تصميم جهاز تحلية مياه ودراسة تأثير المبادل الحراري على كفاءته

مهند عبد الكريم سعدون- جامعة واسط / كلية العلوم/قسم الفيزياء

Design of the desalination device of waterand study the effect of the heat exchanger on its efficieny

Mohanad abd alkrem Sadon
Wasit University/College of Science/Department of Physics

Abstract :

in this research paper an equipment of the water desalination(solar desalination) has been designed .besides thermal exchange has been examined on its proficiency productivity and performance .empirical results on 3td of march 2010 have shown an increase of the desalination productivity the daily desalination productivity reached 184ml/m^2.d this happens because of the existing of the exchanger inside and outside the equipment which increases the productivity by its work as additional plate for concentration inside the desalination because the exchanger has less temperature than the inside plate of the glass cover which works as the thermal exchange between the equipment and the surrounding environment . in this way the water will concentrate over the additional concentrate or in large quantity .

الخلاصة:

تم في هذا البحث تصميم جهاز تحلية المياه (المقطر الشمسي) ودراسة تأثير المبادل الحراري على كفاءته و إنتاجيته وادائه. وقد أظهرت النتائج التجريبية التي أجريت بتاريخ 3 / ٣ /٢٠١٠ زيادة في إنتاجية المقطر بزيادة معدلات الإشعاع الشمسي اليومية W/m^2، حيث بلغت إنتاجية المقطر اليومية $ml/m^2.d$ ١٨٤ ، وذلك يعود إلى وجود المبادل داخل وخارج الجهاز ، والذي يعمل على زيادة الإنتاجية من خلال عمله كسطح إضافي للتكثف داخل المقطر، لكون المبادل يمتلك درجة حرارة اقل من السطح الداخلي للغطاء الزجاجي الذي يعمل على التبادل الحراري بين الجهاز والمحيط وبذلك سيتكثف الماء على المكثف الإضافي بكميات اكبر.

المقدمة:

يُعد المقطر الشمسي وسيلة جيدة وبسيطة ورخيصة الكلفة وذو إنتاجية مقبولة للحصول على الماء المقطر من المياه المالحة بوساطة طاقة متوافرة في كل أنحاء العالم هي الطاقة الشمسية وهي من الطاقات المتجددة التي لاتنضب على عكس الطاقات غير المتجددة التي تكون مستنفدة لأنها لا يمكن صنعها ثانية أو تعويضها مجدداً في زمن قصير وتشمل الفحم والنفط والمعادن والغاز الطبيعي والمواد الكيميائية.

إن إنتاجية المقطرات الشمسية تتأثر بعوامل ومتغيرات عدة منها ما يمكن السيطرة عليه كالعوامل التصميمية أو التشغيلية للجهاز، أو متغيرات لا يمكن السيطرة عليها كالظروف الجوية والمناخية.

ومن المتغيرات التصميمية:

- هيئة المقطر:

تعد المقطرات الحوضية أكثر أنواع المقطرات شيوعاً ولاسيما أحادية الميل وذلك لانها منخفضة الكلفة وبسيطة التصميم وذات أداء جيد مقارنة مع الأنواع والأشكال الأخرى.[١] [٢]

- مادة غطاء المقطر:

استخدم الزجاج كغطاء خارجي شفاف للمقطر المستخدم في البحث ،لان الزجاج أكثر تحمل للظروف الجوية من رياح وحرارة وسطوع شمسي وأمطار وغيرها ، مقارنة باللدائن وخصوصا البلاستك التي تشارك الزجاج صفة النفاذية للشعاع الشمسي [٣] ولكنها تكون اقصر عمراً فهي تفقد الكثير من خواصها الضوئية بفعل تفاعلها مع الأشعة الفوق البنفسجية ، إذ يتغير لونه ويتهشم بمعدل زمني لا يتجاوز الثلاثة أشهر، فقد كانت إنتاجية المقطرات ذات الغطاء الزجاجي أعلى من إنتاجية المقطرات ذات الغطاء البلاستيكي الشفاف بمعدل ١٨٪.[٤]

