

## دراسة تجريبية للتقطير الشمسي في مدينة اللاذقية

الدكتور هيثم أسمر\*

(قبل للنشر في 2004/7/1)

### □ الملخص □

يستعرض هذا البحث قياسات تجريبية للإشعاع الشمسي في مدينة اللاذقية ونتائج تجارب التقطير الشمسي في أيام مختلفة من حيث الشروط المناخية خلال صيف عام 2002 م، وذلك بهدف تطوير إمكانية استثمار الطاقة الشمسية حيث تم حساب إنتاجية المقطر الشمسي وكذلك دراسة السلوك الحراري للمقطر. وفي نهاية البحث تم مناقشة النتائج وإدراج الحلول والتوصيات لتطوير عملية التقطير الشمسي واستخدام أمثل للطاقة الشمسية في تحلية مياه البحر.

---

\* مدرس - قسم هندسة القوى الميكانيكية كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا.

## **An Experimental Study of the Solar Distillation in Lattakia**

**Dr. Haytham Asmar\***

**(Accepted 1/7/2004)**

### **□ ABSTRACT □**

This paper presents an experimental measurements of solar radiation in Lattakia City, and the results of the experiments on the solar distillation in various weather conditions during Summer of 2002, in order to develop the possibility of exploiting the solar energy applications. The productivity of the Solar Distiller has been calculated, and the thermal behavior of the Distiller have been studied in six experiments. The Research concludes with a summary of the results and the suggestions of solutions and recommendations for developing the solar distillation process and the optimum use of solar energy .

---

\*Lecturer, Department Of Mechanical Power Engineering, Faculty Of Mechanical And Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia-Syria.

## مقدمة:

تعتبر الطاقة الشمسية طاقة متجددة ونظيفة ورخيصة الثمن وذات تطبيقات متعددة، حيث استخدمت سابقاً لحل العديد من المشاكل العملية كتبخير المياه المالحة للحصول على الملح وتجفيف العديد من المنتجات الزراعية والحيوانية وغير ذلك. أما حديثاً فقد أصبح استخدام الطاقة الشمسية متداولاً بكثرة في الدول المتقدمة لتأمين المياه الساخنة للاستخدامات المنزلية والصناعية وكذلك الحصول على الماء العذب [7، 5، 4]. ويشجع الموقع الجغرافي لبلدنا سوريا على استخدام واستثمار طاقة الشمس في المستقبل ويدفع للبحوث التي تسعى لتطويع هذه الطاقة وجعلها ممكنة وواسعة الاستخدام بشكل اقتصادي ومجدي، وانطلاقاً من ذلك فقد تناولنا في هذا البحث إمكانية استثمار الطاقة الشمسية في مدينة اللاذقية، ومن أجل تحلية مياه البحر والحصول على ماء مقطر قابل للاستخدام [3].

## الدراسة النظرية:

### مبدأ التقطير الشمسي:

تعتمد الطرق التقليدية الخاصة بالتقطير على تسخين الماء المالح إلى درجة الغليان، فتتبخر جزيئات الماء وحدها وتبقى الأملاح منحلّة في المحلول نتيجة تكاثف البخار وهكذا نحصل على الماء العذب. ويستعمل البترول أو الغاز الطبيعي أو الفحم أو الكهرباء كمنبع حراري في محطات التقطير بالإضافة إلى المجمعات الشمسية المسطحة التي تعطي مردوداً حرارياً عالياً نتيجة استخدام الأشعة الشمسية كمنبع أساسي للطاقة [8، 6، 5، 4].

تغلي مياه البحر تحت الضغط الجوي النظامي بدرجة حرارة  $C^{\circ} (100.53)$  وهذا يعني ضرورة تسخين وعاء التقطير لدرجة حرارة أعلى من  $C^{\circ} (100)$  إلا أن العمل بدرجات الحرارة المرتفعة يسبب الصدأ السريع للقطع المعدنية في المنشأة أو المحطة ويؤدي إلى ترسب بعض الأملاح على جدران المبادل الحراري وبالتالي كلما ازدادت سماكة هذه الترسبات أدى إلى ضياع متزايد للطاقة الحرارية.

ويمكن تقليل عملية الصدأ والتخلص من الترسبات وتقليل الهدر في الطاقة إذا تم العمل في هذه المحطات بدرجات حرارة منخفضة مثلاً باستخدام المجمعات الشمسية. كما أنه يمكن تخفيض درجة حرارة غليان الماء المالح عن طريق تخفيض الضغط داخل وعاء التقطير عن الضغط الجوي النظامي [4].

### الدراسة الحرارية للتقطير الشمسي - المردود :

يحصل التوازن الحراري للمقطر الشمسي عندما يتساوى معدل الدخل الحراري مع الفقد الحراري ويعبر عن ذلك رياضياً بالعلاقة التالية [ 8 ]:

$$Q_t = Q_u$$

حيث  $Q_t$  - كمية الحرارة المفيدة الداخلة إلى المقطر [ W ]

$Q_u$ : كمية الحرارة المفقودة الخارجة من المقطر [ W ] .

