

# تصميم وبناء سخان شمسي و تقييم أدائه تحت الظروف الجوية المختلفة لمدينة البصرة- العراق

م. أحمد جاسم محمد  
مركز أبحاث البوليمر / قسم علوم المواد  
جامعة البصرة

## المخلص

في هذا البحث تم تصميم وبناء سخان الماء الشمسي وتقييم أدائه تحت الظروف الجوية المختلفة لمدينة البصرة ، حيث تتصف هذه المدينة بطاقة شمسية عالية، يتكون سخان الماء الشمسي من أنابيب نحاسية بمساحة كلية تقدر بـ  $(0.45 \text{ m}^2)$  ، وقد أجريت على هذا السخان مجموعة من الإضافات، الغاية منها تحسين أداء السخان الشمسي وزيادة كفاءته الحرارية، وقد أظهرت نتائج التجارب العملية أن كفاءة السخان الشمسي بدون إي إضافة هي (41 %) ، وعند إضافة الأنابيب الزجاجية للسخان ساهمت في زيادة النسبة المئوية للكفاءة الحرارية بمقدار (48.5 %) ، أما عند إضافة العواكس الخارجية للأنابيب الزجاجية فقد زادت النسبة المئوية للكفاءة الحرارية بمقدار (59.5) % .

**Designing and Manufacturing a solar heater and  
evaluating its performance under different  
atmospheric circumstances of  
Basra city.Iraq**

**Lect. Ahmed. J. Mohammed**

**Polymer Research Centre /Basra Universit**

**Abstract**

In this research a solar water heater has been constructed and it's performance has been evaluated under different atmospheric circumstances of Basra city. This region is well known of it's plentiful of solar radiation. The solar heater has consists from the Copper tubes and the total area of (0.45 m<sup>2</sup>). Several additions have been made and examined in order to increase the performance of the solar heater, we found this experimental study that the efficiency without any improvement is (41%), and increase to (48.5%) by using glass tubes for the solar heater, and increase to (59.5%) by using external light reflector for the glass tubes.

**الكلمات المفتاحية :** الطاقة ، سخان الماء الشمسي ، الطاقة الشمسية ، الأنابيب الزجاجية ، العواكس الخارجية ، الطاقة المتجددة ، المجمع الشمسي .

### المقدمة:

يعد الماء الحار عنصراً أساسياً ومهماً في المدن والقرى والأرياف ويتم استخدامه في جميع دول العالم عند درجة حرارة تتراوح ما بين ( $50-60^{\circ}\text{C}$ )، ويستخدم بكميات كبيرة في الفنادق والمستشفيات والأقسام الداخلية للمؤسسات الحكومية والصناعات مثل صناعات النسيج ومنتجات الحليب وغيرها، وقد تم تجهيز الماء الحار المطلوب للاستعمال في البيوت والمنشآت العامة باستخدام مصادر الطاقة الأحفورية والطاقة الكهربائية على نطاق واسع وهذا يتطلب جهداً وتكلفة اقتصادية وعملاً معقداً مقارنة بالماء الحار الذي يمكن تجهيزه بسهولة باستخدام الطاقة الشمسية عوضاً عن مصادر الطاقة الأخرى، إذ إن تسخين الماء بالطاقة الشمسية للاستعمال المحلي هو من التطبيقات المهمة للطاقة الشمسية في العالم [1-4].

إن السبب الرئيسي لاستخدام الطاقة الشمسية في مجال تسخين المياه هو غياب التلوث البيئي وهو ما يعد العامل المهم في حياة الإنسان على سطح الأرض فضلاً عن كون الطاقة الشمسية طاقة نظيفة وغير ناضبة ( طاقة متجددة ) ورخيصة الثمن [5]. تستخدم الطاقة الشمسية كوقود عمل في كثير من التطبيقات ومنها المقطرات الشمسية وتجفيف المحاصيل الزراعية وطهي الطعام وتوليد الطاقة الكهربائية وتسخين الماء بوساطة السخانات الشمسية وغيرها من التطبيقات. يعتبر السخان الشمسي الجهاز الذي يستخدم الطاقة الشمسية لإنتاج الماء الحار، ويكون تدوير الماء أما بالطريقة الطبيعية ( الترموسيفون) أو بالطريقة القسرية داخل النظام [6]، ويعتبر السخان الشمسي التطبيق الأكثر نجاحاً باستخدام الطاقة الشمسية في عملية تسخين الماء ويكون ذا تركيب بسيط لا يحتاج إلى عامل ماهر في بنائه وذا جدوى اقتصادية جيدة

[7]. قام الباحثون بإجراء دراسات مختلفة وبحوث علمية الغاية منها تحسين أداء السخان الشمسي والعمل على رفع كفاءته الحرارية حول تحديد درجة حرارة الماء الساخن المفيدة والمطلوبة للاستخدام المنزلي وكذلك في تحديد الاستهلاك الفعلي للفرد من الماء الساخن. فقد قام الباحث عماد عبد الحسين في عام 1981 [8] بإجراء دراسة نظرية وعملية لسخان الماء الشمسي الذي يعمل بطريقة الدوران الطبيعي مقارنة بال نماذج الاعتيادية . وفي عام 1993 [9] أجرى الباحث Sadi دراسة تخص انتقال الحرارة في منظومة تسخين ماء شمسية تعمل بالدوران الطبيعي. وفي عام 2005 [10] قام الباحث عليوي بإجراء دراسة عملية لمجمع شمسي موشوري الشكل ذي قطع جزئي للمثلث القائم الزاوية شملت الدراسة فحص واختبار المجمع تحت الظروف البيئية العراقية في مدينة بغداد. في عام 2011 [11] درس الباحث الأسدي وجماعته تأثير العواكس الداخلية المتمثلة بقطع من ( المرايا وورق الألمنيوم الحراري (السليفون)) والعاكس الخارجي (العاكس وجه واحد) على إنتاجية السخان الشمسي، وفي عام 2013 [12] قامت الباحثة Kawther وجماعتها بتصميم مجمع شمسي مناسب للظروف المناخية في مدينة البصرة ودراسة تأثير المساحة السطحية على كفاءته الحرارية. أما في هذا البحث فقد تم تصميم وبناء سخان شمسي مكون من أنابيب من النحاس وتم إضافة أنابيب الزجاج الشفافة (أنابيب الفلوريسنت) والعاكس الخارجية الورقية نوع (d-c-fix) المثبتة على الأنابيب الزجاجية وتم دراسة تأثير هذه الإضافات على كفاءة أداء السخان الشمسي .

