

Analyzing the Structural and Visual Pathology of Urartian Inscriptions in Seqindel, Varzeghan, East Azarbaijan, Iran

Mehdi Razani¹, Leyli Nemani Khiyavi²

1. Associate Professor, Department of restoration and archeology, Faculty of Applied Arts, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran

Email: m.razani@tabriziau.ac.ir

2. PhD Student, Restoration of Cultural and Historical Objects, Department of Restoration of Historical Monuments, Faculty of Conservation and Restoration, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran

Article Info

Pp: 29-58

Original Article

Received: 2024/06/27

Revised: 2024/08/30

Accepted: 2024/10/21

 <https://dx.doi.org/10.22034/45.106.2>

Use your device to scan
and read the article online



Athar Journal

Journal of Cultural Heritage and
Tourism Research Institute (RICHT),
Tehran, Iran

Publisher:

Cultural Heritage and Tourism
Research Institute (RICHT).

ABSTRACT

The Urartian inscriptions, in the village of Seqindel in the central part of Varzeghan city in East Azarbaijan province, belonging to the era of Sardori II, the king of Urartu, was inscribed on a stone in Zaghi mountain. This inscription is one of the unique works remaining from the expansion of the Urartian Kingdom in the east of Lake Urmia, which shows the history of their rule in the region, due to the lack of maintenance, most of it has been damaged and destroyed. According to the investigations carried out on the surfaces of the inscriptions, a cover of some kinds of lichens has affected almost all the rocks of the mountains in this region, and the bedrock of the inscriptions has not been spared from this damage. In addition, damage from vandalism and unauthorized digging can be seen in the body and foot of the inscription, which has endangered the health of the work. Because until now scientific and laboratory studies regarding the investigation of the method of making the work, the pathology of Seqindel Urartian inscription, and the identification of layers and possible destruction mechanisms on them, as well as the protection solution for it, have not been provided. To achieve this goal, laboratory studies were conducted on the structure and characteristics of the stone, as well as the types of damage caused to the body in different ways. The important questions of the research include: 1. What are the most serious damages in the body of the Urartian Seqindel inscription? 2. How have existing structural, climatic, and inherent phenomena and biological accumulations caused damage? In this regard, field studies show a type of synergistic destruction caused by a set of intrinsic, climatic, biological, and human factors, which manifests itself in the form of fracture damage, surface sedimentation, and biological accumulation with lichen as an indicator species on the body.

Keywords: Inscription, Seqindel, Urartu, Pathology, Technology.

Copyright © 2023. This open-access journal is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the AttributionNonCommercial terms.

URL: <https://athar.richt.ir/article-2-1720-en.html>

How to Cite This Article:

Razani, M. & Nemani, L., (2024). "Analyzing the Structural and Visual Pathology of Urartian Inscriptions in Seqindel, Varzeghan, East Azarbaijan, Iran". *Athar*, 45 (106) :29-58. <https://dx.doi.org/10.22034/45.106.2>

Introduction

The Urartian inscription of Seqindel is located approximately 2 km from the village of Seqindel, on the slope of Zaghi Mountain. It is situated near an archaeological site encompassing multiple historical periods, including the Bronze, Iron, Urartian, and Islamic eras. This inscription, primarily associated with the military campaign of Sarduri II, an Urartian king, is regarded as one of the significant artifacts of this period. The inscription is carved into a conical rock, measuring 4.5 by 5 meters, and consists of 10 lines of cuneiform text. Based on textual analysis, its age is estimated at approximately 2,750 years (Mashkour, 1953; Ebrahimi, 2019; Dara, 2017). In the vicinity, the remains of a pre-Urartian fortress, measuring 245 by 140 meters, are located. Surrounding this fortress are stone walls and quadrangular rooms within its structure (Naseri-Someh, 2019: 310). This fortress has held particular importance across various periods, notably during the Urartian and Islamic eras.

The Seqindel inscription was discovered by Dr. Mohammad-Javad Mashkour in 1951 (1330 in the Iranian calendar), and since then, several studies and documentation efforts have been conducted. These efforts include reproductions, mapping, and assessments of damage to the inscription. In 1968, the inscription was registered as a national monument under number 795, prompting numerous subsequent studies in the fields of pathology and preservation (The Registration Document, 1968). These studies have identified various forms of damage, such as the use of chisels to penetrate behind the stone and the potential use of dynamite to harm the inscription (Klesis and Kroll, 1980). In recent years, initiatives such as copying and creating replicas of the inscription have been undertaken (Bashash, 2007: 5).

This research specifically examines the pathology and degradation processes of the Seqindel inscription, utilizing modern methods to document its current condition and analyze the physical-chemical properties and resistance of the stone. Field and laboratory studies have yielded valuable insights into the damages and present state of the inscription, providing data applicable to future preservation and restoration efforts.

Discussion

The climate of the Varzeqan region, as outlined in the climatology section, has an average temperature of 10.1°C, with summer maxima reaching 33°C and winter minima dropping to -22°C. The region receives an average annual rainfall of 343 mm, with relative humidity ranging from 52% to 82%, and experiences an average of 133 frost days. These characteristics classify the region as a cold climatic zone. Freezing typically occurs in November, December, January, February, and March, with average minimum temperatures of -2°C and maximum temperatures of -9°C (Pour-Asghar, Isfahani, and Akbarzadeh, 2022).

Based on Peltier's (1950) model, which considers average temperature and annual rainfall as key factors in weathering, seven weathering models were proposed, encompassing chemical weathering, frost activity, erosion, and wind action. The model indicates that the warmest and wettest regions exhibit maximum chemical weathering, whereas the coldest and driest regions experience the least. In areas with very low temperatures, frost activity (physical weathering) predominates, alongside mechanical and chemical weathering processes. According to Nagel's (2000) review of Peltier's diagram, the climatic data for

Varzeqan suggest that the Seqindel Urartian inscription lies at the boundary between moderate chemical weathering and frost-related weathering, where physical and mechanical weathering are more prominent. This implies that frost damage significantly contributes to the inscription's degradation (Fig. 24).

The Seqindel stone inscription, with a porosity of 13.3%, likely exhibits increased surface porosity due to prolonged weathering, rendering it vulnerable to freeze-thaw cycles. In cold and dry mountainous regions like Azerbaijan, seasonal and diurnal temperature fluctuations result in a higher frequency of freeze-thaw cycles, causing greater damage compared to moderate or tropical climates. Furthermore, the absorption and retention of moisture in the stone across different seasons heighten its susceptibility to mechanical weathering, amplifying the impact of biological agents and erosion (Paterno, 1999).

Regarding the stone's structure, surface erosion results from a combination of physical and chemical factors, driven by the expansion and freezing of water within the stone, occasionally compounded by structural or mineralogical weaknesses. Research indicates that minerals such as iron, quartz, and altered hematite contribute to damage, including color changes from iron dissolution, which produce an orange-brown appearance and surface deterioration. The presence of biological agents, such as lichen species, also threatens the inscription's surface. Although lichens may cause minimal direct harm, their removal can expose the stone to further weathering, particularly if ultraviolet radiation intensifies. The presence of *Rusavskia elegans* lichens on the stone signals potential preservation needs, as certain lichens may mitigate weathering effects (Dmitrieva *et al.*, 1995; ESA, 2010). Studies on lichens' resilience in extreme environments suggest that these organisms may serve a protective role against weathering mechanisms.

Conclusion

The preservation issues of the Urartian inscription of Seqindel represent a multifaceted challenge that requires a multidisciplinary approach. Based on field findings, the inscription was handcrafted in several stages, including polishing, groundwork, and text carving. In the damage studies, the main destructive factors identified include human impact, climate, the surrounding environment, and biological pests. The results of physical and chemical tests showed that the environment significantly impacts the cracks caused by freeze-thaw cycles. Based on these findings, it is essential to develop a comprehensive preservation and restoration plan to address the issues. This plan prioritizes measures to prevent the inscription from falling, followed by filling the cracks and fissures caused by human and climatic damage. Finally, lichen removal and covering the inscription with a roof are suggested to reduce weathering and moisture risks, ensuring its long-term survival.

Acknowledgments

The authors would like to express their gratitude to the Cultural Heritage Department of East Azerbaijan Province for granting permission to study the Saghindel Urartian inscription, to the officials and managers of the Sarcheshmeh Copper Complex in Varzeqan for their material support, to the University of Islamic Art of Tabriz for both material and moral support, and to Engineer Amin Ranjabari and Engineer Alireza Amiri for their cooperation in obtaining the images of the inscription.

Observation Contribution

First Author: Responsible for research design, data collection, and manuscript writing.

Second Author: Contributed to data analysis, writing, and editing of the manuscript.

Conflict of Interest

There are no conflicts of interest among the authors.

Financial Support

This research was funded by the Sarcheshmeh Copper Complex in Varzeqan, under the supervision of the General Department of Cultural Heritage, Handicrafts, and Tourism of East Azerbaijan Province.

مقاله پژوهشی

تحلیل آسیب‌شناسی ساختاری و سیمایی سنگ‌نوشته اورارتویی سقین‌دل، ورزقان، آذربایجان شرقی، ایران

مهدی رازانی^۱، لیلی نعمانی‌خیایوی^۲

۱. دانشیار گروه مرمت و باستان‌سنجی، دانشکده هنرهای کاربردی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران (نویسنده مسئول)

Email: m.razani@tabriziau.ac.ir

۲. دانشجوی دکتری، مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی، گروه مرمت آثار تاریخی، دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران

اطلاعات مقاله

صفحات: ۲۹-۵۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۰۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۶/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۳۰

خلاصه

سنگ‌نوشته اورارتویی، در روستای سقین‌دل از بخش مرکزی شهرستان ورزقان در استان آذربایجان شرقی متعلق به دوران فرمانروایی ساردوری دوم پادشاه اورارتویی بر سنگی در کوه زاغی، نقر شده است. این سنگ‌نوشته یکی از آثار منحصر به فرد باقی‌مانده از دوران گسترش پادشاهی اورارتویی در شرق دریاچه ارومیه است که بیانگر تاریخ فرمانروایی آنان در منطقه است و به دلیل عدم رسیدگی قسمت اعظم آن آسیب‌دیده و دچار تخریب گشته است. براساس بررسی‌های انجام‌شده بر روی سطوح سنگ‌نوشته، پوششی از انواع گلسنگ‌ها تقریباً تمام صخره کوه‌های این منطقه را تحت تأثیر قرارداد است که سنگ‌بستر سنگ‌نوشته نیز از این آسیب به دور نمانده است. به‌علاوه در بدنه و پای سنگ‌نوشته آسیبی از وندالیسم و حفاری‌های غیرمجاز نیز دیده می‌شود که سلامت اثر را با مخاطره روبرو نموده است. با توجه به این‌که تاکنون مطالعات علمی و آزمایشگاهی در خصوص بررسی شیوه ساخت اثر، آسیب‌شناسی سنگ‌نوشته اورارتویی سقین‌دل و شناسایی لایه‌ها و سازوکار تخریب احتمالی بر روی آن‌ها و همچنین راه‌حل حفاظتی برای آن ارائه نگردیده است، بنابراین برای رسیدن به این هدف مطالعات آزمایشگاهی، در مورد ساختار و ویژگی‌های سنگ و همچنین انواع آسیب‌های وارده به بدنه به شیوه‌های مختلف انجام گرفت. تا به سؤالات مهم تحقیق شامل: ۱. مهم‌ترین آسیب‌های موجود در بدنه سنگ‌نوشته اورارتویی سقین‌دل چیست؟ ۲. چگونه پدیده‌های موجود ساختاری و اقلیمی و ذاتی و تجمعات زیستی موجب آسیب گشته‌اند؟ که در این راستا مطالعات میدانی نشان‌دهنده یک نوع تخریب هم‌افزا ناشی از مجموعه‌ای از عوامل ذاتی، اقلیمی، بیولوژیکی و انسانی است که خود را در قالب سیمای آسیب‌شکستگی، رسوب سطحی و تجمع زیستی با گونه شاخص گلسنگ بر بدنه نمایان ساخته است.

کلیدواژه‌ها: سنگ‌نوشته، کتیبه، سقین‌دل، اورارتو، آسیب‌شناسی، فن‌شناسی

فصلنامه اثر

نشریه پژوهشکده ابنیه و بافت‌های تاریخی، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران

ناشر:

پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری

حق کپی‌رایت انتشار: این نشریه دارای دسترسی باز، تحت قوانین گواهی‌نامه بین‌المللی Creative Commons Attribution 4.0 International License منتشر می‌شود که اجازه اشتراک (تکثیر و بازآرایی محتوا به هر شکل) و انطباق (باز ترکیب، تغییر شکل و بازسازی براساس محتوا) را می‌دهد.

URL: <https://athar.richt.ir/article-2-1720-fa.html>

رازانی، مهدی؛ و نعمانی‌خیایوی، لیلی، (۱۴۰۳). «تحلیل آسیب‌شناسی ساختاری و سیمایی سنگ‌نوشته اورارتویی سقین‌دل، ورزقان،

<https://dx.doi.org/10.22034/45.106.2>، ۲۹-۵۸. ۴۵ (۱۰۶): ۲۹-۵۸.

مقدمه

سنگ‌نوشته اورارتویی سقین‌دل در فاصله تقریباً ۲ km روستای سقین‌دل در شیب کوه زاغی، در جوار قلعه پیشا اورارتویی (همان شهر لیبیلولی) و در کنار محوطه‌ای مربوط به قرون میانی اسلامی از دوره سلجوقی تا اواخر دوره ایلخانیان مغول قرار گرفته است، این سنگ‌نوشته در بستر مجموعه‌ای از محوطه‌های تاریخی شامل قلعه‌ها، استقرارگاه‌ها و گورستان‌های پیشا اورارتویی (دوران مفرغ و آهن)، دوره اورارتویی و همچنین محوطه‌ای اسلامی قرار دارد. با استناد به متن سنگ‌نوشته، قلعه‌ای در محوطه وجود داشته است که بقایای آن هنوز به چشم می‌خورد. قلعه پیشا اورارتویی با وسعت ۱۴۰×۲۴۵m بر روی زاغی داغی (به معنی کوه زاغی) که در ۳ جهت با شیب تند به دره‌هایی با منابع آبی فصلی و دائمی متصل است و از جهت شرق با شیب ملایم به دامنه‌های اطراف می‌پیوندد واقع است (شکل ۱). در اطراف قلعه بقایای پی حصار سنگی وجود دارد و در برخی سطوح قلعه، به‌ویژه بخش غربی آن اتاق‌های چهارضلعی سنگی در داخل حصار به چشم می‌خورد (Naseri-Someh, 2019: 310).



