

دراسة تأثير العواكس الداخلية والخارجية على كفاءة إنتاج السخان الشمسي

إ.م.ع. عقيل يوسف هاشم
جامعة البصرة/المعهد التقني
قسم النقيان الكهربائية

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

إ.م.ع. جاسم مهدي الأسدي
جامعة البصرة/كلية التربية
قسم الفيزياء

المخلص

في هذا البحث تم دراسة تأثير العواكس الداخلية المتكونة من قطع من المرايا وورق الألمنيوم الحراري (السليكون) والعاكس الخارجي المتكون من الزجاج ذو الوجه العاكس على كفاءة السخان الشمسي ، وقد أظهرت نتائجنا العملية بأن كفاءة السخان الشمسي بدون إضافة هي (٢٥%) بينما ازدادت كفاءة السخان الشمسي عند وضع العاكس الداخلي بمقدار (٦٨.٦%) وعند وضع العاكس الخارجي بمقدار (٤٠%).

Abstract

In this research, study the effect of the internal reflectors (mirror and thermal aluminum) and external reflector on the solar water heater efficiency . we found this experimental study that the efficiency without any improvement is (٢٥%), and increase to (68.6%), by using internal reflector and (40%) by using external reflector.

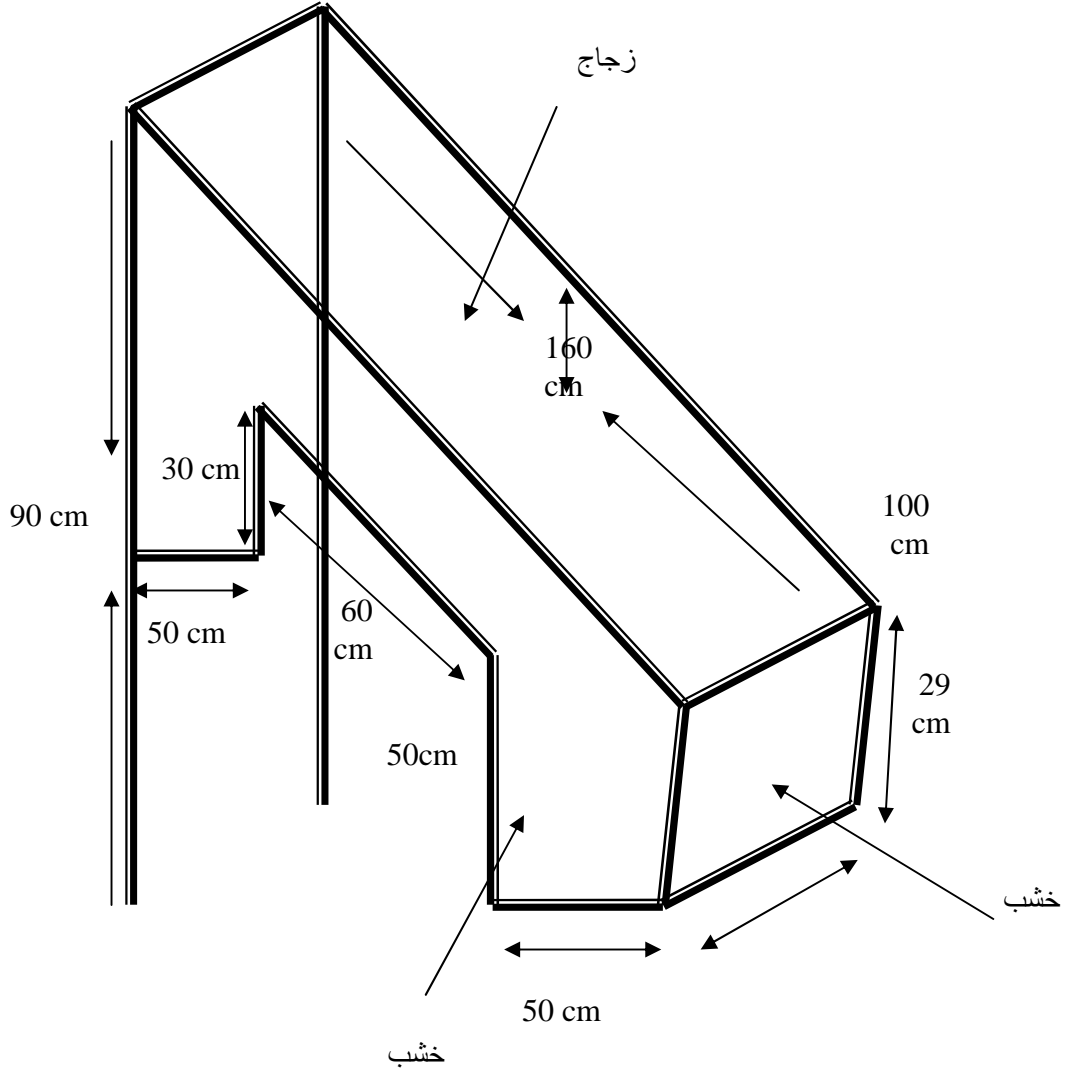
المقدمة:-

الطاقة هي عبارة عن كمية فيزيائية تظهر على شكل حرارة أو حركة ميكانيكية أو كطاقة ربط في أنوية الذرة بين البروتون والنيوترون، وتعتبر المقوم الأساسي لاستمرار التطور البشري ونمو الاقتصاد وتحسين رفاهية الإنسان ورفع مستوى المعيشة العالمي^(٢-١). لم يعد موضوع الطاقة أمراً يقتصر الاهتمام به على الأكاديميين وذوي الاختصاص وصانعي القرارات الاقتصادية والسياسية بل إنه تعدى تلك الأطر ليصبح موضع اهتمام الجميع بغض النظر عن مواقعهم الوظيفية والاجتماعية، وتوجد في الطبيعة صور من الطاقة المتجددة وهي (الطاقة الشمسية ، طاقة الرياح ، الطاقة الحرارية في البحار والمحيطات ، طاقة المد والجزر، طاقة حرارة باطن الأرض)، وسيتم تناول الطاقة الشمسية بشي من التفصيل وذلك لأهميتها من قبل الإنسان باعتبارها الطاقة المعتمدة في هذه الدراسة^(٣). الشمس اقرب نجم إلى الأرض ويبعد نحو ١٥٠ مليون كيلو متر عن الأرض، ويبلغ قطرها حوالي(١.٣٩ × ١٠^٩) متر، وهي أيضا أثقل من الأرض بمقدار(٣٣٣٠٠٠) مرة، ودرجة حرارتها حوالي(٥٧٧٧ كلفن)^(٤). الشمس عبارة عن كره هائلة من الغاز الذي يختلف اختلافاً كلياً عن إي غاز موجود في الأرض إذ إن درجة حرارته وضغطه وكثافته اكبر بكثير منها للغازات الموجودة في جونا ومع هذا فالغازات في الشمس تتقاد لقوانين الغازات التي نجدها على الأرض، والمصدر الحقيقي للطاقة الشمسية المنبعثة هي الطاقة النووية المتحررة من تفاعلات الاندماج النووي ،ففي المناطق العميقة داخل الشمس تحدث سلسلة من التفاعلات النووية ،تسمى سلسلة (بروتون- بروتون) إذ تتحد أربعة بروتونات من الهيدروجين (${}^1\text{H}$) لتؤلف نواة ذرة هليوم واحدة(${}^4\text{He}$) (جسيم ألفا) المجموع الكلي للطاقة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض كبير جداً، و إن 1% من مساحة الأرض يكفي لتجميع طاقة شمسية تغطي احتياج العالم بأسره من الكهرباء^(٧-٥). تستخدم الطاقة الشمسية كوقود عمل في كثير من التطبيقات ومنها المقطرات الشمسية وتجفيف المحاصيل الزراعية وطهي الطعام وتوليد الطاقة الكهربائية وتسخين الماء بواسطة السخانات الشمسية وغيرها من التطبيقات ، ويعتبر السخان الشمسي الجهاز الذي يستخدم الطاقة الشمسية

