مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٧) العدد(٩) ٢٠٢٣
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (7) No. (9) 2023

تحسين إنتاجية مقطر شمسي صندوقي باستخدام مواد ماصة محلية

د. م. منذر سليمان*

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٣/٨/٣٠ . قُبِل للنشر في ٢٠٢٣/١٠/٢٤)

□ ملخّص□

تم في هذا البحث التجريبي التحقق من تأثير استخدام مادة الرمل الحراري الأسود المتوافرة بكثرة في سورية كمادة خازنة للحرارة على أداء مقطر شمسي صندوقي بسيط، ومن أجل تحقيق ذلك فقد تم في هذه الدراسة تصميم وتنفيذ مقطرين شمسيين متشابهين بالقياسات وتعريضهما لنفس الظروف المناخية لمدينة طرطوس.

أجريت التجارب في ثلاثة أيام مختلفة من شهر آب لعام 2023 وذلك من خلال وضع كميات (أوزان) مختلفة من مادة الرمل الحراري (2.5 kg - 1.5 - 0.5) في أحد المقطرين فقط، وأجريت التجارب في الأيام (19/8/2023 - 11/8/2023 -4/8/2023) من الساعة 8:00 AM حتى الساعة 20:00 PM وقد تم قياس كل من شدة الإشعاع الشمسي، ودرجة حرارة الجو الخارجي، ودرجة حرارة الماء داخل المقطر، والإنتاجية الساعية لكل من المقطرين.

ظهرت التجارب الأثر الواضح لاستخدام الرمل الحراري الأسود كمادة خازنة للحرارة على تحسين إنتاجية المقطر من خلال احتفاظه بالحرارة وازدياد عملية التقطير واستمرارها في فترات ما بعد الظهر فقد بلغت الإنتاجية في التجارب الثلاثة قيمة أعلى من مثيلاتها التي لم يتم فيها استخدام مادة الرمل. كذلك أظهرت التجارب الأثر الواضح لزيادة كمية المادة الخازنة للحرارة على الإنتاجية فقد حقق استخدام 2.5 kg من الرمل أفضل إنتاجية يومية للمقطر وقد بلغت 2077 ml مقارنةً مع 1862 ml في حالة عدم استخدام الرمل أي بنسبة زيادة في الإنتاجية قدرها 21.9% وهذا بدوره حقق نسبة كفاءة للمقطر بلغت 64% .

كلمات مفتاحيه: المقطر الشمسي، الرمل الحراري الأسود ، إنتاجية المقطر.

* أستاذ مساعد– قسم هندسة الطاقات المتجددة – كلية الهندسة التقنية– جامعة طرطوس– طرطوس– سورية.

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٧) العدد(٩) ٢٠٢٣
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (7) No. (9) 2023

Improving the productivity of a solar basing still by using local absorbent materials

Dr. Monzer Suleiman*

(Received 30/8/2023 . Accepted 24/10/2023)

□ ABSTRACT

In this experimental research, the effect of using black thermal sand material, which is widely available in Syria, as a heat storage material on the performance of a simple basing solar distiller, has been investigated. In order to achieve this, in this study, two solar stills were designed and implemented with similar measurements, and they were exposed to the same climatic conditions in the city of Tartous. The experiments were conducted on three different days of August 2023, by placing different amounts (weights) of thermal sand (0.5 - 1.5 - 2.5 kg) in one of the distillers only.

Experiments were conducted on the days (4/8/2023- 11/8/2023- 19/8/2023) from 8:00 AM until 20:00 PM .The intensity of solar radiation, the temperature of the external atmosphere, the temperature of the water inside the still, and the hourly productivity of each of the distillers were measured.

Experiments also showed the clear effect of increasing the amount of heat-storing material on productivity. Using 2.5 kg of sand achieved the best daily productivity for the still, which amounted to 2077 ml compared to 1862 ml in the case of not using sand, meaning an increase in productivity of 21.9%. This in turn achieved an efficiency rate for the still 64%.

Key words: Solar still, Black thermal sand, Still productivity.

***Assistant professor, Department of Renewable Energy, Faculty of Technical Engineering, Tartous University, Tartous, Syri*a*

المقدمة *Introduction* :

يعتبر الماء من المعجزات الربانية والكونية في الأرض فيه يتحدد وجود الحياة فهو المنبع الذي يحتاجه الانسان والحيوان والنبات لإنه سر الحياة وسبب العيش في هذا الكوكب، وهو من العوامل الأساسية المسببة للنزاعات في العالم، وعلى الرغم من تواجده بكميات وافرة على سطح الأرض 71% إلا أن معظمه مياه مالحة تشكّل البحار والمحيطات، ولعل مشكلة نقص المياه العذبة من أخطر المشاكل التي ستواجه العالم الحالي على المستوى القريب مما يستوجب البحث السريع عن حلول سريعة ودائمة لتلبية الحاجة المتزايدة من هذه المياه . هنا يبرز دور الطاقة الشمسية النظيفة لتعالج مثل هكذا مشاكل، ولاسيما في البلدان التي تتمتع بمعدل جيد من الاشعاع الشمسي، ولعل عملية التقطير الشمسي واحدة من التطبيقات الحرارية المفيدة للطاقة الشمسية، والتي يمكن من خلالها استغلال هذه الطاقة في معالجة المياه المالحة وتحويلها إلى مياه صالحة للشرب والري.

يعتبر المقطر الشمسي الصندوقي البسيط من أكثر المقطرات استخداماً للاستفادة من الطاقة الشمسية من أجل الحصول على المياه العذبة نظراً لبساطة تصنيعه وانخفاض كلفته.

لقد ازداد التركيز في الآونة الأخيرة على إجراء العديد من البحوث والدراسات النظرية والتجريبية التي تناولت تحسين إنتاجية هذه الأنواع من المقطرات من خلال استخدام طرق ومواد متعددة خازنة للحرارة من أجل تأمين هذا التحسين.

