مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (10) العدد (10) 2026

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (10) No. (10) 2026

دراسة تجريبية لتأثير استخدام حجر البازلت والصوف الزجاجي على إنتاجيّة مقطّر شمسي بسيط

أ.د. عدنان عمران*

د. منذر سليمان**

م. مايا جبور***

(تاريخ الإيداع 2026/2/15 . قُبِل للنشر في 2026/5/10)

□ ملخّص □

تم في هذا البحث إجراء دراسة تجريبية لتأثير استخدام حجر البازلت على أداء مقطر شمسي بسيط، وكذلك معرفة أثر استخدام مادة عازلة (الصوف الزجاجي) في قاعدة وجوانب المقطر في تحسين إنتاجيته.

أظهرت نتائج البحث التجريبية أن استخدام 1Kg من الحجر في المقطر أدى إلى تحسين في إنتاجيته اليومية، والسبب يعود لامتصاص الحجر جزء من الطاقة الحرارية الساقطة على المقطر بحيث يقوم بتخزينها نهاراً وطرحها فترة بعد الظهر، حيث بلغت نسبة الزيادة في الإنتاجية للمقطر المزود بمقدار 1Kg من حجر البازلت مقارنة بالمقطر بدون حجر 37.26%، ونسبة 25.35% عند استخدام 2Kg و19.11% عند استخدام 3Kg، حيث ساهمت الزيادة في تخفيض الإنتاجية مقارنةً مع التجربة الأولى لأنها تجعل الصفيحة الماصة أقل عرضة لامتصاص الإشعاع الشمسي نتيجة تزاحم أحجار البازلت.

كما أظهرت النتائج أن تطبيق العزل على أحد المقطرين أدى إلى زيادة في الإنتاجية مقارنة بالمقطر بدون عزل 43.19%، والسبب يعود لوجود الصوف حيث يمنع الحرارة من التسرب عبر الجدران والأرضية للوسط المحيط، الأمر الذي جعل عملية التقطير أكثر كفاءة.

الكلمات المفتاحية: المقطر الشمسي البسيط، حجر البازلت، الصوف الزجاجي، إنتاجية المقطر.

* أستاذ في كلية الهندسة التقنية، قسم هندسة تقانات الطاقات المتجددة، جامعة طرطوس، طرطوس – سوريا.

** أستاذ مساعد في كلية الهندسة التقنية، قسم هندسة تقانات الطاقات المتجددة، جامعة طرطوس، طرطوس – سوريا.

** * طالبة دراسات عليا ماجستير في كلية الهندسة التقنية، قسم هندسة تقانات الطاقات المتجددة، جامعة طرطوس، طرطوس – سوريا.

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (10) العدد (10) 2026

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (10) No. (10) 2026

An experimental study of the effect of basalt stone and glass wool on the productivity of a simple solar still

Dr. Adnan Omran*
Dr. Monzer Suleiman**
Eng. Maya Jabbour***

(Received 15/2/2026. Accepted 10/5/2026)

□ ABSTRACT □

This research conducted an experimental study to investigate the effect of using basalt stone on the performance of a simple solar still, as well as to determine the effect of using an insulating material (glass wool) on the base and sides of the still on improving its productivity.

experimental research results showed that using 1Kg of basalt stone led to an improvement in daily productivity, the reason is that the stone absorbs part of the thermal energy falling on the still, storing it during the day and releasing it in the afternoon, the increase in productivity for the still supplied with 1kg of basalt stone compared to the still without the stone was 37.26% and 25.35% when using 2Kg and 19.11% when using 3Kg, where the increase in percentage contributed to reducing productivity compared to the first experiment because it makes the absorbing plate less susceptible to absorbing solar radiation as a result of the crowding of basalt stones.

The results also showed that applying insulation to one of the distillers led to 43.19% increase in productivity compared to the distiller without insulation, this is due to the presence of wool, which prevents heat from escaping through the walls and floor to the surrounding environment, this made the distillation process more efficient.

Keywords: Simple solar still, basalt stone, glass wool, still productivity.

*Professor at Faculty of Technical Engineering, Renewable energy technology engineering, Tartous University, Syria.

**Assistant Professor at Faculty of Technical Engineering, Renewable energy technology engineering, Tartous University, Syria.

***Postgraduate student, Faculty of Technical Engineering, Renewable energy technology engineering, Tartous University, Syria.

1- المقدمة:

يمثل الماء القاعدة الأساسية التي تقوم عليها الحياة فوق الأرض حيث تعد نسبة الماء في جسم الإنسان 70% وعلى سطح الكرة الأرضية 71% إلا أن 96.54% مياه مالحة و 2.53% مياه عذبة وفقط 0.36% من المياه العذبة المتاحة مباشرة للناس وهذه من معضلات العصر الحالي, وتعتبر سورية واحدة من الدول التي تعاني من نقص المياه الصالحة للشرب مما يستوجب البحث عن بدائل يمكن معها تأمين الحاجة المتزايدة من المياه. وهنا يأتي دور الطاقة الشمسية النظيفة والغير مكلفة نسبياً لتعالج مشاكل كثيرة في الدول ولاسيما التي تتميز بشدة إشعاع شمسي جيدة من خلال الكثير من تطبيقاتها التي يمكن لها أن تستغل هذه الطاقة، ولعل عملية التقطير الشمسي هي واحدة من تلك التطبيقات المفيدة التي يمكن من خلالها معالجة المياه المالحة وتحويلها إلى مياه نقية صالحة للشرب والري. ويعتبر المقطر الشمسي البسيط من أكثر المقطرات التي تستخدم الطاقة الشمسية من أجل للحصول على المياه العذبة وذلك لبساطته وسهولة تصنيعه وانخفاض كلفته (George,2019).

أجريت الكثير من الأبحاث بهدف تحسين إنتاجية المقطر الشمسي البسيط، حيث قام الباحث (Diabil,2022) بإجراء مقارنة بين طريقتين لزيادة إنتاجية المقطر الشمسي وقد استخدم طريقتين، الطريقة الأولى تم استخدام رقائق الألمنيوم التي يتم لصقها على الجدران الداخلية للمقطر الشمسي والطريقة الثانية تم زيادة مساحة سطح التبخر عن طريق إدخال كرات سوداء من الفولاذ المقاوم للصدأ بأقطار مختلفة في الحوض، تم اختيار كرات بقطرين 5mm و10mm، أظهرت النتائج أن إنتاجية المقطر ذو الكرات ذات القطر 10mm أعلى من إنتاجية مقطر شمسي تقليدي بنسبة 38.07%، وأن القيم المقابلة للمقطرات ذات الكرات التي يبلغ قطرها 5mm مع رقائق الألمنيوم هي 31.4% و 14.87% على التوالي. كما قام الباحث (Hameed,2023) بإجراء دراسة رقمية لزيادة إنتاجية المقطر الشمسي من خلال إنشاء تصميم جديدة للقاعدة الماصة لزيادة مساحة سطح التبخير، حيث تم استخدام أشكال هندسية مختلفة في التشكيل والحجم من الفولاذ المقاوم للصدأ لمعرفة إنتاجية كل من هذه الأشكال، أدى استخدام المادة الماصة المذكورة بشكل مخروطي داخل المقطر إلى إنتاجية بلغت $4.13\ Kg/m^2$ وحرارة قصوى للمياه بلغت $72.9\ C^o$ بينما بلغت هذه الإنتاجية للمقطر الشمسي البسيط$2.98Kg/m^2$ وحرارة قصوى للمياه $63.6\ C^o$.

وكذلك قام الباحث (Krishnan,2023) وآخرون بإجراء مقارنة بين مقطر شمسي بسيط ومقطر شمسي مزوّد بمواد ماصة للحرارة (رمل وتراب وشمع البارافين) بكميات محددة مسبقاً للتحقق من زيادة سعة تخزين الحرارة للمقطر الشمسي، أدى استخدام (التراب والرمل وشمع البارافين) مجتمعة كمادة ماصة للحرارة إلى زيادة كبيرة في كفاءة المقطر الشمسي بالمقارنة مع المقطر الشمسي البسيط، كما أن الإنتاجية اليومية لكل من المقطر الشمسي البسيط والمقطر المزود بمواد ماصة حرارية $3.77Kg/m^2$ و $5.52Kg/m^2$ على التوالي.

كما قام الباحث (Mevada,2022) وآخرون، بدراسة تأثير إضافة الكرات الزجاجية ذات اللون الأسود (BCGB) والجرانيت الأسود (BG) وحجر الرخام الأبيض (WMS) بكميات متساوية على إنتاجية المقطر الصندوقي حيث عملت على تعزيز تبخر الماء أثناء النهار وإطلاق الحرارة أثناء الليل، كما بلغت الإنتاجية اليومية لكل من المقطر الشمسي البسيط والمقطر المزود بمواد تخزين الحرارة $1.4Kg/m^2$ و $2.5\ Kg/m^2$ على التوالي. بينما أجرى (Mohan, 2017) تجربة على المواد المستخدمة لتخزين الطاقة و قد أدت مواد التخزين إلى زيادة الاحتفاظ بالحرارة داخل المقطر الشمسي وضمنت استمرار الإنتاجية ليلاً، وكذلك استعرض الباحث (Sahu,2024) وآخرون دراسة تضمنت مقارنة بين أداء مقطر شمسي ذو ميل واحد مع وبدون استخدام سوائل نانوية، وتضمنت الدراسة فحص

هذه السوائل وتحديداً أكسيد الزنك وأكسيد السيلكون، ومزيج من أكسيد الزنك والسيلكون لتقييم خصائصها عند عمق ماء مختلف، أظهرت النتائج أن المقطرات التي لا تحتوي على سوائل نانوية بلغت كفاءتها القصوى 20.14%، بينما كانت هذه الكفاءة للمقطرات التي تستخدم أكسيد السيلكون، ومزيج من أكسيد السيلكون والزنك، وأكسيد الزنك 22.53% و25.24% و29.50% على التوالي وذلك عند التشغيل على عمق 0.5cm من الماء و تركيز 1g من السوائل النانوية.

