

## تصميم وتصنيع مركز شمسي لتسخين المياه وتغيير المواصفات الداخلة في تصنيعه

<http://www.doi.org/10.62341/sema0854>

<sup>1</sup>صلاح امحمد محمد مسعود، <sup>2</sup>عبد العزيز عبد السلام علي امجاهد

<sup>1</sup> جامعة الزاوية-ليبيا - كلية العلوم العجيلات <sup>2</sup>المعهد العالي للعلوم والتقنية تrehونة  
Salahmas8917@gmail.com, S.Masoud@zu.edu.ly

### الملخص

في هذه الورقة تم عرض تصميم وتطوير صحن (مركز) مكافئ لتسخين المياه بمواد متوفرة، وتم إجراء دراسات مقارنة للأسطح العاكسة والماصة، واختيار أفضلها لتكوين وحده المركز الشمسي، ونصبت وحدات المركبات الشمسية في كلية العلوم العجيلات - ليبيا، وتم قياس متغيرات المركز مثل درجتي حرارة دخول وخروج الماء وشدة الإشعاع المباشر على فتحة المركز، والمتغيرات البيئية المحيطة بالمركز كدرجة حرارة المحيط وسرعة الرياح، وتم تثبيت معدل التدفق عند " 15 L/h". استمرت فترة قياس المتغيرات 6 اشهر "وتم حساب الطاقة المتاحة، والطاقة المستخلصة، وحساب الكفاءة اللحظية، والساعية، واليومية للمركز الشمسي. عند كل ربع ساعة من ساعات القياس، وتبين من الكميات المقاسة بأن المتغيرات تتغير بتغير شدة الإشعاع الشمسي الساقط مباشرة على المركز حيث تأخذ القيمة القصوى عند الظهيرة، كما لوحظ ان متوسط الكفاءة لليوم لمركز متحرك(29)%، مقارنة بالمركز الثابت التي كانت (6)%، وكما لصاص مغلف بالزجاج كانت كفاءة (39)%، مقارنة بصاص بدون غلاف التي كانت (30)%، ولصاص المطلي بالابوكسي (49)%، مقارنة بأنواع الطلاء الأخرى التي كانت على التوالي (45,39,28)، ولعاكس المرايا كانت الكفاءة(58)%، ومقارنة بالعواكس التالية التي كانت(47,41)%، كما لوحظ أن درجة حرارة الماء الساخن وصلت ألي(100°C)، ومن النتائج لكي يعطي المركز أكبر كمية من الحرارة، يجب ان يتتبع حركة الشمس، وان يحاط الماص بتغليف زجاجي، وان يطلي بطلاء انتقائي كالا بوكسيي.

الكلمات المفتاحية: تسخين المياه، الأسطح العاكسة والماصة، وحدات المركبات الشمسية، حركة الشمس، حرارة الماء

## Designing and Manufacturing a Solar Center for Water Heating and Changing the Specifications Involved in its Manufacture

<sup>1</sup>Salah Mohamed Mohamed Masoud, <sup>2</sup>Abdul Aziz Abdul Salam Ali Amjahid

<sup>1</sup> University of Zawia - Libya - Faculty of Sciences, Al-Ajilat

<sup>2</sup> Higher Institute of Science and Technology, Tarhuna  
[Salahmas8917@gmail.com](mailto:Salahmas8917@gmail.com), [S.Masoud@zu.edu.ly](mailto:S.Masoud@zu.edu.ly)

### Abstract

In this paper, the design and development of an equivalent dish (center) for heating water using available materials was presented. Comparative studies were conducted for reflective and absorbent surfaces, and the best of them was chosen to form the solar concentrator unit. Solar concentrator units were installed in the College of Science, Al-Ajilat - Libya, and center variables such as two temperatures were measured. The entry and exit of water, the intensity of direct radiation on the center opening, and the environmental variables surrounding the center such as ocean temperature and wind speed, and the flow rate was fixed at "L/h 15"

The period of measuring the variables lasted for 6 months, and the available energy, the extracted energy, and the instantaneous, hourly, and daily efficiency of the solar center were calculated. At every quarter hour of the measurement hours, it became clear from the measured quantities that the variables change with the change in the intensity of the solar radiation falling directly on the center, where it takes the value. The maximum is at noon. It was also noted that the average efficiency for the day for a moving center was (29)%, compared to the fixed center, which was (6)%, and as for a glass-coated pipette, the efficiency was (39)% Compared to the absorbent without a coating, which was (30)%, and the absorbent coated with epoxy (49%), compared to the other types of coatings, which were (45,39,28) respectively, and for the mirror reflector, the efficiency was (58)%, and compared to the following reflectors, which were (47.41%). It was also noted that the temperature of the hot water reached (100°C), and from the results, in order for the center to give the largest amount of heat, it must follow the movement of the sun, and the absorber must be surrounded by a glass casing, and painted with a selective paint such as epoxy.