أما المتغيرات التشغيلية فهي العوامل التي تؤثر على إنتاجية المقطر من خلال عمل المقطر ويمكن التحكم بها من مشغل الجهاز للحصول على التصميم الأمثل لرفع الكفاءة والحصول على إنتاجية اكبر ومنها:

- المسافة بين الغطاء والحوض:

إن تقليل حجم حيز الهواء المحصور بين سطح التبخير في قاعدة المقطر وسطح الغطاء الزجاجي يزيد من إنتاجية وكفاءة المقطر[٥] [٦] هذا الحيز يمكن التحكم به من خلال تغيير زاوية ميل المقطر ومن خلال تغيير عمق المياه في حوض التبخير.

- تأثير وجود الجسم الاسود الماص داخل المقطر:

إن جميع التجارب التي أجريت على تأثير اللون الأسود على إنتاجية المقطر من خلال طلاء قاعدة المقطر أكدت إن وجود اللون الأسود يؤدي إلى زيادة إنتاجية المقطرات الشمسية ، هذه الزيادة تأتي من زيادة كمية الإشعاع الشمسي التي يمتصها اللون الأسود.

- اتجاه المقطر:

لقد وجد إن الاختيار الأمثل لاتجاه المقطر يزيد من الطاقة الشمسية التي تسقط على سطح المقطر والتي تزيد من كمية الطاقة الحرارية التي يكتسبها الماء في حوض التقطير[٧] [٨]، هذا يتحقق عندما يكون اتجاه المقطر بموازاة الخط الواصل بين الشرق والغرب E-W باتجاه الجنوب S في نصف الكرة الشمالي لهذا السبب وضع جهاز التقطير باتجاه الجنوب بموازاة خط الاستواء.

الحسابات:

لقد حسبت الكفاءة الساعية للمقطر من العلاقة :

$$\eta = P*hfg / I*A$$

أما الكفاءة اليومية للمقطر فقد حسبت من العلاقة :

$$\eta d = \sum p.\ h\ fg\ / A.\sum I$$

η الكفاءة الساعية %.
ηd الكفاءة اليومية %.
P إنتاجية المقطر ml.
hfg الحرارة الكامنة للتبخير kJ/ kg.
I الإشعاع الشمسي الساعي W/m^2. A مساحة قاعدة المقطر $0.25\ m^2$.
ويتضمن الجدول قيم معدلات الكفاءة الساعية للمقطر الشمسي .

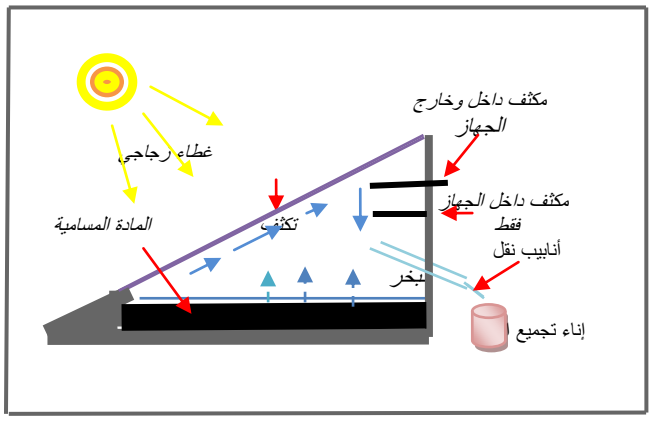
كفاءة المقطر %	وقت التجربة
29	١١:٣٠
4.32	١٢
33.9	١٢:٣٠
49.9	١٣
56	١٣:٣٠
46.9	١٤
62.2	١٤:٣٠

جدول(رقم١) يبين قيم معدلات الكفاءة الساعية للمقطر الشمسي

الجانب العملي:

تم تصنيع المقطر الشمسي من حوض من مادة الاستايربول بسمك (0.05m) القاعدة بطول (0.5m) وعرض (0.5m) وبارتفاع (0.5m).اعتمد شكل المقطر ليكون حوضياً أحادي الميل بشكل حرف L ، ويثبت فوقه غطاء زجاجي نوع 4 mm 6 mm بدل الزجاج لان الأخير يعكس كميات كبيرة من الإشعاع الشمسي الساقط فضلا" عن انه كثير الانكسار للإشعاع الشمسي الساقط عليه.[٩] تم استخدام أنابيب نصف دائرية مفتوحة من الأعلى لتجميع القطرات الساقطة من نهاية طرف المكثف وتوضع بصورة مائلة لتسهيل عملية نقل القطرات وتجميعها في إناء أبلاستيكي خارج الجهاز ويبلغ طول هذه الأنابيب (0.37m) أما قطرها(0.07m).كما تم تزويد الجهاز بفتحتين احدهما لغرض دخول الماء من خزان الماء الرئيسي والأخرى لخروج الماء بواسطة أنابيب النقل إلى خارج الجهاز إلى إناء تجميع الماء(إناء بلاستيكي عدد (2) لغرض تجميع الماء المقطر وتكون مدرجة).

وتم طلاء السطح الداخلي للمقطر بطلاء اسود غير لماع ،فضلا" عن طلاء المادة المسامية (الثرمستون) الموجودة في قاعدة المقطر والتي تعمل على تغذية المقطر ذاتيا بالمياه بفضل الخاصية الشعرية التي تتصف بها وبسبب لونها الأسود تعمل كجسم ماص للإشعاع الشمسي مما يؤدي إلى الإسراع في عملية التبخر من طبقة المياه الرقيقة الموجودة على سطحه.



الشكل (١) رسم توضيحي لجهاز تحلية المياه

الشكل (٢) جهازتحلية المياه أثناء فترة التشغيل

النتائج والمناقشة:

أخذت قراءات التجربة لمدة ايام عدة ، توزعت على ساعات مختلفة، وكانت هذه التجارب تبدأ من الساعة ١١:٣٠ صباحا وحتى الساعة ١٤:٣٠عصرا ، بحيث تكون هناك قراءة لكل نصف ساعة من ساعات النهار.وتم قياس درجات الحرارة لسطح الغطاء الزجاجي ،وللبخار داخل الحيز،وللمبادل داخل الجهاز فقط ،وللمبادل داخل وخارج الجهاز ،وكذلك درجة حرارة حوض الماء ودرجة حرارة المحيط باستخدام محرار رقمي زمني (يقيس درجات الحرارة خلال فترات زمنية محددة). كذلك تم استخدام جهاز قياس شدة الاشعاع (اللاكسيميتر) لحساب شدة الاشعاع الشمسي الكلي الساقط على المقطر الشمسي لكل ساعة من ساعات النهار.

الوقت	T_a	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
11:30	٢٤.٦	٢٦.٢	٤٩.٦	٤٢.٣	٢٤.٥	٢٥.٦
١٢	٢٧.٣	٢٨.٢	٥٠.١	٤٤.١	٣١.٢	٢٧.٦
١٢:٣٠	٢٧.٦	٣٣.٢	٥٢.٦	٤٤.٧	٣٦.٤	٢٧.٧
١٣	٢٦.٦	٣٤.٢	٥٣.٣	٤٤.٨	٣٢.٤	٢٧.٩
١٣:٣٠	٢٦.٤	٣٧.٧	٥٥.٢	٤٧.٣	٣٧.٣	٢٧.٨
١٤	٢٥.٥	٣٧.٥	٥٥.١	٤٨.٦	٣٦.٦	٢٦.٥
١٤:٣٠	٢٣.٥	٣٠.٥	٣٧.١	٤١.٦	٣٠.٦	٢٤.٥

الجدول (٢) يوضح البيانات التي تم تسجيلها بتاريخ ٢٠١٠/٣/٣

حيث:

T_a :درجة حرارة المحيط.

