38
پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران
Bu-Ali Sin University
Iranian Scientific Archaeological Association
پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران
PAZHOHESH-HA-YE BASTANSHENASI IRAN
P. ISSN: 2345-5225 & E. ISSN: 2345-5500
Homepage: https://nbsh.basu.ac.ir/
Vol. 13, No. 38, Autumn 2023

Mill, an Achievement of Technology and Water Resources Management: The Jovein and Joghatay Plains

Azita Mirzaye[1]

https://dx.doi.org/10.22084/NB.2022.25067.2396
Received: 2021/10/16; Accepted: 2022/02/12
Type of Article: **Research**
Pp: 297-324

Abstract

The mill is an example of one of the first human endeavors to harness natural forces to perform mechanical work and the ancestor of a long line of machines. Water has been the driving force of the mill. In arid and semi-arid lands such as Iran, it made people think about the provision and use of water resources to meet the needs of the society, and the result was the construction of innovative structures. This would not have been possible except with sufficient knowledge of the geographical context and environmental capabilities. The main economic activity of ancient Iran was based on agriculture and mills are one of the structures related to this economy. The need to pay attention to traditional mills is important because we know that there are few remnants of them left and a major part of this technical and management history that was associated with local experiences and diverse architecture are now being destroyed and forgotten. The basis of this research was provided by identifying eight mills in Jovein and Jughatay plains in the northwestern part of Khorasan Razavi province, during archaeological studies in 1399.Studying the evidence left by these mills, which belonged to the Qajar period, could answer questions about how these structures are located, water management and guidance, as well as how the mills function. Therefore, in addition to field surveys and on-site documentation, an attempt was made to extract and analyze the physical evidence left over from these engineering structures using remote sensing methods. In this regard, in addition to field research, other studies with a similar subject were reviewed and finally the findings were processed and analyzed by comparative study. The result of this research was the existence of a common approach in the construction of mills that supplied their driving force from river and surface runoff.

Keywords: Mill, Water Resources Management, Jovein and Joghatay, Khorasan.

1. Ph.D. Graduated in Archaeology, Iranian Center for Archaeological Research (ICAR), Cultural Heritage and Tourism Research Institute (RICHT), Tehran, Iran.
Email: mirzayeazita@hotmail.com

Citations: Mirzaye, A., (2023). "Mill, an Achievement of Technology and Water Resources Management: The Jovein and Joghatay Plains". *Pazhoheshha-ye Bastan Shenasi Iran,* 13(38): 297-324. DOI: 10.22084/nb.2022.25067.2396
Homepage of this Article: https://nbsh.basu.ac.ir/article_4659.html?lang=en

PAZHOHESH-HA-YE BASTANSHENASI IRAN
Archaeological Researches of Iran
Journal of Department of Archaeology, Faculty of Art and Architecture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran.

Publisher: Bu-Ali Sina University. All rights reserved.
*Copyright©2022, The Authors. This open-access article is published under the terms of the **Creative Commons**.*

Introduction

Watermill ranks among the primeval attempts by human to harness natural forces to exploit them in mechanical applications, and stand as the forefather of a long series of machinery. This apparatus boosted productivity per capita compared to primitive querns or hand mills, resulting in fostered specialization. Mills have direct bearings on such notions as economic development and capital, because investment in technology would encourage economic growth. Yet expanded use of mills was contingent on procuring the required propelling force, i.e. water. As a national capital, water has effectively informed the establishment of human settlements, economy, and, consequently, origination of political powers since the remote past. In arid and semi-arid regions like Iran, the provision and use of water resources to satisfy the society's needs prompted local people to take this in consideration, the ultimate consequence of which was the advent of pertinent structures, which are innovative and unique of their kind (Fisher 2005:274, Saeedi 2002:381). This attainment would be impossible without sufficient knowledge of geographic settings and environmental capabilities of the involved region (Karimi 1995, Karmi and Talebian 2014, Asadi 2018). Agriculture underpinned ancient Iran's prevailing subsistence system. Mills were at the core of this economy and obtained their propulsion from running waters. The importance of studying mills becomes more apparent if we consider the scarcity of the preserved ancient mills, and the fact that a major part of this engineering legacy, which was typified by diverse, local architectural experiences in different regions, has already been lost and collapsed into oblivion. The primary basis for this paper came from the discovery of 7 mills in the plains of Jovein and Joghatãy in northwestern Khorasan Razavi Province, during archaeological surveys in 2020(Mirzaye 2020). The ruins of these mills, dating from the Qajar period, might provide answers to questions about locating and management of related structures as well as water conveyance and how the mills functioned in dry and droughty landscapes. Therefore, along with fieldwalking and on-site documentation, attempts were made to extract, describe and analyze the surviving evidence from these engineering structures through remote sensing approaches. In a comparative study aimed at a better understanding of the process of water engineering and management, we analyzed 15 additional mills in the central part of the Kope Dagh-Aladagh corridor (Shirvan and Fãruj Counties) (Mirzaye 2009) and 2 others in the northern flank of the Kuh-e Rahmat (Arsanjãn County, Fars).

Discussion

The physical structure of these mills consists of the parts involved in

supplying, conveyance and management of water, the main structure of the mill, and ancillary structures. Remains from 7 mills were identified in the course of the surveys in the Jovein-Joghatãy plain. Of these, those at Kamayestan and Azadvar each belong to a complex consisting of a row of 3 aligned mills, while the Yousefabad mill represents a freestanding building. All the mills were erected close to streams originating from the northern slopes of the Joghatãy Mountain. The building materials consisted of cobblestone, brick, and saruj mortar. Physically, they display the outlined typical tripartite structure, viz. the parts responsible for the supply, transfer and management of water, the main structure, and the ancillary sections.

In terms of technique and technology, the first component was integral to these installations, as it was connected with procuring the millrace for rotating the wheel (turbine). Fully acquainted with the regional climate and natural capabilities, Iranian engineers would initially evaluate water resources and the feasibility of its transfer to the nearest rural settlement. The infrastructure involved a weir consisting of a series of diversions, and a surface or underground millrace (leat). Indeed, environmental conditions triggered slight differences in the construction of the weir in individual cases. For example, if water was to be obtained from a permanent river, it was diverted to the mill via a diversion channel as at Azadvar, and if a seasonal river served as the source, the stream was dammed by a weir so as to enable storing water and using it throughout the year as at Kamayestan.

The second constituent part was the main structure. Extreme care had to be taken when deciding on the placement of this section, as its repositioning was rather difficult and, in cases, even impossible given its dependence upon the first section. For this very reason, the main building would undergo constant in situ reconstructions and refurbishments, and this was the best possible approach to its preservation. Therefore, it is possible now to isolate repairs of different periods following the original construction by dint of dissimilar materials or changes in the form of the arches in the related buildings. From a technical perspective, the pressure platform (millrace), fluim (chute) and turbine represent the pivotal components of the mill's structure when it comes to the provision of propelling power, because given the hot and dry climate of the Jovein and Joghatãy region, local water resources lacked enough discharge and flow intensity required to circulate the millstone. Therefore, a sloping platform with a maximal length of 50 m and a height of 3 m was constructed to transfer water to the fluim's opening where it swiftly fell down to drive the horizontal turbine. As already stated, at each of the villages of Kamayestan and Azadvar, 3 aligned mills were operating based on the needs of the local community. The third section includes the physical structure of the mill and its auxiliary structures, which actually together represented a service area for

millers and customers. The elements of this section varied according to the involved distance to the nearby population center. In the study area, only the mills at Kamayestan contain architectural remains, though they are of indeterminable nature and, therefore, fail to reflect their original functions. At a later stage of the study, the question arose as to whether the same constructional technique was applied to the mills of other regions of Iran given the country's hot and dry climate. In this context, comparisons were drawn with 15 mills recorded in Shirvan and Fãruj (North Khorasan) and 2 mills from Arsanjãn (Fars). The comparisons focused on the type of the source employed for producing the driving force, and the similarities or dissimilarities in the physical structure of the mills. The result proved that a common constructional method was at work in the concerned regions.

Conclusion

With the replacement of traditional propulsions with electricity since about 50 years ago, now it is possible to build a mill at any desired place. Also, the direct involvement of the central government in the grain supply chain, from the purchase management to the milling, has caused the traditional mills to gradually decline and become deserted over time. In this context, the lack of written documentation of the technology of these buildings and knowledge of their historical evolution and of the milling profession as well as the low chance of the relevant structures to occur in archaeological record have been combined to give rise to scattered studies in this regard. Implementation of such studies and synthesizing the available scattered publications might provide a general picture about the typology and the technological evolution of the mills, the social status of the milling profession, and how millers interacted with the society. At a higher level, such information will considerably contribute to specifying the social, economic and historical structures that were in operation in Iran during different periods.

Acknowledgment

I am grateful to all the members of the archaeological investigation team in Khorasan (Northern and Razavi) who accompanied me in two seasons; Also, Dr. Hamid Fadaei, Mr. Ali Aqra, and Hamidreza Karmi are grateful for their cooperation in the investigation and documentation of Jalodar Mill.

Conflict of Interest

This research is the result of the Author's field research and there is no conflict of interest in it.

پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران
فصلنامهٔ علمی پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران
P. ISSN: 2345-5225 & E. ISSN: 2345-5500
نشانی پایگاه نشریه: https://nbsh.basu.ac.ir
شمارهٔ ۳۸، دورهٔ سیزدهم، پاییز ۱۴۰۲
دانشگاه بوعلی سینا
انجمن علمی باستان‌شناسی ایران

آسیاب دستاوردی از فناوری و مدیریت منابع آب: دشت جُوِین و جُغتای

آزیتا میرزایی[I]

شناسهٔ دیجیتال (DOI): https://dx.doi.org/10.22084/NB.2022.25067.2396
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۳
نوع مقاله: پژوهشی
صص: ۳۲۴-۲۹۷

چکیده

آسیاب نمونه‌ای از نخستین تلاش‌های بشری در مهار نیروهای طبیعی به‌منظور انجام کارهای مکانیکی و نیای یک خط طولانی از ماشین‌آلات است. نیرو محرکهٔ آسیاب، آب بوده است. آب به‌عنوان یک سرمایه از گذشتهٔ دور نقش مؤثری در ایجاد استقرارگاه‌های انسانی داشته است. در خشک و نیمه‌خشک ایران، تأمین و بهره‌برداری از منابع آبی جهت رفع نیازهای جامعه، مردم را به اندیشه واداشت و حاصل آن ساختِ سازه‌های نوآورانه بود. این امر جز با شناخت کافی از بستر جغرافیایی و قابلیت‌های محیطی میسر نمی‌شد. عمده فعالیت اقتصادی ایران کهن، بر پایهٔ کشاورزی استوار بود و آسیاب‌ها یکی از سازه‌های مرتبط با این اقتصاد هستند. ضرورت توجه به آسیاب‌های سنتی از آنجا اهمیت می‌یابد که بدانیم هم‌اکنون بقایای اندکی از آن‌ها بجای‌مانده و بخش عمده‌ای از این پیشینهٔ فنی و مدیریتی که با تجربیات بومی و معماری متنوع همراه بوده اکنون رو به تخریب و فراموشی هستند. بستر این پژوهش با شناسایی هفت آسیاب در دشت جوین و جغتای در بخش شمال‌غربی استان خراسان‌رضوی، طی بررسی‌های باستان‌شناختی سال ۱۳۹۹هـ.ق. فراهم شد. شواهد بجای‌مانده از این آسیاب‌ها که ازلحاظ گاهنگاری متعلق به ۲۰۰سال اخیر هستند، می‌توانند جواب‌گوی پرسش‌هایی در زمینهٔ چگونگی مکان‌یابی این سازه‌ها، مدیریت و هدایت آب و هم‌چنین نحوهٔ عملکرد آسیاب‌ها باشند؛ از این‌رو، ضمن پیمایش‌های محیطی و انجام مستندنگاری در محل، با استفاده از روش‌های سنجش از راه دور، شواهد فیزیکی بجای‌مانده از این سازه‌ها استخراج و مورد پردازش قرار گرفتند. علاوه‌بر تحقیقات میدانی، منابع کتابخانه‌ای نیز بررسی و درنهایت یافته‌ها پردازش و تحلیل شدند. حاصل این جستار مؤید وجود یک رویکرد مشترک در ساخت آسیاب‌هایی است که نیرو محرکهٔ خود را از رودخانه و روان‌آب‌های سطحی تأمین می‌کردند. مجموعهٔ کالبدی این آسیاب‌ها متشکل از بخش تأمین-هدایت و مدیریت آب، سازهٔ اصلی آسیاب و فضاهای وابسته است. به‌جز فضاهای وابسته سایر بخش‌ها در غالب آسیاب‌ها یک‌سان است.