كما قام الباحث (Yosef, 2019) وآخرون بإجراء دراسة تجريبية لتحسين أداء مقطر شمسي ذو ميل واحد باستخدام حوض حراري مزود بزعانف وتدية أسطوانية مجوفة، تمت المقارنة بين ثلاث حالات: الحالة (1) مقطر شمسي بسيط بدون إضافات، والحالة (2) مقطر شمسي مزود بمادة (PCM)، والحالة (3) مقطر شمسي مزود بزعانف دبوسية أسطوانية مجوفة مدمجة مع مادة PCM)، أظهرت النتائج أن استخدام مادة (PCM) في المقطر يخفض من إنتاجيته في النهار بنسبة 7% مع تعزيز إنتاجيته في الليل بنسبة 400% مقارنةً بعدم وجود مادة (PCM)، وأن إجمالي العائد اليومي المتراكم من المياه العذبة الحالة (3) كانت أكبر من الحالة (1) و (2) بنسبة 17% و 7% على التوالي.

1-1- أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في أنه يتناول إحدى الطرق المباشرة في استثمار طاقة الإشعاع الشمسي التي تتمتع به سورية بشكل جيد على مدار العام، بحيث يمكن استغلال هذه الأشعة الساقطة في تشغيل مقطر شمسي صندوقي بسيط ذو ميل واحد للحصول على المياه العذبة الصالحة للشرب أو الري.

كما يهدف البحث إلى معرفة مدى تأثير استخدام الحجر البازلتي والصوف الزجاجي على إنتاجية المقطر ونوعية المياه العذبة الناتجة عن عملية التقطير.

2- طرائق البحث ومواده:

تم في هذا البحث اعتماد المنهج التجريبي للحصول على النتائج، لذلك تم تصنيع مقطرين شمسيين صندوقيين متماثلين، أبعاد كل منهما (cm 25*41* 65) ومعزول كل من حوضيها بجوانبه الأربع بطبقة من هيدرات السليلوز، ومزودان بغطاء زجاجي شفاف، وبحوضين للماء المراد تقطيره، كما في (الشكل 1). وقد تم تزويدهما بحساسات حرارية لقياس درجة حرارة الماء داخل كل منهما، ودرجة حرارة الوسط المحيط، وكذلك استخدم مقياس لتحديد قيمة الإشعاع الشمسي في الأيام المدروسة ومقياس حجم الماء المقطر الناتج. بالتجربة الأولى تم تزويد أحد المقطرين بالمادة الخازنة للحرارة (حجر البازلت) بمقدار (1Kg) في يوم 7/7/2025، بينما في التجربة الثانية تم تزويد أحد المقطرين بمقدار (2Kg) في يوم 11/7/2025، وفي التجربة الثالثة تم تزويد أحد المقطرين بمقدار (3Kg) في يوم 13/7/2025 وذلك من أجل المقارنة. بينما في التجربة الرابعة تم عزل أحد المقطرين من الجوانب الخارجية والقاعدة بالصوف الزجاجي ووضع كمية (1Kg) من حجر البازلت بينما تم تزويد المقطر الثاني بالماء فقط في يوم 20/7/2025، كما في (الشكل 4). تم إجراء التجارب على المقطرين في نفس الظروف المناخية لمدينة طرطوس، وباستخدام مياه بئر ارتوازية متوسطة الملوحة.



الشكل (1): المقطرين الشمسيين المصنعين أحدهما مزود بمقدار 1kg من حجر البازلت والآخر بدون حجر البازلت.



الشكل (2): المقطرين الشمسيين المصنعين أحدهما مزود بمقدار 2kg من حجر البازلت والآخر بدون حجر البازلت.



الشكل (3): المقطرين الشمسيين المصنعين أحدهما مزود بمقدار 3kg من حجر البازلت والآخر بدون حجر البازلت.



الشكل (4): المقطرين الشمسيين المصنعين أحدهما معزول بالصوف الزجاجي ومزود بمقدار 1kg من حجر البازلت والآخر بدون حجر البازلت وغير معزول.

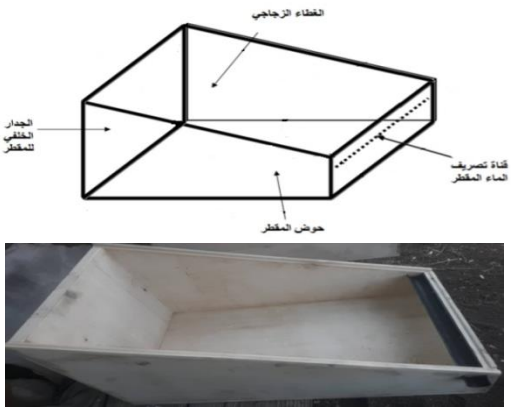
2-1- أجزاء المقطر الشمسي البسيط الذي تم تنفيذه:

- الهيكل الخارجي:

يتم تصنيع الهيكل الخارجي وجميع جوانبه من مادة عازلة (الخشب)، أما الغطاء فهو من الزجاج كما هو موضح في (الشكل 5), وأبعاد الهيكل موضحة بالجدول (1).

الجدول (1): أبعاد الصندوق الخشبي.

أبعاد الصندوق الخشبي	القيمة
الطول	65 [cm]
العرض	41 [cm]
القاعدة	2665 [cm^2]
الارتفاع الخلفي	25 [cm]
الارتفاع الأمامي	16 [cm]
زاوية الميل	16º
سماكة الخشب	2 [cm]



الشكل (5): الهيكل الخارجي للمقطر المنفذ.

- حوض المقطر:

مصنوع من الخشب، ومعزول من جوانبه الأربعة بطبقة هيدرات السليلوز، كما هو موضح في (الشكل 6).



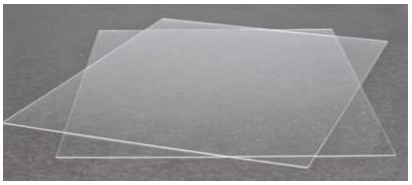
الشكل (6): حوض المقطر المعزول بالسلوفان وخزان الماء ضمن المقطرين.

- الغطاء الزجاجي:

مصنوع من الزجاج العادي المتوفر في السوق، ويكون شفاف يسمح بتمرير الأشعة الضوئية، كما هو موضح في (الشكل 7) وأبعاده مدوّنة في الجدول (2).

الجدول (2): أبعاد الغطاء الزجاجي.

أبعاد الغطاء الزجاجي	القيمة
الطول	60 [cm]
العرض	40 [cm]
السماكة	5 [mm]



الشكل (7): الغطاء الزجاجي للمقطر المنفذ.

- خزان الماء ضمن المقطر:

مصنوع من الصاج الرقيق المطلي باللون الأسود، كما هو موضح في (الشكل8) ، وأبعاده مدوّنة في الجدول (3).

الجدول (3): أبعاد خزان الماء ضمن المقطر.

أبعاد خزان الماء ضمن المقطر	القيمة
الطول	45 [cm]
العرض	25 [cm]
المساحة	1125 [cm^2]
الارتفاع	7 [cm]
السماكة	2 [mm]



الشكل (8): خزان الماء ضمن المقطر المنفذ.

- أنبوب تجميع الماء:

هو عبارة عن أنبوب بلاستيكي يكون مثقوباً طولياً لتنزل قطرات الماء المتكاثفة على مستوى الأنبوب وتتجمع فيه لتعبر إلى إناء خاص بتجميع الماء المقطر، كما هو موضح في الشكل(5)، وأبعاده مدوّنة في الجدول (4).

الجدول (4): أبعاد أنبوب تجميع الماء.

أبعاد أنبوب تجميع الماء	القيمة
القطر	2.5 [cm]



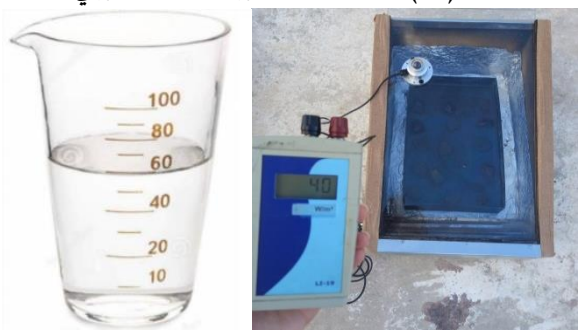
الشكل (9): أنبوب تجميع الماء.



الشكل (10): مقياس درجة حرارة السوائل ومكان توضعه ضمن المقطر



الشكل (11): حساس قياس درجة المحيط الخارجي.



الشكل (12): جهاز قياس شدة الإشعاع الشمسي والإناء المدرج.

2-2- المواد الماصة المحلية ومادة العزل المستخدمة:

- حجر البازلت:

الجدول (5): الخصائص الحرارية لحجر البازلت (Mohamed, 2019).

الموصلية الحرارية لحجر البازلت السوري $(W/m.k)$	1.69
الكثافة (Kg/m^3)	2800 - 3000
السعة الحرارية النوعية $(J/Kg.C^{\circ})$	1230



الشكل (13): حجر البازلت.

- الصوف الزجاجي:

الجدول (6): الخصائص الحرارية للصوف الزجاجي (Mevada, 2022) .