T_1 : درجة حرارة قعر الجهاز (حوض الماء).

T_2 : درجة حرارة مبادل داخل الجهاز فقط.

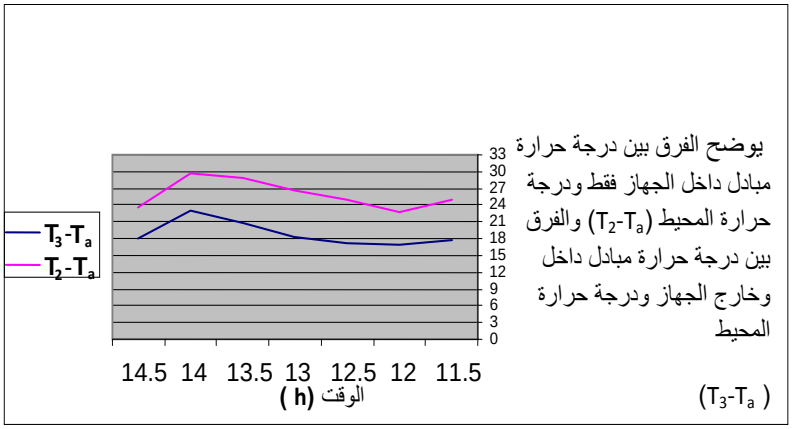
T_3 : درجة حرارة مبادل داخل وخارج الجهاز.

T_4 : درجة حرارة داخل الجهاز (البخار داخل الحيز).

T_5 : درجة حرارة السطح الخارجي للزجاج.

لقد بينت التحليلات الإحصائية إن معدلات الإنتاجية $ml/m^2.d$ للمقطر تتأثر بالعوامل الجوية والتصميمية بشكل كبير، وفيما يلي توضيح لعلاقة الإنتاجية بهذه المتغيرات:

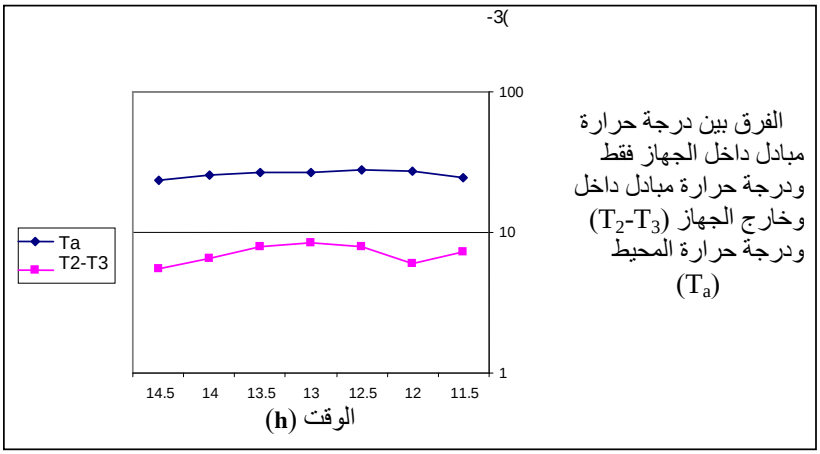
-علاقة المبادلات الحرارية مع الكفاءة :



شكل(٣) يوضح الفرق بين (T_2-T_a) ، (T_3-T_a) مع الوقت(h).