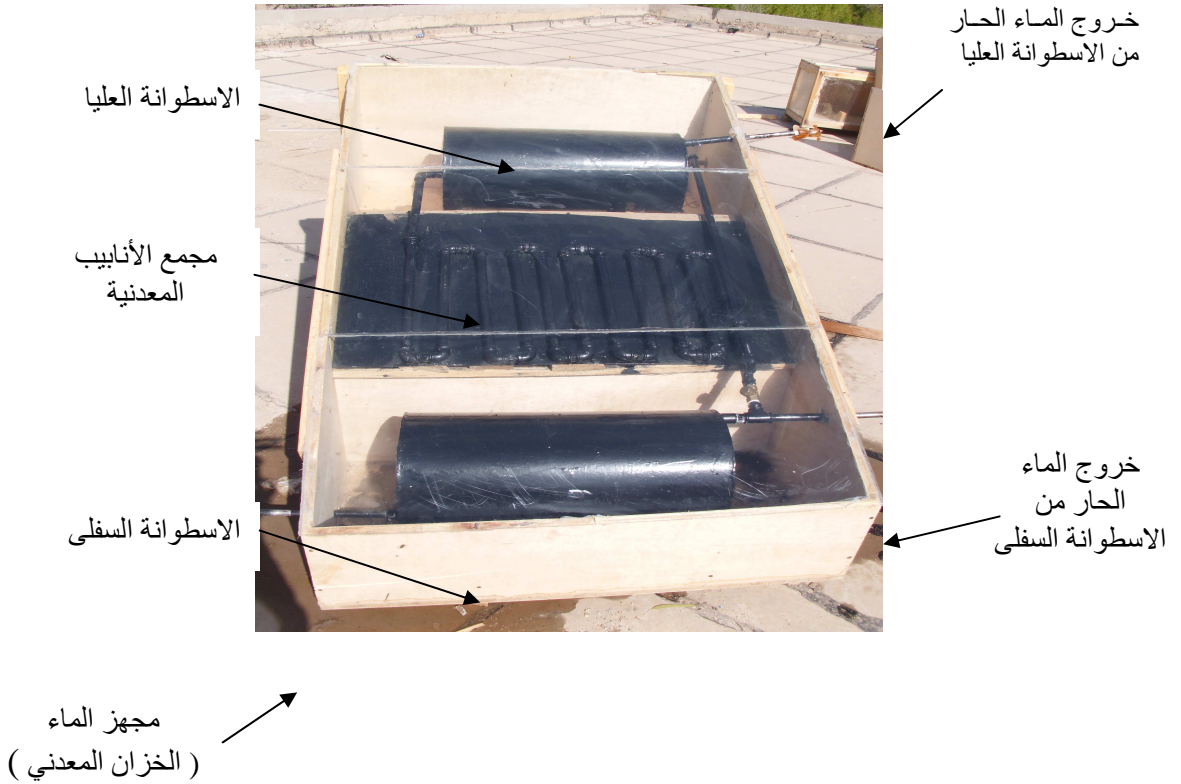
لإنتاج الماء الحار، ويكون تدوير الماء إما بالطريقة الطبيعية (الثرموسيفون) أو بالطريقة القسرية داخل النظام^(٨). يعتبر السخان الشمسي التطبيق الأكثر نجاحاً باستخدام الطاقة الشمسية في عملية تسخين الماء ويكون ذو تركيب بسيط غير معقد لاحتياج إلى عامل ماهر في بنائه وذو جدوى اقتصادية جيدة^(٩). أجريت الكثير من الدراسات لتحسين أداء السخان الشمسي وتقليل الكلفة فقد قام الباحثان (Garg , Datta) بدراسة تأثير زيادة مساحة اللوح الماص على كفاءة السخان الشمسي^(١٠). أما الباحثان (Morrison·Budihrdjo) فقاما بدراسة عملية وعددية للسخان الشمسي الأنبوبي المفرغ المستخدم في أوروبا والصين ، وقد حصل الباحثون على كفاءة مقدارها (36%) لفترة الشتاء و (55%) لباقي فترات السنة ، بين الباحث ومن خلال الحل العددي خطوط توزيع درجات الحرارة والانسحاب داخل الأنابيب المفرغة والخزان الحراري^(١١). الباحث (عليوي) قام بإجراء دراسة عملية لمجمع شمسي خازن موشوري الشكل ذو قطع جزئي للمثلث القائم الزاوية ، شملت الدراسة فحص واختبار المجمع تحت الظروف البيئية العراقية (مدينة بغداد) وابتداءً من شهر شباط إلى نهاية شهر حزيران من عام (2005) ، فكانت أقصى درجة حرارة للماء داخل المجمع في اليوم السابع من شهر شباط (51.5 °C) بينما اقل درجة حرارة كانت (29 °C) وبمعدل درجة حرارة (37 °C) عندما كانت درجة حرارة الماء الابتدائية (16.3 °C) أي رفع درجة حرارة الماء بمقدار (21°C)^(١٢). أما في هذا البحث فقد تم دراسة تأثير العواكس الداخلية المتكونة من المرايا والألمنيوم الحراري والتي تكون على شكل قطع مستطيلة بإبعاد (٤٠ cm × ٥٠ cm) وإضافة العاكس الخارجي الذي يتكون من الزجاج ذو الوجه العاكس والذي يكون على شكل قطعة مستطيلة بإبعاد (٥٠ cm × ٤٠ cm) على كفاءة السخان الشمسي المركب من اسطوانتين والأنابيب المعدنية وكان قطر الاسطوانة (٣٥ cm) وطولها (٦٠ cm).

