متوفرة على الموقع:http://www.basra-sciencejournal.org

ISSN –1817 –2695

المقطر الشمسي العمودي

عقيل يوسف هاشم

المعهد التقني في البصرة

aqeelyousif@yahoo.com

الاستلام 7-2-2012،القبول 19-6-2012

المستخلص

تم في هذا البحث تصميم وتصنيع ودراسة أداء المقطر الشمسي العمودي ، فقد صُنع مقطران شمسيان احدهما ذو جانب تبخيري واحد والآخر ذو جانبين طول كل منهما 0.4 م وبعرض 0.4 م ويغطى كل جانب قطعة قماش قطني اسود مبلله بالماء المراد تقطيره . ، وكلا من المقطرين مزود بمرآة خارجية لغرض توجيه أشعة الشمس نحو السطح الماص . ومن النتائج التجريبية لوحظ أن الإنتاجية اليومية للمقطر ذو الجانبين تفوق الإنتاجية اليومية للمقطر ذو الجانب الواحد بنسبة 18.6 %.

الكلمات المفتاحية : الطاقة الشمسية ، تحلية المياه باستخدام الطاقة الشمسية ، التقطير الشمسي ، المقطر الشمسي العمودي ، المقطر الانتشاري.

1. المقدمة

الماء هو مصدر الحياة وهو العنصر الأساس في التطور والنمو ، ومنذ أقدم العصو ر والإنسان يبحث عن الماء ويسكن إليه فكل الحضارات التي عاشت وازدهرت كانت حيث وجدت المياه ، وبما أن العالم حالياً يواجه نقصاً متزايداً في كميات المياه العذبة اللازمة لتلبية احتياجاته الضرورية في مختلف نواحي الحياة الحضارية وقلة مصادر المياه العذبة ، لذا أتجه العالم اليوم إلى مياه البحر المالح ة والمياه الآسنة لتحليتها واستخدامها في الأماكن التي تعاني من قلة المياه العذبة [1]. وهناك طرائق متعددة لإنتاج مياه صالحة للشرب منها الحرارية وغير الحرارية معظمها تعتمد بالدرجة الأساس على مصادر الطاقة التقليدية كالنفط والغاز والفحم الحجري والطاقة النووية ويتسبب عن استخدام مثل هذه المصادر مشاكل بيئية ، لذا يتجه العلم الحديث للبحث في إمكانية استغلال الطاقة المتجددة في كافة المجالات الصناعية ومنها تحلية المياه.

تعتبر الشمس المصدر الرئيسي للطاقة في الكون ، من الممكن الاستفادة من الطاقة الشمسية بشكل مباشر أو غير مباشر بواسطة تحويلها إلى نوع آخر من الطاقات (حرارية وميكانيكية وكهربائية وكيميائية). التقطير الشمسي هو احد طرق استخدام الطاقة الشمسية بشكل مباشر لغرض تقطير المياه حيث يستخدم لذلك جهاز بسيط يدعى المقطر الشمسي الذي يشبه في عمله عملية التبخير الطبيعية الحاصلة للمياه الموجودة على سطح الأرض التي تتبخر نتيجة حرارة الشمس ثم تتكثف لتشكل

الغيوم ثم تسقط على شكل قطرات كماء مقطر. في عام 1872 تم إنشاء أول محطة تقطير شمسي من قبل مهندس سويدي بإنتاجية $4.255\ l/m^2$ وبمساحة $4450m^2$ [2] . ومنذ عام 1950 بدأت البحوث تتجه نحو تحسين تقنيات الحصول على مياه عذبة من المياه المالحة باستخدام الطاقة الشمسية وذلك باستخدام المقطرات الشمسية والتي تعددت أنواعها ولازالت البحوث جارية في تصميم ودراسة أنواع جديدة من المقطرات الشمسية ، ويعتبر المقطر الشمسي التقليدي من ابسط الأنواع والذي يتكون عادة من حوض ذو قاعدة سوداء اللون وغطاء زجاجي مائل بزاوية محددة حسب الموقع الجغرافي ليتكاثف على سطحه الداخلي بخار الماء المتصاعد من الحوض ، ثم يتم تجميع المياه المتكثفة (الماء المقطر) على جوانب الغطاء الزجاجي ضمن قنوات ، وتتراوح كمية المياه المنتجة بهذا الأسلوب بين l/m^2 (1-4)بكفاءة حرارية تصل إلى 50% اعتمادا على عدة عوامل منها تخص تصميم المقطر وأخرى تتعلق بالظروف الجوية مثل درجة الحرارة وكمية الإشعاع الشمسي وغيرها [3].