الموصلية الحرارية للصوف الزجاجي $(W/m.k)$	0.023 – 0.045
الكثافة (Kg/m^3)	10 - 80
السعة الحرارية النوعية $(kj/Kg.k)$	1 – 0.85



الشكل (14): الصوف الزجاجي

- العلاقات اللازمة للحساب الحراري للمقطر: (Hameed, 2023**)**

معامل انتقال الحرارة الكلي من الغطاء الزجاجي إلى الوسط الخارجي:

$$h_{t,g-a} = h_{r,g-a} + h_{c,g-a} \quad (w/m^2.c^o) \qquad (1)$$

يتم حساب معدل انتقال الحرارة بالحمل بين الغطاء الزجاجي والوسط الخارجي كالتالي:

$$q_{c,g-a} = h_{c,g-a}(T_g - T_a) \qquad (w/m^2) \qquad (2)$$

حيث:

T_g: درجة حرارة الزجاج.

T_a: درجة حرارة الوسط الخارجي.

معدل انتقال الحرارة بالإشعاع بين الغطاء الزجاجي والوسط الخارجي يعطى وفق التالي:

$$q_{r,g-a} = \varepsilon_g.\sigma\left[(T_g + 273)^4 - (T_{sky} + 273)^4\right] \quad (w/m^2) \qquad (3)$$

حيث:

σ: ثابت ستيفان بولتزمان والذي يؤخذ $(5.67 \times 10^{-8}\ w/m^2.k^4)$.

ε_g: معامل الانبعاثية للغطاء الزجاجي.

T_{sky}: درجة حرارة السماء(c^o).

ويعطى معامل انتقال الحرارة بالإشعاع من الغطاء الزجاجي إلى الوسط الخارجي بالعلاقة التالية:

$$h_{r,g-a} = \varepsilon_g.\sigma\left[(T_g + 273)^4 - (T_{sky} + 273)^4\right]/(T_g - T_{sky}) \qquad (4)$$

معدل انتقال الحرارة بالتوصيل بين الوسط الخارجي والوسط الداخلي يعطى بالعلاقة التالية:

$$Q_{cd} = \frac{\lambda_g}{e_g}(T_{g,i} - T_{g,e}) \quad (w/m^2) \qquad (5)$$

حيث:

λ_g: الموصلية الحرارية للزجاج $(w/m.c^o)$.

e_g: سمك الزجاج (m).

$T_{g,i}$: درجة حرارة السطح الداخلي للزجاج (c^o).

$T_{g,e}$: درجة حرارة السطح الخارجي للزجاج (c^o).

انتقال الحرارة بالحمل والتبخير الطبيعي داخل المقطر (بين الماء المالح والغطاء الزجاجي) يعطى:

$$q_{c,w-g} = h_{c,w-g}(T_w - T_g) \qquad (w/m^2) \qquad (6)$$

حيث يتم الحصول على معامل انتقال الحرارة بالحمل من العلاقة التجريبية التالية:

$$h_{c,w-g} = 0.884\left[(T_w - T_g) + \frac{(P_w - P_g)(T_w + 273)}{(268.9 \times 10^3 - P_w)}\right]^{1/3} \qquad (w/m^2.c^o) \qquad (7)$$

حيث:

P_w: ضغط البخار المشبع جزئياً عند درجة حرارة مياه الحوض(N/m^2).

P_g: ضغط البخار المشبع جزئياً عند درجة حرارة الغطاء الزجاجي(N/m^2).

يتم استخدام الصيغة التالية لحساب ضغوط البخار الجزئية:

$$P_w = EXP\left\{25.317 - \frac{5144}{(T_w + 273)}\right\} \qquad (N/m^2) \qquad (8)$$

$$P_g = EXP\left\{25.317 - \frac{5144}{(T_g + 273)}\right\} \qquad (N/m^2) \qquad (9)$$

التدفق الحراري بفعل التبخير ينتج من حركة البخار المتصاعد من حوض الماء المالح والذي يتكثف على السطح الداخلي للغطاء الزجاجي ويعطى وفق التالي:

$$q_{e,w-g} = h_{e,w-g}(T_w - T_g) \quad (w/m^2) \qquad (10)$$

ويتم الحصول على معامل انتقال الحرارة بالتبخير من العلاقة التجريبية التالية:

$$h_{e,w-g} = (16.28 \times 10^{-3}).h_{c,w-g}(P_w - P_g)/(T_w - T_g) \quad (w/m^2.c^o) \qquad (11)$$

يتم حساب الإنتاجية الساعية للمقطر الشمسي وفق التالي:

$$\dot{m}_w = \frac{Q_{e,w-g}}{h_{fg}} = \frac{h_{e,w-g}.A_w(T_w - T_g)}{h_{fg}} * 3600 \quad (kg/h) \qquad (12)$$

ويتم حساب الحرارة الكامنة لتبخر الماء وفق العلاقة التالية:

$$h_{fg} = (2503.3 - 2.398 \times T_W) \times 10^3 \qquad (j/kg) \qquad (13)$$

حيث:

T_W: درجة حرارة الماء.

$\dot{m}_w$: معدل تدفق الماء المقطر(kg/h).

A_w: مساحة سطح الماء (m^2).

حدث انتقال الحرارة بالإشعاع من سطح الماء إلى الغطاء الزجاجي وفق المعادلة التالية:

$$q_{r,w-g} = \varepsilon_{eff}.\sigma\left[(T_w + 273)^4 - (T_g + 273)^4\right] \quad (w/m^2) \qquad (14)$$

ويتم الحصول على معامل انتقال الحرارة بالإشعاع وفق العلاقة التالية:

$$h_{r,w-g} = \varepsilon_{eff}.\sigma\left[(T_w + 273)^4 - (T_g + 273)^4\right]/(T_w - T_g) \qquad (15)$$

ويتم حساب معامل الانبعاث الفعال بين سطح الماء والغطاء الزجاجي وفق المعادلة التالية:

$$\varepsilon_{eff} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_w} + \frac{1}{\varepsilon_g} - 1} \qquad (16)$$

ويكون معامل انتقال الحرارة الداخلي الكلي لسطح الماء إلى السطح الداخلي للغطاء الزجاجي هو مجموع معاملات انتقال الحرارة بالكامل ويعطى وفق التالي:

$$h_{t,w-g} = h_{c,w-g} + h_{e,w-g} + h_{r,w-g} \quad \left(\frac{w}{m^2.\ c^o}\right) \qquad (17)$$

يتم حساب نسبة الزيادة في الإنتاجية اليومية للمقطر وفق العلاقة التالية:

$$p_{enh} = \frac{Mp_d - Cp_d}{Cp_d} \times 100\% \qquad (18)$$

حيث:

Mp_d: الإنتاجية الكلية للمقطر الشمسي المعدل.

Cp_d: الإنتاجية الكلية للمقطر الشمسي التقليدي.

الكفاءة اللحظية للمقطر الشمسي وهي نسبة كمية الحرارة المنتقلة لكل وحدة كتلة في جهاز التقطير عن طريق التبخر والتكثيف إلى الإشعاع الشمسي الساقط على جهاز التقطير، وتحسب وفق العلاقة التالية:

$$\eta = \frac{q_{e,w-g}}{I(t)} \times 100\% = \frac{h_{e,w-g}(T_W - T_g)}{I(t)} \times 100\% \qquad (19)$$

وتعطى الكفاءة اليومية وفق التالي:

$$\eta_D = \frac{\sum_{i=1}^{i=t}(\dot{m}_w \times h_{fg})}{\sum_{i=1}^{i=t} I(t) \times 3600} \times 100\% \qquad (20)$$

2-3- التجارب العملية:

تم تعريض المقطرين لأشعة الشمس باتجاه الجنوب، ووضع حساس قياس درجة حرارة 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، وبعد إجراء العديد من التجارب تم اختيار أربع تجارب كل تجربة تضم مقطرين متماثلين.

- **التجربة الأولى:**

تمت في يوم 7/7/2025 وقد تم تعريض المقطرين المتشابهين للأشعة الشمسية بعد وضع كمية 1Kg من حجر البازلت في أحدهما ووضع كمية من الماء قدرها 3.25 Litter في كل من المقطرين، ومن ثم قياس درجة حرارة الماء ودرجة حرارة الوسط المحيط وشدة الإشعاع الشمسي، وقيست كذلك كمية الماء المقطر المنتجة وذلك عند كل ساعة، من الساعة 8:00AM حتى الساعة 20:00PM.

- **التجربة الثانية:**

تمت في يوم 11/7/2025 وقد تم تعريض المقطرين المتشابهين للأشعة الشمسية بعد وضع كمية 2Kg من حجر البازلت في أحدهما ووضع كمية من الماء قدرها 3.25 Litter في كل من المقطرين، ومن ثم قياس درجة حرارة الماء ودرجة حرارة الوسط المحيط وشدة الإشعاع الشمسي، وقيست كذلك كمية الماء المقطر المنتجة وذلك عند كل ساعة، من الساعة 8:00AM حتى الساعة 20:00PM.

- **التجربة الثالثة:**

تمت في يوم 13/7/2025 وقد تم تعريض المقطرين المتشابهين للأشعة الشمسية بعد وضع كمية 3Kg من حجر البازلت في أحدهما ووضع كمية من الماء قدرها 3.25 Litter في كل من المقطرين، ومن ثم قياس درجة حرارة الماء ودرجة حرارة الوسط المحيط وشدة الإشعاع الشمسي، وقيست كذلك كمية الماء المقطر المنتجة وذلك عند كل ساعة، من الساعة 8:00AM حتى الساعة 20:00PM.

