دو فصلنامه کواترنری ایران (علمی-پژوهشی)، دوره ۸، شمارهٔ ٤ و ۳، پاییز و زمستان ۱٤۰۱

ص ۲۸۹ تا ۳۱۵

کلریت در هزاره سوم پیش از میلاد: نتایج جدید بر اساس ارتباط کانی‌شناسی ژئوشیمی و معدن‌شناسی سنگ‌های کلریتی مکشوفه از محوطه کنارصندل جیرفت با معادن فاریاب کرمان

سید محمد امین امامی*: دانشیار مینرالوژی و کریستالوگرافی، گروه حفاظت و مرمت آثار تاریخی و باستان‌سنجی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران

مرجان نادری نسب: دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد باستان‌سنجی، گروه حفاظت و مرمت آثار تاریخی و باستان‌سنجی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران

نصیر اسکندری: استادیار گروه باستان‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰٤/۲۰ **تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۱۱/۱۹**

چکیده

سنگ‌های کلریتی به دست آمده از جدیدترین پژوهش‌های باستان شناسی در محوطه کنار صندل جنوبی جیرفت با هدف مطالعه و تعیین ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی و شناسایی منشاء این مواد مورد بررسی و تحقیق قرار گرفت. اشیای ساخته شده از سنگ کلریت به عنوان اشیای شان_زا در سراسر حوزه فرهنگی هلیل رود در هزاره سوم پیش از میلاد مورد استفاده بوده است. اشیای کلریتی در این دوره در یک گستره وسیع از جنوب آسیا تا شمال بین النهرین مورد استفاده قرار گرفته اند. سنگ‌های کلریتی به لحاظ زیبایی، تنوع نقش و چگونگی تراش نشان دهنده انتخاب درست مواد اولیه معدنی و مهارت بالا در فن تولید صنعتگران حوزه فرهنگی هلیل رود هستند. تعدادی از آثار مکشوفه در محوطه کنار صندل جنوبی با معادن سنگ کلریت منطقه فاریاب مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفتند. روش های پترولوژی، پراش اشعه ایکس (XRD) و فلئورسانس اشعه ایکس (XRF) و طیف‌سنجی انتشار نوری پلاسمای جفت شده القایی (ICP-OES) جهت شناسایی ساختار کانی‌شناسی و ژئوشیمی کلریت‌ها و ارتباط احتمالی این مواد با سنگ‌های معادن کلریتی محدوده فاریاب مورد استفاده قرار گرفتند. تشابهات موجود در ترکیب کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی کلریت‌های به دست آمده از کنار صندل و معادن فاریاب، محدوده زون کانی‌شناسی فاریاب در جنوب کرمان را به‌عنوان یکی از جدیدترین مناطق مورد توجه در خصوص منشاء شناسی سنگهای کلریتی در هزاره سوم پیش از میلاد معرفی می‌کند.

واژگان کلیدی: سنگ کلریت، معادن فاریاب، زمین‌شناسی، منشاءیابی، جیرفت.

* رایانامه نویسنده مسئول m.emami@aui.ac.ir

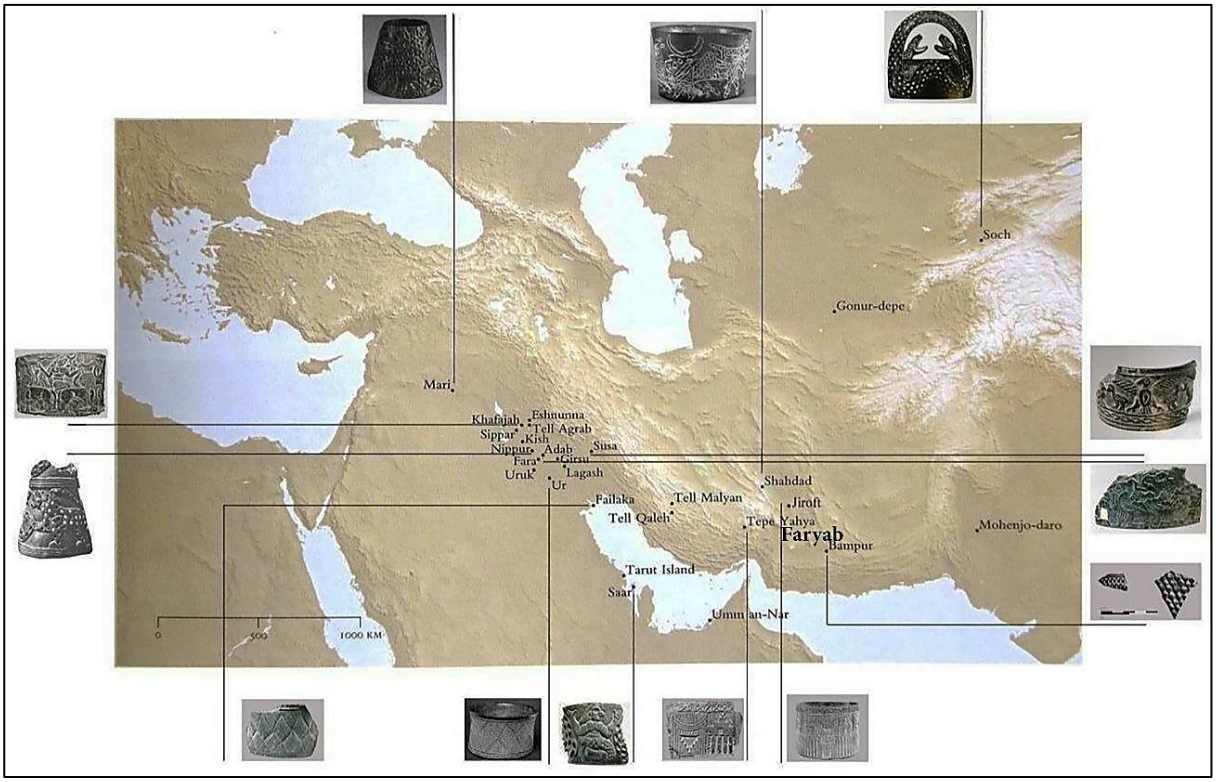
مقدمه

کلریت در باستان‌شناسی ایران و در هزاره سوم پیش از میلاد اهمیت بسیاری داشته است. قدمت استفاده از این گونه خاص سنگ برای ساخت اشیاء، دست کم به هزاره پنجم پیش از میلاد بر می‌گردد و به صورت معدود از محوطه‌های تپه یحیی و تل ابلیس به دست آمده است (Kohl, 1974; Lamberg-Karlovsky, 1988). ساختار خاص و پیچیده این سنگ از نظر کانی شناسی و شیمیایی، معادن آن، انواع رخنمون‌ها یا برونزدهای آن و روش‌های نوآورانه و کاربردی در تراش آن همگی از خصوصیات بارز این خانواده بزرگ و مهم از دسته سنگ‌های دگرگونی هستند که تا هزاره‌های متمادی جزو یکی از مهمترین شاخصه‌های فرهنگی در باستان‌شناسی جنوب شرق ایران مطرح می‌گردند (Eskandari, 2017). شهرستان جیرفت در جنوب شرقی ایران و در جنوب استان کرمان واقع است که به دلیل خصوصیات جغرافیایی شرایط آب و هوایی ویژه، محیطی خاص را برای زندگی، فراهم نموده است. وجود جریان شاهراهه‌ای رودخانه هلیل رود و حوزه آبخیز وسیع جازموریان باعث ایجاد زمین های حاصلخیز و گسترده و امکان زندگی در این منطقه با قدمت هزاران سال را فراهم کرده است (Hakemi, 1997). سنگ‌های کلریتی به دست آمده از گورستان های تخریب شده جیرفت تمامی گونه‌های پیشتر معرفی شده تحت عنوان سبک بین فرهنگی را ارائه کرده اند. علاوه بر تپه یحیی، کارگاه‌های تولید این ظروف در محوطه‌های کنارصندل و همچنین ورامین در جیرفت شناسایی شده اند. ظاهر آثار کشف شده و کیفیت تولید و تنوع و حجم آنها نشان از این است که حوزه هلیل رود در هزاره ی سوم ق.م بزرگترین مرکز صنعتی ـ تجاری شرق باستان در زمینه‌ی استخراج، تولید، استفاده و صدور این کالاهای خاص ساخته شده از انواع سنگ کلریت و مرمر و مفرغ به مراکز تمدنی مناطق گوناگون داخلی و خارجی از جمله بین النهرین بوده است (Kohl, 1974; Lamberg-Karlovsky, 1988). اشیاء آیینی و تزیینی و همچنین ظروف با کاربری روزانه از جنس کلریت تولید شده در منطقه نه تنها برای استفاده در سطح منطقه، بلکه از مهم ترین کالاهای تجارتی با تمدن‌های همجوار خود چون عیلام و بین النهرین در غرب و محدوده رود سند در شرق و مناطق اطراف سرزمین خلیج فارس بوده است (Kohl, 1974; Lamberg-Karlovsky, 1988; David, 1996; Field, 1933). یک از مسائل مربوط به این اشیا، گوناگونی اصطلاحاتی است که برای نامیدن آن پژوهشگران به کار می‌برند؛ اصطلاحاتی نظیر استِتایت، سنگ‌صابون، سنگ نرم، سنگ‌های خاکستری رنگ و سنگ سیاه (Kohl, 1976; Masjedi Khak et al., 2018; Potts, 1993). این در حالی است که در اکثر موارد این نامگذاری ها بدون در نظر گرفتن ویژگی‌ها و مشخصات معدنی اشیای سنگی بوده است (رازانی و همکاران، ۱۳۸۸: ۳۶). در واقع نامگذاری‌ها تنها بر اساس ویژگی‌های ظاهری سنگهای مکشوفه صورت گرفته است. البته حوزه فرهنگی و طبیعی هلیل‌رود به دلیل حجم بسیار بالا و متنوعی از یافته‌ها و آثار سنگی در شکل، نقش و انتقال مفاهیم بصری از پیش از تاریخ منطقه جنوب شرق ایران و عصر مفرغ، نظر بسیاری از متخصصین در حوزه تاریخ هنر و باستان‌شناسی را به خود معطوف کرده و این منطقه را به‌عنوان محل تولد و تولید آثار سنگی کلریتی معرفی کرده است (آمیه، ۱۳۸۵: ۴۶۵، اسکندری و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۲). در منابع گوناگون از کلریت با نام‌های گوناگونی یاد شده است؛ از جمله استِتایت (آمیه، ۱۳۸۵)، سنگ‌صابون (حصاری،۱۳۸۴، سجادی،۱۳۸۷، مجیدزاده،۱۳۸۶)، سنگ نرم (پیتمن،۱۳۸۴، لمبرگ کارلوفسکی، ۱۳۸۷)، سنگ‌های خاکستری رنگ (حاکمی،۱۳۴۸)، کلریت (پرو،۱۳۸۷، مجیدزاده،۱۳۸۷، لمبرگ کارلوسکی، ۱۳۸۷) و سرپانتینیت (De Cardi, 1968). فلات ایران به دلیل

