پژوهه باستان‌سنجی ۱۴۰۲؛ ۹(۱): ۸۷-۱۱۳

پژوهه باستان‌سنجی

DOI: 10.52547/jra.9.1.346

URL: http://jra-tabriziau.ir/

مقاله پژوهشی

مطالعهٔ ساختارشناسی نمونه‌های ملاط گچی از سه دوره تاریخی و چهار اقلیم ایران

یاسر حمزوی [۱*]، سیدمحسن حاجی سید جوادی [۲]، مریم مصلح [۳]

۱. دانشیار پژوهشکدهٔ بناها و بافت‌های فرهنگی تاریخی، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران

۲. استادیار گروه هنر و معماری، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۳. کارشناس‌ارشد رشتهٔ پژوهش هنر، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۱ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۳**

چکیده

معمولاً در نقاط مختلف ایران با توجه به اقلیم و با توجه به مصالح بومی، ملاط مناسب برای ساخت بنا و برای اندود و آرایه‌های معماری انتخاب می شده است. مطالعهٔ ساختار شناسی ملاط پنج بنا که در چهار اقلیم متفاوت ایران قرار دارند و مربوط به سه دورهٔ تاریخی هستند می‌تواند بر سی‌های اندک گذشته در خصوص شناخت فنی ملاط در دورهٔ ساسانیان، سلجوقیان و ایلخانان مغول را تکمیل‌تر کند. این شناخت از سه جهت می‌تواند ارزشمند باشد: شناخت دانش فنی ساخت ملاط در دوره‌های تاریخی؛ کمک به حفظ آثار باقی‌مانده در بناهای موردمطالعه؛ کمک به مهندسی معکوس و ساخت ملاط مناسب برای مرمت آثار. پژوهش حاضر باهدف دستیابی به پارامترهایی که بیشترین تأثیر در استحکام و ماندگاری ملاط گچی در دوره‌های تاریخی را دارد، انجام شده است. در این راستا، از بناهای موردمطالعه، نمونه‌برداری انجام پذیرفت که با استفاده از آنالیزهای (XRD, XRF, EDS) و مطالعه با میکروسکوپ دیجیتال و همچنین SEM به ارزیابی و مقایسه میان این ملاط‌ها اقدام شد. نتایج حاصل از پژوهش گویای این مهم است که تفاوت اقلیمی و تفاوت دوره‌های تاریخی تأثیر زیادی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ملاط گچی ندارد. دو پارامتر تأثیرگذار (که تأثیر پارامتر دوم بیشتر است) که در نتیجهٔ پژوهش حاضر ثابت شد، الف: میزان و چگونگی ترکیب مواد برای ساخت ملاط ب: چگونگی عمل‌آوری ملاط، است. استادکاران سنتی برای ماندگار کردن اثرشان، در مرحلهٔ عمل‌آوری ملاط، تلاششان را کرده‌اند تا به کیفیت موردنیاز و متناسب با اقلیم برسند. یکی از نکات مهمی که برای چگونگی عمل‌آوری و حتی ترکیب ملاط گچی مدنظر بوده، کارکرد ملاط است. معمولاً ملاط گچی با سه کارکرد (ملاط بین مصالح سنگ و آجر، ملاط برای اندود سطوح، ملاط برای آرایه‌های گچی) اجرا می‌شده که هر کدام به زیربخش‌هایی نیز قابل تقسیم است و همهٔ این‌ها در چگونگی عمل‌آوری ملاط تأثیر دارد.

واژگان کلیدی: ساختارشناسی، ملاط گچی، دورهٔ ساسانیان، سلجوقیان، ایلخانان مغول

* نویسندهٔ مسئول مکاتبات: تهران، خیابان امام‌خمینی، خیابان سی‌تیر، روبروی ساختمان موزه ملی ایران، شماره ۲، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، کد پستی: ۱۱۳۶۹۱۳۴۳۱.

پست الکترونیکی: yaserhamzavi99@gmail.com

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]

[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

۱. مقدمه

یکی از پیچیده‌ترین و خاص‌ترین مصالح سنتی در ایران ملاط گچی است. استادکاران سنتی و هنرمندان گچ‌بر در طی هزاران سال توانسته‌اند به برخی از این ویژگی‌ها دست پیدا کنند و با تجربه‌اندوزی آثار متنوعی را خلق کنند، چراکه با کم یا زیادشدن مقدار آب یا مقدار افزودنی و یا حتی ورز دادن کم یا زیاد می‌توان به ملاط‌هایی با ویژگی‌های متفاوت دست‌یافت. عصر تکامل و روشمند شدن هنر گچ‌بری در آرایه‌های معماری پیش از اسلام را به دورهٔ ساسانیان نسبت می‌دهند [1] و اوج هنر گچ‌بری در دوران اسلامی، سدهٔ هفتم و هشتم ه.ق. است[2]. از بناهای شاخص دورهٔ ساسانیان که نسبت به اهمیت آثار، مطالعهٔ کمی بر روی آن‌ها انجام‌شده، کاخ اردشیر بابکان در فیروزآباد و مجموعهٔ تخت سلیمان در آذربایجان است. در آثار تخت سلیمان، دو دورهٔ شاخص دیده می‌شود: دورهٔ ساسانیان و دورهٔ ایلخانان مغول. آرایه‌های گچی مسجد جامع گز و مسجد سین اصفهان ازجمله آثار ارزشمند پیش از ایلخانان مغول است که مطالعهٔ تخصصی بر روی آن‌ها انجام‌نشده است. کاخ حریرهٔ کیش هم به دلیل قرارگیری در جزیره‌ای در جنوب ایران، نسبت به بناهای مرکز و شمال غربی ایران، ملاط متفاوتی دارد. متأسفانه همهٔ بناهایی که نام‌برده شد، آسیب‌دیده و بخش‌هایی از آن‌ها به مرور زمان از بین رفته است.

در پژوهش حاضر (به دلیل محدودیت حجم مطالب در یک مقاله و تنوع اقلیمی در نقاط مختلف ایران) فقط چند اقلیم انتخاب شد: اقلیم سرد و مرطوب شمال غرب ایران، اقلیم گرم و خشک منطقهٔ شمال اصفهان، اقلیم گرم و نیمه مرطوب استان فارس و اقلیم گرم و مرطوب دریایی در جزیرهٔ کیش. در این اقلیم‌ها، سه دورهٔ تاریخی مهم که از ملاط گچی به‌خوبی استفاده‌شده است عبارت‌اند از: دورهٔ ساسانیان، دورهٔ سلجوقیان و دورهٔ ایلخانان مغول. در اقلیم‌های گفته‌شده و دوره‌های تاریخی ذکرشده بناهای شاخص برای نمونه‌برداری و مطالعهٔ فنی انتخاب شدند. برای حفاظت صحیح این آثار تاریخی ارزشمند، لازم است مطالعات ساختارشناسی و فن‌شناسی بر روی ملاط اندود و ملاط آرایه‌های معماری انجام شود. در مرحلهٔ بعد، متخصصان می‌توانند آسیب‌های وابسته به ساختار و فرایندهای فرسایش آن را به‌صورت علمی و دقیق بررسی نموده و بشناسند. در این راستا، پرسش‌های اصلی پژوهش را می‌توان به این صورت مطرح نمود: ویژگی‌های فنی ملاط در بناهای منتخب سه دورهٔ تاریخی و چهار اقلیم متفاوت در ایران چیست؟ چه پارامترهایی بیشترین تأثیر را در استحکام و ماندگاری ملاط گچی دارد؟

معمولاً در نقاط مختلف ایران با توجه به اقلیم و با توجه به مصالح بومی، ملاط مناسب برای ساخت بنا و برای اندود و آرایه‌های معماری انتخاب می‌شده است. همچنین ترکیب مواد معدنی و آلی، چگونگی عمل‌آوری و مراحل و چگونگی اجرا در دوره‌های مختلف متفاوت بوده و با تکیه بر تجربیات گذشته و آزمون‌وخطاها در طول ده‌ها و صدها سال کیفیت تغییر می‌کرده است. ملاط‌های گچی که در حال حاضر در اقلیم‌های مختلف ساخته و اجرا می‌شود، از استحکام کافی برخوردار نبوده و پس از چند سال فرسایش پیدا می‌کند. الگوپذیری از دانش و تجربهٔ گذشته به روش مهندسی معکوس می‌تواند تا حدی مشکل ساخت ملاط گچی با استحکام بالا و ماندگاری بیشتر را برطرف نماید.

همچنین در حوزهٔ حفاظت و مرمت، اگر بدون مطالعه، به‌صورت یکسان برخوردهای حفاظتی در خصوص این آثار انجام پذیرد و مواد و مصالح و فن ساخت اثر مدنظر قرار نگیرد، قطعاً بخشی یا بخش‌هایی از اثر تاریخی (به‌صورت مادی یا مفهومی) برای همیشه از بین خواهد رفت. همهٔ آثار تاریخی منحصربه‌فرد هستند و اگر بخشی از آن از بین برود، برای همیشه از بین رفته و قابل جبران نیست؛ بنابراین شناخت فنی هرکدام از این آثار برای حفظ و ماندگاری بیشتر، بسیار حائز اهمیت و تأثیرگذار خواهد بود. متأسفانه در بسیاری مواقع، مطالعات فنی بر روی آثار انجام نمی‌شود و چون اطلاعات دقیقی در دست نیست، با یک نسخهٔ واحد، بسیاری از آثار مرمت می‌شود. در مجامع بین‌المللی این موضوع پذیرفته‌شده است که هر بنای تاریخی و هر جزء بنا مانند ملاط و آرایه‌های معماری، باید به‌صورت مستقل موردمطالعه قرار گیرد. هم ازنظر مواد و مصالح و هم ازنظر عمل‌آوری مواد و

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]

[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

مراحل اجرا و ساخت آثار، هر اثر تاریخی موردمطالعه و شناخت قرارگیرد.

به نظر می‌رسد تفاوت اقلیمی در ترکیبات ملاط و در ادامه، در انسجام و استحکام ملاط بناهای تاریخی تأثیر زیادی داشته باشد ولی باید مطالعهٔ دقیقی بر روی نمونه‌های مختلف انجام پذیرد تا نهایتاً بتوان نتیجه‌گیری نمود. همچنین انتظار می‌رود ملاط‌های تاریخی هم‌دوره، از نظر ترکیبات، انسجام و استحکام شبیه به هم باشند. برای روشن شدن این ابهام نیز باید نمونه‌های ملاط تاریخی مورد مطالعهٔ فنی قرار گیرد. برخی نمونه ملاط‌های تاریخی به قدری محکم هستند که ملاط‌های جدید ازنظر استحکام هیچ‌گاه به آن نمی‌رسد. چه دلیلی یا چه ویژگی فیزیکی و شیمیایی در برخی ملاط‌های تاریخی وجود دارد و در حال حاضر برای ساخت ملاط سنتی، چه فاکتورهایی باید رعایت شود تا بتوان به ملاط مناسب دست یافت.

انجام این پژوهش به دلیل ارزش تاریخی بناهای انتخاب‌شده برای مطالعه، شناخت مواد و مصالح به‌کاررفته، حفاظت و نگهداری آن برای نسل‌های بعدی ضرورت دارد. انتخاب بناهایی از دوران تاریخی قبل از اسلام و دورهٔ اسلامی از چهار اقلیم مختلف و سه‌نقطهٔ دور از هم در ایران و نهایتاً مقایسهٔ آن‌ها با یکدیگر، برای شناخت، حفاظت، مرمت و نگهداری آثار و همچنین الگو گرفتن از هنر و فنون ساخت آن در آثار جدید می‌تواند از اهمیت بالایی برخوردار باشد. از طرفی مطالعهٔ هنری و فنی بر روی این مجموعهٔ آثار از چهار اقلیم ایران که نتایج با یکدیگر مقایسه شود، نیز انجام نپذیرفته است. با انجام این پژوهش، می‌توان اطلاعات ارزشمندی از ملاط و آرایه‌های معماری بناهای تاریخی نامبرده، به دست آورد. در این راستا، هدف پژوهش حاضر، شناخت ویژگی‌های فنی ملاط در آرایه‌های گچی بناهای منتخب دورهٔ ساسانیان و اسلامی در ایران است.

۲. معرفی کلی آثار موردمطالعه

الف: تخت سلیمان: مجموعهٔ تخت سلیمان یکی از بزرگ‌ترین آثار تاریخی آذربایجان غربی است [3] که در ۴۵ کیلومتری شمال تکاب در آذربایجان غربی قرار دارد [4]. این مجموعه به خاطر وجود آتشکدهٔ آن معروف به آذرگشنسب، از شهرت جهانی برخوردار است. تخت سلیمان شامل مجموعه‌ای از بنا و کاخ بوده که پیرامون دریاچهٔ طبیعی شکل‌گرفته و با یک دیوار بزرگ با ۳۸ برج دفاعی سنگی احاطه‌شده است [5]. این مجموعه، از شمال به مراغه، از جنوب شرقی به زنجان، از جنوب غربی به سقز و از جنوب به تکاب محدود است [6]. دژ تخت سلیمان از نوع نظامی نبوده، بلکه به‌منظور محافظت از تأسیسات مذهبی و اداری ایجادشده است. نقشه آن کمی شبیه به بیضی نامنظم است. بیشتر پژوهشگران آن را شهر دانسته، درصورتی‌که چنین نیست و آنچه از شواهد موجود می‌توان برداشت نمود، این‌که مجموعه بنایی شامل آتشکده، کاخ و بناهای مربوطه است [5]. این مجموعه چه به لحاظ وجود آثار باستان‌شناختی و چه به لحاظ ارتباط با مدارک مکتوب تاریخی و اسطوره‌ای در شمال و غرب ایران کاملاً منحصربه‌فرد است. هم‌اکنون در این مجموعه آثاری از اوایل دوره ساسانی تا دوره ایلخانان مغول شناسایی‌شده است. لیکن ازآنجایی‌که تاریخ نظری این مجموعه به دوره هخامنشی و اشکانی می‌رسد، بی‌تردید در صورت ادامه حفاری، آثار مهمی از دوره‌های پیش از ساسانی در این محل کشف خواهد شد [7]. این محوطه باستانی ارزشمند، در منطقه‌ای کوهستانی با آب‌وهوای ییلاقی، طبیعتی بکر و سرسبز، سرشار از جاذبه‌های کم‌نظیر طبیعی تاریخی واقع‌شده و در قلب مجموعه یادشده، بقایای آتشکده آذرگشسب بر پیرامون دریاچه‌ای همیشه جوشان و بر روی صخره‌ای سنگی ناشی از رسوبات دریاچه، محصور است. آثار معماری خاص مانند چهار تاقی آتشکده و تأسیسات مذهبی وابسته بدان، معبد منسوب به آناهیتا، کاخ‌های دوران ساسانی و بناهای مربوط به سلاطین ایلخانی قرار دارد [6]. اوج عظمت و شکوه تخت سلیمان دوره‌های ساسانیان و ایلخانان مغول است [8] (شکل ۱) و (شکل ۲). تخت سلیمان دارای دو دروازه در شمال و جنوب شرقی است که هر دو متعلق به دوره استقرار ساسانیان است، ولی در دوره ایلخانان مغول، دروازه جنوب شرقی مسدود و دروازه‌ای در جنوب ساخته‌شده است. آنچه نتایج باستان‌شناسان نمایان

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]

[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

ساخته است، وجود دو دوره استقرار مهم در محل است: یکی مربوط به دوره ساسانیان است که آثار آن در شمال دریاچه از زیر خاک در آمده است و دیگری متعلق به دوره ایلخان مغول - آباقاخان- که در اطراف دریاچه و جنوب آن است [9]. مطالعات تخصصی تخت سلیمان نخستین بار در سال ۱۹۲۷ م. توسط اشمیت که عکس‌های هوایی از آن تهیه و محدودهٔ آن را مشخص نمود، آغاز شد. در همان سال مطالعاتی توسط ویلبر و پوپ در آن انجام گرفت و نقشه‌هایی از آن تهیه گردید. افراد دیگری ازجمله: فون دراوستن و ناومان در سال ۱۹۵۹ م.، فون گال در سال ۱۹۶۰م.، هوف ۱۹۷۶م. مطالعات باستان‌شناسی در تخت سلیمان انجام داده‌اند. مطالعات و کاوش‌هایی نیز توسط گروه‌های ایرانی ازجمله: ابراهیم حیدری (۱۳۷۲–۱۳۷۵)، محمد مهریار (۱۳۷۵–۱۳۷۹) و یوسف مرادی (۱۳۸۰–۱۳۸۵) انجام شده است [5].

