



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



## بررسی میزان توان و بازدهی جمع‌کننده‌ی خورشیدی صفحه تخت در شرایط آب و هوایی گوناگون

میلاد مرادی<sup>۱\*</sup>، محمود امید<sup>۲</sup>، سلیمان حسین پور<sup>۳</sup>، اسماعیل میرزایی قلعه<sup>۳</sup>

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد و استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده مهندسی و فناوری دانشگاه تهران

۳- استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه

ایمیل مکاتبه کننده: miladmoradi1988@ut.ac.ir

### چکیده

انرژی‌های تجدیدپذیر نسبت به انرژی‌های فسیلی مزیت‌های مهمی دارند، این انرژی‌ها با انتشار جزئی و یا بدون انتشار گازهای آلاینده عمل می‌کنند، همچنین منابع انرژی‌های تجدیدپذیر بر خلاف سوخت‌های فسیلی محدود نبوده و در تمام کشورها انواع مختلفی از این انرژی‌ها موجود می‌باشد. از مهمترین انرژی‌های تجدیدپذیر و قابل دسترس انرژی خورشیدی می‌باشد که در شکل‌های مختلف می‌توان از آن استفاده نمود. در این تحقیق میزان توان دریافتی و بازده جمع‌کننده خورشیدی صفحه تخت در شرایط آب و هوایی آفتابی، نیمه ابری و ابری- بارانی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج بدست آمده بیشترین بازده جمع‌کننده صفحه تخت مربوط به یک روز ابری- بارانی و برابر ۶۱/۶۱ درصد و کمترین بازده مربوط به یک روز آفتابی و برابر ۵۱/۶۶ درصد بدست آمد، در حالی که بیشترین میزان توان دریافتی از سامانه برای یک روز آفتابی برابر ۱۰۴۶/۵ وات و پایین‌ترین میزان توان دریافتی از سامانه برای یک روز ابری- بارانی برابر ۳۲۶/۵ وات بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: انرژی تجدیدپذیر، جمع‌کننده خورشیدی صفحه تخت، توان خورشیدی، بازده



