



پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران

Archaeological Research of Iran

P. ISSN: 2345-5225 & E. ISSN: 2345-5500

Homepage: <https://nbsh.basu.ac.ir/>

Vol. 15, No. 46, 2025



The Mineralogical Study of the Sialk III Ceramics in the Zayanderud Watershed

Zahra Shahbazi Tabar¹, Mahmood Heydarian² ,
Majid Sarikhani³ 

 <https://doi.org/10.22084/nb.2025.27480.2562>

Received: 2023/02/10; Revised: 2023/06/15; Accepted: 2023/06/27

Type of Article: **Research**

Pp: 35-68

Abstract

Petrographic analysis involves the identification of rocks and minerals within the clay and the examination of their relationship to geological resources compatible with archaeological evidence. This method is one of the approaches used to study ceramic materials to identify their components, recognize similarities and differences in composition, determine the proportion of each component, estimate the firing temperature of the pottery, and ultimately investigate the provenance of the raw materials used in pottery production. Given the importance of this method in archaeology and the strong similarity between pottery samples from the Zayanderud watershed and those of the Sialk III tradition at Tepe Sialk, the present research aims to investigate and analyze their characteristics. The main objectives of this study are to examine the composition and proportion of elements within the ceramic fabric, identify firing techniques and temperatures, determine similarities and differences among the samples, and explore their relationship with pottery production at Sialk. The ceramic materials examined in this study date between 4300 and 3100 BC. In total, 43 sherds were analyzed, including 36 samples from the sites of Gorgai, Ashna, Jamalo, Gavyaran, Maidanak 1, and Badarkhani, and 7 samples from Tepe Sialk. The samples were first examined based on macroscopic features, style, and surface characteristics. Petrographic analysis was then carried out using polarized light microscopy under plane-polarized light (PPL) and cross-polarized light (XPL). The results indicate that, despite minor differences in some samples, the pottery assemblages are highly similar not only in appearance and decorative motifs but also in technical characteristics such as voids, fabric structure, mineralogy, binding material, and firing temperature. Differences in the firing conditions of some Sialk samples, as well as the presence of igneous rock fragments or chert in certain cases, suggest a different origin for the production of some vessels. Nevertheless, the pottery from the Zayanderud watershed is generally influenced by Sialk III-type pottery from Tepe Sialk.

Keywords: Mineralogy, Ceramic, Chalcolithic, Sialk III, Zayanderud.

1. M.A. in Archaeology, Department of Archaeology, Faculty of Literature and Humanities, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
2. Associate Professor, Department of Archaeology, Faculty of Literature and Humanities, Shahrekord University, Shahrekord, Iran (Corresponding Author).
Email: heydarianm@sku.ac.ir
3. Associate Professor, Department of Archaeology, Faculty of Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism, University of Mazandaran, Babolsar, Iran.

Citations: Shahbaz Tabar, Z., Heydarian, M. & Sarikhani, M., (2025). "The Mineralogical Study of the Sialk III Ceramics in the Zayanderud Watershed". *Archaeological Research of Iran*, 15(46): 35-68. <https://doi.org/10.22084/nb.2025.27480.2562>

Journal of Department of Archaeology, Faculty of Art and Architecture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran.

© Copyright © 2025 The Authors. Published by Bu-Ali Sina University.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

© The Author(s)



Introduction

The Zayandehrud River originates from the northeastern side of the Bakhtiari mountains, specifically at the foot of the Karkonan Mountain in Chelgerd. Along its 360 km course to its mouth, numerous small and large tributaries flow into the river. The Zayandehrud Dam has a catchment area of approximately 4,262 square kilometers, situated within geographical coordinates of 54°49' to 50°45' East longitude and 32° 18' to 33° 12' North latitude. This basin, located in the Zagros highlands, features a variety of elevations and lowlands. The highest point in the basin is Karpoosh Mountain, situated in the southwest, which rises to an elevation of 3,974 meters. In contrast, the lowest point is the riverbed at the Zayandehrud Dam, at an elevation of 1,976 meters above sea level. The average elevation of the basin is 2,492 meters, and over 50% of its surface area lies at altitudes exceeding 2,400 meters. This basin is among the highest in the country, with substantial snowfall and rainfall constituting its main climatic characteristics. The earliest evidence of human occupation along the river has been identified in Qaleh Bozi Cave, located southwest of Isfahan near Dizicheh. The ancient sites within the studied basin reveal the settlement of many populations that closely followed the Sialk tradition. One of the most important environmental aspects in these areas is their nearness to the Zayandehrud River, suggesting a significant reliance on agriculture by the residents. Most of the identified locations within this basin have been cataloged through surface surveys and are attributed to the Chalcolithic period; these encompass Tepe Jamalo, Ashna, East Kalbali, West Kalbali (Jahangir Khan), Khersank 1, Gorgai Tepe, Dolatabad, Maidandak 1, Tepe Gavyaran, Tepe Nanadegan, and Badrkhani. This study examines 36 pottery sherds from the Sialk III period collected from six sites located in the Chaharmahal and Bakhtiari and Isfahan provinces. In addition, seven Sialk III-period pottery sherds from Tepe Sialk in Kashan were selected for petrographic analysis. The primary aim of these analyses is to identify the constituent materials of the ceramics and to assess similarities and differences in their composition. Specifically, the study seeks to determine the proportion of each component, estimate firing temperatures based on mineralogical evidence, and investigate the provenance of the raw materials used in pottery production. Petrographic analysis focuses on identifying the rocks and minerals within the clay matrix and evaluating their relationship to available geological resources in accordance with archaeological evidence.

Discussion

In this section, we analyze the questions, evaluate the research hypotheses, and draw conclusions based on the results of the experiments conducted on the data. This approach offers a different perspective on the presented content. The pottery of the Sialk III period is markedly more refined and carefully manufactured than that of the preceding Sialk II phase, which

is associated with the Cheshmeh Ali culture. It can be divided into two main categories: coarse and fine wares. Coarse pottery is characterized by a paste rich in calcite and iron compounds, producing a heterogeneous, silty texture. In contrast, fine wares, which make up the majority of the assemblage, exhibit a cleaner paste with minimal impurities. Fine pottery is primarily composed of quartz minerals and iron compounds, with only minor amounts of calcite, resulting in a uniform clay-carbonate fabric. Petrographic analysis shows that the pottery from Gorgai Tepe, together with samples from Ashna, Gavyaran, and all specimens from Maidanak 1, display a fine-grained or homogeneous silty texture. In contrast, the samples from Gorgai Tepe (15), Ashna (5), Gavyaran (1 and 6), Badrkhani (2, 3, and 5), Jamalo (3, 4, and 9), and Sialk (2) showcase a fine-grained or heterogeneous silty texture, characterized by large pieces of calcite and quartz as fillers. In addition to the clay paste, inclusions such as quartz, calcite, iron oxides, and, in some cases, chert and siltstone are present as tempering materials in the pottery. Quartz is consistently the dominant component in all samples and appears to function as the principal binding material. According to reports from Sialk, the most common ceramic forms of the third period include bowls, jars, flat-based cups with vertical walls, wide-mouthed cups and bowls with bases, tubular vessels, and zoomorphic containers. Nevertheless, given the limited number of sherds examined—most of which derive from vessel bodies and include only a small proportion of Sialk-type pottery—it is not methodologically sound to reconstruct vessel forms on this basis. All samples contain quartz minerals, iron compounds, and calcite, although the relative proportions of these constituents vary within the clay matrix. Such variation is expected in light of the close geographic proximity of the sites and their broadly similar geological settings. A notable exception, however, is observed in the Gorgai samples, which contain chert inclusions, suggesting a different raw material source. Furthermore, the presence of igneous rock fragments within the clay paste from Sialk Hill indicates that this sample was derived from sediments of igneous origin. The occurrence of igneous formations in the region and the associated sedimentary deposits further support the interpretation that this clay type is of local, indigenous origin.

Conclusion

This research focuses on examining the composition and relative proportions of elements within the ceramic fabrics dated to 4300–3100 B.C. A total of 43 sherds were analysed, including 36 samples from the sites of Gorgai, Ashna, Jamalo, Gavyaran, Maidanak 1, and Badarkhani, as well as 7 samples from Tepe Sialk. The main objectives of the study are to investigate production techniques, firing methods, and the level of heat required during manufacture, to identify similarities and differences among the samples, and to clarify their relationship with ceramic production at Sialk. The study addresses the following question: what are the technical and morphological

characteristics of Sialk III pottery from the Zayandehrud basin? This includes an analysis of the elemental composition and its proportions within the ceramic matrix, the firing techniques employed, and the temperatures reached in the kiln during the production process. In addition, the research aims to identify the principal similarities and differences between Sialk III pottery from the Zayandehrud basin and comparable examples from the Sialk site itself. Comparative microscopic analysis of Sialk III pottery from the basin indicates a high degree of similarity with samples from Tepe Sialk in terms of surface appearance and decorative patterns. Moreover, the technical characteristics of the ceramics, including fabric composition and firing conditions, are largely consistent between the two assemblages. Despite minor variations observed among certain samples, characteristics such as voids, internal structure, mineralogical composition, binding materials, and firing temperatures display a high degree of consistency. The kneading techniques and overall paste quality are likewise comparable across the assemblage. Although individual examples show slight differences, the majority share a broadly similar fabric and structural composition. The principal constituents of the pottery are quartz, calcite, and iron oxides, with quartz functioning as the dominant binding material. Furthermore, in most samples—excluding those from Tepe Sialk—the firing temperature appears to have been below or close to 800 °C. The differences observed in the firing conditions of the Sialk samples, along with the presence of igneous rock fragments or chert inclusions in some cases, suggest a distinct provenance or production context. Nevertheless, from a technical perspective, the pottery from the Zayandehrud watershed exhibits strong similarities to Sialk III ceramics. Based on these results and the overall consistency among the samples, the selection of additional specimens for further analytical testing would be beneficial in clarifying the origin of their manufacture. Such samples may be chosen either for their close structural resemblance to ceramics from other sites or for their distinctive compositional and technological characteristics.

Acknowledgments

The authors wish to thank the journal's reviewers for their insightful comments that enhanced the article.

Author Contribution

Zahra Shahbaz Tabar and Mahmood Heydarian were responsible for developing methods, software, writing, and drafting. All authors have read and approved the final version of the manuscript.

Conflict of Interest

The authors have no competing interests to declare that are relevant to the content of this article. The results/data/figures in this manuscript have not been published elsewhere, nor are they under consideration (from our Contributing Authors) by another publisher.



بررسی کانی نگاری سفالینه‌های سیلک III در حوضه آبخیز زاینده‌رود

زهرا شهبازی تبار^۱، محمود حیدریان^{II} ID، مجید ساریخانی^{III} ID

شناسه دیجیتال (DOI): <https://doi.org/10.22084/nb.2025.27480.2562>
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۱، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۲۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۷
نوع مقاله: پژوهشی
صص: ۶۸-۳۵

چکیده

تجزیه و تحلیل پتروگرافی شامل شناسایی سنگ‌ها و مواد معدنی در داخل خاک رس و ارتباط آن‌ها با منابع زمین‌شناسی سازگار با شواهد و مدارک باستان‌شناسی است. این روش یکی از راه‌های مطالعه قطعات سفالی به منظور شناسایی اجزا سازنده آن‌ها، شناخت تفاوت و شباهت موجود در ترکیب و اجزا سازنده آن‌ها، تعیین درصد هر یک از اجزا، تعیین درجه حرارت پخت سفال‌ها با توجه به کانی‌های موجود و در نهایت بررسی منشأ مواد اولیه تشکیل دهنده سفال است. پژوهش پیش‌رو قصد دارد تا با توجه به اهمیت این روش در باستان‌شناسی و شباهت زیاد نمونه‌های سفالی یافت شده در حوضه آبریز زاینده‌رود با فرهنگ سفال سیلک III تپه سیلک، به بررسی و مطالعه ویژگی‌های آن‌ها بپردازد. چگونگی ویژگی‌های سفال سیلک III حوضه رودخانه زاینده‌رود از نظر فنی و ظاهری (ترکیب و درصد عناصر موجود در بافت، نحوه و تکنیک پخت و میزان حرارت مورد نیاز کوره در فرآیند تولید آن‌ها) و عمده شباهت‌ها و تفاوت‌های سفال سیلک III حوضه رودخانه زاینده‌رود با نمونه‌های مشابه خود در محوطه سیلک از اهداف و پرسش‌های اصلی این پژوهش بودند. تلفیقی از روش‌های کتابخانه‌ای، میدانی و آزمایشگاهی به کار گرفته شد. بعد از تهیه مقطع نازک از سفال‌ها با بزرگ‌نمایی ۴X، تمام قطعات با میکروسکوپ دو چشمی پلاریزان مدل James Swift و براساس سه جزء اساسی ماتریکس (خمیره)، انکلوژیون و حفره‌ها (فضاهای خالی) مورد بررسی قرار گرفتند. ۳۶ قطعه سفال دارای ویژگی‌های فرهنگ سیلک III، برگرفته از تپه‌های گورگای، جمالو، آشنا، گویاران، میدانک ۱ و بدرخانی در حوضه رودخانه زاینده‌رود و ۷ قطعه از تپه سیلک به طور تصادفی انتخاب و آزمایش شدند. نتایج نشان می‌دهد که این سفال‌ها با وجود تفاوت جزئی در چند نمونه، نه تنها از لحاظ شکل ظاهری و نقوش شباهت زیادی دارند، بلکه از نظر ویژگی‌های فنی، یعنی فضاهای خالی، ساختار، کانی‌شناسی، ماده چسباننده و هم‌چنین دمای پخت نیز بسیار به هم شباهت دارند. اختلاف در پخت نمونه‌های سیلک با نمونه‌های سایر محوطه‌ها و وجود برخی از عناصر سنگ‌های آذرین یا سنگ چرت از مواردی است که نشان از منشأ متفاوت در ساخت تعدادی از سفال‌هاست، وگرنه سفال منطقه آبخیز زاینده‌رود از هر نظر و به لحاظ تکنیکی با سفال نوع سیلک III تپه سیلک در یک گروه قرار دارد.

کلیدواژگان: کانی نگاری، سفال، مس و سنگ، سیلک III، زاینده‌رود.

I. کارشناسی ارشد باستان‌شناسی، گروه باستان‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

II. دانشیار گروه باستان‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران (نویسنده مسئول).

Email: heydariannm@sku.ac.ir

III. دانشیار گروه باستان‌شناسی، دانشکده میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران.

ارجاع به مقاله: شهبازی تبار، زهرا؛ حیدریان، محمود؛ و ساریخانی، مجید، (۱۴۰۴). «بررسی کانی نگاری سفالینه‌های سیلک III در حوضه آبخیز زاینده‌رود». پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، ۱۵ (۴۶): ۳۵-۶۸. <https://doi.org/10.22084/nb.2025.27480.2562>

فصلنامه علمی گروه باستان‌شناسی دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

© حق انتشار این مستند، متعلق به نویسنده (گان) آن است. © ۱۴۰۴ ناشر این مقاله، دانشگاه بوعلی سینا است. این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و بارعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

© The Author(s)



مقدمه

برخلاف دوره نوسنگی که هم‌چنان انسان به‌طور کامل به فن سفالگری دست نیافته بود و تعداد نمونه‌های سفالی به‌دست‌آمده آن قدر زیاد و منسجم نیست که بتوان سیمای شفاف‌ی از افق‌های سفالی مناطق مختلف ایران ترسیم کرد، در دوره مس‌وسنگ و هم‌زمان با پیشرفت‌های بشر در زمینه‌های مختلف، فنون سفالگری هم رشد قابل‌ملاحظه‌ای داشت؛ هم‌چنین میزان استفاده انسان از این ظروف افزایش چشم‌گیری یافت. ساخت سفال‌های باکیفیت و ایجاد نقوش متنوع روی ظروف در این دوره، در مناطق مختلف رواج پیدا کرد؛ به‌ویژه در مناطقی مانند: خوزستان، فارس و مرکز فلات ایران که از مناطق فرهنگی مهم ایران در پیش‌اتاریخ محسوب می‌شوند. در بررسی‌های مختلف اخیر چهارمحال و بختیاری سفال‌هایی به‌دست‌آمده که نشان از ارتباط فرهنگی این منطقه با مناطق هم‌جوار است. یکی از این سفال‌ها، سفالی شاخص در چهارمحال و بختیاری و به‌ویژه حوضه زاینده‌رود است که در افق‌های سفالی شمال مرکزی ایران به سیلک III است. این فرهنگ سفالی از نظر ویژگی به افق سفالی فلات میانه (ملک‌شهمیرزادی، ۱۳۸۲) نیز معروف است و از آنجاکه در توالی و تسلسل لایه‌نگاری تپه سیلک کاشان به خوبی معرفی شده است، به -افق سفالی سیلک III- هم معروف است (طلایی، ۱۳۹۰: ۱۸۶). از ویژگی‌های بارز این فرهنگ سفالی می‌توان به طیف رنگی نخودی و غلبه ظروف ظریف نسبت به ظروف متوسط و خشن اشاره کرد. در روند تولید اکثر سفال‌های این افق از ماده چسباننده مواد معدنی (ماسه) استفاده شده است؛ درعین حال از ماده چسباننده ترکیبی (مواد معدنی و گیاهی) و در برخی سفال‌ها، ماده چسباننده هم استفاده شده است. این سفال‌ها از پخت کافی برخوردار هستند و عموماً سفال‌های به‌دست‌آمده در لایه‌نگاری‌ها و کاوش‌های باستان‌شناسی چرخ‌ساز می‌باشند (همان: ۱۸۸). برای تزئین این سفال‌ها به‌ترتیب فراوانی از نقوش هندسی (خطوط افقی، عمودی، مورب، نقوش لوزی، بیضی، دایره، شطرنجی، جناغی، زیگزاگی و دواپر متحدالمركز)، حیوانی (گوزن، گاو، بزکوهی، پرنده، قورباغه، مار، پلنگ، عقرب و سوسک)، گیاهی و ترکیبی از آن‌ها استفاده شده است (طلایی و علی‌یاری، ۱۳۸۵: ۱۳۹۰). سفال‌های افق سیلک III از چند محوطه که عمدتاً دارای لایه‌نگاری منسجم هستند، شناسایی شده است که می‌توان به محوطه‌هایی چون تپه سیلک در کاشان، قبرستان در دشت قزوین و تپه حصار در دامغان اشاره کرد. خرسانک ۱ و ۲، جمالو، آشنا، گاویاران، قلعه شاهرخ، میدانک ۱ و ۲، بدرخانی، طراز، ننادگان ۲ و... از محوطه‌های حوضه زاینده‌رود در مرکز فلات ایران هستند که در سطح آن‌ها هم این نوع سفال کشف شده است (صالحی‌کاخکی، ۱۳۸۶: یوسفیان، ۱۳۹۶: شهبازی‌تبار، ۱۴۰۱). با توجه به شباهت زیاد فرهنگ سفال سیلک III با سفال یافت شده در حوضه آبخیز زاینده‌رود، پژوهش پیش‌رو قصد دارد تا به بررسی و مطالعه ویژگی‌های سفالی محوطه‌های مذکور براساس بررسی‌های انجام‌شده و مطالعه کانی‌نگاری از طریق پتروگرافی بپردازد. درواقع، با مطالعه ترکیب و درصد عناصر موجود در بافت این سفال‌ها، نحوه و تکنیک پخت و میزان حرارت موردنیاز

کوره در فرآیند تولید آن‌ها می‌توان به تفاوت‌ها و تشابهات موجود در آن‌ها پی برد و بدین ترتیب ارتباط و یا عدم ارتباط آن‌ها با سفال ساخته شده در سیلک را شناخت. بررسی و شناخت خاک و تکنیک مورد استفاده در ساخت سفال سیلک III هر دو منطقه، تعیین فن‌آوری ساخت و کیفیت پخت سفال منطقه در دوره سیلک III و مقایسه با نتایج مشابه از سیلک و تعیین وارداتی یا بومی بودن آن‌ها در حوضه زاینده‌رود از جمله اهداف این پژوهش هستند.