وبشكل آخر

$$G_t \cdot a = f_u \cdot DT$$

حيث  $\alpha$  : عامل الامتصاص للصفحة الماصة

$G_t$ : كمية الإشعاع الشمسي الساقط على وحدة السطح [  $W/m^2$  ]

$f_u$ : عامل انتقال الحرارة للأشعة المرئية [  $W/m^2 \cdot c^{\circ}$  ]

$\Delta T$ : فرق درجات الحرارة بين داخل وخارج المقطر [C<sup>°</sup>]

ويعبر عن مردود المقطر بأنه نسبة كمية الحرارة المفيدة (حرارة التقطير) لواحدة السطح إلى كمية الحرارة الساقطة بالإشعاع على سطح الغطاء الزجاجي ويتعين بالعلاقة التالية:

$$z = \frac{q_e}{Q} = \frac{q_e}{G_t \cdot A}$$

حيث - Q: الطاقة الشمسية الساقطة على الغطاء الزجاجي [W]

A: سطح الغطاء الزجاجي [m<sup>2</sup>]

q<sub>e</sub>: كمية حرارة التقطير لوحدة السطح [W/m<sup>2</sup>]

### المقطر الشمسي:

يتألف النوع البسيط للمقطر الشمسي من وعاء مزود بغطاء شفاف يسمح بنفوذ أشعة الشمس ويحتوي الوعاء في قعره على ماء مالح بسماكة قليلة فوق قاعدة سوداء. ويسخن الماء في الحوض نتيجة لسقوط أشعة الشمس وترتفع درجة حرارته إلى مستوى أعلى من درجة حرارة الغطاء الزجاجي وباعتبار أن ضغط بخار الماء يرتفع مع ارتفاع درجة الحرارة، فإن ضغط بخار الماء عند درجة حرارة الماء أعلى منه عند درجة حرارة الهواء داخل الحوض ونتيجة لهذا الفارق في الضغط بين طبقة البخار الملامسة لسطح ماء الحوض والبخار الموجود في الهواء فإن ماء الحوض يبدأ بالتبخر لمعادلة ضغط البخار داخل الحوض ونتيجة لعوامل الحمل الحراري فإن الهواء المشبع يتحرك إلى الأعلى ويحل محله هواء أقل تشبعاً بالبخار. وبما أن درجة حرارة الغطاء الزجاجي أقل من درجة حرارة ماء الحوض فإن البخار المشبع يبدأ بالتكاثف عند التلامس معه حتى يصبح ضغط البخار في الهواء المشبع مساوياً للضغط عند درجة حرارة الزجاج ويتكاثف البخار على سطح الزجاج وينزلق تحت تأثير ثقله إلى المجاري الجانبية حيث يتجمع ويخرج إلى خارج المقطر على شكل ماء نقي وإذا كانت هناك فروق في درجات الحرارة وفروق في الضغوط داخل الحوض فإن عملية التبخر والتكاثف تستمر [ 5 ] .

### إنتاجية المقطر الشمسي:

تعرف الإنتاجية اليومية للمقطر الشمسي بكمية الماء العذب المنتجة يومياً من قبل واحدة السطح من قاعدة المقطر m<sup>2</sup> / 1 وهي تتعلق بشدة الإشعاع الشمسي وتصميم المقطر وطريقة إنشائه وكذلك تتعلق بخواص المواد المستعملة في صنعه.

### اقتصادية التقطير الشمسي:

إن كلفة التأسيس للمقطرات ذات الغطاء الزجاجي باستطاعة تقطير تبلغ عدة مئات من الأمتار المكعبة من الماء العذب في اليوم تبلغ 400 ليرة سورية للمتر المكعب الواحد من الماء وهذه الكلفة مرتفعة نسبياً بالمقارنة مع المقطرات التقليدية حيث أن كلفة إنتاجها تتراوح بين 50 و100 ليرة سورية لكل متر مكعب ماء ولكن بالمقابل فإن كلفة الطاقة الشمسية منخفضة وكذلك كلفة تشغيلها كما أن عمرها أطول نسبياً ويمكن للتقطير الشمسي أن يكون اقتصادياً في البلدان المشمسة من أجل ساعات تقطير حتى 200 m<sup>3</sup>/day في حين أنه من أجل ساعات أكبر لا يمكن للتقطير الشمسي منافسة المقطرات التقليدية.

## **الدراسة التجريبية:**

### الغاية من التجربة:

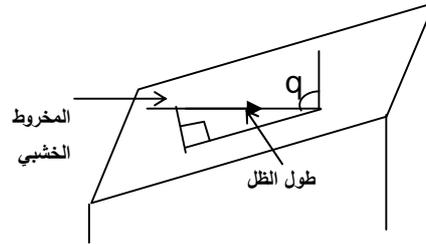
- قياس شدة الإشعاع الشمسي. - قياس إنتاجية المقطر. - حساب متوسط الإشعاع الشمسي الساقط على الجهاز. - حساب الغزارة الوسطية الساعية للإنتاجية. - رسم العلاقة بين الإنتاجية والزمن. - تحليل السلوك الحراري لجهاز التقطير عند بدء التشغيل وعند بدء التكاثف والتقطير وعند مرور السحب والغيوم [1، 2]. - تحديد فرق درجات الحرارة بين الماء والوجه الداخلي للغطاء الزجاجي وكذلك فرق درجات الحرارة بين حيز البخار الموجود في المجمع (حوض التبخير) وبين الوجه الداخلي للغطاء الزجاجي وأيضاً فرق درجة الحرارة بين وجهي الغطاء الزجاجي الخارجي والداخلي وذلك عند بدء التشغيل وبدء التكاثف وخلال عملية التقطير.

