

دراسة وتحليل أداء مجمع شمسي مسطح عملياً حسب الظروف الجوية لمدينة مصراتة

م. مصعب عمر الجاهوني
جامعة مصراتة، الهندسة الميكانيكية، مصراتة، ليبيا
Mosapomar777@gmail.com

م. محمد عبدالله الغزيل
جامعة مصراتة، الهندسة الميكانيكية، مصراتة، ليبيا
Emhmedelgzil11@gmail.com

أ.علي احمد المطردي
جامعة مصراتة، الهندسة الميكانيكية، مصراتة، ليبيا
alimutordi@gmail.com

الطاقة الواردة إلينا من الشمس من أهم أنواع الطاقات التي يمكن للإنسان استغلالها، فهي طاقة دائمة لا ينتج عن استخدامها غازات أو نواتج ثانوية ضارة بالبيئة مقارنة بالمصادر الأخرى، ولا تترك مخلفات على درجة من الخطورة مثل النفايات المشعة التي تنتج عن استعمال الطاقة النووية [2].

2. المجمعات الشمسية

المجمع الشمسي هو عبارة عن مبادل حراري خاص يحول طاقة الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية. ويختلف المجمع الشمسي في عدة مرادفات عن معظم المبادلات التقليدية، ففي المبادلات التقليدية عادة تكون انتقال الحرارة من سائل إلى سائل بمعدلات نقل حرارة عالية، ويكون فيها عامل الإشعاع غير مهم، أما بالنسبة للمجمع الشمسي يكون انتقال الحرارة من مصدر بعيد (الطاقة المشعة من الشمس) إلى المانع [7].

تنقسم المجمعات الشمسية إلى نوعين أساسيين هما :

1) المجمعات الشمسية الحرارية:

تقوم بتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية وتستخدم في أنظمة تسخين المياه المنزلية والتدفئة والتكييف والتبريد وتنقية مياه البحر وصهر المعادن، وتوليد الطاقة الكهربائية بطريقة غير مباشرة [3]. حيث تنقسم هذه المجمعات إلى عدة أنواع ومنها:

أ) المجمعات الشمسية المركزة :

وهناك ثلاث تقنيات رئيسية مستخدمة لتركيز الأشعة الشمسية في هذه المجمعات وهي :

- 1) العاكسات الطولية ذات القطع الناقص .
- 2) الأطباق الشمسية .
- 3) المرايا مع الأبراج الشمسية.

ب) المجمعات الشمسية الحرارية ذات الأنابيب المفرغة:

ما يميز هذا النوع من المجمعات الشمسية ذات الأنابيب المفرغة أنها تحد من فقدان الحرارة لوجود طبقة مفرغة من الهواء تحيط بلاقط الأشعة الشمسية على شكل أنبوب زجاجي. قد يكون المجمع مفرداً من طبقة واحدة أو مزدوجاً من طبقتين، كما في الشكل (1).

المخلص— يهدف هذا البحث إلى دراسة وتحليل أداء مجمع شمسي مسطح عملياً ونظرياً حسب الظروف الجوية لمدينة مصراتة، حيث تمت هذه الدراسة خلال ثمانية أشهر (من شهر نوفمبر 2015 إلى يونيو 2016) يتم فيها اختيار متوسط الأيام في كل شهر، في كل ساعة من اليوم تم تغيير موضع الجهاز بين خمسة مواضع من شروق الشمس إلى غروبها، ففي كل موضع تم تغيير زاوية الميل (β) وزاوية السميت للمسطح (γ)، وتؤخذ القراءات كل اثنتا عشر دقيقة (درجة حرارة دخول وخروج مانع التشغيل ودرجة الحرارة في منتصف المجمع ومعدل التصريف للمجمع وقيمة الإشعاع الساقط على المجمع) بعد أخذ القراءات تم تغيير موضع المجمع، ومن ثم تم حساب الكفاءة الحظية لكل ساعة وتؤخذ درجات الحرارة والضغط وسرعة الرياح المحيطة بالمجمع كل أربع ساعات في كل يوم، بحيث يتم اختيار اليوم الأوسط في كل شهر، هذا بالنسبة للجانب العملي. ومقارنة النتائج المتحصل عليها عملياً مع النتائج النظرية. من خلال النتائج المتحصل عليها تبين أن أفضل كفاءة للمجمع الشمسي المسطح حسب الظروف الجوية لمدينة مصراتة هي (55.59%) عندما يميل بزواوية ($\beta = 47.15^\circ, \gamma = 0^\circ$)، وكلما زادت درجة الحرارة المتوسطة لدخول وخروج الماء قلت الكفاءة وأعلى درجة حرارة خروج الماء سجلت (45.4°C) بينما أعلى إشعاع (1265 W/m^2) خلال فترة الدراسة.

1. المقدمة

تعتبر أزمة الطاقة في الوقت الحاضر من أخطر الأزمات التي يشهدها العالم اليوم، فالتطور التكنولوجي رفع بشكل كبير عملية استهلاك الطاقة بحيث باتت مصادر الطاقة التقليدية مهددة بالنضوب. ويضاف إلى ذلك ما يتعرض له كوكب الأرض من تلوث بيئي نتيجة انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون والغازات الأخرى الناتجة أساساً عن احتراق الوقود الأحفوري، والتي أدت إلى ظاهرة الاحتباس الحراري [1].

