

Research Article

Agricultural Engin., 44(4) (2022) 359-366

DOI: 10.22055/agen.2022.38206.1612

ISSN (P): 2588-526X

ISSN (E): 2588-5944

Feasibility of using solar absorption chillers for food products cold storages in Ahvaz

M. Tabibi¹, S.M. Safieddin Ardebili² and M.J. Sheikhdavoodi³

1. Master of Student Science, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
2. Assistant professor, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
3. Professor, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

Received: 9 August 2021

Accepted: 28 November 2021

Abstract

Introduction: Cooling systems such as refrigeration and air conditioning are considered as basics of everyday life. However, the required energy for the above-mentioned applications is mainly generated by non-renewable electricity. Due to the depletion of fossil fuels as a source of electricity, the development of renewable energies for such systems is necessary. Considering all these issues, as cooling needs, most of the time coincides with the solar radiation availability; therefore, exploring solar energy seems an exciting idea. A number of investigations were performed to design/develop new cooling techniques using solar energy. A solar cooling system is capable of considerably reducing the environmental effects of traditional refrigerating machines while allowing significant energy saving. The present work searches for the best choice of configuration/design factors of food refrigeration systems combined with solar-powered absorption chillers unit in Ahvaz as a case study.

Materials and Methods: In the present study, a linear parabolic collector with specific dimensions, was made, so that first, the initial design of the collector with longitudinal dimensions of 1 and a width of 0.6 meters was selected by Katia software, and then using related relations and calculations of other structural parameters based on which the collector was built, the collector simulation was performed using NASA radiation data for the place and time of the experiments and by using the Transient Simulation Software and its performance in the days of the month July, August and September 2019 were reviewed and evaluated. Also, the necessary calculations were performed on the results of performance tests by Excel software, and diagrams of changes in the radiant energy absorbed by the collector and the efficiency of the radiated energy absorbed were drawn from 10:00 AM to 6:00 PM. Using the diagrams obtained from the system simulation in TRNSYS software, it is concluded that the built-in collector has the ability to produce a fluid with a temperature above 98 degrees Celsius required for the absorption chiller in July, August, and September.

Results and Discussion: According to the evaluations of the collector's performance in the three months of July, August, and September from 10 AM to 6 PM showed that collector energy and efficiency reached their maximum values in July with 318.240 w-h/m² and 63.05 %, respectively. While in August, the amount of energy and efficiency was found to be 299.311 w-h/m² and 61.94%, respectively. The minimum value of the parameters were recorded as 283.379 w-h/m² and 61% in September, respectively. The potential analysis conducted showed an excellent saving potential in terms of energy obtained. According to the results, the useful collector energy was achieved to be 227.664 w-h/m², 217.006 w-h/m², and



210.406 w-h/m² in July, August, and September, respectively. According to the obtained results, the maximum refrigeration load needed for the studied cold storage was about 126324 w. According to the results, the average energy obtained for the collector in the three months of July, August, and September was about 216.054 w-h/m². Finally, the area of the collector was calculated, the results showed that the required surface of the collector was found to be 584.687 m².

Conclusion: Solar cooling system for food products cold storage in Ahvaz city is a promising and innovative alternative to decline the peak energy consumption generated by the combustion of fossil fuels, especially during the summer months.

Keywords: *Solar cooling, parabolic trough collectors, performance.*

در یک هتل پرداختند. نتایج تحقیق آنها میانگین ضریب عملکرد چیلر جذبی را حدود ۱/۱۹۵ و بازده کل سیستم خنک کننده خورشیدی را حدود ۶۱ درصد بدست داد. همچنین، نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که میزان تابش انرژی خورشیدی در بازده حرارتی متمرکز کننده تأثیر معنی داری دارد.