فقد قام الباحث(EL-SEBAII ,٢٠٠٩) [1] بدراسة تضمنت إضافة الرمل كمادة ماصة في المقطر، كما استعرض الباحث (Murugave,2010) [2] تقييم أداء المقطر الشمسي بعد إضافة الحصى والآجر الناري بسماكات متعددة في أرضية المقطر، واستعرض الباحث (CHOCKALINGAM,٢٠٠٨) [3] دراسة تضمنت إضافة قطع من الاسفنج والمطاط للقطر الشمسي بهدف دراسة تأثير هذه المواد على كفاءته. كما قدّم الباحثان (2003 ABU-HIJLEH, RABABA'H) [4] دراسة تناولت اختبار إضافة صفائح من الألمنيوم إلى المقطر الشمسي بهدف تحسين أداءه الحراري وبالتالي تحسين مردوده. واستعرض الباحث [5] (VELMURUGAN, 2008) وآخرون دراسة تضمنت تنفيذ مقطر شمسي يعمل مزوداً بزعانف من أجل زيادة السيالة الحرارية داخل المقطر وصولاً إلى تحسين إنتاجيته.

إضافة إلى كثير من الأبحاث التي أجريت لتحسين إنتاجية المقطر من خلال إضافة عواكس شمسية داخلية أو خارجية للمقطر [6] ،[7] [8]، [9]، [10] والبحوث التي ركزت على إضافة لاقط شمسي مسطح وربطه مع المقطر بهدف تحسين إنتاجيته [11]، [12].

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهميّة البحث بأنه يتناول إحدى الطرق المباشرة في استثمار الطاقة الشمسية التي تتمتع بها سورية بشكل جيد على مدار العام، وذلك عن طريق استخدام مقطر شمسي صندوقي بسيط يستفيد من الإشعاع الشمسي الساقط عليه من أجل الحصول على مياه عذبة مناسبة للاستخدام سواءً للشرب أو للري.

كما يهدف البحث إلى إجراء دراسة تجريبية لمعرفة أهمية استخدام الرمل الحراري الأسود كمادة خازنة للحرارة ضمن مقطر شمسي بسيط، ومدى تأثيرها على تحسين إنتاجيته.

طرائق البحث ومواده:

تم في هذا البحث اعتماد المنهج التجريبي للحصول على النتائج، لذلك تم تصنيع مقطرين شمسيين صندوقيين متماثلين، أبعاد كل منهما (65 *41 cm) ومعزول كل من حوضهما بجوانبه الأربع بطبقة من السلوفان، ومزودان بغطاء زجاجي شفاف، وبحوضين للماء المراد تقطيره، كما زود أحدهما بخزان من الصاج لوضع المادة الماصة الخازنة للحرارة فيه كما في (الشكل ١)، هذا وقد تم تزويدهما بمقياس درجة حرارة للسوائل داخل المقطر، ومقياس لدرجة حرارة الوسط الخارجي، ودرجة حرارة الغطاء الزجاجي الخارجي، وكذلك استخدم مقياس لتحديد قيمة الإشعاع الشمسي في الأيام المدروسة. تم تزويد أحد المقطرين بالمادة الخازنة للحرارة (الرمل الحراري الأسود) بكميات مختلفة وبأيام مختلفة من شهر آب في حين لم يزود المقطر الثاني بأي مادة وذلك من أجل المقارنة بينهما في جميع التجارب. تم إجراء كافة التجارب على المقطرين في نفس الظروف المناخية لمدينة طرطوس، وباستخدام مياه عادية.

الشكل(1) المقطرين الشمسين المصنعين أحدهما مزود بالرمل الحراري الأسود والثاني من دون رمل.

I – أجزاء المقطر الشمسي الصندوقي البسيط ذو الحوض والميل الواحد:

المقطر الشمسي البسيط: عبارة عن جهاز يستقبل ماء مالح أو عادي، وينتج ماء نقي، حيث يتكون المقطر من حوض معزول حرارياً ومغلق الأطراف وله غطاء زجاجي شفاف، ويكون الغطاء الزجاجي في العادة مائل لكي يسمح للبخار المتكاثف عليه، والذي يكون على شكل قطيرات بالانحدار عليه ثم السقوط في قناة خاصة لتجميع الماء المقطر، ومن الضروري عزل قعر الحوض وجوانبه بالعوازل الحرارية لتقليل انتقال الحرارة من ماء الحوض إلى الخارج وبالتالي لرفع كفاءة المقطر، وكذلك يجب غلق جوانب الحوض لتقليل تسرب الهواء المشبع بالبخار من الداخل إلى الخارج.

– **مبدأ عمل المقطر:** يسخن الماء في الحوض نتيجة سقوط الأشعة الشمسية فترتفع درجة حرارته إلى مستوى أعلى من درجة حرارة الغطاء الزجاجي وأعلى من درجة حرارة الهواء الموجود داخل الحوض بين سطح الماء والغطاء الزجاجي، ونتيجة الفارق في الضغط الموجود بين طبقة البخار الملامسة لسطح ماء الحوض والبخار الموجود في الهواء فإن الماء يبدأ في التبخر وما أن يلامس البخار المشبع سطح الزجاج الداخلي حتى يبدأ جزء منه بالتحول إلى سائل على شكل قطيرات فينزلق تحت تأثير ثقله إلى قناة تجميع الماء المقطر.

