Shahid Chamran
University of Ahvaz

Irrigation Sciences and Engineering (JISE)
Vol. 46, No. 2, Summer 2023, p. 59-73
Journal homepage: https://jise.scu.ac.ir

Research Paper

EXTENDED ABSTRACT

Evaluating the Application of Automatic Flow Control Valves to Increase the Water Uniformity Distribution in the Drip Irrigation System in Sloping Lands and Modeling by EPANET Software
(Case Study: Barajin Park, Qazvin)

M. Fallah Morsali[1], H. Ramezani Etedali[2*], M. Bijankhan[3] and A. Mahdavi Mazdeh[4]

1- Master of Science in Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
2- Corresponding Author, Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. (Ramezani@eng.ikiu.ac.ir).*
3- Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
4- Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

ARTICLE INFO

Artlcle history:
Received: 30 September 2021
Revised: 7 April 2022
Accepted: 9 April 2022

Keywords:
Evaluation, Modeling, Water Distribution Uniformity.

TO CITE THIS ARTICLE:

Fallah Morsali, M., Ramezani Etedali, H., Bijankhan, M., Mahdavi Mazdeh, A. (2023). 'Evaluating the Application of Automatic Flow Control Valves to Increase the Water Uniformity Distribution in the Drip Irrigation System in Sloping Lands and Modeling by EPANET Software (Case Study: Barajin Park, Qazvin)', Irrigation Sciences and Engineering, 46(2), pp. 59-73. doi: 10.22055/jise.2022.38621.1991

Introduction

This study evaluated a drip-gravity irrigation system implemented in Barajin Park at the north of Qazvin province. In order to carefully examine the existing conditions of the field visit, the effective parameters in the evaluation were measured for all laterals in the selected section, including 13 laterals. The results showed that the water uniformity distribution was unacceptable due to the significant elevation difference. Note that no filtration system was used; hence, it was impossible to use a pressure regulating emitter (PC) because these emitters are sensitive to chemical and physical clogging. To improve the water distribution conditions, applications of 1) using flow control valves, 2) changing the diameter of the pipes, and 3) using two types of conventional drippers (Non-PC) with different scenarios and modeling in EPANET software were investigated.

Methodology

Barajin Park, located in Qazvin province, was considered the case study. The irrigation water was supplied by a pool constructed at the highest level of the irrigated area. The land slope of 20% made it almost impossible to achieve a desirable water uniformity distribution along the main pipe.

To evaluate the irrigation system's performance, pressure and flow rate data were measured by a digital pressure gauge and a one-inch flow meter, respectively. The number of trees on each lateral line was counted, and the length of the laterals was measured.

In the hydraulic laboratory of Imam Khomeini International University, two conventional emitters were tested at different compression intervals. The results of this experiment were then used in modeling scenarios.

EPANET software was used to model the irrigation system in different scenarios. This software can simulate the behavior of water flows in pressurized networks (Ramana et al., 2015). To model the irrigation system, the specifications of the reservoir, water transmission lines, manifold pipes, and laterals, which include the length, diameter of the pipes, and the elevation, were given as the input characteristics of the program.

Numerical models need to be calibrated to check the correspondence between the measured and simulated parameters. To compare the values measured and simulated by the EPANET model, statistical indices of root mean square error (RMSE), mean absolute error (MBE), and error percentage (NRMSE) were used.

Results and Discussion

The scenario of the existing conditions was evaluated in four cases; in the first case, the current performance was examined, and it was observed that the values of EU=58% and CU=71.48% were obtained. The system's efficiency in terms of evaluation criteria was in the weak range. In this case, a water loss of 0.5 l/s was observed.

In the second case, to investigate the effect of using a flow control valve (Zhang and Wang, 2015), two valves with capacities of 1.5 and 0.74 (lit/s) were located between laterals 11-10 and 6-5, respectively. The numerical simulation revealed that EU and CU values increased to 70% and 78.1%, respectively. Also, the water loss was reduced by 82% compared to the available condition.

In the third case, to investigate the effect of changing the diameter of pipes in improving the pressure distribution, the diameter of pipes based on the required flow rate of each section was changed telescopically by modeling in EPANET. In this case, the EU value of 67% and the CU value of 77.6% were obtained.

In the fourth case, the system was evaluated numerically by changing the diameter of the pipe and using a flow control valve.

The EU value increased to 71% and CU to 79.6%, reducing water loss by 43.5% compared to the available condition. In general, comparing this case with the previous three cases, it was found that using the flow control valve and changing the diameter of pipes would result in a more favorable effect on efficiency increase.

The second scenario, which uses a typical type 1 dropper, was examined in four cases, as in the previous scenario. In conditions without the flow control valve, the value of EU was 31%, and CU was 49.2%, with a water loss of 0.57 l/s. In the second case, to investigate the effect of using a flow control valve, the location of two valves with capacities of 1.19 and 0.58 (lit/s) were determined by modeling in EPANET software. It was found that the EU value increased to 49% and CU to 72.2%, which reduced the water loss by 78.9% compared to the previous case. In the third case, the diameter of the pipes was changed telescopically by modeling in EPANET. In this case, the system's operating conditions were more favorable in terms of evaluation criteria. In the fourth case, the evaluation of the system was examined by changing the diameter of pipes and using a flow control valve. Two valves with capacities of 1.19 and 0.58 l/s were modeled in EPANET. EU value increased to 72% and CU to 81%.

In the third scenario, which uses a typical type 2 emitter, numerical results revealed similar results as what was found for the type 1 emitter. Hence, applying the flow control valve resulted in improving the water uniformity distribution.

In general, it was found that the flow control valve was a brilliant choice to increase the water uniformity in sloping areas. Numerical simulations must determine the location of the valves and their discharge characteristics.

Acknowledgment

The authors would like to gratefully acknowledge the support of the Iran National Science Foundation, INSF. The project was granted under the ID number 99027971.

References

1- Ramana, G.V., Sudheer, C.V. and Rajasekhar, B., 2015. Network analysis of water distribution system in rural areas using EPANET. *Procedia Engineering*, *119*, pp.496-505.

2- Zhang, X. and Wang, D., 2015. A flow control device for incompressible fluids. *Flow Measurement and Instrumentation*, *41*, pp.165-173.

© 2023 Shahid Chamran Universiry of Ahvaz, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

علوم و مهندسی آبیاری **جلد ٤٦، شماره‌ی۲، تابستان ١٤٠٢، مقاله پژوهشی، ص. ۷۳-۵۹**

ارزیابی کاربرد شیرهای خودکار تنظیم دبی برای افزایش یکنواختی توزیع آب در سامانه آبیاری قطره‌ای در اراضی شیبدار و مدل‌سازی به وسیله نرم‌افزار EPANET (مطالعه موردی: بوستان باراجین قزوین)

مرضیه فلاح مرسلی[1] ، هادی رمضانی اعتدالی[2*]، محمد بی‌جن‌خان[3] و علی مهدوی مزده[4]

۱- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران.

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران. Ramezani@eng.ikiu.ac.ir

۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران.

۴- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران.

دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۰۸ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۱/۱۸ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۰

چکیده

سامانه‌های آبیاری تحت فشار به شکل گسترده‌ای مورد توجه مسئولین و بهره‌برداران قرار دارند. در اراضی شیب‌دار طراحی، اجرا و بهره‌برداری از این سامانه‌ها با مشکلاتی همراه است. در این پژوهش بخشی از سامانه آبیاری قطره‌ای- ثقلی اجرا شده در بوستان باراجین شهر قزوین که دارای شیب حدود ۲۰ درصد است مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای بررسی دقیق شرایط موجود، بازدید میدانی انجام شده و پارامترهای موثر در ارزیابی برای تمامی لترال‌های موجود در پایلوت انتخاب شده، شامل ۱۳ عدد لترال دو طرفه، اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که به‌دلیل اختلاف رقوم قابل توجه، یکنواختی توزیع آب در حد غیرقابل قبول می‌باشد و همچنین سامانه آبیاری مورد مطالعه بدون تکیه بر ایستگاه پمپاژ و با استفاده از اختلاف رقوم بین استخر و اراضی پایین‌دست به‌صورت ثقلی آبیاری می‌شود، بنابراین به‌دلیل عدم وجود تجهیزات فیلتراسیون امکان استفاده از قطره‌چکان تنظیم‌کننده فشار (PC) نیست، زیرا این قطره‌چکان‌ها نسبت به گرفتگی‌های شیمیایی و فیزیکی حساس می‌باشند، بنابراین برای بهبود شرایط پخش آب استفاده از شیر کنترل دبی، تغییر قطر لوله‌ها و استفاده از دو نوع قطره‌چکان غیرتنظیم کننده فشار (Non PC) با طرح سناریوهای متفاوت و مدل‌سازی در نرم‌افزار EPANET بررسی شد. نتایج به‌دست آمده از ارزیابی کارکرد فعلی سامانه آبیاری، بدون شیر کنترل دبی نشان داد که راندمان سامانه از نظر معیارهای ارزیابی در محدوده ضعیف می‌باشد که در صورت استفاده از شیر کنترل دبی افزایش یافته، یکنواختی پخش آب از ۵۸ به ۷۰ درصد افزایش می‌یابد.

کلید واژه ها: آبیاری تحت فشار، قطره‌چکان معمولی، یکنواختی پخش آب.

مقدمه

امروزه استفاده از سامانه‌های نوین آبیاری هم‌چون آبیاری قطره‌ای در راستای صرفه‌جویی مصرف آب توسعه یافته است. همچنین توجه نکردن به بحث ارزیابی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای برای شناسایی مسائل و مشکلات موجود، باعث بروز برخی اشکالات مانند کاهش میزان راندمان های آبیاری، کارکرد نادرست سامانه و عملکرد بسیار ضعیف شده است. لذا ارزیابی و بررسی مشکلات سامانه آبیاری قطره‌ای حائز اهمیت می‌باشد، تا با انجام آن بهره‌برداران علت کاهش راندمان را یافته و به دنبال راهکاریی برای رفع مشکل باشند.

اگرچه سامانه‌های آبیاری قطره ای از سطح بالای تکنولوژی برخوردار هستند، اما عملکرد آن‌ها همواره قابل قبول نیست. بدین منظور برای دستیابی به بالاترین راندمان این سامانه‌ها همواره مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند (Khorami and Ansari, 2019).

ارزیابی یک ابزار مدیریتی است که این امکان را می‌دهد تا بتوان محدودیت‌ها را با تغییرات ناچیز کم کرده و بهترین عملکرد را به‌وجود آورد (Qasemzadeh mojaveri, 1991).

Khorami و Ansari (2019) به ارزیابی کارآیی و عملکرد سامانه آبیاری قطره‌ای فضای سبز شهری پرداخته و در ارزیابی این سامانه آبیاری از معیارهای یکنواختی ریزش آب (EU)، یکنواختی آماری دبی خروجی (US)، پتانسیل راندمان کاربرد آب در چارک پایین (PELQ) و راندمان کاربرد آب در چارک پایین (AELQ) استفاده کرده‌اند. طی ارزیابی انجام شده دریافتند که اولین مسئله‌ای که در مورد این سیستم مشهود است، عدم یکنواختی و تغییرات دبی بالای قطره‌چکان‌ها است. یکنواختی پخش برای این سیستم ۶۲/۷ به‌دست آمد که با توجه به

معیارهای ارزیابی، راندمان کل سیستم ضعیف می‌باشد. پیشنهادهایی برای بهبود کارکرد سامانه و افزایش راندمان ارائه شد که از جمله آن‌ها می‌توان به آموزش نحوه بهره‌بردای از سامانه و برنامه آبیاری به بهره‌بردار،کاهش تلفات آبیاری با استفاده از شیر قطع و وصل برای قسمت‌هایی که گیاه کاشته نشده و نیازی به آبیاری ندارد، نصب شیر تخلیه هوا در محل مناسب برای جلوگیری از لرزش لوله‌های موجود در حوضچه، جلوگیری از هوادهی قطره چکان‌ها در ابتدای کار و استفاده از قطره چکان های مناسب‌تر اشاره کرد.

Noshadi و Qaemi (2012) به‌منظور ارزیابی فنی سیستم های آبیاری قطره‌ای در استان فارس ۱۲۴ باغ و مزرعه که از تنوع اقلیمی مختلفی برخوردار بودند را مورد بررسی قرار دادند. درارزیابی از معیارهای یکنواختی ریزش آب (EU)، ضریب یکنواختی (CU)، پتانسیل راندمان کاربرد آب در چارک پایین (PELQ) و راندمان کاربرد آب در چارک پایین (AELQ) استفاده کردند.

در صورتی که با انجام ارزیابی سامانه آبیاری قطره‌ای-ثقلی مشخص شود عدم توزیع یکنواخت فشار علت اصلی راندمان پایین های تنظیم کننده فشار، تغییر قطر لوله‌ها و استفاده از ابزارهای تعدیل‌کننده فشار ارائه داد. سازه‌های تنظیم کننده جریان با ساختار و ویژگی‌های منحصر به فرد خود و با تکیه بر خاصیت هیدرولیکی این توانایی را دارند که در یک شبکه آبیاری با توجه به هدف طرح میزان افت را تا حد موردنیاز کاهش یا افزایش دهند و به این وسیله، میزان عبور جریان در سیستم را کنترل نمایند. روش‌ها و سازه‌های گوناگونی برای اندازه‌گیری دبی در شبکه‌های آبیاری وجود دارد. شیر تنظیم دبی یکی از اجزای اصلی در طراحی، تنظیم و عملیات یک سیستم لوله بسته است (Rahmeyer and Driskell, 1985).

یکی از ابزارهایی که می‌توان برای کنترل میزان جریان عبوری از یک لوله استفاده کرد شیرهای خودکار کنترل دبی هستند. Zhang و Wang (2015) برای اولین بار اصول اساسی طراحی نوعی از شیر کنترل دبی را ارائه دادند که به‌صورت خودکار دبی عبوری از آن را تقریباً ثابت نگه می‌دارد.

شیر کنترل دبی سازه‌ای است که به تغییرات فشار در بالادست و پایین‌دست شبکه حساس نیست و توانایی این را دارد که همواره دبی تقریباً ثابتی را از خود عبور دهد. شیر کنترل دبی می‌تواند برای تقسیم عادلانه‌ی آب در بین اراضی کاربرد فراوانی داشته باشد (Mehri and Bijankhan, 2019) .

Mehri و Bijankhan (2019) به‌صورت آزمایشگاهی به بررسی عملکرد شیرهای کنترل دبی پنج و ۱۰ لیتر در ثانیه پرداختند. نتایج حاصل نشان داد که شیر کنترل دبی می‌تواند با دقت مطلوبی علی‌رغم تغییرات فشار، دبی تقریباً ثابتی را تحویل دهد. به لحاظ هیدرولیکی عامل اصلی ثابت ماندن دبی در شیرهای کنترل، تغییرات هوشمند افت متناسب با افزایش یا کاهش اختلاف فشار در خط انتقال اعلام شد.

امروزه استفاده از نرم‌افزارهای مدل سازی به‌منظور شبیه‌سازی هیدرولیکی جریان در شبکه‌های توزیع آب توسعه یافته است. استفاده از نرم‌افزارهای رایانه‌ای مانند EPANET به‌منظور مدل‌سازی و شبیه‌سازی جریان در شبکه‌های توزیع آب، نقش موثری در ارزیابی و مدیریت سامانه‌ها ایفا می‌کند.