- **التجربة الرابعة:**

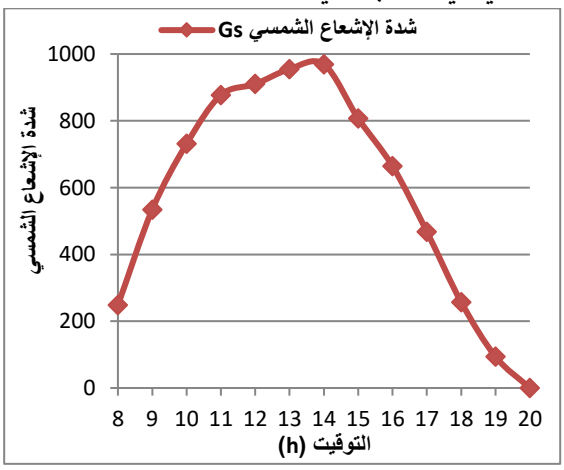
تمت في يوم 20/7/2025 وقد تم تعريض المقطرين المتشابهين للأشعة الشمسية بعد وضع كمية 1Kg من حجر البازلت وعزل الجوانب الخارجية بسماكة 30cm والقاعدة بسماكة 50cm من مادة الصوف الزجاجي لأحد المقطرين ووضع كمية من الماء قدرها 3.25 Litter في كل من المقطرين، ومن ثم قياس درجة حرارة الماء ودرجة حرارة الوسط المحيط وشدة الإشعاع الشمسي، وقيست كذلك كمية الماء المقطر المنتجة وذلك عند كل ساعة، من الساعة 8:00AM حتى الساعة 20:00PM.

3- تحليل ومناقشة النتائج:

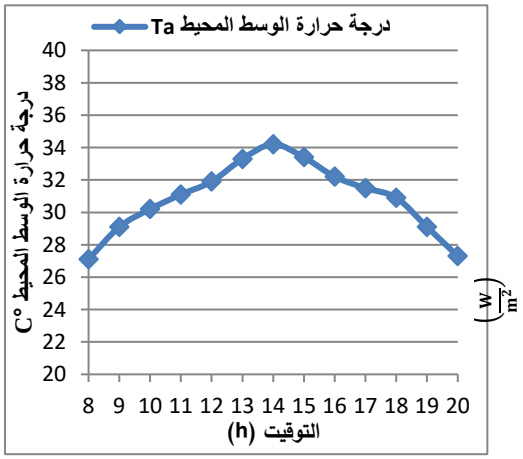
نتائج التجربة الأولى: حالة وجود مقطرين أحدهما يحوي 1Kg من حجر البازلت وذلك ليوم 7/7/2025.

يمثل (الشكل 15) الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن يوم التجربة، حيث نلاحظ أن قيمة الإشعاع عند الساعة 8:00AM صباحاً كانت $\frac{w}{m^2}$ 248 ثم بدأت في الزيادة إلى أن وصلت إلى قيمة أعظمية ($\frac{w}{m^2}$) 969 وذلك عند الساعة 14:00 حيث كانت أشعة الشمس في أوجها ثم تناقصت مع مرور الزمن إلى أن بلغت ($\frac{w}{m^2}$) 94 وذلك عند الساعة 19:00PM.

لاحظنا أن كمية الماء (المقطر) الناتجة تتزايد حيث تصل إلى الذروة، وهذا راجع إلى عدة مؤثرات منها (فارق درجات الحرارة بين الماء والغطاء الزجاجي الداخلي، كمية الإشعاع الوارد) وبالنسبة للإشعاع الوارد فهو يمثل العنصر الأساسي في التجربة وفي عملية التقطير، نلاحظ أن تغيره يؤثر على جميع المؤثرات الأخرى.



الشكل (15): تغير شدة الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن.

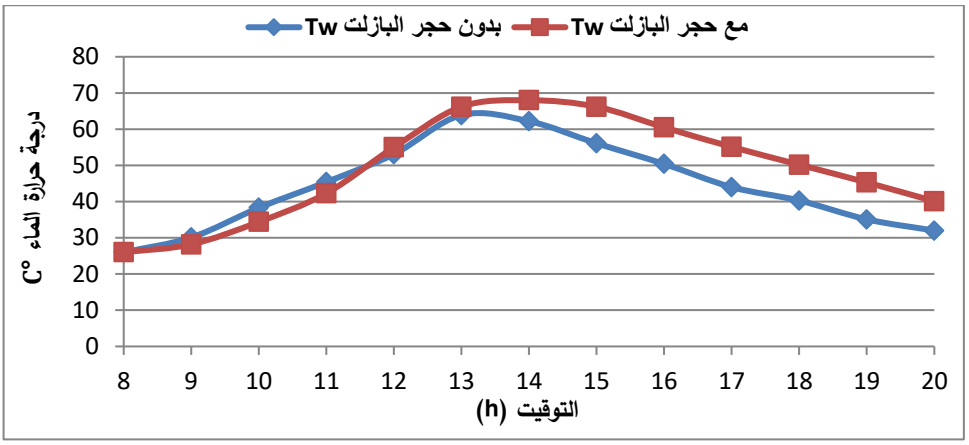


الشكل (16): تغير درجة حرارة الوسط المحيط بدلالة الزمن.

أثناء إجراء التجربة تم قياس درجة حرارة الوسط المحيط T_a ودرجة حرارة الماء T_w في كل من المقطر المزود بحجر البازلت والمقطر بدون حجر البازلت.

يبين (الشكل 17) تغير درجة حرارة الماء خلال ساعات النهار، حيث نلاحظ أن درجة حرارة الماء المالح للمقطر المزود بحجر البازلت هي أقل بالمقارنة مع المقطر بدون حجر البازلت وذلك حتى الساعة 11:00 صباحاً،

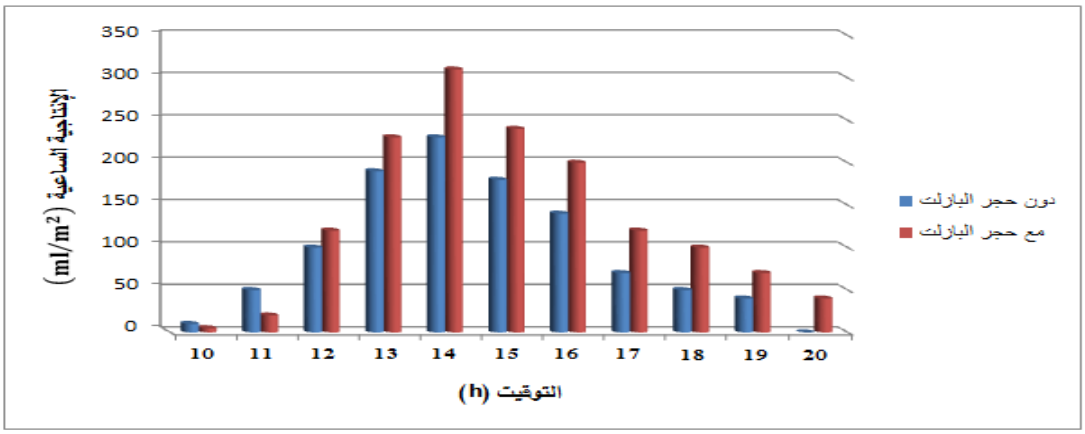
بسبب امتصاص الحرارة وتخزينها من قبل حجر البازلت، أما في ساعات النهار اعتباراً من الساعة 12:00 ظهراً، فإننا نلاحظ ارتفاع درجة حرارة الماء للمقطر المزود بحجر البازلت حيث تصبح أعلى من درجة حرارة الماء للمقطر بدون حجر البازلت، ويعود هذا لوجود حجر البازلت والذي له ميزة في زيادة مساحة التقاط الإشعاع الشمسي من جهة ومضاعفة فترة تخزين الطاقة الحرارية من جهة أخرى، فبذلك تزداد درجة حرارة ماء المقطر المزود بحجر البازلت.



الشكل (17): تغير حرارة الماء بدلالة الزمن للمقطرين (مع وبدون حجر البازلت).

يمثل (الشكل 18) تغير الإنتاجية الساعية للمقطر الشمسي المزود بمقدار 1kg من حجر البازلت والمقطر بدون حجر البازلت، وذلك ليوم 7/7/2025 حيث يظهر بأن إنتاجية المقطر من دون حجر البازلت كانت صباحاً أعلى بقليل من إنتاجية المقطر المزود بمقدار 1kg من حجر البازلت، والسبب يعود لامتصاص الحجر جزء من الطاقة الحرارية الساقطة على المقطر بحيث يقوم بتخزينها نهاراً وطرحها فترة بعد الظهر عند انخفاض درجات الحرارة والإشعاع الشمسي، وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة عملية التبخير والتقطير بشكل ملحوظ.

بلغت أعلى إنتاجية ساعية للمقطر دون حجر البازلت قيمة $240ml/m^2$ بينما بلغت أعلى إنتاجية ساعية للمقطر المزود بمقدار 1kg من حجر البازلت قيمة $310ml/m^2$ وذلك عند الساعة 14:00 بعد الظهر، هذا وقد بلغت الإنتاجية اليومية للمقطر المزود بمقدار 1kg من حجر البازلت قيمة 1455 ml بينما بلغت أعلى إنتاجية ساعية للمقطر بدون الحجر قيمة 1060ml، وبالتالي تكون نسبة الزيادة في الإنتاجية لهذه التجربة بسبب وجود حجر البازلت 37.26%.



الشكل (18): تغير الإنتاجية الساعية بدلالة الزمن للمقطرين (مع وبدون حجر البازلت).

