

كمية الحرارة المخزنة باستخدام بركة شمسية موشورية الشكل

الدكتور يوسف الخطيب *

سومر محمود سودان **

(تاريخ الإيداع 11 / 4 / 2017. قُبِلَ للنشر في 17 / 9 / 2017)

□ ملخّص □

نظراً لأهمية البرك الشمسية الاقتصادية في التطبيقات العملية اليومية المنزلية والصناعية، وانتشارها الواسع في العالم، فقد شكل ذلك أساساً للقيام بدراسة تجريبية على بركة شمسية موشورية الشكل مطلية من الداخل باللون الأسود مساحتها السطحية (1m^2) والسفلية (0.42m^2) بعمق 1m أيضاً، مؤلفة من أربع طبقات متدرجة الملوحة تفصلها عن بعضها البعض ألواح زجاجية شفافة /زجاج منزلي/ سماكة (6mm)، وضع في الطبقة السفلية منها جسم صلب أسود اللون (عبارة عن حجارة بركانية سوداء اللون بأبعاد متساوية 1cm تقريباً). وبدراسة درجات الحرارة وكذلك الكميات الحرارية المخزنة بتابعية الزمن لمدة ثماني ساعات يومياً من 9 صباحاً وحتى 5 مساءً، تبين أن المعدلات الوسطية لكمية الحرارة المخزنة في كل ساعة والمحسوبة وفق العلاقة ($Q = m.C_p.\Delta T$) خلال ستة أشهر (من شباط ولغاية تموز 2016م) تبلغ: 12164.320KJ ، 14010.393KJ ، 9765.836KJ ، 10783.471KJ ، 9516.28KJ ، 9962.445KJ على التوالي.

الكلمات المفتاحية: البركة الشمسية متدرجة الملوحة، تجميع الطاقة الحرارية، تخزين الطاقة الحرارية.

* مدرس - قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية .

** طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية .

The stored thermal amount using prismatic solar pond

Dr. Yousef Al khateeb*

Somar Mahmoud Sudan**

(Received 11 / 4 / 2017. Accepted 17 / 9 / 2017)

□ ABSTRACT □

According to the importance of economic solar ponds in domestic and industrial daily practical applications and its international widespread, this created the basis of an experimental study on a prismatic solar pond. It is internally painted in black with a surface measurement of (1m²) and a lower measurement of (0.42m²) and 1m deep. It constitutes four levels of gradual salinity separated by transparent glassy tablets /home glass/ of (6mm) thickness. On its lower level, a black solid mass is placed (black volcanic stones of equal dimensions; almost around 1cm). Upon studying the temperature and the stored thermal amounts of via subsidiary time every day from 9 am until 5 pm, the average rate of stored thermal amount each hour calculated according to the following equation: ($Q = m.C_p.\Delta T$) during six months (February until July 2016) was: 9962.445 KJ, 9516.28 KJ, 10783.471 KJ, 9765.836 KJ, 14010.393 KJ, 12164.320 KJ respectively.

Keywords: salinity gradient solar pond, the collection of thermal energy, the storage of thermal energy.

* Assistant Professor; Department of Chemistry, Faculty of Sciences, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Postgraduate Student (Master Degree), Department of Chemistry, Faculty of Sciences, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

تعدّ الطاقة بأنواعها ركيزة أساسية هامة من ركائز التطور الاقتصادي والاجتماعي العالمي. إذ تتأثر المجتمعات الحديثة بتطور العلوم والتكنولوجيا بشكل كبير، فضلاً عن التصنيع. قاد ذلك إلى تحول جذري بالطريقة التي نعيش بها، وبالرغم من هذا كله هناك أيضاً جانب مظلم يواجه هذا التطور يتبدى بتنصوب موارد الطاقة التقليدية (نفط، غاز طبيعي، فحم حجري) خلال فترة غير طويلة، وارتفاع مستوى التلوث البيئي الناجم عن حرق هذا الوقود التقليدي [1]. ومع ازدياد سعر النفط الخام العالمي، وزيادة أثر الاحتباس الحراري ومحدودية عمر الوقود الأحفوري كان لابد من استخدام الطاقات المتجددة بغية تحقيق مستقبل آمن، وواعد للبشرية جمعاء [2]. قام العديد من العلماء ببحوث كثيرة لتطوير تكنولوجيا الطاقات المتجددة [3]. إن أبرز توجهات العالم الإستراتيجية كمصادر طاقة متجددة: الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، وطاقة المياه، والطاقة الذرية، والطاقة الحيوية... الخ [4]. تعدّ الطاقة الشمسية مصدراً هاماً يمكن له أن يساهم بشكل مباشر في تحسين نوعية الحياة على الأرض، وذلك إذا تم تسخيرها بالشكل المناسب والصحيح [5]. تشع الشمس طاقة بمعدل $(3.85 \times 10^{23} \text{kw})$ ، يصل منها إلى الأرض حوالي $(1.72 \times 10^{14} \text{kw})$. تبلغ قيمة التدفق الحراري للطاقة الشمسية الضاربة في الغلاف الجوي الخارجي حوالي (1.38kw) لكل متر مربع. تخترق أشعة الشمس الغلاف الجوي، ويمتص بعضها من خلاله، في حين تقدر الحرارة الواصلة إلى سطح الأرض عند مستوى سطح البحر بحوالي (990w) لكل متر مربع [6]. تعد البركة الشمسية solar pond مثلاً نموذجياً من بين مختلف أنظمة الطاقة الشمسية التي تعمل على تجميع و تخزين الإشعاع الشمسي لفترات طويلة الأمد. علاوةً على ذلك، فهي تمثل إحدى أبسط الطرائق المباشرة لتوفير درجات حرارة بمجال يتراوح من 50°C إلى 120°C [7]. تعدّ البركة الشمسية مجعاً شمسياً ذا مساحة كبيرة يستخدم فيها الماء كوسط ناقل لثلاثة عوامل أساسية: تجميع طاقة الإشعاع الشمسي وتحويلها إلى حرارة، وتخزين الحرارة، وانتقال الطاقة الحرارية إلى خارج المنظومة للإستفادة منها في التطبيقات العملية المنزلية الهامة. إن مفهوم البركة الشمسية ليس جديد، فقد أجريت الأبحاث على البرك الشمسية في عدد من البلدان منذ مطلع القرن الماضي، وتم تصميم وتشغيل البرك الشمسية بنجاح في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية، وأستراليا، وبعض البلدان النامية، غالباً على أساس تجريبي في السنوات الخمسين الماضية؛ إذ ثبت أن البرك الشمسية لديها إمكانية تجميع الطاقة الشمسية الحرارية بكفاءة طاقية سنوية تصل لحدود $(15\% \sim 25\%)$ ، وهذا ما جعلها تحظى باهتمام الكثير من دول العالم لإمكانيتها بتزويد الحرارة الكافية في العديد من المناطق بطريقة آمنة بيئياً [8].

