Research Paper

Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ)

Web site:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 13
No. 1 (49)

Received:
2023-01-04

Accepted:
2023-02-18

Pages: 69-79

Investigating Different Strategies to Reduce Energy Consumption in Saleh Abad Irrigation Network

Alireza Soltani[1], Hamzehali Alizadeh[2*], Jafar Mamizadeh[3] and Javad Sarvarian [2]

1) M.Sc, Department of Water Engineering, Ilam University, Ilam, Iran.
2) Assistance Professor, Department of Water Engineering, Ilam University, Ilam, Iran.
3) Associate Professor, Department of Water Engineering, Ilam University, Ilam, Iran.
*Corresponding author email: H.alizadeh@ilam.ac.ir

Abstract:

Background and Aim: Today, the dependency between energy consumption and water use has become an important issue in pressurized irrigation networks. In addition to the problem of water scarcity, rising energy costs are also a challenge for the agricultural sector. The objective of this study was to investigate different strategies to reduce energy consumption in the pressurized irrigation network of Saleh Abad.

Method: For this purpose, firstly, minor changes affecting energy consumption including change in diameter of lateral pipe were evaluated. In this level, evaluated scenarios were lateral pipe diameters in mm 63 and 75. Hydraulic analysis of irrigation network was calculated using WaterGems software and energy consumption in different pumping stations was calculated using energy audit. In the second level of evaluation, four scenarios were defined to reduce energy consumption in the irrigation networks by structural changes in the irrigation network based on energy audit strategies, critical point control, network sectoring and pumping station management. The scenarios were (i) network sectoring without changing the main canal line, (ii) change of main canal line to pipe line, (iii) implementation a new first pipe line for a part of the network that is irrigated by gravity water, and (iv) elimination of the secondary pumping station by increasing the primary pumping station head. In the scenarios i, ii and iii, the part of the irrigation network lands was determined that could be irrigated without the need for a secondary pumping station. In this scenarios, the energy saving was calculated in a new condition by varying the type or number of pumps in secondary pumping stations to provide upstream discharge and head requirements.

Results: The results showed that according to the topographic conditions of the network, changing the diameter of the laterals had no effect on saving energy. Also, the results showed that by network sectoring and applying scenarios(i), (ii), and (iv), the irrigated area without the need for a secondary pumping station were 610.8, 1591.5 and 1621.8 hectares, the energy saving in secondary pumping station were 14.6, 46.1 and 47.4% and the total energy consumed in network were 3.9, 12.4 and 12.7%, respectively. In the scenario iv, the primary pumping station was optimized. The result indicated that if the pumps type of the primary pumping station were changed and the water reservoir was implemented in higher level, it would be possible to eliminate the secondary pumping stations. In this case, the total area network (2820 ha) was irrigated without the secondary pump station and the energy saving was 8.46%.

Conclusion: The results of this study showed that changing the diameter of the lateral pipe had no significant effect on the energy consumption of the network. Also, the results showed that network sectoring and changes in main pipeline, it is possible to save up to 3121 MWh in the annual energy consumption of the network. Therefore, it is suggested that, network sectoring based on the input pressure of hydrants and the use of gravity, in the design of irrigation and drainage networks, considered as an effective solution to reduce energy consumption.

Keywords: Energy, Primary pumping station, Secondary pumping station, Salehabad, Sectoring

10.30495/WSRCJ.2023.71305.11343

مقاله پژوهشی

بررسی راهکارهای مختلف کاهش مصرف انرژی در شبکه آبیاری صالح‌آباد

علیرضا سلطانی[۱]، حمزه‌علی علیزاده[۲*]، جعفر مامی‌زاده[۳] و جواد سروریان[۲]

۱) دانش‌آموخته، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.
۲) استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.
۳) دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.
* ایمیل نویسنده مسئول: h.alizadeh@ilam.ac.ir

چکیده:

زمینه و هدف: امروزه وابستگی بین مصرف انرژی با مصرف آب به یکی از موضوعات مهم شبکه‌های آبیاری تحت‌فشار تبدیل شده است. به طوری که هم‌راستا با مسائل و مشکلات کمبود آب، افزایش هزینه‌های انرژی مصرفی در بخش کشاورزی به یک چالش مهم تبدیل شده است. هدف از این پژوهش بررسی راهکارهای مختلف کاهش مصرف انرژی در شبکه‌ی آبیاری تحت فشار صالح آباد می‌باشد.

روش پژوهش: برای این منظور ابتدا تغییرات جزئی اثرگذار بر مصرف انرژی شامل تغییر قطر لوله آبده مورد ارزیابی قرار گرفت. در این سطح، سناریوهای مورد ارزیابی شامل دو قطر لوله آبده (لترال) ۶۳ و ۷۵ میلی‌متر می‌باشد. تحلیل هیدرولیکی شبکه آبیاری با استفاده از نرم‌افزار WaterGems و مصرف انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ مختلف محاسبه شد. در سطح دوم ارزیابی‌ها، با تغییرات اساسی در شبکه شامل بخش‌بندی شبکه، کنترل نقاط بحرانی، استفاده از استراتژی‌های ممیزی انرژی و مدیریت ایستگاه‌های پمپاژ چهار سناریو برای کاهش مصرف انرژی در شبکه‌ی آبیاری تعریف شد. سناریوها عبارت بودند از: سناریو یک ناحیه‌بندی شبکه با لحاظ حفظ کانال تغذیه کننده اصلی شبکه، سناریو دوم ناحیه‌بندی شبکه با لحاظ تغییر کانال اصلی به لوله، سناریوی سوم اجرای یک خط اصلی جدید برای اراضی ثقلی و سناریو چهار حذف پمپاژ ثانویه با تغییر رقوم مخزن و تقویت پمپاژ اصلی. در سناریوهای اول تا سوم بخشی از شبکه آبیاری که قابلیت آبیاری بارانی بدون نیاز به ایستگاه پمپاژ ثانویه را دار می‌باشد، مشخص و در ادامه با تغییر نوع یا تعداد پمپ‌های ایستگاه‌های پمپاژ ثانویه برای تأمین دبی و هد مورد نیاز اراضی بالادست، میزان صرفه‌جویی در هر سناریو محاسبه گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که با توجه به شرایط توپوگرافی شبکه، تغییر قطر لترال‌ها تاثیری بر صرفه‌جویی در مصرف انرژی نداشت. همچنین نتایج نشان داد که با ناحیه‌بندی شبکه آبیاری و اعمال سناریوهای یک، دو و سه سطح اراضی آبیاری شده بدون نیاز به ایستگاه پمپاژ ثانویه به ترتیب ۶۱۰/۸، ۱۵۹۱/۵ و۱۶۲۱/۸ هکتار و میزان صرفه‌جویی در انرژی مصرفی پمپاژ ثانویه به ترتیب ۱۴/۶، ۴۶/۱ و ۴۷/۴ درصد و در کل شبکه به ترتیب ۳/۹، ۱۲/۴ و ۱۲/۷ درصد بود. در سناریو چهارم به بهینه‌سازی ایستگاه پمپاژ اولیه پرداخته شد و مشخص گردید که با تغییر پمپ‌های ایستگاه پمپاژ اولیه امکان حذف تمام ایستگاه‌های پمپاژ ثانویه وجود داشت. سطح اراضی آبیاری شده بدون نیاز به ایستگاه پمپاژ ثانویه ۲۸۲۰ هکتار و میزان صرفه‌جویی در انرژی مصرفی کل شبکه در این سناریو ۸/۴۶ درصد بود.

