مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٨) العدد (٦) ٢٠٢٤
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (8) No. (6) 2024

# دراسة تجريبية لتعزيز إنتاجية مقطر شمسي بسيط باستخدام الآجر الناري

**د. م. منذر سليمان***

**(تاريخ الإيداع ٢٠٢٤/٣/٢٥ . قُبِل للنشر في ٢٠٢٤/٦/١٠ )**

**□ ملخّص □**

تلعب المادة الماصة دور هام في تحسين إنتاجية المقطر الشمسي من خلال قيامها بتخزين الطاقة الحرارية لأشعة الشمس الممتصة، وتقديمها للماء بداخله لاستمرار عملية التبخير في فترات انخفاض درجات حرارة الوسط الخارجي وغياب الإشعاع الشمسي. انطلاقاً من هذه الأهمية تم في هذا البحث إجراء دراسة تجريبية للتحقق من تأثير استخدام مادة الآجر الناري (القرميد الأحمر)– المنخفض التكلفة والمتوفر بشكل واسع 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 أيلول لعام 2023 وذلك من خلال وضع كميات (أوزان) مختلفة من مسحوق مادة الآجر الناري (2.5 kg - 1.5 - 0.5) في أحد المقطرين فقط، وأجريت التجارب في الأيام (9/9/2023 - 6/9/2023 -3/9/2023) 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.

أظهرت التجارب الأثر الواضح لاستخدام الآجر الناري كمادة خازنة للحرارة على تعزيز إنتاجية المقطر من خلال احتفاظه بالحرارة واستمرار عملية التبخير لفترات أطول بعد الظهر، فقد بلغت الإنتاجية في التجارب الثلاثة قيمة أعلى من مثيلاتها التي لم يتم فيها استخدام مادة الآجر. كذلك أظهرت التجارب الأثر الواضح لزيادة كمية المادة الخازنة للحرارة على الإنتاجية فقد حقق استخدام 2.5 kg من القرميد أفضل إنتاجية يومية للمقطر بلغت (2106 ml) مقارنةً مع (1534 ml) في حالة عدم استخدام القرميد، أي بنسبة زيادة في الإنتاجية اليومية قدرها 27.1% وهذا بدوره حقق نسبة كفاءة للمقطر بلغت (64.8%) ، مع فارق بدرجات حرارة الماء ضمن المقطر في فترة بعد الظهر تراوحت بين (21°C- ١٤).

**كلمات مفتاحيه:** المقطر الشمسي، الآجر الناري ، 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 (٨) العدد (٦) ٢٠٢٤
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (8) No. (6) 2024

# An experimental study to enhance the productivity of a simple solar still using red brick

**Dr. Monzer Suleiman***

**(Received 25/3/2024 . Accepted 10/6/2024)**

**□ ABSTRACT □**

The absorbent material plays an important role in enhancing the productivity of the solar still by storing the thermal energy of the absorbed sunlight, and providing it to the water inside it to continue the evaporation process in periods of low external temperatures and the absence of solar radiation. Based on this importance, an experimental study was conducted in this research to verify the effect of using red brick - low cost and widely available in Syria - as a heat storing material on the performance of a simple box solar still. 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 September 2023, by placing different amounts (weights) of red brick (0.5 - 1.5 - 2.5 kg) in one of the distillers only. Experiments were conducted on the day (3/9/2023- 6/9/2023- 9/9/2023) 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 showed the clear effect of using redbrick as a heat storage material on enhancing the productivity of the distillery by retaining heat and continuing the evaporation process for longer periods in the afternoon, Productivity in the three experiments reached a higher value than those in which the brick material was not used.

Experiments also showed the clear effect of increasing the amount of heat-storing material on productivity. Using 2.5 kg of bricks achieved the best daily productivity of the still, which amounted to 2106 ml compared to 1534 ml in the case of not using bricks. That is, an increase in daily productivity of 27.1%, which in turn achieved an efficiency rate for the still of 64.8%, with a difference in water temperatures within the still in the afternoon that ranged between (14 - 21℃).

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

***Assistant professor, Department of Renewable Energy, Faculty of Technical Engineering, Tartous University, Tartous, Syria.

## المقدمة *Introduction*

يتجه العالم المعاصر الآن، ولاسيما في ظل مشكلة نقص المياه الصالحة للشرب عالمياً ومحلياً، إلى البحث في إمكانية استغلال طاقة نظيفة ومتجددة تحل مكان استخدام مصادر طاقات تقليدية مكلفة اقتصادياً للحصول على المياه النظيفة. هنا يبرز دور الطاقة الشمسية التي يمكن استخدامها في الكثير من التطبيقات سواء الحرارية منها او الكهربائية، ولعل عملية التقطير الشمسي تعتبر من أهم الاستخدامات الحرارية للطاقة الشمسية بعد عملية تسخين المياه، فهي تعتبر من أقدم عمليات تحلية المياه في العالم وقد استخدمت هذه العملية لأول مرة في شمال تشيلي في صحراء لاس ساليناس عام 1872 وكان ذلك من خلال استخدام أحواض مغطاة بالزجاج تعمل كمادة ماصة للأشعة الشمسية بحيث يوضع الماء فيها بأعماق قليلة فيتبخر ويتصاعد على طرف السطح الداخلي للزجاج مما يؤدي إلى تكاثفه مباشرة، ليتم جمعه لاحقاً في قناة خاصة بعد أن يكون قد تم تخليصه من الأملاح والشوائب [1].

