Research Paper

Economic Comparison Between Solar Power and National Grid to Supply Energy for Drip Irrigation System: The Case Study of Pakdasht County

Shiva Mottaghi[1]*, Ali Rahimi Khob[2]

1. Ph.D. Graduate. Department of Irrigation and Drainage, Bu-Ali Sina University, Hamedan,Iran
2. Professor, Department of Irrigation and Drainage, College of Aboureihan, University of Tehran, Iran

Received: 2020/08/24
Revised: 2020/12/27
Accepted: 2021/12/07

Use your device to scan and read the article online

DOI:
10.30495/wej.2023.26045.2266

Keywords:
Electricity grid, Investment, Pistachio gardens, Pressurized irrigation, Solar energy

Abstract

Introduction: In recent years, the supply of energy for irrigation systems of pistachio gardens in Pakdasht is an important issue. With the implementation of targeted subsidies plan, the price of energy has increased significantly. In these conditions, the use of solar energy is the best solution, especially for areas away from the national electricity grid.

Methods: In this study, drip irrigation system was designed for 4 pistachio gardens in Pakdasht with areas of 12, 24, 48 and 96 ha and slopes of 0, 1, 2, 3 and 4%. Irrigation was done in two modes: 24-hour irrigation, 12-hour irrigation, then the annual investment costs of the solar system and the national electricity were calculated.

Findings: Comparison cost of solar equipment in 12 and 24 hour irrigation showed that in the slope of 4%, the cost of solar equipment in 24-hour irrigation for 12, 24, 48 and 96 ha were 0.6, 0, 68.45 and 97.36 million Rials more than cost of solar equipment in 12-hour irrigation and the investment cost of mechanical equipment and purchasing pipes in 12-hour irrigation were 9.68, 70.46, 240.93 and 451.25 million Rials more than cost of them in 24-hour irrigation, respectively. In general, total cost of the solar system in 24-hour irrigation is less than 12-hour irrigation. Selected solar system (24-hour irrigation) was compared with a pumping system connected to the national electricity grid. The comparison showed that economic feasibility of solar system is depend on the pumping station power and distance of gardens from the national grid.

Citation: Mottaghi Sh, Rahimi Khob A. Economic Comparison Between Solar Power and National Grid to Supply Energy for Drip Irrigation System: The Case Study of Pakdasht County. Water Resources Engineering Journal. Water Resources Engineering Journal. 2023; 16(56): 1-14.

***Corresponding author:** Shiva Mottaghi
Address: Department of Irrigation and Drainage, Bu-Ali Sina University, Hamedan,Iran
Tell: +989129328495
Email: shiva.mottaghi@ut.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

In the current water shortage situation, it is necessary to improve the traditional irrigation methods. Among the different methods of irrigation, the highest efficiency is related to drip irrigation systems. Due to the high costs of providing energy for pressurized irrigation networks in areas that are far from electricity supply networks, special social conditions, cultivation patterns and land dispersion in small plots, the development of pressurized irrigation systems in farms in some areas has faced many problems. One of the main reasons that our country has not been able to use its arable land and the current agricultural land and gardens are decreasing is that many areas are still unused due to being far from the national electricity grid. Solar power system (photovoltaic) is one of the most efficient solar electricity generation systems that reduces many human concerns, such as environmental pollution and new diseases, exhaustion and energy conversion. According to Iran's climate, it can develop well. In Pakdasht city, there are many capacities for the production of agricultural and garden crops, but currently more than half of its arable land is uncultivable due to lack of water. According to the climate and geographical location of Pakdasht, all the gardens are irrigated by drip irrigation method, and supplying the energy required by the irrigation systems of these farms is an important issue.

Materials and Methods

A drip irrigation system was designed for 4 sample pistachio gardens with areas of 12, 24, 48 and 96 hectares, with slopes of 0 to 4%, for two irrigation times of 12 and 24 hours. Then, the power consumption of the pumping station, the type and number of pumps, the working hours of the pump during the agricultural year, the required pressure and the required electricity for the peak period (maximum consumption) and annually were calculated and based on the amount of annual electricity consumed by the pump, an economic analysis was performed. In this research, two scenarios were defined for supplying the electricity needed by gardens: 1) use of electric energy, 2) use of solar energy. The cost of electrification and connection to the national electricity network as well as the amount of electricity consumed by the pump during each year were calculated for each garden. Then, the initial investment cost of the solar system was estimated according to the required power of each station. In order to compare the costs in different farms, the fixed investment costs were converted into annual costs and added to the annual current costs. Another goal of this research is to achieve a distance from that point onwards, electricity supply to that area will not be economically justified and the solar system will be replaced. To reach the distance that determines the economic efficiency of solar energy and electricity, it is necessary to calculate the cost of constructing the power transmission line for different distances. For this purpose, the cost of constructing the transmission line was calculated for every 500 meters, by drawing the diagram of the total cost of the solar and electric system at different distances from the national grid, the diagram of the two systems will intersect at one point. This point is the minimum distance where the use of solar energy is cost-effective.

Findings

The research results showed that with the increase in the area of gardens, the investment cost of solar equipment increased. In all gardens, the cost of solar equipment in 24-hour irrigation was higher than 12-hour irrigation. In each garden, the cost of both 12-hour and 24-hour irrigation decreased as the slope decreased. The comparison of the cost of mechanical equipment in 12- and 24-hours irrigation modes showed that the cost of mechanical equipment in 4 pistachio orchards in 24-hour irrigation mode is lower than 12-hour irrigation, contrary to the result of comparing solar equipment in 12 and 24-hour irrigation modes. As the slope of gardens increased, the cost of mechanical equipment decreased in both 12-hour and 24-hour modes. The total investment cost showed that in 12-hour irrigation, the

amount of increase in the cost of purchasing the pipe has prevailed over the decrease in the cost of solar equipment, and finally, the solar system related to 24-hour irrigation was evaluated as more economical. This system was compared with the connected system. In order to build a solar pumping system of 2.2, 5.5, 11 and 18.5 kW, for a slope of 1%, the distance of the desired area should be equal to or more than 5, 10, 19 and 31 km, respectively. Construction of 2.2, 4, 7.5- and 15-kW solar pumping system for 2% slope, the distance of the target area should be equal to or more than 5, 8, 15 and 22 km, respectively. Also, the construction of a solar pumping system of 1.5, 3, 7.5 and 15 kW for a 3% slope at a distance greater than or equal to 2, 6.5, 15 and 22 km, respectively, was evaluated economically. The economic distance for the solar pumping system of 1.5, 2.2, 5.5 and 11 kW at a slope of 4% was equal to or greater than 2, 5, 10 and 19 km, respectively.

Discussion

In all gardens, the cost of solar equipment in 24-hour irrigation mode was higher than 12-hour irrigation. It can be concluded that by reducing the irrigation time, the cost of solar equipment is reduced. The battery of the solar system has a relatively high cost. When irrigation is done for 24 hours, more batteries, panels and converters are needed and the cost of purchasing solar equipment increases, but if irrigation is done during daylight hours, the need for equipment is reduced and the investment cost decreases a lot. On the other hand, in 12-hour irrigation, due to the reduction of irrigation hours, the capacity of the system increases, and as a result, the power of the pumping station increases. By increasing the power of the pumping station and selecting more and more powerful pumps and electric motors, the cost of mechanical equipment increases. Also, increasing the system capacity leads to larger pipes. By conducting an economic analysis, the 24-hour solar pumping system was compared with the system connected to electricity as a more economical solar system. It was observed that as the distance from the national electricity grid increases, the costs of the solar system are lower than the system connected to electricity. If the distance from the national network is considered constant, the economic efficiency of the system depends on the area of the gardens and the power of the pumping station.

Conclusion

Considering the need to modernize irrigation systems in fields and gardens to prevent water wastage, using solar energy can be a suitable source for supplying energy to pressurized irrigation systems. According to the total cost obtained, it was observed that with the increase in the area of gardens and the increase in irrigation hours, the cost of the solar system was higher than the system connected to electricity, and with the increase in the distance from the national grid, the cost of the electric system increased. In general, the construction of a solar pumping system with a low required power, at a long distance from the national grid, is economically beneficial and it is suggested to replace the electricity supply.

Ethical Considerations compliance with ethical guidelines

The cooperation of the participants in the present study was voluntary and accompanied by their consent.

Funding

No funding.

