

## Study of the effect of the Manufacturing process of evacuated tubes solar captors on their thermal performance

Nadimah Labbane\*

(Received 28 / 9 / 2017. Accepted 19 / 2 / 2018)

### □ ABSTRACT □

The standard of living of any country depends on the energy security of its citizens, and when the Developing Countries seeks to Raising the level of civilization and their Population growth they will need more energy, this resulted to the trend towards renewable energies that include solar energy, which is largely used in the domain of water heating by the mean of evacuated tubes technique, that's why it is an necessity doing an statistical study of all types of solar collectors, that uses evacuated tubes in the Syrian market, and compare the characteristics of each one of those types by listing those characteristics for all mentioned types into comparison tables then making the choice of two types, those chosen two types have similar characteristics in the tank volume and must have the same number of evacuated tubes, with the difference between those two types in the fabrication materials, and one of the two types have more accurately indicated and listed characteristics than the other, then calculating of the solar radiation was done and its rate was determined using Achry method, the study of the two types of water heater was done taking in count different weather states in all seasons and with respect to time, in this study the heated water temperature change with respect to time was determined and listed into tables and graphical representations, then an comparison was done on those results and calculation of the output ratio also for the two chosen types of water heaters by the mea determining of the solar collector constants for each type and showing that graphically and doing an general evaluation of the solar water heaters that uses evacuated tubes, in this way this study is an essential reference to be used by consumers and investigators how have the desire to buy an solar collector suitable for their daily needs of heated water by volume and quality that have the least possible cost. Demonstrating that effect the Manufacturing process of evacuated tubes solar captors on their thermal performance.

**Key Words:** Solar Energy, Solar captors, Evacuated Tubes

---

\*Work Supervisor - department of mechanical.eng- faculty of mechanical and electrical engineering- Tishreen university- Syria

## دراسة تأثير عملية تصنيع اللواقط الشمسية ذات الأنابيب المفرغة على أدائها الحراري

نديمة لبان\*

(تاريخ الإيداع 28 / 9 / 2017. قُبِلَ للنشر في 19 / 2 / 2018)

### □ ملخص □

يتوقف مستوى المعيشة في أي بلد على تأمين الطاقة بمختلف أشكالها للمواطنين، وعندما تسعى البلاد النامية إلى رفع مستواها الحضاري واستيعاب نموها السكاني، فإنها ستحتاج إلى المزيد من الطاقة، فكان الاتجاه نحو الطاقات المتجددة ومنها الطاقة الشمسية، حيث تستخدم بشكل كبير في مجال تسخين المياه وفق تقنية الأنابيب المفرغة، لذلك كان لابد من دراسة احصائية لكل نماذج اللواقط الشمسية ذات الأنابيب المفرغة في السوق السورية ومقارنة المواصفات لكل منها من خلال ادراجها ضمن جداول مقارنة. ثم اختيار نوعين لهما مواصفات متماثلة في سعة الخزان وعدد الأنابيب المفرغة وكان الاختلاف في مواد التصنيع وأن أحد هذين النوعين يقدم ويعرض مواصفات أكثر دقة من الآخر، ثم حسب شدة الاشعاع الشمسي وحددت معدلاته وفق طريقة أشري، وتم اجراء الدراسة لكل من السخانين مع الأخذ بعين الاعتبار الظروف المناخية على مدار فصول السنة، حيث تم تحديد تغير حرارة الماء الساخن لكل منهما تتابعية مع الزمن وعرضت ضمن جداول ومنحنيات بيانية، ومن ثم اجراء مقارنة لتلك النتائج وحساب المردود لكلا السخانين من خلال تحديد ثوابت اللاقط الشمسي لكل منهما وتمثيل ذلك بيانياً □، وتقييم عام اللواقط الشمسية المفرغة، وبذلك تكون هذه الدراسة مرجعاً أساسياً للمستهلكين والمستثمرين الراغبين بشراء السخان الشمسي المناسب لاحتياجاتهم اليومية من الماء الساخن حجماً ونوعاً بأقل كلفة ممكنة، موضحين بذلك أثر عملية تصنيع اللواقط الشمسية ذات الأنابيب المفرغة على أدائها الحراري.

**الكلمات المفتاحية:** الطاقة الشمسية، السخانات الشمسية، الأنابيب المفرغة

\* مشرفة على الأعمال - قسم القوى الميكانيكية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

## مقدمة:

يزداد الطلب العالمي على الطاقة نتيجة زيادة الاستهلاك على الرغم من ازدياد معرفتنا بالتهديدات التي تواجه البيئة نتيجة الاستهلاك المتزايد لمصادر الطاقة التقليدية.

تعتمد الحياة اليومية على الطاقة الكهربائية بشكل كبير، وهذه الطاقة الكهربائية غالباً ما تعتمد على الوقود التقليدي القابل للنضوب في وقت لاحق، لذلك تلجأ الدراسات الحديثة الى محاولة إيجاد بدائل من طاقات بديلة متجددة. وتأتي الطاقة الشمسية في مقدمتها كونها طاقة مجانية ووفيرة، وخاصة أن منطقتنا غنية بها لفترات طويلة من السنة تصل الى حوالي عشرة أشهر. وإن العقود القادمة ستشهد تحولا كبيرا في إنتاج الطاقة وستكون مصادرها على الأرجح الطاقات المتجددة. أما مصادر الطاقة الاعتيادية فمن المتوقع أن تستغل للصناعات البتروكيمياوية والمنتجات العضوية. وهذا ما يؤكد السيناريو الذي وضعته منظمة السلام الأخضر لمستقبل الطاقة [1].

بالإضافة إلى ما تقدم تعدّ المصادر الحالية للطاقة الأحفورية (الفحم ، البترول ، الغاز الطبيعي ) متجهة نحو النضوب وينبغي أن نحافظ على المتوفر منها، وأن نحد من الهدر في استهلاكها ونعيد النظر في مصادر الطاقة التي يمكن استخدامها والبحث عن بدائل لها من الطاقات المتجددة وتأتي الطاقة الشمسية في طليعة هذه البدائل كما ذكرنا سابقا، فهي البديل المتجدد النظيف والآمن [2] .

لقد حاول الانسان منذ فترة بعيدة الاستفادة من الطاقة الشمسية واستغلالها، ولكن بقدر قليل ومحدود ومع التطور الكبير في التقنية والتقدم العلمي الذي وصل اليه الانسان فتحت أفق علمية جديدة في ميدان استغلال الطاقة الشمسية.

## أهمية البحث وأهدافه:

ان أهمية البحث تكمن في أن الطاقة الشمسية طاقة نظيفة، دائمة ومجانية، لا تتضرب هائلة من حيث مخزونها وكميتها، ويعتمد استخدامها على تكاليف الأجهزة الشمسية المستخدمة التي تسمى بالتكاليف الثابتة، كما أنها تتوزع على سطح الكرة الأرضية وتصل إلى الجميع فلا حاجة إلى نقلها وتوزيعها، وتعدّ الطاقة الشمسية عملية من ناحية استخدامها فهي قابلة للتحويل إلى أنواع أخرى من الطاقة.