شرایط زمین شناسی خود خاستگاه اصلی معادن از جمله معادن کرومیت حاوی کانیهای کلریت و سرپانتین است. آثار به جای مانده این سیر فرهنگی در هزاره‌ی سوم پیش از میلاد وارتباط فرا منطقه ای و درون منطقه ای را در این عصر و ارتباط ریخت شناسی و کانی شناسی میان دست ساخته ها و معادن منطقه میتوان دریافت. وسعت محدوده باستانی این دوره شامل: تپه یحیی، ملیان(فارس)، شوش، شهداد و بمپور در شرق و آسیای مرکزی، بین النهرین از جمله خفاجه و تاروت و ماری (با قدمت ۱۷۰۰–۲۳۰۰ ق.م) و سوریه می‌شود که عظمت تولید این آثار را در تمام حوزه‌ی فرهنگی هلیل رود به ویژه در تپه‌ی کنار صندل جنوبی دیده می‌شود (سجادی،۱۳۸۷، مجیدزاده،۱۳۸۶). در دنیای باستان، نه‌تنها استخراج سنگ معدن و ساخت ظروف نقش مهمی را در پیشبرد فن‌آوری در یک منطقه به همراه داشته بلکه دادوستد و تجارت آن نیز بسیار حائز اهمیت بوده است. در این راستا حوزه‌های فرهنگی تاثیرگزار و پرقدرت از بین النهرین در غرب تا حوزه‌ی فرهنگی سیستان و پنچاب در شرق ایران چه از منظر مشابهت‌های فرهنگی، و همچنین وجود ذخایر معادنی در بستر نسبتا مشابه زمین شناسی بسیار تحت تأثیر این ارتباط بوده‌اند. در این راستا حوزه فرهنگی هلیل رود نیز به عنوان یکی از مناطق و کانون‌های اصلی تولید، کاربرد و مهاجرت ظروف سنگی کلریتی به شمار می آید. تنوع جنس، رنگ، فرم و نقوش آثار کلریتی، بیانگر احتمال وجود مراکز صنعتی گوناگون و متعدد در منطقه و دسترسی صنعتگران به ماده خام به واسطه وجود معادن محلی است. نمونه های مشابه این ظروف تاکنون در محوطه های درون مرزی هم چون شهداد، تل ابلیس و تپه یحیی نیز مشاهده و گزارش شده‌اند (Hakemi, 1997). آثار از جنس کلریت در جیرفت به خصوص ظروف مخروطی شکل آن، در مقایسه با ظروف به دست آمده از محوطه های درون مرزی و برون مرزی از لحاظ سبک و از لحاظ هنری و تنوع نقش و فرم در آفرینش آنها، به مراتب در سطحی بالاتری قرار داشته و به همین علت تحت عنوان "سبک میان فرهنگی" معروف گشته است (Lamberg-Karlovsky, 1988). تمدن جیرفت و کنار صندل به‌واسطه تعداد زیادی اشیای باستانی که از قاچاقچیان محوطه گورستان محطوط آباد در جیرفت بدست آمده بود شناسایی گردید و در پی این اتفاق یکی از غنی‌ترین و ارزشمندترین محوطه‌های عصر مفرغ ایران شناسایی و کشف شد (Madjidzadeh and Pittman, 2008; Majidzadeh et al., 2003). در ۱۳۸۰، توقیف و ضبط تعداد زیادی اشیای باستانی سنگی گرانبهایی که گنج یابان از قبرستان محطوط آباد منطقه جیرفت کرمان ربوده بودند، باعث کشف جیرفت، به عنوان یکی از غنی ترین محوطه های عصر مفرغ ایران، گردید. وسعت این محوطه، موسوم به کنارصندل، به چند هزار هکتار می رسد که با دیوار دفاعی قدرتمندی از خشت خام احاطه شده است (اسکندری و همکاران ۱۳۹۹). از مشخصات این منطقه وجود یک ارگ و یک تراس بلند و بزرگ بر روی آن وجود دارد که روی بقایای نیمه اول این هزاره احداث شده اند. آنها همزمان با قبرستان وسیعی هستند که حداقل بخشی از ظروف و اشیای کلریتی این محوطه را ارائه کرده است (Perrot and Majidzadeh 2003). اگرچه تعداد زیادی از ظروف کلریتی جیرفت حفاریهای غیرقانونی و نه کاوشهای علمی بدست آمده اند، اما این یافته ها شکوفایی فرهنگ هلیل رود در هزاره سوم و دوم ق.م را نشان می دهند. در کاوشه ای اوایل دهه ۱۳۸۰ در منطقه جیرفت، ظروف کلریتی بسیاری از قبرستان های محطوط آباد، حسین آباد، چهرآباد، مختارآباد، ریگ عنبر و میان ده به دست آمدند.

مهمترین مطالعات صورت گرفته در ارتباط با سنگ‌های کلریتی (یا سنگ نرم، سنگ سیاه و یا سنگ صابون) در خاور نزدیک توسط فیلیپ کوهل و هاربرتل با هدف انجام آزمایش‌هایی در ارتباط با ماهیت شیمیایی– فیزیکی سنگ‌های کلریتی یافت شده و توزیع و فراوانی این آثار در دیگر سایت‌های دیگر کاوش شده، انجام گرفته است (Kohl, 1976, 1977; Kohl et al., 1979). بر اساس گزارشات و تحلیل‌های فیلیپ کوهل در رساله دکتری وی، سبک میان فرهنگی در بررسی یافته‌های بدست آمده از تپه یحیی در مورد سنگ‌هایی از جنس سنگ صابونی که در یک گستره جغرافیایی وسیع یافت شده بودند، مورد استفاده قرار گرفت (Lamberg-Karlovsky and Kohl, 1971). جدا از مطالعات فیلیپ کوهل در سال ۱۹۷۴، بررسی‌های انجام شده در رابطه با سنگ‌های نرم و حکاکی شده با ظرافت بالا در ایران متمرکز بر تحلیل نمادها و نقوش ایجاد شده بر روی سنگ‌های کلریتی در باستان‌شناسی حوزه هلیل‌رود بوده، و اغلب این مطالعات بصورت توصیفی اشیاء را مورد بررسی قرار داده که این امر منجر به تنوع زیاد اطلاعات در این ارتباط بوده است. در این خصوص نقشمایه‌های ظروف سنگ کلریتی (صابونی) تپه یحیی را به ۱۲ سری و یا "یافته" متفاوت دسته‌بندی کرده و آمار نسبتا دقیقی از یافته‌های سنگ‌های کلریتی مشابه در آسیای مرکزی، جنوب، شرق و غرب ایران، کشورهای حاشیه جنوبی خلیج فارس، و همچنین در شمال و جنوب میان رودان ارائه داده است (David, 1996; Field, 1933; Hakemi, 1997). مطالعات میدانی و آزمایشگاهی بر روی قطعات به‌دست آمده از گورستان‌های محطوط آباد، قلعه کوچک، قره قتو و نمونه‌های کنار صندل جنوبی و شمالی از محوطه‌های باستانی به همراه نمونه‌های رخنمون‌های کانسار معادن آشین و باغ برج انجام گردید (رازانی، ۱۳۹۰). بر طبق آنالیزهای انجام شده نمونه‌های قطعات باستانی در مطابقت با نمونه‌های معادن داده‌های متفاوتی را ارائه کرده‌اندکه نشان دهنده شانس کمتر استفادهء باستانی از معادن دره گود مورتی/ آشین(۱)، سر در نو آشین/آشین (۳)، نسبت به معدن معدن باغ برج/ اسفندقه و گود مور دانه/ آشین (۲) دارد. مطالعات اخیر که در چند سال گذشته بر روی منشاء و خصوصیات سنگهای کلریتی منطقه صورت گرفت این مهم را روشن نمود که سنگ صابون در بسیاری موارد یک لفظ اشتباه بوده و از لحاظ سنگ شناسی کلیه سنگهای مکشوفه در شاخه سنگهای کلریتی و با سرپانتینیتی دسته بندی می شوند و از کانی های شاخص در انان میتوان از سافیرین نام برد و همچنین معادن آشین و اسفندقه به عنوان معادن سنگ محطوط آباد و کنار صندل شمالی مشخص گردیدند (Emami et al, 2017). جنوب استان کرمان یا به عبارتی حوزه فرهنگی هلیل رود به دلیل خصوصیات زمین شناسی یکی از معدود مناطقی است که معادن سنگ کلریت را در خود جای داده است. تنوع سنگ‌های دگرگونی در منطقه و نحوه تشکیل گوناگون و خاص آن‌ها سبب گشته تا در ساخت ظروف سنگی و حجاری بر روی آن‌ها، بیشتر از سنگ‌هایی که در منطقه به وفور رخنمون دارند، استفاده شود. موقعیت زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه از لحاظ رخنمون‌های سنگ‌های دگرگونی و متاسوماتیک (سنگ‌های با خاستگاه دوگانه آذرین و دگرگونی) بسیار متنوع بوده؛ چرا که بطور کلی این منطقه در محدوده ساختارهای افیولیتیی جنوب شرق واقع شده است. بر این اساس مطالعه خاستگاه و نوع سنگ‌های شناسایی شده از اهمیت بالایی برخوردار است. مطالعات انجام شده در راستای ساختار شناسی و همچنین اصالت سنجی سنگ‌های کلریتی تمرکز بر مناطق غرب و جنوب غرب جیرفت یعنی محدوده اسفندقه داشته است.

مناطق مهم و شناسایی شده در این محدوده بر اساس مشاهدات انجام شده توسط مهدی رازانی در رساله کارشناسی ارشد نامبرده شامل مناطق همجوار با جیرفت نظیر اسفندقه، آشین و گودمورتی هستند (شکل ۱) (رازانی ۱۳۸۸). بررسی و کاوش‌های جدید به سرپرستی نصیر اسکندری در سال ۱۳۹۹ در محوطه کنارصندل سبب گردید تا در خصوص کلریت‌های بدست آمده از پژوهش‌های جدید باستان‌شناسی، اطلاعات جدیدتری در ارتباط با منشا و ساختارشناسی این مواد با دیگر معادن موجود در ناحیه مورد مطالعه به دست آید. بر همین اساس با توجه به وجود ترکیب زون‌های کلریتی و معدنی در منطقه جنوب جیرفت، معادن فاریاب به‌عنوان محدوده‌های مورد مطالعه مورد بررسی و تحقیق قرار گرفتند. معادن فاریاب در محدوده مناطق جنوب جیرفت و کنار صندل قرار داشته و با توجه به قرار گرفتن در محدوده میانی بین مناطق شرقی‌تر (محدوده مکران) و جیرفت می‌توانسته منطقه مهمی در ارتباط با استخراج و انتقال سنگ‌های کلریتی به مناطق غربی‌تر بوده باشد (پیتمن، ۱۳۸۴). معادن فاریاب در زون کانی سازی مکران در جنوب شرق ایران قرار داشته و به همین دلیل خاستگاه بسیاری از مواد معدنی فلزی نیز بوده است. در این مقاله، با انجام آزمایشات ساختار شناسی و ژئوشیمایی بر روی اشیای باستانی بدست آمده از گورستان جنوبی کنارصندل و همچنین معادن کلریت منطقه فاریاب ارتباط احتمالی آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این ارتباط، شباهت‌ها و دسته بندی تشابهات مورد بررسی قرار گرفته است تا بتوان بر اساس مطالعات زمین‌شناس و کانی‌شناسی مورد تحلیل قرار گیرند. این مطالعه جهت پی بردن به منشاء و معدن آثار کلریتی کنار صندل جنوبی در جیرفت به حوزه معدنی فاریاب و تشابه ساختاری سنگ های کلریتی و سرپانتینی مکشوفه از تپه های کنار صندل و ذخایر کلریتی آن منطقه بوده است. در این راستا پس از مقایسه مواد فرهنگی بدست امده از حفاری های کنار صندل با رخنمون های معدنی فاریاب، نتایج بدست آمده از این تحقیق ما را در شناخت کامل‌تری از فرهنگ و تمدن و تکنولوژی مواد سنگی جیرفت که برای باستان شناسان و متخصصین این حوزه حائز اهمیت است، کمک شایانی می نماید. این مهم که آثار سنگی مکشوفه کلریتی دارای چه مشخصه کانی شناسی بوده و از لحاظ متامورفیکی در کدامین گروه ساختاری طبقه بندی می گردد، و همچنین ژنز سنگهای فاریاب چیست و چه عاملی باعث شباهت احتمالی در سنگهای معدن فاریاب و سنگ های جیرفت میشود از زمره مهمترین سئوالات مورد بحث این تحقیق بوده است.

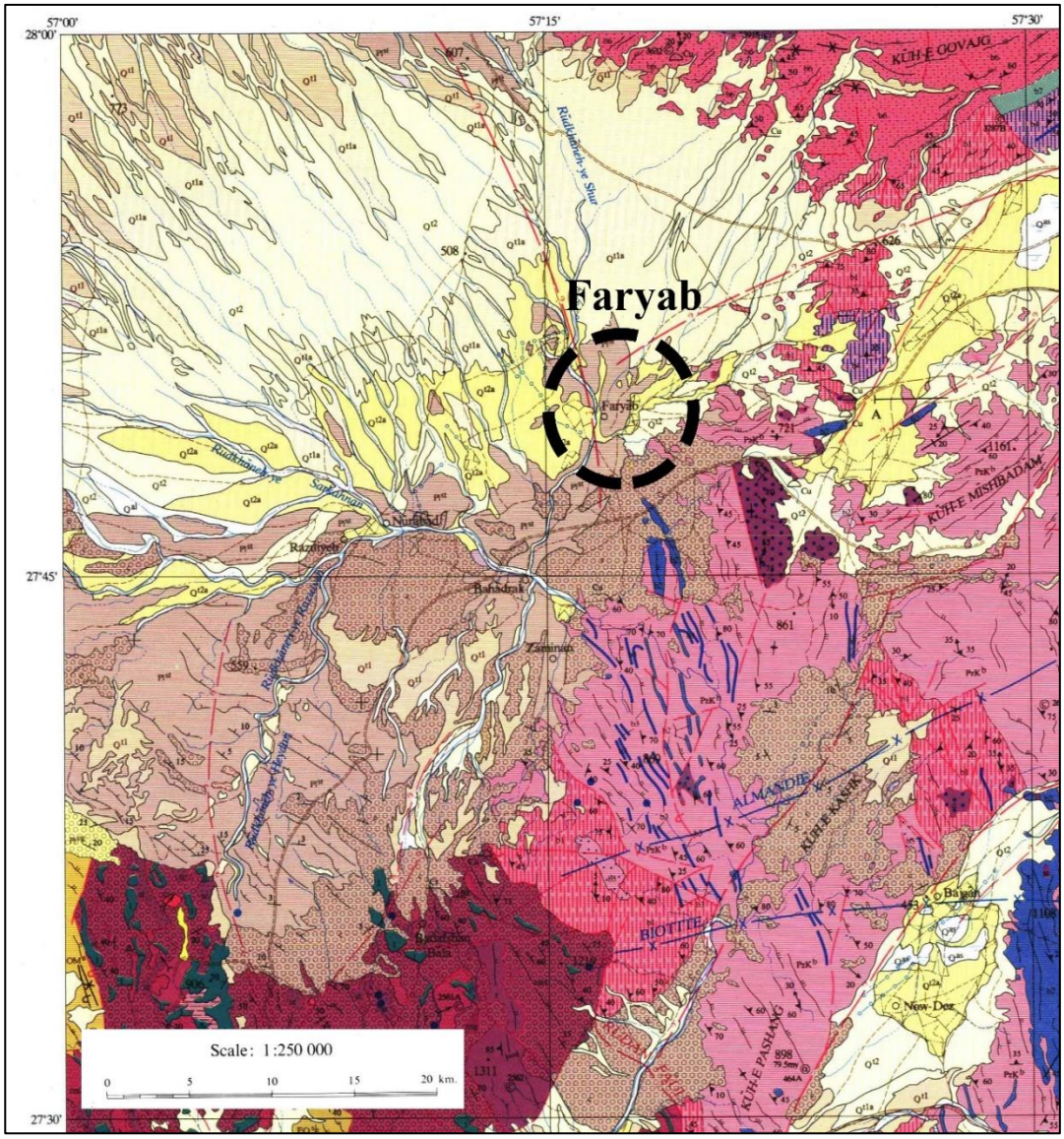


شکل ۱: محدوده جنوب و جنوب شرق ایران و پراکندگی محوطه‌های شاخص با اشیای کلریتی (برگرفته از رازانی ۱۳۸۸).