وقد أصبح من المعلوم بأن تحلية المياه باستخدام أنظمة تعمل بالطاقة الشمسية تعتبر مصدر عملي لإنتاج المياه الصالحة للشرب وخاصة في المناطق النائية التي تعاني من قلة المياه النظيفة الصالحة للشرب وذلك بسبب البنية التحتية المكلفة وبعد تلك المناطق عن شبكة المياه الرئيسية الوطنية، فقد أصبح بإمكان منظومة تقطير شمسي بسيطة أن تكون حل عملي واقتصادي للطلب الحالي والمستقبلي على هذه المياه النظيفة في حال توافرت موارد المياه غير النظيفة (بخاصة المالحة منها) بالإضافة لتوافر كمية إشعاع شمسي مناسبة في تلك المناطق النائية1]..

يعتبر المقطر الشمسي الصندوقي البسيط ذو الميل الواحد 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 سواء من خلال استخدام مواد متعددة خازنة للحرارة أو إجراء تعديلات تتعلق بتصميم المقطر نفسه من أجل تعزيز وتحسين تلك الإنتاجية.

فقد قام الباحث(SRIVASTAVA,P AGRAWAL, ٢٠١٣) [2] بدراسة تضمنت إضافة قطع الموكيت القطني الأسود كمادة ماصة في المقطر، وقد أدت ذلك الإضافة لزيادة في الإنتاجية مقداره ٣٥% في أيام الاشعاع الصافية والغائمة جزئياً، واستعرض الباحث(Imad, Al Hayek, 2010) [3] دراسة تضمنت إضافة مرايا داخلية عاكسة لزيادة الإنتاجية وقد أظهرت النتائج إمكانية تعزيز الإنتاجية باستخدامها بنسبة 17%. 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. كما استعرض الباحث [5] (VELMURUGAN, 2008) وآخرون دراسة تضمنت تنفيذ مقطر شمسي 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 مختلفة أو خارجية للمقطر [6] ،[7] [8]، [9]، [10] كما ركزت بعض البحوث على إضافة لاقط شمسي مسطح وربطه مع المقطر بهدف تحسين إنتاجيته [11]، [12].

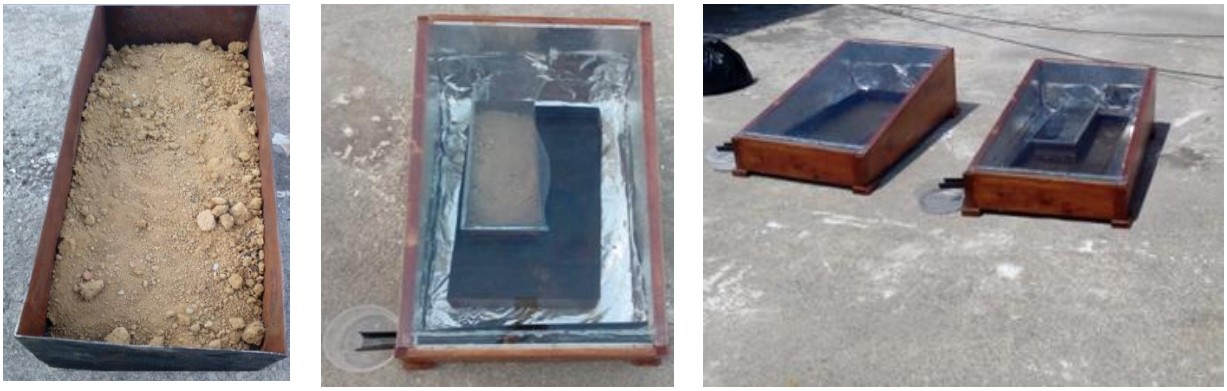
## أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهميّة البحث بأنه يتناول إحدى الطرق المباشرة في استغلال الإشعاع الشمسي الذي تتمتع به سورية بشكل جيد على مدار العام، مستخدمين الطاقة الحرارية الشمسية المتجددة الساقطة في تشغيل مقطر شمسي صندوقي بسيط، وذلك من أجل الحصول على مياه عذبة مناسبة للاستخدام سواءً للشرب أو للري.

كما يهدف البحث إلى إجراء دراسة تجريبية على مقطر شمسي بسيط أحادي الميل لمعرفة أهمية استخدام الآجر الناري الأحمر كمادة ماصة للحرارة في أرضية المقطر، ومدى تأثيرها في تحسين إنتاجيته الساعية واليومية.