نتایج: نتایج این مطالعه نشان داد که تغییر قطر لوله آبده تاثیر معنی‌داری بر مصرف انرژی شبکه ندارد. همچنین نتایج نشان داد که با ناحیه‌بندی و ایجاد تغییر در خط لوله آبرسان شبکه می‌توان ۳۱۲۱ مگاوات ساعت در مصرف انرژی سالانه شبکه صرفه‌جویی نمود. بنابراین پیشنهاد می‌شود در طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی ناحیه‌بندی شبکه بر اساس فشار ورودی آبگیرها و استفاده از نیروی ثقل به عنوان یک راهکار تاثیرگذار در کاهش مصرف انرژی مد نظر قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: انرژی، ایستگاه پمپاژ اولیه، ایستگاه پمپاژ ثانویه، صالح آباد، ناحیه‌بندی

شاپا چاپی: ۷۴۸۰-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۰-۲۲۵۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال سیزدهم
شماره ۱ (۴۹)

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۱۰/۱۴

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۱۱/۲۹

صفحات: ۷۹-۶۹

10.30495/WSRCJ.2023.71305.11343

مقدمه

کمبود آب و افزایش تقاضا برای مصرف آب در بخش کشاورزی به منظور تهیه غذای جمعیت رو به رشد کشور، یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی مدیران و کارشناسان حوزه آب می‌باشد. بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار غالباً نیازمند استفاده از نیروی پمپ و مصرف انرژی است. این مسئله باعث افزایش تقاضا برای انرژی در بخش کشاورزی شده است. نتایج یک دوره پایش مصارف آب و انرژی در جنوب اسپانیا بیانگر آن است که توسعه سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۷، منجر به کاهش ۲۱ درصدی مصرف آب و افزایش ۶۵۷ درصدی مصرف انرژی در بخش کشاورزی شده است (Corominas, 2010). مطالعات انجام شده در حوزه مدیریت مصرف انرژی در بخش کشاورزی را می‌توان در چهار گروه، ناحیه‌بندی شبکه (Carrillo Cobo et al, 2011؛ Fernandez Garcia et al, 2014b)، کنترل نقاط بحرانی (Rodriguez Diaz et al, 2012؛ Fernandez Garcia et al, 2014a)، استفاده از ممیزی انرژی در شبکه‌های آبیاری (Abadia et al. 2012) و بهبود مدیریت ایستگاه‌های پمپاژ (Lamaddalena and Khila, 2012) تقسیم‌بندی کرد. نتایج تحقیقات مختلف ثابت کرده با راهکارهایی مثل ناحیه‌بندی شبکه و کنترل نقاط بحرانی می‌توان تا ۳۰ درصد در مصرف انرژی صرفه‌جویی نمود (Carrillo Cobo et al, 2011؛ Rodriguez Diaz et al, 2012). در روش ناحیه‌بندی شبکه، آبگیرهای مزارع بر اساس تقاضای انرژی گروه‌بندی شده و نوبت آبیاری قطعات بر همین اساس انجام می‌شود. در روش کنترل نقاط بحرانی بر مدیریت نقاط بحرانی شبکه تمرکز شده و از این طریق مصرف انرژی را کاهش می‌دهند. رودریگز دیاز[1] و همکاران (۲۰۱۲) پتانسیل صرفه‌جویی در مصرف انرژی را با استراتژی کنترل نقاط بحرانی در دو شبکه آبیاری در جنوب اسپانیا ۱۰ تا ۳۰ درصد گزارش نمودند. فرناندز گارسیا[2] (۲۰۱۶) با ترکیب تعرفه انرژی در دو مدل بهینه‌سازی ناحیه‌بندی شبکه آبیاری و کنترل نقاط بحرانی آنها را ارتقاء داد. نتایج نشان داد که استفاده از مدل ارتقاء یافته کنترل نقاط بحرانی باعث صرفه‌جویی ۱۳ درصدی هزینه‌های انرژی شد. فرناندز گارسیا و همکاران (۲۰۱۷) برای کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های آبیاری تحت فشار از یک مدل تقاضا محور جدید که ترکیبی از بخش‌بندی شبکه و نقاط بحرانی می‌باشد استفاده نمودند. این مدل یک شاخص جدید را تحت عنوان تعداد بهینه هیدرانت-های غیرفعال محاسبه می‌کند تا تعداد هیدرانت‌های بحرانی در هر بخش را که فقط در ساعات خارج از اوج، مجاز به آبیاری هستند مشخص کند، در حالی که بقیه هیدرانت‌های غیربحرانی می‌توانند در هر زمان آبیاری کنند. گارسیا پراتس[3] و گایلم پیکو[4] (۲۰۱۶) اثر تغییر سامانه آبیاری بر مصرف انرژی در اسپانیا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که با تغییر سامانه آبیاری قطره‌ای قطره‌چکانی به سامانه آبیاری پالسی می‌توان ۶/۴ درصد در مصرف انرژی صرفه‌جویی نمود. کدرا[5] و همکاران (۲۰۱۳) شبکه‌های آبیاری تحت‌فشار را بر مبنای تقاضای فشار بهینه‌سازی نمودند. در مطالعه آنها تقاضای فشار در شبکه آبیاری با استفاده از یک مدل که تغییرپذیری رژیم جریان، حداقل هزینه‌ها و حداکثر قابلیت اطمینان را محاسبه نموده و اثر متقابل بین تغییرپذیری فشار در سطح هیدرانت و یکنواختی توزیع آب در آبپاش‌های پایین دست را تجزیه و تحلیل می‌کند، بهینه‌سازی شد. لیما[6] و همکاران (۲۰۱۸) از نرم افزار MATLAB که به عنوان یک ابزار در سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری برای مدیریت مناطق آبیاری تجمیعی، تطبیق مدیریت شبکه آبیاری با نوع محصول و نیاز آبی آنها و به حداقل رساندن هزینه‌های انرژی در ایستگاه پمپاژ به کار برده می‌شود استفاده کردند. نظری و همکاران (۱۳۹۵) برای بررسی عوامل موثر بر میزان مصرف انرژی در سامانه‌های آبیاری از الگوریتم ژنتیک استفاده نموده و کارآمدی یک سامانه آبیاری از نظر مصرف انرژی را تا حد زیادی وابسته به انتخاب، طراحی و بهره‌برداری صحیح از ایستگاه پمپاژ آن سامانه دانستند و به این نتیجه رسیدند که هر چه راندمان پمپ و موتور کاهش یابد، طبیعتاً استهلاک انرژی بیشتر شده و هزینه‌های انرژی در سامانه آبیاری افزایش خواهد یافت. اعلایی و بهزادمهر (۱۳۹۳) از نرم‌افزار WaterGems برای بررسی مصرف انرژی در شبکه‌های آبیاری استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که با اصلاح شبکه و کاهش تعداد پمپ‌های موجود، فشار شبکه تأمین و نتیجتاً ۴۵ درصد صرفه‌جویی در مصرف انرژی حاصل گردید. شبکه آبیاری تحت‌فشار صالح‌آباد به وسعت ۳۰۰۰ هکتار در جنوب غربی استان ایلام واقع شده است. منبع آب مورد استفاده شبکه، رودخانه گدارخوش می‌باشد. آب از طریق یک ایستگاه پمپاژ اولیه به یک مخزن تعادلی انتقال و سپس با استفاده از ۱۳ ایستگاه پمپاژ ثانویه در سطح شبکه توزیع می‌شود. مصرف انرژی شبکه آبیاری صالح آباد سالانه حدود ۲۴۵۸۰ مگاوات ساعت می‌باشد. این در حالیست که شبکه در جهت شیب و ایستگاه پمپاژ در بالادست اراضی واقع شده و اختلاف ارتفاع شبکه در برخی مناطق به بیش از ۹۰ متر می‌رسد. به منظور کنترل فشار، ۱۳۹ شیر فشارشکن در شبکه تعبیه شده است. در این مطالعه سعی شده است با ناحیه‌بندی شبکه امکان‌سنجی استفاده از نیروی ثقل برای آبیاری بخشی از اراضی مورد بررسی قرار بگیرد. هدف از این مطالعه بررسی راهکارهای کاهش مصرف انرژی در شبکه آبیاری صالح آباد در استان ایلام می‌باشد.