زمین شناسی محدوده جیرفت و فاریاب

جیرفت در زون چند رنگی (کالرملانژ) متشکل گدازهای بالشتی و رادیولاریت‌های آهکی و پلاژیک واقع شده است. دلیل اشکار شدن دگرگونی شدید در این محدوده وجود تشکیلات سنگهای اولترابازیک که بیشتر شامل دونیت و پیروکسنیت هستند (Okrusch and Matthes, 2010). این امر همراه با فرآیندهای تکتونیکی شدید ناشی از زیرراندگی صفحات سبب افزایش عیار سنگ‌های حاوی فلزات و بالاخص کرومیت گشته است. کرومیت این منطقه در۴ افق چینه‌شناسی قرار گرفته، که به‌ترتیب از لایه‌های زیرین شامل سنگ‌های دونیت، دونیت – هارتزبورگیت – پیروکسنیت، گابرو – پیروکسنیت – دونیت. در تمامی این افق‌ها لایه‌های کرومیتی بصورت نوارها و باندهای اپیژنیک در ساختارهای افیولیتی قرار گرفته‌اند. اتصال رشته کوههای زاگرس در امتداد شمال غرب به جنوب شرق به منطقه مکران، زون‌های مختلف سنگی و معدنی را پدیدار می‌نماید. از زمره مهمترین و کلیدی‌ترین تشکیلات زمین شناسی بوجود آمده در این حوزه میتوان به افیولیت‌های جنوب شرق ایران اشاره نمود که خواستگاه بسیار مهم در بوجود آمدن ذخایر فلزی و رنگی هستند (Mousivand et al., 2018). افیولیتهای به وجود آمده نتیجه فرآیندهای ثانویه کوه‌زایی در امتداد کمربند آلپ–هیمالیا و همراه با آن پدیده زیرراندگی پوسته عربستان در زیر پوسته ایران است که درجه حرارت‌های زمین گرمایی بالایی را در محدوده زاگرس– مکران سبب شده و عامل ایجاد رخنمون‌های کانی‌های فلزی پلی‌ملانژ (چند رنگی) و کلریت‌های با درصد متفاوت Mg/Fe در این محدوده شده است

(Badrzadeh et al., 2011). محلولهای هیدروترمال در این محدوده کانی‌سازی تمرکز داشته و باعث ایجاد دگرسانی شدیدی در محدوده شده‌اند. بازتاب این فرآیند پیدایش سنگ‌ها و کانی‌هایی است که از نظر اقتصادی ارزشمند هستند. از مهمترین پتانسیلهای فلزی همراه افیولیت‌ها، ذخایر عدسی شکل و انبانی کرومیت در کلریت بوده که این ذخایر غالباً با هارزبورژیت و پریدوتیت از نوع دونیت همراه هستند و اصولا دارای هسته ای مرکزی هستند که بخش فراوانی از آن را کرومیت تشکیل داده است. سنگهای دربرگیرندۀ کرومیت در ایران از نوع سنگهای آذرین غنی از Mg و Fe شامل پریدوتیت، سرپانتنیت، کلریت و پیروکسنیت بوده و ذخایر کرومیت در داخل توده اولترابازیک به صورت عدسی های بزرگ و کوچک قرار گرفته‌اند. این شرایط را میتوان در گستره بسیار زیادی از شمال شرق و شرق ایران (افیولیت ملانژ بیرجند، ایرانشهر، سبزوار، فریمان و تربت حیدریه) تا در ایران مرکزی (نائین)، در شمال غرب زاگرس (تبریز) و در جنوب ایران (فاریاب و اسفندقه) مشاهده نمود (شکل ۲). بزرگترین ذخایر کرومیتی کشور در محدوده فاریاب واقع شده است (Mousivand et al., 2018). از آن جمله میتوان اشاره کرد به کانسارهای کرومیت منطقه افیولیت ملانژهای جنوب وجنوب غرب کرمان (مجموعه افیولیتی اسفندقه و شیخ‌عالی) که مشخصات زمین شناختی آن تقریباً شبیه منطقه فاریاب میباشد اشاره نمود (Emami and Parvaresh, 2016). بر اساس گزارش‌های سازمان زمین‌شناسی و صنایع و معادن جنوب کرمان، به طور کلی در فاریاب، دونیت ها آلومینیوم و کلسیم کم ولی منیزیم زیاد دارند (Rastad et al., 2002). کلریت‌ها از بعد زمین‌شناسی و کانی‌شناسی نیز در مطالعات باستان‌شناسی مورد توجه قرار گرفتند، چرا که معادن احتمالی در راستای تولید این سنگ‌ها از اهمیت بسیار بالایی در باستان‌شناسی جنوب شرق ایران برخوردار بوده است. کلریت به‌عنوان یک سنگ دگرگونی دارای شرایط تشکیل (ژنز) خاصی بوده و برای ساخت ظروف سنگی و حجاری بر روی آنان، خصوصیات کانی‌شناسی آنان ارزش بسیار بالایی را داشته است، چرا که با توجه به وجود برخی کانی‌های نرم مانند تالک و سرپانتین در برخی سنگ‌های کلریتی حجاری و تراش بسیار سخت بوده است (رازانی و همکاران، ۱۳۹۰). آثار ساخته شده از سنگ‌های کلریتی در کنار صندل ترکیبی هستند عموما از: کلریت، سافیرین، سرپانتین و کلینوکلر که ازشاخصه‌های سنگهای دگرگونی و آپلیتی منطقه است. مطالعات انجام شده توسط امامی و همکاران در مناطق محطوط آباد، آشین و گودمورتی نشان از وجود سافیرین به‌عنوان کانی شاخص در طبقه‌بندی سنگ‌های کلریتی این منطقه است (Emami et al., 2017). دگرگونی آپلیتی در این محدوده و کانی‌سازی سرپانتیتیت‌ها و کلریت‌ها وکلینوکلرهای غنی از منیزیم با رخنمون‌های زمین‌شناسی حوزه‌ی فاریاب نیز تشابه داشته و از این جهت مورد توجه قرار گرفته است.



شکل ۲. نقشه زمین شناسی ۱۲۵۰۰۰۰ چهارگوش میناب و موقعیت فاریاب در زون دگرسانی کلریتی ناحیه

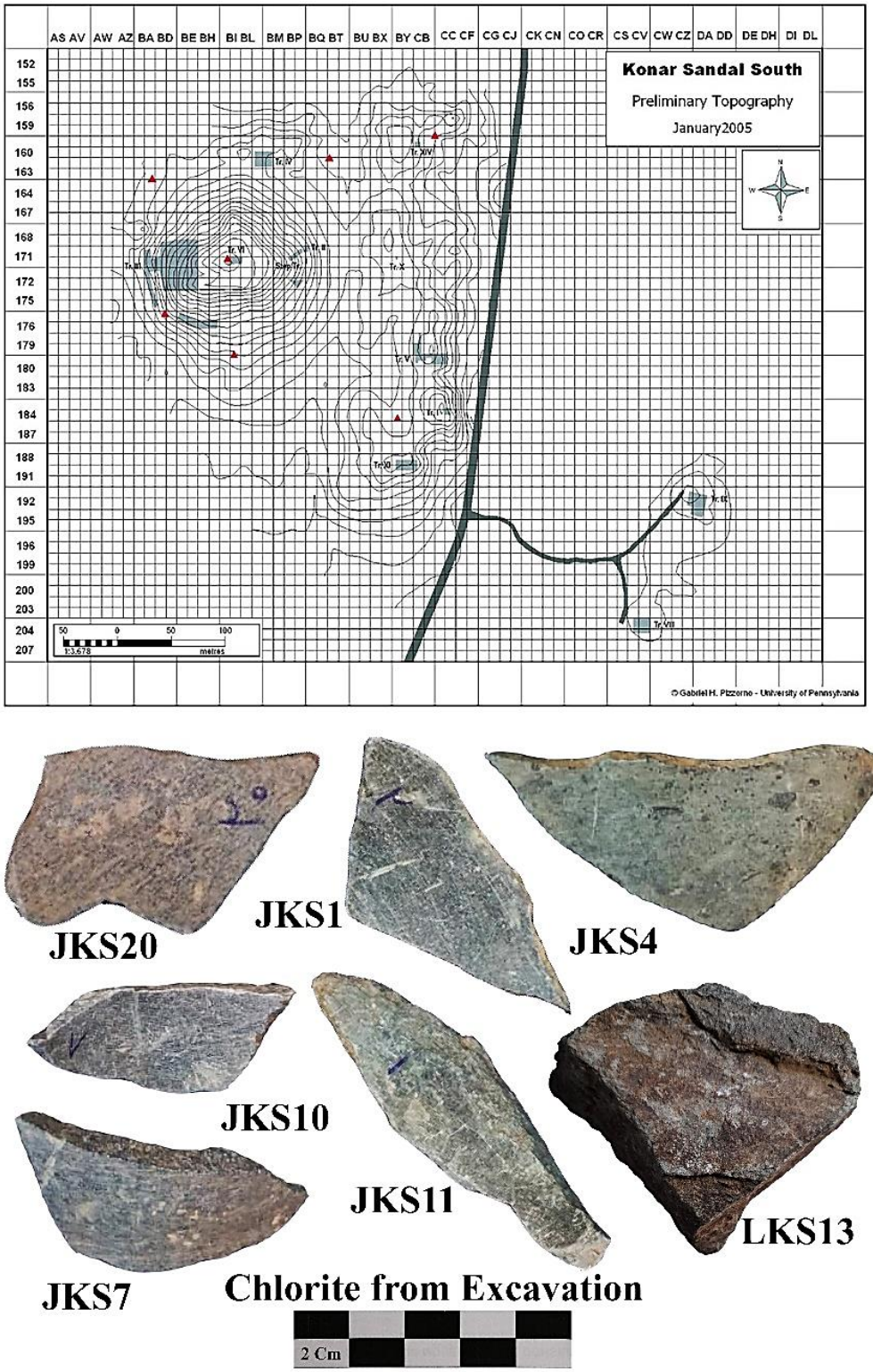
کلریت‌های موجود در منطقه به همراه سنگ‌ها و کانی‌های شاخصی رخنمون دارند که ممکن است در اثر دگرگونی سنگها با ترکیبات مختلف، بخصوص با ترکیب بازیک تا حد واسط(خنثی)، دولومیتهای ناخالص، مارنها و حتی آهکهای خالصی که تحت تاثیر متاسوماتیزم سیلیسی، منیزیم و آهن قرار گرفته اند بوجود آیند. آکتینولیت و کلریت با افزایش درجات دگرگونی به ترکیبات کانی‌شناسی چون هورنبلند و آمفیبولیت حاوی پلاژیوکلاز، اسفن، کوارتز و گاهی پیروکسن و گرونای سرشار از آلماندین تبدیل می‌شوند (Okrusch and Matthes, 2010). در چنین تشکیلاتی کانی کلینوکلر (Clinochlore) به‌عنوان یک کانی اصلی گروه کلریت تحت شرایط دگرگونی کم و با فرمول شیمیایی $[(OH)_8^{-}(AlSi)_4O_{10}](MgFe^{2+}Al)_6$ مشخص است. و بصورت ساختارهای پولکی و ورقه‌ای، دیده می شوند. همچنین هورنبلند با فرمول شیمیایی، $Ca_2(Mg,Fe,Al)_5(Al,Si)_8O_{22}(OH)_2$ کانی مشخصه دیگری در کلریت‌ها است.