**Keywords:** water heating, reflective and absorbing surfaces, solar concentrators, solar motion, water temperature.

## المقدمة

الطاقة هي العمود الفقري للاقتصاد الحديث، فهي تتيح إمكانية القيام بالاستثمارات وإطلاق الابتكارات والصناعات الجديدة لخلق فرص العمل والنمو ويكشف الواقع الراهن أن حوالي نصف عدد سكان العالم (3.5 مليار نسمة تقريباً) لا يتسنى لهم الحصول على الطاقة لتغطية احتياجاتهم. الطاقة الشمسية كأحدى أنواع الطاقة المتجددة، هي طاقة مستمرة غير قابلة للذوب. ويعتبر الإشعاع الشمسي المصدر الرئيسي للطاقة الحرارية على سطح الأرض، ويصل على شكل موجات كهرومغناطيسية. وتبلغ متوسط القدرة للطاقة الشمسية الساقطة على المتر المربع من الأرض 1367 واط/متر مربع عند الغلاف الجوي أي قبل الوصول إلى سطح الأرض [1،2،3]. كما يصل إجمالي الطاقة الشمسية التي يقوم الغلاف الجوي والمحيطات والكتل الأرضية بامتصاصها إلى حوالي 3.850.000 كونتليون جول في العام [1،4]. وتكمن أهمية الدراسة في إنها ستسلط الضوء على أهم مصدر من مصادر الطاقة المتجددة وهي الطاقة الشمسية حيث تستطيع توفير (50%) من الطاقة الكهربائية المستهلكة لتغطية احتياجاتنا من المياه الساخنة. توفر تقنيات الطاقة الشمسية المركزة إمكانيات كبيرة لتلبية الأهداف الوطنية والعالمية في الحصول على طاقة نظيفة وآمنة، ومنخفضة التكاليف ومن بين استخدامات الطاقة الشمسية الحرارية استعمالها في سخانات المياه الشمسية وتتم آلية عمل السخانات بأن يمتص السطح الماص أشعة الشمس الساقطة فترتفع درجة حرارته، ويتبع ذلك ارتفاع في درجة حرارة المياه المارة في أنابيب التسخين ومنها إلى خزان حراري لتخزين المياه من أجل معرفة تأثير العوامل الخارجية على أداء وكفاءة سخان الشمس [5]. قمنا بمراجعة دراسات سابقة، دراسة لاستخدام تقنية المفاضلة الموجودة بالبرنامج (TRNSYS) لمحاكاة منظومات الطاقة الشمسية لغرض تحجيم منظومات تسخين المياه ذات الدوران الطبيعي للحصول على أفضل نسبة لحجم الخزان التي مساحة المجمع الشمسي (Vt/AC) التي تتناسب الأسر الليبية طبقاً للظروف التشغيل المحلية لمدينة طرابلس، تم استخدام شكل وكمية المياه الساخنة النموذجي للأسر الليبية، أوضحت النتائج من خلال هذه الدراسة أن نسبة حجم الخزان إلى مساحة المجمع المثلى لسخانات المياه الشمسية ذات الدوران الطبيعي تقريباً (55) لتر لكل متر مربع من المجمع عند درجات حرارة 45 إلى 60 درجة مئوية [3]. دراسة مقارنة بين انعكاسية مجموعة عينات لأسطح عاكسة متوفرة، وتم اختيار الفولاذ كسطح عاكس والنحاس كسطح ماص مطلي بأوكسيد النحاس، وتبين إن شدة الإشعاع تتأثر مباشرة بالعوامل المناخية والبيئة المحيطة مثل وجود السحب والغيوم والرياح، وأن استخدام السطح الماص الذي على شكل حرف (U) ومعدل التدفق (3.5L/hr.) هي أنسب شروط الحصول على طاقة حرارية مكتسبة بواسطة الماء وكذلك تثبيت معدل التدفق عند (2.5L/hr.) كمعدل وسطي ومن ثم دراسة مدى تأثير تغير معدل التدفق من حيث الزيادة والنقصان عن هذا المعدل [6]، وعلى الرغم من عدم الاهتمام بأجهزة تسخين الماء بالطاقة الشمسية عموماً، فإنها تُعد أكبر تقنيات استخدام الطاقة الشمسية وأكثرها شيوعاً ومن أهم أهداف الدراسة عمل دراسة تجريبية تحليلية، لتقييم أداء وكفاءة المركبات الشمسية في تسخين المياه، دراسة تأثير العوامل الداخلة في تصميمها مقارنة بين ( مركز ثابت بزوايا مثلى ، وبين مركز يتحرك) و شكل

المستقبل (السطح الماص) ونوع الطلاء المستخدم في السطح الماص الغطاء المغلف للسطح الماص و رسم منحنيات الكفاءة حسب التصميمات الواردة في الدراسة.

### المركزات الشمسية الصحنية

المركزات الشمسية عبارة عن عواكس تعمل على زيادة كمية الطاقة المستقبلية على السطح الممتص، وهذه الزيادة الحادثة يتم الحصول عليها عن طريق استخدام سطح عاكس يعمل على زيادة تركيز الأشعة على سطح ماص مناسب، تخزين الحرارة عند درجات عالية نتيجة لتقليل تكاليف التخزين. كلما كانت مساحة الماص (المستقبل) صغيرة كلما كان الفقد الحراري اقل والكفاءة الحرارية اعلى، ويمكن خفض تكلفة إنتاج هذه المجمعات الشمسية وذلك باستبدال الماص كبير المساحة والمكلف اقتصاديا (في المجمعات المستوية) بعاكس رخيص التكلفة (في المركزات الشمسية) [7،1]، ويتفوق المركز الصحنى على الخطي بعدة مزايا منها الكفاءة الحرارية كبيرة و درجات الحرارة مرتفعة، والتتبع الشمسي على محورين، وصغر المستقبل. والمركزات الشمسية الصحنية تعتبر من أفضل المركزات بسبب نسبة تركيزها العالية مقارنة بغيرها من المركزات وتعرف نسبة تركيز الإشعاع الشمسي على أنها النسبة بين مساحة فتحة المجمع ( $A_a$ ) إلى مساحة سطح المستقبل (الماص) ( $A_r$ ) يرمز لها بالرمز (C).

