دراسة تأثير شكل سطح مواد متغيرة الطور(PCM) في أداء مقطر شمسي صندوقي تجريبياً

أ.د.م هيثم حسن[1] د.عصام المنصور[2] م. سليمان عطية قاسم[3]

الملخص:

يهدف هذا البحث إلى إجراء دراسة تجريبية لتأثير استخدام وشكل سطح مواد متغيرة الطور (PCM) في المقطرات الشمسية الصندوقية من أجل تحسين أدائها. أظهرت نتائج البحث التجريبية المنجزة أن استخدام المادة متغيرة الطور (الشمع البارافيني) ضمن عبوات مختلفة الشكل في المقطر الشمسي الصندوقي أدى إلى تحسين في إنتاجيته اليومية حيث تبين أنها تزداد مع زيادة كمية المادة متغيرة الطور المستخدمة وتختلف نسبة الزيادة هذه تبعاً للعبوات الموضوعة ضمنها تلك المادة، حيث بلغت أعلى قيمة لنسبة الزيادة في الإنتاجية اليومية هي 35,4% عند استخدام 4,5 كغ من المادة متغيرة الطور الموضوعة ضمن عبوات معدنية ذات شكل متوازي المستطيلات.

الكلمات المفتاحية: المقطر الشمسي الصندوقي، المواد متغيرة الطور، تخزين الطاقة الحرارية، تحلية المياه، الإشعاع الشمسي.

[1]أستاذ في هندسة القوى الميكانيكية–كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية–جامعة اللاذقية.

[2]أستاذ مساعد في قسم هندسة القوى الميكانيكية–كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية–جامعة حمص.

[3]طالب ماجستير في قسم القوى الميكانيكية–كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية–جامعة حمص.

Studying the effect of the surface shape of phase change materials (PCM) on the performance of box solar still experimentally

Haitham Hassan[1] Essam ALMANSOUR[2] Sliman Attia Qasm[3]

Abstract:

This research aims to conduct an experimental study on the effect of using and surface shape of phase change materials (PCM) in box solar stills to improve their performance. Experimental results indicated that the use of a phase change material (paraffin wax) in different shaped containers within a box solar still led to an improvement in its daily productivity. It has been observed that productivity increases with the amount of PCM used, and the percentage of increase varies depending on the containers in which the PCM is placed. The highest increase in daily productivity, 35.4%, was achieved when using 4.5 kg of PCM contained in rectangular parallelepiped metal containers.

Keywords: box-type solar still, phase change materials, thermal energy storage, water desalination, solar radiation.

[1] Professor of Mechanical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University.

[2]Assistant Professor, Department of Mechanical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Al-Baath University.

[3]Master's student, Department of Mechanical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Al-Baath University.

المقدمة:

تعتبر إمكانية الوصول إلى شرب مياه عذبة صحية واحدة من التحديات الرئيسية التي تواجه العالم هذه الأيام وهي واحدة من الضروريات الأساسية للحفاظ على جميع أشكال الحياة على الأرض.ومع ذلك حوالي 97٪ من المياه المتوفرة على سطح الأرض في البحار والمحيطات هي مياه معتدلة الملوحة كما أن النمو السكاني والصناعي السريع في المجتمعات يسبب عدم توازن بين ازدياد الطلب وتوفير المياه العذبة.لذلك تعتبر تحلية المياه هي الحل الأفضل إن لم يكن الإلزامي، وفي ضوء هذا تعتبر المقطرات الشمسية الصندوقية واحدة من أفضل التصاميم وأقلها تكلفة التي تقوم بإنتاج المياه الصالحة للاستخدام من المياه المالحة وذلك عن طريق الطاقة الشمسية.

وقد أجريت الكثير من الأبحاث والدراسات لزيادة إنتاجية هذه المقطرات وتحسين كفاءتها حيث قام مفتاح وروفوس وآخرون بعدة أبحاث لتعزيز إنتاجية المقطرات الشمسية وكان أهمها استخدام عاكسات داخلية وخارجية [2,1].

وقام سينغ مع أشخاص آخرون بدراسة نظرية لكفاءة مقطرات شمسية نتيجة إضافة أنابيب مفرغة [3].

أبو عرابي وآخرون قاموا بمحاكاة مقطر شمسي متصل بمجمع طاقة شمسية ودمج مواد متغيرة الطور فيه [4].