تم في هذا البحث تصميم وبناء سخان ماء شمسي الذي يتكون من أنابيب نحاسية ذات قطر (1.5 سم) و طول (105 سم) وسمك (1 ملم) ونرمز لها بالرمز (T1)، و تم استخدام أنابيب نحاسية أخرى بقطر (2سم) وبطول (60 سم) وسمك (1ملم) ونرمز لها بالرمز (T2) لتثبيت الأنابيب (T1) من الطرفين، وتم عزل الأنابيب النحاسية (T2) بعازل حراري لتقليل الخسائر الحرارية للماء داخل السخان الشمسي، وتم طلاء الأنابيب النحاسية جميعها بالطلاء الأسود من نوع ( كريستال) المتوفر في الأسواق المحلية لزيادة امتصاصية الأنابيب للإشعاع الشمسي الذي يؤدي إلى رفع درجة حرارة الماء داخل هذه الأنابيب ، وتم عمل ثقوب صغيرة بقطر (15.5 ملم ) في الأنابيب (T2) لتتمكن من إدخال الأنابيب النحاسية (T1) من خلالها من الطرفين، وبعدها تم وضع مادة لاصقة بوليمرية ذات لزوجة عالية وقوة تماسك وتلاصق عالية جدا مكونة من ( hardener Gucex Epoxy and Resin Gucex Epoxy ) (المتوفره في الأسواق المحلية) على الثقوب بعد إدخال الأنابيب (T1) فيها ليتم من خلالها تثبيت الأنابيب ومنع أي تسرب للماء والحفاظ على درجة حرارة الماء من التشتت إلى المحيط الخارجي حيث تم استخدام عدد من المواد اللاصقة ولكنها فشلت في تثبيت الأنابيب ومنها السليكون المطاط ولكن هذا النوع من المواد اللاصقة أثبت جدارته في تحمل درجات حرارة الماء العالية وتحمل أيضا ضغط الماء على الأنابيب النحاسية، وكانت المساحة الكلية لسخان الماء الشمسي هي (  $0.45 \text{ m}^2$  ) والشكل رقم (1) يوضح صورة فوتوغرافية لهذا السخان. استخدم في هذا البحث أنابيب زجاجية شفافة (أنابيب الفلوريسنت العاطلة عن العمل التي تعتبر نفايات (تدوير النفايات للعمل)) تسمح بمرور الأشعة الشمسية من خلالها وبقطر (2.5 سم) وبسمك (1ملم) وبطول (105 سم) التي يوضع بداخلها الأنابيب النحاسية (T1) لتعمل على زيادة درجة حرارة هذه الأنابيب ولعدم تشتيت الحرارة إلى المحيط الخارجي، لكونها تعمل على منع نفاذ الأطوال الموجية التي نفذت من خلالها ولم تمتصها الأنابيب النحاسية على النفاذ إلى المحيط الخارجي وقد تم غلق طرفي الأنابيب الزجاجية بإحكام بواسطة السليكون المطاط لمنع إي تسريب وتشتيت الحرارة إلى المحيط الخارجي ، ويوضح الشكل رقم (2) صورة فوتوغرافية للسخان الشمسي مع الأنابيب الزجاجية. أيضا في هذا

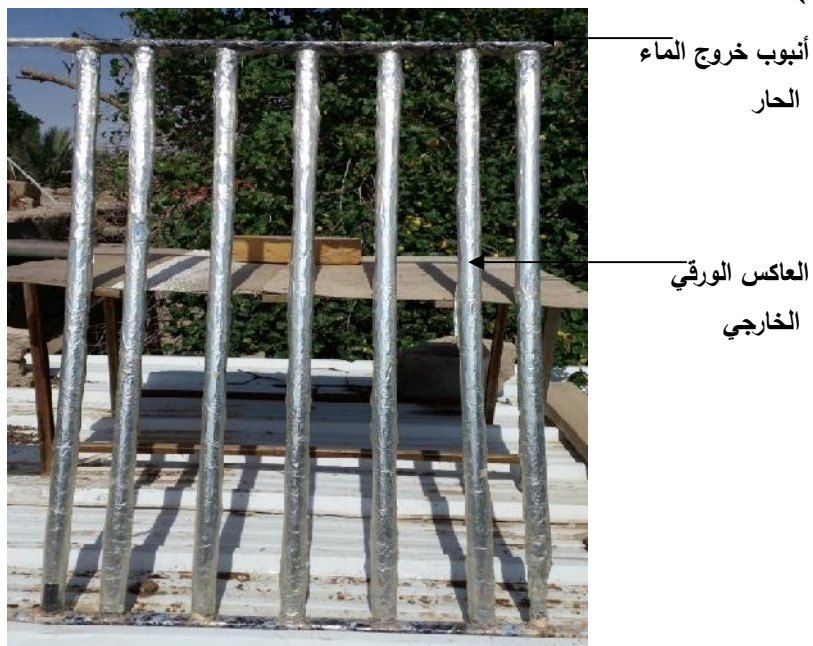
البحث استخدام عاكس ورقي ( d-c-fix ) المتوفر في الأسواق المحلية وتثبيته على الإطار الخارجي للأنايبب الزجاجية من جهة الخلف ليتم إعادة توجيه أشعة الشمس على الأنايبب النحاسية (T1) بالإضافة لأشعة الشمس الساقطة بصورة مباشرة على الأنايبب وبالتالي تزداد درجة حرارة هذه الأنايبب، التي تؤدي لرفع درجة حرارة الماء بداخلها، ويوضح الشكل رقم (3) صورة فوتوغرافية للسخان الشمسي مع الأنايبب الزجاجية المزودة بالعاكس الخارجي. تم توصيل السخان الشمسي بمجهر الماء (الخران البلاستيكي ذي السعة ( 30 لتر )) بوساطة أنابيب بلاستيكية ذات قطر (1سم) لتزويد السخان بالماء المراد تسخينه. أجريت الاختبارات العملية بصورة مستمرة لأيام مشمسة مختلفة من شهري شباط وآذار لعام 2016 في مدينة البصرة الواقعة على ( خط عرض  $30^{\circ} 33' 56.55''N$  ، خط طول  $47^{\circ}45'5.86''E$  ) حيث تتمتع هذه المدينة بطاقة شمسية عالية. ثبت السخان الشمسي بالاتجاه الجنوب الجغرافي لغرض الحصول على أطول وقت يتعرض فيه السخان للإشعاع الشمسي و يميل السخان بزاوية مقدارها ( $22^{\circ}$ ) عن الأفق، تم الحصول على قيم شدة الإشعاع الشمسي المسجلة لأيام الاختبارات العملية في كلية الزراعة في جامعة البصرة - العراق حيث تم قياسها لسطح أفقي.