## 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) ومعزز كل من حوضهما بجوانبه الأربع بطبقة من السلوفان العاكس للحرارة، ومزودان بغطاء زجاجي شفاف، وبحوض 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 (مسحوق الآجر الناري الأحمر) بكميات مختلفة وبأيام مختلفة من شهر أيلول 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 بمسحوق القرميد والثاني من دون قرميد.**

- **خواص الآجر الناري الحراريالأحمر**

| السعة الحرارية النوعية $C_p$ (kj/kg.k) | عامل التوصيل الحراري λ(w/m.k) | الكثافة ($kg/m^3$) | الإصدارية (الانبعاثية) |
|---|---|---|---|
| 0.8 | 0.23-0.3 | 2800-1500 | 0.9 |

## I – أجزاء المقطر الشمسي الصندوقي البسيط المستخدم ومبدأ عمله:

**المقطر الشمسي البسيط ذو الميل الواحد:** عبارة عن جهاز يستقبل الماء المراد تقطيره، ويتكون 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 الضياعات الحرارية من ماء الحوض إلى الخارج وبالتالي لرفع كفاءة المقطر، وكذلك يجب غلق جوانب الحوض لتقليل تسرب الهواء المشبع بالبخار من الداخل إلى الخارج.

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.

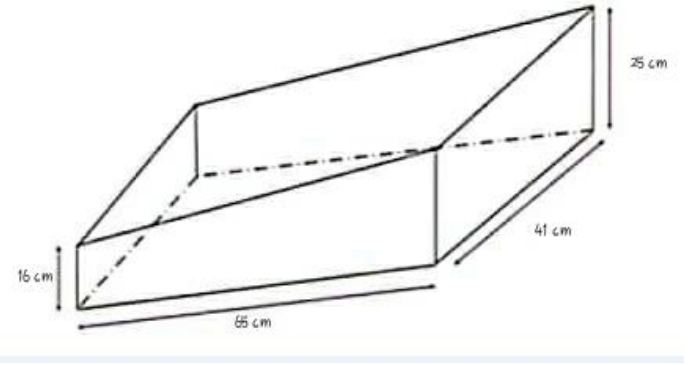
**II- أجزاء المقطر الشمسي الصندوقي المنفّذ:**

**_ 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 °C 16 وفقاً للعديد من الدراسات.




**الشكل (2) الهيكل الخارجي للمقطر المنفذ.**

**2- حوض المقطر:**

مصنوع من الخشب ومزود من جوانبه الأربعة بالسلوفان.

**الشكل (٣) حوض المقطر المعزول بالسلوفان.**

**- 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.

**٤- خزان المادة الماصة في المقطر:**

- مصنوع من الصاج الرقيق و ويكون مغطى بغطاء زجاجي لزيادة تركيز أشعة

طول: [cm] 30- العرض: [cm] 15- الارتفاع: 9

**الشكل (4) خزان الماء وخزان المادة الماصة ضمن المقطرين المنفذين.**

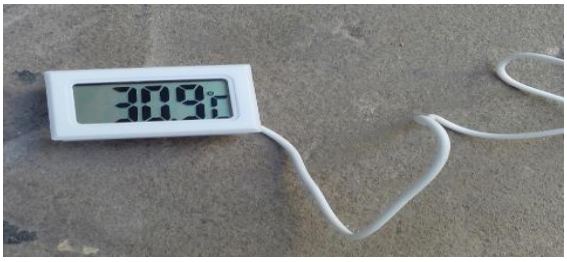
**5 - الغطاء الزجاجي:**

مصنوع من الزجاج العادي المتوفر في السوق. شفاف يسمح بتمرير الأشعة الضوئية، وقد استخدم شريط مطاطي لاصق من أجل تثبيته، ومنع التسرب من وإلى صندوق المقطر. أبعاد الغطاء الزجاجي:

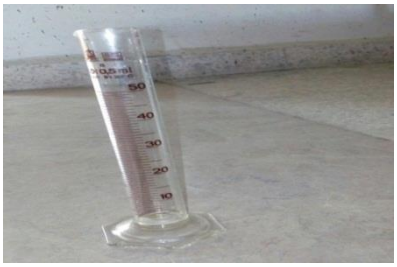
الطول: [cm] 63- العرض: [cm] 40- السماكة: [mm] 4. أما أنبوب تجميع الماء فهو عبارة عن أنبوب بلاستيكي قطره 2.5 cm يكون مثقوب طولياً لتنزل قطرات الماء المتكاثفة على مستوى الأنبوب وتتجمع فيه لتعبر بتجميع الماء المقطر.

**الشكل (5) الغطاء الزجاجي وأنبوب تجميع الماء للمقطرين المنفذين .**

كما يبين (الشكل ٧) مقياس درجة الحرارة الخارجية والغطاء ، ومقياس درجة حرارة السوائل، ويبين(الشكل ٨) مقياس الإشعاع الشمسي مع الأنبوب المدرج .




**الشكل (7) مقياس درجة حرارة السوائل وحساس قياس درجة المحيط الخارجي والغطاء.**



**الشكل (8) جهاز قياس شدة الإشعاع الشمسي والأنبوب المدرج.**

## 4_4 التجارب العملية

بعد تجميع أجزاء المقطرين تم توجيه المقطرين لأشعة الشمس باتجاه الجنوب لزيادة الكسب الحراري، وقد استخدم مقياس(موضح بالشكل) لقياس درجة حرارة الماء الموجود داخل خزان ماء المقطِر ، كما تم استخدام كل من جهاز قياس شدة الإشعاع الشمسي وحساس لقياس كل من درجة حرارة الوسط الخارجي والغطاء الزجاجي.