تصنف المقطرات الشمسية إلى صنفين رئيسيين هما المقطرات التقليدية (passive solar still) والمقطرات الفعالة (active solar still) التي يضاف لها عادة عناصر خارجية مثل المجمعات الشمسية أو المركزات . ويتضمن كل صنف من هذين الصنفين أنواع متعددة من المقطرات منها المقطرات ذات الحوض الواحد ومتعددة الأحواض ومنها ذات الغطاء المائل باتجاه واحد أو باتجاهين أو ذات الغطاء الدائري أو المخروطي ومنها أيضا المقطرات العمودية ، حيث إن المقطرات العمودية ممكن استخدامها في المناطق التي لا تتوفر فيها الأراضي الواسعة اللازمة لبناء المقطرات ذات الأحواض الأفقية [4] .

البحوث المنجزة في مجال المقطرات الشمسية العمودية قليلة ففي عام 1965 قررت ولاية فلوريدا بناء أربعة مقطرات شمسية عمودية [5]. وفي عام 1975 اقترح كوفي [6] تصميم مقطر شمسي عمودي ذو أنابيب تحتوي على ثقوب دقيقة كمبخر إلا انه لم يعطي تفاصيل نظرية وعملية لهذا التصميم. وفي عام 1980 درس Wibulswas وجماعته [7] مقطر شمسي اسطواني له أسطح امتصاص وتبخير عمودية بقطر 0.1 م وارتفاعه 1 م مغطى باسطوانة قطرها 0.3 م وحصل على إنتاجية يومية بحدود $1.7\ l/m^2$ عندما كان معدل الإشعاع الشمسي $17\ MJ/m^2\ d$.

وفي عام 1983 قام الباحثان Ramli and Wibulswas [8] ببناء مقطر شمسي عمودي ذو جانبين له سطح مستوي للامتصاص والتبخير بمساحة $1.86\ m^2$ مغطى بنسيج من الجنفاص ويبتعد الغطاء الزجاجي عن سطح الامتصاص بمسافة 0.055 م ، فكانت إنتاجية المقطر عند توجيه المقطر باتجاه الشرق– الغرب بحدود $2\ l/m^2$ عندما كان معدل الإشعاع الشمسي $17\ MJ/m^2\ d$.

وفي عام 1984 قام Attaseth وجماعته [9] بتصنيع مقطرين عموديين متماثلين لغرض دراسة تأثير الأغطية المختلفة المصنوعة من الزجاج ومن البلاستك على معدل الإنتاجية ، فلاحظوا إن إنتاجية المقطر ذو الأغطية الزجاجية أعلى منها في حلة الأغطية البلاستيكية بحدود 10%.

وفي عام 1987 قدّم الباحث Kiatsiriroat وجماعته [10,11,12] تحليلا عابرا للمقطرات ذات الجانب الواحد للتبخير والامتصاص والمقطرات ذات الجانبين المغطاة بالزجاج ، فكانت النتائج النظرية متفقة تماما مع النتائج العملية. تم محاكاة اداء المقطر لمدة سنة كاملة ولمسافات مختلفة بين سطح الامتصاص والغطاء الزجاجي وكذلك لمختلف الاتجاهات فكانت النتائج تبين إن أفضل اتجاه للمقطر العمودي ذو الجانب الواحد هو نحو الشرق وبمسافة بينية 0.025m حيث كانت الإنتاجية اليومية هي $1.44\ l/m^2$ ، وان أفضل اتجاه للمقطر ذو الجانبين هو نحو الشرق – الغرب وبمسافة بينية 0.025m متر فكانت الإنتاجية اليومية هي $3.15l/m^2$.

وفي عام 1998 درس A. El-Sebaii [13] العوامل المؤثرة على إنتاجية المقطر الشمسي العمودي ووجد إن إنتاجيته تزداد بزيادة سرعة الرياح (إلى حد ما) وتقل بزيادة المسافة بين السطح الماص والغطاء الزجاجي وتزداد الإنتاجية بزيادة مساحة المقطر وصولا إلى $3.5m^2$.

وفي عام 2004 درس الباحثان M. Boukar, A. Harmim [14] العوامل المؤثرة على أداء المقطر الشمسي العمودي تحت ظروف مناخية صحراوية ووجدا إن الإنتاجية تعتمد اعتمادا وثيقا على شدة الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الجو وعلى التوجيه وحصلا على إنتاجية تتراوح بين l/m^2 (2.3 – 0.5).

وفي عام 2005 درس الباحثان M. Boukar, A. Harmim [15,16] أداء المقطر الشمسي ذو الجانب الواحد فكانت الإنتاجية اليومية تتغير من 1.02 l/m^2 إلى 1.91 l/m^2 تبعا لتغير الإشعاع الشمسي من 13.14 MJ إلى 13.68 MJ وبكفاءة يومية بالمدى (18.6 – 33.19)% .