ان هدف البحث هو اجراء اختبار حراري لسخانين شمسيين تم اختيارهما من مجموعة السخانات الشمسية المدرجة في هذا البحث المتداولة في الأسواق المحلية ومقارنتهما لمعرفة مدى تأثير مواد تصنيع السخانات الشمسية ذات الأنابيب المفرغة على مردودها بغية الوصول الى تقييم عام لأداء تلك السخانات لتكون مرجعا ودليلا لتعريف المستثمرين والمستهلكين كيفية اختيار اللاقط أو السخان الشمسي الملائم لهم.

## الكسب الحراري من الشمس:

تطلق الشمس كميات هائلة من الطاقة الحرارية على شكل موجات كهرومغناطيسية عالية التردد وبأطوال موجية للأشعة الشمسية كالتالي:

الطيف المرئي:	(0.4μ-0.7μ)
الأشعة فوق البنفسجية:	(0.4μ-5nm)
أشعة X :	(5nm-4pm)

أشعة  $\gamma$  : (4 $\mu$ m-0.1fm)

الأشعة الكونية: (0.1fm-1fm)

الأشعة تحت الحمراء: (0.7 $\mu$ -1mm)

تبلغ شدة أشعة الشمس في الفضاء الخارجي فوق الغلاف الجوي تحسباً لتشتت الأشعة  $1353 \text{ W/m}^2$ ، وتعرف هذه القيمة بأنها الثابت الشمسي، يصل منها إلى الأرض ما يقارب  $1020 \text{ w/m}^2$ ، منها  $940 \text{ W/m}^2$  أشعة مباشرة والباقي أشعة غير مباشرة نتجت عن:

-تبعثر الأشعة الشمسية عند ارتطامها بجزيئات الأوكسجين والنيتروجين وبخار الماء.

- الامتصاص الانتقائي للأشعة الشمسية من قبل الأوكسجين والنيتروجين وبخار الماء وإعادة إشعاعها ثانية.

-تبعثر الأشعة الشمسية عند ارتطامها بجزيئات الغبار الموجود في الجو.

أما فقدان الحاصل في شدة الإشعاع الشمسي فيعود أصلاً إلى امتصاص الأشعة فوق البنفسجية من

قبل غاز الأوزون وبخار الماء وثنائي أوكسيد الكربون إضافة إلى تشتت الإشعاع الشمسي عند وجود الغيوم [3].

### الإشعاع الشمسي على الأسطح المائلة:

شدة الإشعاع الساقط على سطح الأرض لموقع محدد عند زمن ما يتوقف على توجيهه و ميل السطح بالرغم من الوضوح أن السطح المتعامد مع أشعة الشمس سوف يستقبل أكبر كمية من الإشعاع الشمسي لكن عملية تتبع الشمس غالباً قد تكون مكلفة و غير عملية لكثير من الحالات، وتبين أن الحل الأكثر ملائمة هو باستخدام المجمعات المائلة في الإنشاءات العملية حيث يكون من الضروري حساب الإشعاع الشمسي الساقط على الأسطح المائلة حيث تم حسابه وفق طريقة أشري كتاب ASHRA للتطبيقات ( الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد وتكييف الهواء) يعطي علاقة مبسطة لحساب الإشعاع المبدد من السماء والساقط على سطح اختياري على الأرض كنسبة من الإشعاع المباشر الساقط بشكل حر كما يلي :

$$H_d = CH_{Bt} F_{ss} \quad (2-11)$$

حيث :

$H_d$  الإشعاع المبدد من السماء ،  $\text{W/m}^2$

C معامل تشتيت الإشعاع معطى في الجدول(1)

$F_{ss}$  المعامل الزاوي بين السطح والسماء ، حيث :

$$F_{ss} = 0.5(1+\cos s) \quad \text{لسطح كفي يميل بزاوية } s \text{ وقد كانت السخانين يميلان بزاوية } 45^0.$$

$$F_{ss} = 0.5 \quad \text{للسطح العمودي}$$

$$F_{ss} = 1.0 \quad \text{للسطح الأفقي}$$

الجدول (1) ثوابت لعلاقات ASHRAE لليوم 21 من كل شهر

الشهر	A $\text{W/m}^2$	B لا بعدي	C لا بعدي
Jan.	1230	0.142	0.058
Feb.	1215	0.144	0.060
Mar.	1185	0.156	0.071

April	1136	0.180	0.097
May	1104	0.196	0.121
June	1088	0.205	0.134
July	1085	0.207	0.136
Aug.	1107	0.201	0.122
Sept.	1152	0.177	0.092
Oct.	1193	0.160	0.073
Nov.	1221	0.149	0.063
Dec.	1234	0.142	0.057

تغير قيم A,B يتوقف على التغير السنوي للمسافة بين الأرض والشمس والتغير الفصلي في محتوى الغلاف الجوي من الرطوبة ومكونات أخرى .الجدول 1 يعطي قيم A,B,C لليوم الحادي والعشرين من كل شهر [4,10] .

### الأنابيب الزجاجية المفرغة:

يتألف كل انبوب كما في الشكل (1) من انبوبين مصنوعين من الزجاج النقي الصافي جدا مع البورون، خلأط شبه معدنية تكسبه قوة كبيرة (قادر على تحمل حبيبات البرد بقطر 23 ملم )، الانبوب الزجاجي الخارجي شفاف يسمح لأشعة الشمس والضوء باختراقه بسهولة بنسبة انعكاس منخفضة جدا وذلك لكونه اسطواني الشكل، وبالتالي فان أشعة الشمس تسقط عليه عمودية في جميع الأوقات، وتتمتع الأنابيب الزجاجية المفرغة بإمكانية امتصاص الأشعة المبددة[5].

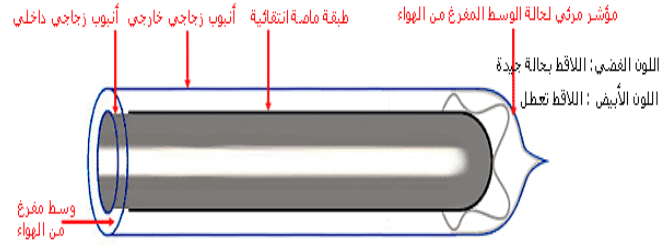
الأنبوب الداخلي مطلي (إلبيكترو استاتيكا ) بثلاث طبقات :

الطبقة الأولى : طبقة معدنية عملها منع انعكاس الأشعة تحت الحمراء الداخلة الى الانبوب.

الطبقة الثانية : طبقة بورسلان تمنع انعكاس الأشعة الشمسية الداخلة الى الانبوب ضمن المجال الطيفي للأشعة.