پرسش پژوهش: پرسش اصلی پژوهش عبارتند از: سفال سیلک III حوضه رودخانه زاینده‌رود از نظر فنی و ظاهری دارای چه ویژگی‌هایی است؟ و عمده شباهت‌ها و تفاوت‌های سیلک III حوضه رودخانه زاینده‌رود با نمونه‌های مشابه خود در محوطه سیلک در چیست؟

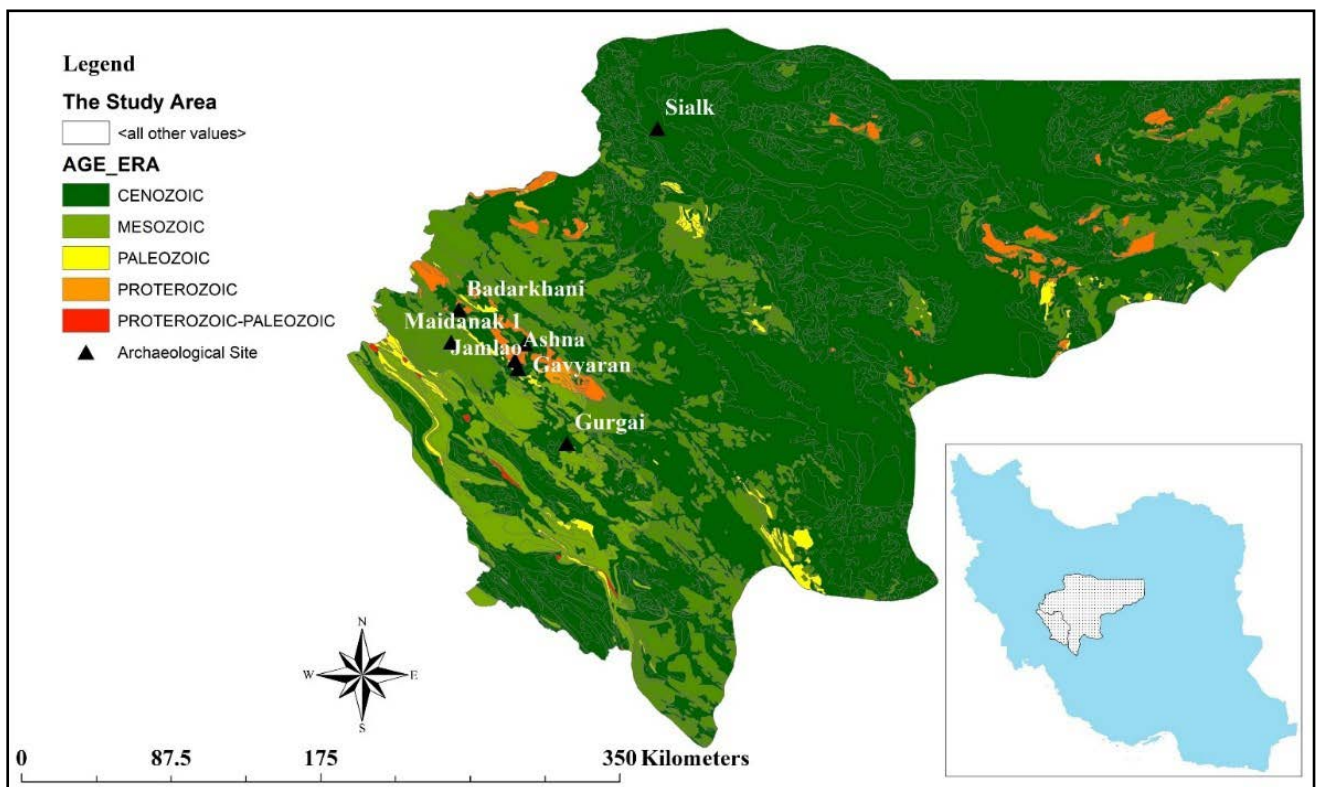
روش پژوهش: به‌طور کلی این پژوهش تلفیقی از رویکردهای کتابخانه‌ای، میدانی و آزمایشگاهی است. در این پژوهش ابتدا با روش مطالعات کتابخانه‌ای مفاهیم مربوط به پژوهش جمع‌آوری شد؛ در بخش دوم با بررسی‌های میدانی، جامعه آماری پژوهش گردآوری شد که به صورت جمع‌آوری سفال از سطح محوطه‌های منطقه مورد مطالعه انجام شد؛ انتخاب نمونه‌ها به صورت تصادفی بود. با توجه به این‌که نمونه‌ها از سطح جمع‌آوری شده و در لایه به دست نیامده بودند، در انتخاب آن‌ها، نمونه‌هایی برداشت شدند که به خوبی و به صورت مقایسه‌ی نسبی مشخصات سفال سیلک را نشان دهند. در نهایت با تهیه مقطع نازک و انجام پتروگرافی نمونه‌ها، تحلیل نتایج انجام گرفت. بعد از بررسی منطقه، مطالعه پتروگرافی بر روی ۴۳ قطعه سفال دارای ویژگی‌های فرهنگ سیلک III، برگرفته از تپه‌های گورگای، جمالو، آشنا، گاویاران، میدانک ۱ و بدرخانی در حوضه رودخانه زاینده‌رود و تپه سیلک انجام شد (شکل‌های ۱ و ۲). پتروگرافی با مقاطع نازک می‌تواند عملکردهای متعددی را در مطالعات اشیای فرهنگی داشته باشد. از پتروگرافی با مقاطع نازک برای شناسایی و مشخص کردن مواد آلی و منبع مخصوص مواد، استفاده می‌شود. باستان‌شناسان از پتروگرافی با مقاطع نازک برای توصیف کردن و طبقه‌بندی کردن سنگ‌ها، خاک‌ها و شن استفاده می‌کنند. اهداف چنین تحقیقاتی در مطالعه اشیای فرهنگی شامل شناسایی کردن اشیای صحیح، گروه‌بندی اشیای مشابه، مقایسه کردن گروه‌ها بر اساس مواد نسبت به گروه‌های هنری، تاریخی، شناسایی کردن منشأ ژئولوژیکی سفال و یا اجزای آن‌ها و مطالعه کردن تکنولوژی ساخت است. پتروگرافی یکی از روش‌های مشترک در زمین‌شناسی و باستان‌شناسی است که برای مطالعه سنگ‌ها یا سفال‌ها از آن استفاده می‌شود. در انجام پتروگرافی، از سفال‌ها مقطع نازک تهیه شد. به این صورت که برای تهیه مقطع نازک ابتدا تکه‌ای از نمونه به ضخامت استاندارد ۱ تا ۳ میلی‌متر به وسیله اره الماسی برش داده شد و سپس با استفاده از کربوران‌دوم ساییده در اندازه ۱۰۰ میکرون (یک هزارم میلی‌متر)، یک طرف نمونه ساییده شده تا کاملاً صاف و به یک اسلاید شیشه‌ای با اپوکسی یا چسب سنگ متصل شد. پس از خشک شدن و اتصال کامل، طرف دیگر نمونه به ضخامت ۱ تا ۲ میلی‌متر برش داده شد و عمل سایش ادامه یافت تا سطح نمونه کاملاً صاف شد و

به ضخامت ۳۰ میکرومتر رسید و به یک اسلاید شیشه‌ای توسط رزین اپوکسی متصل شد. مقطع تهیه شده در دو نور PPL و XPL برای شناسایی ساختار و اندازه اجزای سازنده و نوع کانی‌های موجود مطالعه شد. سفال‌های باستانی را می‌توان براساس سه جزء اساسی ماتریکس (خمیره)، انکلوژیون و حفره‌ها (فضاهای خالی) بررسی نمود. برای مطالعه میکروسکوپی سفال‌ها از میکروسکوپ دو چشمی پلاریزان مدل James Swift استفاده شد. بزرگ‌نمایی به‌کار رفته در این مطالعه ۴X است.

معرفی محدوده مورد مطالعه

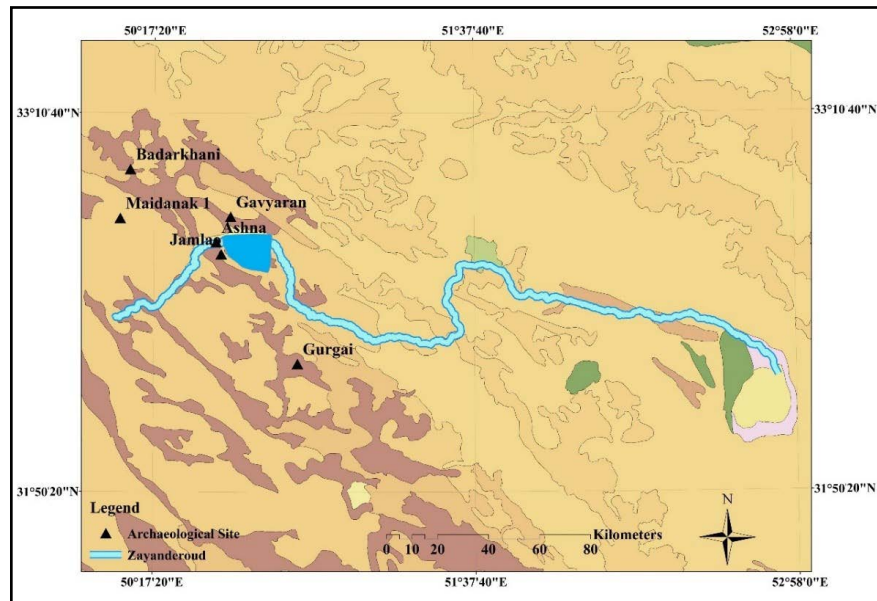
زاینده‌رود به‌طور طبیعی از جبهه شمال شرقی زردکوه بختیاری در پای کوه کارکنان واقع در چلگرد سرچشمه می‌گیرد و در طول مسیر ۳۶ کیلومتری خود تا مصب، شعب کوچک و بزرگ بی‌شماری به آن می‌ریزد. حدود و موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز سد زاینده‌رود با مساحتی حدود ۴۲۶۲ کیلومترمربع در منطقه‌ای با مختصات جغرافیایی ۵۴° ۴۹' و ۵۰° ۴۵' طول شرقی و ۱۸° ۳۲' و ۱۲° ۳۳' عرض شمالی قرار گرفته است (شکل‌های ۱ و ۲). این حوضه به دلیل قرارگیری در میان ارتفاعات زاگرس دارای پستی و بلندی‌های زیادی است. بلندترین نقطه این حوضه مربوط به کوه کارپوش در سمت جنوب غربی به ارتفاع ۳۹۷۴ متر و کمترین نقطه تا سد زاینده‌رود مربوط به بستر رودخانه در محل سد به ارتفاع ۱۹۷۶ متر از دریا است. ارتفاع متوسط حوضه برابر ۲۴۹۲ متر است و بیش از ۵۰٪ سطح حوضه بیش از ۲۴۰۰ متر دارد که با بلندترین نقطه ارتفاعی حوضه، ۱۵۷۰ متر اختلاف دارد. حوضه مذکور یکی از حوضه‌های مرتفع کشور

شکل ۱: موقعیت منطقه و محوطه‌های مطالعه شده در این پژوهش (شهبازی تبار، ۱۴۰۱).
Fig. 1: The location of the region and sites mentioned in the text (Shahbazi Tabar, 2022).



► شکل ۲: موقعیت محوطه‌های مطالعه شده در حاشیه رودخانه و سد زاینده‌رود (شهبازی تبار، ۱۴۰۱).

Fig. 1: The location of the sites on the banks of the Zayandehrud Dam (Shahbazi Tabar, 2022).



است و میزان بارش زیاد برف و باران یکی از عوامل مهم اقلیمی آن محسوب می‌شود. مناطق کوهستانی حوضه در بخش‌های شمالی و غربی متمرکزند و دشت‌ها عموماً در بخش‌های شرقی و مرکزی قرار دارند (طرح توسعه و عمران شهر داران، ۱۳۹۰: ۴۹). حوضه آبریز سد زاینده‌رود جزئی از حوضه داخلی زاینده‌رود به‌شمار می‌رود. زاینده‌رود «رود جان‌بخش»، بزرگ‌ترین رودخانه ایران مرکزی است. این رودخانه به مسافت ۳۵۵ کیلومتر امتداد دارد و از شهر تاریخی اصفهان می‌گذرد و به باتلاق گاوخونی، دریاچه نمک فصلی و جنوب شرقی شهر اصفهان ختم می‌شود (Ahmadi & Shamsai, 2009: 26). حوضه زاینده‌رود دارای مساحت ۴۵۰۰۰ کیلومترمربع (۱۶۰۰۰ مترمربع)، ارتفاع از ۳۹۷۴ متر (۱۳۰۳۸ فوت) تا ۱۴۶۶ متر (۴۸۱۰ فوت)، میانگین بارندگی ۱۱۰ میلی‌متر (۵ اینچ) و میانگین دمای ماهانه ۳ درجه تا ۲۹ درجه سانتی‌گراد است (Sarhadi & Soltani, 2013: 28). دریاچه سد زاینده‌رود یا مخزن چادگان به ظرفیت ۱۰۹×۱٫۶ سانتی‌متر در ۱۱۵ کیلومتری شهر اصفهان در مرکز ایران قرار دارد. بر طبق مطالعات انجام‌شده توسط مؤسسه خاک‌شناسی وزارت کشاورزی، عمده‌ترین گروه‌های خاک منطقه عبارتند از: لایتیک توریوتنتس، کالزیرولیک اگزروفیت، تیپیک اگزروفیت لایتیک اگزروفیت پروژه سد بین سال‌های ۱۹۶۵ تا ۱۹۷۰ یک پروژه بزرگ برق آبی برای کمک به تثبیت جریان آب و تولید برق، تأمین آب شرب اصفهان، چهارم‌حال و بختیاری و یزد بود (Shafiee & Safamehr, 2011: 30). بررسی حوضه رودخانه توسط اداره باستان‌شناسی و فرهنگ عامه از سال ۱۹۶۸ تا ۱۹۶۹ م. انجام شد. در مجموع پنج روستای یان‌چشمه، آبادچی، موره یا بابا آقداغان، جمالو و قلعه رئیس به‌علت زیر آب رفتن، در حاشیه زاینده‌رود در اصفهان و چهارم‌حال و بختیاری جابه‌جا شدند. برخی محوطه‌ها مانند: جمالو، آشنا و کوگانک نیز به زیر آب رفتند (کوثری، ۱۳۴۷). قدیمی‌ترین شواهد دال بر سکونت انسان در کنار رودخانه در غاری به نام قلعه‌بزی در نزدیکی دیزیچه در جنوب غربی اصفهان یافت شده است. بیش

از ۴۰،۰۰۰ سال پیش، گروه‌هایی از شکارچیان دوران پارینه‌سنگی (نئاندرتال‌ها) از غارهای قلعه‌بزی به‌عنوان پناهگاهی برای مشاغل فصلی یا موقت استفاده کرده و ابزارهای سنگی و استخوان‌های حیوانات شکار شده را در این منطقه از خود به‌جا گذاشته‌اند (Biglari et al., 2007; Elhami et al., 2004; Jaubert et al., 2006). محوطه‌های باستانی حوضه مطالعه شده حکایت از استقرار جمعیت‌های متعددی دارد که فرهنگ سیلک را نیز به‌صورت پیرنگ دنبال می‌کرده‌اند. اصلی‌ترین عامل محیطی مشاهده شده درخصوص این محوطه‌ها را می‌توان نزدیکی به رودخانه زاینده‌رود دانست. این موضوع می‌تواند بیانگر توجه ویژه ساکنان این محوطه‌ها به کشاورزی باشد. اکثر محوطه‌های شناسایی شده در این حوضه بر طبق مطالعات سطحی در دوره مس‌وسنگ پایه‌گذاری شده‌اند که از آن جمله می‌توان به: جمالو، آشنا، تپه کلبعلی شرقی، تپه کلبعلی غربی/جهانگیرخان، تپه خرسانک ۱، گورگای تپه، تپه دولت‌آباد، تپه میدانک ۱، تپه گاوپاران، تپه ننادگان، تپه بدرخانی و... اشاره کرد (خطیب‌شهیدی و همکاران، ۱۳۸۶: ۲۹؛ صالحی‌کاخکی، ۱۳۸۶: ۱۴۳).