وفي عام 2009 درس الباحث الياباني Hiroshi Tanaka [17] المقطر العمودي ذو ستة أسطح تبخيرية بمسافة فاصلة بين لوح الامتصاص واللوح التكثيف هي 0.05 m ، ووجد أن إنتاجية هذا المقطر أفضل من إنتاجية المقطر الحوضي بمقدار 5.5 مرة حيث كانت الإنتاجية اليومية هي 13.3 l/m^2 عندما يكون الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الزجاج 22.9 MJ/m^2 day .

إن كفاءة المقطرات العمودية ذات الجانب الواحد وذات الجانبين (ذات التأثير المنفرد) محدودة بسبب ارتفاع درجة حرارة سطح التكثيف (الزجاج) بفعل الحرارة الكامنة للتبخير , ولذلك اتجه الباحثون نحو تصميم المقطرات العمودية متعددة التأثير [12].

إن من محاسن المقطر الشمسي العمودي انه يمكن نصب وتشغيل عدة مقطرات وبمساحات أرضية قليلة مقارنة بالمساحات المطلوبة لنصب وتشغيل المقطرات الحوضية . إضافة إلى انه بالإمكان استخدام مركزات من الممكن إن تركز أشعة الشمس على احد جوانب المقطر الشمسي العمودي لغرض زيادة وتحسين إنتاجيته . ومن المساوئ التي يمكن ذكرها في المقطرات الشمسية العمودية هي :-

1. انخفاض معدل إنتاجيتها إذا ما قورنت مع إنتاجية المقطرات الحوضية الأفقية.
2. يحتاج تصنيعها إلى مهارة أعلى مما تحتاجه المقطرات الحوضية .
3. تحتاج إلى صيانة دوريه لغرض تبديل القماش أو تخليصه من الأملاح وإعادته أكثر مما تحتاجه المقطرات الحوضية.
4. لا يتوزع الماء بشكل متساوي على قطعة القماش مهما كانت امتصاصية القماش للماء عالية وبحاجة إلى تصميم أنبوب مثقب لكي يتم توزيع الماء المالح على قطعة القماش .

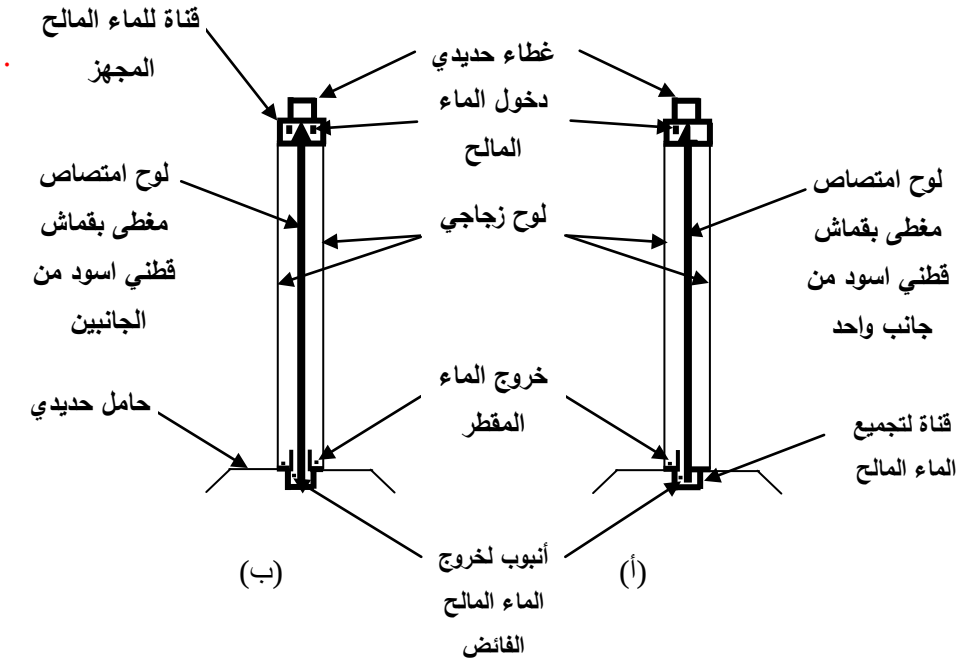
في هذا البحث صُممَ مقطران شمسيان لهما الشكل والقياس نفسه لكن احدهما له لوح امتصاص مغطى بقماش قطني أسود من جانب واحد والآخر له لوح امتصاص مغطى بقماش قطني أسود من جانبين لغرض المقارنة بين إنتاجيتهما اليومية للماء المقطر في ظروف مدينة البصرة على خط طول $47^o45'06.45"E$ وخط عرض $30^o33'\ 56.26"N$.