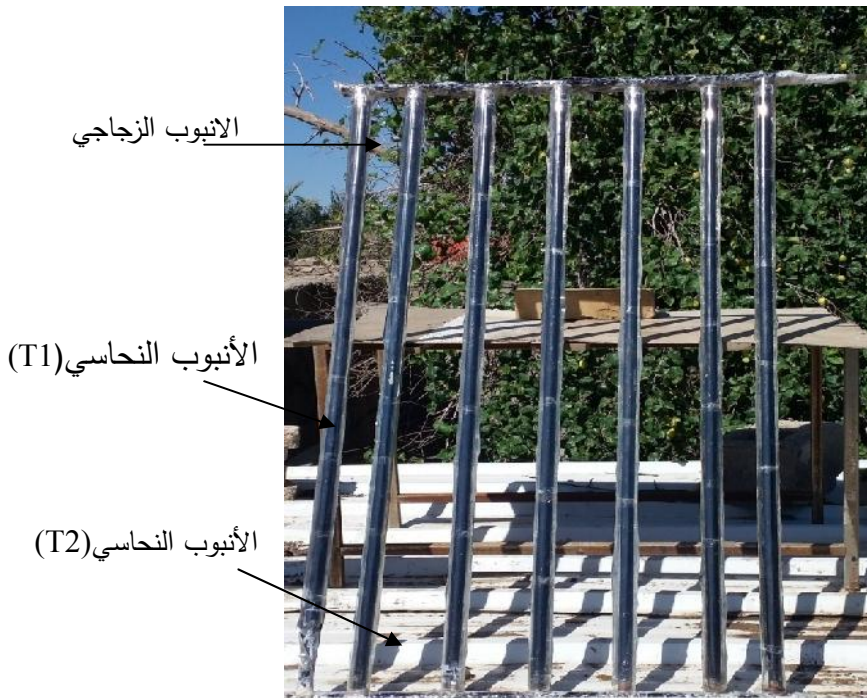
الشكل (1) صورة فوتوغرافية توضح السخان الشمسي بدون اي إضافة



الشكل (2) صورة فوتوغرافية توضح السخان الشمسي مع الأنابيب الزجاجية (فلوريسنت)



الشكل (3A) يبين العاكس الورقي من الجانب الخلفي للسخان

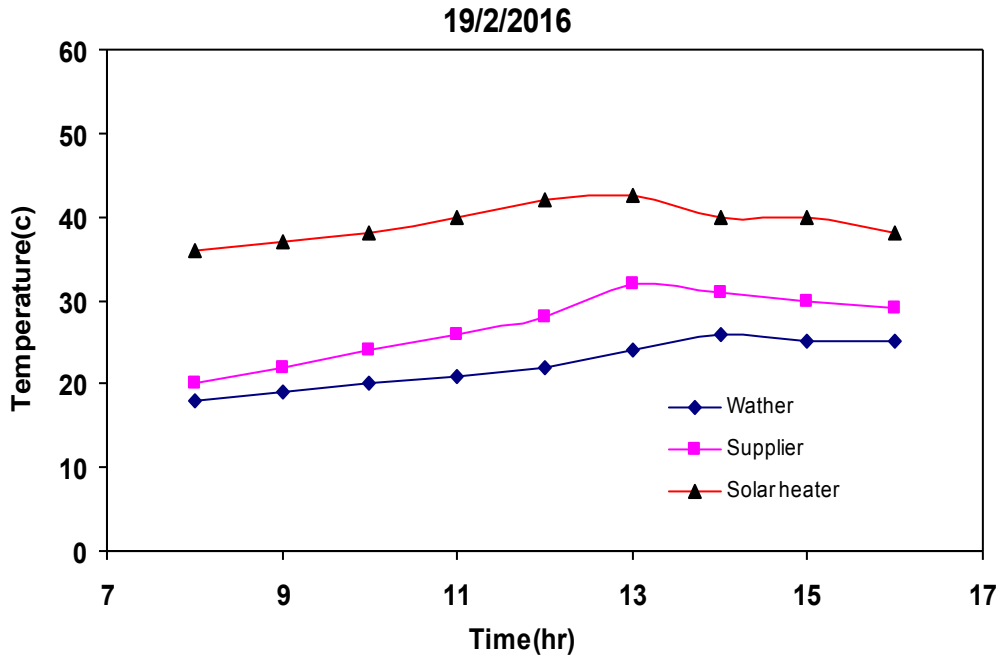


الشكل (3B) يبين الجانب الأمامي للسخان والمثبت عليه العاكس.



## النتائج والمناقشة :

تم تمثيل الاختبارات العملية لأيام مشمسة مختلفة من شهري شباط وآذار لعام 2016 في مدينة البصرة بشكل مخططات بيانية توضح أداء السخان الشمسي ، ويوضح الشكل رقم (4) نتائج قياس درجات الحرارة الساعية للماء المخزون في السخان وللأسطوانة المجهزة و لحرارة الجو لكل ساعة ليوم (2016/2/19) حيث يعمل السخان بدون أية إضافة.