الجانب العملي

تم بناء سخان شمسي من الخشب والزجاج والأنابيب المعدنية التي تكون على شكل مجمع ومن أسطوانتين متماثلتين من الحديد المغلون لحفظ الماء وكان قطر الاسطوانة (30 cm) وطولها (60 cm) حيث ثبتت الاسطوانة العليا والسفلى بداخل الهيكل الخشبي للسخان الشمسي بواسطة حامل من الخشب ارتفاعه من المنتصف (3 cm) وارتفاع أطرافه (15 cm). تم توصيل الاسطوانة السفلى بمجهز الماء (الخران المعدني ذو السعة (100 لتر)) وتم توصيلها بالمجمع ذي الأنابيب المعدنية، وتعتبر هذه الاسطوانة مجهزاً ثانوياً للمجمع بعد أن يتم تسخين الماء بداخلها، وتم توصيل المجمع ذي الأنابيب المعدنية بالاسطوانة العليا التي من خلالها يتم خروج الماء من السخان بعد أن يصلها الماء الساخن من المجمع بالإضافة إلى الماء الذي يتم تسخينه بها، وتم تصميم هذا السخان من قبل الباحث⁽¹³⁾ Alaa. الشكل (1) يوضح رسم تخطيطي لإبعاد الهيكل الخشبي الخارجي للسخان الشمسي المركب، والشكل (2) يوضح صورة فوتوغرافية للسخان الشمسي المركب من اسطوانتين والمجمع ذي الأنابيب. تمت الاختبارات بصورة مستمرة لمدة أربعة أشهر من (كانون الأول 2011 إلى آذار 2012) في قسم الفيزياء - كلية التربية في جامعة البصرة الواقعة في مدينة البصرة (خط عرض 30° 33' 56.55"N ، خط طول 5.86"E 47° 45'). تم تثبيت السخان الشمسي المركب بالاتجاه الجنوب الجغرافي لغرض الحصول على أطول وقت تعرض للإشعاع الشمسي ويميل السخان بزاوية مقدارها (22°) ، تم الحصول على قيم شدة الإشعاع الشمسي المسجلة في قسم الفيزياء كلية التربية حيث تم قياسها لسطح أفق⁽¹⁴⁾ .



الشكل (١) رسم تخطيطي يوضح أبعاد الهيكل الخشبي للسخان الشمسي المركب .



الشكل (٢) صورة فوتوغرافية للسخان المركب بدون إضافة.

أما في هذا البحث فقد تم إضافة عواكس داخلية متكونة من المرايا والألمنيوم الحراري (السيلفون) والتي تكون على شكل قطع مستطيلة بإبعاد (٤٠ cm × ٥٠ cm) وبسمك (٣ mm) والمقابلة للاسطوانة العليا من السخان الشمسي لرفع درجة حرارة ماء الاسطوانة، وايضا تم إضافة العاكس الخارجي الذي يتكون من الزجاج ذو الوجه العاكس والذي يكون على شكل قطعة مستطيلة بإبعاد (٤٠ cm × ٥٠ cm) على مجمع الأنابيب المعدنية لمعرفة مدى تأثير هذه العواكس على كفاءة السخان الشمسي المركب من اسطوانتين والأنابيب المعدنية والأشكال (٣-٥) توضّح صور فوتوغرافية لهذا العمل.

العاكس الداخلي
(الألمنيوم
الحراري) المقابلة
للاسطوانة العليا



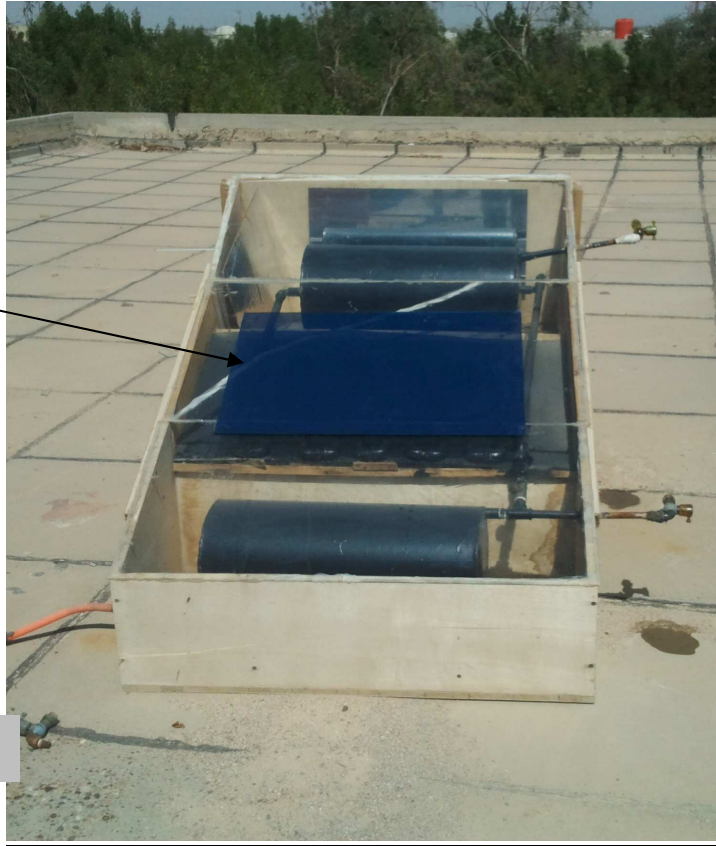
الشكل (٣) صورة فوتوغرافية توضح العاكس (الألمنيوم الحراري) داخل السخان الشمسي المركب

العاكس الداخلي
(المرايا) المقابلة
للاسطوانة العليا



الشكل (٤) صورة فوتوغرافية توضح العاكس (المرايا) داخل السخان الشمسي المركب

العاكس الخارجي
(الزجاج ذو الوجه
العاكس الواحد)
على مجمع
الأنابيب

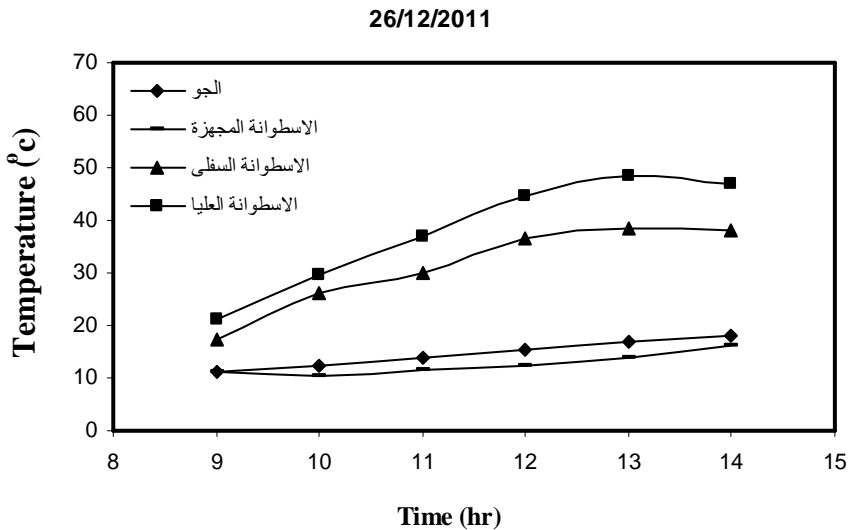


الشكل (٥) صورة فوتوغرافية توضح العاكس الخارجي على مجمع الأنابيب للسخان الشمسي المركب