مواد و روش‌ها

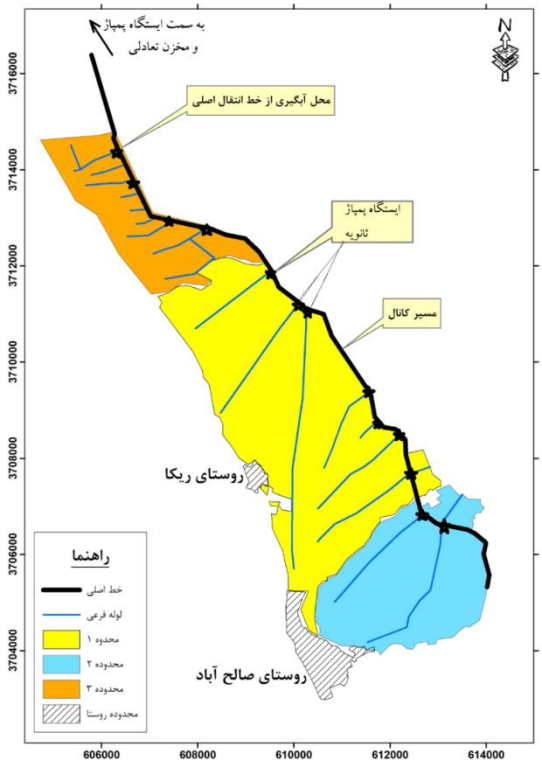
منطقه مورد مطالعه

دشت صالح آباد در استان ایلام، در حاشیه رودخانه گدارخوش در فاصله حدود ۳۰ کیلومتری جنوب غربی شهر ایلام و بین طول‌های شرقی ۴۵ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۳۰ دقیقه و عرض‌های شمالی ۳۰ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۵۰ دقیقه واقع شده است. در جدول ۱ مشخصات کلی و هیدرولیکی شبکه آبیاری صالح‌آباد ارائه شده است. شبکه آبیاری و زهکشی صالح آباد با سطح خالص ۲۸۲۰ هکتار تقریبا گستره دشت صالح‌آباد را در بر می‌گیرد. آب مورد نیاز شبکه آبیاری از رودخانه گدارخوش تامین می‌شود. آب از طریق یک خط لوله فولادی ۴۴ اینچ به یک مخزن تنظیمی با اختلاف ارتفاع ۲۵۶ متر منتقل می‌شود. سپس به کمک نیروی ثقل به ابتدای شبکه آبیاری هدایت می‌شود. کانال اصلی MC از انتهای خط انتقال گدارخوش جریان را دریافت و با احداث ۱۳ ایستگاه پمپاژ در طول شبکه توزیع می‌نماید (شکل ۱).

شبکه فرعی آبیاری دشت صالح آباد شامل سه واحد عمرانی یک، دو و سه به ترتیب با مساحت خالص ۱۰۵۰، ۱۳۷۰ و ۴۰۰ هکتار می‌باشد (شکل ۱).

جدول ۱. مشخصات کلی و هیدرولیکی شبکه آبیاری صالح‌آباد

ردیف	شـــرح پارامتـــر	واحد	مقدار	ردیف	شـــرح پارامتـــر	واحد	مقدار
۱	مساحت خالص تحت پوشش	هکتار	۲۸۲۰		فاصله بین بالها	m	۲۴
۲	ظرفیت نگهداری آب در خاک	mm/m	۱۶۷	۱۳	فاصله بین آبپاشها	m	۱۵
۳	عمق توسعه ریشه متوسط طراحی	m	۰/۸	۱۴	عمق خالص آبیاری	mm	۵۵/۰۸
۴	نیاز آبی دوره پرمصرف در ماه پیک	mm/day	۱۳/۷۷	۱۵	عمق ناخالص آبیاری	mm	۷۳/۴۴
۵	نوع پاشنده (آبپاش)	-	Komet R8	۱۶	دور آبیاری	day	۴
۶	دبی آبپاش	lit/s	۱	۱۷	مدت آبیاری	hr	۷،۵
۷	فشار کارکرد آبپاش	bar	۴	۱۸	مدت کل آبیاری در شبانه روز	hr	۲۲/۵
۸	قطر نازل	mm	۷	۱۹	تعداد استقرار هر آبپاش در روز	-	۳
۹	هیدرومدول ترکیب کشت	Lit/s/ha	۰/۷	۲۰	هیدرومدول گیاه پرمصرف	Lit/s/ha	۱/۸
۱۰	قطر لوله انتقال فولادی اصلی	in	۴۴	۲۱	دبی خط لوله انتقال	lit/s	۲۰۰۰
۱۱	نوع پمپ خط اصلی	–	MC۲۰۰/۴	۲۲	تعداد پمپ ایستگاه پمپاژ اولیه	–	۹+۱
۱۲	ارتفاع پمپاژ ایستگاه پمپاژ اولیه	m	۲۵۶	۲۳	توان لحظه‌ای پمپاژ اولیه	kw	۸۰۰



شکل ۱. محدوده‌ی نواحی عمرانی شبکه آبیاری به همراه خطوط درجه ۲

شبیه‌سازی شبکه‌ی آبیاری در نرم‌افزار WaterGEMS

توزیع فشار در شبکه آبیاری به تفکیک ایستگاه‌های پمپاژ ۱۳ گانه با استفاده از نرم‌افزار WaterGEMS مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. برای شبیه‌سازی بحرانی‌ترین حالت، آبپاش در موقعیت آخرین شیر خودکار قرار گرفت. تعداد آبپاش‌هایی که به صورت هم‌زمان در هر قسمت از شبکه فعال هستند نیز بر اساس هیدرومدول طراحی مشخص گردید. بجز اراضی تحت پوشش دو ایستگاه پمپاژ sp8 وsp11 اراضی تحت پوشش بقیه ایستگاه‌های پمپاژ، در جهت جریان دارای شیب منفی هستند. تحلیل هیدرولیکی شبکه آبیاری در دو سطح انجام شد. سطح اول تغییرات جزئی اثرگذار بر مصرف انرژی شامل تغییر قطر لوله آبده از ۶۳ میلی‌متر به ۷۵ میلی‌متر مورد ارزیابی قرار گرفت. در سطح دوم، با تغییرات اساسی در شبکه‌ی آبیاری چهار سناریو برای کاهش مصرف انرژی در شبکه، بر اساس استراتژی‌های ناحیه‌بندی شبکه، کنترل نقاط بحرانی، ممیزی انرژی و مدیریت ایستگاه‌های پمپاژ تعریف شد.

سناریو اول: ناحیه‌بندی شبکه با لحاظ حفظ خط آبرسان به صورت کانال بتنی درجا، سناریو دوم: ناحیه‌بندی شبکه با تغییر جنس خط آبرسان اصلی از کانال بتنی درجا به لوله، سناریو سوم: ناحیه‌بندی شبکه آبیاری بر اساس فشار شبکه و تقسیم شبکه به دو بخش آبیاری با استفاده از هد طبیعی زمینی و استفاده از ایستگاه پمپاژ. در این سناریو برای بخشی از اراضی که نیاز به ایستگاه پمپاژ دارند از همان کانال اصلی و برای بخشی که به وسیله انرژی ثقلی طبیعی زمین آبیاری می‌شوند یک خط لوله آبیاری اجرا می‌شود؛ و سناریو چهارم: حذف کیله ایستگاه‌های پمپاژ ثانویه با تغییر رقوم مخزن و تقویت پمپاژ اصلی. در این سناریو به بهینه‌سازی ایستگاه پمپاژ اولیه پرداخته شد. در سناریوهای اول تا سوم بخشی از شبکه آبیاری که قابلیت آبیاری بارانی بدون نیاز به ایستگاه پمپاژ ثانویه را دار می‌باشد، مشخص شد.