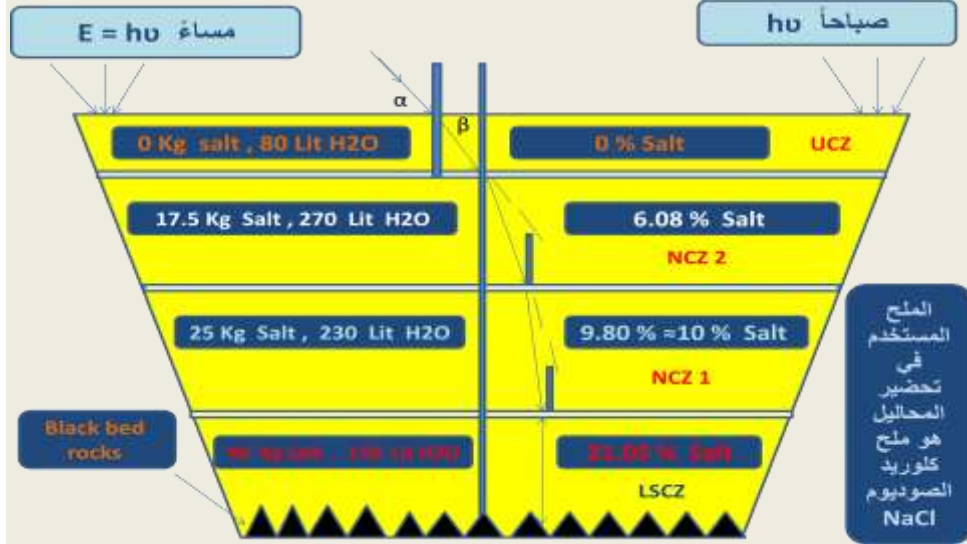
أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى إلقاء الضوء على إحدى التقنيات التي يمكن تطبيقها بشكل ملائم وصحيح لتحقيق تنمية اقتصادية قرب مناطق الساحل التي تستخدم مصادر محلية من ماء بحر، وملح، بالإضافة لطاقة الإشعاع الشمسي. كما يهدف إلى دراسة تجميع وتخزين الحرارة في بركة شمسية متدرجة الملوحة، وقياس درجات الحرارة، وكذلك حساب كمية الحرارة المخزنة في كل طبقة. بينما تكمن أهميته التطبيقية والبيئية من خلال أن البركة الشمسية تمثل تقنية تعمل على تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية وتخزينها على المدى الطويل بكميات كبيرة لفترة كافية يمكن الإستفادة منها فيما بعد في مجالات عديدة وتطبيقات هامة مثل (توليد الكهرباء، تدفئة أحواض السباحة، إنتاج ماء ساخن، تدفئة البيوت الزراعية، تدفئة المباني وتبريدها... الخ). كل هذا يقود بالنتيجة إلى إمكانية تحقيق تقدم كبير وملحوظ في مجال الحصول على الطاقة النظيفة، وكذلك الحد من ظاهرتي التلوث البيئي والاحتباس الحراري (فعل البيت الزجاجي).

طرائق البحث و مواد

الأجهزة المستخدمة:

بركة موشورية الشكل مؤلفة من أربع طبقات داخلية، ومقاييس حرارة رقمية بروب منفصل عدد 3 .



الشكل (1) يبين المخطط الآتي طبقات البركة الشمسية المدروسة ومحتواها من الماء والملح

المحاليل والمواد المستخدمة: محاليل ملحية مختلفة التركيز (ماء عذب + ملح كلوريد الصوديوم NaCl

التجاري)، ألواح زجاجية شفافة /زجاج منزلي/عدد3، جسم صلب /حجارة بركانية سوداء اللون/، سيليكون شفاف بارد نوع (إيراني، بلجيكي).

البركة الشمسية متدرجة الملوحة (SGSP) salinity gradient solar pond :

تتألف البركة الشمسية متدرجة الملوحة النموذجية من ثلاث طبقات:

1- طبقة الحمل الحراري العليا (UCZ) upper convective zone: تشكل الطبقة السطحية من البركة، وهي طبقة رقيقة من المياه العذبة ذات ملوحة منخفضة جداً بعمق حوالي (0,1 ~ 0,40 m)، وتتمتع بدرجة حرارة منخفضة قريبة جداً من درجة حرارة الوسط المحيط، نسبة الملوحة 0%.

2- الطبقة اللاحمالية للحرارة (NCZ) non convective zone: تعَد الطبقة المتوسطة في البركة (متدرجة الملوحة) وفيها تزداد الملوحة ودرجة الحرارة بازدياد العمق، وتفصل بين الطبقتين العلوية والسفلية لذلك تسمى الطبقة المتوسطة اللاحمالية، فهي الأكثر سماكةً، وتشكل أكثر من نصف عمق البركة الشمسية؛ إذ تعتمد سماكة هذه الطبقة على درجة الحرارة المطلوبة، وخصائص انتقال الطاقة الشمسية والحرارية من الماء، نسبة الملوحة في هذه الطبقة (6.08~9.80%).

3- طبقة الحمل الحراري السفلية (LCZ) lower convective zone: فهي طبقة كثيفة ذات ملوحة عالية، وتتميز درجة حرارتها بأنها مرتفعة بشكل كبير، وتخزن فيها معظم الطاقة الشمسية على شكل حرارة؛ إذ يكون هنا كل من تركيز الملح ودرجة الحرارة ثابتين تقريباً، لا توجد خسارة بالحرارة عن طريق الحمل الحراري، لذلك تسمى الطبقة المخزنة للحرارة، نسبة الملوحة في هذه الطبقة 21.05% [9,10,11,12].

الجانب العملي والتجريبي:

يتضمن هذا العمل التجريبي تصميم بركة شمسية موشورية الشكل مساحتها السطحية (1 m^2) ومساحتها السفلية (0.42 m^2) بعمق 1m أيضاً، مؤلفة من أربع طبقات داخلية تم طلاؤها باللون الأسود، كما وضع في الطبقة السفلية جسم صلب عبارة عن حجارة بركانية سوداء اللون بأبعاد متساوية (حوالي 1Cm)، فصلت الطبقات عن بعضها البعض بألواح زجاجية شفافة (زجاج منزلي سماكة 6 mm)، ثبت في منتصف كل طبقة من طبقات البركة (مقياس حرارة رقمي بروب منفصل) لقياس درجات الحرارة المخزنة كل ساعة لمدة ثماني ساعات يومياً من 9 صباحاً حتى 5 عصراً.