أما السباعي وأشخاص آخرون قاموا بتحليل عدد من المقطرات الشمسية بوجود وغياب PCM [5].

بينما قام دشتبان و تبريزي بدراسة تحسين أداء مقطر شمسي من النوع المدرج تم دمجه مع وحدة تخزين PCM تحت الحوض [6].

قام أنس ندور بدراسة تأثير مواد متغيرة الطور على مقطر شمسي صندوقي مستخدماً كميات مختلفة من PCM [7].

وقام محمد يوسف مع حمدي حسن بإجراء دراسة تجريبية تعتمد على دمج المقطر الشمسي مع وحدات تخزين PCM باستخدام تقنيات مختلفة [8].

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية هذا البحث في الاستفادة من الطاقة الشمسية في عملية تحلية المياه وإمكانية تحسين أداء المقطرات الشمسية وزيادة فعالية وموثوقية هذه الأنظمة بالإضافة إلى تعزيز استخدام المواد متغيرة الطور(PCM)والاستفادة من خواصها التخزينية في أنظمة الطاقة الشمسية.

يهدف هذا البحث إلى إجراء دراسة تجريبية لتأثير استخدام وشكل سطح مواد متغيرة الطور في أداء مقطر شمسي صندوقي في محاولة لتحسين إنتاجية المقطرات الشمسية وزيادة فترة تشغيلها.

طرائق البحث ومواده:

تم في هذا البحث اعتماد المنهج التجريبي للحصول على النتائج.لذلك قمنا بتصنيع مقطرين شمسيين صندوقيين متماثلين مساحة قاعة كل منهما $0.5(m)^2$، ومعزولين بطبقة من الفلين سماكتها (4(cm، كما تم تزويد كل من المقطرين بحساسات حرارية لقياس درجات حرارة الماء داخل كل منهما، ودرجة حرارة الوسط الخارجي، ودرجة حرارة الغطاء الشفاف لكل منهما، وجهاز لقياس شدة الإشعاع الشمسي كما هو مبين في الشكل (1).قمنا بتزويد المقطرين بكميات مختلفة بالمادة متغيرة الطور وهي عبارة عن (شمع البارافين) كما في الشكل (2)ضمن عبوات بلاستيكية كبيرة اسطوانية الشكل، ثم تم وضع المادة متغير الطور ضمن عبوات بلاستيكية صغيرة اسطوانية الشكل،ثم تم وضع المادة متغيرة الطور ضمن عبوات زجاجية اسطوانية الشكل، ثم تم وضع تلك المواد في عبوات بلاستيكية ومعدنية ذات شكل متوازي مستطيلات كما هو مبين في الشكل (3). بينما لم يتم تزويد المقطر الآخر

بمادة متغيرة الطور من أجل المقارنة مع الحالات السابقة. ولقد قمنا بإجراء جميع التجارب على المقطرين بنفس الظروف المناخية الخارجية في مدينة اللاذقية.

الشكل 1:المقطرين الشمسيين المصنعين

الشكل 2: المادة متغيرة الطور (الشمع البارافيني) ضمن العبوات

العبوات (معدنية ذات شكل متوازي مستطيلات) العبوات (زجاجية بلاستيكية كبيرة وصغيرة إسطوانية الشكل) العبوات (بلاستيكية ذات شكل متوازي مستطيلات)

الشكل3: عبوات المادة متغيرة الطور المستخدمة في المقطر

كما يبين الشكل(4) مقياس درجات الحرارة المستخدم والأنبوب المدرج مع جهاز قياس شدة الإشعاع الشمسي

مقياس إلكتروني لدرجة الحرارة(عادي وليزر) أنبوب زجاجي مدرج جهاز قياس شدة الإشعاع الشمسي

