

# شناسایی و سالیابی مواد و ساختمانی برخی از بناهای تاریخی استان‌های آذربایجان غربی، گیلان، و تهران

## رویا بهادری

عضو هیئت علمی پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی - فرهنگی، پژوهشگاه میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری

bahadoriroya@yahoo.com

## فرانک بحرالعلومی

کارشناس ارشد فیزیک، آزمایشگاه سالیابی پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی - فرهنگی، پژوهشگاه میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری

bfaranak@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۲۹

تاریخ پذیرش: ۹۳/۶/۲۵

## چکیده

در این بررسی مواد و ساختمانی به‌کاررفته در تخت سلیمان، قلعه‌رودخان، امامزاده زید و رحمان، کاروانسرای دیر گچین، و مسجد سپه‌سالار در سه استان آذربایجان غربی، گیلان و تهران شناسایی و سالیابی شدند. برای شناسایی مواد و مصالح به‌کاررفته در این نمونه‌ها از روش پراش سنج پرتو ایکس (XRD) و برای سالیابی از روش ترمولومینسانس که برای سالیابی نمونه‌های پخته‌شده در کوره، رسوبات، و سنگ‌های آتشفشانی به‌کار می‌رود، استفاده شد.

نمونه‌های آنالیزشده مربوط به سنگ، رسوب، ملات، اندود، آجر، و خاک به‌کاررفته در این بناهای تاریخی بودند. نتایج نشان داد، گچ، کلسیت، و کوارتز عمده ترکیبات به‌کاررفته در ملات این بناها و کوارتز، فلدسپار و پیروکسن از اصلی‌ترین مواد آجرهاست. نتایج سالیابی مواد و مصالح به‌کاررفته در تخت سلیمان، قلعه‌رودخان و کاروانسرای دیر گچین نیز در این نوشته ارائه شده است.

**واژه‌های کلیدی:** مصالح، XRD، سالیابی ترمولومینسانس، تخت سلیمان، قلعه‌رودخان، امامزاده زید و رحمان، کاروانسرای دیر گچین، مسجد سپه‌سالار.

مجموعه تخت سلیمان و آثار باستانی و تاریخی آن یکی از مهم‌ترین و مشهورترین مراکز تاریخ و تمدن ایران محسوب می‌شود. این مجموعه در ناحیه تکاب و بر روی بلندی طبیعی به ارتفاع ۲۰ متر از سطح دشت احداث شده است. بنای دیوار و حصار بیرونی مربوط به دوره ساسانی است ولی در دوره ایلخانی نیز ضمن مرمت، پاره‌ای از قسمت‌های فروریخته و دروازه‌ای جدید در مجاورت دروازه جنوبی عهد ساسانی احداث شده است (تصویر ۱).

قلعه رودخان در دوازده کیلومتری جنوب شرقی فومن در دل جنگل‌های انبوه مناطق کوهستانی جای دارد. این قلعه که به قلعه حسامی نیز شهرت دارد، از بزرگ‌ترین و با عظمت‌ترین دژهای نظامی گیلان و حتی ایران به شمار می‌آید و مساحت آن بالغ بر پنجاه هزار متر مربع است. این قلعه در [ارتفاع] ۶۰۰ متری و در بلندترین نقطه کوه قرار دارد. سنگ‌نوشته‌ای که در آنجا وجود داشته نشان می‌دهد که این قلعه اولین بار در سال ۹۱۸ تا ۹۲۱ ق به فرمان سلطان حسام‌الدین امیره دباچ بن امیر علاءالدین اسحقی مرمت شده است. هدایت‌خان فومنی هنگامی که بر ضد کریم‌خان زند سر به شورش برداشت شروع به تعمیر آنجا کرد و در آنجا اسلحه و مهمات قرار داد. قلعه رودخان از دو بخش ارگ یا محل اسکان حاکم و قسمت نظامی یا قورخانه تشکیل شده است (تصویر ۲).