## مقدمه

زندگی روزمره‌ی مردم وابسته به تولید و مصرف انرژی است، لذا عرضه و تقاضای آن در جوامع بشری به طور مستمر رو به افزایش است. در حال حاضر ۷۷ درصد کل انرژی مصرفی جهان را سوخت‌های فسیلی تامین می‌کنند، که با تولید گازهای آلاینده و گلخانه‌ای در فرآیند تبدیل و در نتیجه تخریب لایه‌ی اوزن، محیط‌زیست را به شدت مورد تهدید قرار داده و موجب گرم شدن بیشتر دمای کره‌ی زمین می‌شوند، بنابراین به منظور حفظ محیط‌زیست توجه به انرژی‌های جایگزین (انرژی‌های نو) ضروری به نظر می‌رسد (خوش اخلاق و همکاران، ۱۳۸۴). از انواع مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توان به انرژی بادی، انرژی خورشیدی، انرژی زمین‌گرمایی، انرژی هیدروژنی، انرژی جزر و مد، برق آبی، بیومس (زیست توده) و... اشاره کرد (Alamdari et al., 2013). با در نظر گرفتن روزهای آفتابی زیاد و شدت انرژی تابشی نسبتاً بالا، کشور ایران در شمار بهترین کشورها جهت استفاده از انرژی خورشیدی می‌باشد و بنابر محاسبات انجام شده با میانگین سالیانه، تابش خورشید به هر مترمربع برابر ۲۲۰۰ کیلووات، کل انرژی خورشیدی که بر ایران می‌تابد، معادل ۱۶۳۴ میلیارد بشکه نفت خام، یعنی بیش از ۳۰۰۰ برابر انرژی مورد نیاز کشور است (میرقربانی گنجی و میرقربانی گنجی، ۱۳۹۲). کشور ایران در محدوده عرض جغرافیایی بین ۲۵° تا ۴۰° قرار گرفته است که به مراتب انرژی خورشیدی بیشتری نسبت به بسیاری از کشورهای دیگر دریافت می‌کند. در مناطقی چون تهران در هر سال بیش از ۲۰۰۰ kWh از انرژی خورشیدی بر هر متر مربع از سطح آن می‌تابد (Atabi, 2004). حدود ۱/۳۶۷ کیلووات بر مترمربع از انرژی خورشیدی به بالای اتمسفر می‌رسد که به دلیل وجود اتمسفر در شرایط نرمال فقط حدود ۱ کیلووات بر مترمربع از این میزان انرژی به سطح زمین می‌رسد، برای تحت کنترل در آوردن این میزان انرژی روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد که یکی از این روش‌ها استفاده از جمع‌کننده‌های خورشیدی می‌باشد. جمع‌کننده خورشیدی نوعی مبدل گرما می‌باشند که انرژی تابشی خورشیدی را به انرژی گرمایی تبدیل می‌کنند و به دو نوع کلی جمع‌کننده‌های متمرکز و جمع‌کننده‌های تخت تقسیم می‌شوند (حاج سقطنی، ۱۳۹۰). جمع‌کننده‌های خورشیدی تخت از نظر ساختمانی نسبت به جمع‌کننده‌های متمرکز ساده‌تر و کم هزینه‌تر می‌باشند و براساس نوع سیال انتقال دهنده‌ی گرما به دو گروه جمع‌کننده‌های هوایی و آبی تقسیم می‌شوند (تبریزی و مقدم دیمه، ۱۳۸۷). جمع‌کننده‌های صفحه تخت ساده‌ترین و متداول‌ترین وسیله برای تبدیل انرژی خورشیدی به گرمای مفید می‌باشند. این نوع از جمع‌کننده‌ها برای تولید درجه حرارت کم تا متوسط، حداکثر ۱۰۰ درجه سلسیوس بالاتر از دمای محیط به کار می‌روند (سرحدی و همکاران، ۱۳۸۴). در زمینه‌ی سامانه‌های آب‌گرمکن خورشیدی تحقیقاتی مختلفی صورت گرفته است. میرزایی‌قلعه در تحقیقی توسعه‌ی یک سامانه خورشیدی هیبریدی هوشمند مبتنی بر کنترلر منطق فازی جهت گرمایش سالن مرغداری مدل را بررسی کرد (میرزایی قلعه، ۱۳۹۲). مرادی و همکاران در تحقیقی به بررسی ارزیابی بازده گرمایی جمع‌کننده خورشیدی تخت در چهار دبی متفاوت هوای عبوری از آن پرداختند (مرادی و همکاران، ۱۳۸۸). تبریزی و مقدم دیمه در یک مطالعه به بهینه‌سازی زاویه جمع‌کننده خورشیدی صفحه تخت برای دریافت بیشینه انرژی پرداختند (تبریزی و مقدم دیمه، ۱۳۸۷). یاداو و چاندل در تحقیقی نشان دادند که برای بدست آوردن حداکثر مقدار انرژی، زاویه شیب بهینه برای سامانه‌های خورشیدی باید به دقت برای هر محل تعیین شود، چرا که زاویه شیب یک سامانه انرژی خورشیدی یکی از پارامترهای مهم برای گرفتن حداکثر تابش خورشیدی فرودآمده در پانل‌های خورشیدی است (Yadav



(and Chandel., 2013). حامد و همکاران در تحقیقی به بررسی عددی جمع‌کننده‌های خورشیدی صفحه تخت توسعه یافته برای تعیین عملکرد بهینه و پارامترهای طراحی خورشیدی برای سامانه‌های تبدیل انرژی حرارتی پرداختند (Hamed et al., 2014). چن و همکاران در پروژه‌ای بازده یک جمع‌کننده‌ی خورشیدی که با یک فویل ETFE بین جاذب و پوشش شیشه-ای و جمع‌کننده‌ی دیگر بدون فویل ETFE مجهز شده بود را بررسی کردند (Chen et al., 2012). هین و همکاران در یک پروژه به بهینه‌سازی یک مدل از یک سامانه تولید آب گرم خانگی خورشیدی در یک خانه با انرژی کارآمد در مونترال کانادا که شامل چهار تنظیم بهینه مختلف بسته به تابع هدف برای سامانه‌ی تولید آب گرم خانگی بود، پرداختند (Hin et al., 2014). در سامانه‌های آب گرم‌کن خورشیدی، جمع‌کننده صفحه تخت به عنوان اصلی ترین جزء سامانه در نظر گرفته می شود و عملکرد حرارتی بهینه آن در عملکرد کل سامانه تأثیر بسزایی دارد، از این رو مقدار کیفیت انرژی یا همان اکسرژی جمع‌آوری شده توسط جمع‌کننده‌های خورشیدی اهمیت بالایی دارد، لذا در این تحقیق میزان توان دریافتی و بازدهی جمع‌کننده خورشیدی تحت شرایط آب و هوایی گوناگون، واقع در دانشگاه تهران، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج (میرزایی قلعه، ۱۳۹۲) بررسی شد.