تم اختيار ثلاث تجارب من مجموعة واسعة من التجارب كل تجربة تضم مقطرين متماثلين، المقطر الأول من دون استخدام مسحوق القرميد الأحمر والمقطر الثاني باستخدام القرميد كمادة ماصة وقد تم اعتماد الأوزان التالية في التجارب [0.5 kg ,1.5 kg, 2.5 kg ] وكانت كمية الماء المستخدمة (3.25 Liter) لكافة التجارب.

تم إجراء التجارب على ثلاث مراحل وثلاث أيام مختلفة من شهر أيلول 2023 وذلك من الساعة (8:00 AM) حتى الساعة (20:00 PM) وفي كل تجربة تم استخدام مقطرين أحدهما بدون مادة القرميد، والآخر معها بأوزان مختلفة عن التجارب الأخرى.

- **التجربة الأولى:**

تمت في يوم 3/9/2023 وقد تم تعريض المقطرين المتشابهين لنفس الظروف الجوية بعد وضع كمية (0.5 kg) من مسحوق الآجر 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 المقطَّر لكل من المقطرين، وذلك من الساعة (8:00 AM) حتى الساعة (20:00 PM).

- **التجربة الثانية:**

تمت في يوم 6/9/2023 وقد تم تعريض المقطرين المتشابهين لنفس الظروف الجوية بعد وضع كمية (1.5 kg) من القرميد 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 المقطَّر لكل من المقطرين، وذلك من الساعة (8:00 AM) حتى الساعة (20:00 PM).

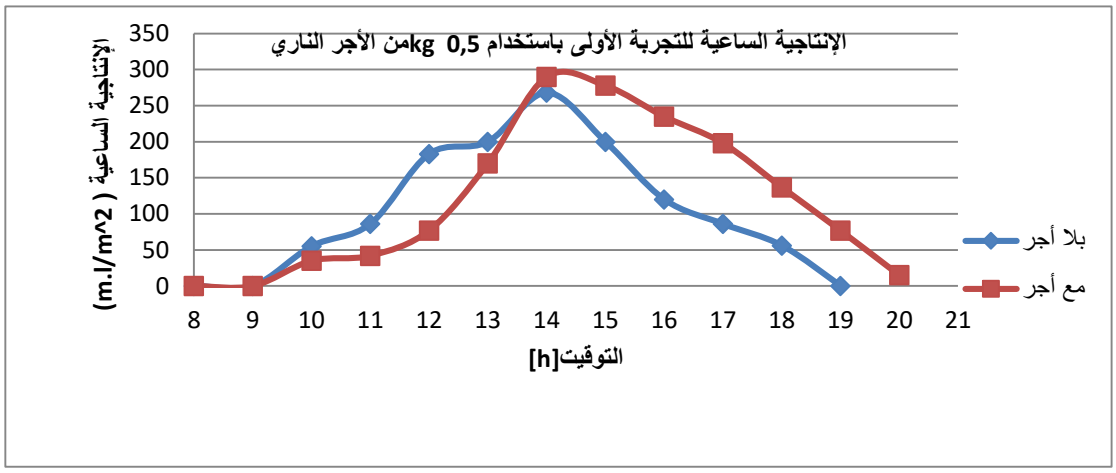
- **التجربة الثالثة:**

تمت في يوم 9/9/2023 وقد تم تعريض المقطرين المتشابهين لنفس الظروف الجوية بعد وضع كمية 2.5 kg من القرميد 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

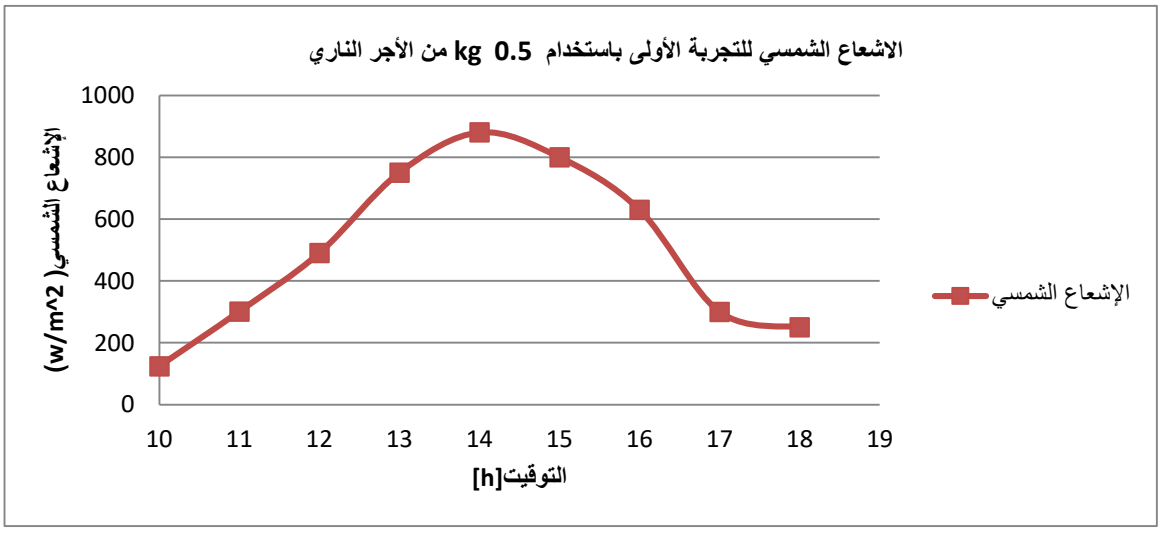
الوسط المحيط وقيست كذلك الإنتاجية الساعية واليومية للماء المقطَّر لكل من المقطرين، وذلك من الساعة 8:00 AM حتى الساعة 20:00 PM.