الطبقة الثالثة : فيلم كربوني عملها امتصاص أشعة الشمس.

يفرغ الحيز بين الأنبوبين من الهواء بنسبة أكبر من  $5 \times 10^{-3}$  باسكال مما يشكل منطقة عازلة حرارياً عالية الجودة تؤمن الأداء العالي للأنبوب، وبحيث لا تفقد الحرارة الممتصة من أشعة الشمس، إن عازلية الأنبوب عالية بحيث أن درجة الحرارة في الأنبوب الداخلي يمكن أن تصل الى 150 درجة مئوية بينما الأنبوب الخارجي بارد عند لمسه، هذا يعني أن الأنابيب المفرغة يمكن أن تعمل بأداء عالي حتى في درجات الحرارة المنخفضة جدا، .بينما المستقبلات المسطحة لا يمكن أن تعمل في مثل هذه الأجواء، إن عملية تفريغ الهواء هي عملية هامة لأن الأنابيب المفرغة تقوم بامتصاص الأشعة الشمسية وتحويلها إلى حرارة والهدف هنا هو الحفاظ على هذه الحرارة وعدم فقدانها، والخلاء يحقق هذا الهدف حيث إنه يملك خواص عزل عالية الجودة تسمح بوجود فرق عالي في درجات الحرارة بين الأنبوبين الداخلي والخارجي، وهذا يعني أن الأنابيب المفرغة تعمل جيداً وبكفاءة عالية حتى في الأجواء الباردة في حين تعمل المجمعات الشمسية المسطحة في هذه الأجواء بشكل سيء بسبب خسارتها للحرارة[5].



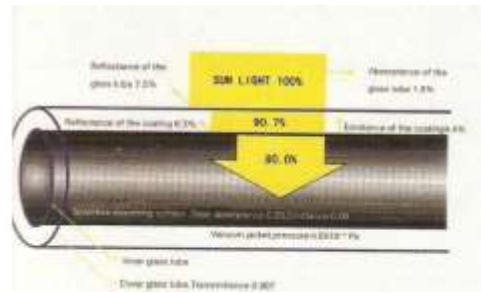
الشكل (1): الشكل التخطيطي للأنبوب المفرغ [5]

**المواصفات الفنية للأنابيب:** إن كل أنبوب زجاجي من الأنابيب مصنوع من مادة زجاجية صلبة تدعى

بوروسيلكات مواصفاته الفنية كالتالي [6]:

**الجدول (2): المواصفات الفنية للأنبوب المفرغ**

1800mm	الطول
58mm	القطر الخارجي
47mm	القطر الداخلي
1.6mm	سماعة الزجاج
Borosilicate	مادة الصنع
> 92%	نسبة الامتصاص
<8%	نسبة الانعكاس
<0.8%Watt/m2	الضياع الحراري
0.8 Mpa	الضغط الأعظمي



الشكل (2) مخطط الطاقة في الأنبوب [7]

### تحديد كمية الحرارة:

يتم تحديد كمية الحرارة اللازمة لتسخين الماء من العلاقة التالية [8]:

$$Q = m \cdot C_p (T_2 - T_1) = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

حيث:

$m$ : كتلة الماء المطلوب تسخينه ( الحاجة اليومية من الماء الساخن ).

$C_p$ : السعة الحرارية للماء وتساوي: 1 حريرة/غ درجة = 4185 جول/كيلو غرام درجة.

$\Delta T = T_2 - T_1$ : الفرق في درجات الحرارة بين الماء الساخن وبين الماء البارد الداخل إلى الخزان الحراري.

### منهجية أو خطة البحث:

1- البحث في الأسواق السورية عن كافة أنواع السخانات الشمسية ذات الأنابيب المفرغة وإدراج جداول تتضمن

المواصفات الفنية لتلك السخانات (اللواقط).

2- اختيار نوعين من هذه السخانات متشابهين من حيث سعة الاسطوانة وعدد الأنابيب ومختلفين في مواد

التصنيع والاسم تبعاً للشركة الصانعة.

3- إجراء دراسة تجريبية على هذين السخانين الشمسيين (من شركتين مختلفتين). وذلك في مختلف أيام السنة،

وبالتالي بشدة اشعاع شمسي متنوع خلال السنة.

4-مقارنة هذه النتائج من حيث درجات الحرارة مع الزمن خلال النهار وبنفس الظروف، والتوصل لمعرفة السخان الأكفأ من خلال هذه الدراسة وحساب المردود ورسمه وفق جداول ومخططات تبعا لشدة الاشعاع الشمسي لكلا السخانيين.

5- ادراج مناقشة تلك النتائج ومن ثم المقترحات والتوصيات .

### طرائق البحث ومواده:

إن أهم الأجهزة والمواد التي اعتمدنا عليها في بحثنا هي :

1-السخان الشمسي الأول: يبين الشكل (3) السخان الشمسي الأول المصنع في الشركة A والمكون من عشرة

أنابيب وخران سعته [L] 90 ومواصفاته الفنية مبينة بالجدول (3)



الشكل (3) يبين السخان الشمسي التجريبي الأول

2-السخان الشمسي الثاني: يبين الشكل (4) السخان الشمسي الثاني المصنع في الشركة B والمكون من

عشرة أنابيب وخران سعته L 90 ومواصفاته الفنية مبينة بالجدول (4)



الشكل (4) يبين السخان الشمسي التجريبي الثاني

3- طريقة وصل السخانيين: يتم تركيب السخانيين وتوصيلهما على سطح جامعة تشرين كما هو مبين في

الشكل(5)



الشكل (5) يبين توضع السخائين الشمسيين على السطح

4- خزان الماء البارد: يبين الشكل (6) خزان الماء البارد الذي يغذي السخائين بالماء عبر شبكة الأنابيب.



الشكل (6) يبين توضع خزان الماء البارد على قاعدة مرتفعة

5- جهاز التحكم الرقمي: جهاز التحكم الرقمي (المتحكم الرقمي) للسخانات الشمسية ذات الأنابيب الزجاجية

المفرغة الدارة المفتوحة، حيث يتم وصله كهربائياً من جهة وبحساسات درجات الحرارة لخزان الماء البارد وخزان اللاقط الشمسي الساخن من جهة أخرى، ويتوفر في الأسواق المحلية العديد من الموديلات المتنوعة من هذه الأجهزة، وتختلف عن بعضها البعض بالمهام والوظائف التي تؤديها. ونظهر هنا شكل جهاز التحكم الرقمي المستخدم وقيم قراءة السخائين في نفس التوقيت، ونذكر فيما يلي بعض المهام والوظائف الأساسية التي يؤديها الجهاز و يتم تفعيله بواسطة الأزرار:

(1) تشغيل الجهاز

(2) اظهار درجة حرارة الماء الساخن ومستوى الماء في خزان الماء الساخن.

(3) ضبط مستوى الماء والتحكم بتعبئة الماء في خزان الماء الساخن.