امامزاده زید و رحمان مدفن و آرامگاه سید زین بن علی بن حسین بن علی<sup>(ع)</sup> است که دارای صحن، ایوان و رواق آئینه‌کاری و گنبد کاشیکاری و متعلقاتی دیگر است. بنای اصلی بقعه مربوط به عهد صفوی و اوایل قرن دهم هجری است، اما صحن ایوان و گنبد آن در اواسط قرن سیزده هجری ساخته شده است. یک سنگ قبر مرمرین که نام لطف‌علی خان زند را بر خود دارد در ایوان جنب بقعه نصب شده است که احتمال می‌رود مدفن شاه شجاع زند

باشد. کاروانسرای دیر گچین در مسیر جاده تهران - قم پس از عبور از گردنه حسن‌آباد در یک دشت وسیع قرار دارد. این بنا در دوره صفویه به صورت اساسی تجدید بنا شده به همین دلیل از نظر ظاهری بنایی صفویه را می‌نماید (تصویر ۳). مسجد سپهسالار در خیابان شهید مصطفی خمینی در تهران واقع شده و از مدرسه‌های بزرگ و زیبای قرن سیزدهم هجری در ایران است. بانیان این بنای بزرگ و نیز سازندگان ساختمان مجلس شورای ملی، شادروان حاج میرزا حسین‌خان سپهسالار قزوینی، صدراعظم دوره ناصرالدین‌شاه قاجار و برادرش مشیرالدوله بودند. کار پی‌ریزی این ساختمان در سال ۱۲۹۶ ق آغاز شد. این بنای شکوهمند شامل جلوخان و سردر و دهلیز و ساختمان دوطبقه حجره‌هاست. این ساختمان دارای چهار ایوان، گنبدی بزرگ، شبستان (چهل‌ستون)، هشت گلدسته، مناره کاشیکاری و مخزن کتابخانه‌ای معتبر است.

شناسایی مواد و ساخت‌مایه بناهای تاریخی از مسائلی است که همواره ذهن محققان علوم، مرمتگران آثار و بنا و باستان‌شناسان را به خود مشغول کرده است. زیرا برای مرمت آثار تاریخی اطلاعاتی چون ترکیب ملات، رنگدانه‌های به‌کاررفته در تزئینات، و نوع رسوب‌های ایجادشده نیازمند هستیم (حامی، ۱۳۷۴: ۳۷)

در ساخت یک بنا علاوه بر انتخاب بهترین مواد، توجه به هماهنگی مصالح با وضعیت آب‌وهوایی و ویژگی‌های محل ساخت بنا حائز اهمیت بسیار است. گاه وضع اقلیم و اقتصاد دامنه انتخاب نوع مصالح را محدود می‌کند. خواص ملاتی که در اتصال با سایر مصالح ساختمانی در بنا به کار می‌رود به علت خروج آب تحت شرایط مختلف، میزان فشار و تنش اعمال‌شده از طرف بنا، روش مخلوط کردن و شرایط سخت شدن، با نمونه‌ای که در آزمایشگاه ساخته می‌شود، متفاوت است (Schubert, 1988: 162). بنا بر این

## روش کار

در این کار نمونه‌های مواد و مصالح با روش پراش سنج پرتو ایکس<sup>۱</sup> (XRD) شناسایی شدند. با توجه به اینکه XRD روش متداول و کاملی برای شناسایی ترکیبات مواد به‌کاررفته در بناست، از روش تکمیلی دیگر استفاده نشد.

دستگاه XRD که برای آنالیز نمونه‌ها استفاده شد SEIFERT 3000 T2T با تیوب مس (40kV, 30mA) بود. نمونه‌های پودر شده از ۵-۶۰ درجه پیمایش شدند. پیمایش در فواصل ۰/۰۲ و با زمان توقف ۰/۳ ثانیه انجام شد. برای آماده‌سازی نمونه‌ها در صورتی که نمونه زیریک گرم بود، مثل نمونه‌های رسوب و اندود از روش لام استفاده شد، برای این کار ابتدا ۰/۵۰-۰/۱۰ گرم از نمونه را پس از آسیاب کردن و تبدیل آن به ذرات ۷۰-۷۵ میکرون در آب به صورت معلق در آورده و سپس از آنها لام تهیه شد. در صورتی که مقدار نمونه بالای ۳-۴ gr بود، از روش قرص و جا نمونه‌ای پلکسی گلاس استفاده شد که این روش بسیار مطلوب‌تر از روش لام است، زیرا لام از جنس شیشه است و شیشه در XRD جذب دارد، در صورتی که پلکسی گلاس هیچ‌گونه جذبی ندارد. نمونه‌های پخته‌شده مثل آجر همواره دارای خط زمینه زیادی هستند.