کلیدواژگان: آسیاب، مدیریت منابع آب، جُوِین و جُغَتای، خراسان.

I. دکتری باستان‌شناسی، پژوهشگر پژوهشکدهٔ باستان‌شناسی، پژوهشگاه میراث‌فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران.
Email: mirzayeazita@hotmail.com

ارجاع به مقاله: میرزایی، آزیتا، (۱۴۰۲). «آسیاب دستاوردی از فناوری و مدیریت منابع آب: دشت جُوِین و جُغتای». پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، ۱۳(۳۸): ۳۲۴-۲۹۷. DOI: 10.22084/nb.2022.25067.2396
صفحهٔ اصلی مقاله در سامانهٔ نشریه:
https://nbsh.basu.ac.ir/article_4659.html?lang=fa

فصلنامهٔ علمی گروه باستان‌شناسی دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران.

حق نشر متعلق به نویسنده(گان) است و نویسنده تحت مجوز Creative Commons Attribution License به مجله اجازه می‌دهد مقالهٔ چاپ شده را در سامانه به اشتراک بگذارد، منوط بر این‌که حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.

مقدمه

انطباق و سازگاری انسان و محیط در تمامی تعاملات او با سرزمین پیرامونش پیوسته وجود داشته است. این موضوع، از لحظهٔ رویارویی و گزینش محیطی خاص برای حضور دائم یا موقت تا انتخاب و ساماندهی اجزای محیطی قابل درک است. در این‌میان، آثار معماری مهم‌ترین نوع استناد از میزان سازگاری انسان با محیط هستند؛ زیرا به‌جهت ابعاد ملموس مادی و ماندگاریَش شرایط کنکاش در زمینه‌های فرهنگی، اجتماعی و زیست‌بوم را برای پژوهشگران فراهم می‌آورد. ازلحاظ فنی، آسیاب‌ها جزو اولین ماشین‌های پرکاربردی بودند که از نیروهای طبیعی برای انجام کارهای معیشتی استفاده می‌شدند و ازلحاظ اقتصادی-اجتماعی در جوامع مبتنی‌بر کشاورزی نقش مهمی در توسعه و به‌طور غیرمستقیم بر گسترش قدرت سیاسی داشتند. برای جامعهٔ کهن ایران که معیشت غالب مردمان آن برمبنای کشاورزی و به‌طور خاص غلات بوده، وجود آسیاب یک نیاز اساسی بوده است. به‌همین‌دلیل، این سازه ازلحاظ کارکردی در گذشته ذیل بناهای عام‌المنفعه قرار می‌گرفته است.

نیرو محرکهٔ آسیاب، آب است؛ آب به‌عنوان یکی از عناصر چهارگانه، گران‌بهاترین ثروتی است که در اختیار بشر قرار دارد. آن‌چه که باعث می‌شود آب در سرزمین ایران از توجه و اهمیت بیشتری برخوردار باشد نوع اقلیم و محدودیت‌های دسترسی به این عنصر است. کشور ایران در نیم‌کرهٔ شمالی بین ۲۵ تا ۴۰ درجهٔ عرض جغرافیایی و ۴۴ تا ۶۳/۵ درجهٔ شرقی واقع شده است. افزون‌بر موقعیت جغرافیایی و پهناوری، بخش اعظم این سرزمین را کوهستان‌ها و بیابان‌ها فراگرفته است و به‌همین‌دلیل می‌توان شاهد تنوع آب‌وهوایی در چنین پهنه‌ای بود. به‌گونه‌ای که درجهٔ حرارت در نقاطی بین ۵۰ تا ۳۱/۴- درجهٔ سانتی‌گراد نوسان دارد. تنوع پراکندگی بارش نیز به مانند دما بسیار متغیر است. با توجه به این ویژگی‌ها، کشور ایران ازنظر اقلیمی جزو کشورهای گرم و خشک و نیمه‌خشک و درپی آن کم‌آب دنیا محسوب می‌گردد (فیشر، ۱۳۸۴: ۲۷۴-۳۰۰؛ سعیدی، ۳۸۱: ۲۴). این شرایط اقلیمی موجب شده ساکنان این سرزمین از گذشتهٔ دور درصدد انطباق نیازهای اولیهٔ اقتصادی-معیشتی خود با محدودیت‌های طبیعی باشند و در این مسیر شیوه‌هایی را ابداع نمودند که ضمن حفظ حیات خود، پایه‌گذار بخشی از روش‌های نوین در تمدن بشری بوده‌اند. قدیمی‌ترین شواهد و نمونه‌های موجود از این‌دست اقدامات را می‌توان در مراکز ذخیره‌سازی آب جهت تأمین نیاز شهرها و مراکز استقراری از دورهٔ عیلامیان در چغازنبیل (کریمی، ۱۳۷۴)، کانال‌های آبرسانی و مهار آب همراه با سیستم زه‌کشی قوی در مجموعهٔ تخت‌جمشید (اسدی، ۱۳۹۸)، سدسازی‌های متعدد چون: تنگ آسیاب، سد بستان‌خانی، سد-پلِ سنگِ دختر (کَرمی و طالبیان، ۱۳۹۴) از زمان هخامنشیان و ساسانیان تا حال حاضر مشاهده کرد؛ هم‌چنین دیگر سازه‌های مرتبط با آب چون: آب‌انبار، آسیاب، حمام و غیره ایجاد شده‌اند که همگی جهت مدیریت آب با هدف ارتقاء بهره‌وری اقتصادی، تأمین نیازهای جمعی و بالا بردن سطح کیفی زندگی افراد جامعه بوده‌اند.

در این پژوهش ضمن بررسی ویژگی‌ها و محدودیت‌های اقلیمی دشت جُوین

و جُغتای در بخش شمال‌غربی استان خراسان رضوی، آسیاب‌های منطقه معرفی و توصیف شده و به‌طور خاص فناوری و ساز و کار مورداستفاده در ساختار آن‌ها با هدف چیرگی بر محدودیت‌های طبیعی منطقه و بهره‌وری حداکثری از آب بررسی می‌گردد. یکی از دلایل مهم پرداختن به این موضوع توقف فعالیت سنتی این حرفه و مستند نشدن زیرساخت‌های فنی و اجرایی آن در منابع تاریخی و نوشتاری می‌باشد. براساس یافته‌های سطحی و بقایای معماری این آسیاب‌ها متعلق به دورهٔ قاجار بوده و برپایهٔ حافظهٔ تاریخی بزرگان محلی تعدادی از آن‌ها تا دههٔ پنجاه خورشیدی نیز فعال بودند. در آخر این سازه‌ها با دیگر آسیاب‌های شناسایی شده در شمال خراسان (شهرستان‌های شیروان و فاروج) و ارسنجانِ فارس مقایسه و تحلیل شدند.

پرسش‌های پژوهش: به‌جهت مکان‌گزینی، آسیاب‌ها در چه نقاطی احداث می‌شدند؟ با توجه به حجم کم بارش و شدت جریان کم آب، مردم منطقهٔ جوین و جغتای انرژی موردنیاز جهت راه‌اندازی آسیاب‌های خود را چگونه تأمین می‌کرده‌اند؟ از لحاظ معماری مجموعهٔ کالبدی آسیاب‌ها از چه بخش‌ها و با چه کارکردی تشکیل شده‌اند؟

روش پژوهش: پژوهش حاضر براساس ماهیت بنیادی و روش گردآوری داده‌ها، معرف یک پژوهش پیمایشی، توصیفی-تحلیلی است. یکی از نتایج بررسی باستان‌شناختی پهنهٔ جغرافیایی جوین و جغتای (میرزایی، ۱۴۰۰) شناسایی هفت آسیاب است. در این پژوهش به‌موازات مستندنگاری بقایای سازهٔ آسیاب‌ها و تحلیل یافته‌های سطحی، با نگاهی کلان به چشم‌انداز و منظر طبیعی منطقه، فناوری و مدیریت به‌کار رفته در راستای تولید نیرو محرکهٔ آن‌ها نیز مورد بررسی و توجه قرار گرفت. بهره‌گیری از سنجش از راه دور و تحلیل عکس‌های ماهواره‌ای از دیگر رویکردهای مهم در این پژوهش بود. انجام مطالعات کتابخانه‌ای و منابع تاریخی پیشینهٔ بناهای موردنظر نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. در پایان مطالعهٔ تطبیقی بین آسیاب‌های منطقهٔ جوین و جغتای با سازه‌های مشابه که پیش‌تر در بررسی باستان‌شناختی مناطق شیروان و فاروج در خراسان شمالی (میرزایی، ۱۳۸۸ الف و ب) با ۱۵نمونه و منطقهٔ ارسنجان فارس با دو نمونه شناسایی شده بودند، انجام شد.

پیشینهٔ پژوهشی آسیاب

براساس یافته‌های باستان‌شناسی و منابع تاریخی، پیشینهٔ استفاده از آس در مفهوم عام (خُرد کردن و آسیاب غلات) به گذشتهٔ دور و به دوران پیش‌ازتاریخ بازمی‌گردد. این شواهد به شکل سنگ‌ساب و هاون‌های سنگی از محوطه‌های باستانی گوناگونی چون تپهٔ شمالی سیلک از دورهٔ مس‌وسنگ و یا از لایه‌های فرهنگیِ دورهٔ آهن از تپهٔ ازبکی به‌دست آمده‌اند (گیرشمن، ۱۳۷۹: ۲۳۱، لوح: ۵۳، ش. ۱۸؛ مجیدزاده، ۱۳۸۹: ۲۰۱). این سنگ‌ساب‌های ساده در گذر زمان تحت‌تأثیر تحولات اقتصادی-اجتماعی جامعه (همانند پیچیدگی جوامع، تخصصی‌شدن حرفه‌ها، افزایش جمعیت و به‌تبع آن نیاز بیشتر) به‌تدریج دچار تحول و دگرگونی شدند.

در این سیر تطور، سنگ‌ساب به دست‌آس و از آن به سازه‌های مستقلی همراه با فناوری پیچیده تحت عنوان «آسیاب» تبدیل شدند؛ البته ایجاد سازهٔ مستقل به‌معنای حذف ابزارهای سادهٔ خانگی نبود. مکان و تاریخ دقیق این فناوری ناشناخته است؛ زیرا بر خلاف تمایل راویان تاریخی به شرح جنگ بین پادشاهان، دانش فنی به‌ندرت توجه افراد را به خود جلب کرده است. در این بین تنها یک مینیاتور چینی، تصویری از یک آسیاب را نمایش می‌دهد (Heping, 2002: 568, fig 1). پژوهشگران غربی معتقدند آسیاب در دو قرن آخر دوران هلنیستی اختراع شد (Steven, 2006: 2). در این بین، پژوهش‌های باستان‌شناختی در روشنگری پیشینهٔ فناوری و معرفی بهره‌مندی علوم در دوران باستان، مشارکت زیادی دارد؛ اگرچه این شواهد غالباً پراکنده بوده و یا به‌دلیل تعلق به دوران متأخر نمی‌توانند معرف روند تکاملی آسیاب‌ها باشند، اما قدر مسلّم موضوع تکامل آسیاب‌ها را پس از قرن‌ها تمرین و نوآوری به‌نمایش می‌گذارند و لزوم کشف دوبارهٔ آن‌ها را گوش‌زد می‌کنند (Steven, 2006: 33).

