



ISSN: 1813-162X (Print) ; 2312-7589 (Online)

Tikrit Journal of Engineering Sciences

available online at: <http://www.tj-es.com>
TJES
 Tikrit Journal of
 Engineering Sciences

Maki Haj. Zaidan *

Hameed Jasim Khalaf

Ahmed Mohamed Shaker

 Mechanical Engineering Department
 College of Engineering
 Tikrit University
 Salahaldeen
 Iraq

Optimum Design of Parabolic Solar Collector with Exergy Analysis

ABSTRACT

This research deals with optimum design of parabolic solar collector with exergy analysis, a mathematical model built to reach the optimum design for the parabolic trough solar collector by three main parts. The first part concentrated on optimal design depends on the measured values of the solar intensity radiation fell on the city of Kirkuk and to obtain solar absorbed radiation, while the second part revolves on energy analysis of parabolic solar collector, and the final part was carried out exergy analysis of parabolic trough solar collector. The exergy efficiency took as a measurement to find the optimum operation condition (inlet water temperature and mass flow rate) and design parameter (concentration ratio, length solar collector and width solar collector). The design depended on the climatic conditions of the city of Kirkuk after it measured, also it show's the importance of using exergy analysis in the design by studying the impact of some of the basic transactions of the solar system.

Keywords:

 Solar energy
 parabolic trough collector
 exergy analysis

ARTICLE INFO

Article history:

 Received 25 April 2017
 Accepted 11 July 2017
 Available online 01 December 2017

© 2017 TJES, College of Engineering, Tikrit University

DOI: <http://dx.doi.org/10.25130/tjes.24.4.10>

التصميم الأمثل لمنظومة طاقة شمسية من نوع القطع المكافئ باستخدام طريقة تحليلات الطاقة المتاحة

الخلاصة

يتناول هذا البحث دراسة التصميم الأمثل لمنظومة الطاقة الشمسية من القطع المكافئ باستخدام تحليلات الطاقة المتاحة، وقد تم بناء نموذج رياضي لتصميم المنظومة الشمسية وعلى ثلاث مراحل رئيسية، المرحلة الأولى: تركزت على التحليل البصري للمجمع الشمسي بالاعتماد على بيانات قيم شدة الإشعاع الشمسي لدائرة الأنواء الجوية لمدينة كركوك ومقارنتها مع البيانات المقاسة للظروف الجوية والتي تم الحصول منها على قيم الإشعاع الشمسي الممتص من الأنابيب الماص. أما المرحلة الثانية فتضمنت التحليل الحراري للمجمع الشمسي، وبينما تضمنت المرحلة الثالثة تحليلات الطاقة المتاحة للمنظومة الشمسية. تم أخذ كفاءة الطاقة المتاحة بوصفها مقياسا للحصول على أفضل قيم لكل من معاملات التشغيل من حيث درجة حرارة دخول الماء ومعدل التدفق الكتلي والحصول على أفضل قيم لمعاملات التصميم من حيث تركيز الإشعاع الشمسي وطول اللاقط الشمسي وعرض اللاقط الشمسي عند أفضل قيمة لنسبة التركيز، وقد تم اعتماد على الظروف المناخية المقاسة لمدينة كركوك في تصميم المنظومة الشمسية، وتبين أيضا أهمية استخدام تحليلات الطاقة المتاحة في التصميم عن طريق دراسة تأثير بعض المعاملات الأساسية للمنظومة الشمسية.

الدراسات التحليلية، وبتقليل مدى للانعكاسية في أي من مكونات مجمع شمسي مركز من نوع القطع المكافئ يمكن تحقيق زيادة في الكفاءة الإجمالية للمنظومة. يمكن تحليل الطاقة المتاحة (المبني على أساس القانون الثاني للديناميكا الحرارية) من حساب أقصى شغل ممكن توقعه من مجمع شمسي مركز من نوع القطع المكافئ، ويقاس بدقة الخسائر الحقيقية والمواقع الصحيح لهذه الخسائر. نظرا للتوجه الحديث لاستخدام الطاقات المتجددة بسبب ارتفاع اسعار الطاقات الاعتيادية والتأثير السلبي في البيئة لذلك جاءت فكرة اجراء دراسة نظرية للحصول على التصميم الأمثل لمجمع طاقة شمسية ذي قطع مكافئ لأنظمة تحويل الطاقة الحرارية، حيث سيتم استخدام تحليل الطاقة المتاحة لتقييم الأداء الحراري

1. المقدمة

بسبب الاستهلاك السريع للطاقة، أصبح الحفاظ على الطاقة (ترشييد الطاقة) من الأمور البالغة الأهمية. وللبدء في اي برنامج لترشييد الطاقة من الضروري تحديد نوعية الطاقة المفقودة بالإضافة إلى كميتها، لأن الطاقة لا تقيم على اساس كميتها فقط وإنما على نوعيتها أيضا. وتقاس نوعية الطاقة بواسطة كمية الشغل الممكن استخراجها منها. وهو ما يعرف بالطاقة المتاحة (Exergy). تنتج البحوث الحديثة في تحليل الطاقة المتاحة لأنظمة الطاقة الحرارية المحددة مجمع شمسي مركز من نوع القطع المكافئ كأساس لإجراء

* Corresponding author: E-mail : makihag_29@yahoo.com

كفاءة الطاقة المتاحة	η_{ex}
الكفاءة البصرية	η_o
كفاءة بتلا	η_p
الزوج الديناميكية ($N.s/m^2$)	μ
الكثافة (kg/m^3)	ρ
ثابت ستيفان-بولتسمان ($W/m^2.K^4$)	σ
الرموز السفلية الدليلية	
المحيط	a
المباشر	b
المجمع الشمسي	c
المنتشر، المقدار المشتت	des
الطاقة المتاحة	ex
المانع	f
دخول المانع	fi
خروج المانع	fo
داخلي	i
الكلي	L
بصري	o
القيمة المثلى للمعاملات المتغيرة	opt
خارجي	out
الشمس	S
اختلاف الضغط	Δp