#### مواد و روش‌ها

در این طرح از دو جمع‌کننده نوع صفحه تخت با مساحت ۵/۱ مترمربع استفاده شد. با توجه به فرارگیری کشور ایران در نیم کره شمالی، جهت جمع‌کننده به سمت جنوب و به نحوی که با افق زاویه‌ای برابر با عرض جغرافیایی محل انجام آزمایش (عرض جغرافیایی کرج ۳۵ درجه می‌باشد) بر روی سقف سالن قرار گرفت. دو جمع‌کننده بر روی یک شاسی فلزی با اتصالات مسی به نحوی که آب‌بندی کامل صورت گیرد به هم متصل شدند (میرزایی قلعه، ۱۳۹۲). در شکل ۱ نمایی از دو جمع‌کننده نوع صفحه تخت نشان داده شده است.



شکل ۱: نمایی از دو جمع‌کننده نوع صفحه تخت

مشخصات جمع‌کننده مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است:



جدول ۱: مشخصات جمع‌کننده‌ی خورشیدی

ردیف	توضیحات	جزئیات
۱	شرکت سازنده	TiSUN, GmbH
۲	نوع	صفحه تخت
۳	ابعاد (mm)	۲۱۵۹×۱۱۸۱×۹۰
۴	بیشینه فشار کاری (bar)	۱۰
۵	وزن، خالی (kg)	۴۶
۶	سیال عمل‌گر	مخلوط آب و ضد یخ
۷	مساحت صفحه جاذب (m <sup>2</sup> )	۲/۲۷۱
۸	مساحت (m <sup>2</sup> )	۲/۵۵
۹	ضخامت صفحه جاذب (mm)	۰/۵
۱۰	فاصله لوله‌ها (mm)	۹۵
۱۱	تعداد پوشش شفاف	۱
۱۲	جنس لوله‌ها	مس، mm = d <sub>i</sub> /d <sub>o</sub> = ۹/۱۰
۱۳	جنس تلسی	پروفیل آلومینیوم
۱۴	شیب جمع‌کننده	۱۵° - ۷۰°
۱۵	ضریب عبور پوشش شفاف، τ	۹۰/۷ %
۱۶	ضریب جذب صفحه جاذب، α	۸۶/۶۵ %
۱۷	ظرفیت مخزن (L)	۳۰۰
۱۸	ضریب تلفات حرارت (U <sub>1</sub> )، غیر وابسته به دما، (W/m <sup>2</sup> °C)	۲/۷۳
۱۹	ضریب تلفات حرارت (U <sub>2</sub> )، وابسته به دما، (W/m <sup>2</sup> °C <sup>2</sup> )	۰/۰۱۳۴

در این طرح از مخزنی استوانه‌ای شکل (به طول ۱/۵ متر و قطر ۰/۵ متر) با حجم ۳۰۰ لیتر استفاده شد و جنس مخزن ورق سفید گالوانیزه به ضخامت ۵ میلی‌متر می‌باشد. به منظور جلوگیری از انتقال حرارت از مخزن به محیط و در حقیقت جلوگیری از اتلاف انرژی، سطح مخزن توسط پشم شیشه پوشانده شد. در طرح حاضر از ۳ حسگر دما شامل، حسگر دمای آب ورودی به جمع‌کننده، حسگر دمای آب خروجی از جمع‌کننده و حسگر دمای محیط استفاده شد. بر اساس مقادیر اندازه‌گیری شده توسط این حسگرها و نیز مقادیر ورودی به واحد کنترل خورشیدی (مقادیر آستانه) در ساعات مختلف شبانه روز، پمپاژ سیال در جمع‌کننده انجام گرفت. بازده نوری، میزان تابش خورشیدی رسیده به صفحه جاذب و جذب شده می‌باشد، که به صورت زیر محاسبه شد (Ogueke et al, 2009):