لذا فقد اتجهت العديد من دول العالم إلى استغلال مصادر الطاقة المتجددة (الطاقة الشمسية وطاقة الرياح)، وأجريت البحوث والدراسات العديدة في هذا المجال وانتقلت بعض هذه الدول من مرحلة البحث والدراسة إلى مرحلة تصنيع مكونات وأنظمة استغلال الطاقة المتجددة، وبدأ استخدام أنظمة استغلال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في الانتشار تدريجياً حتى وصل إلى المرحلة التجارية، وأصبحت الكثير من الدول تعتمد على هذه الأنظمة في توفير جزء لا يستهان به من احتياجاتها من الطاقة الكهربائية، الحرارية والميكانيكية [6].

الشمس من أعظم نعم الله علينا، وقد ذكرها سبحانه في كتابه العزيز في أكثر من عشرين موضعاً، وهي نجم من بين مليارات النجوم التي تشع في الفضاء وتملاً الكون، وهي عبارة عن كرة غازية يبلغ قطرها 696 مليون متر، وكتلتها حوالي 2×10^{29} طن، ودرجة حرارة سطحها حوالي 6000 درجة مئوية، ومكوناتها الأساسية هي غاز الهيدروجين حوالي (75%) وغاز الهيليوم (حوالي 25%)، بالإضافة إلى كميات ضئيلة من بعض العناصر الأخرى كالحديد والسليكون والنيون والكربون، وتتولد الطاقة الشمسية نتيجة التحول المستمر لكل أربع ذرات من الهيدروجين إلى ذرة واحدة من الهيليوم في تفاعل اندماجي نووي [2].

استلمت الورقة بالكامل في 30 أغسطس 2017 وروجعت في 28 سبتمبر 2017
وقبلت للنشر في 24 سبتمبر 2017

ونشرت ومتاحة على الشبكة العنكبوتية في 3 أكتوبر 2017

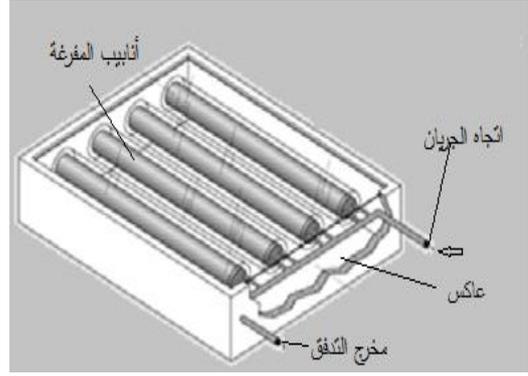


شكل (3) تركيب المجمع الشمسي المسطح نوع (RE550). [5].

يتركب المجمع نوع (RE550) من الاتي .

1. لوحة شمسية.
2. حساس شمسي
3. دعامات اللوحة.
4. نقطة تنقيس.
5. لوحة تحكم.
6. مقياس معدل التدفق.
7. مضخة تدوير المياه.
8. صمام أمان ضغط.
9. منظم ضغط قابل للتعديل.
10. مدخل المياه.
11. نقطة تفريغ المياه.
12. المفتاح الكهربائي الرئيسي.
13. مفتاح التحكم في التدفق للمياه
14. قارئة رقمية للمقياس الشمسي.
15. مؤشر الحرارة رقمي.
16. مفاتيح اختيار درجة الحرارة.
17. مفتاح التأريض.
18. مدخل الطاقة الرئيسي.
19. صمام التحكم في معدل تدفق تصريف المياه.
20. صمام لتحكم بسرعة المضخة.
21. مساحة المجمع الشمسي المسطح $1.6 m^2$

تم وضع هذا الجهاز علي سطح المبني الاداري لكلية الهندسة في مدينة مصراتة، وتوجيهه بزوايا مختلفة في كل مرة من مرات الدراسة كي يتسني لنا دراسة اداءه في هذه المواضيع المختلفة وإجراء مقارنة بينها والحصول علي أفضل كفاءه ممكنه وفي أي فترة زمنية ممكنة. والشكل (4) يوضح الزوايا الشمسية والتي يجب أخذها بعين الاعتبار عند توجيه المجمع الشمسي.



شكل (1) المجمع الشمسي ذات الأنابيب المفرغة [4].

ج) المجمع الشمسية الحرارية المسطحة: وهي الأكثر استخداما لتدفئة المباني السكنية ولتدفئة مياهها، وهي عبارة عن لوح مستوي وصندوق معدني معزول مع غطاء زجاجي أو بلاستيكي ولوح ماص أسود، وهذه المجمعات تسخن الماء عند درجات حرارة أقل من (100°C) كما بالشكل (2) [4].



شكل (2) المجمع الشمسي المسطح [4].

2) المجمع الشمسية الكهربائية (الخلايا الفوتو فولتية): تقوم بتحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية مباشرة دون الدخول في عمليات التحويل التيرموديناميكية [3].