### قياس زاوية الورود تجريبياً:

لقد تم قياس زاوية الورود للإشعاع الشمسي الساقط على سطح المقطر باستخدام مخروط خشبي مدبب بطول نصف متر ذو قاعدة تستند على سطح الجهاز ويوضع تحته ورقة مليمترية. عند سقوط الإشعاع الشمسي على سطح المقطر يصبح للمخروط ظلاً على الورقة المليمترية فيتم قياس طول الظل مباشرة على الورقة (الشكل 1) ويتم حساب زاوية الورود باستخدام العلاقة التالية:

$$q = 90 - \tan^{-1} \frac{\text{طول المخروط}}{\text{طول الظل}}$$

وبهذه الطريقة يتم قياس زاوية ورود الإشعاع على سطح المقطر عند كل قياس للإشعاع ولدرجات الحرارة.



الشكل (1) يبين قياس زاوية الورود

ويتم حالياً قياس شدة الإشعاع الشمسي بواسطة البيرو متر أو البيرو هيليو متر حيث تعمل هذه الأجهزة على تحويل الطاقة الشمسية إلى شكل آخر من الطاقة يمكن قياسه بالأجهزة الكهربائية المتاحة. ويعتمد مبدأ عمل البيرو مترات المستخدمة بشكل عام على تحديد فرق درجات الحرارة بين السطح الأسود والسطح الأفقي (الذي يعكس القسم الأكبر من الإشعاع الشمسي) بواسطة مزدوجات حرارية معزولة عن الرياح وعن تأثيرات نذبذبة درجة حرارة الوسط المحيط حيث تعطي إشارة (بالميلي فولت) تسجل أو تظهر على شاشة إلكترونية بشكل متكامل مع الزمن.



صورة الجهاز المستخدم

### مواصفات الجهاز:

الجهاز المستخدم في هذا البحث متوضع في مخبر انتقال الحرارة في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة تشرين وهو عبارة عن مقطر شمسي مركب على قاعدة معدنية ويتألف من حوض بلاستيكي بأبعاد 115x100 cm مغطى بزجاج ويحتوي على صفيحة ماصة سوداء من مادة مطاطية ومعزول بعازل من الستيروبور سماكته 2cm ويحتوي الجهاز على محرك كهربائي موصل بمضخة لتدوير الماء، بالإضافة إلى مقياس تدفق لقياس غزارة الماء المار في المقطر. كذلك يحتوي الجهاز على خزان للماء المالح وعلى براد من أجل تجميع الماء المقطر الناتج عن عملية التقطير بالإضافة إلى مجموعة مزدوجات حرارية لقياس درجة الحرارة في النقاط المختلفة من الجهاز ويمكن تغيير زاوية ميل السطح بواسطة لولب أربعة مركبة على أطراف المقطر. إن عامل الامتصاص للصفحة الماصة يساوي  $a = 0.98$  تؤخذ من جداول خاصة للمادة المطاطية السوداء ومعامل عكس الزجاج  $\tau = 0.33$  وهي القيمة الأعظمية لمقدار الأشعة المنعكسة عن الغطاء الزجاجي لحوض المقطر كنسبة مئوية من مجموع الأشعة الواردة الكلية والتي تساوي 100%، أما العاكس فهو يقوم بتجميع الأشعة وعكسها على سطح المقطر وبأخذ شكل نصف اسطوانة بطول 100cm وعرض 70cm وهو مركب على قاعدة يتم تركيزها من أجل عكس الأشعة على سطح الزجاج.

### تسلسل العمليات التجريبية:

أخذ قياسات درجات الحرارة قبل تشغيل الجهاز. - أخذ قياسات شدة الإشعاع الشمسي عند بداية التشغيل.  
- أخذ قياسات درجات الحرارة وشدة الإشعاع الشمسي عند بداية التكاثر وعند بداية التقطير. - أخذ قياسات شدة الإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة لكل نصف ساعة بعد بداية عملية التقطير وأخذ قراءات مقدار الماء المقطر. أعيدت التجارب بظروف مختلفة لسرعة الرياح وظروف التشغيل وتم إدراج القيم المقاسة في الجداول اللاحقة، حيث أن الجداول تبين كل القياسات بالنسبة للتجارب الستة التي تم إجراؤها.  
**التجربة الأولى:**

تمت القراءات في التجربة رقم (1) وفق الشروط المبينة في الجداول الموضحة في الصفحة التالية .

### الدراسة الحرارية للتجربة الأولى:

إن بدء التكتيف على سطح الزجاج يوافق فرق لدرجات الحرارة  $DT_{wg}$  وهو الفرق بين درجة حرارة سطح الصفيحة الماصة العلوية ودرجة حرارة سطح الزجاج السفلي ويساوي  $DT_{wg} = -2^{\circ}C$  ونلاحظ أن هذا الفرق ومع مرور زمن التشغيل يتزايد حتى يصبح  $DT_{wg} = +6^{\circ}C$ . أما الفرق بين درجة حرارة البخار ودرجة حرارة السطح السفلي للزجاج  $D T_{vg}$  فنلاحظ أنه عند التكتيف كان يساوي  $D T_{vg} = -1^{\circ}C$  ثم أن هذا الفرق يزداد لصالح درجة حرارة البخار حيث إنه عند بدء التقطير يصبح  $D T_{vg} = +1^{\circ}C$  ثم يزداد بشكل مستمر .