$$\eta_0 = \tau \times \alpha \quad (1)$$

که در این رابطه  $\eta_0$  بازده نوری جمع‌کننده،  $\tau$  ضریب عبور پوشش شفاف و  $\alpha$  ضریب جذب صفحه جاذب است. بخشی از انرژی جذب شده به دلیل انتقال حرارت صورت گرفته با محیط تلف می‌شود، بنابراین بازدهی کل جمع‌کننده به کمک رابطه زیر محاسبه شد (Ogueke et al, 2009):

$$\eta = K(\theta)\eta_0 - U_1 \left( \frac{T_m - T_{out}}{I} \right) - U_2 \left( \frac{T_m - T_{out}}{I} \right)^2 \quad (2)$$

که در رابطه فوق،  $\eta$  بازده کل جمع‌کننده،  $U_1$  ضریب تلفات حرارتی جمع‌کننده غیر وابسته به دما (W/m<sup>2</sup>°C)،  $U_2$  ضریب تلفات حرارتی جمع‌کننده وابسته به دما (W/m<sup>2</sup>°C)،  $T_m$  میانگین دمای سیال در جمع‌کننده (°C)،  $T_{out}$  دمای محیط (°C)،  $I$  مقدار تابش خورشید روی جمع‌کننده (W/m<sup>2</sup>)، و  $K(\theta)$  ضریب اصلاح کننده زاویه تابش است. مقادیر  $T_m$  (میانگین دمای سیال) و  $K(\theta)$  (ضریب اصلاح کننده زاویه تابش) به ترتیب از طریق روابط زیر محاسبه شدند (Ogueke et al, 2009):

$$T_m = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (3)$$



$$K(\theta) = 1 + b_0 \left( \frac{1}{\cos \theta} - 1 \right) \quad (4)$$

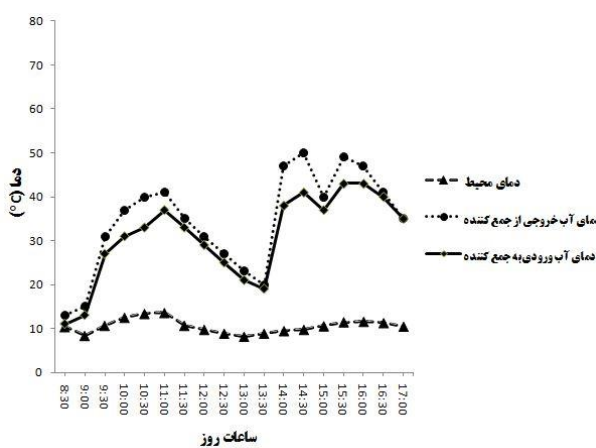
که در آن  $T_1$  دمای آب خروجی از جمع‌کننده ( $^{\circ}\text{C}$ )،  $T_2$  دمای آب ورودی به جمع‌کننده ( $^{\circ}\text{C}$ )،  $b_0$  ضریب ثابت اصلاح‌کننده (بر اساس پیشنهاد شرکت سازنده ۰/۲۷۸) و  $\theta$  زاویه قرارگیری جمع‌کننده می‌باشد که با توجه به عرض جغرافیایی شهر کرج ۳۵ درجه انتخاب شد. توان دریافتی جمع‌کننده به کمک رابطه زیر محاسبه شد (Ogueke et al, 2009):