سفال سیلک III

تپه باستانی سیلک، ازجمله مهم‌ترین محوطه‌های باستانی در فلات مرکزی ایران به‌شمار می‌رود. این محوطه به‌طور مستمر، آثار و بقایای استقرار انسان از هزاره ششم تا هزاره اول پیش‌ازمیلاد را در خود جای داده است. «گیرشمن» شش دوره متمایز فرهنگی به نام‌های اول و دوم (Sialk I و Sialk II)، متعلق به آغاز استقرار در روستا و تولید غذا که در تپه شمالی مطالعه شده، سوم و چهارم (Sialk III و Sialk IV)، دوره آغاز شهرنشینی و شهرنشینی و آغازنگارش در تپه جنوبی، پنجم (عصر آهن، Sialk V، بقایای گورستان «الف یا A» و ششم (ادامه عصر آهن و Sialk VI، بقایای گورستان B) را شناسایی کرد (Malek Shahmirzadi, 2004: 200؛ ملک‌شهمیرزادی، ۱۳۸۲: ۱۷۱).

دوره سیلک III یا مس‌وسنگ از ادوار بسیار مهم در پیش‌ازتاریخ ایران به‌شمار می‌رود. اهمیت این دوره از آن جهت است که در آغاز آن، جوامع به‌تدریج با فلزات بومی، به‌ویژه مس، آشنا شدند (طلایی، ۱۳۹۳: ۳۶). تپه قبرستان، تپه حصار، مرتضی‌گرد و محوطه اریسمان معرف فرهنگ سیلک III در مرکز فلات هستند. آثار سیلک III به هفت لایه کوچک‌تر تقسیم شده که همگی در تپه جنوبی بررسی و مطالعه شده‌اند و بیشترین قسمت آن مربوط به هزاره چهارم پیش‌ازمیلاد است. تعیین محدوده زمانی برای فرهنگ سیلک III هنوز هم مورد مناقشه است؛ با این حال، می‌توان محدوده زمانی آن را بین ۴۳۰۰ تا ۳۱۰۰ پ.م. در نظر گرفت. مطالعات انجام‌شده درخصوص شباهت‌های نقوش به‌کاررفته بر روی سفال‌های این دوره بیانگر ارتباط فرهنگی بین محوطه‌های شاخص فرهنگ سیلک III است (طلایی و علی‌یاری، ۱۳۸۵: ۳۶؛ نصرتی، ۱۳۹۰: ۴۸).

فرهنگ سیلک III برخلاف فرهنگ چشمه‌علی که علاوه‌بر شمال مرکزی در مناطقی چون شمال شرق ایران و جنوب ترکمنستان نیز رواج داشته، تنها در محدوده

جغرافیایی فلات مرکزی ایران گسترش یافت. پس از تحول و تکوین سفال آخریایی در فلات مرکزی ایران و ظهور فرهنگ چشمه‌علی که دوره دوم سیلک را تحت تأثیر قرار داد، دوره سوم سیلک با مشخصه ویژه سفال نخودی شروع شد. در دوره سوم تغییرات وسیعی در رنگ، نقش و فن سفالگری روی داد. ظروف را می‌توان به دو دسته خشن و ظریف طبقه‌بندی کرد. در گل ظروف خشن به‌وفور خرده‌های گاه آمیخته با ذغال خرد شده و ناخالصی‌های دیگر را می‌توان دید؛ درحالی‌که گل سفال‌های ظریف فاقد ناخالصی است. از لایه شماره چهار به بعد گل تمامی سفال‌ها به خوبی ورز داده شده، ناخالصی‌های آن تصفیه شده و از ماده چسباننده غیرارگانیک (شن و ماسه) و گاه‌گاه به‌عنوان ماده چسباننده استفاده شده است. این سفال‌ها با درجه حرارت مناسبی پخته شده‌اند. سطح سفال‌ها با لایه نازکی از اندود گلی پوشش داده شده است. در لایه شماره ۱-۳ سیلک III رنگ قرمز که ویژگی سفال دوره دوم است به‌صورت یک رنگ مسلط باقی می‌ماند. اما در کنار آن رنگ‌های دیگری نیز چون صورتی، سفید، زرد، بلوطی و نخودی به‌طور هم‌زمان ظاهر می‌شوند. در لایه‌های شماره ۴ و ۵ رنگ نخودی تبدیل به رنگ مسلط و مطلوب می‌گردد. در لایه شماره ۶ کاهش می‌یابد، ولی با این حال به‌طور کلی سفال‌های این دوره نیز نخودی هستند و در هر دو سطح بیرونی و درونی دارای پوشش نخودی رقیق هستند. بالأخره در لایه شماره ۷ رنگ نخودی دیگر رنگ غالب نیست. از ویژگی دولایه آخر این دوره سفالینه خاکستری رنگ است که غالباً به‌سوی یک رنگ مایل به سبز گرایش می‌یابد. در سه لایه اول دوره سوم از چرخ سفالگری استفاده نشده و تمامی سفال‌ها دست‌ساز هستند؛ البته می‌توان پیدایش چرخ سفالگری کوچک را به لایه دوم نسبت داد. این چرخ کوچک در لایه شماره ۴ جای خود را به چرخ سفالگری داد و از این لایه به بعد تقریباً تمام سفال‌ها با چرخ ساخته شده‌اند. بیشترین شکل سفال‌های دوره سوم شامل: کاسه‌ها، خمره‌ها، جام‌هایی با ته صاف و دیواره عمودی و دهانه گشاد، جام‌ها و پیاله‌های پایه‌دار با تنوع در شکل جام و ارتفاع پایه می‌شود. چند نمونه ظروف لوله‌دار و ظروفی به‌شکل حیوان نیز دیده شده است. نقوش با رنگ سیاه و بر روی بدنه خارجی ظرف کشیده شده‌اند. نقش مایه‌های هندسی با طرح‌هایی نظیر مربع‌های هاشورخورده، مثلث‌ها، طرح‌های شطرنجی، خطوط موج‌دار و نقوشی به شکل فلس ماهی (لایه ۱)، نقوش حیوانی شامل پرندگان در ردیف‌های افقی، مارهای ایستاده بر روی دم و چهارپایان شاخ‌دار به‌همراه نقش مایه‌های هندسی (لایه ۲ به بعد)، نقوش پلنگ، کفتار، نقش یک نوع سگ، بزکوهی در لایه‌های بعدی و نقوش انسانی (بیشتر بر روی سفال‌های لایه‌های ۴، ۵، ۶ و ۷) از جمله نقوش رایج این دوره هستند (نصرتی، ۱۳۹۰: ۳۹-۴۰؛ رفیعی، ۱۳۷۷: ۱۰۱؛ گریشمن، ۱۳۷۹: ۵۳).

سفال‌های منتخب در این پژوهش، بیشتر خمیره‌ای به رنگ نخودی دارند، اما بعضی قطعات به رنگ نخودی مایل به قرمز، قهوه‌ای و سبز هستند و چند مورد هم به رنگ‌های خاکستری و قرمز در بین آن‌ها دیده می‌شود. بیشتر از مواد معدنی، مواد معدنی و در نمونه‌هایی ترکیبی از مواد معدنی به‌همراه ماسه بادی، ذرات گچی و در چند مورد مواد گیاهی در خمیره برای پرکننده یا آمیزه سفال‌ها

استفاده شده است. نمونه‌ها بیشتر چرخ سازند، اما چند قطعه هم به صورت دست‌ساز ساخته شده‌اند. قسمت‌های بیرونی و داخلی سفال‌ها با رنگ نخودی و نخودی مایل به قرمز و قهوه‌ای پوشیده شده است. با توجه به کوچک بودن قطعات در بین نمونه‌های منتخب نقش هندسی غالب‌ترین نقشی است که دیده می‌شود. بیشتر نمونه‌های منتخب پخت مناسب و کافی دارند و دودزدگی در مغز و مقطع آن‌ها دیده نمی‌شود. این نمونه‌ها از نظر نقوش به نمونه‌های معرفی شده در تپه سیلک و سایر محوطه‌های مرکز فلات بسیار مشابه هستند (مجیدزاده، ۱۳۵۶: شکل ۱۲؛ اسفندیاری، ۱۳۷۸: ۲۲۷، لوح ۱، شماره ۲؛ زاگارل، ۱۳۸۷: ۱۷۳، شکل ۱۵، شماره ۴؛ شکل ۱۷، طرح ۱؛ گریشمن، ۱۳۷۹؛ لوح‌های ۶۲، ۶۴، ۷۰ و ۷۸؛ کابلی، ۱۳۷۹، لوح ۴۰، شماره‌های ۳ و ۱۰؛ نوکنده و یوسفی، ۱۳۸۸: ۷۱، لوح ۳، طرح ۹؛ ص ۸۵، لوح ۵، طرح ۹؛ ص ۸۸، لوح ۸، طرح ۴؛ ص ۹۱، لوح ۱۰، طرح ۲۲؛ فاضلی‌نشلی، ۱۳۸۶: ۱۴۷، طرح D؛ ص ۱۸۱، طرح ۳۷؛ Schmidh, 1937: PL: IX, 3046; Malek Shahmirzadi, 1977: 313, PL. VIII, No, 9. 40307; 327. PL: XI; Majidzadeh, 1976: Fig. 38, No: 5; 326, Fig. 56, No, 03; 328, Fig. 57. No: 3; 340, No: 7; Zagarell, 1982; Broffka & Parzinger, 2011; Fazeli (Nashli *et al.*, 2013).

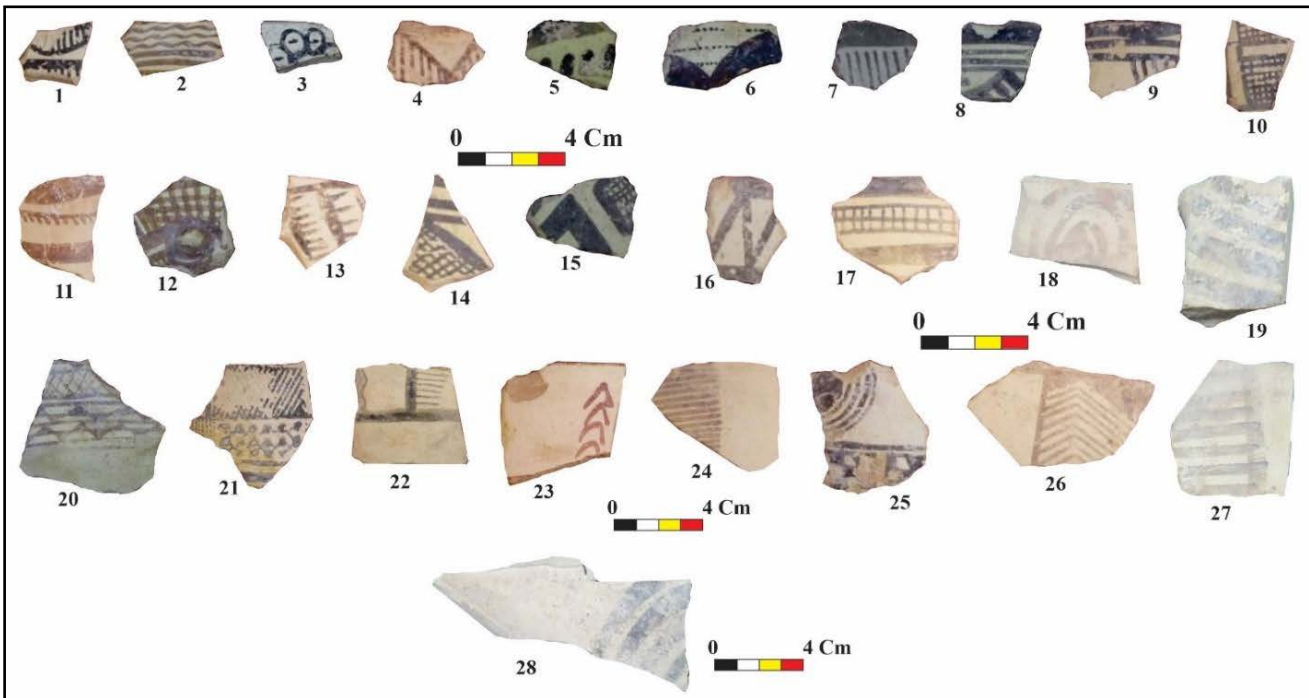
نتایج پتروگرافی

در این پژوهش تعداد ۳۶ قطعه سفالینه مربوط به دوره سیلک III از ۶ محوطه (گورگای تپه، تپه جمالو، تپه آشنا، تپه گاوپاران، تپه میدانک ۱ و تپه بدرخوانی) واقع در استان‌های چهارمحال و بختیاری و اصفهان و تعداد ۷ قطعه سفالینه مربوط به دوره سیلک III از محوطه تپه سیلک کاشان برای مطالعه پتروگرافی انتخاب شد (جدول ۱ و شکل ۳). محوطه‌های آشنا و گاوپاران مربوط به حوضه چادگان، محوطه‌های میدانک و بدرخوانی مربوط به حوضه داران-فریدن، محوطه گورگای تپه مربوط به منطقه شهرکیان، محوطه جمالو مربوط به روستای حیدری در شهرستان بن و تپه یا محوطه سیلک مربوط به منطقه کاشان است. در این بین محوطه گورگای تپه واقع در شهر کیان شهرکرد برای مقایسه با محوطه‌های واقع در حوضه آبخیز زاینده‌رود مورد مطالعه قرار گرفته است.

نام تپه	منطقه	شماره سفال‌های انتخابی
تپه گورگای	شهر کیان	Gurgai - (۱۵-۱۱-۱۰-۸-۷-۶-۵)
تپه آشنا	چادگان	Ashena - (۷-۶-۵-۴-۳-۲-۱)
تپه گاوپاران	چادگان	Gavyaran - (۶-۵-۴-۳-۲-۱)
تپه بدرخوانی	داران-فریدن	Badarkhani - (۶-۵-۳-۲-۱)
تپه میدانک	داران-فریدن	Maidanak1 - (۸-۷-۶-۴)
تپه جمالو	شهرستان بن	Jamalo - (۱۳-۹-۷-۴-۳-۲-۱)
تپه سیلک	کاشان	Sialk - (۷-۶-۵-۴-۳-۲-۱)

جدول ۱: نمونه‌های سفالی منتخب براساس نام و کد محوطه (نگارندگان، ۱۴۰۲).

Map. 1: Selected pottery samples (Authors, 2023).



▲ شکل ۳: تصویر تعدادی از نمونه‌های منتخب جهت پتروگرافی: ۱، ۲، ۹، ۱۰ و ۱۵ (نمونه‌های ۸، ۱۰، ۱۵ و ۵) گورگای تپه؛ ۳، ۸، ۱۲ و ۲۰ (نمونه‌های ۳، ۴، ۲ و ۶) تپه بدرخانی؛ ۴، ۱۶، ۲۴ و ۲۵ (نمونه‌های ۱، ۵، ۴ و ۳) تپه گاو یاران؛ ۵، ۶، ۷ و ۱۵ (نمونه‌های ۷، ۴، ۸ و ۳) تپه میدانک؛ ۱۱، ۲۱، ۲۲ و ۸ (نمونه‌های ۷، ۱، ۲ و ۴) تپه جمالو؛ ۱۳، ۱۴، ۱۷ و ۲۶ (نمونه‌های ۵، ۳، ۳ و ۶) تپه آشننا (شهبازی تبار، ۱۴۰۱)؛ ۱۸، ۱۹، ۲۷ و ۲۸ (نمونه‌های ۵، ۱، ۲ و ۶) تپه سیلک (نمونه‌های موجود در دانشگاه کاشان که توسط آقای محمدجواد حسین‌زاده‌ساداتی در اختیار نگارندگان قرار گرفته است).

Fig. 3: A number of samples selected for petrography: 1, 2, 9 and 10 (8, 10, 15 and 5 from Gorgai Tepe); 3, 8, 12 and 20 (2, 4, 3 and 6 from Badrkhani); 4, 16, 24 and 25 (1, 5, 4 and 3 from Tepe Gavvaran); 5, 6, 7 and 15 (7, 4, 8 and 3 from Maidandak 1); 11, 21, 22 and 8 (7, 1, 2 and 4 from Tepe Jamalo); 13, 14, 17 and 26 (5, 3, 3 and 6 from Ashna) (Shahbazi Tabar, 2022) and 18, 19, 27 and 28 (5, 1, 2 and 6 Samples from Tepe Sialk; this samples are available at Kashan University, provided to the authors by: Mohammad Javad Hosseinzad Sadati).