النتائج والمناقشة

تم تمثيل الاختبارات بشكل مخططات بيانية توضح أداء السخان المركب ، الشكل رقم (٦) يوضح نتائج قياس درجات الحرارة الساعية للماء المخزون في الاسطوانتين وللأسطوانة المجهزة و لحرارة الجو لكل ساعة ليوم (٢٦/١٢/٢٠١١) حيث يعمل السخان بدون أي عاكس ، نلاحظ هنالك سلوك متشابه لدرجة حرارة الاسطوانتين العليا والسفلى ، تبدأ درجة الحرارة بالصعود إلى أن تصل إلى القيمة العظمى لها عند الساعة الثانية عشر والنصف حيث تكون الشمس عمودية وبالتالي تكون شدة الإشعاع الشمسي كبيرة ثم تبدأ بالهبوط نتيجة وجود الغيوم في السماء التي تحجب أشعة الشمس لفترات طويلة من الوصول إلى سطح الأرض وبالتالي انخفضت درجة حرارة ماء

السخان الشمسي وهذا ما نلاحظه من خلال الشكل رقم (٦). نلاحظ هنالك فارق في درجات حرارة الاسطوانتين فتكون درجة حرارة ماء الاسطوانة العليا عند الساعة الثانية عشر والنصف ظهراً هي (49°C) في حين نجد درجة حرارة ماء الاسطوانة السفلى عند نفس الوقت هي (37°C) بينما نجد درجة حرارة ماء الاسطوانة المجهزة للماء عند نفس الوقت هي (16°C) وهذا الفارق يعزى إلى وجود مجّمع الأنابيب المرتبط مع الاسطوانة العليا والذي يعمل على رفع درجة حرارة الماء الموجود بداخله ، ويكون سلوك درجة حرارة الاسطوانة المجهزة للماء يشابه سلوك درجة حرارة الجو.

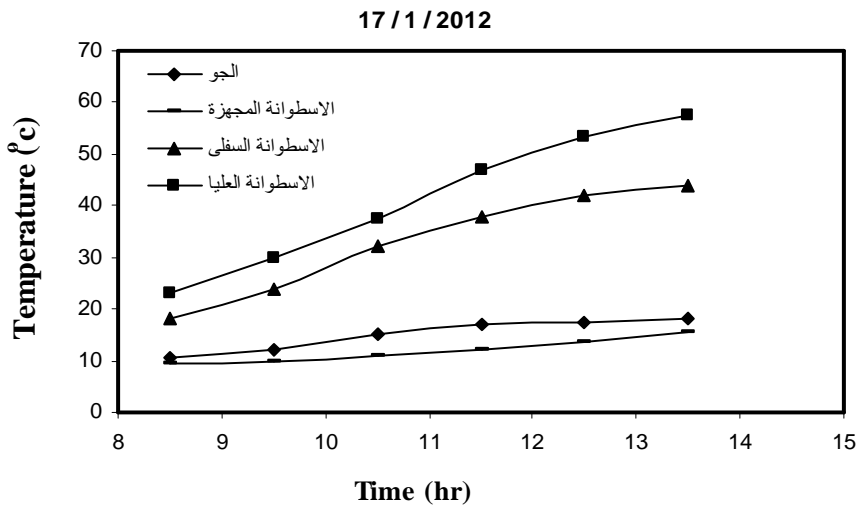


الشكل (٦) تغير درجة الحرارة لساعات النهار ليوم ٢٦/١٢/٢٠١١ بدون أي عاكس .

الشكل رقم (٧) يوضّح نتائج قياس درجات الحرارة الساعية للماء المخزون في الاسطوانتين السخان وللأسطوانة المجهزة و لحرارة الجو ولكل ساعة ليوم (٢٠١٢/١/١٧) حيث يعمل السخان مع وجود عاكس الألمنيوم ، نلاحظ هنالك فارق في درجة حرارة الاسطوانتين فتكون درجة حرارة ماء الاسطوانة العليا عند الساعة الواحدة والنصف ظهراً هي (57.5°C) في حين تكون درجة حرارة ماء الاسطوانة السفلى عند نفس الوقت هي (43°C) بينما نجد درجة حرارة ماء الاسطوانة المجهزة للماء عند نفس الوقت

هي (15.5°C) وهذا الفارق يعزى إلى وجود العاكس المقابل للاسطوانة العليا الذي يعمل على عكس أشعة الشمس على الاسطوانة وهذا جعل الفارق كبير بينها وبين درجة حرارة الاسطوانة السفلى.

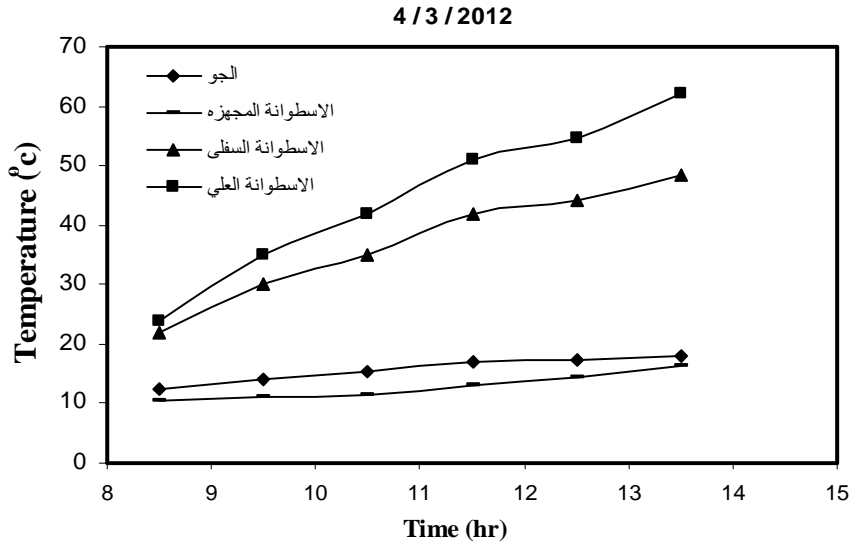
الشكل (٧) تغيّر درجة الحرارة لساعات النهار ليوم ٢٠١١/١/١٧ بوجود عاكس الألمنيوم الداخلي.



الشكل (٧) تغيّر درجة الحرارة لساعات النهار ليوم ٢٠١١/١/١٧ بوجود عاكس الألمنيوم الداخلي.