$$Q_{\text{collector}} = \eta \cdot A_{\text{collector}} \cdot I \quad (3)$$

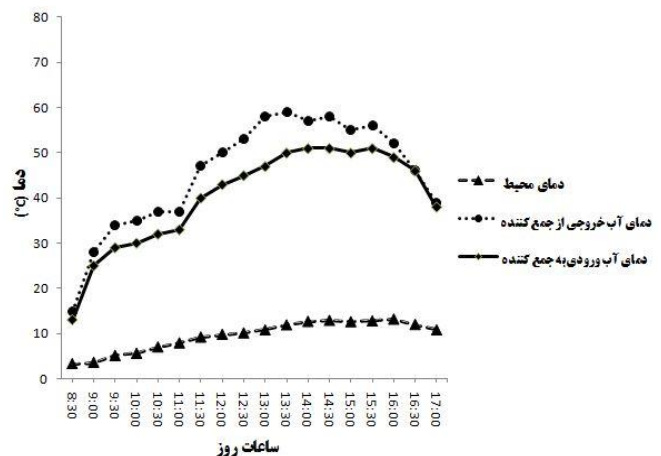
که در این رابطه  $A_{\text{collector}}$  برابر کل سطح جمع‌کننده نصب شده ( $\text{m}^2$ ) و  $Q_{\text{collector}}$  توان دریافتی ( $W$ ) است. دمای آب ورودی به جمع‌کننده و خروجی از جمع‌کننده توسط دماسنج تعبیه شده در ایستگاه خورشیدی در فواصل زمانی ۳۰ دقیقه‌ای قرائت شدند.

### نتایج و بحث

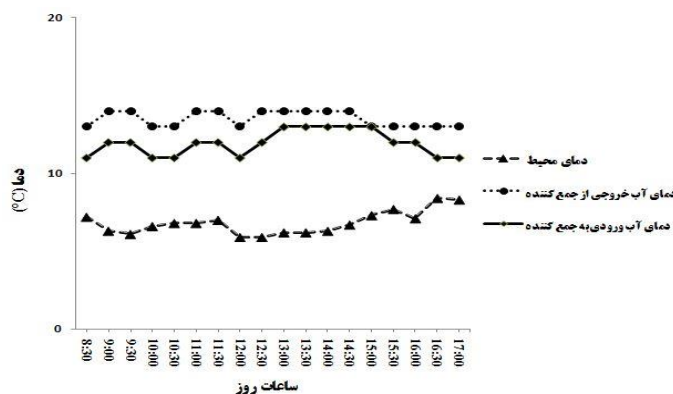
روند تغییرات دما برای هر سه شرایط آب و هوایی آفتابی، نیمه ابری و ابری و بارانی در شکل ۲، شکل ۳ و شکل ۴ نشان داده شده است:



شکل ۳: تغییرات دما برای یک روز نیمه ابری



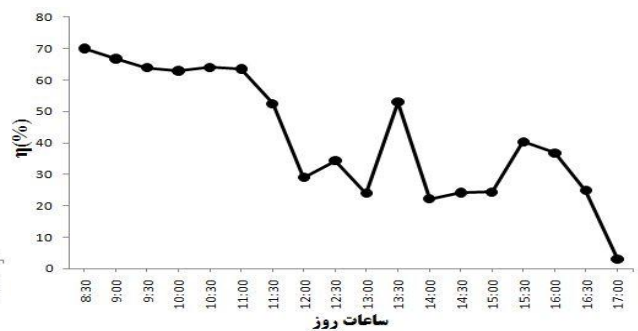
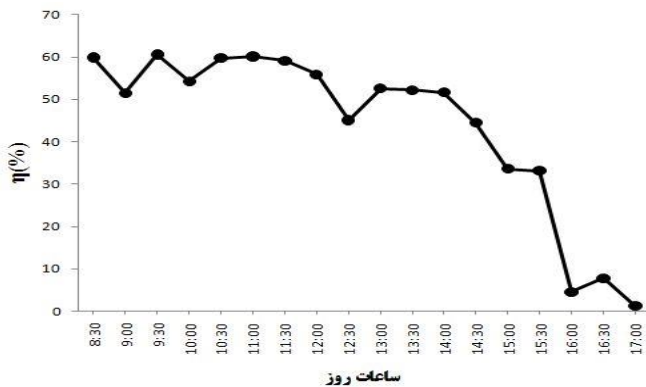
شکل ۲: تغییرات دما برای یک روز آفتابی