رنگ کانی سبز، تا سبز تیره، قهوه‌ای یا سیاه است که بستگی به یون‌های درگیر در شبکه کریستال و شدت دگرگونی دارد (Hauptmann, 1985). هورنبلند معمولا به کلریت، بیوتیت و اسفن تجزیه میگردد که گاهی با اپیدوت، سیدریت وکوارتز همراه است (Seki and Oki, 1969). سرپانتین با فرمول شیمیایی $(Mg,Fe)_3Si_2O_5(OH)_4$ در اغلب تشکیلات افیولیتی و کلریتی ایران دیده میشود و سرپانتین از۴۳٪ اکسید منیزیم و ۴۴٪ سیلیس و آب تشکیل شده است و در گروه کانیهای شامل کائولینیت، تالک، پیروفیلیت و گروه میکا زیر مجموعه تالک است، طبقه‌بندی می‌شوند (Evans and Guggenheim, 1988). از جمله کانیهای زیر مجموعه گروه میکا کلریت است، که در برخی منابع با توجه به رخنمون‌های لایه‌ای و سطح سنگ به "مار سنگ" نیز شهرت یافته است (طرح‌های روی سنگ یادآور پوست مار است). کلریت‌ها اغلب به همراه کانی‌های ارزشمندی هستند که ممکن است شامل مگنتیت، کرومیت، کریزوپراز، یشم و سرپانتین باشند. بارزترین خصوصیات فیزیکی سرپانتین، رنگ سبز و گاهی زرد قهوه ای یا سفید مایل به سبز، شکل طرح دار و سطح لیز آن است. این سنگ همچنین به داشتن نورگذری مات، درخشش مومی، قابلیت تراش به اشکال مختلف و توانایی خوب صیقل خوردن را دارا است. چنین خصوصیاتی آن را جهت استفاده به عنوان یک سنگ نیمه قیمتی، کاربردهای معماری و سنگهای زینتی مورد توجه تبدیل کرده است.

مواد و روش‌ها

- **سنگ‌های کلریتی از محوطه کنار صندل جنوبی**

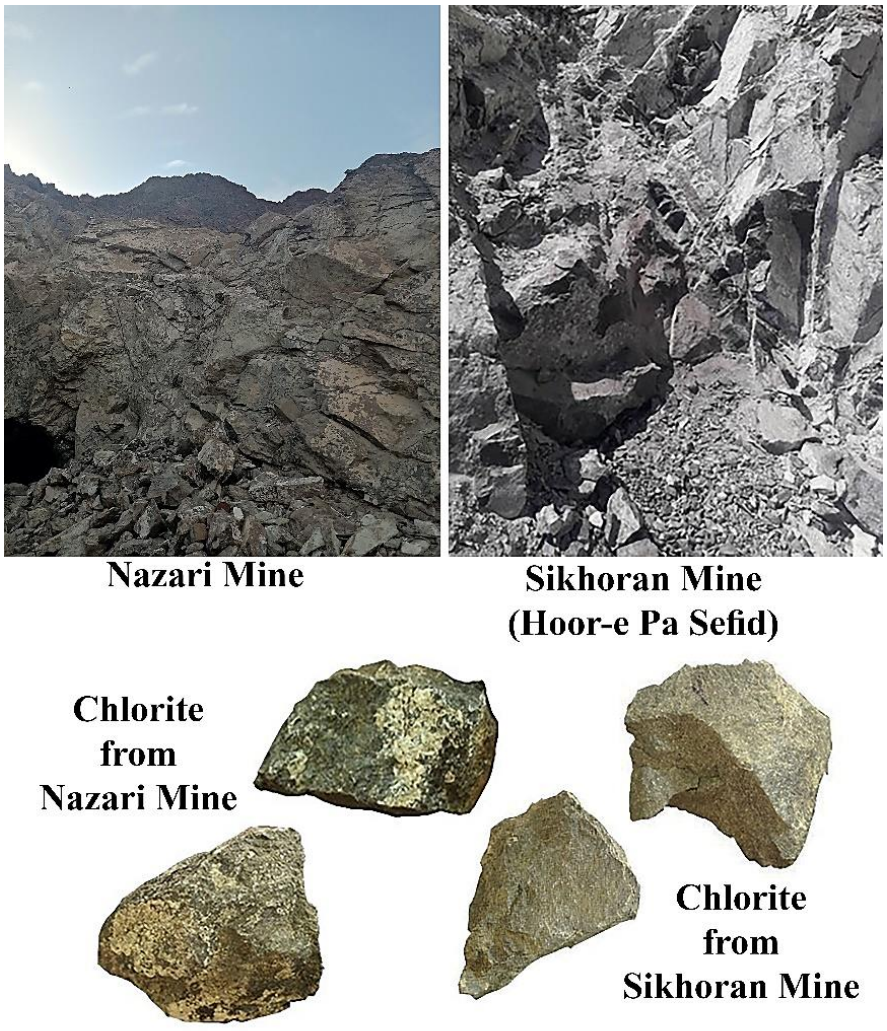
نمونه‌های مورد آزمایش بیشتر شامل قطعات سنگ‌های خرد شده کلریتی بدست آمده از پژوهش‌های باستان شناختی جدید بوده که با نمونه‌های انتخابی از سنگ معادن فاریاب مقایسه شده‌اند. نمونه‌های اشیاء اصیل کلریتی در این تحقیق با کد شناسایی JKS و نمونه‌های سنگ معدن از دو منطقه معدنی سیخوران و در حوزه کانی‌سازی فاریاب با کد شناسایی M مورد مطالعه و آزمایش قرار گرفتند. نمونه‌های مورد مطالعه از گورستان جنوبی که در ۷۰۰ متری جنوب تپه کنارصندل جنوبی قرار گرفته است، جمع‌آوری گردیدند. مواد فرهنگی سطحی نشان می دهد این گورستان یک دوره زمانی طولانی تری نسبت به گورستان محطوط آباد مورد استفاده بوده است و احتمالا پیش از گورستان محطوط آباد تنها گورستان ساکنان کنارصندل در نیمه اول هزاره سوم پ.م بوده است. نمونه های به دست آمده از گورستان جنوبی کنار صندل جنوبی هستند که شامل ۲۲ قطعه از تکه های شکسته ظروف سنگی بوده که در کاوش‌های جدید این محوطه جمع‌آوری گردید (شکل ۳) (اسکندری، ۱۳۹۹).



شکل ۳: نمونه‌های مطالعاتی بدست آمده از محوطه کنار صندل جنوبی

- سنگ‌های کلریتی از معادن سیخوران و نظری در محدوده فاریاب

فاریاب از نظر میزان ذخیره بزرگترین ذخیره کرومیت ایران بوده که در بخش اصلی شرقی-جنوب آن لایه کرومیت با ضخامت حداکثر ۱۸ متر پوشیده شده است. معدن سیخوران در فاصله ی ۱۶۰ کیلومتری شهرستان جیرفت واقع شده است. معادن کلریتی فاریاب، در بخش حور پا سفید، دهستان زهمکان، آبادی سرگز دهنو، جاده اصلی فاریاب- سرنی قرار دارند. در پژوهش حاضر از سه نقطه در رشته ارتفاعات و پایین دست در ضلع شمالی معدن بصورت امتداد رگه های کرومیت بصورت شمال غربی- جنوب شرقی نمونه برداری انجام شده است. معدن نظری واقع در بخش مرکزی ۱۰۷ کیلومتری فاریاب قرار دارد. ماده معدنی کانسنگ کرومیت در بستر کلریت می‌باشد. در معدن نظری هم از سه نقطه در رشته ارتفاعات و پایین دست در ضلع جنوبی معدن بصورت امتداد رگه های کرومیت بصورت جنوب شرقی- شمال غربی نمونه برداری انجام شده است (شکل ۴).



شکل ٤: نمونه‌های مطالعاتی از دو معدن سیخوران و نظری در محدوده فاریاب.

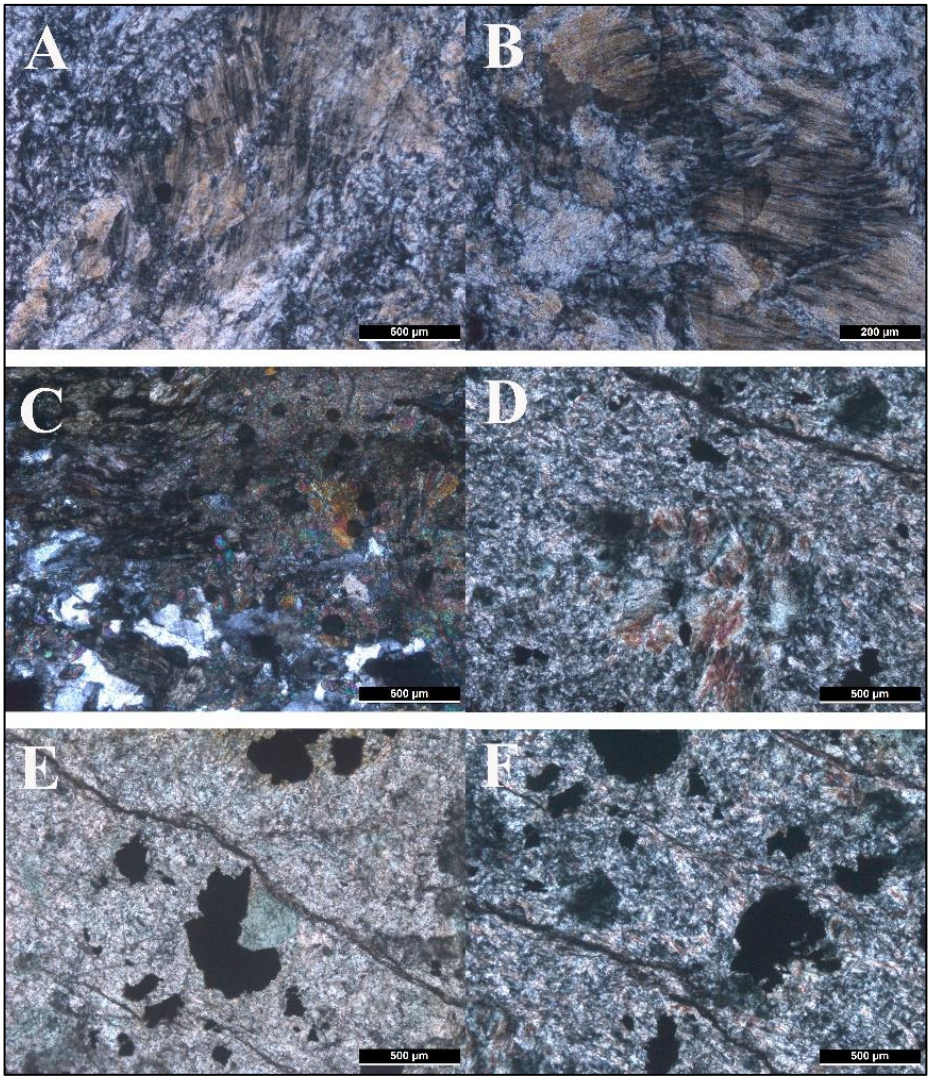
بررسی و مطالعه مواد در در موسسه Archéosciences در شهر بوردو فرانسه انجام گردید. در این پژوهش برای تحلیل و ریزساختارشناسی نمونه‌های اصیل و سنگ معدن و کانی‌های تشکیل دهنده آنان از روش‌های میکروسکوپی (پترولوژی و پتروگرافی) توسط میکروسکوپ پلاریزان با مدل Olympus BX51 با نور عبوری و منعکسه به منظور شناسایی خصوصیات مینرالوژی فازهای کریستالین تشکیل دهنده بافت سنگ و خصوصیات پتروفابریکی انها مورد بررسی قرار گرفتند. طیف سنجی پراش اشعه ایکس (XRD) برای شناخت ترکیب شیمیایی و نوع فازهای کریستالین تشکیل دهنده توسط دستگاه Brucker-D8 Discover و در رنج آنالیز $2\Phi=5°\text{-}60°$ مورد بررسی قرار گرفت. مطالعات شناسایی فازها بصورت کمی و کیفی توسط نرم‌افزار Xpert HighScore Version 6 توسط داده‌های کریستالین از دیتا بانک ICSD Collection Code 2018 شناسایی و محاسبه شدند. طیف‌سنجی فلورسانس اشعه ایکس (XRF) توسط دستگاه S8 Tiger Series 2 جهت تعیین ترکیب شیمیایی کلی مواد (Bulk) بصورت کمی انجام گرفت. پلاسمای جفت شده القایی (ICP) با دستگاه ICP-OES 5800 Agilent در شرکت کانساران دنا (ایران) جهت اندازه‌گیری عناصر کمیاب مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است، با توجه به شباهت زیاد نمونه‌ها، همگی آنان با تمام متدهای آزمایشگاهی، آنالیز نشده بلکه جهت انجام آنالیزهای شیمیایی لازم نمونه‌های شاخص مورد توجه قرار گرفتند.