يدرس هذا البحث إمكانية تجميع وتخزين الطاقة الحرارية باستخدام بركة شمسية مصنعة محلياً، معزولة حرارياً عن الوسط المحيط /تستقبل الإشعاع الشمسي الوارد إلى الطبقة السطحية من البركة فقط/ وذلك بالاعتماد على أن ازدياد تركيز الملح من 0% في الطبقة السطحية إلى 30% ~ 20 في الطبقة السفلية يترافق بازدياد في درجات الحرارة المخزنة، وبالتالي كمية الحرارة المخزنة في كل طبقة من طبقات البركة). يتزايد تركيز الملح وكذلك درجة الحرارة المخزنة بازدياد العمق؛ إذ لا يمكن للماء المالح أن يرتفع إلى الطبقة السطحية؛ لأن الماء بالأعلى يكون أقل كثافة، ويمتلك أقل محتوى ملوحة بين طبقات البركة.

طريقة تحضير المحاليل الملحية

وفقاً للدراسات المرجعية، تبلغ قيمة إنحلالية ملح كلوريد الصوديوم NaCl في الماء (370 gr/L)، وعليه فإن:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{كل 1 lit ماء ينحل فيها 370 gr ملح كلوريد الصوديوم NaCl} \\ \text{كل 100lit ماء ينحل فيها X gr ملح كلوريد الصوديوم NaCl} \\ X = (100 * 370) / 1 = 37000 \text{ gr} = 37 \text{ Kgr} . \end{array} \right. \leftarrow$$

وبالتالي:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{كل 1370 gr محلول تحتوي 370 gr ملح كلوريد الصوديوم NaCl} \\ \text{كل 100 gr محلول تحتوي Y gr ملح كلوريد الصوديوم NaCl} \\ Y = (100 * 370) / 1370 = 27 \% \end{array} \right. \leftarrow$$

وللحصول على محلول مشبع تؤخذ النسبة المئوية وفق الآتي (73% ماء + 27% ملح كلوريد الصوديوم).
الطبقة السفلية الأولى:

$$40 \text{ Kgr ملح كلوريد الصوديوم NaCl منحلة في 150 lit ماء} = 190 \text{ Kgr محلول} .$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{40 Kgr ملح كلوريد الصوديوم NaCl منحلة في 190 Kgr محلول} \\ \text{X Kgr ملح كلوريد الصوديوم NaCl منحلة في 100 Kgr محلول} \\ X = (40 * 100) / 190 = 21.05 \% \end{array} \right. \leftarrow$$

في هذه الطبقة بدلاً من (27% خشية

الوصول لدرجة فوق الإشباع عندما تتخفف درجة الحرارة ليلاً.

الطبقة الثانية (المتوسطة الأولى):

$$25 \text{ Kgr ملح كلوريد الصوديوم NaCl منحلة في 230 lit ماء} = 255 \text{ Kgr محلول} .$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{25 Kgr ملح كلوريد الصوديوم NaCl منحلة في 255 Kgr محلول} \\ \text{Y Kgr ملح كلوريد الصوديوم NaCl منحلة في 100 Kgr محلول} \\ Y = (25 * 100) / 255 = 9.80 \% \approx 10 \% \end{array} \right. \leftarrow$$

الطبقة الثالثة (المتوسطة الثانية):

17.5 Kgr ملح كلوريد الصوديوم NaCl منحل في 270 lit ماء = (287.5Kgr محلول).

$$\left\{ \begin{array}{l} 17.5 \text{ Kgr ملح كلوريد الصوديوم NaCl منحل في } 287.5 \text{ Kgr محلول} \\ Z \text{ Kgr ملح كلوريد الصوديوم NaCl منحل في } 100 \text{ Kgr محلول} \\ Z = (17.5 * 100) / 287.5 = 6.08 \% \end{array} \right. \leftarrow$$

الطبقة الرابعة (السطحية): تؤخذ ماء عذب فقط حوالي 80 lit.

حساب السعات الحرارية النوعية

الجدول (1) يبين القيم النموذجية للسعات الحرارية النوعية المتوقعة لمحلول NaCl بتركيز ودرجات حرارة مختلفة [13]:

Solution number	Temperature °C	Concentration %	Specific heat capacity of NaCl solution (J/Kg.C)
1	10	5	3965.07
2	20	10	3764.34
3	30	15	3583.60
4	40	20	3428.22
5	50	25	3303.84
6	60	28	3247.45
7	70	29	3232.99
8	80	30	3219.94

وبالتالي تحسب السعات الحرارية النوعية من أجل كل طبقة من طبقات البركة كما يلي:

$$C_p = 3366.03 / (4.18 * 1000) = 0.80 \text{ Cal / gr.C : الطبقة السفلية الأولى:}$$

حيث أن 3366.03 قيمة وسطية ناتجة عن: $(3428.22 + 3303.84) / 2 = 3366.03$

$$X = (100 * 40) / 190 = 21.05\% \text{ وهذا ما يتوافق مع النسبة المئوية:}$$

$$C_p = 3673.97 / (4.18 * 1000) = 0.87 \text{ Cal / gr.C : الطبقة الثانية (المتوسطة الأولى):}$$

حيث أن 3673.97 قيمة وسطية ناتجة عن: $(3764.34 + 3583.60) / 2 = 3673.97$

$$Y = (100 * 25) / 255 = 9.80 \% \approx 10 \% \text{ وهذا ما يتوافق مع النسبة المئوية:}$$

وهي أقرب قيمة إلى 11.5% .

$$C_p = 3864.705 / (4.18 * 1000) = 0.92 \text{ Cal / gr.C : الطبقة الثالثة (المتوسطة الثانية):}$$

حيث أن 3864.70 قيمة وسطية ناتجة عن: $(3965.07 + 3764.34) / 2 = 3864.705$

$$Z = (100 * 17.5) / 287.5 = 6.08 \% \text{ وهذا ما يتوافق مع النسبة المئوية:}$$

$$C_p = 1 \text{ Cal / gr.C : الطبقة الرابعة: من أجل الماء العذب تؤخذ القيمة}$$

النتائج والمناقشة:

تم حساب كمية الحرارة المخزنة في كل طبقة من طبقات البركة وفق العلاقة الآتية: $Q = m.C_p.\Delta T$

كمية الحرارة Q تقدر بـ (Calorie) .

كتلة المحلول الملحي m في كل طبقة تقدر بـ (gr) .

السعة الحرارية النوعية C_p تقدر بـ (Cal/gr.C) .

الفرق بين درجتي الحرارة المسجلتين في الطبقة المدروسة والوسط المحيط عند ساعة القياس ΔT واحدها (C).
وعليه تكون المعدلات الوسطية في كل ساعة لدرجات الحرارة المسجلة وكمية الحرارة المخزنة خلال الشهر الواحد
ولكل طبقة من طبقات البركة وفق الآتي:

1-درجات الحرارة وكميات الحرارة المسجلة في كل طبقة للبركة الشمسية خلال شهر شباط: يمثل الجدولان (2)
و(3) درجات الحرارة في كل طبقة من طبقات البركة وكميات الحرارة الموافقة المسجلة خلال شهر شباط، في حين
يمثل الشكل (2) تغيرات كميات الحرارة بدلالة الزمن من أجل كل طبقة من طبقات البركة خلال شهر شباط.

