المجلّة الدولية للعلوم والتقنية
International Science and Technology Journal
ISTJ

عدد خاص
بالمؤتمر الليبي الدولي للعلوم التطبيقية
و الهندسية
27-28- سبتمبر 2022

LICASE
المؤتمر الليبي الدولي للعلوم التطبيقية و الهندسية

تصميم مجمع شمسي لإنتاج البخار وتشغيل جهاز الاوتوكلاف

م. عبد الله محمد بشير إبراهيم
fajeralsaid@gmail.com

د. مهدي عمران علي عبد الله
omranmahade@gmail.com

المعهد العالي لتقنيات التبريد والتكييف سوكنه

الملخص.

الطاقة الشمسية من الطاقات النظيفة والمتجددة المستقبلية وهي تحتاج الى الية معينة تتمثل باستخدام المجمعات الشمسية التي تعمل بمبدأ تجميع الاشعة الشمسية الساقطة على الارض وتركيزها على الجزء الذي يراد الاستفادة منه وذلك حسب الغرض او الهدف من التصميم. تهدف هذه الدراسة إلى تصميم وبناء مجمّع شمسي لتسخين المياه ودراسة إمكانية استخدامه كجهاز تعقيم (الأوتوكلاف) حيث تم تصميم وبناء واختبار مجمع شمسي لإنتاج الماء الساخن والبخار في المعهد العالي لتقنيات التبريد والتكييف سوكنه. يتكون المجمع الشمسي من إطار خشبي مثبت عليه ثمانية شرائح من المرايا وخزان حراري في المنتصف مصنوع من النحاس المطلي بالكربون ومحاط بغلاف زجاجي لتقليل الفقد الحرارة بالحمل الى الهواء الخارجي وتم ضبط زاويا الانعكاس لشرائح المرايا يدويا حتى تركز أكبر قدر من الأشعة الشمسية على المستقبل الحراري. أجريت التجارب في شهر يونيو على هذا التصميم بمساحة 0.56 م2، وتحصلنا على درجة حرارة تصل الى 127 درجة مئوية، وضغط 4.5 بار، وسعة حرارية 535 وات، مما يجعله مناسبًا لتشغيل جهاز تعقيم الأوتوكلاف، والاختبارات العملية نفذت تحت الظروف المناخية لمدينة سوكنه والتي تقع وسط ليبيا على خط عرض 29,1 وخط طول 15,8 وترتفع عن سطح البحر بنحو 315 متراً.

الكلمات المفتاحية. المجمع الشمسي، تسخين الماء، إنتاج البخار، المستقبل الحراري، اللأتوكلاف

Abstract.

Solar energy is one of the clean and renewable energies of the future, and it needs a specific mechanism, represented using solar collectors that operate on the principle of collecting solar rays and focusing them on the part that is intended to be used, according to the purpose or objective of the design. This study aims to design and build a solar collector for water heating and study the possibility of using it as a sterilization device (autoclave), where a solar collector to produce hot water and steam was designed, built and tested at the Higher Institute of Refrigeration and Air Conditioning Technologies Sukneh. The solar collector consists of a wooden frame on which eight mirror slices are installed and a thermal tank in the middle made of copper coated with carbon and surrounded by a glass cover to reduce heat loss by convection to the outside air. Experiments were conducted in June on this design with an area of 0.56 m^2, and we obtained a temperature of 127 ° C, a pressure of 4.5 bar, a heat capacity of 535 watts, which makes it suitable to operate the autoclave sterilizer, and practical tests were carried out under the climatic conditions of the city of Sukneh, which is located in the centre of Libya at latitude 29.1, longitude 15.8, and altitude of 315 meters.

key words. Solar Collector, Steam Production, Thermal Receiver, Autoclave

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

1 المقدمة .