(4) تدوير الماء الساخن في شبكة الأنابيب وحماية المواسير من التجمد.

(5) الحماية الأوتوماتيكية للأنابيب المفرغة من ارتفاع درجات الحرارة.

(6) زيادة الضغط خلال تعبئة الماء والتحكم بعمل سخان الكهربي.





الشكل (7) جهاز التحكم الرقمي بعدة حالات

6-مقياس درجة حرارة الهواء الخارجي: وهو جهاز عالي الدقة يعمل على البطارية يوضع في المنطقة المراد قياس حرارتها فيعطينا مباشرة درجة حرارة الهواء الخارجي أو الوسط المحيط بالدرجة المئوية ورطوبة الهواء كنسبة مئوية وزمن قراءة تلك الدرجة أي التوقيت الساعي لها كما هو مبين بالشكل(8).



الشكل (8) يبين مقياس درجة حرارة الهواء الخارجي

### التوصيلات المساعدة: ومنها

- صمام التعبئة الآلي: يزود سخان الشمسي بالماء البارد الصحي عن طريق استخدام صمام التعبئة الآلي الذي يعمل بشكل آلي بالتوازي مع حساس الحرارة والسوية عبر جهاز التشغيل والتحكم الالكتروني.  
-حساسات لقياس درجات الحرارة في كل من السخانيين والخزان موصولين اتصال مباشر بين السخانيين والخزان من جهة وبين المتحكم الرقمي من جهة أخرى.

### النتائج و المناقشة:

#### الطاقة الشمسية في القطر العربي السوري:

يقع القطر العربي السوري في المنطقة المعتدلة الدافئة من الإقليم المناخي للبحر الأبيض المتوسط بين خطي عرض  $32.5^{\circ}$  -  $37^{\circ}$  شمالاً وتعدّ هذه المنطقة من المناطق الغنية بالإشعاع الشمسي على مدار العام وبحسب خريطة مناخ الإشعاع للكرة الأرضية فإن قطرنا يتميز ب : [9]

1-أعلى معدل للإشعاع الشمسي السنوي والمقدرة بإشعاع شمسي وسطي شهري يزيد عن 870000 [kJ/m<sup>2</sup>].

2-درجة متدنية جداً □ للأيام الغائمة أو ما يسمى مجموعة السماء الصافية.

3-اختلاف واضح نسبياً □ في قيم الإشعاع خلال السنة أي بين فصلي الشتاء والصيف.

يقابل معدلات الإشعاع الشمسي العالية عدد ساعات إشعاع شمسي طويلة خلال العام، وإن المتوسط السنوي للسقوط في سورية 3257 ساعة [9].

### أنواع السخانات الشمسية ذات الأنابيب المفرغة:

- الجداول التالية تظهر المواصفات الفنية لبعض أنواع السخانات الشمسية المفرغة المتداولة في الأسواق المحلية.

الجدول (3) المواصفات الفنية لبعض السخانات الشمسية

اسم الشركة	الصيداوي للطاقة الشمسية	التوفير ALtafbeer	ار ستون DoVE SERIES	الفرات MERTAS	شركة لواقط تركية
طراز الجهاز	HoME	.L 270	o 1 624	MG 175_24	SAN Ray
السعة -لتر	185	270	192	150	200
أبعاد الأنابيب	58*1800mm	58*1800mm	47*1600mm	47*1500mm	58*1800mm
عدد الأنابيب	24	24	24	24	24
الخزان الداخلي	SUS 304 0,5mm	ستانلس ستيل	ستانلس ستيل	ستانلس ستيل	ستانلس ستيل
الخزان الخارجي	SUS 304 0,5mm	حديد مغلن	طلاء حراري	معدن مغلن 1,5mm	صاج مطلي 1,5mm
العزل الحراري	فوم 55mm	فوم 50mm	عازل بيساكة عالية	-	بولي ايثيلين 60mm
نسبة الامتصاص	93%	أعظمي	-	-	93%
نسبة الانعكاس	8%	قليلة	-	-	7%
نوع الأنابيب المفرغة	-	بوروسيليكات(بيريكس)	-	-	-

الجدول (4) المواصفات الفنية لبعض السخانات الشمسية

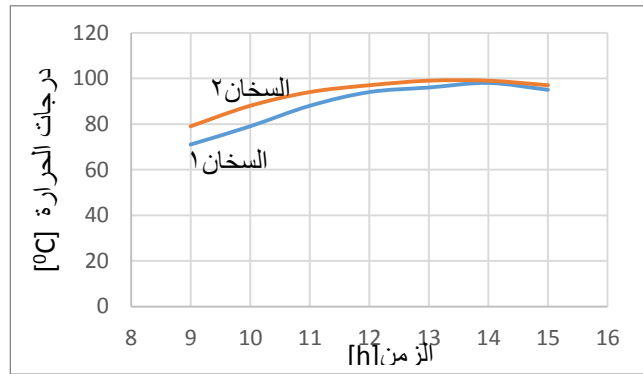
اسم الشركة	التقنيات الهندسية	الأولى لائحة الطاقة	تتان للصناعة والتجارة	شركة دعبول (النور)	سولر ماكس
طراز الجهاز	ET-SSS_470 58/1800_A18-	ALooLA	TTAN	L 270	SoLoRmex
السعة -لتر	200	-	200	265	270
أبعاد الأنابيب	58*1800mm	58*1800 mm	58*1800 mm	58*1800 mm	58*1800 mm
عدد الأنابيب	24	--	24	24	24
الخزان الداخلي	SUS 304 B2 0,5mm	صفائح الكروم 0,6mm	SUS 304 2B	Stainless-steel	Stainless-steel
الخزان الخارجي	Sus 304 0,4mm	صاج مطلي حراريا	SUS 304 2B	Stainless-steel	Stainless-steel
العزل الحراري	بولي بورتان 55mm	الفوم 55mm	بولي بورتان 55mm	فوم 50mm	-
نسبة الامتصاص	أكبر قدر من أشعة الشمس	95%	93%	94%	-
نسبة الانعكاس	قليلة	5%	6%	6%	-
نوع الأنابيب المفرغة	QB_AL_N/AL 58_1800	Borsilicate	بورات الصوديوم وزجاج السيليكا Borax	خلات معدنية	-
القاعدة	SUS 304	-	-	-	SUS 304

عند اختيارنا للسخانين A و B قمنا بإجراء التجارب عليهما وفيما يلي عرض لتلك الجداول والمخططات:

1 - يبين الجدول (5) القيم المأخوذة لدرجات الحرارة مع الزمن بتاريخ 20 أيلول وتم رسم المنحني الموافق لهذه القيم في الشكل (9) الذي يبين ارتفاع درجات الحرارة للسخانين حيث تبلغ درجة حرارة ماء السخان الثاني [97 °C] عند الساعة الثالثة بعد الظهر بينما للسخان الأول [95 °C].