2. الوصف التجريبي

صُنِّع مقطران شمسيان عموديان لهما نفس الأبعاد والقياسات عدا أن الأول له جانب واحد للتبخير والتكثيف والثاني ذو جانبين كما في الشكلين 1 و 2 . يتكون كل مقطر من لوح امتصاص مربع الشكل طول ضلعه 0.4 م وبسمك 0.001 م مصنوع من الألمنيوم يغطى بقماش قطني أسود اللون وبسمك 0.001 م من الجانبين بالنسبة للمقطر الشمسي العمودي ذو الجانبين ومن جانب واحد بالنسبة للمقطر الشمسي العمودي ذو

الجانب الواحد ، يتم تجهيز المقطر بالماء المالح المراد تقطيره من خزان رئيسي الذي يرتبط بالمقطر عن طريق أنبوب بلاستيكي وبمعدل تدفق مسيطر عليه بواسطة صمام يدخل الماء المالح إلى المقطر العمودي عن طريق الأنبوب الموجود في القناة العليا بعمق 0.03 م الموجود فيها الطرف العلوي للقماش القطني الأسود لكي يتشبع بالماء وبفعل الجاذبية وامتصاصية القماش للماء تبتل كامل القطعة بالماء ويتوزع بشكل شبه متساوي ويتعرض إلى عملية التبخير نتيجة الإشعاع الشمسي النافذ من الزجاج ونتيجة لارتفاع درجة جرارة اللوح الماص الملتصق القماش عليه , أما الماء الفائض عن التبخير فيتجمع في القناة السفلى التي صممت بعمق 0.03 م الموجود فيها الطرف السفلي من قطعة القماش ليساعد أيضا على ابتلال قطعة القماش من الأسفل وصعوده بخاصية الأنابيب الشعرية ، وما فاض عن ذلك يخرج من أنبوب خروج الماء المالح الفائض المربوط في القناة السفلى . يتكثف البخار المتكون من عملية التبخير على السطح الداخلي للزجاج الذي يبعد بمسافة 0.04 م عن سطح الامتصاص حيث اختيرت هذه المسافة بين السطح الماص وسطح التكثيف اعتمادا على دراسة الباحثان [8] . اللذان بينا أن أفضل مسافة تتراوح بين 0.004–0.006 م. ويتم نزول الماء المتكاثف إلى قناة تجميع الماء المقطر والتي صممت بعمق 0.03 م ويتم إخراجه عن طريق أنبوب متصل بالقناة كما في الشكل (1) . يتم توجيه المقطرين نحو الجنوب لكي يكون الجانب الأول متجه نحو شروق الشمس والجانب الآخر متجه نحو الغروب ، أما عند الزوال أي عندما تكون الشمس عمودية فتم تزويد كل مقطر بمرآتين مستويتين توضع على جانبي المقطر بزاوية يتم ضبطها يدويا بحيث تعكس اكبر ما يمكن من أشعة الشمس نحو جانبي المقطر ، ويكون قياس المرآة مساوي لقياس اللوح الزجاجي بطول 0.4 م وعرض 0.4 م كما في الشكل .

شُغل المقطران المقطرين للأشهر حزيران ، تموز ، آب ، أيلول ، تشرين الأول ، تشرين الثاني من عام 2011 وتم قياس الإنتاجية الساعية واليومية لكلا المقطرين . وتم اعتماد قياسات الإشعاع الشمسي العملية والنظرية لمدينة البصرة المقدمة من قبل الحلفي [18] و الربيعي [19] .



شكل (1) مخطط يوضح مقطع جانبي للمقطرين
(أ) المقطر الشمسي العمودي ذو الجانب الواحد
(ب) المقطر الشمسي العمودي ذو الجانبين

شكل (2) صورة فوتوغرافية توضح المقطر الشمسي العمودي مع المرآة العاكسة من الجانبين

شكل (3) صورة فوتوغرافية توضح تشغيل المقطرين الشمسيين العموديين

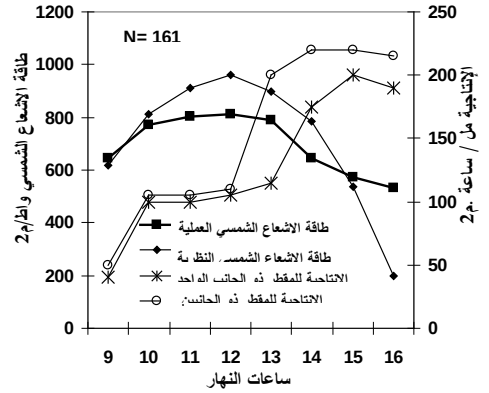
3. النتائج والمناقشة

الأشكال (4 – 17) رسمت بين إنتاجية كل مقطر للماء المقطر خلال ساعات النهار لأيام مختارة من أشهر الدراسة (حزيران ، تموز ، آب ، أيلول ، تشرين الأول ، تشرين الثاني) ، وتم كتابة رقم اليوم N في السنة بدلا من كتابة التأريخ في الاشكال ، ويتبين من هذه الأشكال إن إنتاجية المقطر الشمسي العمودي ذو الجانبين أعلى منها للمقطر الشمسي العمودي ذي الجانب الواحد لجميع أيام الدراسة ، ولكلا المقطرين نلاحظ ازدياد الإنتاجية في الساعات الأولى والساعات التي تكون بعد الزوال أما في الوقت الذي يسبق أو يلي الزوال فان