Authors' contributions

Shiva Mottaghi: Methodology, Data analysis, Writing.
Ali Rahimi Khob: Design and conceptualization, Project administration, Review and editing.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

مقایسه اقتصادی بین برق خورشیدی و شبکه سراسری برای تأمین انرژی مورد نیاز مزارع آبیاری قطره‌ای- مطالعه موردی: شهرستان پاکدشت

شیوا متقی[1*]، علی رحیمی خوب [2]
۱. دانش آموخته دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۲. استاد گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۰۳
تاریخ داوری: ۱۳۹۹/۱۰/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۶

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

DOI:
10.30495/wej.2023.26045.2266

واژه‌های کلیدی: آبیاری تحت فشار، انرژی خورشیدی، باغ پسته، برق سراسری، سرمایه-گذاری

چکیده

مقدمه: در سال‌های اخیر در منطقه پاکدشت باغات پسته گسترش یافته‌اند. تامین انرژی مورد نیاز سیستم‌های آبیاری این باغات مساله مهمی است. با اجرای طرح هدفمند سازی یارانه، قیمت حامل‌های انرژی افزایش چشمگیری داشته است. در این شرایط استفاده از انرژی خورشیدی بهترین راه حل برای تامین برق بخش کشاورزی بخصوص مناطق دوردست می‌باشد.

روش: در این تحقیق برای چهار باغ پسته در منطقه پاکدشت با مساحت‌های مختلف و شیب‌های مختلف برای دو حالت آبیاری ۲۴ساعته و ۱۲ساعته، سیستم آبیاری قطره‌ای طراحی شد و هزینه‌های سرمایه‌گذاری سالانه سیستم خورشیدی و برق سراسری با یکدیگر مقایسه شدند.

یافته‌ها: نتایج مقایسه بین هزینه تجهیزات خورشیدی آبیاری ۱۲ و ۲۴ ساعته نشان داد در شیب چهار درصد که کمترین میزان اختلاف هزینه وجود داشت، هزینه تجهیزات خورشیدی آبیاری ۲۴ ساعته برای باغ ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۹۶ هکتاری به ترتیب ۰/۶، ۰، ۶۸/۵۴ و ۹۷/۳۶ میلیون ریال بیشتر از تجهیزات خورشیدی در آبیاری ۱۲ ساعته است و هزینه تجهیزات مکانیکی و خرید لوله برای باغات ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۹۶ با شیب چهار درصد در آبیاری ۱۲ ساعته به ترتیب ۹/۶۸، ۷۰/۴۶، ۲۴۰/۹۳ و ۴۵۱/۲۵ میلیون ریال بیشتر از از آبیاری ۲۴ ساعته است، در مجموع هزینه کل سیستم خورشیدی ۲۴ ساعته کمتر از هزینه این سیستم در آبیاری ۱۲ ساعته ارزیابی شد. سیستم خورشیدی ۲۴ ساعته انتخاب شده، با سیستم پمپاژ متصل به شبکه برق سراسری مقایسه شد و نتایج نشان داد که اقتصادی بودن سیستم خورشیدی بستگی دارد به توان مورد نیاز ایستگاه پمپاژ و فاصله زمین کشاورزی از شبکه سراسری.

نتیجه‌گیری: با افزایش مساحت باغات، هزینه سیستم خورشیدی بیشتر از سیستم متصل به برق گردید و با افزایش فاصله از شبکه سراسری مقدار هزینه سیستم برقی افزایش یافت. بطور کلی احداث سیستم پمپاژ خورشیدی با توان مورد نیاز بالا، در فاصله کم از شبکه سراسری از نظر اقتصادی به صرفه نیست.

* **نویسنده مسئول:** شیوا متقی
نشانی: گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
تلفن: ۰۹۱۲۹۳۲۸۴۹۵
پست الکترونیکی: shiva.mottaghi@ut.ac.ir

مقدمه

یکی از مسائل بسیار مهم در زمینه توسعه کشاورزی استفاده درست از منابع آب است. به دلیل اینکه اکثر هدررفت منابع آب در بخش کشاورزی در مزارع و باغات صورت می‌گیرد باید به سمت اصلاح شیوه-های سنتی آبیاری پرداخت. از میان شیوه‌های مختلف آبیاری بیشترین بازده مربوط به سیستم‌های آبیاری قطره‌ای می‌باشد. داروییج و همکاران (۲۰۱۴) دریافتند که آبیاری قطره ای ۲۸–۳۵ درصد نسبت به آبیاری جویچه ای در مصرف آب صرفه جویی می‌کند و همچنین موجب افزایش بهره‌وری آب از ۰/۴۳ به ۰/۶۱ کیلوگرم بر مترمکعب می گردد (۱). کاچوایا و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان دادند که آبیاری قطره ای محصول را ۱۶–۳۰ درصد نسبت به آبیاری سنتی افزایش می دهد (۲). آلام و کومار (۲۰۰۱) صرفه جویی در مصرف آب به میزان ۱۳/۵–۵۶/۳ درصد در استفاده از آبیاری قطره‌ای بعنوان جایگزین آبیاری سنتی را گزارش دادند (۳). در مطالعه سینگاندوپ و همکاران (۲۰۰۸) نیز کاهش مصرف آب به میزان ۴۲/۶ درصد بواسطه استفاده آبیاری قطره ای مشاهده شده است (۴). روبلین (۲۰۱۶) کاهش ۳۰ درصدی مصرف آب با استفاده از نوین سازی سیستم آبیاری را نشان داد (۵). هزینه‌های گزاف تأمین انرژی برای شبکه‌های آبیاری تحت فشار در مناطقی که فاصله زیادی از شبکه‌های انتقال برق دارد، شرایط خاص اجتماعی، الگوهای کشت و پراکندگی اراضی در قطعات کوچک، توسعه سیستم-های آبیاری تحت فشار در داخل مزارع را در برخی مناطق با مشکل روبرو می نماید (۶، ۷، ۸) . یکی از دلایل اصلی اینکه کشور ما نتوانسته زمین‌های قابل کشت خود را بهره ورکند و زمین‌های کشاورزی و باغ-های کنونی در حال تقلیل هستند این است که بسیاری از مناطق دور افتاده به دلیل فاصله زیاد از شبکه سراسری برق و هزینه زیاد برق رسانی، همچنان بدون استفاده مانده‌اند. از اینرو استفاده از انرژی‌های نو بهترین راه حل برای تامین برق بخش کشاورزی بخصوص توسعه زمین‌های کشاورزی دور دست می‌باشد. سیستم برق خورشیدی(فتوولتائیک)[1] یکی از پربازده‌ترین سیستم‌های تولید الکتریسیته خورشیدی است که نه تنها سبب کاهش بسیاری از دغدغه-های بشری، مانند آلودگی‌های زیست محیطی و بیماری‌های نوپدید، پایان‌پذیری ، تبدیل انرژی و مانند این‌ها می‌شود، بلکه با توجه به آب و هوای ایران، می‌تواند به خوبی گسترش یابد (۹، ۱۰). کشور ایران در منطقه‌ای واقع شده که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط جهان در بالاترین رده‌ها قرار دارد. میزان تابش انرژی خورشیدی در ایران تا ۵/۵ کیلووات ساعت بر مترمربع در روز تخمین زده شده است که بالاتر از میزان متوسط جهانی است (۱۱). استفاده از انرژی خورشیدی در آبیاری دارای مزیت‌هایی از قبیل: هزینه نگهداری بسیار پایین، قابلیت اطمینان بیشتر، قابل نصب و راه‌اندازی در تمامی نقاط، قابلیت بکارگیری به صورت خودکار، قابلیت استفاده در اندازه‌های مختلف و غیره است. دیگر مزایای سیستم افزایش تولید پراکنده و سادگی سیستم و قابلیت ذخیره‌سازی آب در شب یا مواقع ابری است (۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷). از یک سو کاهش قیمت تجهیزات خورشیدی (۳۰–۶۰ درصد در طول ۱۰ سال) و از سوی دیگر افزایش قیمت سوخت موجب افزایش علاقه مندی متخصصین و سرمایه گذاران به سیستم خورشیدی گردیده است (۱۸). با توجه به اهمیت روز افزون انرژی خورشیدی و اختلاف نظرهای موجود در زمینه اقتصادی بودن استفاده از آن، صاحب‌نظران و کارشناسان مطالعات زیادی در این زمینه انجام داده‌اند که حایز اهمیت است. ناروارته و همکاران (۲۰۱۸) از سیستم پمپاژ خورشیدی ۲۰ کیلو واتی برای آبیاری ۳۰ هکتار باغ زیتون استفاده کردند و پس از بررسی اقتصادی طرح، ۶۰ درصد صرفه جویی در مصرف برق گزارش شد (۱۹). مهدوی عادلی و همکاران (۱۳۹۳) امکان‌سنجی استفاده از یک سیستم فتوولتائیک به منظور تأمین بار الکتریکی مورد نیاز یک مجتمع مسکونی در شهر مشهد را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از این سیستم‌ها در مجتمع‌های مسکونی سه واحدی توجیه‌پذیر بوده، بطوری که با میزان سرمایه‌گذاری اولیه ۲۰۰ میلیون ریال، نرخ بازدهی داخلی در یک مجتمع مسکونی با متوسط مصرف ۴۰۰ کیلو وات ساعت در ماه برای هر واحد، برابر با ۲۲/۸۳ درصد است و دوره بازگشت سرمایه ۱۳ سال و نیز ارزش خالص فعلی به میزان ۹۶/۳۸۰ میلیون ریال می-باشد (۲۰). منشی‌پور و عبدالهی (۱۳۸۶) در ارزیابی اقتصادی استفاده از سیستم فتوولتائیک به جای توسعه‌ی شبکه برق سراسری در یک روستای ۲۰ خانواری به این نتیجه رسیده‌اند که در فاصله‌های بیشتر از ۲۲ کیلومتر از شبکه توزیع برق، استفاده از سیستم فتوولتائیک مقرون به صرفه است (۲۱). پانده و همکاران (۲۰۰۳) به منظور پرورش باغ انار در مناطق خشک یک پمپ خورشیدی طراحی کردند و براساس عملکرد پمپ و سیستم آبیاری قطره‌ای اظهار داشتند که ۵ هکتار از سطح مزرعه می‌تواند با سیستم خورشیدی پوشش داده شود. نسبت درآمد به هزینه برای چنین سیستمی بالای ۲ بدست آمد و دوره بازگشت سرمایه ۶ سال گزارش شد. با استفاده از سیستم فتوولتائیک، انرژی اضافی تولید شده در طی زمان استراحت پمپ برای اهداف زیای بکار برده شد (۲۲). نتایج تحقیق روبیو و همکاران (۲۰۱۹) نشان داده است که انرژی خورشیدی برای بهره‌برداری از چاه، از نظر هزینه چرخه عمر اقتصادی‌تر از سایر انرژی‌های متداول نظیر برق است (۲۳). حسین و همکاران (۲۰۱۵) وضعیت پمپ‌های آبیاری خورشیدی موجود در نقاط مختلف بنگلادش را ارزیابی کرده اند. نتایج نشان داده است که پمپ خورشیدی برای دوره بیشتر از ۵ سال کم هزینه تر از پمپ دیزلی است. نرخ بازده داخلی پمپ خورشیدی (۸۰٪) بیشتر از نرخ بازده داخلی پمپ دیزلی (۷۱٪) بدست آمد و نسبت درآمد–هزینه پمپ خورشیدی (۱/۹۱) بالاتر از پمپ دیزلی(۱/۳۱) بود (۲۴). علی و همکاران (۲۰۲۲) از سیستم آبیاری خورشیدی برای حل بحران انرژی مزارع هند استفاده کرده‌اند. نتایج تحقیق نشان داد که این سیستم در طولانی مدت اقتصادی است. پمپ دیزلی، کربن دی اکسید منتشر می‌کند و محیط زیست را آلوده می‌کند اما پمپ خورشیدی یک تکنولوژی آبیاری پاک است (۲۵). در سال‌های اخیر در منطقه پاکدشت مزارع پسته گسترش یافته‌اند. در این شهرستان ظرفیت‌های بسیاری برای تولید محصولات زراعی و باغی