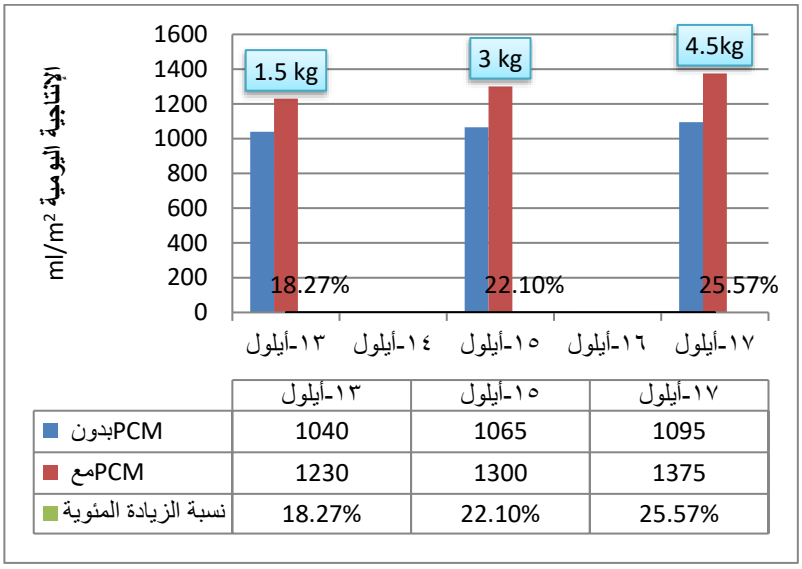
الشكل4: الأجهزة المستخدمة لقياس درجات الحرارة وحجم الماء الناتج وشدة الإشعاع الشمسي

النتائج ومناقشتها:

تأثير استخدام المادة متغيرة الطور مع تغير كميتها في أداء مقطر شمسي صندوقي:

أجريت التجارب في أيام مختلفة من الشهر التاسع لعام 2023 على المقطرين الشمسيين الصندوقيين المزود بمادة متغيرة الطور(شمع البارافين) المحتواة ضمن عبوات بلاستيكية كبيرة اسطوانية الشكل، والمقطر العادي من دون مادة متغيرة الطور، حيث تم قياس كمية الماء المقطر الناتج عن كلا المقطرين (إنتاجية المقطر) خلال اليوم. قمنا بإجراء التجارب من أجل كميات مختلفة من المادة متغيرة الطور ضمن المقطر الشمسي الصندوقي.

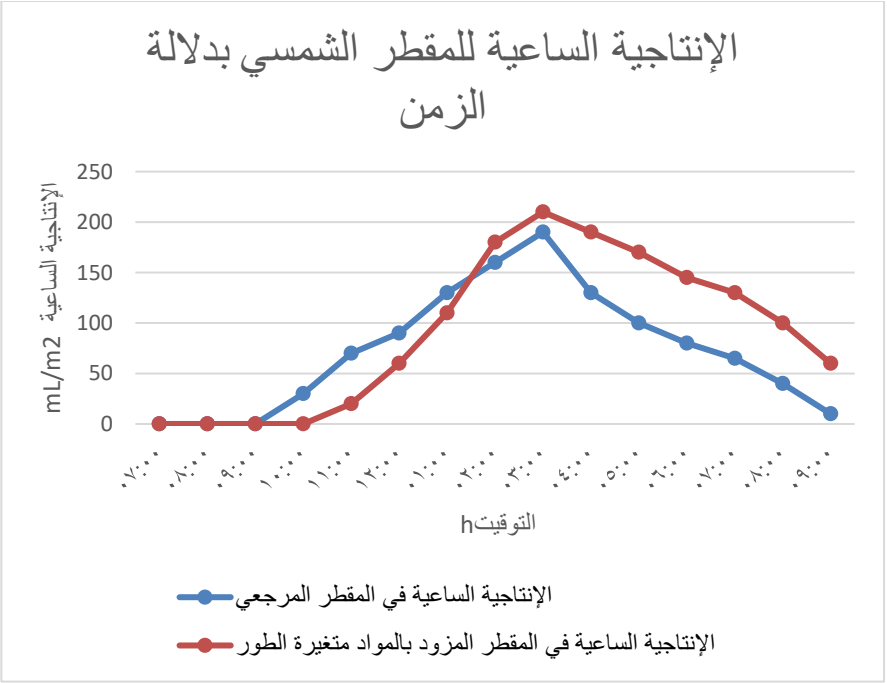
يبين الشكل (5) أن الإنتاجية اليومية تزداد عند إضافة المادة متغيرة الطور إلى المقطر، حيث تكون نسبة الزيادة في الإنتاجية أكبر عندما تكون كمية المادة متغيرة الطور أكبر، وذلك نتيجة امتصاصها كمية أكبر من الإشعاع الشمسي وتخزينها كطاقة حرارية كامنة عند تحولها من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة، ومن ثم طرحها وتقديمها للماء نتيجة تحولها من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة مما يزيد عملية التبخر وبالتالي زيادة الإنتاجية من الماء المقطر. فمن الشكل (5) نجد أن نسبة الزيادة في الإنتاجية اليومية هي 22.1[%] و 25.57[%] عند استخدام كميات من المادة متغيرة الطور مقدارها [kg] 4.5, [kg] 3 على الترتيب.