لازم به ذکر است که به دلیل قرار گرفتن ایستگاه‌های پمپاژ در خط الرأس و وجود اختلاف ارتفاع بین ایستگاه‌ها و اراضی پایین دست، فشار آب در خطوط درجه دو بیشتر از حداکثر مقدار مجاز می‌باشد. به عنوان مثال فشار در آخرین گره لوله SP3 حدود ۱۱۱ متر می‌باشد. در طرح موجود برای مستهلک کردن انرژی مازاد داخل شبکه و کاهش فشار، در ابتدای لوله-های درجه سه ۱۳۹ شیرفشار شکن نصب شده است. هر چند استفاده از این شیرها در یکنواختی فشار شبکه موثر است، ولی علاوه بر هزینه‌ی اجرا و نصب، بهره‌برداری از آنها مشکلات زیادی به وجود می‌آورد. از طرفی می‌توان به جای صرف هزینه برای مستهلک کردن انرژی مازاد، از فشار ایجاد شده برای آبیاری بخشی از اراضی به صورت ثقلی استفاده کرد.

نتایج و بحث

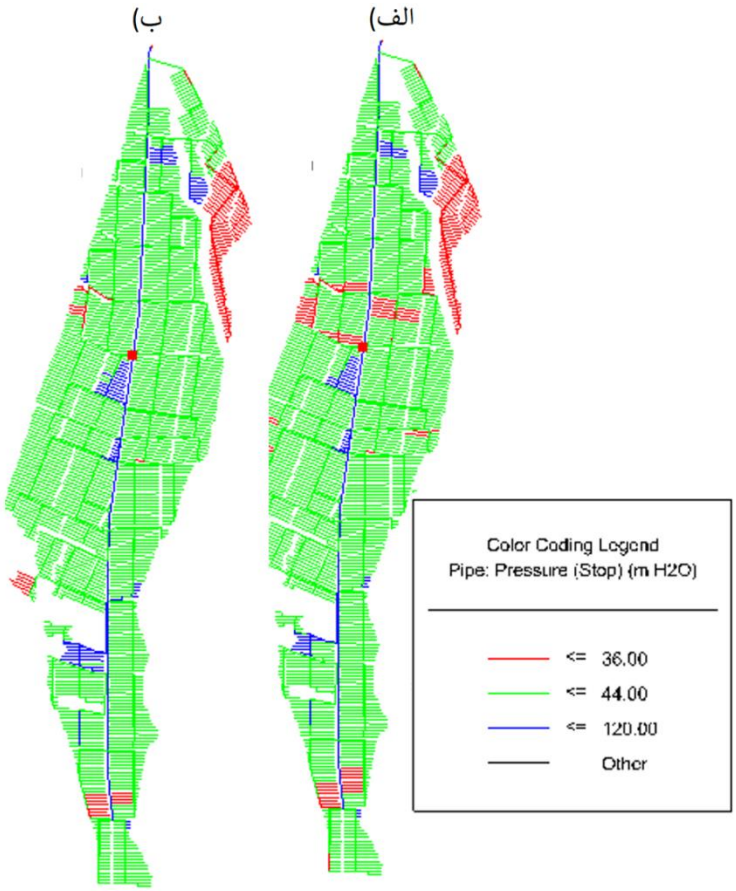
بررسی مصرف انرژی در سطح اول

بعد از شبیه‌سازی شبکه، سناریوهای تعریف شده اجرا و نتایج محاسبات آن‌ها مشخص گردید. به منظور درک بهتر چگونگی توزیع فشار در شبکه، با استفاده از قابلیت color coding، لوله‌ها برحسب فشار در گره‌های انتهایی آن‌ها رنگ بندی شد. با توجه به حجم کار در این بخش فقط نتایج ایستگاه شماره ۳ به عنوان نمونه ارائه شد. ایستگاه پمپاژ شماره ۳ با سطح ناخالص ۵۳۱ هکتار، شامل یک خط درجه ۲ منشعب از کانال اصلی تحت عنوان sp3 می‌باشد. مشخصات خط درجه دو sp3در جدول ۲ ارائه شده است. در این مزرعه در مجموع ۲۸ شیر فشار شکن برای کنترل فشار به کار رفته است.

در شکل ۳ توزیع فشار هیدرولیکی در خطوط مزرعه ایستگاه پمپاژ شماره ۳ با استفاده از WaterGEMS در دو قطر لوله آبده ۶۳ و ۷۵ میلیمتر ارائه شده است. کمینه هد موجود در شبکه در قطر لوله آبده ۶۳ و ۷۵ میلیمتر به ترتیب در گره‌های j1110 و j1625 به مقدار ۲۰/۸۱ و ۲۳/۰۶ متر اتفاق می‌افتد. همچنین بیشینه هد موجود در شبکه در قطر لوله آبده ۶۳ و ۷۵ میلیمتر در گره j13 و به مقدار ۱۱۱/۰۳ متر اتفاق می‌افتد. متوسط فشار شبکه در این سناریوهای به ترتیب ۳۹/۰۳ و۳۹/۶۳ متر می‌باشد.

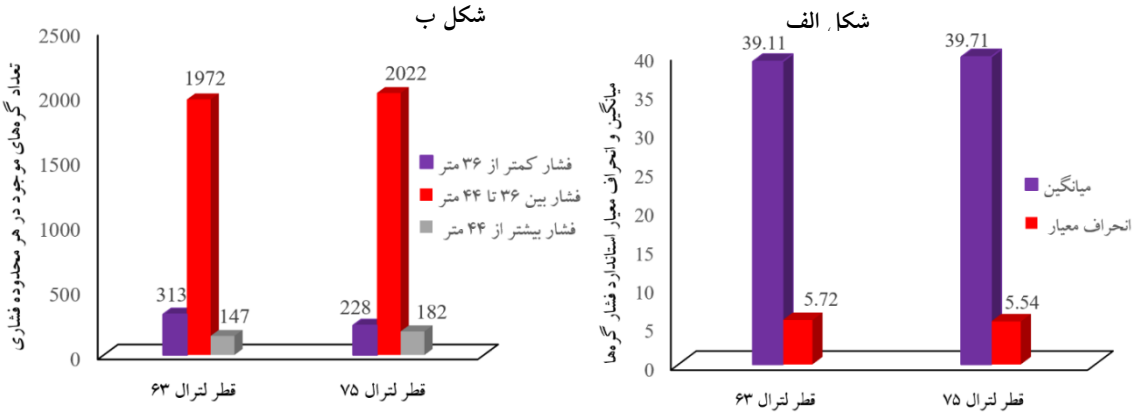
جدول ۲. مشخصات خط درجه دو ایستگاه پمپاژ شماره سه (Sp3)

نام خط	قطر لوله (mm)	طول لوله (m)	دبی (lit/s)	جنس لوله	فشار کار (bar)	سطح ناخالص تحت پوشش (ha)	فشار خط در محل تغییر قطر (m)
SP3	۶۳۰	۱۰۴۰	۳۳۸	پلی اتیلن	۱۰	۵۳۱	۴۰/۸
	۵۶۰	۲۵۰۰	۳۲۳	پلی اتیلن	۱۰	۴۶۷	۶۵/۱
	۵۰۰	۱۰۴۶	۲۴۸	پلی اتیلن	۱۰	۲۵۳	۹۰/۵
	۴۰۰	۵۶۵	۱۳۳	پلی اتیلن	۱۰	۱۰۰	۹۵/۹
	۳۰۰	۵۳۰	۸۰	پلی اتیلن	۱۰	۵۲	۹۷/۲



شکل ۳. توزیع فشار در ایستگاه پمپاژ شماره الف) قطر لوله آبده ۶۳ میلیمتر و ب) قطر لوله آبده ۷۵ میلیمتر