3. الأجهزة المستخدمة

عند إجراء أي دراسة عملية لابد من استخدام أجهزة معينة تساعدنا في الحصول على القراءات والنتائج التي من خلالها نتعرف علي أداءها والعوامل التي تؤثر عليها. لذا في هذه الدراسة تم استخدام مجمع شمسي مسطح مصمم خصيصا للتجارب المختبرية ، وهو من إنتاج شركة هلتون الانكليزية المتخصصة في تصنيع الأجهزة المختبرية، وهو يحتوي علي المكونات التالية والموضحة علي الشكل (3) [5].

كمية الحرارة اللازمة لتسخين المياه، حيث C_w الحرارة النوعية للماء النقي $(4.18=KJ/Kg.k)$:

$$\dot{Q}_{water} = \dot{m}_{Bleed} * C_w * (T_3 - T_1) \quad (6)$$

معدل التدفق الكتلي (g/s) :

$$\dot{m}_{Bleed} = \frac{V_{Bleed}}{t} \quad (7)$$

5. النتائج والمناقشة

نظرا لأن توجيه المجمع بزوايا مختلفة هو أحد أهم ركائز هذه الدراسة فقد استغرقت فترة زمنية طويلة حوالي ثمانية أشهر حيث الظروف الجوية المختلفة من شهر نوفمبر 2015 لغاية يونيو 2016 لتساعد علي الحصول علي نتائج دقيقة وذات مصداقية عالية. لذا تم إختيار خمسة مواضع، تم إعطاء كل منها رمز، وهي علي النحو التالي:

A : عندما الزاوية $\beta = 32.15^\circ$ والزاوية $\gamma =$ تنحرف عن الجنوب بـ $+15$ لون المنحنى أصفر.

B : عندما الزاوية $\beta = 32.15^\circ$ والزاوية $\gamma =$ تنحرف عن الجنوب بـ -15 لون المنحنى أحمر.

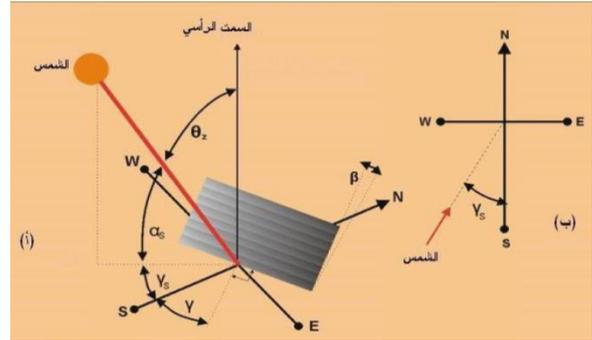
C : عندما الزاوية $\beta = 32.15^\circ$ والزاوية $\gamma =$ في اتجاه الجنوب لون المنحنى أخضر.

D : عندما الزاوية $\beta = 17.15^\circ$ والزاوية $\gamma =$ في اتجاه الجنوب لون المنحنى أسود.

E : عندما الزاوية $\beta = 47.15^\circ$ والزاوية $\gamma =$ في اتجاه الجنوب لون المنحنى أزرق.

حيث β : هي زاوية ميلان المجمع عن السطح الأفقي و γ : هي زاوية إنحراف وجه المجمع عن اتجاه الجنوب .

ويمكن عرض ملخص هذه النتائج بعد ماتم إختيار متوسط اليوم في كل شهر وفق الجدول رقم (1) كما يلي:



شكل (4) الزوايا الشمسية التي تم دراستها [7]

4. التحليل الرياضي للمجمع الشمسي

إن كمية الحرارة التي يستقبلها المجمع الشمسي تخضع لمتغيرات تصميميه مثل المساحة والمواد العازلة والمواد الناقلة للحرارة، بالإضافة إلي المتغيرات البيئية مثل كمية الإشعاع الشمسي، ودرجة حرارة المحيط وسرعة الهواء، لذا فإن كمية الحرارة هذه يمكن التعبير عنها رياضيا بالصيغة التالية:

$$Q_u = A_c [I_t - U_L(T_{pm} - T_a)] \quad (1)$$

حيث أن U_L معامل الفقد الحراري، T_{pm} متوسط درجة حرارة اللوح الماص و T_a درجة حرارة الهواء المحيط.

و أن I_t هي كمية الإشعاع الشمسي لوحدة المساحة وهي تساوي:

$$I_t = I_b + I_d R_d + (I_{bn} \cos \theta_z + I_d) R_r \quad (2)$$

حيث أن I_b ، I_d و I_{bn} الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر والعمودي علي التوالي وأن θ_z هي زاوية سقوط الشعاع الشمسي. وتحسب الكفاءة η من العلاقة التالية:

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c I_t} \quad (3)$$

حيث A_c مساحة المجمع الشمسي المسطح نوع (RE550) ويساوي 1.6 m^2 .