نرم‌افزار EPANET شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی و کیفیت آب را در شبکه‌های لوله تحت فشار انجام می‌دهد. در این نرم‌افزار، یک شبکه از لوله‌ها، گره‌ها (اتصالات لوله)، پمپ‌ها، شیرها و مخازن ذخیره‌سازی تشکیل شده است، این نرم‌افزار جریان آب در هر لوله، فشار در هر گره، ارتفاع آب در هر مخزن و غلظت یک گونه شیمیایی را در سراسر شبکه ردیابی می‌کند. این ابزار تحقیقاتی برای درک حرکت آب در سیستم‌های توزیع طراحی شده است و می‌توان از آن برای انواع مختلفی از برنامه‌های کاربردی در تجزیه و تحلیل سیستم‌های توزیع استفاده کرد (Ramana et al., 2015).

معادله‌های حاکم در نرم‌افزار EPANET که به منظور طراحی شبکه آبرسانی استفاده می‌گردد، معادله‌های پیوستگی و اندازه حرکت طبق رابطه (۱) و (۲) می‌باشد.

$$div\ \rho V + \frac{d\rho}{dt} = 0 \qquad (۱)$$

$$\frac{d}{dl}(P + \gamma Z) = \frac{32\rho v\, V}{D^2} \qquad (۲)$$

در این روابط، P فشار وارد بر سیال (پاسکال)، v لزجت سینماتیک جریان (متر مربع بر ثانیه)، Vسرعت متوسط سیال (متر بر ثانیه)،D قطر لوله (متر) و γ وزن مخصوص سیال (کیلوگرم برمترمکعب) است.

در نرم‌افزار EPANET برای محاسبه افت فشار از سه فرمول هیزن ویلیامز، دارسی ویسباخ و شزی-مانینگ استفاده می‌شود که مناسب‌ترین آن برای شبکه‌های توزیع فرمول هیزن ویلیامز می‌باشد، که طبق رابطه (۳) می‌باشد.

$$h_l = 10/7LD^{-4.87}\,(\frac{Q}{C})^{1.85} \qquad (۳)$$

در رابطه (۳)، C ضریب زبری لوله، L طول لوله (متر)، D قطر لوله (متر)، Q دبی جریان (متر مکعب برثانیه) و h_l افت ارتفاع (متر) می‌باشد (Farzin et al., 2018).

از مزایای اساسی EPANET برای استفاده در تجزیه و تحلیل شبکه‌ها می‌توان به این موارد اشاره کرد، نرخ جریان در شبکه با استفاده از روش خطی به‌دست می‌آید و توانایی در نظر

گرفتن تلفات جزئی در گره‌ها، اتصالات و غیره را دارد (Ramana et al., 2015).

Ghaderi et al. (2012) سامانه آبیاری تحت فشار به مساحت ۱۵ هکتار را در شهر میناب استان هرمزگان به وسیله نرم‌افزار EPANET شبیه‌سازی کردند و با هدف رسیدن به وضعیت مطلوب هیدرولیکی به بررسی سامانه پرداختند. آن‌ها طی نتایج به‌دست آمده قطر و طول بهینه را با توجه به فشار مورد نیاز برآورد نمودند و پس از بررسی به این نتیجه رسیدند که با انجام بهینه‌سازی قطر و طول لوله‌ها هزینه کل سامانه ۲۵/۵ درصد کاهش میابد.

طرح مورد مطالعه قسمتی از سامانه آبیاری بوستان باراجین بوده که به‌دلیل شرایط توپوگرافی، اختلاف ارتفاع بین بالادست و پایین‌دست زیاد بوده و سامانه آبیاری بدون تکیه بر ایستگاه پمپاژ، با استفاده از اختلاف رقوم بین استخر و اراضی پایین‌دست به‌صورت ثقلی آبیاری می‌شود. به‌دلیل عدم وجود تجهیزات فیلتراسیون امکان استفاده از قطره‌چکان تنظیم‌کننده فشار (PC) نیست، زیرا این قطره‌چکان‌ها نسبت به گرفتگی‌های شیمیایی و فیزیکی حساس می‌باشند، بنابراین برای بهبود کارکرد سامانه به‌دنبال راهکاری بوده تا یکنواختی توزیع آب افزایش یابد.

سامانه‌های آبیاری تحت فشار که در اراضی شیب‌دار اجرا می‌شوند بدلیل تغییرات قابل توجه فشار منجر به توزیع غیریکنواخت آب، هدررفت آب و بروز مشکلات مدیریتی خواهد شد. در تحقیق حاضر برای اولین بار استفاده از شیرهای خودکار کنترل دبی برای افزایش یکنواختی پخش آب مورد استفاده قرار گرفته است. از نظر عملی زمانی‌که امکان استفاده از سامانه‌های فیلتراسیون میسر نباشد و آب آبیاری مستقیماً از استخر تامین شود ترکیبی از شیرهای خودکار کنترل دبی و قطره‌چکان‌های غیر تنظیم کننده فشار سامانه‌ای با یکنواختی توزیع آب بسیار قابل‌قبول را تشکیل خواهد داد. لذا با در نظر گرفتن قطره‌چکان‌های غیرتنظیم شونده فشار در اراضی شیب‌دار، نسبت به ارزیابی سناریوهای متفاوت، توسط بازدید میدانی و مدل‌سازی عددی اقدام شد. در این راستا کاربرد شیر کنترل دبی و اثر استفاده از آن به‌همراه قطره‌چکان‌های غیرتنظیم شونده فشار در اراضی شیب‌دار در افزایش یکنواختی توزیع آب بررسی شد

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

طرح مورد مطالعه قسمتی از سامانه آبیاری قطره‌ای بوستان باراجین شهر قزوین است. این طرح در محدوده طول و عرض جغرافیایی ۴۱۶۹۲۳ و ۴۰۲۲۶۹۷ واقع گردیده است. درختان موجود در طرح مورد مطالعه غیر مثمر و سوزنی برگ می‌باشند. آبیاری قطره‌ای در این منطقه بدون استفاده از پمپ و در جهت شیب زمین با استفاده از اختلاف رقوم بین استخر و اراضی پایین‌دست به‌صورت ثقلی صورت می‌گیرد. زمین دارای شیب شمال-جنوب ۲۰ درصد می‌باشد. آب به‌وسیله لوله پلی‌اتیلن به قطر۱۱۰ میلی‌متر به طول ۱۶۳ متر از استخر طرح به یک لوله فرعی منتقل می‌شود. لوله فرعی به‌صورت تلسکوپی بوده و از لوله پلی اتیلن ۶۳، ۵۰ و ۴۰ تشکیل شده است. مانیفولد متصل به لوله فرعی از دو قطر۴۰ و ۳۲ میلی‌متر تشکیل شده که در ابتدا ۵۸/۲ متر لوله ۴۰ و در انتها ۱۳/۲ متر لوله با قطر ۳۲ میلی‌متر می‌باشد. آب توسط مانیفولد به لترال‌های ۱۶ میلی‌متری که به‌صورت دو طرفه منشعب شده است منتقل و در نهایت از گسیلنده‌های موجود که قطره چکان‌هایی ازنوع معمولی می‌باشند خارج می‌شود.

شکل (۱) تصویر ثبت شده از موقعیت طرح را در برنامه Google Earth نشان می‌دهد.