الجدول (5) يبين درجة حرارة السخانين يوم 20 أيلول

التوقيت 20 أيلول	حرارة السخان الأول [°C]	حرارة السخان الثاني [°C]	حرارة الخزان البارد [°C]	حرارة الهواء [°C]	الرطوبة %	شدة الاشعاع الشمسي [W/m <sup>2</sup> ]
9	71	79	31	31	55	668.7
10	79	88	32	32	56	773.3
11	88	94	32	33	54	923.7
12	94	97	34	33	54	1001.7
13	96	99	35	32	56	1011.4
14	98	99	35	31	55	923.7
15	95	97	34	30	55	834.2

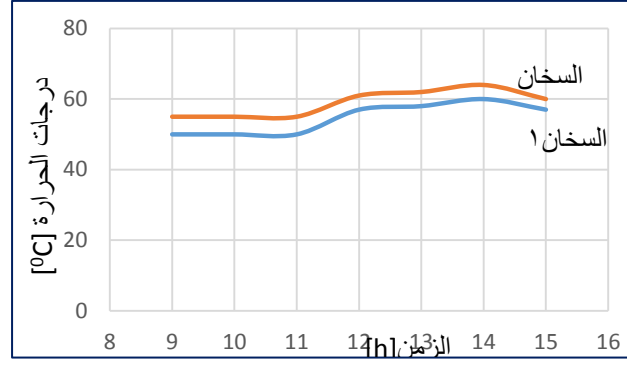


الشكل (9) مخطط درجات الحرارة مع الزمن يوم 20 أيلول

2- يبين الجدول (6) القيم المأخوذة لدرجات الحرارة مع الزمن بتاريخ 21 أيلول وتم رسم المنحني الموافق لهذه القيم في الشكل (10) الذي يبين ارتفاع درجات الحرارة للسخانين حيث تبلغ درجة حرارة ماء السخان الثاني [°C] 60 عند الساعة الثالثة بعد الظهر بينما للسخان الأول [°C] 57 .

الجدول (6) يبين درجة حرارة السخانين يوم 21 أيلول

التوقيت 21 أيلول	حرارة السخان الأول [°C]	حرارة السخان الثاني [°C]	حرارة الخزان البارد [°C]	حرارة الهواء [°C]	الرطوبة %	شدة الاشعاع الشمسي [W/m <sup>2</sup> ]
9	50	55	27	26	66	673.5
10	50	55	27	26	64	856.7
11	50	55	27	27	60	972.1
12	57	61	29	29	58	1011.5
13	58	62	29	29	58	972.1
14	60	64	28	28	60	856.7
15	57	60	27	27	62	673.5

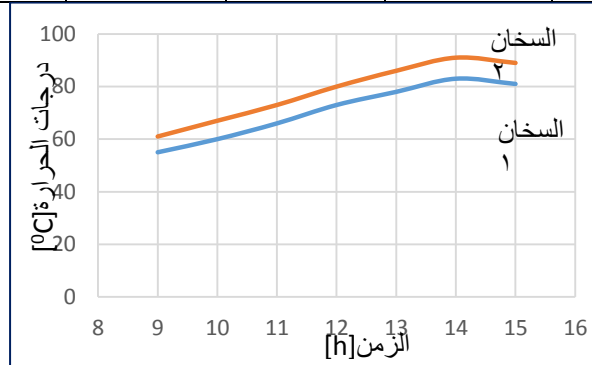


الشكل (10) مخطط درجات الحرارة مع الزمن يوم 21 أيلول

3- يبين الجدول (7) القيم المأخوذة لدرجات الحرارة مع الزمن بتاريخ 22 أيلول وتم رسم المنحني الموافق لهذه القيم في الشكل (11) الذي يبين ارتفاع درجات الحرارة للسخانين حيث تبلغ درجة حرارة ماء السخان الثاني  $89^{\circ}\text{C}$  عند الساعة الثالثة بعد الظهر بينما للسخان الأول  $81^{\circ}\text{C}$ .

الجدول (7) يبين درجة حرارة السخانين يوم 22 أيلول

التوقيت أيلول	حرارة السخان الأول $^{\circ}\text{C}$	حرارة السخان الثاني $^{\circ}\text{C}$	حرارة الخزان البارد $^{\circ}\text{C}$	حرارة الهواء $^{\circ}\text{C}$	الرطوبة %	شدة الاشعاع الشمسي $[\text{W}/\text{m}^2]$
9	55	61	28	29	60	672.9
10	60	67	30	30	59	856.3
11	66	73	30	29	59	971.8
12	73	80	31	30	60	1011.3
13	78	86	32	31	58	971.8
14	83	91	33	30	59	856.3
15	81	89	32	29	58	732.3

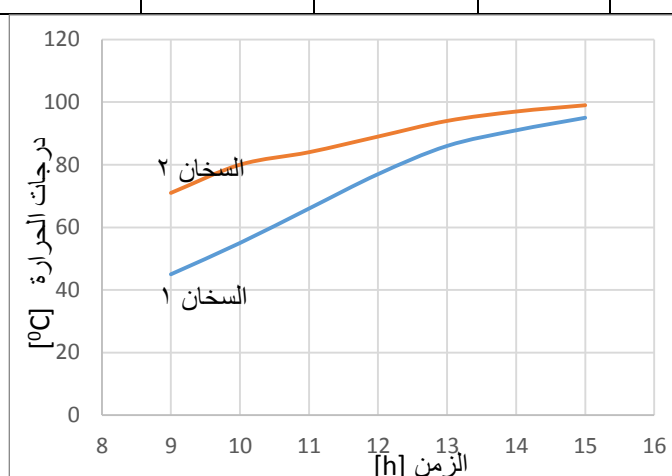


الشكل (11) مخطط درجات الحرارة مع الزمن يوم 22 أيلول

4- يبين الجدول (8) القيم المأخوذة لدرجات الحرارة مع الزمن بتاريخ 24 تشرين الثاني وتم رسم المنحني الموافق لهذه القيم في الشكل (12) الذي يبين ارتفاع درجات الحرارة للسخانين حيث تبلغ درجة حرارة ماء السخان الثاني  $99^{\circ}\text{C}$  عند الساعة الثالثة بعد الظهر بينما للسخان الأول  $95^{\circ}\text{C}$ .