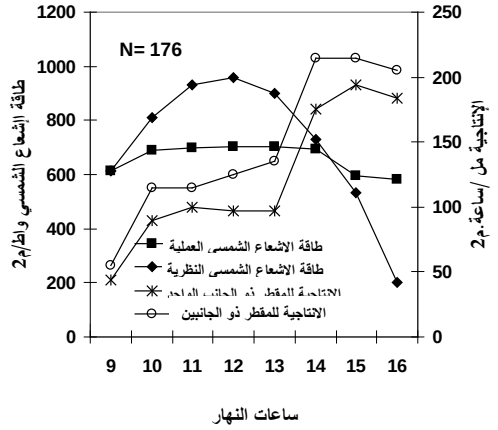
الإنتاجية تزداد بشكل طفيف لبعض الأيام وتقل في أيام أخرى بسبب نقص الإشعاع الشمسي النافذ إلى سطح التبخير لان الشمس عموديه ويبقى فقط تأثير الإشعاع المنعكس من المرايا إلى السطح الماص في حين بعد أو قبل الزوال يكون جزء من الإشعاع الشمسي نافذا إلى السطح الماص ليساهم في عملية التبخير . ولوحظ إن إنتاجية جانبي المقطر الشمسي العمودي ذو الجانبين متساوية تقريبا خلال اليوم الواحد حيث يكون الجانب المواجه للشروق تبخيري والمواجه للغروب كسطح تكثيف أكثر في ساعات الصباح وبالعكس عند الساعات بعد الزوال .

الشكل (18) رسم بين الإنتاجية اليومية وأيام التشغيل ويتبين إن معدل إنتاجية المقطر العمودي ذي الجانبين تفوق معدل إنتاجية المقطر ذي الجانب الواحد لجميع أيام التشغيل بنسبة 18.6% . ويمكن تفسير ذلك بأن الحرارة الكامنة للتبخير المتولدة نتيجة التبخير ساهمت في رفع درجة حرارة الجانب الثاني للمقطر ذو الجانبين وبالتالي ستكون الإنتاجية أفضل . في حين إن الحرارة الكامنة للتبخير المتولدة في المقطر ذو الجانب الواحد لا يمكن الاستفادة منها وإنما تساهم في رفع درجة حرارة السطح الداخلي للزجاج وبذلك ستحد من كفاءة التكثيف .

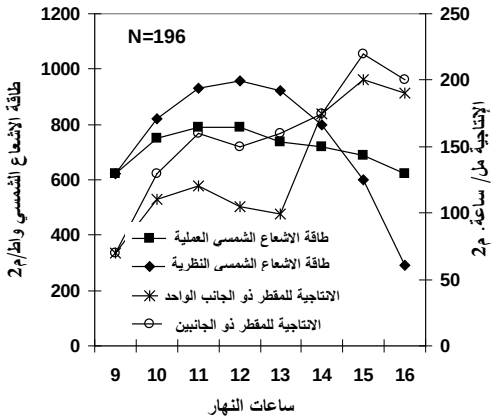
الشكل (19) رسم بين معدل إنتاجية المقطرين خلال أشهر الدراسة ويتبين من الشكل إن إنتاجية المقطر الشمسي ذو الجانبين أعلى من معدل إنتاجية المقطر الشمسي ذو الجانب الواح د إضافة إلى انه ليس هناك ارتباط وثيق بين الإنتاجية ومنحني الإشعاع الشمسي وذلك لان قياسات الإشعاع الشمسي التي تم قياسها من قبل الباحث الربيعي هي لسطح مائل عن الأفق بزاوية 20 درجة في حين إن المقطرين قيد الدراسة هما عموديان أي بزاوية 90 درجة عن الأفق.