در پژوهش‌های باستان‌شناسی داخل ایران، از سازه‌های آبی شوشتر متشکل از: ۱۳بند، پل، آسیاب و آبشار (عابدینی و همکاران، ۱۳۹۲) و هم‌چنین تعدادی از آسیاب‌های حاشیهٔ خلیج فارس (بهرام‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳) به‌عنوان قدیمی‌ترین شواهد از آسیاب‌های برجا از دورهٔ ساسانی نام برده شده است. منابع مکتوب تاریخی نیز شاهد دیگری از حضور این سازه‌ها در پهنهٔ جغرافیایی ایران هستند؛ همان‌گونه که در حملهٔ «تازیان» به امپراتوری ساسانی، از پناه بردن «یزدگرد سوم» به آسیابی در مرو سخن رفته است (فرای، ۱۳۸۰: ۲۶۹؛ پیگولوسکایا، ۱۳۶۷: ۲۹۵-۲۹۸). علاوه‌بر موارد فوق، در سال‌های اخیر پژوهشگران متعددی در زمینهٔ آسیاب‌ها اقدام به پژوهش نموده‌اند؛ این پژوهش‌ها موضوعات مختلفی مانند: معرفی، کارکرد، نحوهٔ اجرا، اجزا آسیاب و حتی جایگاه اجتماعی حرفهٔ آسیابانی در جوامع گذشته را دربر می‌گیرند (پاپلی‌یزدی، ۱۳۶۴؛ کراگری و همکاران، ۱۳۹۷؛ مسعودی و همکاران، ۱۳۹۷؛ رفیع‌فر و همکاران، ۱۳۹۴؛ حاتمی و همکاران، ۱۳۸۹؛ سرافرازی، ۱۳۷۳؛ جواهری و همکاران، ۱۳۷۸). پژوهش دشت جُوین و جُغتای فرصتی شد تا علاوه‌بر آسیاب‌های این منطقه، به برخی آسیاب‌های شمال خراسان و دو نمونه در ارسنجان فارس نیز پرداخته شود و سعی‌شد علاوه‌بر مجموعهٔ کالبدی آسیاب‌ها به فناوری و مدیریت آب و چگونگی تأمین نیرو محرکهٔ آن‌ها نیز توجه گردد.

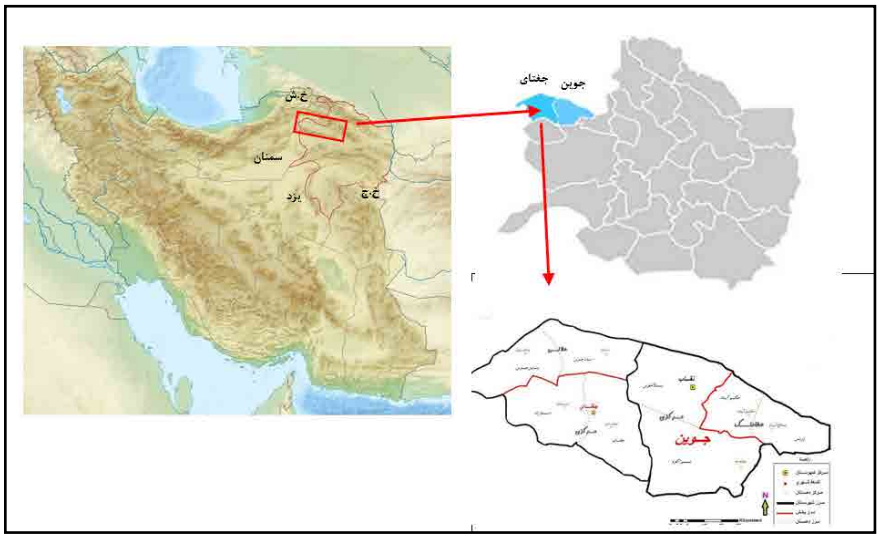
واژه‌شناسی آسیاب

آسیاب یک مفهوم کلی درخصوص یک سازهٔ کاربردی دارد که از آن برای خُرد کردن یا آرد کردن غلات و دانه‌های روغنی و هم‌چنین سنگ استفاده می‌شود، اما در لغتنامه چنین تعریف شده است: «آس+آب» یعنی «آسی» که با نیروی آب کار می‌کند (دهخدا، ۱۳۷۷: ۱۲۹ و ۱۴۳). در ایران آب موردنیاز در آسیاب‌ها برحسب اقلیمِ هر منطقه به دو صورت تأمین می‌شده است؛ الف) استفاده از روان‌آب‌های سطحی، و ب) بهره برداری از آب‌های زیرزمینی چون قنات. جدا از آب، در شرایط گوناگون

اقلیمی برای آس‌ها از نیرو محرکه‌های دیگری چون: باد (آس باد)، نیروی انسانی در مقیاس کوچک‌تر (سنگ‌ساب و دست‌آس) و حیوانی (خراس، اسب آس و گاو آس) نیز استفاده می‌شده است (همان).

موقعیت جغرافیایی جُوین-جُغتای

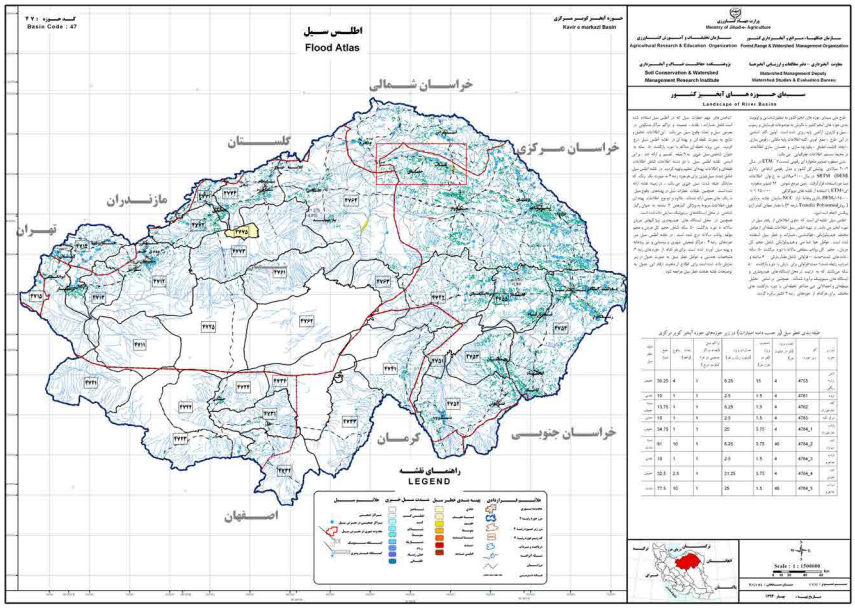
شهرستان‌های جُوین-جُغتای واقع‌در شمال‌غرب استان خراسان رضوی قرار دارند (تصویر ۱). ازلحاظ جغرافیایی دشت جوین و جغتای یک پهنهٔ[1] جغرافیایی واحد، با ویژگی‌های طبیعی یکسان است. دشت با ۱۲۰کیلومتر طول، حداکثر ۳۰کیلومتر عرض (متغیر) و ارتفاع متوسط ۱۰۷۵ متر از سطح دریا، بین دو رشته‌کوه، ارتفاعات هَردِه در شمال و جُغتای در جنوب واقع‌شده است. از این وسعت، تنها بخش مرکزی آن قابل بهره‌برداری مفید به‌منظور استقرار و کشاورزی است؛ زیرا غالب بخش‌های جنوبی این پهنه را دامنه‌های مرتفع کوه جغتای و بخش‌های شمالی را زمین‌های شوره‌زار دربر گرفته است.



▶ تصویر ۱: موقعیت جغرافیایی شهرستان‌های جوین و جغتای در شمال‌شرق ایران (نگارنده، ۱۳۹۹).

Fig. 1: Geographical location of Jovein and Joghatay Counties in northeastern Iran (Author 2019).

ارتفاع زیاد رشته‌کوه جغتای در جنوب، بالاترین حجم آوردهٔ آبی را برای این منطقه در قالب رودخانه‌های دائمیِ کمایستان، ارگ و شهرستانک و هم‌چنین جریانات سیلابی متعدد به‌همراه دارد. روان‌آب‌های سطحی و قنات، مهم‌ترین منابع تأمین‌کنندهٔ آب موردنیاز ساکنان این منطقه هستند. رودخانهٔ کال‌شور، تنها رود اصلی منطقه از کوه آق‌کمر بخش چکنه سرچشمه گرفته و پس از عبور از پهنهٔ جوین-جغتای در آخر به رودخانهٔ کال‌شور جاجرم می‌ریزد. رودخانهٔ کال‌شور یک حوضهٔ آبریز درجهٔ سه و بخشی از حوضهٔ آبریز درجهٔ دو در کویر مرکزی می‌باشد که آن خود نیز زیرمجموعهٔ حوضهٔ آبریز درجهٔ یک (تصویر ۲) فلات‌مرکزی ایران است (فیشر، ۱۳۸۴). این رود در مسیر خود از سازندهای بی‌کربناته، سولفاتهٔ شور و کلروره عبور می‌کند که باعث شوری آن گردیده است (بی‌نا، ۱۳۸۳: ۲۳ و ۱۶۶-۱۶۷). مجموعه استان‌های خراسان در ناحیهٔ شمال‌شرقی ایران جزو مناطق خشک



تصویر ۲: نقشهٔ حوضهٔ آبریز فلات مرکزی ایران مقیاس ۵۰۰۰۰۰ :۱ (وزارت جهاد کشاورزی).◄

Fig. 2: Map of the catchment area of the Central Plateau of Iran with the location of Jovein and Joghatay Map 1:500000 (Ministry of Jihad Keshvarzi).

جدول ۱: اقلیم دو شهرستان جوین و جغتای براساس روش‌های مختلف (کامیابی، ۱۳۹۵: ۹۵). ▼

Tab. 1: The climate of Jovein and Joghatay Counties based on different methods (Kamyabi, 2015: 95).

و نیمه‌خشک به‌شمار می‌آیند و میانگین دمای فصول از شمال به جنوب استان افزایش می‌یابد. به‌گونه‌ای که در جدول ۱، دیده می‌شود محدودهٔ موردمطالعه جزو مناطق نیمه‌خشک با تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد است؛ بنابراین، تأمین آب موردنیاز جزو اولویت‌های اصلی ساکنان این منطقه بوده و هست.

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	بارش سالیانه	متوسط دما به سانتی گراد	مارتن ۱	آمبرژه ۲	کوپن	ایوانف روش کریمی	روش کریمی
جغتای	۵۷ ۰۶	۳۶ ۶۳	۱۴۰۰	۲۵۳	۱۵	نیمه‌خشک	خشک‌سرد	BSK	استپی	نیمه‌خشک باتابستان‌های گرم‌وزمستان‌های‌سرد
جوین	۵۷ ۲۵	۳۶ ۴۲	۱۱۰۰	۲۱۰	۱۶	نیمه‌خشک	خشک‌سرد	BSK	استپی	نیمه‌خشک باتابستان‌های گرم و زمستان‌های‌سرد

با شرح مطالب فوق، آشنایی نسبی درخصوص ویژگی‌های جغرافیایی و اقلیم پهنهٔ جُوین-جُغتای حاصل شد. حال این اطلاعات در ارتباط با ساختار کالبدی آسیاب‌ها و چگونگی مدیریتِ تأمین آبی آن‌ها مورد سنجش قرار می‌گیرد.