إن الكفاءة تتأثر بدرجة حرارة المبادلات الحرارية. نلاحظ من الشكل (٣) في المنحني الأول (T_2-T_a) وجود فرق كبير بين درجة حرارة المحيط ودرجة حرارة المبادل داخل الجهاز فقط قد يصل إلى 29.6 °c وذلك لارتفاع درجة حرارة داخل الجهاز إذ يقوم الجهاز بامتصاص الإشعاع الشمسي ويمنع خروجه لذلك تكون درجة حرارة داخل الجهاز اكبر بكثير من درجة حرارة المحيط فضلا" عن إن المبادل داخل الجهاز لايعمل على تبادل الحرارة لذا يحتفظ بدرجة حرارته ومن ثم نحصل على كمية من الحرارة لتسخين الماء داخل الجهاز.

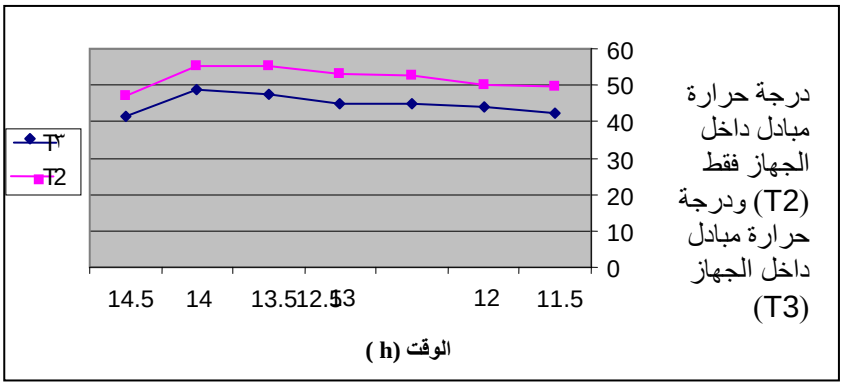
أما المنحني الثاني (T_3-T_a) نلاحظ وجود فرق بين درجة حرارة المبادل داخل وخارج الجهاز ودرجة حرارة المحيط لكن اقل من المنحني الأول وذلك لان المبادل داخل وخارج الجهاز يعمل على انتقال الحرارة من والى الجهاز.



الشكل (٤) يوضح الفرق بين درجة حرارة مبادل داخل الجهاز فقط ودرجة حرارة مبادل داخل وخارج الجهاز (T2-T3) ودرجة حرارة المحيط (Ta)

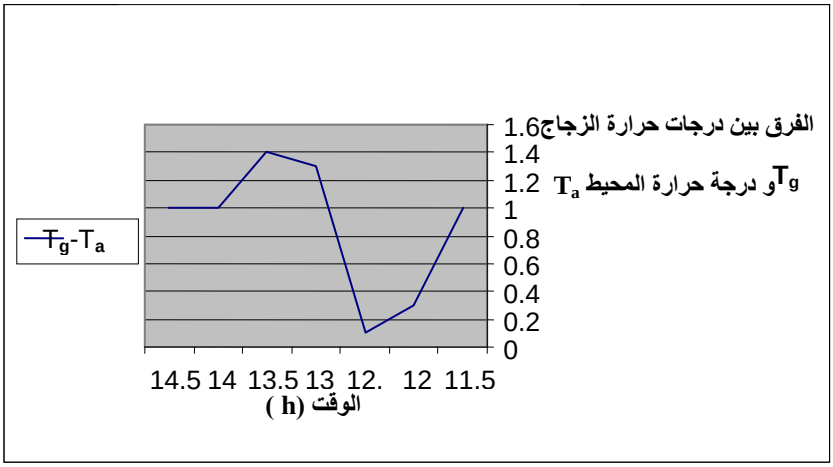
نلاحظ من الشكل(٤) وجود فرق في درجة حرارة مبادل داخل الجهاز فقط ودرجة حرارة مبادل داخل وخارج الجهاز إذ تكون درجة حرارة الأخير اقل من درجة حرارة مبادل داخل الجهاز فقط وذلك لأنه يقوم بالتبادل الحراري مع المحيط إذ يعمل على انتقال الحرارة داخل وخارج الجهاز أما المبادل داخل الجهاز فقط فيحتفظ بدرجة حرارته إذ يكون الفرق بين درجة حرارة المبادلات 7.3 °c عند الساعة 11:30 ثم انخفض الفرق عند الساعة 12 وأصبح 6 °c بسبب تغير حالة الجو ثم يبدأ بالارتفاع التدريجي إلى أن يصل أعظم مايمكن عند الساعة 13 إذ يبلغ الفرق حوالي 8.5 °c وهذا يدل على حدوث التبادل الحراري بواسطة مبادل داخل وخارج الجهاز ونلاحظ من الرسم إن درجة حرارة المحيط تبدأ بالزيادة التدريجية إذ بلغت درجة حرارة المحيط 24.6 °c عند الساعة 11:30 ثم بلغت أعظم قيمة لها 27.6 °c عند الساعة 12:30.ثم تبدأ بالانخفاض إلى إن تصل إلى درجة 23.5 °c عند الساعة 14:30.