یافته‌های پژوهش

- **پترولوژی و پتروگرافی سنگ‌های کلریتی و نمونه‌های معادن فاریاب**

همانطور که عنوان گردید، زون کانی‌شناسی و منطقهٔ معدنی فاریاب بصورت یک کمپلکس افیولیتی معرفی می گردد که با توجه به داده های زمین شناسی به چهارگوش کمپلکس سرخ بند معروف است و در محدوده زمین شناسی میناب در شرق جیرفت قرار دارد. سنگ‌های کلریتی معادن فاریاب (M1, M2, M3, M4) دارای بافت متراکم و دانه بندی ریز از سیلیس به همراه کانی های کوارتز، پلاژیوکلازها، مگنتیت بصورت لکه های مشکی و بیوتیت (قهوه ای رنگ در نمونه)، نشان از حرارت زیر ۹۵۰ درجه در زمان تشکیل شدن دارد. اگر حرارت از این میزان عبور کند، رنگ قهوه ای به صورت زرد دیده میشود (Evans and Guggenheim, 1988). در نمونه‌های معدن سیخوران فازهای شاخص گروه کلریت که در تمامی نمونه ها حالت براق و چرب گونه صفحات سرپانتینی شده را میتوان مشاهده کرد، به همراه کانیهای تیره و اپک اسپینل (عمدتا مگنتیت) قابل مشاهده است. با مقایسه ساختارهای مینرالی در سنگ‌های دگرگونی معدن سیخوران مشخص شد که ترکیب کانی مورد مطالعه بیشتر با ترکیبات کلریتی و کلینوکلر و شاموزیت است. در همین راستا با توجه به این مهم که سنگهای معادن فاریاب را میتوان تحت عنوان سنگ‌های الترامافیک طبقه‌بندی نمود، در بافت کانی‌شناسی دگرگونی پلیتی مشاهده شده‌اند. پریدوتیت‌های موجود در ساختارهای افیولیتی در سنگ‌های متابازیک، به صورت یک حاشیه نازک در اطراف آمفیبول‌های سبز و به همراه بقایای اندکی از سنگهای همراه در تشکیلات رسوبی جدید دیده میشوند که نشانگر قرار گرفتن این سنگ‌ها در شرایط فشار بالا و حرارت کم می‌باشد که مشخصه اصلی حوزه فاریاب بوده است. کلریت‌کروم‌دار (کمریریت) در قالب ذخایر اصلی کرومیتی و در سنگ‌های اولترابازیک با بافت سنگ شناسی سرپانتینیتی مشاهده شده است.

بر اساس مطالعات مینرال شیمی پریدوتیت‌های سرپانتینی شده، در تصویر ترکیب کانی شناسی ثانویه در این مطالعات نشان دهنده این است که بر اساس مقادیر بالای آب در ساختار این سنگ‌ها، کلریت‌های ثانویه بیشتر از نوع کلینوکلر با ساختارهای مواج و به مانند رشته‌ای هستند (ماکل های پلی‌سنتتیک کلینوکلر) که در محیط‌های با درجه حرارت کم ایجاد می‌شوند (شکل ۵ A و B). همچنین حالت موازی حرکت این رشته ها به یک سمت و سو نشان از وارد شدن فشار از یک جهت به هنگام سرد شدن ماگما بوده است. ترکیب اسپینل‌های نمونه‌های مورد مطالعه بر اساس اعضای نهایی اسپینل از نوع مگنتیت است. از کانیهایی که همراه مگنتیت در نمونه‌ها مشاهده شدند، میتوان به باریت، سیدریت و کلسیت اشاره نمود. همچنین کرم اسپینل که در سنگ‌های منطقه کنار صندل هم قابل مشاهده است، دیده می شود. وجود مقادیر بسیار متغییر از آلومینیوم نشان از تغییرات بالای ترکیبات اسپینلی دارد؛ زیرا آلومینیوم دارای تمایل زیاد در جابجایی در ساختارهای کریستالین از نوع اسپینل است (تفاوت اسپینل مشکی و اپک بصورت لکه های تیره تا مشکی در شکل ۵ A و B). مطالعه پتروگرافی در سنگ‌های مختلف کانسار کرومیت فاریاب بیانگر این است که این سنگ ها، مربوط به بخش فوقانی توالی زون سنندج- سیرجان و دقیقا در محدوده افیولیتی جنوب شرق میباشد. سنگ میزبان دونیتی و همچنین شدت بالای سرپانتینی شدن و همراهی آنها با افیولیت ها نشان دهنده تیپ آلپی غنی از کروم در این ذخایر است و همین امر سبب میگردد تا ترکیب سنگ شناسی با منطقه کنار صندل قابل مقایسه گردد. نمونه‌های اصیل مورد مطالعه در این تحقیق از مواد فرهنگی و سنگ‌های کلریتی بدست آمده از کنار صندل جنوبی هستند (JKS1, JKS2, JKS4, JKS10). بر اساس مشاهدات انجام گرفته، مشخص شده است که تمامی نمونه های آنالیز شده دارای ساختار کانی شناسی نسبتا یکسانی هستند یعنی بافت متراکم و ریزدانه از سیلیس از نوع دگرگونی با فازهای شاخص گروه کلریت که در تمامی نمونه ها حالت براق و چرب گونه صفحات سرپانتینی شده را میتوان مشاهده کرد، کلسیت، کوارتز و بیوتیت که به همراه کانیهای تیره و اپک اسپینل (مگنتیت) قابل مشاهده است (شکل ۵ C و D). مقادیر اصلی قابل بحث در تحلیل این نمونه‌ها، کانی هایی هستند که دارای ساختارهای الیوینی، سرپانتینیتی و اکسیدهای اسپینل با درصد متغییر از MgO و گاها SiO_2 هستند. این اکسیدها، اکسیدهای اصلی تشکیل دهنده سنگ‌های اولترامافیک هستند که مشابهت بالایی را با سنگ‌های تاریخی یافت شده از گورستان جنوبی کنار صندل جنوبی نشان میدهند (شکل ۵ E). به طور کلی ساختار سنگی در معادن فاریاب، به همراه دونیت ها با درصد کم آلومینیوم و کلسیم و مقادیر منیزیم بالا از مشخصات مشترک این سنگ‌ها با سنگ‌های تاریخی کنار صندل است. با دانستن چنین مواردی قابل ذکر است که بدون شک توده های کرومیتی فاریاب از لحاظ بافت کانی شناسی و تشابه ظاهری رخساره‌های سنگ‌شناسی در منطقه و نمونه‌های کنارصندل و همچنین نوع فرسایش در چنین سنگ‌هایی نشان از ترکیب مشابه با یکدیگر دارد. مطالعات کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی نمونه‌های کنار صندل و بافت در برگیرنده سرپانتینیتی و کلینوکلری (شکل ۵ F) در این محوطه و مقایسه آنها با سنگ‌های فاریاب نشان می‌دهد که ترکیب سنگ شناسی در این محوطه ها با یکدیگر تشابه داشته، که البته بسته به نوع محل نمونه برداری از رخنمون میتواند تفاوت نیز داشته باشد.



شکل ۵: نمونه‌های مطالعاتی از دو معدن سیخوران (A۵) و نظری (B۵) و نمونه‌های سنگ‌های کلریتی از کنار صندل.

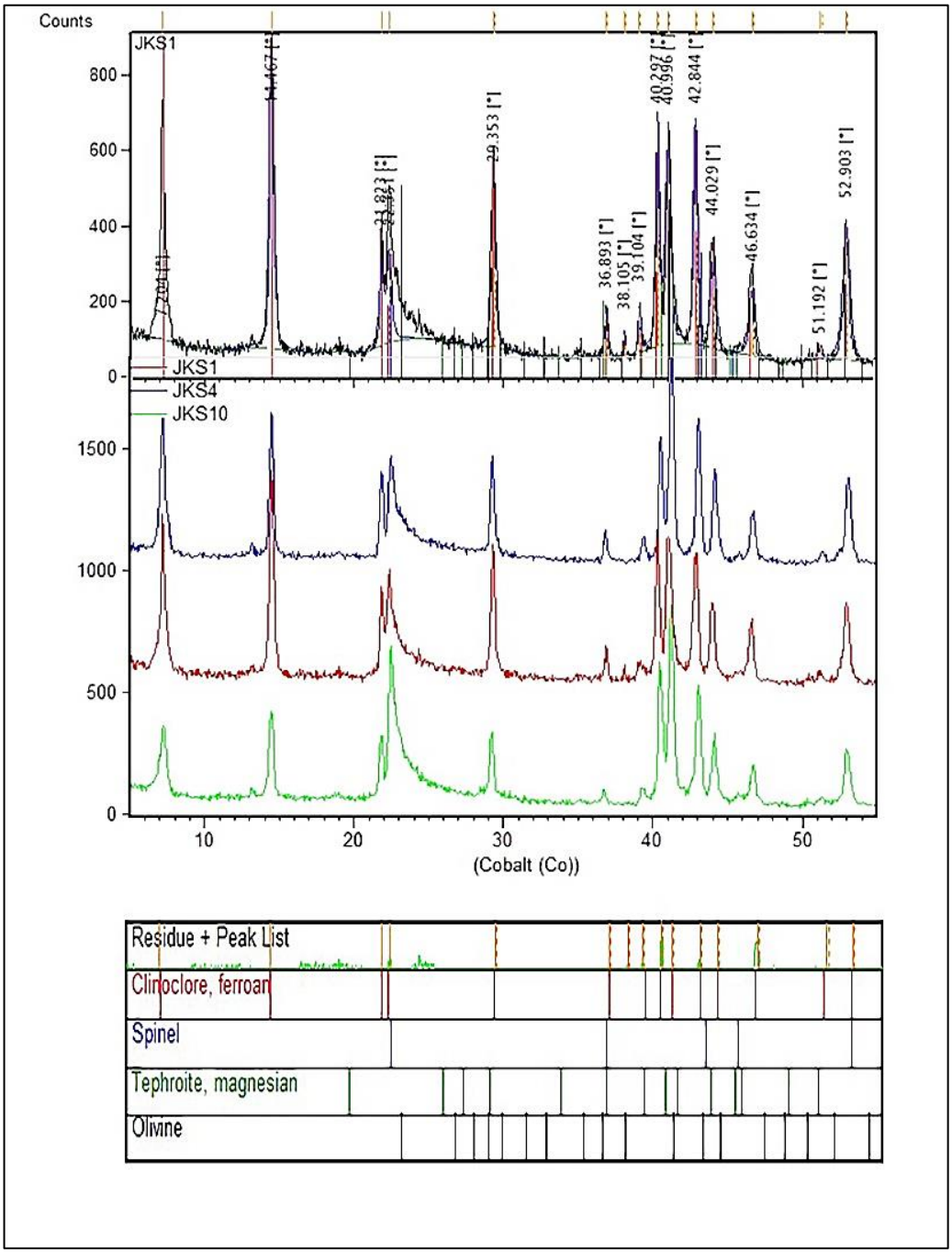
JKS10 ؛F۵ ،JKS4 ؛E۵ ،JKS2 ؛D۵ ،JKS1 ؛C۵

- **مطالعات فاز شناسی کریستالین بر اساس الگوی پراش اشعه ایکس (XRD)**

بر اساس آنالیزهای انجام شده فازهای اصلی تشکیل دهنده سنگ‌های شاخص گورستان و معادن، شامل کلینوکلر و تفرویت، اسپینل و الیوین هستند، که کاملا مشابهت با تشکیلات دگرگونی پلیتی دارد و مشخصه زون‌های موجود در مناطق افیولیتی است (Ghorbani, 2013). براساس این نتایج کانی‌های کلریت و یا خانواده کلریتی در تمامی نمونه‌ها و در آنالیز XRD و پتروگرافی محرز گردیده است. آزمایشات انجام شده بر روی سه نمونه سنگ تاریخی انجام شده حاکی از این مهم است که تمامی سنگ‌های به دست آمده از منطقه کنار صندل دارای ترکیب فازی یکسانی هستند (شکل ۶) و تنها و مهمترین تفاوت در ترکیب فاز شناسی آنان وجود کانی تفرویت در محدوده