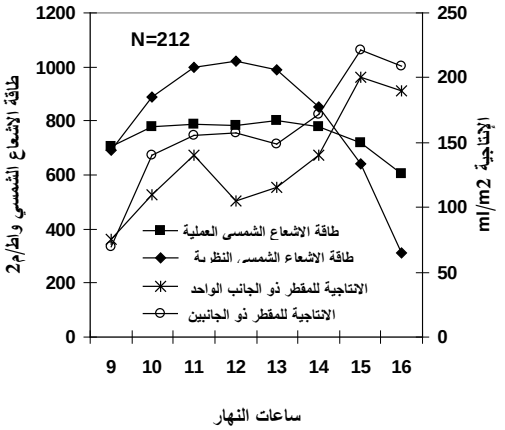
شكل (4)



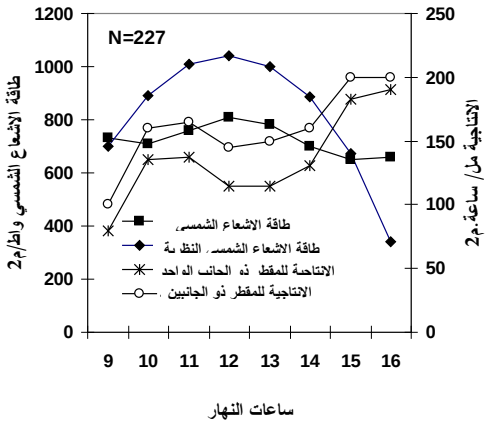
شكل (5)



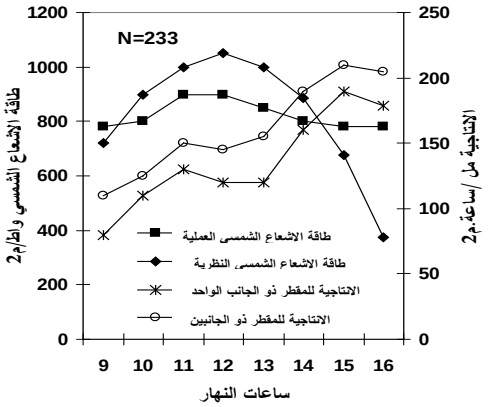
شكل (6)



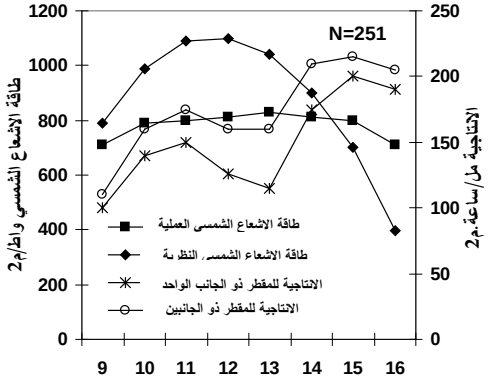
شكل (7)



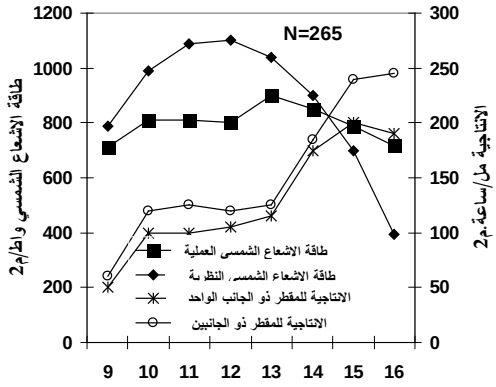
شكل (8)



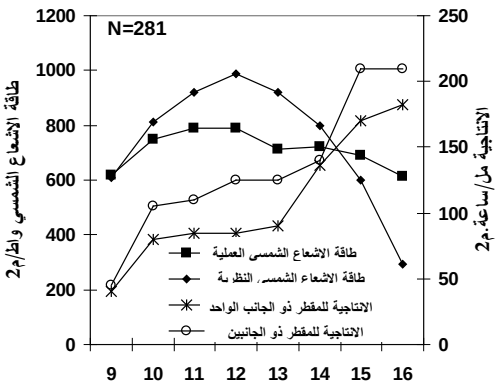
شكل (9)



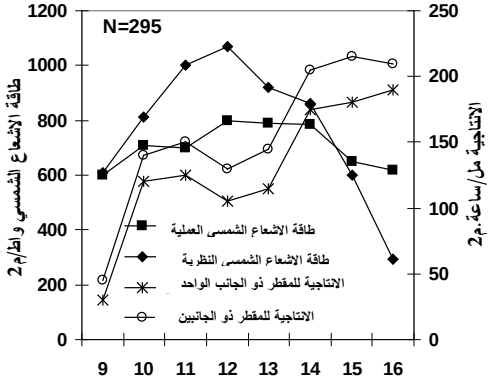
شكل (10)