الجدول (2) المعدل الوسطي لدرجات الحرارة المسجلة كتابع للزمن في كل طبقة

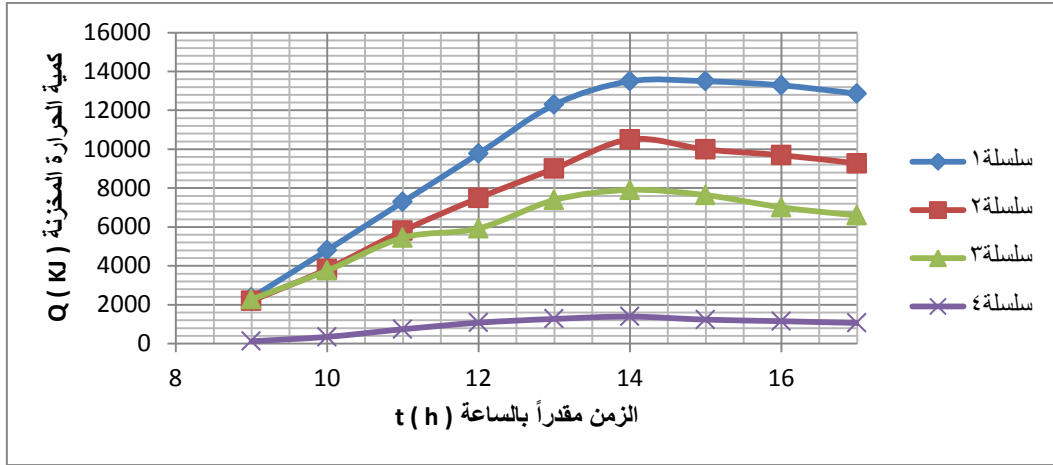
من طبقات البركة خلال شهر شباط من العام 2016 م من الساعة 9 صباحاً وحتى 5 عصراً

درجة حرارة الوسط الخارجي T (°C)	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة السطحية T4 (°C)	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة المتوسطة الثانية T3 (°C)	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة المتوسطة الأولى T2 (°C)	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة السفلية T1 (°C)	ساعة القياس t (h)
20.47	20.83	22.53	22.84	24.19	9
20.47	21.51	23.87	24.61	28.04	10
20.47	22.78	25.40	26.73	31.95	11
20.47	23.69	25.83	28.55	35.85	12
20.47	24.27	27.15	30.18	39.81	13
20.47	24.63	27.62	31.80	41.71	14
20.47	24.16	27.38	31.24	41.71	15
20.47	23.92	26.81	30.92	41.38	16
20.47	23.64	26.43	30.47	40.71	17

الجدول (3) المعدل الوسطي لكميات الحرارة المخزنة في كل طبقة من طبقات البركة

خلال شهر شباط من العام 2016 م من الساعة 9 صباحاً وحتى 5 عصراً

كمية الحرارة المخزنة في الطبقة السطحية Q4 (KJ)	كمية الحرارة المخزنة في الطبقة المتوسطة الثانية Q3 (KJ)	كمية الحرارة المخزنة في الطبقة المتوسطة الأولى Q2 (KJ)	كمية الحرارة المخزنة في الطبقة السفلية Q1 (KJ)	ساعة القياس t (h)
120.384	2277.557	2197.779	2363.54	9
347.776	3759.074	3839.159	4809.67	10
739.2	5450.657	5805.105	7293.93	11
1076.768	5926.07	7492.851	9771.836	12
1270.72	7385.475	9004.403	12287.86	13
1391.104	7905.112	10506.68	13495.04	14
1233.936	7639.765	9987.376	13495.04	15
1153.68	7009.567	9690.63	13285.37	16
1060.048	6589.436	9273.33	12859.68	17



الشكل (2) المنحني البياني كمية الحرارة المخزنة بتابعية الزمن $Q = f(t)$ ، خلال شهر شباط 2016 متمثل (السلسلة 1 الطبقة السفلية، السلسلة 2 الطبقة المتوسطة الأولى، السلسلة 3 الطبقة المتوسطة الثانية، السلسلة 4 الطبقة السطحية)

بالعودة إلى الجدول (2): نلاحظ أن المعدلات الوسطية لدرجات الحرارة المسجلة في كل ساعة خلال أيام شهر شباط 2016 م تتزايد بازدياد الزمن لتبلغ قيم شبه ثابتة في أوقات ذروة الإشعاع الشمسي، وتتناقص فيما بعد بشكل طفيف في آخر سعاتي قياس بسبب انخفاض شدة الإشعاع الشمسي الوارد إلى سطح البركة.

فيما يبين الجدول (3) أن قيم المعدلات الوسطية لكميات الحرارة المخزنة في كل طبقة من طبقات البركة الشمسية المدروسة تتزايد بازدياد الزمن، وهذا الازدياد يبلغ قيمه العظمى في أوقات ذروة الإشعاع الشمسي أيضاً؛ إذ أن العلاقة طردية بين درجة الحرارة المسجلة وكمية الحرارة المخزنة. سجلت أعلى قيم لكمية الحرارة المخزنة في الطبقة السفلية والتي بلغت 13495.04 KJ في الساعة 14 عصرًا، وهذا ما يبيده المنحني البياني في الشكل (2).

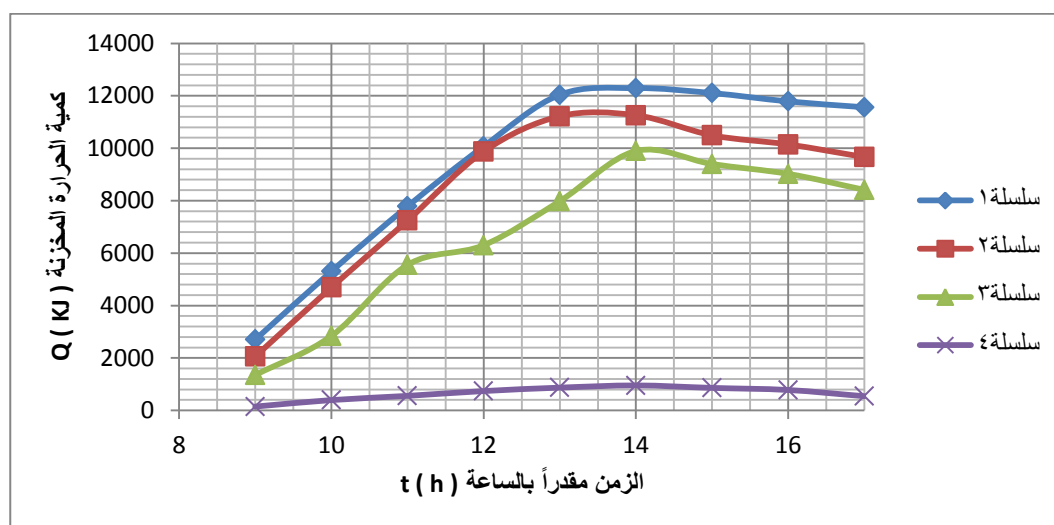
2- درجات الحرارة وكميات الحرارة المسجلة في كل طبقة للبركة الشمسية خلال شهر آذار: يمثل الجدولان (4) و(5) درجات الحرارة في كل طبقة من طبقات البركة وكميات الحرارة الموافقة المسجلة خلال شهر آذار، في حين يمثل الشكل (3) تغيرات كميات الحرارة بدلالة الزمن من أجل كل طبقة من طبقات البركة خلال شهر آذار.