شکل ۱. راست: نمای دور از منظر فرهنگی محوطه باستان‌شناسی سقین‌دل (ریزش سنگ‌ها در بخش سمت راست ناشی از زلزله ۱۳۹۱) چپ: سنگ‌نوشته اورارتویی سقین‌دل نقر شده در بدنه‌ی سنگی.

Fig. 1: Right: A distant view of the cultural landscape of the Seqindel archaeological site (rockfalls on the right side caused by the 2012 earthquake). Left: The Uartian inscription of Seqindel, engraved on the rock surface.

سنگ‌نوشته اورارتویی سقین‌دل در بخش جنوبی کوه زاغی در شیب دره بر صخره سنگی تقریباً مخروطی با ابعاد ۵ در ۵/۰ m نقر شده است که ابعاد خود کتیبه ۷۰×۱۱۵ cm، دارای ۱۰ سطر خط میخی بوده و براساس خوانش کتیبه فتح‌نامه ساردوری دوم پادشاه اورارتویی با قدمت آن در حدود ۲۷۵۰ سال است (Mashkour, 1953; Ebrahimi, 2019; Dara, 2017). قسمت کتیبه‌دار این سنگ به نسبت سایر نقاط آن نسبتاً عمیق‌تر بوده و پیش از نوشتن متن بر روی آن بستری ایجاد شده است. کل سطح سنگی که سنگ‌نوشته در آن قرار دارد پوشیده از انواع مختلف گلسنگ‌ها است که طی مطالعات شناسایی‌شده و گونه‌های آن در ادامه آمده است؛ اما خود سطح سنگ‌نوشته عاری از گلسنگ است که احتمال دارد در اثر عملیات مختلف مانند قالب‌گیری از روی آن زدوده شده باشد. این سنگ‌نوشته در سال ۱۳۳۰ (۱۹۵۱) توسط دکتر محمدجواد مشکور کشف و معرفی گردید (Mashkour, 1953) سنگ‌نوشته در قابی با حواشی نسبتاً نامشخص اجرا شده است و ارتفاع میخ‌ها حدود ۲.۵ cm است. تاکنون مطالعات مختلفی در رابطه این سنگ‌نوشته صورت گرفته است، می‌توان نخستین بار به مطالعه مشکور در سال ۱۳۳۲ اشاره کرد که به استنساخ سنگ‌نوشته پرداخت (Mashkour, 1953) و سپس ملیکیوشویلی به‌دنبال

نسخه برداری مشکور، خوانش و ترجمه متن سنگ‌نوشته را در سال ۱۳۳۹ انجام داد، سپس نقشه برداری میدانی کلایس و کروول در سال ۱۹۷۸. م از سنگ‌نوشته یکی از مهم‌ترین اقداماتی است که رخ داده است (Klesis and Kroll, 1980)، به دنبال تهیه مستندات مکفی در رابطه با سنگ‌نوشته سقین‌دل، نهایتاً در سال ۱۳۴۷ با شماره ثبتی ۷۹۵ در فهرست آثار ملی به ثبت رسید (The Registration Document, 1968) و مقدمات مطالعات بعدی فراهم شد که نخستین بار پس از ثبت در سال ۱۳۷۷ گزارش آسیب بارز شامل ضرباتی با قلم و چکش برای نفوذ در پشت سنگ‌نوشته و احتمال جاسازی دینامیت در سال ۱۳۷۷ توسط خطیب شهیدی مطرح شد (خطیب شهیدی، ۱۳۸۳) و سپس در سال ۱۳۷۹ کپی برداری از سنگ‌نوشته سقین‌دل و ساخت مولاژ آن در باغ کتیبه‌ها توسط حسن حاجی‌نوری و رسول پشاش کنزق انجام گرفت (Bashash, 2007: 5). سپس نمونه دیگری از مولاژ سنگ‌نوشته در سال ۱۳۹۳ توسط اداره کل میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع دستی استان آذربایجان شرقی تهیه شد که هم‌اکنون در موزه آذربایجان به نمایش گذاشته شده است. سپس در سال ۱۳۹۶، اثر به‌عنوان یکی از سنگ‌نوشته‌های اورارتویی منطقه آذربایجان توسط ابراهیمی (Ebrahimi, 2017: 61)، معرفی شد. به دنبال آن بررسی باستان‌شناسی محوطه تاریخی سقین‌دل توسط ناصری صومعه در سال ۱۳۹۸ انجام گرفت که اطلاعات ارزشمندی درباره لایه‌های تاریخی و دوره‌های زمانی استقرار در محوطه به دست آمد که در ادامه به تفصیل آمده است (Naseri someh, 2019). جدیدترین بررسی و مطالعات در رابطه با سنگ‌نوشته در سال ۱۴۰۲ توسط رازانی با عنوان انجام مطالعات حفاظت و مرمت بوده است (Razani and Nemani, 2024). آنچه مورد توجه این پژوهش است پرداختن به مسائل مربوط به آسیب‌شناسی سنگ‌نوشته به خط میخی اورارتویی است. درک فرآیند تخریب و هوازدگی سنگ‌نوشته‌ها و استفاده از روش‌های مطالعاتی مورد نیاز برای حفظ آثار تاریخی نیز بسیار مهم است. مطالعه و مستندسازی شرایط و وضعیت موجود سنگ، مشخص کردن خواص و ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی و مقاومتی آن بر اساس نمونه برداری حاصل از بررسی‌های میدانی بسیار اهمیت دارد. این پژوهش در دو بعد فن‌شناسی و آسیب‌شناسی سنگ‌نوشته سقین‌دل انجام شده است و برای دسترسی به نتایج دقیق و قابل استناد، ابتدا به روش مطالعات میدانی و مطالعات کتابخانه‌ای انجام شده و سپس با استفاده از روش‌های نوین تصویربرداری، به بررسی و ثبت و ضبط مجموعه آسیب‌های موجود در بدنه سنگ‌نوشته پرداخته است. پس از انجام بررسی‌های آزمایشگاهی و بررسی فناوری ساخت و آسیب‌شناسی سنگ‌نوشته اورارتویی سقین‌دل نسبت به تحلیل وضعیت موجود سنگ‌نوشته اقدام گردیده است.

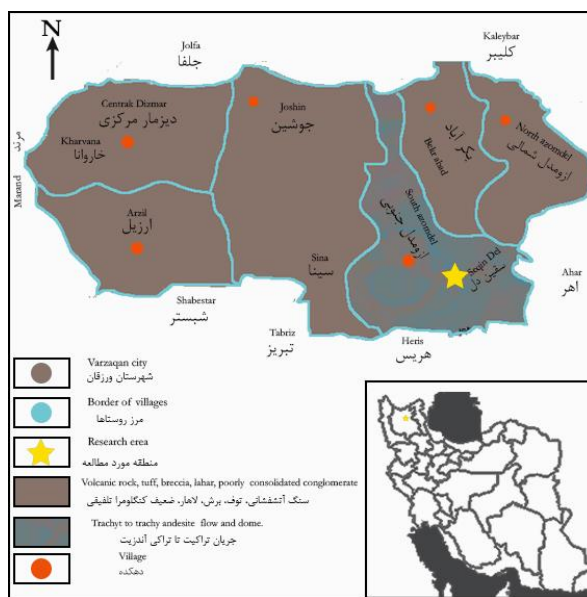
جغرافیای طبیعی ورزقان و روستای سقین‌دل

شهر ورزقان در مرکز شهرستان ورزقان در استان آذربایجان شرقی است که در ۴۲ km غربی اهر و در مسیر راه فرعی اهر کلوانق و در طول جغرافیایی ۳۹ ثانیه و ۴۶ درجه و در عرض جغرافیایی ۳۰ ثانیه و ۳۸ درجه و در بلندی ۱۶۸۰ m الی ۱۷۰۰ از سطح دریا قرار دارد. رود اهر چای از شمال و ورزقان چای از جنوب شهر ورزقان می‌گذرد و کوه‌های کسبه، کران قلعه و پیرداغی از کوه‌های مهم این شهرستان هستند (Montazam, 2016). منطقه با وسعت ۲۳۶۸ km² از شرق به شهرستان اهر، از غرب به شهرستان مرند، از شمال به شهرستان‌های کلیبر و جلفا و از جنوب به شهرستان‌های هریس، تبریز و شبستر محدود شده است. نام دیگر شهرستان ورزقان ارسباران بوده و این نام به دلیل واقع شدن بسیاری از جنگل‌های ناحیه سرسبز ارسباران در این شهرستان است.

گستره ورقه خوجا در استان آذربایجان شرقی در شمال خاوری شهر تبریز و جنوب باختری شهر اهر جای دارد. بخش‌های خوجا و بخشایش مهم‌ترین آبادی‌های این گستره‌اند؛ راه ارتباطی تبریز - اهر از طریق گردنه گویجه‌بئل در میانه این گستره قرار دارد. همچنین راه‌های آسفالته خوجا - ورزقان اهر - ورزقان و راه‌های خاکی در مسیر روستاها و بیلاق‌ها و آلاچیق‌های عشایری دسترسی به بیشتر نقاط این نقشه را آسان کرده است. آب‌وهوای منطقه همانند بیشتر نقاط فلات آذربایجان سرد و معتدل است و بخش‌های شمالی و باختری نقشه که توپوگرافی خشن و کوهستانی دارند سردترند. گردنه گویجه‌بئل در مسیر خوجا - اهر و گردنه علی بی‌کندی و میرزاعلی کندی در مسیر خوجا - ورزقان در زمستان از گردنه‌های به‌شدت برف‌گیر و کولاکی منطقه به‌شمار می‌آیند. نواحی مرکزی تابستان به نسبت گرم‌تری دارند و این به سبب پست‌تر بودن نواحی یادشده نسبت به سایر نقاط است. بلندترین نقطه گستره قله ایناخلی داغ ۲۸۷۳m و پست‌ترین نقطه پایین‌دست رود آجی‌چای با ۱۴۸۰ m ارتفاع از سطح دریا جای گرفته‌اند. اهر چای و آجی‌چای پرآب‌ترین رودخانه‌هایی هستند که در این محدوده جاری‌اند (Fridi and Haghfarshi, 2007). ورزقان چای، مشک عنبر چای، نهند چای، سرند چای و اوجان چای از مهم‌ترین زه‌کش‌های آب‌های سطحی این گستره‌اند. کشاورزی و جالیزکاری از نوع دیمی است و برای مهار سیلاب‌ها و آبرسانی جهت کشاورزی و آب‌آشامیدنی سدهای خاکی بسیاری ساخته شده‌اند که سد ستارخان از مهم‌ترین آن‌هاست (Montazam, 2016). مطالعات زمین‌شناسی منطقه، بخش شمالی گستره ورقه خوجا را دربرگیرنده سنگ‌های آتشفشانی و نفوذی سنوزوئیک وابسته به مجموعه ماگمایی فلات آذربایجان می‌داند (شکل ۲).

وضعیت اقلیمی شهرستان ورزقان با تأکید بر روستای سقین‌دل

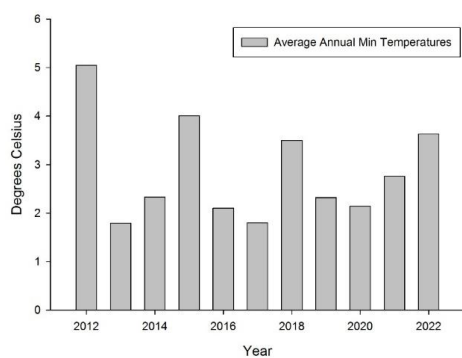
وضعیت اقلیمی آذربایجان شرقی به‌طورکلی سرد و خشک است و به علت تنوع توپوگرافی از اقلیم‌های متفاوتی برخوردار است. این استان تحت تأثیر جریان‌های مرطوب دریای مدیترانه از سمت غرب و جنوب غربی قرار دارد و توده‌های هوای سرد سیبری نیز از شمال بر آب‌وهوای آن تأثیر می‌گذارد. میانگین بارندگی سالیانه ۲۵۰ الی ۳۰۰ mm و میانگین دما 12°C است. شکل ۳ نقشه پهنه‌بندی میانگین دمای بلندمدت (اطلاعات آماری ۱۳۶۵-۱۳۹۷) دوره گرم و سرد سال را نشان می‌دهد. میانگین دمای بلندمدت استان در دوره گرم سال (خرداد، تیر و مرداد) بین $24-34^{\circ}\text{C}$ و دوره سرد سال (آذر، دی، بهمن و اسفند) $7-0^{\circ}\text{C}$ است (Pour Asghar et al., 2021). در مناطق کوهستانی آذربایجان، به‌دلیل تسلط آب‌وهوای نیمه‌خشک متمایل به سرد، ویژگی‌های سنگ‌شناسی و توپوگرافی، هوازگی مکانیکی در تخریب سنگ‌ها و فرسایش دامنه‌ها نقش عمده‌ای دارد. نقشه طبقه‌بندی مناطق مختلف هوازده منطقه آذربایجان که صرفاً براساس متغیرهای اقلیمی ترسیم شده است، حاکی از تسلط هوازگی مکانیکی با شدت‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه است. به‌طوری‌که این نوع هوازگی بیش از ۸۰٪ مساحت منطقه را در برمی‌گیرد. این در حالی است که در کوهستان‌های مرتفع مانند سیلان، سهند، قره‌داغ، بز قوش، میشوداغی و غیره، هوازگی مکانیکی از نوع بسیار شدید است و با کاهش ارتفاع به سمت مناطق پست از شدت فرآیند مزبور کاسته می‌شود (Karami, 2004: 69).



شکل ۲. موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی ورزقان در فلات ایران با تأکید بر محوطه تاریخی سقین دل

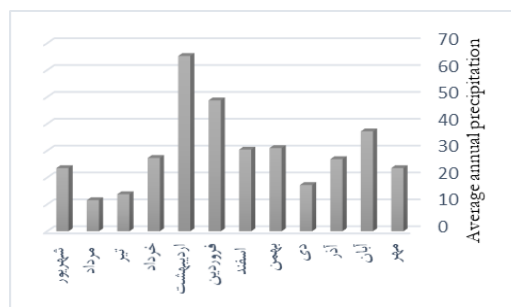
Fig. 2: The geographical and geological location of Varzeqan on the Iranian Plateau with an emphasis on the historical site of Seqindel.