الجدول (8) يبين درجة حرارة السخانين يوم 24 تشرين الثاني

التوقيت تشرين 2	حرارة السخان الأول [°C]	حرارة السخان الثاني [°C]	حرارة الخزان البارد [°C]	حرارة الهواء [°C]	الرطوبة %	شدة الاشعاع الشمسي [W/m <sup>2</sup> ]
9	45	71	19	21	38	602.3
10	55	80	22	22	32	811.5
11	66	84	23	22	36	937.9
12	77	89	24	24	37	980.4
13	86	94	25	25	38	937.9
14	91	97	26	25	39	811.5
15	95	99	27	24	38	723.2

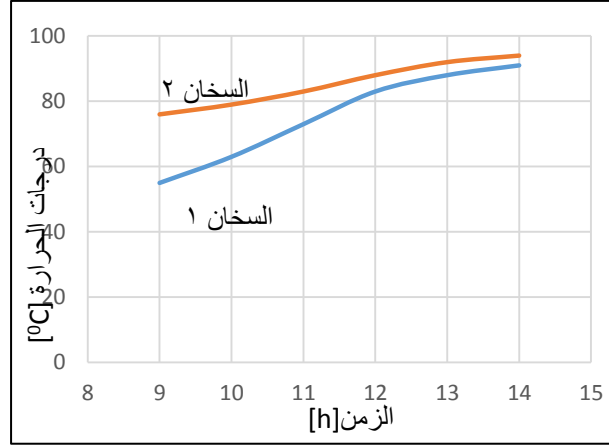


الشكل (12) مخطط درجات الحرارة مع الزمن يوم 24 تشرين الثاني

5 - يبين الجدول (9) القيم المأخوذة لدرجات الحرارة مع الزمن بتاريخ 25 تشرين الثاني وتم رسم المنحني الموافق لهذه القيم في الشكل (13) الذي يبين ارتفاع درجات الحرارة للسخانين حيث تبلغ درجة حرارة ماء السخان الثاني  $93^{\circ}\text{C}$  عند الساعة الثالثة بعد الظهر بينما للسخان الأول  $88^{\circ}\text{C}$ .

الجدول (9) يبين درجة حرارة السخانين يوم 25 تشرين الثاني

التوقيت تشرين 2	حرارة السخان الأول [°C]	حرارة السخان الثاني [°C]	حرارة الخزان البارد [°C]	حرارة الهواء [°C]	الرطوبة %	شدة الاشعاع الشمسي [W/m <sup>2</sup> ]
9	55	76	18	20,5	35	600.1
10	63	79	21	20,5	34	809.6
11	73	83	22	22	33	936.0
12	83	88	23	23	32	978.5
13	88	92	24	23,5	34	936.0
14	91	94	24	23	35	809.6
15	88	93	23	23	37	600.1

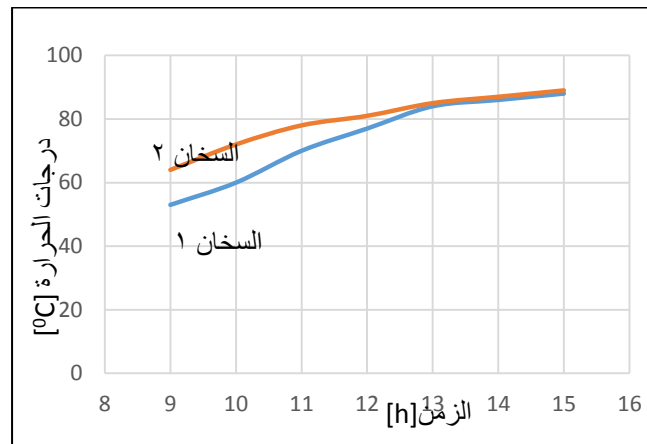


الشكل (13) مخطط درجات الحرارة مع الزمن يوم 25 تشرين الثاني

6 - يبين الجدول (10) القيم المأخوذة لدرجات الحرارة مع الزمن بتاريخ 26 تشرين الثاني وتم رسم المنحني الموافق لهذه القيم في الشكل (14) الذي يبين ارتفاع درجات الحرارة للسخانين حيث تبلغ درجة حرارة ماء السخان الثاني  $89[^\circ\text{C}]$  عند الساعة الثالثة بعد الظهر بينما للسخان الأول  $88[^\circ\text{C}]$ .

الجدول (10) يبين درجة حرارة السخانين يوم 26 تشرين الثاني

التوقيت 26 تشرين 2	حرارة السخان الأول $[^\circ\text{C}]$	حرارة السخان الثاني $[^\circ\text{C}]$	حرارة الخزان البارد $[^\circ\text{C}]$	حرارة الهواء $[^\circ\text{C}]$	الرطوبة %	شدة الاشعاع الشمسي $[\text{W}/\text{m}^2]$
9	53	64	20	20	38	598.0
10	60	72	20	21	38	807.7
11	70	78	21	22	38	934.1
12	77	81	22	22	38	976.7
13	84	85	23	23	38	934.1
14	86	87	23	24	38	807.7
15	88	89	22	23	38	598.0

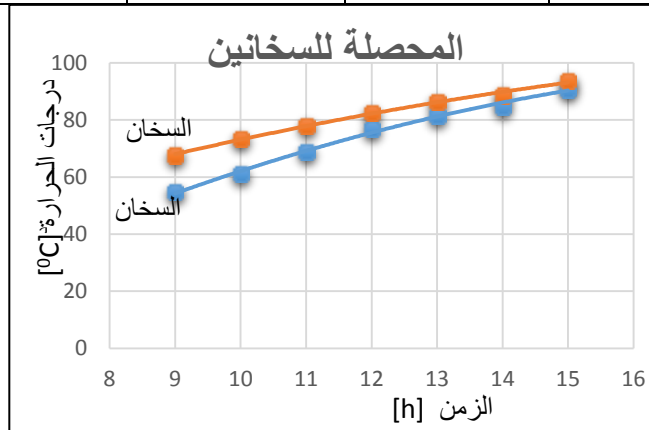


الشكل (14) مخطط درجات الحرارة مع الزمن يوم 26 تشرين الثاني

المحصلة العامة للسخانين (درجات الحرارة مع الزمن)

الجدول (11) يبين مقارنة بين درجة حرارة سخانين العامة

التوقيت [h]	حرارة السخان الأول [°C]	حرارة السخان الثاني [°C]	حرارة الخزان البارد [°C]	حرارة الهواء [°C]	شدة الاشعاع الشمسي [W/m <sup>2</sup> ]
9	54.8	67.7	23.8	24.6	685.9
10	61.1	73.5	25.3	25.3	819.1
11	68.8	77.8	25.8	25.8	945.9
12	76.8	82.6	27.1	26.8	994.9
13	81.6	86.3	28	27.3	960.5
14	84.8	88.6	28.1	26.8	844.2
15	90.8	93.8	27.5	26	732.6



الشكل (15) مخطط محصلة السخانين لدرجات الحرارة مع الزمن

الحسابات :

ان مساحة السطح الماص للاقط بعشر أنابيب ذو مواصفات ( 1800 /58 ) قطره الداخلي mm (47)

$$A=2\pi r/2 \times L \times 10 = \pi r \times L \times 10$$

$$A=3,14 \times (47/2) \times 1800 \times 10 = 1328220 \text{ mm}^2 = 1,32 \text{ m}^2$$

فتكون مساحة السطح الماص هي:  $A=1,32 \text{ m}^2$

وإذا علمنا أن وزن الماء الموجود في الخزان الحراري :  $m=90 \text{ kg}$

ويحسب مردود اللاطين الشمسيين من العلاقة التالية: [10]

$$\eta(x) = \eta_0 - a_1 \cdot x - a_2 \cdot G \cdot (X)^2 ; [ X = (T_m - T_a) / G ]$$

حيث  $T_m$  هي درجة حرارة الماء الوسطية

$T_a$  هي درجة حرارة الهواء المحيط

$G$  [W/m<sup>2</sup>] هي متوسط شدة الاشعاع الشمسي في الفترة المدروسة

$\eta_0$  المرادوف النظري وهو القيمة الأعظمية للمردود ويتحقق عندما ينعلم الفرق بين درجة حرارة الماء الوسطية

وبين درجة حرارة الهواء المحيط .