رجة



الشكل(٥) يوضح درجة حرارة مبادل داخل الجهاز فقط T_2 ودرجة حرارة مبادل داخل وخارج الجهاز T_3 مع الوقت (h)

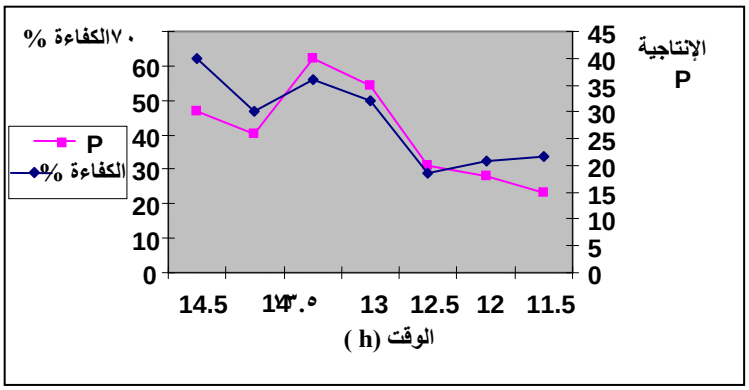
من الشكل نلاحظ إن المنحني الأول T_3 أي درجة حرارة مبادل داخل وخارج الجهاز تبدأ بالزيادة التدريجية مع ساعات النهار إذ تبلغ قيمتها عند الساعة 11:30 حواليc° 42.3 إلى إن تصل أعظم قيمة لها عند الساعة 14 إذ بلغت c° 48.6 ثم تبدأ بالانخفاض التدريجي حيث عند الساعة 14:30 تبلغ c° 41.6.
أما المنحني الثاني T_2 درجة حرارة مبادل داخل الجهاز فقط تبدأ بالزيادة التدريجية مع ساعات النهار إذ تبلغ قيمتها عند الساعة 11:30 حوالي c° 49.6 إلى أن تصل أعظم قيمة لها عند الساعة 13:30إذ بلغت c° 55.2 ثم تبدأ بالانخفاض التدريجي حيث عند الساعة 14:30تبلغ c° 47.1 .
ونلاحظ إن منحني درجة حرارة مبادل داخل وخارج الجهاز اقل من المنحني الآخر ويعود السبب في ذلك في إن مبادل داخل وخارج الجهاز يعمل على انتقال الحرارة من داخل الجهاز إلى المحيط أي التبادل الحراري أما مبادل داخل الجهاز فقط فيكون معزولا" حراريا عن المحيط .



