Improve the Therminal Performance of Air Flat- plate Solar Collector by using Phase Change Materials

Dr. Rami George *
Nour Ibrahim**

(Received 21 / 12 / 2022. Accepted 19 / 2 / 2023)

□ ABSTRACT □

The research aims to study the possibility of experimentally improving the thermal performance of the air flat- plate solar collector by adding a phase change material and comparing it with the performance of a conventional air flat- plate solar collector under the same climatic conditions in the city of Safita for the year 2021-2022.

The experimental results showed that the use of the phase change material (paraffin wax) in the air collector to an improvement the thermal performance of the collector and thus increased the amount of useful heat dissipated, which increases with the increase in the amount of paraffin wax, where the percentage of increase in the amount of heat dissipated was 62.5% when using 4.5 [Kg] of paraffin wax, and when using 3 [kg] of paraffin wax, the rate of increase in the amount of heat was 26.8%, while it recorded 18.4% when supplying the collector with 1.5 [kg] of paraffin wax, In addition The use of the phase change material increased the working hours of the air collector compared to the conventional one.

As for changing the flow and its effect on the performance of the air collector, the results showed that reducing the flow of one of the collectors by half leads to an increase in the temperature of the air exiting the collector compared to the temperature of the air exiting the other collector at the reference flow, noting that both collectors are equipped with 1.5 [kg] of paraffin wax, where the rate of increase in temperature was 10.4% .

Keywords:. Phase change material, air flat- plate collector, paraffin wax, heat storage, Change the flow

* **Professor - Department of Mechanical Engineering - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Tishreen University - Lattakia – Syria- email: dr.ramigeorge@gmail.com**

** **Postgraduate Student (Master) - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Tishreen University – Lattakia- Syria- email: nour.yahya.ibrahem92@gmail.com**

تحسين الأداء الحراري للاقط الشمسي الهوائي باستخدام المواد متغيرة الطور

د. رامي جورج*

نور ابراهيم**

(تاريخ الإيداع 21 / 12 / 2022. قُبِل للنشر في 19/ 2 / 2023)

□ ملخّص □

يهدف البحث الى دراسة إمكانية تحسين الأداء الحراري للاقط الهوائي تجريبياً عن طريق إضافة المادة متغيرة الطور phase change materialومقارنته مع أداء لاقط هوائي تقليدي , ودراسة تأثير تغيير بعض البارامترات على أداء اللاقط عند نفس الظروف المناخية لمدينة صافيتا لعام 2022-2021 .

أظهرت النتائج التجريبية أن استخدام المادة متغيرة الطور (شمع البارافين) في اللاقط الهوائي أدى إلى تحسين الأداء الحراري للاقط , وبالتالي زيادة كمية الحراة المفيدة المطروحة والتي تزداد مع زيادة كمية شمع البارافين ، حيثُ كانت نسبة الزيادة في كمية الحرارة المطروحة % 62.5عند استخدام [Kg]4.5 من شمع البارافين ، وعند استخدام [kg]3 من شمع البارافين كانت نسبة الزيادة في كمية الحرارة % 26.8 بينما سجلت 18.4% عند تزويد اللاقط [kg]1.5 من شمع البارافين ، كما وحقق استخدام المادة متغيرة الطور زيادة في ساعات عمل اللاقط الهوائي مقارنة باللاقط التقليدي .

أما تغيير التدفق وتأثيره على أداء اللاقط الهوائي، فبينت النتائج أن تخفيض تدفق أحد اللاقطين إلى النصف يؤدي إلى زيادة درجة حرارة الهواء الخارج من اللاقط مقارنة مع درجة حرارة الهواء الخارج من اللاقط الأخر عند التدفق المرجعي ,علماً أن كلا اللاقطين مزود ب [kg]1.5 من شمع البارافين حيث كانت نسبة الزيادة في درجة الحرارة 10.4%.

الكلمات المفتاحية : مواد متغيرة الطور – شمع البارافين – تخزين الطاقة الحرارية – اللواقط الهوائية– تغيير التدفق

* **أستاذ – قسم هندسة القوى الميكانيكية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين – اللاذقية –سورية.**
dr.ramigeorge@gmail.com

** **طالبة دراسات عليا (ماجستير) – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.**
nour.yahya.ibrahem92@gmail.com

مقدمه:

لقد أصبح واضحاً خلال السّنوات الأخيرة أنّ الاستهلاك المتزايد لمصادر الطّاقة التّقليديّة على الصعيد العالمي سيؤدي لنضوب هذه المصادر, إضافة للتلوث الجوي والبيئي وتفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري ، وقد قدرت الدراسات العالمية أن اتباع السياسات الحالية في دول الاتحاد الأوروبي ودول الشرق الأوسط والشمال الأفريقي سوف يؤدي إلى تزايد انبعاثات غاز ثاني أكسيد كربون لتصل إلى2000 طن سنوياً عام 2050 الأمر الذي سينجم عنه عواقب وخيمة في التغيرات المناخية، وارتفاع درجة حرارة باطن الأرض، في المقابل فإن تغيير السياسات بإدخال الطاقة المتجددة وخاصة الشمسية سيسهم في خفض الانبعاثات بنسبة 40% لتصل إلى نحو 475 طن سنوياً عام 2050. [1]

وبناءاُ على التوجه العالمي باستثمار الطاقات المتجددة ولاسيما طاقة الاشعاع الشمسي كان لابد من اجراء العديد من الدراسات حول كيفية تحقيق الاستفادة العظمى من حرارة الاشعاع الشمسي ,وتحسين كفاءة معظم التطبيقات العاملة عل الطاقة الشمسية.

واحدة من اهم الوسائل التي تساعد على تحزين طاقة الشمس (على شكل حرارة) للاستفادة منها خلال ساعات غياب الاشعاع الشمسي هي الموادة متغيرة الطور وهي الوسيلة المستخدمة في هذا البحث في واحدة من اهم تطبيقات الطاقة الشمسية وهي اللالقط الهوائي المسطح .