در پژوهشی دیگر در زمینه سرمایه‌گذاری خورشیدی، مونی و همکاران^۴ (۱۲) با استفاده از نرم‌افزار ترنسیس یک سیستم سرمایه‌گذاری خورشیدی ۴/۵ کیلووات تک اثره را با استفاده از زوج میرد لیتیوم بروماید و آب شیشه سازی نمودند. در این تحقیق از ۳۷/۵ متر مربع جمع کننده صفحه تخت جهت تامین انرژی حرارتی ورودی استفاده شد. در این تحقیق، با استفاده از نرم‌افزار ترنسیس یک مدل دقیق از سیستم خنک کننده شیشه سازی شده و نتایج آن با آزمایشهای تجربی مقایسه گردید. نتایج این مطالعه بهبود در ضریب عملکرد تا ۴۲ درصد را نشان داد.

تحقیقاتی نیز در زمینه سرمایه‌گذاری خورشیدی در ایران صورت گرفته است. به عنوان نمونه، در تحقیقی، مظلومی و همکاران^۵ (۱۳) یک سیستم لیتیوم بروماید تک اثره خورشیدی را برای شرایط آب و هوای شهر اهواز شیشه سازی کردند. این سامانه به منظور تولید بار برودتی یک خانه مسکونی در حدود ۱۷/۵ کیلووات در تیرماه از ۵۷/۷ مترمربع مساحت جمع کننده از نوع سهموی خطی و تانک ذخیره با حجم ۱۲۶۰ لیتر آب استفاده شد.

علوی و همکاران^۶ (۱۴) در مطالعه ای تحت عنوان تحلیل ترمودینامیکی سردخانه خورشیدی با استفاده از ترکیب سیکل تبرید جذبی متناوب و پیوسته آب و آمونیاک پرداخت. نتایج این تحقیق نشان داد مقدار انرژی جذب شده برای مناطق مورد مطالعه به طور متوسط ۰/۶۴۵ کیلووات بر مترمربع و میانگین سطح مورد نیاز متمرکز کننده با مساحت ۱۰۳ مترمربع می‌باشد. همچنین،

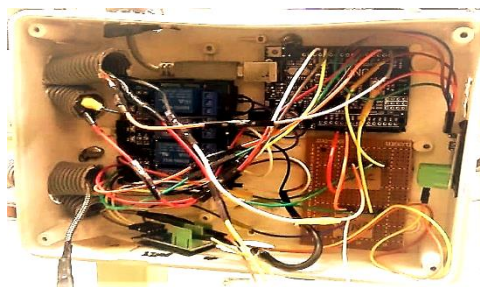
آن‌ها با وسایلی با بازدهی بالاتر می‌باشد (۴). امروزه تمایل به سوی تحقیق و توسعه انرژی‌های تجدید پذیر رو به افزایش است (۵). انرژی خورشیدی که از پاک‌ترین و بزرگ‌ترین منابع انرژی‌های تجدید پذیر است (۶). کاربرد آن به علت نیاز نداشتن به فن‌آوری‌های پیشرفته و پرهزینه، به عنوان یک منبع مفید و تأمین کننده انرژی در اکثر نقاط جهان رو به وسعت است (۷). بدون شک، حرکت به سمت فناوری‌های گرمایی خورشیدی با کاهش استفاده از سوخت‌های تجدیدناپذیر انتشار کربن و دیگر آلاینده‌های مخرب به محیط را کاهش خواهند داد (۸). مطالعات گسترده‌ای در زمینه سرمایه‌گذاری خورشیدی صورت گرفته است. به عنوان نمونه، در تحقیقی پراین و همکاران^۱ (۹) سیستم خورشیدی جذبی را طراحی نمودند که از جمع کننده صفحه تخت به منظور تولید ۱۲۵ کیلووات ساعت انرژی مورد نیاز چیلر استفاده شده بود.

در تحقیق دیگری حمیده و همکاران^۲ (۱۰) به بررسی عملکرد سردخانه مجهز به چیلر جذبی با سیال آمونیاک با استفاده از یک جمع کننده حرارتی خورشیدی برای حفظ خرما در فصول گرم سال در تونس پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد برای سردخانه‌ای به حجم ۱۰۹ مترمکعب، بصورت تقریبی ۲۱ مترمربع متمرکز کننده مورد نیاز است. همچنین، بازده چیلر جذبی خورشیدی در حدود ۷۴ درصد محاسبه شد. آن‌ها همچنین بیان داشتند که انرژی خورشیدی، به عنوان منبع گرما، می‌تواند به عنوان یک جایگزین اقتصادی مناسب در مقایسه با خنک کننده‌های مرسوم مورد استفاده قرار گیرد.

