمفیبول (۰/۰۶۹)، اپیدوت (۰/۱۰۶)، گارنت (۰/۴۴۰، ۰/۷۳)	۴۰۰۸۵۱۰	۷۲۲۲۷۹۳	MF-8-H
سینابر (۰/۰۹۷۲)، کلریت (۰/۰۴۷۵)	۴۰۰۸۹۶۰	۷۱۸۶۸۱	MF-74-H
اسفن (۰/۰۲۰)، باریت (۰/۰۸۱)	۴۰۰۹۳۸۰	۷۲۳۷۹۹	MF-161-H
-	۴۰۰۸۵۶۰	۷۱۷۹۱۹	MF-15-H
مالاکیت (۰/۰۴۲۷)، اسفالریت (۰/۰۲۸۴)، فلوریت (۰/۰۱۱۳)، مس (۰/۰۳۲۹)، کاسیتیریت (۰/۰۸۰، ۰/۰۳۶)	۴۰۰۹۱۵۰	۷۲۰۲۴۹	MF-168-H

طلاء (Au): مقدار طلا از ۴ تا ۴۴۲۴ ppb متغیر بود. بیشترین مقدار این عنصر در شمال منطقه و در رگهی شمالی در غرب مزرعه کلاته خاتون وجود دارد (شکل ۹-الف).

نقره (Ag): مقدار نقره از ۰.۲۸ تا ۵۱.۲ ppm متغیر بود. بیشترین مقدار این عنصر در جنوب منطقه و در رگهی شمالی بخش غرب مزرعه کلاته خاتون مشاهده شد. بیشترین تمرکز این عنصر در رگههای کانی‌سازی داخل تونل قدیمی (منطقه گوسان) وجود داشت (شکل ۹-ب).

ژئوشیمی خردہ سنگی

بر اساس شواهد صحرایی و نتایج به دست آمده از تجزیه نمونه‌های رسوب رودخانه‌ای و کانی سنگین، نقاط مستعد کانی‌سازی شناسایی شدند و پس از پیمایش صحرایی و شناسایی دقیق مکان‌های کانی‌سازی ۱۶ نمونه‌ی خردہ سنگی با وزن حدود ۳ کیلوگرم از رگههای و نقاط کانی‌سازی برداشت شدند. نمونه‌ها برای آماده سازی و تجزیه به روش ICP-MS و عیارسنگی به شرکت زرآما تهران ارسال شدند. نتایج بررسی‌های ژئوشیمیایی خردہ سنگی به شرح زیر اند.



شکل ۹ نقشه ژئوشیمی خردہ سنگی-دگران گستره‌ی پی‌جويی شلگرد، برای عناصر: (الف) طلا، (ب) نقره، (پ) سرب، (ت) روی.

آنتیموان و بیسموت بستگی دارد [۱۸]. حضور و مقدار Sb و Bi نیز متاثر از دما بوده است به طوری که اگر گالن به صورت اولیه بود مقدار بیسموت بالا و آنتیموان پایین می‌بودند و در گالن‌های ثانویه بیسموت کم و آنتیموان بالا شکل می‌گرفت. همچنین از مقدار آنتیموان و بیسموت می‌توان به منظور تعیین دما، فشار تشکیل کانه، شیمی دیواره و محلول‌های کانه‌ساز استفاده کرد به طوری که اگر نسبت Sb/Bi کمتر از ۰,۰۶ بود گالن با دمای بالا و اگر بین ۶ تا ۱۳ بود، با دمای پایین تشکیل می‌شد [۱۹]. کانسارهای همراه با مagma تیسم از نقره، بیسموت، آهن و منگنز غنی شده‌اند، در حالی که کانسارهای رسوی دگرگون شده آنتیموان و گالیم و ... غنی شدگی دارند و نشان می‌دهد که با افزایش دمای تشکیل کانه محتوای نقره در گالن افزایش می‌یابد و میزان نقره با دما دارای روند خطی است [۱۸]. براساس بررسی‌های یاد شده ۲ نمونه از رگهی شمالی و ۲ نمونه از رگهی جنوبی برداشت و به روش جذب اتمی برای عناصر Ag, Sb, Bi تجزیه شدند و روی نمودار آن‌ها ترسیم شدند نمونه‌ی شماره VS ۳.۱ مقدار بیسموت بیشتری را نسبت به ۳ نمونه دیگر نشان می‌دهد و نتایج تجزیه گویای مقادیر بالای عناصر نقره و آنتیموان است (شکل ۱۰). با توجه به برداشت‌ها و تجزیه‌ی نمونه‌ها، دما در حد پایین تا متوسط و کانی‌سازی از نوع روزادی به دست آمد و با چند کانسار مقایسه شد (جدول ۵).