أجريت الكثير من الدراسات االنظرية والتجريبية بهدف تحسين الأداء الحراري للعديد من تطبيقات الطاقة الشمسية عن طريق إضافة مواد متغيرة الطور, فالبعض اعتمد المنهج التجريبي حيث قاموا بإضافة مادة متغيرة الطور مستقرة الشكل SSPCM للمقطر الشمسي ومقارنته مع آخر تقليدي لتحليل تأثير درجة حرارة الانصهار والإيصالية الحرارية لهذه المادة على أداء المقطرات.

فبينت النتائج زيادة الإنتاجية اليومية للمقطرات الشمسية بوجود المادة متغيرة الطور حوالي 43.3% بالمقارنة مع المقطرات التقليدية. [2]

وكما درس بعض الباحثين تجريبياً تأثير المواد متغيرة الطور على أداء نموذجين مختلفين من المداخن الشمسية المختبرية من ناحية خلق بيئة داخلية صحية على مدار اليوم فبينت النتائج أنَ استخدام المواد المتغيرة الطور يؤمن عطالة حرارية ,ويوفر تهوية لمدة ست ساعات بعد حدوث عملية الشحن . [3]

وقام آخرون بدراسة السلوك الحراري لبركة شمسية صغيرة ذات تدرج في تركيز الملح تتعرض لمحاكاة شمسية ,ثم اجراء مقارنة مع بركة بنفس الشكل والأبعاد لكن مع مادة متغيرة الطور فبينت الدراسة انه بسبب عمليات الشحن والتفريغ للمادة المتغيرة الطور تستمر درجة الحرارة بالزيادة حتى تبلغ 37°C، وبعد عشر ساعات من زوال التسخين تنخفض درجة الحرارة لحوالي 35°C ,وبالمقارنة مع نموذج البركة التقليدي نجد أنّ درجة الحرارة تبقى اعلى بحوالي 5°C . [4]

والبعض منهم عمل على اضافة كبسولات حبيبية مغلفة تحوي على المادة متغيرة الطور لجدار ترومب الخازن للحرارة بهدف تأمين شروط الراحة الحرارية ,وتقليل الضياع الحراري ومقارنته مع جدار ترومب التقليدي معتمدين التحليل العددي, فأظهرت النتائج أن اضافة المادة متغيرة الطور للجدار الخازن يؤمن زيادة متوسط درجة حرارة الغرفة حوالي 20.2% ليلا بالمقارنة مع جدار ترومب التقليدي .[5]

كما وهدفت أبحاث آخرى إلى خفض الزمن اللازم للتجفيف في المجففات الشمسية عن طريق اضافة مواد متغيرة الطور تحت ظروف الحمل الطبيعي والقسري. [6] وبعضها لتحسين كفاءة الالواح الكهرضوئية ,وتقليل الضياعات عن طريق

إضافة المواد متغيرة الطور [7]، ودراسات آخرى عملت على اختبار الأداء الحراري لجدارضمن غرفة في فصل الشتاء بعد إضافة المادة متغيرة الطور [8]، ومنها درس تإثير الاسقف المزججة المملوءة بالمواد متغيرة الطور على الكتلة الحرارية للغرفة.[9] وبعضها هدف لتحسين أداء أنظمة تسخين المياه , والتغلب على تقلبات الاشعاع الشمسي عن طريق اضافة المواد متغيرة الطور.[10]

أهمية البحث وأهدافه :

تكمن أهمية البحث بزيادة فترة عمل اللاقط الهوائي المسطح خلال فترات غياب الإشعاع الشمسي ,وتخزين كميات أكبر من الحرارة بحجم أقل عن طريق إضافة مادة متغيرة الطور الى اللاقط الهوائي بغية تحسين الأداء الحراري للاقط ,ودراسة تأثير تغيير كمية المادة متغيرة الطور على أدائه ومقارنته مع أداء اللاقط التقليدي .

طرائق البحث ومواده :

تم الاعتماد على المنهج التجريبي للحصول على النتائج في هذا البحث ، لذا قمنا بتصنيع لاقطين هوائيين عبارة عن صندوقين مصنوعين من الفيبر أبعادهما$[Cm]$ (100,50,10) كما في الشكل (1) مجهزين بأربع ثقوب تسمح بدخول الهواء أما مخرجهما عبارة عن ثقب مزود بمروحة لسحب الهواء الساخن, ومزودة بميزان حراري الكتروني لقياس درجة حرارة الهواء الخارج من اللاقط إضافة لميزان الكتروني اخر يقيس درجة حرارة الهواء الخارجي الشكل(3) أما سرعة الهواء فتم قياسها بواسطة جهاز مبين بالشكل (2)، يغطى الصندوق من الأعلى بلوح زجاجي يسمح بنفاذ الاشعاع الشمسي كما ويعزل من الداخل (الجوانب والقاعدة) بطبقة من الستيروبور بسماكة قدرها $[Cm]$ 2 ,بالإضافة لصفيحة ماصة من الصاج المطلي باللون الأسود بسماكة $[mm]$ 2 تتوضع في القاعدة حيث تم تزويد أحد اللاقطين بكميات مختلفة من مادة متغيرة الطور (مادة البارافين ذو درجة حرارة التغير الطوري [℃] 58), تم وضع المادة ضمن عبوات معدنية مصنوعة من الصاج الرقيق ابعادها$[Cm]$ (30×40) وملأت كل عبوة ب$[Kg]$ 1.5 من شمع البارافين كما هو مبين في الشكل (4).

تم وضع اللاقطين بشكل مائل عن الأفق بزاوية تساوي °36 باتجاه الجنوب الجغرافي ,وتمت الدراسة في حالة الجريان القسري تحت نفس الظروف المناخية لمنطقة صافيتا بريف طرطوس وتمت الدراسة من الساعة العاشرة صياحاً وحتى الثامنة مساءاً.