الرموز	
Q_u	الطاقة الحرارية المفيدة (W)
I_b	الإشعاع المباشر على وحدة المساحة (W/m^2)
A_{ape}	مساحة فتحة اللاقط (m^2)
A_r	مساحة انبوب المستلم (m^2)
H_{ab}	الطاقة الشمسية الممتصة (W/m^2)
D	القطر (m)
\dot{E}	الطاقة المتاحة
$E_{in,f}$	الطاقة المتاحة الداخلة (W)
$E_{out,f}$	الطاقة المتاحة الخارجة (W)
$E_{in,r}$	الطاقة المتاحة المنقولة بواسطة الإشعاع الشمسي (W)
$E_{l,th}$	الطاقة المتاحة المسربة بسبب انتقال الحرارة من انبوب الى الجو (W)
$E_{l,opt}$	الطاقة المتاحة المسربة بسبب الاخطاء البصرية (W)
$E_{des,abs}$	الطاقة المتاحة المشتتة الناتجة اختلاف درجة حرارة انبوب والشمس (W)
$E_{des,\Delta p}$	المقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف الضغط (W)
$E_{des,cond}$	الطاقة المتاحة المشتتة الناتجة من اختلاف الحرارة بين المانع والانبوب (W)
E_{rad}	الطاقة المتاحة المنقولة بواسطة الإشعاع إلى داخل المنظومة الشمسية (W)
F	عامل كفاءة الزعفة
\dot{F}	معامل كفاءة المجمع الشمسي
F_R	معامل إزالة الحرارة للمجمع الشمسي
h_w	معامل انتقال الحرارة للسطح الخارجي للأنبوب ($W/m^2\text{°C}$)
V	سرعة الرياح (m/s)
$h_{r,rt-sky}$	معامل انتقال الحرارة بالإشعاع بين الأنبوب المستلم والمحيط ($W/m^2\text{°C}$)
T	درجة الحرارة ($^{\circ}C$)
m	معدل تدفق الكتلة (kg/s)
c_p	الحرارة النوعية للأنبوب المستلم بثبوت الضغط ($J/kg\text{°C}$)
$h_{c,i}$	معامل انتقال الحرارة داخل الأنبوب المستلم ($W/m^2\text{°C}$)
L	طول اللاقط الشمسي (m)
k	الموصلية الحرارية ($W/m^2\text{°C}$)
Re	رقم رينولدز
S	الإشعاع الشمسي الممتص من لوحة الامتصاص (W/m^2)
w	عرض اللاقط الشمسي (m)
C	نسبة التركيز الإشعاع الشمسي
V_f	سرعة المانع (الماء) (m/s)
U_L	معامل الفقدان الحراري الكلي ($W/m^2\text{°C}$)
F	البعد البؤري (m)
الرموز الاغريقية	
τ	معامل النفاذية
α	الامتصاصية للأنبوب المستلم
ρ	الانعكاسية للسطح العاكس
γ	معامل الاعتراض للأنبوب المستلم
ε_{rt}	انبعاثية الأنبوب المستلم
η_{th}	كفاءة المجمع الشمسي

للمجمع الشمسي عند ظروف تشغيلية قياسية للحصول على اعلى طاقة حرارية من المجمع الشمسي، وفي هذا التحليل سيتم اخذ بعض المعاملات الهندسية كدرجة حرارة دخول الماء الى المجمع الشمسي ونسبة التركيز الإشعاع الشمسي ومعدل التدفق الكتلي كمتغيرات داخلية في نظام المجمع الشمسي، كما سيتم في هذه الدراسة حساب كفاءة الطاقة المتاحة وفق المتغيرات الداخلة الى النظام لإيجاد القيم المثلى لكفاءة الطاقة المتاحة للوصول الى التصميم الأمثل للمجمعات الشمسية ذي القطع المكافئ.

2. المعادلات الرياضية والتحليل الفيزيائي

يعتمد وضع النماذج الأساسية للمجمع الشمسي على معادلات توازن الطاقة والكتلة وتحليل الطاقة المتاحة، وبعدها يتم اختبار أداء المجمع الكلي بدمج جميع النماذج الرياضية للأجزاء للحصول على اعلى كفاءة طاقة متاحة ممكنة للمجمع الشمسي. ويتطلب التحليل الرياضي الفرضيات الآتية:

- أداء المنظومة يكون مستقراً.
- جريان المانع في الأنابيب يكون منتظماً ورقائقي.
- اعتبار السماء كجسم اسود لطول موجي طويل الإشعاع عند درجة حرارة السماء.
- إهمال تأثير الغبار على السطح العاكس للإشعاع.

1.2 حساب الكفاءة البصرية للاقط الأسطواني

هي النسبة بين كمية الإشعاع الشمسي الممتص من قبل الأنبوب الماص الى كمية الإشعاع الشمسي الساقط عمودياً على مساحة اللاقط الشمسي. وتحسب من المعادلة الآتية [1]:

$$\eta_o = \frac{S}{I_b} \quad (1)$$

ويحسب الإشعاع الشمسي الممتص من قبل الأنبوب الماص (S) من العلاقة الآتية [2,3]:

يحسب معامل ازالة الحرارة من المعادلة الآتية [7,4]:

$$F_R = \frac{m_f^{\circ} Cp_f}{A_r \cdot U_L} \left[1 - \exp\left(-\frac{A_{r,i} U_L F'}{m_f^{\circ} Cp_f}\right) \right] \quad (14)$$

3.2 تحليلات الطاقة المتاحة للمجمع الشمسي

تُعرف الطاقة المتاحة بالمعنى الديناميكي للحرارة بأنها الطاقة المتوفرة لإنجاز الشغل، وتمتلك كل منظومة عند درجة حرارة اعلى من الصفر المطلق مقدراً من الطاقة.
معادلة الطاقة المتاحة الداخلة للنظام عبر المائع وهي [8]:

$$E_{in,f} = m_f Cp \left(T_{in} - T_a - T_a \ln \frac{T_{in}}{T_a} \right) + \frac{m_f \Delta P_{in}}{\rho} \quad (15)$$

كمية الطاقة المتاحة الخارجة من المجمع الشمسي عبر المائع [8]:

$$E_{out,f} = m_f Cp \left(T_{out} - T_a - T_a \ln \frac{T_{out}}{T_a} \right) + \frac{m_f \Delta P_{out}}{\rho} \quad (16)$$

قيمة الطاقة المتاحة الناتجة من الاشعاع الشمسي يمكن التعبير عنها بالمعادلة الآتية [8]:

$$E_{in,r} = A_{ape} I_b \eta_p \quad (17)$$

حيث ان كفاءة بتلا يوضح في المعادلة الآتية [8]:

$$\eta_p = 1 - \frac{4 T_a}{3 T_s} + \frac{1}{3} \left(\frac{T_a}{T_s} \right)^4 \quad (18)$$

نسبة الطاقة المتاحة المسربة بسبب انتقال الحرارة من الانبواب الماص للجو الى الطاقة المتاحة الناتجة من الاشعاع الشمسي [8]:

$$\dot{E}_{l,th} = \frac{U_l A_r}{A_{ape} I_b \eta_p} (T_r - T_a) \left(1 - \frac{T_a}{T_r} \right) \quad (19)$$