"الطاقة هي أساس بناء الاقتصاد لجميع الدول وخصوصا الصناعية منها حيث أصبح مقدرا استهلاك الطاقة مؤشرا لمدى تقدم هذه الدول، والبحث في أجاد البديل أمرا ضروريا ليس لدول المتقدمة صناعيا فحسب، بل لكل دول العالم. تعتبر الطاقة الشمسية من المصادر البديلة والمتجددة ويعمل الكثير من الباحثين لاستغلالها كبديل لطاقة لأنها مصدر الحياة منذ الازل وستبقى كذلك كما انها تمثل مصدرا نظيفا غير ملوث للبيئة وتمتاز الطاقة الشمسية عن باقي مصادر الطاقة كونها سهلة الاستخدام وقلة تكلفة التشغيل ولا تحتاج الى التكنولوجيا المعقدة في معظم التطبيقات العامة. لا شك ان الدول التي تتمتع بطقس صحو و اشعاع شمسي عالي لها فرص كبيرة في استغلال هده الطاقة بأقصى درجة من الفاعلية والكفاءة العالية و تشير جميع المصادر العالمية الى ان مستوى معدل الاشعاع في هذا الحزام هو الأعلى عالميا يصل تقريبا الى3000 ساعة في السنة.[1]" ومن بين هده الدول ليبيا تعتبر من الدول الغنية بالأشعة الشمسية لوقوعها بين خط عرض 19 درجة جنوبا و 37.5 درجة شمالا. اجرى Lof.G.O.G مع عدد من الباحثين دراسة تحليلية في عام (1962) على المجمع الاسطواني المقعر لمعرفة تأثير قطر الانبوب الماص على أداء المركز حيث تم استخدام انابيب دات اقطار مختلفة وقد بينت النتائج النظرية والعملية بأن زيادة مساحة أنبوب الامتصاص يعني زيادة عامل الاعتراض (النسبة بين الاشعة المباشرة التي يمتصها السطح الماص للأشعة الكلية والمعكوسة من السطع العاكس) اي عندما يزيد قطر الانبوب الماص للاشعة عن حجم معين فانه يعمل على اعتراض الاشعة الساقطة على العاكس [2]". "اجرى الباحث (Treadwell .G) في عام (1976) دراسة عملية على بعض الاعتبارات التصميمية للمركز الاسطواني ذو القطع المكافئ والتي تشمل نوع السطح العاكس للأشعة الشمسية واوضحت النتائج عند استعمال الاغطية الزجاجية من النوع حبات الزجاجية الصلبة (Soda– Lime Glass) تكون الصورة خالية من التشوية والانكسارات [3]". "درس الباحث (Ihab H. Farag) في عام (1980) أداء المركزات الشمسية الاسطوانية وكان الهدف الدراسة هو استخدام زعانف مصنوعة من النحاس مثبتة على السطح الداخلي للأنبوب الماص الموضوع على طول خط البؤرة لزيادة مساحة السطحية داخل البؤرة كوسيط ناقل للحرارة حيث تم تغيير عدد الزعانف الموضوعة على الانبوب النحاسي لتحديد أفضل كفاءة للمركز الشمسي ، واستخدام مجموعتين من الزعانف الأولى 6 زعانف والثانية 9 زعانف ،من خلال النتائج تبين إن اعلى كفاءة تم الحصول عليها من المجموعة الأولى 43% اما الثانية بلغت 41%،برغم من زيادة عدد الزعانف يزيد المساحة السطحية لكن يؤدي الى انخفاض في الضغط. [4]". "ميلز وآخرون. في (1991) قدموا تقريرًا عن نموذج اللأوتوكلاف الشمسي الدي لا يحتوي على أجزاء متحركة. تم تصميمه وتصنيعه واختباره في معمل بجامعة سيدني في أستراليا، تحصلوا على نتائج بعد 40 دقيقة من التشغيل وصلت درجة حرارة المياه إلى 120 درجة مئوية. يستخدم هذا البخار ذو درجة الحرارة العالية لتعقيم الأدوات الجراحية مثل المحاقن والمقص. هذه التقنية المقترحة بسيطة، ويمكن تصنيعها محليًا، وهو أمر مفيد للدول النامية. [5]". "قام الباحثان (Thomas Harm & Michael Brooks) عام (2000) بتصميم و بناء واختبار مجمع شمسي اسطواني ذو مقطع مكافئ وتم مقارنة بين النتائج العملية و النظرية , حيث اظهرت النتائج ان الكفاءة الانبوب الماص المغطى بالزجاج أعلى من الانبوب المكشوف[6]". "قام الباحث (Michal Geyre) واخرون في عام (2002) بدراسة نظرية وعملية لمجمع شمسي مقعر ذو القطع مكافئ يسمى (Euro Trough) من خلال تطوير جيل من مركزات الشمسية و تقليل الكلفة وتم