$$C = \frac{A_a}{A_r} \quad (1)$$

وكفاءة المجمع الشمسي ( $\eta_c$ ) ويمكن وصف معادلة التوازن الحراري بالعلاقة

$$Q_u = \eta_0 (Q_a - Q_i) \quad (2)$$

حيث ( $\eta_0$ ) الكفاءة البصرية للمجمع و ( $Q_u$ ) الطاقة الحرارية المستخلصة و ( $Q_a$ ) الطاقة الشمسية المتاحة للمجمع وتعطى

$$Q_a = I_t A_a \quad (3)$$

و ( $Q_i$ ) الطاقة المفقودة من المجمع وتعطى

$$Q_i = A_r U_1 (T_a - T_r) \quad (4)$$

حيث ( $U_1$ ) هو معامل الفقد الحراري الكلي للمجمع ( $T_a$ ) درجة حرارة المحيط و ( $T_r$ ) درجة حرارة المستقبل. من خلال المعادلات السابقة نستنتج أن

$$Q_u = \eta_0 (A_a I_t - U_1 A_r (T_a - T_r)) \quad (5)$$

ويمكن تعريف الكفاءة الحرارية للمجمع الشمسي ( $\eta$ ) على أنها النسبة بين الطاقة الشمسية المستخلصة بواسطة المجمع الي الطاقة الشمسية المتاحة.

$$\eta = \frac{Q}{Q_a} \quad (6)$$

ويمكن حساب الطاقة الحرارية لوحدة الزمن المكتسبة بواسطة المائع ( $Q_u$ ) عمليا وذلك بمعرفة معدل تدفق كتلة المائع ( $\dot{m}$ ) والسعة الحرارية للمائع ( $C_p$ ) ودرجتي حرارة دخول وخروج المائع من المعادلة.

$$Q_u = C_p \dot{m} (T_{out} - T_{in}) \quad (7)$$

حيث ( $T_{in}$ ) هي درجة حرارة المائع الداخل للمجمع ( $T_{out}$ ) درجة حرارة المائع الخارج من المجمع والفرق بينهما هو ( $\Delta T$ ).

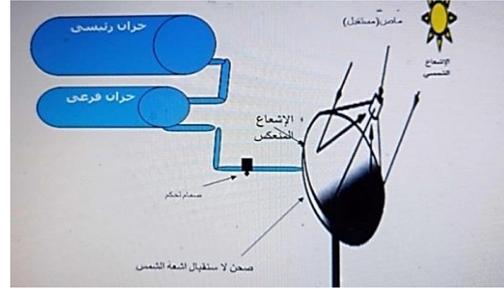
### 3. منظومة المركز الشمسي الصحني

#### 1.3. الوصف والتركيب

تم تصميم وتصنيع مركز لاستقبال وتحويل الإشعاع وفقا لمواصفات هندسية متباينة للحصول على أقصى قدر ممكن من الإشعاع الشمسي واستغلاله على الوجه الأمثل، والمركز الشمسي هو منظومة تحول الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية يستفاد منها في تسخين المياه، والشكل رقم (1) يوضح أجزاء ومكونات السخان الشمسي.



الشكل (2) المركز الشمسي المستخدم في تسخين المياه.



الشكل (1) المنظومة المستخدمة في تسخين المياه.

#### 2.3. أجزاء السخان الشمسي

يمكن تقسيم السخان الشمسي إلى الأجزاء الرئيسية التالية:

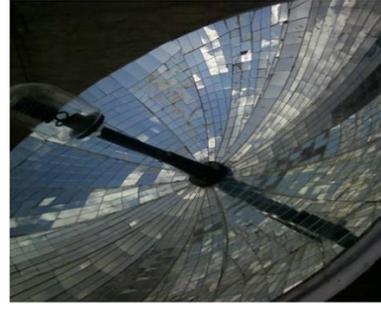
1-السطح العاكس: وهو صحن استقبال مرئي (ستالايت) عنده بؤرة محددة ومعروفة (انظر الى الشكل رقم 2)، عند اختيار السطح العاكس يجب مراعاة التالي: أن يكون للسطح العاكس انعكاسية عالية ومناسبة للطيف الشمسي وأن يحتفظ بمستوى عالي من الانعكاسية لمدة طويلة سهل التشكيل بحيث يكون خالي من التعرجات والانحناءات التي من شأنها يجعل الانعكاسية للأشعة في اتجاه بعيداً عن البؤرة. وأن يكون مقاوماً للعوامل الجوية، متوفر ورخيص الثمن وأن يتميز بسهولة تنظيفه بمنظفات رخيصة دون أن يسبب تغير في خصائصه البصرية [1،4،6].

2-السطح الماص (المستقبل): تحوي منظومة المركز الشمسي (الشكل رقم 3) الصحني على ماص (مستقبل) الذي يستقبل الأشعة الساقطة مباشرة والمنعكسة من الصحن غير المباشرة (السطح العاكس)، ويكون المستقبل موضوع في البؤرة وله عدة أشكال، وتم طلائه بعدة طلاءات.

- 3-الغطاء الزجاجي: يغطي الماص بغلاف زجاجي يعمل على توفير مناخ احتباس حراري وتقليل الفقد الحراري بالحمل والتوصيل، ويثبت بقاعدة تعمل على جعل الماص والغلاف الزجاجي في بؤرة الصحن (الشكل رقم 4).
- 4- القاعدة: ويتم تصميمها بحيث تعمل على تثبيت مكونات المنظومة وتوفير الثبات والمتانة وإمكانية التحكم في توجيه المنظومة وتعديل زوايا الميلان حيث أن المنظومة تتحرك في بعدين [1،4،8].