### قراءات التجربة (1)

ظروف التجربة	أداء الجهاز
ظروف التشغيل	الإنتاجية الساعية
	الظروف الطبيعية

Time	ml	* سرعة الريح شديدة	* اتجاه الجهاز ثابت جنوباً * الماء ساكن ضمن الحوض وعلى سماكة (2سم).
12.00	29		
12.00-13.00	42		
13.00- 13.30	68	* الجو سديمي	* مياه تركيز ملحي عال (مياه بحر).
13.30 – 14.00	133	وغائم أحياناً.	
14.00-14.30	100		

درجات الحرارة المقاسة °C								
Time	T <sub>a</sub>	TW <sub>ot</sub>	TW <sub>in</sub>	T <sub>vs</sub>	T <sub>gl</sub>	T <sub>gu</sub>	T <sub>ML</sub>	T <sub>MU</sub>
10.30	23			27	31	31	23	24
11.00	27			39	42	39	33	36
11.30	26			42	43	40	35	41
12.00	26			45	44	41	37	45
12.30	27			48	46	43	41	49
13.00	26			52	47	44	43	51
13.30	26			52	47	43	44	52
14.00	27			54	48	46	46	54

قياسات التجربة الأولى				السلوك الديناميكي	الإنتاجية ml
Time	DTwg= T <sub>mu</sub> - T <sub>gl</sub>	D Tvg=T <sub>vs</sub> - T <sub>gl</sub>	DT=T <sub>gu</sub> - T <sub>gl</sub>		
10.30	-	-	-	بدء	
11.00	-6	-3	-3	بدء	
11.30	-2	-1	-3	بدء	
12.00	+1	+1	-3		29
12.30	+3	+3	-3		42
13.00	+4	+4	-3		68
13.30	+5	+5	-3		133
14.00	+6	+6	-2		100
14.30					

حيث: -T<sub>a</sub>: درجة حرارة الوسط الخارجي. -T<sub>vs</sub>: درجة حرارة البخار في حيز الجهاز. -T<sub>gu</sub>: درجة حرارة السطح العلوي للزجاج. -T<sub>gl</sub>: درجة حرارة السطح السفلي للزجاج. -T<sub>MU</sub>: درجة حرارة السطح العلوي للصفحة الماصة. -T<sub>ML</sub>: درجة حرارة السطح السفلي للصفحة الماصة. -T<sub>Wout</sub>: درجة حرارة الماء الخارج. -T<sub>Win</sub>: درجة حرارة الماء الداخل إلى الجهاز.

### ملاحظات حول نتائج قياسات التجربة (1):

إن أعلى درجة حرارة مسجلة للماء هي  $T_w = T_{mu} = 54C^\circ$  وللبخار  $T_{vs} = 54C^\circ$ . نلاحظ من جدول فرق درجات الحرارة أن الفرق بين درجة حرارة البخار ودرجة حرارة السطح السفلي للجهاز يتناقص حتى تصبح درجة حرارة البخار أعلى من درجة حرارة السطح السفلي للزجاج ثم يثبت هذا الفرق عند الدرجة (+5) ثم ارتفاعه إلى (+6) ويعود السبب في هذا الانخفاض إلى التبريد من قبل الريح وذلك حسب شدة الريح. أما الفرق  $DT$  بين درجة حرارة السطح السفلي والعلوي للزجاج ثابت تقريباً ويساوي (-3) والقيمة المسجلة الأخيرة يعود اختلافها لأن شدة الريح قد تغيرت وأصبحت أقل.

$$I_m = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n}$$

متوسط شدة الإشعاع الشمسي الساقط يساوي:

حيث: - :  $I_i$  شدة الإشعاع الساقط على الجهاز وبالتالي فإن:  $I_m = 438.67 [W/m^2]$  وتقع هذه القيمة ضمن ترتيب الشدة المتوسطة. وتكون كمية الماء المقطر.

$$M = 29 + 42 + 68 + 133 + 100 = 372 \text{ ml}$$

وأما الإنتاجية الساعية:

$$G = \frac{\text{كمية الماء المقطر}}{\text{عدد ساعات التقطير}} = \frac{372}{2.5} = 149 \text{ ml/h}$$

### التجربة الثانية :

تمت القراءات في التجربة رقم (2) وفق الشروط المبينة في الجداول الموضحة في الصفحة التالية .