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تصنيع نموذجين من المركزات يمكن الحصول على طاقة تصل الى (200) MW [7]". "قام الباحث (على فلاح محمد) في عام (2007) دراسة عملية لأداء مركز شمسي اسطواني مقعر ذو القطع المكافئ في بغداد بهدف التوصل الى وضع الأسس التصميمية لتحديد كفاءة المركزات الشمسية الملائمة لبيئة العراق وتطويرها [8]". "أجرى Birhanu & Kahsay دراسة تجريبية على الأوتوكلاف الشمسي المصمم والمصنع في عام 2012، من أجل تعقيم الأدوات الجراحية. ركزت هذه الدراسة على تحديد درجة حرارة وضغط البخار الذي يمكن أن يصل إلى الحد الأدنى لقتل الكائنات الحية الدقيقة أثناء التعقيم، تم إجراء المحاكاة في حالة عابرة لمدة 90 دقيقة مع إهمال فقد الحرارة في وعاء الضغط أظهرت النتائج أنه من الممكن الحفاظ على درجة حرارة البخار في وعاء الضغط حتى 412 درجة مئوية لفترة زمنية تتراوح بين 15 و30 دقيقة. تم تحقيق القيمة العالية لدرجة حرارة البخار [9]". "في عام (2013) قام (Khaled Al Zahrani) بدراسة عملية لمجمع شمسي نوع حوضي مكافئ لإيجاد كفاءة هذا المجمع واستنتج ان معدل الكفاءة بحدود (38.8%) وان اعلى كفاءة للمجمع بلغت (52%) في وقت الظهيرة [10]". "قام محمد عبدو وآخرون (2016) بتصميم وبناء واختبار ثلاثة مجمعات حوضية ذات القطع المكافئ PTC Parabolic trough collectors ، الاختبارات نفذت بواسطة جمع البيانات من القياسات الخارجية لحساب الكفاءة الحرارية اللحظية ل PTC كانت 50%،18.8% للمجمعات الشمسية مع المستقبل المفرغ وغير المفرغ على التوالي عند معدل الجريان الأعلى.[11]". واتضح من الأبحاث والدراسات السابقة ذكرها في هذا البحث ان الأوتوكلاف يستخدم حاليًا على نطاق واسع في المستشفيات والمراكز الصحية لتعقيم المعدات الطبية، ويعرف باسم القفل الأوتوماتيكي ويمكن أن يحافظ الأوتوكلاف على درجة حرارة البخار والضغط عند (121– 140) درجة مئوية (250–284 فهرنهايت) و0.10 ميجا باسكال (15 رطل لكل بوصة مربعة)، على التوالي لحوالي 15–20 دقيقة. تهدف هذه الدراسة الى تصميم وبناء مجمع شمسي مختلف عن الأبحاث السابق ذكرها وذلك باستخدام شرائح من المرايا المسطحة لتعكس أكبر قدر من الاشعة على المستقبل ودراسة إمكانية استخدامه كجهاز تعقيم (الأوتوكلاف).