[1] photovoltaics

وجود دارد اما در حال حاضر بیش از نیمی از ۱۳۰ هکتار اراضی قابل کشت کشاورزی شهرستان پاکدشت به علت کمبود آب غیر قابل کشت است. با توجه به اقلیم و موقعیت جغرافیایی پاکدشت هم اکنون کلیه باغات شهرستان پاکدشت به شیوه آبیاری قطره‌ای آبیاری می‌شود و تامین انرژی مورد نیاز سیستم‌های آبیاری این مزارع مساله مهمی است. این تحقیق با هدف تحلیل و مقایسه اقتصادی بین دو سیستم انرژی خورشیدی و شبکه برق سراسری برای تأمین انرژی مورد نیاز مزارع آبیاری قطره‌ای منطقه پاکدشت انجام شده است که اولین مطالعه و بررسی در این زمینه می باشد.

مواد و روش‌ها

طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای برای باغات نمونه در منطقه پاکدشت

برای ۴ باغ پسته نمونه با مساحت‌های ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۹۶ هکتار، هرکدام با شیب‌های ۰ تا ۴ درصد، برای دو زمان آبیاری ۱۲ و ۲۴ ساعته، سیستم آبیاری قطره‌ای طراحی شد. اطلاعات روزانه هواشناسی منطقه در طول ۱۰ سال تهیه شد. پارامتر تبخیر تعرق پتانسیل گیاه (ET_o) با استفاده از معادله‌ی پنمن مانتیث برآورد شد. با معرفی ضریب گیاهی (Kc) برحسب نوع گیاه، مرحله و طول دوره رشد و تأثیر آن بر (ET_o)، تبخیر تعرق گیاهی(ET_c) محاسبه شد. میانگین تبخیر تعرق گیاه برای ۱۰ سال آماری بدست آمد و حداکثر مقدار آن برآورد شد و در محاسبات بعنوان معیار قرار گرفت. براساس معادلات و جداول مربوط به طراحی سیستم آبیاری تحت فشار، پارامترهای اولیه مورد نیاز برای طراحی بدست آمد و در جدول شماره ۱ ارائه گردیده است.

جدول۱- خلاصه نتایج طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای

پارامتر	مقدار
عمق موثر ریشه (متر)	۱/۵
Aw آب قابل دسترس (میلی متر بر متر)	۱۲۵
Sr فاصله ردیف (متر)	۵
Sp فاصله درختان (متر)	۳
Se فاصله قطره چکان‌ها (متر)	۳
Dw عرض خیس‌شدگی (متر)	۱/۱۴
ne تعداد قطره‌چکان روی هر انشعاب	۵
Ne تعداد قطره‌چکان بین دو درخت	۱
q دبی هر قطره چکان (لیتر در ساعت)	۴
qe دبی قطره چکان‌های یک انشعاب (لیتر در ساعت)	۲۰
MAD حداکثر تخلیه مجاز	۰/۵
Pd حداکثر سطح سایه انداز	۰/۵
Etc تبخیر تعرق ماه پیک (میلی متر در روز)	۴/۷
Tr تعرق (میلی متر در روز)	۲/۶
Pw سطح خیس شدگی	۰/۸
Ix حداکثر عمق آبیاری (میلی متر)	۷۵/۶
F دور آبیاری انتخابی (روز)	۱
In نیاز خالص برای هر دور (میلی متر)	۲/۶
Eu راندمان آبیاری	۰/۹
Ig نیاز ناخالص برای هر دور آبیاری (میلی متر)	۲/۹
V حجم ناخالص آبیاری برای هر گیاه (لیتر))	۴۳
T مدت آبیاری برای هر واحد (ساعت)	۲

طراحی لترال و مانیفلد:

برای بدست آوردن مشخصات لترال، از برنامه نویسی در محیط ویژال بیسیک استفاده شد. در ابتدا تعداد قطره چکان فرض شد، طول لترال و افت و تغییرات فشار متناظر با آن نیز محاسبه شدند و در نهایت با مقایسه‌ی افت و تغییرات فشار واقعی با افت و تغییرات فشار مجاز، تعداد مناسب قطره‌چکان و طول مناسب انتخاب شد. با استفاده از مشخصات لترال‌ها، طول و قطر مانیفلد به گونه‌ای طراحی شد که تغییرات فشار و افت اصطکاکی از مقدار مجاز فراتر نروند. با انتخاب تعداد لترال، دبی مانیفلد و طول مانیفلد و افت در مانیفلد نیز محاسبه شد. با داشتن مقدار افت در مانیفلد در باغات با شیب‌های مختلف، فشار ورودی لوله با استفاده از روابط علیزاده (۱۳۹۰) بدست آمد (۲۶).

هیدرولیک لوله اصلی:

افت فشار لوله اصلی یکی از عوامل موثر در انتخاب قطر لوله اصلی است. چراکه علاوه بر تاثیر در انتخاب پمپ، در فشار لوله‌های جانبی و مانیفلد نیز موثر است. آرایش و برنامه کاری لوله نیمه‌اصلی عامل مهمی در طراحی لوله اصلی است. فشار مورد نیاز در ابتدای لوله اصلی در حالت آبیاری ۱۲ و ۲۴ ساعته از روابط کلرو بلیسنر (۱۹۹۰) بدست آمد و در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است (۲۷).