- **تحليل ومناقشة النتائج:**

**نتائج التجربة الأولى:** حالة وجود مقطرين أحدهما يحوي 0.5 kg من الآجر الناري وذلك ليوم 3/9/2023.




**الشكل (9) تغير الإنتاجية الساعية للمقطر المستخدم للقرميد بمقدار 0.5 Kg والمقطر (من دون قرميد) ليوم 3/9/2023.**




**الشكل (10) تغير الإنتاجية الساعية مع شدة الإشعاع الشمسي للمقطرين (مع وبدون قرميد) ليوم 3/9/2023.**

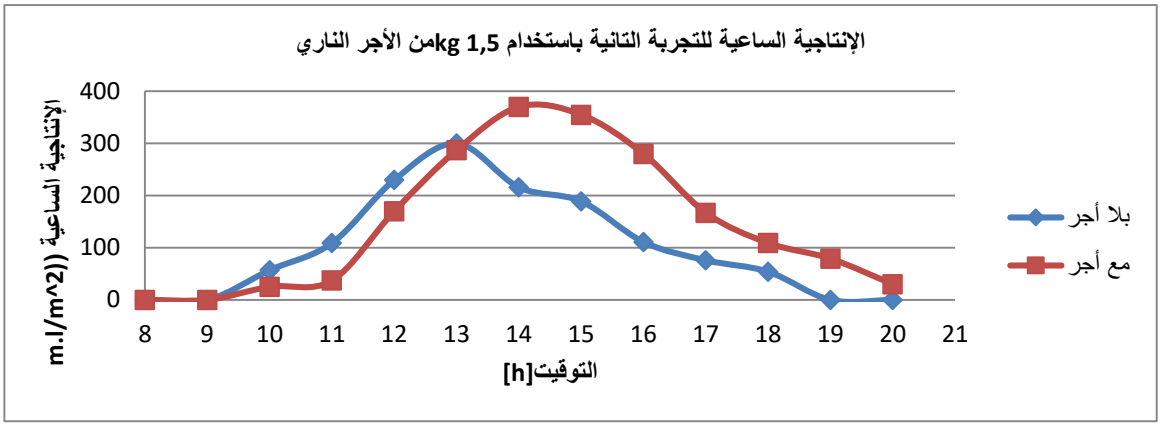
يبين (الشكل 9) تغير الإنتاجية الساعية للمقطر الشمسي المستخدم للقرميد بمقدار 0.5 kg والمقطر العادي (من دون قرميد) وذلك ليوم 3/9/2023. نلاحظ من الشكل أن إنتاجية المقطر العادي ( دون قرميد) تكون أكبر بقليل من إنتاجية المقطر المستخدم للقرميد في فترة الصباح (لعدم مشاركة القرميد بعملية امتصاص

الحرارة) بينما في فترة بعد الظهر، وعند انخفاض درجات الحرارة والإشعاع الشمسي نلاحظ انخفاض واضح في عملية التبخر والتقطير، على عكس المقطر المزود بالقرميد 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 إلى ما بعد توقف عمل المقطر العادي(من دون قرميد).

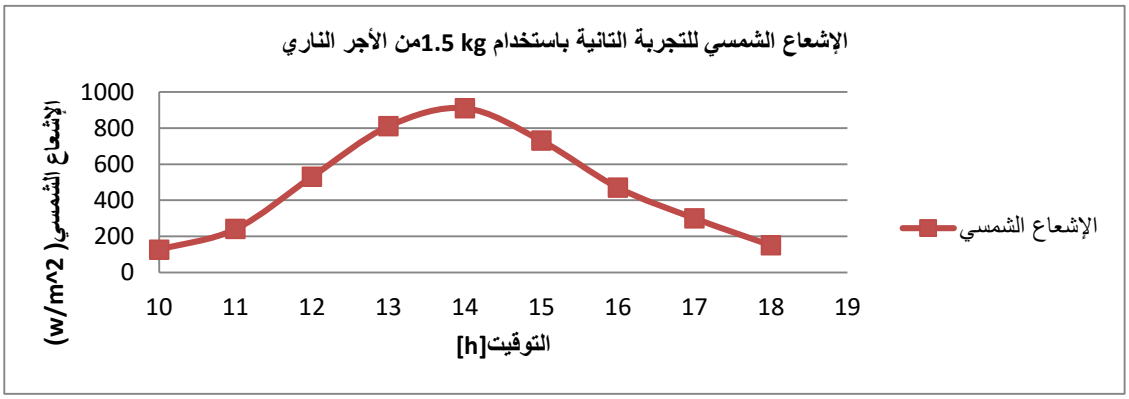
ويبين (الشكل 10) تغير شدة الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن من الساعة (10:00 حتى 18:00) حيث كانت أعلى قيمة إشعاع شمسي ($880\ W/m^2$) عند الساعة الثانية ظهراً، وقد حقق عندها المقطر المستخدم للقرميد بمقدار (0.5 kg) أعلى قيمة للإنتاجية الساعية بلغت (290 ml) في حين بلغت أعلى إنتاجية للمقطر دون القرميد قيمة (268 ml)عند نفس قيمة الاشعاع المذكور. أما الإنتاجية الكلية اليومية للمقطر المستخدم للقرميد فقد بلغت (1554 ml) في حين بلغت قيمة (1254 ml) للمقطر العادي. وعليه تكون نسبة زيادة الانتاجية اليومية لهذه التجربة بسبب وجود القرميد 19.3% مع كفاءة إجمالية للمقطر بلغت 47.8% (الخرج/ الدخل)، علماً بأن كمية الماء المستخدمة للتقطير 3.25 Liter لكافة التجارب.