ولكن من الناحية العملية بدلا من الاكتفاء بالحسابات النظرية فقد تم قياس كل المتغيرات المؤثرة علي أداء المجمع مثل كمية الإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة عند الدخول والخروج من المجمع ومعدلات التدفق والزوايا، وبهذا يمكن الحصول علي الكفاءة للمجمع من العلاقة الرياضية التالية [5]:

$$\eta = \frac{Q_{water}}{Q_{solar}} * 100\% \quad (4)$$

كمية الحرارة الناتجة من الإشعاع الشمسي الساقط على اللوحة (W):

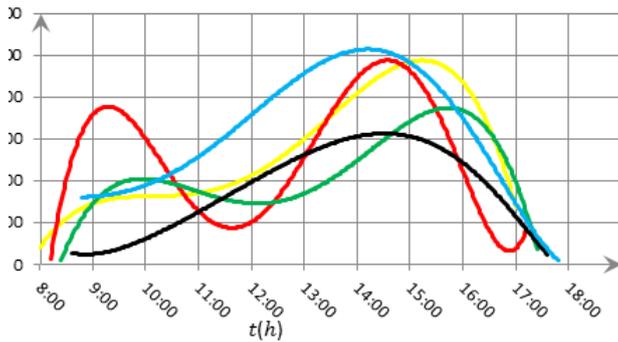
$$\dot{Q}_{solar} = q_{solar} * A \quad (5)$$

أ. أيام الدراسة.

يمكن التوضيح بإستعراض ثلاث أيام من فترة الدراسة كالتالي:

1. اليوم الثاني من الدراسة:

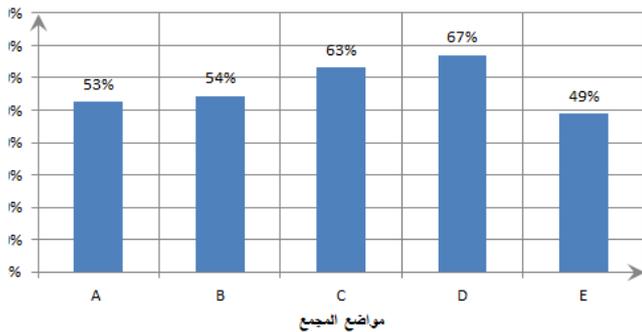
4.11.2015 كان في يوم الخميس الموافق (10.12.2015) في هذا اليوم شرقت الشمس عند الساعة 7:48 وغربت عند الساعة 17:55 ، حيث كانت أعلى درجة حرارة للماء الخارج من المجمع (34.2°C)، ومتوسط درجة حرارة المحيطة (18.35°C)، ومتوسط سرعة الرياح (5 m/s)، ومتوسط الضغط المحيط (102.4 pa)، والشكل (5) يوضح تغير قيم الإشعاع مع الزمن من وقت الشروق الى الغروب مع التغير في مواضع الجهاز.



شكل (5) منحني الإشعاع مع الزمن للمواضع الخمسة للمجمع.

نلاحظ عدم الاستقرار في منحني الإشعاع وذلك بسبب وجود السحب، من بداية اليوم نلاحظ صعود وهبوط لمنحني الإشعاع حيث كان سبب هذا الهبوط والصعود هو مرور السحاب، ثم صعود لقيم الإشعاع وهذا سببه عدم وجود السحاب ، حيث سجلت أعلى قيمة للإشعاع عند الساعة 14:00.

أما بالنسبة للكفاءة في هذا اليوم فقد سجلت أعلى متوسط للكفاءة عند الموضع [D] وهي 67% ، الشكل (6) يوضح مخطط لمتوسط الكفاءات.



شكل (6) متوسط الكفاءة مع تغير المواضع الخمسة.

أما بالنسبة للفرق بين القيم النظرية والعملية للإشعاع فهي موضحة بالشكل (7) .

