

## امکان سنجی کاهش تبخیر آب تصفیه خانه و تامین برق ایستگاه پمپاژ توسط نرم افزار

### Meteonorm و Pvsyst (مطالعه موردی: شهرستان میاندوآب)

میلاذ رضائی<sup>۱\*</sup>؛ حجت احمدی<sup>۲</sup>؛ ملیحه بایرام<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری سازه های آبی، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی و مدیریت آب، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران  
<sup>۲</sup> استاد گروه آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران  
<sup>۳</sup> دانشجوی دکتری منابع آب، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی و مدیریت آب، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران  
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۲۹

### چکیده

با توجه به تبخیر شدید آب در استخرهای ذخیره آب، هرگونه تلاش برای کاهش تبخیر و در نتیجه ذخیره آب بسیار سودمند خواهد بود. کاربرد پوشش های شیمیایی و فیزیکی روی استخرهای ذخیره آب از روش های رایج در کنترل و کاهش تبخیر است. در این تحقیق، تأثیر به کارگیری پنل های خورشیدی روی استخرهای ذخیره آب کشاورزی بر کاهش میزان تبخیر آب از آن ها بررسی شده است. در این بررسی، میزان انرژی تولید شده به عنوان فاکتوری جانبی در توجیه اقتصادی پروژه اعمال شد. بدین منظور، میزان تبخیر واقعی آب استخر تصفیه خانه شهرستان میاندوآب به مساحت ۵۰۰ مترمربع بر اساس پارامترهای اقلیمی از سازمان هواشناسی استان آذربایجان غربی برای شهرستان میاندوآب، بررسی شد. زاویه نصب بهینه سلول های خورشیدی بر اساس مختصات جغرافیایی و حرکت خورشید محاسبه شد. میزان انرژی خورشیدی برای ۱۰ سال آینده با استفاده از نرم افزار متئونورم (Meteonorm) استخراج شد؛ با نرم افزار Pvsyst، پتانسیل انرژی خورشیدی استخر مورد مطالعه حدود ۱۳۱ هزار کیلووات ساعت برآورد گردید که از این طریق توانایی تولید برق مورد نیاز ۲۷۱ موتور پمپ آب با کارکرد ۶ ساعت را خواهد داشت. نتایج این بررسی نشان داد که زاویه بهینه استقرار پنل های خورشیدی روی استخر ۳۷ درجه است و نصب آن ها می تواند میزان تبخیر را حدود ۶۷/۷ مترمکعب در سال با پوشش کامل سطح کاهش دهد. برابر آنالیزهای اقتصادی، بدون اعمال تورم بر اساس ارزش برق تولید شده و تزریق آن به شبکه، مدت زمان بازگشت هزینه طرح ۶/۲ سال برآورد گردید.

**واژه های کلیدی:** کاهش تبخیر، انرژی خورشیدی، ذخیره سازی آب، بهره‌وری انرژی، پوشش های شناور

### مقدمه

تراکم، نفوذ، رواناب، تبخیر، بارش و تعرق مهم ترین آن ها هستند (Babu et al., 2010). کاهش بارش ها به دلیل تغییرات اقلیمی، پیامدهای بسیاری در سراسر دنیا خصوصاً مناطق در خشک و نیمه خشک داشته است. در چند دهه اخیر افزایش منابع آلاینده، سوخت های فسیلی (عمدتاً در کشورهای توسعه نیافته و در حال توسعه)، تغییر کاربری زمین و کاهش پوشش گیاهی، به مرور سبب افزایش اثرهای منفی تغییرات اقلیمی شده که یکی از مشکلات اساسی به بار آمده،

بقای هر موجود زنده به آب بستگی دارد و این جزئی کلیدی در تعیین کیفیت هر زندگی روی زمین است. آب بیش از ۷۰ درصد از سطح زمین را پوشش می دهد، اما تنها یک درصد از آن به عنوان منبع آشامیدنی در دسترس است. علاوه بر این، رشد جمعیت، آلودگی و گرمایش جهانی فشار بی سابقه ای را بر منابع آب موجود زمین وارد می کند. از بین بسیاری از فرآیندهای درگیر در چرخه آب، فرایندهایی مانند

میزان تبخیر شود و هم تولید انرژی به همراه داشته باشد، قطعاً بهتر از روشی خواهد بود که صرفاً سبب کاهش میزان تبخیر شود. یکی از بهترین پوشش‌ها در این زمینه، استفاده از صفحات خورشیدی به منظور تولید جریان برق است. این سازه‌ها می‌توانند به صورت افقی و زاویه‌دار با میله‌های نگه‌دارنده روی کانال‌ها قرار بگیرند. از صفحات خورشیدی برای کنترل تبخیر (از طریق جلوگیری از تابش مستقیم نور خورشید بر سطح آب)، تولید انرژی برق مورد نیاز کشاورزی و صنعتی و خانگی، صرفه‌جویی و بهره‌برداری از پتانسیل انرژی منطقه در مصرف انرژی، توسعه زیست‌محیطی، کاهش آلاینده‌ها و ردپای کربن و غیره استفاده می‌شوند. صفحات خورشیدی از جمله تولیدکننده‌های انرژی پاک هستند که در شرایط فعلی (تغییرات اقلیمی چون افزایش دما و کاهش بارش‌ها) نه تنها میزان تبخیر از سطوح آبی را کاهش می‌دهند، بلکه با تولید انرژی و ایجاد نکردن آلودگی می‌توانند بهترین گزینه برای این شرایط باشند (Torki & Abedi, 2014; Mojarad & Moradi, 2012). در این زمینه در داخل و خارج از کشور مطالعات بسیاری شده است. رؤف و رضائی (Raouf & Rezaei, 2017) به امکان‌سنجی استفاده از پنل‌های خورشیدی برای کاهش تبخیر و تولید هم‌زمان انرژی الکتریکی در سد شهید کاظمی (بوکان) پرداختند. برای این منظور از نرم‌افزار (meteonorm-7) برای تجزیه و تحلیل داده‌های هواشناسی استفاده گردید و به کمک نرم‌افزار (pvsys) برآورد میزان بار انرژی خورشیدی و مقدار دریافتی آن توسط پنل خورشیدی استخراج گردید. نتایج تحقیق نشان داد سد شهید کاظمی موقعیت و پتانسیل خوبی برای اجرای این طرح دارد و صرفه‌جویی حاصل از استفاده از این تکنولوژی طی ۶ سال هزینه اولیه را جبران خواهد کرد. با توجه به مقدار بسیار کم متوسط بارش ایران (۲۵۰ میلی‌متر) نسبت به متوسط جهانی (۸۵۰ میلی‌متر) و نیز با در نظر گرفتن میزان انرژی خورشیدی بالا در ایران، استفاده از این منبع ارزشمند می‌تواند در کنترل میزان تبخیر از

بحران آب است. کاهش بارش‌ها، خشک‌سالی‌های متعدد و به تبع آن‌ها افت میزان آب‌های سطحی، سبب بهره‌برداری هر چه بیشتر از منابع زیرزمینی شده به طوری که با بهره‌برداری بیش از حد، منابع زیرزمینی نیز در بسیاری از مناطق دچار افت شدید شده است. برای مهار این وضعیت نیاز خواهد بود عوامل اصلی افزایشده اثرهای منفی این تغییرات از جمله تبخیر آب شناسایی و کنترل شود (Piri Poshtkoohi Zadeh, 2015; Mazaheri & Abdei Koupai, 2018).