**نتائج التجربة الثانية:**

حالة وجود مقطرين أحدهما يحوي 1.5 kg قرميد وذلك ليوم 6/9/2023.




**الشكل (11) تغير الإنتاجية الساعية للمقطر المستخدم للقرميد بمقدار 1.5 Kg. والمقطر( دون قرميد) ليوم 6/9/2023.**

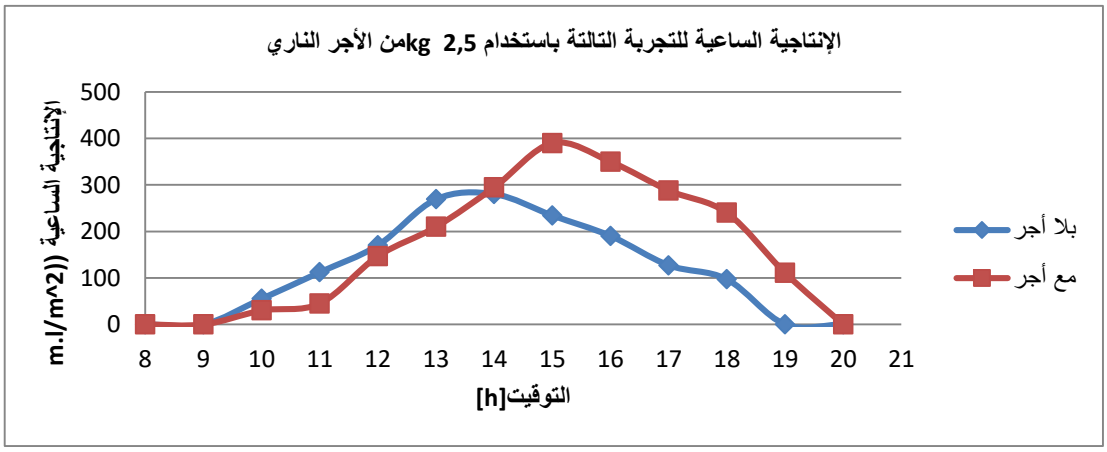



**الشكل (12) تغير شدة الإشعاع الشمسي ليوم 6/9/2023.**

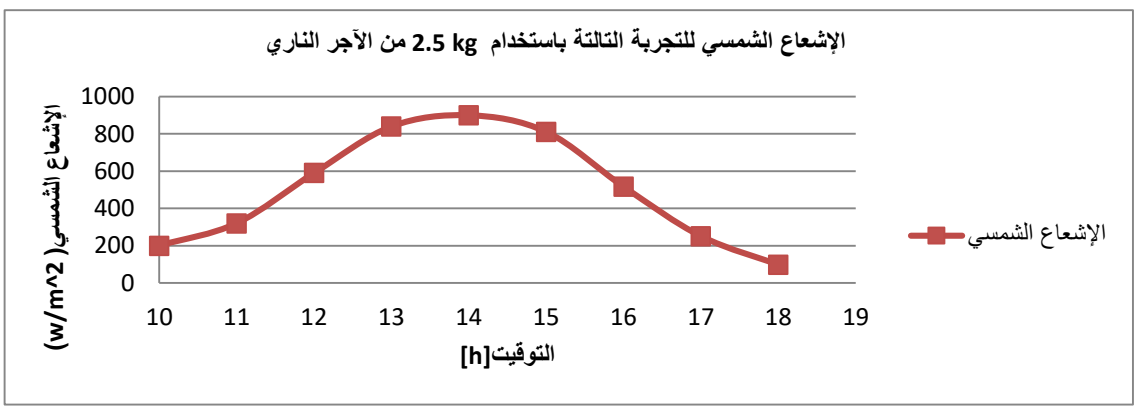
يبين (الشكل 11) تغير الإنتاجية الساعية للمقطر الشمسي المستخدم للقرميد بمقدار (1.5 kg) والمقطر العادي (بدون قرميد) وذلك ليوم 6/9/2023 . نلاحظ من الشكل أن إنتاجية المقطر من دون قرميد تكون أكبر من إنتاجية المقطر المستخدم للقرميد الحراري (1.5 kg) في فترة الصباح (حتى الساعة ١٣ ظهراً تقريباً) وبعدها نلاحظ انخفاض الانتاجية له بشكل واضح في فترة بعد الظهر عند انخفاض درجات الحرارة والإشعاع الشمسي على عكس المقطر المستخدم للقرميد الذي تزداد إنتاجيته بشكل واضح منذ الساعة الثانية بعد الظهر ويستمر عمله إلى وقت أطول مساءً بسبب تخزين القرميد للحرارة وشحنه للماء في هذه الفترة. كما يبين (الشكل 12) تغير شدة الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن من الساعة [10:00 حتى 18:00] حيث بلغت أعلى قيمة للإشعاع الشمسي 910 $W/m^2$ عند الساعة الثانية ظهراً، وقد حقق عندها المقطر المستخدم للقرميد إنتاجية ساعية عليا بلغت مقدارها 370 ml في حين كانت أعلى إنتاجية المقطر (دون قرميد) 216 ml عند نفس قيمة الاشعاع المذكور. إلا أن الأثر الواضح لاحتفاظ المادة الخازنة للحرارة (القرميد)، وخصوصاً لفترات أطول مساءً، يظهر من خلال الإنتاجية الكلية اليومية للمقطر المستخدم للقرميد والتي بلغت(1909 ml) بينما كانت للمقطر من دون قرميد (1342 ml) وعليه تكون نسبة الزيادة في الانتاجية اليومية لهذه التجربة هي(29.7%) مع كفاءة إجمالية للمقطر بلغت (58.7%) أي أكبر من التجربة الأولى وبالتالي فإن زيادة الكمية لعبت دوراً في تعزيز زيادة الانتاجية.