جدول ۲- فشار مورد نیاز در ابتدای لوله اصلی تمام باغات در آبیاری ۲۴ ساعته

مساحت باغ (هکتار)	۱۲	۲۴	۴۸	۹۶
شیب زمین(درصد)	فشار مورد نیاز در ابتدای لوله (متر)			
۰	۲۸/۳	۲۹	۲۶/۷	۲۶/۲۱
۱	۲۴/۲	۲۶	۲۶/۶	۲۶
۲	۱۹/۸	۲۱/۶	۲۲/۲	۲۱/۶
۳	۱۵/۶	۱۷/۴	۱۸	۱۷/۴
۴	۱۵/۳	۱۳/۳	۱۳/۶۵	۱۳/۳

جدول ۳- فشار مورد نیاز در ابتدای لوله اصلی تمام باغات در آبیاری ۱۲ ساعته

مساحت باغ (هکتار)	۱۲	۲۴	۴۸	۹۶
شیب زمین(درصد)	فشار مورد نیاز در ابتدای لوله (متر)			
۰	۲۹/۷۲	۲۶/۶۶	۲۶/۹۳	۲۷/۳۴
۱	۲۵/۶	۲۳/۷۶	۲۲/۸۱	۲۷/۸
۲	۲۱/۲۴	۱۹/۴۱	۱۸/۴۶	۲۳/۵
۳	۲۲/۷۹	۱۵/۱۹	۱۴/۲۴	۱۹/۲۹
۴	۱۸/۶۹	۱۴/۸۱	۱۳/۱۴	۱۵/۱۸

پس از طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای برای تمام باغات و محاسبه فشار مورد نیاز سیستم، توان مصرفی ایستگاه پمپاژ محاسبه شد. برای محاسبه توان پمپ، راندمان پمپ ۰/۷ و راندمان الکتروموتور نیز ۰/۷ در نظر گرفته شد. توان پمپ از رابطه (علیزاده، ۱۳۹۰) بدست آمد (۲۶). دبی و فشار طراحی از منحنی‌های مشخصه سیستم و با در نظر گرفتن ماه اوج مصرف آب تعیین گردید. پس از محاسبه‌ی توان ایستگاه پمپاژ، براساس کاتالوگ شرکت پمپیران تعداد پمپ ها و نوع پمپ ها طراحی و انتخاب شد، در نهایت برای کلیه باغات، ساعات کار پمپ در طول سال زراعی، فشار مورد نیاز و برق مورد نیاز برای دوره پیک(حداکثر مصرف) و سالانه محاسبه شد و بر اساس میزان برق مصرفی سالانه پمپ، آنالیز اقتصادی انجام شد. در این تحقیق دو سناریو برای تامین برق مورد نیاز باغات تعریف شد: ۱) سناریو اول: استفاده از انرژی برق، ۲) سناریو دوم: استفاده از انرژی خورشیدی.

سناریوی اول: استفاده از برق سراسری

با فرض اینکه منطقه مورد مطالعه به برق سراسری دسترسی ندارد، هزینه برق‌رسانی و اتصال به شبکه سراسری برق برای همه باغات محاسبه شد، شامل هزینه احداث خط انتقال برق، خرید انشعاب برق با کاربری کشاورزی، خرید و حمل تجهیزات برقی، نصب و راه اندازی و آزمایش تجهیزات برقی، خرید و حمل تجهیزات مکانیکی، نصب و راه اندازی و آزمایش تجهیزات مکانیکی، خرید و حمل تجهیزات ابزار دقیق، نصب و راه‌اندازی و آزمایش تجهیزات ابزار دقیق. بخش دیگر هزینه ها شامل میزان برق مصرفی توسط پمپ در طول هر سال است که براساس هزینه برق مصرفی، هر کیلووات ساعت ۱۳۰۰ ریال برای هریک از باغات محاسبه شد.

سناریوی دوم: استفاده از سیستم فتوولتائیک

فتوولتائیک یا به اختصار PV، یکی از انواع سیستم‌های تولید برق از انرژی خورشیدی می‌باشد. وقتی نور خورشید به یک سلول فتوولتائیک می‌تابد، بین دو الکترود منفی و مثبت اختلاف پتانسیل بروز کرده و این امر موجب جاری شدن جریان بین آنها می‌گردد. به طور کلی سیستم های فتوولتائیک از سه بخش عمده تشکیل شده اند: ۱- مدول یا ماژول یا پنل خورشیدی، ۲-بخش واسطه، ۳- مصرف کننده. قسمت واسطه شامل باتری‌های ذخیره، مبدل برق مستقیم به متناوب، دستگاه کنترل-کننده، سازه فلزی یا ساختمانی و کابل‌های ارتباط است. برای سیستم تحت فشار با زمان آبیاری ۲۴ ساعت و ۱۲ ساعت، ایستگاه پمپاژ طراحی شد و نوع پمپ‌ها انتخاب شد. سپس هزینه سرمایه گذاری اولیه سیستم خورشیدی شامل هزینه پنل‌های خورشیدی، اینورتر، شارژ کنترلر، باتری‌ها، استراکچرهای فلزی، کابل‌ها، تجهیزات حفاظتی و کنترلی و هزینه تجهیزات مکانیکی مانند الکترو پمپ‌ها شیرآلات و اتصالات و لوله ها، تجهیزات برقی مانند تابلوی برق، کابل‌ها و سیستم اتصال زمین متناسب با هر ایستگاه برآورد شد. همچنین هزینه تجهیزات دیگری مانند کنتور حجمی، سطح سنج، کلیدی حدی و فشار سنج، هزینه خرید لوله و اجرا، هزینه‌های تجدیدی، هزینه تعمیر و نگهداری می‌باشد. با توجه به توان مورد نیاز هر ایستگاه، نوع پنل‌ها و تعداد آنها، تعداد شارژ-کنترلر مورد نیاز، تعداد باتری، تعداد سازه‌های نگه‌دارنده، تعداد مبدل و کلیه تجهیزات برآورد شد. هزینه‌ها به دو زیرمجموعه هزینه‌های سرمایه‌گذاری و هزینه‌های جاری سالانه تقسیم می‌شوند. به منظور محاسبه مجموع هزینه‌ها و امکان مقایسه مزارع مختلف، هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری به هزینه‌های سالانه تبدیل و با هزینه‌های جاری سالانه جمع شدند. ارزش سالانه هزینه‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از روابط زیر محاسبه شد:

$$A = P \times CRF \qquad (۱)$$

در رابطه (۱)، A ارزش سالانه هزینه‌های سرمایه‌گذاری، P ارزش فعلی هزینه‌های سرمایه‌گذاری، n طول عمر پروژه، i نرخ بهره سالیانه (اعشاری) وCRF[2] ضریب بازگشت سرمایه می‌باشند.

برای محاسبه ضریب بازگشت سرمایه از رابطه (۲) استفاده شد:

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n + 1} \qquad (۲)$$

n: طول عمر پروژه (سال) و i: نرخ بهره سالیانه

در این تحقیق نرخ بهره سالیانه ۵ درصد فرض شد. طول عمر تجهیزات برق رسانی۳۰ سال در نظر گرفته شد (شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس). هزینه هریک از اجزای سیستم مزرعه آبیاری قطره ای که عمر مفیدشان کمتر از عمر مفید پروژه بود، تجدید شدند. طول عمر لوله های بکار رفته در سیستم ۱۵ سال، عمر مفید تجهیزات خورشیدی ۱۵ سال و تجهیزات برقی و مکانیکال ایستگاه پمپاژ ۱۵ سال است و لذا در طول عمر مفید سیستم بترتیب دو و یک بار تجدید شدند. ارزش کنونی هزینه‌های تجدیدی با استفاده از رابطه ۳ بدست آمد:

$$P = \frac{F}{(1+i)^n} \qquad (۳)$$

در رابطه (۳)، P ارزش کنونی هزینه‌های تجدیدی، F ارزش آینده هزینه‌های تجدیدی، i نرخ بهره (اعشار) و n عمر مفید پروژه (سال) هستند. هزینه سرمایه‌گذاری اولیه کل، مجموع هزینه‌های سال اول و هزینه‌های تجدیدی در طول عمر مفید است.

هزینه جاری سالانه کل باغات در سیستم برقی شامل بهای برق و در سیستم خورشیدی شامل هزینه نگهداری و تعمیر می‌باشد. هزینه برق مصرفی از رابطه ۴ بدست آمده است (۲۸) :

$$R_p = P \times H_y \times R \qquad (۴)$$

در رابطه (۴)، R_p هزینه برق مصرفی (ریال)، P توان مصرفی ایستگاه پمپاژ (کیلووات)، H_y کارکرد سالانه ایستگاه پمپاژ (ساعت) و R قیمت کیلووات ساعت برق (ریال) می‌باشد. به منظور محاسبه مجموع هزینه‌ها و امکان مقایسه سناریوهای مختلف، هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری به هزینه‌های سالانه تبدیل و با هزینه‌های جاری سالانه جمع شدند. پس از بدست آوردن هزینه‌ی سالانه‌ی هر دو سناریو، مقایسه اقتصادی انجام شد و گزینه‌ی کم هزینه‌تر انتخاب شد. یکی دیگر از اهداف این تحقیق دستیابی به فاصله‌ای است که از آن نقطه به بعد، برق‌رسانی به آن منطقه توجیه اقتصادی نداشته باشد و سیستم خورشیدی جایگزین

[2] Capital Recovery Factor

شود. برای روشن شدن این امر لازم است که هزینه احداث خط انتقال برق برای فواصل مختلف محاسبه شود. بدین منظور هزینه احداث خط انتقال برای هر ۵۰۰ متر محاسبه شد، با رسم نمودار هزینه کل سیستم خورشیدی و برقی در فواصل مختلف از شبکه سراسری، نمودار دو سیستم در یک نقطه یکدیگر را قطع خواهند کرد و این نقطه همان فاصله ایست که از آن به بعد احداث سیستم خورشیدی به صرفه خواهد بود. برای روشن شدن جزئیات هزینه های سیستم برقی و خورشیدی، عناوین تجهیزات هریک از سیستم ها برای برق رسانی به ایستگاه پمپاژ در جدول شماره ۴ ارائه شده است.