سرب (Pb): مقدار سرب از ۹ تا ۷۵۰۰ ppm متغیر بود. بیشترین مقدار این عنصر در رگهی جنوب مزرعه‌ی کلاته خاتون و به نمونه‌ی برداشت شده از داخل تونل قدیمی بوده است. عنصر سرب با نقره همبستگی مثبت داشتند. در این تونل کانی گالن به فراوانی دیده شد (شکل ۹-پ).

روی (Zn): مقدار روی از ۳۰ تا ۲۸۲۵ ppm متغیر بود. بیشترین مقدار این عنصر در رگهی شمال مزرعه کلاته خاتون اندازه‌گیری شد. بالاترین مقادیر در دهانه‌ی تونل قدیمی در رگه‌های یاد شده اندازه‌گیری شدند (شکل ۹-ت).

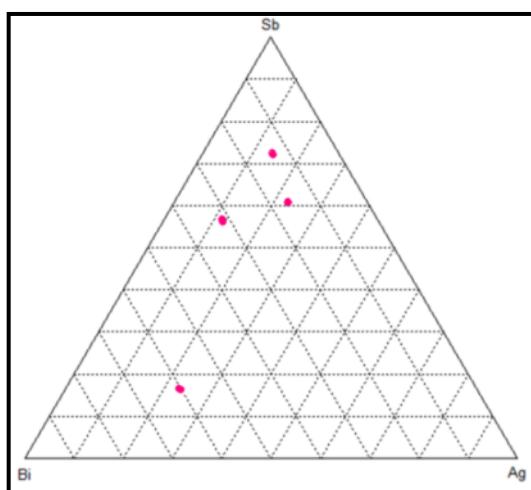
مس (Cu): مقدار مس ۱۵ تا ۴۴۹۶۴ ppm متغیر بوده است. بیشترین مقدار آن در رگهی جنوب مزرعه کلاته خاتون اندازه‌گیری و بیشترین تمرکز در تونل قدیمی، جنوب گستره‌ی مشاهده شدند.

ژئوشیمی کانی گالن

کانی گالن قادر است علاوه بر سازه‌ای اصلی خود (Pb, S) عناصر دیگری همچون نقره، آنتیموان، بیسموت، آرسنیک، روی، کادمیوم، سلنیوم و مس را به صورت جزئی در خود جای دهد [۱۵]. شکل دیگر تمرکز نقره در گالن به صورت حضور در کانی‌های نقره‌دار است [۱۶]. مقدار بیسموت و آنتیموان در گالن می‌تواند شاخص شرایط تشکیل کانسار باشد [۱۷]. نقره یکی از عناصری است که به راحتی قادر است در ساختار بلوری گالن جانشینی شود. اما این جانشینی شدیداً به حضور

جدول ۵ نتایج تجزیه جذب اتمی کانی گالن گستره‌ی بی‌جویی شلگرد در مقایسه با کانسارهای مختلف (Song 1984) ۱: کانسار سرب و روی ارم بزرگ، ارم کوچک و آساران، ۲: Upper Mississippi Valley (گالن همزاد)، ۳: British Island (کانسار پلی متال ولکانو-هیدروترمال)، ۴: Lower- Middel Yangtze (کانسار اسکارن-هیدروترمال)، ۵: Broken Hill (کانسار اسکارن-هیدروترمال)، ۶: Xiatieshan, China (کانسارهای رسوی دگرگون شده)، ۷: Wood River (کانسار سرب و نقره هیدروترمال)، ۸: Valley (کانسار هیدروترمال)، ۹: VS3.1، VS9.1 (کانسار دما پایین تا متوسط). شمالی: VS3.1، VS9.1 (کانسار دما پایین تا متوسط).