**نتائج التجربة الثالثة:**

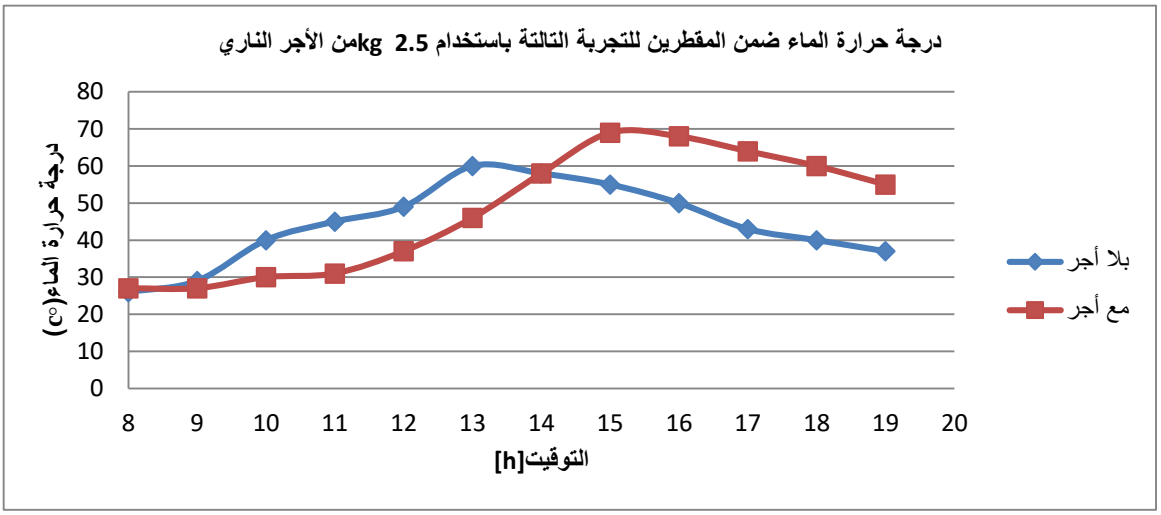
حالة وجود مقطرين أحدهما يحوي 2.5 kg قرميد وذلك ليوم 9/9/2023.




**الشكل (13) تغير الإنتاجية الساعية للمقطر المستخدم للقرميد بمقدار 2.5 Kg والمقطر ( دون قرميد) يوم 9/9/2023.**



**الشكل (14) تغير شدة الإشعاع الشمسي ليوم 9/9/2023.**




**الشكل (15) تغير درجة حرارة الماء ضمن المقطرين لتجربة (2.5 Kg).**

يبين (الشكل 13) تغير الإنتاجية الساعية للمقطر الشمسي المستخدم للقرميد بمقدار 2.5 kg والمقطر العادي (من دون قرميد) وذلك ليوم 9/9/2023 حيث يظهر بأن إنتاجية المقطر العادي (دون قرميد) كانت صباحاً أعلى من إنتاجية المقطر المستخدم للرمل الحراري (2.5 kg) والسبب يعود لامتصاص القرميد 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 قرميد) مقارنة مع التجربتين السابقتين أي أن زيادة كمية القرميد تساهم في زيادة نسبة التقاط الأشعة الشمسية ومضاعفة فترة تخزينها للطاقة، مما يساهم في زيادة وقت عملية التبخير وكميته.