برای سالیابی نمونه‌ها از روش ترمولومینسانس استفاده شد که برای تعیین قدمت نمونه‌های پخته‌شده در کوره مانند سفال و آجر و کاشی به کار می‌رود. این نمونه‌ها با روش FINE GRAIN آماده شد و با روش ADDITIVE DOSE پرتو دهی و اندازه‌گیری شد (Aitken, 1985). آماده‌سازی و اندازه‌گیری نمونه‌ها در زیر نور قرمز انجام گرفت تا از هرگونه تأثیر احتمالی نور معمولی بر روی آنها جلوگیری شود. دستگاه مورد استفاده برای اندازه‌گیری شدت نور ترمولومینسانس، دستگاه مدل 7188 ساخت شرکت ELSEC آکسفورد بود. برای پرتو دهی آلفا از چشمه آمرسیم ۲۴۱ و برای پرتو دهی بتا از چشمه

لازم است مقاومت و استحکام ملات در نسبت با سایر عناصر سازه تعیین شود. یک ملات مناسب علاوه بر کارایی، شکل‌پذیری، و سرعت مطلوب در سخت شدن، باید تحمل بار کافی و مقاومت در برابر جابه‌جایی و عوامل جوی را داشته باشد (جعفرپور، ۱۳۷۴: ۵۶).

در این باره شناسایی مواد و مصالح به‌کاررفته در چهار شهر استان فارس با روش‌های دستگاهی انجام گرفت (بهادری ۱۳۸۸: ۳۴). علاوه بر این، مقالات متعددی نیز در خصوص نوع ملات‌های بناهای تاریخی ایران نوشته شده است که در آنها از روش‌های مختلف دستگاهی و شیمیایی استفاده شده است.



تصویر ۱. تخت سلیمان (مأخذ: نگارندگان)



تصویر ۲. قلعه رودخان (مأخذ: نگارندگان)



تصویر ۳. کاروانسرای دیر گچین (مأخذ: نگارندگان)

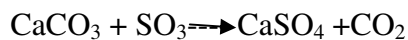
تصاویر ۱ تا ۳. تصاویری از بناهای تاریخی که مواد و ساخت‌مایه آنها شناسایی شدند.

استرانسیم ۹۰/۶۰ استفاده شد. غلظت عنصر پتاسیم با روش نورسنجی شعله‌ای<sup>۲</sup> و غلظت عناصر اورانیم و توریم با روش شمارش آلفا<sup>۳</sup> اندازه‌گیری شد. در تعیین غلظت عناصر اورانیم و توریم با اندازه‌گیری‌های جانبی، عدم انتشار گاز رادون در نمونه‌ها نیز بررسی شد.

### شناسایی مواد و مصالح با روش XRD

همان‌طور که گفته شد در این مقاله برای شناسایی مواد و مصالح از روش دستگاهی XRD که یک روش آنالیز ترکیبی است استفاده شد. در استان آذربایجان غربی ۲۹ نمونه از سنگ، ملات، آجر، و رسوب روی آجر مربوط به بنای تخت سلیمان شناسایی شد. نتایج نشان داد گچ و کلسیت اصلی‌ترین مواد به‌کاررفته در ملات‌ها و کلسیت اصلی‌ترین مادهٔ سنگ در مناطق مختلف تخت سلیمان است. آجر این بنا نیز مخلوطی از کوارتز، فلدسپات، میکا، و پیروکسن و رسوب سطح آجر حاوی گچ است. میکا به عنوان مادهٔ افزودنی برای جلوگیری از ترک خوردن بدنه در هنگام انقباض در حین پخت به خاک سفال یا آجر افزوده می‌شود. در خصوص وجود پیروکسن در نمونه‌های آجر باید به این نکته اشاره کرد که پیروکسن از کانی‌هایی است که در دمای حدود ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد تشکیل می‌شود و کلسیت از کانی‌هایی است که در حدود ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد تجزیه و تبدیل به اکسید کلسیم می‌شود. با توجه به وجود هر دو کانی در برخی از نمونه‌های آجر، به نظر می‌رسد دمای پخت آجرها در حدود ۷۰۰-۱۰۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد متغیر است. نتایج حاصل از آنالیز ۹ نمونه در بنای قلعه‌رودخان نشان داد که کلسیت و کوارتز از اصلی‌ترین مواد ملات و کلسیت مادهٔ اصلی رسوب است. در استان تهران نیز ۱۴ نمونه شامل ملات، و سنگ و رسوب سه بنای تاریخی آنالیز شد. ملات به‌کاررفته در امامزاده زید و رحمان مخلوطی از گچ، کوارتز و کلسیت و