2 وصف التجربة

تم تصميم المجمع الشمسي المركز للحصول على درجات حرارة عالية ويتكون من إطار خشبي وعدد 8 شرائح من المرايا تعكس الاشعة على المستقبل الحراري المثبت في المنتصف وتم تصميمه بهذا الشكل حتى تعكس شرائح المرآه الاشعة على المستقبل للحصول على أكبر قدر من اشعة الشمس على المستقبل، والمجمع مثبت على قاعدة يتم تحريكها يدويا في مسار نصف دائري على حسب اتجاه الشمس للحصول على اعلى قدر من الاشعة الساقطة على المجمع والشكل (1) يوضح صور للمجمع الشمسي.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

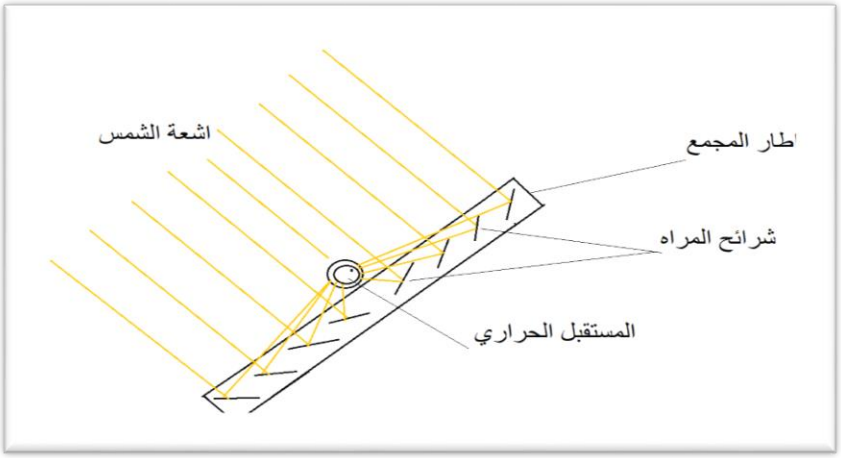
شكل (1) صور للمجمع الشمسي

1.2 اطار المجمع

يتركب المجمع من شرائح من الخشب بسمك 2سم وعرض 10 سم على شكل مربع طول ضلعه 80 سم، وتم تثبيت قطع خشبية داخل صندوق مثبت عليها شرائح المرآه وفي المنتصف المستقبل الحراري.

2.2 شرائح المرآه

تم تثبيت 8 شرائح من المرايا بطول 75 سم وعرض 4 سم داخل إطار المجمع اربعة قبل المستقبل و اربعة بعده، و تحديد زاوية انعكاس اشعة الشمس لكل شريحة بحيث تكون زاوية الشريحة حسب بعدها عن المستقل لكي يتم تركيز كل الاشعة الساقطة على المجمع في المستقبل الحراري كما في الشكل (2).