$2\Theta=19°$ در دیفراکتوگرام پراش است. تفرویت در دسته‌ی اینوسیلیکاتها و گروه آمفیبولها و نوع متراکم و منسجم کانی های ترمولیت و آکتینولیت است که در این کانی رشته های کانی در هم پیچیدگی دارد. در زمین شناسی، این کانی بیشتر مواقع، به همراه سرپانتین دیده میشود (Evans and Guggenheim, 1988). همچنین از تجزیه بعضی از پیروکسن ها بوجود می آید (فرقانی،۱۳۸۸). این کانی در حقیقت به جای مانده از فرآیندهای سنگ سازی در رخنمون های اولترابازیکی است که در درجه حرارت کم و فشار بالا تولید میشوند که باز هم همخوانی خوبی را با معادن فاریاب از خود نشان می دهد. اسپینل، کلینوکلر (کانی که در زون های برشی و شکستگی های سنگ میزبان شکل میگیرد) و الیوین نیز در تمامی ساختارهای میکروسکپی معادن وجود داشتند و به همین دلیل تشابهات بسیار مناسبی را گزارش میدهند. ایجاد شده پیک‌های شارپ در سه نمونه، دلیل دیگری بر وجود این کانی ها در حالت بسیار بارز و شکیل است که این امر در تصاویر میکروسکپی نیز هویدا و مشخص است. با مقایسه این تصاویر با نمونه های آنالیز شده از محدوده معادن شماره M1 و M4 در منطقه فاریاب چنین مشخص است که بیشترین تشابهات در بین نمونه های تاریخی با معادن شماره ۴ محدوده فاریاب است (شکل ۷). البته لازم به ذکر است که محل و نحوه نمونه برداری نقش به سزایی در این تفاوت داشت. نمونه های جمع آوری شده از معدن ۴ از نمونه های داخلی و هوازده نشده رخنمون های فاریاب بوده در حالی که نمونه های معادن شماره ۱ متعلق به سنگ‌های نسبتا هوازده بر روی رخنمون های معدنی منطقه بوده است. این مهم به دلیل پدیدار شدن ترکیبات مینرالی چون شاموزیت و نیمیت در داخل سنگ‌های مورد آنالیز، مشخص است. همانطور که از بافت لیتولوژیکی منطقه انتظار میرفت، شاموزیت کانی اصلی در گروه کلریت است که در ساختار خود دارای Fe^{+2} است. شاموزیت، کانی از منظر کانی شناسی در دسته ی هیدرولیزات ها قرار گرفته و نمونه ای از سیلیکاتهای آلومینیوم و آهن آبدار میباشد، که در محیط دگرگونی درجه کم تا متوسط بمانند محدوده معادن فاریاب تولید می شود. این کانی از خانواده کلریت ها در شرایط متغییر ترکیب شیمیایی در محدوده هیدروترمال از پیروکسن ها, آمفیبول و الیوین ایجاد شده و ترکیب کلریت غالباً مربوط به ماده معدنی دگرگونی اصلی است به طوری که کلرهای غنی از Fe و Mg بیشتر به عنوان جایگزینی مواد معدنی فرو مغناطیسی غنی از Fe یافت می شوند (Deer et al., 2011). همچنین نیمیت به عنوان ترکیب منوکلین و زرد رنگ از خانواده کلریت ها بوده که در شرایط هوازدگی بسیار حساس است و بدلیل دارا بودن مقادیر بالای منیزیم از کانی های شاخص در منطقه فاریاب است. بافت سنگ شناسی و تمامی فازهای تشکیل دهنده با محاسبه خصوصیات کریستالوگرافی و تقارن موجود در ساختار هر فاز مورد بررسی قرارگرفت تا بتوان بهترین همپوشانی را بین فازهای محاسبه شده (خطوط آبی در نمودار) و فازهای شناسایی شده (خطوط قرمز در نمودار) برقرار نمود. در چنین حالتی تصحیح پیکهای فازهای بسیار دانه ریز و ثانوی در بافت سفال‌ها بسیار مشکل است؛ چرا که این فازها بصورت همپوشانی پیکها با بقیه فازهای شناسایی شده دیده می‌شوند. اما آنچه از بررسی این نمودارها برداشت میشود این مهم است که کلیه ترکیبات مینرالوژیک از نمونه های مرکزی معدن فاریاب (M1) نیز دارای ترکیب شیمیایی مشابهی با نمونه های کنار صندل هستند (شکل ۷). تنها موردی که در هیچ یک از نمونه‌های مورد آزمایش اولیه دیده نشده و بطور موردی در نمونه‌های منطقه مرکزی فاریاب شناسایی شد، کانی گیلماریت است که در این محدوده شناسایی گردید. گیلماریت نوعی کانی حاوی ترکیبات آرسنات بوده که با توجه به ذخایر معدنی منطقه و همچنین ترکیبات آتشفشانی موجود در محدوده مکران می‌تواند در ترکیب شیمیایی کلریت‌ها قابل

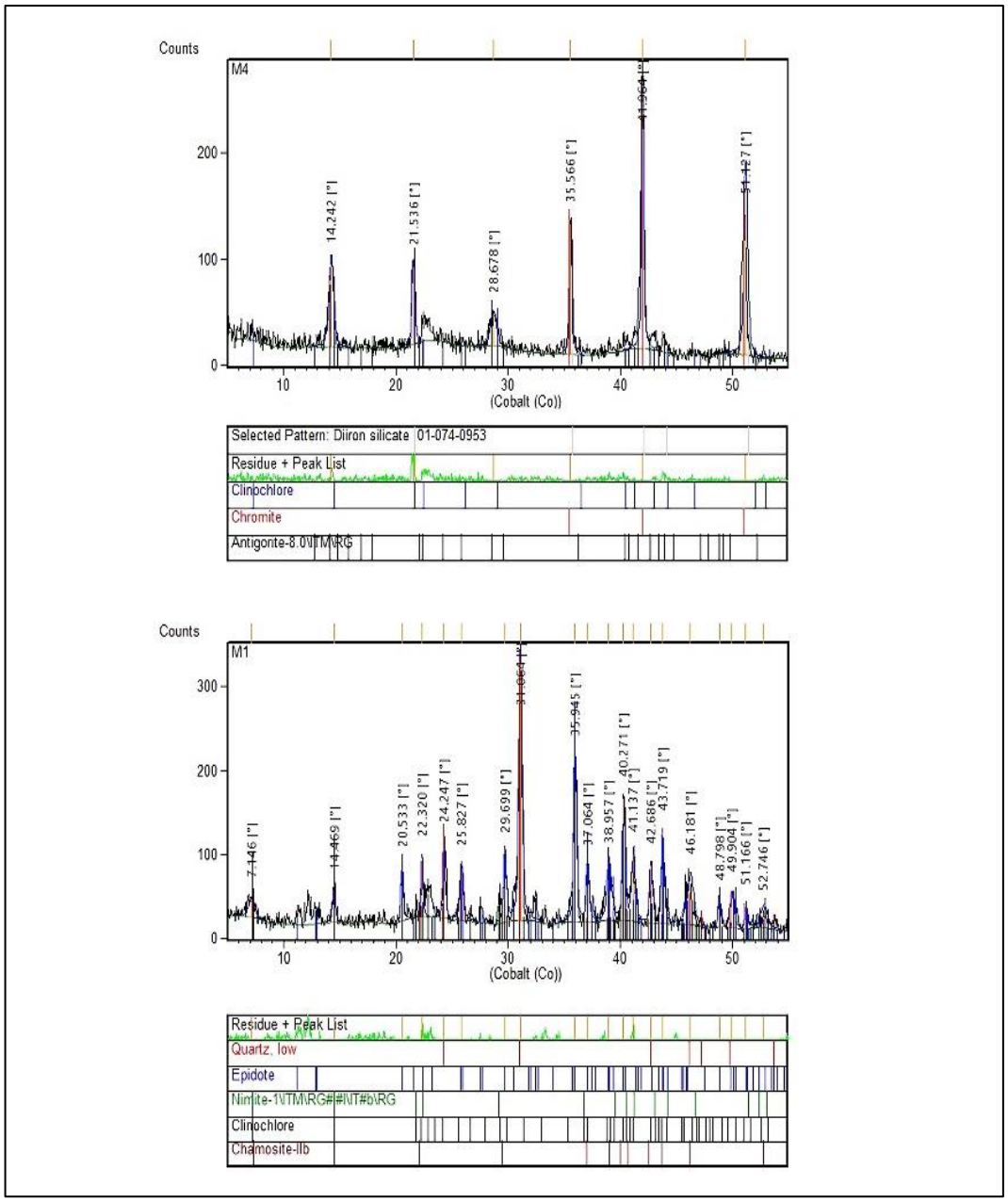
پیش بینی باشد (Deer et al., 2011; Ghorbani, 2013). نکته مهم در بین سنگها و نمونه‌های مورد آزمایش، تنها در مقادیر منیزیم می‌توان مشاهده کرد که این عنصر تفاوت‌هایی را در کانی‌هایی از خانواده کلریت، همچون کلینوکلر و منیزیم کلریت و در نهایت کانی سرپانتین نشان می دهد.



شکل ٦: دیفراکتوگرام نمونه‌های اصیل از کلریت‌های کنار صندل

- **نتایج آنالیز فلوئورسانس اشعه ایکس (XRF) و پلاسمای جفت شده القایی (ICP) جهت شناسایی ترکیب شیمیایی و طبقه‌بندی مواد**

آنالیز فلوئورسانس اشعه‌ی ایکس امکان طبقه‌بندی کردن سنگ‌ها را بر اساس ترکیب شیمیایی کلی بر اساس درصد وزنی اکسیدهای موجود و بصورت نیمه کمی در سنگ‌های کلریتی امکان‌پذیر می‌سازد. نتایجXRF در جدول ۱ نشان داده شده که روی تعداد ۱۶ عدد از نمونه‌های مطالعاتی انجام شد.



شکل ۷: دیفراکتوگرام نمونه‌های انتخابی از معادن کلریتی فاریاب

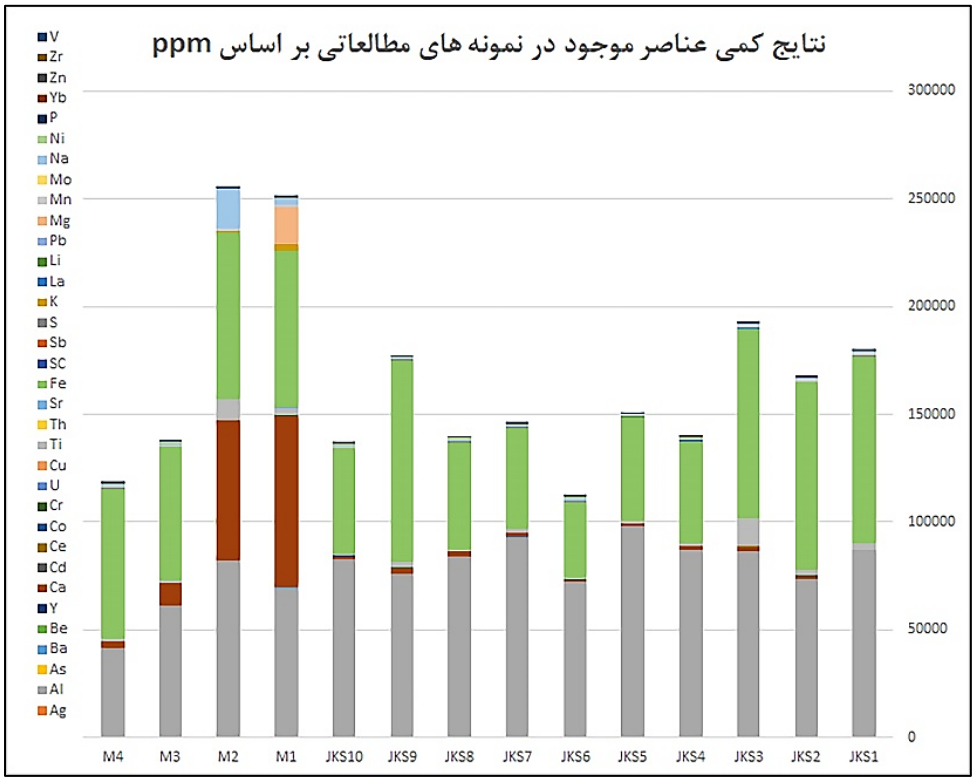
جدول ۱: نتایج XRF در نمونه‌های انتخابی از کنار صندل و معادن کلریتی فاریاب بر اساس درصد وزنی w%

	SiO2	Al2O3	BaO	TiO2	CaO	MgO	Na2O	K2O	P2O5	MnO	SO3	Fe2O3	Cr2O3	L.O.I
JKS1	26.36	18.70	0.04	0.51	0.51	19.65	0.23	0.08	0.05	0.23	<0.05	24.02	-	9.64
JKS2	23.15	16.14	0.04	0.41	0.09	22.10	0.22	0.05	0.05	0.19	0.07	27.97	-	9.56
JKS3	26.28	18.80	0.04	2.70	0.25	24.69	0.28	0.07	0.17	0.23	0.11	15.78	-	10.60
JKS4	27.61	21.09	0.04	0.22	0.21	30.27	0.33	0.08	0.05	0.05	0.08	7.77	-	12.18
JKS5	27.94	20.32	0.04	0.20	0.11	30.62	0.35	0.08	0.05	0.05	0.09	8.02	-	12.15
JKS6	31.42	14.48	0.04	0.05	0.08	34.23	0.34	0.10	0.05	0.05	0.10	5.63	-	13.26
JKS7	28.10	19.53	0.04	0.24	0.28	31.11	0.21	0.07	0.05	0.05	0.03	8.12	-	12.17
JKS8	28.82	17.39	0.04	0.12	0.08	32.57	0.20	0.06	0.05	0.07	0.07	8.53	-	11.98
JKS9	26.05	16.23	0.04	0.49	0.28	28.92	0.21	0.06	0.05	0.09	0.07	16.89	-	10.55
JKS10	29.44	17.56	0.04	0.10	0.13	32.01	0.25	0.08	0.05	0.07	0.05	27.97	-	12.01
M1	45.46	17.05	0.04	1.48	13.83	4.23	0.60	0.56	0.09	0.14	0.07	13.44	-	3.00
M2	44.73	17.25	0.04	2.11	10.91	5.61	2.62	0.14	0.07	0.18	0.13	14.18	-	1.99
M3	6.23	20.00	0.04	0.29	1.41	16.15	0.05	0.54	0.05	0.15	0.03	15.29	38.41	1.33
M4	14.78	9.14	0.04	0.21	0.43	21.50	0.05	0.41	0.05	0.14	0.03	12.97	35.11	5.18