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	VN1	VN2	VS3.1	VS9.1
Bi (ppm)	·				۱۳۵	۷۵۰۰	۲۱	۱۳۷,۸	۹۲,۸	۷۸۳	۲۸۰,۲
Sb (ppm)	۴۰۰		۸		۱۰۱۰		۳۷۸۳	۵۱۳,۳	۵۰۴,۶	۲۱۰,۵	۵۰۷,۶
Ag (ppm)	۲۹۰۰	۳	۱۰	۵۷۷	۶۱۸	۸۶۰	۳۶۸۳	۱۹۵,۶	۱۰۰۹	۳۰۲,۹	۱۰۷,۵



شکل ۱۰ پراکندگی نمونه‌های جذب اتمی کانی گالن روی نمودار سه تابی Ag, Sb, Bi

هوزادگی کانسارند. براساس نمونه‌های خرده سنگی برداشت شده از رگه‌ها مقدار طلا $4/424$ ppm، نقره $4/428$ ppm، مس $4/4964$ ٪، آهن $1/4340$ ٪، سرب $0/6939$ ٪، روی $0/2825$ ٪ بدست آمد. این کانی زایی با توجه به نمونه‌های برداشت شده ارزش اقتصادی ندارد، و لازم به یادآوری است که برای دستیابی به نتایج واقعی تر لازم است که برداشت نمونه‌ها بیشتر باشد که از موضوع این مقاله خارج است.

مراجع

- [۱] مومن زاده م., انواع کانسارهای سن ژنتیک و فازهای مهم متالوژنی سن ژنتیک ایران، سازمان زمین شناسی کشور (۱۳۶۰).
- [۲] پورلطیفی ا., نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰ طرقه، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۸۱).
- [۳] Alavi M., "Sedimentary and structural characteristics of the Paleo-Tethys remnants in northeastern Iran", Geological Society of America Bulletin, Vol.103 (1991) 983-992.
- [۴] افشار حرب ع., آقاباتی ع., مجیدی ن., شهرابی م., داود زاده م., نوابی ا., نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰ مشهد، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران (۱۳۶۵).
- [۵] باستانی ح., فرجندی ف., گزارش عملیات اکتشافات ژئوشیمی و کانی سنگین در ورقه ۱:۱۰۰۰۰ طرقه، وزارت صنایع و معادن- سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، (۱۳۸۶).

برداشت

گستره مورد بررسی در جنوب مشهد قرار دارد. این منطقه در شمال شرق ایران و در منطقه‌ی ساختاری بینالود قرار گرفته است. در گستره مورد بررسی، واحدهای سنگی شامل اسلیت، فیلیت، ماسه سنگ دگرگون شده، آهک دگرگون شده با سن تریاس و واحد گنگلومرا با سن ژوراسیک در راستای گسل سنگ بست شاندیز است. کانی‌سازی در منطقه به صورت رگه‌هایی در راستای N50W و N65E شیب 75° SW رخ داده است. دو رگه‌ی کانی‌سازی با کانی‌سازی متفاوت دوگانه مشاهده می‌شود. آثار حفریات قدیمی و برداشت ماده‌ی معدنی به صورت پراکنده در منطقه مشاهده می‌شود. برداشت‌های ژئوشیمیایی به روش رسوب آبراهه‌ای انجام شد و بی‌هنجاری‌هایی از عناصر Ag, Cu, Pb, Zn, Fe شناسایی شدند. در نمونه‌های کانی سنگین، کانی‌هایی از قبیل اورپیمنت، رالگار، طلا، پیریت، کاسیتیریت مشاهده شدند. براساس نتایج حاصل از ژئوشیمی رسوب رودخانه‌ای و کانی سنگین، نقاط دارای بیشترین بی‌هنجاری‌ها مشخص شدند. نقاط دارای بی‌هنجاری در گستره کانی‌سازی‌های رگه‌ای قرار دارند. خاستگاه این غنی شدگی رگه‌های معدنی بالادست رودخانه است. رگه‌های معدنی مورد بررسی قرار گرفتند و کانی‌سازی دوگانه در رگه‌ی شمالی اورپیمنت+رالگار+گالن+پیریت و در رگه جنوبی شامل مجموعه‌ی گالن+کالکوپیریت+پیریت است. کانی کوارتز به عنوان تنها کانی کانگ شناسایی شد و مجموعه مالاکیت+آزوریت+همانیت+گوتیت+لیمونیت کانی‌های ثانویه حاصل از

- Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen", 205 .(1997) 33-67.*
- [14] Shabanian E., Bellier O., Abbassi M.R., Siame L., Farbod Y., "Plio-Quaternary stress states in NE Iran: KopehDagh and Allah Dagh-Binalud mountain ranges", *Tectonophysics*, 480 (2010) 280–304.
- [15] Ahrens G., 1953, "The use of ionization potential. II. Anion affinity and geochemistry, *Geochim", EtCosmochim. Acta*, v.4 (2010) 1-29.
- [16] Lueth V. W., Megaw P. K.M., Pinato N. E., Goodell P. C., "Systematic variation in galena solid at Santa EulaiaChihuahua, Mexico", *Economic Geology*, V. 95 (2000) 1673-1687.
- [17] Malakhov A. A., "Bismuth and antimony in galenas as indicators of some conditions of ore formation", *Geochemistry International* 7 (1968) 1055–1068.
- [18] Qian Z., "Trace Elements in Galena and Sphalerite and Their Geochemical Significance in Distinguishing the Genetic Types of Pb-Zn Ore Deposits", *Geochemistry Vol. 6. No. 2 (1968)* 14.
- [19] Song X., "Minor Elements and Ore Genesis Of the Fankou Lead- Zinc deposite, China", *Mineralium Deposita*, 19 (1984) 95- 104.
- [6] Mirnejad, H., Lalonde, A.E., Obei, M., Hassanzadeh, J, "Geochemistry and petrogenesis of Mashhad granitoids: An insight into the geodynamic history of the Paleo-Tethys in northeast of Iran", *Lithos*, (2013), 105- 116.
- [7] Alavi M., "The Virani Ophiolite complex and surrounding rocks. *GeologischRundschau", Vol.68 no.1 (1979) 334-341.*
- [8] Alavi M., "Thrust tectonics of Binalud region, NE, Iran. *Tectonics", Vol.11 no.2 (1992) 360- 370.*
- [۹] افتخارنژاد ج، "تفکیک بخش های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه های روسی، نشریه انجمن نفت، شماره ۸۲ (۱۳۵۹) ص ۲۸-۱۹.
- [۱۰] نبوی م.ح، "دیباچه ای بر زمین شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور (۱۳۵۵) ص ۹۰-۱۰.
- [11] Karimpour M.H., Stern C.R., Farmer G.L., "petrogenetic Zircon U-Pb geochronology, Sr-Nd isotope analyses, and petrogenetic study of the Dehnow diorite and Kuhsangi granodiorite (Paleo-Tethys), NE Iran", *Journal of Asian Earth Sciences* 37 (2010) 384–393.
- [12] Majidi B., AlaviTehrani N., "Geological map of Mashhad".1:250,000, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran, (1986).
- [13] Davoudzadeh M., Lammerer B., Weber-Diefenbach K., "Paleogeography, stratigraphy, and tectonics of the Tertiary of Iran,