

Identification and Analysis of Ceramics Context on the Basis of Remainings of Burial Environment (Samples of Grey Ceramics Related to Iron Age)

M. B. KASIRI^{a*}, H. GHORBANI^b and Y., NAZARIEH^c

^a Assistant professor, Research center on restoration of historical monuments, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, IRAN

^b Assistant professor, Faculty of Arts, Birjand University, Birjand, IRAN

^c M.Sc. in Archaeometry, Faculty of Applied Arts, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, IRAN

Abstract

Context of the archaeological findings is an important part of these artifacts and many useful information, regarding the provenance, application and dating of findings must be determined considering the characteristic of corresponding context. In some cases, the context of an historical objects is missing and hence, the accuracy of the information regarding the historical object is unsatisfactory. However, some types of laboratory experiments are able to provide the required information regarding the archaeological context of the object. In this study, it was tried to find the context of five gray Iron Age pottery pieces belong to the Museum of Ancient Iran. In order to identify and measure the elements in sediments and body of the samples, inductively coupled plasma-optical emission spectroscopy (ICP-OES) technique was used. Also, to identify the anions present in sediments on the samples, ion chromatography (IC) technique was employed. The results showed that, the sample MB-1 and MB-2, on the basis of elements present, have the same context, where the specifications are very close to the cemetery. Also, based on the high concentrations of calcium carbonate deposits in the chemical composition of MB-3, this sample could be related to the kitchen or floor of a residential area. Regarding the samples termed MB-4 and MB-5, as the results of elemental analysis showed the presence of some elements such as potassium, magnesium, iron, and titanium and, a positive correlation of these elements with each other, as well as a negative correlation between potassium and magnesium with Si, the context ought to be associated with fire, such as oven and grill found in the kitchen. Results of polarized light microscopy (PM) also showed a close correlation and structural similarity based on the type of tempering with gray earthenware tempering, traditionally used during the Iron Age, which are clay minerals having relatively smooth and homogeneous texture in all the samples.

Keywords: Context, Grey earthenware, Iron age, ICP-OES, Ion chromatography, Petrography

* – Corresponding author: m.kasiri@tabriziau.ac.ir

شناسایی و تحلیل بستر آثار سفالی بر مبنای بقایای محیط دفن (بررسی موردی سفالینه‌های خاکستری منسوب به عصر آهن)

مسعود باقرزاده کثیری^۱؛ حمیدرضا قربانی^۲؛ یاسر نظریه^۳

^۱ استادیار و عضو مرکز تحقیقات مرمت بنا و بافت‌های تاریخی دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران

^۲ استادیار و عضو دانشکده هنر، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

^۳ کارشناس ارشد باستان‌سنجی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران

چکیده

در پژوهش حاضر سعی شده است تا به وسیله مطالعات آزمایشگاهی بستر و محیط دفن احتمالی پنج نمونه سفال خاکستری عصر آهن متعلق به موزه ایران باستان مورد شناسایی قرار گیرد. به همین منظور با شناسایی و اندازه‌گیری میزان عناصر موجود در رسوبات و بدنه‌ی سفالی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه طیف‌سنج نشری پلاسمای جفت‌شده‌ی القایی (ICP-OES) سعی در شناخت بستر احتمالی آن‌ها شد. همچنین برای شناسایی آنیون‌های موجود در رسوبات سفالینه‌ها، از دستگاه کروماتوگرافی یونی (IC) استفاده گردید. نتایج نشان دادند که میزان عناصر موجود در نمونه MB-1 و MB-2 و نیز هم‌بستگی معنی‌دار برخی از عناصر خاص بیش‌ترین نزدیکی را به بستر قبرستان دارد. همچنین، بر اساس غلظت بالای کربنات کلسیم در تجزیه‌ی شیمیایی رسوبات نمونه MB-3 می‌توان آن را به بافت آشپزخانه و یا کف منطقه‌ی مسکونی نسبت داد. در مورد نمونه‌های MB-4 و MB-5 نیز که نتیجه‌ی شناسایی عناصر حاکی از بستر همسان برای آن‌هاست وجود عناصری نظیر پتاسیم، منیزیم، آهن، تیتانیوم و هم‌بستگی مثبت آن عناصر با یکدیگر و نیز هم‌بستگی منفی پتاسیم و منیزیم با سیلیسیوم نشان‌دهنده‌ی بافت‌های مرتبط با آتش، چون اجاق و کوره است. نتایج مطالعات میکروسکوپی نوری پلاریزان (PM) نیز نشان داد که هم‌بستگی و شباهت ساختاری نزدیکی بر مبنای نوع تمپر با سفالینه‌های خاکستری عصر آهن دارند که تمپر به کار رفته در زمینه‌ی رسی تمامی نمونه‌های مورد مطالعه معدنی بوده و بافتی نسبتاً یک‌دست و همگن دارند.

واژگان کلیدی: بستر، سفال خاکستری، عصر آهن، پلاسمای جفت شده القایی ICP-OES، کروماتوگرافی یونی IC، پتروگرافی

۱- مقدمه

تولید سفال خاکستری رنگ که یکی از شاخصه‌های اصلی شروع عصر آهن می‌باشد در اغلب نواحی فلات ایران به صورت گسترده از نیمه هزاره‌ی دوم آغاز و تا ۵۰۰ قبل از میلاد ادامه یافت که بر حسب نظریاتی، با اقوام مهاجر در نیمه هزاره دوم قبل از میلاد حرکت کرده و جایگزین سفال‌های نازک و منقوش پیشین شدند. خاستگاه‌های مهم این پدیده فرهنگی، گورستان‌های یاریم تپه، شاه تپه، تورنگ، تپه حصار دامغان، سیلک الف کاشان، گورستان وسیع قیطریه و پیشوای ورامین در دوره مفرغ جدید و عصر آهن بوده است (طلایی، ۱۳۸۹).
بستر^۱ یافته‌های باستان‌شناختی به‌منظور بازسازی فعالیت‌های انسانی گذشته و درک بهتر مصنوعات و مواد باقیمانده اهمیت ویژه‌ای دارد. پیدا کردن بستر شامل رسوبات (مانند شن، ماسه و خاک اطراف) و همچنین موقعیت عمودی و افقی آن و ارتباط با دیگر یافته‌ها صورت می‌گیرد. زمانی که غارتگران در سائیتی بدون هدف و بدنبال یافته‌های غنی دست به حفاری می‌زنند باعث از بین رفتن و آشفته شدن بستر، و در نتیجه از بین رفتن اطلاعات زیادی می‌شوند. به همین دلیل ثبت و ضبط کردن دقیق بستر اولیه و ارتباط باقیمانده‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به‌عنوان مثال، یک قطعه شکسته گلدان سفالی ممکن است یک شیء جذاب برای مطالعه باشد اما می‌تواند اهمیتی به مراتب بیشتر داشته و اطلاعات ارزشمندی در مورد جامعه‌ای که در آن تولید شده و یا مکانی که از آن یافت شده (مانند آرامگاه، خندق و یا خانه) را به باستان‌شناس بدهد. زمانی ممکن است باستان‌شناس از روی کنجکاوی باعث تغییراتی در اطراف مواد و یا آثار شود که با این کار، باعث از بین رفتن زمینه‌ی اولیه‌ی اثر می‌گردد. این اختلالات در بستر مواد تنها محدود به فعالیت‌های انسانی نمی‌شود و گاهی اوقات نیروهای طبیعت مانند توده‌های یخ، باد، زلزله، سیل و... نیز باعث نابودی بستر اولیه آثار می‌شوند که در این مورد می‌توان به ابزارهای عصر حجر در اروپا که توسط عمل آب به دورتر از بستر اولیه‌ی خود منتقل شدند اشاره نمود (Renfrew and Bahn, 2000).
در این میان آثار ارزشمندی، به دلایلی از قبیل

تغییرات طبیعی، تغییرات فرهنگی یا به ویژه حفاری‌های غیرمجاز، فاقد بستر هستند که امکان تحلیل و شناخت آن‌ها به‌سادگی وجود نداشته، اما با بررسی و آنالیز بقایای ناشی از محیط دفن می‌توان به شناخت بستر این آثار کمک شایانی نمود. بسیاری از فعالیت‌های انسانی باعث افزایش غلظت آنیون‌ها در خاک محیط پیرامون می‌شوند همچنین آنیون‌ها به ویژه آنیون فسفات و نیترات به دلیل قدرت نفوذپذیری و جابجایی بالایی که دارند به راحتی در اثر حضور رطوبت در بدنه‌های سرامیکی نفوذ می‌کنند و پس از قطع رطوبت و خشک شدن به سطح آن‌ها حرکت کرده و به‌صورت شوره رسوب می‌کنند که حتی پس از چندین بار شستن به صورت کامل خارج نمی‌شوند (May and Jones, 2006). بنابراین تجزیه آنیون‌ها الگویی بسیار روشمند و مکمل جهت بازشناخت بسترهای باستان‌شناختی به ویژه آثار فاقد بستر که بسیاری از اطلاعات و شواهد محیط دفن آن‌ها از بین رفته‌اند ارائه می‌نماید.