ب: کاخ اردشیر بابکان: اردشیر بابکان سرسلسلهٔ ساسانی احتمالاً بنای کاخ مستحکم خود را به پایان رسانده بود که بر اردوان پنجم آخرین پادشاه اشکانی غلبه یافت [10]. اردشیر کاخ خود را در خارج شهر در نیمهٔ اول سدهٔ سوم میلادی در نزدیک فیروزآباد استان فارس [11] در سال ۲۲۴ م. ساخت [12]. برخی این بنا را کاخ و گروهی دیگر آن را آتشکده نامیده‌اند (شکل ۳) و (شکل ۴).

در محل به کاخ ساسان معروف است. ابعاد این کاخ ۵۵ × ۱۰۴ متر بوده و دیوارهای آن ۴m قطر دارند. مصالح آن از سنگ لاشه و گچ است. در این بنا از آرایه گچی برای زینت استفاده‌شده که بقایای آن بر روی برخی نقاط بنا قابل‌مشاهده است. کاخ دارای ایوان بزرگی در ورودی (در راستای طولی بنا) بوده که در دو سوی آن دو اتاق عمود بر ایوان قرارگرفته‌اند. پوشش همه آن‌ها تاق ضربی است. ایوان به سه اتاق مربع گنبد دار منتهی می‌شود، پس‌ازآن نیز حیاط قرار دارد که در اطراف با اتاق‌هایی احاطه‌شده است. همه این اتاق‌ها به حیاط راه دارند. از ویژگی‌های مهم این کاخ می‌توان به تقارن و استفاده از گوشواره در ساخت گنبد اشاره نمود. تمامی پژوهشگران اعتقاددارند که این کاخ مربوط به اردشیر اول ساسانی است اما این‌که کاخ فیروزآباد قدیمی‌تر است یا قلعه دختر، هنوز مورد اختلاف است [5]. در داخل کاخ، بر بالای طاقچه‌هایی که تاق هلالی دارند، گلویی‌های مصری ساخته‌شده که تقلیدی از گلویی‌های هخامنشی تخت‌جمشید هستند. تمایل به حفظ سنت‌های کهن در این مجموعه مشهود است [11]. در کاخ بزرگ ساخته‌شده در دره و همچنین در قلعه دختر در فیروزآباد طاقچه‌های دیواری متعددی با قاب‌های گچ‌بری شده مشخص و متمایز جلوه می‌کنند. ازآنجاکه هر دو کاخ به دورهٔ اردشیر اول قابل تاریخ‌گذاری هستند، نمونه‌هایی از قدیمی‌ترین کاربرد گچ‌بری در آرایه‌های معماری ساسانیان به شمار می‌روند [13]. آرایه‌های گچی کاخ فیروزآباد مربوط به سده‌ی سوم میلادی است [11]. در تمام دیوارهای بیرونی طاقچه‌هایی در فواصل منظم ایجادشده است و در اتاق‌های داخلی تاق‌ها و طاقچه‌های متعددی وجود دارند که برخی مزین به آرایه‌های گچی شبیه به نمونه‌های به سبک مصری است [12].

ج: مسجد سین: مسجد شهر سین در ۲۴ کیلومتری شمال اصفهان واقع‌شده (شکل ۵) و همراه با مناره آجرکاری متعلق به دوره سلجوقیان است. به‌موجب یک کتیبه سنگی به خط کوفی در اطراف محراب مسجد، مسجد را ابو غالب یحیی ابن زکریا در ۵۲۹ بناکرده است [14].

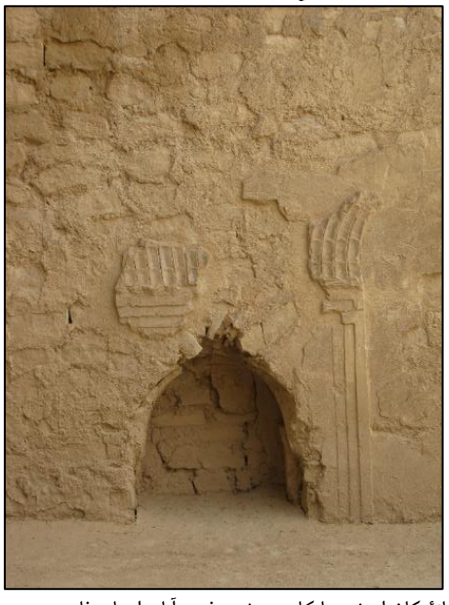
براساس کتیبه کوفی آجری بر بدنه پایه مناره که در چهار سطر ایجادشده، این بخش در ۵۲۶ ه.ق. [15] به‌وسیله ابو اسماعیل محمد بناشده است. عنصر شاخص در این مسجد مناره آجری در گوشه شمال غربی آن است که کهن‌ترین مناره کتیبه‌دار با تزیین کاشی محسوب می‌شود. درواقع مسجد سین مربوط به سال ۵۲۶ و ۵۲۹ ه.ق. است. از ویژگی‌های بنا، آرایه‌های محراب در ضلع جنوبی و در زیر گنبد اصلی محراب مسجد و آرایه‌های آجری و گچی ساخته شد و در این شیوه درون آجر و گچ پرشده و به‌صورت هنرکاری شکل‌گرفته است، قسمت فوقانی محراب و آرایه‌های آجر و گچ و هنر تخم‌گذاری گنج به‌صورت گره چینی تزیین‌شده است در تابه تمیز میان گنبد خانه و بخش جلویی آن، آرایه‌های آجری پیشبرد و توپی‌های گچی با نقوش گره‌چینی اجرا شده است [16].

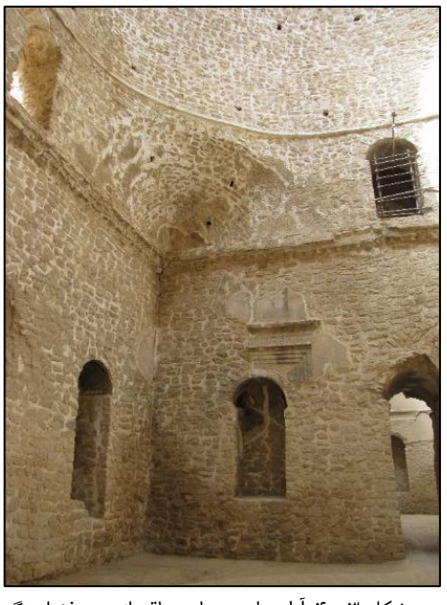
[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]

[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

شکل ۱. ایوان غربی معروف به ایوان خسرو (دورهٔ ساسانیان).
Fig. 1: The western porch known as Khosrow's porch (Sasanian period).

شکل ۲. کاخ شکار و آرایه‌های گچی آن از بخش ایلخانی مجموعهٔ تخت سلیمان.
Fig. 2: Shekar Palace and its plaster arrays from the Ilkhani section of Takht Suleiman complex.





شکل ۳ و ۴. آرایه‌های معماری باقیمانده در فضای گنبدخانهٔ کاخ اردشیر بابکان در شهر فیروزآباد، استان فارس.
Fig. 3 & 4: Remaining architectural arrays in the dome of Ardeshir Babakan Palace in Firozabad city, Fars province.

شکل ۵. محراب مسجد سین با تلفیق آرایه‌های آجری و آرایه‌های گچی برجسته و نقش‌گود.
Fig. 5: The mihrab of the Sin Mosque with a combination of brick arrays and prominent plaster arrays and carvings.

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]

[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

شکل ۶ ایوان شمال غربی مسجد جامع گز که شواهدی از دو دورهٔ تاریخی دارد. آرایه‌های معماری: تلفیق آرایه‌های آجری، گچی و کاشی.
Fig. 6: The northwest porch of Jame Gaz Mosque, which has evidence of two historical periods.

د: مسجد جامع گز: حمدالله مستوفی برج‌ها را از نواحی هشتگانه اصفهان با ۳۲ دیه معرفی کرده که بزرگ‌ترین آن گز دارای هزار خانه با بازارها مساجد حمام‌ها مدارس و خانقاه‌ها بود [17]. گز در ۱۸ کیلومتری اصفهان واقع‌شده است. در این شهر یک مسجد قدیمی از دوره سلجوقیان و بقایای منارهٔ آن دوره وجود دارد [18]. سابقاً مناره خیلی مرتفع‌تر از امروز بوده که به مرور زمان خراب‌شده و ریزش کرده است. با توجه به معماری مسجد و مناره سین که در شش کیلومتری این دهکده واقع است و به‌موجب یک کتیبه‌ی موجود، سال ساختمان آن را در ربع اول قرن ششم هجری می‌دانند [19].

مسجد جامع شهر گز در مرکز برخوار قرار دارد و به اعتقاد آندره گدار ایوان غربی آن، جرزها و ستون‌های کنار این ایوان در دوره سلجوقیان بناشده است (شکل ۶) [20] و ایوان‌های شرقی، جنوبی و شمالی آن در دوران پس از سلجوقیان افزوده‌شده است. نقشه مسجد شامل یک صحن مرکزی به ابعاد ۱۲m×۱۱m و چهار ایوان در چهار ضلع است. اصلی‌ترین آرایه‌های معماری مسجد جامع گز شامل آرایه‌های آجری و کاشی تک‌رنگ به شیوه معقلی است و در بخش‌هایی نیز آرایه‌های گچی کلوک‌بند در میان آجرها دیده می‌شود. آرایه‌های گچی که عمدتاً شامل کتیبه‌های گچ‌بری شده و همچنین برخی نقوش هندسی و گیاهی هستند در بازه زمانی عصر سلجوقی تا صفوی قرار می‌گیرند. در راهروی ورودی مسجد که بخش کهن‌تر مسجد نیز هست بر بالای ستون‌های آجری چهارقلو و لبه قوس‌ها، آرایه‌های گچی مشابه با آرایه‌های گچی سبک سامرا وجود دارد [16].

ه: عمارت اعیانی حریره: جزیره کیش در طول تاریخ به نام‌های کیش کاتئا یا کاتیا، کیان، گیان، اوآراکتا، قیس، قیس ملکان، دولت‌خانه و غیر سرشناس بوده است [21]. حمدالله مستوفی در نزهت‌القلوب از جزیره قیس به‌عنوان دولت‌خانه نام برده است [17]. شهر باستانی حریره واقع در شمال جزیره کیش به‌عنوان بندری مهم و مرکز ارتباطی بین چین و ایران محسوب می‌شده است. شکوفایی شهر باستانی حریره از اواسط سده چهارم هجری قمری تا اوایل سده دهم هجری قمری به مدت ۵۰۰ سال در اوج عظمت بود و بزرگ‌ترین و منسجم‌ترین بافت معماری را در مقایسه با شهرهای تاریخی ایران داشت. پررونق‌ترین دوره اسلامی کیش به سده هشتم هجری مربوط بوده به‌گونه‌ای که این قرن را باید دوره طلایی جزیره کیش و به‌تبع آن شهر باستانی حریره دانست [22].

در دوران اسلامی پس از انقراض آل‌بویه، سلاجقه کرمان بر خلیج‌فارس مسلط شدند و در جزیره کیش قلعه و شهر جدیدی ساختند. عمادالدوله نورانشاه (۴۷۷-۴۹۵ ه.ق) سلطان سلجوقی کرمان بر اهمیت این جزیره افزود و آن را مرکز بازرگانی خلیج‌فارس ساخت. همچنین زلزله سال ۳۶۶ ه.ق. در سیراف نیز مزید بر علت گردید و باعث شد که اشراف و تجار سیراف به کیش مهاجرت کنند و کیش ازنظر اقتصادی

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]
[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

رونق چندان پیدا کرد [23]. پس از مهاجرت بازرگانان از بندر سیراف به منطقه شمالی جزیره کیش بنیان شهری محکم و استوار به همراه برج و بارو و با وسعتی بالغبر ۱۲۰ هکتار آغاز و به نام شهر حریره معروف شد [24]. بقایای این شهر به‌صورت پشته‌های بزرگی از بناهای سنگی با ملاط و ساروج و گچ مشاهده می‌شود. این بناها از قلوه‌سنگ‌های شنی ساخته‌شده، روی بعضی از دیوارها پوشش گچی نمایان است. ارتفاع بعضی از بناها به بیش از شش متر می‌رسد که دال بر وجود طبقات متعدد است [25]. شهر حریره در زمان ایلخانان مغول بازسازی شد و تنها شهر ایلخانی است که بافت مسکونی داشته و دارای عناصر شهری است. عناصر این شهر متعلق به قرون هفتم و هشتم هجری قمری است [22]. محوطه شهر حریره از پشته‌ها و تپه‌های تشکیل‌شده است که براثر تخریب عناصر معماری و فروریختن اماکن مختلف یک شهر بندری به وجود آمده است [26]. ازجمله آثار معماری شاخصی که در طول کاوش‌های باستان‌شناختی از حریره به‌دست‌آمده بدین قرار است: مسجد کهن شهر حریره، کارگاه شیشه‌گری، مجموعه ساحلی، خانه اعیانی (شکل ۷)، حمام و خانه‌های مسکونی بخش شمال شرقی هستند که در کنار سایر آثار ازجمله قنات‌ها و تأسیسات مربوط به آب، تپه‌های کاوش نشده و آثار خط ساحل مجموعه یکپارچه شهری را تشکیل می‌دهند [27].

ساختمانی که از آن به‌عنوان خانه اعیانی نام برده می‌شود بنایی است که بعد از حفاری از دل خاک بیرون آمده و سپس مورد بازسازی و مرمت قرارگرفته است. در قسمت ورودی دو نیم‌برج در دیواره غربی قرارگرفته و دو سکو در دو طرف آن قبل از ورود به داخل خانه واقع‌شده است که نشانه‌هایی از پله‌هایی با کف پهن و ارتفاع بلند در بین این دو سکو باقی‌مانده است. بعد از گذر از بین این دو سکو به داخل فضایی می‌رسیم که همانند یک فضای مستقل عمل می‌کند و از سمت راست می‌توان به اتاق یا اتاق شاه‌نشین دسترسی داشت و از سمت چپ به فضاهای شمالی خانه و در مقابل بعد از گذر از بین دو راه‌پله که به طبقه بالا می‌رود به داخل حیاط مرکزی می‌رسیم [28].

شکل ۷. باقی‌مانده‌های آرایه‌های معماری عمارت اعیانی در کاخ حریره (شمال جزیرهٔ کیش).

Fig. 7: The remains of the architectural arrays of the noble mansion in Harireh Palace (North of Kish Island).

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]

[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

۳. پیشینه پژوهش

به‌طورکلی در جهت مطالعات فنی و ساختارشناسی ملاط گچی در ایران از روش‌هایی مانند XRD, XRF, SEM-EDS, FT-IR استفاده‌شده است [29-33]. همچنین در گزارش پژوهش‌های منتشرشده به زبان غیرفارسی نیز از روش‌ها و دستگاه‌هایی جهت مطالعات ساختارشناسی ملاط گچی نام‌برده شده که به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود: طیف‌سنجی رامان (Raman)، آنالیز عنصری فلورسانس اشعه ایکس (XRF)، طیف‌سنجی تفرق انرژی پرتو ایکس (EDX) [34], آنالیز عنصری فلورسانس اشعه ایکس (XRF) و میکروسکوپ الکترونی روبشی [35], XRD و DSC-TG [36]. همچنین از روش‌های شناخت فیزیکی و شیمیایی در این راه بهره برده شده است [37-40].