شکل ۴: تغییرات دما برای یک روز ابری و بارانی

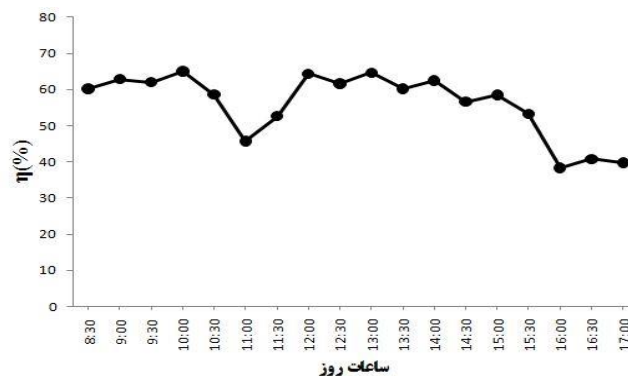


داده‌برداری به مدت ۵ روز به صورت دوره‌ی ۵ روزه برای هر یک از شرایط آب و هوایی آفتابی، نیمه ابری و ابری-بارانی صورت گرفت، دمای آب ورودی و خروجی از جمع‌کننده و دمای محیط یادداشت شد. آزمایش‌ها هر روز از ساعت ۸:۳۰ صبح الی غروب آفتاب صورت گرفت. میانگین مقدار تابش خورشید بر روی جمع‌کننده در این مدت برابر با ۴۰۰ وات بر مترمربع بود، که از داده‌های مربوط به سازمان هواشناسی استان البرز جمع‌آوری شد. با توجه به داده‌های آزمایش، میانگین دما در ۱۵ روز آزمایش برابر  $9/5^{\circ}\text{C}$ ، میانگین بیشینه‌ی دما برای سطح جمع‌کننده برابر  $43^{\circ}\text{C}$ ، میانگین بیشینه‌ی دما برای آب خروجی از جمع‌کننده برابر  $37/1^{\circ}\text{C}$  و میانگین آب ورودی به جمع‌کننده برابر با  $32/81^{\circ}\text{C}$  بود، که در این میان بالاترین دمای آب خروجی از جمع‌کننده برابر با  $78^{\circ}\text{C}$  در ظهر آفتابی یک روز صاف و پایین‌ترین دمای آب خروجی از جمع‌کننده  $14^{\circ}\text{C}$  در ظهر آفتابی یک روز ابری و بارانی مشاهده شد. به کمک روابط ۱ تا ۴ مقادیر بازده حرارتی برای هر یک از شرایط آب و هوایی محاسبه شدند. حداکثر میزان بازدهی زمانی رخ می‌دهد که دمای محیط برابر میانگین دمای آب گرم خروجی و ورودی باشد، در حقیقت تلفات حرارتی برابر صفر باشد (ایده‌آل). بر اساس رابطه (۲) به طور کلی هر چه میزان تابش بیشتر باشد نتیجتاً تلفات بیشتر و بازدهی کمتر می‌شود (میرزایی قلعه و همکاران ۱۳۹۲). یعنی در ابتدای روز به دلیل پایین بودن میزان تابش میزان بازدهی بیشتر بوده و رفته رفته با افزایش میزان تابش مقدار بازدهی کمتر می‌شود که کاملاً در شکل‌های مربوط به بازده مشخص است. در شکل‌های ۵-۷ بازده جمع‌کننده‌ی خورشیدی در هر یک از شرایط نشان داده شده است:



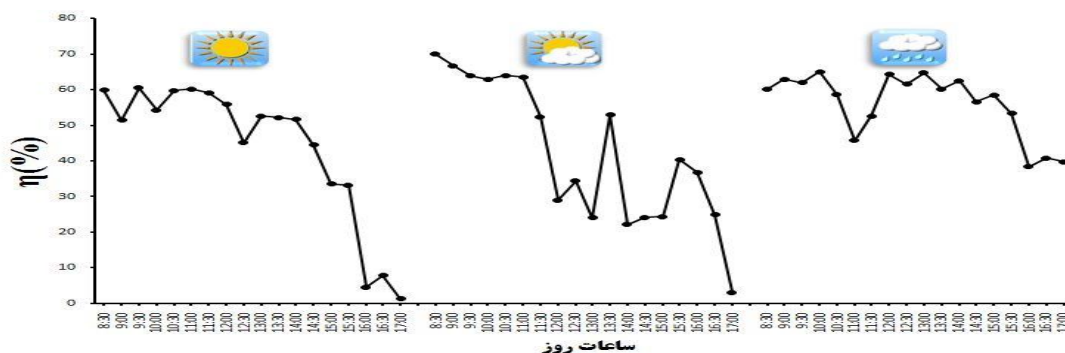
شکل ۶: بازده حرارتی جمع‌کننده در یک روز نیمه ابری

شکل ۵: بازده حرارتی جمع‌کننده در یک روز آفتابی



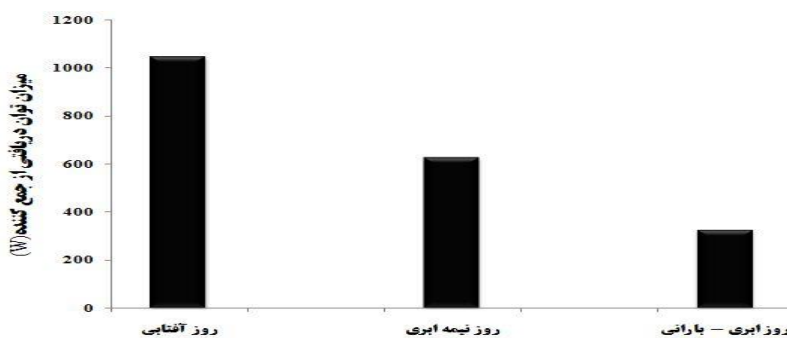
شکل ۷: بازده حرارتی جمع‌کننده در یک روز ابری-بارانی

در شکل ۸ بازده حرارتی به صورت مقایسه‌ای نشان داده شده است:



شکل ۸: بازدهی حرارتی سامانه خورشیدی در سه شرایط آب و هوایی

با توجه به شکل‌های ۷-۵ مشخص است که کمترین بازدهی در ظهر آفتابی یک روز صاف و آفتابی برابر با ۵۱/۶۶ درصد، در ظهر آفتابی یک روز نیمه ابری برابر ۵۳٪ و در ظهر آفتابی یک روز ابری- بارانی برابر ۶۱/۶۱ درصد می‌باشد. نتایج مشابهی در مورد روند تغییرات بازدهی جمع‌کننده خورشیدی در طول روز توسط میرزایی قلعه (میرزایی قلعه و همکاران ۱۳۹۲)، و بادسکو (Badescu, 2007) گزارش شده است. به کمک رابطه‌ی (۵) میزان توان دریافتی از سامانه محاسبه شد. مقادیر میزان توان دریافتی برای سه روز آزمایش در شکل ۹ نشان داده شده است.



شکل ۹: میزان توان دریافتی برای سه روز آفتابی، نیمه ابری، ابری- بارانی

بر اساس نتایج بیشترین میزان توان دریافتی از سامانه برای یک روز آفتابی برابر ۱۰۴۶/۵ (W)، برای یک روز نیمه ابری برابر ۶۲۶/۵ (W) و برای یک روز ابری- بارانی برابر ۳۲۶/۵ (W) به دست آمد.

### نتیجه‌گیری

- ۱- کمترین بازده حرارتی جمع‌کننده برای شرایط آب و هوای آفتابی برابر ۵۱/۶۶ درصد و بیشترین میزان بازده برای شرایط آب و هوای ابری- بارانی ۶۱/۶۱ درصد بدست آمد.
- ۲- بیشترین توان دریافتی از سامانه برای یک روز آفتابی برابر ۱۰۴۶/۵ وات و پایین‌ترین میزان توان دریافتی از سامانه برای یک روز ابری- بارانی برابر ۳۲۶/۵ وات گزارش شد.

### منابع و مآخذ

تبریزی، ف. مقدم دیمه، ح. ۱۳۸۷. بهینه‌سازی زاویه جمع‌کننده‌های خورشیدی مسطح برای دریافت بیشینه انرژی. دوازدهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران.