سقین دل به عنوان یکی از روستاهای مهم ورزقان و دهستان ازومدل جنوبی دارای میانگین حداکثر درجه حرارت در تابستان 33°C و در زمستان 22°C - است. مقدار متوسط بارندگی در این منطقه در طی ۲۳ سال اخیر حدود 343 mm است متوسط بارش ۲۳ ساله ورزقان براساس آمار سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی از سال ۱۳۷۶ تا سال ۱۳۹۹ نشان می‌دهد که فصول پر بارش به ترتیب ماه‌های اردیبهشت، فروردین، آبان، بهمن، اسفند، خرداد، آذر، مهر، دی، تیر، مرداد و شهریور است (شکل ۳ تا ۶ و جدول ۱).



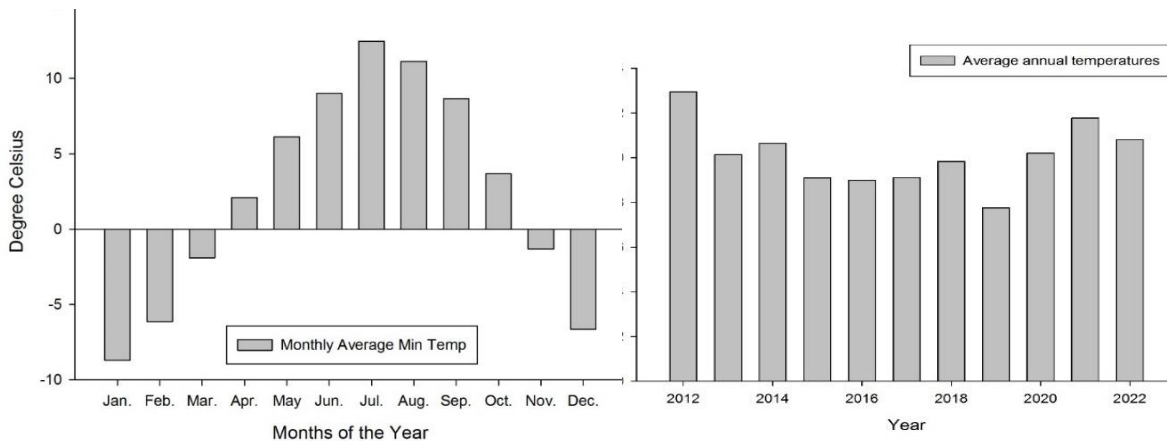
شکل ۴. میانگین حداقل درجه حرارت در ۱۰ سال گذشته ورزقان

Fig. 4: The average minimum temperature in Varzeqan over the past 10 years.



شکل ۳. نمودار متوسط بارش ماهانه شهرستان ورزقان در بازه ۲۳ ساله اخیر

Fig. 3. Graph of the average monthly precipitation in Varzeqan County over the past 23 years.



شکل ۵. میانگین درجه حرارت سالانه در ۱۰ سال گذشته ورزقان
Fig. 5: The average annual temperature in Varzeqan over the past 10 years.

شکل ۶. میانگین حداقل دمای هر ماه در طی ۱۰ سال گذشته ورزقان

Fig. 6: The average minimum monthly temperature in Varzeqan over the past 10 years.

جدول ۱. آمار ۲۳ ساله در آب منطقه‌ای و آمار ۳ ساله در هواشناسی شهرستان ورزقان (مأخذ: وزارت راه و شهرسازی، سازمان هواشناسی، استان آذربایجان شرقی و وزارت نیرو سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی)

Table 1: 23-year data from the Regional Water Authority and 3-year data from the Meteorological Organization of Varzeqan County (Source: Ministry of Roads and Urban Development, Meteorological Organization of East Azerbaijan Province, Ministry of Energy, Regional Water Authority of East Azerbaijan).

جهت باد	۲۲۰*	جمع ساعات آفتابی	۲۶۹۹.۶	میانگین رطوبت:	۵۵
سرعت باد	۲۸	میانگین تعداد روزهای یخبندان	۱۳۳	معدل حداکثر درجه حرارت	۱۵.۹
میانگین درجه حرارت	۱۰.۱	میانگین حداقل درجه حرارت	۲.۶	حداکثر مطلق درجه حرارت	۳۵.۴
حداقل مطلق	-۲۵.۵	متوسط بارندگی	۳۴۳ میلی‌متر	* جنوب غربی	

رطوبت نسبی سالانه بین ۵۲ تا ۸۲٪ متغیر است، جهت غالب وزش باد، جنوب غربی است. به‌طور کلی ورزقان منطقه‌ای کوهستانی و سردسیر است که اطراف آن را کوه‌های آق‌داغ، مشک عنبر، کامتال، جوشون، ایریداغ، کیامکی، خاروانا و پیرسقا فراگرفته‌اند. در این مناطق به‌دلیل ارتفاع زیاد، اتکا به آب باران و جریان‌های فصلی کوچک، عمدتاً اقتصاد مبتنی بر دامداری و کشت دیم در جریان است و به‌ندرت در دره‌های میانکوهی کوچک از کشت آبی استفاده می‌شود (Sedghi, 2008: 15). در شهرستان ورزقان رود بزرگ وجود ندارد؛ اما تعداد رودهای فصلی کوچک بسیار زیاد است که تا اواخر بهار آب نسبتاً متوسطی در آن‌ها جاری است. مهم‌ترین رود و منبع آب منطقه، اهر چایی با جریان غربی - شرقی است که از ارتفاعات پرفرف کوه پیرسقا در ۳۵ km غرب ورزقان سرچشمه می‌گیرد و پس از پیمودن و آبیاری مسیر ۲۰ km جلگه ازومدل به سد ستارخان اهر می‌ریزد. آقبلاغ چای از ارتفاعات چراغلی و غازانقلعه سرچشمه می‌گیرد و از شمال به جنوب امتداد یافته و به اهر چای می‌ریزد. جوشون چای از ارتفاعات غربی کوه پیرسقا سرچشمه گرفته و با شیب زیاد و عبور از دره‌های عمیق و پیچ‌درپیچ دیزمار به سمت شمال جریان دارد و در نزدیکی روستای کلو به دوزال چای می‌پیوندد. دوزال چای یا همان حاجیلار چای از شمال ارتفاعات کوه ایری و طرزم و جلاداغ سرچشمه می‌گیرد و از جنوب به شمال با شیب زیاد جاری است. این رود اصلی در حدود ۱۶ رود فصلی بزرگ در دره‌های باریک مانند جوشون،

گول آخور، طرزم، گوی گنبد، مرزآباد، ایری، کلو، آستمال، خاروانا و غیره در خود جذب نموده و در جاهای مختلف نام‌های متعدد به خود می‌گیرد و در نهایت در کنار روستای دوزال به رود ارس می‌پیوندد (Abdollahi, 2016: 21).

مواد و روش‌های مورد مطالعه

مستندسازی سنگ‌نوشته به روش فتوگرامتری

در این پژوهش، از روش فتوگرامتری برد کوتاه برای مستندسازی سنگ‌نوشته استفاده شده است. ابتدا با استفاده از دستگاه GNSS و توتال استیشن، مختصات اثر نقشه‌برداری شناسایی شد. سپس تصاویر سنگ‌نوشته با دوربین عکاسی ثبت شدند و با استفاده از نرم‌افزار پردازش تصاویر، خروجی‌های مختلفی از جمله ابر نقطه متراکم، مدل سه‌بعدی و تصویر تخت (ارتوفتو) از سنگ به دست آمد. این خروجی‌ها به‌عنوان نتیجه نهایی برای بررسی میزان تغییرات سنگ در آینده و ثبت وضعیت موجود می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. در ادامه برای بررسی هرچه بهتر روند آسیب و شناسایی الگوهای آسیب، از نرم‌افزار اتوکد (نسخه ۲۰۲۰-AutoCAD) به منظور مطالعه برای ترسیم وضعیت امروز خطوط سنگ‌نوشته و بخش‌های مفقودی و آسیب‌های آن اقدام گردید.

آزمایش‌ها

در این مرحله جهت دستیابی به ماهیت سنگ‌شناسانه و تحلیل آسیب و هوازدگی سنگ نمونه‌برداری از سنگ‌نوشته سقین‌دل براساس مطالعات میدانی صورت گرفت. در همین راستا تعداد ۲ عدد نمونه از قطعات جداشده سنگ که در اثر حفاری‌های غیرمجاز از بدنه اصلی جداشده بود برداشته شد. نمونه‌ها نیز به‌صورت حروف الفبای لاتین کدگذاری گردید و محل نمونه‌برداری در پای سنگ‌نوشته مشخص گردید (شکل ۷). شناسایی خواص فیزیکی در کنار خواص مقاومتی این امکان را فراهم می‌سازد تا ویژگی‌ها و عیوب ذاتی مؤثر در کاهش دوام سنگ در برابر هوازدگی و سایر ویژگی‌های تغییر یافته تعیین شوند. در مطالعه حاضر باهدف تکمیل مطالعات ساختارشناسی و همچنین شناسایی تغییرات ایجادشده در روند دگرسانی کانی‌ها، فازها و همچنین تغییرات میزان عناصر در مطالعات سازوکار تخریب سنگ‌نوشته و حوالی آن از آنالیزهای پتروگرافی مقطع نازک، آنالیزهای پراش پرتو ایکس به روش پودری (XRPD)، فلورسانس پرتو ایکس (XRF) استفاده شد (جدول ۲).

شناسایی گلسنگ‌ها

در زمینه شناسایی گلسنگ‌های ایران با توجه به تنوع وسیع آن‌ها، تحقیقات محدودی انجام شده است و با در نظر داشتن این نکته در حدود ۱۹۰ سال قبل اولین گزارش در خصوص گلسنگ در ایران می‌گذرد ولی اطلاعات ما در این زمینه همچنان اندک است (Mostajeran Zouei, 2006: 128) حال آنکه با وجود فعالیت‌های ۱۵ سال اخیر در زمینه گلسنگ‌شناسی فعالیت‌های قابل توجهی به‌خصوص در زمینه گلسنگ‌های تأثیرگذار در فرآیند تخریب یادمان‌های تاریخی صورت گرفته است. در رابطه با سنگ‌نوشته سقین‌دل و کوه زاغی با تنوع بسیار زیادی از انواع آفات زیستی از جمله گیاه، قارچ، بوته‌ها، گلسنگ، خزه مواجه هستیم که برخی از آن‌ها بر روی سنگ سنگ‌نوشته

در طی هزاران سال رشد و نمو یافته‌اند. در رابطه با شناسایی شایع‌ترین آن‌ها نمونه‌ها به موزه گل‌سنگ‌شناسی ایران ارائه گردید و ۴ گونه مهم گل‌سنگ بر طبق اساس اقدامات آزمایشگاهی انجام شده در آن مرکز شناسایی گردید.

جدول ۲. آنالیزهای ریزساختارشناسی، اهداف و مراجع استانداردها

Table 1: Microstructural Analysis: Objectives and Standard References

Test	Test Type	scope	Samples	Standard and equipment
Structural experiments	Thin section petrography	Determining the crystalline phases in the sample	Preparing 1 thin sections of 30 μ from the desired samples and examining them with a microscope	Olympus microscope BX51
	X-ray diffraction (XRD)	Identifying the compositions of the main elements and oxides forming the rock	About 6 grams of powder from two samples SI-S1 and SI-S2	Manufactured by PHILIPS factory: Model PW1800 of Beam Gostar Taban company High score Plus 2016 software.
	X-ray fluorescence (XRF)	Determining the amount of water absorption in stone	About 6 grams of powder from two samples SI-S1 and SI-S2	Manufactured by PHILIPS factory: PW1410 model analyzed by Beam Gostar Sigma-plot



شکل ۷. محل نمونه‌برداری سنگ‌های مورد مطالعه

Fig7. Sampling location of the studied rocks

نتایج و یافته‌های پژوهش

یافته‌های ساختارشناسی سنگ نوشته

بنیان هر تحلیل در رابطه با آسیب‌شناسی و سازوکار تخریب بر مبنای درک ساختار و اجزا تشکیل‌دهنده ماده و فن‌شناسی اثر است از این‌رو در این بخش به صورت مختصر خواص ساختاری سنگ از جمله خواص فیزیکی، شیمیایی و ساختار زمین‌شناسی آن مورد بررسی قرار گرفته است. خواص فیزیکی پایه سنگ بستر سنگ‌نوشته سقیندل مبتنی بر جذب آب از طریق تخلخل سنجی، چگالی سنجی و محتوای آب نمونه‌ها (جدول ۳). به‌علاوه اطلاعات به‌دست‌آمده از تصویربرداری و نقشه‌برداری، امکان محاسبه مساحت کل را فراهم نمود که نشان‌دهنده مساحت کل سنگ برابر با ۲۱.۹۳ m² و حجم کل سنگ (قسمت بیرون از خاک) در حدود ۸ m³ است که با در نظر داشتن چگالی نمونه‌های برداشت‌شده از سنگ که حاصل تقسیم جرم بر حجم است، به مقدار تقریبی ۳/۲۶ gr/cm³ ۲.۲۶ به‌دست آمد و بر این اساس وزن کل سنگ به‌صورت تقریبی ۱۸t و ۱۳۳ kg محاسبه می‌شود. مهم‌ترین هدف از بررسی و شناخت نوع سنگ به‌کاررفته در بستر سنگ‌نوشته سقیندل شناخت فازها و کانی‌ها به‌منظور توجیه علل ایجاد تخریب‌ها و بروز آسیب‌های موجود در سنگ است؛ زیرا ویژگی منحصر به فرد هر کدام از فازها و یا عناصر ممکن است باعث بروز آسیبی گردد که در نهایت در سیمای ظاهری و حتی ساختاری سنگ‌ها تأثیر جدی داشته باشد (Kheyri, 2005 ; Memarian, 2011 ; Memarian, 2013).

جدول ۳. خواص فیزیکی میانگین نمونه‌های سنگ مربوط به سنگ‌نوشته اورارتویی سقین‌دل (Razani, 2023)

Table 3: The average physical properties of stone samples from the Urartian inscription of Seqindel (Razani, 2023).