الشكل (1) اللاقطين الهوائيين المصنعين أحدهما مع مادة متغيرة الطور والأخر بدونها

الشكل (3) موازين الحرارة

الشكل(4) العبوات المعدنية الحاوية على شمع البارافين

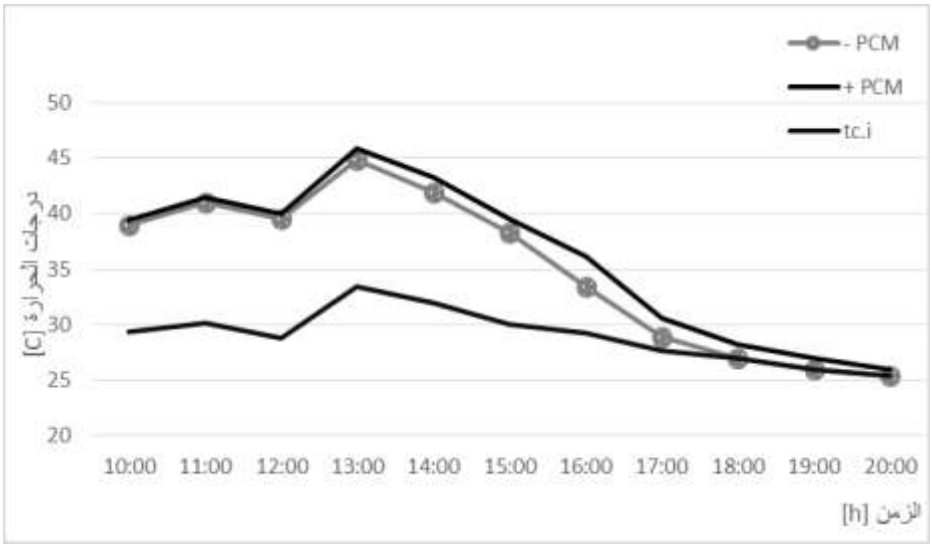
الشكل (2) مقياس سرعة الهواء

النتائج والمناقشة :

1- دراسة تأثير تغيير كمية المادة متغيرة الطور على أداء اللاقط الهوائي :

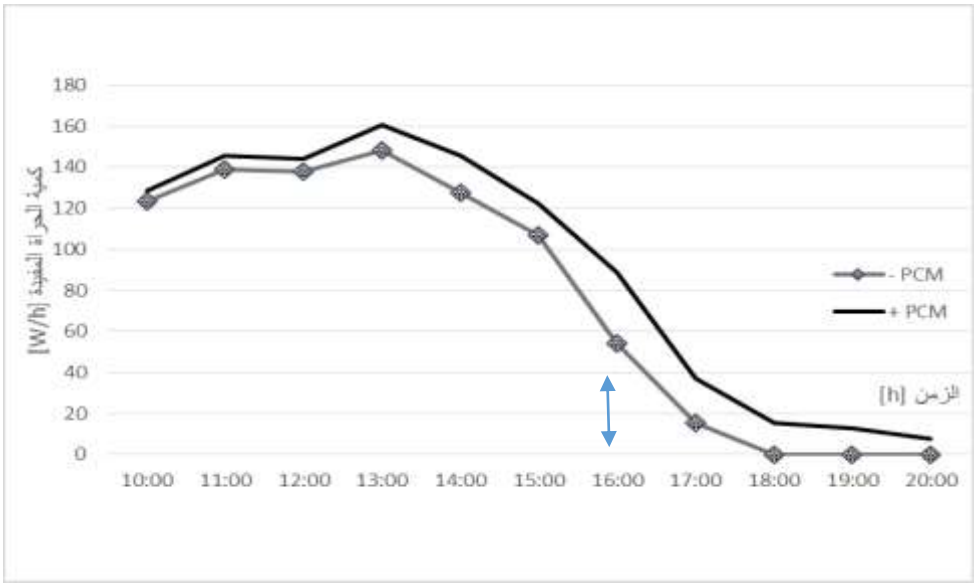
1-1 دراسة تأثير إضافة [kg] 1.5 من شمع البارافين على أداء اللاقط :

- تمت إضافة [Kg] 1.5 من شمع البارافين لأحد اللاقطين دون الأخر خلال أيام مختلفة من شهر نيسان فكانت أفضل النتائج في يوم 14/4/2022 حيث كان الطقس صافي كما يبين الشكل (5) تقارب في درجات الحرارة صباحاً مع وجود تأثير لوجود الغيوم بعد الظهر ، حيث يسجل أكبر فرق في درجة حرارة الهواء الخارج من اللاقطين 2.7 ℃ عند الساعة الرابعة بعد الظهر، ونلاحظ تطابق قيم درجة حراة الهواء الخارج من اللاقط التقليدي ودرجة الحرارة الخارجية عند الساعة السادسة مساءاً أما نسبة الزيادة في درجة الحرارة سجلت 3.2% .



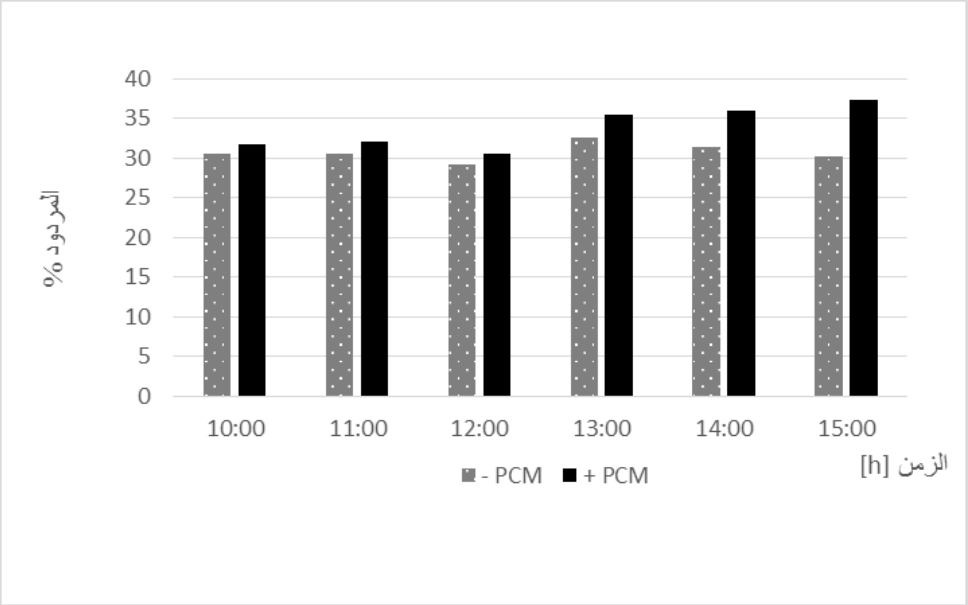
الشكل (5) يبين تغير درجات حرارة الهواء الخارج من اللاقط مع$[Kg]$ 1.5 من شمع البارافين وبدونه بالنسبة لدرجة حرارة الهواء الخارجي