جدول ٤- تجهیزات و هزینه های برق رسانی به ایستگاه پمپاژ

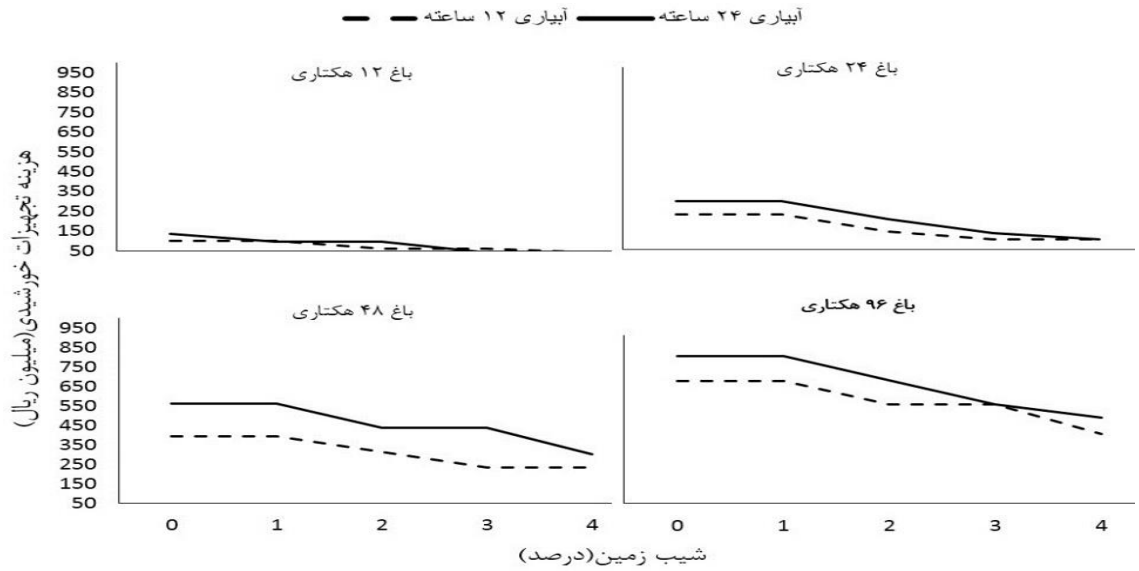
شبکه توزیع برق سراسری	سیستم خورشیدی
احداث خط انتقال برق به فاصله مورد نظر	سلول های خورشیدی
خرید انشعاب برق با کاربری کشاورزی	تجهیزات حفاظتی و کنترلی
هزینه برق مصرفی	شارژ کنترلر
	باتری ها
	استراکچرهای فلزی
	کابل ها
	اینورتر

نتایج و بحث

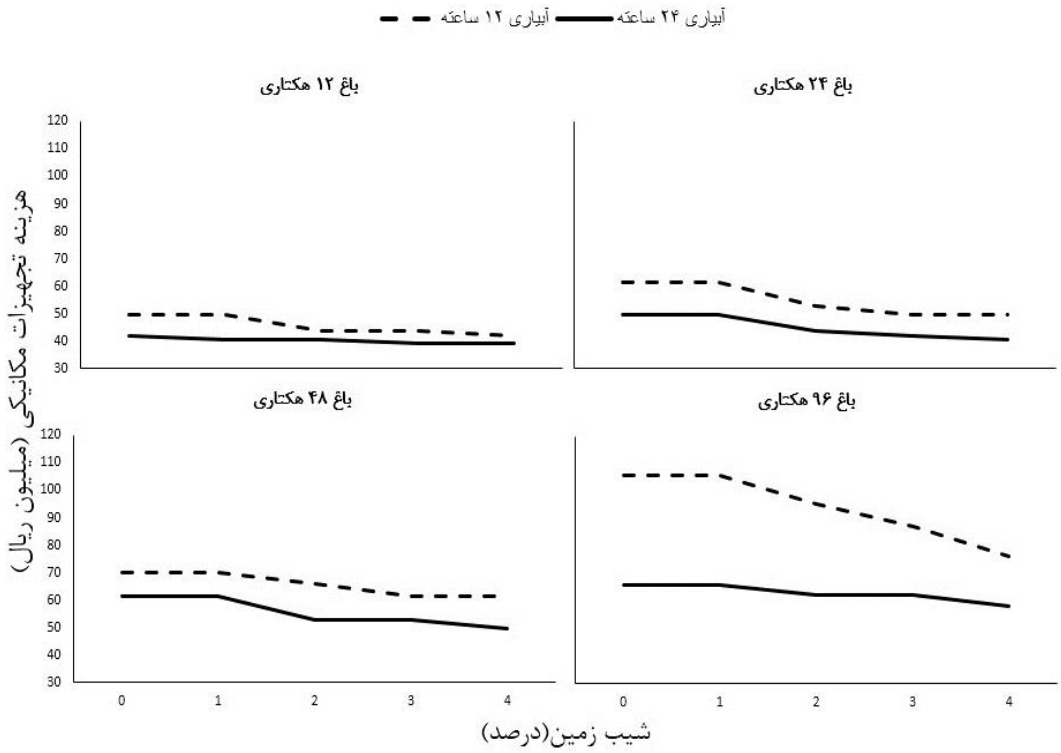
مقایسه هزینه باغات خورشیدی برای آبیاری ۱۲ و ٢٤ ساعته

هزینه‌های مربوط به تجهیزات خورشیدی و تجهیزات مکانیکی آبیاری ۱۲ ساعته و ۲۴ ساعته مقایسه شد (شکل ۱ و ۲). هزینه‌های اولیه خرید و نصب تجهیزات خورشیدی و هزینه‌های جاری برای هر دو حالت محاسبه شد، در شکل ۱ مشاهده می‌شود که با افزایش مساحت باغات، هزینه سرمایه‌گذاری تجهیزات خورشیدی افزایش یافته است. در تمامی باغات، هزینه تجهیزات خورشیدی در حالت آبیاری ۲۴ ساعته بیشتر از آبیاری ۱۲ ساعته است و تاثیر ساعت آبیاری بر هزینه تجهیزات خورشیدی بوضوح دیده می‌شود. در هر باغ با کاهش شیب، هزینه در هر دو آبیاری ۱۲ و ۲۴ ساعته کاهش یافت. در باغ ۹۶ هکتاری در شیب ۳ درصد هزینه هر دو آبیاری تقریبا برابر شد، در سایر باغات اختلاف بین دو حالت آبیاری کاملا مشهود است. با توجه به شکل ۱ می‌توان نتیجه گرفت که با کاهش زمان آبیاری، هزینه تجهیزات خورشیدی کاهش می یابد. باتری سیستم خورشیدی هزینه نسبتا بالایی دارد. زمانیکه آبیاری بصورت شبانه‌روزی انجام شود، به تعداد بیشتری از باتری‌ها نیاز است و هزینه خرید تجهیزات خورشیدی افزایش پیدا می-کند اما در صورتیکه آبیاری در زمان روشنایی روز انجام شود نیازی به تعداد زیادی باتری در سیستم نیست و هزینه سرمایه‌گذاری به مقدار زیادی کاهش می‌یابد. تجهیزات مکانیکی بخش دیگر از هزینه‌های کل سرمایه‌گذاری سیستم پمپاژ خورشیدی را تشکیل می‌دهد و تاثیر این بخش از هزینه‌ها بر هزینه کل بررسی شد.

مقایسه هزینه تجهیزات مکانیکی در دو حالت آبیاری ۱۲ و ۲۴ ساعته در شکل ۲ ارائه شده است. در شکل ۲ می‌توان مشاهده نمود که هزینه تجهیزات مکانیکی در ۴ باغ پسته در حالت آبیاری ۲۴ ساعته کمتر از آبیاری ۱۲ ساعته است، برخلاف نتیجه مربوط به مقایسه تجهیزات خورشیدی در دو حالت آبیاری ۱۲ و ۲۴ ساعته. مطابق شکل با افزایش شیب باغات، هزینه تجهیزات مکانیکی در هر دو حالت ۱۲ و ۲۴ ساعته کاهش یافت.