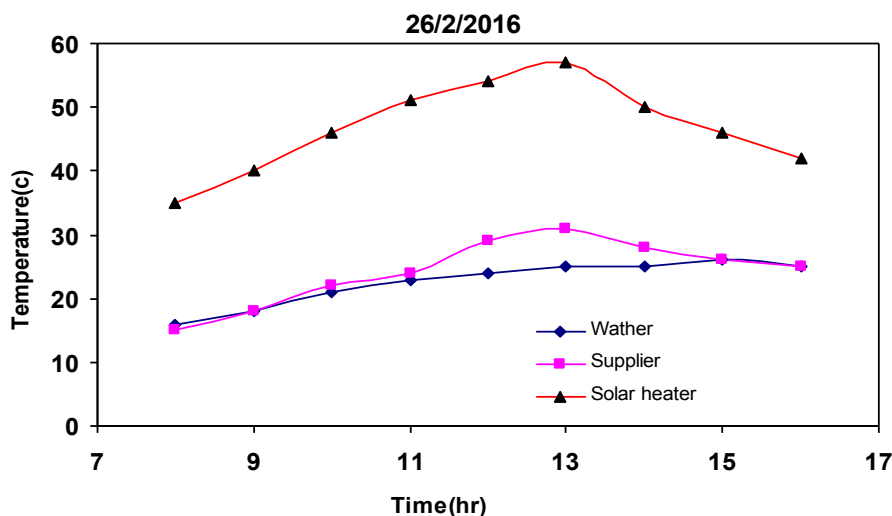


الشكل (4) تغير درجة الحرارة لساعات النهار ليوم 2016/2/19 بدون أي إضافة.

يتضح من الشكل (4) أن درجة الحرارة تكون واطئة في الساعات الأولى من الصباح ثم تزداد تدريجياً إلى أن تصل إلى قيمتها العظمى عند الساعة الواحدة ظهراً، وبعدها تبدأ بالهبوط تدريجياً في الساعات الأخيرة من النهار وهذا يعود إلى تأثير أشعة الشمس وزاوية سقوطها، إذ يكون سقوط أشعة الشمس في الساعات الأولى من الصباح على السخان الشمسي بزاوية معينة وبشكل مائل حيث أن معظم هذه الأشعة سوف تنعكس والقسم الآخر منها يمتص ويعمل على تسخين الماء

وإيصاله إلى درجة حرارة معينة، أما عند منتصف النهار فإن أشعة الشمس الساقطة بشكل عمودي على السخان الشمسي تؤدي إلى زيادة درجة حرارة الماء، وبعد ذلك وفي ساعات النهار المتأخرة يبدأ الإشعاع الشمسي بالتناقص مؤدياً إلى الانخفاض في درجة حرارة ماء السخان و المجهز. نلاحظ إن أعلى درجة حرارة سجلت لماء السخان عند الساعة الواحدة ظهراً هي (  $42\text{ C}^{\circ}$  ) بينما نجد درجة حرارة ماء الاسطوانة المجهزة عند الوقت نفسه هي (  $32\text{ C}^{\circ}$  )، وهذا الفارق يعود إلى وجود السخان الشمسي الذي يعمل على رفع درجة حرارة الماء الموجود داخله ولكن بنسبة قليلة لأن السخان يعمل بدون أية إضافة ومن ثم فإن ملامسة الهواء للأنايبب النحاسية تعمل على انتقال وتشتت الحرارة من الأنايبب إلى المحيط الخارجي كخسائر.

عند وضع أنابيب زجاجية شفافة (أنابيب الفلوريسنت) حول الأنايبب النحاسية للسخان والغاية منها رفع درجة حرارة الأنايبب وبالتالي رفع درجة حرارة المياه حيث تم الاختبار العملي في يوم (2016/2/26) في حين تتم نتائج القياسات العملية من الساعة الثامنة صباحاً وحتى الساعة الرابعة عصراً والموضحة في الشكل (5) .

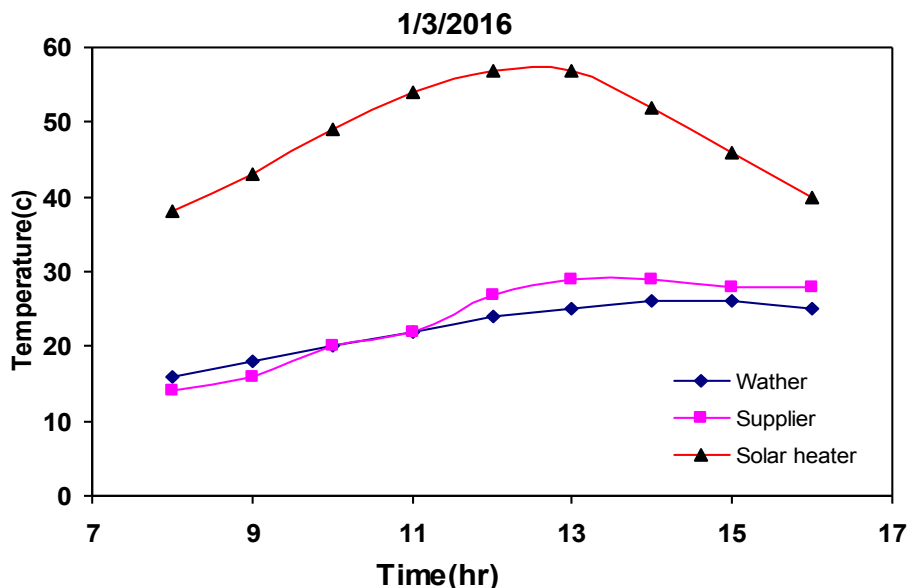


الشكل (5) تغير درجة الحرارة لساعات النهار ليوم 2016/2/26 بوجود الأنايبب الزجاجية.