غلظت آنیون‌ها به ویژه آنیون فسفات کاربرد بسیار گسترده‌ای در تحلیل فعالیت‌های انسانی صورت گرفته در بسترهای باستان‌شناختی دارد جایی که به‌صورت طبیعی، فعالیت‌های انسانی باعث افزایش فسفات خاک می‌شوند. بنابراین فسفات شاخص مهمی جهت سنجش فعالیت‌های انسانی صورت گرفته در مکان‌های باستانی به شمار می‌رود (Woods, 1977; Eidt, 1985; Dunning, 1993). در بسیاری از پژوهش‌های باستان‌شناختی برای شناسایی فعالیت‌های ویژه صورت گرفته در سایت‌های باستانی از عنصر فسفر به عنوان یون فسفات در تحلیل داده استناد شده است در حالی فسفر به صورت عنصری تک اتمی و در بسیاری از ترکیبات از جمله خاک لیتوژنیک^۲، استخوان، خاکستر چوب، فضولات حیوانی و غیره وجود دارد اما فسفات یک یون چند اتمی و فسفر جزئی از ترکیب شیمیایی آن است بنابراین غلظت بالای فسفر به‌تئهایی توجیهی روشمند و علمی برای تحلیل فعالیت‌های انسانی ویژه در یک بستر باستان‌شناختی، مرتبط با یون فسفات نیست.

تاکنون هیچ‌گونه پژوهش علمی مبتنی بر علوم پایه (آنالیزهای شیمیایی) در خصوص بازشناخت بستر

مصنوعات باستانی بر مبنای رسوبات و بقایای محیط دفن در ایران صورت نگرفته و همچنین گزارش خاصی در این مورد در مجامع پژوهشی و دانشگاهی حوزه باستان‌شناسی ارائه نشده است. در تنها پژوهش صورت گرفته در این زمینه، نیکنمی و رضایی مقاله‌ای با عنوان «تجزیه عنصری خاک باستانی دوره‌ی مس-سنگی تپه زاغه برای شناسایی مکان‌های فعالیت‌های ویژه» منتشر کرده‌اند (نیکنمی و رضایی، ۱۳۹۲). پژوهش حاضر به‌عنوان اولین گام در این راه، سعی در شناخت بستر مصنوعات باستانی در ایران بر مبنای تحلیل‌های علمی و آزمایشگاهی بستر سفال‌ها دارد که به این منظور ۵ نمونه از سفالینه‌های خاکستری منسوب به عصر آهن متعلق به موزه ملی ایران باستان و گروه باستان‌شناسی دانشگاه بیرجند انتخاب و مورد بررسی آزمایشگاهی قرار گرفتند.

۲- نمونه‌های مطالعاتی، دستگاه‌ها و روش‌های مورد استفاده

در این بخش به معرفی نمونه‌های مورد مطالعه، روش‌های به‌کار رفته جهت آنالیز شیمیایی آن‌ها، نحوه‌ی نمونه‌برداری و شیوه آماده‌سازی نمونه‌ها برای آنالیز پرداخته می‌شود.

۲-۱- معرفی نمونه‌ها

در این پژوهش ۵ نمونه از سفالینه‌های خاکستری منسوب به عصر آهن که فاقد اطلاعات لایه‌نگاری و گاه‌نگاری باستان‌شناختی بوده و متعلق به موزه ایران باستان و گروه باستان‌شناسی دانشگاه بیرجند هستند جهت بازشناخت بستر بر مبنای تحلیل‌های باستان‌سنجی مورد مطالعه قرار گرفتند. نمونه‌های مورد مطالعه ویژگی‌های فرمی و تکنیکی سفالینه‌های خاکستری و خاکستری براق عصر آهن را دارا بوده و بر مبنای مطالعات پتروگرافی و کانی‌شناختی نیز، شباهت ساختاری زیادی با سفالینه‌های خاکستری عصر آهن دارند. در ماتریکس آن‌ها از ترکیبات معدنی نظیر؛ کوارتز، میکا و غیره به‌عنوان پرکننده استفاده شده که پرکننده‌های معدنی و همچنین ظروف لوله‌دار و تزیینات به صورت

خراش از شاخصه‌های فنی و ساختاری سفالینه‌های خاکستری عصر آهن هستند (طلایی، ۱۳۸۹: ۱۰۲-۹۶). مستند نگاری و توصیف فنی نمونه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است.

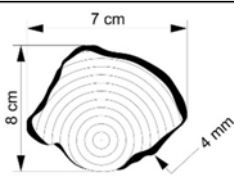
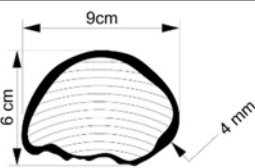
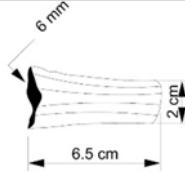
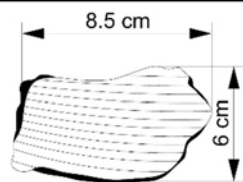
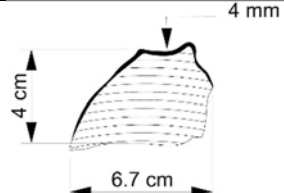
۲-۲- روش‌ها و دستگاه‌های مورد استفاده

به‌منظور بررسی و تعیین نوع و میزان عناصر موجود در بدنه و رسوبات سفال‌ها از روش طیف‌سنجی نشری پلاسمای جفت شده القایی^۳ (ICP-OES) استفاده شد. همچنین از روش کروماتوگرافی یونی^۴ (IC) جهت تجزیه آنیون‌های چند اتمی موجود در سفال‌ها، و از میکروسکوپ نوری پلاریزان^۵ (PM) برای اجرای تحلیل‌های پتروگرافی و کانی‌شناختی و به منظور توصیف و آگاهی نسبی از دوره‌ی فرهنگی سفالینه‌های مورد مطالعه بهره گرفته شد. جدول ۲ مشخصات دستگاه‌های مورد استفاده را نشان می‌دهد.

جهت انجام آزمایش‌های (ICP-OES)، ابتدا ۰/۵ گرم نمونه از رسوبات با دقت، زیر میکروسکوپ از سطح سفالینه‌ها و ۱ گرم از مغز آن‌ها جهت تهیه شاهد جدا شد، و پس از هضم اسیدی قوی توسط اسیدهای ($\text{HClO}_4 + \text{HNO}_3 + \text{HF} + \text{HCl}$) در یک سیستم باز، نمونه‌ها بدست آمد (Jeffery and Hutchinson, 1983). برای تسهیل در مرحله هضم اسیدی، نمونه‌ها در هاون چینی پودر شدند و سپس به دقت در کروزه پلاتینی وزن، و به آن ۱۰ ml اسید فلوریدریک و ۲ ml اسید پرکلریک اضافه شد. کروزه‌ها روی حمام شن قرار گرفت تا اسیدهای اضافه‌شده خشک شوند.

سپس ۵ ml اسید پرکلریک اضافه می‌شود و پس از خشک شدن، ۵ ml اسید نیتریک اضافه شده و نمونه‌ها در محلول ۱۲ نرمال اسید کلریدریک ۱:۱ هضم و محلول به‌دست‌آمده در بالن ژوژه ۲۵ ml به حجم رسانده شد. صحت اندازه‌گیری‌ها با استفاده از محلول‌های استاندارد SPEX کنترل می‌شود. محلول‌های استاندارد قبل از استفاده به صورت تازه تهیه شده و منحنی‌های کالیبراسون با استفاده از روش رگرسیون خطی رسم می‌گردد.