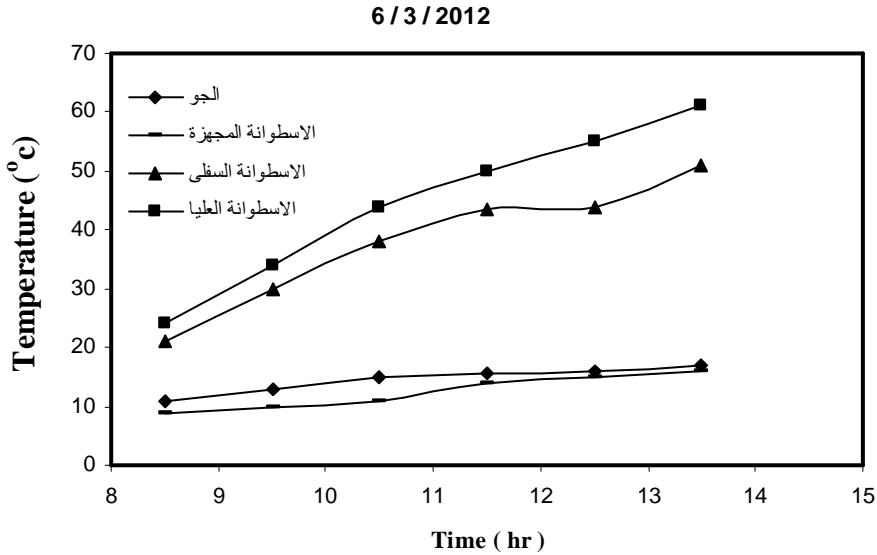
بعد استخدام العاكس الداخلي (المرايا) المقابل للاسطوانة العليا تم تسجيل النتائج العملية ليوم (٢٠١٢/٣/٤) والمبينة في الشكل رقم (٨). نلاحظ من الشكل ان هنالك فارق في درجة حرارة الاسطوانتين فتكون درجة حرارة ماء الاسطوانة العليا عند الساعة الواحدة والنصف ظهراً هي (62°C) في حين تكون درجة حرارة ماء الاسطوانة السفلى (48.5°C) و تكون درجة حرارة ماء الاسطوانة المجهزة للماء (18°C) وهذا الفارق يعزى إلى وجود العاكس الداخلي (المرايا) المقابل للاسطوانة العليا ووجود مجمع الأنابيب المرتبط معها ، حيث يقوم العاكس بعكس أشعة الشمس على الاسطوانة العليا وخصوصاً عندما تكون الشمس مائلة بزواوية معينة وبالتالي تؤدي إلى رفع درجة حرارة الماء الموجود داخل الاسطوانة العليا وهذا يجعل الفارق كبير بينها وبين درجة حرارة

الاسطوانة المجهزة للماء، مع ملاحظة ما إذا كان الجو صافياً ولايحتوي على ذرات الغبار التي تعمل على إضعاف شدة الإشعاع الشمسي الواصلة إلى السخان الشمسي.



الشكل (٨) تغيّر درجة الحرارة لساعات النهار ليوم ٢٠١٢/٣/٤ بوجود عاكس المرايا الداخلي .

الشكل رقم (٩) يوضّح نتائج القياس ليوم (٢٠١٢/٣/٦) حيث يعمل السخان مع وجود العاكس الخارجي (الزجاج ذو الوجه العاكس)، تكون درجة حرارة ماء الاسطوانة العليا عند الساعة الواحدة والنصف ظهراً هي (59°C) في حين تكون درجة حرارة ماء الاسطوانة السفلى (49°C) و درجة حرارة ماء الاسطوانة المجهزة (17.5°C) ، حيث كان الجو يحتوي على غبار خصوصاً في الساعات الأولى من القياس فكانت شدة الإشعاع الشمسي ضعيفةً ومتأثرةً بوجود الغبار مع ملاحظة بأن العاكس الذي وضع على مجمع الأنابيب (نوع الزجاج ذو الوجه العاكس الواحد) لا يعمل على نفاذ الأشعة الشمسية من خلاله بصورة كاملة وبالتالي لا تكون الأشعة كافية (حجب قسم من الإشعاع بسبب وجود العاكس ذو الوجه الواحد) لرفع درجة حرارة الماء الموجود في المجمع ومنها إلى الاسطوانة العليا وهذا يؤثر على كفاءة إنتاج السخان الشمسي.



الشكل (٩) تغير درجة الحرارة لساعات النهار ليوم ٢٠١٢/٣/٦ بوجود العاكس الخارجي (الزجاج ذو الوجه العاكس).

تم حساب الطاقة المخزونة للاسطوانتين (العليا والسفلى) من خلال المعادلة التالية^(١٤):

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

حيث إن :

Q_u : كمية الطاقة المخزونة لكل وحدة حجم (W).

ρ : كثافة الماء ومقدارها (1040.5 kg/m^3).

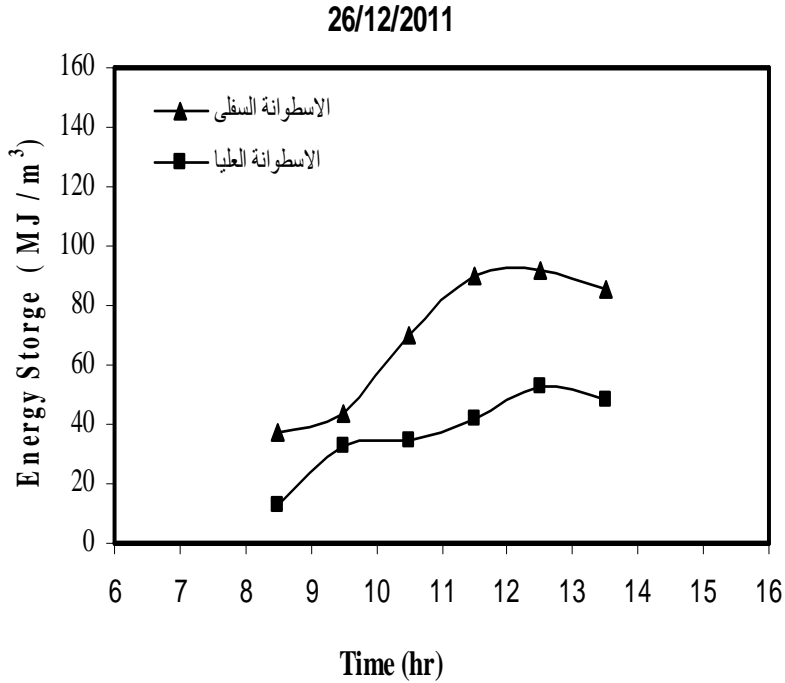
C : الحرارة النوعية للماء ومقدارها ($4.18 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$).

T_{av} : معدل درجة حرارة الماء ($^\circ\text{C}$).