قراءات التجربة (2)

أداء الجهاز		ظروف التجربة	
الإنتاجية الساعية		الظروف الطبيعية	ظروف التشغيل
Time	ml		
11.30 - 12.00	170	* الجو صافٍ خالٍ من الغيوم * سرعة الرياح متوسطة أي بحدود 4 m/s	* اتجاه الجهاز ثابت جنوباً * الماء ساكن ضمن الحوض وعلى سماكة (2سم). * مياه ذات تركيز ملحي عال.
12.00 - 12.30	190		
12.30 - 13.00	230		
13.00 - 13.30	210		
13.30 - 14.00	180		

Time	درجات الحرارة المقاسة C°							
	T <sub>MU</sub>	T <sub>ML</sub>	T <sub>gl</sub>	T <sub>gu</sub>	T <sub>vs</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>v</sub>	T <sub>a</sub>
9.30	24	23	28	29	29			21
10.00	37	34	41	42	43			24
11.00	45	40	45	46	45			26
12.00	49	43	45	46	47			28
12.30	59	52	52	54	58			28
13.00	63	56	50	58	62			28
13.30	66	60	55	59	65			28
14.00	67	60	55	59	65			28

Time	فروق قياسات التجربة الثانية			السلوك الديناميكي	الإنتاجية ml
	DT <sub>wg</sub> =T <sub>mu</sub> - T <sub>gl</sub>	DT <sub>vg</sub> =T <sub>vs</sub> - T <sub>gl</sub>	DT = T <sub>gu</sub> - T <sub>gl</sub>		
9.30	-	-	-	بدء التشغيل	
10.00	-4	+0	+1	بدء التكاثر	
11.00	0	+0	+1	بدء التقطير	
12.00	+4	+2	+1		170
12.30	+7	+6	+2		190
13.00	+13	12	+8		230
13.30	11	10	+5		210
14.00	+12	10	+4		180

### الدراسة الحرارية للتجربة الثانية :

نلاحظ أن الفرق  $DT_{wg}$  يزداد تدريجياً مع مرور الزمن وأنه عند بدء التقطير يساوي (0) وأن الفرق  $DT_{vg}$  يزداد أيضاً تدريجياً حتى يصل إلى  $C^\circ (12)$  ثم ينخفض إلى  $C^\circ (10)$  ويعود السبب في هذا الفرق الكبير بين درجات الحرارة إلى شدة الإشعاع الكبير الساقط على سطح المقطر والارتفاع في هذا الفرق عند الساعة الواحدة يعود إلى زيادة سرعة الريح التي أدت إلى تبريد الزجاج.

### ملاحظات حول نتائج قياسات التجربة الثانية (2):

نلاحظ أنه عند بدء التقطير فإن الفرق  $DT_{vg}$  و  $DT_{wg}$  يساوي صفر. متوسط شدة الإشعاع الساقط على سطح المجمع:  $I_m = 445.8 \text{ W/m}^2$  و  $M = 980 \text{ ml}$  أما الإنتاجية الساعية للماء المقطر فتساوي:

$$G = \frac{M}{3} = \frac{980}{3} = 326.7 \text{ ml/h}$$

### التجربة الثالثة:

تمت القراءات في التجربة رقم (3) وفق الشروط المبينة في الجداول الموضحة في الصفحة التالية .

### الدراسة الحرارية للتجربة الثالثة :

نلاحظ أن الفرق  $DT_{wg}$  ازداد من بدء التشغيل ومع استمراره حتى وصل إلى (6+) والفرق  $DT_{vg}$  نلاحظ أنه ازداد بشكل كبير حتى وصل إلى القيمة (13) ثم انخفض إلى القيمة  $C^\circ (+9)$  مكن أن نعرزو هذا الارتفاع الكبير في الفرق إلى وجود العاكس الذي قام بعكس كمية كبيرة من الأشعة إلى سطح الزجاج وذلك نتيجة كبر سطحه بالنسبة إلى سطح الزجاج.

### التسخين الزجاجي للجهاز:

من البداية كان الفرق في درجات الحرارة بين السطح السفلي والعلوي للجهاز يساوي الصفر ثم نلاحظ أن هذا التغير صعوداً وهبوطاً يعود إلى التبريد الكبير من قبل الريح الشديدة للسطح العلوي للزجاج نتيجة فعالية التبادل الحراري بالحمل.

### ملاحظات حول نتائج التجربة الثالثة :

متوسط شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح المجمع:  $I_m = 435 \text{ W/m}^2$ . وتكون كمية الماء المقطر:  $M = 895 \text{ ml}$ . إن مقدار ساعات التقطير تساوي 2 ساعة وبالتالي تكون الإنتاجية الساعية:

$$G = \frac{M}{2} = \frac{895}{2} = 447 \text{ ml/h}$$

قراءات التجربة (3)

أداء الجهاز		ظروف التجربة	
الإنتاجية الساعية		الظروف الطبيعية	ظروف التشغيل
Time	ml	* الجو غائم جزئياً * سرعة الرياح متوسطة بحدود 4.5m/s	* اتجاه الجهاز ثابت جنوباً * الماء راكد سماكة 2cm * تركيز المياه عالٍ .
12.00 - 12.30	108		
12.30 - 13.00	230		
13.00 - 13.30	270		
13.30 - 14.00	215		

Time	درجات الحرارة المقاسة C°					
	T <sub>a</sub>	T <sub>vs</sub>	T <sub>gl</sub>	T <sub>gu</sub>	T <sub>ML</sub>	T <sub>MU</sub>
10.00	28	40	39	36	32	34
11.00	30	52	54	48	45	50
12.00	32	53	50	46	48	53
12.30	32	60	56	50	54	60
13.00	32	63	57	52	56	62
13.5	32	63	58	50	58	64
14.00	32	64	59	55	59	65

Time	فروق قياسات التجربة الثالثة			السلوك الديناميكي	الإنتاجية ml
	DT <sub>wg</sub> =T <sub>mu</sub> -T <sub>gl</sub>	DT <sub>vg</sub> =T <sub>vs</sub> -T <sub>gl</sub>	DT=T <sub>gu</sub> -T <sub>gl</sub>		
10.00				بدء التشغيل	
11.00	-1	4	-6	بدء التكاثر	
12.00	3	7	-4	بدء التقطير	
12.30	4	10	-6		180
13.00	5	9	-5		230
13.30	6	13	-8		270
14.00	6	9	-4		215

### التجربة الرابعة:

تمت القراءات في التجربة رقم (4) وفق الشروط المبينة في الجداول الموضحة في الصفحة التالية .