الكفاء اليومية للمقطر الشمسي المزود بمقدار 1kg من حجر البازلت:

تم أخذ المتوسط الحسابي لدرجة حرارة الماء لكلا المقطرين (من الساعة 8:00AM حتى الساعة 20:00PM).

$$T_{W(1kg)} = 49.038c^o, T_W = 44.37c^o, I(t) = 7514\,w/m^2$$

$$h_{fg(1kg)} = (2503.3 - 2.398 \times T_W) \times 10^3 = 2.385 \times 10^6 \quad (j/kg)$$

$$\eta_{D(1kg)} = \frac{1.455 \times 2.385 \times 10^6}{7514 \times 3600} = 12.82\%$$

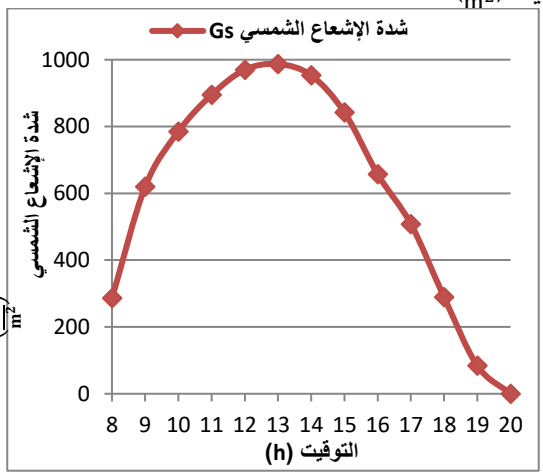
الكفاء اليومية للمقطر الشمسي بدون حجر:

$$h_{fg} = 2.396 \times 10^6 \quad (j/kg)$$

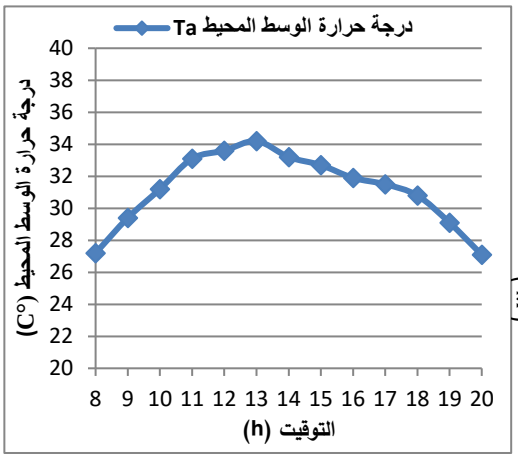
$$\eta_D = \frac{1.060 \times 2.396 \times 10^6}{7514 \times 3600} = 9.4\%$$

نتائج التجربة الثانية: حالة وجود مقطرين أحدهما يحوي 2Kg من حجر البازلت وذلك ليوم 11/7/2025.

يمثل (الشكل 19) الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن يوم التجربة، حيث بلغت القيمة الأعظمية لشدة الإشعاع الشمسي $(\frac{w}{m^2})$ 987 وذلك عند الساعة 13:00 ظهراً.



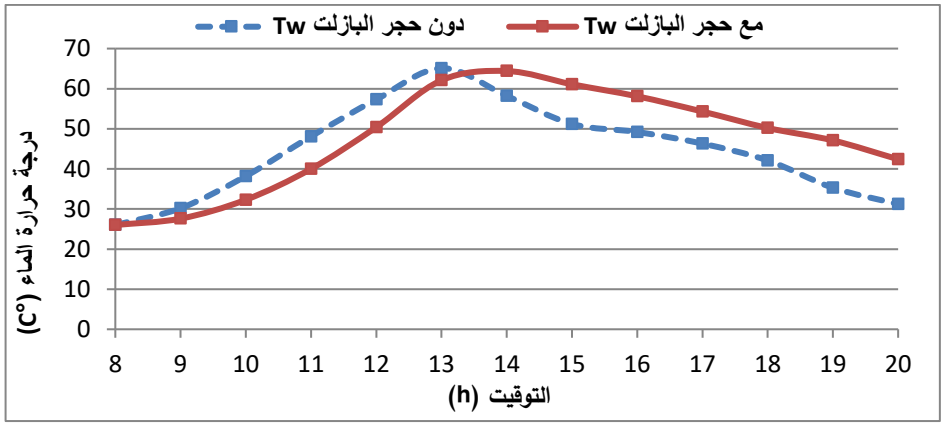
الشكل (19): تغير شدة الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن.



الشكل (20): تغير درجة حرارة الوسط المحيط بدلالة الزمن.

أثناء إجراء التجربة تم قياس درجة حرارة الوسط المحيط T_a ودرجة حرارة الماء T_w في كل من المقطر المزود بحجر البازلت والمقطر بدون حجر البازلت.

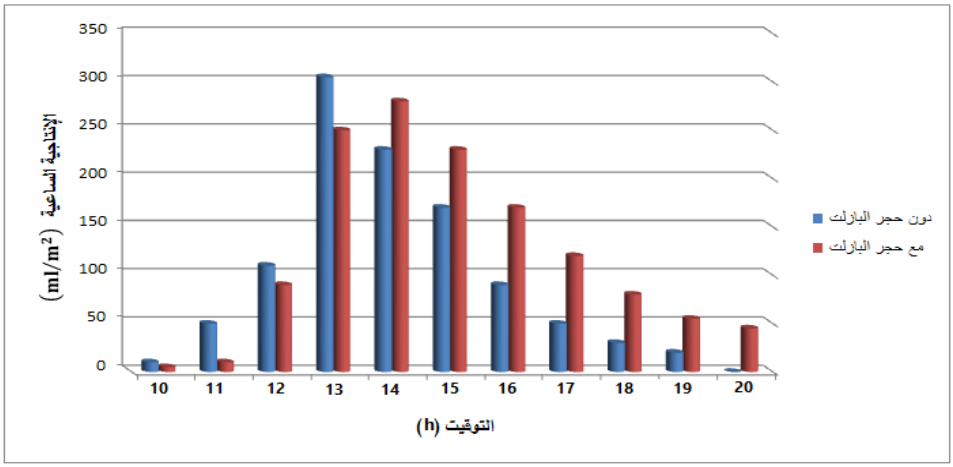
يبين (الشكل 21) تغير درجة حرارة الماء خلال ساعات النهار، نلاحظ أن درجة حرارة الماء المالح للمقطر المزود بحجر البازلت هي أقل بالمقارنة مع درجة حرارة الماء للمقطر العادي وذلك حتى الساعة 13:00 ظهراً، بسبب امتصاص الحرارة وتخزينها من قبل حجر البازلت، واعتباراً من الساعة 14:00 بعد الظهر نلاحظ بأن هذه الدرجة تنخفض بشكل تدريجي في المقطر المزود بمقدار 2Kg من حجر البازلت مقارنةً مع درجة حرارة الماء ضمن المقطر بدون حجر البازلت، والتي تنخفض بشكل حاد مع انخفاض شدة الإشعاع الشمسي وغيابه مما يؤكد أن حجر البازلت يعمل كخازن للحرارة المحسوسة بحيث يتم طرحها للماء ضمن المقطر عند انخفاض الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الوسط المحيط.



الشكل (21) تغير حرارة الماء بدلالة الزمن للمقطرين (مع وبدون حجر البازلت).

يمثل (الشكل 22) تغير الإنتاجية الساعية للمقطر الشمسي المزود بمقدار 2kg من حجر البازلت والمقطر العادي، وذلك ليوم 11/7/2025 حيث يظهر بأن إنتاجية المقطر العادي (من دون حجر البازلت) كانت أعلى من إنتاجية المقطر المزود بمقدار 2kg من حجر البازلت حتى الساعة 13:00 ظهراً، وبعدها نلاحظ انخفاض الإنتاجية له بشكل واضح في فترة بعد الظهر عند انخفاض درجات الحرارة والإشعاع الشمسي على عكس المقطر المزود بحجر البازلت الذي يستمر عمله إلى وقت أطول بسبب تخزين الحجر للحرارة وإعطائها للماء في هذه الفترة.

بلغت أعلى إنتاجية ساعية للمقطر دون حجر البازلت قيمة $305ml/m^2$ وذلك عند الساعة 14:00 بعد الظهر بينما بلغت أعلى إنتاجية ساعية للمقطر المزود بمقدار 2kg من حجر البازلت قيمة $280ml/m^2$ وذلك عند الساعة 13:00 ظهراً، هذا وقد بلغت الإنتاجية اليومية للمقطر المزود بمقدار 2kg من حجر البازلت قيمة 1335 ml بينما بلغت أعلى إنتاجية ساعية للمقطر بدون الحجر قيمة 1065، وبالتالي تكون نسبة الزيادة في الإنتاجية لهذه التجربة بسبب وجود حجر البازلت 25.35% أي أقل من التجربة الأولى وبالتالي فإن زيادة كمية الحجر ساهمت في تخفيض الإنتاجية مقارنةً مع التجربة الأولى لأنها تجعل الصفيحة الماصة أقل عرضة لامتصاص الإشعاع الشمسي نتيجة تزاحم أحجار البازلت مما يتسبب في انخفاض درجة حرارة الماء وبالتالي انخفاض الفارق في درجة الحرارة مقارنةً بالمقطر بدون حجر الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض كمية الماء المنتجة.



الشكل (22): تغير الإنتاجية الساعية بدلالة الزمن للمقطرين (مع وبدون حجر البازلت).