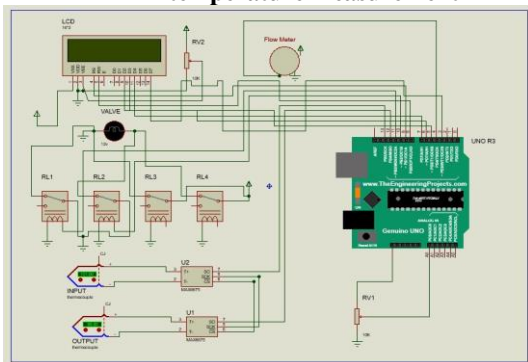
در تحقیق دیگری، وانگ و همکاران^۳ (۱۱) به تجزیه و تحلیل عملکرد حرارتی یک سیستم چیلر جذبی لیتیوم بروماید و آب مجهز به متمرکز کننده سهموی خطی

4- Monné *et al.*5- Mazloumi *et al.*6- Allouhi *et al.*1- Praene *et al.*2- Hmida *et al.*3- Wang *et al.*

از یک لوله مسی مات شده به قطر ۴ سانتیمتر برای جذب بیشتر انرژی گرمایی استفاده گردید. همچنین، یک لوله شفاف پلاستیکی به صورت استوانه ای به قطر حدود ۱۰ سانتیمتر و طول میله مسی به منظور جلوگیری از اتلاف گرما در اطراف لوله مسی تعبیه گردید. علاوه بر این، سامانه الکترونیکی برای کنترل دبی در به دست آوردن دمای مشخص و ثابت آب خروجی از دستگاه طراحی و ساخته شد در این سامانه یک عدد برد آردوینو مدل Uno D3 برای دریافت اطلاعات از حس گرما و ارسال دستورهای عملیاتی جهت کنترل دبی خروجی از طریق شیر برقی مورد استفاده قرار گرفت. شکل های ۲ و ۳ میکروکنترلر مورد استفاده برای کنترل دبی، دما و جزئیات سامانه کنترل را نشان می دهند. برای قطع و وصل کردن جریان و کنترل دبی عبوری از لوله جذب کننده جمع کننده از یک نوع شیر برقی موتوردار اهرمی به همراه شیر توپی استفاده شد.



شکل (۲) میکروکنترلر مورد استفاده برای کنترل دبی و دما
Figure (2) Microcontroller utilized for flow and temperature measurement



شکل (۳) جزئیات سامانه کنترل
Figure (3) Detailed schematic of the control system

مقدار تابش در طول روز آفتابی و بدون ابر خرداد ماه جویبگوی حدود ۳۰ درصد از نیاز انرژی سردخانه در یک شبانه روز برای تمام شهرهای ایران است.

سخن صفت و همکاران^۱ (۱۵) در تحقیق دیگری در شهر تهران یک سیستم سرمایشی جذبی خورشیدی با ظرفیت ۵ تن تبرید را با استفاده از نرم افزار ترنسیس شبیه سازی کرده و پارامترهای موثری که عبارتند از دبی سیال ورودی، مساحت جمع کننده، نقطه تنظیم دما برای دیگ کمکی و ظرفیت مخزن ذخیره را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد برای عملکرد حدود ۲۸ درصد، مساحت جمع کننده ۵۵ متر مربع و شیب جمع کننده ۳۳ درجه مورد نیاز است. با بررسی های صورت گرفته، مطالعه جامعی در زمینه استفاده و شبیه سازی سامانه سرمایش خورشیدی با استفاده از نرم افزار ترنسیس به منظور تأمین انرژی مورد نیاز سرد خانه مواد غذایی در شهرستان اهواز صورت نگرفته است. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف امکان سنجی استفاده از انرژی گرمایش خورشیدی برای ایجاد سرمایش روزانه در سردخانه محصولات گوشتی کارون در شهرستان اهواز انجام شد.