تبخیر در مناطق با شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک مانند ایران که در چند سال اخیر با معضل بحران آب نیز مواجه شده است، باعث کاهش کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی نیز می‌شود. با افزایش میزان تبخیر، غلظت املاح و نمک‌های آب‌ها افزایش می‌یابد و افزون بر افت کیفیت منابع آب، کاهش کیفیت خاک و به دنبال آن مشکلات بیشتر مانند افت کیفیت محصول و حتی فرسایش خاک را نیز در پی دارد؛ بنابراین، کنترل تبخیر می‌تواند در کنترل چنین شرایط بحرانی و نیز وقوع پیامدهای شدیدتر آن بسیار مؤثر باشد. در بیشتر کشورهای توسعه‌یافته از روش‌ها و پوشش‌های متنوعی برای کاهش تبخیر، چه از سطح آب‌های سطحی و چه از سطح خاک استفاده می‌شود. از این روش‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: روش‌های فیزیکی (استفاده از لاستیک‌های فرسوده، توپ‌های سفید و سیاه‌رنگ، صفحات شناور بتن سبک پرلیتی)، روش‌های شیمیایی (کاربرد الکل‌های چرب، هگزا دکانول، اکتا دکانول و...)، پرورش برخی گونه‌های گیاهی مانند عدسک آبی، مدیریت مصرف آب، مدیریت تقاضا، استفاده مجدد از آب‌های مصرف‌شده، استفاده از برخی مواد پوشاننده سطوح آبی، افزایش کارایی استفاده از منابع آب (به خصوص در بخش کشاورزی) و اصلاح روند تعیین الویت در طرح‌های آب. هریک از این روش‌ها، بسته به شرایط خاص، قابل‌اعمال است (Álvarez et al., 2006; Soltani et al., 2018; Sepaskhah, 2018; Rezazadeh et al., 2020). اما استفاده از روشی که هم سبب کاهش

را داشته ولی پتانسیل خوبی برای دریافت انرژی به‌دست نداده است. زاویه ۱۵ درجه با حدود ۸۰ درصد سایه‌اندازی و به عبارتی کاهش ۸۰ درصد تبخیر بهترین حالت را از لحاظ کاهش تبخیر، فتوسنتز و دریافت انرژی دارد. طبق برآوردهای اقتصادی، با احتساب درآمد حاصل از کاهش تبخیر و تولید برق، بازگشت سرمایه این فناوری طی ۵ تا ۷ سال میسر خواهد بود. یک مطالعه مروری در خصوص تکنولوژی سلول‌های خورشیدی شناور بر آب توسط پتیل و همکاران (Patil *et al.*, 2017) اجرا و در این پروژه آزمایشی از پنل‌های فونیکس با انرژی تولیدی ۵ کیلووات استفاده شد که با زاویه ۱۰ درجه به‌منظور مقاومت در برابر پرتو فرابنفش کارگذاشته بودند. نتایج این بررسی نشان داد که در مناطق خشک و نیمه‌خشک، گرچه تابش بیشتر است، اما بازده انرژی این مناطق به دلیل گرم شدن پنل‌های خورشیدی و دمای بالاتر سطح سلول‌های خورشیدی کمتر است. برای حل این مشکلات، یک ایده ابتکاری برای نصب نیروگاه‌های خورشیدی روی آب بالای کانال‌ها، بدنه‌های آبی، دریاچه‌ها، پساب‌سدها و مخازن که عموماً دولتی هستند، مطرح شد. البرادعی و الصادق (ELBaradei & ALSadeq, 2018) تأثیر کانال‌های خورشیدی را بر تبخیر، کیفیت آب و تولید برق با هدف بهینه‌سازی مطالعه کردند. در این راستا، از یک مدل ریاضی و نیز مطالعه بهینه‌سازی برای تعیین اثرهای ذکرشده قبلی و در نتیجه تعیین مطلوب‌ترین درصد پوشش سطح کانال مورد مطالعه استفاده شد که به حداقل حجم تبخیر، حداکثر انرژی تولیدی با رعایت استانداردهای متغیرهای کیفیت آب کانال تحت پوشش انجامیده بود. بر اساس نتایج این بررسی مشخص شد که در ۳۳ تا ۵۰ درصد پوشش کانال، شرایط بهینه برآورده خواهد شد. فرشته‌پور و همکاران (Fereshtehpour *et al.*, 2021) در مطالعه‌ای به ارزیابی عوامل حاکم بر استفاده از سامانه خورشیدی شناور و بررسی زیرساخت‌های مهم آبی در ایران پرداختند. به این منظور،

سطوح آب‌های سطحی بسیار مؤثر باشد (Farzin & Alizadeh, 2015). این روش، نسبت به بسیاری از روش‌های دیگر، هزینه کمتری دارد و از لحاظ اقتصادی روشی ساده و بسیار مقرون‌به‌صرفه است. جلوگیری هر چه بیشتر از هدر رفت آب، موضوع بسیار حساسی است (Nematollahi *et al.*, 2015). با توجه به اینکه هدر رفت آب از طریق تبخیر آب سطحی از مخازن و کانال‌های آبیاری، مقدار قابل‌توجهی است. این تحقیق به‌منظور بررسی اثر کاربرد این صفحات بر کاهش تبخیر در استخرهای آبیاری به اجرا درآمد تا بتوان با گسترش گزینه‌های طراحی در ساخت و اجرای نیروگاه‌های شناور خورشیدی وسیع در استخرهای آبیاری از جمله استخرهای تصفیه‌خانه با پتانسیل تبخیر بالا در جهت کاهش زیان‌های گفته‌شده و تولید انرژی پاک و حفاظت از محیط‌زیست منطقه یاری رساند. هاشمی منفرد و همکاران (Hashemi Monfared *et al.*, 2018) با استفاده از صفحات خورشیدی به‌عنوان بادشکن به‌منظور کاهش تبخیر و تولید انرژی و با استفاده از مدل‌سازی نرم‌افزار انسیس فلونت روی چاه نیمه عمیق شماره ۴ در سیستان و بلوچستان دریافتند که در صورت طراحی صفحات خورشیدی با ابعاد ۲/۵ در ۲/۵ متر (بهترین حالت ممکن)، زاویه افقی ۳۰ درجه و زاویه شیب ۳۰ درجه می‌توان به کاهش تبخیر معادل ۷۱/۳۶ درصد و بازده تولید انرژی به میزان ۹۹/۷۵ درصد، نسبت به حالت ایده‌آل (زاویه افقی ۱۸۰ درجه رو به جنوب) دست‌یافت. در مطالعه‌ای دیگر رضائی و احمدی (Rezaei & Ahmadi, 2021) به تحلیل اقتصادی کاربرد سلول‌های خورشیدی روی سد انحرافی نوروزلو پرداختند. در این پژوهش تبخیر واقعی آب دریاچه سد با استفاده از داده‌های ایستگاه کلیماتولوژی سد نوروزلو برآورد شد و با نرم‌افزار Pvsyst میزان بار انرژی خورشیدی در محدوده سد استخراج گردید. با بررسی زاویه‌های مختلف قرارگیری پنل‌ها، زاویه ۵ درجه با ۹۱/۶ درصد پوشش سطح آب بیشترین سایه‌اندازی

در این مطالعه، با توجه به اهمیت حفظ منابع آب سطحی که در معرض تبخیر قرار دارند، تأثیر به کارگیری پانل های خورشیدی به منظور کاهش تبخیر و تولید انرژی روی یکی از حوضچه های ذخیره آب در شمال غرب ایران بررسی و عملکرد سیستم در ذخیره آب و در کنار آن تولید انرژی، ارزیابی شد.

## مواد و روش ها

### منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد نظر در نزدیکی تپه قطور شهرستان میاندوآب، استان آذربایجان غربی با مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۸ دقیقه و ۵۵ ثانیه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۱۴ دقیقه و یک ثانیه طول شرقی در ۱۶ کیلومتری جنوب شرقی میاندوآب احداث شده است.

این تصفیه خانه روزانه در پتانسیل بالای تابش ۵۲۰۰ تا ۵۵۰۰ وات ساعت بر مترمربع واقع شده است. همچنین دارای وسعت مناسبی برای پیاده سازی پنل های شناور است. عکس هوایی تصفیه خانه و مکان جاگذاری پنل های شناور در شکل (۱) قابل مشاهده است. گستره تصفیه خانه در حدود ۱۰۰۰۰ مترمربع برآورد می شود.