الكفاء اليومية للمقطر الشمسي المزود بمقدار 2kg من حجر البازلت:

$$I(t)= 7876\ w/m^2 T_{W(2kg)} = 47.38c^o, T_W = 44.49c^o,$$

$$h_{fg(2kg)} = 2.389 \times 10^6\ \ (j/kg)$$

$$\eta_{D(2kg)} = \frac{1.335 \times 2.389 \times 10^6}{7876 \times 3600} = 11.24\%$$

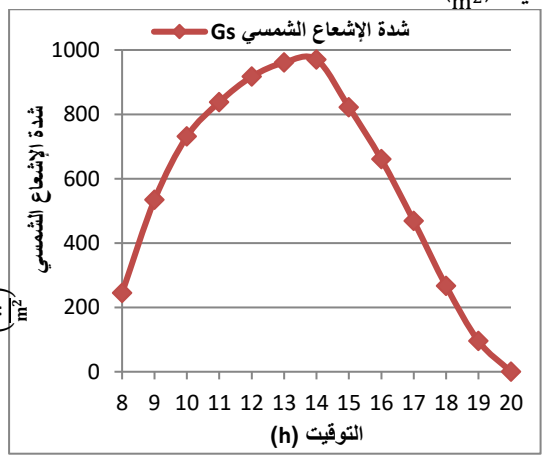
الكفاء اليومية للمقطر الشمسي بدون حجر:

$$h_{fg} = 2.396 \times 10^6\ \ (j/kg)$$

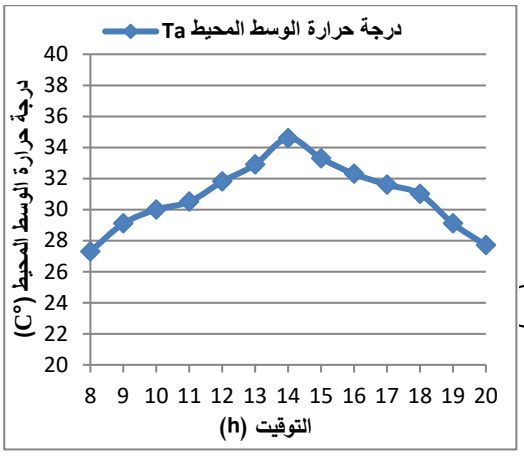
$$\eta_D = \frac{1.065 \times 2.396 \times 10^6}{7876 \times 3600} = 8.99\%$$

نتائج التجربة الثالثة: حالة وجود مقطرين أحدهما يحوي 3Kg من حجر البازلت وذلك ليوم 13/7/2025.

يمثل (الشكل 23) الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن يوم التجربة، حيث بلغت القيمة الأعظمية لشدة الإشعاع الشمسي $(\frac{w}{m^2})$ 970 وذلك عند الساعة 14:00 ظهراً.



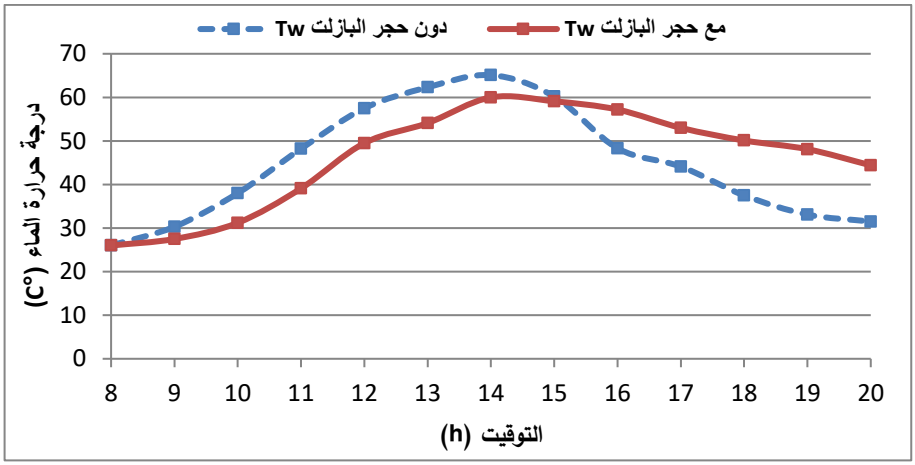
الشكل (23): تغير شدة الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن.



الشكل (24): تغير درجة حرارة الوسط المحيط بدلالة الزمن.

أثناء إجراء التجربة تم قياس درجة حرارة الوسط المحيط T_a ودرجة حرارة الماء T_w في كل من المقطر المزود بحجر البازلت والمقطر بدون حجر البازلت.

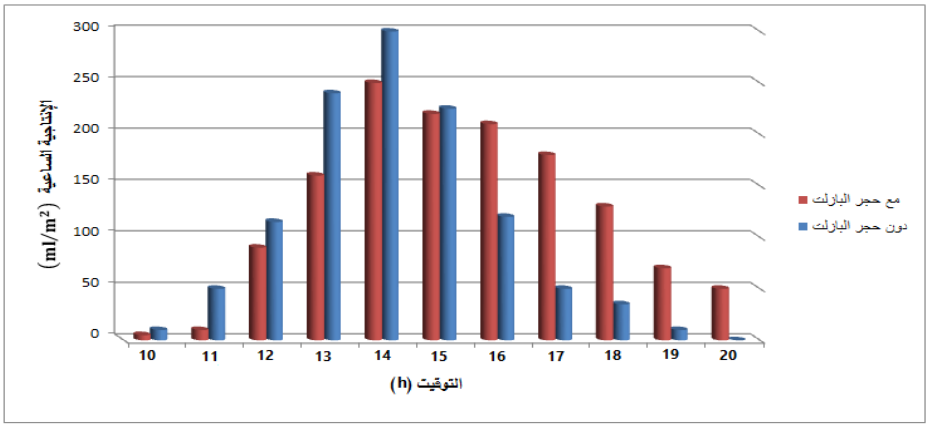
يبين (الشكل 25) تغير درجة حرارة الماء خلال ساعات النهار، نلاحظ أن درجة حرارة الماء المالح للمقطر المزود بحجر البازلت هي أقل بالمقارنة مع درجة حرارة الماء للمقطر بدون حجر وذلك حتى الساعة 15:00 بعد الظهر لأن زيادة كميته بالنسبة للمساحة الصغيرة للصفيحة الماصة تعني تخزين طاقة أكبر داخل الحجر، حيث يمتص البازلت جزءاً كبيراً من الإشعاع الشمسي ليقوم بتسخين نفسه أولاً قبل أن يقوم بتسخين الماء المحيط به، مما يؤخر وصول الماء إلى درجات حرارة تبخر عالية خلال ساعات الذروة ومنه يقل الفارق في درجة حرارة الماء مقارنةً بالمقطر بدون حجر، واعتباراً من الساعة 16:00 بعد الظهر نلاحظ بأن هذه الدرجة تزداد بشكل تدريجي في المقطر المزود بمقدار 3Kg من حجر البازلت مقارنةً مع درجة حرارة الماء ضمن المقطر بدون حجر، والتي تنخفض بشكل حاد مع انخفاض شدة الإشعاع الشمسي، بسبب امتصاص البازلت للحرارة نهاراً واطلاقها ليلاً مما يرفع حرارة الماء وبالتالي يحافظ على استقرار حراري لفترة أطول.



الشكل (25): تغير حرارة الماء بدلالة الزمن للمقطرين (مع وبدون حجر البازلت).

يمثل (الشكل 26) تغير الإنتاجية الساعية للمقطر الشمسي المزود بمقدار 3kg من حجر البازلت والمقطر العادي، وذلك ليوم 13/7/2025 حيث يظهر بأن إنتاجية المقطر (من دون حجر البازلت) كانت أعلى من إنتاجية المقطر المزود ب 3kg من حجر البازلت حتى الساعة 15:00 بعد الظهر، وبعدها نلاحظ انخفاض الإنتاجية له بشكل واضح في فترة بعد الظهر عند انخفاض درجات الحرارة والإشعاع الشمسي على عكس المقطر المزود بحجر البازلت 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 بدون حجر عن العمل.

بلغت أعلى إنتاجية ساعية للمقطر دون حجر البازلت قيمة $295ml/m^2$ بينما بلغت أعلى إنتاجية ساعية للمقطر المزود ب 3kg من حجر البازلت قيمة $245ml/m^2$ وذلك عند عند الساعة 14:00 بعد الظهر. هذا وقد بلغت الإنتاجية اليومية للمقطر المزود بمقدار 3kg من حجر البازلت قيمة 1340 ml بينما بلغت أعلى إنتاجية ساعية للمقطر بدون الحجر قيمة 1125، وبالتالي تكون نسبة الزيادة في الإنتاجية لهذه التجربة بسبب وجود حجر البازلت 19.11% أي أقل من التجربة الأولى والثانية، وبالتالي فإن 3Kg تحتاج وقتاً أطول لتسخن في أول النهار مقارنةً بمقدار2Kg، مما يعني أن درجات الحرارة القصوى ستحقق في وقت متأخر أكثر.



الشكل (26): تغير الإنتاجية الساعية بدلالة الزمن للمقطرين (مع وبدون حجر البازلت).