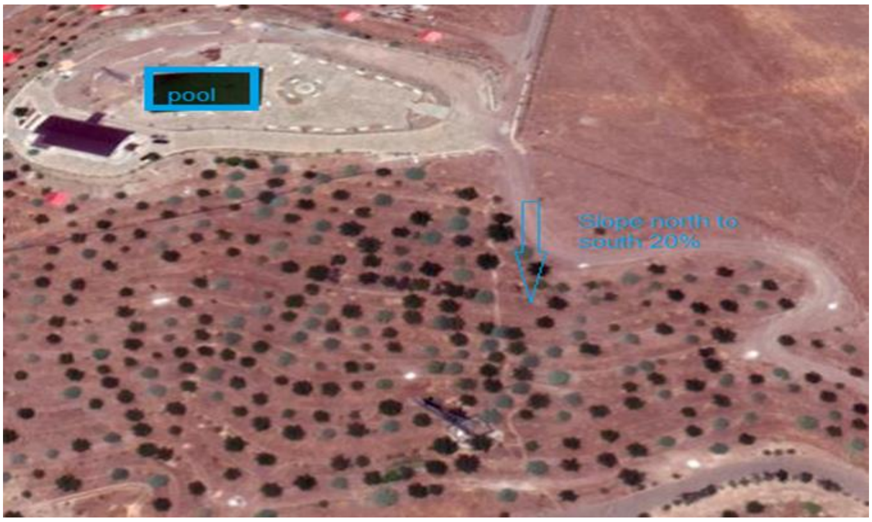


Fig. 1- Location of the study plan in Google Earth

شکل ۱- موقعیت طرح مورد مطالعه در Google Earth

داده‌برداری میدانی

داده‌های فشار و دبی لترال‌ها توسط ادوات اندازه‌گیری شد که طبق شکل (۲) شامل، (A) کنتور یک اینچ و (B) فشارسنج دیجیتال می‌باشد. تعداد درختان برروی هر یک از خطوط لترال شمارش و طول لترال‌ها اندازه‌گیری شد. رقوم ارتفاعی مربوط به نقاط به وسیله اطلاعات داده‌برداری شده توسط دستگاه GPS و خروجی آن اطلاعات در Google Earth به‌دست آمد. در جدول (۱) داده‌های ثبت شده از بازدید میدانی درج شده است.

قطره‌چکان‌ها و دبی مورد نیاز

محاسبه افت فشار و به ویژه افت اصطکاکی در طراحی لوله‌های سامانه آبیاری قطره‌ای از اهمیت خاصی برخوردار است و در صورت محاسبه صحیح افت، راندمان کاربرد آب و همچنین یکنواختی توزیع در سامانه افزایش می‌یابد. بنابراین با استفاده از معادله تجربی هیزن ویلیامز که نسبت به سایر معادله‌های تجربی دقیق‌تر می‌باشد، می‌توان افت در خطوط لوله محاسبه کرده و قطر لوله‌ها با توجه به سرعت بهینه و همچنین رعایت کلیه مسائل اقتصادی در نظر گرفت. برای رفع نیاز آبی درختان موجود در طرح به ازای هر درخت دو عدد قطره چکان هشت لیتر بر ساعت نیاز است، بنابراین دبی مورد نیاز کل سامانه ۱/۷ لیتر بر ثانیه می‌باشد. برای طراحی صحیح سامانه آبیاری مورد مطالعه باتوجه به نیاز آبی درختان موجود پارامترهای هیدرولیکی محاسبه گردید و قطر لوله‌ها براساس مقدار دبی مورد نیاز هر بخش به‌صورت تلسکوپی طراحی گردید در جدول (۲) مشخصات هیدرولیکی هر بخش مشخص گردیده است.

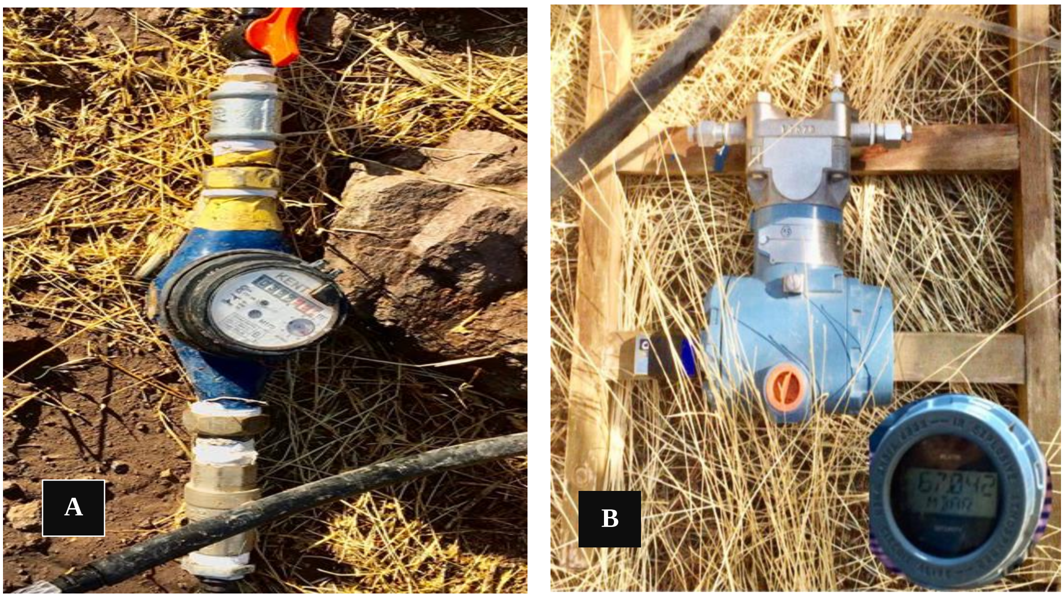


Fig. 2- (A) One-inch meter and (B) digital barometer
شکل ۲- (A) کنتور یک اینچ و (B) فشارسنج دیجیتال

جدول ۱- داده‌های ثبت شده از بازدید میدانی
Table 1- Recorded data from field visits

No	Number of trees	Measured flow rate(lit/s)	Measured pressure(m)	Elevation (m)	Lateral length(m)
1	35	0.33	8.81	1586	102
2	39	0.24	8.41	1587	105
3	34	0.18	8.53	1587.5	93
4	23	0.17	6.5	1589.5	66
5	36	0.3	4.17	1591.5	103
6	32	0.17	4.98	1591.5	99
7	34	0.14	3.69	1593	93
8	34	0.2	2.26	1595	100
9	33	0.14	0.81	1597	92
10	23	0.17	1.12	1597.5	86
11	22	0.05	1.64	1598	58
12	18	0.08	0.84	1599.5	57
13	18	0.04	0.85	1600.5	56

جدول۲- مشخصات هیدرولیکی سامانه براساس معیارهای اصول طراحی

Table 2 - Hydraulic specifications of the system based on the criteria of design principles

Row	D	d	Q	the length	Coefficient	Hf	V	height difference	End pressure	First pressure
Unit	(mm)	(mm)	Lit / s	(m)	-	(m)	m/s	(m)	(m)	(m)
Lateral 1	16	12.4	0.16	50	0.36	3.7	1.3	0	4.79	7.56
1-2	16	12.4	0.16	4	0.36	0.3	1.3	-1	7.56	7.29
2-3	20	16.4	0/34	9/18	0.36	0.7	1.6	-0.5	7.29	7.56
3-4	25	21.4	0.49	5.2	0.36	0.2	1.4	-2	7.56	6.72
4-5	25	21.4	0.59	5.2	0.36	0.3	1.6	-2	6.72	5.94
5-6	32	28.2	0.75	6.4	0.36	0.2	1.2	0	5.94	6.05
6-7	32	28.2	0.89	4.7	0.36	0.2	1.4	-1.5	6.05	5.42
7-8	32	28.2	1.04	5.5	0.36	0.2	1.7	-2	5.42	4.60
8-9	40	35	1.19	5.5	0.36	0.1	1.2	-2	4.6	3.68
9-10	40	35	1.34	5.5	0.36	0.1	1.4	-0.5	3.68	3.53
10-11	40	35	1.44	7	0.36	0.2	1.5	-0.5	3.53	3.42
11-12	40	35	1.54	6.6	0.36	0.2	1.6	-1.5	3.42	2.83
12-13	40	35	1.62	6.6	0.36	0.2	1.7	-1	2.83	2.5
13-C	40	35	1.7	16	1	1.7	1.8	-0.5	2.5	3.67
C-B	50	45	1.7	7	1	0.2	1.1	-1	3.67	2.89
B-A	63	57.2	1.7	1	1	0	0.7	-1	2.89	1.9
A-P	110	100	1.7	163	1	0.1	0.2	-2	1.9	0

مطالعه‌های آزمایشگاهی

در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) دونمونه قطره‌چکان غیرتنظیم کننده فشار، تحت بازه‌های فشار مختلف مورد آزمایش قرار گرفتند. در شکل (۳)، (A) قطره‌چکان نوع یک و (B) قطره‌چکان نوع دو می باشد.