جدول ۱: معرفی و توصیف نمونه‌های مورد مطالعه

شماره و مشخصات نمونه	تصویر نمونه	مستند نگاری
شماره نمونه: BM-1 محل کشف: نامشخص بستر: نامعلوم فرم: قسمتی از ظرف کاسه‌ای شکل		
توصیف و توضیحات: نمونه قسمتی از پایه و شکم یک ظرف احتمالاً به فرم کاسه است که فاقد هرگونه تزئینات است و با توجه به فرم نسبتاً یکدست و اثرات چرخ روی قسمت‌های مختلف آن، می‌توان نتیجه گرفت که اثر چرخ‌ساز بوده و همچنین قسمت‌های بیرونی و دورنی آن به صورت غیریکنواخت پوشیده از رسوبات سخت به رنگ خاکستری روشن هستند.		
شماره نمونه: BM-2 محل کشف: نامشخص بستر: نامعلوم فرم: قسمتی از شکم ظرف		
توصیف و توضیحات: نمونه قسمتی از شکم یک ظرف است که فاقد هرگونه تزئینات است و شباهت بسیار زیادی با نمونه شماره‌ی BM-1 دارد به احتمال زیاد هر دو متعلق به یک شیء بوده‌اند. با توجه به فرم نسبتاً یکدست و اثرات چرخ بر روی قسمت‌های مختلف آن، می‌توان نتیجه گرفت که اثر چرخ-ساز بوده که قسمت‌های بیرونی و دورنی آن به صورت غیریکنواخت پوشیده از رسوبات سخت به رنگ خاکستری روشن هستند.		
شماره نمونه: BM-3 محل کشف: نامشخص بستر: نامعلوم فرم: لوله یا آبریزگاه یک ظرف		
توصیف و توضیحات: نمونه قسمتی از لوله‌ی آبریزگاه ظرفی است که فاقد هرگونه تزئینات است و بخش‌های داخلی آن پوشیده از رسوبات به رنگ سفید متمایل به کرم هستند به طوری که کاملاً قسمت‌های درونی با یک ماده سفید متمایل به کرم‌رنگ پر شده است و همچنین قسمت‌های بیرونی آن از رسوبات سفید تیره و خاکستری روشن به صورت غیریکنواخت پوشیده شده است.		
شماره نمونه: BM-4 محل کشف: نامشخص بستر: نامعلوم فرم: بدنه		
توصیف و توضیحات: نمونه دارای تزئینات هندسی (به شکل مثلث) در بخش بیرونی است که به صورت خراش مکانیکی بر روی سطح آن ایجاد شده‌اند همچنین قسمت‌های بیرونی و بخش‌هایی از قسمت‌های درونی پوشیده از رسوبات و شوره‌های خاکستری تیره و قهوه‌ای‌رنگ است که در بخش‌هایی سطح آن‌ها پودری شکل و نرم هستند. قسمت‌ها بیرونی احتمالاً به دلیل حرارت دیدن نسبت به قسمت‌های داخلی تیره‌تر می‌باشند.		
شماره نمونه: BM-5 محل کشف: نامشخص بستر: نامعلوم فرم: بدنه		
توصیف و توضیحات: نمونه فاقد هرگونه تزئینات است و از نظر فرم و رنگ رسوبات شباهت بسیار زیادی با نمونه شماره BM-4 دارد که قسمت‌های بیرونی و بخش‌هایی از قسمت‌های درونی آن پوشیده از رسوبات و شوره‌های خاکستری تیره و قهوه‌ای‌رنگ است که در بخش‌هایی سطح آن‌ها پودری شکل و نرم هستند.		

جدول ۲: مشخصات دستگاه‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر

نوع آزمون	مدل دستگاه	کشور سازنده	محل انجام آنالیز
طیف‌سنجی نشری پلاسمای جفت شده القایی (ICP-OES)	HP 4500	آمریکا	شرکت مطالعات مواد معدنی زر آزما تهران
میکروسکوپ نوری پلاریزان (OPM)	Olympus (BX51TRF)	ژاپن	آزمایشگاه پتروگرافی دانشکده علوم طبیعی دانشگاه تبریز
کروماتوگرافی یونی	Metrohm	سوئیس	پژوهشگاه مواد و انرژی

برای آماده سازی نمونه‌ها جهت آنالیز توسط کروماتوگرافی یونی، ابتدا ۰/۵ گرم نمونه از رسوبات سطح سفالینه‌های مورد مطالعه را با تیغ بیستوری جدا نموده و جهت تسهیل هضم اسیدی در هاون عقیق، پودر شدند و توزین مجدد با دقت صورت گرفت. سپس به منظور جلوگیری از جوش و خروش کربنات‌ها، ابتدا در داخل بشر تفلونی، ۲ قطره HCl ۰/۱ نرمال به نمونه اضافه شد و به‌منظور تجزیه سیلیکات‌ها و سایر ترکیبات معدنی، ۵ cc HF اضافه گردید و روی حمام شن تا ۱۲۵°C حرارت داده شد و سپس ۳cc اسید پرکلریک (برای تجزیه مواد آلی) اضافه و مجدداً روی حمام شن تا نزدیک خشک شدن حرارت داده شد. نهایتاً توسط اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال حجم نمونه در بالن ژوژه به ۵۰ cc رسانده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- آنالیز نمونه‌ها به روش طیف‌سنجی نشری پلاسمای جفت‌شده القایی (ICP-OES)

طیف‌سنجی نشری پلاسمای جفت شده القایی (ICP-OES) روشی نشری برای آنالیز هم‌زمان عناصر در مواد و بافت‌های مختلف است. شناسایی و تعیین غلظت عناصر موجود در نمونه‌های مورد مطالعه توسط دستگاه ICP-OES و در شرکت مطالعات مواد معدنی زر آزما انجام شد. غلظت نمونه‌های رسوبات آنالیز شده در این پژوهش به دلیل پایین‌تر بودن از حد آشکارسازی به صورت درصدی، به صورت ppm ارائه شده (جدول ۳)، درحالی‌که نتایج نمونه‌های شاهد از مغز بدنه‌های سفالی

مورد مطالعه به صورت درصدی (جدول ۳) گزارش شده است. به دلیل شباهت بسیار زیاد نمونه‌ها، جهت تهیه شاهد فقط سه نمونه از آن‌ها مورد آنالیز عنصری قرار گرفت. بر مبنای نتایج آنالیز عنصری ICP-OES (جدول ۳) غلظت عناصر در نمونه‌های BM-1 و BM-2 و همچنین BM-5 و BM-4 شباهت و همبستگی بسیار نزدیکی دارند (شکل‌های ۱ و ۴)، که به دلیل پایین بودن غلظت عناصر و قدرت آشکارسازی دستگاه ICP-OES در نمونه‌های کمتر از یک گرم، میزان عناصر پرمقدار در نمونه رسوبات به صورت ppm و در نمونه‌ی شاهد به صورت درصدی بیان شده است بنابراین الگوی روشمندی برای مقایسه غلظت عناصر پرمقدار در نمونه‌های رسوبات با نمونه‌ی شاهد نمی‌توان تبیین نمود که در نتیجه، تحلیل داده‌ها با استفاده از عناصر کم مقدار و همچنین همبستگی بین عناصر در نمونه‌های مشابه و با استفاده از نرم‌افزار SPSS (version 20) انجام شد. در نمونه‌های BM-1 و BM-2 عناصر آلومینیوم، سیلیسیم، کلسیم و آهن بیش‌ترین مقادیر عناصر را تشکیل می‌دهند که وجود درصد بالای این عناصر، به خصوص آلومینیوم و سیلیسیم در خاک‌ها پدیده‌ی رایجی است چراکه عناصر مذکور بیش‌ترین فراوانی را در پوسته‌ی زمین دارند (میسون و کارلتون، ۱۳۷۱؛ کردوانی، ۱۳۷۳).

– نمونه‌های BM-1 و BM-2

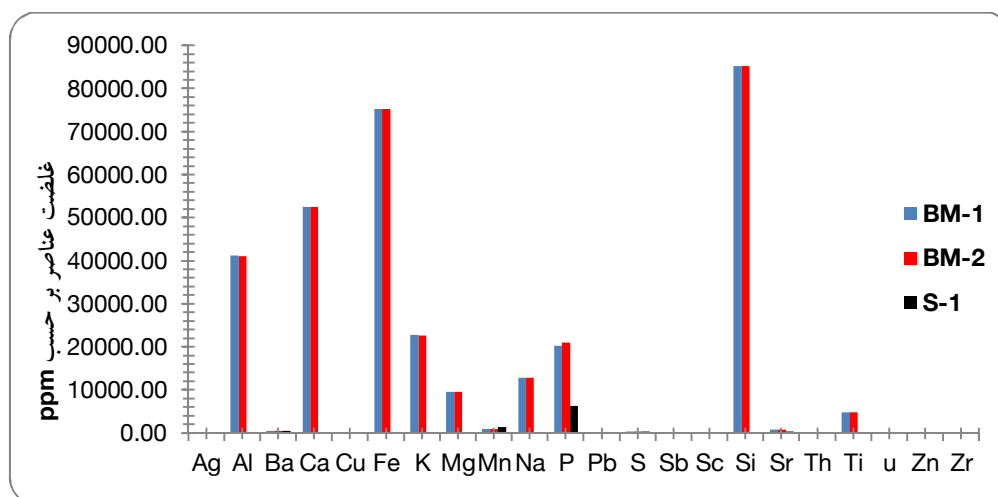
بر مبنای مطالعه‌ی همبستگی مقادیر عناصر در نمونه‌های BM-1 و BM-2، هیچ‌گونه همبستگی روشمندی بین عناصر پرمقدار در نمونه‌های مذکور وجود ندارد تا بتوان فعالیت‌های انسانی که موجب تغییر غلظت

جدول ۳: نتایج آنالیز رسوبات به روش ICP-OES و آنالیز نمونه‌های مغز سفالینه‌ها (جهت تهیه شاهد) به روش ICP-OES