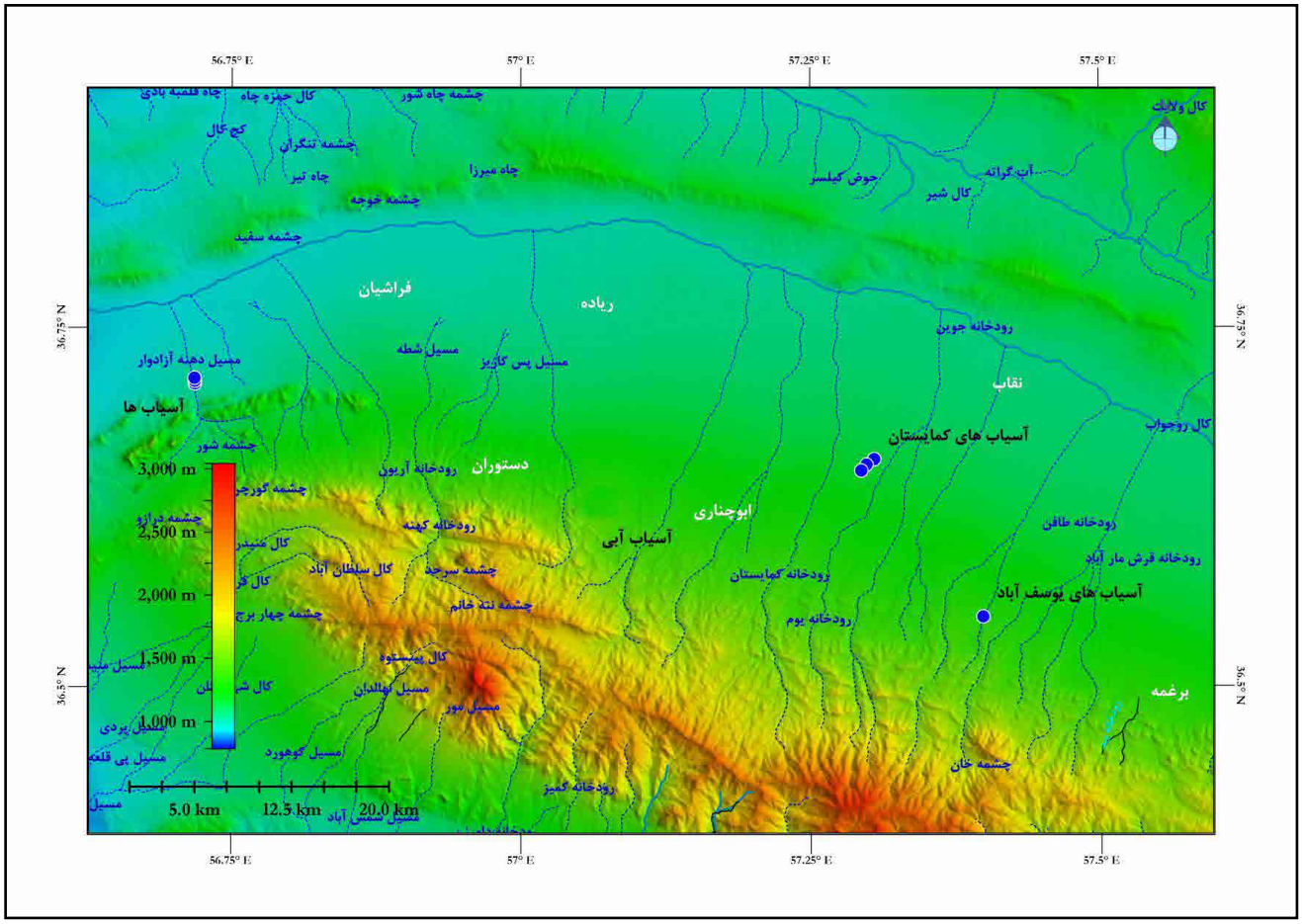
آسیاب‌های دشت جوین و جغتای

در بررسی باستان‌شناختی دشت جوین و جغتای بقایای هفت آسیاب شناسایی گردید (تصویر ۳، جدول ۲). تمامی آسیاب‌ها در مجاورت جریان‌های آبی منشعب از دامنه‌های شمالی کوه جغتای ایجاد شده‌اند. از این تعداد آسیاب، دو مجموعهٔ سه‌تایی که به‌شکل ممتد در یک‌راستا ایجاد شده‌اند در محدودهٔ روستاهای

کمایستان و آزادوار و یک آسیاب در محدودهٔ روستای یوسف‌آباد قرار دارند. مصالح مورداستفاده در ساخت آسیاب‌ها قلوه سنگ‌های طبیعی، آجر و ملات آهکی است.

◄ جدول ۲: فهرست آسیاب‌های شناسایی شده در پهنهٔ جوین و جغتای (نگارنده، ۱۳۹۹).
Tab. 2: The list of identified mills in Jovin and Joghtai area (Author, 2019).

ردیف	شهرستان	روستا	تعداد	تأمین آب
۱	جوین	کمایستان	سه عدد	روان آب‌های سطحی
۲	جوین	یوسف‌آباد	یک عدد	روان آب‌های سطحی
۳	جغتای	آزادوار	سه عدد	روان آب‌های سطحی



▲ تصویر ۳: نقشهٔ پهنهٔ جوین و جغتای، رودهای درون‌ریز به رودخانهٔ کالشور و جانمایی آسیاب‌ها در این پهنه (محمدرضا رکنی، ۱۴۰۰).
Fig. 3: The map of Jovein and Joghatay area, the rivers entering the Kalshor river and the location of the mills in this area (M.R. Rokni 1400).

- آسیاب‌های کمایستان در فاصلهٔ ۴کیلومتری جنوب‌غربی روستایی به‌همین نام تقریباً در یک خط ممتد از جنوب به شمال به‌طول ۱۳۱۵متر احداث شده‌اند. فاصلهٔ آسیاب اول (از جنوب به شمال) تا دومی ۵۹۰متر و دومی تا سومی ۷۲۵متر است.

- آسیاب‌های آزادوار در فاصلهٔ ۳کیلومتری جنوب روستای آزادوار و در ۲/۳کیلومتری جنوب مسیر راه آهن تهران-مشهد قرار دارند، بقایای این سه آسیاب

نیز در یک خط ممتد به‌طول ۴۴۰ متر از جنوب به شمال با فاصلهٔ آسیاب اول تا دومین ۲۰۵ متر و دومین تا سومین ۲۳۵ متر است.

- آسیاب یوسف‌آباد در فاصلهٔ هزارمتری شمال‌غرب روستایی با همین‌نام در دامنهٔ پشته‌های طبیعی واقع‌شده است.

مجموعهٔ کالبدی سازهٔ آسیاب‌ها

آسیاب‌های دشت جوین و جغتای هرکدام یک مجموعهٔ ساختاری هستند که از بخش‌ها و اجزای مختلف، اما هم‌پیوند با یک‌دیگر تشکیل شده‌اند. هر یک از این اجزاء در کنار و هماهنگ با یک‌دیگر، معرف ماهیت کارکردی مجموعه ساختاری آسیاب هستند؛ این اجزا شامل: الف) مکانیزم تأمین و هدایت آب، ب) سازهٔ آسیاب، و ج) بناهای وابسته هستند. در ادامه به توصیف آن‌ها پرداخته می‌شود.

الف) مکانیزم تأمین و هدایت آب

یکی از مهم‌ترین بخش‌های مجموعه کالبدی آسیاب‌ها، ایجاد زیرساخت‌های لازم برای هدایت روان‌آب‌های سطحی با هدف تأمین نیرو محرکهٔ آن‌ها بوده است. در ادامه، این بخش در هر یک از این آثار شرح داده می‌شود.

آسیاب‌های کمایستان در انتهای شاخهٔ فرعی رود دائمی با همین‌نام احداث شده‌اند. این رودخانه از ارتفاعات کوه‌های جغتای در جنوب منطقه سرچشمه گرفته و در دامنهٔ شمالی آن به‌سمت دشت جریان می‌یابد. در بالادست این رود، سد قدیمی آجری (احتمالاً صفوی) وجود داشته که با توجه به اقلیم منطقه که پیش‌تر شرح داده شد، بی‌شک هدفش تأمین بخشی از آب موردنیاز جامعهٔ خود در طی سال بوده است. در سال‌های اخیر این سد قدیمی تخریب و یک سد جدید جایگزین آن شده است. براساس شواهد میدانی و ماهواره‌ای در محلی که رودخانه به دشت می‌رسد، یک کانال ایجاد شده و آب را در یک شیب ملایم به‌سوی آسیاب‌ها هدایت می‌کند. بخش‌هایی از این کانال، به‌شکل ناهمواری‌هایِ پراکنده در سطح زمین قابل مشاهده است (تصویر ۴).

کانال انتقال آب در انتها به یک سکو فشار منتهی می‌گردد. کارکرد سکو فشار انتقال آب در یک شیب ملایم به سطح هم‌تراز با دهانهٔ تنورهٔ بوده است (تصویر ۵). طویل‌ترین سکوی فشار باقی‌مانده از آسیاب‌های کمایستان ۵۰ متر طول و حداکثر ۳ متر ارتفاع دارد.

آسیاب‌های آزادوار به‌مانند نمونهٔ کمایستان شامل سه سازهٔ مستقل و در امتداد یک‌دیگر هستند. در این مورد سازه‌های اول و دوم دچار فرسایش و تخریب گسترده شده‌اند و در حال‌حاضر به‌شکل یک پشتهٔ آواری درآمده‌اند، اما شمالی‌ترین آن‌ها از شرایط پایدارتری برخوردار است و بخش‌هایی از تنوره، اتاق آسیاب و برج دیده‌بانی آن قابل مشاهده و تشخیص هستند.

سیستم مدیریت و هدایت آب در آسیاب‌های آزادوار نیز همانند کمایستان است. آب موردنیاز این آسیاب‌ها، از یک رودخانهٔ پر آب، حاصل از اتصال سه جریان آبی در

◄ تصویر ۴: چشم‌انداز طبیعی آسیاب‌های کمایستان: رودخانهٔ تامین کنندهٔ آب، شواهد کانال هدایت آب به‌سوی آسیاب‌ها (Google, 1985).

Fig. 4: The natural landscape of the Kamayestan mills: the water supply river, the evidence of the channel leading the water to the mills (Google, 1985).

◄ تصویر ۵. عکس ماهواره‌ای و تصاویری از کانال سکوی فشار منتهی به تنورهٔ آسیاب‌ها (Google, 1985؛ نگارنده، ۱۳۹۹).

Fig. 5: Satellite photo and images of the pressure platform leading to the tunnel of the mills (Google, 2019; Author, 2019).

ارتفاعات شمالی جغتای تأمین می‌شده است. در بخشی که رودخانه به سطح دشت می‌رسد یک جریان آب از رود اصلی جدا و در جهت شمال‌شرق به‌سوی آسیاب‌ها امتداد می‌یابد. در این نمونه‌ها نیز برای تولید نیرو محرکهٔ لازم جهت به حرکت درآوردنِ چرخاب و سپس سنگ‌آسیاب‌ها، پیش از رسیدن آب به تنوره، یک سکوی فشار تا ارتفاع دهانهٔ تنورهٔ ایجاد شده است.

آسیاب یوسف‌آباد نیز به مانند دیگر نمونه‌های مذکور آب از طریق یک کانال، به‌سمت آسیاب هدایت می‌شود. از آنجا که این آسیاب در مجاورت دامنه‌های مرتفع قرار دارد، از پشته‌های طبیعی بجای زیرساخت سکوی فشار و هدایت آب به‌سوی تنورهٔ استفاده شده است.

ب) سازهٔ آسیاب

سازهٔ آسیاب‌های دشت جوین و جغتای، از سه بخش اصلی تشکیل شده‌اند.

۱) تنورهٔ آب: که یک سازهٔ عمودی و استوانه‌ای شکل است؛ تنوره شامل دو بخش بیرونی و داخلی است. بخش اول در نمای بیرونی بنای آسیاب قابل مشاهده است. در حال حاضر دو تا سه متر از ارتفاع آن‌ها با قطر داخلی ۵۰سانتی‌متر باقی‌مانده است. نیمهٔ داخلی آن‌ها در امتداد دیوارهٔ اتاق آسیاب قرار می‌گرفته است. کارکرد تنورهٔ انتقال آب با فشار حداکثری به درون حوضچه و حرکت‌دادن چرخاب بوده است. مصالح کاربردی در تنوره‌ها قلوه‌سنگ بوده و فضای داخلی آن‌ها کاملاً با مواد آهکی اندود می‌شده است (تصویر ۶).

تصویر ۶: تنورهٔ آبِ آسیابِ یوسف‌آباد (نگارنده، ۱۳۹۹).◄

Fig. 6: Yusuf Abad Mill Tunnel (Author 2019).