نسبة الطاقة المتاحة المسربة الى الجو بسبب الاخطاء البصرية الى الطاقة المتاحة الناتجة من الاشعاع الشمسي وكما هو موضح في المعادلة الآتية [8]:

$$\dot{E}_{l,opt} = (1 - \eta_o) \quad (20)$$

إن نسبة المقدار المشتمت من الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف درجة حرارة انبواب الماص ودرجة الحرارة الشمس الى الطاقة المتاحة الناتجة من الاشعاع الشمسي الآتية [8]:

$$\dot{E}_{des,abs} = \frac{\eta_o I_b A_{ape} T_a \left(\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T_s} \right)}{A_{ape} I_b \eta_p} \quad (21)$$

ونسبة المقدار المشتمت من الطاقة المتاحة الناتجة من انخفاض الضغط في الانبواب الماص الى الطاقة المتاحة الناتجة من الاشعاع الشمسي [8]:

$$\dot{E}_{des,\Delta P} = \frac{m_f \Delta P}{A_{ape} I_b \eta_p \rho} \frac{T_a \ln(T_{out}/T_{in})}{(T_{out} - T_{in})} \quad (22)$$

ونسبة الطاقة المتاحة المشتمتة الناتجة من اختلاف درجات الحرارة بين المائع والانبواب الماص الى الطاقة المتاحة الناتجة من الاشعاع الشمسي [8]:

$$S = I_b \rho \gamma (\tau \alpha)_b + I_b (\tau \alpha)_b \left(\frac{D_{r,o}}{(W - D_{r,o})} \right) \quad (2)$$

2.2 حساب الخسائر الحرارية

تحسب الكفاءة الحرارية الانية للمجمع الشمسي عن طريق حساب النسبة بين الطاقة التي تم الاستفادة منها الى الطاقة الواصلة الى اللاقط الشمسي وكما يأتي [4]:

$$\eta_{th} = F_R \left[\eta_o - \frac{U_L (T_{f,i} - T_a)}{I_b \cdot C} \right] \quad (3)$$

وان القيمة الحقيقية للطاقة الحرارية النافعة المكتسبة من المجمع الشمسي موضح في المعادلة الآتية [5]:

$$Q_u = A_a F_R \left[S - U_L \frac{A_r}{A_a} (T_{f,i} - T_a) \right] \quad (4)$$

ويمكن حساب كمية الحرارة هذه عن طريق حساب معامل انتقال الحرارة الكلي والذي يحسب من المعادلة الآتية [5]:

$$U_L = h_w + h_{rad,r-sky} \quad (5)$$

يحسب (h_w) من المعادلة الآتية [6]:

$$h_w = 5.7 + 3.8 V \quad (6)$$

ويحسب معامل انتقال الحرارة بالاشعاع من الانبواب الماص الى المحيط الخارجي من المعادلة الآتية [6]:

$$h_{rad,r-sky} = \varepsilon_r \cdot \sigma (T_r + T_{sky}) (T_r^2 + T_{sky}^2) \quad (7)$$

وتحسب (T_{sky}) من المعادلة الآتية [6]:

$$T_{sky} = 0.055 T_a^{1.5} \quad (8)$$

تحسب درجة حرارة الانبواب الماص (T_r) من المعادلة الآتية [6]:

$$T_r = T_{m,f} + \frac{m^{\circ} Cp_r (T_{f,o} - T_{f,i})}{h_{c,i} \cdot A_{r,i}} \quad (9)$$

$$T_{m,f} = \frac{(T_{f,i} + T_{f,o})}{2} \quad (10)$$

$$T_{f,o} = T_{f,i} + \frac{Q_u}{m^{\circ} cp} \quad (11)$$

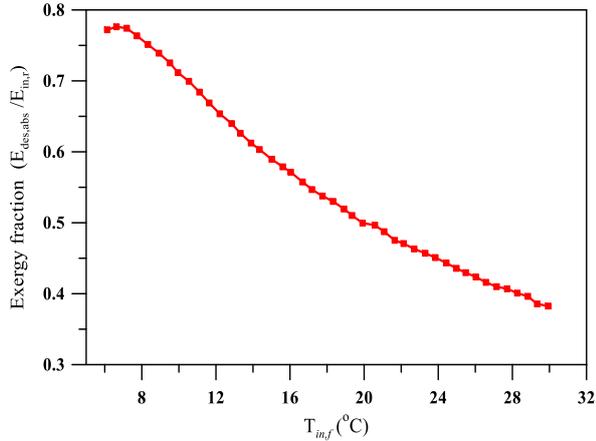
يحسب معامل انتقال الحرارة داخل الانبواب الماص ($h_{c,i}$) من المعادلة الآتية [5]:

$$h_{c,i} = \frac{K_f}{D_{r,i}} \left[3.6 + \frac{0.668 \left(\frac{D_{r,i}}{L} \right) Re_f Pr_f}{1 + 0.04 \left[\left(\frac{D_{r,i}}{L} \right) \cdot Re_f Pr_f \right]^{2/3}} \right] \quad (12)$$

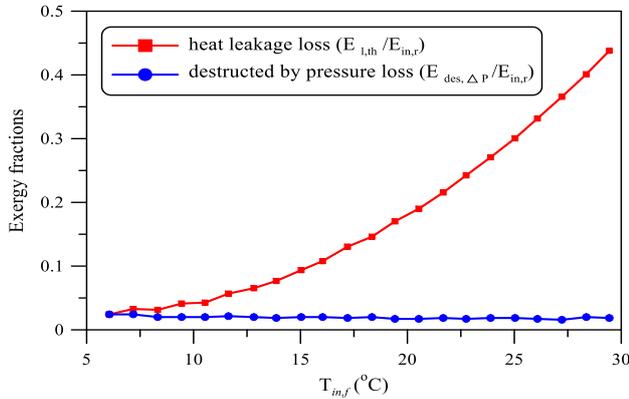
يحسب معامل كفاءة اللاقط الشمسي من المعادلة الآتية [4]:

$$F' = \frac{1/U_L}{\frac{1}{U_L} + \frac{D_{r,o}}{h_{c,i} \cdot D_{r,i}} + \frac{D_{r,o} \ln(D_{r,o}/D_{r,i})}{2K_r}} \quad (13)$$

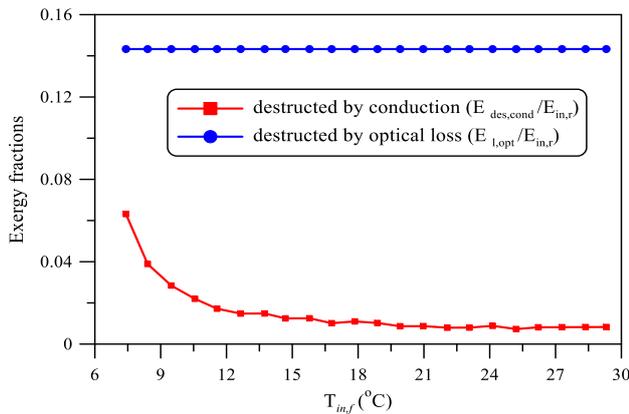
حرارة انبوب الماص ينخفض بزيادة درجة حرارة دخول الماء الى ان يصل الى (25) درجة مئوية ومن ثم يكون شبه مستقر بعدها، ولكن الطاقة المتاحة المسربة الى الجو بسبب الاخطاء البصرية تكون ثابتة لا تتغير مع تغير درجة حرارة الدخول الماء كما موضح في الشكل 8.