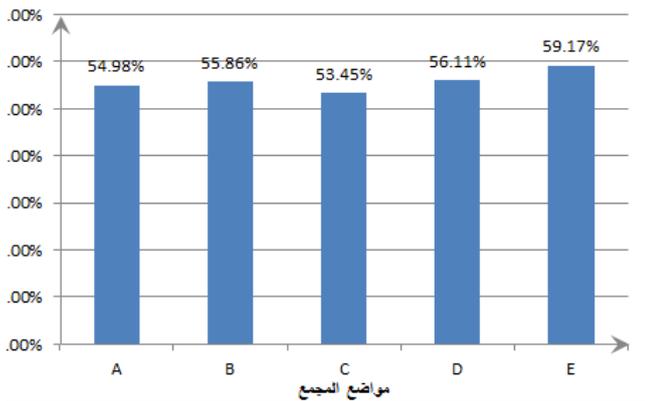
جدول (1) : ملخص للقراءات خلال الدراسة

الايام	المتوسطات	A	B	C	D	E
02.02.2016	η	53.97%	68.2%	63.82%	57.12%	54.97%
	$T_{mean}(^{\circ}C)$	24.59	24.68	24.88	24.72	24.77
	$T_3(^{\circ}C)$	25.34	25.65	25.95	25.69	25.87
	$S(W/m^2)$	298.1	340	399.2	356.2	415.6
	η	53%	54%	63%	67%	49%
	T_{mean}	25.1	24.8	23.83	23.9	25.5
07.01.2016	T_3	25.39	25.13	23.97	23.8	25.56
	$S(W/m^2)$	498.8	464.3	383.5	329.3	588
	η	47.74%	63.60%	71.1%	66.7%	78.23%
	$T_{mean}(^{\circ}C)$	15.35	13.99	12.57	13.32	14.61
	$T_3(^{\circ}C)$	15.29	14.09	12.58	13.58	15.15
	$S(W/m^2)$	393.9	232.7	136.9	285.1	327
06.02.2016	η	55.74%	49.52%	48.4%	47.68%	46.32%
	$T_{mean}(^{\circ}C)$	25.22	24.76	24.86	25.44	25.98
	$T_3(^{\circ}C)$	24.99	24.47	24.72	25.29	25.86
	$S(W/m^2)$	258.64	262.3	280.82	338.27	366.27
	η	54.98%	55.86%	53.54%	56.11%	59.17%
	$T_{mean}(^{\circ}C)$	28.05	28.35	28.1	27.4	28.54
16.03.2016	$T_3(^{\circ}C)$	28.81	29	28.49	27.66	28.91
	$S(W/m^2)$	651.67	656.75	652.1	611.83	643.83
	η	50.17%	55.77%	48.48%	47.99%	47.91%
	$T_{mean}(^{\circ}C)$	28.72	28.51	28.55	28.77	27.72
	$T_3(^{\circ}C)$	29.02	28.56	28.97	28.58	28.07
	$S(W/m^2)$	588.85	545.69	578.85	542.46	524.38
15.04.2016	η	53.92	51.08	48.8	53.34	49.71
	$T_{mean}(^{\circ}C)$	31.525	31	31.11	31.67	30.73
	$T_3(^{\circ}C)$	32.65	31.94	32.3	32.97	31.73
	$S(W/m^2)$	636.31	613.31	644.65	653.62	586.23
	η	51.1	46.18	47.38	46.84	59.38
	$T_{mean}(^{\circ}C)$	36.31	36.5	36.86	37.22	35.86
1.06.2016	$T_3(^{\circ}C)$	35.98	36.25	36.77	37.24	35.72
	$S(W/m^2)$	568.57	590.5	580	624.71	503.14

ويمكن توضيح وعرض هذه النتائج ومناقشتها للأيام التسعة للدراسة وفق النقاط التالية:

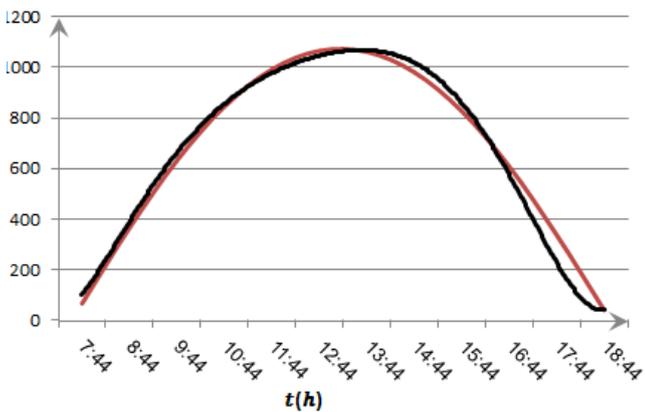
أ. أيام الدراسة.

- علاقة بين متوسط الإشعاع ودرجة حرارة خروج الماء من المجمع.
- علاقة بين الإشعاع وكفاءة المجمع.
- علاقة بين الكفاءة ودرجة الحرارة المتوسطة.
- متوسط الكفاءات العملية خلال الدراسة.



شكل (9) متوسط الكفاءة مع تغير المواقع الخمسة.

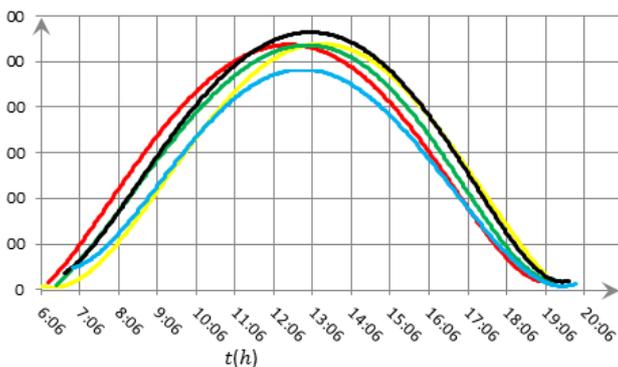
أما بالنسبة للفرق بين القيم النظرية والعملية للإشعاع موضحة في الشكل (10)



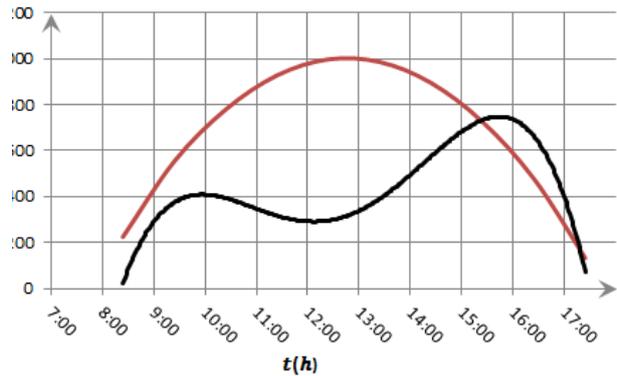
شكل (10) الفرق بين قيم الإشعاع النظري والعملية.