باید اشاره نمود که در خصوص مطالعهٔ فنی و مقایسهٔ تطبیقی آرایه‌ای گچی و ملاط دورهٔ ساسانیان و بناهای شاخص اوایل دوران اسلامی در ایران تاکنون مطالعهٔ جامعی صورت نگرفته است. برای نمونه به مهم‌ترین پژوهش‌های انجام‌گرفته در خصوص ساختارشناسی ملاط گچی اشاره خواهد شد: در مقاله‌ای، اوج هنر گچ‌بری در ایران (که از دورهٔ اشکانی آغاز می‌شود و تا دورهٔ قاجاریه ادامه دارد)، دورهٔ ایلخانان مغول معرفی‌شده است. در این پژوهش، بر اساس شیوهٔ شکل-دهی، میزان برجستگی نقوش و شگردهای فنّی و جزئیات اجرایی، آرایه‌های گچی ایران را تقسیم‌بندی کرده‌اند. از هرکدام از فن‌های اجرایی، نمونه‌هایی را نیز معرفی نموده‌اند [41]. در پژوهشی، اطلاعاتی از بلورهای گچ در نمونه ملاط‌های تاریخی ارائه‌شده که این پژوهش به کمک روش‌های دستگاهی شامل تهیه تصاویر SEM و آنالیز XRD انجام شده است [42]. دستگاه‌های مختلفی برای تشخیص نوع و ترکیبات نمونه ملاط‌ها کاربرد دارد که برای شناسایی ملاط در آرایه‌های معماری و اندودهای بدنه داخلی معبد صخره‌ای ورجووی از آنالیز ساختارشناسی (پتروگرافی مقطع نازک – در شناسایی XRD, XRF،) استفاده شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده، اندود بدنه‌ها از مخلوط گچ و آهک به همراه پرکنندهٔ پودر سنگ توف و خاکستر و همچنین الیاف گیاهی تشکیل‌شده است و پوشش سطحی آرایهٔ قطاربندی از ملاط ساروج مهره خورده است [43].

پژوهشی با هدف شناخت فنّی ملاط گچی کتیبهٔ ایوان بقعهٔ سید شمس‌الدین انجام‌شده است. در این راستا، از عمق و سطح کتیبهٔ گچی، آرایهٔ گچی قالبی و همچنین بستر گچی زیر این آرایه نمونه‌برداری انجام پذیرفته که با استفاده از آنالیزهای (XRD, XRF, SEM-EDS) به ارزیابی و مقایسه میان این ملاط‌ها اقدام شده است. نتایج حاصل از پژوهش گویای این مهم است که عمق و سطح کتیبهٔ گچی ازنظر ساختاری با یکدیگر متفاوت است که بخشی از تفاوت مربوط به زمان عمل‌آوری و اجرای کتیبه بوده و بخشی نیز مربوط به فرایند فرسایش ملاط است. فرسایش و تغییرات ساختاری در عمق کتیبه بیشتر از سطح بوده که باعث کم شدن استحکام آن شده است و از دلایل اصلی آن، نفوذ رطوبت و نمک‌های محلول از سمت دیوار تکیه‌گاه به عمق کتیبهٔ گچی است [44]. جهت ساختارشناسی ملاط‌های رنگی آرایه‌های گچی مدرسهٔ (کاروانسرای) گنجعلی‌خان کرمان اقدام به نمونه‌برداری شده (تعداد ۷ نمونه) و آنالیزهای XRD, EDS, FT-IR بر روی نمونه‌های مطالعاتی انجام پذیرفته است. در کنار مطالعات میدانی به سؤالات پژوهش پاسخ‌داده‌شده است. نتایج حاصل از پژوهش، گویای آن است که ملاط گچ با فازهای اصلی ژیپس و انیدریت در لایه‌های مختلف استفاده‌شده است. همچنین برای رنگی کردن ملاط قرمز و زرد از اکسید آهن (گوتئیت) استفاده‌شده و برای ملاط خاکستری از خاکستر و آهک استفاده‌شده است. همچنین مواد آلی (استفاده جهت تغییر کیفیت ملاط) در ساختار نمونه‌ها شناسایی نشد [45]. در پژوهشی با عنوان «بررسی و شناخت ساختار ملاط در برج بزرگ مجموعه ربع رشیدی تبریز»، از پنج نقطهٔ مختلف برج، پنج نمونهٔ ملاط تهیه و مطالعات XRD, XRF, SEM, FTIR، پتروگرافی و میکروسکوپ دیجیتال بر روی آن انجام شده است. در نتیجهٔ مطالعات مشخص شده که در همهٔ قسمت‌های برج، از پی گرفته تا بخش‌های بالایی که با سنگ ساخته شده، از ملاط آهکی استفاده شده است. در ملاط آهکی مقداری ماسه نیز به‌کار رفته و مقدار کمی خاک هم وجود دارد. برخلاف تصور اولیه، هیچ گچی در ترکیب ملاط شناسایی نشده است [46].

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]

[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

از اطلاعات پایه در خصوص گچ می‌توان به این نکته اشاره نمود: ژیپس در سیستم مونوکلینیک و کلاس پریسماتیک متبلور می‌شود [47]. بلورهای ژیپس در سه جهت رشد می‌کنند [48]. در خصوص چگونگی تشکیل و رشد بلورهای گچ به هنگام گیرش، مطالعاتی انجام‌شده است و نکاتی ارائه‌شده است: ژیپس در سیستم مونوکلینیک و کلاس پریسماتیک متبلور می‌شود [47]. بلورهای ژیپس در سه جهت رشد می‌کنند [48] و همچنین فرم‌های $(11\bar{1})$ و $(03\bar{1})$ که دارای سطوح و یال‌های محدب هستند و بلورهای غنچه مانندی را از ژیپس به وجود می‌آورند و اندیس‌های شکست در بلور ژیپس ۱/۵۳۰، ۱/۵۲۳، ۱/۵۲۱ وابسته به جهت مشاهده کریستال هستند [49].

در روند مطالعهٔ منابع مکتوب تخصصی در حوزهٔ پژوهش حاضر، نتایج ذیل حاصل شد که ادامهٔ مسیر را روشن می‌سازد: در خصوص ملاط بناهای انتخاب‌شده، یا هیچ‌گونه پژوهشی صورت نگرفته و یا بسیار اندک است. یکی از اهداف مطالعهٔ منابع مکتوب تخصصی، رسیدن به روش پژوهش است که درنتیجهٔ مطالعات مشخص شد در ایران برای ساختارشناسی ملاط گچی از روش‌های XRF, XRD ،SEM-EDS ،FT-IR، پتروگرافی مقطع نازک و استفاده‌شده و از میکروسکوپ دیجیتال و نوری نیز در این مسیر بهره برده شده است. در منابع غیرفارسی، به‌جز روش‌های گفته‌شده در بالا، از روش‌های Raman, DSC-TG نیز بهره گرفته‌شده است. در نتیجهٔ مطالعات انجام شده، برای سنجش استحکام ملاط‌های گچی تاریخی اقدامی صورت نگرفته است. در نتیجهٔ یک پژوهش، دلایل کم‌تر بودن استحکام در عمق ملاط نسبت به سطح لایه، مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین به جز بحث نوسانات رطوبتی و تبلور نمک‌های محلول در ساختمان ملاط، ترکیب مواد و چگونگی عمل‌آوری ملاط در زمان اجرا، حائز اهمیت است.

٤. مواد و روش‌ها

با توجه به ویژگی‌های پژوهش کاربردی، پژوهش حاضر یک پژوهش کاربردی است. شیوهٔ گردآوری اطلاعات در پژوهش حاضر به این صورت است: الف: مطالعات کتابخانه‌ای ب: مطالعات میدانی ج: مطالعات آزمایشگاهی. این پژوهش بر اساس ماهیت و روش، از نوع پژوهش‌های توصیفی–تحلیلی و آزمایشگاهی است. در پژوهش حاضر، قلمرو زمانی: دوره ساسانیان و دورهٔ اسلامی (سلجوقیان و ایلخانان مغول) و قلمرو مکانی: استان آذربایجان غربی، استان اصفهان، استان فارس، استان هرمزگان (کیش) است. با توجه به پرسش پژوهش و همچنین با تکیه‌بر مرور ادبیات پژوهش، استراتژی نمونه‌برداری تعیین شد. برای این مهم، تصمیم بر این شد که از پنج بنای منتخب که دسترسی به لایه‌های زیرین نیز وجود دارد و ازنظر مداخلات مرمتی، دست‌نخورده است، نمونه‌برداری انجام شود (جدول ۱).

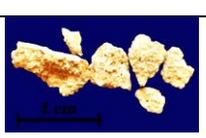
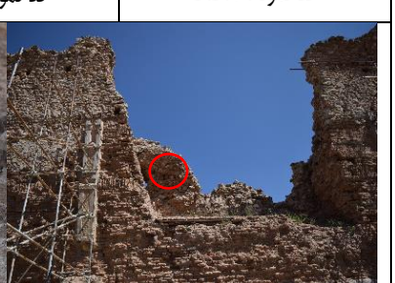
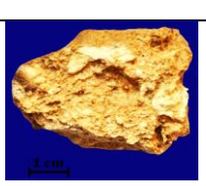
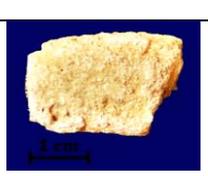
بناهای منتخب عبارت‌اند از: کاخ اردشیر بابکان در فیروزآباد، مجموعهٔ تخت سلیمان در آذربایجان، مسجد جامع گز و مسجد سین در اصفهان، عمارت اعیانی در کاخ حریرهٔ کیش. با تکیه‌بر مطالعهٔ منابع مکتوب، ملاط گچی در نواحی با آب‌وهوای خشک و دمای بالا شروع به تغییر فاز می‌کند. برای بررسی بیشتر این مورد، بناهای شمال اصفهان انتخاب شد. از طرفی در نواحی با رطوبت بالا، بخشی از سر بلورهای ژیپس حل‌شده و بلورهای جدیدی شکل می‌گیرد که نوعی آسیب است. برای بررسی این نکته، عمارت اعیانی حریره در جزیرهٔ کیش انتخاب شد. برای منطقه‌ای با آب‌وهوای سرد زمستانی با رطوبت نسبی بالا، مطالعات زیادی بر روی ملاط گچی انجام‌نشده است. به این خاطر، یک بنایی از شمال غرب کشور مدنظر بود. به دلیل شاخص بودن مجموعهٔ تخت سلیمان و مهم‌تر از آن اینکه دو دورهٔ تاریخی که از ملاط گچی به‌خوبی استفاده می‌شده است، آثاری باقیمانده و قابل‌مقایسه با یکدیگر و با آثار هم‌دوره‌اش است، مجموعهٔ تخت سلیمان انتخاب شد. در ادامه، لازم بود تا از هر دورهٔ تاریخی انتخاب‌شده دو بنا برای انجام مطابقت و مقایسه با یکدیگر گزینش شود؛ بنابراین بنای دورهٔ ساسانیان در اقلیم فارس (کاخ اردشیر بابکان در فیروزآباد) انتخاب شد. در این راستا از دو بخش ساسانی و ایلخانی تخت سلیمان (اقلیم شمال غرب ایران) نمونه‌برداری شد: ایوان خسرو، مربوط به دورهٔ ساسانیان (T.S.7) و بنای هشت‌ضلعی، مربوط به دورهٔ ایلخانان مغول (T.S.6). همچنین پس از مطالعات میدانی، نمونه‌برداری از کاخ اردشیر بابکان در فیروزآباد، گنبد خانهٔ اصلی، آرایه‌های گچی شبیه‌سازی‌شده به درگاه‌های تخت‌جمشید انجام شد (F.P.4). از بناهای مذهبی سده‌های اولیه دورهٔ اسلامی در اقلیم مرکزی ایران، مسجد سین و مسجد گز انتخاب شد. در مسجد سین از بخش محراب، آرایهٔ گچی نقش گود در تلفیق با سفال (S.M.1) و در مسجد جامع گز، از دو بخش نمونه‌برداری شد: اول از تاق

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]

[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

ورودی شبستان، بالای ستون آجری، آرایهٔ گچی برجسته (G.M.2) و همچنین از ایوان غربی مسجد، دیوار شمالی، آرایهٔ گچی کلوک‌بند (G.M.3). نهایتاً عمارت اعیانی حریره در جزیرهٔ کیش آخرین بنایی بود که به دلیل اقلیم خاص و همچنین ملاط خاص، نمونه‌برداری از آرایه‌های معماری باقیمانده از دورهٔ (احتمالاً) ایلخانان مغول انجام شد (K.P.5) (جدول ۱). لازم به ذکر است در اقلیم‌ها و دوره‌های تاریخی انتخاب شده، بناهای دیگری هم هستند که دارای ملاط گچی در آرایه‌های معماری یا به عنوان مصالح سازه قابل مطالعه هستند. به دلیل محدودیت-های موجود برای نوشتن یک مقاله علمی، نمونه‌های معرفی شده در این بخش انتخاب شدند.

جدول ۱. محل نمونه‌برداری و مشخصات نمونه‌های مطالعاتی ملاط پنج بنای موردمطالعه.
Table 1: Sampling location and characteristics of study mortar samples of five studied buildings.

محل نمونه‌برداری، کاخ اردشیر فیروزآباد، آرایه‌های گچی شبیه‌سازی‌شده به درگاه‌های تخت جمشید	محل نمونه‌برداری، محراب مسجد سین، آرایهٔ گچی نقش گود در تلفیق با سفال	محل نمونه‌برداری، مسجد جامع گز، تاق ورودی شبستان، بالای ستون آجری، آرایهٔ گچی برجسته	محل نمونه‌برداری، عمارت اعیانی حریره، جزیرهٔ کیش، آرایه‌های معماری از دورهٔ (احتمالاً) ایلخانان مغول
کد نمونه: F.P.4	 کد نمونه: S.M.1	کد نمونه: G.M.2	کد نمونه: K.P.5
			
محل نمونه‌برداری، ایوان خسرو، تخت سلیمان، مربوط به دورهٔ ساسانیان	محل نمونه‌برداری، بنای هشت‌ضلعی، تخت سلیمان، مربوط به دورهٔ ایلخانان مغول	محل نمونه‌برداری، مسجد جامع گز، ایوان غربی، دیوار شمالی، آرایهٔ گچی کلوک‌بند	
 کد نمونه: T.S.7	کد نمونه: T.I.6	 کد نمونه: G.M.3	

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]
[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

۵. روش‌های مطالعهٔ آزمایشگاهی

میکروسکوپ دیجیتال (DINO LITE plus Digital Microscope: AM111 0.3 MP: 8 LEDs): میکروسکوپ دیجیتال استفاده‌شده در پژوهش حاضر، دارای یک دوربین دیجیتال کوچک (cmos) است و به یک رایانه متصل می‌شود. جهت بررسی دقیق‌تر سطح نمونه ملاط‌های موردمطالعه ازلحاظ دانه‌بندی، بافت و تخلخل، رنگ، ترک‌ها و ریزترک‌های موجود و سایر بررسی‌هایی که با چشم غیرمسلح به‌سختی قابل‌مشاهده است، از این روش استفاده شد که در این بررسی، بزرگ‌نمایی ۲۳۰X و ۶۵ X کاربرد داشت.

میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM/EDS: برای انجام این آنالیز از میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM مدل ProX ساخت کمپانی Phenom کشور هلند با امکان به‌کارگیری ولتاژهای افزایشی چندگانه Kv15، Kv10، Kv5 و برخورداری از آشکارساز EDS از دستگاه CHNSمدل EURO EA3000 متعلق به کشور ایتالیا، شرکت Euro Vector S.P.A. Co که متصل به میکروسکوپ الکترونی روبشی بود استفاده گردید.

پراش پرتو ایکس XRD: برای شناسایی و تشخیص فازهای بلورین موجود در نمونه ملاط‌ها، از آنالیز پراش پرتو ایکس به روش پودری استفاده شد. این آنالیزها به‌وسیله دستگاه دیفراکتومتر مدل PW1800 ساخت شرکت PHILIPS هلند (لامپ پرتو ایکس باهدف از جنس مس با ولتاژ ۳۰ kV و جریان ۲۰ mA، نمونه ثابت و آشکارساز سوزن) تحت زاویه 2.θ و زاویه تابش ۴ الی ۶۰ درجه و Step Size: 0.02° و Counting time: 1 Sec در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۳۰ درصد انجام‌شده است. همچنین لازم به ذکر است استاندارد مرجع آزمون: BS EN 13925-1: 2003 است.