الجدول (4) المعدل الوسطي لدرجات الحرارة المسجلة كتابع للزمن في كل طبقة من طبقات البركة خلال شهر آذار من العام 2016م من الساعة 9 صباحاً وحتى 5 عصرًا

درجة حرارة الوسط الخارجي $T(C)$	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة السطحية $T4 (C)$	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة المتوسطة الثانية $T3 (C)$	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة المتوسطة الأولى $T2 (C)$	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة السفلية $T1 (C)$	ساعة القياس $t (h)$
22.6	23.04	23.82	24.82	26.85	9
22.6	23.78	25.17	27.66	30.95	10
22.6	24.26	27.62	30.41	34.85	11
22.6	24.81	28.3	33.25	38.45	12
22.6	25.2	29.82	34.7	41.55	13
22.6	25.45	31.55	34.74	41.95	14
22.6	25.17	31.1	33.92	41.65	15
22.6	24.93	30.76	33.54	41.15	16
22.6	24.22	30.21	33.02	40.8	17

الجدول (5) المعدل الوسطي لكميات الحرارة المخزنة في كل طبقة من طبقات البركة خلال شهر آذار من العام 2016 م من الساعة 9 صباحاً وحتى 5 مساءً

كمية الحرارة المخزنة في الطبقة السطحية (Q4 (KJ)	كمية الحرارة المخزنة في الطبقة المتوسطة الثانية (Q3 (KJ)	كمية الحرارة المخزنة في الطبقة المتوسطة الأولى (Q2 (KJ)	كمية الحرارة المخزنة في الطبقة السفلية Q1 (KJ)	ساعة القياس t (h)
147.136	1348.844	2058.679	2700.28	9
394.592	2841.418	4692.305	5305.256	10
555.104	5550.162	7242.471	7783.16	11
739.024	6301.977	9876.096	10070.46	12
869.44	7982.504	11220.73	12040.07	13
953.04	9895.21	11257.82	12294.22	14
859.408	9397.685	10492.41	12103.61	15
779.152	9021.778	10145.02	11785.93	16
541.728	8413.692	9662.81	11563.55	17



الشكل (3) المنحني البياني كمية الحرارة المخزنة بتابعة الزمن $Q = f(t)$ ، خلال شهر آذار 2016 م تمثل (السلسلة 1 الطبقة السفلية، السلسلة 2 الطبقة المتوسطة الأولى، السلسلة 3 الطبقة المتوسطة الثانية، السلسلة 4 الطبقة السطحية)

بالعودة إلى الجدول (4): نلاحظ أن المعدلات الوسطية لدرجات الحرارة المسجلة في كل ساعة خلال أيام شهر آذار 2016 م تتزايد بازدياد الزمن لتبلغ قيم شبه ثابتة في أوقات ذروة الإشعاع الشمسي، وتتناقص فيما بعد بشكل طفيف في آخر ساعتها قياس بسبب انخفاض شدة الإشعاع الشمسي الوارد إلى سطح البركة. فيما يبين الجدول (5) أن قيم المعدلات الوسطية لكميات الحرارة المخزنة في كل طبقة من طبقات البركة الشمسية المدروسة تتزايد بازدياد الزمن، وهذا الزيادة يبلغ قيمه العظمى في أوقات ذروة الإشعاع الشمسي أيضاً؛ إذ أن العلاقة طردية بين درجة الحرارة المسجلة وكمية الحرارة المخزنة. سجلت أعلى قيم لكمية الحرارة المخزنة في الطبقة السفلية والتي بلغت 12294.22 KJ في الساعة 14 مساءً، وهذا ما يبيده المنحني البياني في الشكل (3).

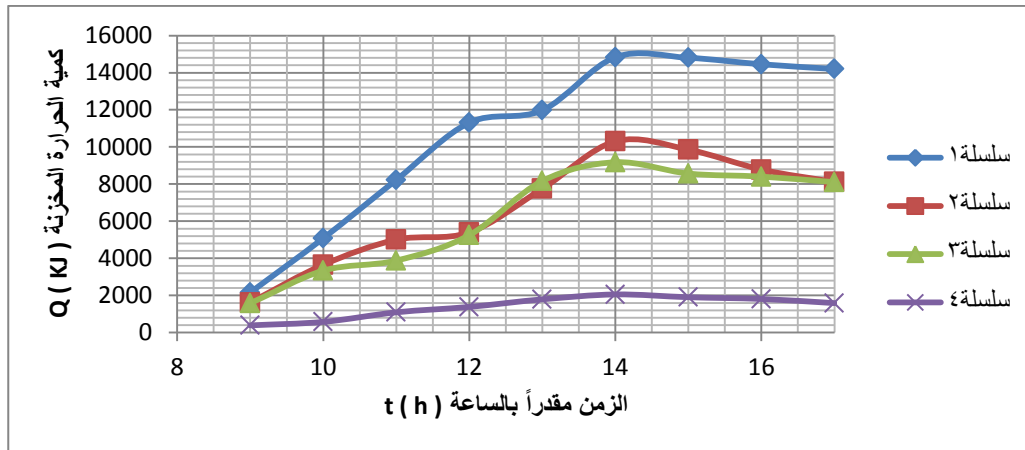
3- درجات الحرارة وكميات الحرارة المسجلة في كل طبقة للبركة الشمسية خلال شهر نيسان: يمثل الجدولان (6) و(7) درجات الحرارة في كل طبقة من طبقات البركة وكميات الحرارة الموافقة المسجلة خلال شهر نيسان، في حين يمثل الشكل (4) تغيرات كميات الحرارة بدلالة الزمن من أجل كل طبقة من طبقات البركة خلال شهر نيسان.