ملات کاروانسرای دیر گچین همان‌طور که پیش‌بینی می‌شد به علت نزدیکی به قم، حاوی مخلوطی از گچ، هالیت (سدیم کلراید)، و کوارتز است. با توجه به فراوانی هالیت در خاک منطقهٔ قم از این ماده برای ملات استفاده شده است. در مقالهٔ دیگری نیز وجود هالیت در رسوب‌های ایجادشده در سطح سفال‌های شهر قم ثابت شد (بهادری، ۱۳۷۹). در بنای مسجد سپه‌سالار سنگ و رسوبات سطح آن آنالیز شد و نتایج آزمایش وجود کلسیت را در سنگ و مخلوط کلسیت و کوارتز را در رسوبات سطح سنگ نشان داد. در یک نمونه علاوه بر ترکیبات فوق، گچ نیز وجود داشت که به علت تبدیل کلسیت به گچ در اثر آلودگی‌های اکسیدهای گوگرد ناشی از آلودگی‌های هوای تهران است. واکنش تبدیل کلسیت به گچ در واکنش زیر نشان داده شده است. مشخصات و نتایج شناسایی مواد و مصالح به‌کاررفته در نمونه‌ها در جدول‌های ۱-۳ آمده است. فرمول شیمیایی و خواص ترکیبات به کار رفته در نمونه‌ها نیز در جدول ۴ آمده است.



### سال‌یابی مواد و ساخت‌مایه

تعیین قدمت نمونه‌های تخت سلیمان، دیرگچین و تخت سلیمان در چارچوب مطالعات باستان‌شناسی و مرمت بنا انجام شده است. به طور اجمالی می‌توان گفت در مورد نتایج سال‌یابی نمونه‌های تخت سلیمان همان‌گونه که مشاهده می‌شود، تاریخ ساخت آجرها مربوط به اواخر دورهٔ ساسانی است و یک نمونه مربوط به دورهٔ مغول است یعنی زمانی که در دورهٔ آباقاخان بر روی ویرانه‌های تخت سلیمان ساخت‌وسازهایی انجام شده است. نتایج سال‌یابی قلعه‌رودخان نشان‌دهندهٔ تداوم ساخت‌وساز و مرمت از حدود ۸۰۰ سال پیش تا اواسط دورهٔ قاجار در این بنا است. نمونه‌های دیرگچین مربوط به دو دور

سال پیش است. این نتایج نشان می‌دهد که این قلعه یک دوره مداوم ۶۰۰ ساله ساخت‌وساز و مرمت را از سر گذرانده است. از دیرگچین ۴ نمونه سال‌یابی شد که ۲ نمونه مربوط به اواسط دوره ساسانی و ۲ نمونه مربوط به دوره قاجار است (جدول ۱ تا ۷).

### تشکر و قدردانی

قدردان و سپاسگزار دکتر سودابه دورعلی به خاطر همکاری در آنالیز XRD تعدادی از نمونه‌ها و از خانم‌ها ماندانا طیبی و مولود سادات عظیمی برای همکاری در سال‌یابی نمونه‌ها هستیم.