الشكل(6) يوضح الفرق بين درجات حرارة الزجاج T_gودرجة حرارة المحيط T_a مع الوقت (h)

يتبين من الشكل وجود فرق بين درجة حرارة الزجاج ودرجة حرارة المحيط إذ تصل أعظم قيمة c° 1.4 عند الساعة 13:30 وسبب وجود الفرق هو امتصاص الجهاز للإشعاع الشمسي إذ يسمح الزجاج بدخول الإشعاع الشمسي ويمنع خروجه بالإضافة إلى طلاء الجهاز من الداخل باللون الأسود حيث عمل عمل الجسم الأسود ونلاحظ انخفاض الفرق في الساعات الأولى حيث بلغ الفرق c °0.1 عند الساعة 12:30 وسبب ذلك انخفاض شدة الإشعاع الشمسي وتساوي درجات حرارة المحيط وسطح الزجاج فضلا" عن وجود الغيوم التي أثرت على شدة الإشعاع الشمسي ومن ثم أثرت على درجة حرارة المحيط والزجاج فضلا" عن وجود الرياح ، ثم يزداد تدريجيا إلى إن يصل أعظم قيمة له عند الساعة 13:30 حيث بلغ الفرق c° 1.4وبعدها يبدأ بالانخفاض التدريجي.

- العلاقة بين الإنتاجية والكفاءة

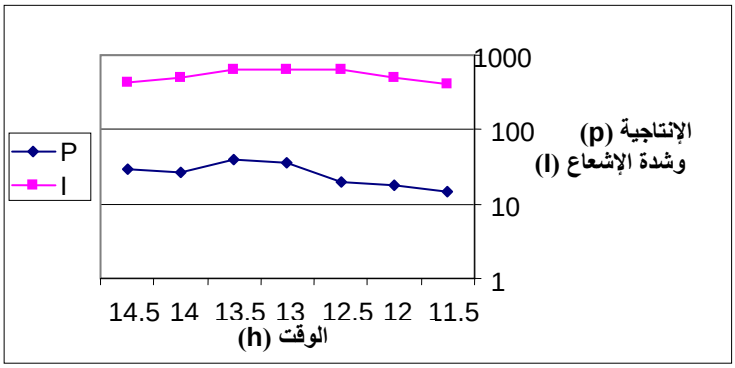


الشكل (٧) يوضح الكفاءة % والإنتاجية P مع الوقت (h)

يبين الشكل إن كفاءة المقطر تزداد مع ساعات النهار وهي تعتمد على إنتاجية المقطر وكذلك على شدة الإشعاع ففي الساعة 13:30 تكون شدة الإشعاع أعظم مايمكن 645.2 m/w^2 تكون الكفاءة 56% أما الإنتاجية فتبلغ 40 ml/m^2 في حين عند الساعة 14:30 تكون شدة الإشعاع 435.9 w/m^2 بلغت الكفاءة 62% أما الإنتاجية 30 ml/m^2 والسبب في ذلك يعود إلى الخسائر الحرارية فبالرغم من زيادة شدة الإشعاع تكون الإنتاجية قليلة إذ يقوم الجهاز باكتساب كمية قليلة من الإشعاع في تسخين الماء داخل الجهاز بسبب الخسائر الحرارية ،أي كلما كانت الإنتاجية عالية تكون الكفاءة كبيرة.

- علاقة الإنتاجية بالإشعاع الشمسي

إن الإنتاجية تتزايد بزيادة معدلات الإشعاع الشمسي اليومية W/m^2 حيث بلغ معدل إنتاجية المقطر اليومية ٢٨.٢٦ $ml/m^2.d$، وذلك يعود إلى وجود المبادل داخل وخارج الجهاز ، والذي يعمل على زيادة الإنتاجية من خلال عمله كسطح إضافي للتكثف داخل المقطر، لكون المبادل يمتلك درجة حرارة اقل من السطح الداخلي للغطاء الزجاجي والذي يعمل على التبادل الحراري بين الجهاز والمحيط.