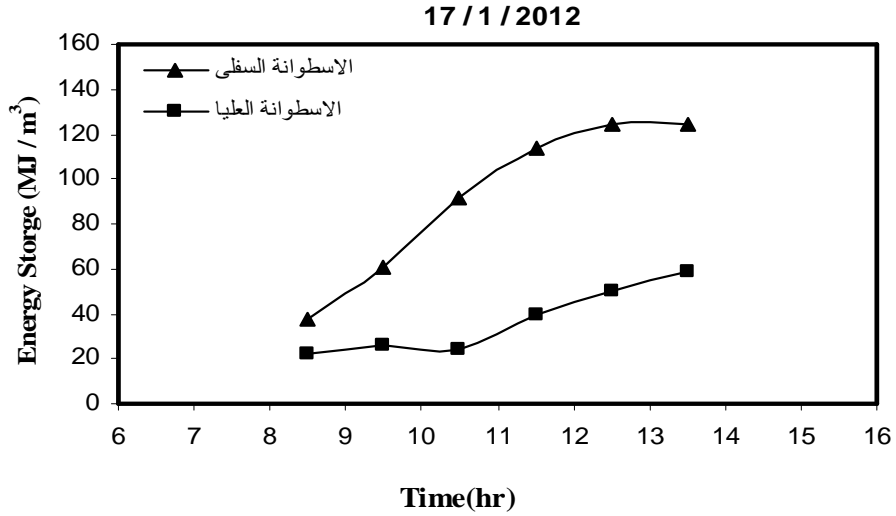
T_i : درجة حرارة الماء الابتدائية ($^\circ\text{C}$).

الأشكال (١٠-١٣) توضح مخططات بيانية للطاقة المخزونة لكل وحدة حجم للاسطوانتين العليا والسفلى للسخان الشمسي ولأيام اختبار مختلفة ، نلاحظ بأن قيم الطاقة المخزونة للاسطوانة السفلى تكون أعلى من قيم الطاقة المخزونة للاسطوانة العليا وهذا يرجع إلى وجود الفرق الكبير بين درجات الحرارة للاسطوانة السفلى مع

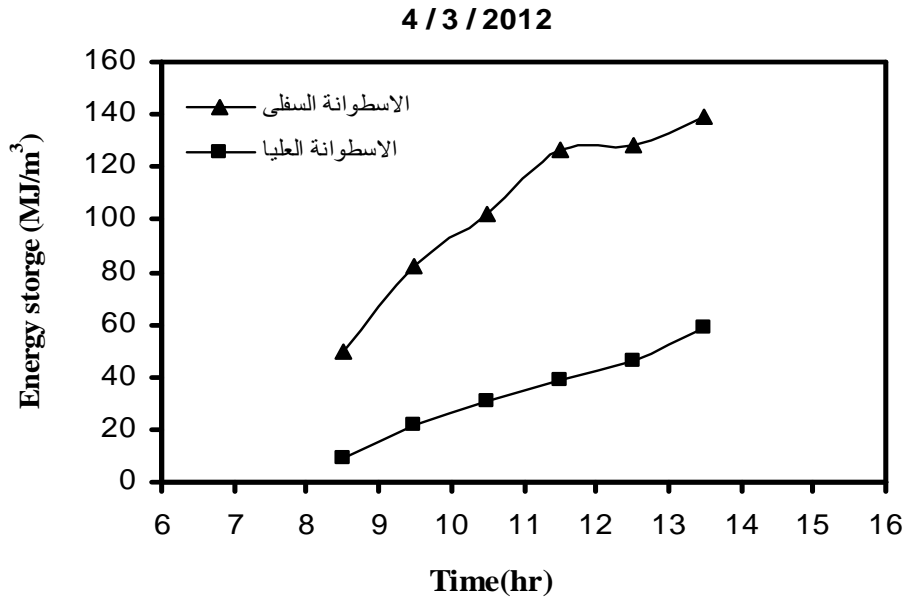
المجهز عن الاسطوانة العليا حيث تعتمد الطاقة المخزونة على الفرق بين درجات الحرارة كما نلاحظها من خلال المعادلة رقم (١) . نلاحظ في الجدول رقم (١) قيم الطاقة المخزونة للاسطوانتين العليا والسفلى ليوم (٢٠١٢/١/١٧).



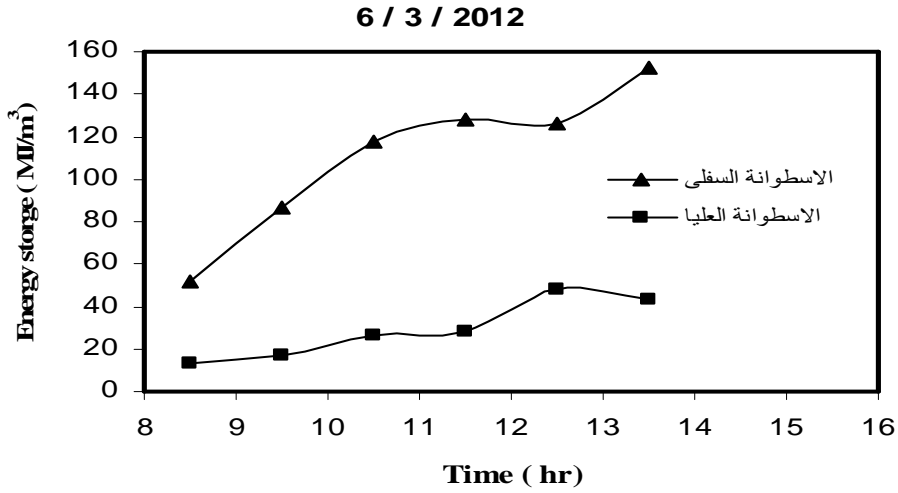
الشكل (١٠) كمية الطاقة المخزونة لوحدة الحجم مع ساعات النهار ليوم ٢٠١١/١٢/٢٦



الشكل (١١) كمية الطاقة المخزونة لوحدة الحجم مع ساعات النهار ليوم ٢٠١٢/٣/١٧



الشكل (١٢) كمية الطاقة المخزونة لوحدة الحجم مع ساعات النهار ليوم ٢٠١٢/٣/٤



الشكل (١٣) كمية الطاقة المخزونة لوحدة الحجم مع ساعات النهار ليوم ٢٠١٢/٣/٦

الجدول رقم (١) قيم الطاقة المخزونة للاسطوانتين العليا والسفلى ليوم ٢٠١٢/١/١٧

الوقت	درجة حرارة الاسطوانة °C المجهزة	درجة حرارة الاسطوانة السفلى °C	درجة حرارة الاسطوانة العليا °C	الطاقة المخزونة للاسطوانة السفلى (MJ/m³)	الطاقة المخزونة للاسطوانة العليا (MJ/m³)
٨:٣٠	٩.٥	١٨	٢٣	٣٧.١٤٥	٢١.٨٥٤
٩:٣٠	١٠	٢٤	٣٠	٦١.١٨١٤	٢٦.٢٢٠٦
١٠:٣٠	١١	٣٢	٣٧.٥	٩١.٧٧١٤	٢٤.٠٣٥٥
١١:٣٠	١٢	٣٨	٤٧	١١٣.٦٢٢٦	٣٩.٣٣٩
١٢:٣٠	١٣.٥	٤٢	٥٣.٥	١٢٤.٥٤٧	٥٠.٢٥٦
١:٣٠	١٥.٥	٤٣	٥٧.٥	١٢٠.١٧٧٧	٦٣.٣٦٦

يمكن حساب كمية الطاقة الممتصة من قبل المجمّع الشمسي من خلال المعادلة الآتية^(١٥):

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

حيث إن :

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.