### پانوشت‌ها:

- 1 X-ray Diffraction
- 2 Flame photometer
- 3 Alpha Counter

### منابع:

- بهادری، رویا و فرانک بحرالعلومی، (پاییز و زمستان ۱۳۸۸)، «شناسایی مواد و مصالح به کار رفته در برخی از بناهای استان فارس»، در اثر، ش ۴۵، (صص ۳۳-۴۶).
- بهادری، رویا، (بهار و تابستان ۱۳۷۹)، «بررسی شوره‌زنی آثار سفالی به دست آمده از حفاری‌های باستان‌شناسی»، در مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران.
- جعفرپور، فاطمه، (۱۳۷۴)، گچ، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران.
- حامی، احمد، (۱۳۷۴)، مصالح سنتی، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- Aitken, M. Z, (1985), *Thermoluminescence Dating*, London, Academic Press.
- Beningfield, N, (1988), "The Air Entertainment of Mortar- A Bibliography", in *Brick and Block Masonry*, Vol. 1, pp. 131, Elsevier Applied Science.
- Schubert, P, (1988), "The influence of Mortar on strength of Masonry", in *Brick and Block Masonry*, Vol. 1, pp. 162, Elsevier Applied Science, C.J.W. Groot, Aspects.

ساخت ساسانی و قاجار است. نتایج نمونه‌ها نشان می‌دهد که آجرهای سال‌یابی شده مربوط به دو دوره کاملاً مجزا هستند. خطای سال‌یابی برای همه نمونه‌ها بین ۴ تا ۸ درصد است. مشخصات و نتایج سال‌یابی نمونه‌های تخت سلیمان، قلعه‌رودخان و کاروانسرای دیر گچین در جدول‌های ۵ - ۷ آمده است.

### نتیجه‌گیری

در این کار مواد و مصالح پنج بنا در سه استان آذربایجان غربی و گیلان و تهران بررسی شدند. در کل ۵۲ نمونه از سنگ، رسوب، ملات، اندود، آجر، و خاک آنالیز شد. نتایج نشان داد نمونه‌های تخت سلیمان در شهر تکاب از ۱۶ ملات آنالیز شده که مربوط به قسمت‌های مهم تخت سلیمان است، ۱۵ نمونه گچ و کلسیت است که نشان‌دهنده درصد بالای گچ به‌کاررفته در بنا است. در صورتی که در نمونه‌های ملات قلعه‌رودخان در گیلان کلسیت جزء اصلی را تشکیل می‌داد و در هیچ کدام از نمونه‌ها گچ وجود نداشت که علت آن می‌تواند آب و هوای گیلان باشد. در استان تهران ملات به‌کاررفته در بنای امامزاده زید و رحمان حاوی گچ، کوارتز، و کلسیت است و در ملات‌های کاروانسرای دیر گچین گچ و هالیت و کوارتز وجود دارد. سنگ مسجد سپه سالار از نوع کلسیت و مقدار کمی کوارتز است و رسوب‌های ایجاد شده روی سنگ نیز از همین ترکیبات است.

در این کار قدمت نمونه‌های آجر سه بنا تخت سلیمان و قلعه‌رودخان و کاروانسرای دیر گچین به روش ترمولومینسانس تعیین شد. نتایج نشان داد که چهار آجر سال‌یابی شده از تخت سلیمان مربوط به دو دوره ساخت‌وساز در دوره ساسانی و دوره مغول است. از قلعه‌رودخان ۱۲ نمونه تعیین قدمت شد که قدیم‌ترین نمونه مربوط به ۸۲۰ سال پیش و جدیدترین نمونه مربوط به ۲۳۰

جدول ۱. مشخصات و نتایج آنالیز XRD نمونه‌های تخت سلیمان در آذربایجان غربی.