نتایج آنالیز رسوبات (ppm)						نتایج آنالیز نمونه‌های مغز سفالینه‌ها (درصد وزنی و ppm)			
عنصر	BM-1	BM-2	BM-3	BM-4	BM-5	عنصر	BM-1	BM-3	BM-5
Ag	۲/۱	۲/۲	۰/۴۹	۲/۵	۲/۶	Ag	>۲	۳۴	>۲
Al	۴۱۲۱۶	۴۱۱۳۷	۲۹۴۰۵	۳۱۷۰۸	۳۳۴۱۰	K	% ۳/۲	% ۵/۲	% ۲/۹
Ba	۴۹۸	۴۸۶	۴۷۴	۸۳۲	۸۲۸	Ba	۵۰۳	۴۹۰	۷۶۲
Ca	۵۲۶۰۷	۵۲۵۴۹	% ۱۰	۲۱۰۰۲	۲۰۰۲۲	Ca	% ۵/۴	% ۶	% ۴/۸
Cu	۱۹۵	۱۹۷	۴۱	۱۴۶	۱۳۷	Cu	۲۳۱	۷۴	۱۲۶
Fe	۷۵۳۲۱	۷۵۲۸۰	۱۸۳۱۹	۴۳۹۸۷	۴۴۸۴۸	Fe	% ۶/۸	% ۴	% ۷/۲
Mg	۹۵۵۴	۹۵۵۷	۸۸۳۱	۱۷۰۶۸	۱۶۹۹۴	Mg	% ۲/۴	% ۳/۵	% ۲/۲
Mn	۱۰۳۷	۱۰۳۴	۵۰۳	۵۰۵	۵۱۴	Mn	۱۴۳۸	۵۰۶	۳۸۲
Na	۱۲۸۹۷	۱۲۸۴۹	۹۴۴۳	۷۲۵۰	۷۶۳۵	Na	% ۱/۲	% ۰/۵	% ۰/۷
P	۲۰۳۲۵	۲۰۰۳۴	۵۶۹	۹۷۵	۹۶۳	P	۶۳۷۹	۵۳۰	۸۰۲
Pb	۶۱	۶۳	۱۱	۴۵	۳۳	Pb	۶۵	۱۷	۲۹
S	۴۴۱	۴۳۷	۱۸۲۹۰	۸۱۰۳	۶۹۸۷	S	۴۵۰	۱۰۳۲	۸۹۷
Sb	۲۵/۲	۲۹/۴	۱/۰۸	۱/۰۹	۱/۰۸	Sb	۳۶	۱۲	۳۲
Sc	۱۶/۱	۱۶/۴	۶/۷	۱۷/۱	۱۷/۵	Sc	۵۴	۱۶	۶۱
Si	۸۵۳۴۳	۸۵۲۲۱	۵۳۲۱۴	۶۶۹۲۱	۶۸۴۱۲	Si	% ۵۸	% ۴۹	% ۵۴
Sr	۸۲۶	۸۴۱	۲۱۰	۵۱۲	۴۲۹	Sr	۸۹۴	۴۶۰	۴۰۷
Th	۱۸/۵	۱۷/۹	۱۳/۳	۱۵/۲	۱۴/۶	Th	۲۱	۱۶	۱۹
Ti	۴۸۷۳	۴۸۹۷	۲۱۷۳	۵۸۱۸	۵۸۶۶	Ti	% ۰/۷	% ۰/۰۱	۴۵۹۶
U	۵/۱	۵/۳	۵/۹	۴/۵	۴/۷	U	۰/۲	۳	> ۰/۲
Zn	۱۱۵	۱۱۵	۵۰	۱۰۴	۱۰۶	Zn	۱۲۴	۴۳	۹۸
Zr	۸۸	۸۸	۸۰	۷۴	۷۲	Zr	۱۱۰	۱۰۱	۱۰۸
K	۲۲۸۸۴	۲۲۶۷۴	۱۹۲۰۰	۲۶۲۷۳	۲۵۶۷۴	Al	% ۲۲	% ۱۹	% ۲۰

وجود دارد به طوری که با افزایش مقدار فسفر در نمونه BM-1 مقادیر استرانسیم و آهن در آن، نسبت به نمونه BM-2 افزایش پیدا کرده است (شکل ۲). نکته قابل توجه، درصد بسیار بالای فسفر در رسوبات نسبت به نمونه‌ی شاهد است که این میزان اختلاف، بیشتر از

کمیاب (کم‌مقدار)، غیر از فسفر و استرانسیم در رسوبات نمونه‌های BM-1 و BM-2 نسبت به نمونه‌ی شاهد کمتر است. علاوه بر بالا بودن غلظت عناصر فسفر و استرانسیم در نمونه‌ی رسوبات، همبستگی مثبتی بین غلظت فسفر و استرانسیم با میزان آهن در هر دو نمونه



شکل ۱: غلظت عناصر در نمونه BM-2، BM-1 و نمونه شاهد S-1 بر مبنای نتایج ICP-OES

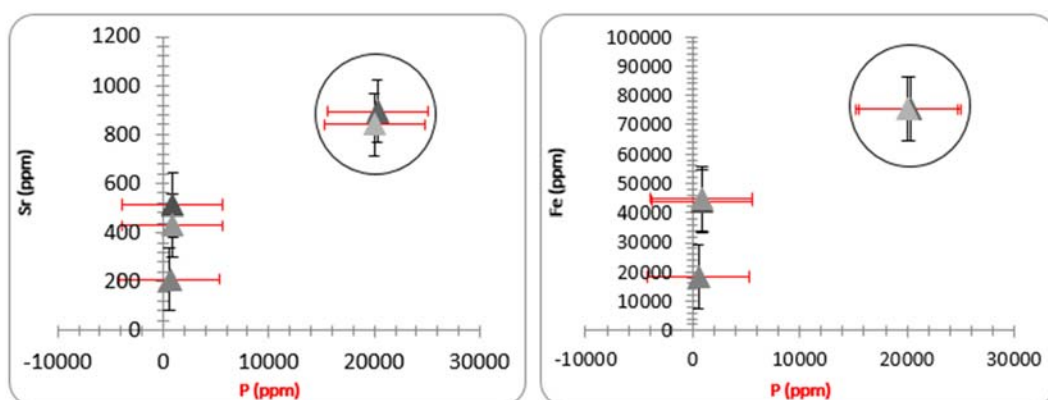
نمونه‌ی شاهد از رسوبات نمونه‌ی BM-3 بیشتر است (شکل ۳). بنابراین هیچ‌گونه همبستگی روشمندی در مقادیر تمامی عناصر (غیر از کلسیم و گوگرد) در نمونه‌ی مذکور وجود ندارد تا بتوان به منشأ فعالیت‌های انسانی صورت گرفته در بستر کشف اثر نسبت داد.

غلظت بالای کلسیم و گوگرد در نمونه BM-3 نسبت به نمونه‌ی شاهد، نشان از کشف اثر در بافت حاوی ترکیبات کلسیم‌دار نظیر نقاط سکونت‌گاهی، پخت و پز و است همچنین درصد بالای گوگرد می‌تواند مربوط به ترکیباتی همچون سولفات کلسیم یا محصول واکنش گوگرد با ترکیبات کلسیم‌دار باشد که اندوذهای کف مناطق سکونت‌گاهی در بسیاری از مکان‌های باستانی حاوی ترکیبات کلسیم‌دار است. ضمناً کلسیم شاخصی به‌منظور سنجش نهشت‌های ناشی از فعالیت انسانی مناسب نیست و غلظت آن به‌شدت تحت تأثیر رفتار زمین-شیمی نهشت‌ها و خاک‌های طبیعی در یک منطقه است (Holliday and Gartner, 2007; Hutson, 2004). البته درصد بسیار بالای کلسیم و گوگرد و همچنین بالا بودن غلظت یون کربنات در نمونه‌ی مذکور توجیهی برای یک رفتار انسانی در محیط است. درصد بالای گوگرد در ترکیبات نهشت‌ها و خاک‌های انسان‌زاد مربوط به فعالیت‌هایی است که در بسترهایی نظیر؛ اجاق، مکان پخت و پز و بافت‌های دارای خاکستر فراوان (مکان‌های صنعتی) است (نیکنامی

مقداری است که مربوط به خاک زمین‌زاد (طبیعی) تبیین شود (% ۱۷۵/۰) و همچنین همبستگی معنی‌دار فسفر با استرانسیم و آهن نشان از فعالیت‌های انسان‌زاد در بستر کشف نمونه‌های مذکور دارد. درصد بالای فسفر می‌تواند مربوط به فعالیت‌های کشاورزی و دام‌پروری، پخت و پز، بستر تدفین، فضولات انسانی و جانوری و بقایایی استخوانی باشد (Holliday and Gartner, 2007; Wells, 2004; Parnell, 2001). بستر کشف نمونه‌های BM-1 و BM-2 به‌دلیل درصد بالای فسفر در ترکیب رسوبات آن‌ها و همچنین همبستگی مثبت فسفر با عناصر استرانسیم، کلسیم و آهن، بیش‌ترین قرابت را با محیط تدفین (گورستان) دارد چراکه در بستر گورستان، تجزیه اجساد و انجام فعالیت‌های آیینی، نظیر قربانی احشام، و تجزیه استخوان‌ها و فضولات انسانی باعث افزایش یون‌های فسفات و نیترات و عناصر آهن، کلسیم و استرانسیم خاک می‌شود (Wells, 2004; Parnell, 2001).