II- أجزاء المقطر الشمسي الصندوقي المنفّذ:

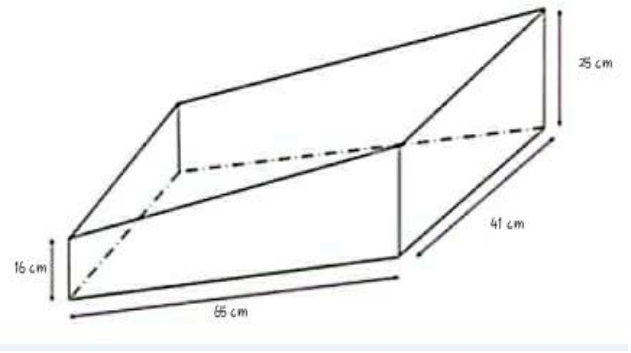
_ الهيكل الخارجي:

مصنوع من مادة عازلة (الخشب) ويشمل كل أوجه المقطر عدا الجهة العلوية التي تكون من الزجاج. أبعاده كالآتي:

الطول: [cm] 65 – العرض: [cm] 41.

الارتفاع الخلفي]cm] 25 – الارتفاع الأمامي [cm] 16.

وزاوية الميل °16.



الشكل (2) الهيكل الخارجي للمقطر المنفذ.

2- حوض المقطر:

مصنوع من الخشب ومعزول من جوانبه الأربعة بالسلوفان.

الشكل (٣) حوض المقطر المعزول بالسلوفان.

3- خزان الماء ضمن المقطر:

مصنع من الحديد المطلي باللون الأسود ويملك الأبعاد التالية:

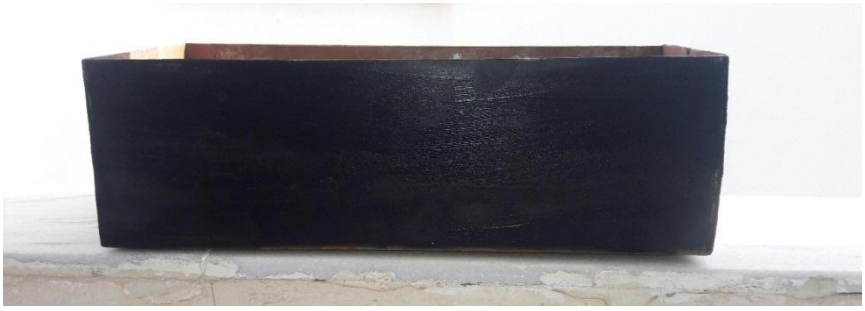
- الطول: [cm] 45- العرض: -cm] 25. مساحة الحوض: [cm^2] 1125- الارتفاع: 7 cm.

الشكل (4) خزان الماء ضمن المقطرين المنفذين.

4_ خزان المادة الماصة في المقطر:

مصنوع من الصاج الرقيق و ويكون مغطى بغطاء زجاجي لزيادة تركيز أشعة الشمس على المادة الماصة داخله أبعاده:

الطول: [cm] 30- العرض: [cm] 15- الارتفاع: 9 Cm - السماكة: 2 mm.



الشكل (5) خزان المادة الماصة في المقطر المنفذ.

5 - الغطاء الزجاجي:

مصنوع من الزجاج العادي المتوفر في السوق. شفاف يسمح بتمرير الأشعة الضوئية، وقد استخدم شريط مطاطي لاصق من أجل تثبيته إلى صندوق المقطر. أبعاد الغطاء الزجاجي: الطول: [cm] 63- العرض: [cm] 40- السماكة: [mm] 4.

الشكل (6) الغطاء الزجاجي للمقطرين المنفذين.

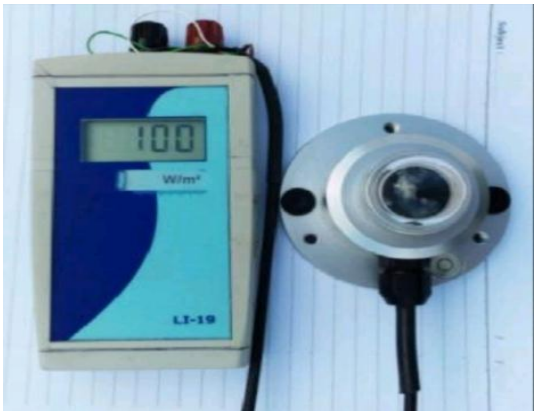
6- أنبوب تجميع الماء:

هو عبارة عن أنبوب بلاستيكي قطره 2.5 cm يكون مثقوب طولياً لتنزل قطرات الماء المتكاثفة على مستوى الأنبوب وتتجمع فيه لتعبر إلى إناء خاص بتجميع الماء المقطر.

الشكل (7) أنبوب تجميع الماء.

كما يبين (الشكل ٨) مقياس درجة الحرارة الخارجية والغطاء ، ومقياس درجة حرارة السوائل، و(الشكل ٩) مقياس الإشعاع الشمسي مع الأنبوب المدرج .

الشكل (8) كل من مقياس درجة حرارة السوائل وحساس قياس درجة المحيط الخارجي والغطاء.



الشكل (9) جهاز قياس شدة الإشعاع الشمسي والأنبوب المدرج.

4_4 التجارب العملية:

بعد تجميع عناصر المقطرين تم تعريض المقطرين لأشعة الشمس باتجاه الجنوب، ووضع حساس قياس السوائل داخل خزان الماء لقياس درجة حرارة الماء عند التقطير، كما تم تثبيت كل من جهاز قياس شدة الإشعاع الشمسي وحساس درجة الحرارة على الغطاء الزجاجي للمقطر لقياس كل من شدة الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الوسط والغطاء الزجاجي.

تم اختيار ثلاث تجارب من مجموعة واسعة من التجارب كل تجربة تضم مقطرين متماثلين، المقطر الأول من دون استخدام رمل حراري والمقطر الثاني باستخدام الرمل الحراري كمادة ماصة حيث تم اعتماد الأوزان التالية 0.5 ,1.5 Kg, 2.5 Kgمن الرمل الحراري، وكانت كمية الماء 3.25 Liter لكافة التجارب.