الشكل (4) يوضح الغطاء الزجاجي والماص



الشكل (3) يوضح المركز الشمسي

- 5- الخزان الرئيسي: يثبت في مستوى أعلى من مستوى المنظومة ويغذي الخزان الثانوي ويكون معزولاً حرارياً وسعته (200L)
- 6- الخزان الثانوي: يثبت في مستوى أقل من مستوى الخزان الرئيسي وأعلى من مستوى المنظومة ويكون معزولاً حرارياً وسعته (90L) ليثبت سرعة التدفق عند مقدار ثابت
- 7 - مضخة كهربائية أوماتيك: استخدمت لتعبئة الخزان الرئيسي بالماء وقدرتها 2 حصان ميكانيكي ايطالية الصنع.
- 8- مقياس درجة الحرارة: يعمل بالكهرباء بقدره على قياس درجة حرارة تصل الى (400 د)، ويستخدم في الأفران.
- 9- أنابيب بلاستيكية: تم جعلها معزولة حرارياً لتوصيل الماء بين الخزان الرئيسي والخزان الثانوي وبين الخزان الثانوي وبين باقي المنظومة [1،4،8،9].
- 10 - محركات صحن: تحتوي كل منظومة على محركين دوارين وباعتبار المنظومة تتحرك في بعدين، فالمحرك الأول يعمل على تحريكها في اتجاه من الشرق إلى الغرب والمحرك الثاني يعمل على تحريكها من الشمال إلى الجنوب، بحيث تكون فتحة الصحن مقابلة تماماً للأشعة الشمسية بمعنى الأشعة المنعكسة تكون كلها موجهة إلى الماص.

#### 4. النتائج والمناقشة

تمت دراسة نتائج مقارنة لمنظومة المركز الشمسي الصحني، للمواصفات التصميمية المذكورة بالجدول (1) باعتماد تعقب حركة الشمس في توجيه المركز الشمسي الصحني في بعدين وذلك باستخدام محركين لكل صحن كما تمت

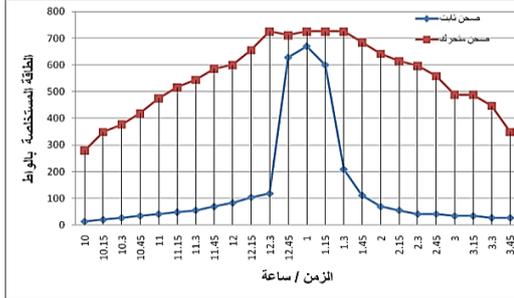
قياسات يومية وسجلت درجات الحرارة كل ربع ساعة من ساعات النهار ابتداءً من (10.00) صباحاً الي (4.0) بعد الظهر. وتم تثبيت درجة حرارة الدخول وحساب درجة خروج الماء ( $T_{out}$ ) ودرجة الحرارة المحيط ( $T_a$ ) وشده الإشعاع الشمس المباشر ( $I_d$ ) وسرعه الرياح ( $V_s$ ) ومن ثم حساب الطاقة المتاحة ( $Q_a$ ) والطاقة المستخلصة ( $Q_u$ ) والكفاءة الحرارية اللحظية ( $\eta$ ).

الجدول (1) يبين مواصفات المركبات الشمسية المستخدمة في الدراسة

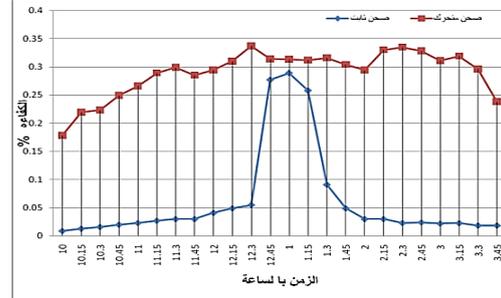
المقطع العرضي	نوع العاكس	نوع الماص	البعد اليوري (cm)	نوع الطلاء	غلاف زجاجي	عمق الصحن (cm)	مساحة الصحن السطحية ( $m^2$ )	قطر الانبوب الماص (mm)	الحركة	قطر العاكس (m)
صحني	سلفر حراري	نحاس	70	بدون طلاء	بدون غلاف	29	2.5	6.3	متحرك ثابت	1.8
صحني	سلفر حراري	نحاس	70	بدون طلاء	دون غلاف بغلاف	29	2.5	6.3	متحرك	1.8
صحني	سلفر حراري	نحاس	70 69	بدون طلاء	بغلاف	29 19	2.5 1.65	6.3	متحرك	1.8 1.45
صحني	سلفر حراري	نحاس	70	بدون طلاء طلاء اسود طلاء نحاسي طلاء لابيوكسي	بغلاف	29	2.5	6.3	متحرك	1.8

#### 1.4. دراسة تأثير الحركة (التتبع لحركة الشمس)

تم تصميم مركبين مغلفين بسلفر حراري وتم تثبيت لكل منهم سطح ماص بدون طلاء في بورتيتهم وأوصل السطح الماص ب الماء ذا تدفق (15L/h) وجعل إحدى المركبين مثبتته بزاوية مثلى. الشمس مواجهها له تماماً عند الظهيرة والمركز الآخر وضع الساعة العاشرة مواجهاً للشمس وتتبعنا حركة الشمس كل ربع ساعة في بعدين بواسطة المحركين بملاحظة الظل وسجلت النتائج. الملاحظ من الشكل (5) انه يوجد تناسب طردي بين الطاقة المستخلصة وبين الزمن ، وهذا يعني انه بزيادة كمية الاشعاع المباشر تزداد كمية الطاقة ، ونلاحظ كذلك أن الصحن (المركز) المتحرك أعطى نتيجة أفضل ، حيث الطاقة المستخلصة كانت قيمتها (250) واط الساعة العاشرة وارتفعت حتى وصلت الى (700) واط من الساعة الثانية عشر ونصف الى الساعة الثانية بعد الظهر، وبعدها بدا الانخفاض التدريجي والقريب من المنتظم ،بينما الصحن الثابت لم يحدث له اي تغيير يذكر حتى الثانية عشر ونصف ، ثم ارتفع بصورة سريعة الى ان وصلت (650) واط تقريبا خلال نصف ساعة وعاد الى دراسة تأثير الحركة على الطاقة المستخلصة.