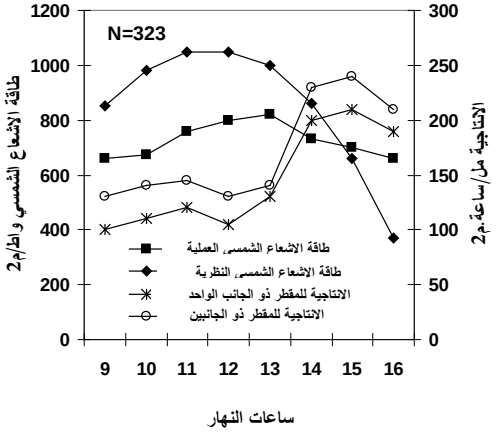
شكل (11)



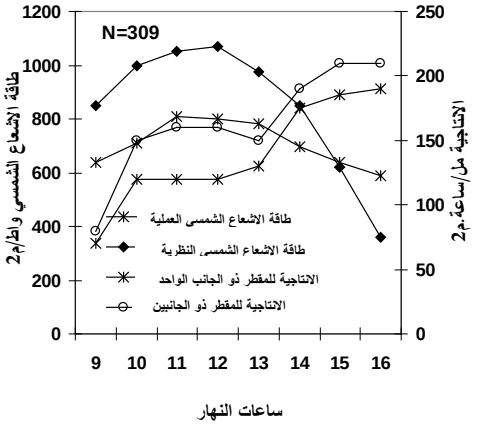
شكل (12)



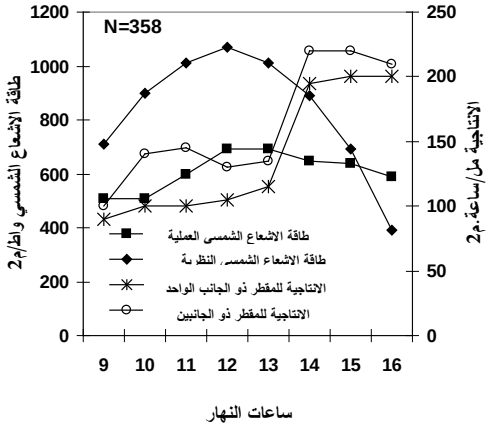
شكل (13)



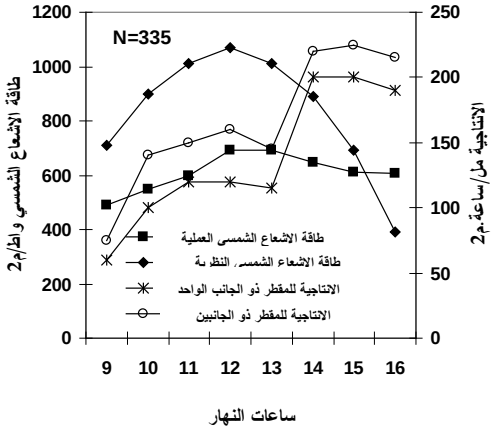
شكل (15)



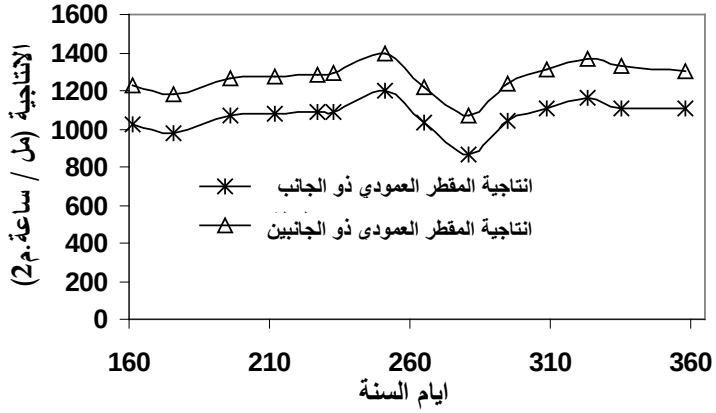
شكل (14)



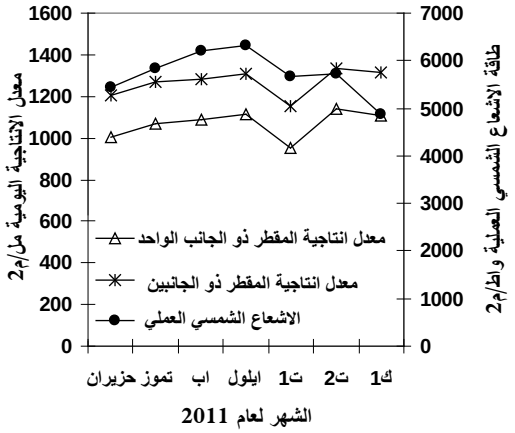
شكل (17)



شكل (16)



شكل (18)



شكل (19)

4. الاستنتاجات

1 - إن إنتاجية المقطر الشمسي العمودي ذي الجانبين أفضل من إنتاجية المقطر الشمسي العمودي ذي الجانب الواحد بنسبة 18.6% .