تم إجراء التجارب على ثلاث مراحل وثلاث أيام مختلفة من شهر آب 2023 وذلك من الساعة 8:00 AM حتى الساعة 20:00 PM وفي كل تجربة تم استخدام مقطرين أحدهما لا يحوي مادة الرمل الحراري، والآخر يحوي رمل بوزن مختلف عن التجارب الأخرى.

- **التجربة الأولى:**

تمت في يوم 4/8/2023 وقد تم تعريض المقطرين المتشابهين للأشعة الشمسية بعد وضع كمية 0.5 Kg من الرمل الحراري الأسود في أحدهما ووضع كمية من الماء قدرها 3.25 Liter في كل من المقطرين ومن ثم تم قياس كل من درجة حرارة الغطاء ودرجة حرارة الماء عند التقطير ودرجة حرارة الوسط المحيط وقيست كذلك الإنتاجية الساعية واليومية للماء المقطر لكل من المقطرين، وذلك من الساعة 8:00 AM حتى الساعة 20:00 PM.

- **التجربة الثانية:**

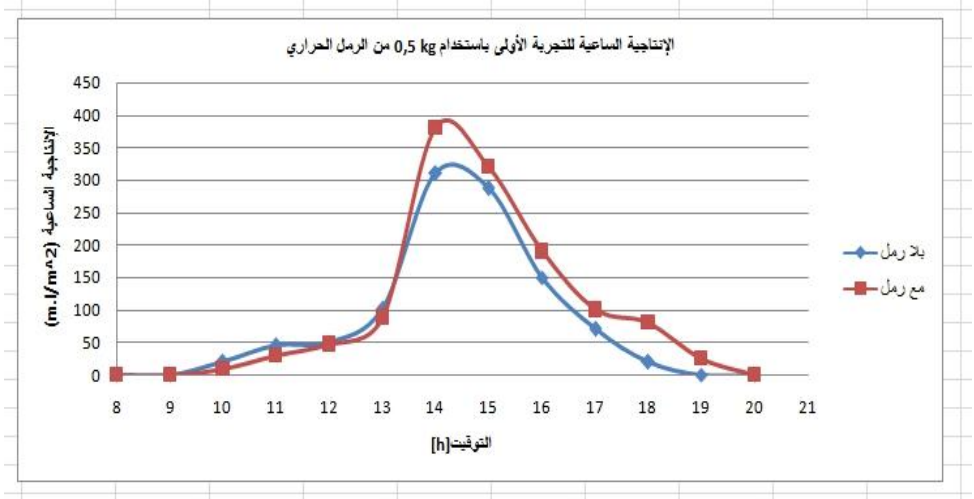
تمت في يوم 11/8/2023 وقد تم تعريض المقطرين المتشابهين للأشعة الشمسية بعد وضع كمية 1.5 Kg من الرمل الحراري الأسود في أحدهما ووضع كمية من الماء قدرها 3.25 Liter في كل من المقطرين، ومن ثم تم قياس كل من درجة حرارة الغطاء ودرجة حرارة الماء خلال التقطير ودرجة حرارة الوسط المحيط وقيست كذلك الإنتاجية الساعية واليومية للماء المقطر لكل من المقطرين، وذلك من الساعة 8:00 AM حتى الساعة 20:00 PM.

- **التجربة الثالثة:**

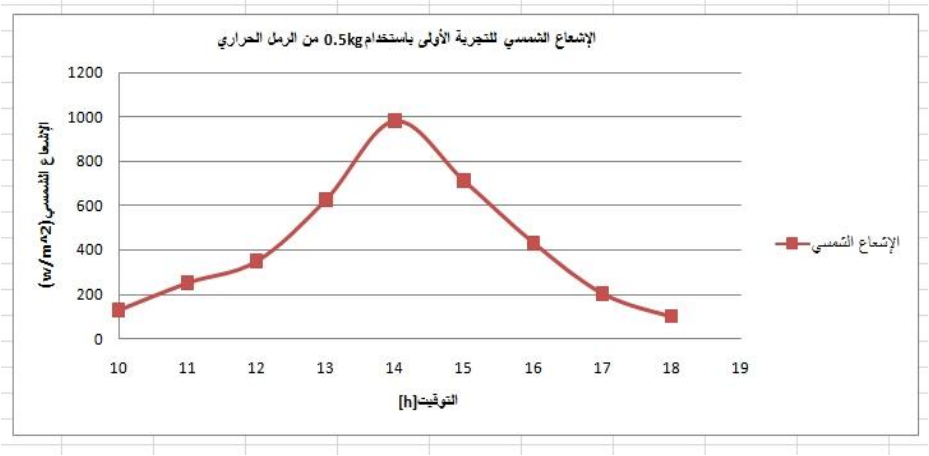
تمت في يوم 19/8/2023 وقد تم تعريض المقطرين المتشابهين للأشعة الشمسية بعد وضع كمية 2.5 Kg من الرمل الحراري الأسود في أحدهما ووضع كمية من الماء قدرها 3.25 Liter في كل من المقطرين ومن ثم تم قياس كل من درجة حرارة الغطاء ودرجة حرارة الماء عند التقطير ودرجة حرارة الوسط المحيط وقيست كذلك الإنتاجية الساعية واليومية للماء المقطر لكل من المقطرين، وذلك من الساعة 8:00 AM حتى الساعة 20:00 PM.