شكل (6) العلاقة بين الكفاءة والزمن لصحنيين



شكل (5) العلاقة بين الطاقة المستهلكة بالنسبة للزمن لصحنيين

الانخفاض الفجائي من جديد ليصل الى (100) واط، والسبب في ذلك ان الاشعاع الشمسي الساقط على المركز الثابت سوف ينعكس، ولكن في مكان بعيد عن المستقبل (الماص).  
من خلال الشكل (6) يتبين ان المركز المتحرك أعطى كفاءه أكبر من المركز (الصحن) الثابت، حيث يبتدى بكفاءة بحدود (11%) الساعة العاشرة وترتفع الكفاءة الى حدود (3%) الواحدة الا ربع، بينما كفاءة المركز الثابت تبتدى بمقدار صغير، ويزداد ببطء شديد حتى الثانية عشر ونصف لتصل (5%) ثم ترتفع سريعاً لتصل حدود (28%) ثم تنخفض من جديد.

جدول (2) المتوسط  $\pm$  الانحراف القياسي، ومستوى المعنوية، ومقارنة المتوسطات بطريقة دنكن لتأثير الوقت على التغير في درجات

Time	Tout1 °C	Id	Tout2 °C	$\Delta T$ °C
	**		**	**
10	21.75 $\pm$ .32 B	640.25 $\pm$ 12.19	45.5 $\pm$ 2.1D	1.75 $\pm$ .32 B
11	23.87 $\pm$ .42 B	370.5 $\pm$ 25.69	58.00 $\pm$ 1.69C	3.87 $\pm$ 0.42 B
12	36.87 $\pm$ 9.55 Ab	841.75 $\pm$ 18.51	68.37 $\pm$ 2.11 Ab	16.75 $\pm$ 9.43 Ab
1	49.00 $\pm$ 9.977	901.75 $\pm$ 6.38	71.75 $\pm$ .75A	28.50 $\pm$ 9.97 A
2	24.75 $\pm$ 4.7 B	739.25 $\pm$ 40.93	64.25 $\pm$ .52 B	3.75 $\pm$ 4.7 B
	Qu1	Qu2	$\eta$ 1	$\eta$ 2
	**	**	*	**
10	24.41 $\pm$ 4. B	355.72 $\pm$ 29.31E	0.01 $\pm$ 0.0- B	0.21 $\pm$ 0.01 B
11	54.05 $\pm$ 5. B 59	530.1 $\pm$ 23.48C	0.03 $\pm$ 00 B	.28 $\pm$ .00 A
12	233.66 $\pm$ 131. Ab	673.08 $\pm$ 28.6 Ab	.10 $\pm$ .0 A5b	.31 $\pm$ .00 A
1	397.57 $\pm$ 139.099 A	714.93 $\pm$ 10.46A	.17 $\pm$ .05A	.311 $\pm$ .00 A
2	52.31 $\pm$ 6.67 B	603.33 $\pm$ 17.43 Bc	.02 $\pm$ .0 0 B	.32 $\pm$ .00 A

من الجدول (2) نلاحظ أن المتوسط  $\pm$  الانحراف القياسي ومستوى المعنوية، مقارنة المتوسطات بطريقة دنكن لتأثير الوقت على التغير في درجات الحرارة، والطاقة المستهلكة، والكفاءة الحرارية طبقاً لنوع المركز (الصحن) ثابت - متحرك). أظهرت النتائج اختلافات كبيرة طبقاً للوقت عند مستوى معنوية (1%) لمعظم الصفات تحت الدراسة وعند

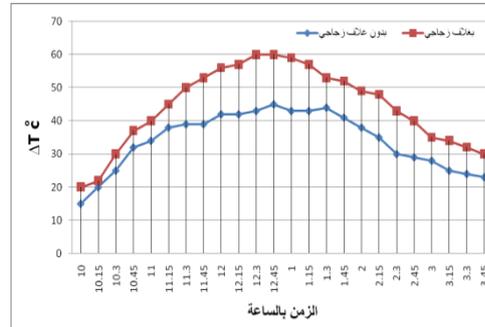
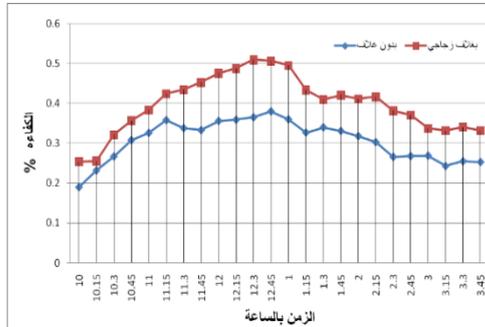
مستوى (5%) لصفة الكفاءة لنوع الصحن. ومن ناحية أخرى لم يكن هناك اختلافات طبعا للوقت لكل من الإشعاع والحرارة الداخلة، ودرجة حرارة الجو.  
جدول رقم (3) مستوى المعنوية ومقارنة المتوسطات بطريقة دنكن لتأثير نوع الصحن (الثابت - المتحرك)

العامل	Ta °C	Tin °C	Tout °C	Id
مستوى المعنوية	NS	NS	**	NS
ثابت	27.51±.39a	20.43±.09a	29.92±2.90b	742.25±23.28a
متحرك	27.51±.039a	20.43±.09a	60.1±1.99a	742.25±23.28a
العامل	$\eta$	Qu	Qa	c° TA
مستوى المعنوية	**	**	NS	**
ثابت	.06±.01b	132.23±40.40b	1887.84±59.23a	9.47±2.89b
متحرك	.29±.00a	553.35±27.7a	1846.17±80.16a	39.66±1.98a

يلاحظ من النتائج في الجدول رقم (3) تأثير نوع الصحن (ثابت - متحرك) على الصفات المختلفة تحت الدراسة، حيث وجد تأثير عالي المعنوية عند مستوى (1%) لعامل نوع الصحن على صفات الحرارة الخارجة (Tout)، والتغير في درجة الحرارة ( $\Delta T$ )، والطاقة المستخلصة (Qu) والكفاءة ( $\eta$ ). وبمقارنة المتوسطات للصفات بطريقة دنكن وجد أن القيم الأعلى كانت للصحن المتحرك مقارنة بالصحن الثابت.