– نمونه M-3

عنصر کلسیم در نمونه BM-3 بیش‌ترین مقدار را در بین عناصر شناسایی شده دارد که میزان آن ۱۰ درصد بوده و نسبت به نمونه‌ی شاهد ۴ درصد بیشتر است. همچنین میزان گوگرد در این نمونه نسبت به نمونه‌ی شاهد بسیار بیشتر است. غلظت سایر عناصر به صورت نسبی در



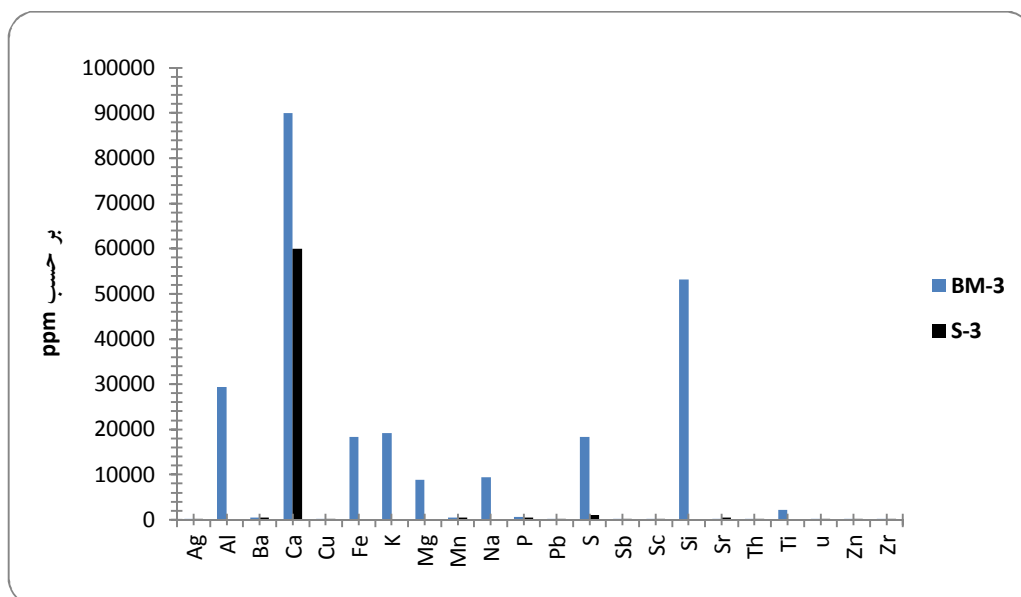
شکل ۲: همبستگی آهن و فسفر (راست) و همبستگی استرانسیم و فسفر (چپ) در نمونه‌های BM-1 و BM-2

اثر دارند. بنابراین، درصد بسیار بالای کلسیم در نمونه‌ی BM-3 و همچنین گوگرد نشان کشف نمونه در بسترهای سکونت‌گاهی است.

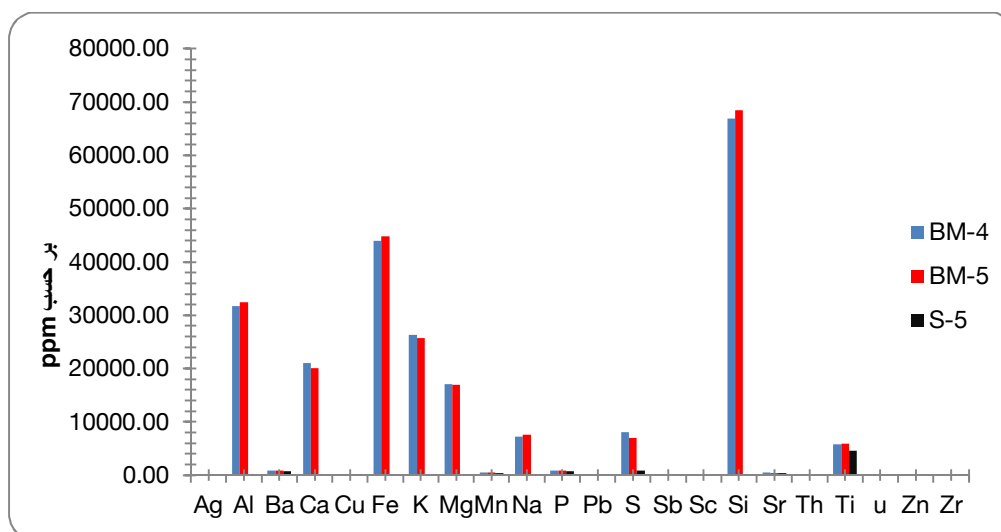
نمونه BM-4 و BM-5 -

غلظت گوگرد در رسوبات نمونه‌های مذکور بسیار بیشتر از نمونه شاهد است که مقدار آن به‌طور میانگین در رسوبات هر دو نمونه حدوداً ۷۵۰۰ ppm و در نمونه‌ی شاهد ۹۲۰ ppm بوده و بیشتر از مقداری است که مربوط به ترکیبات لیتوژنیک (خاک زمین‌زاد) باشد (شکل ۴). علاوه بر این همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عناصر پتاسیم، منیزیم و گوگرد، و همچنین آهن و تیتانیوم، و

و رضایی، ۱۳۹۲: ۱۷۳؛ Parnell, 2001). غلظت بالای عنصر گوگرد در یک نمونه را به‌تنهایی نمی‌توان ناشی از یک رفتار انسانی تبیین نمود و در نمونه BM-3، غیر از کلسیم و گوگرد، در غلظت دیگر عناصر نسبت به نمونه‌ی شاهد تغییر قابل تمایزی وجود ندارد بنابراین همبستگی روشمندی بین کلسیم و گوگرد وجود دارد که غلظت آنیون‌های چند اتمی در نمونه مذکور (غلظت بالای کربنات) و علاوه بر این، ویژگی فیزیکی رسوبات نظیر رنگ آن‌ها توجیهی جهت بالا بودن ترکیبات کلسیم‌دار به ویژه کربنات کلسیم (آهک) در بستر کشف اثر است که این ترکیبات آهکی در به دام انداختن و حفظ عناصر ناشی از فعالیت‌های انسانی در بستر کشف،



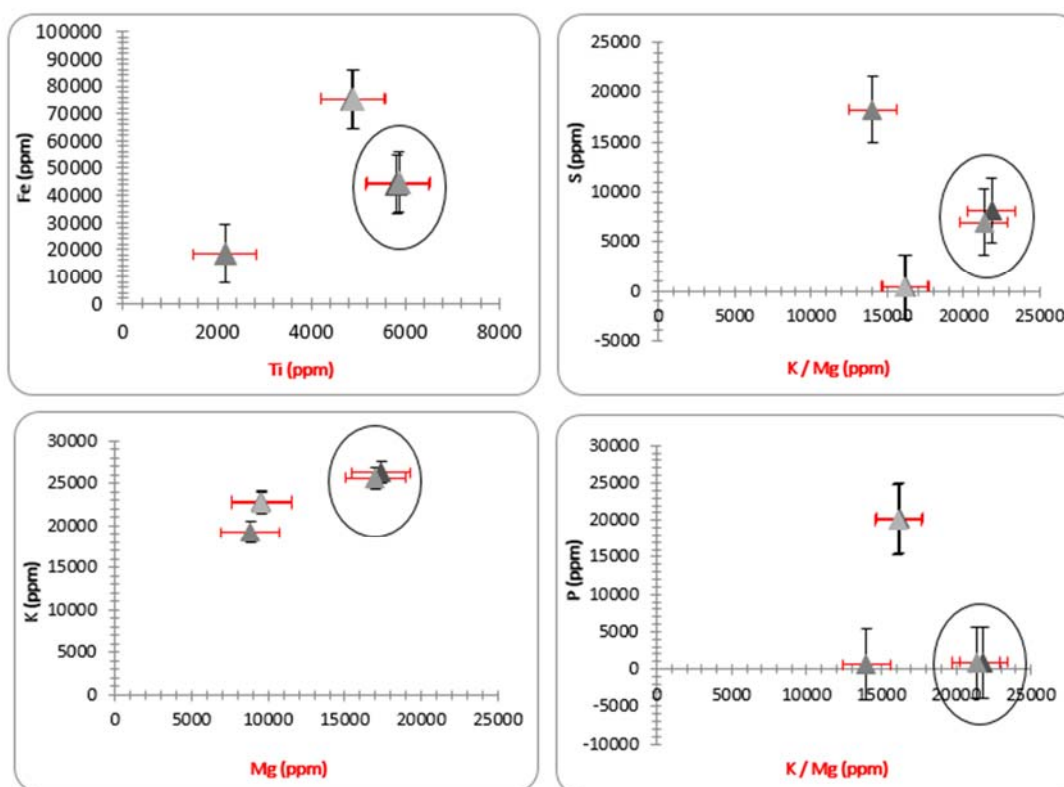
شکل ۳: غلظت عناصر در نمونه BM-3 و نمونه شاهد S-3 بر مبنای نتایج ICP-OES