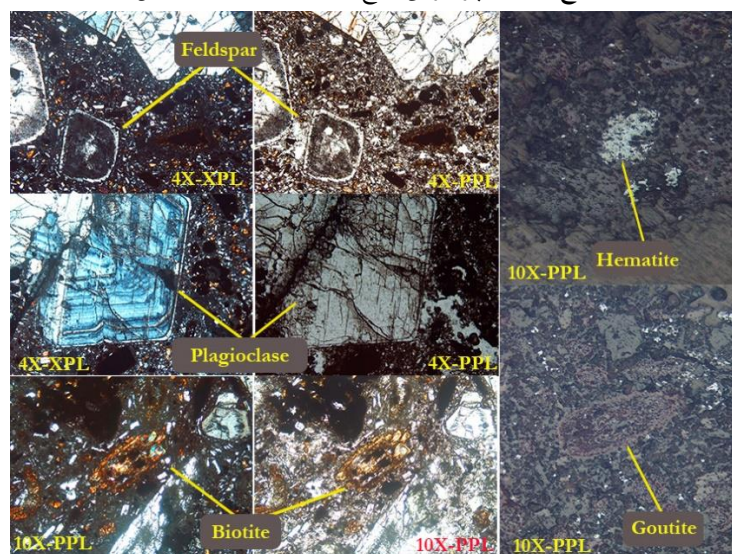
میزان	واحد	آزمایش	میزان	واحد	آزمایش
2.26	gr/cm ³	چگالی خشک	4.68	(%)	جذب آب
6.01	(%)	شاخص پوکی	3.13	(%)	تخلخل کل

نتایج مطالعات پتروگرافی نشان می‌دهد. بستر سنگ‌نوشته سقیندل از نوع تراکیت و تراکیت آندزیت است که دارای بافت پورفیری با زمینه میکرولیتی تا شیشه‌ای بوده و کانی‌های فنوکریست پلاژیوکلاز با ترکیب آلبیت، اولیگوکلاز و گاهی سانیدین با ماکل پلی سنتتیک و ماکل زونه مشاهده می‌شود. در زمینه بیوتیت‌های دگرسان شده که اکسید آهن آزاد کرده‌اند و کانی‌های سوخته که احتمالاً آمفیبول‌های سوخته هستند، مشاهده می‌شود در ساختار پتروگرافی سنگ مورد مطالعه هماتیت دگرسان شده از مگنتیت به مقدار حدود ۳ تا ۴٪ و کاملاً ریز بلور در متن نمونه دیده می‌شود. اکسیدهای آبدار آهن مثل لیمونیت و گوتیت نیز به مقدار حدود ۱۵ تا ۲۰٪ در متن سنگ دیده می‌شود. همچنین بر طبق مطالعات و XRF, XRD ترکیبات و عناصر حاصل از کانی‌های ذکر شده به‌طور کامل شناسایی شده و تأییدکننده آن است (جدول ۴) (Razani et al, 2025).

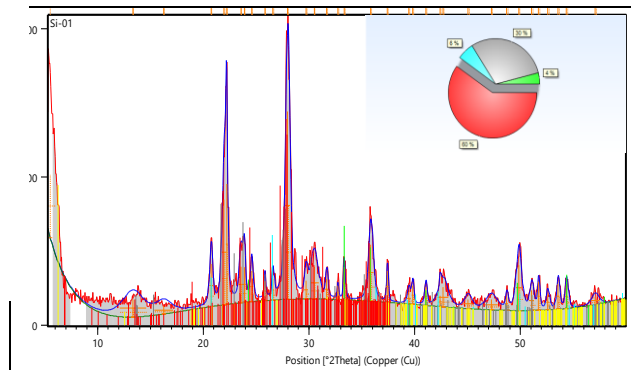
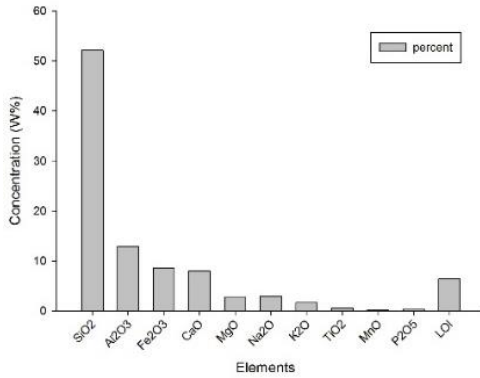
جدول ۴. نتایج مطالعات ساختارشناسی و خواص فیزیکی سنگ‌نوشته اورارتویی سقین‌دل

Table 4: Results of Structural Studies and Physical Properties of the Urartian Inscription of Seqindel.

الف) نتایج مطالعات پتروگرافی مقطع نازک سنگ‌نوشته سقین‌دل



ب) نتایج داده‌های فازشناسی پراش پرتو ایکس XRD و عناصر و اکسیدهای اصلی سنگ‌نوشته سقیندل به روش XRF (W%)



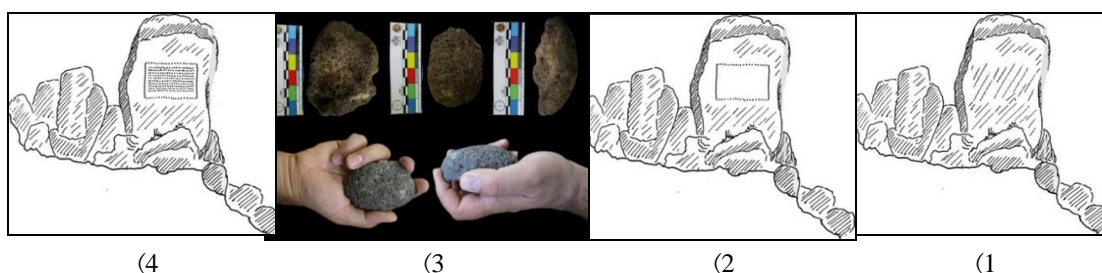
Elms	W%	Elms	W%
SiO ₂	52.09	K ₂ O	1.65
Al ₂ O ₃	12.93	TiO ₂	0.54
Fe ₂ O ₃	8.62	MnO	0.23
CaO	7.91	P ₂ O ₅	0.31
MgO	2.79	LOI*	6.41
Na ₂ O	2.94	* Loss On Ignition	

sam	Compound Name	Chemical Formula	Ref. Code
1-15	Anorthite	CaAl ₂ Si ₂ O ₈	96-900-0363
	Quartz	SiO ₂	96-900-5021
	Albite	NaAlSi ₃ O ₈	96-900-0709
	Hematite	Fe ₂ O ₃	96-901-4881

یافته‌های فن شناسی سنگ نوشته

بررسی دقیق ابعاد و زوایای سنگ نوشته اوراتویی سفید در طی مطالعات میدانی با در نظر گرفتن زمان ساخت اثر (حوالی ۲۷۵۰ ق.م) نشان می‌دهد احتمالاً برای ساخت اثر از مراحل زیر تبعیت شده است. (۱) انتخاب سنگ بستر سنگ نوشته و: برای این هدف کوه زاغی در جوار روستای امروزی سفین دل و در بخش‌هایی جنوبی که دارای بیرون زدگی‌های قابل توجه سنگ‌های آذرین از نوع تراکی آندزیت است انتخاب شده است و سنگ انتخابی این جبهه از کوه برخی ویژگی‌ها از قبیل ارتفاع بلند و شکل تقریباً متفاوت از سایر سطوح (حالت دماغه‌دار) برگزیده شده است. ویژگی این سنگ مقاومت آن در مقابل فرسایش و همچنین سخت بودن آن است (شکل ۹-الف). (۲) پاک‌سازی و تسطیح زیر کار سنگ نوشته: طبق شواهد موجود و با توجه به کشف چندین سنگ ساب با مواد باقی مانده از جنس سنگ بدنه‌ی کتیبه بر روی آن می‌توان این فرضیه را مطرح کرد که ممکن است در مرحله اول با انتخاب بخش جنوب غربی سنگ سطح صخره با استفاده از ابزارهایی مانند قلم‌های سخت ضمن کادربندی و تسطیح از گلسنگ‌ها، پاک‌سازی و هم‌تراز شده و در همین راستا در بخش‌های مختلف تسطیح با عمق‌های مختلفی انجام شده است به نحوی که در بخش بالا ۱۰ cm و در بخش پایین ۲ cm سطح سنگ تکیه‌گاه کنده شده و بومی در ابعاد ۱۱۵ × ۷۰ cm آماده‌سازی شده است (شکل ۹-ب). (۳) تسطیح سنگ بستر برای نقر سنگ: در مرحله بعد برای تسطیح نهایی و ایجاد سطح صاف، تمیز و آماده برای نوشتن از ابزار ساب نامبرده استفاده شده که بررسی‌های میدانی و شواهد نشان‌دهنده استفاده از سنگ پامیس (سنگ‌پا) است که سنگ از زیر سنگ نوشته به صورت اتفاقی به دست آمد و پیدا شد به طرز شگفت‌انگیزی قابلیت مسطح نمودن سنگ را داشته و

به احتمالاً از آن در همین راستا استفاده شده است (شکل ۹-ج) (Razani and Nemani, 2024). ۴) نقر خط میخی بر سطح سنگ: در این مرحله استفاده از موادی مانند دوده زغال و یا رنگ اخرا بر روی سطح دور از ذهن نیست که می توان تصور کرد کتیبه نویس بر روی سطح نقش میخها را اجرا و رنگ آمیزی کرده و سپس حجار اقدام به نقر نقوش با استفاده از ابزارهایی مانند قلم های تیز و سخت، متن و نشانه های میخی اورارتویی روی سطح صخره در ۱۰ سطر کرده است در این زمینه از حروف بزرگ و روشن استفاده شده که ارتفاعی تا ۲ cm و عمقی تا حوالی ۱ cm دارند و بدین جهت توانسته پس از حوالی ۲۸ قرن خوانایی و پیام خود را حفظ نماید. در این مورد باید گفت باتوجه به ظرافت سنگ نوشته و حسن انتخاب جهت و زیرسازی آن تا حدی براساس الگوی خاص توسط نویسندگان آشنا به حجاری، قلم زنی، حکاکی و به صورت گروهی حداقل دونه بر بدنه نقر گردیده است (شکل ۹-د).



شکل ۹. مهم ترین مراحل ساخت و نقر سنگ نوشته اورارتویی سقیندل (Kleiss and Kroll, 1980)

Fig. 9. The key stages of the construction and engraving of the Urartian inscription of Seqindel (Kleiss and Kroll 1980).

یافته های آسیب شناسی سنگ نوشته

پدیده های تخریب و هوازدگی به عنوان نتیجه کلیه عوامل مخرب (فیزیکی - مکانیکی، شیمیایی و بیولوژیکی)، از مهم ترین مسائل مورد توجه در حفاظت از یادمان های سنگی برای آثاری که در مجاورت آب- هوا و شرایط محیطی قرار دارند؛ محسوب می گردند. در همین راستا مستندسازی آسیب های سنگ نوشته اورارتویی روستای تاریخی سقین دل برای شناخت وضعیت موجود و ثبت و ضبط آسیب ها براساس فرهنگ مصور الگوهای تخریب سنگ کمیته بین المللی ایکوموس (Fitzner and Heinrichs, 2001; Vergès-Belmin, 2008) صورت گرفت. مطالعات و بررسی ها میدانی سنگ نشان می دهند که مهم ترین عوامل تخریب در سنگ نوشته اورارتویی روستای تاریخی سقین دل براساس مطالعات میدانی صورت گرفته به ترتیب اثرگذاری در پنج دسته قابل تقسیم بندی هستند: (۱) تجمع زیستی، (۲) شرایط اقلیمی منطقه، (۳) موقعیت زمین شناسی، (۴) عوامل ذاتی سنگ (۵) و عوامل انسانی. تشدید عوامل فوق در طی چند دهه اخیر باعث گسترش فرآیند تخریب در قالب الگوهای زیر گردیده است (شکل ۱۰). این عوامل تخریبی به ترتیبی که در شکل آمده است از آسیب پذیرترین و ریسک پذیرترین گونه هایی تخریبی یعنی عوامل انسانی تا کم ریسک پذیرترین آن ها یعنی تجمع زیستی قابل درجه بندی هستند.



شکل ۱۰. مهم‌ترین عوامل تخریب سنگ‌نوشته براساس بررسی میدانی

Fig. 10: The main factors of deterioration of the inscription based on field studies.

همچنین اطلسی از آسیب‌های موجود برای شناسایی اولویت‌های حفاظتی همچنین شدت و وسعت گونه‌های تخریبی تهیه گردید. مهم‌ترین الگوهای تخریبی در سنگ‌نوشته اورارتویی سقین‌دل براساس میزان ریسک‌پذیری از شدید به ضعیف شامل ۵ دسته اصلی شناسایی گردید که عبارت‌اند از: ترک‌ها و شکاف‌ها، (۲) جدایش، (۳) از دست دادن مواد، (۴) تجمع زیستی، (۵) تغییر رنگ و رسوب (شکل ۱۱).

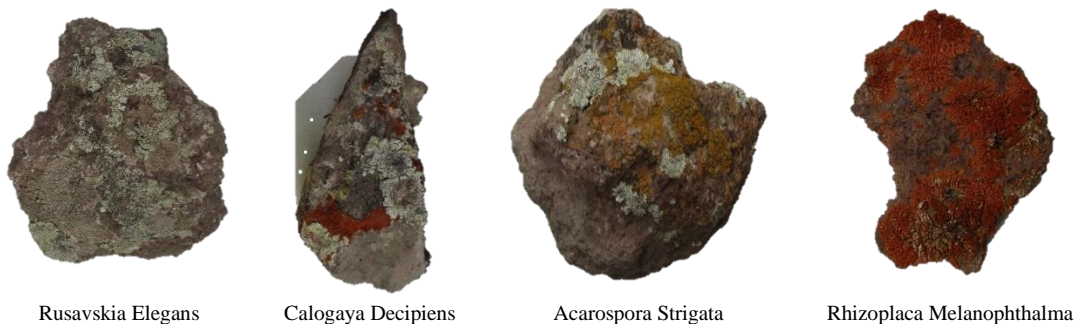


شکل ۱۱. مهم‌ترین الگوهای تخریب سیمایی در سنگ‌نوشته سقین‌دل

Fig. 11: The main patterns of aesthetic deterioration in the Seqindel inscription.

تجمع زیستی

سه عامل مهم برای زیست بسیاری از موجودات زنده، دمای مناسب، رطوبت کافی و وجود منبع تغذیه است و بدیهی است فراهم شدن این سه عامل محیط‌زیست مناسبی برای موجودات زنده محسوب می‌شود سنگ‌نوشته اورارتویی سقین‌دل نیز از این قاعده مستثنی نیست. با توجه به نتایج ذکر شده، وجود گل‌سنگ‌ها روی بدنه و تغذیه آن‌ها از مواد معدنی موجود در سنگ شده است که سنگ‌نوشته سقین‌دل نیز در معرض این خطرات قرار دارد. بر طبق مطالعات، ۴ نوع گل‌سنگ اصلی بر روی بدنه سنگ شناسایی شد (شکل ۱۲) که به ترتیب از گونه *Acarospora Strigata*، گونه دوم از نوع *Calogaya Decipiens*، گونه سوم *Rhizoplaca Melanophthalma* و در نهایت گونه چهارم *Rusavskia Elegans* است که در شکل و راهنمای تصویر به‌طور واضح مشخص هستند (شکل ۱۳).