### پارامترهای اقلیمی

مهم ترین عوامل مؤثر بر تبخیر و تعرق، پارامترهایی مانند دما، بارش، رطوبت، تابش خورشیدی هستند (Goudarzi et al., 2017). از دیگر عوامل می توان به مساحت سطح آب، کمبود فشار بخار هوا، سرعت باد، فشار اتمسفر و کیفیت آب اشاره کرد (Sepaskhah, 2018). در این تحقیق، پارامترهای اقلیمی از سازمان هواشناسی استان آذربایجان غربی برای شهرستان میاندوآب دریافت و تجزیه و تحلیل شد. عوامل مؤثر از جمله دما، بارش، رطوبت، تابش خورشیدی و سرعت باد بررسی گردید تا با به کارگیری صفحات خورشیدی

پنج سد مخزنی مهم در ایران را انتخاب و عملکرد نیروگاه سیستم های فتوولتائیک خورشیدی شناور (FSPV<sup>1</sup>) را از نظر تولید انرژی، کاهش تبخیر، بازده اقتصادی و عوامل بهبود محیطی با در نظر گرفتن درصدهای مختلف پوشش تجزیه و تحلیل کردند. نتایج تحقیق نشان داد FSPV از دیگر جایگزین ها برای تولید انرژی و صرفه جویی در آب بهتر عمل می کند. گرچه ۵ تا ۶ سال طول می کشد تا هزینه سرمایه گذاری برگردد، اما با توجه به شرایط ایران، می توان به طور مؤثر از انرژی خورشیدی از طریق سیستم های FSPV استفاده کرد که علاوه بر حمایت از تولید انرژی پایدار، به حفظ آب نیز کمک می کند. جوشی و همکاران (Joshi et al., 2021) با بررسی روش عددی کنترل تبخیر آب سطحی ضمن مطالعه داده های هواشناسی ۵ ساله (۲۰۱۶ - ۲۰۲۱) از جمله رطوبت و دما در مخزن خاراکواسلا شهر ماهاراشترا کشور هند روش های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی را تجزیه و تحلیل کردند و به این نتیجه رسیدند که با روش های شیمیایی از جمله استفاده از بیستیل الکل و استریل الکل می توان به ۲۰ تا ۴۰ درصد کاهش تبخیر دست یافت. در روش فیزیکی نیز با کشت درختان در اطراف مخزن به عنوان بادشکن می توان به ۱۵ تا ۲۵ درصد کاهش تبخیر رسید. بر اساس این پژوهش در حالت کلی پوشش های شناور با ۷۰ درصد کاهش، بیشترین اثرگذاری را در کاهش تبخیر خواهند داشت. رضائی و ایلخانی پور (Rezaei & Ilkhanipour, 2023) به بهینه سازی اقتصادی پوشش کانال آب رسان سد نورولو پرداختند. در تحقیقات این پژوهشگران پتانسیل تابش خورشیدی و میزان پوشش سطح کانال بررسی شد و به این نتیجه رسیدند که با پوشش حدود ۶۷ درصد مساحت کانال - ها به وسعت حدود ۲۴۷۶۳ مترمربع از ۳۶۹۶۰ مترمربع کانال، سالانه ۷۳۷۷ مگاوات ساعت انرژی الکتریسیته با هزینه ای حدود ۸۲ میلیارد تومان و درآمد سالانه ۶/۵ میلیارد تومان با بازگشت سرمایه ۱۲/۴ سال تولید می شود.

<sup>1</sup>Floating Solar Photovoltaic System

تولید انرژی روی تصفیه‌خانه، تبخیر و تعرق کاهش یابد. دما عاملی است که به موقعیت جغرافیایی، ارتفاع و اقلیم منطقه بستگی دارد (Alizadeh, 1998). داده‌های موجود در منطقه و میانگین دما برای سال‌های (۲۰۲۱-۲۰۰۵) نشان می‌دهد



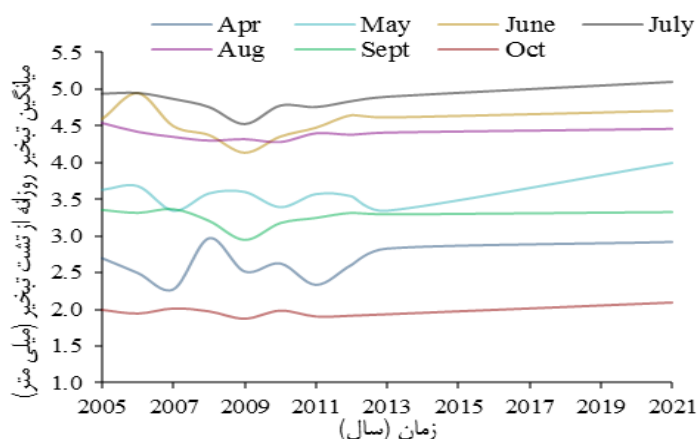
شکل ۱- عکس هوایی تصفیه‌خانه و مکان جاگذاری پنل‌های شناور

Figure 1- Aerial photo of the refinery and the location of the floating panels

منطقه از عوامل مؤثر بر میزان رطوبت و تبخیر است که بیشترین بارش مربوط به ماه میلادی آوریل با مقدار متوسط ۳/۳ میلی‌متر در روز است. با توجه به داده‌های تبخیر (شکل ۲)، بیشترین میزان تبخیر در ماه‌های فروردین تا مهر رخ داده است. در ماه تیر نیز بیشترین میانگین تبخیر سطحی روزانه ۵ میلی‌متر در سال ۲۰۲۱ اتفاق افتاده است. از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹، روند تبخیر نزولی است ولی از سال ۲۰۰۹ به بعد تغییرات دارای روند افزایش جزئی بوده است. در سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۱ به دلیل ثبت نشدن داده‌ها، وضعیت نامشخص بوده است؛ بنابراین، با گذر زمان تأثیر اکثر عوامل بر تبخیر به دلایل متعدد از جمله تغییر اقلیم افزایش یافته است. یکی از مهم‌ترین این عوامل کمبود بارش همراه با افزایش نسبی دماست که سبب افزایش میزان تبخیر از سطوح مختلف در این محدوده شده است (West Azerbaijan Meteorological Organization, 2021).

کمترین دما در دی ماه به ۱۲/۳- درجه سلسیوس و بیشترین دما در تیر ماه به ۳۷ درجه سلسیوس رسیده است. یکی دیگر از عامل‌های اصلی، تبخیر باد است که مشابه دیگر پارامترهای اقلیمی به موقعیت جغرافیایی و ارتفاع و اقلیم منطقه بستگی دارد (Alizadeh, 1998).

بیشترین سرعت باد در ماه‌های اسفند و اردیبهشت به ترتیب ۱۱ و ۱۰/۷ کیلومتر در ساعت و کمترین سرعت باد حدود سه کیلومتر در ساعت در اکثر ماه‌های سال ثبت شده است. تابش و ساعات روشنایی نیز تأثیر بسزایی در تبخیر دارند که آن‌هم به موقعیت جغرافیایی منطقه بستگی دارد (Alizadeh, 1998). بیشترین ساعات تابش در تیرماه در حدود ۱۲/۸ ساعت و کمترین ساعات تابش مربوط به ماه‌های پاییز و زمستان و برخی روزهای فصل بهار است که در طول روز هوا کاملاً ابری بوده است. از دیگر پارامترهای مؤثر بر تبخیر رطوبت است (Alizadeh, 1998). بارش موجود در



شکل ۲- نمودار میزان تبخیر از تشت تبخیر

Figure 2- The diagram of the rate of evaporation from the evaporation pan

ماهانه دما، بارش و تشعشعات خورشیدی در مقیاس جهانی و با ترکیب آن‌ها با پایگاه داده و الگوریتم‌های درون‌یابی برای سناریوهای مختلف و در هر دوره زمانی (۲۰۱۰-۲۰۳۰) می‌توان پیش‌بینی تغییرات اقلیمی و آب و هوایی را محاسبه کرد. الگوریتم‌های آب‌وهوا<sup>۴</sup> با استفاده از مدل HadCM3 (که از یک مدل خود رگرسیون ساده شکل گرفته)، به منظور تولید داده‌های واقعی ماهانه آبی پیش‌بینی می‌شود (Remund *et al.*, 2010).

در مطالعه حاضر، پیش‌بینی‌هایی برای سال ۲۰۳۰ است که با استفاده از نرم‌افزار متئونرم نسخه ۸، محل تصفیه‌خانه و قالب استاندارد تعریف شده و نتایج گزارش IPCC AR5 تحت سناریوهای RCP 2.6، RCP 4.5، RCP 8.5 مورد استفاده قرار گرفته است که در جدول (۱) کارکرد سناریوهای هر دو گزارش قابل مشاهده است. از این سناریوها که در قسمت نتایج مفصل به آن پرداخته شده است به منظور پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی (میزان انرژی خورشیدی جهانی، میزان انرژی خورشیدی منطقه، دمای هوا، دمای نقطه شبنم و سرعت باد) استفاده گردید.

