







RESEARCH ARTICLE

RENEWABLE ENERGY

Optimum Number of Glass Covers of Thermal Flat Plate Solar Collectors

ayhaab F. Nassar¹  , Mohamed T. Almehdi^{1,*}  , Osama M. Abushagura²  

¹Research Center for Renewable Energy and Sustainable Development, Wadi Alshatti University, Brack, Libya

²Mechanical and Aerospace Engineering, Carleton University, Ottawa, Ontario, Canada

ARTICLE HISTORY

Received Day Month Year
Revised Day Month Year
Accepted Day Month Year
Online Day Month Year

KEYWORDS

Not less than 3 words;
Optical efficiency;
Thermal performance;
Not more than 7 words.

ABSTRACT

About 250 Words, time new roman, 10pt and normal. The framework of Libya's pursuit to harness solar energy and integrate it into the national energy mix, surpassing a 50% contribution from renewable energies by 2050, this study focuses on the optimal utilization of solar energy, both photovoltaic and thermal, along with wind energy. The research presents an exemplary design for flat solar collectors, emphasizing the requisite number of transparent covers to achieve optimal thermal performance. Simulations were conducted under specified weather conditions, including solar irradiance of 100W/m², ambient air temperature of 30°C, and wind speed of 3m/s. Operating conditions were set at a flow rate of 100m³/h, with the inlet air temperature equal to the ambient air temperature. The efficiency equation provided by the manufacturer, a linear function considering the fluid inlet temperature, ambient air temperature, and solar irradiance on the inclined collector surface at a 30° angle south, was adopted. Consequently, a novel design for flat solar collectors, incorporating both air and water channels.

العدد الأمثل للأغطية الزجاجية لمجمعات الطاقة الشمسية الحرارية المسطحة

اسم المؤلف ثم اللقب¹، اسم المؤلف ثم اللقب^{1*}، اسم المؤلف ثم اللقب²

الكلمات المفتاحية

الطاقة الشمسية
المجمعات الشمسية المسطحة
الكفاءة
الكفاء البصرية
الاداء الحراري
العدد المثالي للأغطية الشفافة المناقشة

الملخص

في إطار تتميز منطقة الجبل الأخضر بمقومات طبيعية فريدة وبيئة حساسة تتطلب تضافر الجهود للحفاظ عليها وحمايتها من المشكلات البيئية وتحدياتها المتزايدة، ومن هنا يبرز دور المنظمات غير الربحية كأحد الشركاء في تنمية الوعي البيئي في المجتمع. تهدف الدراسة إلى قياس مستوى الوعي البيئي لدى سكان منطقة الجبل الأخضر، وتقييم مدى إسهام المنظمات غير الربحية في نشر وتنمية هذا الوعي، فضلاً عن تحديد أبرز التحديات التي تواجهها، وتحليل القيم والاتجاهات البيئية السائدة. اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي والمنهج الكمي من خلال أداة الاستبانة التي وُزعت على عينة عشوائية بلغت (385) مفردة. أظهرت النتائج أن مستوى الوعي البيئي جاء متوسطاً يميل إلى الانخفاض (1.81)، في حين سجلت القيم والاتجاهات البيئية مستوى مرتفعاً (3.60)، مما يدل على وجود فجوة بين الإدراك والوعي والسلوك البيئي، أي وعي قيمي نظري لا ينعكس بشكل كافٍ على الممارسات العملية لأفراد المجتمع. كما كشفت الدراسة عن قصور حاد في دور وفاعلية المنظمات البيئية جاء بمستوى متوسط (1.95)، مع وجود علاقة طردية دالة إحصائياً بين دورها ومستوى الوعي (R=0.241)، إلا أن هذا التأثير يظل محدوداً؛ وأُعزى ذلك إلى ضعف الانتشار، نقص التمويل، والدعم المؤسسي والمشاركة المجتمعية. كما أكدت التحليلات الإحصائية وجود علاقة ارتباطية ضعيفة بين الخصائص الديموغرافية للمبحوثين ومستوى وعيهم البيئي. وخلصت الدراسة إلى توصيات أهمها: تعزيز الدور التطبيقي للمنظمات وتوسيع نطاق

أنشطتها، توفير الدعم المالي، وتطوير الأنشطة التوعوية من خلال دمج التوعية البيئية في النظم التعليمية، وعقد شراكات مع المؤسسات التعليمية في الجامعات والأكاديميات والمعاهد العليا لتطوير بيئة بحثية مشتركة تتناول الدراسات البيئية، وتقديم التقارير السنوية للمجتمع ولأصحاب القرار، كذلك استثمار منصات التواصل الاجتماعي في عملية التوعية الرقمية، والانتقال نحو برامج عملية تستهدف تغيير السلوك البيئي للأفراد.

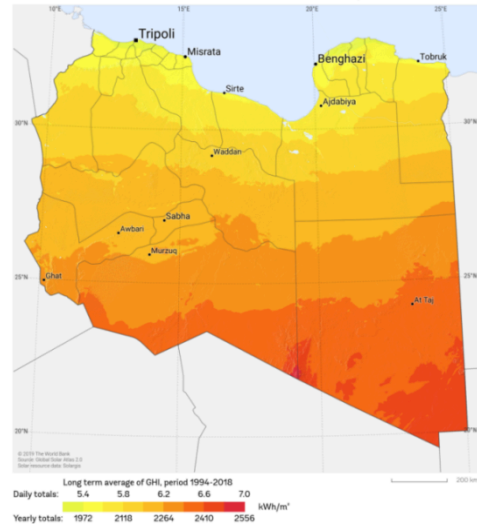
الكلمات المفتاحية: الوعي البيئي - المنظمات غير الربحية - الجيل الأخضر - القيم البيئية - السلوك البيئي.

المقدمة

من إجمالي الطاقة الكهربائية المنتجة، على التوالي)، كما هو موضح بالشكل (2)، وبالتالي فإن استخدام المنظومات الشمسية الحرارية لتسخين المياه ونسبة تغطية 80% [5]، يمكن أن توفر على الشركة العامة للكهرباء ما يقدر بحوالي 511,617 MW CO₂ [11]، وهذا بدوره سيحول دون اطلاق كمية كبيرة من غاز ثاني اكسيد الكربون في الهواء تقدر بحوالي 503,150 طنا من CO₂ في السنة، وسيتم توفير 148,870 طنا من زيت الديزل، وسيتم توفير ما قيمته 37.736 مليون دولار في السنة تكلفة الضرر البيئي الناجم عن انبعاثات [12] CO₂. محلياً، ناقشت العديد من الدراسات سبل تحسين الأداء الحراري لمنظومات التسخين الحرارية الشمسية [13-19]، والتحليل الحراري لمثل هذه المنظومات موقو في معظم كتب الطاقة الشمسية [20,21].

تعتبر المجمعات الشمسية المستوية من أكثر المجمعات شيوعاً واستخداماً في التطبيقات المنزلية مثل تسخين المياه والتدفئة، وذلك لبساطة تصميمها، ورخص ثمنها، وعدم احتياجها إلى صيانة كبيرة، وتعمل بكفاءة تصل في المعدل إلى 70%. كما أنها تتميز عن غيرها من الأنواع الأخرى من المجمعات الشمسية، بأنها تقوم بتحويل كل من الأشعة المباشرة والمنتشرة بنفس الكفاءة. هذه المجمعات ضرورية لتحريص صناعة الطاقة الحرارية في القطاع المنزلي من الكربون والتحول نحو الطاقات الصديقة للبيئة. فقد بلغت قيمة الاستثمارات في سوق المجمعات الحرارية الشمسية في عام 2022 حوالي 25.84 مليار دولار، ومن المتوقع أن ينمو السوق إلى 44.73 مليار دولار في عام 2030، بمعدل نمو سنوي يبلغ 8.15%. حيث شهد عام 2020 نمواً بنسبة 36% عن عام 2015، وبلغت القدرات الحرارية المركبة حول العالم للمجمعات الشمسية المستوية حوالي 6,479 ميجاوات. وتعد الصين وألمانيا والدنمارك من أكبر المستثمرين في هذه الصناعة [22]. للأسف لا توجد أي معلومات حول القدرات الحرارية المركبة في ليبيا!