آزمون قطره‌چکان نوع اول با نصب شش عدد قطره‌چکان روی یک لوله ۱۶ میلی‌متری و قرار دادن تحت بازه‌های فشار ۰/۷۵ تا ۱۰/۷۳ متر انجام شد. آزمون قطره‌چکان نوع دوم با نصب سه عدد قطره‌چکان بر روی یک لوله ۱۶ میلی‌متری و قرار دادن تحت بازه‌های فشار ۱/۱۳ تا ۱۰/۸۹ متر انجام شد.

با جمع آوری آب خروجی از قطره‌چکان‌ها به‌وسیله سطل، طی زمان و فشار مشخص، وزن آب به‌وسیله ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد و دبی محاسبه گردید.

با ترسیم نمودار دبی و فشار در برنامه اکسل (Excel) منحنی دبی- فشار قطره‌چکان‌های آزمون شده به‌دست آمد که طبق شکل (۴)، (A) منحنی دبی- فشار قطره‌چکان نوع یک و (B) منحنی دبی- فشار قطره‌چکان نوع دو را نشان می‌دهد.

مدل‌سازی هیدرولیکی

برای مدل‌سازی سامانه آبیاری در نرم‌افزار مشخصات مربوط به مخزن، خطوط انتقال آب، لوله مانیفولد و لترال‌ها که شامل متراژ، قطر لوله‌ها و رقوم ارتفاعی می‌باشد که در مشخصه‌های ورودی برنامه ثبت شده است.

واسنجی مدل EPANET

مدل‌های عددی به‌منظور بررسی تطابق بین پارامترهای اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده احتیاج به واسنجی دارند. برای مقایسه مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده به‌وسیله مدل‌ها، از شاخص‌های آماری ریشه متوسط مربعات خطا (RMSE)، میانگین خطای مطلق (MBE) و درصد خطا (NRMSE) استفاده می‌شود که طبق رابطه‌های (۴)، (۵) و (۶) می‌باشد (Bazkiaee et al., 2020).

$$RMSE = \left\{\left[\sum (\mathrm{C_i} - \mathrm{M_i})^2\right]/n\right\}^{1/2} \tag{۴}$$

$$MBE = \left[\sum (C_i - M_i)\right]/n \tag{۵}$$

$$NRMSE = (RMSE/\bar{M}) \times 100 \tag{۶}$$

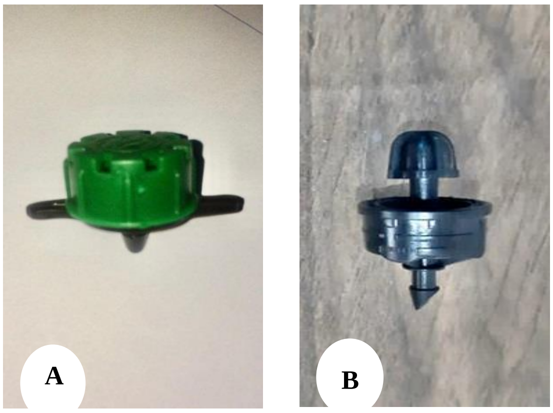
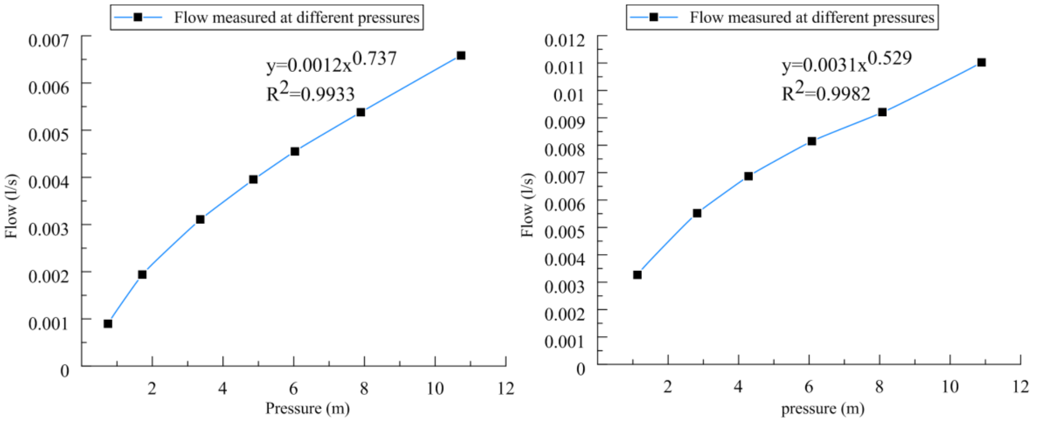


Fig. 3- (A) Type 1 dropper and (B) Type 2 dropper
شکل ۳- (A) قطره‌چکان نوع یک و (B) قطره‌چکان نوع دو



(A) **(B)**

Fig. 4- (A) flow curve - dripper pressure type 1 and (B) flow curve - pressure dripper type 2
شکل ٤- (A) منحنی دبی- فشار قطره‌چکان نوع یک و (B) منحنی دبی- فشار قطره‌چکان نوع دومطالعه‌های ارزیابی

در ارزیابی سامانه آبیاری از معیارهای یکنواختی پخش آب (EU) و ضریب یکنواختی پخش(CU) استفاده شده است.

یکنواختی پخش آب شاخصی است که مشکلات پخش آب در مزرعه را نشان می‌دهد. یکنواختی پخش با استفاده از معادله پیشنهادی کلر و کارملی از رابطه (۷) به‌دست می‌آید (Alizade. 2012). در رابطه زیر Qn میانگین کمترین ربع دبی لترال‌ها (لیتر برثانیه) و Qavg دبی متوسط لترال‌ها (لیتر برثانیه) است.

$$EU = [Q_n/Q_{avg}] \times 100 \qquad (۷)$$

طبق ضوابط عمومی مقادیرEU برای یک سامانه آبیاری قطره ای که کارکردی برابر یک سال یا بیشتر داشته باشد مطابق جدول (۳) می‌باشد (Merriam and Keler. 1978).

ضریب یکنواختی (CU) معیاری است که بر اساس آن می‌توان تعیین کرد که آب چگونه در سطح مزرعه پخش شده است.

$$CU = \left[1 - \frac{\sum |Q_i - Q_{avg}|}{\sum Q_i}\right] \times 100 \qquad (۸)$$

مقادیر توصیه شده مناسب برای این شاخص (۸۳ تا ۹۱ درصد) می‌باشد.

در این پژوهش بررسی تأثیر استفاده از شیر کنترل دبی در افزایش یکنواختی توزیع آب در سه سناریو بررسی شد که مطابق جدول (۴) می باشد.

در سناریو (۱) بررسی و ارزیابی سامانه با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده توسط بازدید میدانی شروع شد، تا در ابتدا، شرایط فعلی بهره‌برداری را که سامانه با طراحی نامناسب و قطره‌چکان‌های نصب شده که ازنوع غیر تنظیم‌شونده فشار بودند، مورد ارزیابی قرار گیرد و همچنین قابل ذکر است که در بازدید میدانی مشاهده شد، در برخی لترال‌ها قطره‌چکان‌ها شکسته و یا از جا درآمده بودند. برای بررسی تاثیر استفاده از شیر کنترل دبی، ابتدا سامانه آبیاری با همان شرایط ثبت شده از بازدید میدانی، در نرم-

افزار EPANET مدل‌سازی شد و سپس با جانمایی شیر کنترل دبی مورد ارزیابی قرار گرفت.

برای بررسی تغییر قطر لوله‌ها در بهبود راندمان، این بار سامانه با همان شرایط اولیه و فقط تغییر قطر لوله‌ها در برخی خطوط، مدل‌سازی شد و برای بررسی تاثیر استفاده از شیر کنترل دبی در این حالت، سامانه با تغییر قطر و جانمایی شیرکنترل دبی مدل‌سازی و مورد ارزیابی قرار گرفت.

ارزیابی در سناریو (۲) و (۳)، با استفاده از نتایج به‌دست آمده از آزمایش دو نوع قطره‌چکان غیر تنظیم کننده فشار شروع شد تا در ابتدا تاثیر استفاده از قطره‌چکان با شرایط یکسان برای تمامی لترال‌ها، بدون شکستگی و ازجا درآمدگی بررسی شود و سپس با جانمایی شیر کنترل دبی، روند بهبود راندمان سامانه ارزیابی شد و همچنین برای بررسی تغییر قطر لوله‌ها در بهبود راندمان، تغییر قطر در مدل اعمال و ارزیابی انجام شد. در آخر تاثیر استفاده از این دو نوع قطره‌چکان، باتغییر قطر و جانمایی شیرکنترل دبی مدل‌سازی و ارزیابی انجام شد.

جدول۳- معیار راندمان سامانه آبیاری قطره‌ای

Table 3- Drip irrigation system efficiency criterion

EU	70% -80%	80% -90%	> 90%
Water distribution uniformity	Medium	Good	Excellent

جدول٤- مشخصات سناریوها

Table 4- Specifications of scenarios

scenario	Modes	Explanation
1	1	Current situation
	2	Current status with flow control valve
	3	Current situation with changing the diameter of some pipes
	4	Change the diameter of some pipes with a flow control valve
2	1	Using type1 non pc emitter
	2	with flow control valve Using type1 non pc emitter
	3	Using type1 non pc emitter with changing the diameter of some pipes
	4	Change the diameter of some pipes with a flow control valve
3	1	Using type2 non pc emitter
	2	Using type2 non pc emitter with flow control valve
	3	Using type2 non pc emitter with changing the diameter of some pipes
	4	Change the diameter of some pipes with a flow control valve

نتایج و بحث

واسنجی نرم‌افزار EPANET با استفاده از داده‌های ثبت شده از بازدید میدانی و مدل‌سازی کارکرد سامانه آبیاری بوستان باراجین در شرایط فعلی برای واسنجی نرم‌افزار، تطابق داده‌های فشار ودبی ثبت شده از بازدید میدانی با داده‌های ثبت شده از مدل‌سازی در نرم‌افزار بررسی گردید. در نمودار شکل‌های (۵) و (۶) محور y پارامتر فشار و دبی را در دو حالت ثبت شده از بازدید میدانی و پیش‌بینی شده توسط نرم‌افزار و محور x اختلاف ارتفاع هر یک از ۱۳ عدد لترال را نسبت به مخزن نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود نرم‌افزار به خوبی این مقادیر را پیش‌بینی نموده است. همچنین از طریق محاسبه شاخص‌های آماری ریشه متوسط مربعات خطا (RMSE)، میانگین خطای مطلق (MBE) و درصد خطا (NRMSE) انجام شد، مقادیر این پارامترها در جدول (۵) نشان داده شده است. همچنین بررسی رگرسیون ساده خطی بین پارامترهای اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده انجام شد که به تفکیک پارامترهای دبی و فشار در شکل‌های (۷) و (۸) مشخص گردیده است.

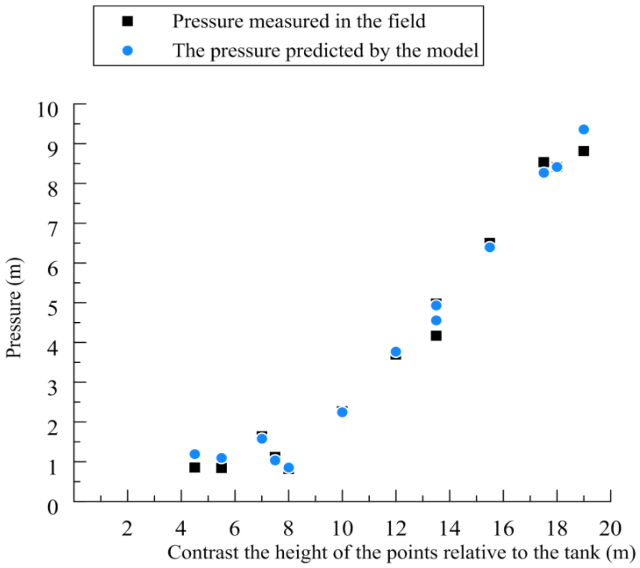


Fig. 5- Values of measured and predicted pressures versus height difference

شکل ۵- مقادیر فشارهای اندازه‌گیری شده و مدل‌سازی شده در مقابل اختلاف ارتفاع

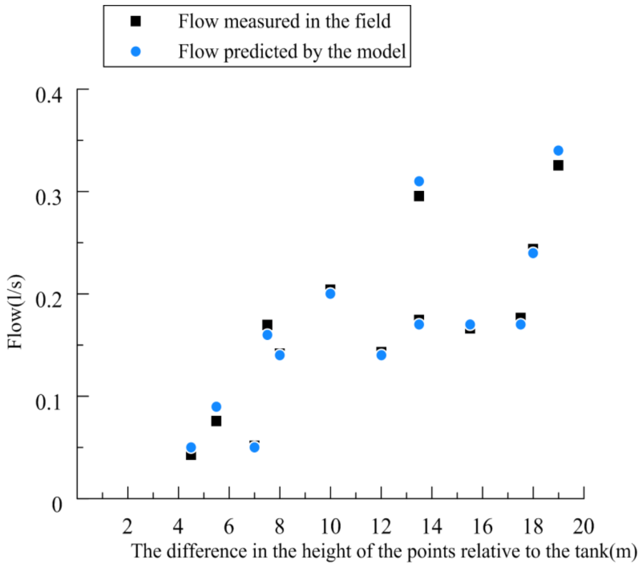


Fig. 6- Values of measured and predicted flow rates versus height difference

شکل ٦- مقادیر دبی‌های اندازه‌گیری شده و مدل‌سازی شده در مقابل اختلاف ارتفاع

جدول۵- مقادیر متوسط مربعات خطا (RMSE)، میانگین خطای مطلق (MBE) و درصد خطا (NRMSE)

Table 5- Values (RMSE), (MBE) and (NRMSE)

Parameter	RMSE	MBE	NRMSE(%)
Pressure(m)	0.295	0.082	7.30
Flow(lit/s)	0.005	0.00147	3.12