ترکیب شیمیایی سنگ‌های کلریتی بر اساس مقادیر اکسیدهای اصلی (بالای ۱ درصد) و فرعی (زیر ۱ درصد) اندازه‌گیری شده در نمونه‌های سنگ‌های معدنی و تاریخی، نشان از وجود ترکیبات اصلی بر اساس میزان بالای SiO_2, Al_2O_3, MgO, Fe_2O_3 دارد. این عناصر نشان از وجود میزان بالای کوارتز و فلدسپات در کانیهای مهم تشکیل سنگهای دگرگونی به حساب می‌آیند. اکسید منیزیوم و آهن (MgO, Fe_2O_3) در این دسته‌ی از سنگ‌های منطقه با توجه به میزان بالای کلریت و کلینوکلر در نمونه‌ها است. اکسیدهای قلیایی مانند Na_2O و K_2O نیز در آنالیز شناسایی شدند. این اکسیدها عمدتا به آلومینوسیلیکاتهایی مانند: پلاژیوکلاژهای سدیم دار و ارتوکلاز مربوط می‌شوند و در سیستم‌های ترمودینامیکی فشار کم حرارت بالا به درون سنگهای دگرگون ناحیه که از جنس شیست سبز هستند نفوذ کرده‌اند (Mousivand et al., 2018). طبقه‌بندی کلریت‌های کنار صندل و سنگ معادن یخوران و نظری در شکل شماره ۸ اورده شده است. بر اساس نمودار تطبیق پراش و خوشه‌بندی مواد بر طبق فازهای کریستالین نشان از همبستگی منطقی بین این مواد با یکدیگر دارد. در این بین بر اساس طبقه‌بندی مواد در سیستم SiO_2 - Al_2O_3 - Fe_2O_3+MgO نشان از وابستگی خوب بین نمونه سنگ معدن سیخوران با کلریت‌های منطقه جیرفت دارد. با توجه به نمودار مثلثی در شکل ۸ نسبت Fe_2O_3/MgO در نمونه‌ها مقدار ثابتی است و در امتداد خطی در راستای محور $SiO_2 – Al_2O_3$ قرار دارد. تغییرات این عناصر در راستای این محور نشان ار تغییرات شیمی سنگ‌ها بر اساس مقادیر اسپینل و یا ترکیبات نیمه بازیک در داخل نمونه‌های کلریتی کنار صندل است.

در همین راستا دو نمونه سبز رنگ در داخل نمودار مثلثی بنظر می‌رسد که از بقیه گروه تا حدودی مجزا شده که دلیلی است بر احتمال تغییر در نوع سنگ وارداتی به این منطقه. عناصر اصلی و کمیاب در معادن فاریاب و نمونه‌های تاریخی کنارصندل با هدف آشکار نمودن تفاوت ها و تشابهات بین مواد کاوش شده، مطالعه شدند. نمودارهای ستونی ارائه شده در شکل ۸ بیانگر این مهم است که شباهت بسیار خوبی بین آلومینیم (رنگ خاکستری)، آهن (رنگ سبز)، کلسیم (رنگ ارغوانی) بر قرار است و چنین محرز است که نمونه‌های معادن سیخوران با شماره‌های M3, M4 در ارتباط هستند. این تشابه به دلیل وجود مقادیر مشابه و کم منیزیم در این نمونه‌ها است. مقادیر الومینیم و کلسیم و آهن در این نمونه‌ها مشخص کننده کانی‌هایی از جمله اسپینل‌ها و کلینوکلر یا سرپانتین هستند که در نمونه‌های کلریتی بدست آمده از کاوش مشاهده شده است. مقدار اکسید تیتانیوم TiO_2 فقط به عنوان یک مشخصه‌ی ژئوشیمیایی از داخل سنگ بستر کرومیتی برای شناسایی نمونه‌های مورد مطالعه مطرح میگردد. این اکسید در اکثر شرایط (شرایط تعادل) بصورت مخلوط ابتدایی در ترکیبات هماتیتی و یا مگنتیتی وجود دارد (Emami et al., 2017). مقادیر اندک این عناصر وابسته به زمین‌شناسی کانسار سیخوران و نظری است و نسبت به سایر رخنمون‌های دیگر در منطقه‌ها متفاوت است. استرانسیم نشانه‌ای از وجود پلاژیوکلازها در کانی شناسی سنگ‌ها است و در اثر جایگزینی با کلسیم در ترکیبات کربناته نیز میتواند حضور داشته باشد. همچنین وجود اکسید کروم موجود در نمونه های (M3, M4 بر اساس داده های حاصل از XRF) نشانه ی بدست آمدن نمونه ها از معدن کرومیت هستند که کلریتها بصورت رگه هایی در لابلای آنها ایجاد شده اند و شناسایی آنها توسط رگه های منیزیم بصورت ساختارهای برفکی مانند و دانه‌های بیوتیت امکانپذیر است. مشاهدات پترولوژی انجام شده بر روی این نمونه ها نیز نشان دهنده وجود چنین کانی‌هایی با درصد متغییر از مواد متشکله است. تفاوت در چنین ترکیبات سنگی بدلیل شرایط گوناگون التراسیون و هوازدگی در قسمت‌های گوناگون رخنمون‌های معدنی می تواند منتج شده باشد (Mousivand et al., 2018).

	Ag	Al	As	Ba	Be	Y	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	U	Cu	Ti	Th	Sr	Fe	SC	Sb	S	K	La	Li	Pb	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Yb	Zn	Zr	V
JKS1	0.57	86957	2.4	11	<1	7	28.29	0.19	8	141	36	<5	8	2616	<5	6	87063	51	1.25	267	193	7	43	4	>2%	1366	<0.5	334	210	114	2.6	86	7	543
JKS2	0.56	73771	2	7	<1	0.5	944	0.2	2	150	391	<5	3	2421	<5	8	87112	14.7	1.22	358	112	1	14	8	>2%	1175	<0.5	421	213	99	1.5	65	8	264
JKS3	0.55	86661	2	6	<1	6	1862	0.25	40	66	335	<5	26	12483	<5	11	88077	38.8	0.95	289	<100	25	22	4	>2%	1485	<0.5	338	130	600	1.3	105	5	142
JKS4	0.77	86773	2.1	5	<1	2	1809	0.27	5	95	22	<5	10	1403	<5	8	47563	1.12	1.12	206	<100	1	29	3	>2%	264	0.54	403	851	27	0.7	21	194	8
JKS5	0.55	97802	1.9	5	<1	2	1185	0.2	6	98	59	<5	8	1192	<5	7	48196	8.5	1.32	178	<100	1	23	3	>2%	276	0.54	414	856	35	0.8	28	207	9
JKS6	0.57	72126	2.7	5	<1	2	671	0.23	3	79	756	<5	27	262	<5	4	35389	8.9	0.77	214	<100	1	15	3	>2%	259	0.54	986	1027	34	0.5	28	45	49
JKS7	0.57	92839	2.3	5	<1	3	2227	0.18	3	97	22	<5	9	1376	<5	9	47174	7.3	1.11	184	<100	1	21	3	>2%	324	0.5	503	870	38	0.9	27	139	10
JKS8	0.57	84121	2	5	<1	3	2227	0.25	3	99	10	<5	3	684	<5	3	49765	7.9	1.17	163	<100	1	15	3	>2%	415	0.51	505	951	27	0.9	32	133	22
JKS9	0.57	75982	2.3	5	<1	5	2174	0.28	1	181	647	<5	2	2603	<5	5	93361	48	1.14	184	<100	1	13	4	>2%	575	0.52	573	448	109	1.9	39	15	367
JKS10	0.58	82941	1.6	7	<1	3	1234	0.18	4	103	17	<5	3	548	<5	3	49371	9	1.14	203	<100	1	16	4	>2%	421	0.52	522	955	33	0.9	31	136	25
M1	0.55	69475	1.8	23	<1	25	79574	0.24	5	27	249	<5	96	3561	<5	281	72259	30.3	1.18	186	3002	3	22	4	17526	842	0.51	3154	49	301	3.5	62	19	294
M2	0.58	82151	2	48	<1	15	64825	0.3	4	47	40	<5	5	9622	<5	238	77484	38.5	0.92	199	434	3	14	7	>2%	1080	0.52	18531	41	267	3	50	31	654
M3	0.55	61340	44	15	<1	1	10130	0.18	40	106	>1%	<5	7	1235	<5	16	61967	3.7	0.57	184	<100	<1	14	4	>2%	739	4.4	429	818	35	1.3	177	7	626
M4	0.55	41260	59.4	13	<1	1	3304	0.21	54	121	>1%	<5	7	1161	<5	13	69436	4.6	0.38	185	<100	<1	29	8	>2%	849	4.3	350	1174	51	1.1	202	7	475



شکل ۸: مقایسه پراکندگی عناصر کمیاب و اصلی نمونه‌های انتخابی از کنار صندل و معادن کلریتی فاریاب

بحث و نتیجه‌گیری

آثار ساخته شده از سنگهایی با ترکیبات کلریتی، در جیرفت ترکیبی هستند، عموما از : کلریت، سرپانتین و کلینوکلر و اپیدوت و هورنبلند و آکتینولیت، که ازشاخصه های سنگهای منطقه است. دگرگونی منطقه بیشتر از نوع آپلیتی بوده چرا که سرپانتیتیت ها و کلریت ها وکلینو کلر های غنی از منیزیم را بیشتر مشاهده میکنیم که با رخنمون‌های زمین شناسی حوزه‌ی فاریاب تشابه دارد. این رخنمون‌ها در دمای کمتری نسبت به کلریت‌های آهندار ایجاد شده و نشاندهنده‌ی تفاوت شرایط ژنز، بواسطه ی وجود آب یا محلولهای غنی از کاتیونها و مواد معدنی با سایر مناطق حاوی کانی کلریت بوده اند. از آنجا که معادن فاریاب بزرگترین ذخائر کرومیت ایران هستند کلریت شناسایی شده در منطقه، کلریت‌کروم‌دار (کمریریت) در قالب ذخایر اصلی کرومیتی و در سنگ‌های اولترابازیک با بافت سنگ شناسی سرپانتینیتی به صورت رگه هایی در لابلای کرومیتها و در مجاورت بیوتیت و اکسید منیزیوم به چشم میخورد. با مقایسه ساختارهای مینرالی در سنگ‌های دگرگونی مشخص شد که ترکیب کانی مورد مطالعه بیشتر با ترکیبات کلریت‌های ثانویه بیشتر از نوع کلینوکلر با ساختارهای مواج و بمانند رشته‌ای و شاموزیت هم‌خوانی دارد. اشیاء و ظروف کلریتی مکشوفه از کنار صندل و نمونه سنگ‌های معدن از معدن سیخوران و معدن نظری در فاریاب مرکزی (مهروئیه) مورد بررسی و مطالعه قرار گرفتند. بر اساس نتایج حاصله از پژوهش، بر اساس آنالیزهای شیمیایی و سنجش مقادیر عناصر کمیاب به روش XRF و ICP و همچنین مطالعات پترولوژی و فازشناسی مشخص گردید که معدن فاریاب در هزاره سوم نقش کلیدی در ساخت و تولید این سنگ‌های کلریتی داشتند. در تمامی نمونه های آنالیز شده میزان MgO و FeO و همچنین عناصری مانند Ca, P, Ti, Sr نقش مهمی در شناسایی منشا این مواد داشته‌اند. ویژگی بارز نمونه‌های سنگ معادن فاریاب در مقام مقایسه با سایر محوطه‌های همجوار، این است که معادن فریاب با نمونه‌های آنالیز شده گورستان کنار صندل جنوبی بویژه در نمونه M4 و M3 همخوانی خوبی دارد. این نتیجه با نتایج آنالیز XRD و پتروگرافی مقطع نازک نمونه های انجام گرفته نیز مطابقت دارد. بر اساس مطالعات پتروگرافی، کانی‌شناسی و مشاهدات بافتی، سنگ‌های منطقه اساسا از اولیوین‌های حاوی منیزیم و پریدوتیت‌های سرپانتینی و گاها ذرات اپاک با ترکیب اسپینل، که بر اساس اعضای نهایی اسپینل از نوع مگنتیت و کرم‌اسپینل، تشکیل شده‌اند. بر اساس آنالیز XRD انجام گرفته بر نمونه‌های مورد مطالعه پژوهش: سنگ‌های معادن بیشتر شامل کلینوکلر، تفرویت، اسپینل و الیوین هستند که با آزمایشات انجام شده بر روی نمونه های سنگهای گورستان، دارای ترکیب فازی یکسانی بوده و این تشابه در نمونهM4 بیشترین مشابهت را نشان میدهد. گستردگی محدوده کلریتی جنوب شرق تا دره‌ی پنجاب پاکستان ادامه دارد و میتواند در این مسیر تنوع، دگرگونی (هیدروترمال و مجاورتی) را بعنوان عاملی در تنوع سنگهای کلریتی منطقه مورد بحث در جنوب شرق بیان کرد. در این صورت منبع تغذیه کننده سنگ، جهت تولید آثار و ظروف سنگ کلریتی حوزه هلیل رود بسیار متنوع‌تر از انچه میدانیم، هست. اما از آنجا که معادن فاریاب از نظر بعد مسافت، حد واسط بین تجارت دریایی این مواد از مسیر خلیج فارس تا بین النهرین را دارد، بنابراین مهم تجارت و تبادل این آثار در هزاره سوم ق.م جزو عوامل بسیار تاثیرگذار اقتصادی در ان دوره باشد. در این زمینه، مطالعات زمین باستان‌شناختی، کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی بر روی مواد مرتبط با تولید محصولات مهم فرهنگی از قبیل: سنگ، فلز، سفال و سنگ‌های قیمتی در حوزه هلیل‌رود، کمک قابل توجهی

به درک ارتباط فرهنگی جوامع باستانی، روابط تجاری و تاثیر متقابل آنها بر یکدیگر از شرق تا ورای مرزهای تمدن پنجاب و از غرب تا بین النهرین خواهد داشت.