الجدول (6) المعدل الوسطي لدرجات الحرارة المسجلة في كل طبقة من طبقات البركة خلال شهر نيسان من العام 2016 م من الساعة 9 صباحاً وحتى 5 عصراً

درجة حرارة الوسط T (°C)	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة السطحية T4 (°C)	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة المتوسطة الثانية T3 (°C)	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة المتوسطة الأولى T2 (°C)	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة السفلية T1 (°C)	ساعة القياس t (h)
28.45	29.62	29.88	30.2	31.85	9
28.45	30.18	31.47	32.39	36.45	10
28.45	31.72	31.96	33.85	41.4	11
28.45	32.59	33.2	34.27	46.25	12
28.45	33.81	35.84	36.81	47.3	13
28.45	34.6	36.75	39.56	51.8	14
28.45	34.15	36.2	39.08	51.75	15
28.45	33.87	36.05	37.92	51.2	16
28.45	33.2	35.78	37.2	50.8	17

الجدول (7) المعدل الوسطي لكميات الحرارة المخزنة في كل طبقة من طبقات البركة خلال شهر نيسان من العام 2016 م من الساعة 9 صباحاً وحتى 5 عصراً

كمية الحرارة المخزنة في الطبقة السطحية Q4 (KJ)	كمية الحرارة المخزنة في الطبقة المتوسطة الثانية Q3 (KJ)	كمية الحرارة المخزنة في الطبقة المتوسطة الأولى Q2 (KJ)	كمية الحرارة المخزنة في الطبقة السفلية Q1 (KJ)	ساعة القياس t (h)
391.248	1581.022	1622.833	2160.224	9
578.512	3338.942	3653.692	5082.88	10
1093.488	3880.691	5007.598	8227.912	11
1384.416	5251.648	5397.078	11309.41	12
1792.384	8170.458	7752.504	11976.54	13
2056.56	9176.563	10302.67	14835.66	14
1906.08	8568.478	9857.55	14803.89	15
1812.448	8402.636	8781.844	14454.44	16
1588.4	8104.121	8114.164	14200.3	17



الشكل (4) المنحني البياني كمية الحرارة المخزنة بتابعية الزمن $Q = f(t)$ ، خلال شهر نيسان 2016 م تمثل (السلسلة 1 الطبقة السفلية، السلسلة 2 الطبقة المتوسطة الأولى، السلسلة 3 الطبقة المتوسطة الثانية، السلسلة 4 الطبقة السطحية)

بالعودة إلى الجدول (6): نلاحظ أن المعدلات الوسطية لدرجات الحرارة المسجلة في كل ساعة خلال أيام شهر نيسان 2016 م تتزايد بازدياد الزمن لتبلغ قيم شبه ثابتة في أوقات ذروة الإشعاع الشمسي، وتتناقص فيما بعد بشكل طفيف في آخر ساعتها قياس بسبب انخفاض شدة الإشعاع الشمسي الوارد إلى سطح البركة. فيما يبين الجدول (7) أن قيم المعدلات الوسطية لكميات الحرارة المخزنة في كل طبقة من طبقات البركة الشمسية المدروسة تتزايد بازدياد الزمن، وهذا الازدياد يبلغ قيمه العظمى في أوقات ذروة الإشعاع الشمسي أيضاً؛ إذ أن العلاقة طردية بين درجة الحرارة المسجلة وكمية الحرارة المخزنة. سجلت أعلى قيم لكمية الحرارة المخزنة في الطبقة السفلية والتي بلغت 14835.66 KJ في الساعة 14 عصرًا، وهذا ما يبيده المنحني البياني في الشكل (4).

4- درجات الحرارة وكميات الحرارة المسجلة في كل طبقة للبركة الشمسية خلال شهر أيار: يمثل الجدولان (8) و(9) درجات الحرارة في كل طبقة من طبقات البركة وكميات الحرارة الموافقة المسجلة خلال شهر أيار، في حين يمثل الشكل (5) تغيرات كميات الحرارة بدلالة الزمن من أجل كل طبقة من طبقات البركة خلال شهر أيار.

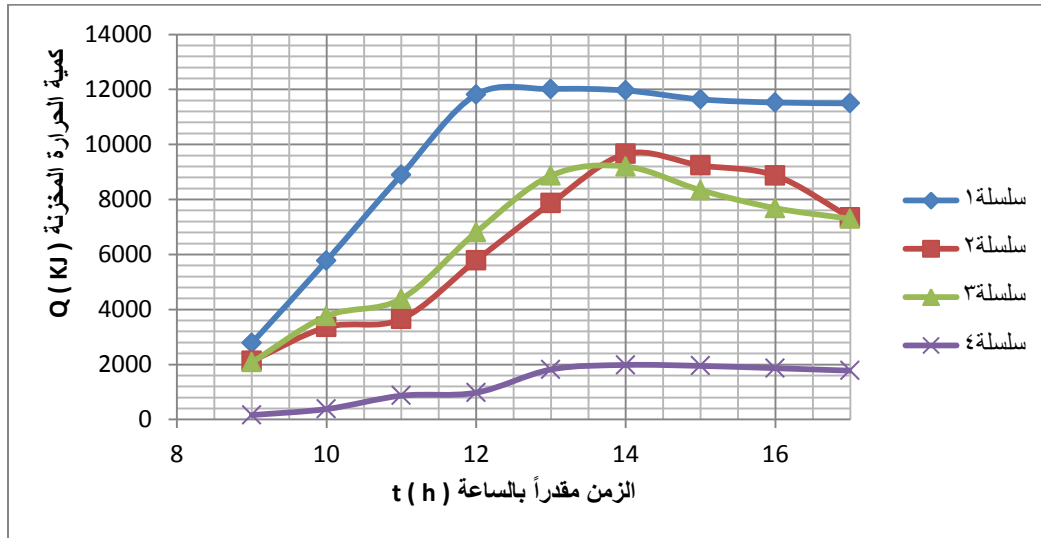
الجدول (8) المعدل الوسطي لدرجات الحرارة المسجلة في كل طبقة من طبقات البركة خلال شهر أيار من العام 2016 م من الساعة 9 صباحاً وحتى 5 عصرًا

درجة حرارة الوسط الخارجي $T (\text{ }^\circ\text{C})$	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة السطحية $T4 (\text{ }^\circ\text{C})$	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة المتوسطة الثانية T3 $(\text{ }^\circ\text{C})$	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة المتوسطة الأولى $T2 (\text{ }^\circ\text{C})$	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة السفلية $T1 (\text{ }^\circ\text{C})$	ساعة القياس $t (\text{ h})$
28.22	28.7	30.1	30.51	32.59	9
28.22	29.36	31.62	31.84	37.31	10
28.22	30.81	32.19	32.16	42.22	11
28.22	31.14	34.38	34.46	46.81	12
28.22	33.66	36.24	36.7	47.13	13
28.22	34.15	36.54	38.63	47.045	14

28.22	34.05	35.76	38.18	46.54	15
28.22	33.8	35.17	37.78	46.36	16
28.22	33.53	34.82	36.14	46.31	17

الجدول (9) المعدل الوسطي لكميات الحرارة المخزنة في كل طبقة من طبقات البركة خلال شهر أيار من العام 2016 م من الساعة 9 صباحاً وحتى 5 عصرًا

كمية الحرارة المخزنة في الطبقة السطحية Q4 (KJ)	كمية الحرارة المخزنة في الطبقة المتوسطة الثانية Q3 (KJ)	كمية الحرارة المخزنة في الطبقة المتوسطة الأولى Q2 (KJ)	كمية الحرارة المخزنة في الطبقة السفلية Q1 (KJ)	ساعة القياس t (h)
160.512	2078.546	2123.592	2776.523	9
381.216	3759.074	3356.945	5775.422	10
866.096	4389.272	3653.692	8895.04	11
976.448	6810.558	5786.558	11811.34	12
1819.136	8866.992	7863.784	12014.65	13
1982.992	9198.675	9653.537	11960.65	14
1949.552	8336.299	9236.237	11639.79	15
1865.952	7683.99	8865.303	11525.43	16
1775.664	7297.026	7344.477	11493.66	17