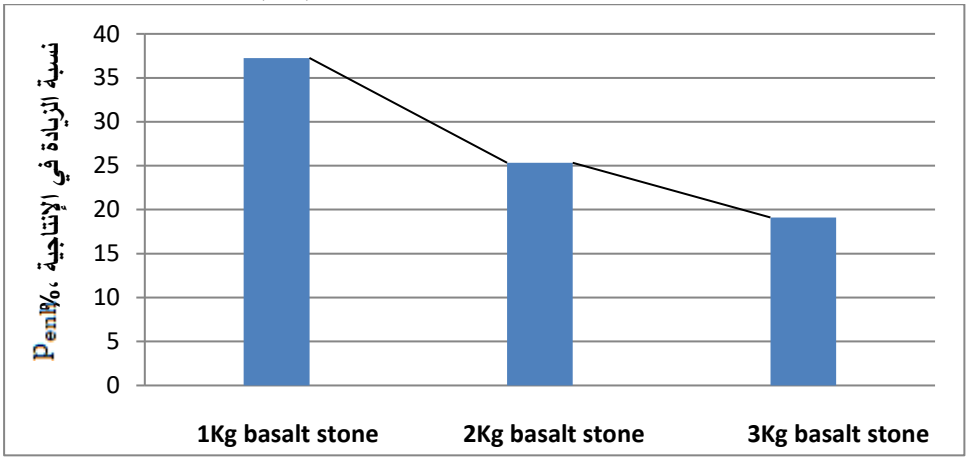
الكفاء اليومية للمقطر الشمسي المزود بمقدار 3kg من حجر البازلت:

$$I(t)= 7507\ w/m^2 T_{W(3kg)} = 46.1c^o, T_W = 44.77c^o,$$
$$h_{fg(3kg)} = 2.392 \times 10^6\ \ (j/kg)$$
$$\eta_{D(3kg)} = \frac{1.340 \times 2.392 \times 10^6}{7507 \times 3600} = 11.86\%$$

الكفاء اليومية للمقطر الشمسي بدون حجر:

$$h_{fg} = 2.395 \times 10^6 \quad (j/kg)$$
$$\eta_D = \frac{1.125 \times 2.395 \times 10^6}{7507 \times 3600} = 9.99\%$$

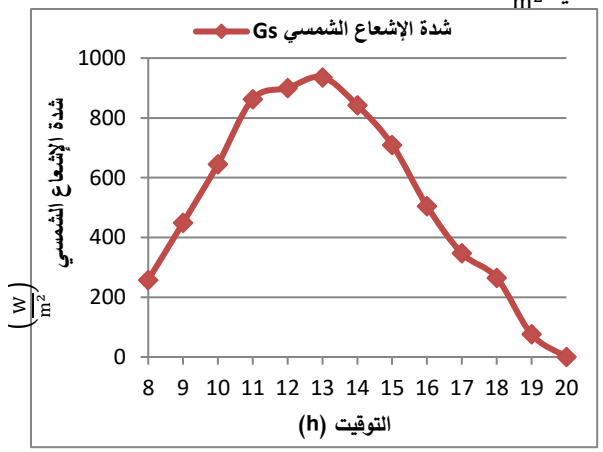
يظهر (الشكل 27) نسبة الزيادة في الإنتاجية اليومية لكل من المقطر المزود بمقدار 1Kg و 2Kg و 3Kg، إذ نلاحظ أن المقطر المزود بمقدار 1Kg من حجر البازلت أعطى نسبة زيادة أفضل، تليها نسبة الزيادة للمقطر المزود بمقدار 2Kg ثم 3Kg وعليه سيتم تطبيق العزل على أفضل كمية والتي هي 1Kg.



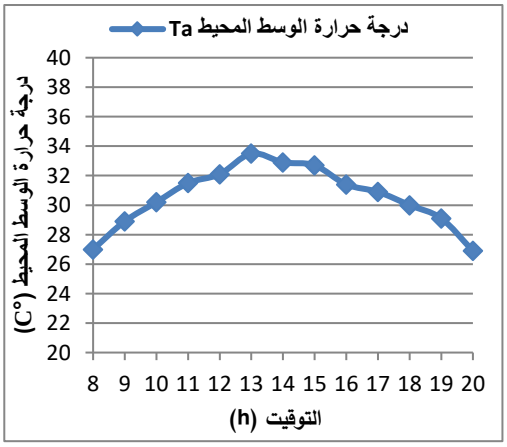
الشكل (27): يوضح الكفاءة لكل من المقطر المزود بمقدار (1Kg, 2Kg, 3Kg).

نتائج التجربة الرابعة: حالة وجود مقطرين أحدهما يحوي 1Kg من حجر البازلت ومعزول من جوانبه الخارجية والقاعدة بمادة الصوف الزجاجي وذلك ليوم 20/7/2025.

يمثل (الشكل 28) الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن يوم التجربة، حيث بلغت القيمة الأعظمية لشدة الإشعاع الشمسي 936 $\frac{w}{m^2}$ وذلك عند الساعة 13:00 ظهراً.



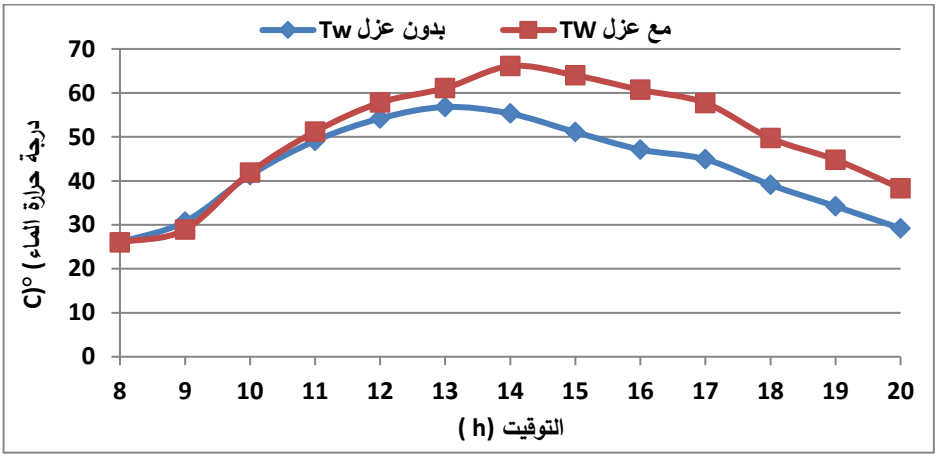
الشكل (28): تغير شدة الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن.



الشكل (29): تغير درجة حرارة الوسط المحيط بدلالة الزمن.

أثناء إجراء التجربة تم قياس درجة حرارة الوسط المحيط T_a ودرجة حرارة الماء T_w في كل من المقطر المعزول بالصوف الزجاجي والمزود بمقدار 1Kg من حجر البازلت والمقطر بدون عزل.

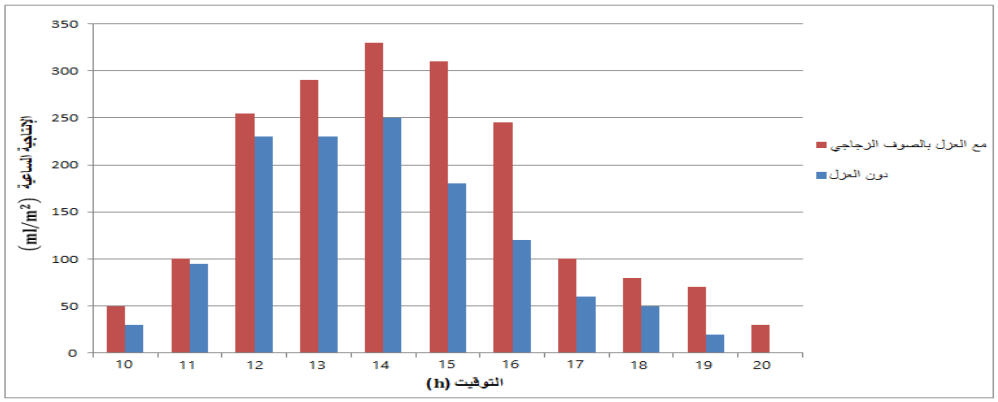
تبين الأشكال (30) تغير درجات حرارة الماء خلال ساعات النهار، حيث نلاحظ أن درجة حرارة الماء المالح للمقطر المعزول هي أقل بالمقارنة مع المقطر بدون عزل وذلك حتى الساعة 9:00 صباحاً، واعتباراً من الساعة 10:00 صباحاً نلاحظ ارتفاع درجات الحرارة للمقطر المعزول حيث تصبح أعلى من درجات حرارة المقطر بدون عزل، ويعود هذا لوجود الصوف الزجاجي لأنه يعمل كعازل حراري فعّال حيث يقلل من فقدان الحرارة ويمنعها من التسرب عبر جدران وقاعدة المقطر مما يحافظ على سخونة المياه، بالإضافة لوجود حجر البازلت الذي يعمل كخازن للحرارة المحسوسة بحيث يتم طرحها للماء ضمن المقطر عند انخفاض الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الوسط المحيط.



الشكل (30): تغير حرارة الماء بدلالة الزمن للمقطرين (مع وبدون العزل).

يمثل (الشكل 31) تغير الإنتاجية الساعية للمقطر الشمسي المعزول والمزود بمقدار 1kg من حجر البازلت والمقطر بدون عزل، وذلك ليوم 20/9/2025 حيث تبدأ الإنتاجية بالزيادة للمقطر المعزول ابتداءً من الساعة 10:00 صباحاً، ويعود ذلك لوجود الصوف الذي يقلل فقدان الحرارة للوسط المحيط وبالتالي زيادة درجة حرارة الماء والتبخر وإنتاجية المياه العذبة، مما يجعل عملية التقطير أكثر كفاءة، بالإضافة لوجود حجر البازلت 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 بدون عزل عن العمل.

بلغت أعلى إنتاجية ساعية للمقطر بدون العزل قيمة $250\ ml/m^2$ بينما بلغت أعلى إنتاجية ساعية للمقطر المعزول والمزود بمقدار 1kg من حجر البازلت قيمة $330\ ml/m^2$ عند الساعة 14:00 بعد الظهر، هذا وقد بلغت الإنتاجية اليومية للمقطر المعزول قيمة 1840ml بينما بلغت أعلى إنتاجية ساعية للمقطر بدون العزل قيمة 1285ml، وبالتالي تكون نسبة الزيادة في الإنتاجية لهذه التجربة بسبب وجود العزل 43.19%.