شکل ۱- مقایسه هزینه تجهیزات خورشیدی باغات در آبیاری ۱۲ ساعته و ٢٤ ساعته



شکل ۲- مقایسه هزینه سالانه تجهیزات مکانیکی باغات در آبیاری ۱۲ ساعته و ۲٤ ساعته

در آبیاری ۱۲ ساعته به دلیل کاهش ساعت آبیاری ظرفیت سیستم افزایش می‌یابد و در نتیجه توان ایستگاه پمپاژ زیاد می‌شود. با افزایش توان ایستگاه پمپاژ و انتخاب پمپ‌ها و الکتروموتورهای بیشتر و قوی‌تر، هزینه تجهیزات مکانیکی بیشتر می‌شود، همچنین افزایش ظرفیت سیستم منجر به بزرگتر شدن سایز لوله ها می شود. هزینه اولیه خرید لوله و هزینه اجرا برای آبیاری ۱۲ و ۲۴ ساعته استعلام و هزینه سالانه سرمایه‌گذاری محاسبه شد (جداول ۵ و ۶).

بطور کل در آبیاری ۱۲ ساعته هزینه تجهیزات خورشیدی مانند باتری، پنل، مبدل و غیره کمتر از تجهیزات خورشیدی آبیاری ۲۴ ساعته است اما مجموع هزینه تجهیزات مکانیکی و هزینه لوله‌ها در آبیاری ۱۲ ساعته بیشتر است. هزینه کل سرمایه‌گذاری نشان داد که در آبیاری ۱۲ ساعته مقدار افزایش در هزینه خرید لوله بر میزان کاهش در هزینه تجهیزات خورشیدی غالب شده است و در نهایت سیستم خورشیدی مربوط به آبیاری ۲۴ ساعته اقتصادی‌تر ارزیابی شد. بنابر نتایج بدست آمده، بین دو گزینه آبیاری ۱۲ ساعته و ۲۴ ساعته، از نظر اقتصادی احداث سیستم پمپاژ خورشیدی برای آبیاری در طول شبانه روز به صرفه تر است.

مقایسه هزینه باغات خورشیدی و شبکه برق سراسری

پس از انتخاب سیستم پمپاژ خورشیدی ۲۴ ساعته بعنوان سیستم خورشیدی اقتصادی تر، این سیستم با سیستم متصل به برق مقایسه شد. با رسم نمودار هزینه کل سیستم خورشیدی و برقی در فواصل مختلف از شبکه سراسری، نمودار دو سیستم در یک نقطه یکدیگر را قطع خواهند کرد و این نقطه همان فاصله ایست که از آن به بعد هزینه سیستم خورشیدی کمتر از سیستم برقی است.

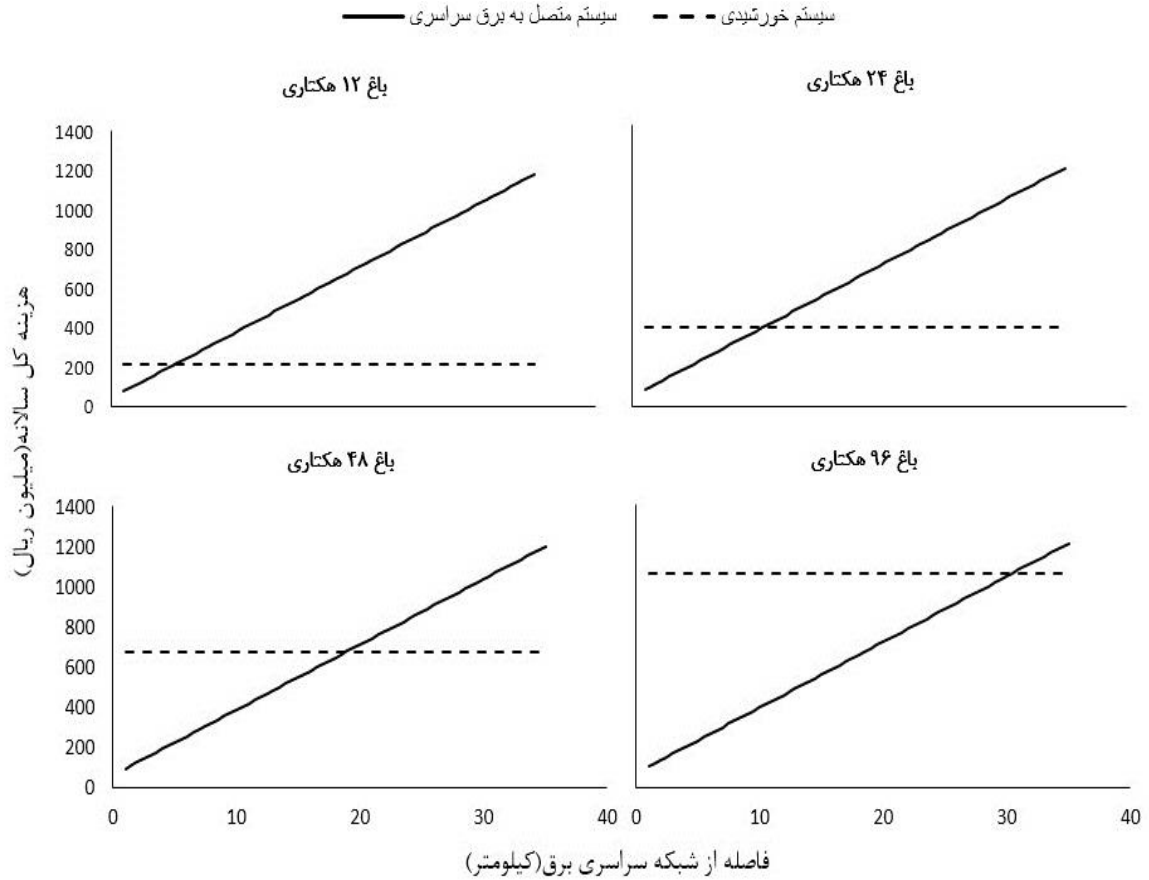
جدول ۵- هزینه‌های شبکه لوله و اجرای سیستم آبیاری قطره‌ای برای ۱۲ ساعت آبیاری

مساحت باغ (هکتار)	۱۲	۲۴	۴۸	۹۶
شیب زمین(درصد)	هزینه کل سالانه (میلیون ریال)			
۰	۲۱/۴۹	۱۰۵/۲	۳۵۲/۷۱	۷۶۸/۴۱
۱	۲۱/۴۹	۱۰۳/۰۲	۳۵۲/۷۱	۷۶۸/۴۱
۲	۲۱/۴۹	۱۰۳/۰۲	۳۵۲/۷۱	۷۶۸/۴۱
۳	۲۱/۵۱	۱۰۳/۰۲	۳۵۲/۷۱	۷۶۸/۴۱
۴	۲۱/۵۱	۹۵/۸۷	۳۵۲/۷۱	۷۶۸/۴۱

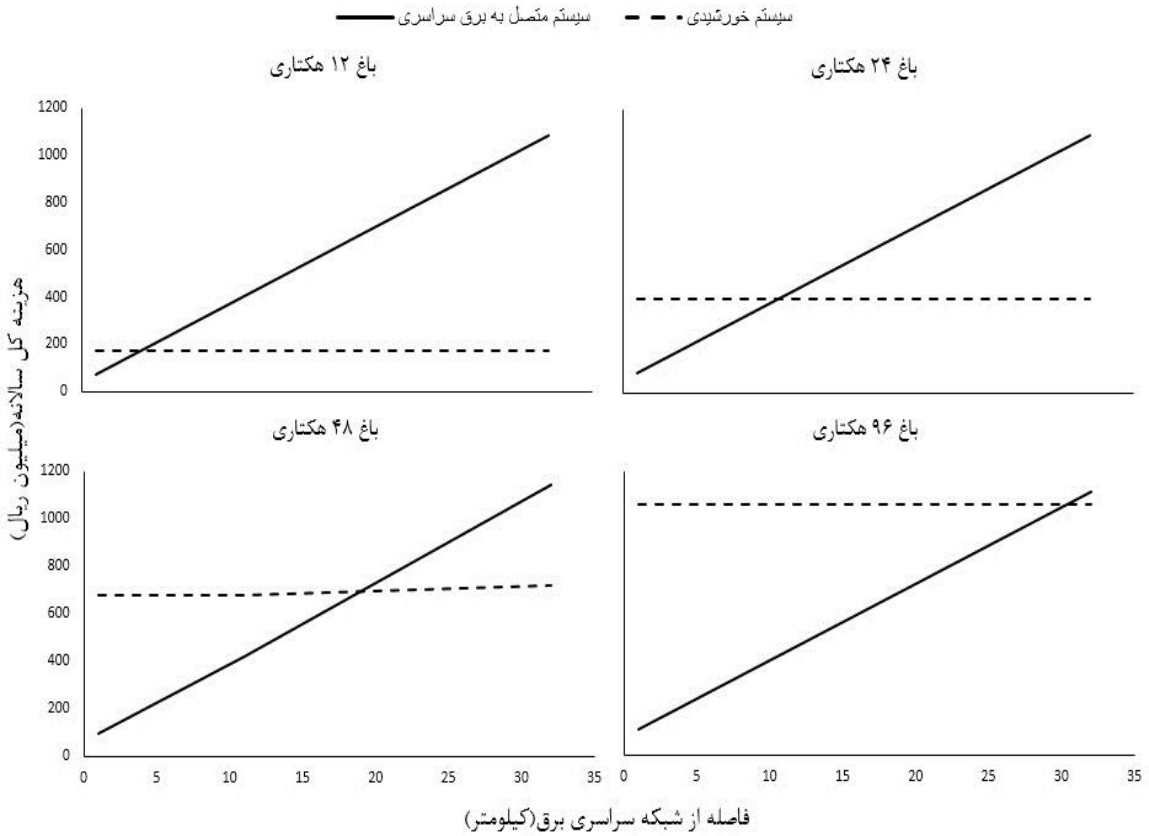
جدول ٦- هزینه‌های شبکه لوله و اجرای سیستم آبیاری قطره‌ای برای ۲٤ ساعت آبیاری