τ_g : امتصاصية الصفحة المعدنية.

α_p : نفاذية الغطاء الزجاجي.

وكمية الطاقة الحرارية المخزونة داخل المجمع الشمسي تحسب كالتالي:

$$Q_u = MC (T_{av} - T_i) / t \quad (3)$$

حيث إن :

Q_u : كمية الطاقة المخزونة لكل وحدة حجم (W).

M : كتلة الماء (kg).

C : الحرارة النوعية للماء ($kJ/kg \cdot ^\circ C$).

t : زمن التشغيل (Sec).

ويمكن حساب كفاءة السخان من خلال المعادلة التالية :

$$\eta_s = Q_u / Q_{abs} \quad (4)$$

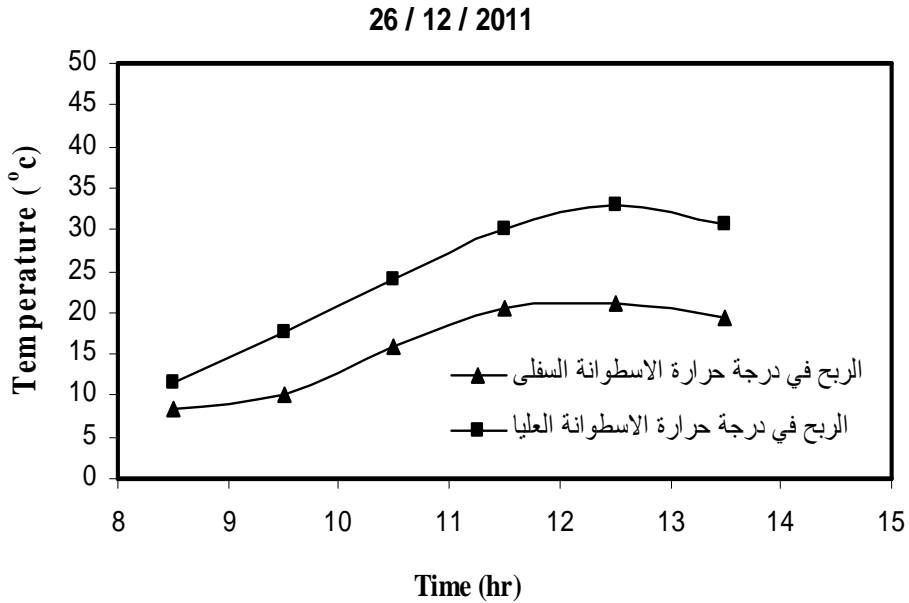
الجدول رقم (٢) يمثّل الريح بدرجة الحرارة للاسطوانتين العليا والسفلى (الفرق بين درجة حرارة الاسطوانتين (العليا والسفلى) ودرجة حرارة الاسطوانة المجهزة) ليوم (٢٠١١/١٢/٢٦) والجدول رقم (٣) يمثّل الريح بدرجة الحرارة للاسطوانتين العليا والسفلى ليوم (٢٠١٢/٣/٦)، حيث نلاحظ هنالك فارق كبير بين درجتي الحرارة للاسطوانتين مع الاسطوانة المجهزة للماء ليوم (٢٠١٢/٣/٦) وخصوصاً عند الساعات الأخيرة من القياس وذلك بسبب وجود العاكس الخارجي .
الجدول (٢): الريح في درجة الحرارة للاسطوانتين العليا والسفلى ليوم (٢٠١١/١٢/٢٦).

Time (hr)	لاسطوانة السفلى T_2-T_1 (C°)	لاسطوانة العليا T_2-T_1 (C°)
8.30	٨.٥	١١.٥
9.30	١٠	١٧.٥
10.30	١٦	٢٤
11.30	٢٠.٥	٣٠
12.30	٢٢	٣٢
1.30	٢٠	٣٠

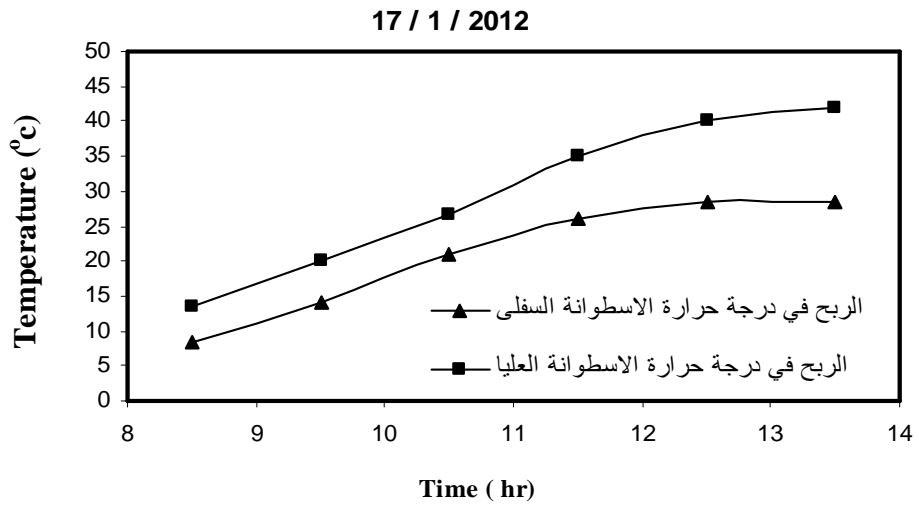
الجدول (٣): الريح في درجة الحرارة للاسطوانتين العليا والسفلى ليوم (٢٠١٢/٣/٦).

Time (hr)	لاسطوانة السفلى T_2-T_1 (C°)	لاسطوانة العليا T_2-T_1 (C°)
8.30	١٢	١٥
9.30	٢٠	٢٤
10.30	٢٧	٣٣
11.30	٢٩	٣٦
12.30	٢٩	٤٠
1.30	٣٠	٤٥

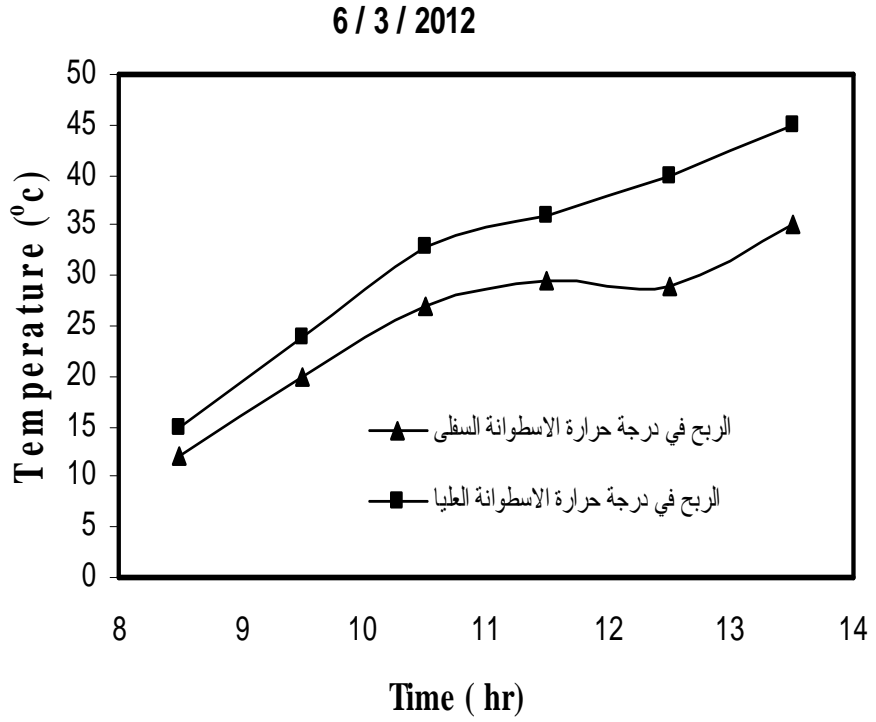
الأشكال (١٤-١٦) توضّح الريح بدرجة الحرارة للاسطوانتين العليا والسفلى (الفرق بين درجة حرارة الاسطوانتين (العليا والسفلى) ودرجة حرارة الاسطوانة المجهزة للماء) للأيام (٢٠١١/١٢/٢٦) و (٢٠١٢/١/١٧) و (٢٠١٢/٣/٦) على التوالي.



الشكل (١٤) الريح في درجات الحرارة لاسطوانتي السخان الشمسي ليوم ٢٦/١٢/٢٠١١.



الشكل (١٥) الريح في درجات الحرارة لاسطوانتي السخان الشمسي ليوم ١٧/١/٢٠١٢.



الشكل (١٦) الرياح في درجات الحرارة لاسطوانتي السخان الشمسي ليوم ٢٠١٢/٣/٦

الاستنتاجات

لقد توصلنا في هذا البحث إلى جملة من الاستنتاجات العملية المستنبطة من هذه الدراسة والمتضمنة في النقاط الآتية :-

١- نلاحظ هنالك سلوك مشابه لدرجة حرارة الاسطوانتين العليا والسفلى حيث تبدأ درجة الحرارة بالصعود إلى أن تصل إلى القيمة العظمى لها عند الساعة الواحدة والنصف ظهراً حيث تكون الشمس عمودية وبالتالي تكون شدة الإشعاع الشمسي كبيرة ثم تبدأ بالهبوط .

٢- تزداد درجة حرارة الماء في الاسطوانة العليا عند إضافة العواكس الداخلية نتيجة انعكاس أشعة الشمس عليها بفعل العواكس .

٣- تزداد الطاقة المخزونة للماء عندما يكون الفرق كبير بين درجة حرارة الاسطوانة الداخلية للسخان ودرجة حرارة الاسطوانة المجهزة للماء .

٤ - يزداد أداء السخان الشمسي بزيادة كمية الإشعاع الشمسي الساقطة عليه أي عندما يكون الجو صافياً لا يحتوي على الغيوم والغبار .

٥- إضافة العاكس الخارجي (الزجاج ذو الوجه العاكس) يزيد كفاءة السخان الشمسي بنسبة مقدارها (% ٤٠) .

٦- إضافة العاكس الداخلي (عاكس الألمنيوم (السيلفون)) يزيد كفاءة السخان الشمسي بنسبة مقدارها (% ٦٨.٨) .

٧- كفاءة السخان الشمسي بدون إضافة هي (% ٢٥) .

المصادر

١. النقرش، عبد المطلب ،"الطاقة مفاهيمها أنواعها" وزارة الطاقة والثروة المعدنية ، المملكة الأردنية الهاشمية ، كتاب ،(٢٠٠٥ م).
2. T. Muneer and M. Asif," **Prospects for secure and sustainable electricity supply for *Pakistan***" Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 11,pp.(654–671), (2007).
٣. عايش، سعود يوسف ،" تكنولوجيا الطاقة البديلة " ، سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والأدب - الكويت "، فبراير ، العدد ٣٨ ، (١٩٨١ م).
4. A. J. M. Al-Qaraghuli," **Study the effect of reflector and mirror son solar still efficiency**". M.Sc.Thesis, Iraq, Basrah University,(2010).
٥. سعيد، أسعد رحمن،" هندسة الأغذية بالطاقة الشمسية ، كلية الزراعة ، جامعة البصرة، العراق ، كتاب، (٢٠١٠ م).
٦. مجول، حميد، عبد اللطيف، فياض، " فيزياء الجو والفضاء ، الجزء الأول، الأنواع الجوية ، الطبعة الأولى، كتاب (١٩٨٢ م).
٧. كربيل ،عبد الآله، محمد، ماجد ولي، " علم الطقس والمناخ "، كلية الآداب - جامعة البصرة، العراق ، كتاب والطبعة الأولى (كلية الادب)، (١٩٨٦ م).
8. 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).
9. A.Khalid and A. Al-Tabbakh," **Computer simulation of a two phase thermosyphon solar domestic hot water heating**

system", Energy Conversion & Management ,Vol.40,pp.(775-793),(1999).

١٠. عليوي ،وسام حميد ، " منظومة منزلية لتسخين المياه بسيطة التصميم واطنة الكلفة " ،
مجلة التقني ، المجلد 21 ، العدد 4 ، الصفحة 27 ، (2008 م) .

11. I. Budihrdjo and G. L. Morrison "Performance of a Water – in – Glass Evacuated Tube Solar Water Heater " In Proceedings of ISES Conference , Australian and New Zealand Solar Energy Society(2002).
- 12.H. P. Garg and G. Datta, "**A study on the effect of Enhanced Heat Transfer Area in Solar Air Heater**", Energy Converse, Vol. 23, pp.(43-49) (1983).
- 13.Alaa M. Khudeer Al-Rikabi "**Study design and performance the solar water heating in the basrah city**", M.Sc.Thesis, Iraq, Basrah University(2011).
- 14.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).
- 15.Aqeel Y. Hashim, "**Design and study of variable components of solar still to enhance its productivity**". Ph.D. Thesis, Iraq, Basrah University,(2009).