Rusavskia Elegans

Calogaya Deciapiens

Acarospora Strigata

Rhizoplaca Melanophthalma

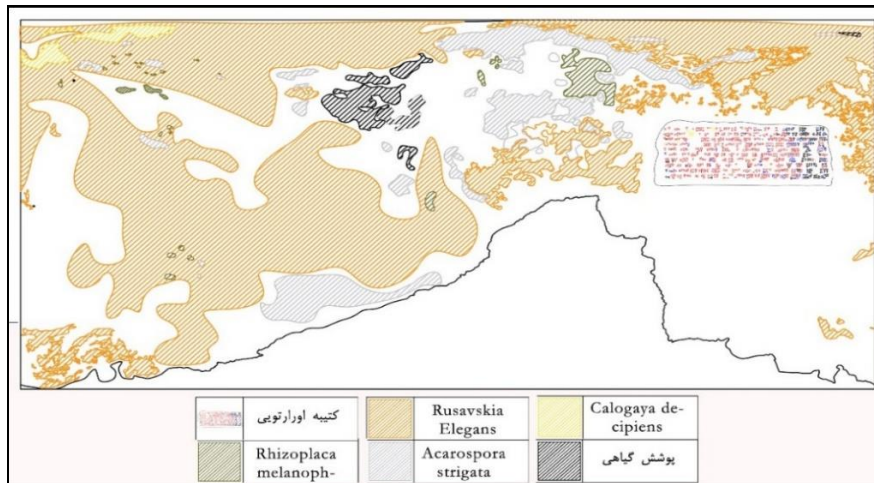
شکل ۱۲. تصاویر و نام گلسنگ‌های موجود در بدنه سنگ کتیبه سقین‌دل

Fig. 12: Images and names of lichens found on the surface of the Seqindel inscription stone.

تغییر رنگ و رسوب

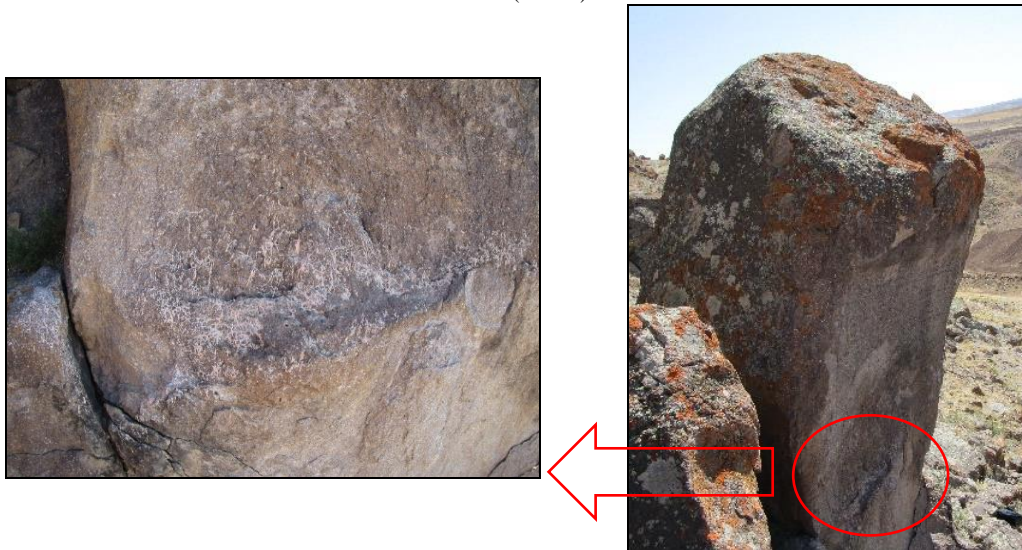
رسوب، شامل انواع مختلفی از اشکال است که به مرور زمان روی بدنه ایجاد شده‌اند. لکه‌های قیر، شمع، چسب، سیمان و گچ زیرشاخه این آسیب‌ها هستند که در مورد سنگ کتیبه سقین‌دل با توجه به انجام دو مرحله قالب‌گیری از سنگ‌نوشته در بازه‌های زمانی مختلف، رد مواد قالب‌گیری بر روی آن به‌جای مانده و باعث تغییر رنگ‌بخش‌هایی شده است که نیازمند زدایش و پاک‌سازی است (شکل ۱۴). خراش‌هایی نیز گاه روی بدنه دیده می‌شود، علت انسانی و غیرانسانی دارد و در قسمتی از سنگ سنگ‌نوشته، با شیء تیز اقدام به کندن بر روی بدنه کرده‌اند. در زیر کتیبه ردی از دوده دیده می‌شود که به احتمال زیاد بقایای دینامیت‌های بی‌صدا است که در طی چند سال گذشته به‌صورت شدیدی برای تخریب آثار سنگی از آن‌ها استفاده می‌شود.





شکل ۱۳. نمایی از پراکندگی گلستگها بر بدنه سنگنوشته سقیندل به صورت تصویری (بالا) و ترسیمی (پایین)

Fig. 13: A view of the distribution of lichens on the surface of the Seqindel inscription, shown visually (top) and schematically (bottom).



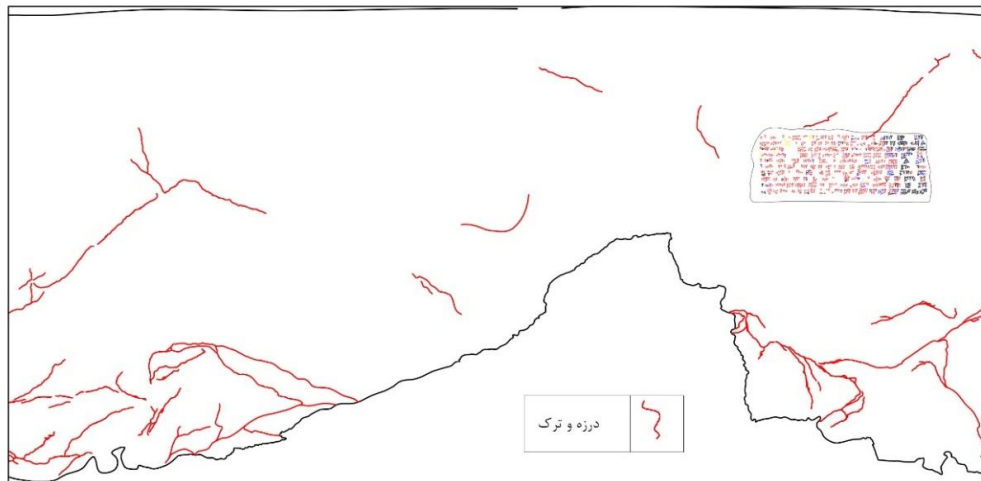
شکل ۱۴. بخش‌های شره کرده و چکه کرده از رزین‌های سیلیکونی بر روی سنگنوشته ناشی از قالب‌گیری

Fig. 14: The dripped and streaked sections of silicone resins on the inscription caused by the molding process.

آسیب‌های ساختاری (از دست دادن مواد، جدایش، ترک و تغییر شکل)

شهرستان ورزقان از نظر اقلیم‌شناسی ذیل مناطق سرد و کوهستانی قرار گرفته دارد، از این رو عمده از نظر فرآیند فرسایش و تخریب‌های طبیعی برای مصالح سنگی پدیده‌های رایج در این نواحی مربوط به آسیب‌های فیزیکی و مکانیکی با تأکید بر یخ بر شدگی است. مطالعه دقیق‌تر انواع آسیب سنگ در این بخش، نشان‌دهنده دو نوع هوازدگی فیزیکی است که موارد مربوط به انواع فیزیکی را می‌توان ترک‌های ریزودرشتی دانست که به جدایش برجا منجر شده‌اند و در اثر بادهای موسمی و ضربات حاصل از باران یا تگرگ نیز اتفاق افتاده است. برخی از قسمت‌ها نیز در اثر شکستن جدا شده‌اند (شکل ۱۵). ترک‌ها و جدایش‌های برجا از جمله مخرب‌ترین عواملی هستند که می‌توان در ظاهر کنونی سنگنوشته دخیل دانست، که به درجات گوناگونی در سنگ قابل مشاهده هستند. همان‌طور که از شکل ۱۸ مشخص است، آسیب‌هایی که در این دسته قرار می‌گیرند، برحسب میزان خطرآفرینی برای سنگنوشته سقیندل شامل ترک مویی و شبکه ترک‌ها، شکستگی و شکافتگی، لب‌پریدگی، تورق

و خردشدگی و انواع تغییر شکل نظیر گردشدگی و فرسایش هستند که مجموعاً در تعامل باهم، باعث به خطر افتادن کلیت سنگ شده‌اند شکل ۱۵ نمایی از ترک‌های عمقی موجود در روی اثر را نشان می‌دهد که در دسته‌بندی خود به‌عنوان خطرناک‌ترین آسیب‌ها هستند و امکان تخریب کلی سنگ‌نوشته را نیز ایجاد می‌کند که در راستای اشتراک مفهومی و شناخت الگوی آسیب‌های موجود بر مبنای سیمای و نمود آن (Vergès-Belmin, 2008) سنگ‌نوشته سقیندل از زوایای مختلف مورد بررسی قرار گرفت و ریخت‌شناسی آسیب‌های آن در ادامه آمده است، بر همین اساس ریختگی پوسته بیشترین حجم آسیب‌ها را تشکیل می‌دهد و رویه خارجی بسیاری از قطعات به‌صورت کامل جدا شده و بستر زیرین آن نیز که اکنون در معرض هوا قرار دارد، در حال تخریب است. البته تمامی این آسیب‌ها ناشی از عوامل خارجی نیست و ضعف ساختاری و ویژگی ذرات تشکیل‌دهنده سنگ نیز در بروز آسیب نقش دارند؛ اما تمامی آسیب‌ها در دسته‌بندی بالا خلاصه نمی‌شوند و می‌توان گفت عوامل انسانی یکی از مهم‌ترین چالش‌هایی است که آثار تاریخی را تحت تأثیر خود قرار داده است (شکل ۱۶).



شکل ۱۵. نمایی از ترک‌های اصلی و درزه‌ها عمقی موجود در پایه و بستر سنگ‌نوشته سقیندل به‌صورت ترسیمی

Fig. 15: A schematic view of the main cracks and deep fissures present in the base and substrate of the Seqindel inscription.



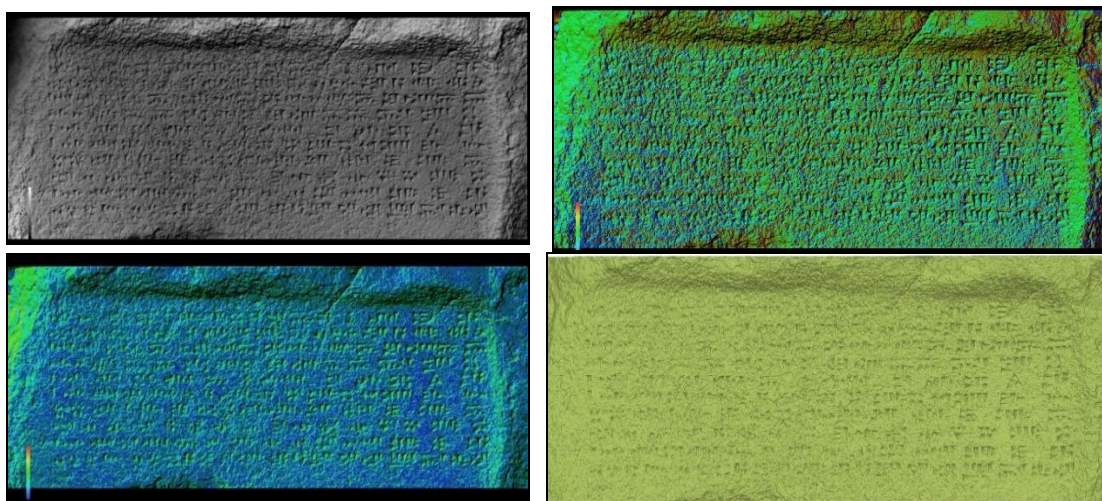


شکل ۱۶. الگوهای آسیب موجود در پایه و بستر سنگ‌نوشته سقین‌دل

Fig. 16: Damage patterns present in the base and substrate of the Seqindel inscription.

یافته‌های آسیب‌شناسی از طریق مستندسازی

به‌منظور بررسی ثبت وضعیت کنونی و میزان آسیب‌دیدگی سنگ که در آینده می‌تواند مرجعی برای مطالعه روند تغییرات سنگ باشد، مستندسازی به روش تصویر فتوگرامتری صورت گرفته است که طبق تصاویر به‌ترتیب تصاویر بالا جهت شیب نسبت به صفحه سنگ‌نوشته (نسبت به محور Y) و مدل رقومی عمق و مقدار فرورفتگی یا برجستگی هر پیکسل را با دقت میلی‌متر نشان می‌دهد. تصاویر پایین نیز نمایانگر مدل سه‌بعدی (Mesh) بدون بافت (Texture) و مدل سه‌بعدی پس از مثلث‌بندی، بدون بافت رنگی و مقدار شیب نسبت به صفحه سنگ‌نوشته که مقدار شیب هر پیکسل را نسبت به صفحه سنگ‌نوشته نشان می‌دهد (شکل ۱۷).



شکل ۱۷. تصاویر چند طیفی حاصل از فتوگرامتری برد کوتاه

Fig. 17: Multispectral images obtained from close-range photogrammetry.