در شکل ۴ (الف) میانگین و انحراف معیار استاندارد فشار گره‌ها به تفکیک برای لوله آبده ۶۳ و ۷۵ میلیمتر ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود تغییر قطر لوله آبده از ۶۳ میلیمتر به ۷۵ میلیمتر حدود ۰/۶ فشار شبکه را بهبود می‌بخشد که تاثیری بر مصرف انرژی شبکه ندارد. بنابراین تغییر قطر لوله آبده با توجه به هزینه‌های خرید و اجرای بیشتر به صرفه نخواهد بود. همچنین در شکل ۴ (ب) تعداد گره‌های موجود در هر محدوده‌ی فشاری ارایه گردیده است. بر این اساس تحت هر دو شرایط لوله آبده، قسمت انتهای خط TPL1 موسوم به لوله SMP-70 با مساحت ۱۷/۳ هکتار دارای فشار بسیار پایین تر از حد مجاز است. این لوله با قطر ۱۶۰ میلی‌متر برای انتقال ۴۰ لیتر در ثانیه آب طراحی شده و در طول ۴۱۹ متر حدود ۱۶ متر افت در ایجاد شده است. بنابراین قبل از بهره‌برداری از شبکه این بخش از مزرعه به باغات اختصاص یافت. از طرف دیگر با توجه به اینکه ایستگاه پمپاژ در بالادست اراضی واقع شده است و برای کنترل فشار در ابتدای اغلب آبگیرها شیر فشار شکن نصب شده است، افزایش قطر لترال تاثیری بر روی صرفه‌جویی در مصرف انرژی ندارد.



شکل۴. میانگین و انحراف معیار استاندارد فشار گره‌ها (شکل الف) و تعداد گره‌های موجود در هر محدوده‌ی فشاری

سناریوهای کاهش مصرف انرژی در سطح دوم

برای کاهش مصرف انرژی در این شبکه آبیاری می‌توان از راهکارهایی مانند روش ناحیه‌بندی شبکه (Carrillo- Cobo و همکاران، ۲۰۱۴)، کنترل نقاط بحرانی (Rodriguez Diaz و همکاران، ۲۰۱۲) و بهبود مدیریت ایستگاه‌های پمپاژ (Lamaddalena و Khila، ۲۰۱۲) استفاده کرد. بر این اساس چهار سناریو بر پایه استفاده از نیروی ثقل برای توزیع آب در شبکه تعریف گردید. در این سناریوها با توجه به تراز ارتفاعی ارضی، شبکه به دو بخش تقسیم، و در نهایت سطوحی از اراضی که بدون نیاز به ایستگاه پمپاژ ثانویه می‌توان آبیاری نمود در هر سناریو محاسبه گردید. برای محاسبه‌ی میزان صرفه‌جویی انرژی در سناریوهای مختلف ابتدا باید میزان مصرف انرژی در شبکه‌ی موجود محاسبه گردید. مقدار مصرف انرژی در یک شبانه روز در شبکه آبیاری که معادل ۲۲ ساعت و ۳۰ دقیقه کارکرد ایستگاه پمپاژ اولیه و ۱۳ ایستگاه پمپاژ ثانویه است، ۲۲۱/۲۲ مگاوت ساعت می‌باشد. در جدول ۳ مقدار انرژی مصرف شده در یک شبانه روز به تفکیک ایستگاه‌های پمپاژ آورده شده است. در جدول ۴ مساحت و دبی اراضی نیازمند ایستگاه پمپاژ ثانویه در سناریوهای مختلف به تفکیک ایستگاه پمپاژ ارائه شده است. بر این اساس مساحت اراضی نیازمند ایستگاه پمپاژ در سناریوهای یک، دو، سه و چهار به ترتیب ۲۹۹۶/۶، ۲۳۸۵/۸، ۱۴۰۵/۱ و ۹۷۴/۸ هکتار می‌باشد.

جدول ۳. مقدار انرژی مصرف شده در یک شبانه روز در شبکه آبیاری موجود

نام ایستگاه	ارتفاع پمپ (m)	دبی (l/s)	نوع پمپ	قطر پروانه (mm)	دبی پمپ (l/s)	تعداد الکترو موتور	قدرت الکترو موتور(kw)	انرژی مصرفی (h-kw)
پمپاژ اولیه	۲۵۶	۲۰۰۰	MC۲۰۰/۴	۴۸۰	۲۲۲	۹	۸۰۰	۱۶۲۰۰۰
sp1	۴۴	۲۸۱/۵	۱۲۵-۴۰۰	۳۸۰	۵۶/۳	۵	۴۵	۵۰۶۲/۵
sp2	۳۹	۲۹۲/۱	۱۵۰-۴۰۰	۳۸۰	۹۸	۳	۷۵	۵۰۶۲/۵
sp3	۴۶	۲۶۳	۱۵۰-۴۰۰	۴۰۰	۸۸	۳	۹۰	۶۰۷۵
sp4	۳۹	۱۹۵	۱۰۰-۴۰۰	۳۸۰	۴۹	۴	۳۷	۳۳۳۰
sp5	۴۵	۱۰۲	۸۰-۴۰۰	۳۸۰	۲۵	۴	۳۰	۲۷۰۰
sp6	۴۲	۲۵۱	۱۲۵-۴۰۰	۳۸۰	۶۳	۴	۴۵	۴۰۵۰
sp7	۴۲	۲۵۷/۵	۱۲۵-۴۰	۳۸۰	۶۴	۴	۴۵	۴۰۵۰
sp8	۸۰	۱۶۹	WKL125/3a	۳۰۰	۵۶	۳	۷۵	۵۰۶۲/۵
sp9	۴۱	۲۸۳/۵	۱۲۵-۴۰۰	۳۸۰	۵۷	۵	۴۵	۵۰۶۲/۵
sp10	۴۶	۲۷۷	۱۲۵-۴۰۰	۴۰۰	۶۹	۴	۵۵	۴۹۵۰
sp11	۹۰	۲۴۴	WKL ۱۲۵/۳	۳۲۰	۶۱	۴	۹۰	۸۱۰۰
sp12	۴۳	۲۴۲	۱۲۵-۴۰۰	۳۸۰	۶۰	۴	۴۵	۴۰۵۰
smp	۱۷	۲۵۲	۱۲۵-۲۵۰	۲۵۰	۶۳	۴	۱۸/۵	۱۶۶۵