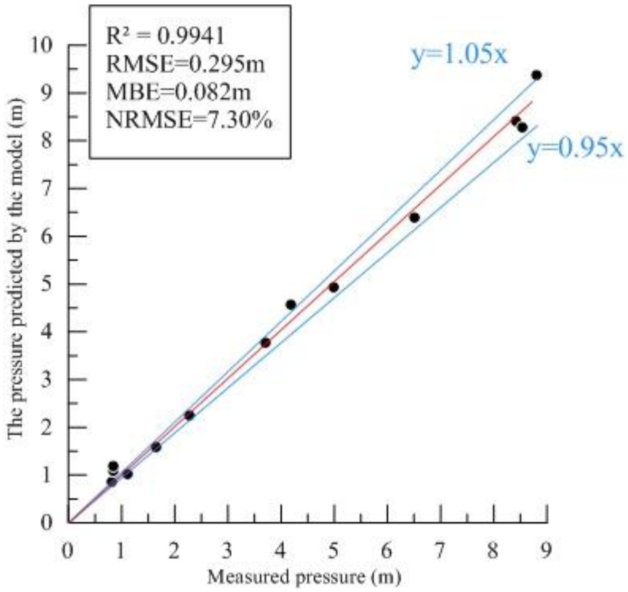


Fig. 7- Values of measured and predicted pressures

شکل ۷- مقادیر فشارهای اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده

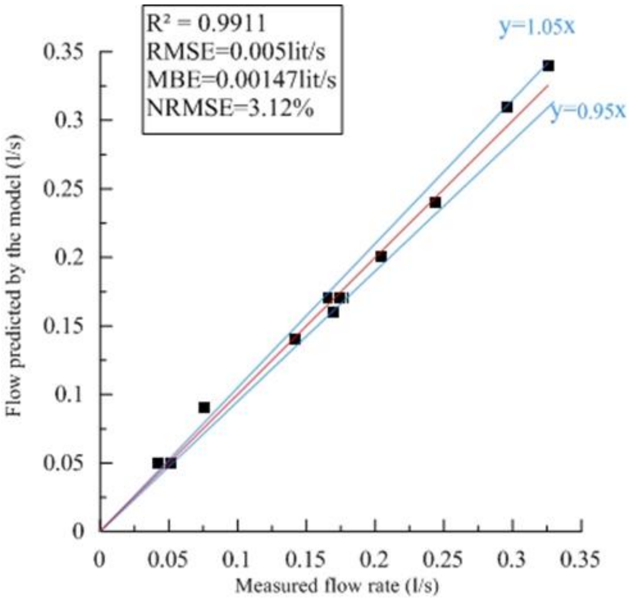


Fig 8- Measured and predicted flow rates

شکل ۸- مقادیر دبی‌های اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده

ارزیابی کارکرد سامانه آبیاری قطره‌ای

در سامانه مورد ارزیابی شیب موجود و اختلاف ارتفاع بین نقاط علت اصلی توزیع غیریکنواخت فشار می‌باشد. در راستای یافتن راهکار مناسب در رفع این مشکل بررسی سامانه در حالت‌ها و سناریوهای متفاوت انجام گردید.

طبق جدول (۶) ارزیابی در سه سناریو متفاوت صورت گرفته است.

سناریو (۱) در چهار حالت مورد ارزیابی قرار گرفت، در حالت اول کارکرد فعلی بررسی گردید و مشاهده شد که مقادیر EU برابر با ۵۸ درصد و CU برابر با ۷۱ درصد و راندمان سامانه از نظر معیارهای ارزیابی در محدوده ضعیف می‌باشد در این حالت ۰/۵ لیتر برثانیه هدر رفت آب صورت می‌گیرد. در حالت دوم برای بررسی تاثیر استفاده از شیر کنترل دبی جانمایی دو عدد شیر با ظرفیت های ۱/۵ و ۰/۷۴ لیتر بر ثانیه در مکان‌های بین لوله لترال ۱۱-۱۰و ۶- ۵ با مدل‌سازی در نرم‌افزار EPANET انجام شد، مشاهده شد در این حالت مقادیر EU به ۷۰ درصد و CU به ۷۸ درصد افزایش می‌یابد که در مقایسه با حالت قبل به اندازه ۸۲ درصد از هدر رفت آب کاسته می‌شود. در حالت سوم برای بررسی تاثیر تغییر قطر لوله‌ها در بهبود توزیع فشار، قطر لوله‌ها بر اساس دبی عبوری مورد نیاز هر بخش به‌صورت تلسکوپی با مدل‌سازی در EPANET تغییر یافت در این حالت مقادیر EU برابر با ۶۷ درصد و CU برابر با ۷۷ درصد بوده که در مقایسه با حالت اول، ۰/۰۴ لیتر بر ثانیه از مصرف آب کاسته می‌شود و همچنین شرایط کارکرد سامانه از نظر معیارهای ارزیابی مطلوب‌تر می‌باشد. در حالت چهارم ارزیابی سامانه با تغییر قطر لوله و استفاده از شیر کنترل دبی مورد بررسی قرار گرفت، دو عدد شیر با ظرفیت های ۱/۱۹ و ۰/۵۸ لیتر بر ثانیه در مکان‌های بین لوله لترال ۹-۸ و ۵-۴ در EPANET مدل‌سازی شد.

مشاهده شد مقادیر EU به ۷۱ درصد و CU به ۷۹ درصد افزایش می‌یابد، در مقایسه با حالت قبل به اندازه ۴۳ درصد از هدر رفت آب کاسته می‌شود. به‌طور کلی از مقایسه این حالت با سه حالت قبل مشاهده می‌شود که استفاده از شیر کنترل دبی به همراه تغییر قطر لوله تأثیر مطلوب‌تری در افزایش راندمان داشته است.

سناریو دوم که استفاده از قطره‌چکان غیر تنظیم کننده فشار نوع یک می‌باشد، همانند سناریو قبلی در چهار حالت بررسی شد. در شرایط بدون شیر کنترل دبی مقادیر EU برابر با ۳۱ درصد و CU برابر با ۴۹ درصد می‌باشد، در این حالت ۰/۵۷ لیتر برثانیه هدر رفت آب صورت می‌گیرد. در حالت دوم برای بررسی تاثیر استفاده از شیر کنترل دبی جانمایی دو عدد شیر با ظرفیت های ۱/۱۹ و ۰/۵۸ لیتر بر ثانیه در مکان‌های بین لوله ۹-۸ و ۵-۴ با مدل‌سازی در نرم‌افزار EPANET انجام شد، مشاهده شد در این حالت مقادیر EU به ۴۹ درصد و CU به ۷۲ درصد افزایش می‌یابد که در مقایسه با حالت قبل به اندازه ۷۸ درصد از هدر رفت آب کاسته می‌شود. در حالت سوم تغییر قطر لوله‌ها بر اساس دبی عبوری مورد نیاز هر بخش به‌صورت تلسکوپی با مدل‌سازی در EPANET تغییر یافت در این حالت مقادیر EU برابر با ۵۷ درصد ، CU برابر با ۷۴ درصد بوده که در مقایسه با حالت اول، ۰/۱۶ لیتر برثانیه از مصرف آب کاسته می‌شود و همچنین شرایط کارکرد سامانه از نظر معیارهای ارزیابی مطلوب‌تر می‌باشد. در حالت چهارم ارزیابی سامانه با تغییر قطر لوله و استفاده از شیر کنترل دبی مورد بررسی قرار گرفت، دو عدد شیر با ظرفیت های ۱/۱۹ و ۰/۵۸ لیتر بر ثانیه در مکان‌های بین لوله لترال ۹-۸ و ۵-۴ در EPANET مدل‌سازی شد.

مشاهده شد مقادیر EU به ۷۲ درصد و CU به ۸۱ درصد افزایش می‌یابد، در مقایسه با حالت قبل به اندازه ۶۸ درصد از هدر رفت آب کاسته می‌شود.