هدف از انجام آزمایش پتروگرافی بر روی نمونه سفال‌های مطالعاتی، شناسایی اجزا سازنده آن‌ها، تفاوت و شباهت ترکیب و اجزا سازنده، تعیین درصد هر یک از اجزا، تعیین درجه حرارت پخت سفال با توجه به کانی‌های موجود و درنهایت بررسی منشأ مواد اولیه تشکیل دهنده سفال است. پتروگرافی یک روش بسیار موفق از تجزیه و تحلیل ترکیبی در مطالعه سفال باستانی بوده است (Fargher, 2007: 313). از مزیت‌های روش پتروگرافی می‌توان به جداسازی خاک رس و ذرات بسیار کوچک، مهارت در شناسایی صحیح ترکیبات مشابه و فراهم نمودن اندازه‌گیری‌های دقیق بر روی اندازه ذرات، شکل و موقعیت آن اشاره نمود (Livingooda & Cordell, 2017). تجزیه و تحلیل پتروگرافی شامل شناسایی سنگ‌ها و مواد معدنی در داخل خاک رس و ارتباط آن‌ها با منابع زمین‌شناسی سازگار با شواهد و مدارک باستان‌شناسی است. جهت سهولت در دستیابی به نتایج پتروگرافی، نتایج بررسی در جدول ۲ ارائه شده است. این جدول براساس مطالعات پتروگرافی سفال‌ها پایه‌ریزی شده است. در ردیف اول جدول، اجزا سازنده سفال آورده شده است و در ستون اول نام و شماره هر سفال به تفکیک ارائه شده است. هر یک از اجزا سازنده هستند، اگر کانی مورد مطالعه در نمونه وجود داشته باشد، با علامت «*» و اگر هر یک از سازنده‌ها وجود نداشته باشد با علامت «tr» مشخص شده است. در صورتی که فراوانی آن به مقدار کم یا جزئی باشد با علامت «±» مشخص شده است.

گورگای تپه: در یک دید کلی سفال‌های گورگای تپه سه دسته را نشان می‌دهند؛ دسته اول که بیشترین فراوانی را دارند سفال‌هایی با ترکیب خمیره رس-کربناته و همگن هستند که در آن‌ها کانی کوارتز و ترکیبات آهن‌دار همراه با کلسیت محدود دیده می‌شود. کلسیت در برخی از نمونه‌ها در اثر حرارت از بین رفته و وجود

ندارد. خمیره همگن و فضای خالی (مدور و بیضی) از مشخصه این دسته سفال‌ها است. دسته دوم که خمیره غیر کربناته دارند و حاوی کانی میکا و پلاژیوکلازاند که نشان‌دهنده یک منشأ متفاوت خمیره برای این گروه از سفال‌ها است. دسته سوم، سفال‌هایی هستند که در خمیره آن‌ها قطعات درشت و فراوان کلسیت و ترکیبات آهن‌دار وجود دارد و باعث ایجاد یک بافت سیلتی ناهمگن شده است.

از نظر بافت یا پتروفابریک، همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود، نمونه سفال‌های گورگای تپه دارای بافت سیلتی و سیلتی ناهمگن است. در تمام نمونه‌ها کانی کوارتز و ترکیبات آهن‌دار و کلسیت وجود دارد. کانی کلسیت به صورت ترکیب با زمینه و به طور محدود به صورت درشت‌دانه دیده می‌شود. این فراوانی محدود و تا ۵٪ در نمونه شماره ۱۵ متغیر است. کانی کوارتز به عنوان تشکیل‌دهنده این نمونه‌ها اغلب به صورت فنوکریست (تک بلور) دیده می‌شود و به مقدار محدود به صورت پلی‌کریستالین است. این کانی دارای حاشیه زاویه‌دار تا نیمه‌گرد شده است که نشان‌دهنده جابه‌جایی کم آن از محل اولیه و یا اضافه کردن سیلیس به خاک منشأ توسط سفالگر است. فراوانی این کانی در حدود ۲-۵٪ حجم نمونه‌ها است. اندازه کانی کوارتز در نمونه‌ها از ۲۰ میکرون تجاوز نمی‌کند و نوع فنوکریست آن غالب و کوارتز پلی‌کریستال در برخی نمونه‌ها دیده نمی‌شود. برای بررسی درجه حرارت پخت سفال از کانی کلسیت استفاده می‌شود. کانی کلسیت و یا کانی‌های با بنیان کربناته در دمای ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد در اثر حرارت از بین می‌روند و با توجه به زمین‌شناسی منطقه که سازندها و رخنمون‌های کربناته در منطقه به وفور وجود دارد، نبود کانی کلسیت در سفال‌های مطالعاتی، نشان از درجه حرارت بیش از ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد برای این سفال‌ها است. همان‌طور که در جدول ۲ آمده است، نمونه‌های دارای کلسیت ریز بلور و کلسیت ترکیب با خمیره، نشان می‌دهد درجه حرارت پخت آن‌ها از ۸۰۰ درجه فراتر نرفته است.

فضای خالی موجود در خمیره سفال‌ها اولیه بوده و به شکل مدور-بیضی و گاه کشیده در خمیره مشخص است. در برخی از نمونه‌ها فضای خالی بزرگ و گسترده دیده می‌شود که به احتمال زیاد در اثر برش و تماس با پودرهای ساینده ایجاد شده است. **تپه آشنا:** سفال‌های تپه آشنا را می‌توان به سه گروه دسته‌بندی کرد؛ گروه اول، شامل نمونه‌های (۱، ۲، ۳، ۴ و ۷) که خمیره سفال رس-کربناته، و حاوی کانی‌های کوارتز، کلسیت و ترکیبات آهن‌دار است. بافت نمونه‌ها ریزدانه یا سیلتی است. گروه دوم، شامل سفال‌های دارای بافت سیلتی ناهمگن که در آن‌ها قطعات درشت کلسیت و کوارتز به صورت پرکننده مشاهده می‌شود. نمونه شماره ۵، در این گروه جای دارد. در گروه سوم، سفال‌ها حاوی قطعات سنگ دگرگونی، کانی آمفیبول، پلاژیوکلاز، کوارتز، کلسیت و... است. این سفال‌ها دارای بافت سیلتی ناهمگن بوده و از سنگ دگرگونی و سنگ‌های سیلیسی به عنوان ماده چسباننده یا پرکننده استفاده شده است. نمونه شماره ۶، در این گروه جای دارد.

سفال‌های دو محوطه آشنا و گاوایاران مربوط به منطقه چادگان است و به همین جهت با یکدیگر مطالعه شدند. از نظر بافت یا پتروفابریک، همان‌طور که در

جدول ۲ دیده می‌شود، نمونه سفال‌های دو محوطه دارای بافت سیلنتی تا سیلنتی ناهمگن است و تنها نمونه شماره ۶ تپه آشنا است که دارای بافت ناهمگن است. همان‌طور که در جدول دیده می‌شود کانی کوارتز و ترکیبات آهن‌دار و کلسیت در تمام نمونه‌ها وجود دارد و اختلاف آن‌ها در میزان درصد فراوانی این کانی‌ها در خمیره سفال‌ها است. کانی کوارتز به دو فرم فنوکریست (تک بلور) و پلی‌کریستال و با حاشیه زاویه‌دار تا نیمه گرد شده در خمیره مشاهده می‌شود. تراکم این کانی در نمونه‌ها متغیر و از ۳٪ تا ۲۰٪ (نمونه گاوپاران ۶) تغییر می‌کند. ترکیبات آهن‌دار به رنگ قرمز تیره تا تیره در خمیره سفال‌ها دیده می‌شود و تراکم کمی در خمیره دارند. کانی کلسیت هم به ترکیب ریزدانه و ترکیب با خمیره و هم به صورت قطعات مجزا و پراکنده در خمیره سفال‌ها وجود دارد. فراوانی این کانی بین ۳-۱۰٪ در نمونه‌ها متغیر است. کانی پلاژیوکلاز و آمفیبول در تعداد محدودی از نمونه‌ها و آن‌هم به مقدار خیلی جزئی و کم مشاهده می‌شود. نمونه‌های آشنا و گاوپاران ۱، ۲ و ۶ حاوی پلاژیوکلاز و آمفیبول و میکا (موسکویت) هستند.

در خمیره دو نمونه آشنا ۶ و گاوپاران ۶ که از نظر ساختار نیز مشابه هم هستند، آثار و بقایای قطعات سنگ دگرگونی (میکاشیست) مشاهده می‌شود. این قطعات سنگی در نمونه‌های دیگر وجود ندارد. با توجه به وجود شاخصه‌های دیگر مانند سنگ دگرگونی، آمفیبول، پلاژیوکلاز و... این دو نمونه از نظر منشأ یکسان هستند. با دلیل وجود کلسیت و کانی‌هایی با بنیان کربناته در تمام نمونه‌ها دمای پخت سفال‌های تپه آشنا و گاوپاران کمتر از ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد است. فضای خالی موجود در خمیره سفال‌ها اولیه بوده و به شکل مدور-بیضی و گاه کشیده در خمیره مشخص است. در برخی مانند نمونه شماره ۷ تپه آشنا فضای خالی ایجاد شده در اثر سوختن کلسیت و ایجاد فضای خالی ثانویه تشکیل شده است.

تپه گاوپاران: سفال‌های تپه گاوپاران نیز از نظر ترکیب مشابه با یک‌دیگر و هم‌چنین مشابه نمونه‌های تپه آشنا هستند. در این نمونه‌ها خمیره سفال‌ها ترکیب رس-کربناته است و کانی کوارتز، کلسیت و ترکیبات آهن‌دار، افزودنی‌های غالب در خمیره سفال‌ها است. کانی پلاژیوکلاز، میکا (موسکویت) و آمفیبول به تعداد و مقدار خیلی جزئی در برخی از نمونه‌ها وجود دارد. فضای خالی موجود در خمیره عموماً به شکل دایره تا بیضی است؛ این فضاها کوچک و اولیه بوده و فراوانی کمی در نمونه‌ها دارد. در نمونه‌های گاوپاران ۲ و ۴ شواهدی از تشکیل کلسیت ثانویه در فضای خالی موجود دیده می‌شود. نمونه ۶ گاوپاران، از نظر ترکیب و ساختار شبیه به نمونه ۶ آشنا است. در این نمونه، قطعات سنگ دگرگونی همراه با کوارتز فراوان در خمیره سفال مشاهده می‌شود؛ و میزان فراوانی کلسیت در این نمونه کم است. هم‌چنین اندازه اجزا موجود در خمیره نسبت به نمونه ۶ آشنا، کوچک‌تر است. ناهمگنی که در ماتریکس (خمیره) رسی برخی از نمونه‌ها مشاهده می‌گردد به احتمال زیاد ناشی از رسوب کلسیت ثانویه توسط آب‌های زیرزمینی ایجاد شده است که شواهد آن در نمونه ۲ و ۴ گاوپاران و ۷ آشنا مشاهده می‌شود.

تپه میدانک ۱: سفال‌های دو محوطه میدانک ۱ و بدرخانی مربوط به منطقه فریدن است و به همین جهت با یکدیگر مطالعه شدند. از نظر بافت یا پتروفابریک، همان‌طور که در جداول دیده می‌شود، نمونه سفال‌های دو محوطه دارای بافت سیلتی و بافت ناهمگن (نمونه بدرخانی ۲) هستند. کانی کوارتز و ترکیبات آهن‌دار و کلسیت در تمام نمونه‌ها وجود دارد و اختلاف آن‌ها در میزان درصد فراوانی این کانی‌ها در خمیره سفال‌ها است. کانی کوارتز به دو فرم فتوکریست (تک بلور) و پلی‌کریستال و با حاشیه زاویه‌دار تا نیمه گرد شده در خمیره مشاهده می‌شود. در بیشتر نمونه‌های مورد مطالعه قطعات درشت کوارتز از نوع پلی‌کریستال است. تراکم این کانی در نمونه‌ها متغیر و از ۳٪ تا ۱۰٪ تغییر می‌کند. ترکیبات آهن‌دار به رنگ قرمز تیره تا تیره در خمیره سفال‌ها دیده می‌شود و تراکم کمی در خمیره دارند. کانی کلسیت هم به ترکیب ریزدانه و ترکیب با خمیره و هم به صورت قطعات مجزا و پراکنده در خمیره سفال‌ها وجود دارد. فراوانی این کانی بین ۲-۳۰٪ (نمونه بدرخانی ۵) متغیر است. کانی پلاژیوکلاز و آمفیبول در نمونه میدانک ۶ و بدرخانی ۲ به مقدار خیلی جزئی و کم مشاهده می‌شود. سه نمونه (NO 4, 7 & 8) مربوط به تپه میدانک از نظر ترکیب و ساختار مشابه هستند. خمیره سه نمونه کربناته-رسی و در آن قطعات کانی کوارتز، کلسیت و ترکیبات آهن‌دار به طور پراکنده مشاهده می‌شود. نمونه میدانک ۶، علاوه بر کانی‌های فوق، حاوی کانی آمفیبول و پلاژیوکلاز است که وجود این کانی‌ها ترکیب منشأ متفاوت آن را نشان می‌دهد. هم‌چنین حالت لایه‌لایه که در خمیره نمونه میدانک ۶ مشاهده می‌شود به دلیل عدم امتزاج مناسب در هنگام فرم‌دهی خمیره سفال است. در نمونه‌های مربوط به منطقه بدرخانی، سه نمونه (BD 1, 2 & 3) از نظر ترکیب خمیره یکسان و مشابه هستند. در نمونه شماره ۲ بدرخانی از قطعات درشت کوارتز، پلاژیوکلاز و کلسیت به صورت پراکنده استفاده و باعث ایجاد بافت ناهمگن در این نمونه شده است. این نوع بافت یا ساختار در نمونه‌های دیگر دیده نمی‌شود. نمونه شماره ۱ بدرخانی، در خمیره این سفال پیچ‌هایی از کربنات همراه با کلسیت ثانویه دیده می‌شود که علت آن نفوذ آب و سیالات حاوی کربنات و رسوب‌گذاری و تشکیل کلسیت ثانویه در این نمونه است. نمونه شماره ۵ بدرخانی، این نمونه از نظر ساختار و ترکیب با دیگر نمونه‌ها تفاوت دارد. در این نمونه، قطعات فراوان کلسیت (حدود ۳۰٪) در خمیره مشاهده می‌شود؛ هم‌چنین نمونه شماره ۶ بدرخانی دارای خمیره رسی (غیرکربناته) است و در آن کانی کوارتز همراه با ترکیبات آهن‌دار دیده می‌شود.

در یک دید کلی، سه دسته یا گروه را برای نمونه‌های محوطه بدرخانی می‌توان متصور شد؛ (۱) سفال‌هایی که دارای بافت ریزدانه با ترکیب رس-کربناته هستند که در این خمیره کانی کوارتز همراه با کلسیت و ترکیبات آهن‌دار مشاهده شده است. این گروه از نمونه‌ها شبیه به نمونه‌های محوطه میدانک است. (۲) سفال‌هایی که دارای بافت ناهمگن هستند و در خمیره از قطعات درشت کوارتز، پلاژیوکلاز و ترکیبات آهن‌دار و کلسیت به صورت پراکنده استفاده شده است (نمونه ۲). (۳) سفال‌هایی که دارای خمیره ناهمگن و قطعات فراوان کلسیت است (بدرخانی ۵). در تمام

نمونه‌ها به استثناء دو نمونه میدانک ۶ و بدرخانی ۶، کانی کلسیت دیده می‌شود که نشان‌دهنده دمای پخت کمتر از ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد در این سفال‌ها است. فضای خالی موجود در خمیره سفال‌ها اولیه بوده و به شکل مدور-بیضی و گاه کشیده در خمیره مشخص است. در برخی، مانند نمونه شماره ۴ میدانک ۱، فضای خالی ایجاد شده در اثر سوختن کلسیت و ایجاد فضای خالی ثانویه تشکیل شده است.

تپه بدرخانی: همان‌طور که در تصاویر دیده می‌شود، ماتریکس با ترکیب متفاوت و وجود کانی‌ها و مواد مختلف که به صورت پرکننده و انکلوزیون در ماتریکس سفال‌ها استفاده شده است، نشان‌دهنده ترکیب و منشأ متفاوت برای سفال‌های دو محوطه بدرخانی و میدانک است؛ به عنوان مثال، نمونه سفال میدانک ۲، خمیره غیر کربناته دارد و حاوی کانی آمفیبول است. هم‌چنین نمونه بدرخانی ۵ که حاوی کربنات فراوانی و یا بدرخانی ۲ که از قطعات درشت کوارتز و پلاژیوکلاز به صورت پرکننده استفاده شده، شواهدی از منشأ و استفاده از مواد و کانی‌های مختلف در ساخت سفال‌ها است.