مقیاس قرار گرفته در گوشه سمت چپ هر کدام از تصاویر در تحلیل تصاویر فوق نشان‌دهنده طیف‌های رنگی میزان فرورفتگی و برجستگی سطح سنگ‌نوشته است که در گوشه سمت راست از بالا، بیشترین برجستگی و به عبارتی کمترین میزان سایش و در گوشه سمت چپ پایین، بیشترین فرسایش سطحی را ارائه نموده است و در همین راستا شیب در این نقطه نسبت به کل سنگ‌نوشته و نسبت به محور عرض‌ها در بیشترین میزان و یا به عبارتی در آسیب‌دیده‌ترین حد خود قرار دارد. همچنان که تصویر نمای نزدیک ارتوفتوی شماره ۱۶ سنگ‌نوشته گویای این تغییر شیب و فرسایش است (شکل ۱۸). به منظور ثبت میزان تخریب و وضعیت آسیب‌نگاری خطوط میخی موجود با مقایسه تصویر ارتوفتو و استنساخ جدیدی که از خطوط و متن سنگ‌نوشته انجام شده است (Razani et al., 2023)، می‌توان دریافت همچنان که در تصویر مشخص است استنساخ جدید کتیبه نسبت به نمونه قبلی تغییراتی داشته است که در کنار خطوط و حروف اصلی متن، بخش‌هایی که در استنساخ پیشین برداشته نشده و در استنساخ جدید ثبت شده است با رنگ آبی و حروفاتی که در استنساخ پیشین موجود نبوده؛ اما در معنادار بودن حروف شک وجود داشته است با رنگ زرد مشخص شده است دلیل وجود این شبهه می‌تواند در آسیب‌دیدگی کتیبه توجیه شود که به احتمال زیاد بخشی از متن اصلی بوده که در اثر فرسایش شکل خود را از دست داده است (شکل ۱۹).



شکل ۱۸. نمای کلی وضعیت امروزی سنگ‌نوشته، تصویر اورتوفتوگرامتری برد نزدیک، شهریورماه ۱۴۰۲ (Razani et al., 2023)
 Fig. 18: An overall view of the current condition of the inscription, close-range orthophotogrammetry image, September 2023 (Razani et al., 2023)

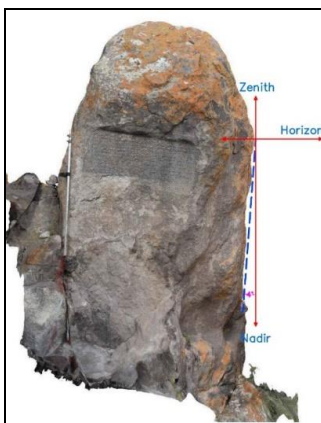


شکل ۱۹. ترسیم فنی متن سنگ‌نوشته از روی تصویر اورتوفتو و وضعیت امروزی آن (Razani et al., 2023).

Fig. 19: Technical drawing of the inscription text based on the orthophoto image and its current condition (Razani et al., 2023).

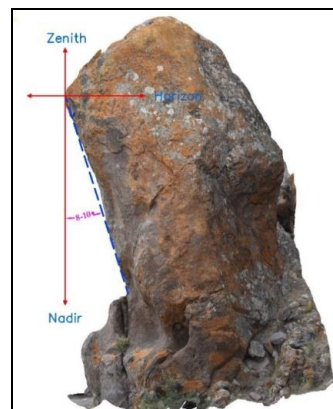
از مهم‌ترین عوامل تخریبی سنگ‌نوشته سقین‌دل موقعیت مکانی آن است، شهرستان ورزقان منطقه‌ای زلزله‌خیز بوده و حرکات متعدد گسل‌ها، باعث ترک‌خوردگی بیشتر سنگ و حرکت رو به پایین آن می‌شود و از هر لحاظ آن را تهدید می‌کند به‌نحوی که در تاریخ ۲۱ مرداد، ۱۳۹۱ ساعت ۱۵:۵۳:۱۶ زمین‌لرزه‌ای با قدرت (CMT) 6/5 در حد فاصل شهرهای اهر و ورزقان روی داد، حدود ۱۱ دقیقه بعد از زمین‌لرزه اصلی، زمین‌لرزه دیگری با قدرت (CMT) 6/3 روی داد که توسط ۷۵ ایستگاه شتابنگاری به ثبت رسید (Moradi and Ansari, 2011) و موجب تخریب بالای روستاهای شهرستان ورزقان از جمله روستای سقیندل گردید شایان ذکر است در بسترهای طبیعی محدوده روستای سقیندل با افتادگی سنگ از کوه‌ها مواجه بوده‌ایم (MahdaviFar and Memarian, 2012) که نمونه موردی آن در جوار سنگ‌نوشته اورارتویی به‌وضوح اتفاق افتاده و بخش زیادی از کوه زاغی را ریخته است (شکل ۱- راست) همچنان که از (شکل ۲۰ تا ۲۳) مشخص است، در اثر حرکات زمین، طبیعت سنگ و همچنین خالی شدن پای سنگ در اثر حفاری‌های غیرمجاز، سنگ‌نوشته با کج‌شدگی مواجه است که احتمال دارد در صورت عدم حفاظت، به سقوط کلی آن منجر شود.

مسائل دیگری که بسیار حائز اهمیت است افزایش حفاری‌های غیرمجاز است که گودبرداری در حریم اثر، یک عامل دائمی خطر را برای آن ایجاد می‌کند. علاوه بر این موارد، مهم‌ترین جنبه‌ای از این عامل که می‌توان به آن پرداخت، آلودگی جوی است. با توجه به اینکه اطراف سنگ‌نوشته سقین‌دل معادن باارزش بسیاری وجود دارد؛ بنابراین به‌طور دائمی خودروهای عظیم و فنآوری‌های نوین امکان آلوده‌سازی محیط را در آینده فراهم خواهند نمود که بر سلامت سنگ‌نوشته تأثیرگذار خواهد بود. امروزه پس از گذشت چند سال، در بناهای جدیدی که جداره و نمای خارجی روی آن‌ها اجرا می‌شود، دوده و لایه سیاه‌رنگی می‌نشیند که نشان از آلاینده‌های جوی دارد؛ حال اگر منطقه موردنظر از نظر شرایط اقلیمی منطقه پربارشی نیز باشد، علاوه بر تخریب ظاهری و فیزیکی، تخریب شیمیایی نیز رخ می‌دهد و باران‌های اسیدی چهره آثار فرهنگی را تحت‌الشعاع خود قرار می‌دهد و هرچه این بنا بیشتر در معرض این عامل باشد، میزان تخریب نیز بیشتر است با این تفاسیر، حراست سنگ‌نوشته از آلودگی‌های احتمالی آینده امری ضروری است. توسعه کشاورزی در منطقه نیز باعث تجاوز به حریم اثر شده که مداخله نادرست به‌شمار می‌آید.



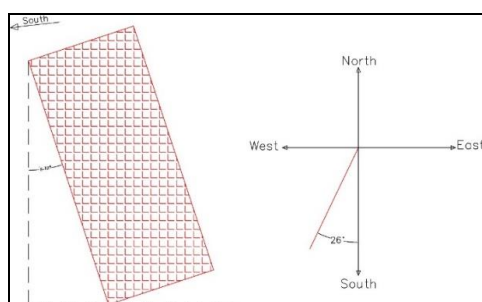
شکل ۲۱. میزان انحراف سنگ‌نوشته در جهت جانبی از حالت عمود از نمای روبرو

Fig. 21: The deviation of the inscription in the lateral direction from the vertical in the frontal view.



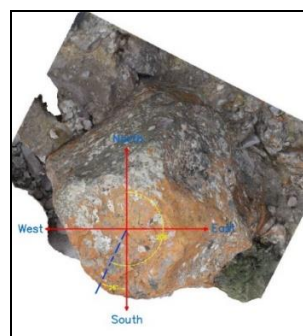
شکل ۲۰. بیشترین میزان انحراف سنگ‌نوشته در حالت عمود از نمای جانبی

Fig. 20: The maximum deviation of the inscription from the vertical in the lateral view.



شکل ۲۳. انحراف طبیعی سنگ از حالت عمود و تمایل به سمت سقوط و جدا شدن از بدنه کوه

Fig. 23: The natural deviation of the stone from the vertical, with a tendency to fall and detach from the mountain face.



شکل ۲۲. بیشترین میزان انحراف سنگ‌نوشته از حالت عمود از نمای فوقانی

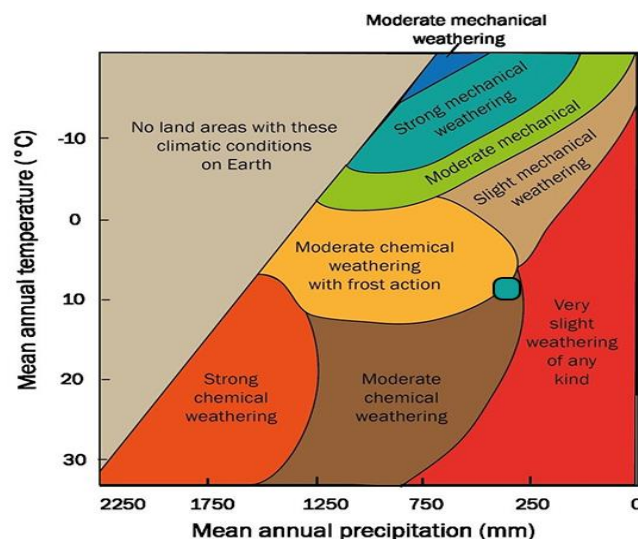
Fig. 22: The maximum deviation of the inscription from the vertical in the top view.

تحولات تکتونیکی زمین چینه‌شناسی کوه‌های اطراف حاکی از برخی تخریب‌های به‌واسطه موقعیت قرارگیری سنگ و لایه‌های آذرین صفحه‌ای است که در قالب سنگ تراکی اندزیت بر هم جریان یافته و اثر را بر روی درزه‌هایی و دارای درزه‌هایی ساخته است. همچنین حضور سنگ در محوطه بیرونی و قرار گرفتن در معرض نزولات و شرایط جوی، دلیل دیگری برای تخریب‌های بیشتر اثر است. به این صورت که یکی از اصلی‌ترین عوامل ایجاد ترک و ریزترک در بافت سنگ، نفوذ آب به درون ساختار و وقوع فرایند انجماد در فصول سرد سال است که با ازدیاد حجم آب وارده در اثر یخ‌زدگی، باعث ایجاد ترک در سنگ شده و ایجاد آسیب را سبب می‌شود. وجود گل‌سنگ‌ها بر روی سطح سنگ، در عین حال که برای سنگ عامل ایجاد تخریب هستند، نقش لایه محافظ را برای آن ایفا می‌کنند؛ بنابراین برای تصمیم‌گیری برای حذف یا نگهداری آن باید بررسی‌های بعدی انجام گردد؛ اما ذکر این نکته بسیار ضروری است که ماندگاری آب وارده را به علت نوع ساختار خود بیشتر می‌کند و همین امر موجبات آسیب‌های بیشتر را فراهم می‌سازد. همچنین تر و خشک شدن بیش‌ازحد سنگ به دلیل نوسانات دمایی و نیز وزش بادهای دائمی در محل، خروج املاح موجود درون ساختار سنگ را باعث می‌شود که دلیلی بر رسوبات سطحی و همچنین تغییر رنگ‌هایی در سطح سنگ است. بارش تگرگ را می‌توان به‌عنوان عامل مخرب دیگری در نظر گرفت با ضربات پی‌درپی باعث تحت تأثیر قرار گرفتن سطح سنگ در طولانی مدت خواهد بود.

بحث در یافته‌های پژوهش

همچنان که در بخش اقلیم‌شناسی ورزقان مطرح گردید میانگین دمای منطقه ورزقان 10.1°C (حداکثر در جه حرارت در تابستان 33°C و در زمستان 22°C) ثبت شده است و با متوسط بارندگی حدود 343 میلی‌متر و مقدار رطوبت نسبی بین 52 تا 82% و با میانگین 133 روز یخبندان جز مناطق سردسیری کشور به حساب می‌آید براساس آمار موجود یخبندان فوق در ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند با میانگین حداقل دمای $2-$ و حداکثر دمای $9-$ اتفاق می‌افتد (پوراصغر، اصلاحی، اکبرزاده، 1400) از طرفی لوئیس پلتیر در سال 1950 . م براساس دو متغیر متوسط دما و بارش سالیانه که در هوازدگی نقش عمده‌ای دارند، در قالب هفت مدل هوازدگی شیمیایی، فعالیت یخبندان، رژیم‌های هوازدگی، فرسایش بارانی، حرکات توده‌ای مواد، فعالیت باد و رژیم‌های مورفولوژی تفسیری از انواع پدیده‌های هوازدگی در مناطق مختلف آب‌وهوایی را ارائه نمود (Peltier, 1950). مدل‌های

هوازدگی در گراف پلتیر نشان می‌دهد؛ که هر ناحیه حاکی از یک نوع شرایط هوازدگی است. این مدل به‌نحوی طراحی شده است که مرطوب‌ترین و گرم‌ترین مناطق دارای حداکثر هوازدگی شیمیایی و خشک‌ترین و سردترین مناطق دارای حداقل هوازدگی شیمیایی‌اند. فعالیت یخبندان (هوازدگی فیزیکی) در مناطق دارای دماهای بسیار پایین که در این شرایط هوازدگی مکانیکی و هوازدگی شیمیایی ارجحیت دارند، رخ می‌دهد. براساس بازبینی نمودار پلتیر توسط ناگل (2000) می‌توان گفت داده‌های ایستگاه سینوپتیک برای میانگین بارش و دمای سالیانه بلندمدت ناحیه ورزقان نشان می‌دهد ورزقان و به‌خصوص سنگ‌نوشته اوراتویی سقیندل در مرز میان هوازدگی شیمیایی نسبی و بسیار جزئی به علاوه هوازدگی ناشی از عملکرد سرمازدگی است و در این بین نواحی مرزی انتظار می‌رود میزان تأثیر هوازدگی فیزیکی و مکانیکی در فرآیند تخریب نسبت به هوازدگی شیمیایی بیشتر باشد (شکل ۲۴). از طرفی با توجه به تخلخل ۳/۱۳٪ سنگ بکر بستر سنگ‌نوشته انتظار می‌رسد در لایه‌های سطحی تخلخل به علت هوازدگی طولانی مدت بیشتر باشد از این رو، سطح اثر به‌صورت کلی مستعد یخبندان و آسیب یخ بر شدگی است. تغییرات آب‌وهوایی موجب تغییر ماهیت هوازدگی و تخریب در اقلیم‌های مختلف می‌شوند، در مناطق سرد و خشک کوهستانی مانند آذربایجان ایران رطوبت و درجه حرارت فصلی و روزانه به نسبت دارای تناوب بیشتری نسبت به مناطق گرمسیری و نواحی معتدل است. به‌علاوه تعداد چرخه‌های انجماد و ذوب چندین برابر نواحی معتدل است و این در حالی است که بارش سالانه عمدتاً در طی فصول سرد در این مناطق به شکل برف است که از لحاظ میزان می‌تواند با مناطق معتدل و گرمسیری برابر و یا حتی بسته به ارتفاع نواحی بیشتر نیز باشد. تفاوت‌ها فوق‌حاکمی از حساسیت بالاتر نسبت به تنش‌های حرارتی در مقایسه با نواحی دیگر به‌علاوه قابلیت جذب و ماندگاری آب در طی فصول مختلف در سنگ است که سنگ را مستعد هوازدگی مکانیکی به‌علاوه تشدید رشد آفات بیولوژیکی، فرسایش شدیدتر خواهد نمود (Paterno, 1999).