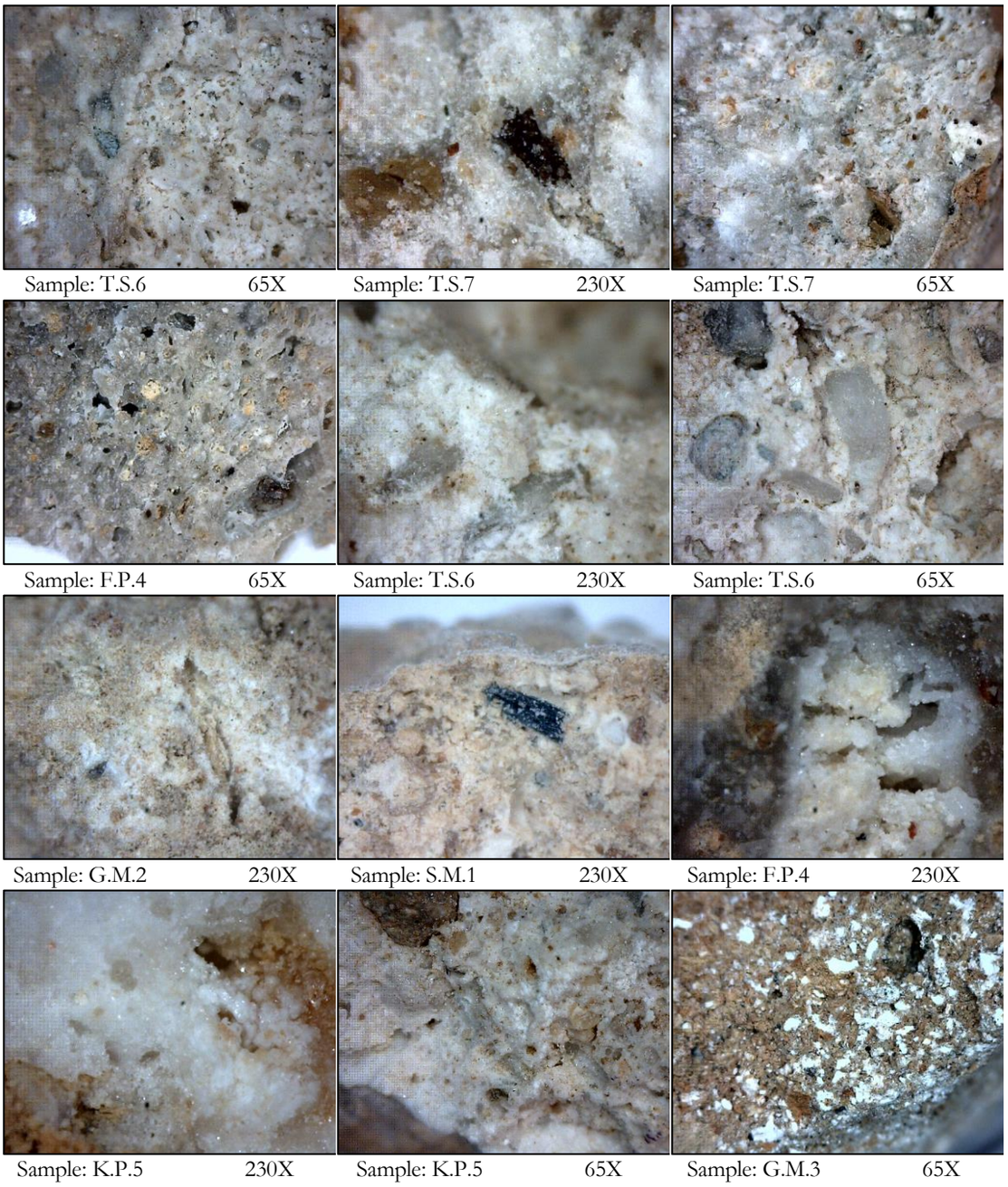
فلورسانس پرتو ایکس XRF: دستگاه XRF ساخت شرکت Philips مدل: PW1800، تولیدشده در سال ۲۰۰۴ است. این دستگاه به کاتد مولیبدن، یک پنجرهٔ برلیومی ۱۰۰ میکرونی و آشکارساز CCD خنک‌شونده با سیستم Peltier مجهز شده است. شعاع پرتو ایکس بر روی نمونه‌ها یک میلی‌متر و اندازه‌گیری‌ها در هوا به مدت ۱۲۰ ثانیه در اختلاف‌پتانسیل و شدت‌جریان به ترتیب ۲۵ kV و ۱۵۰۰ μA انجام شد. روش آزمون، XRF(MAGIX-PRO) بوده است.

٦. نتایج و بحث در یافته‌های پژوهش

بررسی با میکروسکوپ دیجیتال: هفت نمونه ملاط مورد مطالعه از پنج بنای منتخب، با میکروسکوپ دیجیتال موردبررسی قرار گرفت (شکل ۸). ملاط نمونهٔ T.S.7 در بزرگ‌نمایی ۶۵ برابر، به رنگ خاکستری و سفید دیده می‌شود. دانه‌های خاک، ماسه و همچنین دانه‌های سیاه و خاکستری به‌صورت غیریکنواخت در تصاویر قابل‌مشاهده است. در بزرگ‌نمایی ۲۳۰ برابر، دانه‌های شفاف بی‌رنگ دیده می‌شود. دانه‌های زغال و خاک به‌صورت واضح قابل‌تشخیص است. نمونهٔ T.S.6 در مقایسه با نمونهٔ دورهٔ ساسانیان در مجموعهٔ تخت سلیمان، از تخلخل بالاتری برخوردار است. دانه‌بندی ذرات ملاط، درشت‌تر است و تنوع دانه‌ها نیز بیشتر است. میزان خاک نسبت به نمونهٔ پیشین کم‌تر و ماسه‌های استفاده‌شده به رنگ خاکستری و سفید است. نمونهٔ F.P.4 ازنظر دانه‌بندی و انسجام و همچنین ویژگی شفاف بودن بخش زیادی از آن، شبیه به نمونه ملاط دورهٔ ساسانیان در تخت سلیمان است. با این تفاوت که این نمونه بیشتر به رنگ خاکستری و گاهی قهوه‌ای روشن است. قسمت‌هایی نیز کاملاً به رنگ سفید است. میزان تخلخل نسبتاً زیاد است ولی بخش‌های چسبانندهٔ ملاط دارای انسجام بالایی است. دانه‌های سیاه زغال در برخی قسمت‌ها به‌صورت غیریکنواخت دیده می‌شود. رنگ ملاط، دانه‌بندی ملاط، تخلخل ملاط و کدر بودن دانه‌ها در نمونه‌های موردمطالعهٔ محراب مسجد سین اصفهان، با نمونه‌های بررسی‌شده مربوط به دورهٔ ساسانیان کاملاً متفاوت است. همچنین ویژگی‌های ظاهری و فیزیکی نمونهٔ S.M.1، با نمونهٔ ملاط دورهٔ ایلخانی تخت سلیمان نیز متفاوت است. دانه‌های کاه و دانه‌های زغال به تعداد کم در میان دانه‌های ملاط دیده می‌شود. در برخی قسمت‌ها دانه‌های کاملاً سفیدرنگ نیز قابل‌مشاهده است. انسجام این ملاط، با نمونه‌های مطالعه شدهٔ پیشین متفاوت است و در این نمونه، ملاط از انسجام کم‌تری برخوردار است. به نظر می‌رسد رنگ گچ، به‌خودی‌خود به رنگ خاک است. البته می‌تواند با خاک هم مخلوط شده باشد. درهرصورت، گچ اصلی در ملاط این نمونه، به رنگ سفید خالص نیست.

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]

[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]



شکل ۸. بررسی بافت، دانه‌بندی، رنگ، تخلخل ظاهری نمونهٔ ملاط‌های مورد مطالعه و تهیهٔ تصاویری با میکروسکوپ دیجیتال.

Fig. 8: Examining the texture, granulation, color, apparent porosity of the studied mortar samples and taking pictures with a digital microscope.

از مسجد جامع گز دو نمونهٔ ملاط جهت مطالعات فنی و بررسی‌های ظاهری تهیه شد (G.M.2 , G.M.3). از بین تعداد هفت نمونهٔ مطالعاتی ملاط استفاده‌شده در بناهای تاریخی بررسی‌شده، تنها ملاطی که ازنظر دانه‌بندی، دانه‌بندی ریزی دارد و از طرفی شبیه به خاک است، نمونهٔ G.M.2 است. البته رگه‌های متمایل به سفید هم به‌صورت خیلی کم در نمونه قابل‌مشاهده است. درمجموع، این نمونه با همهٔ نمونه‌های مطالعه شده متفاوت است. بخشی از تفاوت می‌تواند مربوط به ترکیب مواد باشد (درنتیجهٔ آنالیز فازی و عنصری مشخص خواهد شد) و بخشی نیز می‌تواند مربوط به شرایط قرارگیری اثر و نوسانات رطوبتی زیاد در طی

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]
[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

دوره‌های مختلف باشد. درواقع، با حضور رطوبت، بخشی از بلور ژیپس در آب حل‌شده و پس از تبخیر آب، بلورهای کوچک‌تری تشکیل می‌شود. این مطالعات با کمک میکروسکوپ الکترونی روبشی انجام خواهد شد. همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود، ملاط مورد نظر دارای تخلخل است. به نظر می‌رسد دلیل اینکه این نوع و میزان تخلخل در همه جای ملاط دیده نمی‌شود، پودری‌شدن گچ و فرسایش آن باشد.

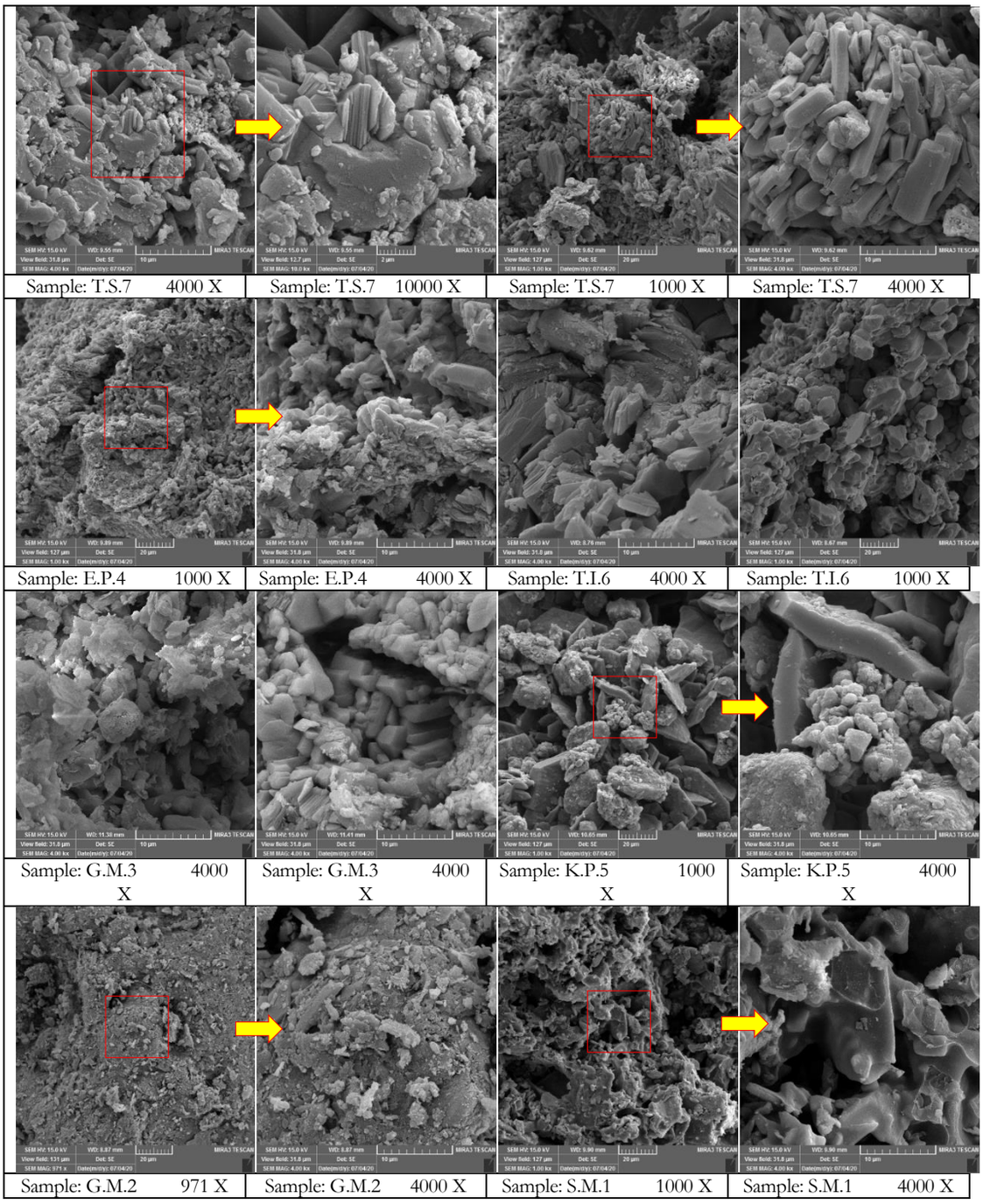
به دلیل ویژگی‌های ظاهری متفاوت آرایه‌های گچی کلوک‌بند در مسجد جامع گز، از این بخش نیز نمونه‌ای تهیه گردید. در ابتدا نمونهٔ G.M.3 با میکروسکوپ دیجیتال مورد بررسی قرار گرفت. سطح آرایهٔ گچی با مغز آن (مقطع تهیه شد) از نظر رنگ و بافت متفاوت است. احتمالاً سطح آرایهٔ گچی به دلیل ماله‌کشی زیاد و همچنین وجود یک لایهٔ رسوب و آلودگی که در طی سدها سال شکل گرفته، به‌صورت یک پوسته درآمده و سطحی نسبتاً صاف دارد. مغز ملاط در بررسی اولیه به رنگ خاک دیده می‌شود که دارای دانه‌های سفید است. میزان دانه‌های سفید نسبتاً زیاد است. از این حیث این نمونه با همهٔ نمونه‌های مطالعه شده در این پژوهش متفاوت است. نکتهٔ جالب‌توجه این است که از دو تکنیک آرایه‌های گچی مسجد جامع گز نمونه‌برداری و مطالعه شده است که اصلاً شبیه به هم نیستند. در ادامهٔ بررسی میکروسکوپی دانه‌های قهوه‌ای تیره و همچنین دانه‌های سیاه نیز در مغز ملاط دیده شد. همچنین میزان پراکندگی دانه‌های سفید در همه جای ملاط یکسان نیست. هر چه به سطح نمونه نزدیک‌تر شویم، مقدار دانه‌های سفید و تراکم آن بیشتر می‌شود.

در پژوهش پیش رو از چهار اقلیم مختلف و سه دورهٔ تاریخی نمونه ملاط‌هایی تهیه گردید. یکی از اقلیم‌های خاص ایران، منطقهٔ جنوب ایران است. در این منطقه، دمای هوا بالا و همچنین رطوبت نسبی هوا بالا است؛ بنابراین انتظار می‌رود ملاط استفاده شده در این منطقه، متفاوت از آثار منطقهٔ مرکزی و شمال غرب ایران باشد؛ بنابراین عمارت اعیانی کاخ حریرهٔ کیش انتخاب و نمونه ملاط تهیه گردید. نمونهٔ K.P.5 با میکروسکوپ دیجیتال مورد بررسی قرار گرفت. رنگ ملاط و همچنین دانه‌بندی آن با نمونه‌های پیشین متفاوت است. فقط در برخی قسمت‌ها مشابهت اندکی بین این ملاط با ملاط دورهٔ ساسانیان در کاخ اردشیر و تخت سلیمان وجود دارد. ملاط عمارت اعیانی به رنگ سفید و نسبتاً شفاف است که دارای انسجام بالایی است. دانه‌بندی نسبتاً یکنواختی دارد. دانه‌های کوچک از رنگ تیره هم به میزان خیلی کم در نمونه دیده می‌شود که احتمالاً ناخالصی خاک است. با توجه به بررسی میکروسکوپی می‌توان حدس زد که بخش اصلی ملاط در این نمونه، از مخلوط دو ماده باشد که برای تأیید این مطلب لازم است تا آنالیزهای دستگاهی انجام شود.