- **تحليل ومناقشة النتائج:**

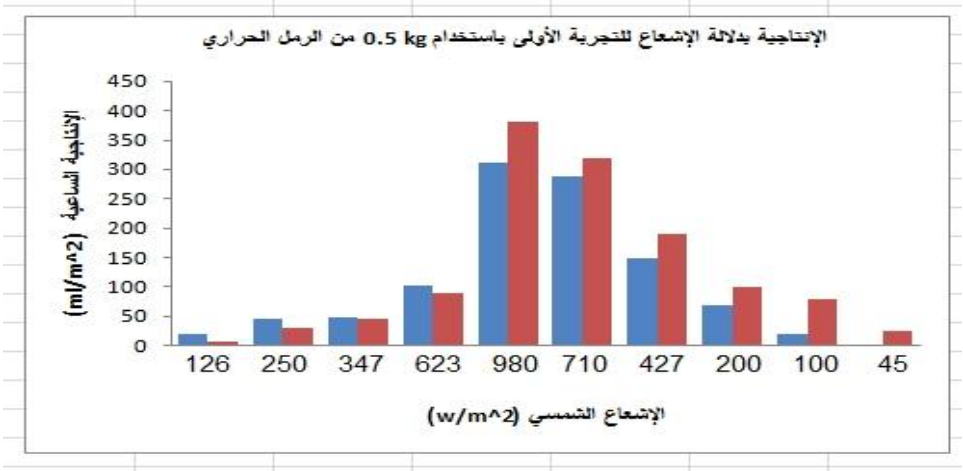
نتائج التجربة الأولى: حالة وجود مقطرين أحدهما يحوي 0.5 Kg رمل وذلك ليوم 4/8/2023.



الشكل (10) تغير الإنتاجية الساعية للمقطر المستخدم للرمل الحراري بمقدار 0.5 Kg. والمقطر (من دون رمل) ليوم 4/8/2023.



الشكل (11) تغير شدة الإشعاع الشمسي ليوم 4/8/2023.



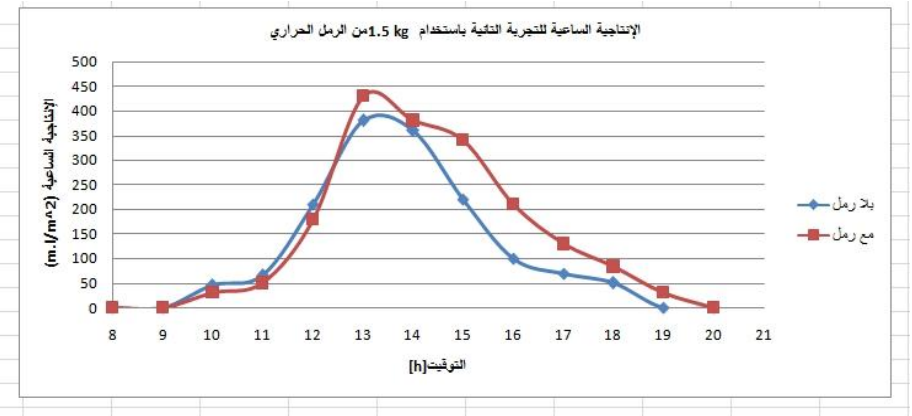
الشكل (12) تغير الإنتاجية الساعية مع الإشعاع الشمسي للمقطرين (مع وبدون رمل) ليوم 4/8/2023.

يبين (الشكل 10) تغير الإنتاجية الساعية للمقطر الشمسي المستخدم للرمل الحراري بمقدار 0.5 Kg والمقطر العادي (من دون رمل) وذلك ليوم 4/8/2023. نلاحظ من الشكل أن إنتاجية المقطر العادي (من دون رمل) تكون أكبر بقليل من إنتاجية المقطر المستخدم للرمل الحراري في فترة الصباح بينما في فترة بعد الظهر، وعند انخفاض درجات الحرارة والإشعاع الشمسي نلاحظ انخفاض واضح في عملية التبخر والتقطير، على عكس المقطر المزود بالرمل الحراري الذي يمتص الطاقة الحرارية ويقوم بتخزينها نهاراً ليعود ويطرحها مجدداً في الماء عند انخفاض درجات الحرارة في الفترات المسائية مما يساهم في استمرار عملية التقطير له إلى ما بعد توقف المقطر العادي(من دون رمل) عن العمل.

ويبين (الشكل 11) تغير شدة الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن من الساعة 10:00 حتى الساعة 18:00 حيث كانت أعلى قيمة إشعاع شمسي 980 W/m^2 عند الساعة الثانية ظهراً، وقد حقق عندها المقطر المستخدم للرمل الحراري بمقدار 0.5 Kg أعلى قيمة للإنتاجية (381 ml/m^2) في حين بلغت أعلى إنتاجية للمقطر دون رمل قيمة (310 ml/m^2)عند نفس قيمة الاشعاع المذكور كما هو واضح في (الشكل 12). هذا وقد بلغت الإنتاجية اليومية للمقطر المستخدم للرمل (1271 ml) بينما كانت للمقطر من دون رمل (1056 ml) وعليه تكون نسبة زيادة الانتاجية لهذه التجربة بسبب وجود الرمل 16.91%.

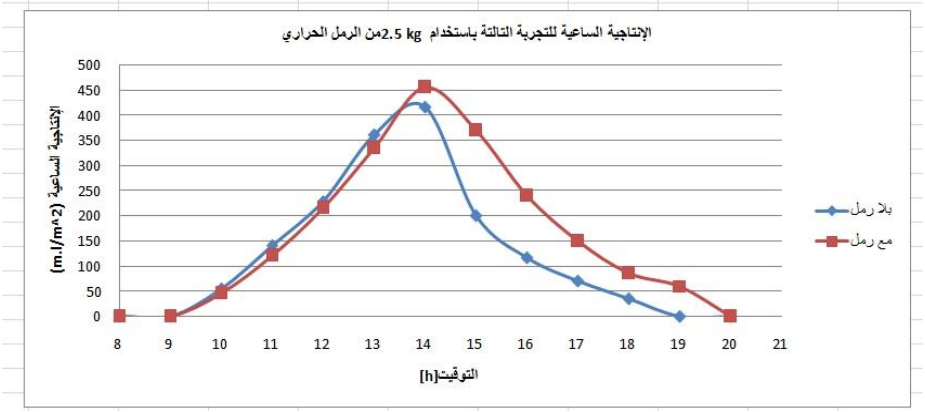
نتائج التجربة الثانية:

حالة وجود مقطرين أحدهما يحوي 1.5 Kg رمل وذلك ليوم 11/8/2023.