شکل ۲۴. ترسیم نمودار پلتیر (بعد از Nagel, 2000) براساس داده‌های متوسط آمار سالیانه مربع سبز ناحیه مورد مطالعه را در این سیستم هوازدگی نشان می‌دهد (Escobedo, 2013).

Fig. 24: The drawing of the Peltier diagram (after Nagel, 2000), based on the average annual data of the green square in the studied area, illustrates this weathering system (Escobedo, 2013).

از طرف دیگر بر مبنای مطالعات ساختاری سنگ مبحث ریختگی پوسته و فرسایش سطحی که یکی از اصلی‌ترین زیرشاخه‌های آن است، ترکیبی از دو عامل فیزیکی و شیمیایی است که به دلیل انبساط و انجماد سنگ در نتیجه نفوذ آب رخ می‌دهد و گاه به علت مشکلات ساختاری و کانی‌شناختی سنگ بروز می‌کند و با توجه به حضور کانی‌ها و با در نظر گرفتن ویژگی هر کدام از این کانی‌ها، علل ایجاد آن‌ها قابل توجیه است. به عنوان مثال با توجه به نوع ترکیبات به دست آمده از طریق آنالیز عنصری و مطالعات مقطع نازک، آهن، کوارتز، پلاژیوکلاز، هماتیت دگرسان شده از مگنتیت و سایر موارد به چشم می‌خورد؛ بنابراین این ساختار دلیل قاطعی بر علت ایجاد آسیب‌هاست. برای مثال با انحلال آهن موجود در ساختار، تغییر رنگ رخ داده و هماتیت تبدیل به لیمونیت می‌شود که این تغییر باعث ایجاد رنگ نارنجی متمایل به قهوه‌ای در سنگ شده و سیمای ظاهری آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به علاوه باعث ریختگی پوسته‌ی سنگ نیز می‌شود.

سنگ کتیبه سقیندل همچنان که اشاره گردید با تجمع آفات زیستی مواجه است نظر به گونه‌های مختلف آفات در تجمعات زیستی و آسیبی که هر کدام از آن‌ها می‌توانند بر سطوح وارد کنند اهمیت شناسایی آن‌ها با توجه به اینکه بعضاً نه تنها اثرات منفی بر سطح ندارند (و یا اثر منفی آنها در مقایسه با آثار مثبت آنها ناچیز است) بیش از پیش است از طرفی همچنان که می‌دانیم در رابطه با پاک‌سازی آفات و تجمعات زیستی بحث پاک‌سازی عمدتاً بر روی توده است؛ زیرا تفکیک در هم تنیده این آفات عملاً امکان‌پذیر نیست. پاک‌سازی سنگ‌های تاریخی از تجمعات زیستی در تضاد با «منشور بین‌المللی حفاظت و مرمت بناهای تاریخی و مکان‌های فرهنگی است. در بند ۹ منشور و نیز (مصوب ۳۱ مه ۱۹۶۴ آمده است: «مرمت از جایی که فرضیه شروع می‌شود متوقف می‌شود» اما به‌طور معمول، پوشش گلسنگ از هنر صخره‌ای حذف می‌شود زیرا گلسنگ‌ها سنگ‌نگاره‌هایی را پنهان می‌کنند که باید برای چشم قابل مشاهده باشد در این مورد، حذف گلسنگ‌ها تا حدی توجیه شده است (Dmitrieva, Pchelkin, Faradzhev, 1995)؛ اما بسیاری دیگر از محققان بر این باورند که حذف گلسنگ از سطح سنگ‌های تاریخی آسیب غیرقابل جبرانی بر بستر وارد خواهد کرد و باقی‌ماندن بسیاری از آثار تاریخی سنگی تاکنون نشان‌دهنده پایدار بودن شرایط آن‌ها بوده است و اقدام به حفظ آن‌ها منجر به ایجاد تخریب خواهد شد؛ بنابراین حین اقدام به پاک‌سازی گونه‌های مختلف گلسنگ از روی سنگ باید چند نکته مهم را مدنظر قرارداد: بررسی تخریب‌های انجام شده بر سنگی که پوشیده از گلسنگ است و تمرکز بر این مورد که آیا تخریب سنگ توسط گلسنگ بستگی به شرایط آب و هوایی، نوع بستر و نوع ماده معدنی دارد و یا حضور یک‌گونه خاص گلسنگ به تنهایی باعث ایجاد تخریب است؟ بررسی احتمال حفظ سنگ موردنظر توسط پوششی از گلسنگ در مقابل مخاطرات بیرونی مانند هوازگی و بررسی تخریب ایجاد شده توسط گلسنگ و تخریب ایجاد شده در نمونه‌ای که از گلسنگ پوشیده نیست برای پایش این مسأله که آیا اقدام به از بین بردن گلسنگ مخرب‌ترین از همه انواع تخریب نیست؟ بسیاری از محققان بر این باورند که تخریب بستر سنگی فقط توسط برخی از گونه‌های گلسنگ ایجاد می‌شود و با توجه به درجه تأثیر بر بستر، هر نوع گلسنگ باید به صورت جداگانه در نظر گرفته شود و نمی‌توان برای تمامی گونه‌ها نسخه درمانی یکسانی تجویز کرد. مثلاً بر روی سنگ‌نوشته سقیندل گلسنگ گونه *Rusavskia Elegans* به‌مثابه یک گونه شایع در کوه زاغی شناسایی شده است و مطالعات مرتبط با آن نکات جالبی وجود دارد که راهنمای حفاظت بر مبنای دانش گلسنگ‌شناسی خواهد بود. در پژوهشی که بر روی نمونه‌های سنگ صومعه Solovetsky که با این گونه گلسنگ پوشیده شده است، آزمون‌های مختلف اعم از برداشتن

مکانیکی و شیمیایی گلسنگ از سطح سنگ و مطالعه میزان تخریب این گلسنگ بر روی سطح سنگ‌های صومعه نشان داد که اولاً تالوس‌های این نوع گلسنگ هیچ تأثیر منفی یا مثبتی بر اسیدپتیه سنگ نداشته و به‌علاوه تأثیر مخربی در نتیجه ایجاد ترک یا ریزترک در سطح سنگ مشاهده نشده است. حال آنکه نتایج آزمون‌های زدودن این نوع گلسنگ نشان داد که به علت ایجاد حفره و قرار دادن سطح سنگ در معرض هوازدگی، بیش از اینکه نتایج مثبت داشته باشد مخرب است. در مطالعه‌ای دیگر گلسنگ *Rusavskia Elegans* به‌عنوان یک مدل برای مطالعه پتانسیل مقاومت در برابر محیط‌های شدید فضای بیرونی جو نسبت به گلسنگ‌های مختلف آزمایش‌شده، این گلسنگ توانایی بازیابی از موقعیت‌های شبیه‌سازی فضا، از جمله قرار گرفتن در معرض ۱۶ ساعت خلأ در ۳-۱۰ پاسکال و تابش UV در طول موج‌های کمتر از ۱۶۰ نانومتر یا بیشتر از ۴۰۰ نانومتر را نشان داد این گلسنگ همچنین در آزمایشی که توسط آژانس هوافضای اروپا در خارج از ایستگاه فضایی بین‌المللی انجام شد، ۱۸ ماه در معرض تابش UV خورشیدی قرار گرفت و از پرتوهای کیهانی، خلأ و دماهای مختلف جان سالم به در برد (ESA, 2010). بر این اساس استفاده از روش‌هایی مبتنی بر اشعه ماوراءبنفش در زدودن این گلسنگ اثر معکوس دارد و احتمالاً راهکار مقابله با این گلسنگ جلوگیری از تابش نور و محدودسازی تابش فرابنفش بر روی آن است. در پژوهشی که از سوی محققان گلسنگ‌شناسی در منطقه‌ای در ایالت آریزونا در پی از بین رفتن گلسنگ نوع *Rhizoplaca melanophthalma* انجام شده است، به این نتیجه رسیدند که حضور معدن زغال‌سنگ در این منطقه و قرارگیری گلسنگ‌ها در معرض دی‌اکسید گوگرد و دی‌اکسید نیتروژن در تخریب کلروفیل نقش داشته است (Garty et al. 1985; LeBlanc and Rao 1973; Nash, 1971; Fields and St. Clairson, 1984) که از این ویژگی می‌توان برای از بین بردن گلسنگ‌های موجود در سطح آثار سنگی تاریخی استفاده کرد و باعث زدایش گلسنگ‌های مخرب سطح میراث سنگی شد. براساس مطالعات صورت گرفته علیرغم نیاز به مطالعه جدی در رابطه با گلسنگ‌ها و تجمع‌زیستی سنگ، در حال حاضر پیشنهاد حذف گلسنگ از روی سنگ چندان معقول نیست و به یک دوره آزمایش و کسب نتایج رضایت بخش به یک دوره پایش درمان در مناطق همجوار سنگ‌نوشته نیاز است، زیرا در چنین شرایط محیطی تهاجمی، گلسنگ‌ها می‌توانند نقش محافظت از سطوح سنگ را در برابر سازوکارهای هوازدگی ایفا کنند و در صورتی حذف نهایی پوشش گلسنگ، درمان‌های دیگری با پایش دیگری به‌خصوص در زمینه استحکام بخشی ضروری به نظر می‌رسد، به‌علاوه امکان رشد مجدد آن‌ها بسیار زیاد است.

نتیجه‌گیری

با توجه به آنکه مشکلات حفاظتی سنگ‌نوشته اورارتویی سقین‌دل به‌مثابه چالشی چندبعدی و نیازمند راهکارهایی چندجانبه است، از این‌رو آزمون‌های مرتبط با فن‌شناسی سنگ‌نوشته، ساختارشناسی، بررسی‌های میدانی و آنالیزهای آزمایشگاهی بر نمونه‌های سنگ‌نوشته سقین‌دل انجام گرفت. یافته‌های میدانی شیوه ساخت سنگ‌نوشته را به‌صورت دستی و در چند مرحله صیقلی‌کاری، بسترسازی و حجاری متن تعیین نموده و در بخش مطالعات آسیب‌شناسی عوامل تخریبی شامل انسان، اقلیم و محیط پیرامونی و موقعیت زمین‌شناسی در کنار آفات بیولوژیک به‌عنوان اصلی‌ترین عوامل آسیب‌رسان شناسایی شدند. به‌علاوه نتایج حاصل از آزمایش‌ها مکانیکی-فیزیکی و شیمیایی نشان از تأثیر اقلیم بر مشکلات موجود در سنگ مانند ترک ناشی از یخ بر شدگی دارند. بر طبق مطالعات

صورت گرفته در این پژوهش و با توجه به نوع آسیب‌های شناسایی شده، ارائه مجموعه راهکارهایی برای برطرف کردن مشکلات و مخاطرات سنگ‌نوشته سقین دل ضروری است که بایستی در قالب یک طرح جامع حفاظت و مرمت پیشنهاد گردد که بتواند کلیه آسیب‌ها، مخاطرات و تهدیدهای در ارتباط با سنگ‌نوشته مورد مطالعه را پوشش داده و راهبردی برای عملیات اجرایی حفاظت و مرمت باشد که برحسب درجه اهمیت، ابتدا برای خطر سقوط سنگ‌نوشته تدبیری اندیشیده شود سپس عملیات پر کردن شکاف و ترک‌ها دارای اولویت است که به دلیل آسیب‌های انسانی و اقلیمی به وجود آمده‌اند و در نهایت می‌توان برای عملیات گلسنگ زدایی و همچنین پوشش سقف بر روی سنگ‌نوشته اقدام کرد که تا حدی خطرات ناشی از هوازگی و رطوبت را کاهش دهد و با انجام مجموعه این عملیات در نهایت بتوان بقای هرچه بیشتر آن را تضمین نمود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از اداره میراث فرهنگی استان آذربایجان شرقی برای مجوز مطالعه سنگ‌نوشته سقین دل و از مسئولین و متصدیان مس سونگون و رزقان برای حمایت‌های مادی، از دانشگاه هنر اسلامی تبریز برای حمایت‌های مادی و معنوی و همچنین از مهندس امین رنجبری و مهندس علیرضا امیری برای همکاری در تهیه تصاویر سنگ‌نوشته سپاسگزاری می‌شود.

درصد مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: مسئول طراحی پژوهش، جمع‌آوری داده‌ها و نگارش مقاله.

نویسنده دوم: مشارکت در تحلیل داده‌ها، نگارش در ویرایش مقاله

تعارض منافع

تعارض منافی بین نویسندگان وجود ندارد. منابع مالی این پژوهش توسط شرکت مس سونگون و رزقان، زیر نظر اداره کل میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان آذربایجان شرقی تأمین شده است.