مطالعات میکروسکوپی SEM: از تعداد ۷ نمونهٔ ملاط که مربوط به پنج بنای تاریخی بود، تصاویری با بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰، ۴۰۰۰، ۱۰۰۰۰ برابر تهیه شد (شکل ۹)، (جدول ۲). نمونهٔ T.S.7 با میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد بررسی قرار گرفت. این نمونه با بزرگ‌نمایی‌های ۱۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ برابر مورد بررسی قرار گرفت. بلورهای ژیپس به‌صورت سوزنی و درهم‌تنیده دیده می‌شود که از انسجام بالایی برخوردار است. اندازهٔ بلورها نسبتاً کوچک است. درعین‌حال، زمانی که بلورها با بزرگ‌نمایی بالا مورد بررسی قرار می‌گیرد، ریزبلورهایی دیده می‌شود که بر روی بلورهای اصلی قرارگرفته است. به نظر می‌رسد دلیل این اتفاق، حل شدن بخشی از بلور و تبلور مجدد آن است. در برخی قسمت‌های نمونه ملاط مورد مطالعه، بلورهایی دیده می‌شود که به‌صورت موازی بر روی هم قرارگرفته و در هم تنیدگی کم است. به نظر می‌رسد قسمت‌هایی از ملاط به دلیل ورز دادن زیاد یا کشیدگی زیادتر ماله بر روی اثر، به‌صورت نیمه کشته درآمده است.

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]

[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]



شکل ۹. بررسی ساختار بلورین نمونهٔ ملاط‌های مورد مطالعه و تهیهٔ تصاویری با میکروسکوپ الکترونی روبشی.

Fig. 9: Investigating the crystal structure of the studied mortar samples and preparing images with a scanning electron microscope.

در بسیاری از قسمت‌های نمونهٔ T.I.6، بلورها در این نمونه ملاط که مربوط به دورهٔ ایلخانان مغول است با نمونهٔ دورهٔ ساسانیان در همین مجموعه، متفاوت است. اندازهٔ بلورها کوچک است. بلورهای سوزنی ژیپس کم‌تر دیده می‌شود. به نظر می‌رسد زمان کافی برای رشد بلور در سه جهت وجود نداشته است. از طرفی انسجام و پیوستگی بلورها زیاد است. البته در برخی قسمت‌ها بلورهای لایه‌ای نیز دیده می‌شود. در بزرگ‌نمایی بالاتر از ۱۰۰۰۰ X نشانه‌هایی از تخریب سطحی بلورها دیده می‌شود که در ادامه می‌تواند باعث فرسایش بیشتر ملاط شود.

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]
[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

جدول ۲. خلاصه‌ای از مطالعات میکروسکوپی SEM.

Table 2: A summary of microscopic studies SEM.

Sample code	Implementation period	Magnification of images	Characteristics of crystals
T.S.7	Sasanian	1000, 4000, 10000	Gypsum crystals are needle-shaped and intertwined; high cohesion of crystals; relatively small size of crystals; Microcrystals can be seen on the main crystals
F.P.4	Sasanian	1000, 4000	A few large crystals are among a mass of small crystals; small needle and sheet crystals; An empty space can be seen between the masses of small crystals
G.M.2	Seljuk	1000, 4000	The crystals are in the form of irregular masses and in different shapes; The empty space between the crystals is small; Fungal growth in the mortar structure.
G.M.3	Seljuk	4000	The crystal structure of this sample is different from the G.M.2 sample, which is related to the same building, in terms of the shape of the crystals, the arrangement of the crystals, the way the crystals grow in different directions. Gypsum crystals grew more in two directions, which indicates the slowness of the mortar.
S.M.1	Seljuk	1000, 4000	Except for gypsum, there are also significant amounts of soil related mineral crystals;
T.I.6	Mongol Ilkhanate	1000, 4000	Relatively small size of crystals; needle crystals of gypsum are seen less; The cohesion and continuity of the crystals is high; There are signs of surface destruction of crystals.
K.P.5	Mongol Ilkhanate	1000, 4000	Gypsum, anhydrite and quartz crystals can be seen in the pictures. Also, calcite crystals are seen in a small amount in the lables of other crystals. The cohesion of these crystals is high and they have a strong structure.

نکتهٔ جالب‌توجه در نمونهٔ F.P.4، وجود تعداد کمی بلور با اندازهٔ بزرگ در میان انبوهی از بلورهای کوچک است. بلورهای کوچک در شکل‌های مختلف ازجمله سوزنی، ورقه‌ای قابل‌مشاهده است که انسجام خوبی دارد. در برخی قسمت‌ها، فضای خالی بین توده‌های بلورهای کوچک دیده می‌شود که شاید به خاطر استفاده از آب نسبتاً زیاد در ساخت و عمل‌آوری ملاط است. در برخی قسمت‌ها بلور سوزنی ژیپس دیده می‌شود ولی در بیشتر قسمت‌ها بلورهای مربوط به خاک که گاهی ازنظر اندازه، کوچکتر از ژیپس است دیده می‌شود. نحوهٔ قرارگیری بلورها و همچنین شکل بلورها با نمونه‌های دو دورهٔ مطالعه شده در تخت سلیمان متفاوت است. نمونه‌ای از محراب مسجد سین برای مطالعات بلورشناختی آماده شد. نمونهٔ S.M.1 با میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد بررسی قرار گرفت. در این نمونه شکل‌های متنوعی از بلور دیده می‌شود که به نظر می‌رسد به جز بلورهای ژیپس، بلورهای دیگری ازجمله کوارتز و بلورهای کانی های مربوط به خاک نیز به مقدار قابل‌توجهی وجود دارد. از طرفی با دقت بالا می‌توان مشاهده کرد که یک لایهٔ

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]

[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

نازک روی بلورها را گرفته است. حضور این دو لایه می‌تواند به یکی از دو دلیل مطرح شده باشد: الف: مواد آلی که در زمان خلق اثر به ملاط گچی اضافه‌شده یا پس از اجرای آرایهٔ گچی، مواد آلی بر روی آن اجرا شده است. ب: مواد استحکام‌بخش که در سال‌های پیشین توسط مرمتگران بر روی اثر اعمال شده است. بلورهای نمونهٔ G.M.2، متفاوت از همهٔ نمونه‌های مطالعه شدهٔ پیشین است. بلورها به‌صورت توده‌های نامنظم و به شکل‌های مختلف بوده که بلورهای ژیپس لابه‌لای بلورهای خیلی کوچک‌تر قرارگرفته است. فضای خالی بین بلورها کم بوده و به نظر می‌رسد این اثر، سال‌ها دچار نوسانات رطوبتی شده و دچار آسیب گشته است. در برخی قسمت‌ها در تصاویر با بزرگ‌نمایی ۴۰۰۰ برابر، رشته‌های باریکی دیده می‌شود که نشان‌دهندهٔ رشد قارچ در دوره‌ای در ساختار ملاط بوده است. معمولاً قارچ‌ها در مکان‌های تاریک و مرطوب رشد می‌کنند. رطوبت این بخش می‌تواند نفوذی باشد به عبارتی، رطوبت از پشت‌بام نفوذ کرده و کم‌کم به آرایهٔ گچی رسیده است. نمونهٔ G.M.3 نیز مانند نمونهٔ G.M.2 از مسجد جامع گز تهیه‌شده و احتمالاً هم‌دوره باشند (نیاز به مطالعه دقیق‌تر دارد). ولی با این وجود، ساختار بلوری دو نمونه ازنظر شکل بلورها، آرایش بلورها، نحوهٔ رشد بلورها در جهت‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است. در این نمونه، بلورهای سوزنی ژیپس به وضوح دیده می‌شود. در کنار آن و لابه‌لای آن بلورهای دیگر از کانی‌های خاک نیز دیده می‌شود. بلورهای ژیپس در دو جهت بیشتر رشد کرده که نشان‌دهندهٔ کندگیر بودن ملاط است. درواقع هنرمند گچ بر می‌خواسته زمان کافی برای اجرای آرایه‌های گچی کلوک‌بند داشته باشد. همچنین تصاویری با بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰ و ۴۰۰۰ برابر از بلورهای نمونهٔ K.P.5 تهیه شده است. بلورهای ژیپس، انیدریت و کوارتز در تصاویر قابل‌مشاهده است. همچنین بلورهای کلسیت به میزان کم در لابه‌لای دیگر بلورها دیده می‌شود. انسجام این بلورها زیاد بوده و از ساختار مستحکمی برخوردار هستند.

آنالیز عنصری فلورسانس پرتو ایکس XRF: از چهار نمونهٔ G.M.3; K.P.5; T.I.6; T.S.7 آنالیز عنصری فلورسانس پرتو ایکس تهیه شد که نتیجهٔ ترکیب اکسیدی آن در (جدول ۳) قابل‌مشاهده است. ترکیب عنصری شاخص با میزان بالا مربوط به SO_3 و CaO و SiO_2 است. همچنین قابل‌ذکر است که در مرحلهٔ آماده‌سازی، نمونه با دانه‌بندی ۶۳ میکرومتر در دمای ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد قرار می‌گیرد تا بخشی از عناصر و ترکیبات فرار (مواد آلی و کربن در مواد معدنی)، در درجه حرارت مشخص از نمونه خارج شده و جرم نمونه ثابت شود که به‌صورت Loss on ignition [50] در (جدول ۳) ارائه شده است (L.O.I.).

درنتیجهٔ آنالیز XRF از نمونه G.M.3، میزان SO_3، ۲۹/۳٪ و CaO، ۲۸/۸٪ است که مربوط به ترکیب اصلی گچ است. با توجه به میزان ترکیب گوگرد و کلسیم در سولفات کلسیم و همچنین با توجه به جرم اتمی این عناصر می‌توان گفت در نمونه مورد مطالعه، ۲۰/۵۷٪ از کل عناصر مربوط به کلسیم و ۱۱/۷۲٪ مربوط به گوگرد است. با توجه به نسبت کلسیم به گوگرد در ترکیب $CaSO_4$، برای ۱۱/۷۲٪ گوگرد، مقدار ۱۴/۶۵٪ کلسیم نیاز است که باقیماندهٔ کلسیم در نمونه مورد مطالعه، میزان ۵/۹۲٪ است و می‌تواند مربوط به ترکیبات دیگر مانند کلسیت باشد. از دیگر ترکیبات اکسیدی قابل‌توجه SiO_2 به میزان ۱۳/۹٪ است که معمولاً در ملاط گچ سنتی دیده می‌شود (در بسیاری مواقع، استادکاران سنتی به میزان لازم به ملاط گچ، خاک اضافه می‌کرده‌اند). همچنین میزان بسیار کم ترکیبات اکسیدی آلومینیوم، آهن، منیزیم و دیگر عناصری که مقدارشان بسیار ناچیز است می‌تواند مربوط به خاک باشد که به گچ اضافه‌شده و یا مربوط به ناخالصی خاک است که در سنگ گچ در معدن وجود داشته است. در مجموع، از بین چهار نمونهٔ آنالیز شده، نمونهٔ مربوط به مسجد جامع گز ازنظر ترکیب خاک در ملاط گچی، بیشترین میزان را به خود اختصاص داده است (مقدار خاک و سیلیس موجود در نمونه چه به‌صورت عمدی اضافه شده باشد و چه به‌صورت غیرعمدی، در استحکام ساختار ملاط گچی تأثیر منفی گذاشته است). این می‌تواند یکی از دلایل سست‌تر بودن

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]
[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

این ملاط نسبت به دیگر ملاط‌های گچی مطالعه شده در این پژوهش باشد. به جز ترکیب ملاط و ویژگی‌های ساختاری، ویژگی‌های خارجی نیز ازجمله دلایل دیگری است که می‌تواند وجود داشته باشد: نفوذ رطوبت در یک مقطع زمانی، گرم و خشک بودن اقلیم.

درنتیجهٔ آنالیز XRF از نمونه K.P.5، میزان SO_3، ۴۲/۲٪ و CaO، ۳۶٪ است که مربوط به ترکیب اصلی گچ است. با توجه به نسبت کلسیم به گوگرد در ترکیب $CaSO_4$، در نمونهٔ مورد مطالعه به میزان ۶/۴۶ درصد اکسید کلسیم بیشتر از حد مورد نیاز شناسایی‌شده است. با تکیه بر مطالعات میکروسکوپی که از مواد اسفنجی دریایی در ترکیب ملاط کاخ حریرهٔ کیش استفاده شده است، همچنین به دلیل سفید بودن نمونه، می‌توان گفت میزان اضافی اکسید کلسیم شناسایی‌شده مربوط به ترکیبات دریایی است. عناصر اکسیدی مربوط به خاک در این نمونه نسبت به دیگر نمونه‌های مطالعه شده در پژوهش حاضر کم‌تر است و می‌توان گفت در ترکیب ملاط گچی، خاک اضافه نشده است.

دو نمونهٔ T.I.6 و T.S.7 که به ترتیب مربوط به دوره‌های ایلخانان مغول و ساسانیان در تخت سلیمان است، تقریباً نتیجهٔ مشابهی دارد. ترکیب اکسیدی سولفور، ترکیب اکسیدی کلسیم و ترکیبات خاک تا حد زیادی شبیه به هم هستند و این نتیجه می‌تواند گویای یکی بودن معدن گچ و ترکیب ملاط در این منطقه در دو دورهٔ تاریخی باشد. مثلاً در نمونهٔ T.I.6، به میزان ۲/۶۱ درصد اکسید کلسیم مازاد از ترکیب گچ شناسایی‌شده است. درواقع ملاط گچی استفاده شده که مقدار کمی ناخالصی آهک دارد. حدود ۵ درصد از کل ترکیب مربوط به ناخالصی خاک است که عناصر آن شناسایی‌شده است.

آنالیز عنصری نقطه‌ای EDS: در بخش پیشین، از نمونه‌های مطالعاتی آنالیز عنصری تهیه شد. با توجه به اینکه در آنالیز XRF نمونه به‌صورت پودر درمی‌آید و میانگین حضور عناصر یا ترکیبات اکسیدی شناسایی و ثبت می‌گردد، لازم است تا به‌صورت نقطه‌ای هم آنالیز عنصری انجام شود. در این صورت، در یک بخش از نمونه یا یک بخش از یک بلور آنالیز عنصری انجام می‌شود و می‌توان ارتباط آن با شکل و اندازهٔ بلورها را تا حدی شناسایی کرد. لازم به ذکر است که با پراش‌سنجی اشعهٔ ایکس می‌توان همهٔ کانی‌های موجود در نمونه را شناسایی کرد ولی اینکه این کانی‌ها به چه شکلی در کنار هم قرارگرفته‌اند و با هم مخلوط شده‌اند، قابل‌شناسایی نیست. بنابراین، تصمیم گرفته شد تا آنالیز EDS از نمونه‌های مطالعاتی انجام شود. در ادامهٔ مطالعات، از نمونه‌های تهیه شده آنالیز عنصری نقطه‌ای انجام شد (جدول ۴). با توجه به اینکه نسبت کلسیم به سولفور در ترکیب $CaSO_4$، ۴۰ به ۳۲ است، بنابراین نسبت این دو در همهٔ آنالیزها حائز اهمیت است. در نمونهٔ S.M.1 برای مقدار ۲۸/۴۳ درصد سولفور، نیاز به ۳۵/۵۳ درصد کلسیم است. در ترکیب نمونهٔ حاضر، مقدار ۱/۹ درصد کلسیم اضافه شناسایی‌شده است که می‌تواند مربوط به ناخالصی آهک در معدن گچ باشد. همچنین میزانی از منیزیم، سیلیسیم، آلومینیوم و آهن در نمونه شناسایی‌شده است که احتمالاً مربوط به کانی‌های خاک است. دو حالت را می‌توان تصور نمود: الف: در معدن گچ ناخالصی خاک وجود داشته و رنگ گچ از ابتدا به رنگ متمایل به خاک دیده می‌شده است. ب: مقدار ناخالصی کم بوده و استادکار در زمان آماده‌سازی و عمل‌آوری ملاط، مقداری خاک به گچ اضافه کرده است. هر دو مورد در ملاط‌های تاریخی امری عادی است و وجود داشته است.