۲) اتاق آسیاب: با توجه به معماری آسیاب‌هایی که تاکنون مطالعه شده، اتاق آسیاب جایی است که چند کار در آن انجام می‌شده است؛ ابتدا تبدیل انرژی بالقوهٔ نیروی آب به بالفعل که منجر به چرخش چرخاب و درپی آن چرخش محور متصل به سنگ‌های سایندهٔ آسیاب بوده است (کراگری و همکاران، ۱۳۹۷: ۹۸). درحال‌حاضر در تمام آسیاب‌های جوین و جغتای، در انتهای بخش بیرونی تنوره، شواهدی از یک فضای کاربردی قابل تشخیص است که نسبت به زمین‌های اطراف در سطح پایین‌تری قرار دارد و داخل آن با آوار پر شده است؛ از این‌رو، برای دستیابی به اطلاعات وابسته به جزئیات معماری آن مانند تقسیم‌بندی فضایی و چگونگی قرارگیری سنگ‌های آسیاب نیاز به کاوش باستان‌شناسی است (تصویر ۷).

◄ تصویر ۷: بقایای تنورهٔ آب سومین آسیاب کمایستان و حفرهٔ منتهی به اتاق آسیاب (نگارنده، ۱۳۹۹).

Fig. 7: The remains of the water tunnel and the hole leading to the mill room (Author 2019).

۳) مجرای تخلیهٔ آب: آسیاب‌ها پس از دریافت آب و استفاده از نیروی آن باید مازاد آن‌را را به‌وسیلهٔ مجرای تخلیه از بنا خارج می‌کردند. در آسیاب‌های کمایستان و آزادوار که به‌شکل ممتد در پشت‌سر یک‌دیگر قرار گرفته‌اند، آب مازاد حاصل از فعالیت آسیاب اول از طریق مجرایی دیگر که در زیر اتاق آسیاب ایجاد شده بود مجدد وارد کانال انتقال آب و سپس سکوهای فشار بعدی می‌شده و به این‌ترتیب انرژی لازم برای آسیاب‌های دوم و سوم فراهم می‌گردید. براساس تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای از فضاهای بین آسیاب‌های کمایستان، بین دو آسیاب اول تا دوم و دوم تا سوم شواهدی از دو فضا مشابه مخزن آب تشخیص داده شد. با توجه به ماهیت این دو فضا جهت انباشت آب، فرضی مطرح گردید؛ بر این‌مبنا که احتمالاً این مخازن با آب انباشتی خود می‌توانستند به جریان آب موردنیاز آسیاب دوم و سوم ازلحاظ پیوستگی و حجم مناسب کمک کنند، اما از آنجا که عمده فعالیت آسیاب‌ها به‌صورت فصلی است در سایر فصول از آب ذخیره شده در مخازن جهت مصارف دیگری چون: کشاورزی، دامداری و... بهره برداری می‌گردید. این موضوع نشان می‌دهد سازندگان این آسیاب‌ها ضمن اشراف کامل نسبت به اقلیم منطقه، بهره‌وری حداکثری بر منابع آبی داشته‌اند. نمونهٔ مشابه این فضا در بین آسیاب‌های آزادوار شناسایی نگردید.

ج) سازهای وابسته

آسیاب‌ها ازلحاظ کارکردی بخشی از نیازهای اقتصادی-معیشتی جامعهٔ خود را برآورده می‌کردند و از آنجا که گاهی به‌منظور تأمین نیرو محرکهٔ خود، یعنی آب در مکانی دورتر از روستاها و شهرها ایجاد می‌شدند، فضاهایی برای استراحت، عبادت، انبار و غیره تدارک می‌دیدند (عمرانی و داوری، ۱۳۹۸: ۱۲۹).

از مجموع آسیاب‌های شناسایی شده در دشت جوین و جغتای تنها در بخش شرقی آسیاب دوم کمایستان بقایای تعدادی فضاهای معماری شناسایی شد. این فضاها مشتمل‌بر تعدادی اتاق با وسعت حدود ۱۲متر مربع هستند که در فاصلهٔ حدود ۵۰متریِ شرقِ آسیاب گسترده شده‌اند. اتاق‌ها طرح مربع یا مستطیلی دارند، مصالح آن‌ها خشت با ملات کاهگل است و در برخی از فضاها شواهدی از درگاه در ضلع غربی دیده می‌شود (تصویر ۸). درحال‌حاضر، ماهیت و ارتباط این فضاهای معماری با یک‌دیگر و آسیاب‌ها به‌روشنی مشخص نیست، اما با توجه به فاصلهٔ نسبتاً زیاد این آسیاب‌ها با روستاهایی که در بخش شمالی دشت واقع بودند، احتمالاً این فضاهای خشتی، کارکرد رفاهی و انباری داشته‌اند. این‌دست از سازه‌هایِ وابسته، در آسیاب‌های آزادوار و یوسف‌آباد مشاهده نگردید.

تصویر ۸: بقایای سازهای وابسته به آسیاب‌های کمایستان (نگارنده، ۱۳۹۹).◄
Fig. 8: Remains of structures related to Kamayestan mills room (Author 2019).

بررسی و مقایسهٔ روش‌های تأمین آب موردنیاز آسیاب‌ها در سایر مناطق

با توجه به نکات ذکر شده در مقدمه درخصوص اقلیم گرم و خشک ایران، در ادامهٔ پژوهش این پرسش مطرح گردید که، آیا آسیاب‌ها در دیگر نقاط ایران نیز از نقطه‌نظر فنی و معماری دارای همانندی هستند یا خیر؟ به این‌منظور، آسیاب‌های شناسایی شده در دو منطقهٔ شمال خراسان و فارس موردمقایسه قرار می‌گیرند. این مقایسه از منظر منبع تأمین انرژی لازم جهت تولید نیرو محرکه و تفاوت‌ها و شباهت‌های کالبدی در سازهٔ آسیاب‌ها انجام می‌شود.

در بررسی‌های باستان‌شناختی منطقهٔ شمال خراسان در محدودهٔ دو شهرستان شیروان و فاروج از توابع استان خراسان شمالی ۱۵آسیاب شناسایی شد (تصویر ۹ و جدول ۳)، (میرزایی، ۱۳۸۸ الف و ب). تمام آسیاب‌های این منطقه از لحاظ موقعیت در نزدیکی جریان‌های آبی منشعب از ارتفاعات آلاداغ و کپه‌داغ ایجاد شده‌اند. آب رودخانه از طریق یک مسیر انحرافی به‌سوی آسیاب هدایت می‌شود، اما پیش از رسیدن آب به تنوره، با همان روش ایجاد سکوی فشار، زمینهٔ ایجاد نیرو محرکهٔ لازم فراهم گردیده است.

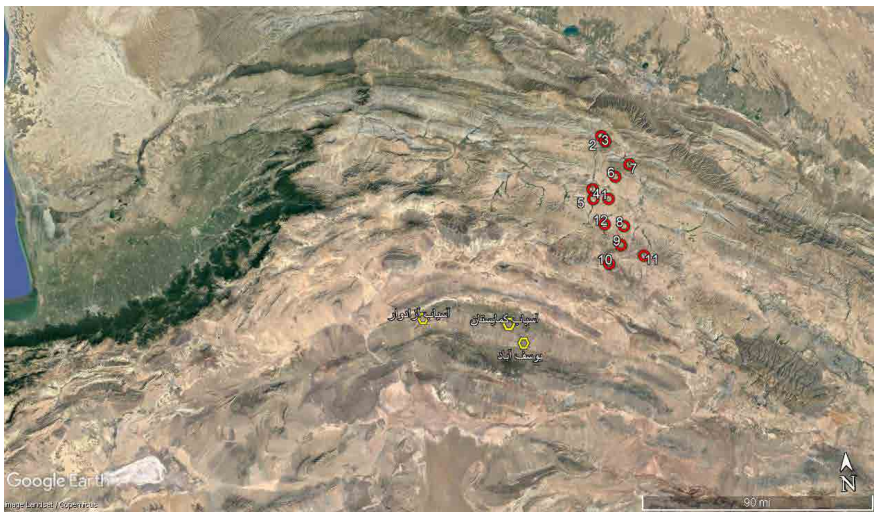
در آسیاب‌هایی که از شرایط پایدارتری برخوردار هستند جزئیات کانال سکوی فشار به‌خوبی نمایان است (تصویر ۱۰). آب ازطریق سکو، فشار به درون تنوره‌ای که بخش بیرونی آن‌ها سه تا شش متر ارتفاع دارند، سرازیر می‌شده است. مصالح مورداستفاده در آسیاب‌های این منطقه قلوه‌سنگ و ملات آهکی است (تصویر ۱۱)، اما در ساخت تنورهٔ هفت آسیاب از حلقه‌های سنگی تو خالی به‌شکل مدور (رینگی شکل) که یکپارچه تراشیده شده‌اند، همراه با ملات آهکی استفاده شده است (تصویر ۱۲).

در برخی از آسیاب‌ها بقایای سنگ‌های ساینده در محوطهٔ پیرامونیشان رها شده‌اند (تصویر ۱۳). در آسیاب‌هایی که از شرایط پایداری بهتری برخوردار هستند، مجرای آب به‌خوبی مشهود است. این مجراها آب مازاد از فعالیت آسیاب را به بیرون ساختمان آن انتقال می‌دادند (تصویر ۱۴).

ردیف	شهرستان	روستا	تعداد
۱	شیروان	دِوین	یک عدد
۲	شیروان	خَلاجلو	یک عدد
۳	شیروان	رَشوانلو	یک عدد
٤	شیروان	پیرشهید	یک عدد
٥	شیروان	وَرگ	سه آسیاب
٦	شیروان	شُکرانلو پایین	یک عدد
۷	شیروان	چَپانلو	یک عدد
۸	شیروان	چِری	یک عدد
۹	فاروج	گَرماب	یک عدد
۱۰	فاروج	خَرق	یک عدد
۱۱	فاروج	اینچی	یک عدد
۱۲	فاروج	اُستاد	دو عدد

◄ **جدول ۳: فهرست آسیاب‌های شناسایی شده در دو شهرستان شیروان و فاروج (میرزایی، ۱۳۸۸).**

Tab. 3: The list of mills identified in Shirvan and Faruj Counties (Author 2019).



◄ **تصویر ۹: پراکنش آسیاب‌های محدودهٔ شیروان و فاروج همراه با نمونه‌های دشت جوین و جغتای در جنوب آن (Google, 2019).**

Fig. 9: The distribution of Shirvan and Faruj mills along with the examples in Jovein and Joghatay area in the south (Google, 2019).

در زمستان سال ۱۳۹۹هـ.ش. یک بازدید میدانی از سد تنگ آسیاب (کرمی و طالبیان، ۱۳۹۴) در شهرستان ارسنجان (فارس) به‌عمل آمد. در پایین‌دست این سد، دو آسیابِ همجوار به‌نام «جلودر» قرار دارند که در نوع خود از کامل و سالم‌ترین نمونه آسیاب‌ها می‌باشند. ازلحاظ جغرافیایی این سد و آسیاب‌ها در جنوب‌شرقی کوه رحمت (دامنهٔ شمالی) قرار گرفته‌اند. سد برروی یک رود فصلی ایجاد شده و

تصویر ۱۰: آسیاب استاد: مسیر سکوی فشار روباز، تنورهٔ آب و بقایای اتاقِ آسیاب (نگارنده، ۱۳۸۸). ◄

Fig. 10: Ostad Mill: the path of the open pressure platform, the water tunnel and the remains of the mill room. (Author, 2019).

تصویر ۱۱: آسیاب خلاجلو: سکوی فشار روباز، تنورهٔ آب و نمایی از اتاق آسیاب (نگارنده، ۱۳۸۸). ◄

Fig. 11: Khalajlo mill: the pressure platform connected to the water tunnel and a view of the mill room (Author 2009).

تصویر ۱۲: آسیاب گرماب: تنورهٔ آسیاب ساخته شده با حلقه‌های سنگی و ساروج (نگارنده، ۱۳۸۸). ◄

Fig. 12: Garmab Mill: Mill tunnel made with stone rings and lime mortar (Author, 2009).