3. اليوم الثامن من الدراسة:

كان في يوم السبت الموافق (11.6.2016) شرقت الشمس الساعة (5:54) وغربت الساعة (20:10)، حيث كانت أعلى درجة حرارة خروج من المجمع (45.4°C)، ومتوسط درجة حرارة المحيطة بالمجمع (26.3°C)، ومتوسط سرعة الرياح (3.25 m/s)، ومتوسط الضغط المحيط المجمع هو (101.1 pa)، الشكل (11) يوضح منحنى الإشعاع مع التغير في مواقع الجهاز بالنسبة للزمن.



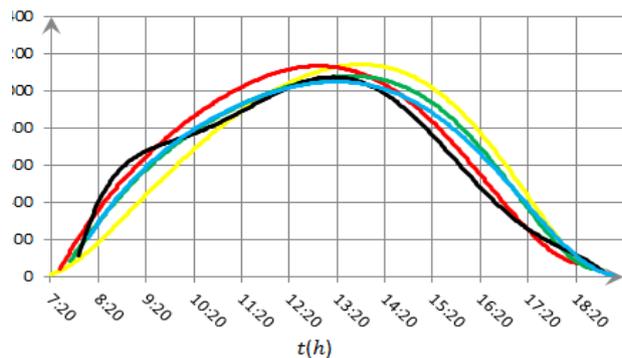
شكل (11) منحنى الإشعاع مع الزمن للمواقع الخمسة للمجمع



شكل (7) الفرق بين قيم الإشعاع النظري والعملية.

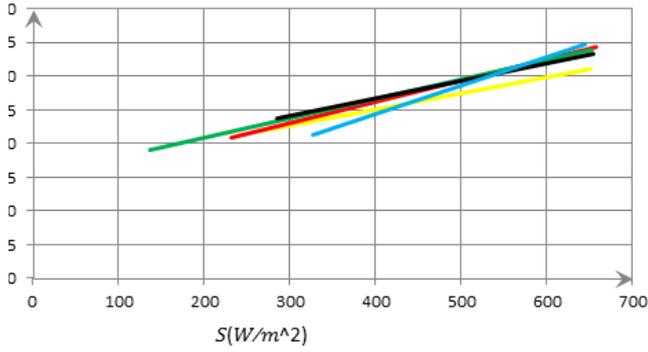
2. اليوم الخامس من الدراسة:

كان في يوم الأربعاء الموافق (16.3.2016) شرقت الشمس في هذا اليوم عند الساعة (7:08) وغربت عند الساعة (19:08)، حيث كانت أعلى درجة حرارة خروج من المجمع (37.7°C)، ومتوسط درجة حرارة المحيطة بالمجمع (20.375°C)، ومتوسط سرعة الرياح (6.75 m/s)، ومتوسط الضغط المحيط المجمع هو (101.4 pa) أما بالنسبة للإشعاع فالشكل (8) يوضح علاقة الإشعاع مع تغير في مواقع الجهاز بالنسبة للزمن.



شكل (8) منحنى الإشعاع مع الزمن للمواقع الخمسة.

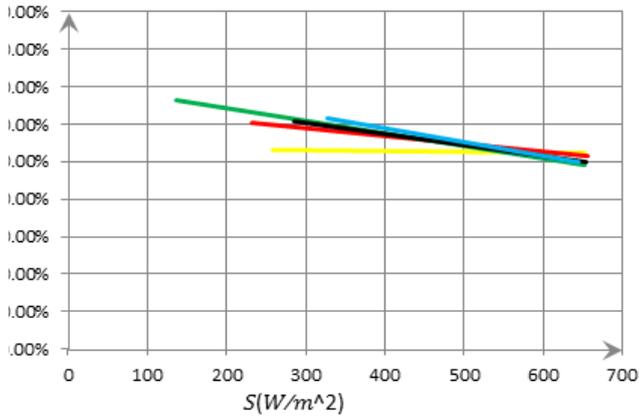
نلاحظ استقرار المنحنى وسببه عدم وجود غيوم، حيث في بداية اليوم تبدأ قيم الإشعاع في الارتفاع إلى أن تصل أقصى قيمة عند الساعة (13:08)، ومن بعدها تبدأ قيم الإشعاع في الهبوط التدريجي إلى الغروب. أما متوسط الكفاءات لهذا اليوم مع التغير في الأوضاع الخمسة للمجمع كانت أعلى كفاءة هي عند الموقع E وهي 59.17% كم هي مبينة في الشكل (9).



شكل (14) الإشعاع ودرجة حرارة الخروج من المجمع

ج. علاقة بين الإشعاع وكفاءة المجمع:

الشكل (15) يوضح علاقة بين متوسط قيم الإشعاع ومتوسط الكفاءات مع تغيير في مواضع المجمع خلال ثمانية أشهر.