تپه جمالو: سفال‌های این محوطه مربوط به روستای حیدری در شهرستان بن (استان چهارمحال و بختیاری) است. از نظر بافت یا پتروفابریک، نمونه‌های مورد مطالعه دارای بافت سیلتی و بافت سیلتی ناهمگن است. کانی کوارتز، ترکیبات آهن‌دار و کلسیت در تمام نمونه‌ها وجود دارد. کانی کوارتز به دو فرم فنوکریست (تک بلور) و پلی‌کریستال و با حاشیه زاویه‌دار تا نیمه گرد شده در خمیره مشاهده می‌شود. تراکم این کانی در نمونه‌ها متغیر و از ۵٪ تا ۲۰٪ در نمونه JBO-08-4 تغییر می‌کند. ترکیبات آهن‌دار به رنگ قرمز تیره تا تیره در خمیره سفال‌ها دیده می‌شود و تراکم کمی در خمیره دارند. کانی کلسیت به صورت ترکیب با خمیره و هم به صورت قطعات مجزا و پراکنده در خمیره سفال‌ها وجود دارد. فراوانی این کانی بین ۳-۱۰٪ (جمالو ۱۳) متغیر است. دو نمونه JBO-08-4 و JBO-08-3 از نظر ساختار و ترکیب مشابه هستند. این دو نمونه دارای ماتریکس رسی (غیر کربناته) قرمز رنگ هستند و در زمینه علاوه بر کوارتز و ترکیبات آهن‌دار، کانی آمفیبول و میکا (موسکویت) نیز مشاهده می‌شود. این نمونه‌ها فاقد کربنات بوده و دمای پخت بیش از ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد را تحمل کرده‌اند.

دیگر نمونه‌های مطالعاتی دارای ماتریکس رس-کربناته هستند و کانی آمفیبول و میکا در خمیره آن‌ها یافت نمی‌شود. نمونه 11-JBJ-13 دارای ماتریکس رس-کربناته است و در آن مقادیر فراوانی کانی کلسیت به صورت قطعات مجزا دیده می‌شود. در این نمونه کانی کلسیت بیش از ۱۰٪ حجم نمونه را تشکیل داده است و همراه با کوارتز سازنده‌های اصلی خمیره سفال است. در نمونه شماره 12-JBR-1 آثار و شواهدی از کربنات ثانویه دیده می‌شود که حاصل نفوذ آب و سیالات حاوی کربنات و رسوب کلسیت ثانویه در ماتریکس سفال شده است (شکل ۵-۱۶: ۲). این فرآیند در نمونه شماره ۲ نیز مشاهده شده است. در برخی از نمونه‌ها مانند نمونه ۹، ۷ و ۳ شواهدی از وجود سنگ سیلت استون دیده می‌شود. در نمونه ۹ علاوه بر سنگ سیلت استون، کوارتز پلی‌کریستال، کلسیت و کانی میکا نیز دیده می‌شود. در یک دید کلی دو گروه را

برای نمونه‌های محوطه‌ی جمالو می‌توان متصور شد؛ (۱) سفال‌هایی که دارای بافت ریز دانه با ترکیب رس-کربناته هستند که در این خمیره، کانی کوارتز همراه با کلسیت و ترکیبات آهن‌دار مشاهده شده است. این گروه از نمونه‌ها شبیه به نمونه‌های دیگر محوطه‌های مطالعه شده قبل است. (۲) سفال‌هایی که دارای بافت سیلتی ناهمگن هستند و در خمیره یا ماتریکس آن‌ها شواهدی از کانی آمفیبول و میکا را می‌توان مشاهده نمود. این گروه از نمونه‌ها دارای خمیره غیر کربناته بوده و کانی کوارتز به وفور در خمیره آن‌ها دیده می‌شود. این گروه از نمونه‌ها با گروه دیگر از نظر ترکیب و ماتریکس کاملاً تفاوت دارند. به استثناء دو نمونه ۳ و ۴ جمالو در دیگر نمونه‌ها کانی کلسیت دیده می‌شود که نشان‌دهنده دمای پخت کمتر از ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد در این سفال‌ها است. فضای خالی موجود در خمیره سفال‌ها اولیه و با ابعاد ریز بوده و به شکل مدور-بیضی و گاه کشیده در خمیره مشخص است.

تپه سیلک: در این بررسی تعداد هفت نمونه سفال سیلک III مربوط به تپه سیلک (کاشان)، برای مطالعه پتروگرافی انتخاب شد. هدف از انجام آزمایش پتروگرافی بر روی نمونه سفال‌های مطالعاتی، شناسایی اجزا سازنده هر سفال، اختلافی که از نظر ترکیب و اجزا سازنده، بین نمونه‌ها وجود دارد، تعیین درصد هریک از اجزا، تعیین درجه حرارت پخت سفال با توجه به کانی‌های موجود و درنهایت بررسی منشأ مواد اولیه تشکیل‌دهنده سفال است. براساس جدول موجود در ستون آخر کلیه نمونه‌های مورد مطالعه دارای بافت ریز دانه و ریز دانه ناهمگن است. کانی کوارتز به دو فرم فنوکریست و پلی‌کریستال، همراه با ترکیبات آهن‌دار و پلاژیوکلاز و آمفیبول در همه نمونه‌ها دیده می‌شود. وجود کانی پلاژیوکلاز، آمفیبول و پیروکسن و میکا و بقایای سنگ آذرین در خمیره سفال‌ها مشخص می‌کند که این نمونه از یک رسوب با منشأ آذرین تهیه شده است که وجود سنگ‌های آذرین در منطقه و رسوبات حاصل از این سنگ‌ها، تأیید کننده بومی بودن این گونه از سفال‌ها است.

ترکیب خمیره نمونه‌ها غیر کربناتی (رسی) بوده و کاملاً همگن است. در خمیره دو نمونه سیلک ۲ و ۵، کانی کلسیت دیده می‌شود و دیگر نمونه‌ها فاقد کلسیت و کانی‌های کربناته هستند. برای بررسی درجه حرارت پخت سفال از کانی کلسیت استفاده می‌شود. کانی کلسیت و یا کانی‌های با بنیان کربناته در دمای ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد در اثر حرارت از بین می‌روند و با توجه به زمین‌شناسی منطقه که سازندها و رخنمون‌های کربناته در منطقه به وفور وجود دارد، نبود کانی کلسیت در سفال‌های مطالعاتی، نشان از درجه حرارت بیش از ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد برای این سفال‌ها است. همان‌طور که در جدول آمده است؛ نمونه‌های سیلک ۲ و ۵، دارای کربنات بوده که نشان می‌دهد درجه حرارت پخت آن‌ها از ۸۰۰ درجه فراتر نرفته است و دیگر نمونه‌ها دمای پخت بیش از ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد داشته است. فضای خالی در نمونه‌ها نسبتاً محدود و به شکل‌های مدور، بیضی و گاه کشیده دیده می‌شود. در نمونه‌های ۱، ۳، ۵ و ۷، شواهدی از سوختن کلسیت و ایجاد هاله قرمز رنگ (پریکلاز) و درنهایت ایجاد فضای خالی ثانویه دیده می‌شود.

نمونه شماره ۲، از نظر ساختار و اندازه قطعات موجود در خمیره با دیگر نمونه‌ها تفاوت دارد. در این نمونه قطعات نسبتاً درشت و فراوانی از کانی‌های کوارتز، پلاژیوکلاز، کلسیت، آمفیبول و بیوتیت دیده می‌شود که باعث ایجاد بافت سیلتی ناهمگن در نمونه شده است؛ در حالی که دیگر نمونه‌ها از نظر ترکیب و ساختار مشابه و همسان می‌باشند و با نمونه ۲ کمی تفاوت دارند.

تحلیل نتایج پتروگرافی

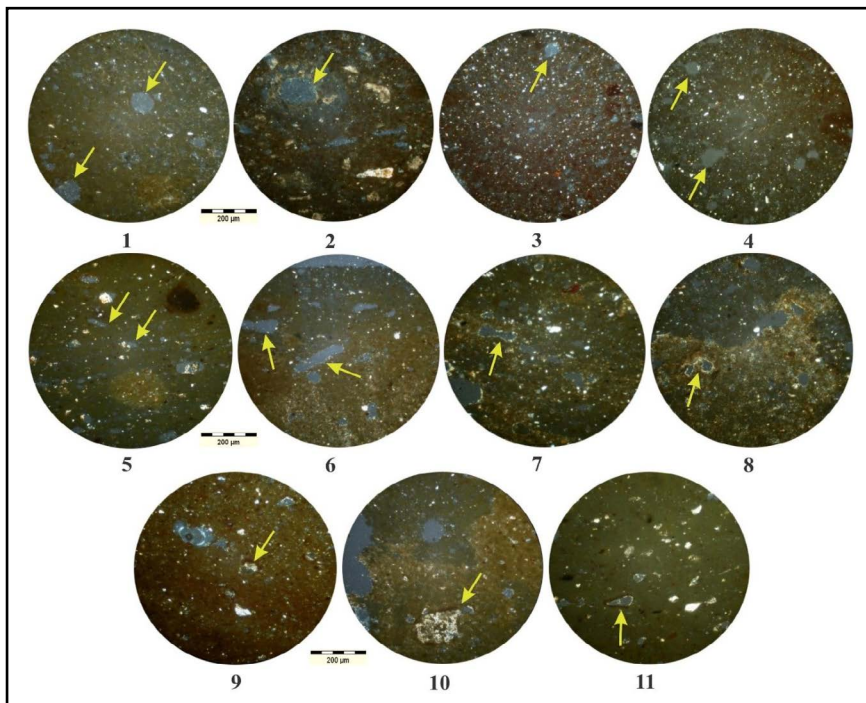
از آنجا که پتروگرافی کاربرد زیادی در گروه‌بندی اشیاء مشابه، مقایسه کردن گروه‌ها بر اساس مواد، شناسایی کردن منشأ ژئولوژیکی سفال و یا اجزای آن‌ها و هم‌چنین فن ساخت کارایی بالایی دارد (Hall et al., 1999: 147)، بعد از انجام آزمایشات پتروگرافی و مطالعه سفال هر محوطه به صورت جداگانه، به منظور رسیدن به اهداف مدنظر پژوهش می‌توان سفال‌ها را از نظر فضاهای خالی، ساختار، کانی‌شناسی، ماده چسباننده و هم‌چنین دمای پخت مورد بررسی قرار داد.

بررسی فضاهای خالی موجود در نمونه‌ها: از آنجایی که میزان فضای خالی موجود در نمونه‌ها ارتباط مستقیمی با ورز دادن خمیره توسط سفالگر و هم‌چنین خروج حباب از آن دارد؛ به این معنا که هرچه خمیره بهتر ورز داده شده باشد و میزان بیشتری از حباب‌های آن خارج شده باشد در نتیجه فضاهای خالی کمتری در سفال به وجود می‌آید و سفال با کیفیت‌تری ساخته می‌شود. بنابراین با مقایسه فضاهای خالی موجود در نمونه‌های مناطق مختلف می‌توان تا حدودی به کیفیت نمونه‌ها پی برد. در این بخش فضاهای خالی نمونه‌ها زیر نور XPL1 و به تفکیک محوطه نمایش داده و مقایسه می‌شوند (شکل ۴).

فضای خالی موجود در خمیره سفال‌ها کوچک و اولیه بوده و به شکل مدور-بیضی (شکل ۴:۱ تا ۴) و گاه کشیده (شکل ۴:۵ تا ۷) در خمیره مشخص است. در برخی از نمونه‌ها فضای خالی بزرگ و گسترده دیده می‌شود که به احتمال زیاد در اثر برش و تماس با پودرهای ساینده ایجاد شده است. برخی مانند نمونه شماره ۱ تپه آشنا، نمونه شماره ۴ تپه میدانک ۱، فضای خالی ایجاد شده در اثر سوختن کلسیت و ایجاد فضای خالی ثانویه تشکیل شده است (شکل ۴:۸ و ۹). فضای خالی موجود در خمیره به شکل مدور و بیضی است. تعدادی از فضای خالی موجود ۴ میدانک ۱، ثانویه بوده و در اثر سوختن کلسیت در اثر حرارت، ایجاد شده است که شواهد آن در خمیره (فضای خالی با هاله قرمز رنگ) مشخص است. در نمونه‌های ۵ و ۱۰ گورگای (شکل ۴:۱۰) و ۱، ۳، ۵ و ۷ تپه سیلک نیز شواهدی از سوختن کلسیت در اثر حرارت و ایجاد هاله قرمز رنگ (پریکلاز) و در نهایت ایجاد فضای خالی ثانویه دیده می‌شود (شکل ۴:۱۰ و ۱۱).

در نمونه‌های گاوپاران ۲ و ۴ شواهدی از تشکیل کلسیت ثانویه در فضای خالی موجود دیده می‌شود. ناهمگنی که در ماتریکس (خمیره) رسی برخی از نمونه‌ها مشاهده می‌گردد، به احتمال زیاد ناشی از رسوب کلسیت ثانویه توسط آب‌های زیرزمینی ایجاد شده است که شواهد آن در نمونه ۲ و ۴ گاوپاران و ۷ آشنا مشاهده

می‌شود. در نمونه شماره 12-JBR-1 جمالی آثار و شواهدی از کربنات ثانویه دیده می‌شود که حاصل نفوذ آب و سیالات حاوی کربنات و رسوب کلسیت ثانویه در ماتریکس سفال شده است. این فرآیند در نمونه شماره ۲ نیز مشاهده شده است. در مجموع می‌توان گفت در تمامی نمونه‌ها، فضاهای خالی بیشتر به فرم مدور و بیضی هستند و در چند نمونه محدود هم تعداد کمی فضای خالی به شکل کشیده وجود دارد؛ هم‌چنین تقریباً نیمی از نمونه‌ها فضای خالی محدود و پراکنده‌ای دارند و فضای خالی در نیمی دیگر از نمونه‌ها نسبتاً فراوان است و در تمامی محوطه‌ها هردو مورد دیده می‌شود؛ بنابراین این فضاهای خالی از الگوی خاصی تبعیت نمی‌کند، اما در مجموع می‌توان گفت با توجه به میزان و شکل فضاهای خالی، خمیره بیشتر نمونه‌ها به خوبی ورز داده شده و کیفیت نسبتاً مطلوبی دارند.



شکل ۴: فضای خالی مدور-بیضی (۱) نمونه‌های ۲ گورگای تپه، ۲ (۵ آشنا، ۳) ۴ جمالو، ۴) ۶ سیلک؛ کشیده (۵) ۶ گورگای، ۶) ۲ آشنا، ۲) ۲ گاویاران، فضای خالی ثانویه ایجاد شده در اثر سوختن کلسیت (۸) ۱ آشنا، ۹) ۴ میدانک، فضای خالی ثانویه و ایجاد هاله قرمز رنگ (پریکلز) (۱۰) ۵ گورگای و (۱۱) ۷ سیلک (شهبازی تبار، ۱۴۰۱).
Fig. 4: Circular-elliptical void, 1) 2 from Gorgai Tepe; 2), 5 from Ashna; 3) 4 from Jamalo; 4) 6 from Sialk; elongated 5), 6 from Gorgai; 6), 2 from Ashna; 7), 2 from Tepe Gavyaran; secondary void created by calcite burning 8), 1 from Ashna; 9) 4 from Maidandak 1; secondary void and the formation of a red halo (periclase) 10) 5 from Gorgai Tepe; 11) 7 from Sialk (Shahbazi Tabar, 2022)

مقایسه ساختاری نمونه‌ها: یکی دیگر از خواص پتروگرافی شناسایی مواد معدنی موجود در سفال در مقابل نور پلاریزه است که به راحتی هر متخصصی می‌تواند آن‌ها را از یک دیگر تشخیص دهد و کانی‌ها و مواد معدنی موجود در سفال را از نظر شکل و اندازه معلوم نماید (Ellis, 2000: 458)؛ لذا بعد از بررسی نتایج ساختاری و بافتی سفال‌های مطالعه شده که با بررسی و مقایسه دقیق تصاویر نمونه‌ها زیر نور XPL و از زوایای دید گوناگون انجام شد، سه دسته سفال شناسایی شد.

دسته اول که بیشترین فراوانی را دارند، سفال‌هایی با ترکیب خمیره رس-کربناته و همگن هستند که در آن‌ها کانی کوارتز و ترکیبات آهن‌دار همراه با کلسیت محدود دیده می‌شود. کلسیت در برخی از نمونه‌ها در اثر حرارت از بین رفته و وجود

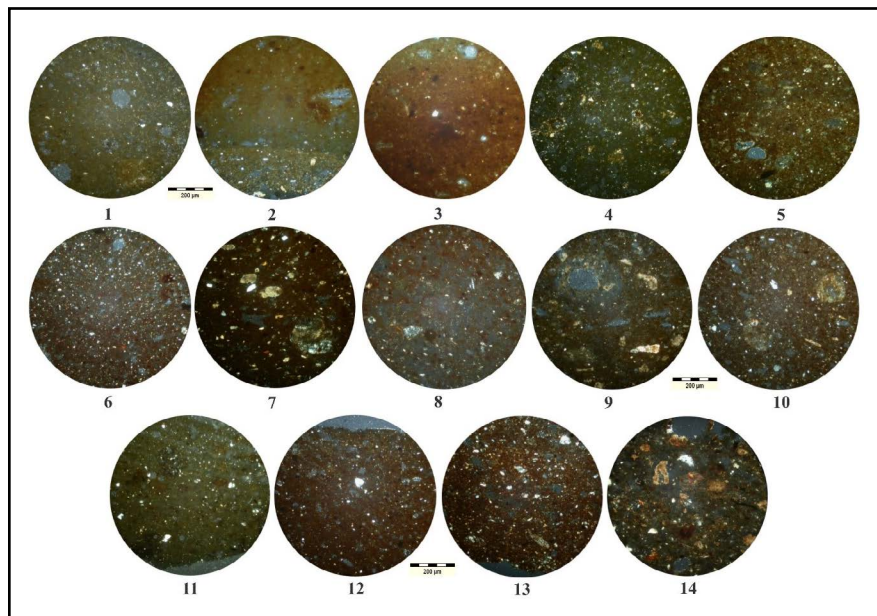
ندارد. خمیره همگن و فضای خالی (مدور و بیضی) از مشخصه این دسته سفال‌ها است. نمونه‌های ۵، ۶، ۷، ۸ و ۱۰ گورگای تپه؛ ۱، ۲، ۳، ۴، ۶ و ۷ تپه آشنا؛ ۲، ۳، ۴ و ۵ گاوپاران؛ ۴، ۶، ۷ و ۸ میدانک ۱؛ ۲، ۳، ۵، ۶ بدرخانی؛ ۱، ۵، ۹ و ۱۳ جمالو و ۲ سیلک جزو سفال‌های این دسته محسوب می‌شوند (شکل ۵: ۱ تا ۷).