- كما يبين الشكل (6) أن كميات الحرارة المطروحة من اللاقط المزود بشمع البارافين تسجل قيم أعلى من تلك التي يطرحها اللاقط التقليدي ، وذلك يعود لعمليات الشحن والتفريغ التي يقوم بها شمع البارافين حيث يمتص الطاقة الحرارية ويخزنها على شكل طاقة كامنة(خلال الانصهار) ، وعندما تبدأ درجة الحرارة الخارجية بالانخفاض تبدأ عملية التفريغ (يبدأ شمع البارافين بالتصلب التدريجي)حيث يتم طرح الحرارة حتى الساعة الثامنة مساءاً بينما يتوقف اللاقط التقليدي عند الساعة الخامسة ويسجل أكبر فرق في كميات الحرارة المطروحة $[W/h]$ 34 بينما تبلغ نسبة الزيادة في كمية الحرارة 18.4%.



الشكل (6) يبين كمية الحرارة المفيدة التي يطرحها اللاقط ساعيا مع $[Kg]$ 1.5 من شمع البارافين وبدونه

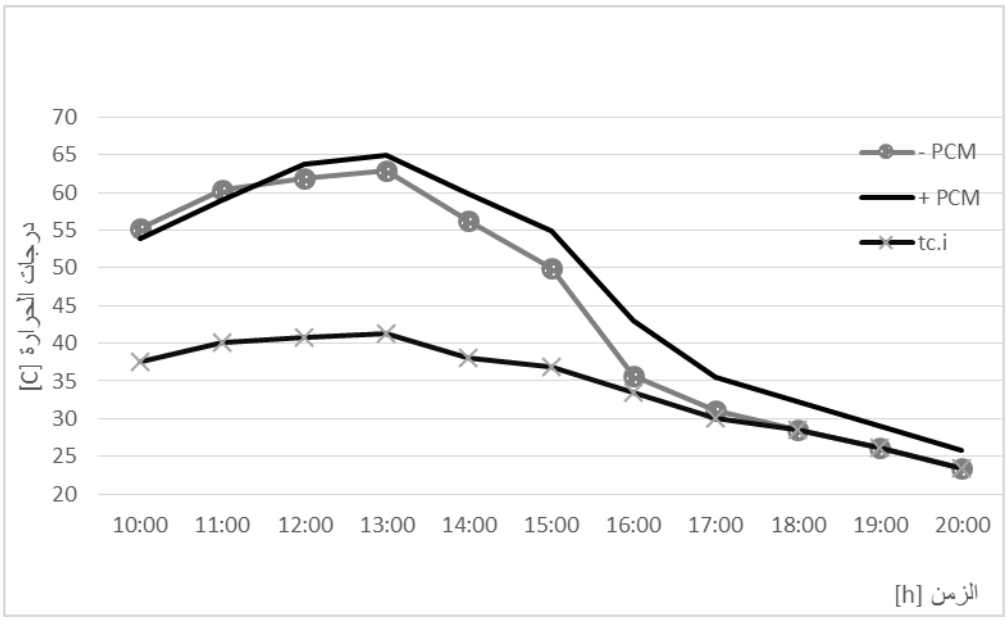
- كما يبين الشكل (7) أن مردود اللاقط التقليدي يبلغ قيمة أعظمية عند الساعة الواحدة ظهراً 32.5% وبعدها يعاود التناقص بينما يستمر مردود اللاقط المزود بشمع البارافين بالتزايد ويسجل قيمة أعظمية عن الساعة الثالثة 37.2% وبذلك تكون نسبة الزيادة في المردود لغاية الساعة الثالثة بعد الظهر 8.6% .



الشكل (7) يبين مردود اللاقط المزود ب $[Kg]$ 1.5 من شمع البارافين ومردود اللاقط التقليدي

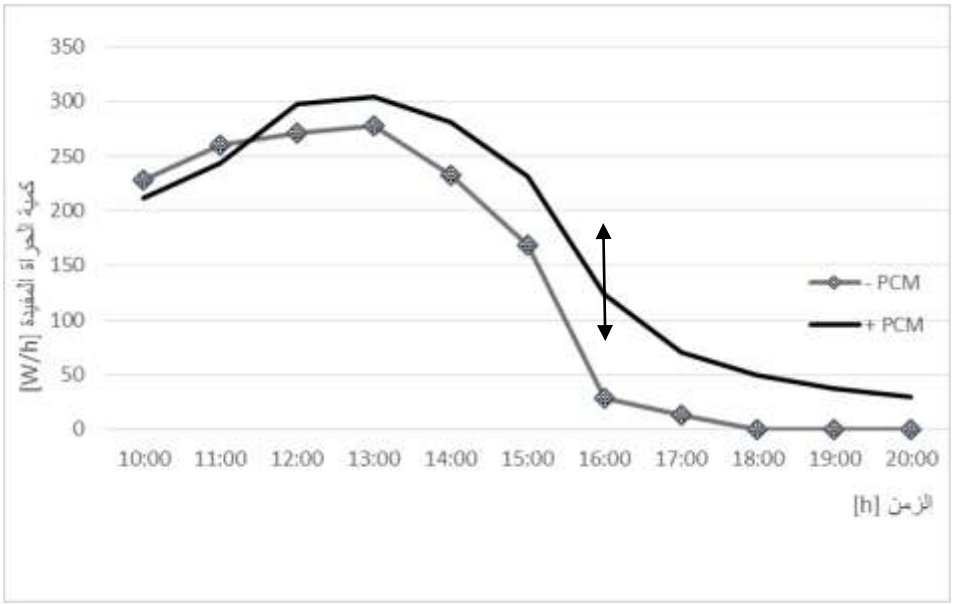
2-1 دراسة تأثير إضافة [kg] 3 من شمع البارافين على أداء اللاقط :

- قمنا بزيادة كمية شمع البارافين لتصل الى [kg]3 وأعدنا التجربة بأيام مختلفة من شهر حزيران وكانت أفضل النتائج خلال يوم 10/6/2022 حيث كان الطقس صافي وكما في الشكل (8) نلاحظ درجة حرارة الهواء الخارج من اللاقط التقليدي أعلى من درجة الهواء الخارج من اللاقط المزود بشمع البارافين حتى الساعة الثانية عشر ظهراً ,ثم تبدأ تسجل درجة حرارة الهواء الخارج من اللاقط المزود بشمع البارافين قيم أعلى من السابقة حيث يسخن الهواء بواسطة الحراة المحسوسة التي يطرحها شمع البارافين حتى تبدأ درجة الحراة الخارجية بالانخفاض ويأخذ شمع البارافين بتغيير طوره من الحالة السائلة للصلبة تدريجياً ,فيطرح الحرارة الكامنة المختزنة ويسجل أكبر فرق في درجة حرارة الهواء الخارج من اللاقطين 7.4 ℃عند الساعة الرابعة بعد الظهر بينما تبلغ نسبة الزيادة في درجة الحرارة 6.2% .



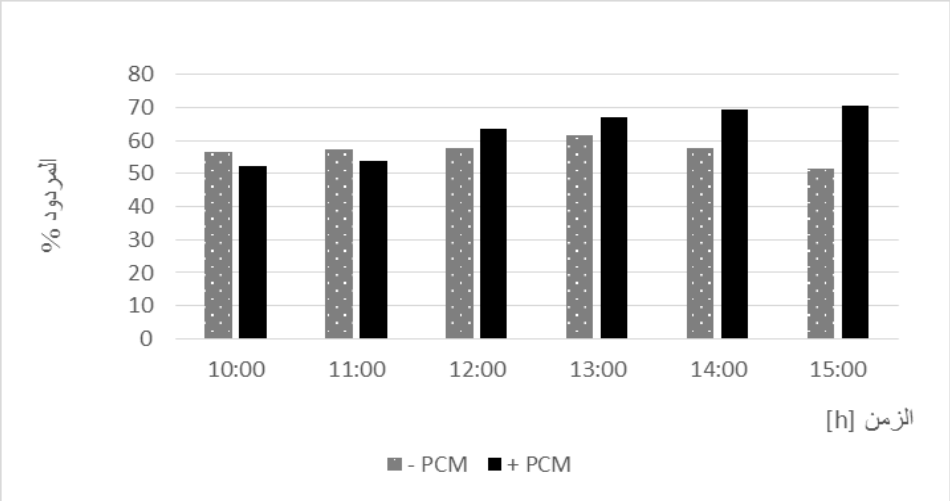
الشكل (8) يبين تغير درجات حرارة الهواء الخارج من اللاقط مع [Kg] 3 من شمع البارافين وبدون بالنسبة لدرجة حرارة الهواء الخارجي

- وكما يوضح الشكل (9) أن اللاقط الحاوي على شمع البارافين يطرح حرارة أقل مقارنة مع اللاقط التقليدي حتى الساعة الثانية عشر ظهراً وذلك يعود لزيادة كمية الحرارة اللازمة لصهر كامل المادة متغيرة الطور وبعد الظهر عندما تبدأ درجة الحرارة الخارجية بالانخفاض تبدأ عملية االتغير الطوري لشمع البارافين فيبدأ بالتصلب التدريجي حيث يستمر بطرح الحرارة حتى الساعة الثامنة مساءاً بينما يتوقف اللاقط التقليدي عن العمل عند الساعة الخامسة ويسجل أكبر فرق في كميات الحرارة المطروحة ساعياً [W/h] 95 أما نسبة الزيادة في كمية الحراة المفيدة فتسجل % 26.6 .



الشكل (9) يبين كمية الحرارة المفيدة التي يطرحها اللاقط ساعيا مع [kg]3من شمع البارافين وبدونه

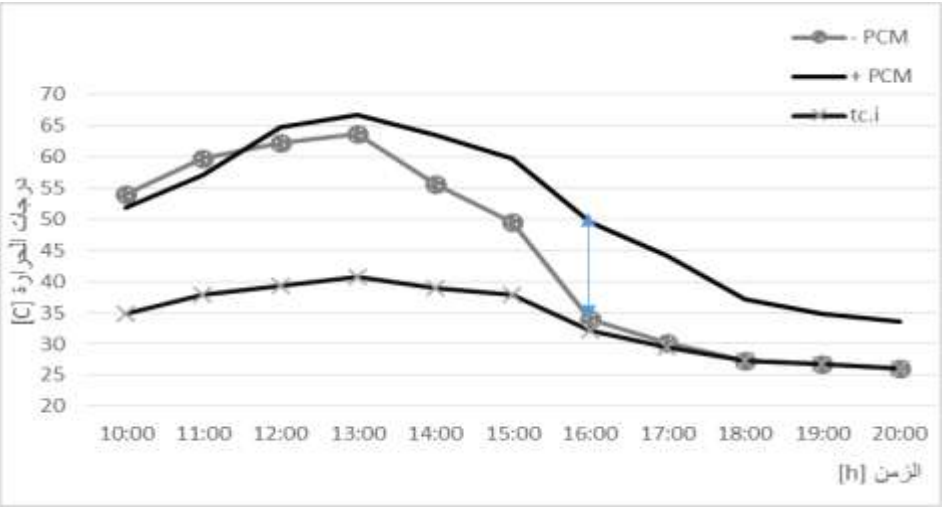
- أما بالنسبة للمردود فكما يبين الشكل (10) أن مردود اللاقط التقليدي يبلغ قيمة أعظمية عند الساعة الواحدة ظهراً 61% وبعدها يعاود التناقص بينما يستمر مردود اللاقط المزود بشمع البارافين بالتزايد ويسجل قيمة أعظمية عن الساعة الثالثة 70% وبذلك تكون نسبة الزيادة في المردود لغاية الساعة الثالثة بعد الظهر 10% .



الشكل (10) يبين مردود اللاقط المزود ب[Kg] 3 من شمع البارافين ومردود اللاقط التقليدي

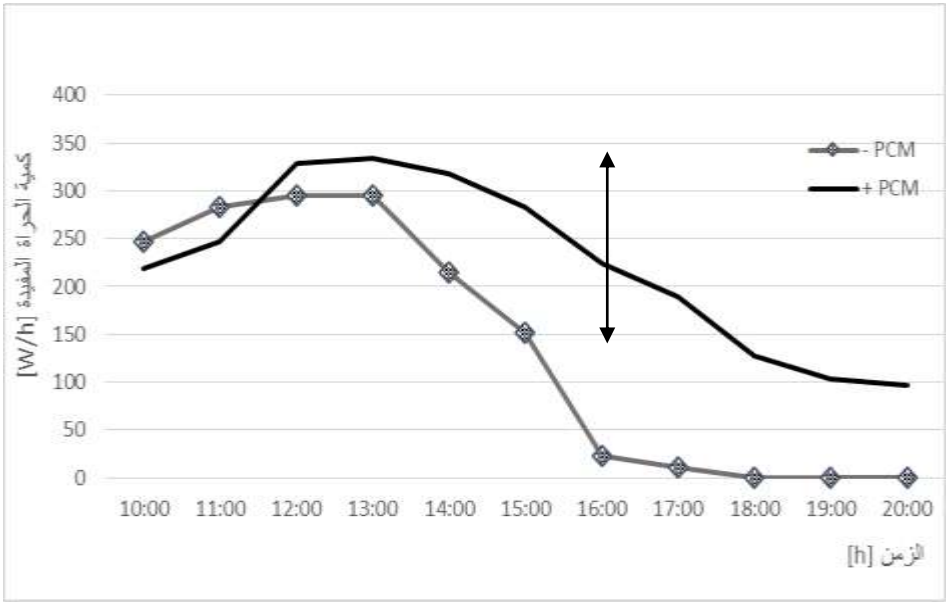
3-1 دراسة تأثير إضافة [kg] 4.5 من شمع البارافين على أداء اللاقط :

- أعدنا التجربة خلال شهر آب مع إضافة [kg] 4.5 من شمع البارافين إلى أحد اللاقطين دون الآخر حيث سجل يوم 12/8/2022 أفضل النتائج ,فكما يبين الشكل (11) تزايد الفرق بعد الظهر بين درجة حرارة الهواء الخارج من اللاقطين التقليدي والآخر المزود بشمع البارافين ,وذلك بسبب عملية التفريغ التي يقوم بها شمع البارافين عند انخفاض درجة الحرارة الخارجية فسجل أعظم فارق بين درجتي حرارة الهواء الخارج من اللاقطين ℃ 15.6 عند الساعة الرابعة بعد الظهر أما نسبة الزيادة في درجة حرارة الهواء الخارج من اللاقطين 12.3%.



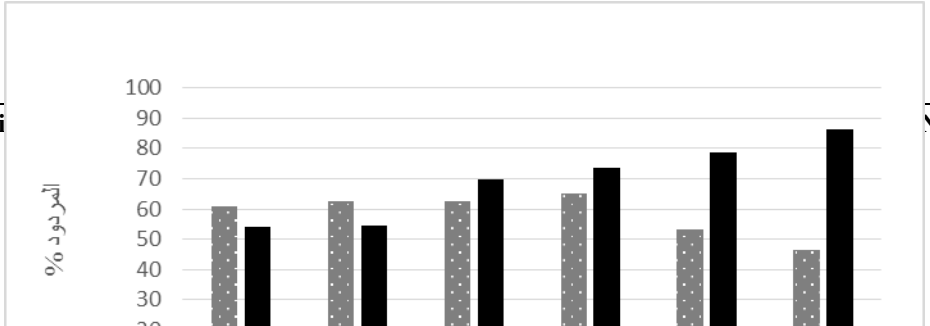
الشكل (11) يبين تغير درجات حرارة الهواء الخارج من اللاقطين مع [kg] 4.5 من شمع البارافين وبدونه بالنسبة لدرجة حرارة الهواء الخارجي

- ونلاحظ من خلال الشكل(12) أن كميات الحراة التي يطرحها اللاقط المزود بشمع البارافين تبدأ بالزيادة بعد الساعة الثانية عشر ظهراً حيث يقوم شمع البارافين صباحاً بامتصاص الحرارة (الانصهار)وتخزينها ليقوم عند انخفاض درجة الحرارة الخارجية عند الساعة الثانية ظهراً بتغيير طوره والتصلب تدريجياً وبذلك يستمر اللاقط في العمل حتى الساعة الثامنة مساءاً بينما تتساوى درجة حرارة الهواء الخارج من اللاقط التقليدي مع درجة الحراة الخارجية في ساعات الليل فيتوقف اللاقط التقليدي عن طرح حرارة عند الساعة الخامسة مساءاً ويتضح أن أكبر فرق في كميات الحرارة المطروحة من اللاقطين $[W/_h]$ 201 أما نسبة الزيادة في كمية الحرارة المفيدة 62.5%.