حاج سقطی، الف. ۱۳۹۰. اصول و کاربرد انرژی خورشیدی. تهران: مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.  
خوش اخلاق، ر.، شریفی، ع.، کوچکزاده، م. ۱۳۸۴. ارزیابی اقتصادی استفاده از انرژی خورشیدی در مقایسه با نیروگاه دیزلی. فصل‌نامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۲۴: ۱۷۱-۱۹۲.  
سرحدی، ف.، فراهت، س.، عجم، ح. ۱۳۸۴. بهینه‌سازی گردآورنده‌های خورشیدی صفحه تخت با مفهوم اکسرژی. سیزدهمین کنفرانس سالانه بین‌المللی مهندسی مکانیک دانشگاه اصفهان.  
مرادی، م.، زمردیان، ع.، اشرفی، ح. ۱۳۸۸. ارزیابی بازده گرمایی جمع‌کننده خورشیدی تخت در چهار دبی متفاوت هوای عبوری از آن. هفدهمین کنفرانس سالانه بین‌المللی مهندسی مکانیک دانشگاه تهران.  
میرقربانی گنجی، س. ۱۳۹۲. استفاده بهینه از انرژی خورشیدی. ماهنامه پیشگامان ساختمان. ۶۱: ۴۲.  
میرزائی قلعه، الف. ۱۳۹۲. توسعه یک سامانه هوشمند خورشیدی مبتنی بر کنترل کننده منطق فازی جهت گرمایش آشیانه پرورش طیور مدل. رساله دکتری، دانشگاه تهران.  
میرزایی قلعه، الف. امید، م.، کیهانی، ع.، بهزادی پور، س. ۱۳۹۳. استفاده از انرژی خورشیدی در گرمایش سالن مرغداری. پنجمین کنفرانس بین‌المللی گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع.

- Alamdari N, P., Nematollahi, O., Alemrajabi, A. 2013. Solar energy potentials in Iran: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. vol 21: 778–788.
- Atabi, F. 2004. Renewable energy in Iran: Challenges and opportunities for sustainable development. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1(1): 69-80.
- Badescu, V. 2007. Optimal control of flow in solar collectors for maximum exergy extraction. *International Journal of Heat and Mass Transfer* vol 50: 4311–4322.
- Chen, Z., Furbo, S., Perers, B., Fan, J., Andersen, E. 2012. Efficiencies of flat plate solar collectors at different flow rates. *Energy Procedia*. vol 30: 65–72.
- Hamed, M., Fellah, A., Ben Brahim, A. 2014. Parametric sensitivity studies on the performance of a flat plate solar collector in transient behavior. *Energy Conversion and Management*. vol 78: 938–947.
- Hin, C., Jason, Ng., Zmeureanu, R. 2014. Optimization of a residential solar combisystem for minimum life cycle cost, energy use and exergy destroyed. *Solar Energy*, vol 100: 102-113.
- Ogueke, N. V., Anyanwu, E. E., Ekechukwu, O. V. 2009. A review of solar water heating systems. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 1, 043106.
- Yadav, A., Chandel, S.S. 2013. Tilt angle optimization to maximize incident solar radiation: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. vol 23: 503–513.





نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



## Evaluating the power and efficiency of flat plate solar collector in various weather conditions

### Abstract

Renewable energy has important advantages compared to fossil energy. It produces minor or no pollutant gases emission. Unlike fossil fuels, renewable energy sources are not limited and are available in all countries in various forms. The availability of renewable energy and solar power is that it can be used in a different form. In this study, received the power and efficiency of flat plate solar collector on the weather sunny, cloudy and overcast rainy examined. Based on the results, the flat plate collector was most efficient on a cloudy rainy day (with an efficiency 61.61%) and had the lowest yield on a sunny day (with an efficiency of %51.66), While the maximum amount of power from the system for a sunny day was 1046.5 W and the lowest power out from the system for a rainy cloudy day was 326.5W.

**Keywords:** Renewable Energy; Flat Plate Solar Collector; Solar Power; Efficiency