کتابنامه

- ابراهیمی، ق، (۱۳۹۶)، سنگ‌نوشته‌های اورارتویی ایران برگ‌هایی از تاریخ آذربایجان، تبریز: پروژه ترجمه حسن لو
- بشاش کنزق، ر- پژوهشکده زبان‌شناسی کتیبه‌ها و متون، (۱۳۸۶) باغ کتیبه‌ها ضرورت و اهداف مولاژ برداری کتیبه‌های صخره‌ای و تأسیس مرکز مطالعات کتیبه‌شناسی، تهران: پژوهشگاه سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری
- پرونده ثبتی اثر، (۱۳۴۷) پرونده ثبتی کتیبه اورارتویی سقیندل. شماره، ۷۹۵ اداره کل میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری
- پور اصغر، ف؛ اصلاحی، م؛ اکبر زاده، ی، (۱۴۰۰). بررسی رخدادهای حدی دمایی در استان آذربایجان شرقی - ۱۴۲۸-۱۳۸۸، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی. ۱۲(۴۸): ۱۵۶-۱۴۳
- خیری، ف. (۱۳۸۴). سنگ‌شناسی آذرین. رشته زمین‌شناسی، چاپ ۵. تهران: دانشگاه پیام نور.
- دارا، م. (۱۳۹۶)، کتیبه‌های میخی اورارتویی از ایران، تهران: پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری
- رازانی، مهدی، نعمانی خیابوی، لیلی، رنجبری، امین‌امیری، علیرضا، (۱۴۰۳). استنساخ جدید از کتیبه میخی اورارتویی سقین دل، و رزقان، آذربایجان شرقی، ایران: زبان‌شناخت ۱۵(۱) ۲۷-۵۰. doi: 10.30465/ls.2023.47346.2164.50

- رازانی، مهدی، نعمانی خیابوی، لیلی، ناصری صومعه، حسین، (۱۴۰۲). باستانشناسی و ساختارشناسی سنگ نوشته میخی اورارتویی سقین دل ورزقان، آذربایجان شرقی، ایران. جستارهای باستانشناسی ایران پیش از اسلام. (پذیرفته شده در دست چاپ)
- رازانی مهدی، نعمانی خیابوی لیلی، (۱۴۰۲). طرح حفاظت و مرمت کتیبه اورارتویی سقین، دل ورزقان آذربایجان شرقی ایران. دانش حفاظت و مرمت، ۶؛ (۴): ۱۸-۳۵
- صدقی، ن، (۱۳۸۸)، تاریخ اجتماعی و سیاسی ارسباران (قره داغ) در دوره معاصر، تبریز، اختر.
- عبدالمهدی، ح، (۱۳۸۵)، مطالعه جغرافیایی دشت ورزقان: از خرواق تا دوپیق، تبریز، پژوهش‌های دانشگاه.
- فریدی، م. حق فرشی، ع، (۱۳۸۵). نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰. خواجه. تهران: سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- کرمی، ف، (۱۳۸۳). فرآیندهای هوازدگی و تأثیر آنها در نواحی شهری و روستایی، مطالعه موردی کوهستانی آذربایجان. مجله تاریخ و جغرافیا، ش. ۲، (۴): ۶۱-۸۰.
- مرادی زینب، انوشیروان انصاری (۱۳۹۲). رتبه بندی روابط کاهندگی مختلف با استفاده از زلزله ۲۱ مرداد ۱۳۹۱ اهر-ورزقان. پژوهشنامه زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، ۱۶(۳-۴)، ۱۱-۲۰.
- مستاجران، اکبر، و فرزانه ضوئی. (۱۳۸۵). همزیستی: جلد دوم گل‌سنگ‌ها. اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان.
- مشکور، محمدجواد (۱۳۳۲)، تاریخ مردم اورارتو و کشف یک شنگنبشته به خط اورارتو در آذربایجان، تهران: نشریه شماره ۱ انجمن فرهنگ و هنر ایران
- معماریان، ح، (۱۳۹۲). زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک. تهران: دانشگاه تهران.
- معماریان، ح، (۱۳۹۰). زمین‌شناسی برای مهندسیین. چاپ ۱۲. تهران: دانشگاه تهران،
- منتظم، گ، (۱۳۹۵) به جنس تاریخ به رنگ دیروز، برج مقبره‌های آذربایجان شرقی، تبریز: اختر
- مهدوی فر، محمد رضا و پرهام معماریان (۱۳۹۱- شهریور) گزارش شناسایی مقدماتی پدیده‌های ژئوتکنیکی ناشی از زلزله ورزقان ۱۳۹۱/۵/۲۱، تهران: پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله
- ناصری صومعه، ح، هژیری نوبری، ع، کنیار، ا (۱۴۰۰) باستان‌شناسی منطقه قره داغ؛ گزارش مقدماتی بررسی محوطه-های دوران مفرغ و آهن شهرستان ورزقان. مطالعات باستان‌شناسی، ۱۳(۴)-۲۸۶-۳۰۶.
- Abdollahi, H. (2006). Geographical study of Varzeqan Plain: From Khorvanq to Dupiq. Tabriz: University Research Studies. [In Persian]
- Asta, J. and Letrouit-Galinou, A. (1995). Observations on the early growth of Rhizocarpon geographicum thalli. Herzogia, 239-252. DOI: 10.1127/herzogia/11/1995/239
- ASTM D2216, (2019) Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Stone by Mass. Edition, March 1, <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/102626/96eedcdcf4d400c886842d9f8706202/ASTM-D2216-19.pdf>
- ASTM. (2004). Standard test method for Measurement Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes (D 1585). Annual book of ASTM Standards, Vol. 04.08, 948-955. <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/83730/218dea463347495c86a130c30db34c59/ASTM-C1585-13.pdf>
- Bashash Kenzag, R. (2007). The inscriptions garden: The necessity and objectives of rock inscription molding and the establishment of the Epigraphy Studies Center. Tehran: Research Institute of the Cultural Heritage, Handicrafts, and Tourism Organization. [In Persian]
- British Standards Institution. (1999). Natural stone test methods: Determination of water absorption coefficient by capillarity (BS EN 1925:1999). London, England. https://www.en-standard.eu/bs-en-1925-1999-natural-stone-test-methods-determination-of-water-absorption-coefficient-by-capillarity/?srsltid=AfmBOooFyP4ApTF871hII2sKYyHWNMTjI09m_zkX67mJb9rE0BHJ-9Hw

- BS EN 1097-3: (1998) Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Determination of loose bulk density and voids <https://doi.org/10.3403/01435224> (published 15/09/1998).
- Dara, M. (2017). Urartian cuneiform inscriptions of Iran. Tehran: Cultural Heritage and Tourism Research Institute. [In Persian] https://www.academia.edu/34273409/Urartian_Cuneiform_Inscriptions_from_Iran
- کتیبه های میخی اورارتویی از ایران
- De Witte E (1993) Treatment of the Göreme rock with consolidants and water repellents. International Seminar on the safeguard of the rock-hewn churches of the Göreme Valley, Ürgüp, Turkey. Tabasso and Izmiripil (eds), Ministry of culture, Ankara Quoted in: Topal, T., and Doyuran, V. (1998). Analyses of deterioration of the Cappadocian tuff, Turkey. Environmental geology, 34(1), 5-20.
- ESA. (2010). Live long and prosper, Xanthoria elegans. Retrieved from https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Columbus/Live_long_and_prosper_i_Xanthoria_elegans_i
- Fereidi, M., and Hagher Farsi, A. (2006). Geological map of 1:100,000, Khajeh. Tehran: Geological Survey and Mining Exploration Organization of Iran. [In Persian]
- Fields, R. D. and L. ST. Clair. 1984. A comparison of methods for evaluating SO2 impact on selected lichen species: Parmelia chlorochroa, Collemapolycarpon, and Lecanora muralis. The Bryologist 87: 297-301. <https://doi.org/10.2307/3242947>
- Fitzner, B. and Heinrichs, K. (2001). Damage diagnosis at stone monuments-weathering forms, damage categories and damage indices. Acta-Universitatis Carolinae Geologica, 1, 12-13. <https://www.semanticscholar.org/paper/Damage-diagnosis-on-stone-monuments-weathering-and-Fitzner-Heinrichs/8dca2c93038efc91cfc69777b6f4150e35183573>
- Fookes, P. G. Gourley, C. S. and Ihikere. C. (1982). Rock weathering in engineering time. Quarterly Journal of Engineering Geology, 21, 33 - 57. <https://doi.org/10.1144/GSL.QJEG.1988.021.01.03>
- Fookes, P. G., Dearman, W. R. and Franklin, J. A. (1971). Some engineering aspects of rock weathering with field examples from Dart moor and elsewhere. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 4(3), 139-185. <https://doi.org/10.1144/GSL.QJEG.1971.004.03.01>
- Garty, J., Ronen, R., and Galun, M. (1985). Correlation between chlorophyll degradation and the amount of some elements in the lichen Ramalina duriaei (De Not.) Jatta. Environmental and Experimental Botany, 25(1), 67-74. [https://doi.org/10.1016/0098-8472\(85\)90049-8](https://doi.org/10.1016/0098-8472(85)90049-8)
- Ibrahimi, Q. (2017). Urartian inscriptions of Iran: Pages from the history of Azerbaijan. Tabriz: Hassanloo Translation Project. [In Persian]
- ISRM (1979). Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Absorption and related properties and swelling and slake – durability. International Society for Rock Mechanics (ISRM) International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 36, 139-153. <http://worldcat.org/issn/00207624>
- Karami, F. (2004). Weathering processes and their impacts in urban and rural areas: A case study of the mountainous regions of Azerbaijan. Journal of History and Geography, 2(4), 61-80. [In Persian] (<https://www.noormags.ir/view/en/articlepage/548629>)
- Khairi, F. (2005). Igneous petrology. Geology Department, 5th edition. Tehran: Payam Noor University. [In Persian]
- Kleiss, W. "und Kroll S. (1980), « Die Burgen on Libliuni (Seqindel)." AMI 12: 21-61.
- Kleiss, Wolfram, (1971). Detail view of Urartian rock inscription of Seqindel, east Azerbaijan [Photograph]. Deutsches Archäologisches Institut. (Bildnummer D-DAI-EUR-TEH-DIA-AWK-14763). Available at (<https://arachne.dainst.org/entity/6814833?fl=20andq=%22Seqindel%22andresultIndex=9>)
- LeBlanc, F. and Rao, D. N. (1973). Effects of Sulphur dioxide on lichen and moss transplants. Ecology, 54(3), 612-617. <https://doi.org/10.2307/1935347>
- Mahdavi Far, M. R., and Parham Mimariyan. (2012). Preliminary identification report of geotechnical phenomena caused by the Varzeqan earthquake of August 21, 2011. Tehran: International Institute of Earthquake Engineering and Seismology. [In Persian]
- Mashkour, M. J. (1953). The history of the Urartian people and the discovery of an Urartian inscription in Azerbaijan. Tehran: Journal No. 1, Iran Culture and Art Association. [In Persian]

- Mestajaran, A., and Farzaneh Zoui. (2006). Symbiosis: Volume 2, Lichens. Isfahan: Isfahan University of Technology. [In Persian]
- Memariyan, H. (2011). Geology for engineers (12th ed.). Tehran: University of Tehran. [In Persian]
- Memariyan, H. (2013). Engineering geology and geotechnics. Tehran: University of Tehran. [In Persian]
- Montazem, G. (2016). The essence of history in the color of yesterday: The tower tombs of East Azerbaijan*. Tabriz: Akhtar. [In Persian]
- Moradi Zeynab, A., and Ansari, A. (2013). Ranking different attenuation relationships using the August 2012 earthquake (Ahvaz-Varzeqan). Seismology and Earthquake Engineering Journal, 16(3-4), 11-20. [In Persian]
- Nagel G (2000) Advanced Geography. Oxford University Press, ISBN 0199134073, Spain. Quted in Escobedo, J. E. M. (2013). Geochemical characterization of coal and mine rock waste samples from the region of Cam Pha in NE-Vietnam and their effect on rice paddy soil composition and toxic metal bioavailability (Doctoral dissertation, Albert-Ludwigs Universitaet Freiburg). Page 89.
- Naseri Someh, H., Hezbari Nobari, A., and Kenyar, E. (2021). Archaeology of the Qara Dagh region: Preliminary report on the study of Bronze and Iron Age sites in Varzeqan County. Archaeological Studies, 13(4), 286-306. [In Persian] <https://doi.org/10.22059/jarcs.2019.284880.142749>
- Nash III, T. H. (1973). Additions to the Lichen Flora of Arizona. I. Bryologist, 545-548. <https://doi.org/10.2307/3241416>
- Paterno, M. C. P. (1999). A Study of the Weathering of Volcanic Tuffs in a Tropical Environment, Including the Evaluation of a Consolidant. Presented to the Faculties of the University of Pennsylvania in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Historic Preservation. Access in: http://archive.org/stream/studyofweatherin00pate/studyofweatherin00pate_djvu.txt.
- Pour Asghar, F., Esfahi, M., and Akbarzadeh, Y. (2021). Study of extreme temperature events in East Azerbaijan Province (1989–1428). Climatology Studies, 12(48), 143-156. [In Persian] https://clima.irimo.ir/article_134374.html?lang=en
- Razani M, Nemani khiyavi L.(2024) Conservation and Restoration Plan of the Urartian Inscription of Seqindel, Varzeghan, East Azerbaijan, Iran. KCR; 6 (4) :18-35. <http://kcr.richt.ir/article-1-97-fa.html> [In Persian] (https://journal.richt.ir/browse.php?a_id=1739andsid=6andslc_lang=fa).
- Razani, M., Nemani Khiyavi, L., and Naseri Someh, H. (2025). Archaeology and structural analysis of the Urartian cuneiform inscription of Seqindel, Varzeqan, East Azerbaijan, Iran. *Ancient Iranian studies*, (Accepted for publication). [In Persian]
- Razani, M., Nemani Khiyavi, L., Ranjabari, A., and Amiri, A. (2023). A new transcription of the Urartian cuneiform inscription of Seqindel, Varzeqan, East Azerbaijan, Iran. Linguistics, 15(1), 27-50. [In Persian] [10.30465/ls.2023.47346.2164](https://doi.org/10.30465/ls.2023.47346.2164)
- Registry document of the inscription (1968). Registration file of the Urartian inscription of Seqindel. No. 795, General Directorate of Cultural Heritage, Handicrafts, and Tourism. [In Persian]
- Sadeghi, N. (2009). Social and political history of Arasbaran (Qara Dagh) in the contemporary period. Tabriz: Akhtar. [In Persian]
- Standard UNE EN 1925(1999) Natural stone test methods - Determination of water absorption coefficient by capillarity is classified in these ICS categories: 73.020, 91.100.15-10. <https://www.en-standard.eu/bs-en-1925-1999-natural-stone-test-methods-determination-of-water-absorption-coefficient-by-capillarity/?srsltid=AfmBOosFNPXVD5WtrYkjWEr51QKGX0uaXf2YAqOwNTy7jaGgHs3mtPw>
- Vergès-Belmin, V.2008. Illustrated glossary on stone deterioration patterns. Icomos. https://openarchive.icomos.org/id/eprint/434/1/Monuments_and_Sites_15_ISCS_Glossary_Stone.pdf
- Пчелкин, А. В. (2018). Rusavskia elegans. Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический, 123(6), 41-47. <https://istina.msu.ru/journals/93663/?p=6>
<https://lichenportal.org/portal/taxa/index.php?taxauthid=1andtaxon=56244andclid=1055>
<https://lichenportal.org/portal/taxa/index.php?taxon=256993andclid=1045>
<https://lichenportal.org/portal/taxa/index.php?taxon=53037andclid=1040>
<https://lichenportal.org/portal/taxa/index.php?taxon=54036andclid=1145>