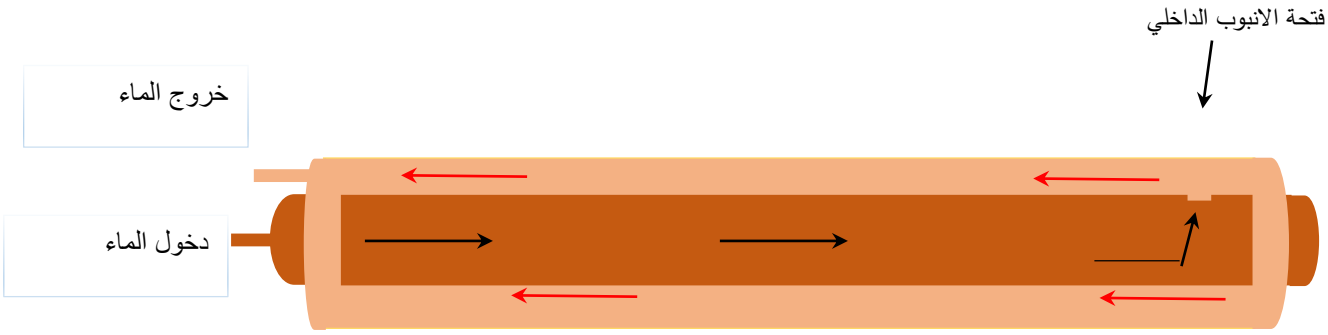


الشكل (2) رسم تخطيطي للمجمع يوضح انعكاس اشعة الشمس على المستقبل

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

3.2 المستقبل الحراري

المستقبل هو الجزاء الذي يتم امتصاص الحرارة من اشعة الشمس المنعكسة من شرائح المرآة، تم تصنيعه من انبوب من النحاس، بقطر 5.5 سم وطول 72 سم بداخله انبوب تأني بقطر 3.5 سم حيت تم تثبيته في المساند في منتصف المجمع ، يوجد في نهاية الانبوب الداخلي فتحة الخروج وفتحة الدخول والخروج في جهة واحدة كما موضح في الشكل3. يعتبر المستقبل هو الجزء الرئيسي في المجمع وهو الجزاء الذي يتم فيه تسخين المياه. ويتم دخول المياه في الانبوب الداخلي وخروجه من الانبوب الخارجي كما هو موضح في الشكل (3).



شكل (3) مستقبل الحراري

تم صناعة المستقبل الحراري من مادة النحاس لأنه مصليته الحرارية عالية وتم طلاء السطح الخارجي للمستقبل بالكربون للحصول على لون الاسود بدون لمعة للحصول على درجة امتصاصية عالية للإشعاع الشمسي وحتى يتم مقاومة درجات الحرارة العالية كما هو موضح في الشكل (4).

شكل (4) صورة المستقبل الحراري

من الضروري ان يعزل المستقبل الحراري لتقليل فقد الحراري بالحمل الى الهواء الخارجي تم وضعه داخل ثلاثة شرائح زجاجية كما هو موضح في الشكل (5).

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

شكل (5) يوضح المجمع الشمسي متصل بأجهزة قياس الضغط ودرجة الحرارة

3 اجهزه القياس المستخدمة في اختبار المجمع الشمسي

تم استخدام متحسس تيستو .Pressure sensor Testo 549i الموضح في الشكل (6) لقياس الضغط الناتج في المستقبل الحراري ويركب في انبوب خروج الماء كما موضح في الشكل (5) ، و هو عبارة عن متحسس لقياس الضغط يرسل القراءات عبر البلوثوت الى أجهزة الاندرويد بمعدل قراءة كل ثانيتين و الجدول (1) يوضح مواصفات الجهاز . كما تم تسجيل درجات الحرارة للمجمع والجو المحيط بواسطة جهاز ميكرو كمبيوتر (Arduino Uno) متصل بمتحسسات لقياس درجات الحرارة نوع (SD18B20) مجال القياس من 50°C− الى 150°C نسبة الخطأ 0.5°C+− متصل مع جهاز الكمبيوتر عبر البلوتوث و يرسل البيانات على برنامج الميكروسوفت اكسل بمعدل قراءة كل 3 ثواني.

الشكل (6) Pressure sensor Testo 549i

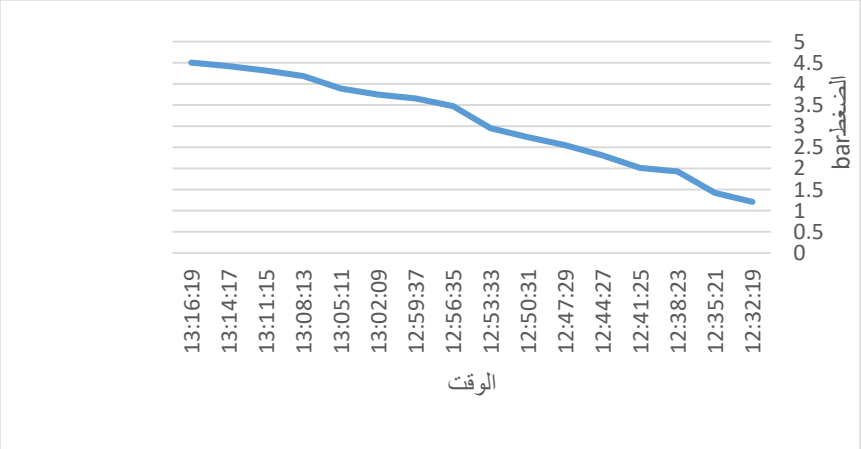
Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