دسته دوم که خمیره غیر کربناته دارند و حاوی قطعات سنگ دگرگونی، کانی آمفیبول، کانی میکا (موسکویت)، کوارتز، کلسیت و پلاژیوکلازاند که نشان‌دهنده یک منشأ متفاوت خمیره برای این گروه از سفال‌ها است. ترکیب خمیره نمونه‌های سیلک غیر کربناتی (رسی) بوده و کاملاً همگن است. نمونه‌های ۱۱ و ۱۵ گورگای تپه؛ نمونه ۵ تپه آشنا؛ نمونه ۱ گاوپاران؛ نمونه‌های ۱ و ۶ بدرخانی و نمونه‌های ۳ و ۴ جمالو از این جمله‌اند (شکل ۵: ۸-۱۲).

دسته سوم سفال‌هایی هستند که در خمیره آن‌ها قطعات درشت و فراوان کلسیت و ترکیبات آهن‌دار وجود دارد و باعث ایجاد یک بافت سیلتی ناهمگن شده است. نمونه شماره ۶ تپه آشنا و نمونه ۶ گاوپاران از این جمله‌اند (شکل ۵: ۱۳ و ۱۴). از نظر بافت یا پتروفابریک، همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود، نمونه سفال‌های ۵، ۶، ۷، ۸، ۱۰ و ۱۱ گورگای تپه؛ ۱، ۲، ۳، ۴، ۶ و ۷ آشنا؛ ۲، ۳، ۴ و ۵ گاوپاران و تمامی نمونه‌های میدانک ۱ بافت ریزدانه یا سیلتی همگن دارند و نمونه‌های ۱۵ گورگای تپه؛ ۵ آشنا؛ ۱ و ۶ گاوپاران؛ ۲، ۳ و ۵ بدرخانی؛ ۳، ۴ و ۹ جمالو و ۲ سیلک بافت ریزدانه یا سیلتی نوع ناهمگن دارند که در آن‌ها قطعات درشت کلسیت و کوارتز به صورت پرکننده مشاهده می‌شود.

► شکل ۵: ساختار نمونه‌ها. ترکیب خمیره رس- کربناته و همگن (۱) نمونه‌های ۵ گورگای تپه، ۲، ۳ آشنا، ۳، ۵ گاوپاران، ۴، ۷ میدانک ۱، ۵، ۶ بدرخانی، ۴ جمالو، ۷، ۲ سیلک؛ خمیره غیرکربناته (۸) ۱۱ گورگای تپه، ۹، ۵ آشنا، ۱۰، ۱ گاوپاران، ۱۱ بدرخانی، ۱۲، ۳ جمالو؛ بافت سیلتی ناهمگن (۱۳) ۶ گاوپاران، ۱۴، ۶ آشنا (شهبازی تبار، ۱۴۰۱).

Fig. 5: Structure of samples. Composition of clay-carbonate and homogeneous clay-paste, 1) 5 Gorgai Tepe; 2) 3 Ashna; 3) 5 Tepe Gavyaran; 4) 7 Maidandak 1; 5) 5 Badrkhani; 6) 4 Jamalo; 7) 2 Sialk; non-carbonate paste, 8) 11 Gorgai Tepe; 9) 5 Ashna; 10) Tepe Gavyaran; 11) 6 Badrkhani; 12) 3 Jamalo; heterogeneous silty texture, 13) 6 Tepe Gavyaran; 14) 6 Ashna (Shahbazi Tabar, 2022).



مقایسه کانی‌شناسی: همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود، کانی کوارتز و ترکیبات آهن‌دار و کلسیت در تمام نمونه‌ها وجود دارد و اختلاف آن‌ها در میزان درصد فراوانی این کانی‌ها در خمیره سفال‌ها است؛ البته به دلیل همجواری این محوطه‌ها و شرایط مشابه زمین‌شناسی آن‌ها طبیعی به نظر می‌رسد.

جدول ۲: نتایج مطالعه پتروگرافی سفال‌های سیلک III در منطقه مطالعه شده (نگارندگان، ۱۴۰۱).

Table 2: Results of the petrographic study of Sialk III pottery in the studied area. (Authors, 2022).

Number of Sample	Qz (Clean)	Qz (Cloudy)	Plg	Fe-oxid	Am & Py	Cc	Mica	P.Rock V.Rock	M.Rock	grog	S.R & chert	Texture
1	G-5	*	tr	tr	*	tr	*	tr	tr	tr	tr	ریز دانه (سیلنتی)
2	G-6	*	*	tr	*	tr	*	tr	tr	tr	tr	ریز دانه
3	G-7	*	*	tr	*	tr	tr	tr	tr	tr	tr	ریز دانه
4	G-8	*	tr	tr	*	tr	*	tr	tr	tr	tr	ریز دانه
5	G-10	*	tr	tr	*	tr	*	tr	tr	tr	tr	ریز دانه
6	G-11	*	*	±	*	tr	tr	*	tr	tr	tr	ریز دانه
7	G-15	*	*	tr	*	tr	*	tr	tr	tr	tr	ریز دانه ناهمگن
8	Ash 1	*	*	tr	*	tr	*	tr	tr	tr	tr	ریز دانه (سیلنتی)
9	Ash 2	*	*	tr	*	tr	*	tr	tr	tr	tr	ریز دانه
10	Ash 3	*	*	tr	*	tr	*	tr	tr	tr	tr	ریز دانه
11	Ash 4	*	*	tr	*	tr	*	tr	tr	tr	tr	ریز دانه
12	Ash 5	*	*	tr	*	tr	*	tr	tr	tr	tr	ریز دانه
13	Ash 6	*	*	*	*	*	*	tr	tr	*	tr	ناهمگن
14	Ash 7	*	*	tr	*	tr	*	tr	tr	tr	tr	ریز دانه
15	GY-1	*	*	tr	*	±	*	*	tr	±	tr	ریز دانه
16	GY-2	*	*	±	*	tr	*	tr	tr	tr	tr	ریز دانه
17	GY-3	*	*	tr	*	tr	*	tr	tr	tr	tr	ریز دانه
18	GY-4	*	*	tr	*	tr	*	*	tr	tr	tr	ریز دانه
19	GY-5	*	*	tr	*	tr	*	tr	tr	tr	tr	ریز دانه
20	GY-6	*	*	±	*	tr	*	*	tr	*	tr	ریز دانه ناهمگن
21	M-4	*	*	tr	*	tr	*	tr	tr	tr	tr	ریز دانه (سیلنتی)
22	M-6	*	*	*	*	*	-	tr	tr	tr	tr	ریز دانه
23	M-7	*	*	tr	*	tr	*	tr	tr	tr	tr	ریز دانه
24	M-8	*	*	tr	*	tr	*	tr	tr	tr	tr	ریز دانه
25	BD-1	*	*	tr	*	tr	*	tr	tr	tr	tr	ریز دانه
26	BD-2	*	*	*	*	tr	*	tr	tr	tr	tr	ناهمگن
27	BD-3	*	*	tr	*	tr	*	tr	tr	±	tr	ریز دانه
28	BD-5	*	*	tr	*	tr	*	tr	tr	tr	tr	ریز دانه ناهمگن
29	BD-6	*	*	±	*	tr	tr	tr	tr	±	tr	ریز دانه
30	JBR-12-1	*	*	tr	*	tr	*	-	tr	tr	tr	ریز دانه (سیلنتی)
31	JBO-2 10	*	*	tr	*	tr	*	-	tr	tr	tr	ریز دانه
32	JBO-8-3	*	*	tr	*	±	-	*	tr	tr	tr	ریز دانه ناهمگن
33	JBO-8-4	*	*	tr	*	*	-	*	tr	tr	tr	ریز دانه ناهمگن

34	JBj-11-5	*	*	tr	*	tr	*	-	tr	tr	tr	±	ریز دانه
35	JB-08-9	*	*	tr	*	*	*	*	tr	tr	tr	*	ریز دانه ناهمگن
36	JBj-11-13	*	*	tr	*	tr	*	-	tr	tr	tr	tr	ریزدانه
37	Sialk-1	*	*	*	*	*	tr	tr	tr	tr	tr	tr	ریز دانه (سیلیتی)
38	Sialk-2	*	*	*	*	*	*	±	*	tr	tr	tr	ریز دانه ناهمگن
39	Sialk-3	*	*	*	*	*	tr	±	tr	tr	tr	tr	ریز دانه
40	Sialk-4	*	*	*	*	*	tr	±	tr	tr	tr	tr	ریز دانه
41	Sialk-5	*	*	*	*	*	*	tr	tr	tr	tr	tr	ریز دانه
42	Sialk-6	*	*	*	*	*	tr	±	tr	tr	tr	tr	ریز دانه
43	Sialk-7	*	*	*	*	*	tr	tr	tr	tr	tr	tr	ریزدانه

(Clean) Qz = کوارتز شفاف و فنوکریست، (Cloudy) Qz = کوارتز ابری و پلی کریستالین، Plg = پلاژیوکلاز و فلدسپات، Am&Py = آمفیبول و پیروکسن، Fe-oxid = اکسید آهن، Mica = میکا، Cc = کلسیت ریز بلور (میکریت)، Silt Stone = سیلت‌استون، Chert = سنگ چرت، grog = قطعات سیلیتی و رسی اضافه شده به سفال، P-Rock = سنگ آذرین (پلوتونیک)، V-Rock = سنگ آذرین (ولکانیک).

تنها تفاوت بارز، نمونه ۱۵ گورگای است که مقادیری سنگ چرت در ترکیب خود دارد که منشأ متفاوت آن را نشان می‌دهد. وجود بقایای سنگ آذرین در خمیره سفال تپه سیلک مشخص می‌کند که این نمونه از یک رسوب با منشأ آذرین تهیه شده است که وجود سنگ‌های آذرین در منطقه و رسوبات حاصل از این سنگ‌ها، تأیید کننده بومی بودن این گونه از سفال‌ها است. در خمیره دو نمونه ۶ آشنا و ۶ گاویاران که از نظر ساختار نیز مشابه هم هستند، آثار و بقایای قطعات سنگ دگرگونی (میکاشیست) همراه با کوارتز فراوان در خمیره سفال مشاهده می‌شود. میزان فراوانی کلسیت در این نمونه کم است؛ هم‌چنین اندازه اجزا موجود در خمیره نسبت به نمونه ۶ آشنا کوچک‌تر است. این قطعات سنگی در نمونه‌های دیگر وجود ندارد. با توجه به وجود شاخصه‌های دیگر مانند: سنگ دگرگونی، آمفیبول، پلاژیوکلاز و... این دو نمونه از نظر منشأ یکسان هستند (شکل ۶: ۱ و ۲).

هم‌چنین در برخی از نمونه‌ها مانند نمونه ۳، ۷ و ۹ جمالو و ۶ گاویاران شواهدی از وجود سنگ سیلت استون دیده می‌شود (شکل ۶: ۱ و ۳). در نمونه ۹ جمالو علاوه بر سنگ سیلت استون، کوارتز پلی کریستال، کلسیت و کانی میکا نیز دیده می‌شود (شکل ۶: ۳).

کانی کوارتز به دو فرم فنوکریست (تک بلور) و پلی کریستال و با حاشیه زاویه دار تا نیمه گرد شده در خمیره بیشتر سفال‌ها مشاهده می‌شود. تراکم این کانی در نمونه‌های گاویاران متغیر و از ۳٪ تا ۲۰٪ (نمونه ۶ گاویاران) تغییر می‌کند. در بیشتر نمونه‌های مورد مطالعه میدانک ۱ و بدرخوانی قطعات درشت کوارتز از نوع پلی کریستال است و تراکم آن در نمونه‌ها متغیر و از ۳٪ تا ۱۰٪ تغییر می‌کند. تراکم این کانی در نمونه‌های جمالو متغیر و از ۵٪ تا ۲۰٪ در نمونه 4-JBO-08 تغییر می‌کند (شکل ۶: ۶).

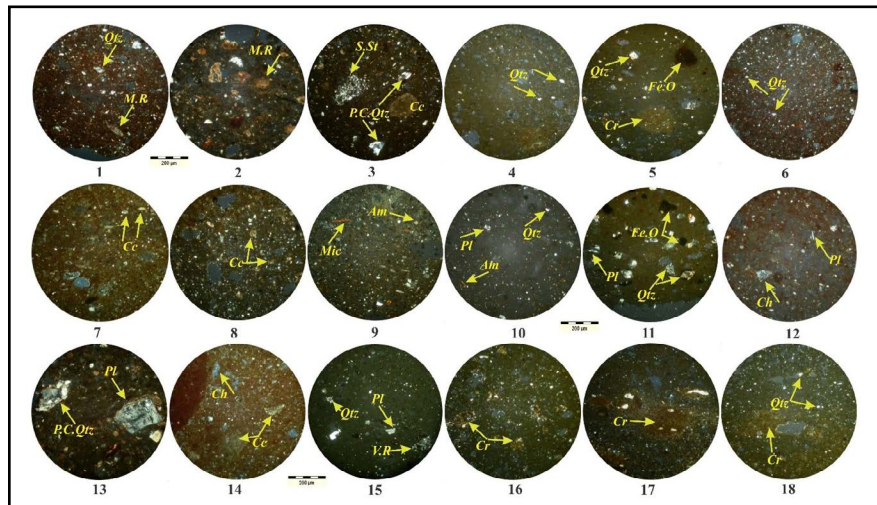
ترکیبات آهن‌دار به رنگ قرمز تیره تا تیره در خمیره سفال‌ها دیده می‌شود و تراکم کمی در خمیره دارند (شکل ۶: ۵). کانی کلسیت هم به صورت ترکیب ریز دانه و ترکیب با خمیره و هم به صورت قطعات مجزا و پراکنده در خمیره سفال‌ها وجود دارد. فراوانی این کانی در بین ۳-۱۰٪ در نمونه‌ها متغیر است. فراوانی این کانی بین ۲-۳٪ (شکل ۶: ۷) نشان می‌دهد که نمونه ۵ بدرخانی با حدود ۳٪ قطعات فراوان کلسیت در خمیره از نظر ساختار و ترکیب با دیگر نمونه‌ها تفاوت دارد (متغیر است). در نمونه‌های جمالی فراوانی این کانی بین ۳-۱۰٪ (نمونه ۱۳ جمالی در شکل ۶: ۸) متغیر است. در خمیره دو نمونه سیلک ۲ و ۵ کانی کلسیت دیده می‌شود (شکل ۶: ۹) و دیگر نمونه‌ها فاقد کلسیت و کانی‌های کربناته هستند.

کانی پلاژیوکلاز و آمفیبول در نمونه‌های ۶ میدانک و ۲ بدرخانی و آن هم به مقدار خیلی جزئی و کم مشاهده می‌شود (شکل ۶: ۱۰ و ۱۱). نمونه‌های ۱۱ گورگای تپه (شکل ۶: ۱۲)؛ ۶ آشنا؛ ۱، ۲ (شکل ۶: ۱۳) و ۶ گاویاران؛ ۳، ۴ و ۹ جمالی حاوی پلاژیوکلاز، آمفیبول و میکا (موسکویت) هستند؛ البته در نمونه ۱۵ گورگای تپه سنگ چرت هم دیده می‌شود که منشأ متفاوت آن را نشان می‌دهد (شکل ۶: ۱۴). هم‌چنین حالت لایه‌لایه که در خمیره نمونه ۶ میدانک ۱ مشاهده می‌شود به دلیل عدم امتزاج مناسب در هنگام فرم‌دهی خمیره سفال است. دو نمونه JBO-08-4 و JBO-08-3 جمالی دارای ماتریکس رسی (غیر کربناته) قرمز رنگ هستند و در زمینه علاوه بر کوارتز و ترکیبات آهن‌دار، کانی آمفیبول و میکا (موسکویت) نیز مشاهده می‌شود. شماره ۲ بدرخانی از قطعات درشت کوارتز، پلاژیوکلاز و کلسیت به صورت پراکنده استفاده و باعث ایجاد بافت ناهمگن در این نمونه شده است. این نوع بافت یا ساختار در نمونه‌های دیگر دیده نمی‌شود.

وجود کانی پلاژیوکلاز، آمفیبول و پیروکسن و میکا و بقایای سنگ آذرین در خمیره سفال تپه سیلک مشخص می‌کند که این نمونه از یک رسوب با منشأ آذرین تهیه شده است که وجود سنگ‌های آذرین در منطقه و رسوبات حاصل از این سنگ‌ها، تأیید کننده بومی بودن این گونه از سفال‌ها است (شکل ۶: ۱۵). در خمیره دو نمونه ۶ آشنا و ۶ گاویاران که از نظر ساختار نیز مشابه هم هستند، آثار و بقایای قطعات سنگ دگرگونی (میکاشیست) مشاهده می‌شود. این قطعات سنگی در نمونه‌های دیگر وجود ندارد. با توجه به وجود شاخصه‌های دیگر مانند: سنگ دگرگونی، آمفیبول، پلاژیوکلاز و... این دو نمونه از نظر منشأ یکسان هستند.