الشكل (5) المنحني البياني كمية الحرارة المخزنة بتابعية الزمن $Q = f(t)$ ، خلال شهر أيار 2016 م

تمثل (السلسلة 1 الطبقة السفلية، السلسلة 2 الطبقة المتوسطة الأولى، السلسلة 3 الطبقة المتوسطة الثانية، السلسلة 4 الطبقة السطحية)

بالعودة إلى الجدول (8): نلاحظ أن المعدلات الوسطية لدرجات الحرارة المسجلة في كل ساعة خلال أيام شهر أيار 2016 م تتزايد بازدياد الزمن لتبلغ قيم شبه ثابتة في أوقات ذروة الإشعاع الشمسي، وتتناقص فيما بعد بشكل طفيف في آخر سعاتي قياس بسبب انخفاض شدة الإشعاع الشمسي الوارد إلى سطح البركة. فيما يبين الجدول (9) أن قيم المعدلات الوسطية لكميات الحرارة المخزنة في كل طبقة من طبقات البركة الشمسية المدروسة تتزايد بازدياد الزمن،

وهذا الازدياد يبلغ قيمه العظمى في أوقات ذروة الإشعاع الشمسي أيضاً؛ إذ أن العلاقة طردية بين درجة الحرارة المسجلة وكمية الحرارة المخزنة. سجلت أعلى قيم لكمية الحرارة المخزنة في الطبقة السفلية والتي بلغت 12014.65 KJ في الساعة 13 ظهراً، وهذا ما يبديه المنحني البياني في الشكل (5).

5- درجات الحرارة وكميات الحرارة المسجلة في كل طبقة للبركة الشمسية خلال شهر حزيران: يمثل الجدولان (10) و(11) درجات الحرارة في كل طبقة من طبقات البركة وكميات الحرارة الموافقة المسجلة خلال شهر حزيران، في حين يمثل الشكل (6) تغيرات كمية الحرارة بدلالة الزمن من أجل كل طبقة من طبقات البركة خلال شهر حزيران.

الجدول (10) المعدل الوسطي لدرجات الحرارة المسجلة في كل طبقة

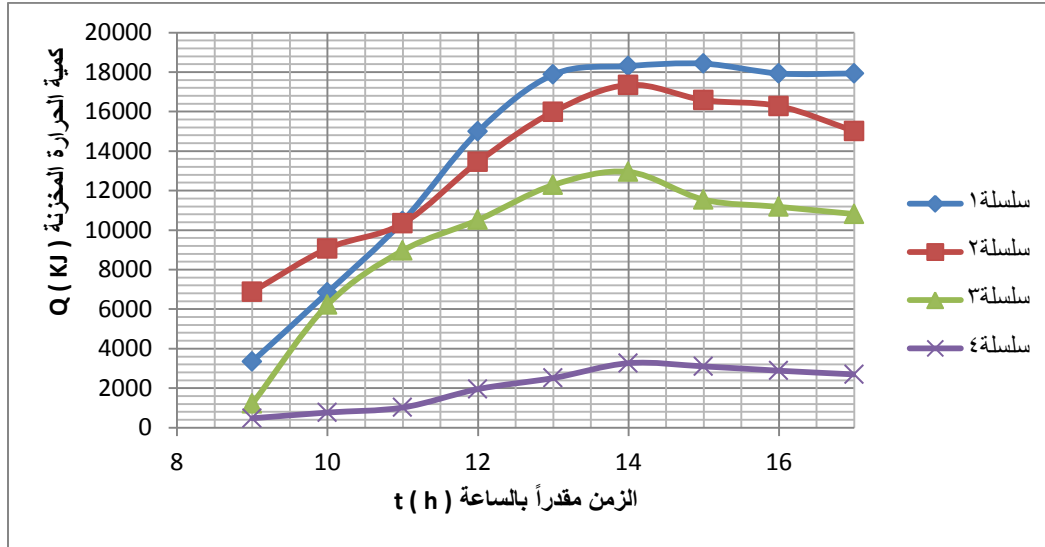
من طبقات البركة خلال شهر حزيران من العام 2016 م من الساعة 9 صباحاً وحتى 5 عصراً

درجة حرارة الوسط الخارجي T (°C)	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة السطحية (°C) T4	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة المتوسطة الثانية (°C) T3	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة المتوسطة الأولى (°C) T2	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة السفلية T1 (°C)	ساعة القياس t (h)
35.09	36.51	38.9	42.51	40.36	9
35.09	37.38	40.72	44.87	45.86	10
35.09	38.14	43.2	46.24	51.54	11
35.09	40.93	44.6	49.6	58.68	12
35.09	42.6	46.2	52.33	63.22	13
35.09	44.85	46.8	53.8	63.9	14
35.09	44.36	45.53	52.97	64.09	15
35.09	43.71	45.2	52.64	63.31	16
35.09	43.15	44.87	51.28	63.31	17

الجدول (11) المعدل الوسطي لكميات الحرارة المخزنة في كل طبقة من طبقات البركة

خلال شهر حزيران من العام 2016 م من الساعة 9 صباحاً وحتى 5 عصراً

كمية الحرارة المخزنة في الطبقة السطحية (KJ) Q4	كمية الحرارة المخزنة في الطبقة المتوسطة الثانية (KJ) Q3	كمية الحرارة المخزنة في الطبقة المتوسطة الأولى (KJ) Q2	كمية الحرارة المخزنة في الطبقة السفلية Q1 (KJ)	ساعة القياس t (h)
474.848	1212.37	6880.811	3348.347	9
765.776	6224.584	9069.317	6842.827	10
1019.92	8966.497	10339.76	10451.67	11
1952.896	10514.35	13455.6	14988.14	12
2511.344	12283.33	15987.22	17872.68	13
3263.744	12946.69	17350.4	18304.72	14
3099.888	11542.57	16580.71	18425.44	15
2882.528	11177.72	16274.69	17929.86	16
2695.264	10812.87	15013.52	17929.86	17



الشكل (6) المنحني البياني كمية الحرارة المخزنة بتابعية الزمن $Q = f(t)$ ، خلال شهر حزيران 2016 م تمثل (السلسلة 1 الطبقة السفلية، السلسلة 2 الطبقة المتوسطة الأولى، السلسلة 3 الطبقة المتوسطة الثانية، السلسلة 4 الطبقة السطحية)

بالعودة إلى الجدول (10): نلاحظ أن المعدلات الوسطية لدرجات الحرارة المسجلة في كل ساعة خلال أيام شهر حزيران 2016 م تتزايد بازدياد الزمن لتبلغ قيم شبه ثابتة في أوقات ذروة الإشعاع الشمسي، وتتناقص فيما بعد بشكل طفيف في آخر ساعتها قياس بسبب انخفاض شدة الإشعاع الشمسي الوارد إلى سطح البركة. فيما يبين الجدول (11) أن قيم المعدلات الوسطية لكميات الحرارة المخزنة في كل طبقة من طبقات البركة الشمسية المدروسة تتزايد بازدياد الزمن، وهذا الازدياد يبلغ قيمه العظمى في أوقات ذروة الإشعاع الشمسي أيضاً؛ إذ أن العلاقة طردية بين درجة الحرارة المسجلة وكمية الحرارة المخزنة. سجلت أعلى قيم لكمية الحرارة المخزنة في الطبقة السفلية والتي بلغت $KJ18425.44$ في الساعة 15 عصرًا، وهذا ما يبيده المنحني البياني في الشكل (6).