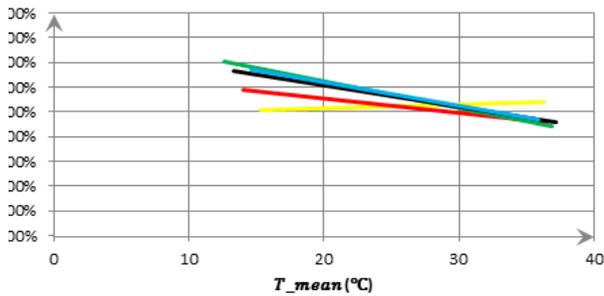


شكل (15) متوسط الإشعاع ومتوسط الكفاءة مع تغيير في موضع المجمع.

من هذه العلاقة نلاحظ أنه كلما زادت قيم الإشعاع تناقصت قيمة الكفاءة، بسبب تزايد الفقد في الطاقة الساقطة على المجمع. ونلاحظ أيضاً تقارب في هذا التناقض بين المواضع الخمسة للمجمع.

د. علاقة بين الكفاءة ودرجة الحرارة المتوسطة:

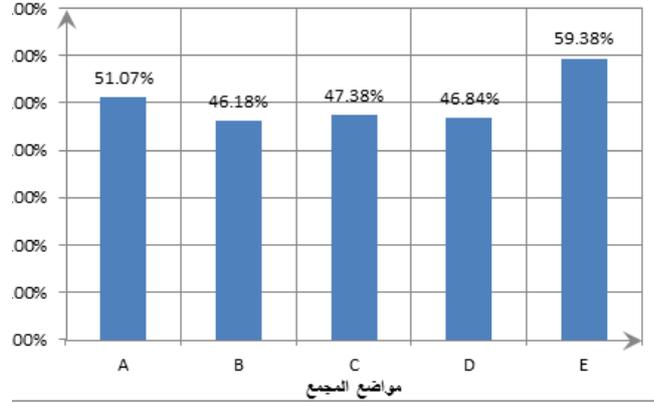
هذه العلاقة بين متوسط الكفاءة ومتوسط درجة الحرارة المتوسطة (المتوسط بين درجة الخروج والدخول الماء من المجمع) خلال ثمانية أشهر الدراسة كما بالشكل (16).



شكل (16) الكفاءة ودرجة حرارة المتوسطة.

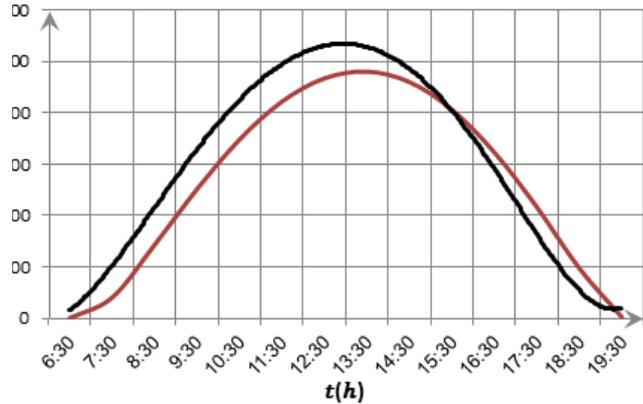
نلاحظ استقرار كبير في هذا المنحنى سبب هذا الاستقرار هو عدم وجود غيوم، حيث في بداية اليوم يبدأ المنحنى في الصعود التدريجي مع التغيير في الزمن إلى أن يصل إلى أعلى نقطة ثم تبدأ قيم الإشعاع في الهبوط التدريجي إلى غروب الشمس.

أما كفاءات هذا اليوم كما في الشكل (12) حيث يوضح العلاقة بين متوسط الكفاءات مع التغيير في مواضع المجمع بالنسبة للزمن وكانت أعلى كفاءة عند الموضع E وهي 59.38%.



شكل (12) متوسط الكفاءة مع تغيير المواضع الخمسة.

أما بالنسبة للفرق بين القيم النظرية والعملية للإشعاع موضحة في الشكل (13).



الشكل (13) الفرق بين قيم الإشعاع النظري والعملي.

ب. علاقة بين متوسط الإشعاع ودرجة حرارة خروج الماء من المجمع:

نلاحظ من هذه العلاقة أنه كلما زادت قيم الإشعاع زادت درجة حرارة الخروج من المجمع في كل المواضع. ونلاحظ أيضاً تقارب قيم الزيادة عند درجة حرارة خروج الماء من المجمع في جميع المواضع الخمسة للمجمع كما هو موضح بالشكل (14).