الشكل 6. العلاقة بين درجة حرارة الدخول مع الطاقة المتاحة المشتتة الناتجة من اختلاف درجة حرارة انبوب الماص والشمس لشهر آذار.



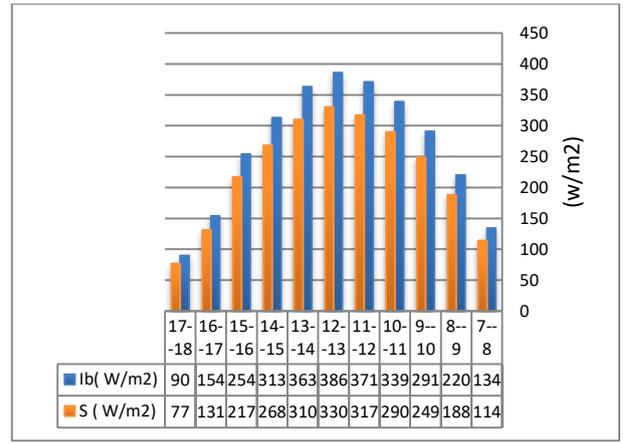
الشكل 7. العلاقة بين درجة حرارة الدخول مع الطاقة المتاحة المشتتة الناتجة من انخفاض الضغط والمقدار المسرب للطاقة من انبوب إلى الجو لشهر آذار.



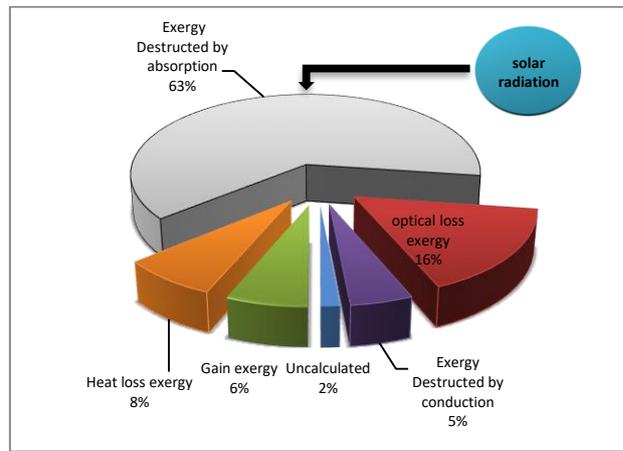
الشكل 8. العلاقة بين درجة حرارة الدخول مع الطاقة المتاحة المشتتة الناتجة اختلاف درجات الحرارة بين المانع وانبوب والمقدار المسرب إلى الجو بسبب الاخطاء البصرية لشهر آذار.

2.3 تأثير نسبة التركيز الاشعاع الشمسي

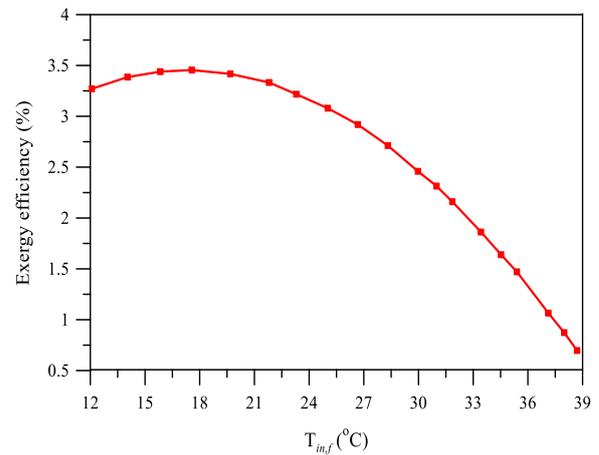
يوضح الشكل 9 تأثير نسبة التركيز الاشعاع الشمسي على كفاءة الطاقة المتاحة المتاحة لشهر آذار، فعند زيادة نسبة التركيز الاشعاع الشمسي يقل الطاقة المتاحة المسربة الناتجة من انتقال الحرارة



الشكل 3. التحليل البصري لمدينة كركوك للمجمع الشمسي لشهر آذار.

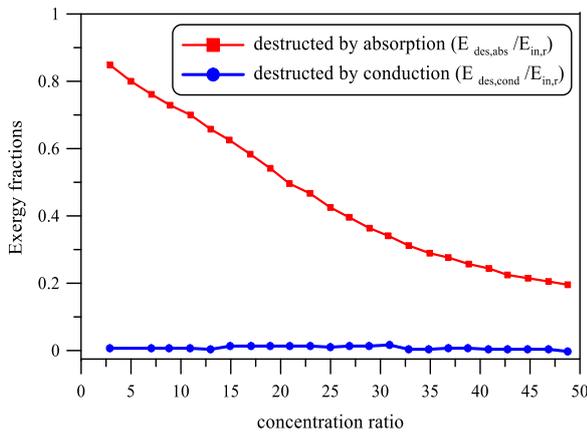


الشكل 4. تحليل خسائر الطاقة المتاحة لمجمع الشمسي ذي القطع المكافئ لشهر آذار.



الشكل 5. العلاقة بين درجة حرارة الدخول مع كفاءة الطاقة المتاحة لشهر آذار.

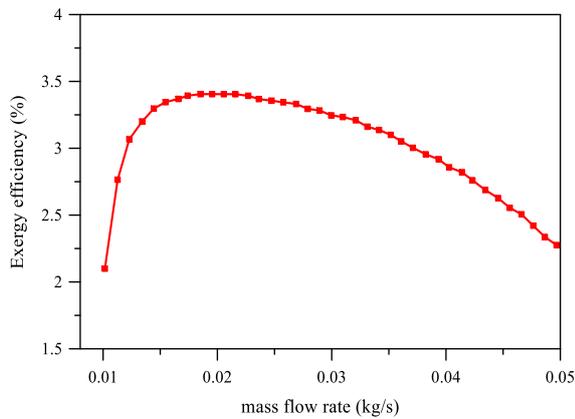
المتاحة المسربة من الانبوب الماص للجو الى الطاقة المتاحة الناتجة من الاشعاع الشمسي كما في المعادلة (19) تزداد بزيادة درجة حرارة دخول الماء إلى ان تصل إلى أعلى قيمة لها، ولكن نسبة الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف الضغط في الانبوب الماص الى الطاقة المتاحة الناتجة من الاشعاع الشمسي كما في المعادلة (22) اثناء جريان المانع داخل الانبوب الماص تكون قليلة جدا بحيث لا يؤثر على كفاءة الطاقة المتاحة، وبالتالي يكون لها تأثير أقل على كفاءة الطاقة المتاحة، وكذلك الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف درجات الحرارة بين المانع ودرجة



