Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Rainwater harvesting potential from insulation surfaces for supplemental irrigation of the Damask rose farm (Case study: Ismail Abad Agricultural Research Station, Qazvin)

Afshin Uossef Gomrokchi*[1], Mohammad Roghani[2]

[1] Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Qazvin, Iran. Email: a.gomrokchi@areeo.ac.ir
[2] Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. Email: moroghani@gmail.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article history
Received: 28 March 2026
Revised: 24 July 2026
Accepted: 26 July 2026
Published online: 12 September 2026

Keywords:
Optimization of water consumption, CROPWAT, water resources, water requirement, Qazvin

ABSTRACT

Rainwater harvesting systems in many parts of the world, especially in arid and semi-arid regions, are considered a practical method to minimize drought risk. Rainwater harvesting from insulated surfaces is a simple, low-cost approach that can complement other water sources, especially in areas where water is scarce. Several factors determine the reliability of rainwater harvesting systems, and structures designed in accordance with local climatic patterns improve operational reliability. This study was conducted at the Ismail Abad Agricultural Research Station in Qazvin Province to assess the feasibility of meeting part of the water requirement of the Damask rose farm by capturing rainfall. In this research, the rational method was used to determine the roof's maximum flow rate. Also, the water requirement of the Damask rose farm was estimated using CROPWAT software and based on 10-year statistics from the Ismail Abad Meteorological Station. The results indicate that the total amount of rain collected from insulation surfaces is 7734 m^2, 2606 m^3 y^{-1}, and this amount of water extracted from insulation surfaces in the form of suitable storage will provide about 20% of the 4 ha of the Damask rose farm. Also, the amount of water extracted from the water requirement of an 8300 m^2 Damask rose by the amount of water used in the field by the hydro module. This volume of harvested water represents the maximum potential of rainwater catchment areas to meet the water needs of the farm. In general, rainwater harvesting systems require accurate calculations of the harvested runoff volume and the water storage tank volume due to the implementation of rainwater harvesting operations in a relatively small area. Estimating the volume of water storage tanks in rainwater harvesting systems can be related to the annual rainfall, the temporal pattern of rainfall, the dimensions of the rainwater catchment areas (especially the area of the roofs), the water needs of the plants, and the temporal pattern of water consumption in the farm.

Citation: Uossef Gomrokchi, A., & Roghani, M. (2026). Rainwater harvesting potential from insulation surfaces for supplemental irrigation of the Damask rose farm (Case study: Ismail Abad Agricultural Research Station, Qazvin). *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 14(3), 95-110.

DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.1.2

Publisher: Iranian Rainwater Catchment Systems Association
© Author(s)

***Corresponding author:** Afshin Uossef Gomrokchi
Address: Agricultural Engineering Research Department, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Qazvin, Iran.
Tel: +989121825992
Email: a.gomrokchi@areeo.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.1.2]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Rainwater harvesting potential from insulation surfaces for supplemental irrigation of the Damask rose farm (Case study: Ismail Abad Agricultural Research Station, Qazvin)

Afshin Uossef Gomrokchi*[1], Mohammad Roghani[2]

[1] Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Qazvin, Iran. Email: a.gomrokchi@areeo.ac.ir
[2] Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. Email: moroghani@gmail.com

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Rainwater harvesting is an accessible, affordable, and environmentally friendly solution to address the growing limitations in freshwater availability worldwide. Considered one of the oldest strategies for water storage in dry regions, this practice has regained increasing attention among researchers in recent years. Rainwater harvesting (RWH) systems have been a fundamental aspect of human water management since ancient times, with origins tracing back to 5,000 BC in the Indus Valley. Today, one way to conserve the country's groundwater resources is to harness rainwater. In this regard, to investigate the appropriate technology for collecting rainwater from insulated surfaces and its feasibility, the present study was conducted at the Ismail Abad Agricultural Research Station in Qazvin Province.
Methodology: Given the severe limitation of available water resources for green space irrigation, this study investigated the potential of rainwater harvesting from impervious surfaces in the study area to meet part of the water demand of a 4-ha Damask rose farm. Meteorological data were used to estimate the farm's water requirement by calculating potential and actual evapotranspiration using CROPWAT software. Effective rainfall was also estimated using the USDA method in the software. Furthermore, the Rational Method was employed to determine the maximum roof runoff flow rate. To estimate the runoff coefficient using empirical methods, it is particularly important to use rainfall data that are proportional to the basin survey duration. In watersheds, peak flood discharge occurs during the concentration time. However, because small basins have short concentration times, the cumulative rainfall is also low over these short periods. Using such methods in small watersheds can yield a runoff amount of zero or a meaningless result. Therefore, for basins with a short survey time, 6-hour rainfall and its distribution across partial time intervals, consistent with the shower pattern, have been used to derive the runoff height and calculate the flood hydrograph. To estimate the annual runoff volume, the total area of all warehouse roofs located within the research center was first measured. Subsequently, using the available monthly rainfall data and the runoff coefficient, the runoff volume generated from the roofs of all buildings in the research center was calculated.
Results and Discussion: The results of the analysis of the crop water requirement and the volume of harvested rainwater in the study area indicated that only during the period from October to March did the amount of collected rainwater exceed the water demand of the Damask rose plantation. Therefore, the excess rainwater collected during these months should be stored for use during the remaining months of the year. The findings also showed that the direct use of harvested runoff is not an effective strategy in the study area because the rainfall season does not coincide with the water-demand period for Damask rose. Consequently, rainwater must be stored in a storage pond or reservoir for later use. However, this solution substantially increases implementation costs due to the construction of the storage facility, which is considered one of the main barriers to the widespread adoption of rainwater harvesting systems in the agricultural sector. In general, the total annual

***Corresponding author:** Afshin Uossef Gomrokchi
Address: Agricultural Engineering Research Department, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Qazvin, Iran.
Tel: +989121825992
Email: a.gomrokchi@areeo.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.1.2]

ISSN (Online): 2783-1531 - ISSN (Print): 2423-5970

rainfall volume in a semi-arid climate is 2606 m^3. If this water is collected from insulating surfaces and properly stored, it will provide about 20% of the water requirement for the Damask rose farm. According to the hydro module for water use at the Damask rose farm, water collected from insulating surfaces (if appropriate) will meet the water requirements of an 8300 m^2 field. This volume of water has high potential to supply non-potable water for service spaces and in urban areas with dielectric levels, such as roofs. In the present study, an 1800 m^2 reservoir was required within a confined space. Constructing a secure storage tank in a limited space would be costly. Another problem, due to the lack of widespread development of rainwater intake systems, is technical issues and mismatches between some structures and the goals of rainwater harvesting.

Conclusion: In the present study, the construction of a storage reservoir with an area of approximately 1,800 m^2 was required within a limited paved area. Building such a reservoir solely to supply part of the crop water requirement would involve considerable costs. In general, the efficiency and economic feasibility of a storage reservoir depend on several factors, including the annual rainfall amount, rainfall distribution pattern, the size of the catchment area (particularly the roof area), appropriate reservoir capacity design, the temporal pattern of water demand, and the construction and implementation costs of the storage facility. Rainwater intake systems can be considered compatible with rain-fed conditions as well as with arid and semi-arid regions. Rainwater harvesting systems are a sustainable approach to managing freshwater resources, especially in areas with limited water supply. In this regard, the reliability analysis of these systems is very important, and it is essential to determine their effectiveness in meeting water demand in different situations. This highlights the importance of geographical considerations in the design of rainwater harvesting systems. Because system reliability varies across conditions, it is necessary to use appropriate rainwater harvesting systems that account for the region's specific climatic conditions, water demand, and use patterns. It is important to note that the accumulation of water from the intake surface as an independent water resource in urban areas is fundamentally different from other rainfall-gathering systems, and these differences affect the management and implementation of projects. This type of system is designed based on the collection of a given volume of water, which, if not properly managed, would not be a good option for water supply. For this reason, implementing rainwater collection operations, due to the high volume of work in a relatively small area, requires specific management compared with other projects, while the cost of maintenance and restoration is low.

Ethical Considerations

Data availability statement: The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Funding: Financial support: This research was conducted as independent research without any financial support.

Authors' contribution: **Uossef Gomrokchi, A.:** Conceptualization, statistical analyses, writing the original draft of the manuscript, editing and revision of the manuscript; **Roghani, M.:** Consulting.

Conflicts of interest: The author of this paper declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Acknowledgment: The author thanks and appreciates the esteemed referees who completed the review process of the article.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.1.2]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۱۵۳۱ شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۵۹۷۰

امکان‌سنجی استحصال آب باران از سطوح عایق جهت آبیاری تکمیلی مزرعه گل محمدی (مطالعه موردی: ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسماعیل‌آباد، قزوین)

افشین یوسف گمرکچی*[۱]، محمد روغنی[۲]

[۱] استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران. a.gomrokchi@areeo.ac.ir

[۲] استادیار پژوهشی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. moroghani@gmail.com

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۰۸ فروردین ۱۴۰۵
بازنگری: ۰۲ مرداد ۱۴۰۵
پذیرش: ۰۴ مرداد ۱۴۰۵
انتشار برخط: ۲۱ شهریور ۱۴۰۵

واژه‌های کلیدی:
بهینه‌سازی مصرف آب، کراپ‌وات، منابع آب، نیاز آبی، قزوین.

چکیده

استحصال آب باران از سطوح عایق یک فناوری ساده و کم‌هزینه است که می‌تواند به‌عنوان مکمل منابع آب موجود به کار رود، به‌ویژه در مناطقی که آب کم‌تری در دسترس است. عوامل متعددی در تعیین قابلیت اطمینان سامانه‌های استحصال آب باران مؤثر هستند و سازه‌هایی که متناسب با الگوهای آب و هوایی محلی طراحی شده‌اند، قابلیت اطمینان در دوره بهره‌برداری را بهبود می‌بخشند. تحقیق حاضر در محل ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسماعیل‌آباد استان قزوین باهدف امکان‌سنجی تأمین بخشی از آب مورد نیاز مزرعه چهار هکتاری گل محمدی، از طریق سطوح آبگیر باران انجام شده است. در این پژوهش با توجه به استفاده صرف از رواناب ناشی از سقف سوله‌ها، دبی بیشینه قابل استحصال از سطوح عایق با روش استدلالی برآورد شد. هم‌چنین نیاز آبی مزرعه گل محمدی، با استفاده از نرم‌افزار CROPWAT و بر اساس آمار ۱۰ ساله ایستگاه هواشناسی اسماعیل‌آباد، برآورد شد. نتایج پژوهش بیانگر آن است که حجم کل باران جمع‌آوری شده از سطوح عایق به مساحت ۷۷۳۴ مترمربع، ۲۶۰۶ مترمکعب در سال بوده که این میزان آب استحصالی از سطوح عایق در صورت ذخیره‌سازی مناسب، حدود ۲۰ درصد نیاز آبی مزرعه چهار هکتاری گل‌محمدی را تأمین خواهد نمود. هم‌چنین با توجه به هیدرومدول آب مصرفی مزرعه گل محمدی، حجم آب استحصالی از سطوح عایق تأمین‌کننده نیاز آبی یک مزرعه ۸۳۰۰ مترمربعی گل‌محمدی خواهد بود. این حجم آب استحصالی نشان‌دهنده بیشینه پتانسیل سطوح آبگیر باران جهت تأمین نیاز آبی مزرعه، می‌باشد. در یک رویکرد کلی می‌توان اشاره نمود سامانه‌های جمع‌آوری آب باران به دلیل اجرای عملیات جمع‌آوری آب باران در یک محدوده نسبتاً کوچک، نیاز به محاسبه دقیق حجم رواناب استحصالی و حجم مخزن ذخیره آب دارند. برآورد احجام مخزن ذخیره آب در سامانه‌های استحصال آب باران را می‌توان به میزان بارش سالانه، الگوی زمانی بارش، ابعاد سطوح آبگیر باران (به‌ویژه مساحت سقف‌ها)، نیاز آبی گیاه و الگوی زمانی مصرف آب در مزرعه، مرتبط دانست.

استناد: یوسف گمرکچی، افشین، و روغنی، محمد (۱۴۰۵). امکان‌سنجی استحصال آب باران از سطوح عایق جهت آبیاری تکمیلی مزرعه گل محمدی (مطالعه موردی ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسماعیل‌آباد، قزوین). *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۴(۳)، ۹۵-۱۱۰.

DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.1.2

ناشر: انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران

© نویسندگان

* **نویسنده مسئول:** افشین یوسف گمرکچی

نشانی: بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران

تلفن: ۰۹۱۲۱۸۲۵۹۹۲

پست الکترونیکی: a.gomrokchi@areeo.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.1.2]

مقدمه

جمع‌آوری آب باران یکی از قدیمی‌ترین راهکارها برای ذخیره آب در مناطق خشک محسوب می‌شود (Christian Amos et al., 2016). در سال‌های اخیر توجه فزاینده‌ای را در بین محققان به خود جلب کرده است. این روش به‌عنوان فناوری مدیریت سنتی آب در نواحی خشک و نیمه‌خشک، نتایج امیدوارکننده‌ای در کاهش خطرات رواناب، افزایش عملکرد گیاهان و تأمین نیازهای غیر شرب در مصارف شهری نشان داده است (Noriega et al., 2026). در زمینه روش‌های استحصال آب باران، پژوهش‌های گسترده‌ای در بیش‌تر مناطق دنیا انجام‌گرفته که تفاوت آن‌ها در نوع بهره‌برداری رواناب استحصال شده است (Hofman-Caris et al., 2019). ازنظر تاریخی، این سامانه‌ها جزئی از تمدن بشری بوده و شواهدی از آن‌ها وجود دارد که مربوط به ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد در دره سند است، یعنی جایی که سامانه‌های تأمین آب پیشرفته، سنگ بنای فرهنگی آن تمدن بودند (Joji and Jacob, 2023). در عصر مدرن برداشت آب باران به دلیل نقشی که در مدیریت پایدار آب دارد به‌ویژه زمانی که تغییرات اقلیمی و شهرنشینی فشار بر منابع آب را افزایش داده، بیش‌تر شناخته شده است. این سامانه‌ها آب باران را از پشت‌بام‌ها و سطوح دیگر جمع‌آوری، منحرف و ذخیره نموده و منبع آب جایگزینی را فراهم می‌کنند که می‌تواند برای مقاصد بهداشتی و غیرشرب استفاده شود. از سوی دیگر در مناطق شهری، جایی که سطوح غیر قابل‌نفوذ مانع از نفوذ طبیعی آب باران می‌شود، این سامانه‌ها می‌توانند فشار بر زیرساخت جمع‌آوری آب باران را کاهش دهند (Akter and Rain, 2025). نتایج مطالعه‌ای برای ارزیابی ظرفیت جمع‌آوری آب باران از پشت‌بام ۹۰۰۰ منزل مسکونی در شمال شرقی ال پاسو تگزاس نشان داد به‌کارگیری سامانه‌های آبگیر باران، رواناب سطحی در شهر را تا ۱۹ درصد کاهش داده است (Lopez and Santiago, 2026). علاوه بر آن، استحصال آب باران و بهره‌برداری بهینه از آب قابل‌دسترس یکی از راهکارهای مدیریتی در حوزه کشاورزی نیز به شمار می‌رود. به عبارتی این روش می‌تواند به‌عنوان یک منبع آبی نسبتاً پایدار، برای رفع بخشی از نیازهای آبی محصولات کشاورزی در نظر گرفته شود (Londra et al., 2021). درواقع، سطوح آبگیر به‌عنوان ابزاری برای افزایش بهره‌وری آب در منطقه ریشه، نقش کلیدی در تقویت ذخیره آب خاک و پایداری کشت و پوشش گیاهی دارند (Mohamadlou and Saud Hamad, 2025). به‌طور نمونه نتایج به‌کارگیری استفاده از آب باران در اراضی شیب‌دار جهت کشت گل‌محمدی در روستای کتیران شازند نشان داد که سامانه سطوح آبگیر نیمه عایق با چاله نهال حاوی فیلتر شنی بیش‌ترین تأثیر را در افزایش رطوبت خاک و زنده‌مانی گل‌محمدی داشته است. هم‌چنین با توجه به اینکه بارش‌های کم‌تر از پنج میلی‌متر فقط با سطوح عایق تولید رواناب و به‌پای بوته انتقال پیدا می‌کنند؛ یکی از مهم‌ترین مزیت‌های سطوح عایق، جمع‌آوری بارندگی و ایجاد رواناب در بارندگی کمینه بوده است (Moradinejad et al., 2022).

در بسیاری از نقاط ایران، از گذشته‌های بسیار دور جمع‌آوری و استحصال آب باران و رواناب‌ها اصلی‌ترین و مهم‌ترین روش تأمین آب شرب بوده است. طی قرن‌های متمادی مردم با احداث آب‌انبار، آب باران را در این مخازن زیرزمینی ذخیره می‌کردند. امروزه نیز یکی از راه‌های صرفه‌جویی در مصارف منابع آب زیرزمینی کشور، استفاده از پتانسیل آب باران است. در زمینه تحقیقات انجام شده در داخل کشور مرتبط با استفاده از پتانسیل استحصال آب باران از سطوح عایق می‌توان به مطالعات امکان‌سنجی اجرای سامانه جمع‌آوری آب باران از بام ساختمان‌های دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی بیرجند اشاره نمود. نتایج محاسبه بیلان آبی در این پژوهش نشان داد جمع‌آوری آب باران تا حدودی حتی در ماه‌های خشک میزان تکیه بر استخراج آب‌های زیرزمینی را کاهش داده است. هم‌چنین میزان آب بارانی که می توان در طول یک سال جمع‌آوری نمود برابر با ۳۹۲۵ مترمکعب بوده که این میزان آب باران جمع‌آوری شده حدود بیست درصد از کل آب مورد نیاز فضای سبز، در طول یک سال را می‌تواند تأمین نماید (Derakhshan et al., 2015). علاوه بر این، نتایج مطالعات امکان‌سنجی استفاده از پتانسیل سطوح آبگیر باران در شرایط آب و هوایی اهواز نشان داد با استحصال آب باران از سطح پشت‌بام‌های شهر اهواز در ماه‌های مهر تا اردیبهشت به‌ترتیب ۲/۲۴، ۸/۴، ۲۱/۲، ۱۴/۵۸، ۱۳/۶۵، ۹/۱۷، ۷/۴۴ و ۴/۰۳ درصد از نیاز آبی بخش خانگی (به‌جز آشامیدن و پخت‌وپز) را می‌توان تأمین نمود (Jahangiri and Assareh, 2022). Rashidi et al. (2013) نیز با شبیه‌سازی سطوح آبگیر باهدف ارزیابی عملکرد سطوح آبگیر پشت‌بام ساختمان‌های مسکونی در تأمین نیاز غیرشرب ساکنین در شهرهای ساحلی کشور نشان دادند اگر حجم مخازن و نیاز غیر شرب روزانه ساکنین بر اساس وضعیت فیزیکی ساختمان و شرایط آب‌شناسی محاسبه شوند، ذخیره‌سازی آب باران در مخازن به بیشینه رسیده و تعداد روزهای بیش‌تری برای تأمین نیاز غیر شرب ساکنین از طریق جمع‌آوری آب باران فراهم می‌شود. به‌طور نمونه در رشت، برای حجم مخازن بزرگ و کوچک به‌ترتیب در ۷۰ و ۵۰ درصد کل روزهای سال، کمینه ۷۵ درصد نیازهای غیر شرب روزانه ساکنین تعیین شده قابل تأمین است. هم‌چنین برای شهر گرگان به همان ترتیب ۳۹ و ۳۲ درصد، برای بوشهر ۱۵ و ۱۱ درصد، و بندرعباس ۱۰ و ۷ درصد کل روزهای سال قابل تأمین است. سامانه‌های جمع‌آوری آب باران می‌توانند به‌منظور تأمین بخشی از نیاز آبی فضای سبز شهری نیز بکار گرفته شوند. به‌طور نمونه مطالعات تعیین میزان آب باران قابل استحصال از پشت‌بام‌های شهر کرمانشاه برای تأمین نیاز آبی فضاهای سبز شهری نشان داد از ۱۰/۶ میلیون مترمکعب نیاز آبی سالانه فضاهای سبز شهری کرمانشاه

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.1.2]

حدود ۶/۲ میلیون مترمکعب یا حدود ۵۸/۴ درصد آن از طریق استحصال آب باران از سطح بام‌های شهر تأمین‌شدنی است (Parandin et al., 2019). نتایج مطالعات طراحی سیستم جمع‌آوری آب باران برای دانشگاه مازندران حاکی از آن است که با یک مخزن ۱۵۰۰ مترمکعبی می‌توان در فصل‌های کم‌آبی و در مواقع بحرانی کمبود آب، از پتانسیل آب‌های جمع‌آوری شده، استفاده کرد (Rostami Georgie et al., 2024).

به‌طورکلی استفاده از آب باران به‌ویژه در مناطقی که با محدودیت شدید منابع آب روبرو هستند، می‌تواند بخشی از تقاضای آب را پاسخ دهد و فشار بر منابع آب زیرزمینی را کاهش دهد. مزایای اقتصادی، محیط زیستی و فنی این روش‌ها باعث شده تا توجه نهادهای بین‌المللی و سیاست‌گذاران به آن جلب شود. علاوه بر آن، سادگی پیاده‌سازی، هزینه پائین نگهداری و قابلیت استفاده در مقیاس‌های کوچک تا بزرگ، استحصال آب باران را به راهکاری قابل‌اتکا در کشورهای با اقلیم خشک و نیمه‌خشک تبدیل کرده است (Prieto-Jiménez et al., 2024). هرچند عوامل متعددی در تعیین قابلیت اطمینان سامانه‌های استحصال آب باران مؤثر هستند. بر این اساس سازه‌هایی که متناسب با الگوهای آب و هوایی محلی طراحی شده‌اند، قابلیت اطمینان در دوره بهره‌برداری را بهبود می‌بخشند. پیشرفت‌های فناوری باعث افزایش قابلیت اطمینان سامانه‌های جمع‌آوری آب باران نیز شده به‌نحوی‌که شبیه‌سازی‌های بیلان آب و رویکردهای مدل-سازی به طراحی و ارزیابی سیستم‌های جمع‌آوری آب باران کمک نموده است (Memarian, 2024). در این راستا به‌منظور بررسی فناوری مناسب جمع‌آوری آب باران از سطوح عایق و امکان‌سنجی آن، تحقیق حاضر در محل ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسماعیل‌آباد استان قزوین انجام شد. مهم‌ترین هدف تحقیق حاضر، امکان‌سنجی تأمین بخشی از آب مورد نیاز مزرعه گل محمدی در محدوده مطالعاتی، از طریق سطوح آبگیر باران است.

مواد و روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

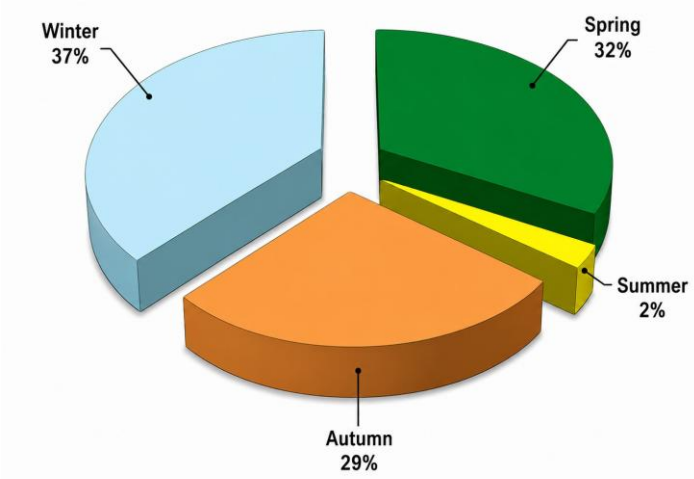
منطقه مورد بررسی در بالادست منطقه اقبالیه با مختصات جغرافیایی ″۱۷′۱۵°۳۶ شمالی و ″۲۸′۵۴°۴۹ شرقی در حومه غربی شهر قزوین در مجموعه اراضی ایستگاه تحقیقاتی اسماعیل‌آباد مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان قزوین واقع شده است (شکل ۱). این منطقه مجهز به ایستگاه هواشناسی کشاورزی می‌باشد که در مجموعه ایستگاه تحقیقات اسماعیل‌آباد قرار گرفته است. متوسط بارندگی سالیانه بر اساس آمار بلندمدت ایستگاه هواشناسی کشاورزی اسماعیل‌آباد، ۲۹۲/۸ میلی‌متر بوده که بارندگی زمستانه بیش‌ترین درصد فراوانی بارش در منطقه را دارد (شکل ۲). متوسط دما بر اساس آمار ثبت شده ایستگاه هواشناسی ۱۳/۹ و متوسط کمینه و متوسط بیشینه دمای آن به ترتیب ۱۷- و ۳۶ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن نیمه‌خشک و بر اساس منحنی آمبروترمیک دوران مرطوب سال منطبق بر فاصله زمانی اواخر آبان لغایت اواخر فروردین است (Younesi et al., 2022). این مرکز به لحاظ نوع کاربری، در حال حاضر از تعدادی سوله با ابعاد مختلف ساخته شده است. کل مساحت زمین در محدوده مورد بررسی شش هکتار بوده که سوله مجموعه ورزشی با حدود ۱۲۵۰ مترمربع و ساختمان مجموعه مدیریت با حدود ۱۰۶۰ مترمربع از بزرگ‌ترین ساختمان‌های این مرکز تحقیقاتی است. در این تحقیق امکان‌سنجی استفاده از پتانسیل سطوح عایق و سامانه جمع‌آوری آب باران جهت آبیاری فضای سبز در محدوده این اراضی انجام شده است. با توجه به شیب بسیار اندک محدوده عایق (سطوح آسفالت، سوله‌ها و ...) جهت تحلیل دقیق وضعیت آبروها و جانمایی مخزن ذخیره و طراحی سیستم انتقال کل فضای محدوده مطالعاتی با استفاده از GPS دو فرکانسه نقشه‌برداری شد.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.1.2]

شکل ۱- نمایی از سطوح عایق و فضای سبز در ایستگاه تحقیقاتی اسماعیل‌آباد

Figure 1– Illustration of insulation surfaces and green space at the Ismail Abad research station



شکل ۲- درصد توزیع فصلی بارش بر اساس آمار بلندمدت ایستگاه هواشناسی کشاورزی اسماعیل‌آباد

Figure 2– Distribution of seasonal rainfall based on the long-term statistics of the Ismail Abad agricultural meteorological station

روش تحقیق

با توجه به محدودیت شدید منابع آبی جهت تأمین آب مورد نیاز فضای سبز، تأمین بخشی از نیاز آبی کلکسیون چهار هکتاری گل محمدی از جمع‌آوری آب باران از سطوح عایق در محدوده مطالعاتی هدف‌گذاری شد. به‌منظور برآورد نیاز آبی مزرعه گل محمدی، با استفاده از داده‌های هواشناسی مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل و ازآنجا مقدار تبخیر و تعرق گل محمدی با استفاده از نرم‌افزار CROPWAT نسخه ۸ برآورد شد. در این راستا به‌منظور برآورد نیاز آبی مزرعه گل محمدی از آمار ۱۰ ساله ایستگاه هواشناسی کشاورزی اسماعیل‌آباد استفاده شد و بر اساس آن مقادیر نیاز آبی و حجم آب مورد نیاز و مدول آب مورد نیاز مزرعه چهار هکتاری گل محمدی برآورد شد. هم‌چنین مقدار بارش مؤثر، با استفاده از روش USDA[1] در نرم‌افزار CROPWAT محاسبه شد (USDA, 1993).

[1] United States Department of Agriculture

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.1.2]

تعیین مقادیر آب باران قابل‌جمع آوری در محدوده طرح

در روش‌هایی که برای طراحی‌های هیدرولوژی در گذشته به کار می‌رفت (مثل روش استدلالی)، فقط از دبی اوج استفاده می‌شد. در این روش ها توزیع زمانی دبی یا توزیع زمانی بارش در نظر گرفته نمی‌شد؛ اما اخیراً در روش‌های طراحی از تحلیل جریان ناپایدار استفاده می‌شود (Khosravi et al., 2022). بنابراین برای به دست آوردن آب نمود برای منطقه مورد مطالعه نیاز به پیش‌بینی باران نمای (هایتوگراف رگبار) طرح می‌باشد. روش بلوک متناوب یکی از روش‌های ساده برای تهیه باران نما از منحنی شدت- مدت- فراوانی (IDF)[1] است. باران نمای طراحی شده از این روش ارتفاع بارندگی را در n زمان پی‌درپی یا متناوب با فواصل زمانی Δt برای کل مدت رگبار (T) مشخص می‌کند (Ghazavi and Farahnakian, 2024). روابط شدت- مدت- فراوانی بارندگی از زمان‌های قدیم در نقاط مختلفی از جهان بررسی شده و بر اساس آن روابط تجربی متعددی ارائه شده است. با توجه به آنکه در روش قهرمان، منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی بارندگی با استفاده از اطلاعات ساعتی بارندگی ایستگاه‌های سازمان هواشناسی کشور استخراج شده، در مطالعه حاضر روش قهرمان جهت تخمین مقادیر شدت- مدت- فراوانی بارندگی‌های کوتاه‌مدت منطقه طرح مورد استفاده قرار گرفت (Ghahraman and Abkhezr, 2004). بدین ترتیب که بعد از انتخاب دوره بازگشت طرح، شدت از روی منحنی شدت- مدت- فراوانی برای فواصل زمانی متفاوت استخراج شده و ارتفاع بارندگی مشابه این شدت‌ها به دست می‌آید. اختلاف بین ارتفاع بارندگی‌های در فواصل زمانی مشخص به‌صورت بلوک‌های متناوب تهیه می‌گردد. سپس این بلوک‌ها طوری مرتب می‌گردند که بیشینه ارتفاع بارندگی در وسط کل مدت رگبار قرار گیرد و بقیه بلوک‌ها به ترتیب نزولی در سمت راست و چپ بلوک مرکزی برای تهیه شکل باران نمای طرح ایجاد می‌گردد (Mohamadi et al., 2020).

به‌منظور برآورد ضریب رواناب با استفاده از روش‌های تجربی استفاده از بارش، متناسب با زمان پیمایش حوضه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. دبی اوج سیلاب در حوزه‌های آبخیز در زمان تمرکز به وقوع می‌پیوندد، اما با توجه به اینکه حوضه‌های کوچک دارای زمان تمرکز کوتاه می‌باشند، لذا در این زمان‌های کوتاه میزان بارندگی تجمعی نیز کم می‌باشد. به‌طوری‌که با به‌کارگیری این‌گونه روش‌ها در حوزه‌های آبخیز کوچک میزان رواناب صفر و یا بی‌معنا می‌شود (Chow, 1988). لذا برای حوضه‌های با زمان پیمایش کوتاه نیز از بارش‌های شش ساعته و توزیع آن بر اساس زمان‌های جزئی و مطابق با الگوی رگبار، به‌منظور استخراج ارتفاع رواناب و محاسبه هیدروگراف سیلاب استفاده شده است (Alizadeh, 2006).

استحصال آب از سطوح آبگیر

برای برآورد رواناب سطحی، روش‌های مختلفی وجود دارد. ازجمله این روش‌ها، برآورد رواناب سطحی با استفاده از نفوذپذیری خاک، روش استدلالی، روش‌های تجربی (روش مبتنی بر سطح حوضه، روش کریگر، رابطه دیکن، منحنی پوش، رابطه تجربی فولر و روش کوک) و روش شماره منحنی (CN) یا روش سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) است (Alizadeh, 2006). رایج‌ترین روش محاسبه دبی اوج رواناب سطحی در حوضه‌های کوچک، روش منطقی یا استدلالی است (Chow, 1988). در این پژوهش به دلیل استفاده تنها از رواناب سقف سوله‌ها، برای تعیین دبی بیشینه استحصالی از سطوح عایق، از روش استدلالی استفاده گردید (رابطه ۱).

$$Q_p=CIA \quad (۱)$$

که در آن، Q_p: بیشینه میزان رواناب یا دبی اوج سیل با دوره بازگشتی برابر با دوره بازگشت رگبار، C: ضریب رواناب (بدون بعد، مثبت و کوچک‌تر از واحد) ثابت در طول بارش، I: بیشینه شدت بارندگی در زمان تمرکز و A: مساحت سطح جمع‌آوری‌کننده رواناب (سطوح عایق سوله‌ها) است. در این تحقیق احجام رواناب بر اساس دوره بازگشت دو ساله (میانگین رواناب سالانه) منظور شده است.

در روش استدلالی بیشینه میزان رواناب زمانی حاصل می‌شود که دوره بارندگی معادل با زمان تمرکز در حوزه آبخیز باشد (Alizadeh, 2006). هم‌چنین کلیه عواملی که بر رواناب سطحی مؤثر هستند، به‌جز موارد مرتبط با مساحت حوزه آبخیز و شدت بارندگی، در مقدار ضریب رواناب در نظر گرفته می‌شوند. ضریب رواناب با شدت بارندگی رابطه مستقیمی دارد و تابعی از میزان نفوذ سطحی در حوزه آبخیز است؛ اما مقادیر متفاوتی برای ضریب رواناب سطوح عایق ارائه شده که این تفاوت می‌تواند ناشی از تفاوت رژیم بارندگی، نوع عایق پشت‌بام، شیب پشت‌بام و مسائلی از این قبیل باشد. ازاین‌رو ضریب رواناب برای سطوح عایق سوله‌ها با توجه به شیب سقف سوله و نوع پوشش سوله، ۹۰ درصد (Chow, 1988؛ Imteaz et al., 2012) در نظر گرفته شد. به‌منظور محاسبه حجم رواناب سالانه، در ابتدا سطح کلیه سوله‌های واقع در محدوده مرکز مساحی شد و پس از آن حجم رواناب، با در دسترس بودن مقادیر بارش ماهانه و ضریب رواناب، برای کلیه سطوح سوله‌های مرکز تحقیقات محاسبه شد. در جدول (۱) مساحت سطوح عایق (سوله‌ها) نشان داده شده است.

[1] Intensity-Duration-Frequency

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.1.2]

جدول ۱- مساحت و کاربری سوله‌ها (سطوح عایق) در محدوده مطالعاتی

Table 1- Area and land use (insulating surfaces) within the study area

No.	Functional Unit	Building Area (m^2)
1	Sports Complex	1245
2	Medicinal Plant Cultivation	168
3	Medicinal Plant Processing Unit	113
4	Administrative Building	1058
5	Cultural Building	279
6	Vehicle Parking and Maintenance Facility	290
7	Laboratory	799
8	Dining Facility	613
9	Research Building	740
10	Dormitory	784
11	Prayer Hall	258
12	Educational Building	786
13	Machinery Storage Building	157
14	Mechanical Workshop 2	225
15	Mechanical Workshop 1	219
Total	—	7734

نتایج و بحث

مقادیر نیاز آبی و حجم آب مورد نیاز و هیدرو مدول (نیاز ناخالص آبی در واحد زمان و در واحد سطح) آب مورد نیاز مزرعه چهار هکتاری گل محمدی، بر اساس آمار ۱۰ ساله ایستگاه هواشناسی کشاورزی اسماعیل‌آباد و با استفاده از نرم‌افزار CROPWAT برآورد شد (جدول ۲).

جدول ۲- برآورد نیاز آبی و حجم آب مورد نیاز مزرعه گل محمدی

Table 2- Estimated water requirement and water volume of Damask rose farm

Month	Monthly Crop Water Requirement (mm $month^{-1}$)	Daily Crop Water Requirement (mm day^{-1})	Farm Hydromodule (L s^{-1} ha^{-1})	Total Required Farm Discharge (L s^{-1})	Total Monthly Demand Water (m^3)
April	19.40	0.63	0.07	0.29	776.00
May	59.70	1.93	0.22	0.89	2388.00
June	59.60	1.92	0.22	0.89	2384.00
July	60.10	1.94	0.22	0.90	2404.00
August	62.90	2.03	0.23	0.94	2516.00
September	52.10	1.68	0.19	0.78	2084.00
October	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
November	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
December	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
January	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
February	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
March	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Annual Irrigation Water Consumption of the 4-ha Damask Rose Farm (m^3)					12552.00

همان‌گونه که اشاره شد، در تحقیق حاضر روش قهرمان جهت تخمین مقادیر شدت- مدت- فراوانی بارندگی‌های کوتاه‌مدت منطقه طرح مورد استفاده قرار گرفت. جدول (۳) نتایج حاصل از به‌کارگیری این روش جهت برآورد مقادیر بارش تجمعی رگبار شش ساعته در منطقه مورد مطالعه را نشان داده است.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.1.2]

جدول ۳- مقادیر بارش تجمعی رگبار شش ساعته در منطقه مورد مطالعه (میلی‌متر)

Table 3- Cumulative rainfall for 6 hours in the study area (mm)

Duration (min)	Return Period (years)					
	2	5	10	25	50	100
15	3.8	5.7	7.0	8.5	9.7	10.9
30	5.3	8.0	9.8	12.0	13.7	15.3
45	6.5	9.8	12.0	14.7	16.7	18.7
60	7.5	11.3	13.8	17.0	19.3	21.6
75	8.2	12.4	15.1	18.6	21.1	23.6
90	9.0	13.5	16.5	20.3	23.0	25.8
105	9.7	14.6	17.8	21.8	24.8	27.8
120	11.4	16.1	19.0	22.6	25.3	27.9
135	11.7	16.5	19.5	23.2	25.9	28.6
150	12.1	17.2	20.3	24.2	27.0	29.8
165	12.6	17.8	21.1	25.1	28.0	30.9
180	13.1	18.4	21.8	26.0	29.0	32.0
195	13.5	19.0	22.5	26.8	29.9	33.0
210	13.9	19.6	23.2	27.6	30.8	34.0
225	14.3	20.1	23.8	28.3	31.7	35.0
240	14.6	20.6	24.4	29.1	32.5	35.9
255	15.0	21.1	25.0	29.8	33.3	36.7
270	15.3	21.6	25.6	30.4	34.0	37.6
285	15.6	22.1	26.1	31.1	34.8	38.4
300	16.0	22.5	26.7	31.7	35.5	39.1
315	16.3	23.0	27.2	32.4	36.2	39.9
330	16.6	23.4	27.7	33.0	36.8	40.6
345	16.9	23.8	28.2	33.5	37.5	41.4
360	17.1	24.2	28.6	34.1	38.1	42.1

در مرحله بعد با استفاده از مقادیر بارش تجمعی، حجم رواناب ناشی از وقایع بارش‌ها در دوره آماری، برای سطوح سوله‌های مرکز تحقیقات محاسبه شد. شایان‌ذکر است ماه‌های دی و بهمن هم با توجه به اینکه در حدود ۱۵ تا ۲۰ روز آن‌ها به‌طور متوسط یخبندان بوده و اگر بارشی صورت بگیرد به‌احتمال‌زیاد به‌صورت برف خواهد بود، لذا مقادیر عمق نزولات جوی گزارش شده برای این دو ماه در ایستگاه هواشناسی، مقدار عمق آب معادل یا ذوب شده برف است. جدول (۴) مقادیر حجم رواناب را برای هر یک از سطوح و سطح کل آن‌ها را با ضرایب ۹۰ درصد نشان داده است. بر اساس محاسبات انجام شده، حجم کل رواناب سالانه در محدوده مورد مطالعه با ضریب رواناب ۹۰ درصد، ۲۶۰۶ مترمکعب می‌باشد. هم‌چنین درصورتی‌که ضریب رواناب ۸۵ درصد در نظر گرفته شود (Sadoddin et al., 2015)، حجم رواناب استحصالی از سطوح عایق ۲۴۶۰ مترمکعب خواهد بود.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

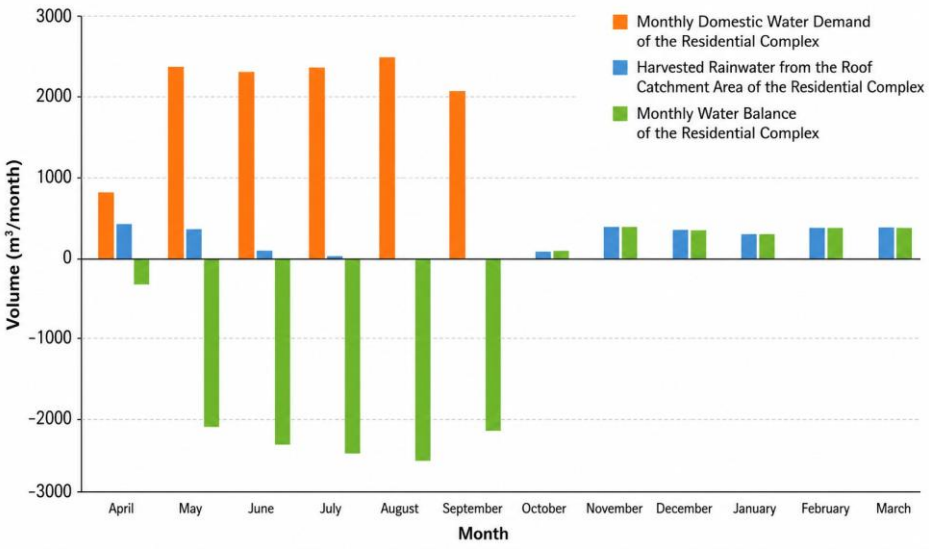
[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.1.2]

جدول ۴- مقادیر رواناب برآورد شده (برحسب مترمکعب) در ماه‌های مختلف ناشی از بارش‌های روزانه با ضریب رواناب ۹۰ درصد

Table 4- Estimated runoff values (m^3) for different months due to daily rainfall with a 90% runoff coefficient

Functional Unit	September	August	July	June	May	April	March	February	January	December	November	October	Annual
Sports Complex	3.2	2.0	4.1	11.6	55.9	65.1	54.1	55.9	44.9	52.3	58.6	11.4	419.3
Medicinal Plant Cultivation	0.4	0.3	0.6	1.6	7.5	8.8	7.3	7.5	6.0	7.0	7.9	1.5	56.4
Medicinal Plant Processing Unit	0.3	0.2	0.4	1.1	5.1	5.9	4.9	5.1	4.1	4.8	5.3	1.0	38.1
Administrative Building	2.8	1.7	3.5	9.9	47.5	55.3	46.0	47.5	38.2	44.5	49.8	9.7	356.5
Cultural Building	0.7	0.5	0.9	2.6	12.5	14.6	12.1	12.5	10.1	11.7	13.1	2.6	94.0
Vehicle Parking and Maintenance Facility	0.8	0.5	1.0	2.7	13.0	15.2	12.6	13.0	10.5	12.2	13.7	2.7	97.8
Laboratory	2.1	1.3	2.7	7.5	35.9	41.8	34.7	35.9	28.8	33.6	37.6	7.3	269.2
Dining Facility	1.6	1.0	2.0	5.7	27.5	32.1	26.6	27.5	22.1	25.8	28.9	5.6	206.5
Research Building	1.9	1.2	2.5	6.9	33.2	38.7	32.2	33.2	26.7	31.1	34.8	6.8	249.3
Dormitory	2.0	1.3	2.6	7.3	35.2	41.0	34.1	35.2	28.3	33.0	36.9	7.2	264.2
Prayer Hall	0.7	0.4	0.9	2.4	11.6	13.5	11.2	11.6	9.3	10.8	12.1	2.4	86.8
Educational Building	2.1	1.3	2.6	7.4	35.3	41.1	34.2	35.3	28.4	33.1	37.0	7.2	264.9
Machinery Storage Building	0.4	0.3	0.5	1.5	7.0	8.2	6.8	7.0	5.7	6.6	7.4	1.4	52.8
Mechanical Workshop 2	0.6	0.4	0.8	2.1	10.1	11.8	9.8	10.1	8.1	9.5	10.6	2.1	76.0
Mechanical Workshop 1	0.6	0.4	0.7	2.0	9.8	11.4	9.5	9.8	7.9	9.2	10.3	2.0	73.7
Total	20.0	13.0	26.0	72.0	347.0	404.0	336.0	347.0	279.0	325.0	364.0	71.0	2606.0

با توجه به شکل (۳) در منطقه مورد مطالعه تنها در ماه‌های مهر تا اسفند، آب باران جمع‌آوری شده بر نیاز آبی مزرعه گل محمدی فزونی دارد و باید در این ماه‌ها آب باران مازاد ذخیره شود تا در ماه‌های دیگر مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۳- نمودار مقایسه نیاز آبی مزرعه گل محمدی، آب باران جمع‌آوری شده و مازاد بر نیاز آبی مزرعه

Figure 3– Comparison of the water requirement of the Damask rose farm, the accumulated rainwater, and the excess on-farm water requirements

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.1.2]

با توجه به مقادیر آب مازاد آب بر نیاز آبی مزرعه گل محمدی (جدول ۵)، میزان آب مازاد استحصالی در شش ماه سال، ۱۷۲۲ مترمکعب می‌باشد. در این صورت برای ذخیره‌سازی به مخزنی به حجم ۱۸۰۰ مترمکعب نیاز خواهد بود.

جدول ۵- مقادیر آب باران جمع‌آوری شده از سطوح عایق و نیاز آبی مزرعه گل محمدی در ماه‌های مختلف سال

Table 5- The amount of rainwater collected from insulation surfaces and water requirement of the Damask rose farm in different months of the year

Month	Total Monthly Irrigation Water Requirement (m^3)	Harvested Runoff Volume from Impervious Surfaces (m^3)	Water Surplus / (+) Deficit (−) Relative to the Irrigation Water Requirement of the Damask Rose Farm (m^3)
April	776	404	-372
May	2388	347	-2041
June	2384	72	-2312
July	2404	26	-2378
August	2516	13	-2503
September	2084	20	-2064
October	0	71	71
November	0	364	364
December	0	325	325
January	0	279	279
February	0	347	347
March	0	336	336

در یک جمع‌بندی کلی می‌توان بیان نمود حجم کل باران سالانه استحصالی از سطوح عایق با مساحت ۷۷۳۴ مترمربع در یک اقلیم نیمه‌خشک، ۲۶۰۶ مترمکعب بوده است. این میزان آب استحصالی در صورت ذخیره‌سازی مناسب، حدود ۲۰ درصد نیاز آبی مزرعه گل محمدی را تأمین خواهد نمود. هم‌چنین با توجه به هیدرومدول آب مصرفی مزرعه گل محمدی، حجم آب استحصالی از سطوح عایق (در صورت ذخیره‌سازی مناسب) پاسخگوی نیاز آبی یک مزرعه ۸۳۰۰ مترمربعی گل محمدی خواهد بود. این حجم آب استحصالی نشان‌دهنده پتانسیل بالای سطوح آبگیر باران جهت تأمین مصارف غیر شرب در فضاهای خدماتی و برون‌شهری که دارای سطوح عایقی همچون سوله هستند، می‌باشد. نتایج مطالعات استحصال آب باران برای صرفه‌جویی مصرف آب در کشاورزی از بام ساختمان‌های دانشکده کشاورزی بیرجند نشان داد میزان آب بارانی که می‌توان در طول یک سال جمع‌آوری نمود ۳۹۲۵ مترمکعب بوده که این میزان آب باران جمع‌آوری شده حدود بیست درصد از کل آب مورد نیاز فضای سبز، در طول یک سال را می‌تواند تأمین نماید (Derakhshan et al., 2015) که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد؛ اما نتایج مطالعات Jahangiri and Assareh. (2022) در شهر اهواز نشان داد در صورت استحصال آب باران از سطح پشت‌بام‌های شهر، بیشینه ۱۳ درصد از نیاز آبی بخش فضای سبز را می‌توان تأمین نمود. هم‌چنین نتایج پژوهش Abedzadeh et al. (2015) نیز نشان داد مقدار آب استحصال شده از پشت‌بام نمی‌تواند به‌طور کامل نیاز آبی گیاهان در شهری مانند بیرجند که در منطقه‌ای خشک و نیمه‌خشک قرار دارد، را تأمین نماید. برآورد آب باران قابل استحصال از بام‌های کرمانشاه نیز نشان داد حدود ۵۸ درصد نیاز آبی فضای سبز شهری، از طریق سامانه‌های استحصال آب باران قابل تأمین خواهد بود (Parandin et al., 2019).

پتانسیل‌سنجی استحصال آب جهت مصارف فضای سبز در مطالعات متعددی در داخل و خارج از کشور مورد بررسی قرار گرفته، لیکن دو مانع اصلی در اجرا و پیاده‌سازی سامانه‌های جمع‌آوری آب باران وجود دارد. مشکل غالب سامانه‌های جمع‌آوری آب باران آن است که اغلب در دوره بهره‌برداری قادر به تأمین هزینه سرمایه‌گذاری صورت گرفته نبوده و فاقد توجیه اقتصادی هستند (Roebuck, 2012). هرچند بیش‌تر اجزاء سامانه جمع‌آوری آب باران، مثل سوله، بام و محوطه، جزئی از ساختمان و سازه بوده و برخی اجزاء دیگر مثل ناودان‌ها و لوله‌کشی آب باران، به‌صورت تیپ در سازه وجود دارد، لیکن عمده مشکل و بخش هزینه‌بر سامانه‌های سطوح آبگیر باران، ساخت و مکان‌یابی مخزن جمع‌آوری آب باران است که تنها جزء سامانه است که باید به‌دقت و بر اساس نیاز و الگوی بارش ماهانه طراحی و اجرا شود. به‌نحوی‌که ابعاد مخزن نقش اساسی در هزینه کلی سامانه داشته و کوچک یا بزرگ بودن آن می‌تواند به کاهش بهره‌وری سامانه یا افزایش شدید هزینه احداث آن منجر شود. به‌نحوی‌که در تحقیق حاضر نیاز به اجرای مخزنی به ابعاد ۱۸۰۰ مترمربع در یک فضای محدود آسفالت شده وجود داشت که ساخت یک مخزن ذخیره آب صرفاً برای تأمین بخشی از آب مورد نیاز گیاه، امری هزینه‌بر خواهد بود.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.1.2]

به‌طورکلی کارایی و اقتصادی بودن مخزن را می‌توان به میزان بارش سالانه، الگوی زمانی بارش، ابعاد سطح آبگیر به‌ویژه مساحت سقف، طراحی درست حجم مخزن، الگوی زمانی مصرف آب و هزینه تأمین و اجرای مخزن مرتبط دانست (Hall, 2013). مشکل دیگر در عدم توسعه عام سامانه‌های آبگیر باران، مشکلات فنی و عدم تطابق برخی سازه‌ها با هدف‌گذاری استحصال آب باران است به‌نحوی‌که در تحقیق حاضر به دلیل پراکندگی مکانی سوله‌ها و عدم شیب‌دهی مناسب جهت استحصال آب در یک نقطه مشخص، محدودیت‌های فنی متعددی در طراحی آبگذرها و سیستم جمع‌آوری آب باران مشاهده شد. نتایج نشان می‌دهد که یکی از الزامات اصلی فرهنگ‌سازی کاربرد آب باران به‌عنوان یک منبع قابل‌اتکا در تأمین نیازهای غیر شرب (فضای سبز، بهداشتی و ...)، تدوین پیوست‌های فنی (دستورالعمل طراحی مخازن ذخیره آب باران، شیوه مدل‌سازی یکپارچه رواناب، استانداردهای سازه‌های تیپ ناودان و غیره)، جهت اجرای سازه‌های سازگار و منطبق بر اهداف سامانه‌های سطوح آبگیر باران خواهد بود.

نتیجه‌گیری

به‌منظور امکان‌سنجی استحصال آب باران از سطوح عایق جهت آبیاری تکمیلی مزرعه گل محمدی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسماعیل‌آباد قزوین تحقیق حاضر انجام گرفت که نتایج آن نشان می‌دهد استحصال آب از سطوح عایق در محدوده مورد مطالعه تا حدود ۲۰ درصد از کل نیاز آبی مزرعه گل محمدی را به میزان ۲۶۰۶ مترمکعب تأمین می‌نماید. در ماه‌های سرد آب باران جمع‌آوری شده بر نیاز آبی فزونی و در ماه‌های گرم کم‌تر است. در روش‌های نوین استحصال آب باران، از مخزن برای جمع‌آوری و ذخیره آب باران بهره گرفته می‌شود تا بتوان آبیاری گیاهان را در دوره کمبود آب یا در فاصله زمانی بین بارش‌ها اعمال نمود. نتایج تحقیق نشان داد روش استفاده مستقیم از رواناب به دلیل عدم تطابق فصل بارش و زمان نیاز آبی گیاه گل محمدی نمی‌تواند در منطقه توأم با موفقیت باشد و باید با استفاده از استخر ذخیره آب، ذخیره‌سازی آب باران صورت گیرد؛ اما این راه‌حل به دلیل اینکه نیازمند ساخت مخزن ذخیره آب می‌باشد، هزینه‌های اجرائی را به‌شدت افزایش خواهد داد. این مسئله یکی از مشکلات اصلی بر سر راه متداول شدن سامانه‌های سطوح آبگیر باران در بخش کشاورزی است. اگرچه این‌گونه سامانه‌ها باعث صرفه‌جویی قابل‌توجهی در مقدار آب مصرفی از منابع آب زیرزمینی می‌شوند؛ اما به دلیل اینکه در کشور آب‌بهای واقعی پرداخت نمی‌شود، عدم توجیه اقتصادی استفاده از سامانه‌های سطوح آبگیر باران در بخش کشاورزی همچنان پابرجاست. نکته حائز اهمیت آن است که جمع‌آوری آب از سطوح آبگیر به‌عنوان یک منبع آبی مستقل در محدوده‌های شهری اصولاً تفاوت ماهوی با سایر سیستم‌های جمع‌آوری باران داشته که این تفاوت‌ها بر مدیریت و اجرای پروژه‌ها مؤثر است. این نوع سیستم‌ها بر مبنای جمع‌آوری یک حجم معین آب طراحی شده که در صورت عدم مدیریت صحیح، گزینه خوبی برای تأمین آب نخواهد بود. به همین دلیل اجرای عملیات جمع‌آوری آب باران به دلیل حجم کار بالا در یک محدوده نسبتاً کوچک نیاز به مدیریت خاصی نسبت به سایر پروژه‌ها دارد، درحالی‌که هزینه نگهداری و مرمت آن ناچیز است.

ملاحظه‌های اخلاقی

دسترسی به داده‌ها: داده‌ها و نتایج استفاده‌شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

حمایت مالی: این کار در قالب پژوهش آزاد انجام‌شده و حمایت مالی ندارد.

مشارکت نویسندگان: **یوسف گمرکچی، ا.:** مفهوم‌سازی، تحلیل‌های آماری، نگارش نسخه اولیه مقاله، ویرایش و بازبینی مقاله؛ **روغنی، م.:** مشاوره.

تضاد منافع نویسندگان: نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

سپاس‌گزاری: نویسندگان این مقاله از داوران محترم این مقاله صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نماید.

منابع

پرندین، محمد امین، ذوالفقاری، حسن و فتحنیا، امان الله (۱۳۹۸). برآورد آب باران قابل استحصال از بام‌های کرمانشاه و شناسایی مکان‌های مستعد ذخیره آب برای آبیاری فضای سبز شهری. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۵۱(۳)، ۴۸۳-۴۹۶. **doi:**10.22059/jphgr.2019.271135.1007313

جهانگیری، سعید و عصاره، علی (۱۴۰۱). امکان‌سنجی پتانسیل استحصال آب باران از سطوح عایق پشت‌بام‌ها در شرایط آب و هوایی اهواز. *پژوهش‌های اقلیم‌شناسی*، ۱۳(۴۹)، ۱۶۳-۱۷۶. https://clima.irimo.ir/article_152848.html

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.1.2]

خزایی، مجید و نجفی سعید (۱۴۰۲). بررسی میزان تأثیرگذاری سامانه‌های سطوح آبگیر باران بر میزان نگه‌داشت آب سبز در نیمرخ خاک. *علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*، ۱۷(۶۲)، ۴۹-۴۱. **doi:**10.22034/17.62.41

خسروی، علی اصغر، پرورش‌ریزی، عاطفه و براتی، رضا (۱۴۰۰). توسعه روش روندیابی هیدرولیکی معکوس سیل در خشک‌رودها با در نظر گرفتن میزان نفوذ یا نشت. *آب و خاک*، ۳۵(۶)، ۸۰۵-۸۲۲. **doi:**10.22067/jsw.2022.73670.1116

درخشان، هاشم، زراعتی، ابراهیم و خاشعی سیوکی، عباس (۱۳۹۳). استحصال آب باران برای صرفه‌جویی مصرف آب در کشاورزی (مطالعه موردی: دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند). *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۲(۴)،۴۷-۵۴. **dor:**20.1001.1.24235970.1393.2.4.2.1

رستمی‌گرجی، مرجان، شعبان‌پور کاسگری، فاطمه و قلی‌پور گشنیانی، مصطفی (۱۴۰۳). امکان‌سنجیِ پتانسیلِ جمع‌آوری آب باران از پشت‌بام (مطالعه موردی: دانشکده هنر و معماری دانشگاه مازندران). *انرژی‌های تجدیدپذیر و نو*، ۱۱(۲)، ۳۷-۴۶. **doi:**10.22034/jrenew.2024.193130

رشیدی مهرآبادی، محمدحسین، ثقفیان، بهرام و صادقیان، محمدصادق (۱۳۹۲). ارزیابی عملکرد سطوح آبگیر پشت بام ساختمان‌های مسکونی در تأمین نیاز غیرشرب ساکنین در شهرهای ساحلی کشور. *مهندسی منابع آب*، ۶(۱۹)، ۱-۱۶. **dor:**20.1001.1.20086377.1392.6.19.1.3

سعدالدین، امیر، بای، محبوبه و نعیمی، اصغر (۱۳۹۳). امکان سنجی فنی و اقتصادی جمع‌آوری آب باران از سطح بام ساختمان‌ها (مطالعه موردی: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان). پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۱(۶)، ۲۷-۵۰. **dor:**isc.ac/dor/20.1001.1.23222069.1393.21.6.2.7

شوکتی، هادی، سجودی، زینب و مشعل، محمود (۱۴۰۱). بهینه‌سازی و امکان‌سنجی استفاده از سامانه‌های استحصال آب باران در اردبیل. *آب و خاک*، ۳۶(۳)، ۳۵۱-۳۶۳. **doi:**10.22067/jsw.2022.73460.1111

عابدزاده، سعیده، خاشعی سیوکی، عباس و آب‌پرور، احمد (۱۳۹۳). مقایسه تأمین آب موردنیاز فضای سبز خانگی با آب استحصالی باران در اقلیم‌های مختلف. *سومین همایش بین‌المللی سامانه‌های سطوح آبگیر باران، بیرجند*. https://civilica.com/doc/919291/

عدالتیان، احمد، احمدیان، محمد علی، بهنیافر، ابوالفضل و جهانی‌ثانی، مهدی (۱۳۹۷). امکان‌سنجی استحصال آب باران از حوضه‌های آبخیز پشت‌بامی در مناطق روستایی (مطالعه‌ی موردی: بخش رضویه، شهرستان مشهد). *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۹(۳۲)، ۱۶-۳۵. https://jargs.hsu.ac.ir/article_161468.html

علیزاده، امین (۱۳۸۵). اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد. ۹۴۲ ص.

قضاوی، رضا و فرهناکیان، زهرا (۱۴۰۳). انتخاب روش مناسب استخراج هایتوگراف بارش در مناطق خشک با تحلیل بارش‌های ساعتی و تحت تأثیر تغییرات اقلیمی. *اکوهیدرولوژی*، ۱۱(۳)، ۳۵۵-۳۷۳. **doi:**10.22059/ije.2024.383818.1844

قهرمان، بیژن و آبخضر، حمیدرضا (۱۳۸۳). اصلاح روابط شدت- مدت- فراوانی بارندگی در ایران. *علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)*، ۸(۲)،۱-۱۳. **doi:**20.1001.1.24763594.1383.8.2.1.4

محمدلو، رقیه و سعود حمد، مصحب (۱۴۰۴). مروری بر مدیریت نوین و بهینه‌سازی مصرف آب برای مقابله با بحران کم‌آبی در ایران. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۳(۴)، ۶۹-۹۰. **doi:**20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2

محمدی، مژده، مامی‌زاده، جعفر و احسان زاده، اقبال (۱۳۹۹). مقایسه مدل‌های آماری و تجربی در تعیین منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی بارش. *مهندسی آبیاری و آب ایران*، ۱۱ (۱)، ۲۶۸-۲۵۶. **doi:**10.22125/iwe.2020.114969

مرادی‌نژاد، امیر، کریمی، مهدیه، پورمتین، راشین و صابری، عباس (۱۴۰۱). استفاده از آب باران در اراضی شیب‌دار جهت کشت گل محمدی. *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، ۲(۳)، ۳۱-۴۳. **doi:**10.22034/iwm.2022.560245.1043

معماریان، هادی (۱۴۰۳). مروری بر تجزیه و تحلیل قابلیت اطمینان سیستم‌های جمع‌آوری آب باران از سطوح پشت‌بام. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۲ (۴)، ۱۰۹-۱۲۲. **dor:**20.1001.1.24235970.1403.12.4.9.8

مهدوی، محمد (۱۳۸۳). هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۲۴ ص.

یونسی، مهدی، مشعل، محمود و یوسف گمرکچی، افشین (۱۴۰۱). برآورد تبخیر و تعرق واقعی گندم و کلزا با استفاده از الگوریتم سبال (مطالعهٔ موردی: ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسماعیل‌آباد استان قزوین). *اکوهیدرولوژی*، ۹(۳)، ۴۷۵-۴۸۷. **doi:**10.22059/ije.2022.339191.1609

References

Abedzadeh, S., Khashei suiki, A. & Abparvar, A. (2015). Comparison of the water required for home green spaces with rainwater harvested across different climates. *3rd International Conference on Water Harvesting and Watershed Management*, Birjand University. https://civilica.com/doc/919291/ [In Persian]

Adalatian, A., M. Ahmadian, A., Behniyafar, A., & Jahani Sani, M. (2018). Examining the probability of the villages' water use from rooftop aquifer basin (a case study of Razaviyeh division of Mashhad city). *Arid Regions Geographic Studies*, 8 (32), 16-35. https://jargs.hsu.ac.ir/article_161468.html [In Persian]

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.1.2]

Akter, A., & Rain, R. T. (2025). A study on harvesting rainwater by applying green roof. *Cleaner Water*, 100137. **doi:**10.1016/j.clwat.2025.100137

Alizadeh. A. (2006). *Principles of Applied Hydrology*. Astan Quds Razavi Publications, Mashhad. 942 pp. [In Persian]

Chow V. (1988). *Applied hydrology*, Mc Graw. Hill.

Christian Amos, C., Rahman, A., & Mwangi Gathenya, J. (2016). Economic analysis and feasibility of rainwater harvesting systems in urban and peri-urban environments: a review of the global situation with a special focus on Australia and Kenya. *Water*, 8(4), 149. **doi:**10.3390/w8040149.

Derakhshan, H., Zeraati, H., Khashei Suki, E. (2015). A rain water extraction for saving water consumption in agriculture. *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 2(4), 47-54. **dor:**20.1001.1.24235970.1393.2.4.2.1 [In Persian]

Ghahraman, B., & Abkhezr, H. (2004). Improvement in intensity-duration-frequency relationships of rainfall in Iran. *JWSS-Isfahan University of Technology*, 8(2), 1-14. **doi:**20.1001.1.24763594.1383.8.2.1.4 [In Persian]

Ghazavi, R. & Farahnakian, Z. (2024). The suitable method for rainfall hyetograph extracting in dry areas via hourly rainfall and under the climate change scenarios. *Journal of Ecohydrology*, 11(3), 355-373. **doi:**10.22059/ije.2024.383818.1844. [In Persian]

Hall, M. R. (2013). Review of rainwater tank cost-effectiveness in South East Queensland. *Urban Water Security Research Alliance Technical Report No. 105*. 44 pages

Hofman-Caris, R., Bertelkamp, C., de Waal, L., van den Brand, T., Hofman, J., van der Aa, R., & van der Hoek, J. P. (2019). Rainwater harvesting for drinking water production: a sustainable and cost-effective solution in the Netherlands. *Water*, 11(3), 511. **doi:**10.3390/w11030511.

Imteaz, M. A., Adeboy, O. B., Rayburg, S. & Shanableh A. (2012). Rainwater harvesting potential for southwest Nigeria using daily water balance Model. *Resources Conservation and Recycling*, 62, 51-55. **doi:**10.1016/j.resconrec.2012.02.007

Jahangiri, S., & Assareh, A. (2022). Feasibility of Rainwater Extraction from Roof Insulation Surfaces in Ahwaz weather conditions. *Climatology Research Institute*, 13(49), 163-176. https://clima.irimo.ir/article_152848.html [In Persian]

Joji, V.S, & Jacob, R. S. (2023). Traditional rainwater harvesting systems in the world. In traditional Rainwater Harvesting Structures. Cham: Springer Nature Switzerland. **doi:**10.1007/978-3-031-38028-0

Khazaei, M., Najafi, S. (2023). Investigation of the effect of micro-catchment rainwater harvesting systems on the amount of green water retention in the soil profile. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 17 (62), 41-49. **doi:** 10.22034/17.62.41 [In Persian]

Khosravi, A., Parvaresh Rizi, A. & Barati, R. (2022). Development of reverse hydraulic flood routing method in ephemeral rivers considering infiltration rate. *Water and Soil*, 35(6), 822-805. **doi:**10.22067/jsw.2022.73670.1116 [In Persian]

Londra, P. A., Kotsatos, I. E., Theotokatos, N., Theocharis, A. T., & Dercas, N. (2021). Reliability analysis of rainwater harvesting tanks for irrigation use in greenhouse agriculture. *Hydrology*, 8(3), 132. **doi:**10.3390/hydrology8030132.

Lopez, I., & Santiago, I. (2026). Mitigating urban flooding through residential rainwater harvesting using GIS and HEC-HMS. *Water*, 18(4), 487. **doi:**10.3390/w18040487.

Mahdavi, M. (2005). *Applied hydrology*. Tehran University Press, 324 pages. [In Persian]

Memarian, H. (2024). A Review on the reliability analysis of rainwater harvesting systems from rooftop catchments, *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 12(4), 109-122. **dor:**20.1001.1.24235970.1403.12.4.9.8 [In Persian]

Mohamadi, M., Mamizadeh, J & Ehsanzadeh, E. (2020). Comparison of statistical and empirical models in determining the intensity-duration-frequency rainfall curves (case study: Ilam City). *Irrigation and Water Engineering*, 11(1), 256-268. **doi:** 10.22125/iwe.2020.114969. [In Persian]

Mohamadlou, R., & Saud Hamad, M. (2025). A review of modern management and optimization of water consumption to combat the water scarcity crisis in Iran. *Journal of Rainwater Catchment Systems*, 13(4), 69-90. **doi:**20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 [In Persian]

Moradinejad, A., Karimie, M., Pourmatin, R., & Saberie, A. (2022). The use of rainwater in sloping lands for the cultivation of Damask rose. *Integrated Watershed Management*, 2(3), 31-43. **doi:**10.22034/iwm.2022.560245.1043 [In Persian]

Noriega, K.E.P., Jiménez, Y.G.A. & Moreno Chimely, L.C. (2026). Rainwater and atmospheric water harvesting systems as sustainable strategies for housing and architecture a systematic review. *Discover Sustainability*, 7, 773. **doi:**10.1007/s43621-026-03164-2

Parandin, M. A., Zolfaghari, H., & Fathnia. A. (2019). Rainwater Harvesting from Kermanshah City Roofs and Recognizing the Suitable Places for Water saving in Order to irrigate Urban Green Spaces, *Physical Geography Research Quarterly*,51(3),109, 483-496. **doi:**10.22059/jphgr.2019.271135.1007313 [In Persian]

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.1.2]

Prieto-Jiménez, D., Oviedo-Ocaña, E. R., Gómez-Isidro, S., & Domínguez, I. C. (2024). A multicriteria decision analysis for selecting rainwater harvesting systems in rural areas: A tool for developing countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 31, 42476-42491. **doi:**10.1007/s11356-024-33734-8.

Rashidi, M. H., Saghafian, B., & Sadeghian. M. S. (2013). Performance Evaluation of rainwater harvesting on the rooftops of residential buildings to enhance non-potable water demand in the coastal cities of Iran. *Scientific Quarterly Journal of Water Resources Engineering*, 6(19), 1-16, 2013. **dor:**20.1001.1.20086377.1392.6.19.1.3 [In Persian]

Roebuck, R M., Oltean-Dumbrava, C., & Tait, S. (2012). Can simplified design methods for domestic rainwater harvesting systems produce realistic water-savings and financial predictions?. *Water and Environmental Journal*, 26 (3), 352-360. **doi:**10.1111/j.1747-6593.2011.00295.x

Rostad, N., & Montalto, F. (2012). Rainwater harvesting: using urban roof runoff for residential toilet flushing. Metropolitan Sustainability Understanding and Improving the Urban Environment. *Woodhead Publishing Series in Energy*, 350-369. **doi:**10.1533/9780857096463.3.350

Rostad, N., Foti, R., & Montalto, F.A. (2016). Harvesting rooftop runoff to flush toilets: Drawing conclusions from four major U.S cities. *Resources, Conservation and Recycling*, 108, 97-106. **doi:**10.1016/j.resconrec.2016.01.009

Rostami Georgie, M., Shabanpour Kasgari, F., & Gholipour Gashniani, M. (2024). Feasibility of roof top rainwater harvesting potential (case study: Faculty of Arts and Architecture, University of Mazandaran). *Journal of Renewable and New Energy*, 11(2), 37-46. **doi:**10.22034/jrenew.2024.193130. [In Persian]

Sadoddin, A., Bai, M. & Naeimi, A. (2015). Technical and economic feasibility study of rooftop rainwater harvesting system) Case Study: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources). Journal of Water and Soil Conservation, 21(6), 27-50. **dor:**isc.ac/dor/20.1001.1.23222069.1393.21.6.2.7

Shokati, H., Sojoodi, Z. & Mashal, M. (2022). Optimization and feasibility of using rainwater harvesting systems in Ardabil. *Water and Soil*, 36(3), 351-363. **doi:**10.22067/jsw.2022.73460.1111. [In Persian]

United States Department of Agriculture. (1993). National Engineering Handbook, 623 p.

Younesi, M., Mashal, M. & Uossef Gomrokchi, A. (2022). Estimation of real evapotranspiration of wheat and rapeseed using SEBAL Algorithm (Case Study: Esmaeil abad agricultural research station in Qazvin Province). *Journal of Ecohydrology*, 9(3), 475-487. **doi:**10.22059/ije.2022.339191.1609. [In Persian]

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.3.1.2]