مواد و روش ها

در این تحقیق ابتدا جمع کننده سهموی خطی در گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه شهید چمران اهواز ساخته شده و سپس ارزیابی عملکرد آن در شرایط آب و هوایی اهواز صورت پذیرفت (شکل ۱).



شکل (۱) جمع کننده سهموی خطی
Figure (1) Parabolic solar collector

این مقدار انرژی که از تابش خورشید حاصل می‌شود بدست آمد.

نتایج و بحث

نتایج تغییرات ساعتی انرژی و بازده جمع کننده در روز نوزده تیرماه ۱۳۹۹ در جدول ۱ نشان داده شده است. همانطور که از جدول ۱ نشان می‌دهد، میزان انرژی خروجی دستگاه با شدت تابش رابطه مستقیم داشته و با افزایش میزان تابش خورشید، بازده و انرژی استحصال شده از جمع کننده افزایش می‌یابد. بر اساس نتایج بدست آمده، روند افزایشی در میزان انرژی دریافتی از ساعت ۱۰ صبح تا ۱۲:۳۰ مشاهده گردید که این روند افزایش به دلیل زاویه تابش عمودی خورشید بر سطح زمین می‌باشد.

روند مشابهی نیز برای ماه‌های مرداد و شهریور مشاهده گردید. در مرداد ماه نیز بیشترین تابش ورودی به سطح جمع کننده زمانی حاصل می‌شود که خورشید به نزدیک‌ترین زاویه عمودی خود می‌رسد که این اتفاق در محدوده ساعت دوازده رخ داد هرچند در میزان شدت تابش نسبت به تیر ماه مقداری کاهش مشاهده گردید. در مرداد ماه نیز بیشترین بازده برابر ۶۱/۹۴ درصد و همچنین انرژی که جمع کننده دریافت و به سیال در حال جریان در لوله انتقال می‌دهد نیز به مقدار بیشینه خود ۲۹۹/۳۱ وات-ساعت بر متر مربع گزارش شد. میزان بازده در شهریور ماه نیز معادل ۶۱ درصد و میزان انرژی بیشینه جمع کننده ۲۸۳/۳۷ وات-ساعت بر متر مربع ثبت گردید شکل (۴).

شکل (۵) تغییرات شبیه سازی شده توسط نرم افزار ترنسیس برای دمای سیال ورودی و میزان انرژی دریافتی سیال را نشان می‌دهد.

با در نظر گرفتن تعدادی از روزها در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور ماه سال ۱۳۹۸ و طی ساعت ۱۰ صبح تا ۶ عصر به فاصله هر نیم ساعت داده برداری انجام و جمع کننده ساخته شده مورد ارزیابی قرار گرفت. در طول آزمایش‌ها، جهت صفحه دریافت کننده به طوری تغییر داده می‌شد که نور خورشید به صورت عمود به مرکز سطح سهمی شکل تابیده شود. با داشتن داده‌های دبی جرمی، گرمای ویژه، اختلاف دمای ورودی و خروجی آب، انرژی مفید به دست آمده از جمع کننده به دست آمد. برای به دست آوردن بازده جمع کننده از رابطه (۱) استفاده شد. در این رابطه Q_o انرژی خروجی جمع کننده (wh/m^2) و Q_i انرژی ورودی خورشید گرفته شده از سایت ناسا (wh/m^2) می‌باشد. با وارد کردن داده‌های به دست آمده در نرم افزار اکسل، انرژی گرمایی دریافتی در صفحه دریافت کننده و بازده انرژی جمع کننده محاسبه شد.