#### 2.4. نتائج دراسة الغلاف الزجاجي المحيط بالمستقبل (الماص)

لدراسة مدى تأثير الغلاف الزجاجي من عدمه زودت إحدى المنظومتين السالفتين الذكر والمغلقتين بسلفر، بغلاف زجاجي ووضع في البؤرة، ووضع في داخل الانتفاخ الزجاجي المستقبل (الماص) والصحن الآخر لم يوضع على السطح الماص انتفاخ زجاجي وجعلنا الصحنين يتتبعان حركة الشمس في بعدين.  
من الشكل (7) يتبين ان الغلاف الزجاجي المحيط بالماص أعطى نتيجة أفضل من الماص الذي لم يغلف بغلاف زجاجي، حيث لاحظ الباحث ان الفرق بين خروج الماء بينهما كان (5) درجات الساعة العاشرة وأزداد الفرق ليصل لحدود (15) درجة في منتصف النهار.



شكل (7) العلاقة بين التغير في درجات الحرارة والزمن لنوع الغلاف شكل (8) العلاقة بين الكفاءة والزمن لنوع الغلاف

من الشكل (8) الكفاءة للماص المغلف ابتدأ الساعة العاشرة (25%) واستمرت في الارتفاع للظهيرة في حدود (50%) وانخفضت لتصل الساعة الرابعة لـ (30%) بينما للذي بدون غلاف ابتدأ الساعة العاشرة (19%) واستمرت في الارتفاع للظهيرة في حدود (35%) وانخفضت لتصل الساعة الرابعة لـ (23%).

جدول رقم (4): المتوسط  $\pm$  الانحراف القياسي، ومستوى المعنوية، ومقارنة المتوسطات بطريقة دنكن لتأثير الوقت على التغير في درجات الحرارة، الطاقة المستخلصة والكفاءة الحرارية طبقاً للغلاف الزجاجي (غلاف - بدون غلاف).

Time	Id NS	Tout1 °C **	Tout2 °C **	tin °C NS	$\Delta T$ °C **
10	620.75 $\pm$ 36.63	44.00 $\pm$ 3.62 c	48.25 $\pm$ 3.9 c	21.00 $\pm$ 0	23.00 $\pm$ 3.26a
11	758.5 $\pm$ 21.97	58.5 $\pm$ 1.19ab	68.00 $\pm$ 2.85b	21.00 $\pm$ 0	37.5 $\pm$ 1.19ab
12	806.75 $\pm$ 2.25	64.00 $\pm$ .70 a	79.25 $\pm$ 1.03a	21.00 $\pm$ 0	43.00 $\pm$ .70a
1	863 $\pm$ 19.13	64.25 $\pm$ .62 a	76.75 $\pm$ 1.65a	21.5 $\pm$ 0	42.75 $\pm$ .62a
2	780 $\pm$ 15.95	54.75 $\pm$ 1.98 b	66.75 $\pm$ 1.98b	21.75 $\pm$ .14	33 $\pm$ 2.12 b
3	670.25 $\pm$ 22.13	47.12 $\pm$ 1 c	54.8 7 $\pm$ 1 c	22.12 $\pm$ .1	25 $\pm$ 1.08 c
Time	$\Delta T$ °C **	Qu1 **	Qu2 **	$\eta$ 1 **	$\eta$ 2 **
10	27.25 $\pm$ 3.9 c	401.12 $\pm$ 63.28	475.24 $\pm$ 68.05 c	.24 $\pm$ .02 c	.29 $\pm$ .02 c
11	47.00 $\pm$ 2.85b	654.00 $\pm$ 20.75ab	819.68 $\pm$ 49.83b	.33 $\pm$ .00sa	.42 $\pm$ .01 b
12	58.25 $\pm$ 1.03a	749.92 $\pm$ 12.33a	1015.88 $\pm$ 17.97a	.36 $\pm$ .00 a	.49 $\pm$ .00 a
1	55.25 $\pm$ 1.65a	745.56 $\pm$ 10.97a	963.56 $\pm$ 28.81	.34 $\pm$ .01a	.43 $\pm$ .01 b
2	45 $\pm$ 2.12 b	575.52 $\pm$ 36.99b	784.8 $\pm$ 36.99 b	.28 $\pm$ .01b	.39 $\pm$ .01 b
3	32.75 $\pm$ 1.10c	436 $\pm$ 18.83 c	571.16 $\pm$ 19.33c	.25 $\pm$ .01bc	.33 $\pm$ .00 c

ويلاحظ من الجدول (4): المتوسط  $\pm$  الانحراف القياسي، ومستوى المعنوية، ومقارنة المتوسطات بطريقة دنكن لتأثير الوقت على التغير في درجات الحرارة، الطاقة المستخلصة، والكفاءة الحرارية طبقاً (غلاف - بدون غلاف). حيث أظهرت النتائج أن هناك اختلافات كبيرة طبقاً للوقت عند مستوى معنوية (1%) لمعظم الصفات قيد الدراسة، وعند مستوى (5%) لصفه نوع الغلاف. بينما من ناحية أخرى لم يكن هناك اختلافات طبقاً للوقت لكل من الإشعاع والحرارة الداخلة، ودرجة حرارة الجو وبمقارنة المتوسطات بطريقة دنكن كانت أفضل النتائج المتحصل عليها للصفات المختلفة في الساعة الثانية عشرة والواحدة ظهراً.