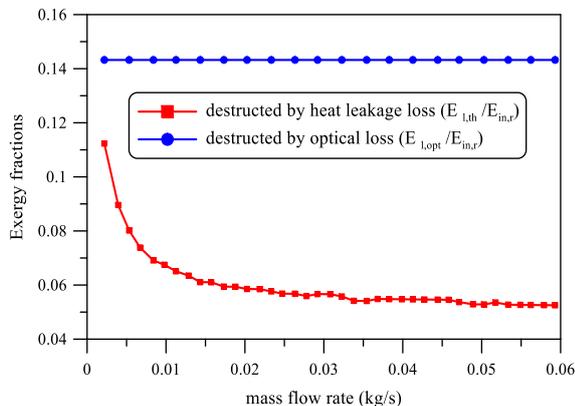
الشكل 12. العلاقة بين نسبة التركيز مع الطاقة المشتتة الناتجة اختلاف درجة الحرارة بين انبوب الشمس والنتيجة من انخفاض الضغط لشهر آذار.

3.3 تأثير معدل التدفق الكتلي للماء

يوضح الشكل 13 تأثير معدل التدفق الكتلي للماء على كفاءة الطاقة المتاحة لشهر آذار، ذلك لأن زيادة كتلة الجريان تسبب في نقصان المقدار المسرب من الطاقة المتاحة والنتيجة من انتقال الحرارة من انبوب الماص الى الجو، ولكن المقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من الحرارة المسربة الى الجو بسبب الاخطاء البصرية ثابتة لا تتغير مع تغير معدل التدفق الكتلي للماء كما هو موضح في الشكل 14، ويوضح الشكل 15 تأثير معدل التدفق الكتلي على المقدار المشتت من الطاقة المتاحة، تبين ان بزيادة معدل التدفق الكتلي يزداد المقدار

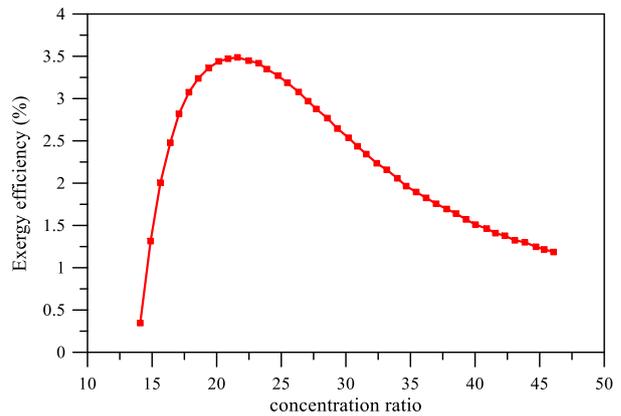


الشكل 13. العلاقة بين معدل التدفق الكتلي للمانع مع كفاءة الطاقة المتاحة لشهر آذار.

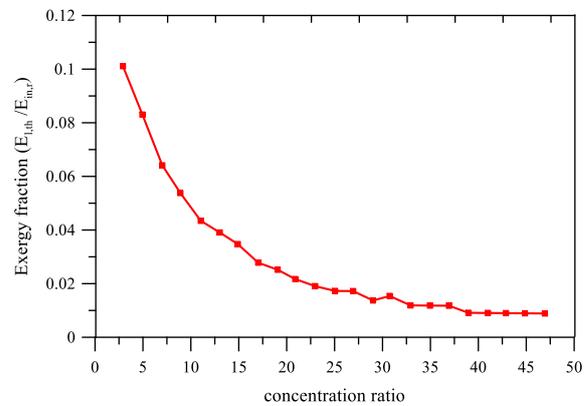


الشكل 14. العلاقة بين معدل التدفق الكتلي مع لطاقة المتاحة المشتتة الناتجة من الحرارة المسربة الى الجو بسبب الاخطاء البصرية والمقدار المسرب للطاقة المتاحة من انبوب إلى الجو لشهر آذار.

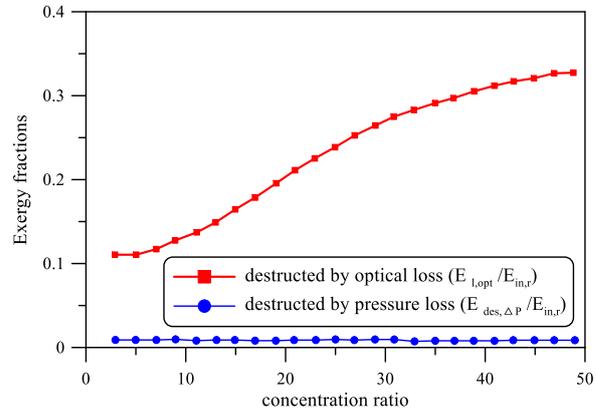
من الانبوب الماص الى الجو كما هو موضح في الشكل 10، وكذلك فإن الطاقة المتاحة الناتجة من الحرارة المسربة الى الجو بسبب الاخطاء البصرية يزداد بزيادة نسبة التركيز الاشعاع الشمسي، ولكن نسبة المقدار المشتت الناتجة من الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف الضغط تكون قليلة وبالتالي يكون لها تأثير قليل على كفاءة الطاقة المتاحة كما موضح في الشكل 11، فعند زيادة نسبة التركيز الاشعاع الشمسي يقل المقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف درجة الحرارة بين انبوب الماص والشمس مع تغير طفيف في نسبة المقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف درجات الحرارة بين المائع ودرجة الحرارة انبوب الماص كما هو موضح في الشكل 12.



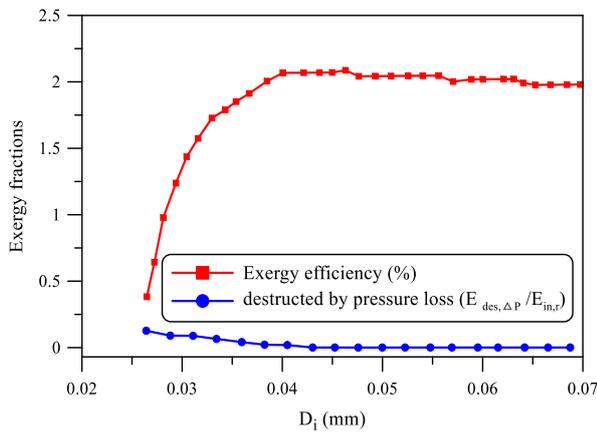
الشكل 9. العلاقة بين نسبة التركيز الاشعاع الشمسي مع كفاءة الطاقة المتاحة لشهر آذار.