2 - الإنتاجية لكلا المقطرين تكون قليلة عند الزوال بسبب نقصان نفاذ الإشعاع الشمسي المباشر إلى سطح الامتصاص .

3 - للمقطر العمودي عيب واحد مهم وهو تجمع الأملاح على قطعة القماش مما يؤدي إلى انخفاض كفاءة قطعة القماش في امتصاص وتوزيع المياه بشكل متساوي وبالتالي لابد من إجراء عملية الصيانة بتبديل القماش أو تنظيفه وإعادته .

4 - رغم الإنتاجية المنخفضة للمقطر العمودي مقارنة بالمقطر الأفقي إلا انه يمكن بناء وحدات كثيرة منها في مساحات صغيره لغرض الحصول على كميات كبيرة من الماء المقطر.

المصادر

[1] Alajlan S.A. ***An Overview of water Desalination Technologies***. Presented at the Solar Energy Systems-Water Pumping and Desalination Workshop, Solar Village, KACST, Riyadh, Saudi Arabia. PP. 15-33, (18-20 December 1995) .

[2] Malik M.A.S. . Tiwari G N A. K. Umer and M. S. Sedha. ***Distillation.*** 1st. edition . pergaman press. Ltd. London, (1982) .

[3] Kalogirou S. A. Seawater desalination using renewable energy sources. Progress in Energy and Combustion Science 31,pp. 242–281,2005.

[4] El-Sebaii . ***Efect of wind speed on some designs of solar stills***. Energy Conversion & Management 41 523-538 (2000).

[5] Bloemer, J. W., Gibling, J.A. and Lof, G.O.G. ***Solar Distillation-A Review of Bactelle Experience. Proc***. 1st Intern. Symp. Water Desalination, Washington, D.C., 1065.

[6] Coffee, J.P. ***Vertical Solar Distillation***. Solar Energy, 17,375-378. (1975).

[7] Wibulswas, P., Suntrirat,S.,Direksiaporn,B. and Kiatsiriroat, T. ***Development of solar stills having acrylic-plastic covers in Thailand***. Alternative Energy sources IV, Ann Arbor Sience, 2, 385-394.(1982).

[8] Ramli, M. and Wibulswas, P. ***Solar stills with vertical and flat absorbing surfaces***. Reg.

Seminar Simulation & Design solar energy applications, UNESCO-KMITT-USAID,
Bangkok, (1984).
[9] Attaseth, T., Kirtikara, K. and Wibulswas, P. ***Vertical surface solar stills***. Tech. Meeting
Non-conventional energy and application. TPA-KMITT, Bangkok, (1985).
[10] Kiatsiriroat, T. Bhattacharya, S.C. and Wibulswas, P. ***Transient simulation of vertical***
solar still. Energy Convers. Mgmt., 27(2), 247-252. (1987).
[11] Kiatsiriroat, T. Bhattacharya, S.C. and Wibulswas, P. ***Prediction of mass transfer in***
vertical solar stills. 4th Miami Intern. Symp. Multiphase transport and particulate phenomena, Florida, (1986).
[12] Kiatsiriroat, T. ***Performance analyses of solar distillation units having vertical***
evaporating surfaces. D. Eng. Dissertation, Asian Institute of Technology, Bangkok,
(1987).
[13] El-Sebaii . ***Parametric study of a vertical solar still.*** Energy Conversion & Management 39
No. 13 pp. 1303-1315, (1998).
[14] M. Boukar, A. Harmim. ***Parametric study of a vertical solar still under desert climatic***
conditions . Desalination 168 pp. 21–28 , (2004).
[15] M. Boukar, A. Harmim. ***Performance evaluation of a one-sided vertical solar still tested***
in the Desert of Algeria . Desalination 183 pp. 113–126 , (2005).
[16] M. Zeroual, H. Bouguettaia, D. Bechki, S. Boughali, B. Bouchekima and H. Mahcene.
Experimental investigation on a double-slope solar still with partially cooled condenser in
the region of Ouargla (Algeria). Energy Procedia 6 pp. 736–742, (2011).
[17] Hiroshi Tanaka. ***Experimental study of vertical multiple-effect diffusion solar still coupled***
with a flat plate reflector. Desalination 249 pp. 34–40, (2009).
[18]اسعد رحمان سعيد الحلفي " مخزن بئر آغي بـ***لخضر فيك سدلزي بـ***" مكتبة الزهراء للطباعة والنشر – البصرة – العراق (2010).
[19]حسن هادي مهدي الربيعي "***تة شدلي جهنرك ازتف بك حي / لخضر فيك سدلزي بـ***" رسالة ماجستير – جامعة البصرة كلية الزراعة (2010).