جدول ۴. مساحت و دبی اراضی نیازمند ایستگاه پمپاژ ثانویه در سناریوهای مختلف

نام ایستگاه	مساحت اراضی نیازمند پمپاژ ثانویه (ha)					دبی آبیاری اراضی نیازمند پمپاژ ثانویه (li/s)				
	شرایط موجود	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ۴	شرایط موجود	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ۴
smp	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۰	۲۹۰	۲۹۰	۲۹۰	۲۹۰	۰
sp1	۳۰۵/۱	۲۴۹/۱	۲۲۵/۱	۱۸۴/۶	۰	۳۰۰	۲۸۱/۵	۲۷۵	۲۶۴	۰
sp2	۳۸۸/۸	۲۸۸/۱۵	۱۹۰/۷۵	۱۷۴/۳	۰	۳۱۲	۲۹۲/۱	۲۶۵/۶	۲۶۱/۱	۰
sp3	۴۶۱/۱	۱۸۰/۹	۹۵/۹	۱۵۱/۱	۰	۳۳۸	۲۶۳	۲۳۱/۱	۲۴۵/۱	۰
sp4	۱۲۶	۱۲۶	۶۶/۳	۵۹/۱	۰	۱۹۴	۱۹۴	۱۵۹/۸	۱۴۲/۴	۰
sp5	۳۵/۵	۳۵/۴۵	۱۸/۴۵	۱۶	۰	۱۰۰	۱۰۰	۴۴/۵	۳۸/۴	۰
sp6	۱۵۶/۵	۱۳۸/۶	۳۴/۶	۳۳/۱	۰	۲۵۱	۲۵۱/۴	۸۳/۴	۷۹/۸	۰
sp7	۱۷۵/۱	۱۶۰/۷۶	۵۳/۱۶	۵۱/۱	۰	۲۵۸	۲۵۷/۵	۱۲۸/۱	۱۲۳/۱	۰
sp8	۳۸/۸	۳۸/۸	۳۸/۸	۳۸/۸	۰	۱۶۹	۱۶۹	۱۶۹	۱۶۹	۰
sp9	۳۷۶/۹	۲۵۶/۳۲	۲۷/۸۲	۲۸/۹	۰	۳۱۹	۲۸۳/۵	۶۷	۶۹/۷	۰
sp10	۳۱۹/۱	۲۹۷/۸۵	۱۰۲/۰۵	۱۲۳/۱	۰	۲۷۷	۲۷۷	۲۴۱/۵	۲۴۷/۲	۰
sp11	۶۷/۵	۶۷/۵۴	۶۷/۵۴	۶۷/۵	۰	۲۴۴	۲۴۴	۲۴۴	۲۴۴	۰
sp12	۱۴۶/۳	۱۴۶/۳	۸۴/۶	۸۳/۳	۰	۲۴۲	۲۰۳/۹	۲۴۲	۲۰۰/۸	۰
جمع	۲۹۹۶/۶	۲۳۸۵/۷۷	۱۴۰۵/۰۷	۹۷۴/۸	۰	۳۲۹۴	۲۸۵۴/۵	۲۴۰۹/۹	۲۰۸۴/۵	۰

در جدول ۵ انرژی مصرفی در یک شبانه روز در سناریوهای مختلف (کیلووات ساعت) مدیریت انرژی ارائه شده است. میزان کل انرژی مصرفی شبکه آبیاری صالح‌آباد در شرایط موجود در هر شبانه روز ۲۲۱/۲ مگاوات ساعت و با لحاظ ۲۵۰۰ ساعت کار ایستگاه پمپاژ در کل فصل زراعی میزان کل انرژی مصرفی ۲۴۵۸۰ مگاوات ساعت می‌باشد. بر اساس ترازنامه انرژی ایران هر مگاوات ساعت انرژی الکتریکی معادل مصرف ۱/۷ بشکه نفت خام می‌باشد. بنابراین مصرف انرژی سالانه ایستگاه پمپاژ صالح آباد معادل مصرف ۴۱۷۸۶ بشکه نفت خام می‌باشد. با لحاظ قیمت هر بشکه نفت خام ۸۰ دلار هزینه بهره‌برداری سالانه از شبکه آبیاری صالح آباد ۳/۳۴ میلیون دلار یا ۱۱۶۹ میلیارد ریال می‌باشد. در سناریو یک امکان آبیاری ۶۱۰/۸ هکتار از اراضی بدون نیاز به ایستگاه پمپاژ ثانویه وجود دارد. با اعمال سناریو یک، صرفه‌جویی در انرژی مصرفی کل شبکه ۳/۹ درصد و در انرژی مصرفی ایستگاه‌های پمپاژ ثانویه ۱۴/۶ درصد خواهد بود. این میزان صرفه‌جویی برابر با ۹۵۹ مگاوات ساعت برق، ۱۶۳۰ بشکه نفت خام، ۱۳۰/۴ هزار دلار و ۴۵/۶۴ میلیارد ریال می‌باشد. در سناریو دو امکان آبیاری ۱۵۹۱/۵ هکتار از اراضی بدون نیاز به ایستگاه پمپاژ ثانویه وجود دارد. میزان مصرف انرژی روزانه این سناریو در ایستگاه پمپاژ ثانویه ۳۱/۸ مگاوات ساعت و در کل ۱۹۳/۹ مگاوات ساعت می‌باشد. میزان صرفه‌جویی در انرژی مصرفی کل شبکه ۱۲/۴ درصد و در انرژی مصرفی ایستگاه‌های پمپاژ ثانویه ۴۶/۱ درصد خواهد بود. این میزان صرفه‌جویی در سال برابراست با ۳۰۴۸ مگاوات ساعت برق، ۵۱۸۲ بشکه نفت، ۴۱۴/۵۶ هزار دلار و ۱۴۵/۰۵ میلیارد ریال می‌باشد. در سناریو سه امکان آبیاری ۱۶۲۱/۸ هکتار از اراضی بدون نیاز به ایستگاه پمپاژ ثانویه وجود دارد. میزان مصرف انرژی روزانه این سناریو در ایستگاه پمپاژ ثانویه ۳۱/۱ مگاوات ساعت و در کل ۱۹۳/۱ مگاوات ساعت می‌باشد. میزان صرفه‌جویی در انرژی مصرفی کل شبکه ۱۲/۷ درصد و در انرژی مصرفی ایستگاه‌های پمپاژ ثانویه ۴۷/۴ درصد بود. این میزان صرفه‌جویی در سال برابراست با ۳۱۲۲ مگاوات ساعت برق، ۵۳۰۷ بشکه نفت، ۴۲۴/۶ هزار دلار و ۱۴۸/۶ میلیارد ریال می‌باشد. سناریو چهار بر اساس افزایش قدرت ایستگاه پمپاژ اولیه تعریف گردید. با تبدیل کانال روباز به لوله، افزایش قدرت ایستگاه پمپاژ اولیه و افزایش رقوم مخزن مخزن می‌توان بدون نیاز به ایستگاه‌های پمپاژ ثانویه فشار مورد نیاز تمام شبکه‌ی آبیاری را تأمین نمود. نتایج نشان داد که نقاط بحرانی در شبکه‌ی آبیاری ایستگاه پمپاژ شماره یازده قرار دارد. فشار در بحرانی ترین لترال برابر ۶۳/۰۵- متر بود. بنابراین در صورت استفاده از پمپ فشار قوی MC۲۰۰/۵ با توان موتور ۱۰۰۰ کیلووات و تغییر رقوم مخزن مقسم امکان حذف تمام ایستگاه-های پمپاژ ثانویه وجود داشت. در این سناریو میزان مصرف انرژی در یک شبانه روز در کل شبکه آبیاری ۲۰۲/۵ مگاوات ساعت و میزان انرژی صرفه‌جویی شده ۱۸/۷۲ مگاوات ساعت (۸/۴۶ درصد) بود. که در سال برابراست با ۲۰۸۰ مگاوات ساعت برق، ۳۵۳۵ بشکه نفت خام، ۲۸۲/۸ هزار دلار و ۹۹/۰ میلیارد ریال می‌باشد. همچنین در جدول ۶ انرژی مصرفی برای توزیع

جدول ۵. نسبت مساحت اراضی نیازمند پمپاژ و انرژی مصرفی در یک شبانه روز در سناریوهای مختلف