تشکر و قدردانی

این مقاله با حمایت و همکاری دانشگاه هنر اصفهان و گروه باستان شناسی دانشگاه تهران انجام گردید و مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد خانم مرجان نادری نسب با عنوان بررسی آثار سنگی کلریتی کشف شده از تپه کنار صندل جنوبی جیرفت (هزاره سوم ق. م) و منشاء آنان بر اساس داده‌های زمین شناسی و ژئوشیمی است که با راهنمایی دکتر سید محمد امین امامی و دکتر نصیر اسکندری دامنه اختتام یافته است.

منابع

آمیه، پیر، (۱۳۸۵)، مهرهای آرکائیک شهر سوخته، مجموعه مقالات پیش از تاریخ سیستان: به¬کوشش موریتسیو توزی، مترجم: رضا مهرآفرین، سیستان: پایگاه میراث فرهنگی شهر سوخته، صص ۴۷۰-۴۹۷.

امامی، سید محمد امین، (۱۳۹۶)، مروری بر فلزگری کُهن مس (آرکئومتالورژی مس) در منطقه هَلیل رود (براساس داده های حاصل از پتروگرافی و ژئوشیمی سرباره های ذوب فلز باستانی)، مطالعات باستان شناسی پارسه، سال اول، شماره ۱، ص ۹۹-۱۱۱.

اسکندری، نصیر، ویداله، ماسیمو، مسگر، علی اکبر، شفیعی، مژگان، شهسواری، میثم، دوسه، فرانسوا، عابدی، اکبر، انجم روز، سلمان و شهدادی، علی، (۱۳۹۹)، تمدن جیرفت (براساس متون میخی بین النهرینی و کشفیات باستان شناختی در محوطه های باستانی ورامین و کنارصندل جیرفت)، تاریخ اسلام و ایران، شماره ۴۷ (پیاپی ۱۳۷)، ص ۱۱ – ۲۹.

اسکندری، نصیر، (۱۳۹۹)، نتایج پروژه ی پیش از تاریخ محوطه ی ورامین: معرفی مرحله ی اولیه ی تمدن جیرفت، فصلنامه علمی مطالعات باستان شناسی پارسه، شماره ۱۳، صص ۲۷-۵۳.

پرو، ژان، (۱۳۸۷)، شکل شناسی جیرفت، مجموعه مقالات نخستین همایش بین المللی تمدن حوزه هلیل: جیرفت (۱۳۸۳)، به کوشش: دکتر یوسف مجیدزاده، تهران: سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان کرمان، صص،۲۸۷-۲۹۴.

پیتمن، هالی، (۱۳۸۴)، هنر عصر مفرغ جنوب شرق ایران،سیای جنوب غربی و دره‌ی سند، مترجم:کوروش روستایی،تهران: پیشین پژوه و مهر بردیا.

حاکمی، علی، (۱۳۴۸)، بررسی‌های باستان‌شناسی حاشیه دشت لوت، مجله باستان‌شناسی و هنر ایران، ش.۲، انتشارات وزارت فرهنگ و هنر ایران. اداره کل باستان‌شناسی فرهنگ عامه، صص ۵۱-۳۶.

حصاری،مرتضی؛ پیران، صدیقه، (۱۳۸۴)، فرهنگ حاشیه هلیل رود و جیرفت کاتالوگ نمایشگاه گزیده‌ای از اشیاء استردادی ۱۳۸۴، تهران: موزه‌ی ملی ایران

رازانی، مهدی، امامی، سید محمد امین، مجیدزاده، یوسف، (۱۳۹۰)، بررسی مقدماتی روش ساخت و تزئین سنگ های کلریتی حوزه ی تمدنی هلیل رود. مجموعه مقالات دومین گردهمایی گنجینه های از یاد رفته ی هنر ایران به کوشش مهدی مکینژاد (جلد ۴). تهران:فرهنگستان هنر و متن (موسسه ی تالیف و ترجمه و نشر آثار هنری).

رازانی، مهدی، (۱۳۸۸)، بررسی های آرکئومتریک سنگ های سیاه تمدن جیرفت، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گرایش مرمت اشیاء تاریخی و فرهنگی، دانشگاه هنر اصفهان

سیدسجادی، سید منصور، (۱۳۸۷)، منابع تأمین سنگ لاجورد جیرفت باتوجه به آخرین یافته‌های باستان‌شناسی در شهر سوخته، مجموعه مقالات نخستین همایش بین المللی تمدن حوزه هلیل: جیرفت (۱۳۸۳)، به کوشش: دکتر یوسف مجیدزاده، تهران: سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان کرمان، صص۳۴۰-۳۱۵.

فرانکفورت، هانری پال، (۱۳۸۷)، سنگ‌های سیاه و هنر در کرمان و آسیای مرکزی، چکیده مقالات همایش بین‌المللی جیرفت، حوزه تمدنی هلیل‌رود، فرهنگستان هنر.

لمبرگ کارلوسکی، کارل، (۱۳۸۷)، قلمرو کنش متقابل در خاور نزدیک باستان: سی سال بعد، مجموعه مقالات نخستین همایش بین المللی تمدن حوزه هلیل، به کوشش: دکتر یوسف مجیدزاده، تهران: سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان کرمان، صص۴۲۳-۴۳۱.

مجیدزاده، یوسف. (۱۳۸۰)، آیا آرت خاستگاه تمدن سومری است؟ مدارک جدید از کنارهی هلیل رود: استان کرمان مجله ی باستان شناسی و تاریخ ۱۶ (۱): ۳-۱۳.

مجید زاده، یوسف، (۱۳۸۲)، دومین فصل حفریات باستانشناختی در جیرفت در و بهمن ۱۳۸۲، نامه پژوهشگاه میراث فرهنگی،شماره پنجم،زمستان،دوره نخست،شماره پیاپی۵،صص۷۸-۶۵.

مجید زاده، یوسف، (۱۳۸۶)، گزارشی کوتاه از پنجمین فصل حفریات باستان‌شناختی در محوطه‌های کنار صندل و گورستان‌های محطوط آباد و قلعه کوچک: جیرفت۱۳۸۵، گزارش‌های باستانشناسی، تهران: سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری، معاونت پژوهشی.

Badrzadeh, Z., T. J. Barrett, J. M. Peter, D. Gimeno, M. Sabzehei, and M. Aghazadeh, 2011, Geology, mineralogy, and sulfur isotope geochemistry of the Sargaz Cu–Zn volcanogenic massive sulfide deposit, Sanandaj–Sirjan Zone, Iran, Mineralium Deposita, 46(8).۹۲۳-۹۰۵

David, H., 1996, Styles and evolution: Soft stone vessels during the Bronze Age in the Oman Peninsula: Proceedings of the Seminar for Arabian Studies, p. 31-46.

De Cardi, B., 1968, Excavations at Bampūr, SE Iran: A Brief Report, Iran, 6(1), 13.۱۵۵-۵

Deer, W. A., J. Bowles, R. A. Howie, D. Vaughan, and J. Zussman, 2011, Rock-forming Minerals: Non-silicates: oxides, hydroxides and sulphides. Volume 5A.

Desset, F., M. Vidale, N. A. Solaimani, E. Battistella, and A. Daneshi, 2017, A Grave of the Halil Rud Valley (Jiroft, Iran, ca. 2400–2200 BC): Stratigraphy, Taphonomy, Funerary Practices, Iranica Antiqua, 52, 25-60.

Emami, M., and A. Parvaresh, 2016, Mineralogish, Petrochemische Untersuchungen an Kupferschlacken aus „SHEIKH-ALI“ Ophiolithkupferlagerstaetten, Kerman, Iran: Archäometrie und Denkmalpflege 2016, p. 205-208.

Emami, M., M. Razani, N. A. Soleimani, and Y. Madjidzadeh, 2017, New insights into the characterization and provenance of chlorite objects from the Jiroft civilization in Iran, Journal of Archaeological Science: Reports, 16, 194-204.

Eskandari, N., 2017, Excavations at the Prehistoric Sites of Tepe Dehno and Tepe East Dehno, Shahdad, South-eastern Iran. Iranian Journal of Archaeological Studies, 7(1), 16-33.

Evans, B., and S. Guggenheim, 1988, Talc, pyrophyllite, and related minerals, Reviews in Mineralogy and Geochemistry, 19(1), 225-294.

Field, H., 1933, Steatite Vases from Kish, Antiquity, 7(25), 84-85.

Ghorbani, M., 2013, The economic geology of Iran: mineral deposits and natural resources, Springer Science & Business Media.

Hakemi, A., 1997, Kerman: the original place of production of chlorite stone objects in the 3rd millennium BC, East and West, 47.٤٠-١١ ,(٤/١)

Hauptmann, A., 1985, Die Entwicklung der Kupfermetallurgie vom 3 Jahrtausend bis zum Neuzeit 5000 Jahre Kupfer in Oman, 1.

Kohl, P. L., 1974. Seeds of Upheaval: the production of chlorite at Tepe Yahya and an analysis of commodity production and trade in Southwest Asia in the mid-third millennium, Ph.D. dissertation,

Department of Anthropology, Harvard University.

-------- 1976, "Steatite" Carvings of the Early Third Millennium BC, American journal of archaeology, 80(1), 73-7.٥

--------- 1977, A note on chlorite artefacts from Shahr-i Sokhta, East and West, 27(1/4), 111-127.

Kohl, P. L., G. Harbottle, and E. V. Sayre, 1979, Physicl and Chemical Analyses of Soft Stone Vessels from Southwest Asia, Archaeometry, 21(2), 131-15.٩

Lamberg-Karlovsky, C., 1988, The" Intercultural style" carved vessels, Iranica Antiqua, 23, 45.

Lamberg-Karlovsky, C., and P. L. Kohl, 1971, The Early Bronze Age of Iran as seen from Tepe Yahya, Expedition, 13(3), 14.

Lamberg-Karlovsky, C. C., 1970, Excavations at Tepe Yahya, Iran, 1967-1969: Progress Report, v. 1, American School of Prehistoric Research, Harvard University.

Madjidzadeh, Y., and H. Pittman, 2008, Excavations at Konar Sandal in the region of Jiroft in the Halil Basin: first preliminary report (2002–2008), Iran, 69-103.

Majidzadeh, Y., B. Ali, and A. ASADI, 2003, Jiroft discovery stuns archaeologists.

Masjedi Khak, P., N. Shirazi, H. Nami, and M. Hajivaliei, 2018, Structural Characterization of Steatite Vessels of Shadyakh by XRF, XRD and SEM Techniques, Journal of Research on Archaeometry, 4(2), 49-60.

Mousivand, F., E. Rastad, J. M. Peter, and S. Maghfouri, 2018, Metallogeny of volcanogenic massive sulfide deposits of Iran, Ore Geology Reviews, 95 974–1007.

Okrusch, M., and S. Matthes ,2010 ,Einführung und Grundbegriffe, in Mineralogie, 1-43, Springer.

Perrot, J., & Madjidzadeh, Y., 2003, Découvertes récentes à Jiroft (Sud du plateau iranien)(note d'information). Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, 147(3), 1087-1102.

Potts, T. F., 1993, Patterns of trade in third-millennium BC Mesopotamia and Iran, World Archaeology, 24(3), 379-402.

Rastad, E., A. M. Miralipour, and M. Momenzadeh, 2002, Sheikh-Ali copper deposit, a Cyprus-type VMS deposit in Southeast Iran, Journal of Sciences Islamic Republic of Iran, 13(1), 51-64.

Seki, Y., and Y. Oki, 1969, Wairakite-analcime solid solutions from low-grade metamorphic rocks of the Tanzawa Mountains, Central Japan ,Mineralogical Journal, 6(1-2), 36-45.