#### الدراسة الحرارية للتجربة الرابعة:

إن بدء التكثيف على سطح الزجاج يرافقه فرق لدرجات الحرارة يساوي  $DT_{wg} = -1C^{\circ}$  ثم ازداد من بدء التشغيل ومع استمراره حتى وصل إلى القيمة  $C^{\circ} (+8)$  أما الفرق  $DT_{vs}$  فإنه عند بدء التقطير يصبح  $DT_{vg} = +3C^{\circ}$  ثم يزداد بشكل مستمر .

#### ملاحظات حول نتائج قياسات التجربة الرابعة:

يمكن تفسير كبر الفارق  $DT$  بازدياد سرعة الرياح مما يؤدي إلى تبريد السطح العلوي للزجاج بشكل أكبر من السطح السفلي .

متوسط شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح المجمع:  $I_m = 330 \text{ W / m}^2$  وتكون كمية الماء المقطر:  $M = 468 \text{ ml}$ . إن مقدار ساعات التقطير تساوي 2 ساعة وبالتالي تكون الإنتاجية الساعية:

$$G = \frac{M}{2} = \frac{468}{2} = 234 \text{ ml / h}$$

وإذا علمنا أن ساعات التقطير تمتد من الساعة 12.00 وحتى الساعة السادسة مساءً تكون كمية الماء المقطر التي من الممكن الحصول عليها تساوي 1404 ml وسبب قلة هذه الكمية يعود إلى انخفاض شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح المجمع بسبب الغيوم وأيضاً بسبب الرياح.

### التجربة الخامسة:

تمت القراءات في التجربة رقم (5) وفق الشروط المبينة في الجداول الموضحة في الصفحة رقم (16) .

#### الدراسة الحرارية للتجربة الخامسة :

إن بدء التكثيف على سطح الزجاج يرافقه فرق لدرجات الحرارة ويساوي  $DT_{wg} = -1C^{\circ}$  ونلاحظ بأن هذا الفرق ازداد من بدء التشغيل ومع استمراره حتى وصل إلى القيمة  $C^{\circ} (+4)$ . والفرق  $DT_{vg}$  نلاحظ أنه عند التكثيف كان يساوي الصفر ثم نلاحظ أن هذا الفرق يزداد لصالح درجة حرارة البخار .

قراءات التجربة (4)

أداء الجهاز		ظروف التجربة	
الإنتاجية الساعية		الظروف الطبيعية	ظروف التشغيل
Time	ml		
12.00 - 12.30	108	* الجو غائم غيوم سوداء وبيضاء * رياح متوسطة الشدة	* اتجاه الجهاز ثابت جنوباً * الماء راكد سماكة 2CM * تركيز المياه عالٍ
12.30 - 13.00	122		
13.00 - 13.30	136		
13.30 - 14.00	136		

Time	درجات الحرارة المقاسة C°					
	T <sub>a</sub>	T <sub>vs</sub>	T <sub>gl</sub>	T <sub>gu</sub>	T <sub>ML</sub>	T <sub>Mu</sub>
10.00	29	32	32	32	30	31
11.00	30	49	47	40	42	46
12.00	32	50	47	41	44	51
12.30	32	53	50	43	47	54
13.00	32	58	52	41	49	57
13.30	32	60	54	43	52	59
14.00	32	58	52	40	53	60

Time	فروق قياسات التجربة الرابعة			السلوك الديناميكي	الإنتاجية ml
	DT <sub>wg</sub> = T <sub>Mu</sub> - T <sub>gl</sub>	DT <sub>vg</sub> = T <sub>vs</sub> - T <sub>gl</sub>	DT = T <sub>gu</sub> - T <sub>gl</sub>		
10.00				بدء التشغيل	
11.00	-1	+2	-7	بدء التكاثر	
12.00	+4	+3	-6	بدء التقطير	
12.30	+4	+3	-7		80
13.00	+5	+6	-11		122
13.30	+5	+6	-11		130
14.00	+8	+6	-12		136

### ملاحظات حول نتائج قياسات التجربة الخامسة:

متوسط شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح المجمع هو:  $I_m = 420 \text{ W / m}^2$  وتكون كمية الماء المقطر:  $M = 1151 \text{ ml}$ . ونلاحظ أن مقدار ساعات التقطير تساوي 3 ساعات وبالتالي تكون الإنتاجية الساعية:

$$G = \frac{M}{3} = \frac{1151}{3} = 383 \text{ ml / h}$$

وإذا علمنا أن ساعات التقطير تمتد من الساعة 11 وحتى الساعة السادسة مساءً تكون كمية الماء المقطر التي من الممكن الحصول عليها تساوي 2681 ml .