الشكل (13 تغير الإنتاجية الساعية للمقطر المستخدم للرمل الحراري بمقدار 1.5 Kg. والمقطر (من دون رمل) ليوم 11/8/2023.

الشكل (14) تغير شدة الإشعاع الشمسي ليوم 11/8/2023.



الشكل (15) تغير الإنتاجية الساعية مع الإشعاع الشمسي للمقطرين ليوم 11/8/2023.

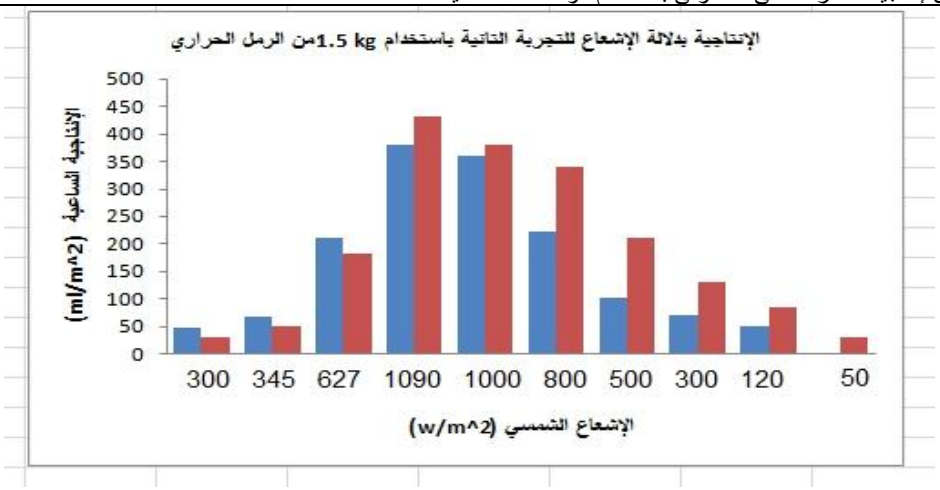
يبين (الشكل 13) تغير الإنتاجية الساعية للمقطر الشمسي المستخدم للرمل الحراري بمقدار 1.5 Kg والمقطر العادي (بدون رمل) وذلك ليوم 11/8/2023 . نلاحظ من الشكل أن إنتاجية المقطر من دون رمل تكون أكبر من إنتاجية المقطر المستخدم للرمل الحراري 1.5 Kg في فترة الصباح (حتى الساعة ١٢ ظهراً) وبعدها نلاحظ انخفاض الانتاجية له بشكل واضح في فترة بعد الظهر عند انخفاض درجات الحرارة والإشعاع الشمسي على عكس المقطر المستخدم للرمل الذي يستمر عمله إلى وقت أطول بسبب تخزين الرمل للحرارة وإعطائه للماء في هذه الفترة .

كما يبين (الشكل 14) تغير شدة الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن من الساعة 10:00 حتى الساعة 18:00 حيث بلغت أعلى قيمة للإشعاع الشمسي $1090\ W/m^2$ عند الساعة الواحدة ظهراً.

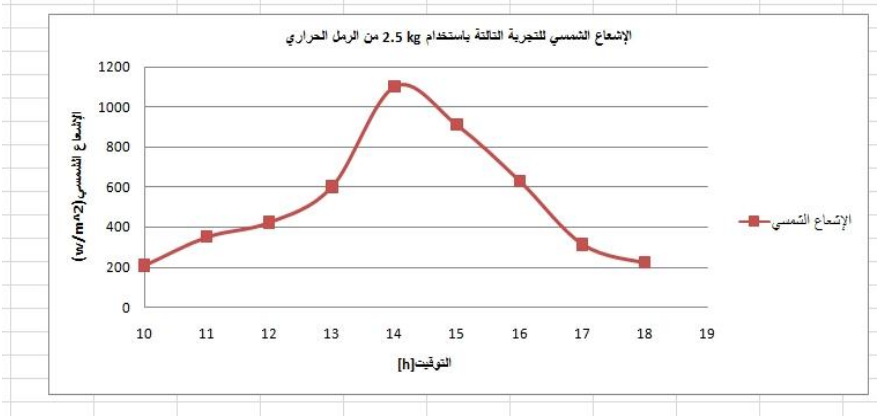
هذا ويبين (الشكل 15) تغير الإنتاجية الساعية للمقطرين بدلالة الإشعاع الشمسي وقد بلغت أعلى قيمة للإنتاجية للمقطر المستخدم للرمل الحراري مقدار $430\ ml/m^2$ عند إشعاع $1090\ W/m^2$ في حين كانت أعلى إنتاجية المقطر العادي (دون رمل) $380\ ml/m^2$ عند نفس قيمة الاشعاع المذكور. هذا وقد بلغت الإنتاجية اليومية للمقطر المستخدم للرمل (1862 ml) بينما كانت للمقطر من دون رمل (1500 ml) وعليه تكون نسبة زيادة الانتاجية اليومية لهذه التجربة بسبب وجود الرمل هي 19.44% أي أكبر من التجربة الأولى وبالتالي فإن زيادة كمية الرمل لعبت دوراً في زيادة الانتاجية.