## نرم‌افزار METEONORM

نرم‌افزار متئونرم ترکیبی منحصر به فرد از منابع داده قابل اعتماد و ابزارهای محاسبه پیچیده است که دسترسی به سال‌های نرمال و سری‌های زمانی ثبت شده را فراهم می‌کند. این نرم‌افزار به منظور ساخت داده‌های اقلیمی برای بسیاری از شهرها و نقاط جهان استفاده می‌شود. مشکلی که همواره در شبیه‌سازی‌های انرژی در ساختمان و هر نوع شبیه‌سازی وجود دارد و اطلاعات آب‌وهوایی محل در آن دخیل است، فقدان داده‌های وسیع اقلیمی (خصوصاً روزانه و ساعتی) است. ورودی نرم‌افزار متئونرم برای تشعشعات جهانی، تابش معمولی منطقه‌ای است که از آرشیو انرژی جهانی<sup>۱</sup> گرفته می‌شود. دیگر پارامترهای هواشناسی از جمله دما، بارش، سرعت باد از پایگاه‌های داده WMO<sup>۲</sup> و NCDC<sup>۳</sup> بر اساس مدل زنجیره مارکوف دوره‌های (۱۹۶۱-۱۹۹۰ و ۱۹۹۶-۲۰۰۵) گرفته شده است. نرم‌افزار متئونرم برای مطالعات تغییرات آب و هوایی نیز قابل استفاده است. در این نرم‌افزار از نتایج IPCC AR4 تحت سه سناریوی اقلیمی، به عنوان ورودی استفاده می‌شود. از تجزیه و تحلیل تغییرات سالانه و

<sup>۴</sup> <http://prudemnce.dmi.dk>

<sup>۱</sup>Geba, <http://protogeba.ethz.ch>

<sup>۲</sup>World Meteorological Organization

<sup>۳</sup>National Climatic Data Centre

جدول ۱ - سناریوهای مورد استفاده در گزارش چهارم و پنجم

Table 1 - Scenarios used in the fourth and fifth reports

نام سناریو	حالت انتشار گازهای گلخانه‌ای	توضیح
B1	خوش‌بینانه	عملکرد کشورهای جهان واگرا و دوستدار محیط‌زیست، میزان رشد کند جمعیت، رشد سریع در ساختار اقتصادی ملتها، تغییرهای فناورانه نسبت به سناریوهای خانواده A کمتر و پراکنده‌تر. (World Meteorological Organization., 2021; Mansouri et al., 2018; Soltani & Mousavi., 2016)
A1B	میانه	عملکرد کشورهای جهان به‌صورت همگرا، میزان رشد جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ دارای روند افزایشی (به میزان ۹ میلیارد نفر) سپس دارای روند کاهشی، رشد سریع اقتصادی و تأکید بر استفاده متعادل از انواع منابع انرژی.
A2	بدبینانه	عملکرد کشورهای جهان به‌صورت واگرا و مستقل از هم، میزان رشد سریع جمعیت و توسعه اقتصادی منطقه محور
RCP 2.6	خوش‌بینانه	میزان غلظت کربن دی‌اکسید تا سال ۲۱۰۰، ۴۹۰ میلی‌گرم در لیتر و اثر آن بر نگهداشت تابشی ۲/۶ وات بر مترمربع، میزان جمعیت تا سال ۲۱۰۰ حدود ۷ میلیارد نفر، رشد تکنولوژی‌های جدید نسبت به دیگر سناریوها بیشتر و به دلیل میزان رشد پایین جمعیت و استفاده از انرژی‌های نو، میزان تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای پایین‌تر از دیگر سناریوها، میزان استفاده از زغال‌سنگ بیشتر از سناریوهای RCP4.5، میزان استفاده از انرژی‌های نو بیشتر از میزان استفاده از انرژی سوخت فسیلی.
RCP 4.5	میانه متمایل به خوش‌بینانه	میزان غلظت کربن دی‌اکسید تا سال ۲۱۰۰، ۶۵۰ میلی‌گرم در لیتر و اثر آن بر نگهداشت تابشی ۴/۵ وات بر مترمربع، میزان رشد جمعیت کمتر از سناریوی RCP2.6، در دیگر پارامترهای مؤثر در تغییرات اقلیمی (مانند میزان استفاده از انرژی‌های نو، رشد تکنولوژی و غیره) ضعیف‌تر نسبت به سناریوی RCP2.6.
RCP 8.5	بدبینانه	میزان غلظت کربن دی‌اکسید تا سال ۲۱۰۰، ۱۳۷۰ میلی‌گرم در لیتر و اثر آن بر نگهداشت تابشی ۸/۵ وات بر مترمربع (Kouhestani et al., 2017)، میزان جمعیت در سال ۲۱۰۰ حدود ۱۲ میلیارد نفر، استفاده از انواع انرژی (به‌جز انرژی زیستی) در این سناریو بیش از دیگر سناریوها در نظر گرفته شده است (Van Vuuren et al., 2011; Riahi et al., 2011).

گزارش چهارم

گزارش پنجم

## نرم‌افزار Pvsys

انحراف محوری بستگی دارد تا درنهایت به حداکثر تابش آفتابی دست‌یافت. با وارد کردن مختصات جغرافیایی، می‌توان میزان تابش در محل موردنظر را محاسبه کرد و نتایج شبیه‌سازی را واقعی‌تر کرد. این داده‌ها بر اساس اندازه‌گیری‌های ماهواره ناسا برای نقاط مختلف جهان است.

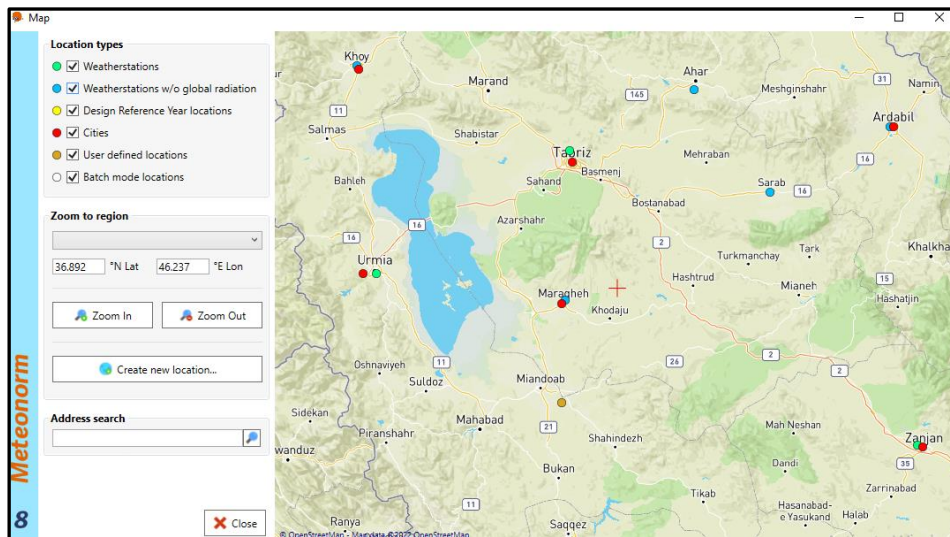
### نتایج و بحث

در این مطالعه، از خروجی مدل Meteo مربوط به پنجمین گزارش هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم AR5 استفاده شده است. این خروجی‌ها از سایت IPCC<sup>۱</sup> و بر اساس

در نرم‌افزار Pvsys، محاسبات جامع سیستم فتوولتائیک خورشیدی و شبیه‌سازی سیستم‌های متصل به شبکه، منفصل از شبکه و پمپ‌های خورشیدی، بررسی اثر سایه، وارد کردن داده‌های هواشناسی از منابع مختلف و نیز اطلاعات شخصی (به‌صورت دستی) و سپس آنالیز و گزارش‌گیری از آن‌ها قابل‌اجراست (Khammar et al., 2020). بهینه‌سازی سیستم‌های فتوولتائیک به دو ویژگی جهت‌گیری با توجه به مسیر خورشیدی (زاویه خورشید در ظهر محلی) و نیز