الجدول (1) المواصفات العامة لمتحسس الضغط Testo 549i

Property	Value
Sensor Type	**Pressure**
Measuring Range	**−1 bar to 60 bar**
Accuracy	**0.5% of the final value**
Resolution	**(0.1psi) 0.0067 bar**
Connection	**7/16" – UNF**
Overload Rel.	**65 Bar**
Storage Temperature	**−20 to 60°C**
Operating Temperature	**−20 to 50°C**
Dimensions	**12.5 cm × 3.3 cm × 3.0 cm**
Measuring Units	**bar, psi, MPa, kPa**
Measurable Media	**CFC, HFC, HCFC, N, H_2O, CO_2**

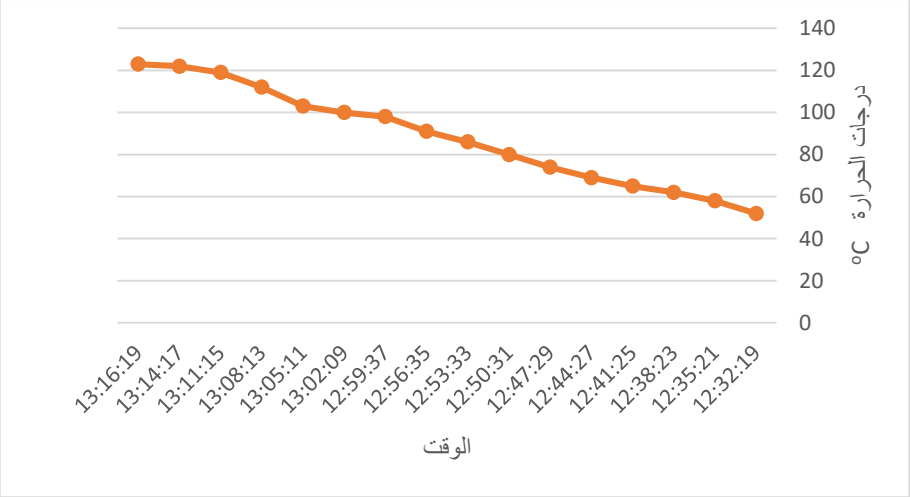
4 النتائج

تم ربط اجهزة قياس الضغط والحرارة في أنبوب الخروج من المستقبل الحراري وضع المجمع في اتجاه اشعة الشمس و الشكل (7) يظهر التغير في الضغط في المستقبل الحراري بعد تعريض المجمع الى اشعة الشمس خلال 45 دقيقة وصل الى 4.5 بار و هدا ضغط كافي لتشغيل الاوتوكلاف وكدالك في الشكل (8) نلاحظ ارتفاع درجات الحرارة في المستقبل الى 127 درجة مئوية تقريبا في نفس الفترة وهي 45 دقيقة.



الشكل (7) التغير في الضغط خلال فترة شغل المجمع الشمسي

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية



الشكل (8) ارتفاع درجات الحرارة المستقبل خلال فترة التشغيل المجمع

كما احريت تجربة لحساب سعة المجمع الشمسي حيت تم ربط خزان مياه وحساب درجة دخول وخروج الماء للمجمع وحساب معدل تدفق الماء كما في المعادلات الثالية

حساب معدل تدفق الماء $\boldsymbol{m_w = \frac{M}{t} = \ g\backslash s}$

حيث ان، M كتلة الماء , t الزمن

حساب كمية الحرارة التي امتصها الماء في المستقبل الحراري. $\boldsymbol{Q = \ m_w c_P \ (T_O - T_i)}$.