$a_1$  و  $a_2$  هما ثوابت اللاقط وبهما نستطيع حساب المردود في أي وقت من النهار، ولحساب ثوابت اللواقط نحسب بشكل موجز من حساب تلك الثوابت اللاقط الأول بعرض جدول المحصلة العامة للسخان الأول بمفرده خلال ست ساعات من النهار:

الجدول (12) يبين المحصلة العامة للسخان الأول

التوقيت [h]	T1[°C]	T2[°C]	هواء T[°C]
9-10	54.8	61.1	24.9
10-11	61.1	68.3	25.5
11-12	68.3	76.8	26.3
12-13	76.8	81.3	27
13-14	81.3	84.8	27
14-15	84.8	92.8	26.4

ومن ثم حساب المردود لكل ساعتين من الجدول السابق كما في الجدول التالي:

الحسابات وعلاقة المردود للاقط الأول عند الساعة (11-9)

$\Delta T =$	$t_1 - t_2 [^{\circ}C]$	13,5
$Q =$	$m \cdot C_p \cdot \Delta t \cdot 10^3 [J]$	1410,75Wh = [J] 5078700
$Q_m =$	$Q/A$	1068,75
$\sum G =$	$G_1 + G_2$	1575
1575	$Q_m / \sum G$	0,607
$T_m$	$t_1 + t_2 / 2$	61,5
$T_a$		25,2
$G$		787,5
$X$	$t_m - t_a / G$	0,046
$G(X)^2$		1,6732
$\eta_{1(x)} =$	$\eta_0 - a_1 \cdot x - a_2 \cdot G \cdot (X)^2$	$\eta_0 - a_1 \cdot 0.046 - a_2 \cdot 1.6732 = 0.607$

وكذلك الأمر بالنسبة للتوقيت (11-13) والتوقيت (13-15) فينتج لدينا ثلاثة معادلات بثلاثة مجاهيل وهي :

$$0.6070 = \eta_0 - a_1 \cdot 0.046 - a_2 \cdot 1.67320$$

$$0.559 = \eta_0 - a_1 \cdot 0.05285 - a_2 \cdot 2.5707$$

$$0.5019 = \eta_0 - a_1 \cdot 0.0632 - a_2 \cdot 3.6331$$

وبحل جملة المعادلات حلاً مشتركاً، ينتج ثوابت اللاقط بالشكل التالي :

$$\eta_0 = 0.797883$$

$$a_1 = 3.644557$$

$$a_2 = 0.0180690$$

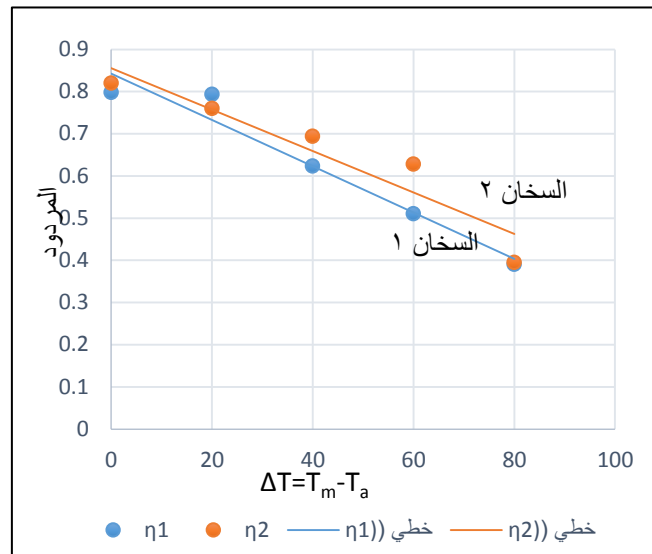
حساب مردود اللاقط الأول عند شدة اشعاع شمسي  $G = 1000 [W/m^2]$



G=1000 [W/m <sup>2</sup> ]					
$\Delta T=t_m-t_a$	0	20	40	60	80
$X=t_m-t_a/G$	0	0,02	0,04	0,06	0,08
$G(X)^2$	0	0.4	1,6	3,6	6,4
$\eta_{1(x)}=$	0,7978	0,7927	0,6231	0,5101	0,390

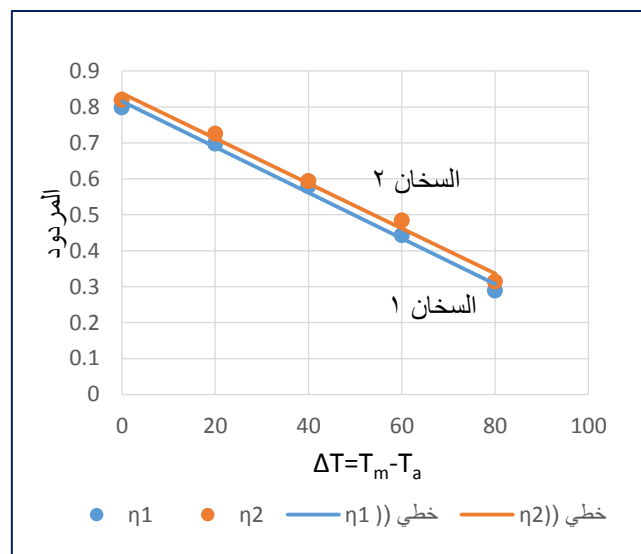
وبعد حساب المردود لكلا اللاقطين عند شدات اشعاع شمسي مختلفة قمنا برسم عدة منحنيات للمردودين معا مع فرق درجات الحرارة في الأشكال (16) و (17) و (18) و (19).