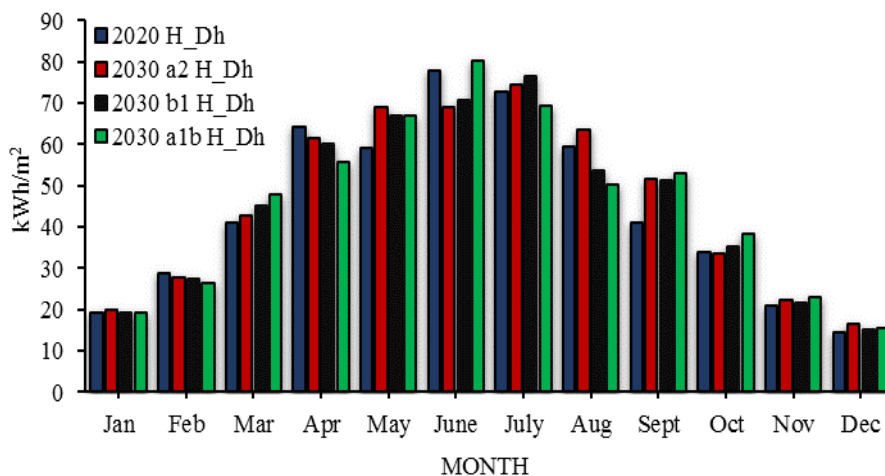
<sup>۱</sup>www.ipcc-date.org

داده های منتشر شده از ایستگاه های هم جوار (ارومیه، تبریز، مراغه، زنجان و سراب) در منطقه که در شکل (۳) قابل مشاهده است، درون یابی و استخراج می گردد. داده ها تحت سناریوهای RCP 2.6، RCP 4.5 و RCP 8.5 استخراج گردید. با مشاهده نتایج استخراجی نرم افزار متئونرم، میانگین ماهانه سناریوهای گزارش چهارم برای سال ۲۰۲۰ و مقایسه پیش بینی ده ساله سناریوها (شکل ۴) نشان می دهد میزان تغییرات تابش در ماه های مختلف متفاوت است. به طوری که در ماه های ابتدایی سال تغییرات چندانی نداشته است ولی در خرداد ماه شاهد کاهش پتانسیل تابش در ۱۰ سال آتی وجود خواهد داشت. شایان ذکر است، این مسئله بستگی به روند رو به رشد جمعیت و سیاست های پیشرو خواهد داشت که در صورت همگرا بودن عملکرد کشورها (سناریو A1B) پارامتر پتانسیل تابش و انرژی افزایش خواهد یافت و برای ماه های دیگر و سناریوهای دیگر با توجه به سیاست های فوق الذکر، این افزایش قابل مشاهده است.



شکل ۳- نقشه انتخاب محدوده تصفیه خانه و ایستگاه های هواشناسی

Figure 3- The map of the selection of the area of the refinery and meteorological stations



شکل ۴- نتایج استخراجی نرم افزار متئونرم، سناریوهای گزارش چهارم

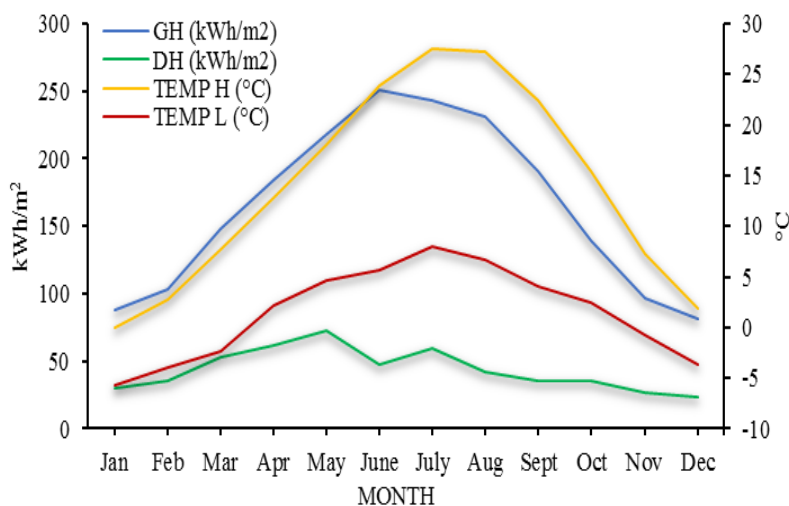
Figure 4- Extractive results of Meteornorm software, scenarios of the fourth report



سه سناریو پیش‌بینی شدند که نشان‌دهنده پتانسیل برابر یا رو به رشد پتانسیل انرژی خورشیدی است و دما نیز با شیب خیلی کند در حال افزایش است.

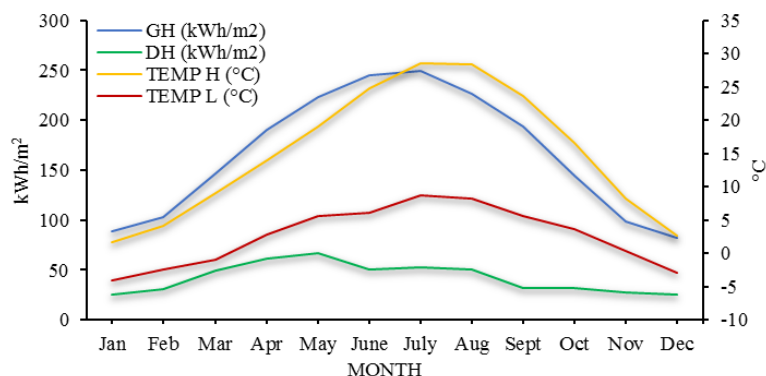
با توجه به بررسی‌های اجتماعی، اقتصادی، تکنولوژیکی و میزان غلظت برخی گازها برای دهه‌های آینده که در بخش مواد و روش‌ها به آن اشاره گردید، در سناریوی RCP 2.6 میزان غلظت کربن دی‌اکسید را تا سال ۲۱۰۰، ۴۹۰ میلی‌گرم در لیتر و اثر آن بر نگهداشت تابشی را ۲/۶ وات بر مترمربع تخمین زده است. این مقادیر در سناریوی RCP 4.5 به ترتیب ۶۵۰ میلی‌گرم در لیتر و ۴/۵ وات بر مترمربع و در سناریوی RCP 8.5 به ترتیب ۱۳۷۰ میلی‌گرم در لیتر و ۸/۵ وات بر مترمربع تخمین زده شده است. با بررسی نمودارهای سناریوهای استخراجی نیز می‌توان چنین گفت سناریو 2.6 به دلیل دوستدار محیط‌زیست بودن و کاهش تولید آلاینده‌ها افزایش دمای کمتری نسبت به بقیه سناریوها دارد. این مسئله بر میزان تابش خورشید نیز اثر می‌گذارد و به همین دلیل شاهد افزایش مقدار جزئی دما و انرژی خورشیدی در سناریو 8.5 نسبت به دو سناریو دیگر هستیم.

با توجه به اینکه پس از چهارمین گزارش، گزارش پنجم هیئت بین‌الدولی تغییر اقلیم AR5 توسط IPCC منتشر گردید، لذا داده‌ها تحت سناریوهای RCP 2.6، RCP 4.5 و RCP 8.5 برای دو پارامتر مهم، میزان انرژی خورشیدی و دما در شکل‌های (۵) تا (۸) استخراج گردید. همان‌طور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود، جهان شاهد پتانسیل بالای انرژی خورشیدی (GH) است. در منطقه مورد مطالعه میزان انرژی خورشیدی در اردیبهشت ماه نسبت به بقیه ماه‌ها برخلاف پتانسیل انرژی بالای ماه خرداد برای انرژی جهانی به‌دست‌آمده است. شیب نزولی انرژی جهانی برای بقیه ماه‌ها در منطقه مربوط نیز نشان‌دهنده کاهش پتانسیل انرژی خورشیدی است. نکته مهمی که نباید فراموش کرد توجه به دمای منطقه برای افزایش راندمان دریافتی صفحات خورشیدی است که آب‌وهوای متعادل شهرستان میاندوآب در این خصوص مزیت بسزایی دارد و منحنی‌های زرد و قرمز نیز میزان دمای بیشینه و کمینه استخراجی برای منطقه را نشان می‌دهند. بدین ترتیب با توجه به مطالب فوق‌الذکر برای شکل‌های (۶) تا (۸) نیز پارامترها برای سال ۲۰۳۰ تحت