نتائج التجربة الثالثة:

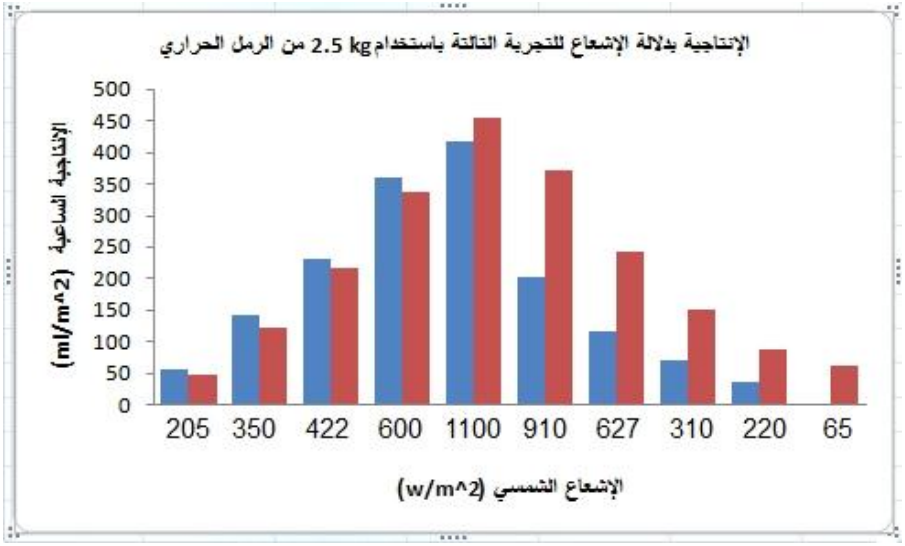
حالة وجود مقطرين أحدهما يحوي 2.5 Kg رمل وذلك ليوم 19/8/2023.



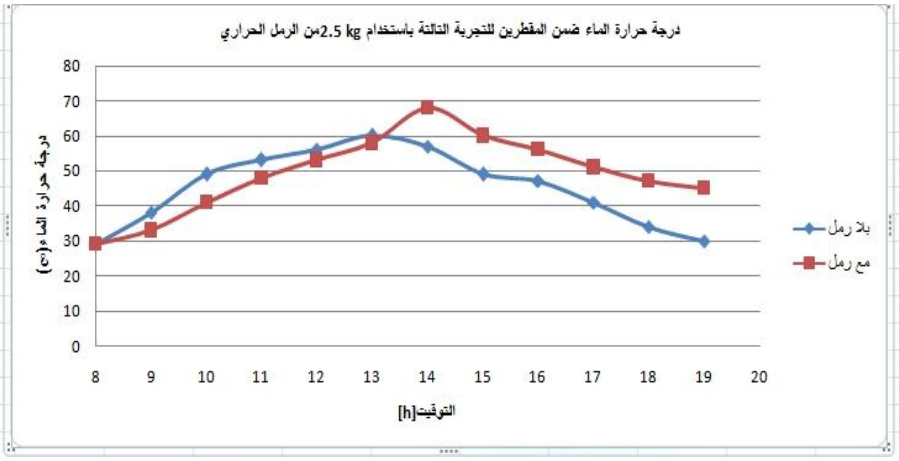
الشكل (16) تغير الإنتاجية الساعية للمقطر المستخدم للرمل الحراري بمقدار 2.5 Kg. والمقطر (من دون رمل) يوم 19/8/2023.



الشكل (17) تغير شدة الإشعاع الشمسي ليوم 19/8/2023.



الشكل (18) تغير الإنتاجية الساعية مع الإشعاع الشمسي للمقطرين ليوم 19/8/2023.



شكل (19) تغير حرارة الماء ضمن المقطرين لأفضل تجربة (2.5 Kg).

يبين (الشكل 16) تغير الإنتاجية الساعية للمقطر الشمسي المستخدم للرمل الحراري بمقدار 2.5 Kg والمقطر العادي (من دون رمل) وذلك ليوم 19/8/2023 حيث يظهر بأن إنتاجية المقطر العادي (من دون رمل) كانت صباحاً أعلى من إنتاجية المقطر المستخدم للرمل الحراري 2.5 Kg والسبب يعود لامتصاص الرمل جزء من الطاقة الحرارية الساقطة على المقطر بحيث يقوم بتخزينها نهاراً وطرحها في فترة بعد الظهر عند انخفاض درجات الحرارة والإشعاع الشمسي، وهذا بدوره يؤدي إلى ازدياد عملية التبخير والتقطير بشكل ملحوظ عن المقطر العادي(من دون رمل) مقارنة مع التجربتين السابقتين أي أن زيادة كمية الرمل الحراري تساهم في زيادة مساحة التقاط الأشعة الشمسية ومضاعفة فترة تخزينها للطاقة مما يساهم في زيادة وقت التقطير وكميته.

يبين (الشكل 17) تغير شدة الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن من الساعة 10:00 حتى الساعة 18:00 حيث بلغت أعلى قيمة للإشعاع الشمسي 1100 W/m^2 عند الساعة الثانية ظهراً، وقد بلغت عندها أعلى انتاجية ساعية للمقطر المستخدم للرمل الحراري 455 ml/m^2 في حين كانت قيمة هذه الانتاجية 416 ml/m^2 للمقطر العادي (دون رمل) عند نفس قيمة هذا الاشعاع كما هو واضح في(الشكل 18). بلغت الإنتاجية اليومية للمقطر المستخدم للرمل بمقدار 2.5 Kg قيمة (2077 ml) بينما كانت للمقطر من دون رمل (1862 ml) وعليه تكون نسبة زيادة في الانتاجية لهذه التجربة بسبب وجود الرمل 21.9%. وعليه نلاحظ أن الإنتاجية اليومية ازدادت بشكل كبير مقارنة مع التجربتين السابقتين المستخدمتان للرمل بكمية 0.5 Kg و 1.5 Kg.