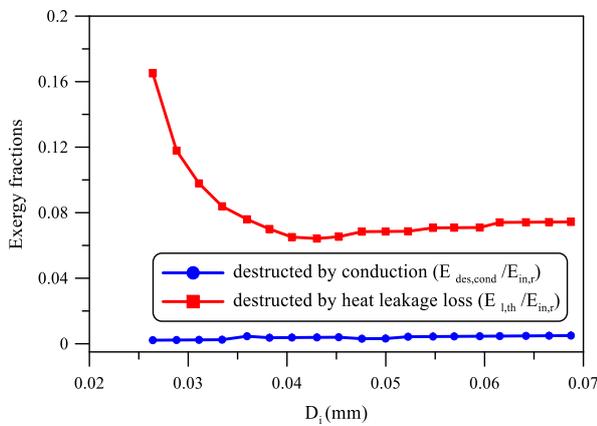
الشكل 10: العلاقة بين نسبة التركيز الاشعاع الشمسي مع المقدار المسرب للطاقة المتاحة من انبوب الماص إلى الجو لشهر آذار.



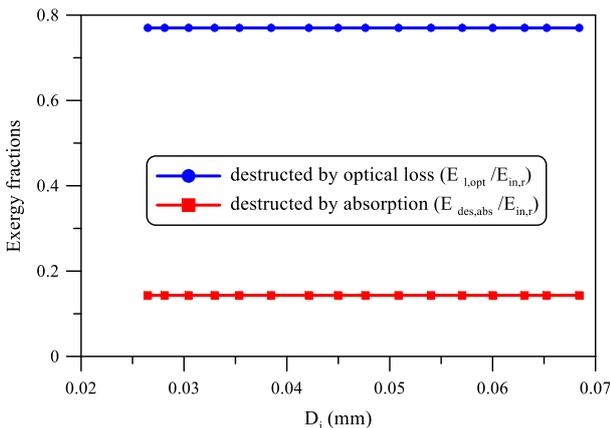
الشكل 11. العلاقة بين نسبة التركيز الاشعاع الشمسي مع المقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من انخفاض الضغط والمقدار المسرب للطاقة المتاحة إلى الجو بسبب الاخطاء البصرية لشهر آذار.



الشكل 17. العلاقة بين القطر الدخلي مع كفاءة الطاقة المتاحة والطاقة المتاحة الممتدة الناتجة من انخفاض الضغط في انبوب الماص لشهر أذار.



الشكل 18. العلاقة بين القطر الدخلي مع الطاقة المتاحة الممتدة الناتجة من اختلاف درجة الحرارة والمقدار المسرب للطاقة المتاحة لشهر أذار.

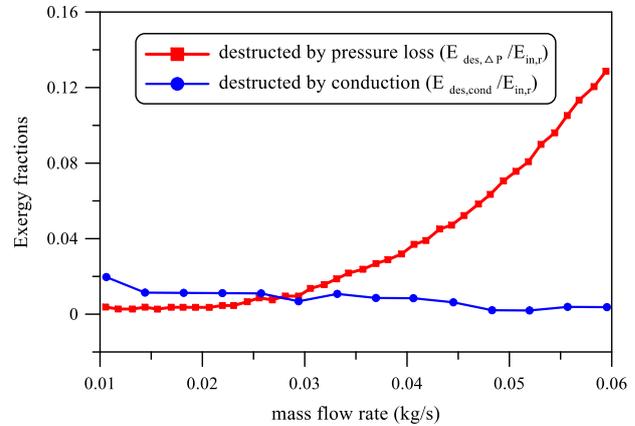


الشكل 19. العلاقة بين القطر الداخلي مع الطاقة المتاحة الممتدة الناتجة من اختلاف درجة الحرارة والمقدار المسرب بسبب الاخطاء البصرية لشهر أذار.

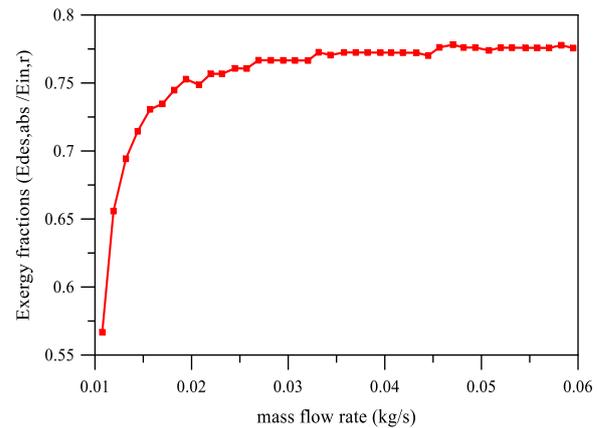
5.3 تأثير شدة الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على مجمع الشمسي

يوضح الشكل 20 تأثير شدة الإشعاع الشمسي المباشر على كفاءة الطاقة المتاحة، إذ يلاحظ زيادة كفاءة الطاقة المتاحة بزيادة شدة الإشعاع الشمسي المباشر، فبزيادة قيمة شدة الإشعاع الشمسي المباشر تزداد مقدار الطاقة المتاحة المنتقلة بواسطة الإشعاع الشمسي وكما هو

المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من انخفاض الضغط اثناء الجريان داخل الانبوب الماص مع تغير طفيف في المقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف درجات الحرارة بين المانع ودرجة الحرارة انبوب الماص حيث تكون قليلة، يلاحظ انه بزيادة معدل التدفق الكتلي للمائع فإن المقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف درجة الحرارة بين انبوب الماص والشمس تزداد الى ان تصل الى اعلى قيمة لها عند تدفق كتلي $(0.06) \text{ kg/s}$ كما موضح في الشكل 16.



الشكل 15. العلاقة بين معدل التدفق الكتلي مع الطاقة المتاحة الممتدة الناتجة من انخفاض الضغط والناتجة من اختلاف درجة الحرارة لشهر أذار.

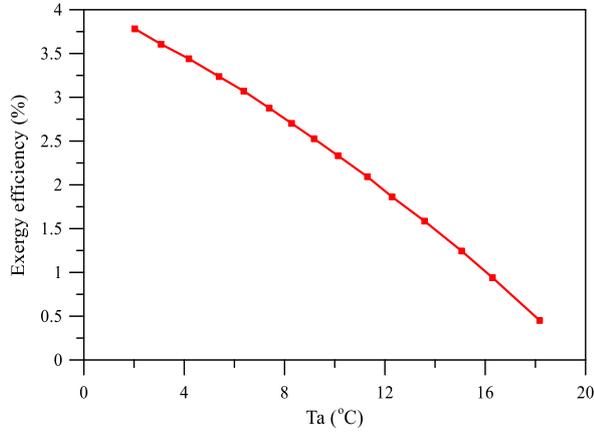


الشكل 16. العلاقة بين معدل التدفق الكتلي مع الطاقة المتاحة الممتدة الناتجة من اختلاف درجة الحرارة بين انبوب الماص والشمس لشهر أذار.