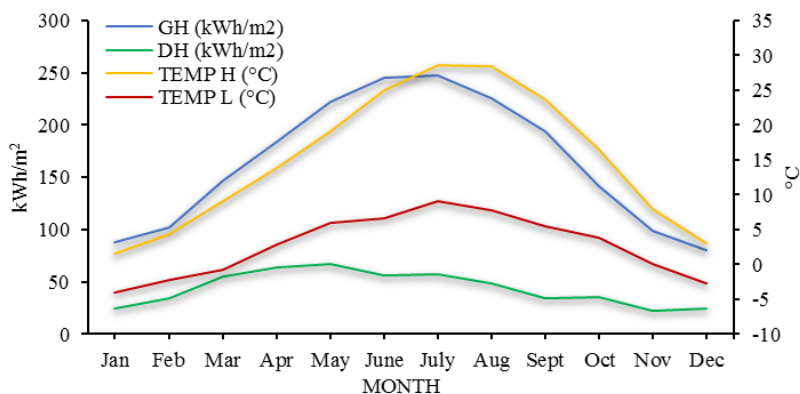
شکل ۵- انرژی جهانی (GH)، انرژی منطقه مورد مطالعه (DH)، دمای بیشینه (TEMP H) و دمای کمینه (TEMP L) برای ماه‌های مختلف سال ۲۰۲۰

Figure 5- Global horizontal irradiance (GH), diffuse horizontal irradiance (DH), high temperature (TEMP H) and low temperature (TEMP L) for different months in 2020



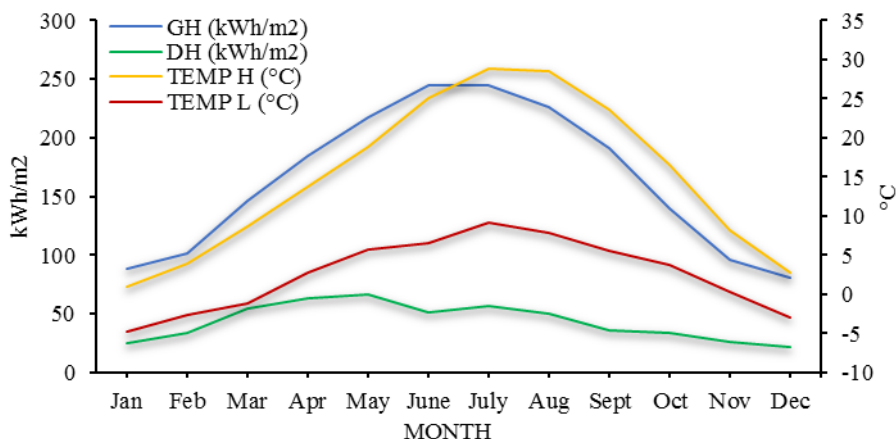
شکل ۶- انرژی جهانی (GH)، انرژی منطقه مورد مطالعه (DH)، دمای بیشینه (TEMP H) و دمای کمینه (TEMP L) برای سناریو RCP 2.6 در ماه های مختلف سال ۲۰۳۰

Figure 6- Global horizontal irradiance (GH), Diffuse horizontal irradiance (DH), high temperature (TEMP H) and low temperature (TEMP L) for RCP 2.6 scenario in different months of 2030



شکل ۷- انرژی جهانی (GH)، انرژی منطقه مورد مطالعه (DH)، دمای بیشینه (TEMP H) و دمای کمینه (TEMP L) برای سناریو RCP 4.5 در ماه های مختلف سال ۲۰۳۰

Figure 7- Global horizontal irradiance (GH), Diffuse horizontal irradiance (DH), high temperature (TEMP H) and low temperature (TEMP L) for RCP 4.5 scenario in different months of 2030



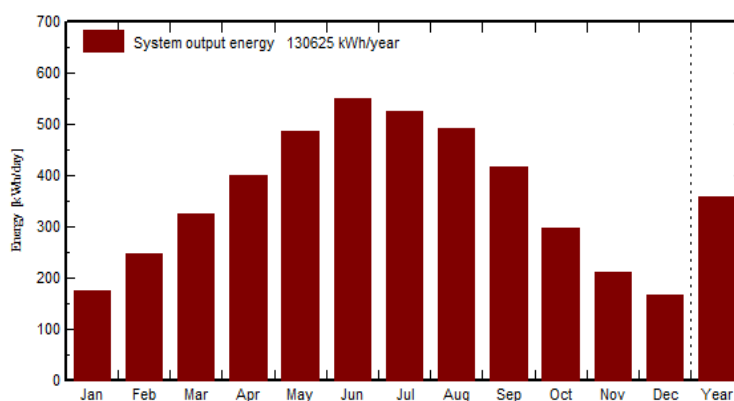
شکل ۸- انرژی جهانی (GH)، انرژی منطقه مورد مطالعه (DH)، دمای بیشینه (TEMP H) و دمای کمینه (TEMP L) برای سناریو RCP 8.5 در ماه های مختلف سال ۲۰۳۰

Figure 8 - Global horizontal irradiance (GH), Diffuse horizontal irradiance (DH), high temperature (TEMP H) and low temperature (TEMP L) for RCP 8.5 scenario in different months of 2030

## برآورد میزان انرژی خورشیدی موجود در منطقه و انتخاب پمپ آب

پتانسیل سالانه انرژی خورشیدی سیستم مدنظر همان‌طور که در شکل (۹) مشاهده می‌گردد حدود ۱۳۱ هزار کیلووات ساعت است. بیشترین پتانسیل انرژی خورشیدی در ماه خرداد و کمترین آن در ماه‌های دی و آذر است. دلیل عملکرد بهتر ماژول‌های خورشیدی در ماه خرداد (در فصل بهار)، نسبت به ماژول‌های خورشیدی در تابستان، آن است که ماژول‌های خورشیدی در دماهای بسیار بالا شاهد مقداری افت عملکرد هستند.

میزان انتشار انرژی خورشیدی استخراجی سال ۲۰۲۰ بر اساس مدل استفاده‌شده، در مدل Pvsyst تحلیل شده است. در این راستا، میزان پوشش حوضچه تعیین و اثر سایه‌اندازی بررسی گردید و زاویه بهینه دریافتی صفحات خورشیدی انتخاب شد. در این تحقیق، از الگوی استاندارد با فناوری سلول‌های پلی‌کریستال با مساحت دو مترمربع استفاده گردید. بهترین زاویه شیب و جهت با بررسی زاویه‌های مختلف، به‌منظور دریافت انرژی حداکثری بررسی شد که زاویه ۳۷ درجه شیب و صفر درجه جهت، بهترین حالت ممکن برای دریافت انرژی در محدوده تصفیه‌خانه با انرژی سالانه حدود ۲۳۳۷ کیلووات ساعت بر مترمربع تشخیص داده شد و این زاویه نسبت به بقیه زاویه‌ها با اختلاف قابل‌توجهی برتری داشته است.



شکل ۹- پتانسیل سالانه انرژی خورشیدی سیستم

Figure 9- Annual solar energy potential of the system

۴۲۰۹۳۰۰ ریال در سال به مردم منطقه تحمیل می‌کند که با جاگذاری پنل‌ها مقدار تبخیر تا ۹۵ درصد کاهش پیدا خواهد کرد (Youssef & Khodzinskaya, 2019). برق مصرفی سالانه موردنیاز پمپاژ آب با احتساب ۶ ساعت کارکرد روزانه حدود ۴۸۱۸۰۰ وات برای پمپ آب ۲۲۰ وات‌ساعت برای یک سال برآورد گردید. با احداث صفحات خورشیدی شناور روی استخر تصفیه‌خانه، انرژی سالانه به میزان ۱۳۰ هزار کیلووات برای ۵۰۰ مترمربع برآورد گردید که میزان آب حفظ‌شده به ازای تولید یک وات انرژی ۳/۴ I/w (لیتر بر وات) است که مطابقت خوبی با نتایج تحقیقات قبلی دارد.

میزان انرژی دریافتی با مصرف پمپ آب با توان حداکثری ۲۲۰ وات با نسبت دبی ۰/۸ مترمکعب در ساعت و ارتفاع هیدرولیکی حدود ۳۰ متر انتخاب گردید. تبخیر از سطح آزاد آب منطقه نیز با استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی دریافت شد. با اختصاص مساحت حدود ۵۰۰ مترمربع از تصفیه‌خانه و احتساب تبخیر و تعرق، سالانه به میزان ۹۳۵/۵ میلی‌متر در هر مترمربع، ۴۶۷/۷ مترمکعب هدر رفت آب از طریق تبخیر برای این مساحت اتفاق خواهد افتاد. با در نظر گرفتن پوشش صددرصدی بنا بر قیمت‌گذاری ۹۰۰۰ ریال به ازای هر مترمکعب آب، هزینه‌ای معادل

که صرفه جویی حاصل از استفاده از این فناوری طی ۶/۲ سال هزینه اولیه را جبران خواهد کرد.