جدول ۳. نتیجهٔ آنالیز XRF از چهار نمونهٔ G.M.3 ، K.P.5 ، T.I.6 ، T.S.7.

Table 3: The result of XRF analysis of four samples G.M.3 , K.P.5 , T.I.6 , T.S.7.

Element / Sample	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3	TiO_2	SrO	L.O.I.
G.M.3	13.9	4.2	2.6	28.8	2.7	0.3	1.3	29.3	0.2	0.6	**15.5**
K.P.5	1.4	0.7	0.2	36.0	0.4	<.1	<.1	42.2	<.1	0.4	**18.4**
T.I.6	3.4	1.3	0.5	31.8	0.8	<.1	0.2	41.7	<.1	0.5	**19.6**

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]

[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

T.S.7	3.0	1.0	0.4	32.3	0.6	<.1	0.2	42.0	<.1	0.7	**19.6**

جدول ۴. نتیجهٔ ۱۳ آنالیز EDS از هفت نمونهٔ مورد مطالعه؛ با مشخصات ذیل:

Table 4: The results of 13 EDS analyzes of the seven studied samples; with the following specifications

Accelerating Voltage (kV): 15.0 | Beam Current (pA): 262.0 | Magnification: 100
Live Time (s): 5 | Preset Time (s): 5 | Nb Channels: 1024
Ev / Channel: 10 | Offset (keV): 0 | Width (keV): 10

	O	Ca	Si	Al	Fe	Mg	K	S	Cl
Spectrum 1 S.M.1	21/69	37/43	7/07	2/12	1/73	1/53	–	28/43	–
Spectrum 2 G.M.2	12/38	43/55	3/00	0/54	1/99	0/91	–	37/63	–
Spectrum 3 G.M.2	47/58	27/12	3/4	1/53	1/62	1/21	–	17/08	0/46
Spectrum 4 G.M.3	31/11	35/62	3/77	1/57	0/93	1/05	–	24/17	1/78
Spectrum 5 G.M.3	37/14	34/03	4/16	1/82	1/66	1/73	–	18/86	0/6
Spectrum 6 F.P.4	30/27	35/26	2/67	1/3	1/87	0/78	–	27/32	0/53
Spectrum 7 F.P.4	41/89	31/54	2/34	0/74	0/99	0/55	–	21/59	0/36
Spectrum 8 K.P.5	25/62	32/63	4/85	3/17	1/27	1/85	0/94	27/79	1/89
Spectrum 9 K.P.5	31/83	38/5	0/61	0/3	2/17	0/35	0/68	25/19	0/37
Spectrum 10 T.I.6	35/79	30/18	7/55	2/63	1/81	1/47	0/78	19/16	0/63
Spectrum 11 T.I.6	48/42	25/32	3/59	1/52	1/0	0/98	0/44	18/35	0/39
Spectrum 12 T.S.7	37/15	31/96	2/44	2/04	2/47	1/57	0/73	20/96	0/68
Spectrum 13 T.S.7	34/79	23/06	12/72	5/52	1/79	2/51	0/91	17/06	1/62

از نمونهٔ G.M.2 دو آنالیز تهیه شده است. در آنالیز اول (Spectrum 2) مقدار سولفور به اندازهٔ ۲/۷۹ درصد از مقدار مورد نیاز ترکیب سولفور با کلسیم بیشتر است. این میزان می‌تواند مربوط به دیگر ترکیبات سولفور باشد یا می‌تواند مربوط به نمک‌های سولفاته در ساختار ملاط باشد. مقدار منیزیم، سیلیسیم، آلومینیوم و آهن نسبت به نمونهٔ پیشین کم‌تر است. درواقع می‌توان گفت از ملاط خالص‌تری استفاده شده است. در آنالیز دوم (Spectrum 3) این نمونه، مقدار ۵/۷۷ درصد کلسیم نسبت به مقدار مورد نیاز ترکیب گچ، اضافه‌تر است. از نمونهٔ G.M.3 دو آنالیز تهیه شده است. در

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]
[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

آنالیز اول (Spectrum 4) مقدار ۵/۴۱ درصد و در آنالیز دوم (Spectrum 5) مقدار ۱۰/۴۶ درصد کلسیم مازاد از مقدار مورد نیاز ترکیب گچ شناسایی‌شده است. به نظر می‌رسد به دلیل میزان بالای کلسیم در ترکیب ملاط، استادکار به‌صورت عمدی مقداری آهک به ملاط گچی اضافه کرده است. عناصر مربوط به کانی‌های خاک نیز به مقدار کمی در نمونه وجود دارد. همچنین درصد کمی کلر در نمونه می‌تواند مربوط به حضور یون کلر در ساختار ملاط باشد که از محیط جذب شده است.

از همه نمونه‌های باقی‌مانده، دو آنالیز عنصری نقطه‌ای تهیه شده است. برای دریافت اطلاعات دقیق‌تر، برای دیگر نمونه‌ها، میانگین دو آنالیز مورد تحلیل قرار خواهد گرفت. درنتیجهٔ آنالیز نمونهٔ F.P.4 مقدار ۲/۸۴ درصد کلسیم مازاد نسبت به میزان مورد نیاز ترکیب گچ دارد. مقدار سیلیسیم در این نمونه نسبت به نمونه‌های مطالعه شدهٔ پیشین که مربوط به دورهٔ اسلامی بود، کم‌تر است. درواقع در ملاط کاخ اردشیر ساسانی از ملاط گچی خالص‌تری استفاده شده است. درنتیجهٔ آنالیز نمونهٔ K.P.5 مقدار ۲/۴۵ درصد کلسیم مازاد نسبت به میزان مورد نیاز ترکیب گچ شناسایی‌شده است. به دلیل وجود مرجان سفید در برخی قسمت‌های ملاط و همچنین نزدیک بودن اثر مورد مطالعه به دریا، انتظار می‌رفت مقدار کلسیم بسیار زیادتر باشد. نکته دیگر درنتیجهٔ آنالیز، شناسایی مقدار کمی پتاسیم است که در نمونه‌های مطالعه شدهٔ پیشین، شناسایی نشده بود. مرجان‌های آبسنگ‌ساز در رده مرجان‌های سخت یا اسکلراکتینیا قرار دارند و شامل آن دسته از مرجان‌های سنگی هستند که صخره‌های مرجانی را می‌سازند. آن‌ها دست‌کم بخشی از نیازهای انرژی خود را با کمک میکروجلبک‌های فتوسنتزی هم‌زیست به دست می‌آورند. این‌گونه مرجان‌ها کلسیم کربنات ترشح می‌کنند و یک اسکلت سخت تشکیل می‌دهند. پولیپ‌ها درواقع در داخل فنجان‌های کوچکی از جنس کربنات کلسیم قرارگرفته‌اند. تعداد زیادی از این فنجان‌ها به یکدیگر متصل می‌شوند و کلنی مرجانی را می‌سازند. ازآنجاکه هر پولیپ بسیار کوچک است، مرجان‌های سخت با سرعت بسیار اندکی رشد می‌کنند.

درنتیجهٔ آنالیز نمونهٔ T.I.6 مقدار ۴/۳۲ درصد کلسیم مازاد نسبت به میزان مورد نیاز ترکیب گچ شناسایی‌شده است. عناصر کانی‌های خاک نیز به مقدار کمی شناسایی شده است. البته مقدار سیلیسیم نسبت به دیگر نمونه‌ها کمی زیادتر است. مقدار کلسیم مازاد در نمونهٔ ملاط ساسانی در تخت سلیمان نسبت به نمونهٔ مربوط به ایلخانان مغول کمتر (۳/۷۵ درصد) است. از طرفی مقدار سیلیسیم در نمونه ملاط دورهٔ ساسانیان در تخت سلیمان (T.S.7) بیشتر است. البته برای تحلیل کل ملاط نمی‌توان به دو آنالیز عنصری نقطه‌ای اکتفا کرد و نیاز است تا از بخش‌های مختلف مجموعه تعداد زیادی نمونه تهیه گرد و آنالیزهای XRD و XRF انجام پذیرد.

آنالیز فازی پراش پرتو ایکس XRD: از هفت نمونهٔ تهیه شده در این پژوهش، آنالیز فازی انجام گرفت (جدول ۵) و (جدول ۶). در نمونهٔ S.M.1 که مربوط به محراب مسجد سین اصفهان است فازهای ژیپس، کلسیت، آلبیت، کوارتز و کائولینیت شناسایی‌شده است. درواقع، ملاط به‌کار برده شده برای اجرای آرایه‌های گچی محراب احتمالاً از گچ با ناخالصی آهک و همچنین خاک بوده است. خاک اضافه شده به ملاط احتمالاً برای کندگیر کردن ملاط بوده تا استادکار بتواند زمان بیشتری برای عملیات گچ‌بری داشته باشد. در نمونهٔ G.M.2 که مربوط به آرایهٔ گچی نقش گود در تاق ورودی مسجد جامع گز اصفهان است، فازهای ژیپس، کوارتز، کلسیت، آنورتیت، مونت‌موریونیت و انیدریت شناسایی‌شده است. میزان خاک (کوارتز، آنورتیت، مونت‌موریونیت) در این نمونه نسبت به نمونهٔ قبل بیشتر است. شاید استادکار برای کندگیر کردن ملاط گچی، خاک اضافه کرده است تا زمان کافی برای اجرای گچ‌بری داشته باشد. مونت‌موریونیت آبدوست است و با جذب آب، حجمش زیاد می‌شود. این کانی در ترکیب ملاط گچی می‌تواند آسیب‌رسان باشد. نکتهٔ قابل‌توجه دیگر، وجود انیدریت است. گاهی در زمان پخت سنگ گچ، قطعاتی که به شعله آتش نزدیک‌تر بوده و حرارت بیشتری می‌دیده، آب مولکولی خود را از دست داده و ژیپس تبدیل به انیدریت می‌شده است. در حالت دوم، در شرایط خاص محیطی در آرایه‌های گچی، ژیپس می‌تواند تبدیل به انیدریت شود. مثلاً در مناطقی که

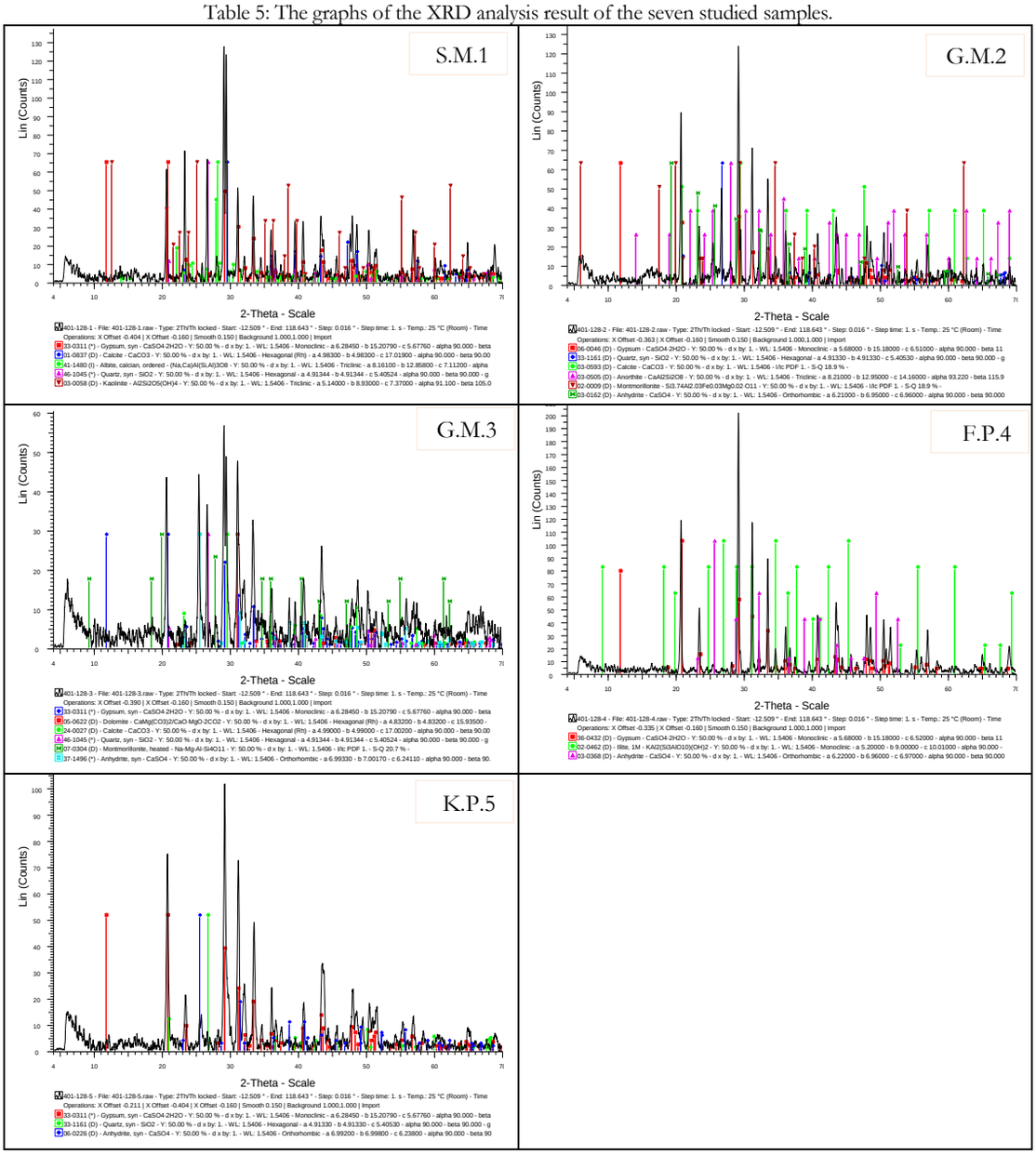
[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]

[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

گرمای تابستان دمای بالایی دارد و از طرفی منطقهٔ خشک آب و هوایی است، با حضور کلر، به‌مرور زمان بخشی از ژیپس تبدیل به انیدریت می‌شود. در حالت اول، ایراد و نقص از ابتدا و در زمان خلق اثر وجود داشته است ولی در حالت دوم، به‌مرور زمان این تغییر ایجاد شده و درواقع، ملاط گچی آسیب دیده است.

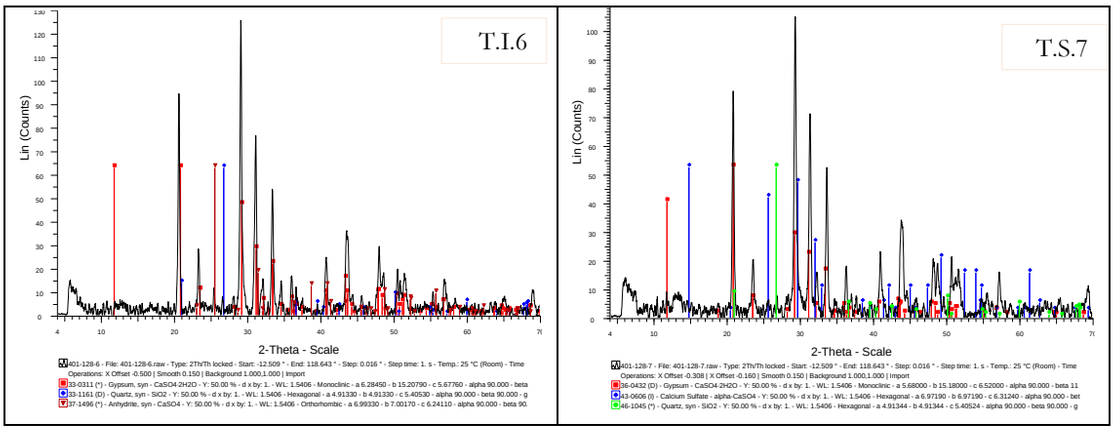
جدول ۵: گراف‌های نتیجهٔ آنالیز XRD از هفت نمونهٔ مورد مطالعه.