الشكل (12) يبين كمية الحرارة المفيدة التي يطرحها اللاقط ساعيا مع [kg] 4.5 من شمع البارافين وبدونه

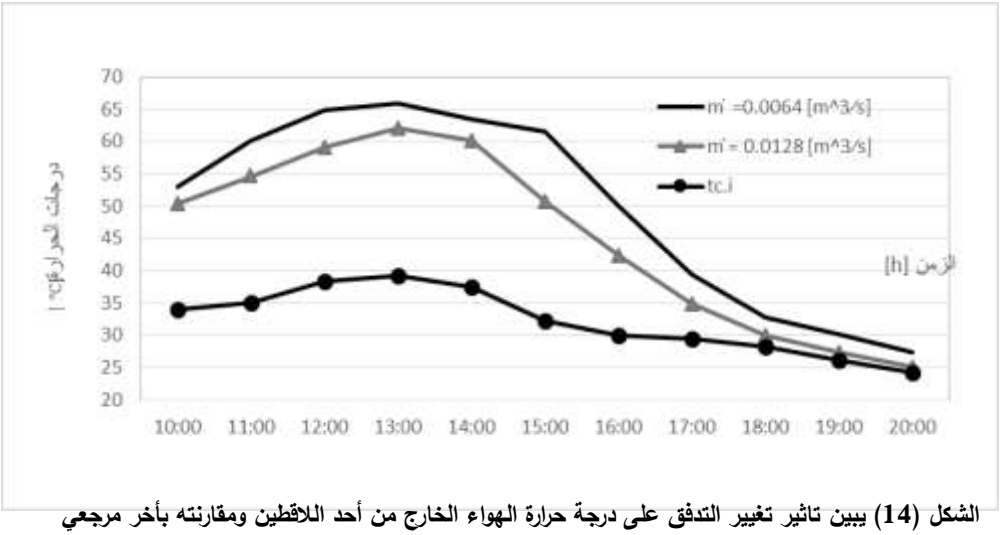
- كما يبين الشكل (13) أن مردود اللاقط المزود بشمع البارافين سجل قيمة أعظمية عن الساعة الثالثة 86% بينما مردود اللاقط التقليدي يبلغ قيمة أعظمية عند الساعة الواحدة ظهراً 64% ,وبعدها يعاود التناقص فتكون نسبة الزيادة في المردود لغاية الساعة الثالثة بعد الظهر 19% .



الشكل (13) يبين مردود اللاقط المزود ب $[Kg]$ 4.5 من شمع البارافين ومردود اللاقط التقليدي

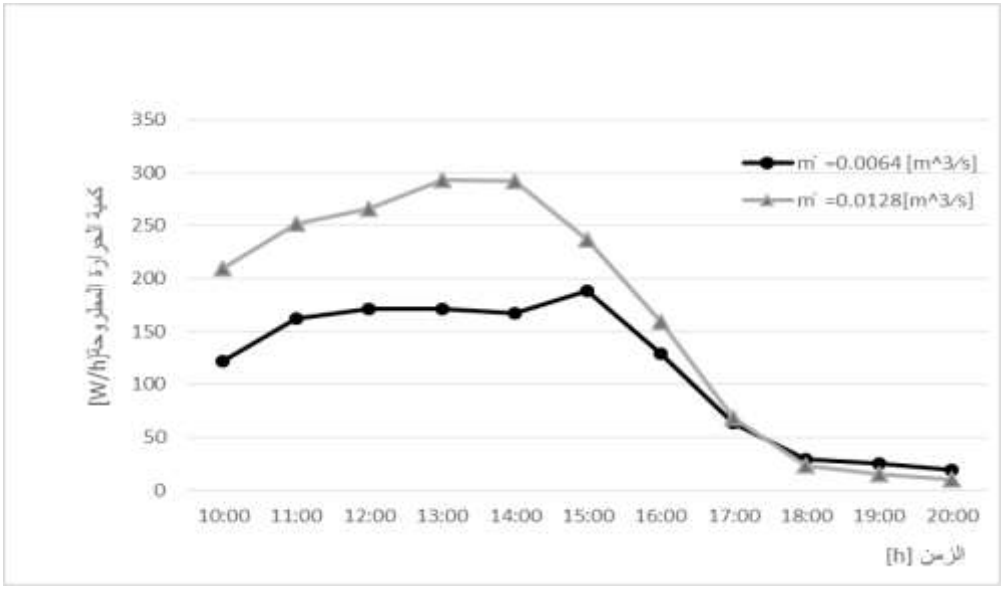
2- دراسة تأثير تغيير التدفق على الأداء الحراري للاقط الهوائي :

- دراسة تأثير تغيير التدفق على أداء لاقط مزود ب [kg]1.5 من شمع البارافين حيث تم تخفيض تدفق الهواء الخارج من اللاقط الى النصف$[m^3/s]$ 0.0064 ومقارنته مع أداء لاقط آخر مزود بنفس الكمية من شمع البارافين عند تدفق للهواء $[m^3/s]$ 0.0128 ،حيث سجلت أفضل النتائج خلال شهر أيلول في يوم 16/9/2022، فنلاحظ من خلال الشكل(14) أن قيم درجات حرارة الهواء الخارج من اللاقط ذو التدفق المخفض تسجل قيم أعلى ويعود ذلك الى انخفاض السرعة التي يتم سحب الهواء بها من اللاقط ،وبالتالي زيادة زمن بقاء الهواء ضمن اللاقط ،فسجل أكبر فرق في درجة حرارة الهواء الخارج من اللاقطين 10.9°C عند الساعة الثالثة بعد الظهر بينما بلغت نسبة الزيادة في درجة الحرارة 10.4%.



الشكل (14) يبين تاثير تغيير التدفق على درجة حرارة الهواء الخارج من أحد اللاقطين ومقارنته بأخر مرجعي

- كما ويبين الشكل (15) أن كمية الحرارة التي يطرحها اللاقط ساعياً بعد خفض االتدفق إلى$[m^3/s]$ 0.0064 أقل من تلك التي يطرحها اللاقط الآخر من أجل تدفق $[m^3/s]$ 0.0128 ،ويعود سبب ذلك إلى أن فرق درجات الحرارة لم يتغلب على انخفاض التدفق وذلك لغاية الساعة الخامسة مساءاًحيث بعدها يطرح اللاقط ذو التدفق المنخفض كميات من الحرارة أكبر من تلك التي يطرحها اللاقط المرجعي وسبب هذا أن شمع البرافين يتصلب بسرعة أكبر عند التدفق $[m^3/s]$ 0.0128 فكانت نسبة الانخفاض في كمية الحرارة المطروحة تعادل 31.6%



