Comprehensive Journal of Science
Volume (10), Issue (38), ( Dec, 2025)
ISSN: 3014-6266

مجلة العلوم الشاملة
المجلد (10) العدد 38 ديسمبر 2025
ردمد: 3014-6266

# تصميم منظومة لسخان شمسي يشتغل بالطاقة الشمسية

نهى محمد خليفه ميلاد

قسم الفيزياء – كلية التربية – زلطن , جامعة صبراتة , زلطن , ليبيا

# Design of solar heater system that runs on solar energy

Noha Muhammad Khalifa Milad

Department of physics, Faculty of Education –Zolten, Universityof Sabratha, Zolten , Libya

تاريخ الاستلام:2025/11/2 –تاريخ المراجعة: 2025/20/17– تاريخ القبول: 2025/11/26– تاريخ للنشر : 2025 /12/11

## ملخص البحث

مصادر الطاقة المتجددة باتت من أهم القضايا البحثية المعاصرة، وأهمية استخدامها ترجع لكل من نظافتها ووفرتها ورخصها النسبي اعتمادا علي مميزاتها .

يتضمن هذا البحث دارسة تصميم نظري لمنظومة السخان الشمسي (التحويل الحراري ) بمعرفة الامتصاص الحراري وكيفية تسخين المياه داخل السخان الشمسي من خلال معرفة أنواعها وآلية عملها . يتم تصميم منظومة التحويل الحراري بواسطة المبادلات الحرارية وكيفيه تسخين المياه بواسطة الطاقة الشمسية باستخدام الأنابيب الزجاجية المفرغة بمعرفة مميزاتها .

حيث تم تصميم المنظومة باستخدام الطاقات الجديدة والمتجددة(الطاقة الشمسية)، تقوم تلك المنظومة بتزويد السخان الشمسي باحتياجاتة من الطاقة بشكل سلس وآمن ومضمون.

في هذه الدراسة تم الحصول علي قيم الطاقة المنتجة لهذه المنظومة ومعرفة تكلفتها

حيث كانت علي النحو التالي :-

منظومة التحويل الحراري للسخان الشمسي : كمية الحرارة الإجمالية اللازمة هي 15.66 كيلو وات ساعة , إما تكلفة السخان الشمسي بسعة 300 لتر مساحة 4 متر مربع تكون 1,350 دينار ليبي .

لقد أكدت هذه الدراسة بوضوح أن استخدام الطاقة الشمسية من خلال كل من التحويل الفوتوفولتائي والامتصاص الحراري المباشر، ذات مردودٍ كبيرٍ اقتصاديا على المدى البعيد والمتوسط. وإن تلك الحقيقة تكون مثالية في ليبيا حيث فيها تلك الطاقات بشكل كبير تسمح بتطوير البيئة والحياة العامة فيها.

## Abstract

Renewable energy sources have become one of the most important contemporary research issues, and the importance of their use is due to their cleanliness, time ,and relative cheapness depending on their advantages.

This research includes studying the theoretical design of the solar heater system, thermal conversion by knowing thermal absorption , and how to heat water inside the solar heater by knowing its types and working mechanism. The heat conversion system is designed using heat exchangers and how to heat water using solar energy using vacuum glass tubes, knowing their advantages . As the system was designed using new and renewable energy, solar energy , this system supplies the solar heater with its energy needs in a smooth but guaranteed way .

In this study ,the values of the energy produced by this system were obtained and its cost was determined as follows:-

Thermal conversion system for the solar heater . The total heat required is 15.66 kilowatt hours , while the cost of a 300liter solar heater with an area of 4 vsquare meters is 1,350 Libyan dinars .

This study has clearly confirmed that the uas of solar energy through both photovoltaic conversion and direct thermal absorption has significant economic returns in the long and medium term . This fact would be ideal in Libya , where these energies are greatly developed and allow for the development of the environment and public life there

## مقدمــة

خلق الله الشمس و القمر كآيات داله علي كمال قدرته وعظم سلطانه وجعل شعاع الشمس مصدراً للضياء علي الأرض وجعل الشعاع المعكوس من سطح القمر نوراً . قال الله تعالي في كتابه العزيز(هو الذي جعل السنين والحساب ما خلق الله ذلك بالحق يفصل الآيات لقوم يعلمون) سورة يونس الآية (5) فالشمس تجري في الفضاء الخارجي بحساب دقيق حيث يقول الله سبحانه و تعالي في سورة الرحمن (الشمس والقمر بحسبان )الآية (5) [15].

تعتبر الطاقة الشمسية من أهم أشكال الطاقة المتجددة والبديلة، فهي دائمة , متوفرة , سهلة الاستعمال وليس لها أضرار جانبية، وكنتيجة لذلك يمكن الاعتماد عليها كبديل عن الطاقة التقليدية في كثيراً من التطبيقات, فلقد استخدمت الطاقة الشمسية وبشكل مباشر في تطبيقات مختلفة محددة، كتجفيف المحاصيل الزراعية و التدفئة وإنتاج البخار[15].

حديثاً ونتيجة للتقدم العلمي فقد تطورت تقنيات استغلال الطاقة الشمسية كثيراً مما زاد من إمكانية استخدامها في تطبيقات حرارية فاعلة كمصدر حراري مغذي لمنظومات حرارية مختلفة بدلاً من الطاقة التقليدية.

ونظراً لتوفر الطاقة الشمسية في ليبيا ووفرة الإشعاع الشمسي حسب البيانات المتوفرة على مستوى ليبيا و ألمقاسه للفترة بين (1981_1987) لعدة مناطق من ليبيا، توضح القياسات أن أقصى معدل للإشعاع الشمسي يتراوح بين($9.30kwh/.m^2-day$ و 10.69 ) لمناطق الشمال والجنوب على التوالي بينما المتوسط السنوي العام يتراوح.بين ($5.79kwh/.m^2-day$ و8.58) وهي بلا شك معدلات إشعاع عالية [11].

لهذه الأسباب يتناول البحث الطاقة الشمسية كأحد مصادر الطاقات المتجددة المتوفرة في ليبيا والتي من الممكن الاستفادة منها , في تجهيز طاقة نظيفة وبديلة للطاقة التقليدية وصديقة للبيئة وأقل كلفة على المدى البعيد وبمتناول الجميع في كافة الظروف المناخية.

**1-1 الامتصاص الحراري ( التحويل الحراري للطاقة الشمسية) :**

التحويل الحراري للطاقة الشمسية يعتمد على تحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية عن طريق المجمعات الشمسية والمواد الحرارية.فإذا تعرض جسم داكن اللون ومعزول إلى الإشعاع الشمسي فإنه يمتص الإشعاع وترتفع درجة حرارته. يستفاد من هذه الحرارة في التدفئة والتبريد وتسخين المياه وتوليد الكهرباء وغيرها. وتعد تطبيقات السخانات الشمسية هي الأكثر انتشارا في مجال التحويل الحراري للطاقة الشمسية. يلي ذلك من حيث الأهمية المجففات الشمسية التي يكثر استخدامها في تجفيف بعض المحاصيل الزراعية مثل التمور وغيرها كذلك يمكن الاستفادة من الطاقة الحرارية في طبخ الطعام[6].

**1-1-1 تسخين الماء :**

تستخدم نظم التسخين التي تعمل بالطاقة الشمسية حرارة الشمس في تسخين الماء. يمكن أن يتم توفير ما يتراوح من 60 إلى 70% من الماء الساخن المستخدم في المنازل بدرجات حرارة ترتفع إلى 60 درجة مئوية بواسطة نظم التسخين التي تعمل بالطاقة الشمسية[4].

ويعتبر من أكثر أنواع سخانات المياه التي تعمل بالطاقة الشمسية الأنابيب المفرغة (44%) والألواح المستوية (34%) التي تستخدم بصفة عامة لتسخين الماء في المنازل، وكذلك الألواح البلاستيكية (21%) التي تستخدم بصفة رئيسية في تدفئة مياه حمامات السباحة[6].

بالنسبة لعام 2007، كان إجمالي سعة نظم تسخين الماء التي تعمل بالطاقة الشمسية حوالي 154 جيجا وات[6].

**1-1-2 السخانات الشمسية :**

الشكل (1-1) يمثل مكونات السخانات الشمسية [6].

تتركب السخانات الشمسية بصفة عامة من سطح امتصاص الأشعة الشمسية وقنوات سريان وسيط التسخين وعوازل حرارية لمنع تسرب الحرارة المكتسبة في وسيط التسخين إلى الوسط المحيط. هذه المكونات هي :

1- سطح الامتصاص :

يصنع سطح الامتصاص في الغالب من معدن مطلي بألوان داكنة وذلك لزيادة معدل امتصاص حيث تتميز الألوان الداكنة بمعدل عالي لامتصاص الأشعة الشمسية يصل إلى 98% ولكن يعاب على الألوان الداكنة قابليتها الشديدة لفقد الحرارة بطريقة الإشعاع حيث يصل ذلك المعدل إلى 90% بعبارة أخرى فإن السطح الماص الداكن قادر على امتصاص ما نسبته 98% من الطاقة الساقطة عليه ولكنه سيعيد إشعاع ما نسبته 90% من الطاقة المكتسبة لتصبح الاستفادة من جزء قليل فقط من الطاقة الشمسية الساقطة من أجل ذلك يستخدم نوع خاص من الطلاء بمعدل امتصاص عالي ومعدل إشعاع منخفض ويسمي مثل هذا الطلاء بالطلاء الانتقائي (Selective Coating ) ومن أمثلة هذا الطلاء هو أكسيد الكروم والكوبالت.

2- أنابيب سريان مائع التسخين :

تصنع هذه الأنابيب عادة من معادن ذات توصيلية حرارية عالية وحرارة نوعية قليلة مثل النحاس والفولاذ أو من المطاط وهي تختلف من تطبيق إلى آخر باختلاف نوع الوسيط وكذلك باختلاف مادة سطح الامتصاص، فهناك قنوات مستطيلة ذات مساحات كبيرة (1510 سنتيمترات) لتسخين الهواء، وهناك قنوات دائرية ذات أقطار صغيرة بنصف قطر في حدود (1سنتيمتر) لتسخين السوائل وهذا يعتمد على نوع التصميم في أجهزة المبادلات الحرارية.

3- العازل الحراري:

عندما ترتفع درجة الحرارة داخل السخانات بالمقارنة بالجو المحيط يصبح هناك إمكانية لفقد هذه الحرارة بالتوصيل وذلك عن طريق جوانب السخان والجهة السفلية منه، وبالحمل والإشعاع عن طريق الغلاف الزجاجي، وعليه يمكن الاستعانة بمواد للحد من الأساليب الثلاثة المعروفة للانتقال الحراري وذلك على النحو التالي:

1. الفقد بالتوصيل : ويمكن الحد منه بإحاطة جوانب وأسفل الماص وأنابيب التسخين بمواد خاصة ذات توصيلية حرارية متدنية مثل الصوف الزجاجي، الألياف الزجاجية.
2. الفقد بالحمل: ويمكن الحد منه بسحب الهواء الموجود بين الأغطية الزجاجية أو بوضع أنابيب التسخين مع السطح الماص دخل أنابيب زجاجية مفرغة من الهواء.
3. الفقد بالإشعاع: ويمكن التقليل منه باستخدام أغلفة زجاجية منفذة للأشعة القصيرة من الشمس وفي نفس الوقت معتمة بحيث تمنع انعكاس الأشعة ذات الموجات الطويلة الصادرة من السطح الماص[4].

**3-1-1 آلية عمل السخانات :**

تتم آلية عمل السخانات بأن يمتص السطح الماص أشعة الشمس الساقطة فترتفع درجة حرارته، يتبع ذلك ارتفاع في درجة حرارة المائع المار في أنابيب التسخين ولتبسيط طريقة عمل السخانات الشمسية سيتم التطرق إلى ثلاثة أمور أساسية هي :

1- آلية التسخين :

عند ما تسقط الأشعة المباشرة أو غير المباشرة على السطح الماص فإن درجة حرارته ترتفع مقارنة بدرجة حرارة المائع المار في الأنابيب فيحدث فرق في درجة الحرارة ينتج عنه انتقال الحرارة العالية ( فيما بين الأنابيب ) إلى مناطق سريان المائع ذات الحرارة المنخفضة وبالتالي ترتفع درجة حرارة المائع بين أجزاء من الدرجة إلى عشرات الدرجات المئوية تبعاً لمقدار الإشعاع الشمسي ومعدل السريان داخل أنابيب التسخين.

2- السريان داخل السخان:

يدخل المائع البارد نسبياً إلى أنبوب التوزيع في أسفل السخان ( السخانات ذات السريان المتوازي ) ومن هذا الأنبوب يتوزع المائع على أنابيب موازية صاعدة وذات أقطار صغيرة ومن ثم يجمع في أنبوب التجميع الرئيسي في أعلى السخان حيث يتم دفع المائع الحار نسبياً إلى خارج السخان.

أما في حالة السريان المتصل فيدخل المائع إلى أنبوب التسخين الذي يغطي أغلب مساحة السطح الماص، بسبب أنه مصنع بشكل متعرج فيتحرك الماء يميناً وشمالاً في اتجاه تصاعدي حتى يخرج من أعلى السخان بدون أن يكون هناك أي تفريغ للمائع أو تغيير في الأقطار.

3- آلية الدفع:

وهي الوسيلة التي يتم بواسطتها نقل المائع الساخن من السخان إلى الخزان ونقل المائع البارد من الخزان إلى السخان وتحريك المائع داخل السخان. وتنقسم آلية الدفع إلى قسمين هما :

**1-النظام الطبيعي:** يمتاز نظام السريان الطبيعي ببساطته ورخص تكاليفه، فهو يعتمد على المبدأ الفيزيائي الحراري القائل بأن أي ارتفاع في درجة حرارة المائع يتبعه انخفاض في كثافته، ولتطبيق هذا المبدأ في أنظمة التسخين يجب أن يكون أدنى مستوى في الخزان يوازي أو يعلو على أعلى مستوى في السخان، فعند دخول المائع إلى السخان بدرجة حرارة معينة فإنه يمتص الحرارة من السطح الماص لترتفع درجة حرارته كما ذكر سابقاً، ويتبع ذلك انخفاض في الكثافة، أي أن وزن المائع بالنسبة لوحدة الحجم سيقل وبالتالي فإن وحدة حجمية من المائع داخل السخان ستكون أخف من الوحدة الحجمية عند نفس المستوى خارج السخان ( داخل الأنبوب الذي يصل مدخل السخان بالخزان ) وينتج عن هذا الفرق استمرار صعود المائع داخل السخان باكتسابه للحرارة ودخول المائع البارد القادم من الخزان. وبالطبع سيكون هناك وسيلة لمنع انعكاس اتجاه الدورة في الليل أو عند انعدام الإشعاع الشمسي لأن انعكاس الاتجاه يعني زيادة في معدل الفقد الحراري من نظام التسخين.

**2-نظام السريان القسري:** نظراً لصعوبة تركيب الخزانات فوق مستوى السخانات لكونها خزانات مركزية ( أي أن كل وحدة سكنية أو صناعية بها خزان واحد لتجميع الموائع ذات درجة الحرارة العالية لتقليل الفواقد الحرارية ) وذلك لاعتبارات الوزن ( وللاعتبارات الجمالية أيضاً ) فإن المبدأ الذي يقوم عليه السريان الطبيعي سيختل وبالتالي يستعان بمضخة تقوم بتدوير المائع بين الخزان والسخان خلال فترات توفير الإشعاع الشمسي. وحتى لا تستمر الدورة في الليل عند انخفاض أو انعدام الإشعاع الشمسي يضاف مبادل يقوم باستشعار حرارة الخزن وآخر باستشعار حرارة المائع الخارج من السخان ووحدة تحكم تفاضلية مهمتها إيقاف المضخة عندما تكون حرارة الخزان بمقدار يتجاوز الفقد في أنابيب التوصيل بين الخزان والسخان[4].

### 1-2 أنواع السخانات الشمسية :

ويمكن صناعة السخانات الشمسية في عدة أحجام لتلبية الاحتياجات من الطاقة الشمسية حسب درجات الحرارة المطلوبة للمياه سواءً كانت دافئة ( أقل من 50 درجة مئوية ) لحمامات السباحة أو ساخنة (من 60 – 80 درجة مئوية ) للاستخدام المنزلي أو مغلية للحصول على بخار لتوليد الكهرباء وهذا يعتمد على قدرة السخان الشمسي وتصميمه.

1- أبسط هذه السخانات هو السخان الشمسي المسطح Flate-Plate solar heater collector وهو عبارة عن صندوق معزول معدني له غطاء من الزجاج العادي أو البلاستيك الشفاف وبداخله لوح ماص للحرارة ملون وغامق. وغالباً باللون الأسود لامتصاص حرارة أشعة الشمس وبداخله أنابيب يمر بها الماء لتسخينه أو الهواء المراد تسخينه للتدفئة. واللوح الماص من معدن نحاس أو ألومنيوم. لأنهما لهما قدرة كبيرة على توصيل الحرارة وبسرعة وكفاءة عالية. والنحاس

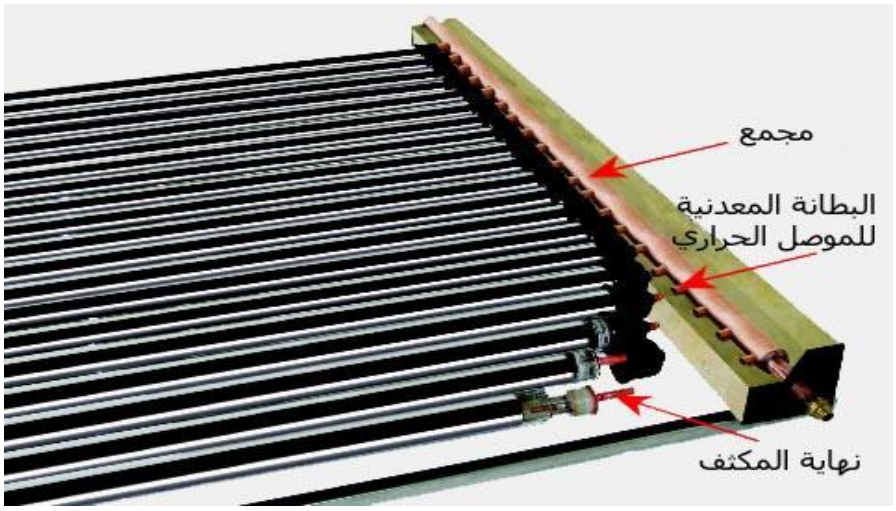
مقاوم للتآكل رغم أنه أكثر تكلفة. والصندوق معزول لمنع تسرب الحرارة منه، والماء الساخن يخزن في خزانات عازلة للحرارة بداخلها، وقد يكون من الألياف الزجاجية للاحتفاظ بحرارة الماء ولاسيما للاستعمال أثناء الليل.

2- بالنسبة لسخانات الهواء الشمسية Solar Air Heater التي تستخدم لتجفيف المحاصيل الزراعية وتدفئة المنازل بالهواء الساخن فهي أقل تكلفة وأسهل في التشغيل وأقل حرارة من السخانات الشمسية التي تسخن الماء.

فاللوح الماص للحرارة والمسطح بالسخان الشمسي سواءً كان لوحاً معدنياً أو غير معدني يمر الهواء به بالحمل أو بواسطة مروحة تدفعه وتدوره به لتسخينه. رغم أنه أقل توصيلاً للحرارة من الماء[6].

3- النوع الثالث من السخانات الشمسية يطلق عليه سخان ( مجمع ) الأنابيب المفرغة Evacuated-tubes heater collector لتسخين الماء بدرجة عالية حيث تدخل أشعة الشمس من خلال السطح الزجاجي لتقع على أنابيب زجاجية شفافة مفرغة من الهواء ومغلقة ومتوازية وبداخلها أنابيب ماصة للحرارة تمر بها المياه لتسخن بالتلامس، وتخزن المياه في خزان والأنابيب المفرغة حول الأنابيب الماصة للحرارة لا تفقد الحرارة، لأن الفراغ لا يوصل الحرارة ولا يفقدها لعدم وجود هواء يوصل الحرارة أو يحملها بالحمل أو يدور بداخلها فيفقدها.

وهناك أنابيب مفرغة وبداخلها أنابيب المياه المراد تسخينها، يسع الأنبوب 19 لتر ماء مما يجعلها لا تحتاج لخزانات بجوارها لتخزين المياه الساخنة ويمكن وضع الجهاز مائلاً رأسياً أو أفقياً.




الشكل (1-2) يوضح شكل مجمع الأنابيب المفرغة

وهذا النوع هو المستخدم في هذه الدراسة لتزويد المزرعة باحتياجات المياه الساخنة.

4-توجد السخانات المركزة Concentrating Collectors التي تستخدم المرايا اللامعة ( المقعرة ) لتعكس الأشعة المركزة للشمس فوق اللوح الماص لتقع في بؤرة تجميع لأشعة الشمس فوق المستقبل بحيث يمر به الماء المراد تسخينه.

وهذه السخانات تعطي درجات حرارة للماء أعلى بكثير من السخانات الشمسية العادية، وتدور مع اتجاه الشمس. وهذا النوع يعطى ماءاً مغلياً أو يستخدم في تقطير وتعذيب المياه المالحة بإلحاق جهاز تكثيف به للحصول على الماء المقطر.

ويمكن استخدام هذه الوسيلة لطبخ الطعام في قدور سوداء يطلق عليها الفرن الشمسيSolar Cookers حيث تسلط عليها هذه المرايا اللامعة لتتركز أشعة الشمس فوق جدران هذه القدور.

وقد تصل درجة الحرارة 200 درجة مئوية. وهذه الوسيلة يمكن من خلالها قتل البكتريا وتعقيم المياه،وهى غير مكلفة لو صممت هذه المجمعات الشمسية مع بناء المبنى وحجم جهاز تجميع الطاقة يعتمد على الاستعمال والحاجة اليومية، فالشخص يمكنه استهلاك 50 لتر يومياً من الماء الساخن في درجة من 55 – 60 درجة مئوية[6].

وكل خزانات المياه الساخنة معزولة حرارياً و بها توصيلة لدخول الماء البارد لها صمام يجعل الماء يتجه في اتجاه واحد ولا يفرغ الخزان, وتوصيلة لخروج الماء الساخن وتوصيلتان لأنابيب التدوير. ويمكن تثبيت الخزان فوق حامل، ويقدر حجمه 80 لتر لكل شخص، ليستهلك 50 لتر ماء ساخن يوميا[20].

**2-1 منظومة التحويل الحراري :**

أولاً يجب أن نفهم ما معنى المبادل الحراري لكي نستطيع فهم منظومة التحويل وكل ما يتعلق بها.

**2-1-2 المبادلات الحرارية:**

المبادل الحراري هو مكوَّن يستخدم لتغيير درجة حرارة الموائع عن طريق تمريرها في أنابيب تتخلل وسط آخر. يكون الوسط الآخر عالي الحرارة إذا أردنا رفع درجة حرارة السائل أو الغاز المرغوب رفع حرارته، كما يمكن تبريد السائل أو الغاز المطلوب تبريده بتمريره في أنابيب تمر في وسط آخر درجة حرارته منخفضة. عملية انتقال الحرارة من وسط إلى وسط آخر تسمي تبادل حراري، والجهاز الذي تتم فيه العملية يسمى مبادل حراري.

النظام الذي نصفه يدعى مبادلاً حرارياً ذا تيار واحد (single current) .

المبادل الحراري يتكون من أنبوب عند درجة حرارة المدخل $T_{f،t}$ ويغادر عند درجة حرارة المخرج $T_{f،c}$، السرعة التي تستخلص بها الحرارة من السائل هي :

$$Q = v_{\mathrm{Hm}} c\left(T_{f،c} - T_{f،t}\right) \qquad (1.2)$$

حيث أن :

Q كمية الحرارة اللازمة .

كمية المياه اللازمة $v_{\mathrm{Hm}}$

$T_{\mathrm{f,c}}$ درجة حرارة الماء عند المدخل .

$T_{\mathrm{f,t}}$ درجة حرارة الماء عند المخرج .

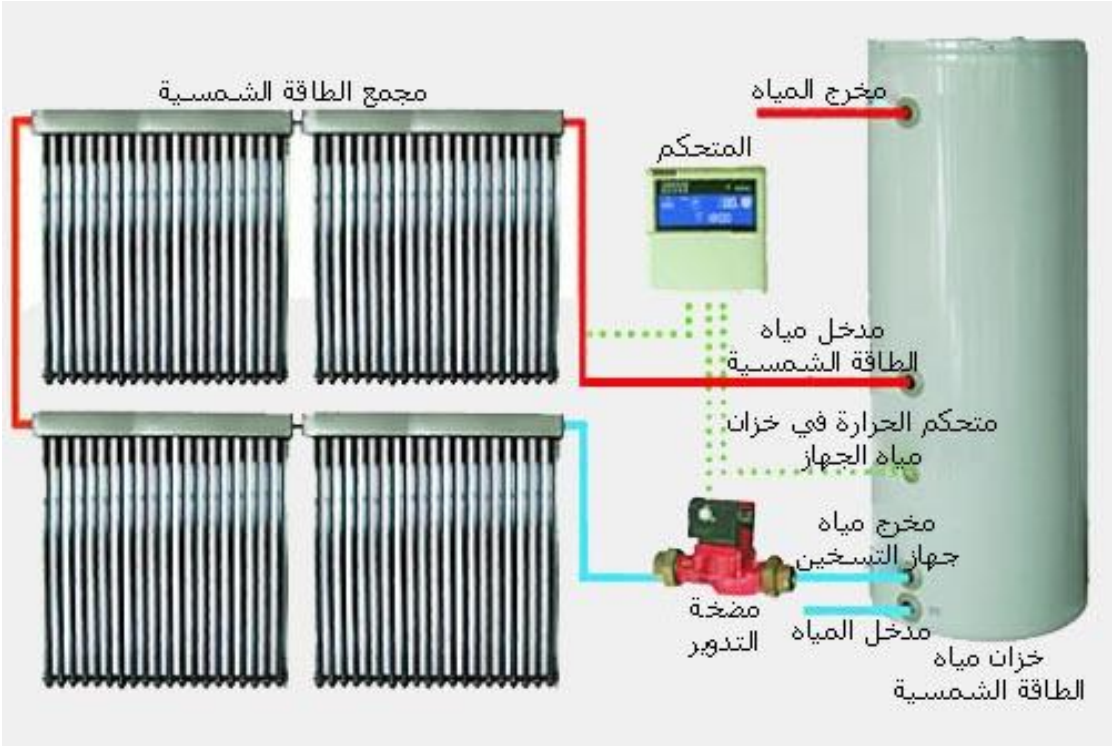
$C$ الحرارة النوعية للماء .

وكما عرفنا سابقاً أن المجمع الشمسي عبارة عن جهاز يقوم بتجميع الطاقة الشمسية الواقعة على سطحه ويحولها إلى حرارة[6].

**2-2 منظومة تسخين المياه بالطاقة الشمسية :**

تتكون من عدة أجزاء تستخدم في تجميع الأشعة الشمسية الساقطة عليها وتحويلها إلى طاقة حرارية يستفاد منها في تسخين المياه خلال ساعات سطوع الشمس.حيث تخزن المياه الساخنة في خزان حراري لاستخدامها خلال اليوم.

كما أن انتقال الحرارة بالحمل يلعب دوراً مميزاً في انتقال الحرارة من ألواح التسخين الشمسي إلى الهواء المحيط، والحمل الحراري المطلوب من السخان الشمسي هو أن الطاقة الحرارية اللازمة لتوفير كمية المياه الساخنة يومياً تعادل السعة التخزينية للمنظومة عند درجات حرارة تتراوح مابين (50_60) وذلك على مدار السنة[20].




الشكل (2-1) منظومة تسخين المياه بالطاقة الشمسية

**2-3 تقنية الأنابيب الزجاجية المفرغة:**

تعتمد أساساً على ما يعرف باسم الأنابيب المفرغة (Evacuated tubes ) التي تمتص الطاقة الشمسية بكفاءة عالية وتحولها إلى طاقة حرارية لتسخين المياه.

حيث يتألف كل أنبوب مفرغ من أنبوبين من الزجاج، أحدهما بداخل الآخر، ويصنعان من زجاج البوروسيليكيت (Borosilicate) الذي يتميز بالمتانة ومقاومته للكسر.

شكل (2-2) يوضح تركيب الأنابيب المفرغة [6].

الأنبوب الخارجي شفاف ويسمح لأشعة الشمس بالمرور من خلاله، بانعكاس قليل جداً، أما الأنبوب الداخلي فيطلى بطبقة سوداء خاصة مؤلفة من الكروم والنيكل، والذي يمتص الأشعة الشمسية الساقطة عليه بنسبة قد تصل إلى98%[6].

يتم تثبيت نهايتي الأنبوبين مع بعضهما بطريقة الصهر(Fusion ) بعد تفريغ الهواء الموجود بينهما تحت درجة حرارة عالية، وينتج عن عملية التفريغ هذه وجود منطقة عزل بين الأنبوبين، وهذا ما يجعل تلك الأنابيب متميزة بكفاءتها، حيث يمنع هذا

الفراغ تسرب الطاقة الحرارية التي اكتسبتها المياه، وبالتالي وقف عمليتي التوصيل والحمل الحراريتين،لذلك نجد أن الأنبوب الداخلي قد تتجاوز درجة حرارته 150 درجة سلسيوس في حين يبقى الأنبوب الخارجي بارداً.

من هنا نجد أن تلك الأنابيب المتينة وذات الامتصاص الحراري العالي،اكتسبت صفة العزل الحراري، من خلال عملية التفريغ الهوائي السابقة مما يؤدي إلى الحيلولة دون عملية فقدان الحرارة المكتسبة التي تحدث في السخانات الشمسية التقليدية المسطحةFlat plate solar heater) collectors) والتي هي عبارة عن صندوق اسود يحتوي على أنابيب معدنية سوداء معزولة بمواد عزل تقليدية ، تقوم هذه الأنابيب بامتصاص الطاقة الشمسية وتحولها إلى حرارة لتستخدم هذه الحرارة في تسخين المياه،وبما أن العزل بسيط، فهو يؤدي إلى حدوث فاقد حراري كبير خلال الليل عند انعدام أشعة الشمس الساقطة عليها.

**1-3-2 هدف عملية تفريغ من الهواء :**

إن هذه العملية هامة لأن الأنابيب المفرغة تقوم بامتصاص الأشعة الشمسية وتحويلها إلى حرارة والهدف هنا هو الحفاظ على هذه الحرارة وعدم فقدانها. الخلاء يحقق هذا الهدف حيث إنه يملك خواص عزل عالية الجودة تسمح بوجود فرق عالي في درجات الحرارة بين الأنبوبين الداخلي والخارجي.وهذا يعني أن الأنابيب المفرغة تعمل جيداً وبكفاءة عالية حتى في الأجواء الباردة في حين تعمل المجمعات الشمسية المسطحة في هذه الأجواء بشكل سيء بسبب خسارتها للحرارة.

ترصف الأنابيب الشمسية على التوازي وزاوية الميلان تعتمد على المكان والموقع ، ففي الاتجاه الشمالي الجنوبي الأنابيب تتعقب أشعة الشمس بشكل غير فعّال طوال النهار، أما في الاتجاه الشرقي الغربي فإنها تستطيع تعقب أشعة الشمس طوال أيام السنة.كفاءة السخانات الشمسية هذه تعتمد على عدد من العوامل أهمها مستوى الإشعاع الشمسي المتوفر في المنطقة.

**2-3-2 أنابيب التسخين:**

أنبوب التسخين عبارة عن أنبوب نحاسي مجوف و الفراغ الداخلي يكون مفرغ من الهواء تماماً مثل الأنابيب الزجاجية الشمسية، ولكن تفريغ الهواء في هذه الحالة ليس هدفه العزل، بل هو لتعديل حالة السائل الموجود داخل الأنبوب، حيث توجد بداخله كمية صغيرة من الماء المقطر وبعض المواد الإضافية.

شكل (2-3) يوضح انبوب التسخين[6].

وهذه هي النتيجة التي حصلنا عليها عندما فرغنا أنابيب التسخين من الهواء (ضغط منخفض) وغليان للماء سريع بدرجات حرارة منخفضة( حيث إن نقطة غليان الماء فيها تكون عند الدرجة 30c فقط، لذلك إذا إرتفعت حرارة أنابيب التسخين وأصبحت أعلى من 30 درجة فإن المياه سوف تتبخر، وهذا البخار يتدفق مرتفعاً نحو قمة الأنابيب وينقل معه الحرارة، وعند وصوله إلى القمة يفقد البخار حرارته مما يؤدي لتكاثفه ويعود لحالته السائلة(عملية التكاثف هذه تؤدي لنشر الحرارة التي ستقوم بتسخين المياه)، ومن ثم يعود لأسفل أنابيب التسخين وهكذا تتكرر العملية .

إن هذا الشرح يجعل من أنابيب التسخين تقنية سهلة جداً، عبارة عن أنبوب نحاسي مفرغ، وفيه كمية قليلة من الماء، وقد تم طرد الهواء من داخله.

هذا صحيح ولكن الوصول إلى هذه النتيجة تطلب إجراء أكثر من 20 عملية صناعية وبجودة تنظيمية دقيقة وصارمة. لإنتاج أنابيب تسخين عالية الجودة يجب مراعاة نوع المعدن المصنوع منه الأنبوب ونظافته و نقائه، فإذا احتوى في داخله على الشوائب، سيؤثر ذلك على فعالية الأنابيب وأدائها.

إن نقاء النحاس بحد ذاته يجب أن يكون عالياً جداً، لأنه إذا احتوى على كمية كبيرة من الأوكسجين أوأي من المواد الأخرى،فسوف تتسرب إلى الخلاء مشكلة حيز أو كرة من الهواء في قمة الأنبوب، وهذه تؤدي لتحريك أسخن نقطة في أنبوب التسخين من نهاية مكثف التسخين إلى أسفل بعيداً عنه، وهذا يقلل من فعاليته لذا لابد من استخدام نحاس صافي عالي الجودة.

**3-1 مكونات نظام التسخين الشمسي:**

أنابيب التسخين المفرغة من الهواء موضوعة في صندوق لحمايتها وفي داخلها أذرع من النحاس فيها ماء مقطر ومفرغة من الهواء لكفاءة نقل حرارية أعلى، تعمل كمجمع شمسي عالي الكفاءة.

غلاف قوي من الألمنيوم يحوي نحاس لحمايته ضد التآكل ويحتوي مادة عازلة تشكل عازلاً ممتاز ضد التجمد أو ارتفاع درجات الحرارة إلى 250 درجة مئوية.

نظام التحكم الشمسي يقوم بضبط جريان الماء ويمنع تشكل الجليد و الصقيع.

صمام أمان بارز يضمن للنظام بأن لا يتعرض لضغط عالي عند وصول ماء بدرجات حرارة عالية.

خط من الأنابيب المعدنية من وإلى خزان الماء الساخنة، والمعزولة لمنع فقدان الحرارة.

خزان من الستانلس الستيل يقوم بحفظ الحرارة من أجل أيام الشتاء الباردة.

خزان الماء الساخنة المعزول والمزود بأداة تضمن التزويد الدائم من المياه الساخنة.

مضخة الجريان لضخ الماء، تستهلك طاقة قليلة لتحريك المياه بين أنابيب التسخين الشمسية وخزان الماء الساخنة(متوفر مع مبادل حراري في أنظمة السخانات ذات الدارة المغلقة).

عند وصول الحرارة إلى القيمة المطلوبة في الأنابيب الشمسية فإن المتحكم الشمسي يتحسس بارتفاع درجة الحرارة ويقوم بفتح مضخة الماء لتصل إلى الأنابيب ليتم تسخينها،وبعد ذلك تخزينها في خزان الماء الساخن، المضخة هي أيضاً التي تقوم بتحريك الماء من وإلى الألواح الشمسية.

إن نظام جهاز التحكم الشمسي والمضخة كلاهما مع عناصر التسخين الإضافية تحتفظ بالمياه في خزان المياه الساخنة بدرجة حرارة مستمرة، هذا يضمن موثوقية عالية في الحصول على مياه ساخنة بشكل دائم[6].

**3-2 المتحكم الشمسي :**

يقوم بمقارنة درجة حرارة المياه داخل الخزان مع درجة حرارة المياه داخل الألواح الشمسية ويجهز مضخة الماء لتقوم بضخ المياه من الألواح إلى خزان الماء الساخن عندما تكتسب هذه المياه الحرارة اللازمة، كما أنه يمنع تشكل الصقيع والجليد في النظام وذلك بتجهيز المضخة لضخ المياه عندما تنخفض درجة حرارة المجمعات الشمسية عن حد معين.

**3-3 مضخة جريان الماء في نظام التسخين الشمسي:**

المضخة الشمسية توضع على خط الجريان العائد (الجانب البارد من دارة السخان)، تقوم بإدارة الماء من خزان الماء الساخن إلى مدخل المجمع الشمسي أثناء عملية التسخين الشمسي.

كما يمكن استعمال جهاز تسخين الماء الشمسي في الشتاء ففي الشتاء تكون الساعات المشمسة قليلة، وأشعة الشمس ضعيفة، ودرجة حرارة الماء خلال النهار منخفضة[6].

نجد بعض أجهزة تسخين الماء الشمسية تفقد كفاءتها العالية بعد فترة من الاستعمال لعدة أسباب كما يلي:

نوعية الهواء المحيط سيئة مما يجعل الغبار يغطي الأنابيب وبالتالي ينخفض معدل الامتصاص للأنابيب المفرغة.

نوعية الماء المحلي سيئ الذي يؤدي إلى ترسبات في الأنابيب بحيث يخفض إمكانية نقل الحرارة.
يكون جهاز تسخين الماء الشمسي غير محكماً بشكل جيد بحيث يصل الماء إلى العازل عند التعرض للماء( مثل الأمطار)، وبالتالي يؤثر على كفاءة الجهاز.
أجهزة الأنابيب الإضافية سيئة : مثلاً صمام الدخول لا يحكم الإغلاق جيداً و بالتالي يدخل الماء البارد إلى الخزان وبدوره يضعف مردود الجهاز.
الأنابيب المفرغة غير جيدة: فعدم جودة الأنابيب تعني أداء غير جيد في امتصاص وحفظ الحرارة أي مردود قليل،وأيضاً سهولة الكسر.
وأحياناً يكون التدفق عند مخرج ماء الاستخدام ضعيف،هناك سببين لضعف التدفق عند المخرج، الأول أن المسخنات الشمسية العادية تكون غير مضغوطة،والثاني هو أن البعد العمودي بين المسخن الشمسي و فتحة المخرج تكون غير كافية و حل هذه المشكلة يكون إما بزيادة ارتفاع المسخن الشمسي أو بزيادة أقطار الأنابيب.
وهناك احتمالات أخرى لهذه المشكلة عندما تكون الأنابيب منثنية أو مسدودة أو مضيقة بسبب الرواسب.
أما المشاكل الكامنة في المنظم الإلكتروني والحساس فإن الوظيفة الرئيسية للمنظم هي إظهار درجة حرارة الماء والمنسوب، التعبئة الأوتوماتيكية للماء في الخزان، والتحكم بالسخان الكهربائي. فالمشاكل الاعتيادية التي تحدث هي:
•عدم إظهار أي شيء على الشاشة، الإظهار بشكل جزئي، الإظهار غير الدقيق للمعلومات، تسريب للتيار الكهربائي، عدم التجاوب، فقدان التحكم بالسخان الكهربائي أو بالصمام الكهربائي. كل هذه المشاكل بسبب أخطاء اللوحة الكهربائية التي تحتاج إلى تبديل أو إصلاح عن طريق أشخاص مؤهلين.
العمر التشغيلي للحساس ليس طويلاً جداً منذ أن يوضع في الخدمة، فإذا كان الحساس لا يعمل جيداً فيمكن تنظيفه وبعد ذلك إذا لم يعمل فيجب تبديله. والمنظم لا يعمل بشكل صحيح بدون الحساس فلا يمكنه إظهار قيم حققيه للحرارة ولا لمنسوب الماء وبالتالي عدم التحكم بالصمام الكهربائي بالشكل المطلوب.
ويمكن تحديد حجم مسخن الماء الشمسي،حيث إن الاستهلاك العادي للماء من أجل الاستحمام هو 30 لتر للرجل و40 لتر للمرأة، وإذا أضفنا استهلاك الماء في المطبخ فتكون حاجة كل شخص من 40 – 50 لتر في اليوم ومنه حجم المسخن المطلوب[6].
كما يمكن حماية الجهاز من الصواعق بأن يكون ارتفاع مانع الصواعق على سطح المنزل أعلى من أعلى نقطة من جهاز التسخين الشمسي 50 سم على الأقل و أن يكون البعد الأفقي 10 سم ، ولا يسمح بتركيب مانع الصواعق على الجهاز مباشرة.
بعد تركيب الجهاز نجد له ظل من الخلف، إن أبعد نقطة من الظل عن الجهاز تسمى مسافة التغطية. عادة تكون هذه المسافة 1.25 مرة من ارتفاع الجهاز، لذلك فالمسافة الأفضل بين جهازي تسخين شمسيين على خط واحد هو 1.5 مرة من ارتفاع الجهاز.
عادة يتجمد الماء داخل الأنابيب في الشتاء القاسي،وهناك سببين رئيسين لتجمد الماء في الأنابيب هما:
1_ نوعية سيئة ورديئة للأنابيب غير مقاومة للتجمد.
2_ عملية عزل واختيار نوع عازل الأنابيب سيئة.
قد تصل درجة حرارة الأنابيب إلى 240 درجة عند تعرضها للشمس أثناء النهار لذلك فسوف تنفجر عند ملؤها بالماء البارد، ولإطالة عمر الأنابيب المفرغة فالوقت الأمثل لملئها بالماء هو خلال الليل أو في الصباح الباكر .
هناك بعض الملاحظات عند التركيب :
1_ يجب الحرص عند التركيب على أن يكون وجه الجهاز باتجاه الجنوب وبدون أية حواجز أمامه تحجب الأشعة الشمسية.

2_ يجب التأكد ما إذا كان الجوان السيليكوني الحلقي مستمر بشكل جيد في مكانه على الخزان قبل تركيب الأنابيب المفرغة.
3_ يجب عدم تعريض وصلات الأنابيب للحمولات التي قد تسبب تحطم هذه الوصلات.
4_ يجب التأكد من أن فتحة التهوية غير مغلقة لوقاية الجهاز، و كذلك يجب عزل الأنابيب الخارجة لمنع هروب الحرارة.
5_ يجب تثبيت قاعدة الجهاز بشكل جيد،وذلك لتفادي الرياح القوية[20].

**4-3 مميزات سخانات الأنابيب المفرغة الشمسية:**

تتمتع تلك السخانات القائمة على تقنية الأنابيب المفرغة، بكثير من المميزات الهامة التي تؤهلها لأن تكون البديل الأمثل لاستغلال أحد أهم مصادر الطاقة البديلة وهي الطاقة الشمسية بكفاءة عالية، فهي آمنة وصديقة للبيئة وقد تم استخدام تقنية العزل الحراري العالي High Insulation فيها عن طريق استخدام البولي يورثان Polyurethane في داخل الأنابيب المفرغة مما يؤدي إلى الاحتفاظ بالحرارة لوقت طويل.

وبالإضافة لقدرتها على امتصاص الطاقة الشمسية بشكل فائق، فقد روعي تصنيع التنك الداخلي وأنابيب التوصيل الخارجية من معدن الستانلس ستيل Stainless Steelالمقاوم للتآكل وللعوامل الجوية المختلفة، كما أن كافة القطع المطاطية والوصلات الداخلية، مصنوعة من مواد غير سامة ولا تؤثر على خصائص الماء المار فيها، وتتميز هذه السخانات بسهولة التركيب والبساطة، حتى في أسوء الظروف عندما يتم كسر أحد الأنابيب المفرغة بفعل قسري، عندها ينبغي ببساطة إزالة الأنبوب المكسور عن طريق تحرير اللاقط الخاص به ووضع أنبوب جديد مكانه بكل سهولة ويسر. إن هذه المميزات والقدرات العالية التي تتمتع بها هذه السخانات، تؤهلها لأن تحتل أسطح منازلنا لتوفر لنا المياه الساخنة معظم أيام السنة، لكونها اقتصادية وصديقة للبيئة، كما أنها تزود بوحدة تسخين كهربائية فعالة في حال احتجاب أشعة الشمس لفترات طويلة في فصل الشتاء، ولا يقتصر استخدامها في المنازل فحسب، بل إنها أيضاً تلبي احتياجات التجمعات السكنية الكبيرة بالمياه الساخنة، كالفنادق والمستشفيات والنوادي وغيرها[6].

**4-1 تصميم المنظومة الشمسية :.**

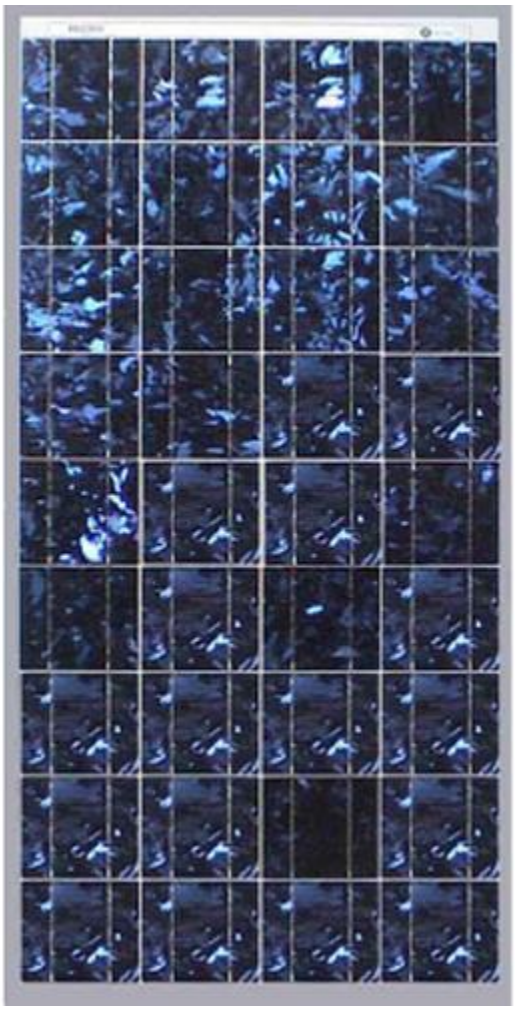
**1-1- مواصفات وحدة القدرة المختارة : Module .**

تم اختيار الوحدة الفوتوفولتائية التالية

Module [PW 750 I series ] تتكون من 36 خلية موصلة بقدرة ( 75w= $P_{modele}$)

وبقدرة للخلية الواحدة 2.09w= $P_{cell}$,

| مواصفات | القيم |
|---|---|
| نقطة القدرة العظمي | 75w |
| نقطة الفولتية العظمي | 17.0v |
| أقصي تيار | 4.4A |
| فولتية الدائرة المفتوحة voc | 21.6v |
| تيار الدائرة المفتوحة Isc | 4.7A |
| عدد الخلايا | 9×4=36 |
| الشروط التجارية والقياسية | |
| مدي درجة الحرارة | -40 to +85$C^0$ |
| درجة حرارة الخلية | 25$C^0$ |
| الشروط التجارية | AMI (1.5)<br>1KW\$m^2$ |



والشكل (1.4) نوع وحدة القدرة المختارة [17] Module (P W 750 I series]

**4-2 تصميم تسخين المياه بالطاقة الشمسية :.**

من واقع الاستخدام الفعلي فإن معدل الاستهلاك الوسطي للفرد من الماء الساخن يوميا هو 50 لتر والفرق مابين درجات الحرارة الماء الساخن للاستعمال $45c^{\circ}$.

يجب تقييم الموقع الخاص بتركيب السخانه الشمسية لتسخين المياه بالطاقة الشمسية.

**1 . حساب كمية الاحتياج من المياه الساخنة .**

كما ذكرنا سابقا أن الاستهلاك للشخص الواحد (50 لتر ) وعلية فكمية الماء الساخن لأسرة تتكون من 6 أشخاص :

$v_{\mathrm{Hm}}$ =300l (60c) =6×50l

بما أن 1L=1kg

إذاً300L=300kg.

2- حساب كمية الحرارة لرفع درجة حرارة الماء بمقدار 45°C

من المعادلة (3-1 ) نحسب كمية الحرارة اللازمة

Q= $v_{Hm}$ c($T_{fc}$ - $T_{ft}$ )

علي اعتبار أن الماء البارد درجة 15 والماء الساخن درجته 60 , وبالتعويض في المعادلة السابقة نحصل علي :

Q = 300kg ×$\frac{1.16Wh}{kg\ \ k}$×(60 − 15 ) k = 15660wh\day =15.66 kwh\day

1- مساحة اللاقط الشمسي :.

$$AS = \frac{Q(\text{اليومية})}{H(\text{اليومية}) \times G(\text{كفاءةالمجمع})}$$

حيث أن Q كمية الحرارة اللازمة , H متوسط الإشعاع الشمسي في ليبيا , G كفاءة المجمع الشمسي .

من معادلة حساب مساحة اللاقط الشمسي نجد أن .

$$AS = \frac{365day \times 15.66kwh\backslash day}{2000kwh\backslash m^2 \times 0.50} = 5.7159m^2$$

$$AS = 5.7159\ m^2$$

القيمة السابقة هي مساحة اللواقط الشمسية ولكن ما هي مساحة اللاقط الواحد المتوفر بالسوق , بحيث نعرف كم هو عدد اللواقط , فالحقيقة مساحة اللاقط الواحد وبحسب الشركات المصنعة وبقيمة وسطية تقريبه $1.8\ m^2$

وعليه يكون عدد اللواقط

$n= 5.7159|1.8=3.1755$

$n=4$

إذاً نحتاج إلي عدد *4* من اللواقط

**4-3 الجدوى الاقتصادية :.**

الطاقة الشمسية مجدية في حالة المناطق النائية البعيدة عن الشبكة العامة والتي تحتاج استثمارات كبيرة لإنشاء خطوط نفل وتوزيع الطاقة .

1.حساب تكلفة منظومة السخان الشمسي .

عند استخدام منظومة الخلايا الشمسية فإن العمر الافتراضي للبطاريات هو 10 سنوات فقط , والعمر الافتراضي لبقية مكونات منظومة الخلايا الشمسية هو 25 سنة .

عند استخدام منظومات الخلايا الشمسية قمنا باستعمال أسعار من الجهاز التنفيذي للطاقة المتجددة احتسبت قيمة منظومة متكاملة بمقدار حوالي 8,250 دينار ليبي (22), واستخدمنا أيضا سعر الوات ذروة الواحد وهو5,000 دينار ليبي لكل كيلو وات (22).

**4- 4 حساب تكلفة السخان الشمسي:-**

تكلفة منظومة التحويل الحراري للسخان الشمسي بسعة 300 لتر مساحة 4 متر مربع تكون 1,350 دينار ليبي.

في حالة التحويل الحراري للسخانه الشمسية فنتائجه موضحة كما بالجدول (5-2) .

جدول (5-2) يبين نتائج منظومة التحويل الحراري .

| كمية الماء الساخن اللازم للمنزل (عدد الأفراد 6 ) باللتر | كمية الحرارة الإجمالية اللازم امتصاصها من قبل سطح اللواقط الشمسية بالكيلو وات ساعة | عدد الألواح الشمسية اللازمة لتوفير هذه الحرارة للمنزل |
|---|---|---|
| 300 | 15.66 | 4 |

**-2-النتائج الاقتصادية :**

تكلفة المتر المكعب من المياه = 0.02 دينار ليبي أو 20 درهم لكل متر مكعب .

إما تكلفة منظومة التحويل الحراري للسخان الشمسي بسعة 300 لتر مساحة 4 متر مربع تكون 1,350 دينار ليبي

**التوصيات**

1. الدعم المادي و المعنوي وتنشيط حركة البحث في مجلات الطاقة الشمسية.
2. القيام بمشاريع رائدة وكبيرة نوعا ما وعلي مستوي يفيد البلد كمصدر أخر من الطاقة .
3. تحديد دراسات استخدامات الطاقة الشمسية في ليبيا وحصرها وتقويم ما هو موجود فيها .
4. تطبيق جميع سبل ترشيد الحفاظ علي الطاقة ودراسة أفضل طرقها بالإضافة إلي دعم المواطنين اللذين يستعملون الطاقة الشمسية في منازلهم .
5. تشجيع التعاون مع الدول المتقدمة في هذا المجال والاستفادة من خبراتها علي أن يكون ذلك مبنياً علي أساس المساواة والثقة المتبادلة .
6- أوصي بتطبيق العملي لهذه الدراسة في ليبيا.

**المراجع:**


1- د.أبراهيم صالح ابراهيم , د .محمد علي موسي , د .محمد اخلاط , د. ميلود المهدي . دراسة استخدام الطاقة الشمسية في تغذية المناطق النائية صيف 1998ف.

2- إحسان علي الجادري , د. يونس محمود محمد سليم (2010) , أثر استخدام المنظومات الشمسية كمواد إنهاء خارجية في النتاج المعماري .مجلة الهندسة والتكنولوجيا , إصدار المجلة تصف شهري , الجامعة التكنولوجية العراق المجلد 28 , العدد 11.

3- د. أنطوان حداد . م. أميرة سبيتي (983 ) الطاقة الشمسية في الأسكان . العلم التكنولوجيا , مجلة علمية تصدر عن معهد الأنما العربي , بيروت , لبنان ,صص41 .

4- ايمان العجيلي دامان (2009) .دراسة عملية لمقارنة بعض الخصائص الفيزيائية لمجمعين شمسيين مستويين . مدرسة العلوم الأساسية قسم الفيزياء – أكاديمية الدراسات العليا, طرابلس , وهي جزء من متطلبات الحصول علي شهادة الماجستير في الفيزياء .

5- بها تشاندرافر كارليكار , روبرت .م.م وزموندة انتقال الحرارة , الدار العربية للنشر والتوزيع مصر 1989ف .

6- م. حمد الفارس (1995) السخانات الشمسية . العلوم والتقنية , مجلة علمية فصلية تصدرها مدينة الملك عبد العزيز للعلوم و التقنية , العدد 34 .

7- الجهاز التنفيذي للطاقة المتجددة .

8-http\ kawngroup.com -8

9-GENERAL ELECTRIC , COMPANY OF LIBYA .PHOTOVOLTAIC . generator -9 TGK 1200WP - 16 PW750 -24V TOTAL ENERGIE .

10-WWW.syreen .gov.sy\archive \docs \file \article8.doc. -10

11-WWW.solar –electric. Com \lib \wind –sun \SQ flex. -11

12-Earthscan (2005) .planning and Installing photovoltaic systems A guide for **-12** installers ,architects and engineers , German Energy Society , Jemes & James .

13-DGS (2008) ,planning and Installing photovoltaic systems A guide for **-13** installers ,architects and engineers, second edition ,The German Energy Society .