	١٣-أيلول	١٥-أيلول	١٧-أيلول
بدون PCM	1040	1065	1095
مع PCM	1230	1300	1375
نسبة الزيادة المئوية	18.27%	22.10%	25.57%

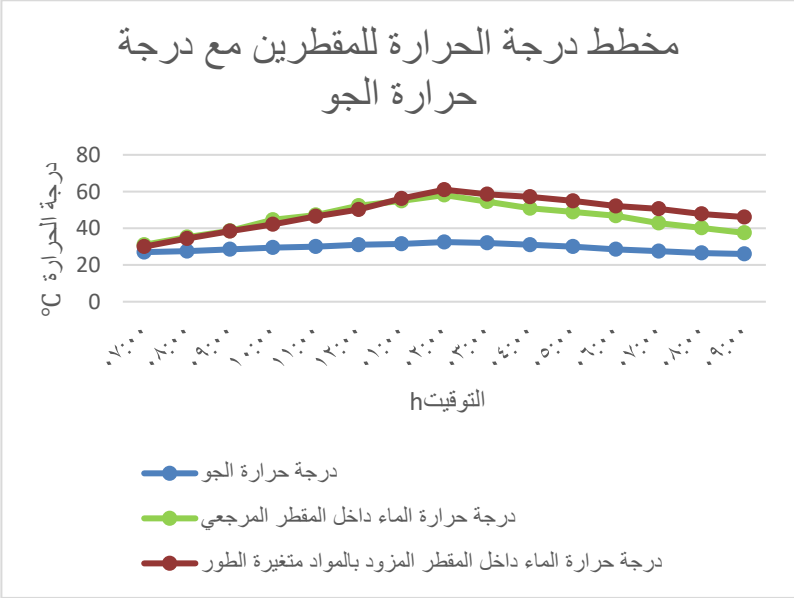
الشكل 5: الإنتاجية اليومية ونسبة الزيادة من أجل كميات مختلفة من ال PCM في عدة أيام من شهر أيلول 2023

يبين الشكل (6) تغير الإنتاجية الساعية للمقطر الشمسي العادي من دون مادة متغيرة الطور وللمقطر المزود بمادة متغيرة الطور مقدارها [kg] 4.5 موضوعة في عبوات بلاستيكية اسطوانية كبيرة في يوم 2023/9/17. نلاحظ من الشكل أن الإنتاجية الساعية داخل المقطر المرجعي تكون في الصباح أكبر منها للمقطر مع مادة متغيرة الطور، بينما تزداد الإنتاجية الساعية داخل المقطر المزود بالمواد متغيرة الطور في فترة بعد الظهر يعود السبب في ذلك أن المادة متغيرة الطور تمتص الحرارة وتخزنها في أول النهار وتقوم ببثها بعد انخفاض ذروة الإشعاع الشمسي مما أدى إلى رفع درجة الحرارة وتكثيف الماء على سطح الزجاج الداخلي في المقطر المزود بالمواد متغيرة الطور.



الشكل6: تغير الإنتاجية الساعية للمقطر دون مادة متغيرة الطور ومقطر مع [kg] 4.5 من مادة متغيرة الطور

أثناء إجراء التجارب تم قياس درجة حرارة الوسط الخارجي ودرجة حرارة الماء في كل من المقطر العادي والمقطر المزود ب[kg]4.5 من المادة متغيرة الطور. يبين الشكل (7) تغير درجات الحرارة هذه في يوم 2023/9/17، حيث نلاحظ أن درجة حرارة الماء ضمن المقطر الشمسي الصندوقي المزود بالمادة متغيرة الطور هي أقل بالمقارنة مع درجة حرارة الماء ضمن المقطر المرجعي وذلك حتى الساعة 1:00 تقريباً، وهذا يعود إلى امتصاص الحرارة وتخزينها ضمن المادة متغيرة الطور أثناء تغير طورها، أما بعد الساعة 1:00، نلاحظ ارتفاع درجة حرارة الماء ضمن المقطر المزود بالمادة متغيرة الطور حيث تصبح أعلى منها ضمن المقطر المرجعي وهذا يعود إلى بث الحرارة بعد انخفاض ذروة الشمس وتقديمها إلى الماء ضمن المقطر.