### نتیجه گیری

با توجه به مطالب ارائه شده، تصفیه خانه شهرستان میاندوآب پتانسیل خوبی برای تولید انرژی داراست. با اجرای پنل های خورشیدی روی استخر تصفیه خانه می توان انرژی الکتریکی را برای حدود ۲۷۱ موتور پمپ با کارکرد ۶ ساعته در ایستگاه پمپاژ آب تصفیه خانه آب شرب تبریز معروف به ایستگاه گلمانخانه (ساحل راست پایاب سد انحرافی نوروزلو) تأمین کرد. با توجه به اینکه تجهیزات ذخیره سازی انرژی (باتری) به دلیل هزینه بالا در سرمایه گذاری لحاظ نگردیده است. از این رو در صورت نیاز داشتن به برق تولیدی توسط تصفیه خانه، می توان انرژی آن را برای مصارف ایستگاه های پمپاژ تازه تأسیس آبیاری تحت فشار مزارع و باغ ها و یا مصارف خانگی منطقه اختصاص داد. در خصوص کاهش تبخیر با فرض اثرگذار نبودن عوامل دیگر تبخیر و با اجرای پوشش کامل سطح استخر، حدود صد در صد برآورد گردید. مطالعات اقتصادی صورت گرفته بر اساس شرایط بهای برق در زمان مطالعات، بازگشت سرمایه نصب تجهیزات و تأسیسات مربوط پس از ۶/۲ سال اتفاق خواهد افتاد. در این بررسی مزایای دیگر این روش مانند کاهش تولید دی اکسید کربن و جلوگیری از آلودگی های زیست محیطی و نیز در هزینه اجاره و یا بهای زمین برای نصب صفحات لحاظ نشده است که این موارد در سرمایه گذاری اولیه صرفه جویی می شود.

مطالعات در ۱۱ نقطه مختلف در ساردینای ایتالیا، ۳ مورد در جزیره سیسیل و یک مورد در قبرس نشان می دهد مقدار آب حفظ شده از تبخیر به ازای هر وات انرژی تولید شده سه لیتر گزارش است (Kougiass et al., 2016). عملکرد نسبتاً بهتر صفحات در کاهش تبخیر در تحقیق حاضر می تواند به دلیل تفاوت اقلیمی و رطوبت بالا در حاشیه مدیترانه، نسبت به منطقه مورد مطالعه یعنی میاندوآب، باشد. در واقع، در مناطق با پتانسیل تبخیر بیشتر با سرعت وزش باد بالا عملکرد پنل ها در کاهش تبخیر می تواند از این مقدار نیز بیشتر باشد (Zarezadeh, 2024).

بدین ترتیب، میزان انرژی تولید شده از پنل های نصب شده انرژی مورد نیاز برای ۲۷۱ موتور پمپ آب را تأمین خواهد کرد. با برآوردی از بازگشت سرمایه خرید صفحات خورشیدی، هر پنل حدود ۳۰ میلیون ریال هزینه دارد که برای پنل های دو مترمربعی حدود ۲۵۰ پنل برای این مساحت مورد نیاز خواهد بود که هزینه کلی آن حدود ۷/۵ میلیارد ریال محاسبه گردید. اگر فرض بر این باشد که برق تولیدی مستقیم وارد شبکه توزیع برق گردد، با توجه به اینکه تعرفه خرید تضمینی برق تولیدی توسط اداره برق محاسبه می شود که بر پایه گزارش سازمان انرژی های تجدید پذیر برای مزرعه خورشیدی با ظرفیت ۱۰۰ کیلووات و کمتر، ۹۱۰۰ ریال است. لذا درآمد سالانه تولید برق برای ۱۳۱ مگاوات حدود ۱۱۹۲۱۰۰۰۰۰ ریال به دست می آید. بر اساس هزینه اولیه لازم برای خودکفایی برق مصرفی حدود ۷/۵ میلیارد ریال برای پمپاژ آب برآورد گردید. درآمد حاصل از تولید برق و کاهش تبخیر ۱۱۹۶۳۰۹۳۰۰ ریال خواهد بود

## مراجع

- Afkhami, H., Esmailzadeh, A., & Kharibi, Kh. (2017). Design of floating ionizing coating using worn tires to reduce evaporation from open water resources, Technical Note of Iranian Water Resources Research, 11th year, No.3. (in Persian)
- Alizadeh, A. (1998). Principles of applied hydrology. Quds Razavi Publications, 8th edition. (in Persian)
- Almodaresi, S., & Marzban, M. (2014). Estimation of solar radiation potential using remote sensing data from a case study of Yazd province, The First National Conference on the Application of Advanced Spatial Analysis Models GIS Remote Sensing in Landscaping. Feb. 24. (in Persian)
- Álvarez, V.M., Baille, A., Martínez, J. M. M., & Real, M. M. G. (2006). Effect of black polyethylene shade covers on the evaporation rate of agricultural reservoirs. Spanish Journal of Agricultural Research, 4, 280-288.
- Babu, P. S., Eikaas, H. S., Price, A., & Verlee, D. (2010). Reduction of evaporative losses from tropical reservoirs using an environmentally safe organic monolayer. Singapore International Water Week, Singapore, 18.
- El Baradei, S. H. E. R. I. N. E., & Alsadeq, M. (2018). Impact of covering irrigation canals on evaporation rates in arid areas. Proceedings of International Structural Engineering and Construction.
- Farzin, S., & Alizadeh Sanami, F. (2015). Shadow ball, a measure to reduce water evaporation of dam reservoirs, second International Congress of Civil Engineering-Urban Development. (in Persian)
- Fereshtepour, M. Baghrpourmojaver, N. Esmailzade, M. & Latif, A., Milanishirvan, P., & Javidi Sabakhian, R. (2021). Investigation of the role of floating solar cells in reducing evaporation from dam reservoirs (Case study: Khorasan Razavi province), National Conference on Water Resources Management of Iran, University of Ferdowsi Mashhad, No. 8. (in Persian)
- Fereshtepour, M. (2016). Application of floating solar cells in dam reservoirs, University of Tehran. (in Persian)
- Ganaei, Z. (2017). Solar energy, from how solar panels work to the types of panels and new technologies today, Ivan Charso Specialized Magazine, No. 1.
- Goudarzi, M., Salahi, B., & Hosseini, S. A. (2018). Estimation of evapotranspiration rate due to climate change in the Urmia Lake Basin. Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering, 12(41), 1-12. (in Persian)
- Hashemi Monfared, S. A., Rezapour, M., Rezapour, H., & Azhdary Moghaddam, M. (2018). Determination of the optimum angle of the floating solar panels to reduce evaporation and energy production by the ansys fluent model (Case Study: Chahnimeh No. 4 Sistan). Iranian journal of Ecohydrology, 5(4), 1297-1307.
- Hassan, R. M., Hekal, N. T., & Mansor, N. M. (2007). Evaporation reduction from Lake Naser using new environmentally safe techniques. Eleventh International Water Technology Conference, IWTC11, Sharm El-Sheikh, Citeseer, 179-194.
- Kougiyas, I., Szabo, S., Monforti-Ferrario, F., Huld, T., & Bódis, K. (2016). A methodology for optimization of the complementarity between small-hydropower plants and solar PV systems. Renewable Energy, 87, 1023-1030.
- Mazaheri, E., & Abdei Koupai, J. (2018). Reduction of evaporation from water reservoirs using floating covers in Isfahan. Iranian Journal of Soil and Water Research, 49(3), 597-605. (in Persian)
- Mojarad, F., & Moradi, K. (2014). A study of anomalies and trends of sunshine hours in Iran. Geography and Development, 12(34), 153-166. (in Persian)
- Nematalahi, M., Aghaei foroshani, M., & Binazade, M. (2015). Floating solar cells: A way to solve the problem of water evaporation from the surface of dams, water storage pools and the production of