$\Delta T$	$\eta_1$	$\eta_2$
0	0.7978	0.8198
20	0.7927	0.7598
40	0.6231	0.6937
60	0.5101	0.6273
80	0.3901	0.3948



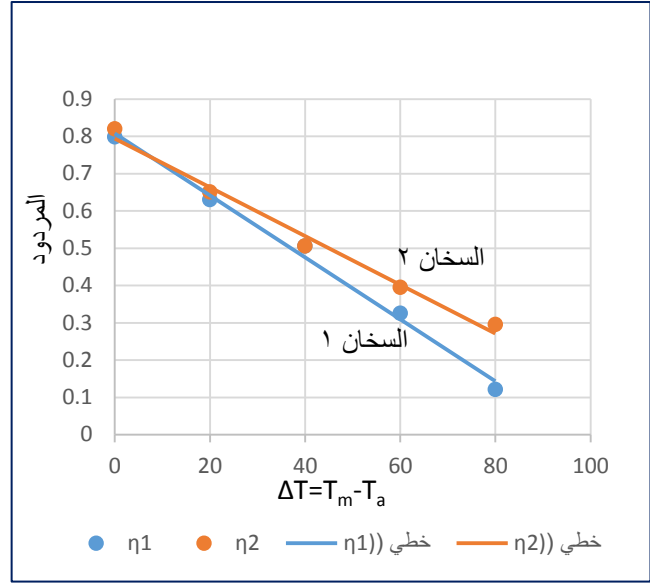
الشكل (16) مخطط المردود 1,2 عند شدة الاشعاع الشمسي 1000 [W/m<sup>2</sup>]

$\Delta T$	$\eta_1$	$\eta_2$
0	0.7978	0.8198
20	0.6976	0.7248
40	0.5791	0.5931
60	0.4432	0.4842
80	0.2888	0.3137

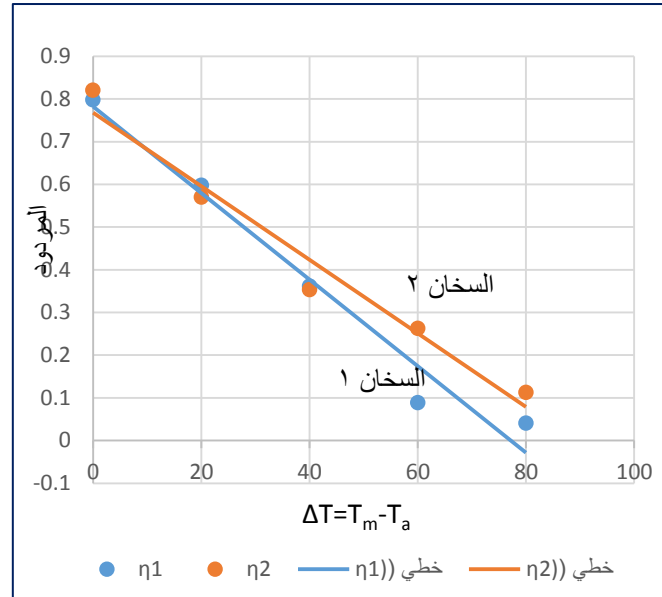


الشكل (17) مخطط المردود 1,2 عند شدة الاشعاع الشمسي 800 [W/m<sup>2</sup>]

$\Delta T$	$\eta_1$	$\eta_2$
0	0.7978	0.8198
20	0.6293	0.6503
40	0.5054	0.5054
60	0.3249	0.3945
80	0.1204	0.2947

الشكل (18) مخطط المردود 1,2 عند شدة الاشعاع الشمسي  $600 \text{ [W/m}^2\text{]}$ 

$\Delta T$	$\eta_1$	$\eta_2$
0	0.7978	0.8198
20	0.5975	0.5699
40	0.3611	0.3528
60	0.0885	0.2625
80	0.0399	0.1125

الشكل (19) مخطط المردود 1,2 عند شدة الاشعاع الشمسي  $400 \text{ [W/m}^2\text{]}$ 

### الاستنتاجات والتوصيات:

1- تبين لنا من خلال تلك الدراسة وحسب المخططات البيانية الظاهرة سابقا أن سخان الثاني الذي يتمتع بالمواصفات المبينة في الجدول (3) حيث أن الخزان الداخلي والخارجي من نوع واحد وهو الستانلس ستيل ونسبة

الامتصاص والانعكاس حددت رقمياً بشكل دقيق هو الأكفأ من حيث الأداء والسلوك الحراري (درجات الحرارة مع الزمن) من سخان الأول الذي يتمتع بالموصفات المبينة في الجدول (2) حيث أن الخزان الداخلي من نوع الستانلس ستيل والخزان الخارجي من نوع الحديد المغلف ونسبة الامتصاص والانعكاس لم تحدد بشكل دقيق وبدا ذلك واضحاً في الشكل (15).

2- مردود السخان الثاني أكبر من السخان الأول نتيجة الدراسة، وذلك بالنسبة لدرجة حرارة السخانين والمحصلة المأخوذة على مدار الأيام المدروسة وفي مختلف أنواع الأحوال الجوية وظروف السخانين المتماثلة، ومن ثم حساب ذلك المردود. وبدا ذلك في الأشكال (16) و(17) و(18) و(19).

1. نستنتج أن مواد التصنيع تلعب دور كبير في تقييم الأداء الحراري للسخانات الشمسية.
2. نوصي باختبار السخانات الشمسية قبل طرحها في الأسواق المحلية.
3. كما نوصي بدراسة بارامترات اخرى للسخان الشمسي مثل نوعية الأنابيب المفرغة ومعدن الخزان الحراري والعزل للتوصل للسخان المصنوع بالجودة المثلى.

## المراجع

- 1-الناصر، وهيب، عيسى، اليوفلاسة، حنان، مبارك. مصادر الطاقة النظيفة أداة ضرورية لحماية المحيط الحيوي العربي. المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ادارة برامج العلوم والبحث العلمي. (54-58)1998.
- 2- يوسف، يوسف. الطاقات الجديدة والمتجددة ، منشورات جامعة تشرين، 2007، 273 .
- 3-Dickinson, W. and Cheremissinoff. C. (*Solar energy Technology*) Handbook. M.DEKKER Inc , New York 1980,233
- 4-جورج، رامي، والمحمد، موسى. محطات تحويل الطاقة. جامعة تشرين، 2006، 327 .
- 5- باكير، محمد. الجدوى الاقتصادية لاستخدام تقنية الأنابيب الزجاجية المفرغة لتسخين المياه. جامعة البعث، 2009، 299 .
- 6-Marken, C. (2009 collectors – behind) *Solar the glass*. Home power magazine,2009, 133.
- 7- John, P, *Solar Evolution – The History of Solar Energy*, California Solar Center ,2013,217.
- 8-Del Chiaro, B, and Talen, Lawton, T. "*Solar Water Heating (How California Can Reduce Its Dependence on Natural Gas)*", 2007,265.
- 9-الهرس، حليلة، علي. الاستخدام المزدوج لتقنيات الطاقة الشمسية (عزل وتسخين). جامعة تشرين، الجمهورية العربية السورية، 2011، 11-20.
- 10-طوفي، فادي. ترشيد استهلاك الطاقة لقرية بيئية نموذجية باستخدام الطاقة الشمسية. جامعة تشرين، الجمهورية العربية السورية، 2009، 84-64 .