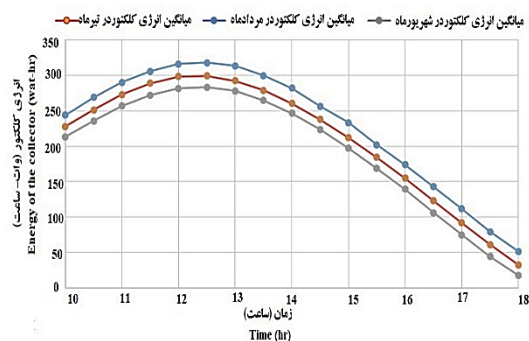
$$\eta = \frac{Q_o}{Q_i} \quad (1)$$

شبیه سازی با استفاده از نرم افزار ترنسیس انجام شد. داده‌های هواشناسی با استفاده از نرم افزار متونوم به فرمت مورد نیاز تبدیل و به نرم افزار واد گردید. برای جمع کننده، پمپ، و کنترلر به ترتیب از عملگرهای Type74، Type 3b و Type14h استفاده گردید. همچنین، از عملگر Type65c برای نمایش آنلاین اطلاعات مورد استفاده قرار گرفت. برای محاسبه مساحت جمع کننده سهمی خطی، بار سرمایشی مورد نیاز سردخانه بر میانگین انرژی خروجی که بوسیله نرم افزار اکسل محاسبه شده تقسیم گردید. اطلاعات سردخانه گوشت کارون شهرستان اهواز با دارا بودن سه سالن نگهداری با حجم ۴۹۵۰ مترمکعب به منظور محاسبه مساحت جمع کننده مورد نیاز مورد استفاده قرار گرفت. به منظور محاسبه مساحت جمع کننده سهمی خطی لازم برای تأمین انرژی ورودی چیلر جذبی که بتواند بار سرمایشی لازم برای سردخانه را تولید کند، از تقسیم بار سرمایشی مورد نیاز سردخانه بر میانگین انرژی خروجی برای تأمین

جدول (۱) نتایج تغییرات انرژی و بازده جمع کننده در تیرماه

Table (1) Energy saving and efficiency variation

بازده جمع کننده (%) (Efficacy of collector)	انرژی جمع کننده (wh/m ²) (energy of the collector)	زمان (h) (time)
۵۸/۹	۲۲۸/۰۳	۱۰
۶۰/۱۵	۲۵۱/۴۶	۱۰/۳۰
۶۲/۲۶	۲۷۳/۰۹	۱۱
۶۲/۲۲	۲۸۸/۹۸	۱۱/۳۰
۶۲/۹۲	۲۹۸/۵۸	۱۲
۶۳/۰۵	۲۹۹/۳۱	۱۲/۳۰
۶۲/۸۲	۲۹۲/۵۲	۱۳
۶۱/۸۸	۲۷۹/۰۵	۱۳/۳۰
۶۱/۰۱	۲۶۰/۶۱	۱۴
۵۹/۳۲	۲۳۸/۱۸	۱۴/۳۰
۵۸/۸۵	۲۱۲/۲۳	۱۵
۵۷/۱۵	۱۸۴/۳۷	۱۵/۳۰
۵۶/۷۲	۱۵۵/۰۵	۱۶
۵۵/۹	۱۲۲/۹۲	۱۶/۳۰
۵۴/۷۵	۹۱/۹۲	۱۷
۵۳/۲	۶۰/۸۵	۱۷/۳۰
۵۲	۳۲/۶۴	۱۸



شکل (۴) تغییرات بازده جمع کننده

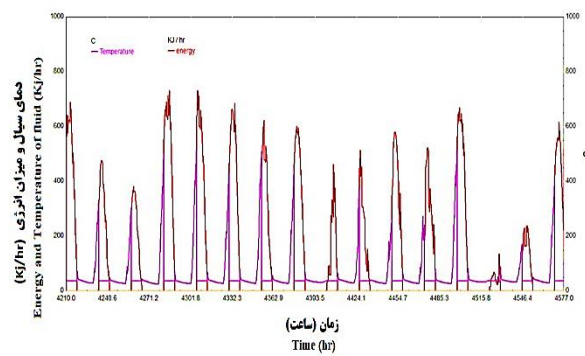
Figure (4) Variation in performance of the collector