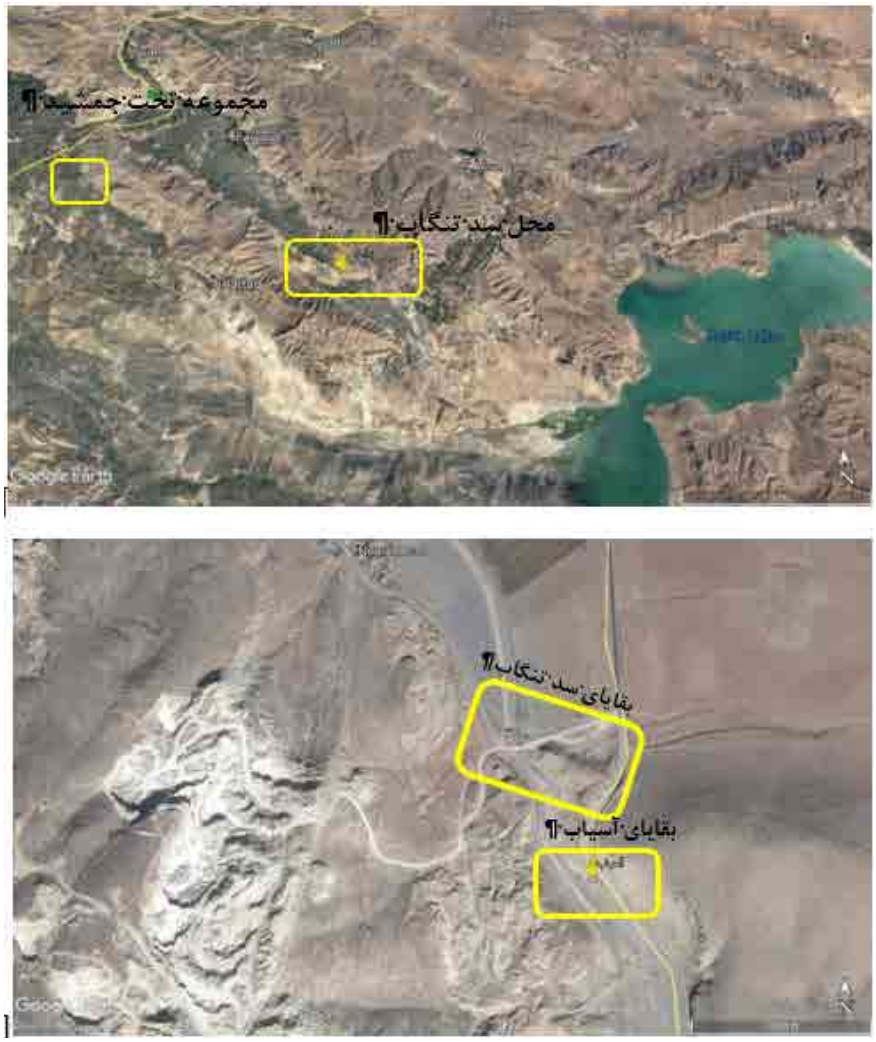
▶ تصویر ۱۳. نمونه بقایای سنگ‌های آسیاب‌های پراکنده در محیط پیرامونی آسیاب‌ها؛ چپ: وجود شیار در مقطع بیرونی سنگ، راست: شواهد اتصال به شکل دُم‌چلچله‌ای (نگارنده، ۱۳۸۸).

Fig. 13: The remains of millstones scattered around the mills; Left: the presence of a groove in the outer section of the stone, right: evidence of a hook-shaped connection (Author, 2009).

در پایین‌دست از حاشیهٔ غربی آسیاب‌ها عبور می‌کند. پی‌ریزی این سد متعلق به دورهٔ هخامنشیان بوده و استفاده از آن تا دوره‌های متأخر تداوم داشته است. احداث سد برروی رودخانهٔ فصلی و نگه‌داری آب در پشت سد تدبیری در زمینهٔ تأمین آب بوده که با توجه به زمان احداث آن شاهد دیگری بر پیشینهٔ آگاهی از اقلیم و اقدام متناسب با آن می‌باشد. محل تاج و دهانهٔ خروجی سد در سطحی بالاتر و آسیاب‌ها هم‌سطح با کف رودخانه در جهت شمال‌شرقی-جنوب‌غربی ایجاد شده‌اند. با رهاسازی آب پشت سد، نیرو محرکهٔ موردنیاز آسیاب‌ها که در پایین‌دست آن قرار گرفته بودند، فراهم می‌گردید. وجود دو آسیاب در کنار یک‌دیگر و امکان تأمین آبِ هر دو آسیاب به‌طور هم‌زمان نمایانگر وجود آبی کافی از لحاظ حجم و شدت جریان بوده است. به‌منظور تأمین نیرو محرکهٔ لازم، یک سکوی فشار به‌طول حدود ۵۰متر با دو مجرا اجرا شده و هر یک به دو دهنهٔ تنورهٔ آب منتهی می‌گردند (تصویر ۱۵). آب از تنوره‌ها با شتاب زیاد به پایین جریان پیدا می‌کرده است. نقشهٔ هر دو آسیاب یکسان است و از دو فضای مستقل و در عین‌حال مرتبط ایجاد شده‌اند (تصویر ۱۶). ورودی هر یک از سازه‌ها در جهت جنوبی قرار دارند و به فضای اول باز می‌شوند. در طرفین این فضا دو تاق‌نما وجود دارد که احتمالاً از این فضاها جهت نگاه‌داری کیسه‌های غلات و آرد استفاده می‌شدند. در فضای دوم، اجزای فنی آسیاب مانند حوضچهٔ آب، چرخاب و سنگ آسیاب قرار می‌گرفته است. برروی دیوارهٔ شمالی فضای دوم دریچهٔ ورودی آب از تنوره به داخل حوضچه قرار دارد که با خروج پرفشار آب، چرخاب به حرکت درمی‌آمده است. احتمالاً این حوضچه، خروجی دیگری جهت بیرون رفت آب مازاد داشته که به‌دلیل پرشدگی مشاهده نشد. پوشش این دو بنا به روش تاق و تویزه است، اما تاق ورودی سازهٔ غربی در بازسازی‌های متأخر با استفاده از تیرک‌های چوبی مسطح تعمیر شده است. مصالح مورداستفاده در این سازه‌ها لاشه‌سنگ، ملات گل و آهک است. در مقابل ورودیِ دو آسیاب، یک برج با ارتفاع ۴متر وجود دارد (تصویر ۱۶). برج فاقد درگاه ورودی و پلکان بوده و دسترسی به داخل آن ازطریق فضای داخلی آسیاب شرقی ممکن است. نیمهٔ پایینی این برج، مصالحی مشابه با آسیاب‌ها دارد، اما نیمهٔ شمالی آن با آجر ساخته شده است. احتمالاً این تفاوت در مصالح به‌دلیل تعمیرات بعدی و یا نیاز به افزایش ارتفاع در دورهٔ متأخرتر بوده است.

▲ تصویر ۱۴: آسیاب رشوانلو: مجرای خروج آب مازاد آسیاب (نگارنده، ۱۳۸۸).

Fig. 14: Rashvanlu mill: outlet of mill surplus water (Author 2009).



تصویر ۱۵. تصاویر ماهواره‌ای گوگل از محل سد تنگ آسیاب و آسیاب دوقلو جلودر در بخش پایین دست سد (Google, 2019). ◄

Fig. 15: Google Satellite images of Tang Asiyab Dam and Twin Mills in the downstream part of the dam (Google, 2019).

تصویر ۱۶: تصویر پهپاد، نقشه و طرح سه بعدی آسیاب جلودر (علی اِقرَء، ۱۴۰۰). ◄

Fig. 16: UAV image, map and three-dimensional plan of Jalodar mill (A. Eqra, 1400).

بحث و تحلیل

همان‌طورکه در معرفی آسیاب‌ها به تفصیل شرح داده شد، باوجود تمام محدودیت‌های منابع آبی، تدبیر بهره‌وری کامل از آن در زیرساخت‌های اقتصادی، ازجمله مهارت‌های مهندسان ایرانی در طول تاریخ بوده است. از مجموع ۲۴آسیاب مورد بررسی در این پژوهش می‌توان گفت در آسیاب‌هایی که از روان‌آب‌های سطحی استفاده می‌نمودند، به‌جهت فنی و معماری دارای شیوهٔ مشابهی بوده‌اند. به‌طور معمول احداث آسیاب به‌عنوان یک فناوری نیازمند محاسبه و مکان‌یابی دقیق در زمینهٔ منابع آبی (دائمی یا فصلی بودن، قابلیت اجرای سد و بند، شدت جریان)، شیب زمین، موقعیت قرارگیری ساختمان آسیاب و چگونگی انتقال آب به آسیاب بوده است. شناسایی منابع آب دائمی اولین قدم در این ارزیابی بوده است. در بخش‌هایی که فاقد منبع دائمی آب بوده و یا جریان آب از حجم کافی در طی سال برخوردار نبوده، با ایجاد سد و ذخیره‌سازی، آب موردنیاز برای آسیاب و سایر نیازمندی‌های جامعهٔ استقراری پیرامون آن تدبیر می‌شد. در این موارد به‌مانند آسیاب‌های کمایستان و جلودر، آسیاب‌ها در پایین‌دست سدها احداث می‌شدند تا به‌هنگام شروع فصل کار آسیابانی، با آزادسازی مقدار لازم آب، چرخ آسیاب بچرخد. انتقال آب از منبع تا آسیاب نیز گام بعدی بود. در نمونه‌های مورد بررسی بسته به دوری یا نزدیکی آسیاب دو روش مشاهده گردید. آسیاب‌های خراسان شمالی و جلودر به‌جهت قرارگیری در حاشیهٔ رودخانه، این انتقال با ایجاد یک مسیر انحرافی و روباز و بدون ایجاد زیرساخت انجام می‌شد، اما آسیاب‌های جوین و جغتای به‌علت فاصلهٔ زیاد منبع آب تا آسیاب، نیاز به ساخت و احداث کانال داشته است. غالب بودن اقلیم خشک و به‌دنبال آن کم‌آبی در ایران، موجب می‌شد رودخانه‌های دائمی از حجم و شدت جریان کافی برخوردار نباشند، حال آن‌که آسیاب‌ها برای به چرخش درآوردن سنگ عظیم آسیاب نیاز به حداکثر توان بالقوهٔ نیروی آب داشتند؛ بنابراین برای رفع این مشکل، با استفاده از یک سکوی فشار در ارتفاع حداکثر ۶متر از سطح زمین‌های پیرامون، آب در سطحی بالاتر جریان می‌یافت و سپس با سرازیر شدن به داخل تنورهٔ کم‌قطر و طویل، مطابق با اصلی در علم فیزیک (رزنیک و همکاران، ۱۳۸۲: ۸۲) فشار و نیرو محرکهٔ لازم برای چرخش چرخاب (توربین) و متعاقب آن سنگ آسیاب تأمین می‌شده است. حال در صورت وجود آسیاب در دشت، سازهٔ مربوط به سکوی فشار به‌طور کامل ساخته می‌شد (هم‌چون آسیاب‌های کمایستان و جلودر)، اما چنان‌چه آسیاب‌ها در مجاورت دامنه‌های کوهستانی قرار داشتند از پشته‌های طبیعی به‌عنوان زیرساخت سکوی فشار بهره می‌بردند (به‌مانند: آسیاب‌های شیروان و فاروج و یوسف‌آباد). درخصوص جزئیات سازهٔ آسیاب‌ها باید گفت آثار معرفی شده در این پژوهش حاصل شناسایی در بررسی باستان‌شناختی هستند. تعدادی از این آسیاب‌های بناهای متروکه‌ای بودند که علاوه‌بر تخریب سازه‌ایِ جزیی، اسباب و ادوات آن‌ها از محل خارج شده بود. در دیگر آسیاب‌ها تخریب سازه‌ای گسترده‌تر و فضای داخلی آن‌ها با آوار خودشان پر شده بود؛ بنابراین اطلاعات زیادی از جزئیات فضابندی داخل سازهٔ آسیاب‌ها و چگونگی کارکرد فضاها حاصل نشد.