ردیف	شهر	نام بنای تاریخی	نوع نمونه	محل نمونه‌برداری	شناسایی
۱	تکاب	تخت سلیمان	ملات	مجموعه اول لب دریاچه	گچ، کلسیت
۲	تکاب	تخت سلیمان	ملات بین آجر	ایوان خسرو غرب دریاچه	گچ
۳	تکاب	تخت سلیمان	ملات بین آجر	ایوان خسرو غرب دریاچه	گچ، کلسیت
۴	تکاب	تخت سلیمان	آجر	ایوان خسرو غرب دریاچه	کوارتز، فلدسپار، پیروکسن، هماتیت
۵	تکاب	تخت سلیمان	ملات و رسوب	ایوان خسرو غرب دریاچه	گچ، کلسیت
۶	تکاب	تخت سلیمان	ملات خاکستری بین آجر	هشتی شمالی ایوان خسرو غرب دریاچه	گچ، کلسیت
۷	تکاب	تخت سلیمان	ملات سفید	هشتی شمالی ایوان خسرو غرب دریاچه	گچ، کلسیت
۸	تکاب	تخت سلیمان	ملات بین آجر	آتشکده شمال دریاچه	گچ، کلسیت
۹	تکاب	تخت سلیمان	ملات	حصار ساسانی جنوب دریاچه	گچ، کلسیت
۱۰	تکاب	تخت سلیمان	سنگ	زندان سلیمان	کلسیت
۱۱	تکاب	تخت سلیمان	خاک سرخ	روستای نصرت‌آباد	کوارتز، کلسیت، میکا
۱۲	تکاب	تخت سلیمان	سنگ حصار	حصار ساسانی ضلع جنوبی	کلسیت
۱۳	تکاب	تخت سلیمان	لاشه سنگ	مجموعه اول لب دریاچه	کوارتز، فلدسپار
۱۴	تکاب	تخت سلیمان	آجر	آجر سالم	سیلیکات کلسیم
۱۵	تکاب	تخت سلیمان	آجر	آجر پوسیده	کلسیت، کوارتز
۱۶	تکاب	تخت سلیمان	رسوب روی آجر	-	گچ، میکا، سیلیکات کلسیم
۱۷	تکاب	تخت سلیمان	آجر	اجر سالم	کوارتز، فلدسپار، کلسیت، میکا، پیروکسن
۱۸	تکاب	تخت سلیمان	ملات	ملات پوسیده	گچ
۱۹	تکاب	تخت سلیمان	سنگ	-	کلسیت، گچ
۲۰	تکاب	تخت سلیمان	سنگ	-	گچ
۲۱	تکاب	تخت سلیمان	ملات	برج ۲۳، ضلع جنوبی	گچ، کلسیت
۲۲	تکاب	تخت سلیمان	ملات	برج ۲۳، ضلع جنوبی	گچ، کلسیت
۲۳	تکاب	تخت سلیمان	رسوب	برج ۲۳، ضلع جنوبی	گچ
۲۴	تکاب	تخت سلیمان	رسوب	دروازه جنوبی	گچ، کلسیت
۲۵	تکاب	تخت سلیمان	ملات	با روی ۲۲-۲۳	گچ، کلسیت
۲۶	تکاب	تخت سلیمان	ملات	مجموعه اول لب غرب دریاچه	گچ، کلسیت
۲۷	تکاب	تخت سلیمان	اندود	مجموعه اول لب غرب دریاچه	گچ، کلسیت
۲۸	تکاب	تخت سلیمان	اندود	مجموعه اول لب غرب دریاچه	گچ، کلسیت
۲۹	تکاب	تخت سلیمان	ملات پشت کاشی	مجموعه اول لب غرب دریاچه	گچ، کلسیت، فلدسپار

جدول ۲. مشخصات و نتایج آنالیز XRD نمونه‌های قلعه‌رودخان در استان گیلان.

ردیف	شهر	نام بنای تاریخی	نوع نمونه	محل نمونه برداری	شناسایی
۱	فومن	قلعه‌رودخان	اندود	اندود بیرونی ساختمان شرقی	کلسیت، کوارتز
۲	فومن	قلعه‌رودخان	ملات	ملات داخلی دروازه داخلی	پورتلندیت، کلسیت
۳	فومن	قلعه‌رودخان	رسوب	سقف ساختمان چندطبقه	کلسیت
۴	فومن	قلعه‌رودخان	رسوب	دروازه داخلی	کلسیت
۵	فومن	قلعه‌رودخان	ملات	درگاه دروازه داخلی	کلسیت، پورتلندیت
۶	فومن	قلعه‌رودخان	خاک	خاک نزدیک انبار آجر	کوارتز، میکا
۷	فومن	قلعه‌رودخان	ملات	ملات اصلی - داخلی	کلسیت، کوارتز
۸	فومن	قلعه‌رودخان	ملات	در ورودی انبار	کلسیت
۹	فومن	قلعه‌رودخان	ملات	اطراف قلعه	کلسیت، کوارتز

جدول ۳. مشخصات و نتایج آنالیز XRD نمونه‌های بناهای تاریخی استان تهران.