الشكل (31): تغير الإنتاجية الساعية بدلالة الزمن للمقطرين (مع وبدون العزل).

الكفاء اليومية للمقطر الشمسي المعزول والمزود بمقدار 1kg من حجر البازلت:

$$I(t)= 6796\ w/m^2 T_{W(isolation)} = 50.82c^o, T_W = 44.15c^o,$$

$$h_{fg(isolation)} = 2.381 \times 10^6\ \ (j/kg)$$

$$\eta_{D(isolation)} = \frac{1.840 \times 2.381 \times 10^6}{7507 \times 3600} = 17.9\%$$

الكفاء اليومية للمقطر الشمسي بدون حجر:

$$h_{fg} = 2.397 \times 10^6\ \ (j/kg)$$

$$\eta_D = \frac{1.285 \times 2.397 \times 10^6}{7507 \times 3600} = 12.58\%$$

- المقارنة مع الدراسات المرجعية:

في الدراسة المرجعية السابقة استخدم الباحث Abhimanyu مقطر شمسي بسيط ومقطر شمسي مزوّد بمواد ماصة للحرارة (رمل وتراب وشمع البارافين) ومساحة حوض كل من المقطرين $(492 \times 592)mm$.

أظهرت التجارب بأن الإنتاجية اليومية لكل من المقطر الشمسي البسيط والمقطر المزود بمواد ماصة حرارية $3.77L/m^2$ و $5.52L/m^2$ على التوالي وبالتالي تكون نسبة الزيادة في الإنتاجية 46.41%.

في بحثنا أعطى 1kg من حجر البازلت 1.455L عند مساحة حوض $(25\times45)cm$، لو قمنا بإجراء تناسب لنفس مساحة حوض الدراسة المرجعية تكون إنتاجية المقطر اليومية:

$$\frac{1455 \times (0.492 \times 0.592)}{0.1125} = 3.76L$$

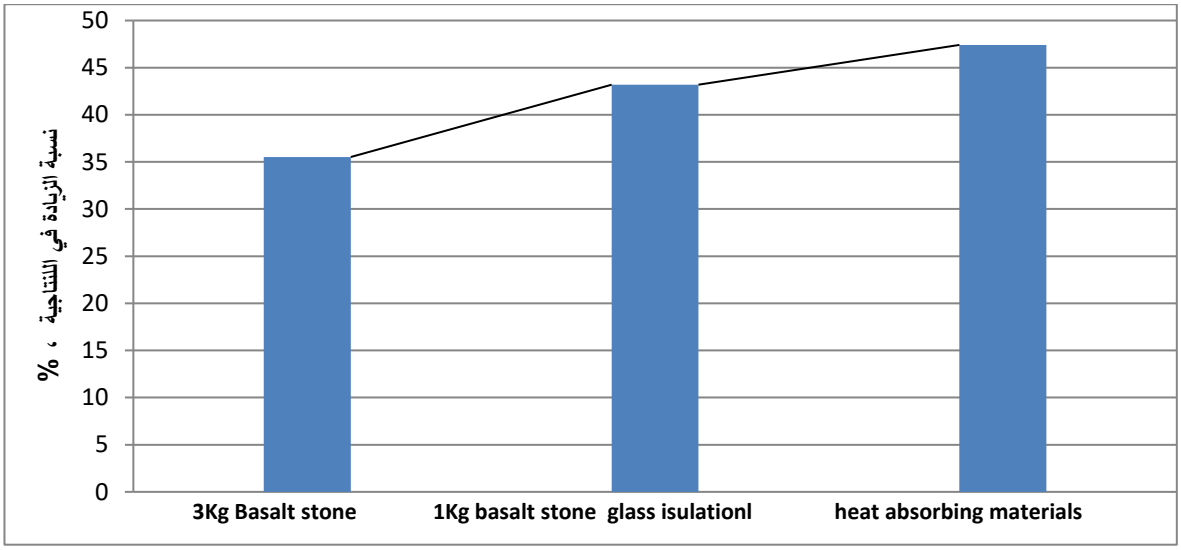
وبالتالي نسبة الزيادة في الإنتاجية 35.52%.

في بحثنا المقطر بدون حجر أعطى 1060L لو قمنا بإجراء تناسب لنفس مساحة الدراسة المرجعية تكون إنتاجية المقطر اليومية 2.77L.

في بحثنا أعطى 1kg من حجر البازلت مع العزل 1.840L عند مساحة حوض $(25\times45)cm$، لو قمنا بإجراء تناسب لنفس مساحة الدراسة المرجعية تكون إنتاجية المقطر اليومية 4.763L، بينما للمقطر بدون عزل 3.326L وبالتالي نسبة الزيادة 43.20%.

يظهر (الشكل 32) نسبة الزيادة في الإنتاجية اليومية للمقطر الشمسي المستخدم مقارنةً مع الدراسة المرجعية السابقة، ونلاحظ أن الرمل والتراب وشمع البارافين مجتمعة كمواد ماصة للحرارة في المقطر أعطت نسبة زيادة أفضل مقارنةً مع المقطر الشمسي المزود بمقدار 1kg من حجر البازلت والمقطر المعزول بالصوف الزجاجي والمزود بمقدار

1kg من حجر البازلت والسبب أن الشمع يعمل كمادة متغيرة الطور خازنة للحرارة الكامنة حيث يمتص كمية هائلة من الحرارة أثناء انصهاره خلال النهار ويحتفظ بها، ثم يعيد إطلاقها تدريجياً للماء لفترة طويلة بعد غياب الشمس مما يجعل المقطر يعمل لساعات إضافية في الليل، بينما حجر البازلت يعتمد على الحرارة المحسوسة فقط حيث يمتص الحرارة ويرفع درجة حرارته، لكن قدرته على تخزين الطاقة أقل بكثير من الطاقة الكامنة لشمع البارافين.



الشكل (32): نسبة الزيادة في الإنتاجية اليومية مقارنةً مع الدراسة المرجعية السابقة.

4- الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

-أظهرت التجارب الأثر الواضح لاستخدام حجر البازلت كمادة خازنة للحرارة، حيث بلغت الإنتاجية اليومية لأفضل كمية قيمة 1455 ml بينما بلغت أعلى إنتاجية يومية للمقطر بدون حجر البازلت قيمة 1060ml.

-أظهرت نتائج البحث التجريبية زيادة الإنتاجية اليومية للمقطر الشمسي البسيط المعزول بالصوف الزجاجي والمزوّد بمقدار 1Kg من حجر البازلت مقارنةً بالمقطر بدون عزل، حيث بلغت الإنتاجية اليومية للمقطر قيمة 1840 ml بينما بلغت أعلى إنتاجية يومية للمقطر بدون عزل قيمة 1285ml، الأمر الذي يثبت تأثير الصوف كمادة عزل جيدة.

-بلغت نسبة الزيادة في الإنتاجية بين المقطرين (مع وبدون حجر البازلت) 37.26% عند استخدام 1Kg من حجر البازلت لأحد المقطرين و25.35% عند استخدام 2Kg من حجر البازلت و19.11% عند استخدام 3Kg من حجر البازلت، و43.19% عند استخدام مادة الصوف الزجاجي كعازل لأحد المقطرين.

-أكبر فرق في درجة حرارة الماء ضمن المقطرين عند العزل بالصوف الزجاجي واستخدام 1Kg من حجر البازلت $10.6\ C^o$، عند الساعة 19:00 PM.

التوصيات:

- يوصى بدراسة تأثير عمق الماء داخل المقطر الشمسي على كفاءة التقطير عند استخدام حجر البازلت.
- يقترح اختبار مواد أخرى ماصة للحرارة متوفرة محلياً وأحجام مختلفة لمعرفة الأداء الأفضل.

5- المصادر والمراجع:

[1]- DIABIL, H. 2022, *Experimental study to enhance the productivity of single-slope single-basin solar still*. Open Engineering. Vol. 12, 157–168.

[2]- GEORGE, R; YUONES, R. 2019, *Improvement of solar still productivity by adding flat plate collector experimentally solar***.** Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (41) No. (1).

[3]- HAMEED, H. 2023, *A numerical investigation of the enhancement of single-slope single-basin solar still productivity*. Energy Reports. Vol. 9, 484–500.

[4]- KRISHNAN, A; KAVITHA, D. 2023, *Influence of heat absorber materials sand, soil and paraffin wax in solar still on sustainable water distillation*. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. Vol. 8, 100365.

[5]- MEVADA, D; PANCHAL, H. 2022, *Investigation and performance analysis of solar still with energy storage materials: An energy- exergy efficiency analysis.* Case Studies in Thermal Engineering. Vol. 29, 101687.

[6]-MOHAMED, A; HEGAZI,A. 2019, *Augmented heat and mass transfer effect on performance of a solar still using porous absorber: Experimental investigation and exergetic analysis*. Applied thermal engineering. Vol 150, 1206-1215.

[7]- MOHAN, I. 2017, *Various methods applied to solar still for enhancement of distillate output*, Desalination. Vol. 415, 76-89.

[8]- SAHU, R; TIWARI, A. 2024, *Performance enhancement of single slope solar still using nanofluids at different water depth*. Desalination and Water Treatment. Vol. 317, 100046.

[9]- YOSEF, M; HASSAN, H. 2019, *An experimental study on the performance of single slope solar still integrated with a PCM – based pin-finned heat sink*. Energy procedia. Vol 156, 100-104.