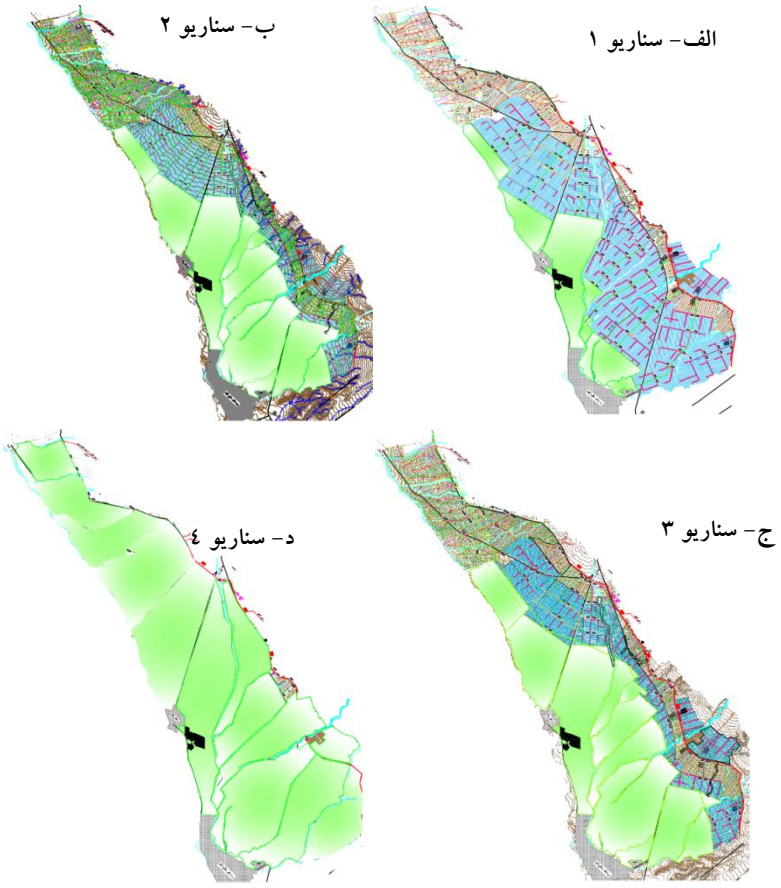
نام ایستگاه	نسبت مساحت اراضی نیازمند پمپاژ به مساحت کل اراضی					انرژی مصرفی در یک شبانه روز (کیلووات ساعت)				
	وضع موجود	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ۴	وضع موجود	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ۴
پمپاژ اولیه	۱	۱	۱	۱	۱	۱۶۲۰۰۰	۱۶۲۰۰۰	۱۶۲۰۰۰	۱۶۲۰۰۰	۲۰۲۵۰۰
sp1	۱	۰/۸۲	۰/۷۴	۰/۶۱	۰	۵۰۶۲/۵	۵۰۶۲/۵	۳۷۴۶/۲۵	۳۰۸۸/۱۲	۰
sp2	۱	۰/۷۴	۰/۴۹	۰/۴۵	۰	۵۰۶۲/۵	۵۰۶۲/۵	۲۴۸۰/۶۳	۲۲۷۸/۱۳	۰
sp3	۱	۰/۳۹	۰/۲۱	۰/۲۵	۰	۶۰۷۵	۶۰۷۵	۱۲۷۵/۷۵	۱۵۱۸/۷۵	۰
sp4	۱	۱	۰/۵۳	۰/۴۷	۰	۳۳۳۰	۳۳۳۰	۱۷۶۴/۹	۱۵۶۵/۱	۰
sp5	۱	۱	۰/۵۲	۰/۴۵	۰	۲۷۰۰	۲۷۰۰	۱۴۰۴	۱۲۱۵	۰
sp6	۱	۰/۸۹	۰/۲۲	۰/۲۱	۰	۴۰۵۰	۴۰۵۰	۸۹۱	۸۵۰/۵	۰
sp7	۱	۰/۹۲	۰/۳	۰/۲۹	۰	۴۰۵۰	۴۰۵۰	۱۲۱۵	۱۱۷۴/۵	۰
sp8	۱	۱	۱	۱	۰	۵۰۶۲/۵	۵۰۶۲/۵	۵۰۶۲/۵	۵۰۶۲/۵	۰
sp9	۱	۰/۶۸	۰/۰۷	۰/۰۸	۰	۵۰۶۲/۵	۵۰۶۲/۵	۳۵۴/۳۷	۴۰۵	۰
sp10	۱	۰/۹۳	۰/۳۲	۰/۳۹	۰	۴۹۵۰	۴۹۵۰	۱۵۸۴	۱۹۳۰/۵	۰
sp11	۱	۱	۱	۱	۰	۸۱۰۰	۸۱۰۰	۸۱۰۰	۸۱۰۰	۰
sp12	۱	۱	۰/۵۸	۰/۵۷	۰	۴۰۵۰	۴۰۵۰	۲۳۴۹	۲۳۰۸/۸	۰
smp	۱	۱	۱	۱	۰	۱۶۶۵	۱۶۶۵	۱۶۶۵	۱۶۶۵	۰
جمع پمپاژ ثانویه		۰،۸۰	۰،۴۷	۰،۳۳	۰	۵۹۲۲۰	۵۰۵۵۱	۳۱۸۹۲	۳۱۱۶۲	۰
مجموع کل شبکه						۲۲۱۲۲۰	۲۱۲۵۵۱	۱۹۳۸۹۲	۱۹۳۱۶۲	۲۰۲۵۰۰

جدول ۶. انرژی مصرفی برای توزیع یک مترمکعب آب در شبکه

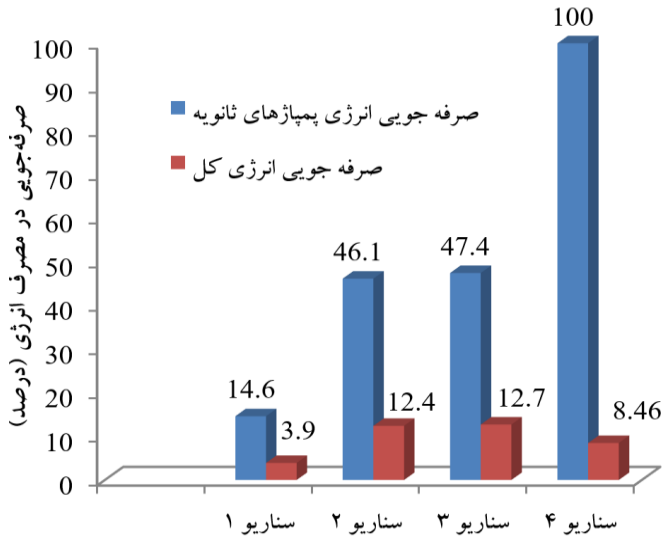
عنوان شاخص	واحد	وضع موجود	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ۴
انرژی مصرفی شبکه در سال	MW-h	۲۴۵۸۰	۲۳۶۱۷	۲۱۵۴۴	۲۱۴۶۲	۲۲۵۰۰
انرژی مصرفی برای پخش یک مترمکعب آب	KW-h/m3	۱/۴۵	۱/۳۹	۱/۲۷	۱/۲۶	۱/۳۲

یک مترمکعب آب در شبکه آبیاری صالح‌آباد ارائه شده است. در شرایط موجود برای توزیع یک مترمکعب آب در شبکه آبیاری صالح‌آباد ۱/۴۵ کیلووات ساعت انرژی مصرف می‌شود که بیانگر مصرف بالای انرژی در این شبکه آبیاری می‌باشد. رودریگز دیاز[۷] و همکاران (۲۰۱۱) میزان مصرف انرژی برای ۱۰ شبکه آبیاری جنوب اسپانیا بین ۰/۱۵ تا ۰/۹ کیلووات ساعت بر مترمکعب برآورد کرد که کمتر از مطالعه حاضر می‌باشد. از جمله دلایل بالا بودن مصرف انرژی در شبکه صالح آباد را می‌توان به بالا بودن ارتفاع پمپاژ از رودخانه و عدم استفاده از نیروی ثقل در طراحی شبکه اصلی بیان نمود.

در شکل ۵ مساحت اراضی شبکه که نیاز به ایستگاه پمپاژ ندارد ارائه شده است. در شکل ۶ میزان صرفه‌جویی در انرژی مصرفی ایستگاه‌های پمپاژ ثانویه و انرژی مصرفی کل شبکه آورده شده است. میزان صرفه‌جویی در انرژی مصرفی پمپاژ ثانویه در سناریوهای یک، دو، سه و چهار به ترتیب ۱۴/۶، ۴۶/۱، ۴۷/۴ و ۱۰۰ درصد و در کل شبکه به ترتیب ۳/۹، ۱۲/۴، ۱۲/۷ و ۸/۴۶ درصد بود. در سناریو چهارم به بهینه‌سازی ایستگاه پمپاژ اولیه پرداخته شد و مشخص گردید که با تغییر پمپ‌های ایستگاه پمپاژ اولیه امکان حذف تمام ایستگاه‌های پمپاژ ثانویه وجود داشت. لازم به ذکر است که حذف ایستگاه‌های پمپاژ ثانویه و تقویت ایستگاه پمپاژ اولیه صرفه‌جویی در مصرف انرژی کمتری نسبت به ناحیه‌بندی شبکه آبیاری دارد. یعنی در صورت ناحیه‌بندی شبکه می‌توان حدود ۱۳ درصد در مصرف انرژی شبکه صرفه‌جویی کرد. این نتایج با نتایج تحقیقات رودریگز دیاز[۸] و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد.