ردیف	شهر	نام بنای تاریخی	نوع نمونه	محل نمونه برداری	شناسایی
۱	کرج	امامزاده زید و رحمان	ملات	گنبد جنوبی	کلسیت، کوارتز، گچ
۲	کرج	امامزاده زید و رحمان	ملات	گنبد شرقی	کلسیت، کوارتز، گچ
۳	تهران	کاروانسرای دیر گچین	ملات	-	انیدر، گچ، هالیت، کوارتز
۴	تهران	کاروانسرای دیر گچین	ملات	-	گچ، هالیت
۵	تهران	کاروانسرای دیر گچین	ملات	-	گچ، هالیت، کوارتز
۶	تهران	کاروانسرای دیر گچین	ملات	-	گچ، کوارتز
۷	تهران	کاروانسرای دیر گچین	ملات	-	هالیت، گچ پاریس، گچ، کلسیت، کوارتز
۸	تهران	مسجد سپهسالار	رسوب روی سنگ	-	کلسیت، کوارتز
۹	تهران	مسجد سپهسالار	رسوب روی سنگ	قرمز	کلسیت، کوارتز، سیلیکات کلسیم و آهن
۱۰	تهران	مسجد سپهسالار	رسوب روی سنگ	کرم	کلسیت، کوارتز (کم)
۱۱	تهران	مسجد سپهسالار	رسوب روی سنگ	زرد	کلسیت، کوارتز
۱۲	تهران	مسجد سپهسالار	رسوب روی سنگ	خاکستری	کلسیت، کوارتز (کم)، گچ
۱۳	تهران	مسجد سپهسالار	سنگ	سفید	کلسیت، کوارتز (کم)

جدول ۴. مشخصات ترکیبات موجود در شناسایی نمونه‌ها.

ردیف	نام ترکیب	نام لاتین	فرمول شیمیایی	توضیحات
۱	کلسیت	Calcite	CaCO <sub>3</sub>	نام دیگر آن سنگ آهک است. سختی آن ۳ موس است.
۲	گچ	Gypsum	CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O	نام دیگر آن ژپس یا سنگ گچ است. سختی آن ۲ موس است.
۳	گچ پاریس	Plaster of Paris	2CaSO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O	-
۴	انیدریت	Anhydrite	CaSO <sub>4</sub>	سنگ گچ بدون آب است با سختی ۳-۵/۳ موس و به رنگ سفید و خاکستری وجود دارد.
۵	کوارتز	Quartz	SiO <sub>2</sub>	یک ماده معدنی که از فراوان‌ترین اشکال سیلیس با سختی ۷ است. به رنگ‌های شفاف، بنفش، دودی، سیاه، و زرد یافت می‌شود. یک ماده درخشانده پایدار، غیر قابل حل در آب و اسیدها که در برابر بازها پایداری کمی دارد (به‌خصوص در دماهای بالا).
۶	میکا	Mica	(K,Na,Ca) (Mg,Fe,Li,Al) <sub>2</sub> - <sup>3</sup> (Al,Si) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH,F) <sub>2</sub>	گروهی از آلومینیوم سیلیکات‌ها با ساختمان پیچیده که می‌توان آنها را به صفحات بسیار نازک با سطح صاف تقسیم کرد، سختی آنها ۲-۵/۲ است. به آنها طلق نسوز، شیشه معدنی یا سنگ طلق نیز می‌گویند.
۷	فلدسپار	Feldspar	K <sub>2</sub> O.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .6Si O <sub>2</sub>	ترکیبات آلومینیوم سیلیکات‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم، و باریم.
۸	پیروکس	Pyroxene	Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	خانواده‌ای از کانی‌های مهم با زنجیرهای نامحدود به رنگ سفید تا زرد و سبز تا قهوه‌ای و سیاه مایل به سبز که سختی آن ۵/۵-۶ است.
۹	هالیت	Halite	NaCl	کانی طبیعی نمک طعام است. به آن نمک معمولی یا سنگی نیز می‌گویند.
۱۰	پورتلندیت	Portlandite	Ca(OH) <sub>2</sub>	نوعی کانی بی‌رنگ و شش گوش متشکل از هیدروکسید کلسیم است که به صورت صفحات ریز وجود دارد.
۱۱	هماتیت	Hematite	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
۱۲	سیلیکات کلسیم	Calcium Silicate	CaSiO <sub>3</sub>	-



جدول ۵. مشخصات و نتایج سال‌یابی نمونه‌های تخت سلیمان.