تتكون المجمعات الشمسية المستوية (كما هو مبين في الشكل 3) من خمسة عناصر رئيسية: الغطاء الشفاف والذي يسمح بمرور الأشعة الشمسية من خلاله ويقفل من الفقد الحراري من أعلى المجمع، ويمكن أن يكون غطاء واحد أو عدة أغطية (وهو يمثل مشكلة البحث الحالي). الصفيحة الماصة والتي تمتص الطاقة الشمسية وتنقلها كطاقة مفيدة إلى المانع العامل. قناة مرور المانع والتي يمر فيها المانع العامل. والطبقة العازلة الخلفية لتقليل فقدان الحرارة من أسفل المجمع. والصندوق الذي يجمع كافة هذه العناصر والذي يمكن أن يكون من الخشب أو الألمونيوم. ينعكس وينتقل ويمتص الإشعاع الشمسي الساقط على سطح المجمع الشمسي عن طريق الغطاء/الأغطية الشفافة واللوح الماصة بمعدلات متفاوتة تحدد الكفاءة البصرية للمجمع الشمسي. يتم تحديد الخصائص البصرية مثل: الانكسار (n)، ومعامل الامتصاصية والانبعاثية للمجمع بواسطة سمك (L)، معامل الانكسار (n)، ومعامل الخمود (k). وهي دالة في الطول الموجي للضوء وزاوية سقوط الأشعة الشمسية [20].



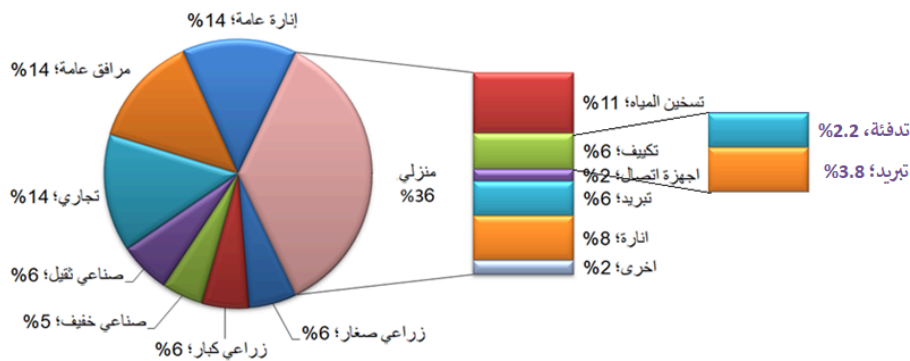
تنفيذاً لل

الشكل 1: المتوسط السنوي للإشعاع الشمسي الكلي اليومي

[Source: solargis.com/maps-and-gis-data/download/libya]

تضمن أهمية الدراسة في أن احتمالات التدفئة وتسخين المياه تشكل ما يقرب من نصف الطاقة المستهلكة في المباني. ويعد الحفاظ على دفء المنازل في الشتاء

وتوفير الماء الساخن لتلبية الاحتياجات الصحية من خدمات الطاقة الأساسية. في ليبيا، يعتبر قطاع صناعة الطاقة الكهربائية الأكثر استهلاكاً للنفط (71 مليون برميل في العام) والأكثر تلوثاً من باقي القطاعات الأخرى (35.5% من مجموع انبعاثات غاز CO₂ [8]). ويستهلك القطاع المنزلي ما يقارب 36% من إنتاج الطاقة الكهربائية في البلاد، وان ما يقارب من 30% منها تستهلك في تسخين المياه [9] (أي ما يقدر بحوالي 11% من إجمالي الطاقة الكهربائية المنتجة في ليبيا) وحوالي 6% تستهلك في أجهزة تكييف الهواء - 2.22% للتدفئة و3.78% للتبريد [10] (أي ما يقدر بحوالي 0.8% و1.4%



الشكل 2: توزيع استهلاك الطاقة الكهربائية في ليبيا

يمثل الشكل 4 علاقة الكفاءة البصرية مع زاوية سقوط الأشعة الشمسية لمجمعات شمسية بعدة أغطية شفافة ولعدة معاملات انكسار عند سمك الأغطية الزجاجية يساوي 3.2mm.

والتي تسعى دائما لتقليل زاوية سقوط الأشعة الشمسية [47]. وبطبيعة الحال كلما زادت الأغطية الزجاجية قلت النفاذية وكلما قل معامل الانكسار زادت النفاذية.