الشكل (٨) يوضح الإنتاجية (p) وشدة الإشعاع (I) مع الوقت (h)

نلاحظ من الشكل إن الإنتاجية تتزايد بزيادة الإشعاع الشمسي من الساعة 11:30 صباحا إلى الساعة 14:30بعد الظهر عندما يصل الإشعاع إلى ذروته ، إلا إن معدلات الإنتاجية تستمر بالارتفاع بالرغم من انخفاض شدة الإشعاع الشمسي بعد ساعة ذروته إي في الساعة 14:30 بعد الظهر. إن سبب ارتفاع معدل

الإنتاجية في الساعة 14:30 بالرغم من انخفاض شدة الإشعاع الشمسي يعود إلى عامل الخزن الحراري الذي تمتاز به مادة المبخر ، التي تعمل على الحفاظ على درجة حرارة المبخر مرتفعة بالرغم من انخفاض كمية الإشعاع الساقطة عليه في تلك الساعة.

الاستنتاجات :

عند وضع مبادل حراري احد طرفيه داخل الجهاز والطرف الأخر خارج الجهاز سوف يزبد من إنتاجية المقطر بنسبة اكبر مما لو كان المقطر يحتوي على مبادل حراري داخل الجهاز فقط.

١- المادة المسامية الموجودة في قاعدة المقطر (الثرمستون) لها العديد من الفوائد حيث تعمل على زيادة مساحة سطح التبخر من خلال السطح المسامي الذي تتصف به وتتصف بخاصية الخزن الحراري التي تجعل من المقطر يعمل بعد غياب الشمس.

التوصيات:

١- إجراء دراسة على سمك المادة المسامية وارتفاع المياه في الحوض أسفل المادة المسامية وتأثيرهما على الإنتاجية .

٢- الاستفادة من درجة حرارة المحيط واستخدامها بدلا من التركيز على شدة الإشعاع .

٣- استخدام مواد عازلة للحرارة تمتاز بالجودة العالية لتقليل الخسائر الحرارية ومن ثم زيادة كفاءة المقطر الشمسي.

٤- يمكن دراسة تأثير تغير حجم المقطر على الإنتاجية والكفاءة.

المصادر:

١.Isaai N. Simate , Solar Water Distillation-Zambian Perspective , People and Systems For Water , Sanitation and Health , 27th WEDC Conference , Lusaka , Zambia , 2001.

٢.عبد الجبار نعمة خليفة ، تقطير المياه بواسطة الطاقة الشمسية تحت ظروف التفريغ الابتدائي ، رسالة ماجستير، الجامعة التكنولوجيا ، بغداد ، 1980 ، ص 14.

3. T.A. Lawand , Systems For Solar Distillation , Brace Rrace Research , Institute-Macdonald College of Mcgill University,1982.

4. G. Frick , J.V. Sommerfeld , Solar Still of Inclined Evaporating Clothe , Solar Energy , Vol.14, No.4 , 1973 , p.427-431.

5. M.A. Al-Abbasi , A.A. Al-Karaghouli , A. N. Minasian , Photo-chemically Assisted Desalination of Saline Water , Desalination , Vol.86 , 1992, p317-324.

6. A.A .Sayigh, Solar energy Engineering , Academic Press , New York ,Ch.20 ,1977, p.431.

7. Hiroshi Tanaka, Yasuhito Nakatake , A simple and Highly Productive Solar Still: a vertical multiple-effect diffusion-type solar still coupled with afiat -plate mirror , Desalination , Vol. 173 , 2005 , p.287-300.

8. P. Gray , H.S. Mann , Effect of Climaitic Operational and Desing Parameters on The Year Round Performance of Single-sloped and Double-sloped Solar Still Undear Indian Arid Zone Conditions , Solar Energy ,Vol.18 , No.2 , 1976 , p.159-164.

9.د.جابر الاسدي ، أ.علي كامل، دراسة الخواص البصرية للزجاج المحلي ومقارنتها مع الأنواع الأخرى المستوردة في العراق، مجلة واسط للعلوم والطب، العدد الثاني، المجلد الثاني، آب، 2009.

(تاريخ استلام البحث).....(٢٠١٠/١/٤)
(تاريخ قبول نشر البحث).....(٢٠١٠/٦/٦)