در خمیره نمونه شماره ۶ گورگای تپه، نمونه ۷ میدانک ۱ (شکل ۶: ۱۶)؛ شماره ۱ و ۳ بدرخانی (شکل ۶: ۱۷)؛ ۱ جمالی پیچ‌هایی از کربنات همراه با کلسیت ثانویه دیده می‌شود که علت آن نفوذ آب و سیالات حاوی کربنات و رسوب‌گذاری و تشکیل کلسیت ثانویه در این نمونه است. در نمونه شماره 1-JBR-12 جمالی آثار و شواهدی از کربنات ثانویه دیده می‌شود که حاصل نفوذ آب و سیالات حاوی کربنات و رسوب کلسیت ثانویه در ماتریکس سفال شده است (شکل ۶: ۱۸). این فرآیند در نمونه شماره ۲ جمالی نیز مشاهده شده است.

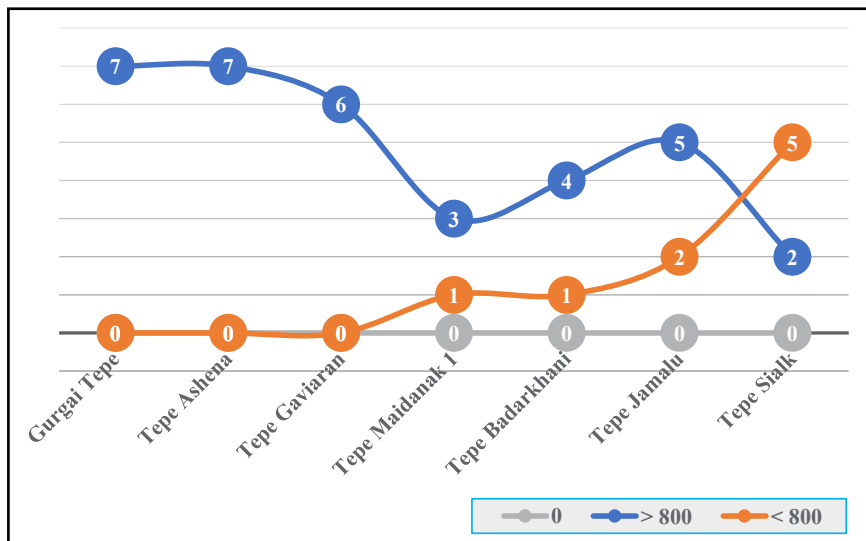
► شکل ۶: کانی‌شناسی نمونه‌ها: (۱) ۶ تپه‌گاوپاران، (۲) ۶ تپه‌آشنا، (۳) ۹ تپه‌جمالو، (۴) ۵ گورگای تپه، (۵) ۶ گورگای تپه، (۶) ۴ تپه‌جمالو، (۷) ۵ تپه‌بدرخانی، (۸) ۱۳ تپه-جمالو، (۹) ۲ تپه‌سیلک، (۱۰) ۶ تپه‌میدانک ۱، (۱۱) ۲ تپه‌بدرخانی، (۱۲) ۱۱ گورگای تپه، (۱۳) ۶ تپه‌آشنا، (۱۴) ۱۵ گورگای تپه، (۱۵) ۱ تپه‌سیلک، (۱۶) ۷ تپه‌میدانک ۱، (۱۷) ۱ تپه‌بدرخانی، (۱۸) ۱ تپه‌جمالو (نگارندگان، ۱۴۰۱).
 Fig. 6: Mineralogy, 1) 6 Tepe Gavyaran; 2) 6 Tepe Ashna; 3) 9 Tepe Jamalo; 4) 5 Gorgai Tepe; 5) 6 Tepe Jamalo; 6) 4 Tepe Jamalo; 7) 5 Tepe Badrkhani; 8) 13 Tepe Jamalo; 9) 2 Tepe Sialk; 10) 6 Maidandak 1; 11) 2 Tepe Badrkhani; 12) 11 Gorgai Tepe; 13) 6 Tepe Jamalo; 14) 15 Gorgai Tepe; 15) 1 Tepe Sialk; 16) 7 Tepe Maidandak; 17) 1 Tepe Badrkhani; 18) 1 Tepe Jamalo. (Authors, 2022).



مقایسه ماده چسباننده: تمام عناصری که در گزارش از آن‌ها به‌عنوان اجزای سازنده نام برده شده، جزو مواد پرکننده سفال محسوب می‌شوند، اما آن‌چه در این بخش مدنظر است ماده پرکننده اصلی یا همان ماده چسباننده است که از آن به‌عنوان ماده چسباننده نام برده شده است. با مشاهده تصاویر میکروگراف نمونه‌های مورد مطالعه، مشخص شد که در بیشتر نمونه‌های سفالی سیلک III از کوارتز به‌عنوان ماده چسباننده استفاده شده است. کانی کوارتز به‌عنوان تشکیل‌دهنده این نمونه‌ها اغلب به‌صورت فنوکریست (تک بلور) دیده می‌شود و به مقدار محدود به‌صورت پلی‌کریستالین است. این کانی دارای حاشیه زاویه‌دار تا نیمه گرد شده است که نشان‌دهنده جابه‌جایی کم آن از محل اولیه و یا اضافه کردن سیلیس به خاک منشأ توسط سفالگر است. فراوانی این کانی در حدود ۲-۵٪ حجم نمونه‌ها است. اندازه کانی کوارتز در نمونه‌ها از ۲۰ میکرون تجاوز نمی‌کند و نوع فنوکریست آن غالب و کوارتز پلی‌کریستال در برخی نمونه‌ها دیده نمی‌شود. تک نمونه حاوی سنگ چرت (نمونه ۱۵ گورگای تپه) که حجم و شکل ظاهری آن نشان می‌دهد که به احتمال زیاد سنگ چرت در خاک مورد استفاده برای ساخت سفال وجود داشته و اتفاقی بوده است. در نمونه‌های ۶ آشنا و ۶ گاوپاران از سنگ دگرگونی و سنگ‌های سیلیسی به‌عنوان ماده چسباننده یا پرکننده استفاده شده است.

دمای پخت: برای بررسی درجه حرارت پخت سفال از کانی کلسیت استفاده می‌شود. کانی کلسیت و یا کانی‌های با بنیان کربناته در دمای ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد در اثر حرارت از بین می‌روند و با توجه به زمین‌شناسی منطقه که سازندها و رخنمون‌های کربناته در منطقه به‌وفور وجود دارد، نبود کانی کلسیت در سفال‌های مطالعاتی، نشان از درجه حرارت بیش از ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد برای این سفال‌ها است. همان‌طور که در جدول ۲ آمده است، نمونه‌های دارای کلسیت ریز بلور و کلسیت ترکیب با خمیره، نشان می‌دهد درجه حرارت پخت سفال‌های گورگای تپه از ۸۰۰ درجه فراتر نرفته است. به دلیل وجود کلسیت و کانی‌هایی با بنیان کربناته در تمام نمونه‌ها دمای پخت سفال‌های تپه آشنا و گاوپاران کمتر از ۸۰۰ درجه

سانتی‌گراد است. در تمام نمونه‌های میدانک و بدرخانی به استثناء دو نمونه ۶ میدانک ۱ و ۶ بدرخانی کانی کلسیت دیده می‌شود که نشان‌دهنده دمای پخت کمتر از ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد در این سفال‌ها است. دو نمونه ۴-۰۸-۰۸ و JBO-08-3 جمالی فاقد کربنات بوده و دمای پخت بیش از ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد را تحمل کرده‌اند. به استثناء دو نمونه ۳ و ۴ جمالی در دیگر نمونه‌ها کانی کلسیت دیده می‌شود که نشان‌دهنده دمای پخت کمتر از ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد در این سفال‌ها است. همان‌طور که در جدول آمده است نمونه‌های سیلک ۲ و ۵ دارای کربنات بوده که نشان می‌دهد درجه حرارت پخت آن‌ها از ۸۰۰ درجه فراتر نرفته است و دیگر نمونه‌ها دمای پخت بیش از ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد داشته است. به منظور درک بهتر دمای پخت نمونه‌ها براساس هر محوطه، دمای پخت آن‌ها مقایسه شده است (نمودار ۱).



نمودار ۱: مقایسه دمای پخت نمونه‌های مورد مطالعه (نگارندگان، ۱۴۰۱).

Chart 1: Comparison of Cooking Temperatures for Samples Collected from All Sites (Authors, 2022).

بحث و تحلیل

در این بخش سعی بر تحلیل و واکاوی سؤالات و ارزیابی فرضیات پژوهش و نتیجه‌گیری برحسب نتایج آزمایش‌های صورت‌گرفته بر روی داده‌های مورد مطالعه است که تا حدودی مطالب ارائه شده را از منظری دیگر بازگو می‌کند. در این پژوهش چند پرسش اساسی مطرح گردید؛ پرسش اول در این مورد بود که، سفال سیلک III حوضه رودخانه زاینده‌رود از نظر فنی و ظاهری دارای چه ویژگی‌هایی است؟ در این راستا فرضیه این بود که این سفال (سفال سیلک III) پخت کافی، رنگ خمیره نخودی، نقوش هندسی، گیاهی، حیوانی و ترکیبی از این نقوش با هم دیگر دارد و فرم غالب آن‌ها را کاسه، دیگچه، لیوان و بشقاب تشکیل می‌دهد. اگرچه سفال‌های دوره III سیلک خیلی بهتر و دقیق‌تر از سفال‌های دوره قبل یعنی سیلک II، فرهنگ چشمه‌علی ساخته شده‌اند، اما می‌توان آن‌ها را به دو دسته خشن و ظریف طبقه‌بندی کرد. در خمیره ظروف خشن به‌وفور از قطعات درشت و فراوان کلسیت و ترکیبات آهن‌دار استفاده شده که باعث ایجاد یک بافت سیلتی

ناهمگن شده است؛ درحالی‌که گِل سفال‌های ظریف که درصد بیشتری را به خود اختصاص داده فاقد ناخالصی است و در خمیره آن‌ها کانی کوارتز و ترکیبات آهن‌دار همراه با کلسیت محدود دیده می‌شود که بافت و ترکیب خمیره رس-کربناته و همگن را به وجود آورده است؛ البته طبق گفته‌ی گیرشمن، از لایه‌ی شماره‌ی چهار به بعد گل تمامی سفال‌ها به خوبی ورز داده شده، ناخالصی‌های آن تصفیه شده و از ماده‌ی چسباننده‌ی غیرارگانیک (شن و ماسه) و گاهی گاه به‌عنوان ماده‌ی چسباننده استفاده شده است. این سفال‌ها با درجه‌ی حرارت مناسبی پخته شده‌اند. برای بررسی درجه‌ی حرارت پخت سفال از کانی‌کلسیت استفاده شد. کانی‌کلسیت و یا کانی‌هایی با بنیان کربناته در دمای ۸۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد در اثر حرارت از بین می‌روند و با توجه به زمین‌شناسی این مناطق که سازندها و رخنمون‌های کربناته به وفور وجود دارد، نبود کانی‌کلسیت در سفال‌های مطالعاتی، نشان از درجه‌ی حرارت بیش از ۸۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است؛ البته درصد بیشتر نمونه‌ها (۳۴ نمونه)، درجه‌ی حرارت زیر ۸۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد (بین ۷۰۰ تا ۷۵۰) را تجربه کرده‌اند و تنها تعدادی (۹ نمونه) حدود و یا بالاتر از ۸۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد را نشان می‌دهند؛ اما در مجموع درجه‌ی حرارت کوره برای پخت سفال‌های باکیفیت، کافی بوده است. بیشتر نمونه‌های سیلک، دو مورد از جمالو و میدانک و بدرخانی هر یک، ۱ نمونه‌ی حرارت بالای ۸۰۰ را تجربه کرده‌اند. با مطالعه‌ی پتروگرافی نمونه‌ها مشخص شد که از نظر بافت یا پتروفابریک، نمونه‌ی سفال‌های گورگای تپه؛ آشنا؛ گاویاران و تمامی نمونه‌های میدانک ۱ بافت ریزدانه یا سیلتی همگن دارند و نمونه‌های ۱۵ گورگای تپه؛ ۵ آشنا؛ ۱ و ۶ گاویاران؛ ۲، ۳ و ۵ بدرخانی؛ ۳، ۴ و ۹ جمالو و ۲ سیلک بافت ریزدانه یا سیلتی نوع ناهمگن دارند که در آن‌ها قطعات درشت کلسیت و کوارتز به صورت پرکننده مشاهده می‌شود. همراه با خمیره عناصری مانند: کوارتز، کلسیت، اکسید آهن و گاهی سنگ چرت و سیلت استون به‌عنوان ماده‌ی پرکننده سفال‌ها در نظر گرفته شده، اما در تمامی نمونه‌ها از کانی کوارتز به‌عنوان ماده‌ی چسباننده اصلی یا همان ماده‌ی چسباننده استفاده شده است. اگرچه در گزارش‌های سیلک بیشترین شکل سفال‌های دوره‌ی سوم را کاسه، خمره، جام با ته صاف و دیواره‌ی عمودی و دهانه‌ی گشاد، جام و پیاله پایه‌دار با تنوع در شکل جام و ارتفاع پایه و ظروف لوله‌دار و ظروفی به شکل حیوان معرفی کرده‌اند، اما پاسخ دادن به فرم ظروف براساس تعداد قطعات محدود مورد مطالعه که بیشتر بدنه‌ی ظرف هستند و درصد کمی از سفال‌های نوع سیلک را دربر می‌گیرند، منطقی به نظر نمی‌رسد. نقش مایه‌های هندسی با طرح‌هایی نظیر: مربع‌های هاشورخورده، مثلث‌ها، طرح‌های شطرنجی، خطوط موج‌دار و نقوشی به شکل فلس ماهی در کنار نقوش گیاهی و حیوانی در تزئین سفال این دوره به‌کار رفته است.

پرسش دوم هم در پی عمده‌ی شباهت‌ها و تفاوت‌های سیلک III حوضه‌ی رودخانه‌ی زاینده‌رود با نمونه‌های مشابه خود در محوطه‌ی سیلک بود؟ که فرضیه‌ی دیگر پژوهش بر این اساس شکل گرفت؛ با این وجود برخی شباهت‌ها در نوع نقش و فرم سفال فلات با منطقه‌ی مورد مطالعه، به نظر می‌رسد سفال منطقه‌ی مورد مطالعه، دست‌ساز است درحالی‌که سفال فلات چرخ‌ساز است.

به‌طورکلی سفال‌های این دوره نخودی رنگ هستند و در هر دو سطح بیرونی و درونی دارای پوشش نخودی رقیق هستند؛ هرچند در دولایه آخر دوره سوم، سفالینه خاکستری رنگ است که غالباً به‌سوی یک رنگ مایل به سبز گرایش می‌یابد. در سه لایه اول دوره سوم از چرخ سفالگری استفاده نشده و تمامی سفال‌ها دست‌ساز هستند. البته می‌توان پیدایش چرخ سفالگری کوچک را به لایه دوم نسبت داد. این چرخ کوچک در لایه شماره ۴ جای خود را به چرخ سفالگری داد و از این لایه به بعد تقریباً تمام سفال‌ها با چرخ ساخته شده‌اند. در فرضیه عنوان شده است که این‌گونه سفال‌ها جز در خود سیلک دست‌ساز هستند. این مشخصه تنها با بررسی شکل ظاهری و بخش‌های داخلی سفال قابل دستیابی است. در این مورد خاص نیز با بررسی کامل قطعات سفالی مورد مطالعه و توجه به انحنای بدنه، تناسب در قطر و ضخامت قطعه در قسمت‌های مختلف آن، اثرات حرکت انگشتان دست سفالگر برای شکل‌دهی آن و عدم وجود رد چرخ بر روی قطعات، این نتیجه حاصل شد که تمام نمونه‌ها دست‌ساز هستند و هنوز اثری از چرخ سفالگری در این دوره در کل حوضه زاینده‌رود مشاهده نمی‌شود.

همان‌طورکه در جدول ۲، دیده می‌شود کانی کوارتز و ترکیبات آهن‌دار و کلسیت در تمام نمونه‌ها وجود دارد و اختلاف آن‌ها در میزان درصد فراوانی این کانی‌ها در خمیره سفال‌ها است؛ البته به دلیل همجواری این محوطه‌ها و شرایط مشابه زمین‌شناسی آن‌ها طبیعی به نظر می‌رسد. تنها تفاوت پارز، نمونه ۱۵ گورگای است که مقادیری سنگ چرت در ترکیب خود دارد که منشأ متفاوت آن‌را نشان می‌دهد. وجود بقایای سنگ آذرین در خمیره سفال تپه سیلک مشخص می‌کند که این نمونه از یک رسوب با منشأ آذرین تهیه شده است که وجود سنگ‌های آذرین در منطقه و رسوبات حاصل از این سنگ‌ها، تأییدکننده بومی بودن این‌گونه از سفال‌ها است. در خمیره دو نمونه ۶ آشنا و ۶ گاویاران که از نظر ساختار نیز مشابه هم هستند، آثار و بقایای قطعات سنگ دگرگونی (میکاشیست) همراه با کوارتز فراوان در خمیره سفال مشاهده می‌شود. میزان فراوانی کلسیت در این نمونه کم است؛ هم‌چنین اندازه اجزا موجود در خمیره نسبت به نمونه ۶ آشنا کوچک‌تر است. این قطعات سنگی در نمونه‌های دیگر وجود ندارد. با توجه به وجود شاخصه‌های دیگر مانند: سنگ دگرگونی، آمفیبول، پلاژیوکلاز و ... این دو نمونه از نظر منشأ یکسان هستند؛ هم‌چنین در برخی از نمونه‌ها مانند نمونه‌های ۳، ۷ و ۹ جمالو و ۶ گاویاران شواهدی از وجود سنگ سیلت استون دیده می‌شود. در نمونه ۹ علاوه بر سنگ سیلت استون، کوارتز پلی‌کریستال، کلسیت و کانی میکا نیز دیده می‌شود. این موارد جز نمونه‌های موجود از نظر اختلاف بین نمونه‌ست که با انجام مطالعات دقیق ICP یا XRF می‌توان در مورد منشأ دقیق سفال‌ها صحبت کرد.