يتضح من الشكل (5) إن سلوك درجة حرارة الجو هو نفس سلوك درجة حرارة الأسطوانة المجهزة، ويتضح من الشكل أن هنالك فارقاً في درجات الحرارة بين ماء السخان والأسطوانة المجهزة حيث يعود هذا الفارق إلى وجود الأنايبب الزجاجية

الشفافة حول أنابيب السخان النحاسية وبالتالي تسمح هذه الأنابيب بمرور الأشعة الشمسية من خلالها ولا تسمح بنفاذ بعض الأطوال الموجية إلى المحيط الخارجي ومن ثم تؤدي لرفع درجة حرارة الأنابيب النحاسية التي تؤدي لرفع درجة حرارة الماء حيث نلاحظ إن أعلى درجة حرارة سجلت لماء السخان عند الساعة الواحدة ظهراً هي ( $31\text{ C}^{\circ}$ ) وبينما نجد درجة حرارة ماء الاسطوانة المجهزة عند الوقت نفسه هي ( $31\text{ C}^{\circ}$ ) ودرجة حرارة الجو عند الوقت نفسه ( $25\text{ C}^{\circ}$ )، ونلاحظ إن أوطأ درجة حرارة سجلت لماء السخان عند الساعة الثامنة صباحاً هي ( $35\text{ C}^{\circ}$ ) في حين نجد درجة حرارة ماء الاسطوانة المجهزة عند الوقت نفسه هي ( $15\text{ C}^{\circ}$ ) ودرجة حرارة الجو ( $16\text{ C}^{\circ}$ ). الشكل رقم (6) يوضح نتائج قياس درجات الحرارة الساعية للماء المخزون في السخان وللأسطوانة المجهزة و لحرارة الجو ليوم (2016/3/1) حيث يعمل السخان مع وجود العاكس الورقي (d-c-fix)، نلاحظ هنالك فارقاً في درجة الحرارة فتكون درجة حرارة ماء السخان الشمسي عند الساعة الواحد ظهراً هي ( $57.5\text{ C}^{\circ}$ ) في حين تكون درجة حرارة ماء الأسطوانة المجهزة عند الوقت نفسه هي ( $27\text{ C}^{\circ}$ ) بينما نجد درجة حرارة الجو عند الوقت نفسه هي ( $24\text{ C}^{\circ}$ ) وهذا الفارق البسيط يعزى إلى وجود العاكس المقابل لأنابيب السخان الشمسي الذي يعمل على عكس أشعة الشمس على هذه الأنابيب وهذا جعل الفارق كبيراً بينها وبين درجة حرارة الأسطوانة المجهزة، ويكون تأثير العاكس في ساعات الصباح الأولى كبيراً، لأن أشعة الشمس تسقط بصورة مائلة على السخان الشمسي وبالتالي يعمل العاكس على عكس الأشعة بصورة كاملة إما عند منتصف النهار فتكون أشعة الشمس الساقطة على السخان عمودية وبالتالي ينعدم تأثير العاكس وبعدها تبدأ أشعة الشمس بالسقوط بصورة مائلة ولكن بالاتجاه الغربي وهذا يجعل تأثير العاكس ضعيف جداً لأننا قمنا بتثبيت السخان بالاتجاه الجنوبي وللحصول على تأثير فعال للعاكس على امتداد اليوم يجب توجيه السخان المثبت عليه العاكس باتجاه دوران الشمس ليعمل العاكس على تركيز أشعة الشمس على الأنابيب النحاسية للسخان، ونلاحظ من الشكل (6) إن سلوك درجة الحرارة يزداد مع الوقت

ليصل إلى قيمته العظمى عند منتصف النهار وبعدها يبدأ بالهبوط تدريجياً معتمد في ذلك على قيمة شدة الإشعاع الشمسي .



الشكل (6) تغير درجة الحرارة لساعات النهار ليوم 2016/3/1 بوجود الأنابيب الزجاجية بوجود العاكس .

تم حساب الطاقة المخزونة للسخان وإسطوانة المجهز من خلال المعادلة التالية [13]:

$$Q_u = \rho C (T_{av} - T_i) \dots \dots \dots (1)$$

$Q_u$  : كمية الطاقة المخزونة لكل وحدة حجم (W).  
 $\rho$  : كثافة الماء (kg/m<sup>3</sup>).

$T_{av}$  : معدل درجة حرارة الماء (C<sup>0</sup>).  
 $T_i$  : درجة حرارة الماء (C<sup>0</sup>).

$C$  : الحرارة النوعية للماء (kJ/kg.C<sup>0</sup>).

ويمكن حساب كمية الطاقة الممتصة من قبل المجمع الشمسي من خلال المعادلة الآتية [13]:

$$Q_{abs} = I_b \cdot A_p \cdot F_t \cdot (\tau_g \alpha_p) \dots \dots \dots (2)$$

$Q_{abs}$  : كمية الطاقة الممتصة (W).

$I_b$  : الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على سطح المجمع ( $W/m^2$ ).

$A_p$  : المساحة السطحية لصفحة الامتصاص للمجمع ( $m^2$ ).

$F_t$  : المعامل الكلي لتأثير الظل والغبار على كمية الإشعاع الشمسي المستلم.

$F_{sh}$  : معامل تأثير الظل الذي يغطي جزءا من صفحة الامتصاص على الإشعاع الشمسي المستلم.

$F_d$  : معامل تأثير ذرات الغبار على السطح الخارجي للزجاج على الإشعاع الشمسي المستلم.

$(\tau_g \alpha_p)$  : حاصل ضرب امتصاصية صفحة الامتصاص في نفاذية الغطاء الزجاجي.

$$[14] \alpha_p = 0.97, \tau_g = 0.95, F_{sh} = 0.98, F_d = 0.97, F_t = F_d \cdot F_{sh}$$

وكمية الطاقة الحرارية المخزونة داخل السخان الشمسي تحسب كالاتي:

$$Q_{u(acu)} = MC (T_{av} - T_i) / t \dots\dots\dots(3)$$

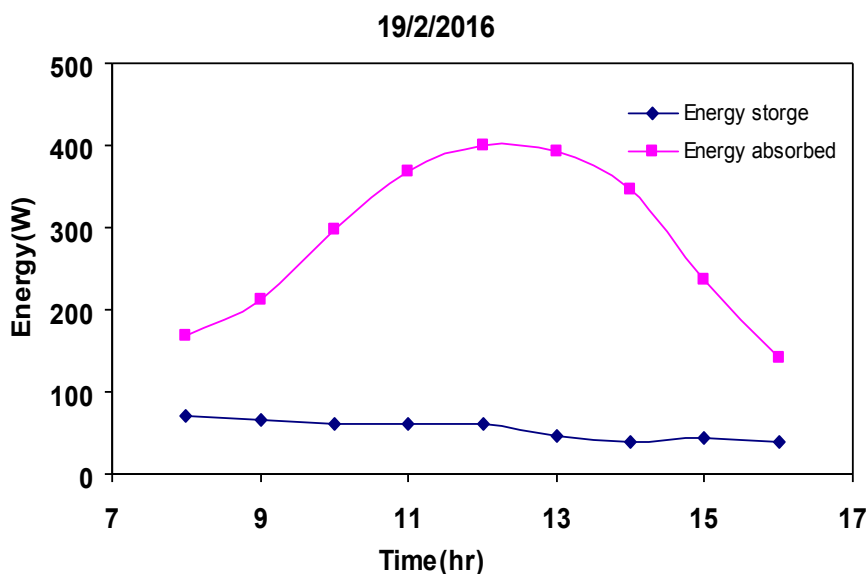
$M$  : كتلة الماء (kg).  $t$  : زمن التشغيل (Sec).