الشكل 4: علاقة نفاذية الأغطية الزجاجية مع زاوية سقوط الأشعة الشمسية لعدد من الأغطية الشفافة ولعدد من معاملات الانكسار

تم في هذا البحث محاكاة الأداء الحراري لمجمع شمسي مسطح هوائي بطول 5m وبمعدل تدفق الهواء $100\text{m}^3/\text{h}$ ، تحت الظروف الجوية من اشعاع شمسي قدره $1000\text{W}/\text{m}^2$ ودرجة حرارة الهواء الجوي 30°C وسرعة الرياح $3\text{m}/\text{s}$ ، وذلك لتحديد العدد الأمثل من الأغطية الشفافة للحصول على أفضل كفاءة للمجمع. تبين من خلال التحليل أن عدد الأغطية يعتمد بصورة كبيرة على درجة حرارة الصفيحة الماصة وعلى درجة حرارة الهواء الجوي. وعليه تم اقتراح تصميم جديد للمجمعات الشمسية المسطحة بشقيها الهوائي والمائي حيث تم تمثيلها في فترات فوق درجة حرارة الصفيحة الماصة والهواء الجوي وكانت كالتالي: الفترة $(5-0^\circ\text{C})$ بدون غطاء، الفترة $(40-5^\circ\text{C})$ غطاء واحد، الفترة $(85-40^\circ\text{C})$ غطائين، الفترة $(140-85^\circ\text{C})$ ثلاثة أغطية، الفترة $(180-140^\circ\text{C})$ أربعة أغطية، الفترة $(>180^\circ\text{C})$ خمسة أغطية.

إثر هذه الدراسة التحليلية، تم وضع خطة بحثية مستقبلية والتي تتضمن:

1. إجراء تجربة عملية للتحقق من صلاحية التحليل العددي تحت ظروف عملية محددة من شدة اشعاع شمسي ودرجة حرارة الهواء المحيط وكذلك معدلات مختلفة من تدفق ودرجات حرارة دخول المانع.

2. إجراء محاكاة باستخدام برنامج المحاكاة الديناميكي Transient System ((Simulation Tool TRNSYS

الخصائص الفنية والبيانات المناخية

يمثل الجدول (1) الخصائص الفنية والبيانات المناخية المستخدمة في هذا البحث

الجدول 1: الخصائص الفنية للمجمع الشمسي الهوائي تحت الدراسة

المعلومة	البيان
BlueClean	نوع المجمع الشمسي
تشانغتشو - الصين	بلد المنشأ
$5060 \times 1060 \times 90$	أبعاد المجمع الشمسي، mm
$5000 \times 1020 \times 1.0$	أبعاد الصفيحة الماصة، mm
$5010 \times 1028 \times 3.2$	أبعاد الغطاء الشفاف، mm
24mm	المسافة الفاصلة بين الصفيحة الماصة والغطاء الشفاف
24mm	المسافة الفاصلة بين الأغطية الشفافة
20mm	عمق قناة الهواء ($d_{channel}$)
401W/mK	الموصلية الحرارية للصفيحة الماصة (k_p)
ألومنيوم	معدن الصفيحة الماصة
الكروم الأسود الانتقائي	طلاء سطح الصفيحة الماصة
0.95	امتصاصية الصفيحة الماصة (α)
0.11	انبعاثية الصفيحة الماصة (ϵ_p)

النتائج والمناقشة

Author Contributions: "All authors have made a substantial, direct, and intellectual contribution to the work and approved it for publication."

Funding: "This research received no external funding."

Data Availability Statement: "No data were used to support this study."

Conflicts of Interest: "The authors declare that they have no conflict of interest."

Acknowledgments: "The authors would like to express their appreciation to the Research Center for Renewable Energy and Sustainable Development, Wadi Alshatti University, Brack-Libya, for their support during the study."

References

[1] Y. Nassar, H. El- Khozondar, N. Abohamoud, A. Abubaker, A.

Ahmed, A. Alsharif and M. Khaleel, "Regression Model for Optimum Solar Collectors' Tilt Angles in Libya," in The 8th International Engineering Conference on Renewable Energy & Sustainability (ieCRES 2023), Gaza Strip, Palestine, May 8-9, 2023.

[2] M. Andeef, K. Bakouri, B. Ahmed, A. Gait, F. El-Batta, F. Foqha and H. Qarqad, "The Role of Renewable Energies in Achieving a More Secure and Stable Future," International Journal of Electrical Engineering and Sustainability (IJEES), vol. 1, no. 2, pp. 11-23, 2023.

[3] K. Moumani, "Management of Sustainable Development in the Light of Arab and International Cooperation, a Case Study of the Arab Vision of Management of Sustainable Development," Wadi AlShatti University Journal of Pure and Applied Sciences, vol. 1, no. 1, pp. 1-8, 2023.