نتیجه‌گیری

چگونگی ویژگی‌های سفال سیلک III حوضه رودخانه زاینده‌رود از نظر فنی و ظاهری (ترکیب و درصد عناصر موجود در بافت، نحوه و تکنیک پخت و میزان

حرارت موردنیاز کوره در فرآیند تولید آن‌ها) و عمده شباهت‌ها و تفاوت‌های سفال سیلک III حوضه رودخانه زاینده‌رود با نمونه‌های مشابه خود در محوطه سیلک از اهداف و پرسش‌های اصلی این پژوهش بودند. مقایسه نتایج مطالعات میکروسکوپی نمونه‌های سفالی سیلک III در حوضه مطالعه شده نشان می‌دهد که این سفال‌ها با وجود تفاوت جزئی در چند نمونه، نه تنها از لحاظ شکل ظاهری و نقوش شباهت زیادی به نمونه‌های محوطه سیلک دارند؛ بلکه از نظر ویژگی‌های فنی، یعنی فضاهای خالی، ساختار، کانی‌شناسی، ماده چسباننده و هم‌چنین دمای پخت نیز بسیار به هم شباهت دارند. این سفال‌ها از نظر ورزدادگی و کیفیت خمیره وضعیت مشابهی دارند. از لحاظ ساختاری نیز با وجود تفاوت در چند نمونه، بیشتر آن‌ها وضعیت مشابهی دارند. کوارتز، کلسیت و اکسید آهن اجزای اصلی سازنده‌های سفال را تشکیل می‌دهند و از کوارتز به عنوان ماده چسباننده اصلی استفاده شده است. هم‌چنین در بیشتر نمونه‌ها به استثنای نمونه‌های تپه سیلک درجه حرارت کوره برای پخت سفال زیر یا نزدیک به ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد بوده است. اختلاف در پخت نمونه‌های سیلک با نمونه‌های سایر محوطه‌ها و وجود برخی از عناصر سنگ‌های آذرین یا سنگ چرت از مواردی است که نشان از منشأ متفاوت در ساخت سفال‌هاست و گرنه سفال منطقه آبخیز زاینده‌رود از هر نظر و به لحاظ تکنیکی با سفال نوع سیلک III تپه سیلک در یک گروه قرار دارد. با توجه به این نتایج و شباهت نمونه‌ها، برای پی‌بردن به منشأ ساخت آن‌ها، می‌توان تعدادی از نمونه‌هایی که شباهت ساختاری زیادی با محوطه‌های دیگر دارند یا نمونه‌هایی که از نظر ترکیب و اجزای سازنده تفاوت بارزی دارند را برای آزمایشات تکمیلی انتخاب کرد.

سپاسگزاری

در پایان نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از داوران ناشناس نشریه که با نظرات ارزشمند خود به غنای متن مقاله افزودند، قدردانی نمایند.

درصد مشارکت نویسندگان

این مقاله مستخرج از رساله نویسنده اول به راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم بوده است؛ بر همین اساس گردآوری مطالب توسط نویسنده اول و نگارش آن تحت نظارت نویسندگان دوم و سوم بوده است.

تضاد منافع

نویسندگان ضمن رعایت اخلاق نشر در ارجاع‌دهی و دقیق بودن آن در متن و انتهای مقاله، نبود تضاد منافع را اعلام می‌دارند.

پی‌نوشت

۱. نور پلاریزه و آنالیزور.

کتابنامه

- اسفندیاری، آذرمیدخت، (۱۳۷۸). جایگاه فرهنگ چشمه علی در فلات مرکزی ایران. تهران: معاونت پژوهشی سازمان میراث فرهنگی کشور.
- خطیب‌شهیدی، حمید؛ طاووسی، محمود؛ آیت‌الله‌زاده شیرازی، باقر؛ و صالحی‌کاخکی، احمد، (۱۳۸۶). «نظری اجمالی به محوطه‌های باستانی بخش چناررود شمالی چادگان در حوضه زاینده‌رود، از دوره کالکولیتیک تا پایان عصر آهن سوم». مجله علمی-پژوهشی دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه اصفهان، ۲ (۴۸): ۲۷-۵۷.
- رفیعی، لیل، (۱۳۷۷). سفال ایران. تهران: انتشارات یساوی.
- زاگارل، آلن، (۱۳۸۷). باستان‌شناسی پیش‌ازتاریخ منطقه بختیاری؛ ظهور شیوه زندگی در ارتفاعات. ترجمه: کوروش روستایی، شهرکرد: سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان چهارمحال و بختیاری.
- شهبازی‌تبار، زهرا، (۱۴۰۱). «بررسی کانی‌نگاری سفالینه‌های سیلک III در حوضه آبخیز زاینده‌رود». پایان‌نامه کارشناسی ارشد باستان‌شناسی، دانشگاه شهرکرد (منتشر نشده).
- صالحی‌کاخکی، احمد، (۱۳۸۶). «بررسی باستان‌شناختی بخش‌های چناررود و بن‌رود در حوضه زاینده‌رود». رساله دوره دکتری باستان‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس (منتشر نشده).
- طرح توسعه و عمران (جامع) شهر داران، ۱۳۹۰، مسکن و شهرسازی.
- طلایی، حسن؛ و علی‌یاری، احمد، (۱۳۸۵). «تحلیل ساختار و الگوهای طراحی نقوش حیوانی سفال‌های چشمه علی و سیلک III در شمال مرکزی ایران». مجله علمی-پژوهشی دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران، ۵۷ (۲-۱۸۰): ۴۶-۲۷.
- طلایی، حسن، (۱۳۹۰). هشت هزار سال سفال ایران. تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی سمت.
- طلایی، حسن، (۱۳۹۳). ایران پیش‌ازتاریخ: عصر مس سنگی. تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی سمت.
- فاضلی‌نشلی، حسن، (۱۳۸۶). تغییرات سیاسی و اجتماعی دشت قزوین (کاوش‌های باستان‌شناسی تپه قبرستان). میراث فرهنگی، پژوهش‌های باستان‌شناسی.
- کابلی، میرعابدین، (۱۳۷۹). بررسی‌های سطحی منطقه قمرود. چاپ اول، معاونت پژوهشی سازمان میراث فرهنگی کشور.
- کوثری، یحیی، (۱۳۴۷). «سومین گزارش هیأت بررسی اصفهان و چهارمحال و بختیاری». آرشیو اداره کل باستان‌شناسی و فرهنگ عامه، کد ۲۵۸ (منتشر نشده).
- گیرشمن، رومن، (۱۳۷۹). سیلک کاشان. جلد اول، ترجمه اصغر کریمی، تهران: انتشارات سازمان میراث فرهنگی.

- مجیدزاده، یوسف، (۱۳۵۶). «حفریات تپه قبرستان - سگزآباد». مارلیک ۲، نشریه مؤسسه و گروه باستان‌شناسی و تاریخ‌هنر. ضمیمه مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران: ۷۱-۵۳ و لوح‌های: ۹۶-۶۶.
- ملک‌شهمیرزادی، صادق، (۱۳۸۲). ایران در پیش‌ازتاریخ، باستان‌شناسی ایران از آغاز تا سپیده دم شهرنشینی. تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور.
- نصرتی، سمیه، (۱۳۹۰). «بررسی فن‌آوری سفالگری هزاره چهارم پ.م با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی XRD و XRF در شمال مرکزی ایران (بررسی موردی سفال‌های سیلک III، اریسمان و قبرستان II)». پایان‌نامه کارشناسی ارشد باستان‌شناسی، دانشگاه هنر اصفهان (منتشر نشده).
- نوکنده، جبرئیل؛ و یوسفی، حسن، (۱۳۸۸). کاوش در دوره سوم سیلک، در صیادان سیلک: گزارش فصل چهارم طرح بازرگاری سیلک، به کوشش صادق ملک شهمیرزادی. تهران: انتشارات پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری.
- یوسفیان، راحله، (۱۳۹۶). «برهم‌کنش فرهنگی در دوره مس و سنگ حوضه آبریز زاینده‌رود در چادگان، فریدن و فریدون‌شهر با مناطق هم‌جوار براساس مطالعه و گونه‌شناسی سفال‌های به‌دست‌آمده از بررسی‌های باستان‌شناسی». پایان‌نامه کارشناسی ارشد باستان‌شناسی، دانشگاه شهرکرد (منتشر نشده).

References

- Ahmadi, H. & Shamsai, A., (2009). "Preliminary Site Selection of Pumped Storage Hydropower Plants - A GIS-based approach". *AUT Journal of Modeling and Simulation*, 41(2): 25-32. <https://doi.org/10.22060/miscj.2009.237>
- Biglari, F., Shidrang, S., Javeri, M. & Yazdi, M., (2007). "Qaleh Bozi: A Middle Paleolithic Industry with Bifacial Tools from Central Iran". *Paper presented at the 2007 annual Paleoanthropology Society Meetings*. Philadelphia. Penn. USA.
- Elhami R., Javeri M., Yazdi M. & Hamedani A., (2004). "Discovering and Introducing Paleolithic Cave in Ghaleh-Bozi Mountain. Pyrbakran. South west of Isfahan". *Paper presented at the 2004 annual Iranian geological organization meetings*. Tehran.
- Ellis, L., (2000). *Archaeological method and Theory*. New York & London, Garland publishing.

- Esfandiari, A., (1999). "Station of Cheshme Ali culture in the central plateau of Iran". Tehran: Research Deputy of the Cultural Heritage Organization of the country (In Persian).

- Fargher, L., (2007). "A Microscopic View of Ceramic Production: An Analysis of Thin-Sections from Monte Albán". *Latin American Antiquity*, 18: 313. <https://doi.org/10.2307/25478183>

- Fazeli Nashli H., Valipour, H. & Azizi Kharanaghi, H., (2013). "The Late Chalcolithic and Early Bronze Age in the Qazvin and Tehran Plains: A Chronological Perspective". In: Petrie, C. A. (ed.), *Ancient Iran and its Neighbors: Local Developments and Long-rang Interactions in the 4th Millennium B.C.*, Oxbow Books, Oxford: 104- 126. <https://doi.org/10.2307/j.ctvh1dn46.11>

- Fazeli-Nashli, H., (2008). "Political and social changes of the Qazvin plain (archeological excavations of the cemetery hill)". Cultural heritage, Archeology Research Institute. (In Persian).

- Girshman, R., (2000). *Sialk Kashan*. Volume 1, translated by: Karimi, A Cultural Heritage Organization Publications, Tehran. (In Persian).

- Girshman, R., (1938). *Fouilles De Sialk, Priès de Kashan 1933, 1934, 1937*. Vol. 1. Geuthner, Paris.

- Hall, M., Honeychurch, W., Wright, J., Batsaikhan, Z. & Bilegt, L., (1999). "Chemical Analyses of Prehistoric Mongolian Pottery". *Arctic Anthropology*, 36(1/2): 133-150.

- Jaubert, J., Biglari, F., Bordes, J-G., Bruxelles, L., Mourre, V., Shidrang, S., Naderi, R. & Alipour, S., (2006). "New Research on Paleolithic of Iran: Preliminary Report of 2004 Iranian-French Joint Mission". *Archaeological Reports*, 4: 17-26. Iranian Center for Archaeological Research. Tehran (In English. with Farsi abstract).

- Kabuli, M. A., (2000). *Surface Surveys of Qamroud Region*. First edition, Research Vice-Chancellor of the Cultural Heritage Organization of the country. (In Persian).

- Katibshahidi, H., Tavousi, M., Ayatollah ZadehShirazi, B. & Salehi Kakhki, A., (2007). "A brief overview of the ancient sites of the Chenarroud section of Chadegan North in the Zayandehroud basin, from the Chalcolithic period to the end of the 3rd Iron Age". *Scientific-research journal of Faculty of Literature and Human Sciences, University of Isfahan*, 2 (48): 27-57. (In Persian).

- Kothari, Y., (1968). "Third report of Isfahan and Chaharmahal and

Bakhtiari survey committee”. General Directorate of Archeology and Public Culture, code 258 (Unpublished), (In Persian).

- Livingood, P. C. & Cordell, A. S., (2017). “Point/Counter Point II: the Accuracy and Feasibility of Digital Image Techniques in the Analysis of Pottery Tempers using Sherd Edges”. In: *Integrative Approaches in Ceramic Petrography*, edited by: Mary F. Ownby, Isabelle C. Druc, and Maria A. Masucci: 196-214, University of Utah Press, Salt Lake City. <https://doi.org/10.2307/jj.33676899.18>

- Majidzadeh, Y., (1978). *Marlik Magazine*. Number 2. (In Persian).

- Majidzadeh, Y., (1976). “The Early Prehistoric cultures of central plateau of Iran, An Archaeological History of its Development During the fifth and fourth Millenium B.C”. Doctoral dissertation, The University of Chicago. (Ynpublished)

- Malek Shahmirzadi, S., (2004). *Iran before history, archeology of Iran from the beginning to the dawn of urbanization*. Iran's Cultural Heritage Organization, Tehran. (In Persian).

- Malek Shahmirzadi, S., (1977). “Tepe Zagheh: A Six Millemmium B.C Village in the Qazvin Plain of the Central Iranian plateau”. PhD, dissertation, University of Pennsylvania.

- Malek Shahmirzadi, S., (2004). “Sialk and its culture at a glance”. In: Stöllner. T. *et al.*, (eds.). *Persiens Antike Pracht*, Bochum: Bochum. Museum (English Version in DVD): 11.

- Nosrati, S., (2012). “Investigation of pottery technology of the 4th millennium BC using XRD&XRF laboratory methods in north-central Iran (case study of Silk III, Arisman&Gorestan II pottery)”. Master's Thesis, Isfahan University of Arts. (In Persian). (Unpublished).

- Noukandeh, J. & Yousefi, H., (2010). *Exploring the third period of Sialk, in Sialk sayadan: report of the fourth chapter of the sialk revision plan*. {by Sadegh Malek Shahmirzadi}, Publications of Cultural Heritage and Tourism Research Center, Tehran. (In Persian).

- Rafii, L., (1999). *Persian pottery: From prehistoric times to the present day*. Tehran: Yasavali Publications. (In Persian).

- Salehi-Kakhki, A., (2008). “Archaeological survey of Chenaroud and Benroud sections in Zayandehroud basin”. Archeology doctoral thesis, Tarbiat Modares University. (Unpublished), (In Persian).

- Sarhadi A. & Soltani S., (2013). “Determination of water requirements of the Gavkhuni wetland. Iran: A hydrological approach”.

Journal of Arid Environments, 98: 27-40. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2013.07.010>

- Schmidt, E. F., (1937). *Excavation at Tepe Hissar (Damghan)*. Philadelphia, the University Museum, the University of Pennsylvania Press. <https://doi.org/10.9783/9781512818574>

- Shafiee, A. H. & Safamehr M., (2011). "Study of Sediments Water Resources System of Zayanderud Dam through Area Increment and Area Reduction Methods. Isfahan Province. Iran". *Procedia Earth and Planetary Science*, 4: 29-38. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2011.11.004>

- Shahbazi, Z., (2023). "The Mineralogical Study of the Sialk III Ceramic in Zayanderud Watershed". Master's thesis in Archaeology, Shahrekord University (Unpublished), (In Persian).

- Talaei, H., (2012). *Organization for the Study and Compilation of Books on Humanities, Semit, Tehran*. (In Persian).

- Talaei, H., (2015). *Iran before the history of the Stone Age*. Organization for the study and editing of humanities books, Samt, Tehran. (In Persian).

- Talai, H. & Aliyari, A., (2007). "Analysis of the structure and design patterns of animal motifs of Chashme Ali and Silk III pottery in north-central Iran". *Scientific-research journal of Faculty of Literature and Human Sciences, University of Tehran*, 180-2 (57): 27-46. (In Persian).

- Yousefian, R., (2018). "Cultural interaction in the copper and stone age of the Zayandehrud basin in Chadegan, Feridan and Feridunshahr with neighboring areas based on the study and typology of pottery obtained from surveys Archeology". Master thesis of Archaeology, Shahrekord University (Unpublished), (In Persian).

- Zagarel, A., (2008). *Prehistoric archeology of Bakhtiari region; Emergence of the way of life in the highlands*. Translation: Roustaie, Kurosh, Shahrekord, Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism Organization of Chaharmahal and Bakhtiari Province. (In Persian).

- Zagarell, A., (1982). *The Prehistory of The Northeast Bakhtiyari Mountains, Iran; The Rise of a Highland Way of Life*. Beihefte Zum Tubinger Atlas des Vorderen Orients 42, Wiesbaden: Dr. Ludwing Reichert Verlag.