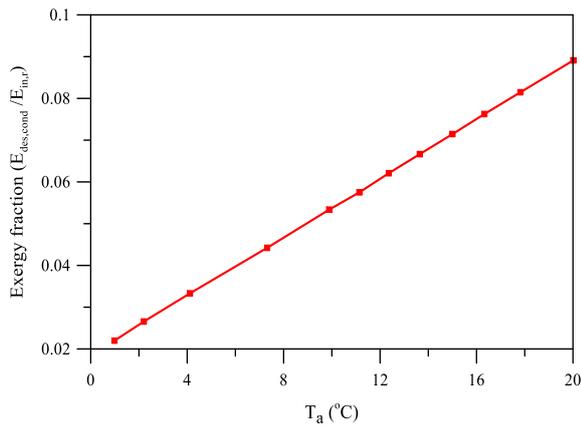
4.3 تأثير القطر الداخلي للانبوب الماص للحرارة

يوضح الشكل 17 تأثير القطر الداخلي للانبوب الماص على كفاءة الطاقة المتاحة، إذ يلاحظ ازدياد في مقدار الطاقة المتاحة بزيادة القطر الداخلي. وذلك لان المقدار المسرب من الطاقة المتاحة والناتجة من انتقال الحرارة من انبوب الماص الى الجو تقل بزيادة القطر الداخلي للانبوب الماص وتغير طفيف المقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف درجات الحرارة بين المانع ودرجة حرارة انبوب الماص كما هو موضح في الشكل 18، ان تأثير المقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من انخفاض الضغط اثناء جريان المائع داخل انبوب الماص لها تأثير قليل على كفاءة الطاقة المتاحة، حيث تقل بزيادة القطر الداخلي للانبوب الماص، تبين ان ثبوت كل من المقدار المشتت من الطاقة المتاحة المسربة الى الجو بسبب الاخطاء البصرية والمقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف درجة الحرارة بين انبوب الماص والشمس كما هو موضح في الشكل 19.

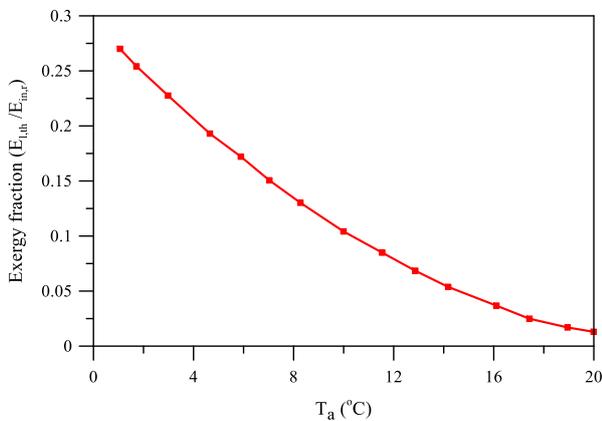
يتسبب في تقليل كفاءة بتلا (η_p) والذي بدوره يُقلل من الطاقة المتاحة الناتجة من الإشعاع الشمسي والطاقة المتاحة المسربة وكما موضح في المعادلة (18) والمعادلة (19) وزيادة المقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف درجة الحرارة بين المانع ودرجة الحرارة انبوب الماص كما موضح الشكل 24، وكذلك فإن زيادة درجة الحرارة الجو تسبب في التقليل من المقدار الطاقة المتاحة المسربة بسبب انتقال الحرارة من الانبوب الماص الى الجو كما موضح في الشكل 25.



الشكل 23. العلاقة بين درجة الحرارة المحيط مع كفاءة الطاقة المتاحة لشهر آذار.

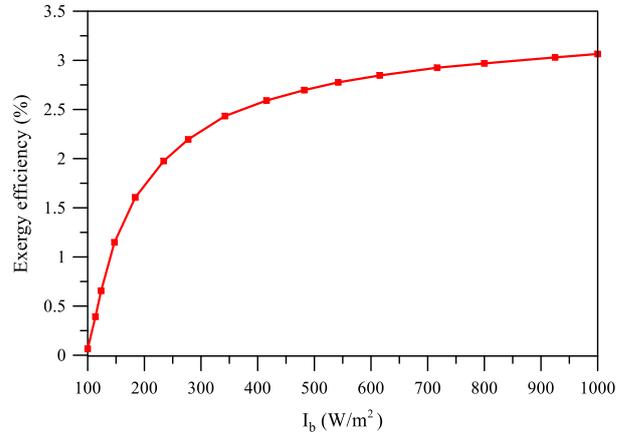


الشكل 24. العلاقة بين درجة الحرارة المحيط مع الطاقة المتاحة المشتتة الناتجة من اختلاف درجة الحرارة بين المانع وانبوب الماص لشهر آذار.

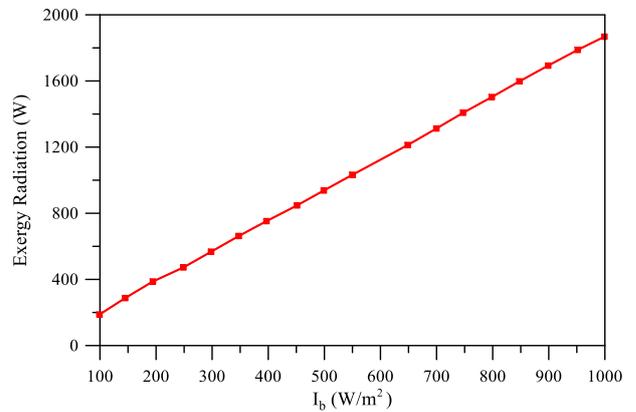


الشكل 25. العلاقة بين درجة الحرارة المحيط مع المقدار المسرب للطاقة المتاحة من انبوب الماص إلى الجو لشهر آذار.