### التجربة السادسة:

تمت القراءات في التجربة رقم (6) وفق الشروط المبينة في الجداول الموضحة في الصفحة رقم (18)

#### مناقشة السلوك الحراري :

نلاحظ في هذه التجربة سرعة استجابة الجهاز للتقطير وذلك نتيجة زيادة كمية الإشعاع الساقط على الجهاز نتيجة استخدام العاكس وبسبب هدوء الريح الذي ساهم بشكل كبير في تخفيض الفقد الحراري كل ذلك ساعد في سرعة استجابة الجهاز حيث كانت بداية التكاثر في الساعة الحادية عشرة وبدء التقطير في الساعة الحادية عشرة والنصف. ونلاحظ من جدول فرق درجات الحرارة أن بدء التقطير كان موافقاً للفرق  $DT_{wg} = 0C^\circ$  ثم يزداد هذا الفرق مع زيادة زمن التشغيل وذلك نتيجة الكسب الحراري للصفحة الماصة. ونلاحظ خلال التجربة أن  $DT$  كان صغيراً مقارنة مع التجارب السابقة وكل ذلك نتيجة سرعة الريح الخفيفة. أما الإنتاجية في هذه التجربة فإننا نلاحظ زيادتها بشكل كبير ودرجات الحرارة المسجلة كانت كبيرة مقارنة مع التجارب السابقة وكل ذلك يعود إلى استخدام العاكس وشدة الإشعاع المرتفع الساقط وهدوء الريح.

قراءات التجربة (5)

أداء الجهاز		ظروف التجربة	
الإنتاجية الساعية		الظروف الطبيعية	ظروف التشغيل
Time	ml		
11.00 - 11.30	92	* الجو صحو مع غيوم قليلة جداً * رياح خفيفة جداً	* اتجاه الجهاز ثابت جنوباً * الماء راكد سماكة 2cm * تركيز المياه عالٍ
11.30 - 12.00	150		
12.00 - 12.30	197		
12.30 - 13.00	252		
13.30 - 14.00	248		

Time	درجات الحرارة المقاسة C°					
	T <sub>a</sub>	T <sub>vs</sub>	T <sub>gl</sub>	T <sub>gu</sub>	T <sub>ML</sub>	T <sub>MU</sub>
9.00	28	29	30	30	29	29
10.00	28	47	45	43	39	42
11.00	28	49	49	47	42	48
11.30	30	54	54	52	47	52
12.00	29	58	57	55	51	57
12.30	32	65	62	60	57	64
13.00	32	69	65	63	60	67
13.30	34	72	67	64	62	69
14.00	34	74	67	65	64	71

Time	فروق قياسات التجربة الخامسة			السلوك الديناميكي	الإنتاجية ml
	DT <sub>wg</sub> = T <sub>Mu</sub> - T <sub>gl</sub>	DT <sub>vg</sub> = T <sub>vs</sub> - T <sub>gl</sub>	DT = T <sub>gu</sub> - T <sub>gl</sub>		
9.00				بدء التشغيل	
10.00	-3	+2	-2	بدء التكاثر	
11.00	-1	0	-2	بدء التقطير	
11.30	-2	0	-2		92
12.00	0	+1	-2		150
12.30	+2	+3	-2		212
13.00	+2	+4	-2		197
13.30	+2	+5	-3		252
14.00	+4	+7	-2		248

## ملاحظات حول نتائج قياسات التجربة السادسة:

متوسط شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح المجمع:  $I_m = 448.4 \text{ W/ m}^2$  وتكون كمية الماء المقطر:  $M = 1154 \text{ ml}$ . أما متوسط غزارة الماء المقطر الساعية تساوي:

$$G = \frac{M}{2.5} = \frac{1151}{2.5} = 461.6 \text{ ml / h}$$

نلاحظ أن فرق درجات الحرارة بين السطح السفلي والعلوي للجهاز يثبت عند القيمة  $3^\circ\text{C}$  (-) ولا يتذبذب ويعود ذلك إلى هدوء الرياح وانخفاض تأثيرها.