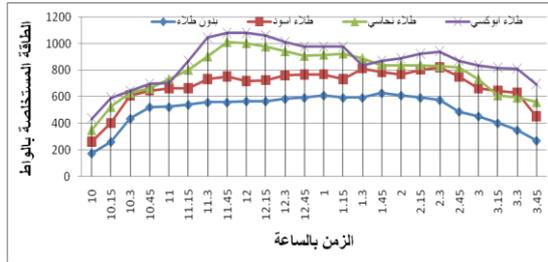
ومن النتائج في الجدول (5) لاحظ الباحث أن تأثير (بدون غلاف - بغلاف زجاجي) حيث وجد تأثير عالي المعنوية عند مستوى 1% لعامل نوع الغلاف على صفات الحرارة الخارجة (Tout)، والتغير في درجة الحرارة، والطاقة المستخلصة (Qu)، والكفاءة ( $\eta$ )، حيث بلغت قيم المتوسطات في الصحن ذو الغلاف الزجاجي (65.64 $\pm$ 2.54)، و(44.25 $\pm$ 2.47) و(771.72 $\pm$ 43.150)، و(0.39 $\pm$ 0.01). مقارنة بقيم الصحن بدون غلاف التي كانت (55.43 $\pm$ 1.74)، و(34.04 $\pm$ 1.77)، و(593.68 $\pm$ 31.00)، و(0.30 $\pm$ 0.01) لصفات الحرارة الخارجة (Tout)، والتغير في درجة الحرارة ( $\Delta T$ )، و الطاقة المستخلصة (Qu)، و الكفاءة ( $\eta$ ) على التوالي.

جدول (5) مستوى المعنوية ومقارنة المتوسطات بطريقة دنكن لتأثير (بدون غلاف - بغلاف زجاجي) على الصفات المختلفة تحت الدراسة

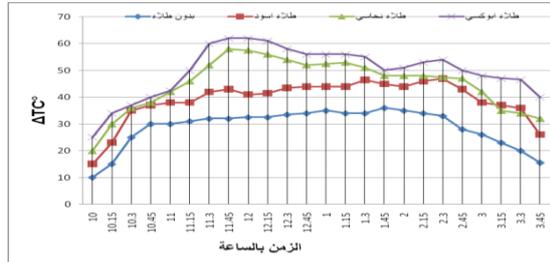
العامل	Ta °C	Tin °C	Tout °C	Id
مستوى المعنوية	NS	NS	**	NS
بدون غلاف	24.84±1.74	21.39±.09	55.43±1.74B	749.87±18.81
بغلاف	24.84±.31	21.39±.09	65.64±2.54A	749.87±18.81
العامل	η	Qu	Qa	c°TA
مستوى المعنوية	**	**	NS	**
بدون غلاف	.30±.01B	593.68±31.00B	1907.23±47.85	34.04±1.77B
بغلاف	.39±.01A	771.72±43.15A	1907.23±47.85	44.25±2.47A

### 3.4. دراسة تأثير الطلاء

تم أخذ أربع مركبات (ستالايت) مغلقة بسلفر، وتم اختيار الماص حيث تم تركيب على الصحن الأول ماص بدون طلاء وعلى الصحن الثاني ماص بطلاء أسود عادي، وعلى الثالث وضع ماص مطلي ببودرة النحاس المؤكسد المخفف بـ (10-T) من جوتن، والصحن الرابع ماص مطلي بالابوكسي وهو طلائين تم خلطهم بنسب متساوية.



شكل (10) العلاقة بين الطاقة المستخلصة بالنسبة لزمان أنواع الطلاء



شكل (9) العلاقة بين التغير في درجات الحرارة والزمن لنوع الطلاء

ويمكن القول ان سبب انحياز القمة العظمة للساعة (11,45) على غير العادة راجع الى أحد الاسباب التالية ان ارتفاع درجة الحرارة كان أكبر علياً من الساعة الواحدة، او بسبب وجود بعض الغيوم والسحب التي لوحظت او بسبب اندثار مستوى تدفق المياه للحظات معينة بسبب عوالمق في المياه او هواء في الانابيب ناتجة من الخزان الرئيسي بسبب قلة مياهه.

يلاحظ من النتائج في الجدول (6) تأثير نوع الطلاء، حيث وجد تأثير عالي المعنوية عند مستوى I% لعامل نوع الطلاء على صفات الحرارة الخارجة (Tout)، والتغير في درجة الحرارة (ΔT)، والطاقة المستخلصة (Qu)، والكفاءة (η). انظر الى الشكلين (9،10)، وبمقارنة المتوسطات للصفات بطريقة دنكن وجد أن القيم الأعلى كانت للطلاء لا بوكسي يليه الطلاء النحاسي المؤكسد ثم الطلاء الأسود العادي، وجاء في المرتبة الأخيرة الصحن بدون طلاء.

حيث بلغت المتوسطات لصفة الحرارة الخارجة (Tout) (71.91±1.93)، و(67.54±.1)، و(61.60±1.62)، و(51.33±1.45) و لصفة التغير في درجة الحرارة ( $\Delta T$ ) كانت القيم: (49.37±1.93)، و(44.97±1.99)، و(39.06±1.60)، و(28.79±.46) و لصفة الطاقة المستخلصة (Qu) (861.1±33.76)، و(784.43±34.87)، و(681.25±66.02)، و(502.12±25.57) و لصفة الكفاءة ( $\eta$ ) (0.49±.917)، و(0.45±.01)، و(0.39±.017)، و(0.28±.01) لأنواع الطلاء لا بوكسي، والطلاء النحاسي المؤكسد، و الطلاء الأسود العادي، والصحن بدون طلاء على التوالي.