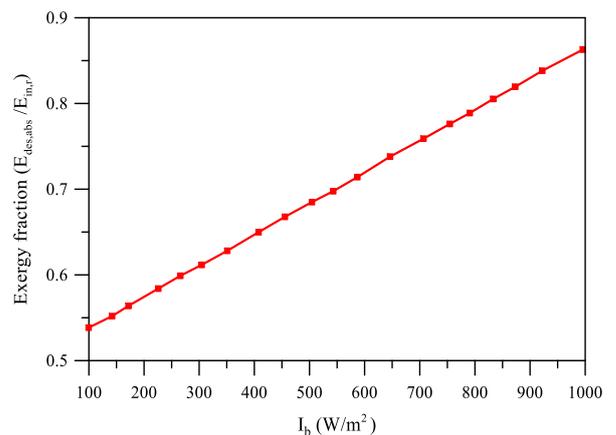
موضح في الشكل 21 كما أن زيادة مقدار شدة الإشعاع الشمسي المباشر يتسبب في زيادة المقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من اختلاف درجة الحرارة بين انبوب الماص والشمس وكما هو موضح في الشكل 22.



الشكل 20. العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي المباشر مع كفاءة الطاقة المتاحة لشهر آذار.



الشكل 21. العلاقة بين شدة الإشعاع الشمسي المباشر مع الطاقة المتاحة المنتقلة بواسطة الإشعاع لشهر آذار.



الشكل 22. العلاقة بين شدة الإشعاع مع الطاقة المتاحة المشتتة الناتجة من اختلاف درجة الحرارة بين انبوب الماص والشمس لشهر آذار.

6.3 تأثير درجة الحرارة المحيط

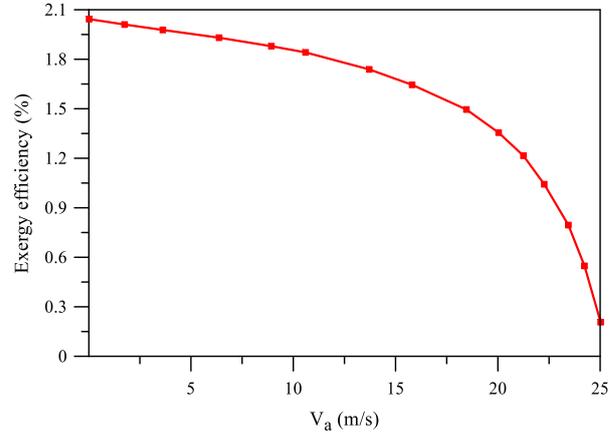
يوضح الشكل 23 تأثير درجة الحرارة المحيط الجوي على كفاءة الطاقة المتاحة، إذ يلاحظ زيادة درجة الحرارة الجو تتسبب في التقليل من كفاءة الطاقة المتاحة وذلك لأن زيادة درجة الحرارة المحيط

المصادر

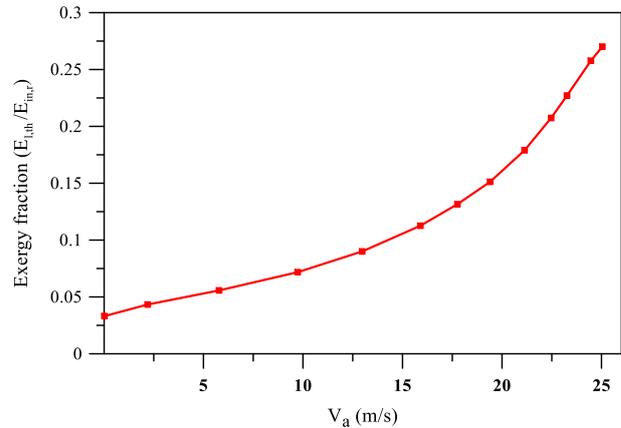
- [1] Ngo L, Bello-Ochende T, Meyer JP. Exergetic analysis and optimisation of a parabolic dish collector for low power application. *The Postgraduate Symposium*; 2012.
- [2] Al-Sulaiman FA. Exergy analysis of parabolic trough solar collectors integrated with combined steam and organic rankine cycles. *Energy Conversion and Management* 2014; **77**: 441-449.
- [3] Stine WB, Geyer M. Power from the sun: JT Lyle Center for Regenerative Studies; 2001.
- [4] Bergman TL, Incropera FP, DeWitt DP, Lavine AS. Fundamentals of heat and mass transfer. 5th Ed.: John Wiley & Sons; 2011.
- [5] Duffie JA, Beckman WA. Solar engineering of thermal processes: John Wiley & Sons; 2013.
- [6] García-Valladares O, Velázquez N. Numerical simulation of parabolic trough solar collector: Improvement using counter flow concentric circular heat exchangers. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 2009; **52** (3-4): 597-609.
- [7] Padilla RV, Fontalvo A, Demirkaya G, Martinez A, Quiroga AG. Exergy analysis of parabolic trough solar receiver. *Applied Thermal Engineering* 2014; **67** (1-2): 579-586.
- [8] Kahrobaian A, Malekmohammadi HR. Exergy optimization applied to linear parabolic. *Journal of Algorithms and Computation* 2013; **42** (1): 131-144.

7.3 تأثير سرعة الرياح

يوضح الشكل 26 تأثير سرعة الرياح على كفاءة الطاقة المتاحة، إذ يلاحظ انه كلما زادت سرعة الرياح قلت كفاءة الطاقة المتاحة، وعند الرجوع الى المعادلة (19) يلاحظ انه معامل الفقدان الحراري العامل الأكثر تأثيراً على المقدار المسرب من الطاقة المتاحة الى الجو، إذ ان زيادة سرعة الرياح يؤدي إلى زيادة معامل الفقدان الحراري وبالتالي يزداد المقدار المسرب من الطاقة المتاحة بسبب انتقال الحرارة من الانبوب الماص الى الجو كما موضح في الشكل 27.



الشكل 26. العلاقة بين سرعة الرياح مع كفاءة الطاقة المتاحة لشهر آذار.



الشكل 27. العلاقة بين سرعة الرياح مع المقدار المسرب للطاقة المتاحة من انبوب الماص إلى الجو لشهر آذار.

4. الاستنتاجات

أعد هذا البحث لدراسة مجمع شمسي من نوع القطع المكافئ باستخدام تحليلات الطاقة المتاحة، وبعد الحصول على النتائج تم استنتاج الآتي:

1. أفضل درجة حرارة دخول للمانع لكل الأشهر تقريباً هي درجة حرارة المحيط الجوي مضافاً إليه (4.7°C).
2. المقدار المشتت من الطاقة المتاحة الناتجة من انخفاض الضغط (exergy distracted due to pressure drop) لا تؤثر كثيراً على كفاءة الطاقة المتاحة.
3. معظم المقدار المشتت من الطاقة المتاحة تحدث أثناء عملية الامتصاص، الناتجة من اختلاف درجات الحرارة بين انبوب الماص للحرارة والشمس.
4. تزداد كفاءة الطاقة المتاحة بزيادة درجة حرارة انبوب الماص وينقصان معدل التدفق الكتلي للماء تقل درجة حرارة انبوب الماص للحرارة بزيادة معدل التدفق الكتلي للمانع.