ويمكن حساب كفاءة السخان من خلال المعادلة التالية :

$$\eta_s = Q_{u(acu)} / Q_{abs} \dots\dots\dots(4)$$

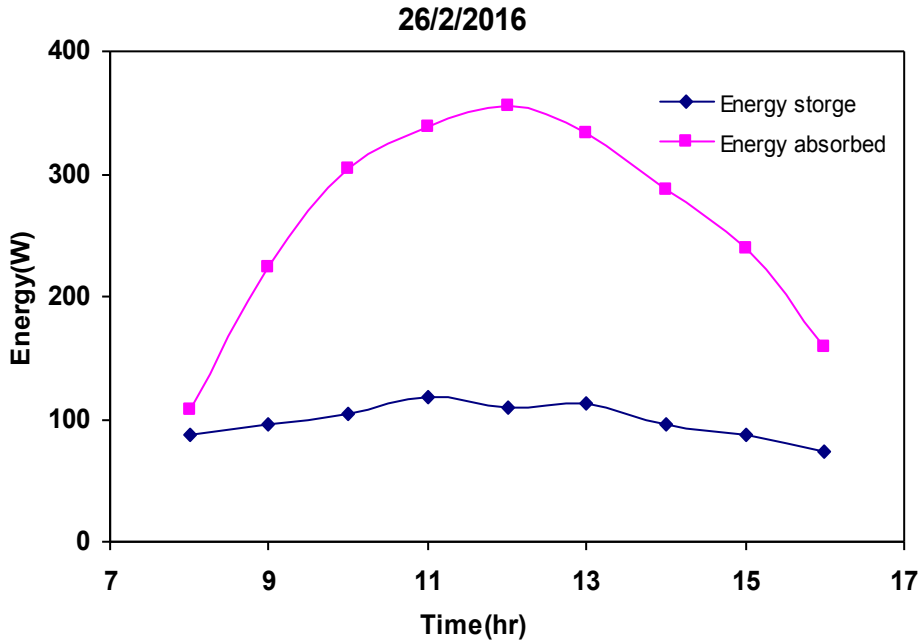
الإشكال (7-9) توضح مخططات بيانية للطاقة المخزونة لكل وحدة حجم والطاقة الممتصة من السخان الشمسي ولأيام اختبار مختلفة ، نلاحظ أن قيم الطاقة المخزونة للسخان الشمسي أقل بكثير من قيم الطاقة الممتصة إذ تعتمد الطاقة المخزونة على الفرق بين درجات الحرارة للسخان والإسطوانة المجهزة كما نلاحظها من خلال المعادلة رقم (1) فكلما كبر هذا الفارق ازدادت قيمة الطاقة المخزونة في حين نجد من خلال المعادلة رقم (2) أن الطاقة الممتصة تعتمد على قيم الإشعاع الشمسي فكلما ازدادت قيم الإشعاع ازدادت قيم الطاقة الممتصة فتبدأ بالازدياد تدريجيا إلى أن تصل إلى القيمة العظمى لها عند منتصف النهار حيث تكون أعلى قيمة لشدة الإشعاع

الشمسي لأنها تكون عمودية وبعدها تتخفف، وهذا ما نلاحظه في الجدول رقم (1) الذي يمثل قيم الطاقة المخزونة والممتصة للسخان الشمسي وقيم الإشعاع الشمسي ليوم 2016/3/1 .

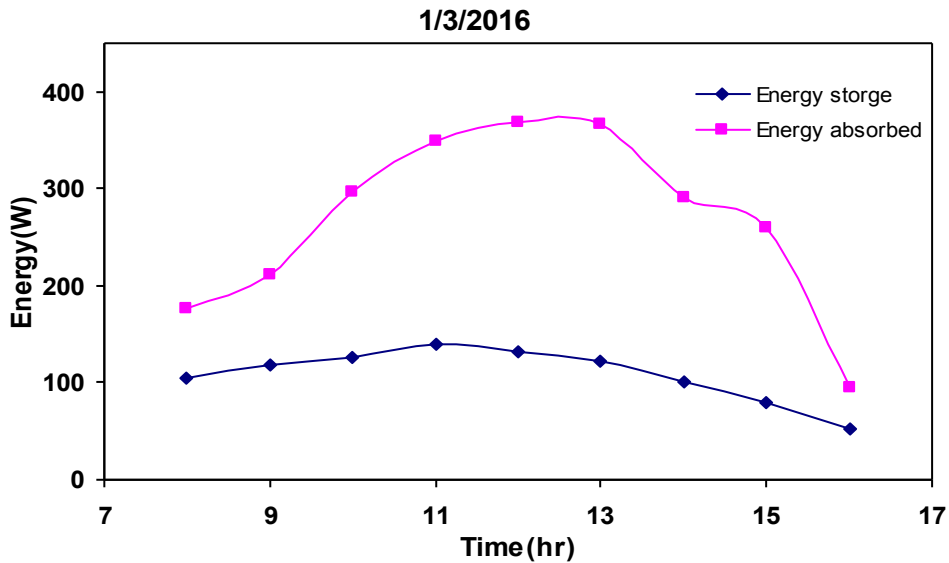


الشكل (7) تغير كمية الطاقة المخزونة لوحد الحجم والطاقة الممتصة مع ساعات النهار ليوم

2016/2/19



الشكل (8) تغير كمية الطاقة المخزونة لوحدة الحجم والطاقة الممتصة مع ساعات النهار ليوم 2016/2/26 بوجود أنابيب الزجاج.



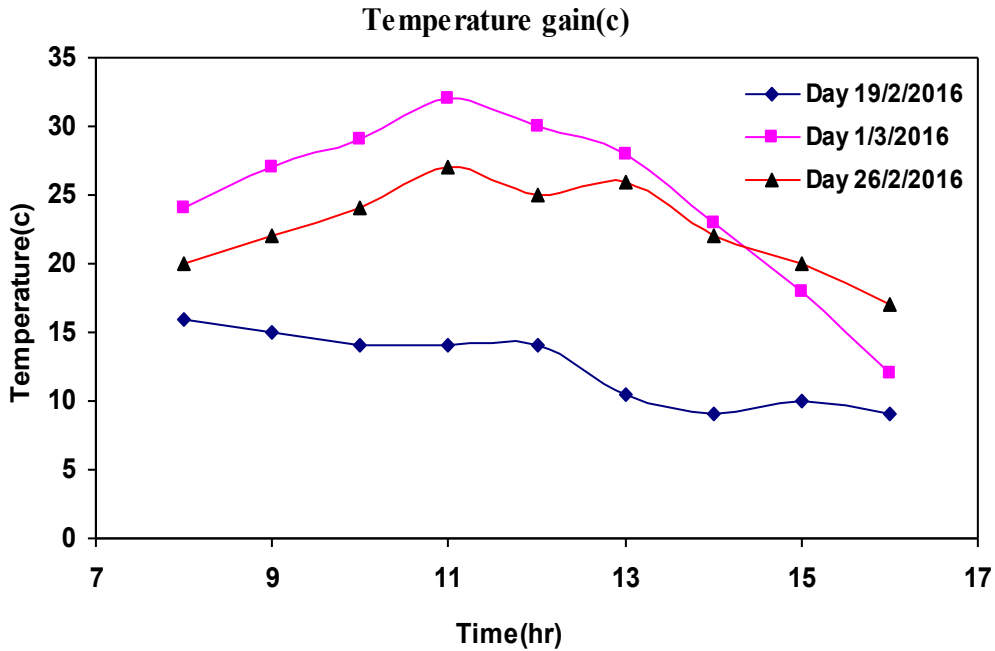
الشكل (9) تغير كمية الطاقة المخزونة لوحدة الحجم والطاقة الممتصة مع ساعات النهار ليوم 2016/3/1 بوجود العاكس مع أنابيب الزجاج.

الجدول رقم (1) قيم الطاقة المخزونة والممتصة للسخان الشمسي وقيم الإشعاع الشمسي ليوم 2016/3/1

الوقت	درجة حرارة الاسطوانة المجهزة C <sup>o</sup>	درجة حرارة السخان الشمسي C <sup>o</sup>	الطاقة الممتصة للسخان W	الطاقة المخزونة للسخان الشمسي MJ/m <sup>3</sup>	شدة الإشعاع الشمسي W/m <sup>2</sup>
8:00	14	38	176.17	104.88	450
9:00	16	43	211.80	117.99	541
10:00	20	49	297.14	126.73	759
11:00	22	54	348.82	139.84	891
12:00	27	57	368.25	131.10	940.6
1:00	29	57	367.52	122.36	938.7
2:00	29	52	291.62	100.51	745
3:00	28	46	260.15	78.66	664.6
4:00	28	40	94.65	52.44	241

تم حساب الريح لدرجة حرارتي السخان الشمسي و الاسطوانة المجهزة للماء لأيام الاختبارات العملية التي توضح بالشكل رقم (10).

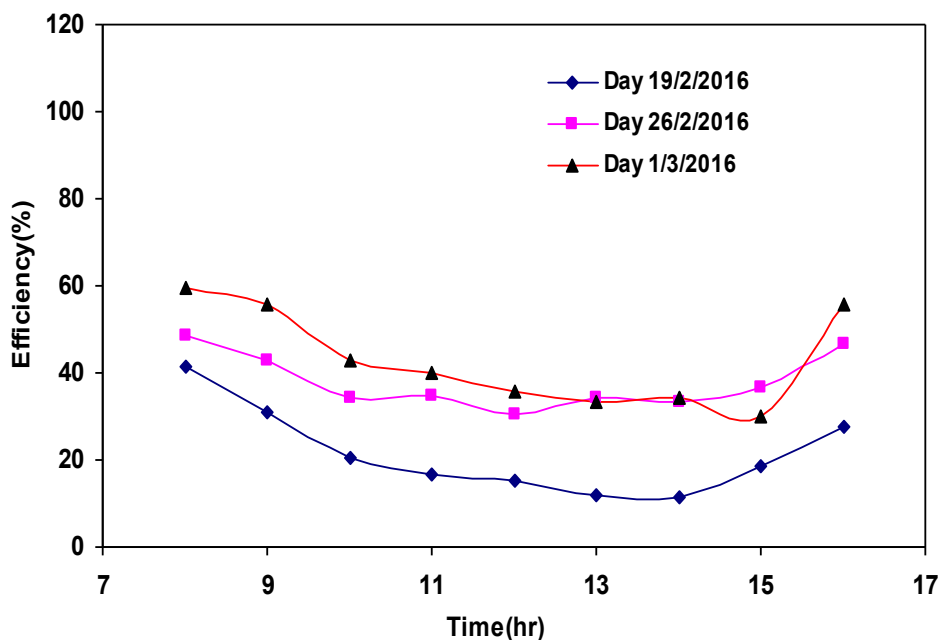




الشكل (10) يوضح الريح بدرجة الحرارة عند استخدام السخان الشمسي لأيام اختبارات عملية من شهري شباط وآذار لعام 2016.

يتضح من الشكل (10) إن أفضل ريح سجل بدرجات الحرارة كان في يوم 2016/3/1 إي أن السخان الشمسي يعمل مع وجود الأنابيب الزجاجية والمنبت عليها العاكس الورقي حيث نلاحظ تأثير العاكس على درجات الحرارة ولاسيما في الساعات الأولى من الصباح وحتى الساعة الواحدة والنصف ظهراً حيث تكون أشعة الشمس عمودية وبالتالي يكون تأثير السخان معدوماً وبعدها يهبط الريح بدرجات الحرارة عند الساعات المتأخرة من النهار إي لا يوجد تأثير للعاكس في هذا الوقت. ونلاحظ أن أعلى ريح بدرجة الحرارة سجل هو ( $32\text{ C}^{\circ}$ ) عند الساعة الحادية عشر من يوم 2016/3/1، في حين كان الريح ( $27\text{ C}^{\circ}$ ) عند الوقت نفسه ليوم 2016/2/26 و ( $14\text{ C}^{\circ}$ ) عند الوقت نفسه ليوم 2016/2/19.

تم حساب الكفاءة الحرارية للسخان الشمسي باستخدام المعادلة رقم (4) لأيام الاختبارات العملية التي توضح بالشكل رقم (11).



الشكل (11) يبين الكفاءة الحرارية للسخان الشمسي لأيام اختبارات عملية من شهري شباط وآذار لعام 2016 .

نلاحظ من الشكل (11) إن الكفاءة تزداد عند ساعات الصباح الأولى ثم تتخفف تدريجياً بمرور الوقت وبعدها تزداد لأن قيم الكفاءة الحرارية تعتمد على قيم الطاقة المخزونة التي تتناسب تناسباً طردياً معها فكلما ازدادت هذه القيم ازدادت قيم الكفاءة الحرارية على عكس قيم الطاقة الممتصة تتناسب عكسياً مع قيم الكفاءة الحرارية فكلما زادت قيم الطاقة الممتصة التي تعتمد اعتماداً كلياً على قيم شدة الإشعاع الشمسي قلت قيم الكفاءة الحرارية وهذا مثبت في المعادلة رقم (4). نلاحظ بأن أعلى قيمة للكفاءة الحرارية سجلت هي (59.53 %) عند الساعة الثامنة صباحاً من يوم 2016/3/1، في حين كانت الكفاءة (48.5%) عند الوقت نفسه ليوم 2016/2/26 وسجلت الكفاءة ليوم 2016/2/19 وعند الوقت نفسه (41 %).

## الاستنتاجات

نستنتج من هذا البحث أن هنالك سلوكاً مشابهاً لدرجة الحرارة بين ماء السخان وماء الاسطوانة المجهزة إذ تبدأ درجة الحرارة بالصعود إلى أن تصل إلى القيمة العظمى لها عند الساعة الواحدة ظهراً حيث تكون الشمس عمودية وبالتالي تكون شدة الإشعاع الشمسي كبيرة ثم تبدأ بالهبوط تدريجياً، و تزداد درجة حرارة ماء السخان عند إضافة الأنابيب الزجاجية وإضافة العاكس الورقي المثبت عليها وبصفة خاصة عند الساعات الأولى حيث تكون أشعة الشمس الساقطة بصورة مائلة على السخان الشمسي. تزداد قيم الطاقة المخزونة للماء عندما يكون الفرق كبيراً بين درجة حرارة السخان ودرجة حرارة الاسطوانة المجهزة للماء ، وتزداد قيم الطاقة الممتصة من السخان الشمسي بزيادة قيمة شدة الإشعاع الشمسي ، و يزداد أداء السخان الشمسي بزيادة شدة الإشعاع الشمسي الساقطة عليه أي عندما يكون الجو صافياً لا يحتوي على الغيوم والغبار. وقد أظهرت نتائج التجارب العملية بأن كفاءة السخان الشمسي بدون إي إضافة هي (41 %)، وعند إضافة الأنابيب الزجاجية للسخان أسهمت في زيادة النسبة المئوية للكفاءة الحرارية بمقدار (48.5 %)، أما عند إضافة العواكس الخارجية للأنابيب الزجاجية فقد أسهمت في زيادة النسبة المئوية للكفاءة الحرارية بمقدار (59.5 %).

## المصادر

- 1-P. B. L. Chaurasia, and J. Twidell, *Solar Energy* 70, 403-416 (2001).
- 2-N. V. Ogueke, E. E. Anyanwu, and O. V. Ekechukwu, *renewable and sustainable energy* 1, 043106 (2009).
- 3-Terry Galloway, " *Solar House: A Guide for the Solar designer*," Architectural Press is an imprint of Elsevier, 2004.
- 4-H. Taherian, A. Rezaia, S. Sadeghi, and D. D. Ganji, *Energy Conversion and Management* 52, 301-307(2011).
- 5-C. Dharuman , J. H. Arakeri, and K. Srinivasan, *Energy and Buildings* 38, 214-219(2006).
- 6-M.michaelides," Simulaiion studies of the position of the auxillary heater in thermosyphon solar water heating systems ",*Renewable Energy* , Vol.10 ,No.1 ,PP.3542 ,1997.
- 7-Khalid A. Joudi, Aouf A. Al-tabbakh," Computer simulation of a two phase thermosyphon solar domestic hot water heating system", *Energy Conversion & Management* 40(1999) 775-793.
- 8 عماد عبد الحسين, "دراسة نظريه وعملية لسخان ماء شمسي يعمل بالدوران الطبيعي", رسالة ماجستير- قسم هندسة المكاتن والمعدات-الجامعة التكنولوجيا ,العراق , (1981).
- 9-Q. M. AL-Sadi "Heat Transfer Numerical Analysis of a Thermosyphon Solar Heating System" M.sc. thesis, *Chemical Engineering* ,University of Basra, (1999).
10. عليوي ،وسام حميد ، " منظومة منزلية لتسخين المياه بسيطة التصميم واطئة الكلفة " ، مجلة التقني ، المجلد 21 ، العدد 4 ، الصفحة 27 ، 2008 م .
11. جاسم مهدي الاسدي وجماعته " دراسة تأثير العواكس الداخلية والخارجية على كفاءة إنتاج السخان الشمسي" *مجلة دراسات البصرة ، السنة الثامنة / العدد (16) (2013)*.
- 12- Kawther et al. , " *The Influences of Surface Area on the Efficiency of a New Design of Solar Collector Suitable for Basrah City30.50 N*", *Journal of AIJRSTEM*, 9(3), February 2015, pp. 216-220.
- 13-A. J. Khalifa "On the Verification of one Dimensional Heat Flow in a Horizontal Thermosyphon Storage Tank " *Energy Conversion. & Management*, Vol.40 , pp. 961, 1999.
14. علاء محسن خضير ، جاسم مهدي الاسدي " حساب الكفاءة الحرارية لتصميمين مختلفين من السخانات الشمسية" *مجلة ابحاث البصرة ( العلميات) العدد 38 ، الجزء B.1 (2012)* .