جدول رقم (6) مستوى المعنوية ومقارنة المتوسطات بطريقة دنكن لتأثير نوع الطلاء على الصفات المختلفة تحت الدراسة

العامل	Ta °C	Tin °C	Tout °C	Id
مستوى المعنوية	NS	NS	**	NS
بدون طلاء	25.04±.29	22.54±.011	51.33±1.45C	684.79±25.95
طلاء اسود عادي	25.04±.29	22.54±.11	61.60±1.62B	684.79±25.95
طلاء نحاسي مؤكسد	25.04±.29	22.54±.11	67.54±.11A	684.79±25.95
طلاء لا بوكسي	25.04±.29	22.54±.11	71.91±1.93A	684.79±25.95
العامل	$\eta$	Qu	Qa	$\Delta T$ °C
مستوى المعنوية	**	**	NS	**
بدون طلاء	.28±.01 D	502.12±25.57 C	1741.7±66.02	28.79±1.46 C
طلاء اسود عادي	.39±.017 C	681.25±66.02 B	1741.70±66.02	39.06±1.60 B
طلاء نحاسي مؤكسد	.45±.01 B	784.43±34.87 A	1741.7±66.02	44.97±1.99 A
طلاء لا بوكسي	.49±.917A	861.1±33.76A	1741.7±66.74	49.37±1.93A

## 5. الاستنتاجات

من خلال الدراسة والنتائج العملية استنتج الباحث أن أفضل هذه المواصفات للمواد المتوفرة محلياً والتي تمكن الباحث من الحصول عليها هي كالتالي:

شدة الإشعاع الشمسي المباشر هي العامل الرئيسي والركيزة الأساسية التي بنيت عليها هذه الدراسة وهذا العامل يتأثر تأثيراً مباشراً بالعوامل المحيطة بالمنظومة مثل وجود السحب والرياح التي من شأنها أن تقلل من كثافة الفيض الشمسي الساقط على المنظومة مما يؤدي إلى اقتراب الفرق بين درجتي حرارة خروج ودخول الماء للمنظومة. وبالنسبة لنوع الطلاء فإنه يفضل استخدام الطلاءات الانتقائية كطلاء لا بوكسي الأسود الذي من شأنه أن يرفع من كفاءة المركز الشمسي لخاصية الامتصاصية العالية للإشعاع الشمسي التي يمتلكها الطلاء. درجات الحرارة المستخلصة تزداد عند استخدام غطاء زجاجي وذلك لأنه يقلص من الفقد الحراري للمحيط. درجات الحرارة المستخلصة تزداد عندما المنظومة تكون متحركة وتكون متبعية لحركة الشمس بشكل دوري على عكس المنظومة الثابتة التي تكون قليلة.

## 6. المقترحات والتوصيات

لدراسة تأثير بعض المواصفات الأخرى على كفاءة المركبات الشمسية الصحنية نوصي بالتالي:

- دراسة تطبيق طلاءات انتقائية أخرى.
- وضع تصاميم أخرى للأنبوب الماص التي من شأنها ان ترفع من الكفاءة الحرارية.
- تغيير الشكل الهندسي للسطح العاكس واستخدام أنواع أخرى من الأسطح العاكسة.
- تغيير نوع الزجاج او استخدام البلاستيك الشفاف المعد لهذا الغرض.
- تفرغ الحيز الذي يوضع فيه الماص من الهواء او استخدام أنبوب مفرغ من الهواء.

## 7. المراجع References

- [1] ياسر فتحي نصار (2010)، هندسة الطاقة الشمسية التطبيقات الحرارية الفعالة، منشورات جامعة سبها
- [2] محمد البار سوداني، كمال الدين شيحي (2018). تحقيق عملي لمركز شمسي أسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي [رسالة دكتوراه، جامعة قاصدي مرباح ورقلة]. مستودع جامعة قاصدي مرباح ورقلة الرقمي.
- [3] محمد جمعة ارحومة (2012). القيم المثلى لحجم الخزان إلى مساحة المجمع الشمسي لسخانات المياه الشمسية ذات الدوران الطبيعي. مجلة الطاقة الشمسية والتنمية المستدامة، 1.1 (1)
- [4] فريحة بالعيد & الزهرة بن عزوز (2017). دراسة مقارنة بين أنظمة تخزين الطاقة الحرارية [رسالة ماجستير، جامعة قاصدي مرباح ورقلة]. مستودع جامعة قاصدي مرباح ورقلة الرقمي.
- [5] هاشم المحفوظ، (2017). استخدام المواد متغيرة الطور لتخفيض احتياجات الطاقة في الأبنية السكنية. مجلة جامعة البحث، 39. (10) كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة البحث.
- [6] الضاوية مسعودي، (2011) تأثير مخروط عاكس على تركيز مركز شمسي (رسالة ماجستير). جامعة قاصدي مرباح - ورقلة.

[7] Mousa, H., & Naser, J. (2019). The effect of phase change material on the water temperature in a solar basin: Theoretical and experimental investigation. *Journal of Energy Storage*, 25, 100871.

[8] Attia, M. E. H., Karthick, A., Manokar, A. M., Driss, Z., Kabeel, A. E., Sathyamurthy, R., & Sharifpur, M. (2021). Sustainable potable water production from conventional solar still during the winter season at Algerian dry areas: energy and exergy analysis. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 145, 1215-1225.

- [9]Essa, F. A., Abd Elaziz, M., & Elsheikh, A. H. (2020). An enhanced productivity prediction model of active solar still using artificial neural network and Harris Hawks optimizer. *Applied Thermal Engineering*, 170, 115020.