6. الاستنتاجات

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة يمكن استنتاج الآتي:

1. أفضل متوسط كفاءة عملية للمجمعات الشمسية المسطحة حسب الظروف الجوية لمدينة مصراتة عند الوضع E ($\beta = 47.15^\circ$ ، $\gamma = 0^\circ$) وهي (55.59%). وكذلك متوسط الكفاءة النظرية للمجمع الشمسي عند الوضع E حيث كانت 64.10% وبذلك يكون الوضع المناسب للمجمعات الشمسية المسطحة في مدينة مصراتة عند الوضع E أي بزاوية ميل للمجمع الشمسي عن الأفقي 47.15° بزيادة 15° عن زاوية العرض لمدينة مصراتة (32.15°) ويكون في اتجاه الجنوب مباشرة $\gamma = 0^\circ$ ، وفق فترة الدراسة خلال الفترة من شهر (2015/11) إلى شهر (2016/6) في موقع الدراسة بكلية الهندسة جامعة مصراتة.
2. كلما زادت درجة الحرارة المتوسطة لدخول وخروج الماء قلت الكفاءة.
3. أعلى درجة حرارة خروج من المجمع خلال أشهر الدراسة الثمانية سجلت في يوم السبت الموافق 11.6.2016 وكانت (45.4°C).
4. أعلى قيمة للإشعاع سجلت أثناء الدراسة كانت (1265 W/m^2) وذلك يوم السبت الموافق 14.11.2016.

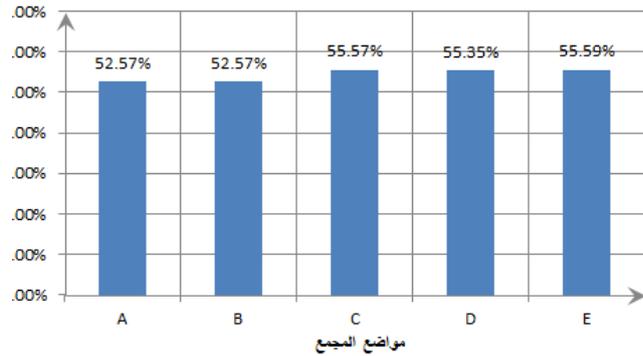
المراجع

- [1] دليل السخان الشمسي، المركز الوطني لبحوث الطاقات المتجددة، المملكة الأردنية الهاشمية (2002).
- [2] اليعقوبي و أمين فلق، حقبية الخلايا الشمسية، المعهد الوطني للبحث العلمي والتقني، الجمهورية التونسية (2000).
- [3] سعد كيلو، التدفئة والتكييف والتبريد باستخدام الطاقة الشمسية، مكتبة السائح، طرابلس- لبنان (1989).
- [4] فوزان الجديعي و ناصر الحمدي، التدفئة باستخدام المجمعات الشمسية في الاسقف، جامعة الملك سعود، كلية العمارة والتخطيط، قسم العمارة وعلوم البناء.
- [5] كتيب تعليمات للمجمع الشمسي المسطح (RE550).
- [6] Sen, Zekai, Solar energy fundamentals and modeling techniques: atmosphere, environment, climate change and renewable energy, British Library Cataloguing in Publication Data, 2008.
- [7] John A. Duffie and William A. Beckman, Engineering of Thermal Processes, Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey; Fourth Edition, 2013.

نلاحظ من هذه العلاقة كلما زادت درجة الحرارة المتوسطة (متوسط درجة حرارة خروج ودخول الماء)، انخفضت كفاءة المجمع. ونلاحظ تقارب في هذا التناقص بين المواضع الخمسة للمجمع إلا في الموضع الأول (A).

هـ. متوسط الكفاءات العملية خلال الدراسة:

الكفاءة الكلية خلال الدراسة في المواضع الخمسة للجهاز موضحة في الشكل (17).



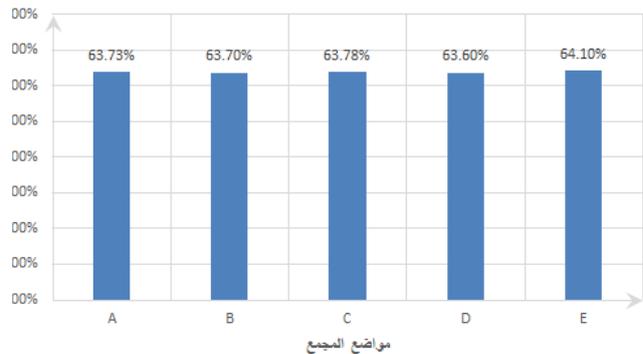
الشكل (17) مواضع المجمع والكفاءة.

نلاحظ من الشكل (17) متوسط الكفاءات عمل خلال ثمانية أشهر، حيث كان أعلى في الموضع (E).

كما نلاحظ تقارب في قيم متوسط الكفاءة خلال ثمانية أشهر.

ومتوسط الكفاءات النظرية خلال الدراسة:

الشكل (18) يوضح متوسط الكفاءات النظرية خلال أشهر الدراسة.



شكل (18) مواضع المجمع والكفاءة.

نلاحظ من خلال الشكل (18) أن أعلى متوسط للكفاءة النظرية في الموضع (E) ونلاحظ من الشكل أيضا تقارب الكفاءات في المواضع الخمسة للمجمع. وعند مقارنتها بالكفاءات العملية نلاحظ أن الكفاءات النظرية أكبر قيمة من الكفاءات المحسوبة عملية لعدة أسباب منها:

1. يتم إهمال الفقد في الطاقة من جوانب المجمع في الحسابات النظرية.
2. في الحسابات النظرية يتم إهمال الغبار والأتربة فوق سطح المجمع.
3. فقد في الطاقة ناتج عن سوء الاستعمال وسوء التخزين.