ردیف	شماره نمونه	محل نمونه برداری	درصد اکسید پتاسیم (K <sub>2</sub> O %)	غلظت توریم (ppm)	غلظت اورانیم (ppm)	دز معادل (Gy)	قدمت (سال)
۱	TS1	جرز جنوب غربی آتشکده	۳/۹۵	۳/۵۳	۵/۸۱	۴/۳۹	۱۴۸۰±۸۰
۲	TS2	جرز جنوب غربی فضای PG	۴/۱۱	۲/۹۶	۶/۵۱	۳/۴۶	۶۸۰±۴۰
۳	TS3	ستون جرز جنوب شرقی تالار ستوندار	۳/۹۶	۳/۷۶	۴/۲۴	۴/۶۰	۱۴۲۵±۷۲
۴	TS4	جرز انتهایی سالن شمالی	۳/۹۷	۴/۰۶	۵/۱۹	۴/۷۷	۱۴۴۵±۷۵
۵	TS5	ایوان خسرو	۳/۸۵	۳/۹۶	۶/۵۷	۵/۳۹	۱۴۳۰±۷۰

جدول ۶. نتایج سال‌یابی نمونه‌های قلعه رودخان.

ردیف	محل نمونه برداری	قدمت
۱	آب انبار طبقه بالا	۲۳۰ ± ۲۵ سال
۲	آب انبار قراولخانه	۸۲۰ ± ۶۰ سال
۳	آب انبار	۸۲۰ ± ۶۰ سال
۴	آب انبار - راه پله شمالی	۸۱۰ ± ۶۰ سال
۵	آب انبار روی قوس	۸۱۵ ± ۷۰ سال
۶	سردر ورودی اصلی	۵۸۰ ± ۴۰ سال
۷	برج شمالی	۷۹۰ ± ۵۰ سال
۸	برج شمالی دروازه ورودی - بخش شرقی	۷۹۵ ± ۶۵ سال
۹	برج شمالی	۸۰۵ ± ۵۵ سال
۱۰	محل اسکان افسران ارشد - بخش شرقی	۳۵۰ ± ۳۰ سال
۱۱	اطاق خواب - بخش شرقی	۳۴۰ ± ۳۰ سال
۱۲	محل اسکان افسران ارشد - بخش شرقی	۳۵۰ ± ۳۰ سال

جدول ۷. مشخصات نمونه‌های کاروانسرای دیر گچین.

ردیف	شماره نمونه	محل نمونه برداری	درصد اکسید پتاسیم (K <sub>2</sub> O%)	غلظت توریم (ppm)	غلظت اورانیم (ppm)	دوز معادل (Gy)	قدمت (سال)
۱	DGB1	آجر با ابعاد ۲۵×۲۵، ارتفاع از کف ۱/۴۰ متر	۳/۷۳	۳/۶۹	۴/۰۶	۱/۶۳	۲۷۵±۲۰
۲	DGB3	آجر با ابعاد ۳۶×۳۶، ارتفاع از کف ۱/۸۰ متر	۲/۲۴	۲/۶۰	۴/۴۵	۱۰/۹۴	۱۷۰۰±۱۲۰
۳	DGB4	آجر با ابعاد ۳۶×۳۶، ارتفاع از کف ۱/۱۵ متر	۲/۸۴	۵/۰۳	۵/۷۷	۹/۵۹	۱۶۳۰±۱۰۰
۴	DGB5	آجر با ابعاد ۲۵×۲۵، ارتفاع از کف ۳/۰۰ متر	۳/۳۶	۴/۸۸	۴/۹۵	۱/۸۴	۲۸۰±۲۰