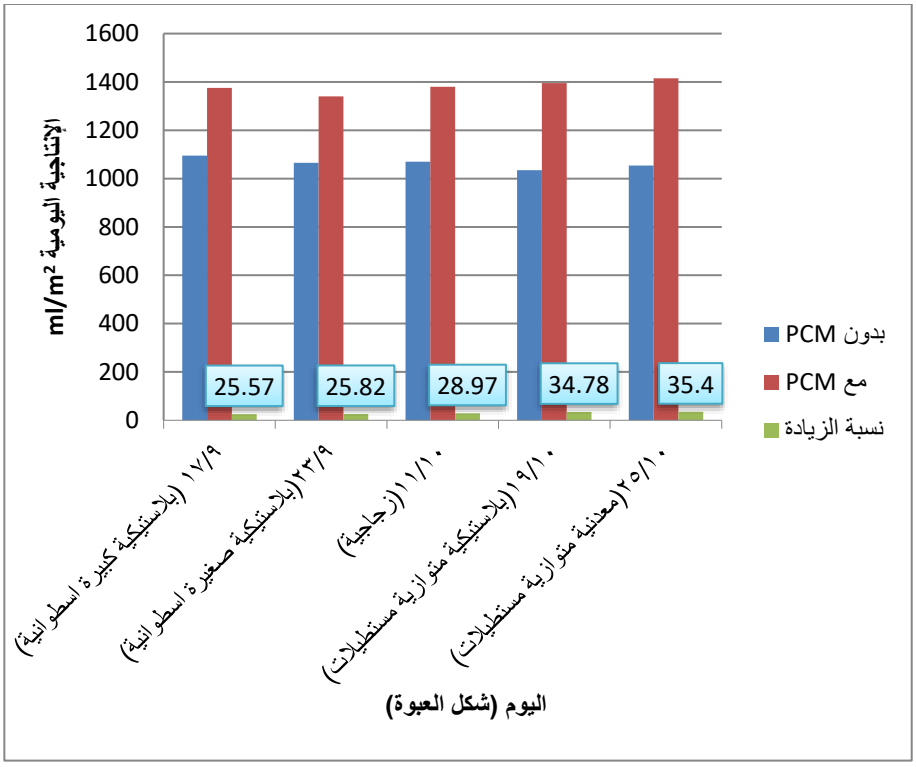
الشكل7: تغير درجة حرارة الوسط الخارجي،ودرجة حرارة الماء في كل من المقطر المرجعي والمقطر المزود ب [kg] 4.5 من المادة متغيرة الطور

تأثير شكل سطح عبوات حاوية مادة متغيرة الطور في أداء مقطر شمسي صندوقي:

أجريت التجارب في عدة أيام من أشهر السنة لعام 2023، حيث تم استخدام [kg] 4.5 من مادة الشمع البارافيني كمادة متغيرة الطور. تم إجراء التجارب من أجل عبوات مختلفة شكل السطح حاوية على المادة متغيرة الطور ضمن المقطر الشمسي الصندوقي، تم قياس كمية الماء المقطر الناتج عن كلا المقطرين (إنتاجية المقطر) اليومية في جميع الحالات.

يبين الشكل(8) الإنتاجية اليومية للمقطر الصندوقي المزود بمادة متغيرة الطور من أجل عبوات مختلفة(بلاستيكية كبيرة وصغيرة اسطوانية،زجاجية،بلاستيكية ومعدنية ذات شكل متوازي مستطيلات) مقارنة مع المقطر المرجعي غير المزود بمادة متغيرة الطور، وكذلك نسبة الزيادة في الإنتاجية اليومية.

نلاحظ أن الإنتاجية اليومية تزداد عند إضافة المادة متغيرة الطور إلى المقطر، وتكون نسبة الزيادة مختلفة تبعاً للعبوات المستخدمة. حيث نجد أن أعلى نسبة زيادة في الإنتاجية اليومية تكون عند استخدام عبوات معدنية ذات شكل متوازي مستطيلات وقدرها 35.4% تحصل في 2023/10/25،حيث يعود السبب في ذلك إلى الإيصالية الحرارية للمعدن و شكل العبوات الذي يساعد في امتصاص الحرارة وتخزين أكبر كمية ممكنة من الطاقة الحرارية الواصلة من الإشعاع الشمسي في المادة متغيرة الطور وتقديمها لماء المقطر لاحقاً وبالتالي تبخير كمية أكبر من الماء.