یکی از اجزای فنی مهم در آسیاب‌ها که در کارکرد آن‌ها نقش مؤثری داشته، چرخاب (توربین) بوده است. براساس شواهد آسیاب‌های جلودر، آب پرفشار با عبور از تنوره از طریق یک دریچه به حوضچه‌ای که در کف اتاق آسیاب ایجاد شده بود، وارد می‌شد. داخل حوضچه، چرخاب قرار داشته که با ورود آب باعث چرخش آن می‌شده است. براساس حافظهٔ تاریخی بزرگان محلی جنس چرخاب از چوب بوده؛ زیرا به‌علت سبکی حرکت بهتری در جریان آبی داشته است. در آسیاب‌های معرفی شده در این پژوهش، بقایای چرخاب دیده نشد و علت آن شاید جنس چوب و ماهیت تخریب‌پذیر آن، خصوصاً در شرایط مرطوب بوده است. درخصوص نوع چرخاب، آن‌چه بیش از همه در تصور ذهنی همگان جای‌دارد، چرخ‌های بزرگ عمودی است؛ درحالی‌که این نوع چرخ‌ها نیازمند یک جریان آبی پیوسته با شدت جریان کافی است، اما در اقلیم‌های خشک و کم آب که با تدابیر گوناگون درصدد بالا بردن قدرت نیرو محرکهٔ آب موردنیاز آسیاب‌ها هستند، مناسب‌ترین چرخاب از لحاظ هماهنگی با سایر اجراء، نوع افقی آن بود که به‌واسطهٔ حجم کم به آسانی داخل حوضچه قرار می‌گرفت. چرخاب ازطریق یک میلهٔ محور به سنگ‌های ساینده متصل بوده و حرکت آن منجر به حرکت سنگ آسیاب می‌شده است. به‌دلیل تخریب نمونه‌های مورد بررسی در این پژوهش، تنها بخش‌هایی از سنگ‌های آسیاب گاهی زیرین و گاهی زبرین، سالم یا شکسته در نمونه‌های شیروان و فاروج شناسایی شد. مطالعات انجام‌شده در نمونهٔ آسیاب‌های رومی باقی‌مانده در بخش‌های مختلف اروپا خصوصاً در فاصلهٔ زمانی ۷۸۷ تا ۹۵۹م. نشان می‌دهند که استفاده از چرخ‌های افقی در آسیاب‌ها متداول‌تر بوده است (Colin Rynne, 2015; Muigg et al., 2018).

برخی از آسیاب‌ها به مانند آسیاب عطارها در کاشان، یک مجموعهٔ کامل از فضاها با کارکردهای گوناگون خدماتی دارند (عمرانی و داوری، ۱۳۹۸: ۱۲۹). در آسیاب‌های مورد بررسی، تنها در بخش شرقی آسیاب میانی کمایستان، شواهد کم‌رنگی از بقایای معماری باقی‌مانده و تشخیص کارکرد و ماهیت آن‌ها بدون کاوش باستان‌شناسی ممکن نیست. از میان نمونه‌های مورد مطالعه، یک برج نگهبانی در مقابل آسیاب‌های جلودر و بقایای برش عموی از یک برج در شمالی‌ترین آسیاب آزادوار مشاهده شد. در روستای حسن‌آباد (ششتمد سبزوار) آسیاب‌هایی که ازنظر اهمیت در جایگاه بالاتری قرار داشتند در کنار آن‌ها برج‌هایی به ارتفاع ۷ تا ۸متر در دو طبقه برای دیده‌بانی ایجاد می‌گردید. کارکرد این سازه‌ها حفاظت از آسیاب بوده؛ زیرا در سال‌های قحطی و گران‌سالی آسیاب‌ها در معرض حمله قرار می‌گرفتند (رفیع‌فر و همکاران، ۱۳۹۴: ۳۸۷).

در آخر باید گفت، براساس مشاهدات و بررسی‌های انجام‌شده در سه منطقهٔ جغرافیایی با اقلیم مشابه در این پژوهش، در سازهٔ آسیاب‌هایی که در آن‌ها از روان‌آب‌های سطحی جهت نیرو محرکه استفاده شده، روش یکسانی در مجموعهٔ کالبدی آن‌ها، خصوصاً در بخش فناوری، مدیریت و هدایت آب تا سازهٔ آسیاب وجود داشته و همین اندیشه را می‌توان در نمونه‌های مشابه در سایر مناطق ایران مشاهده

نمود؛ اما بسته به‌شرایط محیطی و دوری و نزدیکی آن‌ها به محوطه‌های استقراری، جزئیات سازه‌ای در بخش‌های الحاقی آسیاب‌ها می‌توانست متفاوت باشد.

در بررسی‌های باستان‌شناختی که در نقاط مختلف خاورمیانه، شرق مدیترانه و شمال اردن انجام‌شده نمونه‌های مشابهی از این آسیاب‌ها شناسایی شده است (Gardiner & Micquitty, 1987: 5)؛ به‌طور مثال، در بررسی باستان‌شناختی سال ۱۹۸۳م. در شمال اردن، شش آسیاب مشابه نمونه‌های ایرانی شناسایی گردید. از این تعداد «آسیاب ۰۱۷» به‌عنوان کامل‌ترین اثر، آب موردنیاز خود را از فاصلهٔ دور در ارتفاعات کوهستانی به‌وسیلهٔ یک کانال روباز دستکند به نزدیکی آسیاب منتقل کرده و سپس با ساخت تنورهٔ سنگی نیرو محرکهٔ لازم را تأمین می‌کردند (Ibid: 25, fig. 1 & 2).

نتیجه‌گیری

در این نوشتار، ۲۴آسیاب با نیرو محرکهٔ روان‌آب‌های سطحی، در سه پهنهٔ جغرافیایی جوین و جغتای (خراسان رضوی)، شیروان و فاروج (خراسان شمالی) و آسیاب‌های جلودر در ارسنجان (فارس) با رویکرد باستان‌شناسانه مورد بررسی میدانی، مطالعات کتابخانه‌ای و مقایسه‌ای قرار گرفتند. این آسیاب‌های سنتی ازلحاظ گاهنگاری در یک بازهٔ زمانی ۲۰۰ساله، یعنی دوران قاجار تا ۵۰سال اخیر قرار می‌گیرند. ازلحاظ تکنیک و فناوری، مهم‌ترین بخش این نوع آسیاب‌ها تأمین آب موردنیاز آن‌ها به‌عنوان نیرو محرکه جهت به گردش درآوردن چرخ آسیاب بوده است. مهندس ایرانی با آگاهی از نوع اقلیم و قابلیت‌های طبیعی مناطق، ارزیابی منابع آبی با مکان‌یابی دقیق و سپس احداث زیرساخت‌های لازم مانند: سد، کانال‌های انتقال آب، ساخت مسیرهای انحرافی، سکوی فشار و تنوره به‌عنوان مهم‌ترین اجزایِ فنی آسیاب در زمینهٔ تولید نیرو محرکه اقدام می‌نمود؛ بنابراین، با توجه به اقلیم گرم و خشک ایران و محدودیت منابع آبی، مکان‌یابی از اهمیت زیادی برخوردار بوده، زیرا به توجه به دلایل مذکور جابه‌جایی سازهٔ آسیاب‌ها امری دشوار و گاهی غیرممکن بوده است. به‌همین‌دلایل در صورت فرسودگی سازهٔ آسیاب‌ها، آن‌ها مجدد درجای خود مورد بازسازی و تجدید بنا قرار می‌گرفتند و مراقبت و نگه‌داری از این بناها بهترین شیوهٔ حفظ آن‌ها بوده است؛ از این‌رو، می‌توان تعمیرات دوره‌های مختلف پس از ساخت اولیه را در قالب مصالح متنوع و یا تغییر شکل تاق‌ها در بدنهٔ این سازه‌ها مشاهده نمود. در ۵۰سال اخیر با تغییر نوع نیرو محرکه (برق) که امکان احداث آسیاب را در هر جایی ممکن می‌کرد و هم‌چنین تغییر روش در مدیریتِ خرید تا آسیاب غلات توسط حکومت مرکزی، این سازه‌های سنتی به‌تدریج کارکرد خود را از دست داده و در گذر زمان متروک و مخروبه شده‌اند. مکتوب نشدن روند تکاملی این فناوری در منابع تاریخی، بی‌توجهی در مستندنگاری آخرین نمونه‌های باقی‌ماندهٔ مرتبط با آسیاب و حرفهٔ آسیابانی و هم‌چنین اقبال کم این سازه‌ها در پژوهش‌های باستان‌شناسی باعث شده است، مطالعات پراکنده‌ای در این‌خصوص انجام شود. تجمیع و تکمیل این مطالعات می‌تواند علاوه‌بر آگاهی از سیر تحول آسیاب‌ها، جایگاه اجتماعی حرفهٔ آسیابانی و نحوهٔ تعاملات آن‌ها در جامعه، در

سطح کلان به شناخت بخشی از ساختارهای اجتماعی، اقتصادی و تاریخی کشور منجر شود.

سپاسگزاری
از تمامی اعضاء تیم بررسی باستان‌شناختی در خراسان‌های (شمالی و رضوی) که در دو فصل اینجانب را همراهی نمودند کمال تشکر را دارم؛ هم‌چنین از آقای دکتر حمید فدایی، جناب آقای علی اقره و حمیدرضا کرمی درخصوص همکاری در بررسی و مستندنگاری آسیابِ جلودر قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع
این پژوهش دستاورد پژوهش میدانی نگارنده است و هیچ‌گونه تعارض منافعی در آن وجود ندارد.

پی‌نوشت
۱. پهنه‌بندی، روشی است که براساس آن پژوهشگران و برنامه‌ریزان کلان کشوری با اهداف گوناگون برخی از شاخص‌های مشترک یک منطقه را مورد بررسی قرار می‌دهند؛ هم‌چون: پهنه‌بندی آبی، پهنه‌بندی قومی و...

کتابنامه
- اسدی، علی، ۱۳۹۸، «نظام کلی معماری و یافته‌های جدید مرتبط در جنوب خاوری تختگاه تخت‌جمشید؛ آبراهه‌های زیرزمینی». جستارهای باستان‌شناسی ایران پیش از اسلام، ۴ (۱): ۱۴۹- ۱۷۲. https://iaej.sku.ac.ir/article_10189.html
- بهرام‌زاده، محمد، نرگس علایی‌بخش، ۱۳۹۳، «مطالعه و بررسی آسیاب‌های آبی ساسانی در استان‌های سواحل خلیج‌فارس». مطالعات خلیج‌فارس، ۴ (۴): ۲۷- ۳۵. https://persiangulf.iranology.ir/maghale_list.aspx?vv=1017
- بی‌نا، ۱۳۸۳، فرهنگ جغرافیایی آبادی‌های کشور، خراسان رضوی، شهرستان سبزوار. تهران: سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح.
- پاپلی‌یزدی، محمدحسین، ۱۳۶۴، «آسیاب‌هایی که با آب قنات کار می‌کنند». جستارهای ادبی، ۶۸: ۳۰- ۱۸. B2n.ir/f09512
- پیگولوسکایا، نینا، ۱۳۷۷، شهرهای ایران در روزگار پارتیان و ساسانیان. ترجمهٔ عنایت‌الله رضا، تهران: علمی فرهنگی، چاپ سوم.
- جواهری، پرهام؛ و جواهری، محسن، ۱۳۷۸، چاره آب در فارس. جلد ۱، تهران: گنجینهٔ ملی آب ایران.
- حاتمی، ایرج؛ و بهرام‌آبادی، بهروز، ۱۳۸۹، «بررسی منابع آب در مناطق خشک و بیابانی و تأثیر آن بر نیروها و تجهیزات نظامی». علوم و فنون نظامی، ۷ (۹۱): ۳۸- ۸۳. https://www.qjmst.ir/article_21307.html
- دهخدا، علی‌اکبر، ۱۳۷۷، لغت‌نامه. آ- ادیبی ج. ۱، تهران: دانشگاه تهران، چاپ دوم.