كذلك يبين (الشكل19) بأن درجة حرارة الماء الساعية ضمن المقطر المزود بالرمل الحراري تكون خلال النهار أقل مقارنة مع المقطر العادي (من دون رمل) وذلك حتى الساعة الواحدة ظهراً، بسبب امتصاص الحرارة وتخزينها من قبل الرمل الحراري، أما في فترة بعد الظهر (اعتباراً من الساعة الثانية ظهراً) نلاحظ بأن هذه الدرجة تنخفض بشكل تدريجي في المقطر المستخدم للرمل مقارنة مع درجة حرارة الماء ضمن المقطر بدون رمل، والتي تنخفض بشكل حاد مع انخفاض شدة الاشعاع وغيابه فقد بلغت أعلى درجة حرارة لماء المقطر المزود بالرمل الحراري 68°C عند الساعة الثانية ظهراً في الوقت الذي كانت فيه حرارة ماء المقطر العادي 60°C. كما بلغت درجة حرارة الماء ضمن المقطر المزود بالرمل 48 °C عند الساعة 19:PM في حين كانت في المقطر الآخر 30 °C عند نفس التوقيت، وهذا ما يؤكد بأن

الرمل يعمل كبطارية لتخزين الحرارة الكامنة بحيث يتم طرحها للماء ضمن المقطر عند انخفاض الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الجو المحيط.

الاستنتاجات:

– يملك المجمع الشمسي القطعي وفق التصميم المنفذّ محلياً وبكلفة منخفضة نسبياً ، والمستخدم للرمل الحراري الأسود قيماً كافية لكي يؤدي عمله بمردود جيد في الشروط المناخية للساحل السوري حيث أمكن الوصول من خلال استخدامه إلى مردود 64%.

– أظهرت التجارب التأثير الواضح لاستخدام الرمل الحراري كمادة خازنة ضمن المقطر المنفّذ على إنتاجيته اليومية مقارنة مع عدم استخدام الرمل، فقد بلغت أعلى إنتاجية له ($2077\ ml/m^2$) في حين بلغت هذه الإنتاجية ($1622\ ml/m^2$) للمقطر دون رمل.

– تزداد إنتاجية المقطر المنفّذ بشكل مضطرد مع زيادة كمية (وزن) الرمل الحراري المستخدم حيث كانت أفضل إنتاجية عند استخدام 2.5 Kg رمل حراري.

– بلغت أفضل نسبة زيادة في الإنتاجية بين المقطرين(مع وبدون رمل) 21.9% عند استخدام 2.5 Kg من مادة الرمل.

– تزداد ساعات عمل المقطر الشمسي المزود بالرمل مقارنةً بالمقطر العادي بسبب تخزين الرمل للحرارة وتقديمها للماء في فترة بعد الظهر وهذا ما يؤدي لاستمرار عملية التقطير في فترة انخفاض الإشعاع الشمسي.

– حقق استخدام الرمل الحراري كمادة خازنة فرق في درجة حرارة الماء ضمن المقطرين خلال ساعات العمل بعد الظهر يتراوح بين (١٠ –15°C) حتى الساعة 19:00 PM.

التوصيات:

- إجراء التجارب على المقطر باستخدام مواد أخرى خازنة للحرارة.
- إعادة التجارب مع دراسة تأثير زاوية الميل للمقطر.
- دراسة تأثير غطاء زجاجي ثاني مع فراغ بين الزجاجين.
- تبريد الغطاء الزجاجي عن طريق مياه خارجية.

المراجع:

[1] S.Guemari et R. Touhir, "Contribution a l′ ame′ioration de rendement d′un distillateur solaire serrs" these master Acade′mique, Universite′ de Ouargla, P.12-20, Alge′rie (2015).

[2] Ravishankar Sathyamurthy, A.Muthu Manokar, Swellam W.SharshirF.A. Essa, Ammar H. El sheikh, Experimental study on tubular solar still using Graphene Oxide Nano particles in Phase Change Material (NPCM′s) for fresh water production . Journal of Energy Storage, 28 (2020) 101_104.

[3] A.E. Kabeel, K. Harby, Mohamed Abdelgaied, A. Eisa, Augmentation of a developed tubular solar still productivity using hybrid storage medium and CPC: An experimental approach, Journal of Energy Storage 28 (2020).

[4] Sakthivel M, Shanmugasundaram S, Effect of energy storage medium (black granite gravel) on the performance of a solar still. Energy Res 2008; 32-68-82.

[5] Imad Al-Hayeka , Omar O. Badran , " the effect of using different designs of solar stills on water distillation " Amman, Jordon 2010.

[6] Abo-Hijleh B, Mousa H. Water film cooling cover of a solar still including evaporation effect. Energy, Jordon 2015.

[7] Gopal Nath Tiwari and Hriday Narayan Singh, Solar distillation, History, development and management of water resources – vol II solar distillation .

[8] A.Madhlopa, C. Johnstone, Numerical study of a passive solar still with separate condenser, Renew. Energy 34 (2009) 1668- 1677.

[9] David P. Dewitt, Fundamentals of, Heat and Mass Transfer, 5rd. Ed, John Wiley & Sons, (1984).

[10] B.Bouchekima & B.Gros & R.Ouahes & M.Diboum (performance study of the capillary film solar distiller) Alge ′rie ELSEVIER Deaslination 153 (2002) 65-69.

[11] Holman. J, Heat Transfer, 4th ed. McGraw-Hill, New York (1976).

[12] Welly,J.R . Wicks, C.E and Wilson, R.E, Fundamentals of Montentum, Heat and Mass Transfer, 5rd. ED, John Wiley & Sons, (1984).