ساعت، معادل $584/68$ مترمربع محاسبه گردید. با توجه به بالا بودن نسبت تمرکز جمع کننده سهمی خطی ساخته شده و امکان دست یابی به دماهای بالا این امکان را به وجود می‌آوردند تا آب گرم مورد نیاز چیلرهای جذبی را فراهم کنند و به عنوان جایگزین بخشی از انرژی مصرفی سردخانه ها که با استفاده از چیلرهای تراکمی کار می‌کند بسیار مناسب و اقتصادی به خصوص در فصول گرم سال که مصرف برق بالاتر است می‌باشند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش امکان استفاده از یک سامانه سرمایشی جذبی خورشیدی برای کمک به تامین بار برودتی یک سردخانه مواد گوشتی در شرایط آب و هوایی اهواز مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت. برای تامین انرژی ورودی این سامانه از انرژی گرمایی حاصل از تابش خورشید یک جمع کننده سهمی خطی طراحی، شبیه سازی و مورد آزمایش و ارزیابی قرار گرفت. با توجه به میانگین انرژی بدست آمده برای جمع کننده در سه ماه تیر، مرداد و شهریور به مقدار $216/054$ وات-ساعت بر مترمربع، مساحت جمع کننده لازم برای تامین انرژی ورودی چیلر جذبی $584/687$ مترمربع محاسبه گردید.

دمای سیال خروجی از جمع کننده با افزایش شدت تابش خورشید به صورت عمود بر سطح جمع کننده در ساعت $12/30$ ظهر به ماکزیمم مقدار خود (98 درجه سلسیوس) رسید. همچنین، میزان انرژی مفید دستگاه در تیر ماه با مقدار $318/24$ وات-ساعت بر مترمربع و بازده با مقدار $63/05$ درصد و در فصل مرداد به ترتیب $299/311$ وات - ساعت بر مترمربع و $61/94$ درصد و شهریور ماه $283/379$ وات-ساعت بر مترمربع و 61 درصد بدست آمد. با استفاده از نمودارهای بدست آمده از شبیه سازی سامانه در نرم افزار ترنسیس نتیجه گیری می‌شود که جمع کننده ساخته شده قابلیت تولید سیالی با



شکل (۵) تغییرات دمای سیال و انرژی دریافتی

Figure (5) Variation in energy and temperature of the fluid

همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است، زمانی که سامانه شروع به کار می‌کند ابتدا سیال سرد است و به تدریج با جذب تابش خورشید توسط صفحه جذب جمع کننده سیال درون لوله گرم شده و دمای آن بالا می‌رود. کاهش دمای سیال در شکل ۳ به طور عمده به دلیل ابری شدن هوا، رطوبت زیاد هوا و همچنین گرد و غبار بوده که به عنوان یک مانع عمل کرده و از رسیدن تابش خورشید به سطح جمع کننده جلوگیری می‌کند. با استفاده از نتایج بدست آمده از شبیه سازی سامانه در نرم افزار ترنسیس نتیجه گیری می‌شود که جمع کننده ساخته شده قابلیت تولید سیالی با دمای بالای 98 درجه سلسیوس مورد نیاز چیلر جذبی را در روزهای ماه‌های تیر و مرداد و شهریور دارد و میانگین‌های بدست آمده از انرژی مفید اندازه‌گیری شده جمع کننده با مقادیر $227/664$ وات-ساعت بر مترمربع در تیرماه و $217/006$ وات-ساعت بر مترمربع در مرداد ماه و $210/406$ وات-ساعت بر مترمربع در شهریور ماه با نتایج شبیه‌سازی در ترنسیس همخوانی دارند. همچنین، مساحت جمع کننده مورد نیاز جهت تامین انرژی گرمایشی لازم برای کار چیلر جذبی جهت تامین بار برودتی سردخانه گوشت مرغ کارون در شهر اهواز با توجه به میانگین انرژی بدست آمده برای جمع کننده در سه ماه تیر، مرداد و شهریور به مقدار $216/054$ وات-

در روزهای ماه‌های تیر و مرداد و شهریور دارد و چیلرهای تراکمی کار می‌کنند به خصوص در فصول گرم سال که مصرف برق بالاتر است بسیار مناسب و اقتصادی می‌باشد.

سپاس‌گزاری

بدینوسیله نویسندگان از معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به لحاظ تأمین منابع مالی انجام این پژوهش (شماره پژوهانه: SCU.AA99.29840) سپاسگزاری می‌نمایند.