مساحت باغ (هکتار)	۱۲	۲۴	۴۸	۹۶
شیب زمین(درصد)	هزینه کل سالانه (میلیون ریال)			
۰	۱۵/۴۹	۳۴/۲۸	۱۲۷/۷۲	۲۹۷/۲
۱	۱۵/۴۵	۳۴/۲۸	۱۲۳/۹۴	۲۹۷/۲
۲	۱۵/۴۵	۳۴/۲۸	۱۲۳/۹۴	۲۹۷/۲
۳	۱۵/۴۵	۳۴/۲۸	۱۲۳/۹۴	۲۹۷/۲
۴	۱۴/۳	۳۴/۲۸	۱۲۳/۹۴	۲۹۷/۲

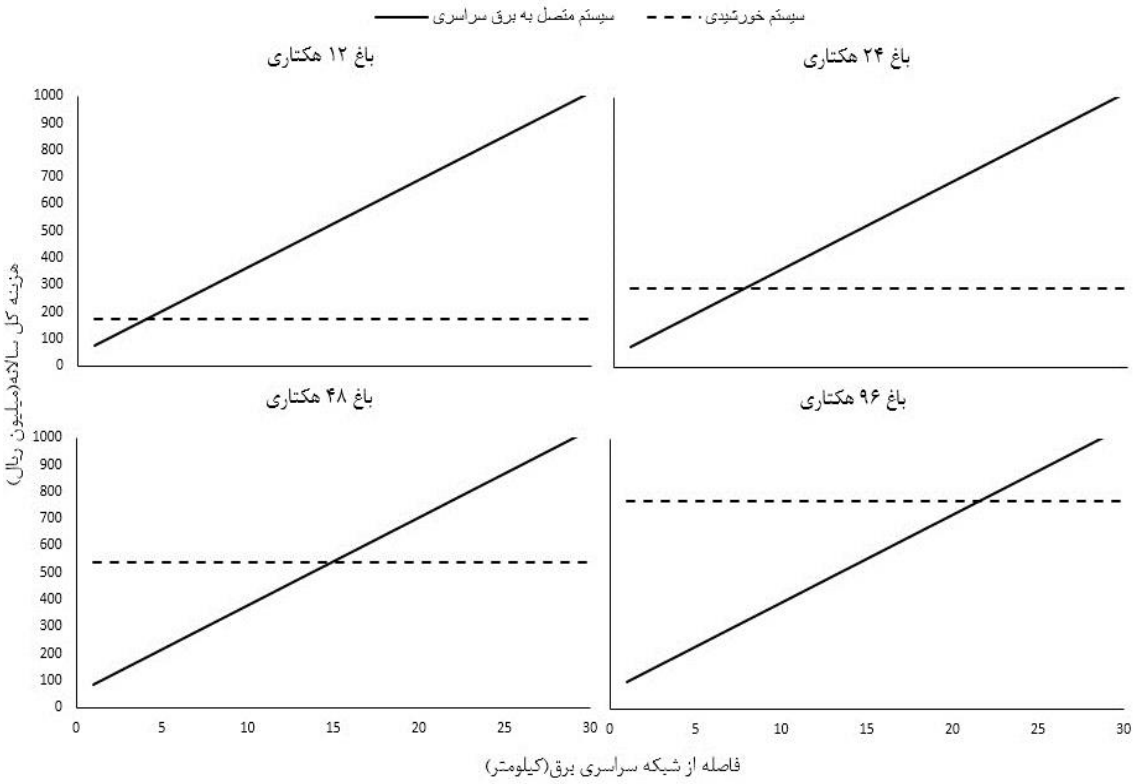
در شکل ۳ نقطه تقاطع برای باغ‌های مختلف بسته به مساحتشان متفاوت است. هرچه مساحت باغ افزایش یابد، سیستم خورشیدی در فاصله دورتری از شبکه سراسری برق توجیه اقتصادی دارد. با توجه به شکل ۴ جهت احداث سیستم پمپاژ خورشیدی ۲/۲، ۵/۵، ۱۱و ۱۸/۵ کیلوواتی برای شیب یک درصد به ترتیب فاصله منطقه مورد نظر باید مساوی یا بیشتر از ۵، ۱۰، ۱۹ و ۳۱ کیلومتر باشد. در شکل ۵ نیز مشاهده می‌شود احداث سیستم پمپاژ خورشیدی ۲/۲، ۴، ۷/۵ و ۱۵ کیلوواتی برای شیب دو درصد، به ترتیب فاصله منطقه مورد نظر باید مساوی یا بیشتر از ۵، ۸، ۱۵ و ۲۲ کیلومتر باشد. در سایر شیب ها نیز نتایج مشابهی حاصل شد، بطوریکه احداث سیستم پمپاژ خورشیدی ۱/۵، ۳، ۷/۵ و ۱۵ کیلوواتی برای شیب سه درصد به ترتیب در فاصله بیشتر یا مساوی ۲، ۶/۵ ،۱۵و ۲۲ کیلومتر اقتصادی ارزیابی شد. فاصله اقتصادی برای سیستم پمپاژ خورشیدی ۱/۵، ۲/۲، ۵/۵ و ۱۱ کیلوواتی در شیب چهار درصد به ترتیب مساوی یا بیشتر از ۲، ۵، ۱۰ و ۱۹ کیلومتر بدست آمد. پس از مقایسه سیستم خورشیدی برای آبیاری ۲۴ ساعته با سیستم متصل به برق سراسری مشاهده شد که هرچه فاصله از شبکه سراسری برق بیشتر شود، هزینه‌های سیستم خورشیدی کمتر از سیستم متصل به برق است و احداث سیستم خورشیدی توصیه می‌شود. اگر فاصله از شبکه سراسری ثابت در نظر گرفته شود، اقتصادی بودن سیستم به مساحت باغات و توان ایستگاه پمپاژ بستگی دارد. بعنوان مثال اگر توان مورد نیاز سیستم پمپاژ تقریبا ۱/۵ کیلووات باشد بهتر است سیستم خورشیدی استفاده شود زیرا این سیستم در توان‌های کم در دراز مدت اقتصادی است. در باغات بزرگتر که توان مورد نیاز سیستم زیاد می‌شود، هزینه سیستم خورشیدی افزایش می‌یابد. کوله و همکاران (۲۰۰۲) استفاده از سیستم خورشیدی را برای توان کمتر از ۱۵ کیلو وات در روز توصیه کردند (۲۹). پاندە (۲۰۰۳) سیستم خورشیدی را برای اراضی با مساحت حداکثر ۵ هکتار اقتصادی ارزیابی کرد. با توجه به فواصل مناسب برای نصب سیستم خورشیدی می‌توان برداشت کرد که هرچه ایستگاه مورد نظر توان بیشتری داشته باشد، نقطه اقتصادی برای احداث سیستم پمپاژ خورشیدی در فاصله بیشتری از شبکه سراسری قرار می‌گیرد (۲۲). در تحقیق دیگر نیز بطور مشابه گزارش شد هرچه منطقه مورد نظر دورتر از شبکه سراسری باشد، سیستم خورشیدی به به صرفه‌تر خواهد بود (۲۱).



شکل ۳- مقایسه هزینه سیستم خورشیدی و برقی باغات دارای شیب صفر در فواصل مختلف از شبکه سراسری



شکل ٤- مقایسه هزینه سیستم خورشیدی و برقی باغات دارای شیب یک درصد در فواصل مختلف از شبکه سراسری



شکل ٥- مقایسه هزینه سیستم خورشیدی و برقی باغات دارای شیب دو درصد در فواصل مختلف از شبکه سراسری

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت استفاده درست از منابع آب در بخش کشاورزی و لزوم نوین سازی سیستم های آبیاری در مزارع و باغات برای جلوگیری از هدر رفت آب، کاربرد انرژی های پاک مانند انرژی خورشیدی بعنوان جایگزین برق سراسری می تواند راه حل مناسبی برای تامین انرژی سیستم های تحت فشار باشد. در این تحقیق برای چهار باغ پسته با شیب‌های متفاوت، برای دو حالت آبیاری شبانه‌روزی (۲۴ساعته) و آبیاری در روز (۱۲ساعته)، سیستم آبیاری قطره‌ای طراحی شد و هزینه-های سرمایه‌گذاری سالانه ایستگاه پمپاژ خورشیدی محاسبه شدند. با توجه به هزینه کل بدست آمده سیستم خورشیدی مربوط به آبیاری ۲۴ ساعته اقتصادی‌تر ارزیابی شد. پس از مقایسه هزینه سیستم پمپاژ متصل به برق سراسری با سیستم خورشیدی منتخب (۲۴ ساعته) مشاهده شد که با افزایش مساحت باغات، هزینه سیستم خورشیدی بیشتر از سیستم متصل به برق گردید و با افزایش فاصله از شبکه سراسری مقدار هزینه سیستم برقی افزایش یافت. بطور کلی احداث سیستم پمپاژ خورشیدی با توان مورد نیاز کم، در فاصله زیاد از شبکه سراسری از نظر اقتصادی به صرفه بوده و پیشنهاد می شود جایگزین برق رسانی گردد.

پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود این ارزیابی برای زمان‌های آبیاری دیگری نیز انجام شود. همچنین پمپ‌های خورشیدی–دیزلی که بصورت تلفیقی باهم کار می‌کنند نیز با پمپ‌های برقی و پمپ‌های خورشیدی مقایسه اقتصادی شوند. بررسی و تحلیل اقتصادی سیستم خورشیدی و سیستم برقی با مقایسه حمایت دولت و عدم حمایت دولت نیز می تواند به برنامه ریزی بهتر در خصوص استفاده بهینه از حداکثر ظرفیت انرژی خورشیدی کشور کمک بسزایی کند.

ملاحظات اخلاقی پیروی از اصول اخلاق پژوهش

همکاری مشارکت‌کنندگان در تحقیق حاضر به صورت داوطلبانه و با رضایت آنان بوده است.

حامی مالی

هزینه تحقیق حاضر توسط نویسندگان مقاله تامین شده است.

مشارکت نویسندگان

شیوا متقی: روش‌شناسی، تحلیل داده‌ها، نگارش.

علی رحیمی خوب: طراحی و ایده‌پردازی، نظارت و ویرایش نهایی.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

References

1. H. M. Darouich, C. M. G. Pedras, J. M. Gonçalves, and L. S. Pereira. 2014. Drip vs. surface irrigation: A comparison focussing on water saving and economic returns using multicriteria analysis applied to cotton. Biosystems Engineering. 122: 74–90.
2. D. S. Kachwaya, J. S. Chandel, G. Vikas, and B. Khachi. 2016. Effect of drip and furrow irrigation on yield and physiological performance of strawberry (Fragaria × ananassa Duch.) cv. Chandler. Indian Journal of Plant Physiology. 21(3): 341–344.
3. A. A. and A. Kumar. 2001. Micro irrigation system–past, present and future. International Conference on Micro and Sprinkler Irrigation System. pp. 8–10.
4. A. Of, A. Science, R. Singandhupe, and C. Resea. 2008. Management of drip irrigated sugarcane in western India, no. DECEMBER.
5. S. Roblin. 2016. Solar-powered irrigation: A solution to water management in agriculture?. Renewable Energy Focus. 17(5): 205–206.
6. J. W. Powell, J. M. Welsh, and R. Farquharson. 2019. Investment analysis of solar energy in a hybrid diesel irrigation pumping system in New South Wales, Australia. Journal of Cleaner Production. 224: 444–454.
7. B. Ali. 2017. Comparative assessment of the feasibility for solar irrigation pumps in Sudan. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 81(May 2017): 413–420.
8. A. Bhattacharjee, D. K. Mandal, and H. Saha. 2016. Design of an optimized battery energy storage enabled Solar PV Pump for rural irrigation. 1st IEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems, pp. 1–6.
9. A. Parvaresh Rizi and A. Ashrafzadeh. 2018. Techno-economic Analysis of Solar Irrigation: Comparison with Conventional Energy Sources for Irrigation. Journal of Energy Planning

And Policy Research. 4(2): 201–228. [In Persian].
10. M. Chahartaghi and M. Hedayatpour. 2020. Experimental Study of Small Scale Drip Irrigation Using Positive Displacement Solar Pump in Direct Coupling Conditions. Iranian Journal of Mechanical Engineering Transactions of ISME. 21(4): 220–238. [In Persian].
11. S. Gorjian, B. N. Zadeh, L. Eltrop, R. R. Shamshiri, and Y. Amanlou. 2019. Solar photovoltaic power generation in Iran: Development, policies, and barriers. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 106(February): 110–123.
12. M. Aliyu, G. Hassan, S. A. Said, M. U. Siddiqui, A. T. Alawami, and I. M. Elamin. 2018. A review of solar-powered water pumping systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 87 (February): 61–76.
13. D. H. Muhsen, T. Khatib, and F. Nagi. 2017. A review of photovoltaic water pumping system designing methods, control strategies and field performance. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 68(January): 70–86.
14. V. C. Sontake and V. R. Kalamkar. 2016. Solar photovoltaic water pumping system - A comprehensive review, Renewable and Sustainable Energy Reviews. 59: 1038–1067.
15. S. S. Chandel, M. Nagaraju Naik, and R. Chandel. 2015. Review of solar photovoltaic water pumping system technology for irrigation and community drinking water supplies. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 49: 1084–1099.
16. M. A. Hammad and H. Qandil. 2013. Unified approach for designing a photo voltaic solar system for under ground water pumping well - 34 at Dici aquifer. Journal of energy conversion and management. 75 (2013): 780-795.
17. A. Asrari, A. Ghasemi, and M. H. Javidi. 2012. Economic evaluation of hybrid renewable energy systems for rural electrification in Iran - A case study. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 16(5): 3123–3130.
18. A. Closas and E. Rap. 2017. Solar-based groundwater pumping for irrigation: Sustainability, policies, and limitations," Energy Policy. 104(May): 33–37.
19. L. Narvarte, J. Fernández-Ramos, F. Martínez-Moreno, L. M. Carrasco, R. H. Almeida, and I. B. Carrêlo. 2018. Solutions for adapting photovoltaics to large power irrigation systems for agriculture. Sustainable Energy Technologies and Assessments. 29(April): 119–130.
20. M. H. MahdaviAdeli, M. Salimifar, and A. Ghezelbash. 2014. Economic Evaluation of the Use of Solar Power and Fossil Energy in a Three-Unit Complex: A Case Study in Mashhad. The Journal of Economic Policy. 6(11): 123–147. [In Persian].
21. S. Monshipour and .R. Abdollahi. 2008. An economic review of the photovoltaic systems to supply the electricity of the villages without power. The 22nd International Electricity Conference, Tehran 2008. [In Persian].
22. P. C. Pande, A. K. Singh, S. Ansari, S. K. Vyas, and B. K. Dave. 2003. Design development and testing of a solar PV pump based drip system for orchards. Renewable Energy. 28(3): 385–396.
23. Rubio-Aliaga, Álvaro, M. Socorro Garcia-Cascales, Juan Miguel Sánchez-Lozano, and Angel Molina-Garcia. 2019. Multidimensional analysis of groundwater pumping for irrigation purposes: Economic, energy and environmental characterization for PV power plant integration. Renewable Energy. 138 (2019): 174-186.
24. M. A. Hossain, M. S. Hassan, M. A. Mottalib, and M. Hossain. 2015. Feasibility of solar pump for sustainable irrigation in Bangladesh. International Journal of Energy and Environmental Engineering. 6(2): 147–155.
25. S. Ali and R. Nawaz. 2022. Solar Powered Smart Irrigation System. Pakistan

Journal of Engineering and Technology. 5(1): 49–55.
26. A. Alizade. Pressurized Irrigation System Design .5th ed. Mashhad, Iran: University of Imam Reza Press, 2011. [In Persian].
27. J. and R. D. B. Keller, Sprinkle and trickle irrigation. New York, 1990.
28. A. Alizade. Design of irrigation systems, 5th ed. Mashhad, Iran: University of Imam Reza Press, 2004. [In Persian].
29. M. Kolhe, S. Kolhe, and J. C. Joshi. 2002. Economic viability of stand-alone solar photovoltaic system in comparison with diesel-powered system for India. Energy Economics. 24(2): 155–165.