- رزنیک، رابرت؛ دیوید، هالدی؛ و کنت‌اس، کرین، ۱۳۸۲، فیزیک هالیدی. تهران: نشر دانشگاهی.
- رفیع‌فر، جلال‌الدین؛ و موسی‌الرضا، غربی؛ و زرقی، محمد، ۱۳۹۴، «آسیابانی و بازنمایی مناسبات اجتماعی طبقات فرودست در جوامع روستایی: بررسی پدیده آسیاب و آسیابانی در روستای حسن آباد ششتمد سبزوار». مطالعات و تحقیقات اجتماعی در ایران، ۴ (۳: ۱۵): ۳۷۵- ۴۰۷. DOI: 10.22059/JISR.2015.56199
- سرافرازی، رضا، ۱۳۷۳، «ایران آسیاب‌های کمره و پیشینه آسیاب‌های آبی در ایران». علوم اجتماعی، ۳ (۵ و ۶): ۱۳۵- ۱۶۷. https://doi.org/10.22054/qjss.1995.5157
- سعیدی، علی، ۱۳۸۱، «ویژگی‌های اقلیمی ایران و کمبود منابع آب». اطلاعات جغرافیایی سپهر، ۱۱ (۴۱): ۲۴-۲۶. DOR: 20.1001.1.25883860.1381.11.41.7.9
- عمرانی‌پور، علی؛ اسلامی، محمدامین؛ و داوری، فاطمه، ۱۳۹۸، «مطالعه و گونه‌شناسی معماری آسیاب‌های برون‌شهری کاشان با تحلیل نمونه موردی آسیاب آخرین». دو فصلنامهٔ علمی کاشان‌شناسی، ۱۵ (۲۳): ۱۱۳- ۱۳۸. DOI: 10.22052/KASHAN.2021.111000
- فرای، ریچارد، ۱۳۸۰، «تاریخ مشرق ایران». گردآورنده: احسان یارشاطر، تاریخ ایران جلد سوم، قسمت اول، ترجمهٔ حسن انوشه، تهران: امیرکبیر، چاپ سوم: ۲۷۷- ۳۳۴.
- فرح‌زا، نریمان؛ و عباسی‌هرفته، محسن، ۱۳۹۰، «آسیاب‌های قناتی یزد». صفه، ۵۵: ۱۵۵- ۱۷۰. DOR: 20.1001.1.1683870.1390.21.4.11.5
- فیشر، ویلیام بین، ۱۳۸۴، سرزمین ایران. از مجموعهٔ تاریخ کمبریج، جلد ۱، ترجمهٔ مرتضی ثاقب‌فر، تهران: جامی، چاپ نخست.
- کامیابی، سعید، ۱۳۹۵، «تطبیق سیستم طبقه‌بندی اقلیمی بر معماری شهرهای استان خراسان رضوی». فصلنامهٔ جغرافیایی سرزمین، ۱۳ (۵۰): ۹۱- ۱۰۵. https://sarzamin.srbiau.ac.ir/article_9968.html
- کراگری، حنیفه؛ پدرام، بهنام؛ و ابویی، رضا، ۱۳۹۷، «کالبد و کارکرد آسیاب‌های بشرویه». اثر، (۸۰): ۸۹-۱۰۰. http://journal.richt.ir/athar/article-1-901-fa.html
- کرمی، حمید؛ و طالبیان، محمدحسن، ۱۳۹۴، «مدیریت آب منطقه پاسارگاد در دورهٔ هخامنشی». پژوهش‌های باستان‌شناسی مدرس، ۵ و ۶ (۱۰ و ۱۱)، ۱۳۹۲- ۱۳۹۳: ۲۱۶-۲۴۲.
- گیرشمن، رومن، ۱۳۷۴، چغازنبیل (دورانتاش). ج.۱، ترجمهٔ اصغر کریمی، تهران: سازمان میراث‌فرهنگی، چاپ اول.
- ماجدی، حمید؛ و استقلال، احمد، ۱۳۸۹، «نقش سازه‌های آبی شوشتر در ارزشمند سازی فضای شهری». همایش ملی معماری و شهرسازی معاصر ایران (روز چهارشنبه، ۲۵ فروردین، ۱۳۸۹ لغایت پنجشنبه، ۲۶ فروردین، ۱۳۸۹ توسط دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیضاء دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیضا).
- مجیدزاده، یوسف، ۱۳۸۹، «کاوش محوطه باستانی ازبکی (هنر و معماری)». ج.

۱، تهران: اداره‌کل میراث‌فرهنگی میراث‌فرهنگی، صنایع‌دستی و گردشگری استان تهران، چاپ اول.
- مسعودی، ذبیح‌الله؛ نجف‌زاده، علی؛ و محمودی‌نسب، علی‌اصغر، ۱۳۹۷، «نگاهی به ویژگی‌های معماری آسیاب‌های شهر بیرجند». اثر، (۸۰): ۱۰۱- ۱۱۸. http://journal.richt.ir/athar/article-1-902-fa.html
- میرزایی، آزیتا، ۱۳۸۸الف، «گزارش بررسی باستان‌شناختی شهرستان شیروان». تهران: پژوهشکدهٔ باستانشناسی (منتشرنشده).
- میرزایی، آزیتا، ۱۳۸۸ب، «گزارش بررسی باستان‌شناختی شهرستان فاروج». تهران: پژوهشکدهٔ باستانشناسی (منتشرنشده).
- میرزایی، آزیتا، ۱۴۰۰، «گزارش بررسی باستان‌شناختی شهرستان‌های جوین و جغتای». تهران: پژوهشکدهٔ باستانشناسی (منتشرنشده).

- Asadi, A., 2019, "General system of architecture and related new findings in the southeast of Takht-e-Jamshid plateau; underground waterways". *Archaeological excavations of pre-Islamic Iran,* 4 (1): 149-172. https://iaej.sku.ac.ir/article_10189.html [In Persian]
- Bahramzadeh, M. & Alaei Bakhsh, N., 2014, "Study and study of Sassanid water mills in the coastal provinces of the Persian Gulf". *Persian Gulf Studies,* 1 (4): 27-35. https://persiangulf.iranology.ir/maghale_list.aspx?vv=1017 [In Persian]
- Dehkhoda, A. A., 1377, *Dictionary of Literature,* Vol, 1, Tehran: University of Tehran, second edition. [In Persian]
- Farahza, N. & Abbasi Harafte, M., 2011, "Yazd aqueduct mills". *Sofeh*, 55: 155- 170. [In Persian]
- Fisher, W. B., 2005, *The Land of Iran*. from the Cambridge History Collection Vol. 1, Translated by: M. Saqebafar, Tehran: Jami, first edition. [In Persian]
- Fry, R. N., 2001, *History of Eastern Iran*. compiled by: E. Yar Shater, History of Iran Volume 3, Part 1, Yranslated by: H. Anousheh, Tehran: Amirkabir, third edition: 277- 334. DOR: 20.1001.1.1683870.1390.21.4.11.5 [In Persian]
- Gardiner, M. & Mcquitty, A., 1987, "A Water Mill in Wadi el Arab, North Jordan and Water Mill Development". *Palestine Exploration Quarterly,* 119: 24- 32. DOI: doi.org/10.1179/peq.1987.119.1.24
- *Geographical culture of the country's settlements, Khorasan Razavi, Sabzevar city,* 2004, Tehran: Geographical Organization of the Ministry of Defense and Armed Forces Support.

- Gershman, R., 1995, *Choghaznabil (Durantash).* Vol.1, Translated by: Asghar Karimi, Tehran: Cultural Heritage Organization, first edition. [In Persian]

- Hatami, I. & Bahramabadi, B., 2010, "Study of water resources in arid and desert areas and its impact on military forces and equipment". *Quarterly Journal of Military Science and Technology,* 7 (91): 38-83. https://www.qjmst.ir/article_21307.html [In Persian]

- Heping, L., 2002, "The Water Mill and Northern Song Imperial Patronage of Art, Commerce, and Science". *The Art Bulletin*, 84: 566- 595. DOI: doi.org/10.1080/00043079.2002.10787042

- Imranipur, A.; Eslami, M. A. & Davari, F., 1398. "Study and typology of Kashan suburban mills architecture with case analysis of the last mill". *Kashanology,* 15 (23): 113- 138. [In Persian]

- Javaheri, P. & Javaheri, M., 1999, *Water Solution in Fars.* Volume 1, Tehran: National Water Treasure of Iran. [In Persian]

- Kamyabi, S., 2016, "Application of Climatic Classification System on the Architecture of Cities in Khorasan Razavi Province". *Geographical Quarterly of Sarzamin,* 13 (50): 91- 105. https://sarzamin.srbiau.ac.ir/article_9968.html [In Persian]

- Karami, H. & Talebian, M. H., 2015, "Water Management of Pasargad Region in the Achaemenid Period". *Modares Archaeological Research,*5 & 6 (10 & 11), 2013-2014: 216-242. [In Persian]

- Kragari, H.; Pedram, B. & Aboui, R., 2018, "The body and function of Boshrouyeh mills". *Asar,* (80): 89-100. http://journal.richt.ir/athar/article-1-901-fa.html [In Persian]

- Majidi, H. & Esteghlal, A., 2010, "The Role of Shushtar Water Structures in the Valuation of Urban Space". *National Conference on Contemporary Iranian Architecture and Urban Planning* (Wednesday, April 15, 2010 to Thursday, April 16, 2010 by: Islamic Azad University, Beyza Branch). [In Persian]

- Majidzadeh, Y., 2010, *Exploration of Uzbek Archaeological Site (Art and Architecture).* c. 1, Tehran: General Office of Cultural Heritage, Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism of Tehran Province, First Edition. [In Persian]

- Masoudi, Z.; Najafzadeh, A. & Mahmoudi-Nasab, A.A., 2018, "A Look at the Architectural Features of the Mills of Birjand". *Asar,* 80: 101-118. http://journal.richt.ir/athar/article-1-902-fa.html [In Persian]

- Mirzaei, A., 2009a, "Report of Archaeological Survey of Shirvan". Tehran: Archaeological Research Institute (unpublished). [In Persian]

- Mirzaei, A., 2009b, "Report of the archaeological study of Farooj city". Tehran: Archaeological Research Institute (unpublished). [In Persian]

- Mirzaei, A., 2021, "Report of archaeological study of Jovin and Jaghtai cities". Tehran: Archaeological Research Institute (unpublished). [In Persian]

- Muigg, B.; Tegel, W.; Rohmer, P.; Schmidt, U. E. & Büntgen, U., 2018, "Dendroarchaeological evidence of early medieval water mill Technology". *Journal of Archaeological Science,* 93: 17- 125.

- Omranipour, A.; Eslami, M. A. & Davari, F., 2018, "He study and typology of the architecture of the suburban mills of Kashan with the case study analysis of the last mill". *Two scientific quarterly journals of Kashan science,* 15 (23): 113-138. DOI; doi.org/10.22052/KASHAN.2021.111000 [In Persian]

- Papoli Yazdi, M. H., 1985, "Mills that work with aqueduct water". *Jostarhaye Adabi*, 68: 30-18. B2n.ir/f09512 [In Persian]

- Pygulovskaya, N., 1998, *Cities of Iran in the Parthian and Sassanid Era.* Translated by: Enayatullah Reza, Tehran: Cultural Science, third edition. [In Persian]

- Rafi'a-Far J.; Gharbi, M. R. & Zarqi, M., 2015, "Milling and Representation of Social Relations of Lower Classes in Rural Communities: A Study of the Milling and Milling Phenomenon in Hassanabad Sixth Village of Sabzevar". *Social Studies and Research in Iran,* 4 (3: 15): 375-407. DOI: 10.22059/JISR.2015.56199 [In Persian]

- Raznik, R.; Haldi, D. & Crane, C., 2003, *Holliday Physics*. Tehran: University Press. [In Persian]

- Rynne, C., 2015, "The Technical Development of the Horizontal Water-Wheel in the First Millennium AD: Some Recent Archaeological Insights from Ireland". *The International Journal for the History of Engineering & Technology,* 85 (1): 70-93.

- Saeedi, A., 2002, "Climatic Characteristics of Iran and Lack of Water Resources". *Sepehr Geographical Information Quarterly,* 11 (41): 24-26. DOR: 20.1001.1.25883860.1381.11.41.7.9 [InPersian]

- Sarafrazi, R., 1994, "Iran of Kamare mills and the history of water mills in Iran". *Social Sciences Quarterly,* 3 (5 & 6): 135-167. https://doi.org/10.22054/qjss.1995.5157 [In Persian]

- Steven, A., 2006, *Wind & Water in the middle Ages: Fluid Technologies from Antiquity to the Renaissance.* Arizona Center for Medieval and Renaissance Studies at Arizona State University in Tempe.