يبين (الشكل 14) تغير شدة الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن من الساعة 10:00 حتى الساعة 18:00 حيث بلغت أعلى قيمة للإشعاع الشمسي 900 $W/m^2$ عند الساعة الثانية بعد الظهر، نلاحظ من (الشكل ١٣) الأثر الواضح والفعّال للمادة الماصة من خلال استمرار تخزينها للحرارة وتحقيق إنتاجية أعلى (الساعة الثالثة بعد الظهر)عند فترات إشعاع شمسي قيمتها (811 $W/m^2$) أقل من القيمة العليا للإشعاع في ذلك اليوم، فقد بلغت أعلى إنتاجية ساعية للمقطر المستخدم للقرميد قيمة مقدارها (390 ml) عند قيمة الاشعاع المذكورة، في حين بلغت كانت هذه الانتاجية (234 ml) للمقطر العادي (دون قرميد) عند نفس قيمة هذا الاشعاع، بينما بلغت الإنتاجية الكلية اليومية للمقطر المستخدم للقرميد قيمة (2106 ml) في حين كانت للمقطر من دون قرميد (1534 ml)، وعليه تكون نسبة الزيادة اليومية في الانتاجية لهذه التجربة بسبب وجود القرميد 27.1% مع كفاءة إجمالية للمقطر تبلغ 64.8%.

نلاحظ أن الإنتاجية اليومية ازدادت مقارنة مع التجربتين السابقتين المستخدمتان للقرميد بكمية 0.5 kgوكمية 1.5 kg وبالتالي نستطيع القول بأن إنتاجية المقطر الكلية اليومية تزداد مع زيادة كمية المادة الماصة، بالرغم من تفاوت قيم الانتاجية الساعية لكل تجربة عند استخدام مادة خازنة للحرارة من عدمه.

كذلك يبين (الشكل15) بأن درجة حرارة الماء الساعية ضمن المقطر المزود بالقرميد تكون خلال النهار أقل مقارنة مع المقطر العادي (من دون قرميد) وذلك حتى الساعة الثانية بعد الظهر تقريباً، بسبب استمرار

القرميد في اكتساب الحرارة وتخزينها، إلا أنه في فترة بعد الظهر (اعتباراً من الساعة الثانية ظهراً) نلاحظ بأن هذه الدرجة تنخفض بشكل تدريجي وبطيء في المقطر المستخدم للقرميد مقارنة مع انخفاضها السريع والواضح ضمن المقطر بدون قرميد، أي مع انخفاض شدة الاشعاع وغيابه، فقد بلغت أعلى درجة حرارة للماء المقطر المزود بالقرميد 69°C عند الساعة 15:PM، في حين بلغت هذه الدرجة في المقطر العادي قيمة 55°C عند نفس التوقيت، كذلك بلغت درجة حرارة الماء هذه 55 °C عند الساعة 19:PM ضمن المقطر المزود بالقرميد، في حين كانت ضمن المقطر الآخر العادي 37 °C عند نفس التوقيت، وهذا ما يؤكد بأن القرميد يعمل كبطارية لتخزين الحرارة الكامنة، يقوم لاحقاً بتقديمها للماء ضمن المقطر عند انخفاض الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الجو المحيط مما يؤدي لاستمرار عملية التقطير مدة أطول.

**الاستنتاجات:**

١- يتميز المقطر الشمسي المنفذّ محلياً، بفعالية عالية وبكلفة منخفضة نسبياً لكي يؤدي عمله في الشروط المناخية للساحل السوري.

٢- أظهرت التجارب التأثير الواضح لاستخدام القرميد كمادة خازنة ضمن المقطر على إنتاجيته اليومية مقارنة مع عدم استخدام القرميد، فقد بلغت أعلى إنتاجية يومية له عند استخدام (2.5 kg) قرميد (2106 ml) في حين بلغت قيمة هذه الإنتاجية (1534 ml) للمقطر العادي بدون القرميد.

٣- تزداد كفاءة المقطر المنفّذ بشكل مضطرد مع زيادة كمية (وزن) القرميد المستخدم، وقد تحققت أفضل إنتاجية عند استخدام (2.5 kg) قرميد وبلغت (64.8%).

٤- تزداد ساعات عمل المقطر الشمسي المزود بالقرميد في فترة بعد الظهر مقارنةً بالمقطر العادي، بسبب تخزين القرميد للحرارة وتقديمها للماء في فترات الاشعاع المنخفض، مما يؤدي لاستمرار عملية التبخير لساعات أطول وبإنتاجية أفضل.

٥- حقق استخدام القرميد كمادة خازنة عند وزن (2.5 kg) فرق في درجة حرارة الماء ضمن المقطرين، خلال ساعات العمل بعد الظهر ( من الساعة ١٥:٠٠ حتى الساعة 19:00 PM) زيادة تراوحت بين ( 21°C- ١٤).

**التوصيات:**

١- إجراء التجارب على المقطر باستخدام مواد أخرى خازنة للحرارة وفي أشهر مختلفة من السنة.

٢- إعادة التجارب مع دراسة تأثير بارامترات أخرى (زاوية ميل المقطر- إضافة غطاء زجاجي ثاني...).

٣- ضرورة إجراء تحليل للماء المقطر لمعرفة مدى صلاحيته للشرب.

## المراجع:

**[1]** S. Guemari et R. Touhir," contribution a l amerioration de rendement d un distillateur solarie serre" these master academique, University de Ouargla, P.12-20, Algerie(2015)".

**[2]** Srivastava. P, Agrawal S. Winter and summer performance of single sloped basin type solar still integreded with extended porous fins. Desalination.2013;319:73-8.

**[3]** Imad Al-Hayeka , Omar O.Baderan," the effect of using different design of solar stills on water distillation" Amman, Jordan 2010.

**[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).