- solar electricity at the same time, Radio and Television Conference Center, Proceedings of the Sixth Conference on Water, Wastewater and Waste, ISBN 2-47. (in Persian)
- Piri, M., Hesam, M., Dehgani, A., Meftahholgi, M., & Khazali, A. (2009). Investigating the effect of heavy alcohol use on reducing the evaporation of water reservoirs, *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 16(2). (in Persian)
- Reouf, M., & Rezaei, M. (2017). Reducing water evaporation and feasibility study of using solar panels for energy production in Shahid Kazemi Dam (Bukan). 16th Iranian Hydraulics Conference, Mohaghegh Ardabili University. (in Persian)
- Rezaei, M., & Ahmadi, H. (2021). Study of the application of solar cells on dam lakes (Case study: Nowruz Loo diversion dam). *Irrigation and Drainage Engineering Structures Research*, 22(82), 89-102. (in Persian)
- Rezaei, M., & Ilkhanipour, R. (2023). Economic optimization of irrigation canal covering with solar panels based on energy receiving angles (Case study: Nowruzloo dam irrigation canal). *Journal of Water Management in Agriculture*, 10(1), 111-130. (in Persian)
- Rezazadeh, A., Akbarzadeh, P., & Aminzadeh, M. (2020). Modelling and experimental investigation of the evaporation suppression using floating covers in the presence of surface flows. *Amirkabir Journal of Mechanical Engineering*, 52(7), 1193-2010. (in Persian)
- Sepaskhah, A. (2018). Reducing evaporation from water reservoir dam, *Journal of Strategic Research in Agricultural Sciences and Natural Resources*, Volume 3, Pages 13 to 26. (in Persian)
- Shams, M. H., Kia, M., & Mahdavi, B. (2013). Optimal design of a 100kw grid connected photovoltaic power plant in Tehran using pvsyst software. *Iranian Journal of Energy*, 16(2). (in Persian)
- Soltani, Z., Khani, A. & Mahanpour, K. & Marjani, A. (2018). Assessment of duckweed (*Lemna gibba* L) growth on dam water surface as green cost-effective process to improving water quality. *Desalination and Water Treatment*, June, 118, 79-86.
- Torki, M., & Abedi, Z. (2012). External costs analysis electricity generation from fossil power plants : A case study of Iran, *Human and Environment Quarterly*, No. 19. (in Persian)
- Youssef, Y.W., & Khodzinskaya, A. (2019). A review of evaporation reduction methods from water surfaces. In *E3S web of conferences* (Vol. 97, p. 05044). EDP Sciences.
- Zarezadeh, M. (2024). Investigating the installation of solar panels in reducing the evaporation of water in canals. *Journal of Water and Wastewater; Ab va Fazilab* (in Persian), 34(6), 58-68.

## **Feasibility of Reducing the Evaporation of Water in the Treatment Plant And Supplying Electricity to the Pumping Station by Meteonorm and PVsyst Software (Case Study: Miandoab City)**

**\*M. Rezaei, H. Ahmadi, M. Bayram**

**\*Corresponding Author:** PhD student in the Department of Engineering and Water Management, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

**Received:** 24 August 2024, **Accepted:** 20 October 2024

**Email:** rezaei.milad.uma@gmail.com

**https://doi.org/ 10.22092/idser.2024.366799.1590**

### **Extended Abstract**

#### **Introduction**

In arid and semi-arid regions like Iran, which have recently faced a severe water crisis, evaporation negatively impacts the quality of surface and groundwater resources. Increased evaporation rates lead to a higher concentration of salts and minerals in water bodies, which degrades not only water quality but also soil quality, leading to soil erosion and diminished crop yields. Controlling evaporation is therefore critical in managing such crises and preventing further severe consequences.

The volume of water lost due to evaporation from water reservoirs, which have relatively large surface areas, compared to the volume of stored water, exceeds the amount used in crop production. Advanced countries use a variety of methods and cover the reservoirs to reduce evaporation from both water surfaces and soils. These include physical methods (applying used tires, floating bolls, making light-permeable concrete slabs), chemical methods (applying fatty alcohols, hexadecanol, octadecanol, etc.), as well as growing certain plant species like duckweed.

Water management strategies such as water demand management, reusing wastewater, applying water surface covers, and improving the efficiency of water resource use, particularly in agriculture are essential. Prioritizing water projects is also part of effective water management. However, methods that reduce evaporation while also generating energy are considered superior. One of the best covers for this purpose is solar panels for electricity generation.

Given Iran's low average precipitation (250 mm) compared to the global average (850 mm) and its high solar energy potential, utilizing this valuable resource can be highly beneficial in controlling evaporation from water surfaces. Consequently, this approach is cost-effective and economically viable compared to many other methods and is crucial for water conservation (Nematollahi et al, 2015; Álvarez et al, 2006; Soltani et al, 2018; Sepaskhah, 2018; Rezaeideh et al, 2020; Farzin & Alizadeh, 2015).

#### **Materials and Method**

In this research, climatic data for the city of Miandoab were obtained from the West Azerbaijan Province Meteorological Organization; data were analyzed. Key factors such as temperature, precipitation, humidity, solar radiation, and wind speed were studied to assess how the implementation of solar panels on irrigation canals might reduce their impact.

The analysis was carried out using Meteonorm software, a unique blend of trustworthy data sources and advanced calculation tools, providing access to normal years and registered time series. This software is used worldwide to create climatic data for a plethora of locations. It allows for the analysis of annual and monthly variations in temperature, precipitation, and solar radiation on a global scale, combined with databases and interpolation algorithms for different scenarios covering the period of 2010 to 2200.

Weather forecasts were generated with algorithms using the HadCM3 model, which is based on a simple autoregressive model, to produce realistic future monthly data (Remund et al, 2010). In the fourth IPCC report, the main emission scenarios, B1, A1B, and A2 ranged from the most optimistic to the most

pessimistic; these were replaced in the fifth report with RCP scenarios 2.6, 4.5, 6.0, and 8.5 (Mansouri et al., 2018). Furthermore, the study utilized PVSYST software for comprehensive simulations of solar photovoltaic systems, grid-connected, off-grid, and solar pump systems, analyzing shading effects and enabling the input of meteorological data from various sources, including personal data input manually. Finally, the analysis and reporting of these data were made possible (Khammar et al., 2020).

The optimization of photovoltaic systems depended on orientation according to the solar path (solar angle at local noon) as well as axial deviation to achieve maximum solar irradiance. Inputting geographical coordinates enhances the accuracy of the simulation results, adapting the projections to real-world settings. These data are based on NASA satellite measurements available for various geographical locations worldwide.

## **Results and Discussion**

The study highlights the significant solar energy potential at the Miandoab wastewater treatment plant, with an estimated annual production of 131,000 kilowatt-hours. This capacity is sufficient to power around 271 water pump motors for six hours per day, demonstrating the viability of integrating solar energy into water management systems. Solar energy peaks in June, but higher summer temperatures reduce efficiency, illustrating the importance of temperature considerations when designing and placing solar modules. Additionally, floating solar panels serve the dual purpose of energy generation and reducing water loss through evaporation, preventing approximately 467.7 cubic meters of water loss annually, a critical factor in regions where water scarcity is a concern.

However, the study has some limitations. First, the analysis does not account for energy storage solutions such as batteries, which would be necessary for consistent power supply during off-peak solar hours. Second, while the panels reduce evaporation, their long-term impact on water quality and plant maintenance requires further investigation. Additionally, variations in solar radiation throughout the year may affect power consistency, especially during winter months. The economic analysis also assumes fixed energy prices and solar tariffs, which could fluctuate over time. Practically, the integration of floating solar panels can lead to self-sufficiency in energy production at the treatment plant, reducing dependency on external power sources and providing a return on investment within approximately 6.2 years. Furthermore, surplus electricity could be directed to nearby irrigation systems or local households, increasing the overall utility of the installation. Environmentally, the reduction in evaporation and carbon dioxide emissions supports sustainable development goals.

## **Conclusion**

The study concludes that floating solar panels offer a cost-effective, environmentally beneficial solution to water evaporation and energy production. It is recommended that future work include detailed cost-benefit analyses of energy storage systems to improve reliability, along with monitoring the impact of solar panels on water quality. Expanding the project to similar facilities in water-scarce regions could further enhance sustainability efforts and maximize the benefits of this technology.

**Keywords:** Energy Efficiency, Evaporation Reduction, Floating Covers, Solar Energy, Water Storage