دمای بالای ۹۸ درجه سلسیوس مورد نیاز چیلر جذبی را میانگین‌های بدست آمده از انرژی مفید جمع کننده در اکسل با مقادیر ۲۲۷/۶۶۴ وات-ساعت بر مترمربع در تیرماه و ۲۱۷/۰۰۶ وات-ساعت بر مترمربع در مرداد ماه و ۲۱۰/۴۰۶ وات-ساعت بر مترمربع در شهریور ماه با نمودارهای ترنسیس همخوانی دارند. در سامانه طراحی شده با توجه به بالا بودن نسبت تمرکز جمع کننده سهمی خطی ساخته شده و همچنین دست یابی به دماهای بالا، امکان فراهم نمودن آب گرم مورد نیاز چیلرهای جذبی بوجود آورده و بنابراین می‌تواند به عنوان جایگزین بخشی از انرژی مصرفی سردخانه‌ها که با استفاده از

References

1. Ardebili, S.M.S., 2020. Green electricity generation potential from biogas produced by anaerobic digestion of farm animal waste and agriculture residues in Iran. *Renewable Energy*, 154, pp.29-37.
2. Allouhi, A., Kousksou, T., Jamil, A., Bruel, P., Mourad, Y. and Zeraouli, Y., 2015. Solar driven cooling systems: An updated review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, pp.159-181.
3. Zhai, X.Q. and Wang, R.Z., 2009. A review for absorption and adsorption solar cooling systems in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(6-7), pp.1523-1531.
4. Chidambaram, L.A., Ramana, A.S., Kamaraj, G. and Velraj, R., 2011. Review of solar cooling methods and thermal storage options. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(6), pp.3220-3228.
5. Ardebili, S.M.S., Asakereh, A. and Soleymani, M., 2020. An analysis of renewable electricity generation potential from municipal solid waste: a case study (Khuzestan Province, Iran). *Biomass Conversion and Biorefinery*, pp.1-9.
6. Zhang, Y., Ren, J., Pu, Y. and Wang, P., 2020. Solar energy potential assessment: A framework to integrate geographic, technological, and economic indices for a potential analysis. *Renewable Energy*, 149, pp.577-586.
7. Sharif, A., Meo, M.S., Chowdhury, M.A.F. and Sohag, K., 2021. Role of solar energy in reducing ecological footprints: An empirical analysis. *Journal of Cleaner Production*, 292, p.126028.
8. Qiu, J., Liu, H., Li, X. and Wang, S., 2020. Position effect of arylamine branches on pyrene-based dopant-free hole transport materials for efficient and stable perovskite solar cells. *Chemical Engineering Journal*, 387, p.123965.
9. Praene, J.P., Marc, O., Lucas, F. and Miranville, F., 2011. Simulation and experimental investigation of solar absorption cooling system in Reunion Island. *Applied Energy*, 88(3), pp.831-839.
10. Hmida, A., Chekir, N. and Brahim, A.B., 2018. Performance of an Absorption Refrigerator Using a Solar Thermal Collector. *International Journal of Energy and Power Engineering*, 12(10), pp.772-777.
11. Wang, J., Yan, R., Wang, Z., Zhang, X. and Shi, G., 2018. Thermal performance analysis of an absorption cooling system based on parabolic trough solar collectors. *Energies*, 11(10), p.2679.

12. Monné, C., Alonso, S., Palacín, F. and Serra, L., 2011. Monitoring and simulation of an existing solar powered absorption cooling system in Zaragoza (Spain). *Applied Thermal Engineering*, 31(1), pp.28-35.
13. Mazloumi, M., Naghashzadegan, M. and Javaherdeh, K.J.E.C., 2008. Simulation of solar lithium bromide–water absorption cooling system with parabolic trough collector. *Energy Conversion and Management*, 49(10), pp.2820-2832.
14. Mehrabani, K., Mehrpanahi, R., Alavi, A. 2014. Modeling of combined continuous and intermittent aqua-ammonia absorption cycle as solar refrigerator. *Journal of modeling in engineering*, 2014 (16), pp. 415-428.
15. Sokhansefat, T., Mohammadi, D., Kasaeian, A. and Mahmoudi, A.R., 2017. Simulation and parametric study of a 5-ton solar absorption cooling system in Tehran. *Energy conversion and Management*, 148, pp.339-351.