Table 5: The graphs of the XRD analysis result of the seven studied samples.



[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]

[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]



در نمونهٔ G.M.3 که مربوط به آرایهٔ گچی کلوک‌بند در ایوان غربی مسجد جامع گز اصفهان است، فازهای ژیپس، دولومیت، کلسیت، کوارتز، مونت‌موریونیت و انیدریت شناسایی‌شده است. این نمونه نیز ملاط گچی است که دارای ناخالصی‌هایی (عمدی یا غیرعمدی) است. در این نمونه هم مانند نمونهٔ قبل، انیدریت شناسایی‌شده است. به دلیل وجود کلسیت و دولومیت میزان کانی‌های آهکی در این نمونه نسبت به همهٔ نمونه‌های مطالعه شده در این پژوهش، بیشتر است. دولومیت با فرمول شیمیایی $CaMg(CO_3)_2$ عمدتاً دارای ترکیب اکسید منیزیم و اکسید کلسیم است. دولومیت‌ها حدود ۱۵٪ پوسته زمین را تشکیل می‌دهند و به‌عنوان یکی از اجزای رایج سنگ‌های رسوبی شناخته می‌شوند.

درنتیجهٔ آنالیز فازی پراش پرتو ایکس، در نمونهٔ F.P.4 که مربوط به آرایهٔ گچی کاخ اردشیر است، فازهای ژیپس، ایلیت و انیدریت شناسایی‌شده است. در این نمونه که ملاط گچی است، مانند نمونه‌های پیشین، کانی‌های آهکی شناسایی نشده است. ناخالصی این ملاط، کانی‌های خاک است. به نظر می‌رسد یکی از دلایل بالاتر بودن استحکام این ملاط نسبت به سه نمونهٔ قبل، نبود آهک و وجود مقدار بسیار کم‌تری از کانی‌های خاک در ترکیب ملاط گچی است.

درنتیجهٔ آنالیز فازی پراش پرتو ایکس، در نمونه‌های K.P.5، T.I.6، T.S.7 که مربوط به کاخ حریرهٔ کیش و مجموعهٔ تخت سلیمان (دورهٔ ایلخانان مغول و دورهٔ ساسانیان) است، هر سه مشابه هم فازهای ژیپس، انیدریت و کوارتز شناسایی‌شده است. دور از ذهن نیست که ملاط گچی تخت سلیمان در دو دوره تاریخی مختلف، شبیه به هم باشد. احتمالاً سنگ گچ را در هر دو دوره از یک معدن یا از معادن نزدیک به هم استخراج کرده باشند. ولی تصور بر این بود که در ملاط کاخ حریرهٔ کیش ترکیبات آهکی نسبتاً زیادی به‌کاررفته باشد. آنالیز XRD یک آنالیز نیمه کمی است ولی به نظر می‌رسد مقدار کوارتز در دو ملاط دورهٔ ایلخانان مغول نسبت به ملاط دورهٔ ساسانیان بیشتر باشد.

جدول ۶: نتیجهٔ آنالیز XRD از هفت نمونهٔ مورد مطالعه.

Table 6: The result of XRD analysis of the seven studied samples.

Samples	XRD Results
S.M.1	Gypsum+ Calcite+ Albite+ Quartz+ Kaolinite
G.M.2	Gypsum+ Quartz + Calcite + Anorthite+ Montmorillonite+ Anhydrite
G.M.3	Gypsum+ Dolomite+ Calcite+ Quartz+ Montmorillonite+ Anhydrite
F.P.4	Gypsum+ illite+ Anhydrite
K.P.5	Gypsum+ Quartz+ Anhydrite
T.I.6	Gypsum+ Quartz+ Anhydrite

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]

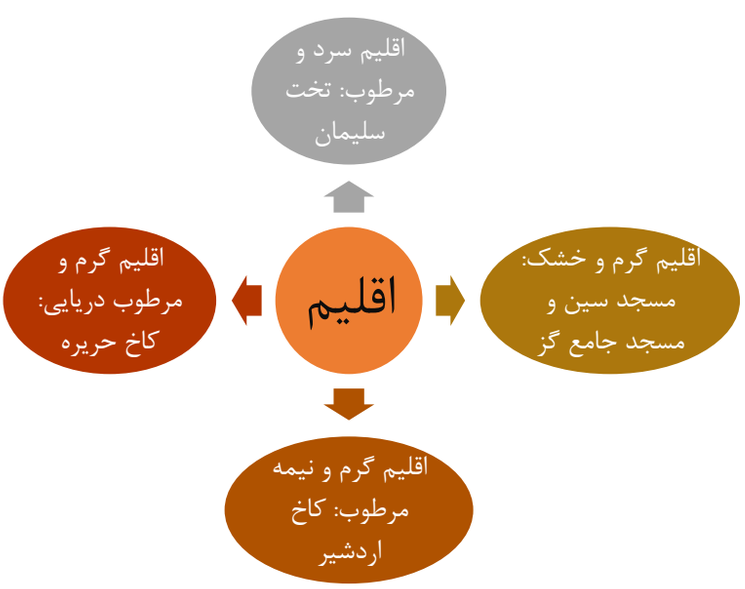
[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

T.S.7	Gypsum+ Anhydrite+ Quartz

٦. نتیجه‌گیری

آثار انتخاب شده برای بررسی فنی در پژوهش حاضر، در چهار اقلیم متفاوت قرار دارند. اقلیم سرد و مرطوب شمال غرب ایران، اقلیم گرم و خشک منطقهٔ شمال اصفهان، اقلیم گرم و نیمه‌مرطوب استان فارس و اقلیم گرم و مرطوب دریایی در جزیرهٔ کیش (شکل ۱۰). پیش از مطالعهٔ فنی، تصور بر این بود که تفاوت اقلیمی در ترکیبات ملاط و در ادامه، در انسجام و استحکام ملاط بناهای منتخب تأثیر زیادی داشته باشد ولی پس از مطالعهٔ علمی و دقیق مشخص شد که چنین نیست. تفاوت‌هایی وجود دارد، ولی بسیار کم است.

همچنین بناهای منتخب مربوط به سه دورهٔ تاریخی هستند (شکل ۱۱). کاخ اردشیر بابکان و بخشی از مجموعهٔ تخت سلیمان مربوط به دورهٔ ساسانیان است. مسجد سین و مسجد جامع گز مربوط به دورهٔ سلجوقیان است و کاخ حریره و بخشی از مجموعهٔ تخت سلیمان مربوط به دورهٔ ایلخانان مغول است. باز هم پیش از پژوهش حاضر، تصور بر این بود که آثار مربوط به یک دورهٔ تاریخی، ازنظر ترکیبات و انسجام و استحکام ملاط شبیه به هم باشند که پس از بررسی فنی این نتیجه حاصل شد که دورهٔ تاریخی هم تأثیر زیادی در این روند نداشته است. بنابراین گزینهٔ دیگری باید وجود داشته باشد که در این امر، بیشتر مؤثر بوده و باعث تفاوت ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ملاط گچی می‌شود. ملاط گچی ویژگی‌هایی دارد که با تغییر جزئی در شیوهٔ عمل‌آوری، نتیجهٔ متفاوتی ازنظر انسجام و استحکام، به دست می‌آید. به‌مرور زمان، استادکاران این نکته را به‌خوبی دریافته بودند و معمولاً استادکاران سنتی برای ماندگاری بیشتر اثرشان، در مرحلهٔ عمل‌آوری ملاط تلاششان را می‌کرده‌اند تا به کیفیت مورد نیاز و متناسب با اقلیم برسند. اینکه استادکاران کدام شیوهٔ عمل‌آوری را برای ساخت ملاط گچی انتخاب کنند، بحث کارکرد پیش می‌آید.

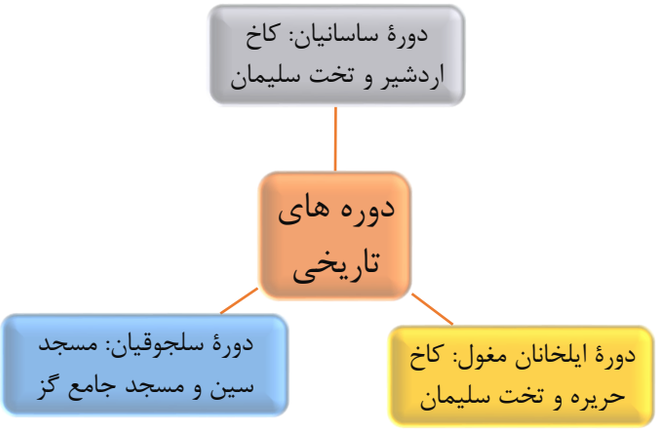


شکل ۱۰. نمودار مربوط به تنوع اقلیم نمونه‌های انتخاب شده برای مطالعه

Fig 10: The diagram related to the climate diversity of the samples selected for study

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]

[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]



شکل ۱۱. نمودار مربوط به تنوع تاریخی نمونه‌های انتخاب شده برای مطالعه.

Fig 11: The graph related to the historical diversity of the samples selected for study.

در بناهای انتخاب شده، ملاط گچی در سه کارکرد، ایفای نقش کرده است: ملاط بین سنگ و آجر در دیوارها؛ ملاط اندود (لایۀ آستر و بستر)؛ ملاط در آرایه-های گچی. درنتیجۀ مطالعات مشخص شد که استحکام ملاط در آرایه‌های گچی کمتر از دیگر گونه‌های ملاط است. دلیل آن هم می‌تواند سهولت برش توسط استادکار گچبر باشد. به عبارتی، عمل‌آوری ملاط طوری انجام شده که با ترکیبات معدنی مشابه، ملاطی با استحکام کم‌تر یا بیشتر به دست آید. نمونه ملاط‌هایی که دارای تخلخل بالاتر هستند، ساختار سست‌تری نیز دارند. ملاط گچی که برای لایۀ اندود ساخته می‌شده، به جز بحث عمل‌آوری، عامل تأثیرگذار دیگری نیز می‌تواند داشته باشد. این عامل، نوع و میزان ماله‌کشی است. هر چقدر ماله‌کشی سطح اندود بیشتر باشد و با فشار بیشتری انجام شود، تخلخل کمتر و انسجام ملاط بیشتر می‌شود. درنتیجه ماندگاری آن نیز بیشتر می‌شود. به این دلیل است که گاهی شاهد اندودهای گچی چند صد ساله هستیم که در زیر بارش باران، هنوز به حیات خود ادامه می‌دهد.

سپاسگزاری

نگارندگان از کارشناسان اداره کل میراث فرهنگی، صنایع‌دستی و گردشگری استان‌های آذربایجان غربی، اصفهان، فارس و هرمزگان سپاسگزاری می‌کنند.

References

[1] Grabar O. The Formation of Islamic Art. London: Yale University Press New Haven and London, 1987.

[2] Hamzavi H. Preparation and compilation of the framework for Conservation and restoration of gypsum stucco arrays in Iran. Research project report, Research Institute of Cultural Heritage and Tourism (unpublished), 2022.

حمزوی، یاسر. تهیه و تدوین چهارچوب حفاظت و مرمت آرایه‌های گچی ایران. گزارش طرح پژوهشی، پژوهشکدۀ ابنیه و بافت‌های تاریخی، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری (منتشر نشده)؛ ۱۴۰۱.

[3] Sobuti H, Khaledian N. Designing the historical tourism complex of Takht Suleiman, the future tourist destination. The first national conference on urban planning and architecture in the passage of time, Qazvin: Imam Khomeini International University, (In Persian), 2013.

ثبوتی، هومن؛ خالدیان، نازیلا. طراحی مجموعه تاریخی گردشگری تخت سلیمان مقصد گردشگری

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]

[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

آقاعلی گل، داود؛ یوسفی، حسن؛ مرادی، محمود. آنالیز عنصری و اندازه‌گیری ترکیبات تشکیل‌دهندهٔ مصنوعات شیشه‌ای به‌دست آمده از مجموعهٔ میراث جهانی تخت سلیمان و محوطه‌های باستانی اردبیل در شمال غربی ایران با استفاده از روش میکروپیکسی. پژوهه باستان‌سنجی؛ ۱۴۰۰، ۷ (۱): ۳۱-۵۳.

[9] Schmidt F F. Flights over ancient cities of Iran. Chicago: The University of Chicago Press; 1940.

[10] Huff D. Qal'a-ye dukhtar bei firuzabad: ein Beitrag zur sasanidischen Palastarchitektur. Doctoral dissertation, Technische Universität Berlin; 1971.

[11] Ghirshman R. Iran, parter und sasaniden. London: Thames; 1962.

[12] Kleiss W. Geschichte der Architektur Irans. Germany: Dietrich Reimer Verlag GmbH; 2015.

[13] Kroger, J. Sasanidischer Stuckdekor, German: Mainz am Rhein; 1986.

[14] HajSeyedjavadi SK. Mosques of Iran: education, history, culture, art, technique. The first part, Tehran: Dar Soroush for printing and publishing and Al-Ma'awniyyah Al-Thaqafiyyah and Al-Arshad al-Islami; 1996.

حاج سید جوادی، سید کمال. مساجد ایران: دراسه، تاریخچه، حضاریه، آثاریه، فنیه. الجزء الاول، طهران: دار سروش للطباعه و النشر و المعاونیه الثقافیه و الارشاد الاسلامی؛ ۱۳۷۵.

[15] [15] Honarfar L. List of historical inscriptions in the ancient works of Isfahan. Islamic Education Journal, Awqaf Organization; 1969, 10: 55-63(In Persian).

هنرفر، لطف‌الله. فهرست کتیبه های تاریخی در آثار باستانی اصفهان. نشریه معارف اسلامی، سازمان اوقاف؛ ۱۳۴۸، ۱۰: ۵۵-۶۳.

[16] Amirhajiloo S, Neyestani J. Dispersion of function and pattern governing the structure and decoration of Seljuk works in Barkhar province of Isfahan. Cultural history studies of the research paper of the Iranian History Association; 2023, 5 (18): 1-23(In Persian).

امیرحاجیلو، سعید؛ نیستانی، جواد. پراکندگی کارکرد و الگوی حاکم بر سازه و تزیین آثار سلجوقیان در ولایت آینده. اولین همایش ملی شهرسازی و معماری در گذر زمان، قزوین، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی؛ ۱۳۹۲.

[4] [Abbaszadeh M, Mohammadmoradi A, Amirkabirian A, Ayashm M, Soltanahmadi E. Providing value-based model for application of architectural heritage value in adopting conservation practices Case Study: Takht-e Soleiman World Heritage Collection. 2019; 8 (16):125-142(In Persian).

عباس‌زاده، مظفر؛ محمدمرادی، اصغر؛ امیرکبیریان، آتش‌سا؛ آیشم، معصومه؛ سلطان احمدی، الناز. ارائه مدل ارزش مبنا به جهت کاربست ارزش‌های میراث معماری در اتخاذ شیوه‌های حفاظت مطالعهٔ موردی: مجموعه میراث جهانی تخت سلیمان. مرمت و معماری ایران، ۱۳۹۷؛ ۸، (۱۶): ۱۲۵-۱۴۲.

[5] Mohammadi far Y, Amini F. Sasanian archeology and art. Tehran: Shapikan, (In Persian); 2015.

محمدی‌فر، یعقوب؛ امینی، فرهاد. باستان شناسی و هنر ساسانی. تهران: شاپیکان؛ ۱۳۹۴.

[6] Haghzade R, Vahdani Y. A look at the tourist attractions of Takht Suleiman, the 6th National Geological Conference of Payam Noor University, Kerman: Payam Noor University Kerman Center, (In Persian); 2012.

حق زاده، روح اله؛ وحدانی، یاسر. نگاهی به جاذبه‌های زمین گردشگری تخت سلیمان، ششمین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور، کرمان، دانشگاه پیام نور مرکز کرمان؛ (۱۳۹۱).