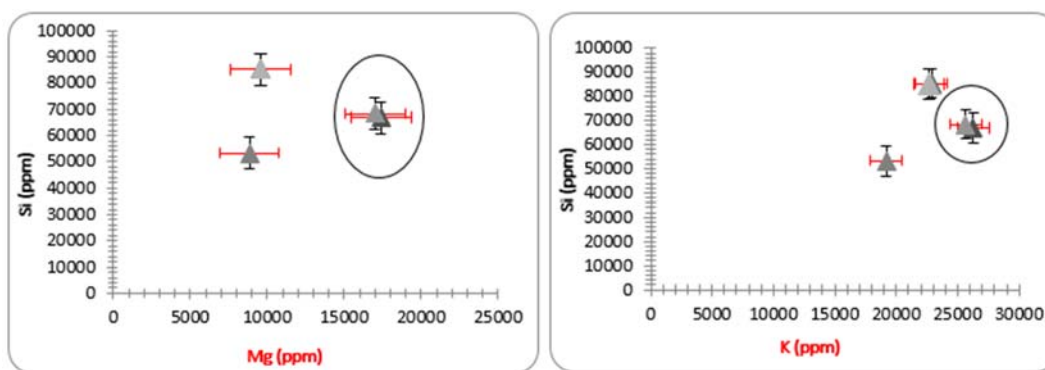
شکل ۴: غلظت عناصر در نمونه BM-4، BM-5 و نمونه شاهد S-5 بر مبنای نتایج ICP-OES

غلظت گوگرد در نهشت باستانی مرتبط با حرارت و آتش افزایش پیدا می‌کند همچنین افزایش غلظت پتاسیم و منیزیم مربوط به خاکستر سوختن چوب و زغال است که در مکان‌هایی نظیر پخت و پز و اجاق‌ها افزایش

همبستگی منفی بین پتاسیم و منیزیم با سیلیسم در نمونه‌های BM-4 و BM-5 وجود دارد (شکل ۵) که نشان از فعالیت انسانی ویژه‌ای در بستر کشف نمونه‌های نام‌برده است.



شکل ۵: همبستگی پتاسیم/ منیزیم با گوگرد (بالا راست)، همبستگی آهن و تیتانیم (بالا چپ)، همبستگی پتاسیم/ منیزیم با فسفر (پایین راست)، و همبستگی پتاسیم و منیزیم (پایین چپ) در نمونه‌های BM-4 و BM-5



شکل ۶: همبستگی پتاسیم و سیلیسیم (راست) و همبستگی منیزیم و سیلیسیم (چپ) در نمونه‌های BM-4 و BM-5

استفاده از روش ICP-OES وجود ندارد از روش کروماتوگرافی یونی استفاده شد. (جدول ۴).

در نمونه‌های BM-1 و BM-2 غلظت بسیار بالای یون‌های فسفات و نترات (شکل ۷) نشان از فعالیت‌های انسانی مرتبط با افزایش یون‌های مذکور در بستر کشف آن‌ها است و با توجه به بالا بودن هر دو یون فسفات و نترات و همچنین نتایج تجزیه عنصری، نشان از کشف اثر در محیط تدفین است که به دلیل تجزیه اجساد یون فسفات در محیط، و نیز به دلیل غلظت نسبتاً بالای یون نترات در فضولات انسانی افزایش پیدا کرده است (Keeney, 1986). در نتیجه غلظت این یون‌ها در محیط تدفین به دلیل تجزیه دستگاه گوارش افزایش پیدا کرده و در اثر حضور رطوبت به دلیل نفوذپذیری و جابجایی بالا، وارد بدنه‌های سرامیکی و همچنین خاک محیط اطراف می‌شود. همچنین یون نترات در خاک طبیعی به صورت آمونیوم توسط کانی‌های رسی جذب می‌شود و غلظت بالای آن به صورت نترات اغلب مربوط به فعالیت‌های انسانی است که امروزه در حوزه محیط زیست و زمین‌شناسی جهت سنجش آلودگی آب‌های زیر زمینی کاربرد ویژه‌ای دارد (Goulding, 2000). غلظت بسیار بالای یون کربنات (شکل ۷) در نمونه BM-3 و همچنین بالا بودن میزان کلسیم در این نمونه نشان از کشف اثر در بستر دارای کربنات کلسیم (آهک) بالا است که در بافت‌های سکونت‌گاهی، آشپزخانه، مصالح در بناها و همچنین کف سازی کاربرد فراوانی داشته است (Holliday and Gartner, 2007; King, 2007).

پیدا می‌کنند (King, 2007; Holliday and Gartner, 2004; Wells, 2004).

همچنین، در بافت‌های سوخته و حرارت دیده، مواد معدنی تجمع پیدا می‌کنند که غلظت عناصر مرتبط با آن‌ها افزایش پیدا می‌کند. در رسوبات نمونه‌های BM-4 و BM-5 غلظت عناصری نظیر؛ فسفر، منگنز، تیتانیوم و روی نسبت به نمونه‌ی شاهد بیشتر است (شکل ۵) و همچنین همبستگی مثبتی بین تیتانیوم و آهن وجود دارد که این همبستگی معنی‌دار در هر دو نمونه وجود داشته و به بافت‌های حرارت دیده مربوط می‌شود (King, 2007; Macphail et al., 2006).

همبستگی معنی‌داری بین پتاسیم و منیزیم با سیلیسیم در نمونه‌های BM-4 و BM-5 وجود دارد (شکل ۶) که با افزایش نسبی غلظت پتاسیم و منیزیم در یک نمونه، غلظت سیلیسیم در آن کاهش پیدا می‌کند که این همبستگی منفی مرتبط با فعالیت‌های است که در آن‌ها غلظت سیلیسیم کاهش پیدا می‌کند (نیکنامی و رضایی، ۱۳۹۲: ۱۷۳; Parnell, 2001).

با توجه به تفصیل مذکور، بستر کشف نمونه‌های BM-4 و BM-5 بیش‌ترین شباهت به بافت‌های مرتبط با حرارت و سوختن چوب و زغال نظیر اجاق و مکان‌های پخت و پز را دارند.

۳-۲- آنالیز نمونه‌های مورد مطالعه به روش

کروماتوگرافی یونی

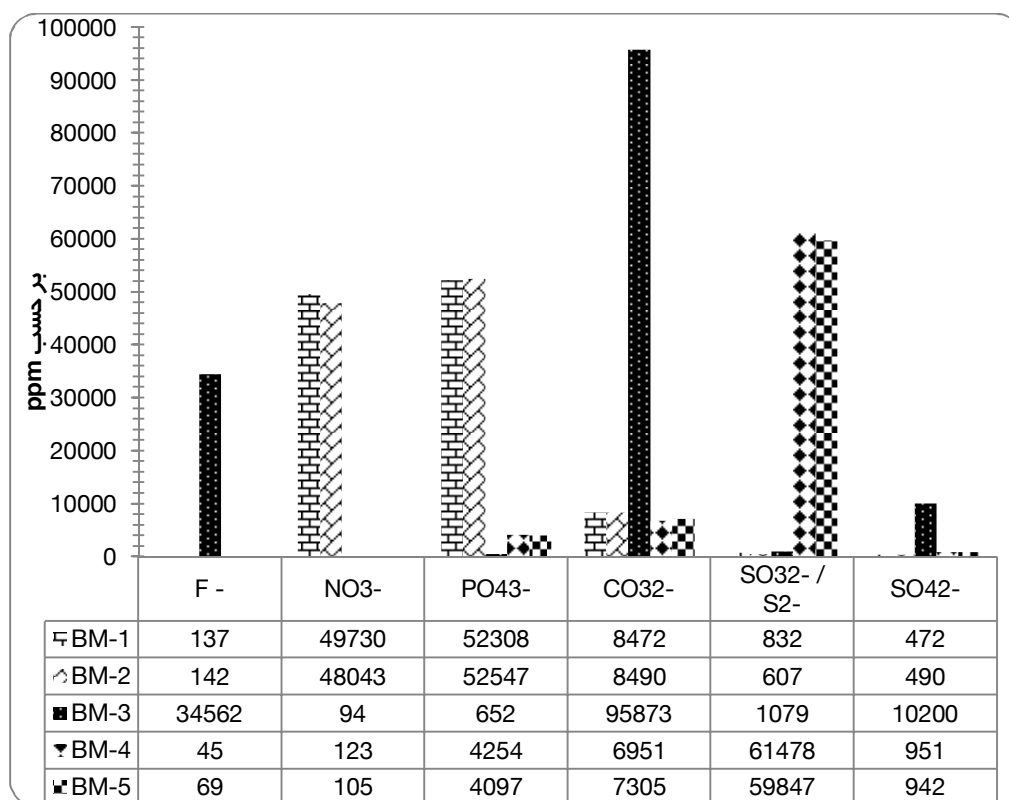
برای تجزیه آنیون‌های تک اتمی و چند اتمی (به‌ویژه چند اتمی) که امکان شناسایی و تعیین غلظت آن‌ها با

جدول ۴: نتایج آنالیز رسوبات به روش کروماتوگرافی یونی

نمونه	آنیون (ppm)					
	F	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	SO ₃ ²⁻ /S ⁻
MB-1	۱۳۷	۴۹۷۳۰	۵۲۳۰۸	۸۴۷۲	۴۷۲	۸۳۲
MB-2	۱۴۲	۴۸۰۴۳	۵۲۵۴۷	۸۴۹۵	۴۹۰	۶۰۷
MB-3	۳۴۵۶۲	۹۴	۶۵۲	۹۵۸۷۳	۱۰۲۰۰	۱۰۷۹
MB-4	۵۴	۱۲۳	۴۲۵۴	۶۹۵۱	۹۵۱	۶۱۴۷۸
MB-5	۶۹	۱۰۵	۴۰۹۷	۷۳۰۵	۹۴۲	۵۹۸۴۷

یون‌ها نیز دارد (May and Jones, 2006; Wells, 2004). بالا بودن غلظت یون فلوئور اغلب مربوط به هوازده، و در ادامه، هورنبلند و فلوریت است (سلماسی، ۱۳۹۲: ۳۲). غلظت یون‌های سولفید و گوگرد در نمونه خاک لیتوژنیک و زمین-شیمی کانی‌های موجود در محیط است و علامتی مناسب جهت فعالیت‌های انسانی نیست. افزایش فلوئور در خاک‌ها و آب‌ها به دلیل

علاوه بر بالا بودن غلظت کربنات در نمونه BM-3، غلظت یون‌های سولفات و فلوئور در آن هم نسبتاً بالا است. بالا بودن غلظت سولفات ارتباط مستقیمی با بالا بودن میزان گوگرد در این نمونه دارد که به دلیل وجود گوگرد در بستر کشف نمونه و واکنش آن با کربنات کلسیم، سولفات کلسیم ایجاد می‌شود که این کربنات کلسیم (آهک) نقش مهمی در حفظ و به دام انداختن



شکل ۷: غلظت آنیون‌های چند اتمی (ترکیبی) در نمونه‌های مورد مطالعه

سه نمونه مقطع نازک تهیه شد به این منظور ابتدا قطعه کوچکی (حدود یک سانتی متر مربع) از هر نمونه جدا، و با استفاده از رزین‌های سیلیکونی بر روی لام چسبانده شد. سپس با استفاده از ذرات ساییده نظیر اکسید آلومینیوم (ابتدا از اندازه‌های درشت و در نهایت با پودر اکسید آلومینیوم ۱ میکرون) پولیش داده شد. بدین صورت، مقطع نازک جهت مطالعات پتروگرافی آماده شد و نهایتاً مقاطع به دست آمده با میکروسکوپ نوری پلاریزان مطالعه و بررسی شدند.

بررسی پتروگرافی مقاطع نازک در هر سه نمونه از سفالینه‌ها نشان از ماتریکس رسی متراکم است و با وجود مقدار تمپر فراوان در زمینه‌ی آن‌ها، بافتی همگن و یکدست داشته و تمپرهای به کار رفته در ساختار آن‌ها معدنی هستند؛ درحالی که هیچ شواهدی از تمپرهای آلی قابل مشاهده نیست که این می‌تواند ناشی از دمای بالای کوره در هنگام پخت این سفال‌ها باشد. بر مبنای کانی‌شناختی نمونه‌های BM-1 و BM-5 بیش‌ترین شباهت را به یکدیگر داشته و ماتریکس رسی نسبتاً یکسانی را نشان می‌دهند که حاکی از منشأ تقریباً واحدی است (شکل‌های ۸ و ۹).

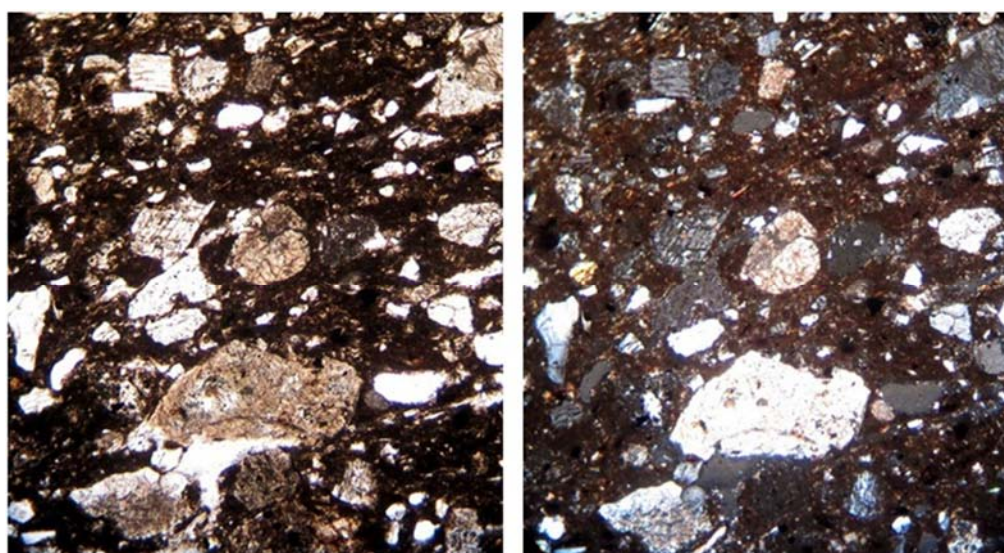
تصاویر کانی‌شناختی این نمونه BM-3 علی‌رغم وجود تمپر فراوان در ماتریکس، نشان‌دهنده بافتی نسبتاً یکدست و همگن است که از تمپرهای معدنی در زمینه

انحلال کانی‌ها حاوی فلوئور است و آب‌های حاوی یون بی‌کربنات و نیز یون سدیم موجب افزایش حلالیت کانی‌های غنی از فلوئور می‌شوند. منشأ فلورید اغلب مربوط به کانی‌های حامل فلوئور یعنی هیدروآپاتیت، فلورآپاتیت، کریولیت و فلوراسپار یا وابسته به بیوتیت‌های BM-4 و BM-5 بالا است (شکل ۷) که بسترهای مرتبط با حرارت و آتش نظیر پخت و پز، اجاق‌ها و کوره‌ها غلظت گوگرد بالایی دارند. همچنین، میزان فسفات در این نمونه‌ها نسبتاً بالا است که فسفات بالا علاوه بر سایر بافت‌ها، در اجاق‌ها هم تقریباً بالاست (Roth, 2002). همبستگی و شباهت نزدیکی بین گوگرد و عناصر شناسایی شده نظیر پتاسیم و منیزیم که مربوط به خاکستر ناشی از سوختن چوب است در رسوبات نمونه‌های مذکور وجود دارد (Holliday and Gartner, 2007; King, 2007; Knudson et al. 2004). بنابراین بستر نمونه‌های BM-4 و BM-5 بیش‌ترین شباهت با بافت‌های مرتبط با حرارت و آتش، نظیر اجاق دارند.

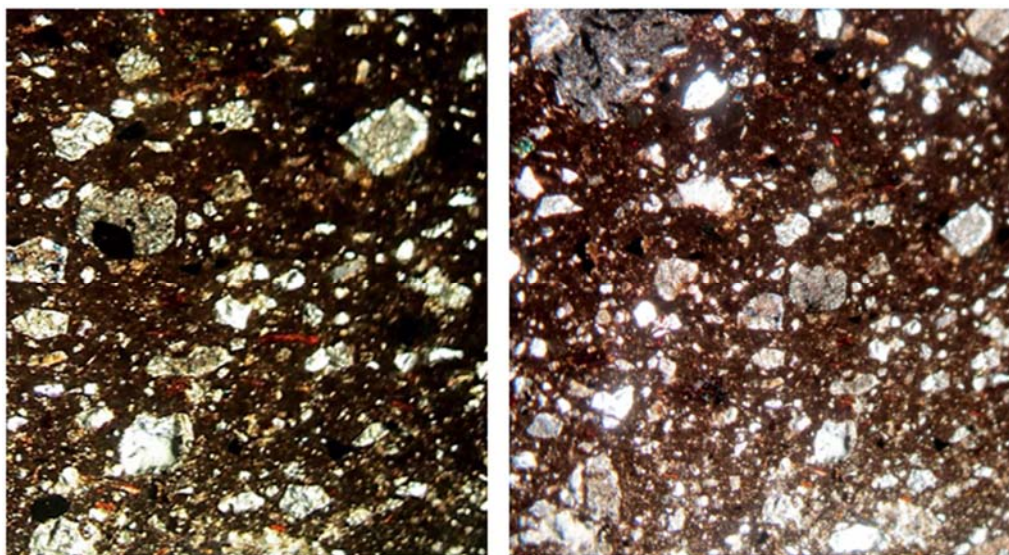
۳-۳- تهیه مقاطع نازک و بررسی

میکروسکوپی نمونه‌های مورد مطالعه

برای بررسی پتروگرافی و کانی‌شناختی سفالینه‌ها مورد مطالعه، به دلیل شباهت بسیار زیاد آن‌ها، فقط از



شکل ۸: پتروگرافی نمونه MB-3، سمت راست با آنالیزور (XPL)، سمت چپ با پلاریزور (PPL)



شکل ۹: پتروگرافی نمونه MB-1 (سمت راست، با آنالیزور) و نمونه MB-5 (سمت چپ، با آنالیزور)

آنیون‌های موجود در رسوبات توسط IC می‌تواند روشی سودمند برای شناسایی بستر این مواد باشد. در این پژوهش، و در مطالعه‌ی موردی پنج نمونه از سفالینه‌هایی که بستر باستان شناختی آن‌ها مشخص نبود داده‌های نمونه BM-2 و BM-1 نشان از کشف آن‌ها در بسترهای با غلظت بالای یون‌های فسفات و نیترات و همچنین عناصر فسفر و آهن است که رسوبات هر دو نمونه شباهت عنصری و شیمیایی بسیاری نزدیکی دارند و نشان از شباهت بستر کشف آن‌ها می‌باشد. همبستگی معنی‌دار و مثبتی بین فسفر، آهن و استرانسیم در نمونه‌های BM-2 و BM-1 وجود دارد که با افزایش یکی از این عناصر در یک نمونه غلظت عنصر دیگر نیز افزایش پیدا کرده است که بنابراین با توجه به غلظت بالای آنیون‌های فسفات و نیترات و همچنین همبستگی مثبت فسفر و آهن و استرانسیم می‌توان نتیجه گرفت که بستر کشف نمونه‌های مذکور بیش‌ترین شباهت با محیط تدفین دارد. تحلیل داده‌های حاصل از آنالیز نمونه‌ی BM-3 به دلیل بالا بودن غلظت کلسیم و گوگرد و همچنین آنیون کربنات نشان از کشف اثر در بسترهای حاوی کربنات کلسیم (آهک) و گوگرد است که در بافت‌هایی نظیر کف مناطق سکونت‌گاهی، اندود دیوارها و آشپزخانه‌ها دارای درصد بالایی کربنات کلسیم هستند

رسی آن به کار رفته است و کانی‌های؛ کوارتز، میکا، پلاژیوکلاز و آمفیبول قابل مشاهده هستند همچنین بسیاری از کانی‌های مورد استفاده تمپرهایی به صورت دانه درشت هستند درحالی‌که ماتریکس تیره رنگ نشان از شرایط پخت احیا است.

این دو نمونه (MB-5 و MB-1) ماتریکس رسی نسبتاً مشابهی را نشان می‌دهند و دارای بافتی همگن و زمینه‌ای تیره رنگ هستند که زمینه تیره رنگ به دلیل عدم حضور اکسیژن (شرایط احیا در کوره) در فرآیند پخت ایجاد شده است. تمپر به کار رفته در زمینه‌ی رسی هر دو نمونه معدنی می‌باشند و شواهدی از تمپرهای ارگانیک در ساختار آن‌ها مشاهده نمی‌شود. غالب تمپرهای مورد استفاده ذرات کوارتز با تکه سنگ‌های نسبتاً درشت که دارای کانی فلدسپار هستند که پرکننده‌های زمینه‌ی رسی در هر دو نمونه را تشکیل می‌دهند. همچنین ذرات و قطعاتی از کانی‌های؛ پیروکسن، پلاژیوکلاز، آمفیبول، آندزیت و به مقدار جزئی اولیوین، در ماتریکس آن‌ها مشاهده می‌شود.

۴- نتیجه‌گیری

نتایج نشان دادند که مطالعات آزمایشگاهی نوع و مقدار عناصر تشکیل‌دهنده‌ی رسوبات سفال‌ها با استفاده از روش‌های آنالیز عنصری ICP-OES و تعیین غلظت

منابع لاتین

- Dunning, N. P. (1993). Ancient Maya Anthrosols, soil phosphate testing and land use. In: Foss, J. E., Timpson, M. E., Morris, M. W. (eds). *Proceedings of the first international conference on Pedo-Archaeology*. University of Tennessee, Knoxville. Special publications, 203-211.
- Eidt, R. C. (1985). Theoretical and practical considerations in the analysis of anthrosols. In Rapp, G., Gifford, Jr., J. A. (eds.), *Archaeological Geology*. Yale University press, 155-190.
- Goulding, K. (2000). Nitrate leaching from arable and horticultural land. *Soil Use and Management*, (16), 145-151.
- Holliday, V. T., Gartner, W. G. (2007). Methods of soil P analysis in archaeology. *Journal of Archaeological Science*, (34), 301-333.
- Hutson, S. R. (2004). *Dwelling and subjectification at the ancient urban center of chunchucmil, Yucatan. Mexico*. Doctoral Thesis, Department of Anthropology, University of California, Berkeley.
- Jeffery, P., Hutchinson, G. (1983). *Chemical methods of rock analysis*. Third edition, 374.
- Keeney, D. R. (1986). Nitrate in Ground Water-Agricultural Contribution and Control, In: *Proceedings of the Conference on Agricultural Impacts on Ground Water*. National water well association, Dublin, Ohio, 329-351.
- King, S. M. (2007). The spatial organization of food sharing in early post classic households: an application of soil chemistry in ancient Oaxaca. *Journal of Archaeological Science*, (34), 1-16.
- Knudson, K. J., Frink, L., Hoffman, B. W., Price, T. D. (2004). Chemical characterization of arctic soils, activity area analysis in contemporary Yupikfish camps using ICP-AES. *Journal of Archaeological Science*, (31), 443-456.
- Macphail, R. I., Cruise, G. M., Allen, M. J., Linderholm, J., Reynolds, P. (2006) Archaeological soil and pollen analysis of experimental floor deposits. *Journal of Archaeological Science*, (31), 175-191.
- May, E., Jones, M. (2006). *Conservation Science: Heritage Materials*. Royal Society of Chemistry. 218-225.
- Parnell, J. J. (2001). *Soil chemical analysis of activity areas in the archaeological site of Piedras Negras, Guatemala*. Brigham Young University, 32-64.
- Renfrew, C., Bahn, P. (2000). *Archaeology: theories, methods and practice*. Thames and Hudson, London.

و با توجه به بالا بودن غلظت آنیون‌های کربنات و سولفات نشان از کشف اثر در بستر سکونت‌گاهی و هم‌جوار با مکان‌های حرارت دیده نظیر اجاق‌ها است. در تجزیه شیمیایی رسوبات BM-4 و BM-5 نیز، غلظت آنیون‌های سولفید و گوگرد بالا است. همچنین میزان عناصر پتاسیم، منیزیم، تیتانیم، فسفر، روی و فسفات نیز بالا است که همبستگی معنی‌دار و مثبتی بین پتاسیم، منیزیم، گوگرد، تیتانیم و آهن وجود دارد. تفصیل مذکور نشان از کشف اثر در بسترهای مرتبط با آتش و سوختن چوب از قبیل مکان‌های پخت و پز و اجاق است. ویژگی‌های ساختاری و کانی‌شناختی نمونه سفالینه‌های مورد مطالعه همبستگی و شباهت ساختاری نزدیکی بر مبنای نوع تمپر با سفالینه‌های خاکستری عصر آهن دارند که تمپر به‌کار رفته در زمینه‌ی رسی تمامی نمونه‌های مورد مطالعه معدنی، نظیر کانی‌های کوارتز، پیروکسن، آمفیبول و غیره هستند و بافتی نسبتاً یک‌دست و همگن دارند.

پی‌نوشت‌ها

1. Context
2. Lithogenic
3. Inductively coupled plasma-optical emission spectrometry
4. Ion chromatography
5. Polarized light microscopy

منابع فارسی

- سلماسی، رامین. (۱۳۹۲). بررسی منشأ آلودگی آب به فلئوئور در توابع شهرستان اهر، استان آذربایجان شرقی، فصلنامه انسان و محیط‌زیست، شماره ۲۴.
- طلایی، حسن. (۱۳۸۹). عصر آهن ایران. تهران: سمت.
- کردوانی. پرویز. (۱۳۷۳). حفاظت خاک، تهران. دانشگاه تهران.
- میسون، برایان و ب. مر، کارلتون. (۱۳۷۱). اصول ژئوشیمی. ترجمه فرید مر و علی اصغر شرفی، شیراز: دانشگاه شیراز.
- نیکنامی، کمال الدین و رضایی، ایرج. (۱۳۹۲). تجزیه عنصری خاک باستانی دوره‌ی مس-سنگی تپه زاغه برای شناسایی مکان‌های فعالیت‌های ویژه. مطالعات باستان‌شناسی، دوره‌ی ۵. شماره ۲، ۱۶۳-۱۸۲.

- Roth, L. T. R. (2002). *Total phosphorous use area determination of Lucayan settlements, middle Caicos, Turks and Caicos Islands, British West Indies*. M.A. Thesis, Department of Archaeology, University of Calgary, Alberta.
- Wells, E. C. (2004). Investigating activity patterns in prehispanic plazas, weak acid extraction, ICP–AES analysis of anthrosols at Classic Period El Coyote, Northwestern Honduras. *Archaeometry*, (46), 67-84.
- Woods, W. I. (1977). The quantitative analysis of soil phosphate. *American Antiquity*, (42), 248-252.