الشكل8: الإنتاجية اليومية ونسبة الزيادة لعبوات مختلفة الشكل من أجل 4.5kg من PCM لعدة أيام من أشهر عام 2023

الاستنتاجات والتوصيات:

١. تزداد الإنتاجية اليومية للمقطر الصندوقي الشمسي المزود بالمادة متغيرة الطور أكثر من إنتاجية المقطر العادي. وتزداد هذه الإنتاجية مع زيادة كمية المادة متغيرة الطور المستخدمة. ويعود ذلك كون المادة متغيرة الطور تعمل كخزان للطاقة الحرارية الكامنة يقوم بتقديم طاقته عند انخفاض شدة الإشعاع الشمسي. تصل نسبة الزيادة في الإنتاجية اليومية إلى 25.57% عند استخدام [kg] 4.5 من PCM ضمن عبوات بلاستيكية كبيرة اسطوانية الشكل.

٢. تكون في بداية النهار الإنتاجية الساعية للمقطر العادي أعلى منها للمقطر المزود بمادة متغيرة الطور، ولكن عند انخفاض شدة الإشعاع الشمسي تصبح الإنتاجية الساعية للمقطر المزود بالمادة متغيرة الطور أكبر وتستمر حتى كذلك حتى نهاية التجربة.

٣. تكون في بداية النهار درجة حرارة الماء في المقطر العادي أعلى منها للمقطر المزود بالمادة متغيرة الطور ولكن عند انخفاض شدة الإشعاع الشمسي تصبح درجة حرارة الماء في المقطر المزود بالمادة متغيرة الطور أعلى ويستمر ذلك حتى نهاية التجربة. وسبب ذلك هو طرح الحرارة من قبل المادة متغيرة الطور.

٤. تختلف نسبة الزيادة في الإنتاجية اليومية للمقطر المزود بمادة متغيرة الطور مقارنة بالمقطر المرجعي تبعاً لشكل العبوات الحاوية على المادة متغيرة الطور، وتصل أعلى نسبة في الزيادة 35.4% عند استخدام عبوات معدنية ذات شكل متوازي مستطيلات.

٥. متابعة البحث لإيجاد وسائل أخرى لزيادة الاستفادة من الطاقة الشمسية في تحسين أداء المقطرات الشمسية الصندوقية باستخدام مواد أخرى من المواد متغيرة الطور.

٦. البحث عن أشكال وطرق أخرى لوضع المادة متغيرة الطور ضمن المقطر.

المراجع:

[1]Muftah AF, Alghoul MA, Fudholi A, Abdul-Majeed MM, Sopian K. Factors affectingbasin type solar still productivity: a detailed review. Renew Sustain Energy Rev2014;32:430–47.

[2] Dsilva Winfred Rufuss D, Iniyan S, Suganthi L, Davies PA. Solarstills: a comprehensivereview of designs, performance and material advances. Renew SustainEnergy Rev 2016;63:464–96.

[3]Singh RV, Kumar S, Hasan MM, Khan ME, Tiwari GN. Performance of a solar stillintegrated with evacuated tube collector in natural mode. Desalination2013;318:25–33.

[4] Mousa Abu-Arabia,b, Mohammad Al-harahsheha, Hasan Mousaa,c, Zobaidah Alzghoula. Theoretical investigation of solar desalination with solar still having phase change material and connected to a solar collector, Desalination 448 (2018) 60–68.

[5]El-Sebaii AA, Al-Ghamdi AA, Al-Hazmi FS, Faidah AS. Thermal performance of asingle basin solar still with PCM as a storage medium. Appl Energy2009;86:1187–95.

[6] Dashtban M, Tabrizi FF. Thermal analysis of a weir-type cascade solar still integrated with PCM storage. Desalination 2011;279:415–22**.**

[7]AnasNaddour, Influence of Using Phase Change Material (PCM) on the Productivity of the Solar basin Still, Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (3) 2015.

[8] Mohamed S. Yousefa,b, Hamdy Hassana. Energetic and exergetic performance assessment of the inclusion of phase change

materials (PCM) in a solar distillation system, Energy Conversion and Management 179 (2019) 349–361.