در سناریو سوم که استفاده از قطره‌چکان غیر تنظیم کننده فشار نوع دو می‌باشد، در حالت اول شرایط بدون شیر کنترل دبی مقادیر EU برابر با ۴۶ درصد و CU برابر با ۶۰ درصد می‌باشد، در این حالت ۰/۶ لیتر برثانیه هدر رفت آب صورت می‌گیرد. در حالت دوم برای بررسی تاثیر استفاده از شیر کنترل دبی جانمایی دو عدد شیر با ظرفیت‌های ۱/۱۹ و ۰/۵۸ لیتر بر ثانیه در مکان‌های بین لوله ۹-۸ و ۵-۴ با مدل‌سازی در نرم‌افزار EPANET انجام شد، مشاهده شد در این حالت مقادیر EU به ۵۲ درصد و CU به ۷۶ درصد افزایش می‌یابد که در مقایسه با حالت قبل به اندازه ۷۶ درصد از هدر رفت آب کاسته می‌شود. در حالت سوم تغییر قطر لوله‌ها، مقادیر EU ۶۵ درصد، CU ۷۹ درصد بوده که در مقایسه با حالت اول، ۰/۱۸ لیتر برثانیه از مصرف آب کاسته می‌شود و همچنین شرایط کارکرد سامانه از نظر معیارهای ارزیابی مطلوب‌تر می‌باشد. در حالت چهارم ارزیابی سامانه با تغییر قطر لوله و استفاده از شیر کنترل دبی مورد بررسی قرار گرفت، دو عدد شیر با ظرفیت های ۱/۱۹ و ۰/۵۸ لیتر بر ثانیه در مکان‌های بین لوله لترال ۹-۸ و ۵- ۴ در EPANET مدل‌سازی شد.

مشاهده شد مقادیر EU به ۷۴ درصد و CU به ۸۳ درصد افزایش می‌یابد، در مقایسه با حالت قبل به اندازه ۶۹ درصد از هدر رفت آب کاسته می‌شود.

نتایج به‌دست آمده از مدل‌سازی سناریوهای متفاوت در EPANET نشان داد، راندمان سامانه آبیاری در شرایط کارکرد فعلی بدون شیر کنترل دبی از نظر معیارهای ارزیابی در محدوده ضعیف بوده استفاده از شیر کنترل دبی افزایش تأُثیر مطلوبی در بهبود راندمان سامانه دارد. به‌طور کلی در هر سه سناریو که مورد ارزیابی قرار گرفت، استفاده از شیر کنترل دبی به همراه تغییر قطر در لوله‌ها تأثیر بیشتری‌در افزایش راندمان داشته است.

جدول٦- مقادیر معیارهای ارزیابی در سناریوهای مختلف

Table 6- Evaluation criteria values in different scenarios

Scenario	Required flow (lit/s)	Flow rate (lit/s)	Used valves	Change the diameter of the pipe	EU%	CU%	Water saving (lit/s)
1	1.7	2.2	✖	✖	58	71	-
		1.79	✓	✖	70	78	0.41
		2.16	✖	✓	67	77	-
		1.96	✓	✓	71	79	0.2
2		2.27	✖	✖	31	49	-
		1.82	✓	✖	49	79	0.45
		2.11	✖	✓	57	74	-
		1.83	✓	✓	72	81	0.28
3		2.3	✖	✖	46	60	-
		1.84	✓	✖	52	76	0.46
		2.12	✖	✓	65	79	-
		1.83	✓	✓	74	83	0.29

نتیجه‌گیری

در این پژوهش کارکرد سامانه آبیاری قطره‌ای بوستان باراجین که دارای شیب زیادی بود ارزیابی شد و قطره‌چکان‌های معمولی در آزمایشگاه مورد آزمون قرار گرفتند. در اراضی شیب‌دار طراحی، اجرا و بهره‌برداری سامانه‌های آبیاری تحت فشار با مشکلات زیادی همراه بوده و معمولاً باعث کاهش راندمان و یکنواختی پخش آب در سامانه‌های آبیاری تحت فشار در این اراضی خواهد شد. در اراضی شیب‌دار چندان استفاده از ایستگاه پمپاژ و تجهزات فیلتراسیون مرسوم نیست و از قطره‌چکان‌های غیر تنظیم کننده فشار استفاده می‌شود، که این موضوع خود باعث کاهش یکنواختی پخش آب خواهد شد. همچنین به دلیل شیب زیاد اراضی توزیع مناسب آب در شبکه لوله‌های اصلی، نیمه اصلی و فرعی به سختی صورت می‌گیرد. در این مطالعه اثر استفاده از شیر کنترل دبی تولید شده توسط خود محققین برای افزایش یکنواختی توزیع آب مدل‌سازی و مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از این شیرها می‌تواند در شرایط مختلف حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد یکنواختی پخش آب در اراضی شیبدار را افزایش دهد.

بنابراین پیشنهاد می گردد:

کاربرد شیرهای کنترل دبی در اراضی شیبدار برای افزایش یکنواختی توزیع آب در سامانه و کاهش نیروی کارگری.

استفاده از قطره‌چکان معمولی به همراه شیر کنترل دبی برای اراضی شیب‌دار بدون ایستگاه پمپاژ و فیلتراسیون.

استفاده از نرم‌افزار EPANET برای مدل‌سازی کارکرد سامانه‌های آبیاری تا به منظور افزایش راندمان آبیاری، بهینه‌سازی سامانه‌ها انجام شود.

تقدیر و تشکر

این طرح با حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (Iran National Science Foundation (INSF)) با شماره طرح ۹۹۰۲۷۹۷۱ صورت گرفته است.

References

1- Alizadeh, A. 2012. *Principles of design of irrigation systems, Volume II: Principles of design of pressurized irrigation systems*. Book in *Astan Quds Razavi Publications*, 368p.

2- Bazkiaee, P. Kamkar, B. Amiri, A. Kazemi, H. Rrzayi, M. and Akbarzadeh, S. 2020. Simulation of growth and yield and evaluation of rice production productivity under irrigation management and planting date using Aquacrop model. *Journal of Soil and Water Resources Conservation* 9(2), 17–34 (in Persian).

3- Farzin, S., Mousavi, S.F., Hassanvand, M.R., Salimi, A.H. and Doostmohammadi, M., 2018. Hydraulic modeling of water supply network of green spaces using EPANET and prediction of hydraulic characteristics using artificial intelligence. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, *12*(1), pp.186-198.

4- Ghaderi, k. Javadi, F. Amirkhani, KH. And Sharifi, A., 2012. Optimization of pressure systems using EPANET software. *Eleventh national seminar on irrigation and evaporation reduction. Kerman*.

https://civilica.com/doc/157959 (in Persian).

5- Khorami, M. and Ansari, H., 2019. Evaluation of efficiency and performance of drip irrigation systems in urban green space (Case study of Shahid Bronsi Boulevard, Mashhad). *Third National Conference on Coastal Water Resources Management. October 9, 2017, Mazandaran.*

6- Mehri, N. and Bijankhan, M., 2019. Laboratory estimation of energy loss coefficient and performance of flow control valve. *Iran Soil and Water Research* 50, 2001–2007. https://doi.org/10.22059/ijswr.2019.274446.668105 (in Persian).

7- Merriam, J.L. and J. Keler. 1978. *Farm irrigation system evaluation: A guide for management, department of Agriculture Engineering, California, Polytechnic, Science, 13:129-139.*

8- Noshadi, M. Qaemi, A., 2012. Technical and hydraulic study of drip irrigation systems in Fars province. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage* 6: 254–264 (in Persian).

9- Qasemzadeh Mojaveri, F. 1991. *Evaluation of farm irrigation systems.* Book in *Astan Quds Razavi Publications*, 336p.

10- Rahmeyer, W. and Driskell, L., 1985. Control valve flow coefficients. *Journal of Transportation Engineering*, *111*(4), pp.358-364.

11- Ramana, G.V., Sudheer, C.V. and Rajasekhar, B., 2015. Network analysis of water distribution system in rural areas using EPANET. *Procedia Engineering*, *119*, pp.496-505.

12- Zhang, X. and Wang, D., 2015. A flow control device for incompressible fluids. *Flow Measurement and Instrumentation*, *41*, pp.165-173.