[7] Sarfaraz A, Kiani MY. Takht Suleiman. Volume 1, Tabriz: Publications of the Institute of History and Culture of Iran, (In Persian); 1968.

سرفراز ، علی‌اکبر، کیانی، محمدیوسف. تخت سلیمان. جلد اول، تبریز: انتشارات مؤسسه تاریخ و فرهنگ ایران؛ ۱۳۴۷.

[8] Agha-Aligol D, Yousefi H, Moradi M. Elemental Composition of Glass Artifacts Excavated from Takht-e Suleiman World Heritage Site and Ardabil Ancient Sites in Northwestern Iran by Micro-PIXE. JRA, 2021; 7 (1):31-53(In Persian).

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]

[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

حریره در جزیرۀ کیش. فصلنامۀ جندی شاپور؛ ۱۳۹۴، ۱ (۴): ۴۵-۶۶.

[23] Mahmoudian H. Getting to know the history of architecture. Ilam: Zagro, (In Persian); 2013.

محمودیان، حبیب‌الله. آشنایی با تاریخ معماری. ایلام: زاگرو؛ ۱۳۹۳.

[24] Kabiri A, Cultural A. Restoration of the historical buildings of Kish Island and the ancient site of Harireh city. Effect; 1987, 22 and 23: 75-150(In Persian).

کبیری، احمد؛ فرهنگی، عادل. مرمت بناهای تاریخی جزیرۀ کیش و محوطۀ باستانی شهر حریره. اثر؛ ۱۳۶۶، ۲۲ و ۲۳: ۷۵-۱۵۰.

[25] Asadi B. The special economic-commercial position of Kish Island in history. Persian Gulf of Culture and Civilization, Tehran: Humanities Research and Development Institute, (In Persian); 2007.

اسدی، بیژن. موقعیت ویژۀ اقتصادی-تجاری جزیرۀ کیش در تاریخ. خلیج فارس فرهنگ و تمدن، تهران: موسسه تحقیقات و توسعۀ علوم انسانی؛ ۱۳۸۶.

[26] [26] Mousavi M. Archaeological exploration in the historical city of Harira. Archaeological reports; 1376, 1 (1): 205-240(In Persian).

موسوی، محمود. کاوش باستان‌شناسی در شهر تاریخی حریره. گزارش‌های باستان‌شناسی؛ ۱۳۷۶، ۱ (۱): ۲۰۵-۲۴۰.

[27] Abbasi H, Mehrabani M. Yaghmai B. Rezaei Manfard M. The importance of benefiting from local knowledge in order to understand the cultural heritage and protect it: the historical city of Harira in Kish. Iranian Native Knowledge; 2021, 15: 159-198(In Persian).

عباسی، حبیبه؛ مهربانی، مرضیه؛ یغمایی، بامشاد؛ رضایی‌منفرد، مسعود. اهمیت بهره‌مندی از دانش محلی در راستای شناخت میراث فرهنگی و حفاظت از آن: شهر تاریخی حریره در کیش. دانش‌های بومی ایران؛ ۱۴۰۰، ۱۵: ۱۵۹-۱۹۸.

[28] Shadorvan Sh. Harira was a city. Urban Studies; 2009, 30: 108-113(In Persian).

شادروان، شیوا. حریره شهری که بود. جستارهای برخوار اصفهان. مطالعات تاریخ فرهنگی پژوهش‌نامه انجمن ایرانی تاریخ؛ ۱۳۹۲، ۵ (۱۸): ۱-۲۳.

[17] Mostofi H. Nozhat al-Qulob By the efforts of Mohammad Debir Siyaghi, Tehran: Tahuri, (In Persian); 1957.

مستوفی، حمدالله. نزهت‌القلوب. به کوشش محمد دبیر سیاقی، تهران: طهوری؛ ۱۳۳۶.

[18] Meshkati N. List of historical monuments and ancient places of Iran. Tehran: The first publication of the National Antiquities Protection Organization of Iran, (In Persian); 1966.

مشکوتی، نصرت‌الله. فهرست بناهای تاریخی و اماکن باستانی ایران. تهران: اولین نشریه سازمان ملی حفاظت آثار باستانی ایران؛ ۱۳۴۵.

[19] Honarfar L. Isfahan's treasure of historical works. Second edition, Isfahan: Thaghafi book store, (In Persian); 1971.

هنرفر، لطف‌الله. گنجینه آثار تاریخی اصفهان. چاپ دوم، اصفهان: کتاب‌فروشی ثقفی؛ ۱۳۵۰.

[20] Godard A, Sirox M. The Art of Iran. Tr. by: Abu Al-Hassan Sarvghad Moghaddam.Vol. 4, Second ed., Mashhad: Islamic Research Foundation of Astane Quds Razavi, (In Persian); 1992.

گدار، آندره؛ گدار، یدا؛ سیرو، ماکسیم. آثار ایران. جلد چهارم، ترجمه ابوالحسن سرو قد مقدم، مشهد: بنیاد پژوهش‌های آستان قدس رضوی؛ ۱۳۷۱.

[21] Afshar Sistani I. Kish Island and the Pars Sea: a collection of the natural, geographical, historical, social and economic conditions of Kish Island and an introduction to the knowledge of the Persian Gulf. Tehran: Contemporary World, (In Persian); 1991.

افشار سیستانی، ایرج. جزیرۀ کیش و دریای پارس: مجموعه‌ای از اوضاع طبیعی، جغرافیایی، تاریخی، اجتماعی و اقتصادی جزیرۀ کیش و مقدمه‌ای بر شناخت خلیج‌فارس. تهران: جهان معاصر؛ ۱۳۷۰.

[22] Kayanizad M, Ghayem B. The historical location of the ancient city of Harira in Kish Island. Jundi Shapour Quarterly; 2014, 1 (4): 45-66(In Persian).

کیانی‌زاد، مریم؛ قیم، بهادر. جایگاه تاریخی شهر باستانی

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]

[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

۳ (۲): ۳۷-۴۹.

[33] HajiSayyedjavadi M, Fahimi Far A, Hamzavi Y. Study and Recognition of Mineral Matter of Pastiglia Layer and Gliding of Safavid Period in Qazvin Chehelsotoun. PAZHOHESH-HA-YE BASTANSHENASI IRAN; 2020, 10 (25). DOI: 10.22084/nbsh.2019.20259.2027 (In Persian).

حاجی سید جوادی، سید محسن؛ فهیمی فر، اصغر؛ حمزوی، یاسر. بررسی و شناخت مواد معدنی آرایه‌های لایه چینی و طلاچسبان دوره‌ی صفوی در عمارت چهل‌ستون قزوین. پژوهش های باستان شناسی ایران؛ ۱۳۹۹، ۱۰ (۲۵): ۲۲۵-۲۴۰.

[34] Almaviva S, Lecci S, Puiu A, Spizzichino V, Fantoni R, Falconieri M, Gagliardi S, Chiari M, Mazzinghi A, Ruberto Ch, Casaril G, Bandini G, Morretta S. Raman/XRF/EDX microanalysis of 2nd-century stuccoes from DomusValeriorum in Rome. Journal of Cultural Heritage; 2019, 37: 225-232. https://doi.org/10.1016/j.culher.2018.11.004

[35] Sanjurjo S J, Vidal Romaní J. R., Alves C. Deposition of particles on gypsum-rich coatings of historic buildings in urban and rural environments. Construction and Building Materials; 2011, 25 (2): 813-822. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.07.001.

[36] Alexandre M S, Loureiro S P A, Paz M, Rômulo S A. Assessment of compatibility between historic mortars and lime-METAKAOLIN restoration mortars made from amazon industrial waste, Applied Clay Science; 2020, 198: 105843. https://doi.org/10.1016/j.clay.2020.105843.

[37] Ouakarrouch M, Karima El A, Najma L, Mohammed G, Fatima K-S. Thermal performances and environmental analysis of a new composite building material based on gypsum plaster and chicken feathers waste, Thermal Science and Engineering Progress; 2020, 19: 100642, ISSN 2451-9049,

شهرسازی؛ ۱۳۸۸، ۳۰: ۱۰۸-۱۱۳.

[29] Hamzavi Y. Sardari AM. The use of machine analyzes for the technical knowledge of the plaster arrays of the Seti Fateme shrine in Yazd. The book of the collection of articles of the first conference on material science and conservation of cultural-historical monuments, March 10, 2019: Research Institute of Cultural Heritage and Tourism (In Persian).

حمزوی، یاسر؛ سرداری، علی‌محمد. استفاده از آنالیزهای د ستگاهی جهت فن شناخت آرایه‌های گچی بقعهٔ ستی فاطمه یزد. کتاب مجموعه مقالات نخ ستین همایش علم مواد و حفاظت آثار فرهنگی-تاریخی ۱۰ ا سفند ۱۳۹۰: پژوهشگاه میراث فرهنگی و گرد شگری؛ ۱۳۹۱.

[30] Aslani H. The technology of plaster arrays in the architecture of Iran during the Islamic era. Doctoral thesis, field of restoration of cultural and historical works and objects, Isfahan Art University (unpublished); 2012.

اصلانی، حسام. فن شناسی آرایه‌های گچی در معماری ایران دوران ا سلامی. ر سالهٔ دکتری، ر شتهٔ مرمت آثار و اشیای فرهنگی و تاریخی، دانشگاه هنر اصفهان (منتشر نشده)؛ ۱۳۹۱.

[31] Kazemian M, Aslani H. Identifying motifs and techniques of plaster and brick arrays of Isfahan Old Mosque. Art Research; 2012, 2 (4): 61-70 (In Persian).

کاظمیان، میثم؛ اصلانی، حسام. شناسایی نقوش و فنون آرایه‌های گچی بند آجری مسجد جامع عتیق اصفهان. پژوهش هنر؛ ۱۳۹۱، ۲ (۴): ۶۱-۷۰.

[32] Mohtasham A, Salehioon L, Ahmadi K. Technical investigation of the plaster decorations of Shahshahan house of Isfahan using SEM-EDS, XRD and chemical methods. Advanced Materials and Technologies; 2014, 3 (2): 37-49 (In Persian).

محتشم، عادله؛ صالحیون، لیلا؛ احمدی، کامران. بررسی فنی تزئینات گچ بری خانه‌ی شهشهان اصفهان با استفاده از روش‌های دستگاهی SEM-EDS و XRDو شیمی تر. مواد و فناوری‌های پیشرفته؛ ۱۳۹۳،

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]

[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

گچبری کوه خواجهٔ سیستان، ملاط گچ شادیاخ نیشابور و ملاط گچ قلعه الموت قزوین). پژوههٔ باستان‌سنجی؛ ۱۳۹۴، ۱ (۲): ۱-۱۴.

[43] Razani M, Hamzavi Y. Characterization of Historic Mortar from the Architectural Decoration and Plaster of Rocky Temple of Verjuy in Maragheh, Iran. JRA; 2018; 4 (2):21-33 (In Persian).

رازانی، مهدی و یاسر حمزوی. ساختار شناسی ملاط‌های تاریخی در آرایه‌های معماری و اندود داخلی معبد صخره‌ای ورجووی مراغه، ایران. پژوهه باستان‌سنجی؛ ۱۳۹۷، ۴ (۲): ۱۲- ۳۳.

[44] Hamzavi Y. An Investigation into the Characterization of Gypsum Mortar of Seyed Shams-din Monument in Yazd, Iran. 2021; 11 (25):37-54 (In Persian).

حمزوی، یاسر. مطالعهٔ ساختارشناسی ملاط گچی ایوان بقعهٔ سید شمس‌الدین یزد (کتیبهٔ کوفی، آرایهٔ گچی قالبی، لایهٔ بستر گچی). مرمت و معماری ایران؛ ۱۴۰۰، ۱۱ (۲۵): ۳۷-۵۳.

[45] Hamzavi Y, Koochakzaei A, Negarestani A. Characterization of Colored Mortar of Boumsab Gypsum Arrays of Ganjali Khan School (Caravanserai) in Kerman. Parseh J Archaeol Stud. 2021, 5(17), 287-302 (In Persian).

حمزوی، یاسر؛ کوچکزایی،علیرضا؛ نگارستانی، علی‌اصغر. ساختار شناسی ملاط رنگی آرایه‌های گچی بوم‌ساب در مدرسهٔ (کاروانسرا) گنجعلیخان کرمان. مطالعات باستان شناسی پارسه؛ ۱۴۰۰، ۵ (۱۷): ۲۸۷-۳۰۲.

[46] Hamzavi, Y., Afandipour, J. Investigation and recognition of mortar structure in the big tower of Rab-e Rashidi Complex in Tabriz. Pazhoheshha-ye Bastan shenasi Iran, 2023; doi: 10.22084/nb.2023.26161.2474 (In Persian).

حمزوی، یاسر؛ افندی پور، جواد. بررسی و شناخت ساختار ملاط در برج بزرگ مجموعهٔ ربع رشیدی تبریز. پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، انتشار آنلاین از تاریخ ۱۴۰۱/۱۰/۲۶:
doi: 10.22084/nb.2023.26161.2474

https://doi.org/10.1016/j.tsep.2020.100642.

[38] Loureiro A, Aranha da P, Simone P, Veiga M, Angélica R S. Investigation of historical mortars from Belém do Pará, Northern Brazil, Construction and Building Materials; 2020, 233: 117284, ISSN 0950-0618, https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117284.

[39] Marvila M T, Azevedo A R.G, Barroso L S, Barbosa M Z, Brito J. Gypsum plaster using rock waste: A proposal to repair the renderings of historical buildings in Brazil, Construction and Building Materials; 2020, 250: 118786, ISSN 0950-0618, https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118786.

[40] Ngah Sh A, Dams B, Ansell M P, Stewart J, Hempstead R, Ball R J. Structural performance of fibrous plaster. Part 1: Physical and mechanical properties of hessian and glass fibre reinforced gypsum composites, Construction and Building Materials; 2020, 259: 120396, ISSN 0950-0618, https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120396.

[41] SalehiKakhki A, Aslani H. Introducing twelve types of plaster arrays in the architecture of the Islamic era of Iran based on technical methods and executive details. Archaeological Studies; 2011, 3 (1): 91-108 (In Persian).

صالحی کاخکی، احمد؛ اصلانی، حسام. معرفی دوازده گونه از آرایه‌های گچی در معماری دوران اسلامی ایران بر اساس شگردهای فنی و جزئیات اجرایی. مطالعات باستان‌شناسی؛ ۱۳۹۰، ۳ (۱): ۹۱-۱۰۸.

[42] Mishmastnehi M. The Application of Crystallographic Interpretation on Technical Study of Gypsum-Based Historical Materials (Case studies of stucco decoration of Kuh-e Khwaja and Gypsum Mortars from Shadiakh and Alamut). JRA; 2016; 1 (2):1-14 (In Persian).

میش‌مست نهی، مسلم. کاربرد تحلیل‌های بلورشناسی در مطالعات فنی آثار تاریخی گچی (مطالعهٔ موردی

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]

[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]

[47] Sudell H. The complete Guide to Rocks & Minerals. Project Editor: Catherine Stuart, London: Hermes House; 2010.
[48] Gourdin W. H, Kingery W. D. The beginnings of pyrotechnology: Neolithic and Egyptian lime plaster. Journal of Field Archaeology; 1975, 2(1-2): 133-150.
[49] Abbasian M M. Basics of physical chemistry of gypsum, production and application. Tehran: Iran Plaster Company; 1992 (In Persian).

عباسیان، میرمحمد. مبانی شیمی فیزیک گچ، تولید و کاربرد. تهران: شرکت ایران گچ؛ ۱۳۷۱.
[50] Santisteban J, Mediavilla R, Lo pez-Pamo E, Dabrio C J, Ruiz Zapata M, Gil Garcıa M. J, Castano S, Martınez-Alfaro P E. Loss on ignition: a qualitative or quantitative method for organic matter and carbonate mineral content in sediments?. Journal of Paleolimnology; 2004, 32 (3): 287-299.

[Downloaded from jra-tabriziau.ir on 2026-06-10]

[DOI: 10.52547/jra.9.1.346]