شکل ۵. محدوده اراضی بدون نیاز به ایستگاه پمپاژ در سناریوهای مختلف



شکل ۶. مقایسه میزان صرفه‌جویی در انرژی مصرفی ایستگاه‌های پمپاژ ثانویه و کل شبکه در سناریوهای مختلف

نتیجه‌گیری

شبکه آبیاری تحت‌فشار صالح‌آباد به وسعت حدود ۳۰۰۰ هکتار در استان ایلام واقع شده است. برای تامین نیاز آبی شبکه از رودخانه گدارخوش یک ایستگاه پمپاژ با ارتفاع پمپاژ ۲۵۶ متر احداث شده است. سپس آب از مخزن تعادلی با یک خط انتقال به ابتدای شبکه انتقال داده شده و وارد یک کانال بالاسری می‌شود. ۱۳ ایستگاه پمپاژ برای آبگیری از کانال و توزیع آب در مزارع در نظر گرفته شده است. یکی از مهمترین چالش‌های پیش‌روی شبکه آبیاری صالح‌آباد مصرف زیاد انرژی در شبکه می‌باشد، به طوری که در شرایط موجود برای توزیع هر مترمکعب آب ۱/۴۵ کیلووات ساعت انرژی مصرف می‌شود. به منظور رفع چالش‌های مذکور ابتدا مدیریت همزمان مصرف آب و انرژی بدون ایجاد تغییرات اساسی در شبکه مد نظر قرار گرفت. در سطح دوم ارزیابی‌ها، با تغییرات اساسی در شبکه شامل بخش‌بندی شبکه، کنترل نقاط بحرانی، استفاده از استراتژی‌های ممیزی انرژی و مدیریت ایستگاه‌های پمپاژ چهار سناریو برای کاهش مصرف انرژی در شبکه‌ی آبیاری تعریف شد. سناریوها عبارت بودند از: سناریو یک ناحیه‌بندی شبکه با لحاظ حفظ کانال تغذیه کننده اصلی شبکه، سناریو دوم ناحیه‌بندی شبکه با لحاظ تغییر کانال اصلی به لوله، سناریوی سوم اجرای یک خط اصلی جدید برای اراضی ثقلی و سناریو چهار حذف پمپاژ ثانویه با تغییر رقوم مخزن و تقویت پمپاژ اصلی. در سناریوهای اول تا سوم بخشی از شبکه آبیاری که قابلیت آبیاری بارانی بدون نیاز به ایستگاه پمپاژ ثانویه را دار می‌باشد، مشخص و در ادامه با تغییر نوع یا تعداد پمپ‌های ایستگاه‌های پمپاژ ثانویه برای تأمین دبی و هد مورد نیاز اراضی بالادست، میزان صرفه‌جویی در هر سناریو محاسبه گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که با ناحیه‌بندی و ایجاد تغییر در خط لوله آبرسان می‌توان بخش زیادی از شبکه را بدون نیاز به ایستگاه پمپاژ ثانویه و با استفاده از نیروی ثقل آبیاری نمود. این مسئله باعث ۳۱۲۱ مگاوات ساعت صرفه‌جویی در مصرف انرژی سالانه شبکه شد. بنابراین پیشنهاد می‌شود در طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی ناحیه‌بندی شبکه بر اساس فشار ورودی آبگیرها و استفاده از نیروی ثقل به عنوان یک راهکار تاثیرگذار در کاهش مصرف انرژی مد نظر قرار گیرد.

Reference:

Abadia, R., Rocamora, C., & Vera, J. (2012). Energy efficiency in irrigation distribution networks II: Applications. Biosystems engineering,111 (4):398-411.

Alaei, H., & Behzadmehr, A. (2014, August 8 -26). Modeling and analysis of water network, the aim of reducing energy consumption [Conference presentation].10th International Energy Conference, Tehran, Iran. [In Persian]

Carrillo- Cobo, M.T., Poyato, E.C., Montesinos, P., & Diaz, J.R. (2014). New model for sustainable management of pressurized irrigation networks. Application to Bembezar MD irrigation district (Spain). Science of the Total Environment, 473:1-8.

Carrillo Cobo, M.T., Rodriguez Diaz, J.A., Montesinos, P., Lopez Luque, R., & Camacho Poyato, E. (2011). Low energy consumption seasonal calendar for sectoring operation in pressurized irrigation networks. Irrigation Science, 29 (2): 157–169.

Corominas, J. (2010). Agua y energia en el riego en la epoca de la sostenibilidad. Ingenieria del Agua, 17 (3): 219–233.

Fernandez Garcia, I., Gonzalez Perea, R., Moreno, M.A., Montesinos, P., Camacho Poyato, E. & Rodriguez Diaz, J.A. (2017). Semi-arranged demand as an energy saving measure for pressurized irrigation networks. Agricultural Water Management, 193: 29-22.

Fernandez Garcia, I., Montesinos, P., Camacho Poyato, E., & Rodriguez Diaz, J.A. (2016). Energy cost optimization in pressurized irrigation networks. Irrig. Sci, 34: 1–13.

Fernandez Garcia, I., Montesinos, P., Poyato, EC., & Rodriguez Diaz, J.A. (2014a). Methodology for detecting critical points in pressurized irrigation networks with multiple water supply points. Water resources management, 28(4):1095-1109.

Fernandez Garcia, I., Moreno, M.A., & Rodriguez Diaz, J.A. (2014b). Optimum pumping station management for irrigation networks sectoring: case of Bembezar MI (Spain). Agricultural Water Management, 144:150-158.

Garcia-Prats, A., & Guillem-Pico, S. (2016). Adaptation of pressurized irrigation networks to new strategies of irrigation management: Energy implications of low discharge and pulsed irrigation. Agricultural Water Management, 169: 52-60.

Khadra, R., Lamaddalena, N., & Inoubli, N. (2013). Optimization of on demand pressurized irrigation networks and on-farm constraints. Procedia Environmental Sciences, 942-954.

Lamaddalena, N. and Khila, S. (2012). Energy saving with variable speed pumps in on demand irrigation systems. Irrigation Science, 30:157–166.

Lima, F.A., Martinez-Romero, A., Tarjuelo, J.M., & Corcoles, J.I. (2018). Model for management of an on-demand irrigation network based on irrigation scheduling of crops to minimize energy use (Part I): Model Development, 210: 58-49.

Nazari, B., Liaghat, A. M., Parsinezad, M., Bahmanpouri, S., & Alizadeh, H. A. (2016). Study of the Theoretical Basis and the Factors Affecting Energy Consumption in Pressurized Irrigation Systems in Qazvin Province. Journal of Water Research in Agriculture, 30(2): 261-271. [In Persian]

Rodriguez Diaz, J.A., Montesinos, P., & Camacho Poyato, E. (2012). Detecting critical points in on-demand irrigation pressurized networks—a new methodology. Water Resource Management, 26(6):1693–1713.

یادداشت ها

[1] *Rodriguez Diaz*
[2] *Fernández García*
[3] *Garcia-Prats*
[4] *Guillem-Pico*
[5] *Khadra*
[6] *Lima*
[7] *Rodríguez Díaz*
[8] *Rodríguez Díaz*