الشكل (15) يبين تاثير تخفيض التدفق على كمية الحرارة التي يطرحها اللاقط ومقارنته بأخر مرجعي

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

تبين الدراسة التجريبية :

إن إضافة المادة متغيرة الطور (شمع البارافين) إلى اللاقط الهوائي تعمل على تحسين الأداء الحراري للاقط

- فنلاحظ زيادة في كمية الحرارة المفيدة التي يطرحها اللاقط ساعياً كلما زادت كمية المادة المتغيرة الطور ,فيسجل أكبر فرق لكميات الحراة المطروحة ساعياً $[W/h]$ 201 بينما نسبة الزيادة في كمية الحراة المطروحة من اللاقطين 62.5% من أجل [kg] 4.5 من شمع البارافين ,ومن أجل [kg]3 من شمع البارافين كان أكبر فرق لكميات الحراة المطروحة ساعياً$[W/h]$ 95 ,كانت نسبة الزيادة في كمية الحرارة المطروحة 26.8% بينما حقق إضافة [kg]1.5 من شمع البارافين حوالي 18.4% وكان أكبر فرق لكميات الحراة المطروحة ساعياً $[W/h]$ 34.
- كما وحقق إضافة [kg]1.5 من شمع البارافين تحسن في المردود بمقدار 8.6% في حين بلغت نسبة التحسن في المردود 10% عند زيادة كمية شمع البارافين إلى [kg]3 في حين وصلت نسبة الزيادة في المردود إلى 19% عند زيادة كمية شمع البارافين إلى [kg]4.5 .

- كما وأثبتت الدراسة التجريبية أن إضافة المادة المتغيرة الطور (شمع البارافين) يزيد من فترة عمل اللاقط الهوائي مقارنة مع اللاقط التقليدي الذي يتوقف عن العمل عند الساعة الخامسة مساءاً ، بينما نلاحظ أن اللاقط المزود بشمع البارافين عند الساعة الثامنة مساءاً يبقى قادراُ على تزويد الهواء الخارج منه بكمية من الحرارة تزداد مع زيادة كمية شمع البارافين المضاف للاقط الهوائي حيث بلغت كميات الحراة التي يطرحها اللاقط المزود ب ,[kg]3, [kg]4.5 , [kg]1.5من شمع البارافين عند الساعة الثامنة مساء [W/h]7.7 ,[W/h]26.8, [W/h]96.8 على التوالي .
- وبينت الدراسة أيضاً أن خفض التدفق الى النصف يساعد في الحصول على درجات حرارة عالية حيث بلغت نسبة الزيادة في درجة الحرارة 10.4% أما كميات الحرارة التي يطرحها اللاقط بعد تخفيض تدفق الهواء للنصف تكون أقل من تلك التي يطرحها اللاقط المرجعي وهذا الأمر يعد جيداً في التطبيقات الصناعية التي تحتاج لدرجات حرارة عالية بغض النظر عن كمية الحرارة المطروحة .

التوصيات :

- متابعة البحث لايجاد وسائل جديدة تساعد في تحسين الأداء الحراري للواقط الهوائية المسطحة بواسطة استخدام مواد أخرى من المواد متغيرة الطور .
- تجريب كميات جديدة من المادة متغيرة الطور والعمل على تغيير شكل ونوع الحاويات التي وضعت فيها المادة متغيرة الطور .
- دراسة تأثير بارامترات آخرى على أداء اللاقط الهوائي .

References:

[1]Mahmoud Mustafa . Mechanisms for activating the applications of using solar energy in creating sustainable urban development .Faculty of Regional and Urban Planning, Cairo University: Arab Republic of Egypt, (2013.(

[2]- CHENG,W.L , HUO,Y.K , NIAN,Y.L, *performance of solar still using shape-stabillize PCM: Experimental and theoretical investigation,* ELSIVER,China,Vol. 455,2019 ,89-99.

[3]- DORDELLY,J.C.F, EL MANKIBI.M , ROCCAMENA.L , REMION.G , LANDA,J.A , *Experimental analysis of a PCM integrated solar chimney under laboratory condition* , ELSIVER,Mexico, Vol.188, 2019,1332-1348

[4]- INES.M , PAOLO.P , ROBERTO.F , MOHAMED.S, *Experimental studies on the effect of using phase change material ina salinity- gradient solar pond under a solar simulator,* Solar Energy , ELSEVER ,Italy, Vol.186 ,2019,335-34

[5]- WEI LI , WEI CHEN , *Numerical analysis on the thermal performance of a noval PCM- encapsulated porous heat storage Trombe-Wall system* , Solar Energy, ELSEVER,China, Vol.188,2019,706-719.

[6] BABAR,O.A , ARORA,V.K , NEMA,P.K , KASARA.A , TARAFDAR.A , *Effect of PCM assisted flat plate solar drying of green chili on retention of bioactive compounds and control of aflatoxins development,* Solar Energy, ELSEVER ,India, vol.299,2021,102-111.

[7]- RAJVIKRAM.M , LEOPONRAJ.S , RAMKUMAR.S , AKSHAYA.H , DHEERAJ.A, *Experimental investigation on the abasement of operating temperature in solar photovoltaic panel using PCM and aluminum,* Solar Energy, ELSEVER, India ,Vol.188, 2019,327-338.

[8]- XIE .J , WANG .W , SANG.P , LIU .G , *Experimental and numerical study of thermal performance of the PCM Wall with solar radiation , Solar Energy*, ELSEVER ,*China* , Vol. 177 ,2018 ,443-466.

[9]- DONG LI , WU.Y , ZHANG.G , ANCI.M , LIU .C , WANG.F , *Influence of glazed roof containing phase change material on indoor thermal environment and energy consumption* , Solar Energy, China, Vol. 222 ,2018, 343-350.

[10]- WEI WU , SUZHOU DAI , ZUNDI LIU, YIPING DOU , JUNYE HUA , XINYU WANG , XIAOYU WANG , *Experimental study on the performance of a novel solar water heating system with and without PCM,* Solar Energy, ELSEVER ,China, VOL. 171, 2018 ,604-612.