حيث ان، Q كمية الحرارة، $\boldsymbol{m_w}$ معدل التدفق الماء، $\boldsymbol{C_P}$ الحرارة النوعية لماء بثبوت الضغط الماء 4.186 kj/(kg.K)

$\boldsymbol{T_i}$ درجة حرارة دخول الماء، $\boldsymbol{T_O}$ درجة حرارة خروج الماء

الجدول (2) البينات المسجلة من الجهاز لحساب سعة الحرارية للمجمع

زمن تدفق الماء في ثانية	كمية الماء	درجة حرارة دخول الماء للمجمع	درجة حرارة خروج الماء من المجمع
84 ثانية	**600 غرام**	**26 م°**	**44 م°**

حيث كانت سعة المجمع الشمسي في الفترة التي اجريت فيها التجارب والقياسات كانت 534 وات وهذا يتغير بتغير شدة الاشعاع الشمسي.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

5 الاستنتاجات

اتضح من خلال التجربة التي اجريت على المجمع أن عند استخدام مجمع ذو مساحة 0.5 متر مربع تحصلنا على طاقة حوالي بمقدار 534 وات و درجة حرارة تصل 127 درجة مئوية وضغط بخار يصل الى 4.5 بار خلال فترة 45 دقيقة. أي عند استخدام مساحة أكبر ستكون طاقة أكبر، وهذه النتائج تدل على إمكانية تشغيل جهاز التعقيم الاوتوكلاف حيث ينتج هذا المجمع بخار بدرجات حرارة عالية وضغط التي يحتاجها جهاز التعقيم الاوتوكلاف ويمكن الاعتماد على الطاقة الشمسية دون الحاجة الى استخدام أجهزة تشتغل بالطاقة الكهربائية.

الشكر والتقدير

يسرنا أن نتقدم بالخالص الشكر والعرفان الى من كانوا متعاونين معنا من المعهد العالي لتقنيات التبريد والتكييف سوكنة، وأيضا من المعهد العالي لعلوم والتقنية الجفرة سوكنة.

المصادر (References)

[1] الربيعي, ن.ا.ع., الآفاق العلمية لاستثمار الطاقة الشمسية الطبيعية. 1983.
[2] Lof, G., D. Fester, and J. Duffie, Energy balances on a parabolic cylinder solar collector. 1962.
[3] Treadwell, G.W., Design considerations for parabolic-cylindrical solar collectors. 1976, Sandia National Lab.(SNL-NM), Albuquerque, NM (United States).
[4] Farag, I.H. Design and performance of a concentrating solar collector. in AIChE Symposium Series. 1980.
[5] Mills, D., I. Onley, and R.J.R.e. Taylor, Portable solar medical steriliser. 1991. **1**(1): p. 27-30.
[6] Brooks, M., I. Mills, and T. Harms. Design, construction and testing of a parabolic trough solar collector for a developing-country application. in Proceedings of the ISES Solar World Congress, Orlando, FL. 2005.
[7] Geyer ,M., et al. EUROTROUGH-Parabolic trough collector developed for cost efficient solar power generation. in 11th International symposium on concentrating solar power and chemical energy technologies. 2002. Citeseer.
[8] محمد, ع.ف., دراسة عملية لأداء مركز شمسي أسطواني مقعر ذو مكافئ 2007.
[9] Birhanu, B. and H.J.I.J.A.R.E.T. Mulu, Solar autoclave for rural clinics. 2018. **9**: p. 293-309.
[10] Al-Zahrani, K.J.W.a.s.j., The application of parabolic trough technology under yanbu climatein saudi arabia. 2013. **23** :(10)p. 1386-1391.
[11] Abbood, M.H., R.M. Radhi, and A.A.J.K.J.o.E. Shaheed, Design, construction, and testing of a parabolic trough solar concentrator system for hot water and moderate temperature steam generation. 2018. **9**.(1)

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية