23

Journal Homepage: http://journal.richt.ir/mbp/
P. ISSN: 2645-5048 & E. ISSN: 2645-5706

Motaleat-e Bastanshenasi-e Parseh (MBP)
|| Vol. 7 || No. 23 || Spring 2023 ||

An Investigation on the Pottery Production in the Hormangan Site, Fars Province, Iran

Pourmomeni, Sh.[1]; Emami, M. A.[2]; Niknami, K.[3]

Type of Article: **Research**
Pp: 61-86
Received: 2020/03/25; Accepted: 2020/10/16
https://dx.doi.org/10.30699/PJAS.7.23.61

Abstract

This study aims to recognize and characterize pottery production at the Hormangan site, a Neolithic settlement in the northeast of Fars province, Iran. An examination and analytical study of the potteries on this site was conducted to determine the manufacturing techniques of the Neolithic potteries, understand the raw materials and inclusions, the level of progress and knowledge of the potters from the final products, and the location of the production site. Excavating this site, ceramics and a heated structure, probably an open kiln, were found, belonging to the Mushki phase (6400-6000 BC). Thirty-six ceramic shreds were selected for thin-section petrography analysis according to their macroscopic features. After that, 18 of them were analysed using X-Ray Fluorescence (XRF) and X-Ray Diffraction methods. According to the mineralogical studies and the XRD and XRF analyses, while three different clay types were used to produce these Neolithic ceramics, they were all local productions. These vessels were fired in an open and unsophisticated kiln at an uncontrolled temperature, probably not over 800 degrees. Although the combination of these archaeometrical techniques indicates that there are various sub-angular inclusions in each type of clay, most of the pots are vegetally tempered (chaff-tempered). The existence of the heated structure separately from residential construction, a variety of designs and decorations on the ceramics, and various clay sources all determine that the Neolithic community of the Hormangan site has gone beyond a primitive rural society and as semiprofessional individuals had a surplus of more than their demands.

Keywords: Neolithic Period, Hormangan Site, Ceramic Production, Petrography, XRD, XRF.

1. M. A. in Archaeology, Department of Archaeology, Faculty of Literature and Humanities, University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Associate Professor of the Department of Restoration of Historical and Cultural Monuments and Archaeology, Faculty of Conservation and Restoration, Isfahan University of Arts, Isfahan, Iran (Corresponding Author).
Email: m.emami@aui.ac.ir; emami@chemie.uni-siegen.de
3. Professor, Department of Archaeology, Faculty of Literature and Human Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.

Citations: Pourmomeni, S.; Emami, M. & Niknami, K., (2023). "An Investigation on the Pottery Production in the Hormangan Site, Fars Province, Iran". *Parseh J Archaeol Stud,* 7 (23): 61-86. (https://dx.doi.org/10.30699/PJAS.7.23.61).
Homepage of this Article: http://journal.richt.ir/mbp/browse.php?a_id=346&sid=1&slc_lang=en

***Motaleat-e Bastanshenasi-e Parseh* (MBP)**

Parseh Journal of Archaeological Studies
Journal of Archeology Department of Archeology Research Institute, Cultural Heritage and Tourism Research Institute (RICHT), Tehran, Iran

Publisher: *Cultural Heritage and Tourism Research Institute (RICHT).*

Introduction

Hormangan site is a Neolithic site located on the border of the Bavanat River basin, in Jeshnian village, in the northeast of Fars province, Iran. This site was excavated in 2016, revealing two phases dated back to 6373 to 6000 BCE. The earlier phase indicates no traces of architectural structures, and the later phase contributed to the settlements. Moreover, a heated structure was discovered simultaneously with the later phase, surrounded by potteries and divided spaces. Pottery vessels which were discovered from these two phases are similar to the ceramics of Tall-e Mushki, Tall-e Jari B, Kushk-e-Hazar, Tall-e Bashi, and Rahmat Abad. As these types of potteries were first discovered from the Tall-e Mushki, they are known as Mushki phase potteries. The heated structure discovered in the Hormangan site is a unique structure related to producing pottery during the Mushki phase, which was probably an open fire kiln. Since there are no similar structures have been found in the Neolithic sites in the Fars region, this study aims to understand pottery manufacturing technology with multi-analytical approaches. Moreover, considering the two phases of the Hormangan site occupied by different settlers for almost 300 years, it is attempted to differentiate potteries of these two phases from a technological point of view.

Geological Setting

A portion of the Bavanat plain lies in the Sanandaj-Sirejan zone, as well as the Shahreza-Abade- Hambast orogenic belt, characterised by high-quality clay deposits and Devonian sandstones (Houshmandzadeh and Soheili, 1990). Several types of rocks can be found in the Bavanat region (Emami and Yaghmai, 2008), spanning three tectonic-stratigraphic units: Late Permian and Middle Triassic rocks, Late Triassic and Cretaceous rocks, and Tertiary rocks (Ghazi and Moazzen, 2015; Ghorbani, 2011). From the mineralogical point of view, this area includes kaolinite, illite, quartz, and chlorite, and secondary minerals are goethite, paragonite, and gypsum. Also, sandstones and shales have been eroded in most cases, creating debris slides. There is a large hydrographic network density in Tutat Mountain (formed by internal and metamorphic formation). However, there is a lower density of hydrographic network in the Kitaban, Khaleisht, and Khatban Mountains. The clays in this region are therefore expected to contain high levels of lime and quartz minerals, but it is also likely to contain metamorphic minerals (Khademi and Hashemi Nasab, 2011).

Materials and Methods

Hormangan ceramics were primarily divided into six groups based on surface treatment, colour, and decoration style. In further classification, the Hormangan potteries were categorised based on their form, size, place of motifs and ceramic fashioning techniques. After initial macroscopic studies of these ceramic vessels, 36 pottery sherds were selected for thin-section petrographic analysis. For choosing these samples, not only the former classifications were considered, but also it was attempted to select potteries from different phases and various contexts and trenches. The earlier phase includes 14 samples, the later phase 12 samples, and the heated structure 10 samples were selected for this analysis.

For getting inside into the primary and secondary mineralisation phases, determining firing conditions and maximum temperature, and environmental burial conditions, 18 samples (from those 36 samples) have been selected for the X-Ray Diffraction analysis (XRD) in order to determine the crystalline phase constituents. This methods is necessary as a complementary method to petrography. Moreover, X-Ray Fluorescence analysis as a semi-quantitative analysis has been applied to these 18 samples to detect the chemical characterisation of their main and trace elements and to identify whether the earlier and later phases' samples become clustered into two different groups or not.

Discussion

The thin-section microscopic analysis indicated a very porous matrix with angular and semi-angular inclusions, which are mainly quartz, and with traces of vegetal tempers. Moreover, the vessels were fired under the oxidation condition. The inclusions were distributed randomly in the matrix, which suggested that they were not homogeneous and consisted of quartz, limestone, calcite, plagioclase (albite and sanidine), and igneous rock fragments, including muscovite, iron oxide, granite, magnetite, hematite, apatite, and feldspars. In most sherds, secondary calcite was formed, resulting in burial in a humid condition. The XRD analysis enabled us to observe some high-temperature minerals, such as gehlenite and diopside, in some samples. These minerals are usually presented in ceramics when fired at more than 800 degrees. On the other hand, the presence of the main elements MgO+CaO, Al2O3, and SiO2, detected by the XRF analysis and diagramed by the Noll system, indicated a very similar final product in terms of raw materials and inclusions. In addition, Cl, MnO, and SrO have been identified in these samples as trace elements, indicating the environmental conditions of the vessels after abandonment.

Conclusion

In light of the microscopical observations and the phase and chemical analyses, it was determined that the Hormangan potteries could be divided into three main groups. The potteries of the earlier and later phases could not be distinguished from one another. These three groups are comparable to the region's geological map, meaning all potteries are locally made. Except for four samples that were fired above 800 degrees, the others were fired at temperatures around 750 degrees. Samples from the earlier and later phases were distributed randomly among these clusters, comprising the Calcareous, Iron-rich, and Calcium-rich matrixes. The clay minerals were all extracted in the vicinity of the site, despite the fact that there were three different types of clay materials. Therefore, the potter(s) at the Hormangan site have chosen diverse clay sources but employed different techniques each time to produce similar results. It has also been noted that samples obtained from the heated structure have very similar characteristics to the ceramics produced in the later phase. According to the absolute dating results, the heated structure and the later phase are contemporaneous. However, in terms of potters' technological behaviours, this could point to some standardization of ceramic production during this time.

Another question we have attempted to answer is whether the potter(s) added any aplastic materials, such as quartz, to their clay in order to increase its workability. Based upon an ethnoarchaeological study of the current pottery production in ShahReza (Pincé et al., 2019), approximately 230 kilometers away from the Hormangan site, it has been found that additional tempering does not need to be applied to the clay for the production of ceramics, owing to the rich clay sources in the ShahReza-Abade-Hambast orogenic belt (located in the Sanandaj-Sirjan zone). There is a possibility that the richness of clay sources in this region allowed potters to avoid tempering their raw materials during different periods, which will be investigated in more detail in future studies.

Acknowledgements:

Dr Morteza Khanipour has generously allowed access to the Hormangan site's ceramics for this study, and the Authors are very grateful for his generosity.

نشانی پایگاه نشریه: http://journal.richt.ir/mbp
P. ISSN: 2645-5048 & E. ISSN: 2645-5706
فصلنامهٔ علمی مطالعات باستان‌شناسی پارسه
شمارهٔ ۲۳ | سال هفتم | بهار ۱۴۰۲

بررسی فناوری ساخت سفال‌های نوسنگی محوطهٔ هرمنگان استان فارس

شیما پورمؤمنی[I]؛ سیدمحمد امین‌امامی[II]؛ کمال‌الدین نیکنامی[III]

نوع مقاله: پژوهشی
صص: ۸۶ - ۶۱
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۰۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۵
شناسهٔ دیجیتال (DOI): https://dx.doi.org/10.30699/PJAS.7.23.61

چکیده

سفال از فراوان‌ترین یافته‌های باستان‌شناسی است که از دوران نوسنگی به بعد در اکثر محوطه‌ها باستانی یافت می‌شود. شناخت این محصول به درک بهتر جامعهٔ تولیدکنندهٔ آن و هم‌چنین سطح فناوری و پیچیدگی‌های اجتماعی مردمان آن زمان کمک می‌کند. محوطهٔ هرمنگان، استقرارگاه نوسنگی در شمال‌شرق استان فارس است که با کاوش در آن، سفال‌هایی هم‌زمان با دورهٔ موشکی و سازه‌ای حرارت‌دیده که احتمالاً مربوط به پخت سفال‌ها بوده‌است، به‌دست آمد. مطالعات آزمایشگاهی برروی سفال‌های این محوطه با هدف پاسخ‌گویی به پرسش‌هایی هم‌چون: نحوهٔ تولید سفال‌های دورهٔ موشکی، شناخت و دسته‌بندی خاک رس به‌کاررفته، مواد خام پرکنندهٔ خاک رس، سطح پیشرفت و آگاهی سفالگر از تولید محصول نهایی و هم‌چنین تعیین محل تولید، انجام شد. پس از دسته‌بندی سفال‌ها براساس ویژگی‌های ظاهری، تعداد ۳۶ قطعه برای انجام مطالعات پتروگرافی و ۱۸ قطعه از آن‌ها برای آنالیز مرحلهٔ XRD و آنالیز عنصری XRF انتخاب شدند. درنتیجهٔ این آزمایش‌ها مشخص شد که سفالگران این محوطه از سه نوع خاک رس برای ساخت سفال‌ها استفاده می‌کردند. احتمالاً فقط از کاه به‌عنوان آمیزه استفاده شده و دمای پخت سفال‌ها اکثراً زیر ۸۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد بوده‌است. با توجه به فناوری ابتدایی کوره که جزو کوره‌های اولیهٔ روباز محسوب می‌شود، دمای آن قابل‌کنترل نبوده و پخت تحت شرایط اکسیداسیون انجام می‌گرفته‌است؛ هم‌چنین با توجه به مطالعات زمین‌شناسی و مقایسهٔ سفال‌ها با یک‌دیگر چنین به‌نظر می‌رسد که سفال‌های مزبور محلی باشند؛ از این‌رو با این‌که برای ساخت سفال‌ها از سه نوع خاک متفاوت استفاده‌شده‌است، محصول نهایی تولیدشده شبیه به‌هم است و تفاوت بارزی در ظاهر این سفال‌ها دیده نمی‌شود.

کلیدواژگان: دورهٔ نوسنگی، محوطهٔ هرمنگان، سفال دورهٔ موشکی، پتروگرافی، XRF، XRD.

I. کارشناسی‌ارشد باستان‌شناسی، گروه باستان‌شناسی، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
II. دانشیار گروه مرمت آثار تاریخی و فرهنگی و باستان‌سنجی، دانشکدهٔ حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران (نویسندهٔ مسئول).
Email: m.emami@aui.ac.ir; emami@chemie.uni-siegen.de
III. استاد گروه باستان‌شناسی، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

ارجاع به مقاله: پورمومنی، شیما؛ امامی، محمدامین؛ و نیکنامی، کمال‌الدین (۱۴۰۲). «بررسی فناوری ساخت سفال‌های نوسنگی محوطهٔ هرمنگان استان فارس». مطالعات باستان‌شناسی پارسه. ۷ (۲۳): ۶۱-۸۶ (https://dx.doi.org/10.30699/PJAS.7.23.61).
صفحهٔ اصلی مقاله در سامانهٔ نشریه: http://journal.richt.ir/mbp/browse.php?a_id=346&sid=1&slc_lang=fa

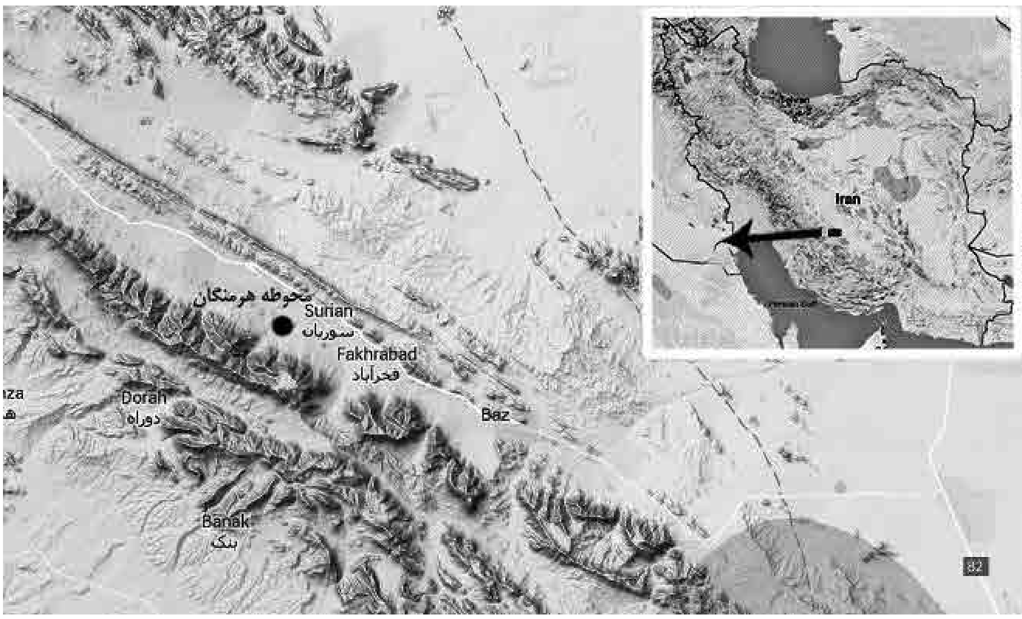
فصلنامهٔ علمی مطالعات باستان‌شناسی پارسه
نشریهٔ پژوهشکدهٔ باستان‌شناسی، پژوهشگاه میراث‌فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران
ناشر: پژوهشگاه میراث‌فرهنگی و گردشگری

مقدمه

تمرکز مطالعات نوسنگی فارس، از ابتدا برروی حوضۀ رودخانۀ کر بوده و به بقیۀ نواحی و دره‌های این استان کمتر توجه شده‌است. مطالعات نوسنگی فارس با کاوش تل‌باکون ب شروع و نخستین گاه‌نگاری آن توسط «واندنبرگ» ارائه شد (Vanden Berghe, 1952; 1954) و با کاوش هیأت‌های ژاپنی و بررسی‌های «سامنر» (Sumner, 1973; 1977; Miroschedji & Pierre, 1972; Fukai et al., 1973; Egami et al., 1977) گاه‌نگاری ارائه‌شده تا حدودی تصحیح شد. این کاوش‌ها منجر به شناسایی دورۀ موشکی و جری شدند. در سال ۲۰۰۳م. با کاوش در تپه‌بشی، دورۀ جدیدی مابین موشکی و جری شناسایی شد که به‌نام خود محوطه، «دورۀ بشی» معروف است (Pollock et al.,2010). این سفال‌ها شبیه سفال‌های موشکی مخصوصاً کارگاه TMB هستند (Fukai et al., 1973). کاوشگران این محوطه، سفال‌های دورۀ بشی را حدفاصل بین سفال‌های موشکی و جری می‌دانند (Bernbeck, 2010: 65-151).

شهرستان بوانات که محوطۀ هرمنگان در آن واقع شده، در شمال‌شرقی استان فارس قرار دارد (تصویر ۱). اولین اطلاعات باستان‌شناسی صورت‌گرفته در این شهرستان توسط «اشتاین» در سال ۱۹۳۶م. منتشر شد، وی تنها از چند محوطه بازدید کرده که قدیمی‌ترین آن‌ها مربوط به دورۀ باکون است (Stein, 1936). «هلوینگ» نیز در سال ۲۰۰۷م. بازدیدی از این منطقه به‌عمل آوردند و تعداد اندکی محوطۀ پیش‌ازتاریخی توسط ایشان شناسایی شده است (Helwing, 2007). در سال ۱۳۹۴هـ.ش. نخستین فصل بررسی باستان‌شناسی این شهرستان توسط «خانی‌پور» و همکارانش به‌صورت پیمایشی انجام شد (خانی‌پور، ۲۰۱۷). براساس نتایج به‌دست‌آمده، قدیمی‌ترین نشانه‌های استقرار در این منطقه، مربوط به دورۀ نوسنگی و محوطۀ هرمنگان است. این محوطه در اسفند سال ۱۳۹۴ تا فروردین ۱۳۹۵هـ.ش. به‌مدت ۴۵ روز کاوش شد (خانی‌پور، ۲۰۱۹).

پرسش‌های پژوهش: مطالعات آزمایشگاهی برروی سفال‌های این محوطه با هدف پاسخ‌گویی به پرسش‌هایی هم‌چون نحوۀ تولید سفال‌های دورۀ موشکی، شناخت و دسته‌بندی



تصویر ۱. موقعیت مکانی محوطه هرمنگان (Google Earth).

Fig. 1. Topography of the region of Hormangan.

خاک رس به‌کاررفته، مواد خام پرکنندهٔ خاک رس، سطح پیشرفت و آگاهی سفالگر از تولید محصول نهایی و هم‌چنین تعیین محل تولید، انجام شد.

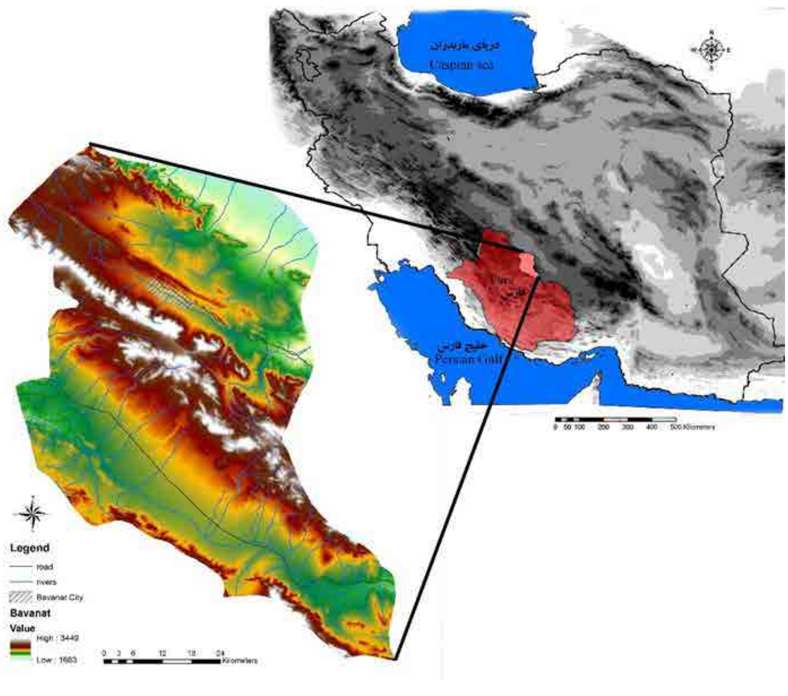
با کاوش محوطهٔ هرمنگان، سفال‌هایی هم‌زمان با دورهٔ موشکی به‌دست آمد که قابل‌مقایسه با محوطه‌های موشکی، جری ب، کوشک‌هزار، باشی و رحمت‌آباد است (; ;Fukai et al., 1973 Egami & Sono, 1967; Alden et al., 2004; Pollock et al., 2010; Emami et al., 2022 Azizi Kharanaghi et al., 2014؛ و خانی‌پور و نیکنامی، ۲۰۱۹). طی کاوش‌های صورت‌گرفته در دو ترانشهٔ یک و دو، دو مرحلهٔ استقراری شناسایی شد، در مرحلهٔ قدیمی‌تر (با تاریخ ۶۳۷۳-۶۲۳۶پ.م.)، عدم وجود معماری و هم‌چنین وجود اجاق‌های متعدد و پراکندگی خاکستر نشان از عدم یکجانشینی و احتمالاً کوچ‌رو بودن اقوام دارد. برروی این نهشته‌ها، معماری چینه‌ای شامل اتاق‌ها و فضاهای متعدد شناسایی شد که دیوارهای آن‌ها اندود شده‌اند که مرحلهٔ جدیدتر (با تاریخ ۶۲۰۰-۶۰۰۰پ.م.) این محوطه را نشان می‌دهد (خانی‌پور و نیکنامی، ۲۰۱۹). ترانشهٔ سوم در سمت شمال‌غربی محوطه ایجاد گردید که با کاوش در آن سازه‌ای حرارت‌دیده به دست آمد (تصویر ۲). با توجه به تغییر بافت و رنگ خاک بر اثر حرارت مداوم و هم‌چنین یافت شدن سفال در اطراف آن می‌توان احتمال داد که این سازه، کوره‌ای از نوع کوره‌های اولیهٔ روباز بوده که سفال‌های مردمان هرمنگان در آن تولید می‌شده‌است (خانی‌پور، ۲۰۱۷). تا پیش از کاوش محوطهٔ هرمنگان سازه‌ای به این شکل از هیچ‌کدام از نواحی تولید سفال دورهٔ موشکی به‌دست نیامده بود. این سازه که هم‌زمان با مرحلهٔ جدیدتر محوطهٔ هرمنگان است، برای سازمان تولید سفال موشکی و به‌طور کلی سفال دورهٔ نوسنگی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در پژوهش حاضر سعی شد تا با بررسی فناوری تولید، که شامل ویژگی‌های مختلف سفال ازجمله: مواد خام، مراحل پخت و روش‌های ساخت سفال است، با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی پتروگرافی (Petroghraphy)، XRD (X-ray Diffraction) و XRF (X-ray Fluorescence Analyzes) برروی یافته‌های سفالی این محوطه، نمایی کلی از سازمان تولید سفال در استقرار نوسنگی هرمنگان مطرح شود.

تصویر ۲. نمای کلی ترانشهٔ ۳ و نقشهٔ کلی سازه حرارت‌دیده و ساختارهای اطراف آن (خانی‌پور، ۱۳۹۵).

Fig. 2. Overview of the trench No. 3, and the structure of the fired construction (Khanipour, 1395).

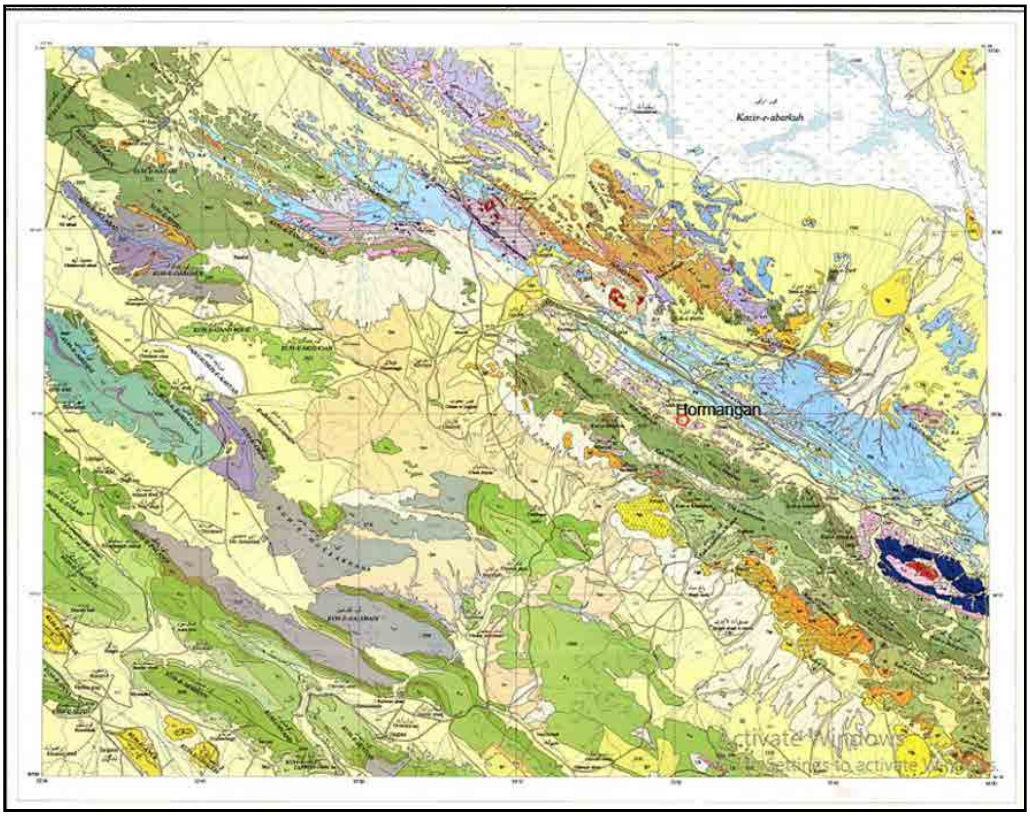
مشخصات جغرافیایی و زمین‌شناسی محوطه

محوطهٔ هرمنگان در غرب روستای جشنیان (UTM: 39 R 741396-3377711) در ۱۵۲۰ متری جنوب رودخانهٔ بوانات واقع شده است. این محوطه در ارتفاع ۲۳۶۴ متری از سطح آب‌های آزاد قرار گرفته که منطقه‌ای کوهستانی و سردسیر است (تصویر ۳) و زمستان‌های نسبتاً طولانی و سرد و دورهٔ تابستانی کوتاه و خنک دارد. از منظر زمین‌شناسی (تصویر ۴)، این منطقه در زون سنندج-سیرجان قرار گرفته که مهم‌ترین منبع خاک رس ایران، در میان کمربندی آباده-شهرضا، در این زون است. شهرستان بوانات دارای انواع سنگ‌ها از دوره‌های مختلف زمین‌شناسی و سنگ‌های آهکی است (Emami & Yaghmai, 2008: 3-5). همهٔ سنگ‌های زون سنندج-سیرجان را می‌توان در سه واحد زمین‌ساختی-چینه‌نگاشتی پرکامبرین پسین-تریاس میانی، تریاس بالایی-کرتاسه و مجموعهٔ ترشیری جای‌داد. کهن‌ترین مجموعهٔ سنگی زون سنندج-سیرجان سنگ‌های الترامافیک-گابرویی دگرگونی هستند که به‌طور عمده سن پرکامبرین دارند (Rigot et al., 2022). اهمیت زمین‌شناسی این منطقه به‌دلیل کیفیت بالای ذخایر رسی این ناحیه است که توسط رسوبات از نوع شیل متعلق به دوران دونین و لایه‌های ماسه‌سنگ پوشیده شده است. لایه‌های رس درمیان رشتهٔ بزرگی از سنگ‌رس (شل) و ماسه‌سنگ واقع شده‌اند. مینرال‌های این منطقه شامل: کائولینیت، ایلیت، کوارتز، کلریت است. مینرال‌های ثانویه در منطقهٔ شامل: گوتیت، پاراگونیت و ژیپس است. حوضهٔ رودخانهٔ بوانات در منطقهٔ موردمطالعه، در قسمت جنوبی زون سنندج-سیرجان است که در ارتفاعات بلند حوضه، از مرمر و سنگ‌آهک تشکیل‌شده‌اند. ولی شیل و ماسه‌سنگ عمدتاً فرسایش یافته و مناظر تپه‌ماهوری را به‌وجود آورده‌اند. کوه سفید توتک (از تشکیلات درونی و دگرگونی به‌وجود آمده‌اند) دارای تراکم شبکهٔ هیدروگرافی زیاد، ولی آهک‌های کوه‌های کتابان، خالیشت و ختابان دارای تراکم هیدروگرافی کمترند. پس انتظار می‌رود خاک رس این منطقه دارای آهک بالا و کانی‌های کوارتز باشد؛ هرچند که وجود کانی‌های دگرگونی نیز قابل‌انتظارند (Rigot et al., 2022).



تصویر ۳. موقعیت جغرافیایی و ناهمواری‌های شهرستان بوانات (نگارندگان، ۱۳۹۷).

Fig. 3. Geomorphological, and topographical structure of Bawanat provincen.



تصویر ۴. نقشه زمین‌شناسی صفحهٔ اقلید و بوانات، موقعیت زمین‌شناسی محوطهٔ هرمنگان (سازمان نقشه‌برداری کشور).

Fig. 4. Geological map of Eghlid & Bawanat corridor, and the geological region og Hormangan.

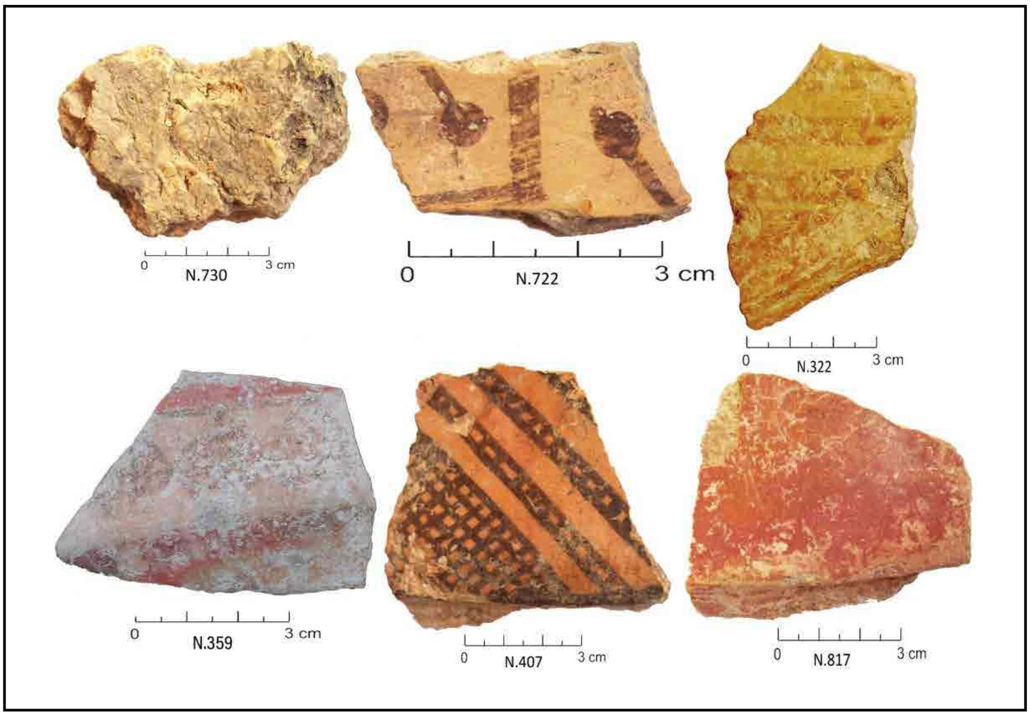
روش و مواد

نمونه‌های موردمطالعه

سفال‌های محوطهٔ هرمنگان را در وهلهٔ اول براساس مشخصات ظاهری، رنگ و نقش به شش گروه تقسیم‌بندی شدند؛ گروه اول، سفال‌های سادهٔ خشن با آمیزهٔ گیاهی است (تصویر ۵: سفال ۷۳۰). گروه دوم سفال‌هایی با نقش سیاه برروی زمینهٔ نخودی هستند که بیشترین درصد سفال‌های این محوطه را تشکیل می‌دهند (تصویر ۵: سفال ۷۲۲). گروه سوم سفال‌های نقش قرمز برروی زمینهٔ نخودی است که شبیه به گروه دوم بوده، ولی از رنگ‌دانه متفاوتی برای نقاشی استفاده شده‌است (تصویر ۵: سفال ۳۲۲). گروه چهارم سفال‌های دورنگ با نقوش سیاه و قرمز برروی زمینهٔ نخودی هستند که تعداد سه قطعه سفال از این محوطه به‌دست آمد (تصویر ۵: سفال ۳۵۹). گروه پنجم سفال‌های با نقش سیاه برروی زمینهٔ قرمز است که شبیه سفال‌های محوطهٔ موشکی است (تصویر ۵: سفال ۴۰۷) و گروه ششم سفال‌های قرمز صیقلی هستند که داغدار شدند و تعداد محدودی از سفال‌های این محوطه را تشکیل می‌دهند (تصویر ۵: سفال ۸۱۷). در تقسیم‌بندی بعدی به فرم سفال‌ها و محل قرارگیری نقش توجه شد. دستهٔ اول سفال‌های این محوطه، اکثراً زاویه‌دار هستند که در قسمت بیرونی، در بخش فوقانی منقوش شده‌اند. دستهٔ دوم ظروف با لبهٔ صاف (۹۰ درجه) و کم‌عمق است؛ «برنبک» برای توصیف این سفال‌ها در محوطهٔ بشی از اصطلاح «دیگچه»[1] استفاده می‌کند (Bernbeck, 2010: 73). گروه آخر سفال‌های مینیاتوری هستند که قطر کف یا لبهٔ آن بیشتر از ۶ سانتی‌متر نیست. ساخت این ظروف در دورهٔ نوسنگی رایج بوده، ولی کاربرد آن مشخص نشده

است. در تقسیم‌بندی دیگر به بافت زمینهٔ سفال توجه شد. سفال‌های محوطهٔ هرمنگان اکثراً دارای آمیزهٔ کاه هستند و مغز سفال‌ها تیره است. به‌علاوه با چشم غیرمسلح می‌توان مواد معدنی را در مقاطع شکسته‌شده سفال‌ها دید. حضور این مواد به‌عنوان آمیزهٔ در داخل سفال‌ها از پرسش‌های مهم این پژوهش و انجام مطالعات پتروگرافی بود که در ادامه به آن خواهیم پرداخت. در تقسیم‌بندی آخر به شیوهٔ ساخت سفال توجه شد، مطالعات مقطع سفال‌ها نشان‌داد که از سه روش برای ساخت سفال‌ها استفاده شده‌است. شیوهٔ چینه‌بندی متوالی (Vandiver, 1987)، شیوهٔ فتیله‌ای و روش قالب‌گیری از روش‌های ساخت سفال این محوطه بوده است. اثر سبد در قسمت پایینی بعضی از ظروف زاویه‌دار دیده می‌شود. در کوشک‌هزار نیز سفال‌هایی شبیه به این سفال‌ها به‌دست آمده است. براساس نظر «آلدن» ممکن است از چند روش هم‌زمان برای ساخت این ظروف استفاده شده باشد (Alden et al., 2004: 28).

به‌منظور انجام این پژوهش سعی‌شد که این دسته‌بندی‌ها مدنظر قرار بگیرد و از هر دسته نمونه‌هایی برای آزمایش‌ها انتخاب شوند. علاوه‌بر مشخصات ظاهری سفال، طبقه‌بندی در حین کاوش، یعنی ترانشه و کانتکست آن‌ها نیز موردتوجه قرار گرفت. جدول ۱، مشخصات ظاهری سفال‌ها را نشان می‌دهد.



تصویر ۵. سفال‌های محوطهٔ هرمنگان براساس رنگ و نقش (نگارندگان، ۱۳۹۷).

Fig. 3. Geomorphological, and topographical structure of Bawanat provincen.

پتروگرافی

آنالیز پتروگرافی یک شیوهٔ اصلی و اساسی است که توسط زمین‌شناسان برای توصیف و طبقه‌بندی سنگ‌ها یا تشخیص کانی‌های موجود براساس ویژگی‌های نوری و بصری آن‌ها، با استفاده از میکروسکپ پلاریزان صورت می‌گیرد (Shortland & Degryse, 2020; Whitbread, 1989).

به‌طورکلی به‌کارگیری پتروگرافی و پترولوژی در مطالعهٔ سفال‌های باستانی اطلاعات گوناگونی را در اختیار باستان‌شناسان قرار می‌دهد؛ برای مثال، این اطلاعات شامل اطلاعات زمین‌شناسی

دربارۀ منشأ و نوع رس احتمالی به‌کاررفته در ساخت سفال، نوع مواد معدنی و آلی افزوده‌شده به خمیرۀ سفال، اطلاعات فنی راجع‌به میزان حرارت و شرایط پخت، نوع کوره استفاده‌شده، جهت‌یابی حفره‌ها و هندسۀ فضاهای خالی یا تخلخل ناشی از فرآیند ورز، پخت و سرد شدن، اطلاعات راجع‌به نحوۀ شکل‌دهی به سفال، طبقه‌بندی سفال‌ها براساس مشخصات ساخت آن‌ها است. مقایسۀ سفال‌های مشابه با محوطه‌های هم‌دوره، تعیین خصلت محلی یا وارداتی بودن سفال از موارد دیگر موردبررسی توسط این روش است (Emami et al., 2011). «شپرد» پیشنهاد می‌کند پتروگرافی مقاطع نازک می‌تواند هم در تشخیص‌های کمی هم کیفی به‌کار رود (Shepard, 1956). اما پژوهشگران دیگر عقیده دارند که پتروگرافی حاوی بیشترین اطلاعات به‌عنوان یک روش کیفی برای تشخیص ویژگی‌های اولیه و عمدۀ ساخت سفال‌ها است (Stoltman et al., 1992). البته مطالعات میکروسکپی دارای محدودیت‌هایی نیز هست؛ چراکه با توجه به کیفیت (/ رزولوشن) میکروسکوپ نوری ذرات با قطر کمتر از ۰٫۰۰۲ میلی‌متر قابل‌مشاهده نیستند؛ از این‌رو با این روش نمی‌توان ترکیبات رسی را شناسایی نمود و باید از میکروسکوپ الکترونی استفاده نمود.

برای بررسی مطالعات کانی‌شناسی سفال‌های هرمنگان تعداد ۳۶ نمونه سفال انتخاب شد که این نمونه‌ها از سطوح و بافت‌های مختلف بودند؛ همان‌طورکه قبلاً اشاره شد در محوطۀ هرمنگان دو مرحلۀ فرهنگی قدیم و جدید را شاهد هستیم. از مرحلۀ اول این محوطه تعداد ۱۲ نمونه، از مرحلۀ دوم یا مرحلۀ قدیمی‌تر تعداد ۱۴ نمونه و ۱۰ نمونه نیز از سفال‌های ترانشۀ سوم که هم‌زمان با مرحلۀ اول محوطه است، انتخاب شدند. ۳۶ نمونۀ انتخاب‌شده حاوی بیشترین اطلاعات از دسته‌بندی ظاهری سفال‌ها است. مشاهدات پتروگرافی با دستگاه میکروسکپ پلوریزان مدل Camera Dp71 Olampusbx60 در دانشگاه هنر اصفهان انجام شد. مقاطع نازک سفال‌ها با ضخامت ۳۰ میکرومتر برروی لام شیشه‌ای تهیه شد که تمامی نمونه‌ها با لایۀ ۵ میکرونی طرق جهت جلوگیری از ورود آلاینده‌های محیطی و داشتن تصویر شفاف‌تر در زیر میکروسکوپ پوشانده شده بودند.

نتایج آنالیز پراش اشعۀ ایکس (XRD)

در روش پراش پرتوایکس، از اشعۀ ایکس با طول‌موج شناخته‌شده در تعیین فضای شبکه در ساختار بلورها استفاده می‌شود و از این راه ترکیبات شیمیایی به‌طور مستقیم شناسایی می‌گردند. این روش که تکمیل‌کنندۀ روش پتروگرافی است، برای آنالیزهای مرحله‌ای استفاده می‌شود (Pollard et al., 2007). یکی از نتایج بسیار مهمی که از آنالیزهای XRD حاصل می‌شود، تعیین درجۀ پخت سفال‌ها براساس مقدار و نوع کانی‌هایی است که در درجۀ حرارت‌های بالا و در حین پخت سفال ایجاد می‌شوند (Emami & Trettin, 2010). هم‌چنین سفال باستانی به‌خصوص سفال‌های کمتر حرارت‌دیده در هنگام دفن نیز دچار تغییراتی می‌شوند که چنین مرحله‌هایی نیز به‌عنوان مرحله‌های ثانویه یا محصولات هوازدگی معرفی می‌شوند که شناسایی این مرحله‌ها و کانی‌ها از اهداف مطالعات XRD برروی سفال‌های باستانی است.

در این پژوهش از بین ۳۶ نمونه سفال انتخابی محوطه برای انجام آزمایش پتروگرافی، پس از بررسی آن‌ها، تعداد ۱۸ قطعه سفال برای شناسایی مرحله و هم‌چنین مطالعات عنصری انتخاب شدند. این سفال‌ها شامل ۸ قطعه سفال (با شماره سفال‌های ۱۴۵، ۷۱۸، ۶۰، ۳۲۲، ۳۲۳، ۵۰۳، XV و IXV) از مرحلۀ اول یا همان مرحلۀ جدید، ۸ قطعه سفال (با شماره سفال‌های ۷۳۰، ۴۰۹، ۴۰۸، ۷۲۷، ۷۲۸، ۷۲۹، ۴۰۷ و ۷۲۲) از مرحلۀ دوم یا مرحلۀ قدیمی‌تر و ۲ قطعه سفال از ترانشۀ سوم یا کوره (با شماره سفال‌های ۸۲۳ و ۸۲۹) است. این نمونه‌ها به‌صورت پودر، جهت بازتاب پرتوها به‌صورت یکنواخت‌تر، آماده‌سازی شده و مورد آنالیز قرار گرفتند (Huff et al., 1989). برای تفسیر آنالیز کمّی XRD از «روش ریتفلد» و نرم‌افزار X-Pert HighScore مدل 2.2c (2.2.3) استفاده شد.

جدول ۱. مشخصات کلی سفال‌های موردمطالعه

Table 1. General characterization of the potteries from the region

ردیف	کانتکست	شماره سفال	نوع قطعه	قطر MM	ضخامت MM	ارتفاع MM	تکنیک ساخت	محل نقش	نقش	پوشش داخل	پوشش خارج	کیفیت پخت	آمیزه	کیفیت ساخت	رنگ خارج	رنگ خمیره	توضیحات
۱	۱۰۰۲	۶۰	بدنه		۲۲	۵۴	دست ساز	_	_	ندارد	رقیق	کافی	گیاهی	خشن	10YR 8/3 very pale brown	7.5YR 8/3 pink	تکنیک ساخت سبدی
۲	۱۰۰۳	I	بدنه		۹	۷۹	دست ساز	_	_	رقیق	رقیق	کافی	گیاهی	متوسط	10YR 8/4 very pale brown	5YR 7/4 pink	
۳	۱۰۰۴	۱۴۵	لبه	_	۲۹	۴۹	دست ساز	_	_	رقیق	رقیق	ناکافی	گیاهی	خشن	10YR 8/3 very pale brown	7.5YR 8/3 pink	
۴	۱۰۰۴	II	بدنه	_	۱۰	۵۱	دست ساز	_	_	غلیظ	غلیظ	کافی	گیاهی	متوسط	7.5YR 5/1 gray	7.5 YR 7/4 pink	
۵	۱۰۰۵	XII	لبه	۸۰	۷	۳۵	دست ساز	_	_	ندارد	ندارد	کافی	گیاهی	متوسط	10YR 8/3 very pale brown	10YR 8/3 very pale bro	قسمت های دارای RED SLIP است
۶	۱۰۰۷	XVI	بدنه	_	۴	۲۵	دست ساز	_	_	غلیظ	غلیظ	کافی	گیاهی	ظریف	2.5YR 4/6 RED	2.5YR 6/4 light reddish	قسمت های دارای RED SLIP است
۷	۱۰۰۷	XV	بدنه	_	۱۱	۴۶	دست ساز	_	_	رقیق	غلیظ	ناکافی	گیاهی	متوسط	2/5YR 6/6 light red	7/5YR 6/4light brown	
۸	۱۰۱۴	۳۲۲	بدنه	_	۸	۴۵	دست ساز	بیرونی	نقاشی	رقیق	رقیق	کافی	گیاهی	متوسط	7.5YR 7/2 pinkish gray	7/5YR 6/4light brown	
۹	۱۰۱۴	۳۲۳	بدنه	_	۸	۴۱	دست ساز	_	_	رقیق	رقیق	ناکافی	گیاهی	متوسط	10R 6/6 light red	7/5YR 6/4light brown	تکنیک ساخت سبدی
۱۰	۲۰۰۱	۵۰۳	بدنه	_	۹	۴۵	دست ساز	بیرونی	کنده؟	رقیق	رقیق	ناکافی	گیاهی	متوسط	10YR 6/1 GRAY	10YR 4/1 dark gray	
۱۱	۲۰۱۶	۷۱۸	بدنه	_	۱۰	۴۲	دست ساز	بیرونی	نقاشی	رقیق	رقیق	ناکافی	گیاهی	متوسط	2.5YR 7/4light reddish brow	7.5YR 6/4 light brown	
۱۲	۲۰۱۶	۷۱۹	بدنه	_	۱۱	۸۵	دست ساز	_	_	رقیق	رقیق	ناکافی	گیاهی	متوسط	2.5YR 6/4 light reddish brov	5YR 5/1 GRAY	تکنیک ساخت سبدی
۱۳	۱۰۴۴	۴۰۶	لبه	۱۰۰	۹	۵۹	دست ساز	بیرونی	نقاشی	رقیق	رقیق	کافی	گیاهی	متوسط	2.5YR 7/4light reddish brow	2.5YR 7/4light reddish	
۱۴	۱۰۴۴	۴۰۷	بدنه	_	۱۲	۵۷	دست ساز	بیرونی	نقاشی	رقیق	رقیق	کافی	گیاهی	متوسط	7.5YR 7/4 PINK	2.5YR 6/6 LIHGT RED	
۱۵	۱۰۴۴	۴۰۸	بدنه	_	۵	۴۲	دست ساز	بیرونی	نقاشی	ندارد	رقیق	کافی	گیاهی	ظریف	7.4yr 7/4 pink	7.5YR 6/4 light brown	
۱۶	۱۰۴۴	۴۰۹	بدنه		۲۳	۶۵	دست ساز	_	_	رقیق	غلیظ	ناکافی	گیاهی	خشن	7.5 YR 7/3 PINK	7.5 YR 5/3 brown	
۱۷	۱۰۴۴	۴۱۰	کف	۱۵	۷	۱۶	دست ساز	_	_	ندارد	رقیق	ناکافی	گیاهی	متوسط	10YR 6/3 pale brown	10YR 5/2 grayish brow	
۱۸	۲۰۲۲	۷۲۶	بدنه		۸	۳۳	دست ساز	بیرونی	نقاشی	رقیق	رقیق	ناکافی	گیاهی	متوسط	7.5yr 7/3 pink	7.5YR 5/1 GRAY	
۱۹	۲۰۲۲	۷۲۷	بدنه		۱۱	۵۱	دست ساز	_	_	رقیق	غلیظ	کافی	گیاهی	متوسط	2.5YR 7/6 light red	5yr 6/4 light reddish br	صیقلی
۲۰	۲۰۲۸	۷۲۲	بدنه		۶	۱۹	دست ساز	بیرونی	نقاشی	رقیق	رقیق	کافی	گیاهی	ظریف	10yr 7/4 very pale brown	7.5YR 6/4 light brown	
۲۱	۲۰۳۰	۷۲۸	بدنه	_	۱۲	۵۹	دست ساز	_	_	رقیق	رقیق	ناکافی	گیاهی	متوسط	7.5yr 7/3 pink	7.5YR 5/1 GRAY	
۲۲	۲۰۳۰	۷۲۹	بدنه	_	۹	۴۳	دست ساز	_	_	رقیق	رقیق	کافی	گیاهی	متوسط	2.5YR 6/6 light red	7.5YR 6/4 light brown	
۲۳	۲۰۳۰	۷۳۰	بدنه	_	۲۱	۴۱	دست ساز	_	_	ندارد	ندارد	کافی	گیاهی	متوسط	10YR 8/3 very pale brown	10YR 8/3 very pale bro	
۲۴	۲۰۳۱	۷۳۲	بدنه	_	۸	۵۳	دست ساز	_	_	رقیق	رقیق	کافی	گیاهی	متوسط	2.5YR 6/6 light red	7.5YR 6/4 light brown	
۲۵	۲۰۳۴	۷۳۴	بدنه	_	۸	۴۴	دست ساز	_	_	رقیق	رقیق	کافی	گیاهی	متوسط	5YR 7/4 PINK	7.5YR 6/4 light brown	
۲۶	۲۰۳۵	۷۳۵	بدنه	_	۱۹	۴۹	دست ساز	بیرونی	نقاشی	رقیق	رقیق	کافی	گیاهی	خشن	2/5YR 6/6 light red	7/5YR 6/4light brown	
۲۷	۳۰۰۲	۸۲۸	بدنه	_	۸	۲۷	دست ساز	بیرونی	نقاشی	رقیق	رقیق	ناکافی	گیاهی	متوسط	7.5yr 7/3 pink	7.5YR 5/1 GRAY	
۲۸	۳۰۰۲	۸۲۹	بدنه	_	۱۰	۴۳	دست ساز	_	_	رقیق	رقیق	ناکافی	گیاهی	متوسط	7.5yr 7/3 pink	7.5YR 6/4 light brown	
۲۹	۳۰۰۸	۸۴۱	بدنه	_	۱۰	۸۹	دست ساز	بیرونی	نقاشی	رقیق	رقیق	ناکافی	گیاهی	متوسط	7.5yr 7/4 pink	7.5yr 7/4 pink	
۳۰	۳۰۰۸	۸۴۲	بدنه	_	۳۰	۱۰۴	دست ساز	_	_	ندارد	رقیق	ناکافی	گیاهی	خشن	7.5YR 7/4 PINK	10YR 6/3 pale brown	
۳۱	۳۰۰۸	۸۳۹	بدنه	_	۱۰	۶۶	دست ساز	_	_	رقیق	رقیق	ناکافی	گیاهی	متوسط	10R 6/6 light red	10YR 4/1 dark gray	تکنیک ساخت سبدی
۳۲	۳۰۰۹	۸۱۴	لبه	_	۷	۲۶	دست ساز	بیرونی	نقاشی	رقیق	رقیق	ناکافی	گیاهی	متوسط	10yr 7/2 light gray	10YR 4/1 dark gray	
۳۳	۳۰۰۹	۸۱۵	بدنه	_	۱۰	۵۰	دست ساز	بیرونی	نقاشی	ندارد	رقیق	کافی	گیاهی	متوسط	2/5YR 7/6 light red	7/5 YR 6/4 Light brown	
۳۴	۳۰۰۹	۸۱۷	بدنه	_	۱۲	۵۲	دست ساز	_	_	ندارد	غلیظ	ناکافی	گیاهی	متوسط	2.5YR 4/6 RED	7.5YR 5/1 GRAY	تکنیک ساخت سبدی و red slip
۳۵	۳۰۰۹	۸۱۹	بدنه	_	۱۱	۶۰	دست ساز	بیرونی	نقاشی	رقیق	رقیق	ناکافی	گیاهی	متوسط	7.5 YR 7/4 PINK	7.5YR 5/1 GRAY	
۳۶	۳۰۰۹	۸۲۳	کف	۷۰	۱۳	۱۷	دست ساز	_	_	رقیق	رقیق	ناکافی	گیاهی	خشن	7.5 YR 7/4 PINK	7.5YR 5/1 GRAY	

ایـن روش اولین‌بـار توسـط «اچ. ام. ریتولـد» در سـال ۱۹۶۷م. معرفـی شـد و امـروزه بـرای تحلیـل کمّـی آنالیزهـای XRD اسـتفاده می‌شـود (Noghani & Emami, 2017). دسـتگاه مورداسـتفاده بـرای آنالیـز نمونه‌هـا، PHILIPS و مـدل دسـتگاه PW1730 بـود کـه توسـط آزمایشـگاه بیم‌گسـتر تابـان انجـام شـد.

نتایج آنالیز فلئورسانس اشعه ایکس (XRF)

اسـتفاده از روش فلوئورسـنس اشـعۀ ایکـس بعـد از دهـۀ ۶۰م. هم‌زمـان بـا اسـتفاده از روش‌هـای علمـی در باستان‌شناسـی شـروع شـد کـه بـا آن طیـف وسـیعی از مـواد باسـتانی را ازجملـه: ابسـیدین، سـرباره، رسـوبات باستان‌شناسـی، خـاک به‌خصـوص سـفال و سـرامیک را می‌تـوان مطالعـه کـرد (Speakman et al., 2011). ایـن روش بـه اهـداف گوناگونـی مثـل منشـأیابی انجـام می‌شـود. امـا هـدف از انجـام آن در ایـن پژوهـش تعییـن میـزان غلظـت عناصـر اصلـی خـاک و هم‌چنیـن تشـخیص عناصـر ناچیـز مقـدار در سـفال‌ها بـود. بـا تشـخیص عناصـر خـاک سـفال به‌همـراه مطالعـات میکروسـکپی توانسـتیم سفال‌ها را دسته‌بندی کـرده و نمونه‌هـا بـا هـم مقایسـه شـوند. آنالیـز XRF می‌توانـد بـا دسـتگاه پرتابـل انجـام شـود کـه روشـی غیـر تخریبـی اسـت، یـا این‌کـه از دسـتگاه میـزی بـا نمونه‌سـازی پـودری اسـتفاده می‌شـود. در ایـن پژوهـش، آزمایـش XRF بـا دسـتگاه‌های پژوهشـکدۀ حفاظـت و مرمـت پژوهشـگاه میراث‌فرهنگـی و گردشـگری انجـام گرفـت کـه مجهـز بـه دسـتگاه مـدل ۸۴۲۰- کمپانـی ARL اسـت و از نرم‌افـزار UniQUant بـرای آنالیـز نمونه‌هـای مجهـول اسـتفاده شـد. آماده‌سـازی نمونه‌هـا نیـز به‌صـورت تهیـۀ قـرص از پـودر نمونـه انجام‌شده‌است؛ هم‌چنیـن ایـن دسـتگاه از روش WDXRF بـرای شناسـایی و تشـخیص عناصـر خـاک اسـتفاده کرده‌اسـت.

نتایج حاصل از مشاهدات پتروگرافی

به‌طورکلی، سـفال‌های محوطـۀ هرمنـگان دارای تخلخل‌هـای بالایـی هسـتند. سـفال‌ها در هـر دو مرحلـۀ ایـن محوطـه شـبیه به‌هـم هسـتند؛ به‌طوری‌کـه مرحلـۀ اول و دوم را نمی‌تـوان از هـم تفکیـک کـرد. در ایـن سفال‌ها، کانی‌های آهـک، کوارتـز، پلاژیوکلاز آلبیتـی و سـانیدین و خرده‌سـنگ‌های آذریـن متشـکل از: مسـکویت، کلسـیت، اکسـید آهـن، گرانیـت، مگنتیـت، هماتیـت، اپاتیـت و فلدسـپار به‌عنـوان مـواد پرکننـده بـه‌کار رفتـه اسـت. در یـک نمونـه سـفال ایـن مرحلـه احتمالاً از گـروگ یـا خرده‌سـفال به‌عنـوان آمیـزۀ اسـتفاده کرده‌انـد (تصویـر ۶: نمونـه ۳۲۳). بافـت زمینـه در تمامـی ایـن گـروه آهکـی اسـت. در اکثـر نمونه‌هـا کوارتزهـا، زاویـه‌دار هسـتند کـه نشان‌دهندۀ حالـت ابتدایـی در خـرد شـدن اسـت، یعنـی یـا ایـن مـواد به‌صـورت آگاهانـه از محلـی بـرای ساخت سفال‌ها آورده و توسط سفالگر خردشده‌اند یا این‌کـه در خـاک رس منطقـه موجـود بـوده و منشـأ آن، جایـی در نزدیکـی محـل انتخـاب خـاک بوده‌اسـت؛ چراکـه اگـر از دوردسـت توسـط رودخانه‌هـا حمـل می‌شـد، فرسـایش یافتـه بـود و زاویـه‌دار دیـده نمی‌شـد. در اکثـر نمونه‌هـا کلسـیت ثانویـه تشکیل‌شـده کـه نشـان از دفـن در محیـط مرطـوب داشـته اسـت (Emami et al., 2009). سـفال‌های تاریخـی هنـگام دفـن متحمـل تغییراتـی می‌شـوند کـه نـوع و سـرعت پیشـرفت ایـن تغییـرات کامـلاً بـه محیـط قرارگیـری آن‌هـا، ویژگی‌هـای سـاختاری سـفال (تخلخـل، بافـت، شـیمی سـفال و ترکیبـات مینرالـی آن) و هم‌چنیـن مـواد آلـی کـه احتمالاً هنـگام کاربـرد ظـرف اسـتفاده می‌شـده، بسـتگی دارد. از مهم‌تریـن عوامـل محیطـی تأثیرگـذار در تغییـرات زمـان دفـن، آب‌هـای زیرزمینـی هسـتند کـه نقـش اصلـی را در تغییـرات مینرالـوژی و تبـادلات شـیمیایی سـفال هم‌چـون: انحـلال برخـی مرحله‌هـا و یـا شکل‌گیری رسـوبات در درون خلـل و فـرج دارد. ایـن واکنش‌هـا هم‌چنیـن بسـتگی کامـل بـه pH و درجـۀ حـرارت محیـط دارد (امامـی و نوغانـی، ۱۳۹۲). تشـکیل پرتلندیـت در یکـی از ایـن نمونه‌هـا (تصویـر ۶: نمونـۀ ۷۳۰) کـه نوعـی سـفال خشـن اسـت، نشـان می‌دهـد کـه نه‌تنهـا در زمـان دفـن ایـن سـفال‌ها در محیـط مرطـوب بوده‌انـد، بلکـه بعـد از پخـت نیـز در محیطـی مرطـوب (احتمالاً بـرای نگه‌داری مایعـات)

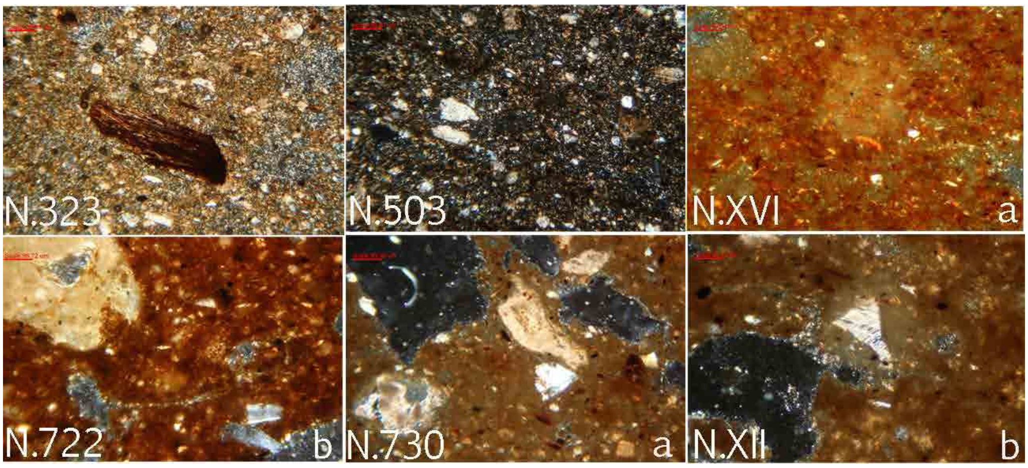
استفاده می‌شده است. در یک جمع‌بندی از مطالعات صورت‌گرفته برروی مقطع نازک سفال‌ها می‌توان این‌طور عنوان نمود که چهار قطعه سفال (به شماره سفال‌های 730 -60 145I-)، درجۀ حرارت‌هایی بالاتر از ۸۰۰ درجه داشته‌اند؛ چراکه مرحله‌های اولیه و درجۀ حرارت پایین نظیر کلسیت در بافت آن‌ها دیده نشد. بقیۀ سفال‌های این محوطه زیر ۸۰۰ درجه پخته شده است.

با توجه به مقاطع مشاهده‌شده و تطبیق آن با نقشۀ زمین‌شناسی منطقه می‌توان متوجه شد که سفال‌ها در هر دو مرحله منشأ محلی داشته‌اند که براساس ماتریکس و میزان مواد پلاستیسیته آن به سه گروه تقسیم‌بندی شد؛ گروه اول، ۲۱ قطعه سفال (به شماره‌های ۳۲۳-۵۰۳-۸۱۵-۸۴۱-۴۰۶-۴۰۸-۴۰۹-۷۲۷-۴۱۰-۸۲۸-۷۲۹-۷۲۶-۷۳۲-۸۳۹-۷۳۴-۷۳۵-۸۱۴-۸۱۷-۸۱۹-۸۲۳-۸۲۹) دارای بافت رس آهکی است (تصویر ۶: نمونۀ ۳۲۳ و ۵۰۳) و انواع مواد پلاستیسیته در اندازه‌های مختلف، عموماً به‌صورت زاویه‌دار دیده می‌شود. ۹ قطعه سفال (به شماره‌های XV-XVI -۳۲۲-۸۲۸-۸۴۲-۴۰۷-۷۲۲-۷۱۸-۷۱۹) به‌دلیل بافت زمینۀ قرمز، که یا از یک منشأ خاک رس غنی از آهن به دست آمده‌اند و یا در حرارت بالا درست شدند، «خاک رس آهنی» نام گرفت (تصویر ۶: نمونۀ XVI و ۷۲۲). این گروه به دو زیرمجموعۀ a و b تقسیم می‌شوند. مجموعۀ اول (تصویر ۶: نمونۀ XVI) مواد پرکننده یا مواد پلاستیسیته ندارد و گروه دوم در خاک رس آن مواد پرکننده مشاهده می‌شود (تصویر ۶: نمونۀ ۷۲۲). گروه سوم، ۶ قطعه سفالی (به شماره سفال ۶۰-۱۴۵-I-۷۳۰-II-XII) است (تصویر ۶: نمونۀ ۷۳۰-XII). در این سفال‌ها خاک رس چسبنده‌ای به‌کاررفته که با آن دو گروه کاملاً متفاوت است. گروه سوم نیز به دو زیرمجموعه a و b قابل تقسیم‌بندی هستند. زیرمجموعۀ اول (تصویر ۶: نمونۀ ۷۳۰) دمای پخت بالاتر از ۸۰۰ درجه را تحمل کرده‌اند و زیرمجموعۀ دوم با توجه به‌وجود کلسیت‌های تبدیل نشده، سفال‌های درجۀ حرارت پایین‌تر هستند (تصویر ۶: نمونۀ XII). نوع متفاوت مواد پرکننده در سفال‌ها می‌تواند نشانگر این باشد که خاک سفال‌ها از مکان‌های مجزا، اما از یک منطقه آورده شده است. وجود گروگ یا خرده سفال در بافت زمینۀ سفال، حاکی از استفاده قطعات سفالی به‌عنوان یک آمیزۀ مناسب و به تعقیب آن پیشرفت فناوری در ساخت سفال است، اما از آنجایی‌که فقط در یک قطعه سفال این محوطه دیده شد، نمی‌توان دربارۀ عمدی یا غیرعمدی بودن این ماده به‌عنوان یک آمیزه نظر داد. درجۀ پخت سفال‌های این محوطه در اکثر نمونه‌ها بالاتر از ۸۰۰ درجه نبوده است. در تعداد کمی از آن‌ها، تبدیل کلسیت به آهک نشان از دمای بالای ۸۰۰ درجه دارد (Amin Emami & Trettin, 2010). بافت داخلی تعدادی از سفال‌ها تأثیرات ناشی از پخت ناقص و حالت دودزدگی را نشان می‌دهند. این امر حاکی از نرسیدن اکسیژن به قسمت‌های درونی سفال بوده است. مقایسۀ مقاطع نازک سفال‌های کوره با محوطۀ مسکونی شباهت قابل‌توجهی را با مرحلۀ جدید مطرح می‌کند. ازنظر فناوری ساخت، تمامی سفال‌های مرحلۀ قدیم و جدید شبیه به‌هم بوده و همگی از این سه نوع متفاوت خاک رس اولیه ساخته شده است.

آنالیز XRD

نتایج آنالیز XRD از ۱۸ قطعه سفال این محوطه به‌صورت نمودارهای مرحلۀ و جداولی که حاوی شناسایی کانی‌های موجود در نمونه‌ها، فرمول شیمیایی آن‌ها و مقدار فراوانی آن در نمونه‌ها بود و هم‌چنین دندوگرام خوشه‌ای ارائه شد. در جدول ۲، می‌توان کانی‌های شناسایی‌شده در هر نمونه را مشاهده نمود.

نمودار شباهت یا دندوگرام‌های شباهت در نمونه‌های بررسی‌شده محوطۀ هرمنگان (تصویر ۷) با هدف شناخت تشابهات در سفال‌های موردمطالعه و دسته‌بندی آنان براساس مرحله‌های کریستالی صورت گرفته‌است (Emami et al., 2011).



تصویر ۶. مقاطع نازک سفال‌ها، گروه اول، سفال‌های دارای خاک رس آهکی است. سفال شماره ۳۲۳ که گروگ در مرکز تصویر مشخص است و سفال شماره ۵۰۳ که پخت در محیط اکسیداسیونی را تجربه کرده‌است، در این دسته قرار دارد. گروه دوم، دارای خاک رس غنی از آهن هستند. سفال شماره XVI که دارای مواد پلاستیسیته بسیار کمی است (زیرمجموعه a) و قطعه سفال شماره ۷۲۲ که مواد پلاستیسیته بیشتری دارد (زیرمجموعه b)، در این دسته قرار دارند. گروه سوم، سفال شماره ۷۳۰ خاک رس چسبنده که در حرارت بالا پخته است (زیرمجموعه a). سفال شماره XII نیز دارای خاک رس مشابه با سفال قبلی است و در درجه حرارت زیر ۸۰۰ درجه پخته‌شده‌است (زیرمجموعه b). در این سفال می‌توان کلسیت‌های پخته نشده را کامل مشاهده کنیم که نشان از عدم پخت سفال در درجه حرارت بالا دارد. همان‌طور که در تصویر مشخص است سه نوع خاک رس متفاوت می‌توان دید (نگارندگان، ۱۳۹۶).

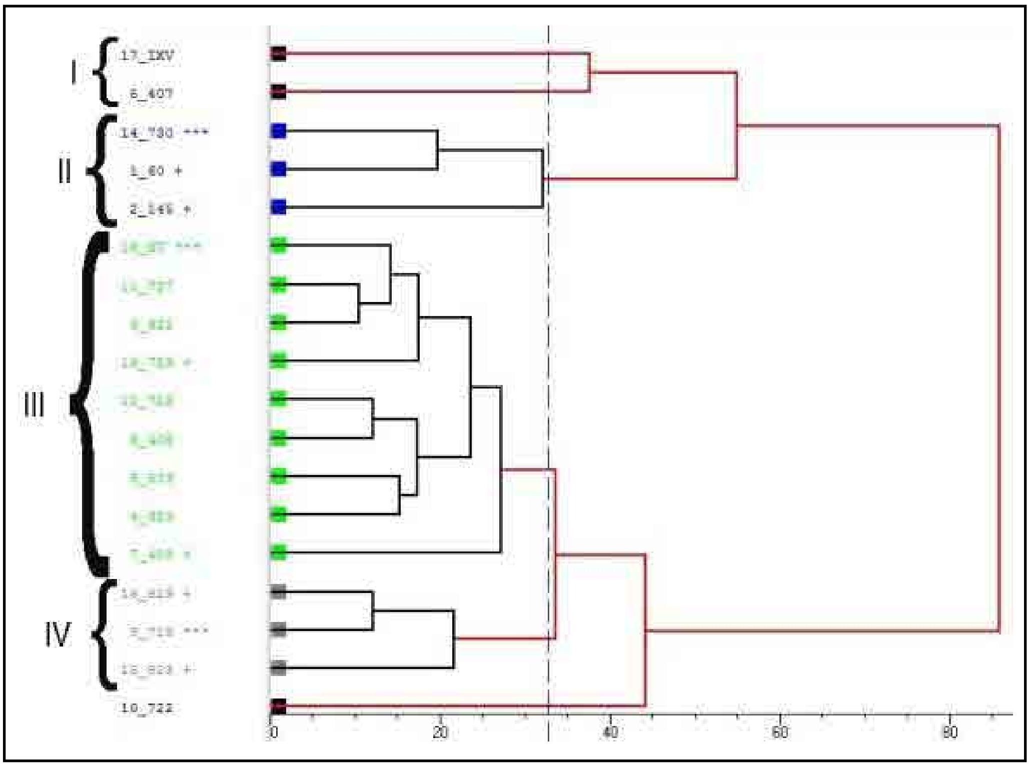
Fig. 6. Thin-section of the potteries and their classification. I) calcareous pottery fired in an oxidation atmosphere (N323, N503), II) iron rich pottery (XVI, N722) with high amount of plasticity constituents, III) Clayey pottery matrix fired due to high temperature (N730). Sample XII contains a bit calcite as a low temperature reaction.

براساس این بررسی‌ها سفال‌های محوطهٔ هرمنگان به چهار دسته قابل‌تقسیم هستند؛ گروه اول، سفال‌های XVI و ۴۰۷ است. این گروه از جهت عدم‌تشخیص کلسیت در آن‌ها شبیه به‌هم هستند. گروه دوم، سفال‌های ۷۳۰، ۶۰ و ۱۴۵ هستند که از جهت کانی‌های مشاهده شده و درجهٔ پخت بسیار شبیه به‌هم است. این‌دسته در مطالعهٔ مقاطع نازک نیز، یک خاک متفاوتی را با دسته‌های دیگر نشان می‌دهند. گروه سوم، سفال‌های XV، ۳۲۲، ۳۲۳، ۷۲۹، ۷۲۸، ۴۰۸، ۵۰۳ و ۴۰۹ هستند. کانی‌های شناسایی‌شده در این مرحله شبیه به‌هم هستند. گروه چهارم سفال‌های ۸۲۹، ۸۲۳ و ۷۱۸ است. این‌دسته سفال‌ها از جهت کانی‌های شناخته‌شده شبیه گروه سوم است و دلیل تمایز آن با گروه قبلی وجود کانی میکا است. سفال شمارهٔ ۷۲۲ نیز دارای کانی‌های مشترک بین گروه‌های سوم و چهارم است و به‌دلیل شباهت زیاد بین همهٔ گروه‌ها می‌تواند داخل هر چهار دسته قرار بگیرد. سفال‌های کوره و سفال‌های مرحلهٔ اول و دوم در این گروه‌ها پراکنده هستند (Nodari et al., 2004). سه قطعهٔ سفالی که مبنای بیشترین تفاوت در این دسته‌ها هستند، قطعات ۷۳۰، XV و ۷۱۸ است. کانی‌های شاخص این سفال‌ها که شدت پیک بیشتر و بلندتری را روی دیاگرام خود نشان داده‌است، کانی‌های گلنیت، ایلیت‌مونت موریلونیت و مگنتیت هستند (تصویر ۸). وجود کانی‌های گلنیت با نقطه ذوب ۱۵۹۳ و دیوپسید داخل سرامیک‌های باستانی، احتمالاً

جدول ۲: کانی‌های شناسایی‌شده در آنالیز XRD

Table 2. Crystalline phase composition of the investigated potteries

Sample No.	60	145	322	323	XVI	XV	407	408	409	503	718	722	727	728	729	730	823	829
Quartz-Alpha	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Calcite	*	*	*	*		*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Ca, magnesium ,syn																		*
Diopside		*			*											*		
Di (Fe-bearing)	*																	
Gehlenite	*	*														*		
Albite	*	*								*						*	*	*
Albite Calcian				*	*		*	*	*		*	*	*		*			
Montmoriloni te			*															*
Anonthite			*			*								*				
Muscovite			*	*	*	*	*	*	*			*	*		*			
Hematite					*		*											
Magnetite					*				*	*	*			*				
Microcline (Cr-bearing)											*						*	
Illite						*							*	*				
Halite Potassian																		*

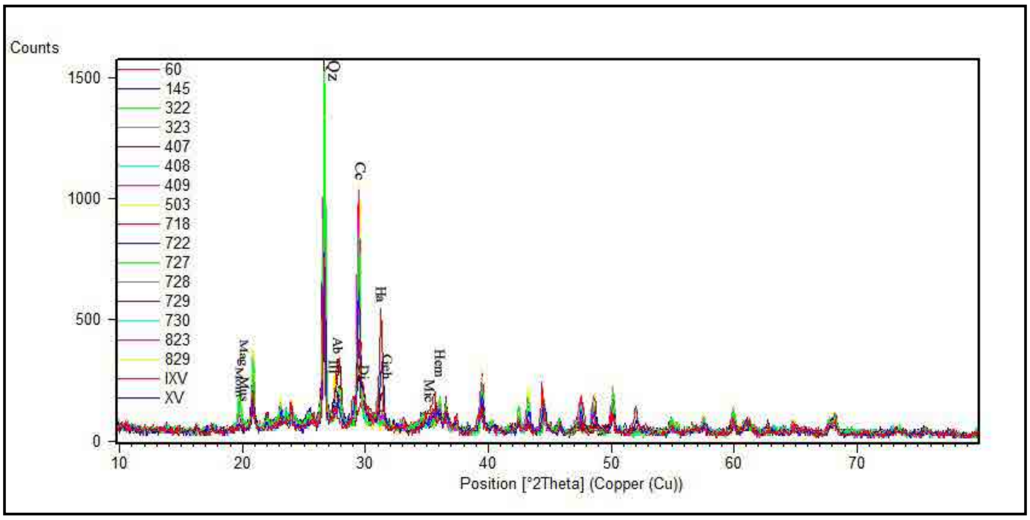


تصویر ۷. نمودار شاخه‌ای و دندوگرام شباهت در سفال‌های محوطهٔ هرمنگان و دسته‌بندی سفال‌ها (نگارندگان، ۱۳۹۶).

Fig. 7. Dendogram and clustering of the investigated potteries based on XRD pattern

به‌دلیل تشکیل کانی‌های درجهٔ حرارت بالا است، به‌طوری که بعد از دمای ۸۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد، کلسیت‌ها به دیوپسیت سیلیکات تبدیل می‌شوند (Riederer, 2004: 149). سفال‌های شمارهٔ ۶۰-۱۴۵ و ۷۳۰ نیز سفال‌های دمابالا بودند پس تشخیص این کانی به‌خاطر دمای بالای پخت این سفال‌هاست و منشأ سنگ‌های دگرگونی ندارد. کانی مگنتیت از اکسیدهای آهن و یک کانی رایج است که بیشتر در سنگ‌های آذرین، دگرگونی بلورین و نوارهای رسوبی وجود دارد. در سرامیک‌های باستانی سنگ معدن‌هایی مثل هماتیت و مگنتید، فراوان هستند (Klein et al., 1977)، اما اصولاً زیر میکروسکپ پلوریزان قابل‌تشخیص نیستند (Riederer, 2004). مگنتیت در ۵ قطعهٔ سفالی از مرحله‌های مختلف شناسایی شد که عمدتاً زیر میکروسکپ سفال‌های داری خاک رس غنی از آهن هستند. علاوه‌بر این، وجود مگنتیت دلیل بر پخت در شرایط اکسیدی است (Nodari et al., 2004). ازلحاظ شیمیایی خاک رس مخصوص سفالگری را می‌توان به سه دستهٔ کائولین، ایلیت و مونت موریلونیت تقسیم کرد. خاک ایلیتی، خاکی سه‌لایه‌ای است و لایهٔ بین آلومینیوم و سیلیسیوم آن‌ها با پتاسیم پر می‌شود. خاک‌هایی که در پیش‌ازتاریخ برای ساخت سفال استفاده می‌شده، عموماً از این نوع خاک‌ها هستند. خاک مونت موریلونیت خاک رس نامرغوبی است که بین لایه‌های آن آب جمع می‌شود، باد می‌کند، ترک می‌خورد و لایه‌های آن از هم فاصله می‌گیرند و برای سفالگری اصلاً مناسب نیست (Rice, 1987: 42). در بین سفال‌های محوطهٔ هرمنگان، این کانی رسی به‌صورت ایلیت‌مونت موریلونیت مشاهده می‌شود که یک کانی غنی از Mg است. وجود این کانی ثابت می‌کند که مواد خام از یک منبع دولمیتی یا غنی از منیزیم-آهک گرفته شده‌اند (Emami, 2012).

نمودار دندوگرام (تصویر ۷) نشان می‌دهد که احتمالاً از سه نقطهٔ متفاوت خاک مناسب را تهیه می‌کردند. این سه نقطهٔ متفاوت به‌معنی سه نوع منشأ متفاوت نیست و احتمالاً سفالگر محوطهٔ هرمنگان هر دفعه به‌صورت آزمون‌وخطا از محلی متفاوت اما در نزدیکی کارگاه تولید، خاک را



تصویر ۸. دیاگرام کانی‌های شناسایی‌شده در سفال‌ها (نگارندگان، ۱۳۹۶).

Fig. 8. Mineralogical phase composition in all potteries

انتخاب می‌کرده‌است (Bishop, 2017)، اما وجود محصول نهایی شبیه به‌هم حاکی از این است که هرچند خاک‌ها مقداری باهم متفاوت باشد برای هر نوع خاک از شیوه‌های متنوعی استفاده می‌کرده‌اند تا محصول نهایی شبیه به‌هم باشد. این عملکرد چه در مرحلهٔ قدیمی‌تر، چه مرحلهٔ جدید و کوره همیشه درحال انجام بوده و تمایز مخصوصی بین سفال‌های مرحلهٔ قدیم و جدید دیده نمی‌شود.

آنالیز XRF

نتایج آنالیز XRF به‌صورت عناصر اصلی با مقیاس درصد و با ترکیب اکسیدی در قالب جدولی ارائه شد (جدول ۲). عناصر شناسایی‌شده شامل: اکسید سدیم (Na2O)، اکسید منیزیوم (MgO)، اکسید آلومینیوم (Al2O3)، اکسید سیلیسیم (SiO2)، اکسید فسفر (P2O5)، گوگرد تیری اکسید (SO3)، یون کلرید (Cl)، اکسید پتاسیم (K2O)، اکسید کلسیم یا همان آهک (CaO)، اکسید تیتانیوم (TiO2)، اکسید منگنز (MnO)، اکسید آهن (Fe2O3) و اکسید استرانسیوم (SrO)، هستند. در بین این سیزده عنصر شناسایی‌شده، کلر، استرانسیوم، گوگرد و منگنز به‌صورت عناصر کمیاب در بین نمونه‌ها موجود بود.

برای تحلیل عناصر سفال‌های این منطقه از روش آماری نول در سیستم Al2O3، SiO2 و MgO+CaO استفاده شد (Noll, 1991). نول از ترکیبات اصلی سفال برای طبقه‌بندی استفاده کرد. از ترکیباتی که همیشه در داخل سفال‌ها مشاهده می‌شود می‌توان به: آهک، کلسیت، دولمیت یا همان کربنات کلسیم دارای منیزیوم، کوارتز یا شن، مواد آلومینی مثل رس و ترکیبات آهن‌دار اشاره کرد. در نمودار نول از SiO2 در رأس نمودار، Al2O3 در سمت چپ و مجموع MgO+CaO در سمت راست نمودار که بیشترین عناصر تشکیل ترکیبات رسی هستند، استفاده شده است. از سنجش آهن در این نمودار خودداری شده‌است، زیرا آهن به‌سادگی اکسید می‌شود، در دما و شرایط پخت

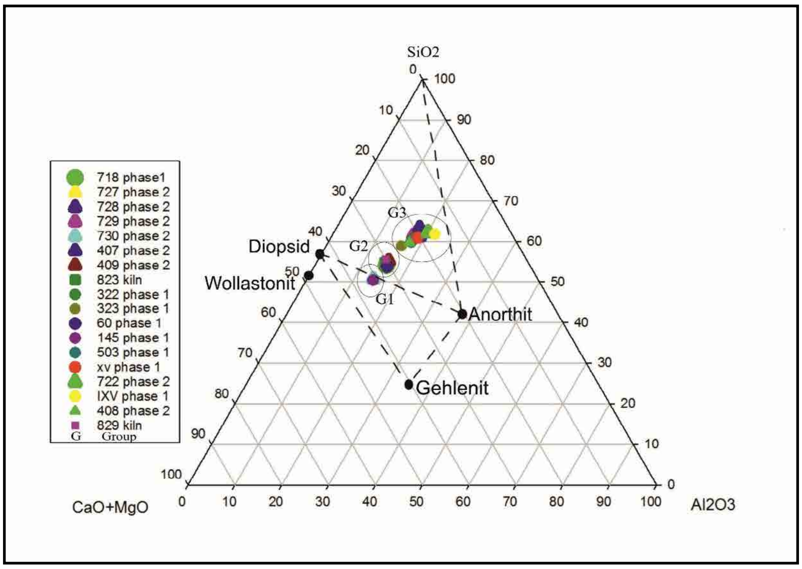
جدول شماره ۳. درصد عناصر مختلف در نمونه‌های آزمایش‌شده
Table 3. Chemical composition of the potteries in w%

Sample	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	SO3	Cl	K2O	CaO	TiO2	MnO	Fe2O3	SrO	LOI
718	0.37	2.9	11.5	40.8	0.22	0.014	0.01	0.37	20.2	0.54	0.02	5.5	0.04	17.28
727	0.36	3.2	13.7	48.6	0.24			0.45	13.6	0.61	0.028	6.2	0.028	12.64
728	0.3	3.7	15.4	50.2	0.34		0.011	0.47	12.7	0.65	0.024	6.8	0.024	9.2
729	0.4	3.5	14	49.7	0.26		0.012	0.45	13.6	0.62	0.025	6.3	0.026	10.93
730	0.33	3.3	11.3	40.5	0.39			0.32	24.7	0.52	0.016	5.5	0.046	13.06
407	0.62	4.3	15.2	54.3	0.42		0.046	0.48	11.9	0.65	0.024	6.8	0.018	5.2
409	0.35	3.7	11.9	43.2	0.3		0.015	0.42	19.4	0.54	0.026	5.9	0.035	14.11
823	0.29	3.9	11.2	42.1	0.42			0.4	19.6	0.5	0.019	5.4	0.047	16.06
322	0.29	3.5	14.2	48.5	0.28		0.012	0.49	13.6	0.6	0.014	6.3	0.02	12.05
323	0.41	3.7	12.9	47.3	0.27		0.012	0.44	16.4	0.57	0.021	6.1	0.021	11.81
60	0.38	3.3	12.7	43.8	0.37		0.015	0.37	21.7	0.55	0.015	6.1	0.032	10.48
145	0.24	2.8	10.9	38.6	0.43	0.068	0.012	0.38	24.2	0.51	0.018	5.4	0.035	16.25
503	0.26	3.1	13.7	46.4	0.28			0.4	14.3	0.62	0.026	6.4	0.025	14.4
XV	0.33	3.6	15	49.3	0.29		0.013	0.47	13	0.63	0.022	6.7	0.021	10.41
722	0.6	4.3	17.8	55.1	0.78		0.098	0.47	11.3	0.7	0.025	8.2	0.026	?
IXV	0.5	4.7	19.4	55.1	0.36		0.029	0.5	9.9	0.69	0.034	8.6	0.016	?
408	0.67	4.6	15.6	53.5	0.67		0.1	0.5	15.9	0.68	0.027	7.5	0.037	?
829	0.45	4.1	13.2	50.8	0.43		0.015	0.42	23.3	0.61	0.024	6.2	0.055	?
clay	0.16	3.9	5.9	28	2	0.03		0.19	27.9	0.34	0.02	3.5	0.06	27.8

متفاوتی پدیدار می‌شود و هم‌چنین در بسیاری موارد به‌عنوان ترکیب اصلی رس‌ها حضور دارد. براساس نمودار نول (تصویر ۹) سفال‌های باستانی به سه نوع غنی از سیلیس (محدوده راست مرز Si-An)، غنی از آهک (محدودهٔ سمت چپ مرز Si-An) و بسیار آهکی (محدودهٔ پایین مرز An-Di) تقسیم‌بندی می‌شوند (Maritan et al., 2006).

با توجه به نتایج نمودار نول، از بین ۱۸ نمونهٔ سفال انتخاب‌شده برای آنالیز XRF سه دسته سفال قابل‌تشخیص بود (تصویر ۹). گروه اول با شماره سفال‌های ۷۳۰ و ۱۴۵ در محدودهٔ مرز مثلث Di, An, Gh، جزو دسته سفال‌های آهک خیلی بالا هستند. نتایج آنالیز مرحلهٔ نشان می‌دهند که این دو نمونه سفال که اولی از مرحلهٔ ۲ و دومی از مرحلهٔ ۱ انتخاب شده، در درجهٔ حرارت بالاتری نسبت به دیگر سفال‌ها پخته‌شده‌اند. گروه دوم شامل سفال‌های ۷۱۸، ۶۰ از مرحلهٔ یک، ۴۰۹ و ۴۰۸ از مرحلهٔ دوم و ۸۲۳ و ۸۲۹ از کوره هستند. این گروه همگی در یک محل جمع شده‌اند و نشان می‌دهند از نظر مقدار عناصر اصلی بسیار شبیه به‌هم هستند؛ هم‌چنین این گروه جزو دستهٔ سفال‌های آهک‌بالا تقسیم‌بندی می‌شوند. گروه سوم نیز در دسته‌بندی سفال‌های آهک‌بالا جای می‌گیرند که شامل سفال‌های: ۳۲۲، XV، IXV، ۳۲۳، ۵۰۳ از مرحلهٔ اول، ۷۲۷، ۷۲۸، ۷۲۹، ۷۲۲، ۴۰۷ از مرحلهٔ دوم هستند و پراکندگی بیشتری نسبت به دو گروه قبلی نشان می‌دهند. پراکندگی سفال‌ها در این گروه نشان از تغییرات مقدار SiO2/Ca+MgO دارد. تغییرات SiO2/Al2O3 در بین محدودهٔ ظاهرشده، دارای محدودهٔ ۵٪ هستند که نشان از ثبات بیشتر آن نسبت به SiO2/CaO+MgO دارد. این مهم چنین به‌نظر می‌رسد که تغییرات ترکیب شیمیایی سفال‌ها وابسته به مواد افزودنی و نوع پخت سفال بوده و مواد خام احتمالاً دارای منشأ یکسان یا ترکیب یکسانی بوده‌اند (Nodari et al., 2004; Amadori et al., 2018).

نتایج نمودار نول نشان می‌دهند که پراکندگی نمونه‌ها متمرکز نبوده و این مشخص‌کنندهٔ تغییرات ترکیب شیمیایی وابسته به محل کشف اولیه و یا تغییرات حرارتی در حین پخت سفال است. نسبت مقدر سیلیس به آلومینیم در بین ۱۵-۲۰٪ آلومینیم تغییرات دارد که کمتر از ۵ واحد وزنی بوده است و نشان از یکسان بودن ترکیب رس دارد (Hein et al., 2004). از آنجایی‌که سفال‌های شبیه به‌هم در یکجا تجمع کردند، احتمال وجود سه نوع روش تولید متفاوت در بافت سفال است که این در مشاهدات میکروسکوپی نیز قابل‌تشخیص بود.



شکل ۹. پراکندگی نمونه‌ها در ترکیب عنصری سفال‌های محوطۀ هرمنگان در سیستم نمودار نول (-Al2O3 CaO+MgO-SiO2)، (نگارندگان، ۱۳۹۶).

Fig. 9. Scattering of chemical composition of the potteries from Hormangan in Noll diagram based on the system Al2O3-CaO+MgO-SiO2.

نتیجه‌گیری

محوطۀ هرمنگان ازلحاظ دارا بودن سازۀ حرارت‌دیده که احتمالاً از نوع کورۀ روباز اولیه است، از اهمیت ویژه‌ای در سازمان تولید سفال برخوردار است. از این‌جهت که سازه‌ای در این ابعاد از هیچ‌کدام از محوطه‌های هم‌زمان به‌دست نیامده است؛ مطالعۀ میکروسکوپی و مایکروسکوپی سفال‌های این محوطه توانست ابعاد روشن‌تری از تولید در دورۀ نوسنگی فارس را در اختیار قرار دهد. در مطالعات پتروگرافی سه گروه سفالی شناسایی شدند. این سه گروه از جهت خاک رس به‌کاررفته باهم متفاوت بودند. مطالعات فازی و عنصری نیز تا حدودی گروه‌های سفالی را از هم متفاوت تشخیص داد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، گروهی از سفال‌ها از فناوری ساخت و پخت بهتری نسبت به دیگر سفال‌ها برخوردار هستند. خاک رس چسبنده و دانه‌ریز این سفال‌ها نشان از انتخاب آگاهانه این نوع خاک توسط سفالگر است. یک نمونۀ سفالی این گروه (شمارۀ ۷۳۰) حتی درجۀ پخت بالاتر از ۸۵۰ درجه را تجربه کرده است. حداکثر دمای مورد حصول، زمان لازم برای رسیدن به آن و مدت‌زمان سوختن در دمای بالا، همگی تابع انواع سوخت مورداستفاده و مقدار آن، کیفیت و وضعیت پخت هستند (Shepard, 1956) که به‌نوعی مهارت سفالگر و حوزۀ پیشرفت فناوری را نشان می‌دهند. در کوره‌های روباز همانند کورۀ هرمنگان امکان کنترل حرارت وجود نداشت و پخت سفال‌ها در محیط اکسیداسیونی انجام می‌گرفت (Sinopoli, 1991). اتمسفر اکسیداسیونی به اتمسفری غنی از اکسیژن با یک جریان هوای مناسب اشاره دارد که در آن، تمامی سوخت بدون تهی شدن از اکسیژن موجود می‌سوزد؛ البته در این کوره‌های روباز که امکان کنترل دما نداشتند بیشتر باعث می‌شد که مغز سفال خاکستری شود، یعنی پخت به مقدار کافی نباشد. محصولات در این اتمسفر، در صورت غنی بودن گِل از آهن به رنگ قرمز درمی‌آید. درنتیجه گونۀ سفالینه قرمز ایجاد می‌شود (Miller, 2017). قطعاتی از سفال‌های این محوطه تشکیل کلسیت

ثانویه را نشان می‌دهند که نشانه‌ای از شرایط اقلیمی سرد و مرطوب محوطه است. ازطرفی قرار گرفتن این محوطه بر سر بادهای دائمی و همیشگی تولید سفال را با مشکلاتی روبه‌رو می‌کرده است. سازۀ حرارت‌دیده و ساختار اطراف آن، برای مثال قسمت‌هایی که برای نگه‌داری خاکستر است یا قسمت‌هایی که رس آماده‌شده برای شکل‌دهی را نگه‌داری می‌کردند، مهارت سفالگران را برای پخت سفال در شرایط سخت آب‌وهوایی نشان می‌دهد.

براساس بررسی عنصری سفال‌های هرمنگان، نمونه‌ها در دسته‌بندی‌های متفاوتی جای‌گرفتند. چنین دسته‌بندی‌هایی حاکی از این است که خاک سفال دارای منشأ یکسان و فناوری بسیار پویا و متغیر بوده است. این دسته‌بندی‌ها مرحلۀ اول و دوم را آن‌گونه که پیش‌بینی‌شده بود از هم جدا نکرده است و در هر سه گروه از هر دو مرحله، سفال‌ها دسته‌بندی‌شده‌اند. فقط دو نمونه سفال ترانشۀ سوم از نظر عناصر اصلی بسیار شبیه به‌هم هستند و در یک گروه جای‌گرفته‌اند. از نمودارهای حاصل از مطالعات فازی و عنصری می‌توان نتیجه گرفت که اگرچه از نظر شیمیایی سفال‌ها با هم متفاوت هستند، اما منجر به ساخت ظروفی مشابه شده‌اند. پس برای هر دسته از سفال‌ها از فناوری‌های متفاوت استفاده شده است و سفالگر با شناخت منابع مختلف موجود در منطقه و با آگاهی، از انواع خاک رس استفاده و در پایان یک محصول نهایی مشابهی تولید کرده‌است (Roux, 2016).

در مطالعۀ اخیری که برروی سفال‌های دورۀ نوسنگی حوضۀ رود کر انجام‌شده، ابعاد جدیدی از تولید سفال را در این منطقه مشخص گردید (Pincé et al., 2019). پژوهشگران این تحقیق بر این عقیده هستند که دمای کوره‌های پخت سفال موشکی به‌خوبی کنترل می‌شده است. مواد پلاستیسیته موجود در خاک سفال‌های موشکی حوضۀ رود کر یا همان خرده‌سنگ‌ها و کوارتزها، فرسایش‌یافته، گرد شده و ریز بودند. هم‌چنین «پینس» و همکارانش عقیده دارند که با توجه به رفتار سفالگران سنتی شهرستان شهرضا (۲۳۰ کیلومتری منطقۀ مورد مطالعه) که به‌علت غنای خاک منطقه از هیچ‌گونه آمیزه‌ای برای پخت سفال‌ها استفاده نمی‌کنند، و هم‌چنین وجود کانی‌ها و خرده‌سنگ‌های گردشده در بافت زمینۀ این سفال‌ها، احتمالاً در دوران باستان نیز تنها آمیزۀ اضافه‌شده به سفال‌ها کاه بوده‌است که همین کاه برای استحکام سفال‌های خشن و بزرگ کاربرد داشته است. استفاده از آمیزۀ کاه به‌نوعی فناوری ابتدایی به‌کاررفته در این سفال‌ها را نشان می‌دهد. از طرفی دیگر، همین مواد پرکنندۀ رس سفال در محوطۀ هرمنگان بیشتر زاویه‌دار و درشت است و در گروه سفال‌های غنی از آهن، مقدار مواد پلاستیسیته بسیار کم است. با توجه به مطالعات زمین‌شناسی اطراف این محوطه، منابع رس غنی همراه با آهک فراوان، به‌صورت فرسایش یافته، در دسترس سفالگران محوطۀ هرمنگان بوده است. به‌علت هم‌زمانی و شباهت سفال‌های موردمطالعه، می‌توان این فرض را مطرح نمود که سفالگران هرمنگان خاک رس مورد نیاز را از مناطق مختلف نزدیک محوطه انتخاب می‌کردند، که بعضی از این خاک‌ها نیاز به خُرد شدن و فرآوری داشته است و به‌تدریج به خاک مناسب موردنظر دست‌یافتند؛ هرچند نمی‌توان تقدم و تأخر استفاده از این خاک‌ها را متوجه شد، اما به‌طور قطع محصول نهایی تولیدشده از انواع خاک شبیه به‌هم هستند.

سپاسگزاری

در ابتدا لازم به ذکر است که این پژوهش بخشی از پایان‌نامۀ کارشناسی‌ارشد «شیما پورمؤمنی» با عنوان «تحلیل سازمان تولید سفال محوطۀ هرمنگان براساس مطالعات آزمایشگاهی» است. در این‌خصوص بر خود واجب می‌دانیم از جناب آقای دکتر مرتضی خانی‌پور که یافته‌های این محوطه را در اختیار نگارندگان قراردادند، کمال قدردانی و تشکر را داشته باشیم. هم‌چنین از جناب

آقـای دکتـر محمدحسـین عزیزی‌خرانقـی از پژوهشـکدۀ باستان‌شناسـی پژوهشـگاه میراث‌فرهنگـی و گردشـگری و آقـای دکتـر معیـن اسـلامی از گـروه باستان‌شناسـی دانشـگاه فرانکفـورت کـه در تحلیـل و تفسـیر داده‌هـا از نظـرات خویـش مـا را بهره‌منـد فرمودنـد، بسـیار سپاسـگزاریم.

پی‌نوشت

1. Basin

کتابنامه

- امین‌امامـی، سـیدمحمد؛ و نوغانـی، سـعید، (۱۳۹۲). «بررسـی رونـد کربناتیزاسـیون مجـدد و شکل‌گیری کلسیت ثانویه در سفال‌های باستانی بـر اساس مطالعات پتروفابریک». مرمت و معماری ایـران، ۳ (۵): ۶۷-۵۵.

- خادمـی، آ.؛ و هاشمی‌نسـب، م.، (۱۳۹۰). بررسـی کانسارسـازی لاتریت‌هـای نیـکل‌دار لبـۀ شـمالی زاگرس شهرسـتان بوانـات. شـیراز: سـازمان زمین‌شناسـی کشـور.

- خانی‌پـور، مرتضـی، (۱۳۹۴). «گـزارش نخسـتین فصـل بررسـی باستان‌شناسـی بخـش مرکـزی مزایجـان شهرسـتان بوانـات». تهـران: مرکـز اسـناد پژوهشـکدۀ باستان‌شناسـی (منتشرنشـده).

- خانی‌پـور، مرتضـی، (۱۳۹۵). «گـزارش توصیفـی اولیـن فصـل کاوش و گمانه‌زنـی به‌منظـور تعییـن عرصـه و پیشـنهاد حریـم محوطۀ هرمنـگان». شیراز: مرکز اسـناد اداره کل میراث‌فرهنگـی و صنایع‌دسـتی و گردشـگری استان فارس (منتشرنشـده).

- خانی‌پـور، مرتضـی؛ و نیکنامـی، کمال‌الدیـن، (۱۳۹۶). «ارزیابـی توالـی فرهنگـی دورۀ نوسـنگی فـارس بـر اسـاس گاه‌نـگاری مطلـق محوطـه هرمنـگان». پژوهـه باستان‌سـنجی، ۳ (۲): ۲۹-۱۵.

- خانی‌پـور، مرتضـی؛ و نیکنامـی، کمال‌الدیـن، (۱۳۹۸). «محوطـه هرمنـگان اسـتقراری از دوره نوسـنگی در حوضـۀ رودخانـه بوانـات». پژوهش‌هـای باستان‌شناسـی ایـران. ۸ (۱۹): ۴۶-۲۷.

- دینی، ق.؛ و عنایتی، م. ح.، (۱۳۹۵). آنالیز کمی پـراش اشعه ایکس بـه روش ریتولد بـا استفاده از نرم‌افزار MAUD. اصفهان: انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه اصفهان.

- شریعتی‌بیدار، م.، (۱۳۷۷). «طرح اکتشافات منطقه‌ای مـواد معدنـی در مناطـق بوانـات، فسـا و نیریـز». فـارس: وزارت معـادن و فلـزات اداره کل اسـتان فـارس، مشـاور مهندسـین مشـاورکان ایـران.

- صدیـق، م.، (۱۳۹۱). «فـرآوری نمونـه کانسـنگ نیـکل ذخایـر لاتریتـی بوانـات اسـتان فـارس». پایان‌نامـه کارشناسی‌ارشـد، دانشـگاه تهـران (منتشرنشـده).

- قربانی، م.، (۱۳۹۶). «زمین‌شناسی اقتصادی ذخایـر معدنـی و طبیعی ایران». تهـران: انتشارات آریـن زمیـن.

- هوشـمندزاده، ع.؛ و سـهیلی، م.؛ (۱۳۶۹). «شـرح نقشـه زمین‌شناسـی چهارگـوش اقلیـد، مقیـاس ۱/۲۵۰۰۰۰». تهـران: سـازمان زمین‌شناسـی کشـور.

- Alden, J. R.; Abdi, K.; Azadi, A.; Biglari, F.; Heydari, S.; Azadi, A. & Alden, B. J. R., (2004). "Kushk-e Hezar: a Mushki/Jari period site in the Kur river basin, Fars, Iran". *IRAN*, 42(1): 25–45.

- Amadori, M. L.; Pallante, P.; Fermo, P.; Emami, M.; Chaverdi, A. A.; Callieri, P. & Matin, E., (2018). "Advances in Achaemenid Brick Manufacturing Technology:

Evidence from the Monumental Gate at Tol-e Ajori (Fars, Iran)". *Applied Clay Science,* 152: 131–142. https://doi.org/10.1016/j.clay.2017.11.004

- Azizi Kharanaghi M. H.; Fazeli Nashli, H. & Nishiaki, Y., (2013). "Tepe Rahmatabad: A prepottery and pottery Neolithic site in Fars Province". *Neolit Iran:* 108.

- Bernbeck, R., (2010). "The Neolithic Pottery". In: R. Bernbeck. S. Pollock & and K. Abdi (Eds.), *The 2003 Excavations at Tol-e Baši, Iran: Social Life in a Neolithic Village* (Archäologi: 65–151). Deutsches Archäologisches Institut.

- Bishop, G., (2017). "Statistical Modeling for Ceramic Analysis". In: A. Hunt (Ed.), *The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis* (58–72). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199681532.001.0001

- Egami, N. & Sono, T., (1967). "Excavations at Two Prehistoric Sites Tepe Djari A and B in the Marv-Dasht Basin". In: *Survey of Persian Art,* Shiraz: Asia Institute of Pahlavi University.

- Egami, N.; Masuda, S. I. & Gotoh, T., (1977). "Tal-I Jarri a: a Preliminary Report of the Excavations in Marv Dasht, 1961 and 1971". *Orient,* 13(3): 1-7_8. https://doi.org/10.5356/orient1960.13.1.

- Emami, M. & Noghani, S., (2013). "An Investigation of re-Carbonation Process and Formation of Secondary Calcite in the Texture of Ancient Potteries by Petrographical Method". *Scientific Journal of Maremat & Me'mari-e Iran*, 3(5): 55-68.

- Emami, M., (2012). "QXRD, XRF and Optical Microscopy Applied to Characterization and Provenance of Ancient Ceramics from Haft Teppeh (1500–1150 BC), Southwest Iran". *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 37(1): 1–8. https://doi.org/10.1088/1757-899X/37/1/012012.

- Emami, M. & Yaghmai, B., (2008). "Remote Sensing Methods for Investigation and Recognition of the Ancient Mining Activities (Case Study on Cu-Fe-Mn Mineralization in Western Part of Central Iranian Zone)". *Metalla(Bocgum),* 15(1): 3–20.

- Emami, M.; Kowald, T. & Trettin, R., (2009). "Mineralogical and Chemical Investigation on the Recrystallization Process During Sintering in Phase-Interface Areas in Ancient Ceramic Matrices". *Materials and Manufacturing Processes,* 24(9): 934–941. https://doi.org/10.1080/10426910902979934.

- Emami, M. & Trettin, R., (2010). "Phase Generating Processes in Ancient Ceramic Matrices Through Microstructure Investigation with High Resolution Microscopy Methods". *Journal of Advanced Microscopy Research,* 5(3): 181–189.

- Emami, M.; Volkmar, J. & Trettin, R., (2011). "Characterization of Ancient Ceramic Matrices with High Resolution Microscopy Methods". In: *Laser Scanning, Theory and Applications* (291–304). https://doi.org/10.5772/16196.

- Emami, M.; Azizi Kharanaghi, M. H. & Jalali, Y., (2022). "Pottery Making Technologhy from Neolithic to Chalcolithic (middle Bakun) period in Tappeh Rahmatabad based on Ceramographic and Chemical Analysis, 8 (1): 21-44.

- Fukai, S.; Horiuchi, K. & Matsutani, T., (1973). *The Excavations at Tall-I Mushki,* *1965, MarvDasht III.* In Tokyo: The Institute of Oriental Culture, University of Tokyo. University of Tokyo, Institute of Oriental Culture.

- Hein, A.; Day, P. M.; Quinn, P. S. & Kilikoglou, V., (2004). "The Geochemical Diversity of Neogene Clay Deposits in Crete and its Implications for Provenance Studies of Minoan pottery". *Archaeometry,* 46(3): 357–384.

- Helwing, B., (2007). *Wisit to the Marvast Dam Area*. Unpublished.

- Huff, W. D.; Moore, D. M. & Reynolds Jr, R. C., (1989). "X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals". In G. Jozani (Trans.), *Clays and Clay Minerals* (Vol. 38, Issue 4). Oxford University Press (OUP). https://doi.org/10.1346/CCMN.1990.0380416.

- Klein, C.; Dana, J. D.; Hurlbut, C. S. & Klein, C., (1977). *Manual of Mineralogy.* (after James D. Dana) (S. Modabery & F. Mar (trans); 21st, illust ed). Wiley, 1999.

- Khanipour, M. & Niknami K. A., (2017). Sequence Chronology Evaluation of the Neolithic Period at Fars on the Basis of Hormangan Site, 3 (2): 15-29 (In Persian).

- Khanipour, M. & Niknami, K., (2019). "Hormangan Site; A Neolithic Site in Bananat River Basin, Fars". *Research in Iranian Archaeology,* 8(19): 27-46. (In Persian).

- Maritan, L.; Nodari, L.; Mazzoli, C.; Milano, A. & Russo, U., (2006). "Influence of Firing Conditions on Ceramic Products: Experimental Study on Clay Rich in Organic Matter". *Applied Clay Science,* 31(1–2): 1–15.

- Miller, H. M.-L., (2017). *Archaeological Approaches to Technology.* (V. Askarpour (trans.)). EmRoutledge; 1 edition (September 15, 2009).

- Miroschedji, D. & Pierre, R., (1972). *Prospections Archéologiques Dans Les Vallées de Fasa et de Darab.* Ministry of Culture and Arts, National Research Centre for History of Art.

- Nodari, L. Maritan, L. Mazzoli, C. & Russo, U., (2004). "Sandwich Structures in the Etruscan-Padan Type Pottery". *Applied Clay Science,* 27(1): 119–128. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clay.2004.03.003.

- Noghani, S. & Emami M., (2017). "Quantitative investigation on firing products in oxidation atmosphere according to XRD analysis data in clay – base ceramics, 25 (3): 595-608 (In Persian).

- Noll, W., (1991). *Alte Keramiken und ihre Pigmente*.

- Pincé, P.; Braekmans, D.; Abdali, N.; De Pauw, E.; Amelirad, S.; Vandenabeele, P.; Pauw, E.; Amelirad, S. & Vandenabeele, P., (2019). "Development of Ceramic Production in the Kur River Basin (Fars, Iran) During the Neolithic. A Compositional and Technological Approach Using X-ray Fluorescence Spectroscopy and Thin Section Petrography". *Archaeological and Anthropological Sciences,* 11(4): 1241–1258.

- Pollard, A. M.; Batt, C. M. Stern, B. & Young, S. M. M., (2007). *Analytical Chemistry in Archaeology.* (M. Bagherzade (trans.)). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511607431.

- Pollock, S.; Bernbeck, R. & Abdi, K., (2010). *The 2003 Excavations at Tol-e Bashi,* *Iran. Social Life in a Neolithic Vilage Archaologie in Iran und Turan.* Mainz: Philipp von Zabern.

- Rice, P. M., (2015). *Pottery Analysis: a Sourcebook.* University of Chicago Press.

- Riederer, J., (2004). “Thin Section Microscopy Applied to the Study of Archaeological Ceramics”. *Hyperfine Interactions,* 154(1–4): 143–158.

- Rigot, J.-B.; Gondet, S.; Chambrade, M.-L.; Djamali, M.; Mohammadkhani, K. & Thamó-Bozsó, E., (2022). “Pulvar River changes in the Pasargadae plain (Fars, Iran) during the Holocene and the consequences for water management in the first millennium BCE”. *Quaternary International,* 635: 83-104.

- Roux, V., (2016). “Ceramic Manufacture: the Chaîne Opératoire Approach”. *The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis,* 1(January): 101–113. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199681532.013.8

- Shepard, A. O., (1956). “Ceramics for the Archaeologist. In The South African Archaeological Bulletin”. (Vol. 13, Issue 52). Carnegie Institution of Washington. https://doi.org/10.2307/3887225.

- Shortland, A. J. & Degryse, P., (2020). “Ceramics”. In: K. Britton & M. P. Richards (Eds.), *Archaeological Science: An Introduction* (335–346). Cambridge University Press. https://doi.org/DOI: 10.1017/9781139013826.014.

- Sinopoli, C. M., (1991). “Defining Ceramics”. *Approaches to Archaeological Ceramic:* 9–42. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-9274-4-2.

- Speakman, R. J.; Little, N. C.; Creel, D.; Miller, M. R. & Iñañez, J. G., (2011). “Sourcing Ceramics with Portable XRF Spectrometers: A Comparison with INAA Using Mimbres Pottery from the American Southwest”. *Journal of Archaeological Science,* 38(12): 3483–3496.

- Stein, A., (1936). “An Archaeological Tour in the Ancient Persis”. *Iraq,* 3(2): 111–225.

- Stoltman, J. B.; Burton, J. H. & Haas, J., (1992). “Chemical and Petrographic Characterizations of Ceramic Pastes: Two Perspectives on a Single Data Set”. In: H. Neff (Ed.), *Chemical Characterization of Ceramic Pastes in Archaeology*, 7: 85–92. Monographs in World Archaeology.

- Sumner, William. M., (1973). “Cultural Development in the Kur River Basin, Iran. an Archaeological Analysis of Settlement Patterns”. Ph.D. Dissertation in Anthropologhy, University of Michigan, Ann Arbour.

- Sumner, W. M., (1977). “Early Settlements in Fars Province, Iran”. *Mountains and Lowlands: Essays in the Archaeology of Greater Mesopotamia.* Undena Publication, Malibu: 291–305.

- Vanden Berghe, L., (1952). “Archaeologische Opzoekingen in de Marv Dasht Vlakte (Iran)". Jaarbericht van Het Vooraziatisch-Egyptisch Genootschap”. *Ex Oriente Lux*, 12: 211–220.

- Vanden Berghe, L., (1954). “Archaeologische Navorsingen in de Omstreken van

Persepolis". In: *Jaarbericht van het Vooraziatisch-Egyptisch Genootschap,* "Ex Oriente Lux" (Vol. 13).

- Vandiver, P., (1987). "Sequential Slab Construction; a Conservative Southwest Asiatic Ceramic Tradition, ca. 7000-3000 BC". *Paléorient*, 13(2): 9–35. https://doi.org/10.3406/paleo.1987.4426.

- Whitbread, I. K., (1989). "A proposal for the Systematic Description of Thin Sections Towards the Study of Ancient Ceramic Technology". In: I. S. on A. Maniatis, Y. (Ed.), *Proceedings of the 25th Iinternational Symposium*: 127–138, Elsevier.