## مناقشة النتائج والتوصيات:

- بعد تحليل نتائج القياسات والتجارب في هذا البحث فإنه يمكن تلخيص النقاط الأساسية للنتائج النهائية التالية:
- 1- السلوك الحراري وزمن استجابة المقطر الشمسي: إن زمن استجابة المقطر التي تم الحصول عليه من خلال تحليل السلوك الحراري له والتي تتراوح قيمته بين ساعتين وثلاث ساعات في أغلب الحالات هو ثابت تقريباً في الظروف الطبيعية للمقطر ولكن التزايد في زمن الاستجابة أحياناً يعود إلى عدم استقرار الماء المالح المناسب على سطح بساط التبخير في حوض المقطر نتيجة لعدم تجانس وانتظام سيلان الماء عليه، وكذلك نتيجة لزيادة إصدارية جزء من الصفيحة الماصة غير المعرض للماء.
  - 2- الدراسة الحرارية للمقطر: تبين من هذا البحث أن المقطر المستخدم يعمل مع فرق لدرجات الحرارة بين حيز البخار والسطح السفلي للغطاء الزجاجي للمقطر ويصل في أغلب الحالات إلى  $6^\circ\text{C}$  (+) وقد وصل هذا الفارق في بعض الحالات إلى  $13^\circ\text{C}$  (+) وذلك بسبب وجود العاكس الذي قام بعكس كمية كبيرة من الأشعة الشمسية إلى سطح الزجاج ونتيجة لكبر سطحه بالنسبة لسطح الزجاج وبالتالي يعتبر هذا تطوراً كبيراً في ميزات المقطر الشمسي المستخدم مقارنة مع المقطرات التقليدية الأخرى التي تعمل بقيمة لهذا الفارق لا يتجاوز  $2^\circ\text{C}$  (+) [3].
  - 3- إحاطة موقع عمل الجهاز بمصدات رياح لتقليل الضياع الحراري وأيضاً يمكن استخدام العزل الحراري لقاعدة الحوض مما يقلل أيضاً من الضياعات.
  - 4- ينصح بالعمل على رفع درجة حرارة الماء المالح  $T_w$  خلال فترة تشغيل وعمل الجهاز خاصة فوق  $60^\circ\text{C}$  مما يؤدي إلى زيادة فعالية الجهاز بقدر كبير.
  - 5- يفضل العمل بحالة الماء الساكن من أجل تقليل الكلفة الاقتصادية للمقطر وأيضاً يمكن الاستفادة من الماء المقطر الناتج من ناحية، ومن نتاج الملح المترسب في قاع الحوض من ناحية أخرى، وهذا لا يمكن أن يحدث في حالة الماء المناسب، كما أن العمل بالماء الساكن يتميز بالسهولة والاعتماد فقط على الطاقة الشمسية. وأخيراً نقول أنه يجب المثابرة في دراسة تطبيقات الطاقة الشمسية والبحث في مشاكل استثمارها ولم يكن بحثنا هذا إلا خطوة وبداية من مراحل الدراسة اللاحقة، وفي النهاية لا بد من وضع الحلول المناسبة التي تمكن من استغلال الطاقة الشمسية بشكل واسع وعند ذلك سوف يكون تقدماً كبيراً لبلدنا.

قراءات التجربة (6)

أداء الجهاز		ظروف التجربة	
الإنتاجية الساعية		الظروف الطبيعية	ظروف التشغيل
Time	ml		
11.00 - 11.30	100	* الجو صحو خال من الغيوم * سرعة الرياح خفيفة جنوبية غربية	* اتجاه الجهاز ثابت جنوباً
11.30 - 12.00	158		* الماء راكد سماكة 2CM
12.00 - 12.30	196		* مركب عاكس على الجهاز يقوم بتجميع الأشعة وإسقاطها على الجهاز
12.30 - 13.00	190		
13.00 - 13.30	260		
13.30 - 1400	250		

Time	درجات الحرارة المقاسة C°					
	T <sub>a</sub>	T <sub>vs</sub>	T <sub>gl</sub>	T <sub>gu</sub>	T <sub>Ml</sub>	T <sub>MU</sub>
10.00	23	22	44	42	22	24
11.00	30	49	50	48	40	46
11.30	29	54	54	53	46	54
12.00	29	62	58	56	50	60
12.30	33	68	65	62	58	65
13.00	35	74	70	67	65	72
13.30	34	78	72	69	67	74
14.00	35	76	70	67	66	73

Time	فروق قياسات التجربة السادسة			السلوك الديناميكي	الإنتاجية ml
	D T <sub>vg</sub> = T <sub>Mu</sub> - T <sub>gl</sub>	DT <sub>vg</sub> = T <sub>vs</sub> - T <sub>gl</sub>	DT = T <sub>gu</sub> - T <sub>gl</sub>		
10.00				بدء التشغيل	
11.00	-4	-1	-2	بدء التكاثف	
11.30	0	0	-1	بدء التقطير	100
12.00	2	4	-4		158
12.30	0	3	-3		196
13.00	2	4	-3		190
13.30	2	6	-3		260

## المراجع:

- .....
- 1- د. المصري، رضوان عبد الغني (مبادئ الطاقة الشمسية والحرارة وتطبيقاتها) الجزء الأول، جامعة حلب - 1996 .
  - 2- م. قرضاوي، إبراهيم (أجهزة الطاقة الشمسية) الطبعة الأولى، دار المعارف الاسكندرية 1977 .
  - 3- م. عبد الرزاق سلمان، (تحلية مياه البحر بالطاقة الشمسية) رسالة لنيل درجة الماجستير في هندسة القوى الميكانيكية، جامعة تشرين - 1998 .
  - 4- On salt gradient solar ponds Engineering aspect. by prof. Dr. Eng. Tajeldine Dia-Aleppo Uneverstiy. 1984 .
  - 5- Solar Distillation Process. J.A. Sabbagh, King Abdulaziz University.1981.
  - 6- The Use of the Wiped – Film Rotation – Disk Evaporator in Solar-Powered Distillation. Badawi W. Tlemat, University of California. 1981.
  - 7- Experiences Gained in Solar Desalination. A. Fernandez, Direction for the Use Saline Waters and Solar Energy. 1981.
  - 8- Solar Desalination Research at the University of Arizona.J E. Groh, Enviromental Research Laboratory. 1981.