6- درجات الحرارة وكميات الحرارة المسجلة في كل طبقة للبركة الشمسية خلال شهر تموز: يمثل الجدولان (12) و(13) درجات الحرارة في كل طبقة من طبقات البركة وكميات الحرارة الموافقة المسجلة خلال شهر تموز، في حين يمثل الشكل (7) تغيرات كميات الحرارة بدلالة الزمن من أجل كل طبقة من طبقات البركة خلال شهر حزيران.

الجدول (12) المعدل الوسطي لدرجات الحرارة المسجلة في كل طبقة من طبقات البركة

خلال شهر تموز من العام 2016م من الساعة 9 صباحاً وحتى 5 عصرًا

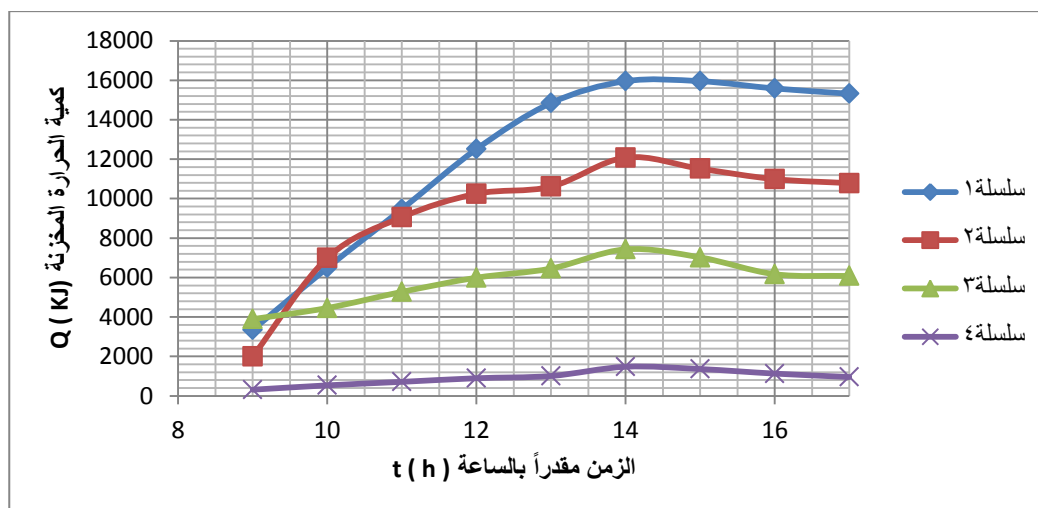
درجة حرارة الوسط الخارجي T (°C)	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة السطحية T4 (°C)	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة المتوسطة الثانية T3 (°C)	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة المتوسطة الأولى T2 (°C)	درجة الحرارة المسجلة في الطبقة السفلية T1 (°C)	ساعة القياس t (h)
34.78	35.72	38.3	40.17	40.05	9
34.78	36.38	38.81	42.32	45	10
34.78	36.91	39.55	44.55	49.68	11
34.78	37.46	40.2	45.83	54.47	12
34.78	37.8	40.62	46.22	58.15	13
34.78	39.2	41.5	47.81	59.89	14
34.78	38.85	41.13	47.2	59.89	15

34.78	38.16	40.36	46.63	59.31	16
34.78	37.64	40.28	46.41	58.89	17

الجدول (13) المعدل الوسطي لكميات الحرارة المخزنة في كل طبقة من طبقات البركة خلال شهر تموز

من العام 2016 م من الساعة 9 صباحاً وحتى 5 عصرًا

كمية الحرارة المخزنة في الطبقة السطحية Q4 (KJ)	كمية الحرارة المخزنة في الطبقة المتوسطة الثانية Q3 (KJ)	كمية الحرارة المخزنة في الطبقة المتوسطة الأولى Q2 (KJ)	كمية الحرارة المخزنة في الطبقة السفلية Q1 (KJ)	ساعة القياس t (h)
314.336	3891.747	1998.324	3348.347	9
535.04	4455.608	6992.091	6493.379	10
712.272	5273.76	9060.043	9466.864	11
896.192	5992.406	10247.03	12510.24	12
1009.888	6456.762	10608.69	14848.36	13
1478.048	7429.699	12083.15	15953.89	14
1361.008	7020.624	11517.48	15953.89	15
1130.272	6169.304	10988.9	15585.38	16
956.384	6080.855	10784.88	15318.53	17



الشكل (7) المنحني البياني كمية الحرارة المخزنة بتابعية الزمن $Q = f(t)$ ، خلال شهر تموز 2016 م

تمثل (السلسلة 1 الطبقة السفلية، السلسلة 2 الطبقة المتوسطة الأولى، السلسلة 3 الطبقة المتوسطة الثانية، السلسلة 4 الطبقة السطحية)

بالعودة إلى الجدول (12): نلاحظ أن المعدلات الوسطية لدرجات الحرارة المسجلة في كل ساعة خلال أيام شهر تموز 2016 م تتزايد بازدياد الزمن لتبلغ قيم شبه ثابتة في أوقات ذروة الإشعاع الشمسي، وتتناقص فيما بعد بشكل طفيف في آخر ساعتي قياس بسبب انخفاض شدة الإشعاع الشمسي الوارد إلى سطح البركة. فيما يبين الجدول (13) أن قيم المعدلات الوسطية لكميات الحرارة المخزنة في كل طبقة من طبقات البركة الشمسية المدروسة تتزايد بازدياد الزمن، وهذا الازدياد يبلغ قيمه العظمى في أوقات ذروة الإشعاع الشمسي أيضاً؛ إذ أن العلاقة طردية بين درجة الحرارة المسجلة وكمية الحرارة المخزنة. سجلت أعلى قيم لكمية الحرارة المخزنة في الطبقة السفلية والتي بلغت 15953.89 KJ في الساعة 14 عصرًا، وهذا ما يبيده المنحني البياني في الشكل (7).

7- درجات الحرارة المسجلة وكميات الحرارة المخزنة في كل طبقة من طبقات البركة خلال ستة أشهر:

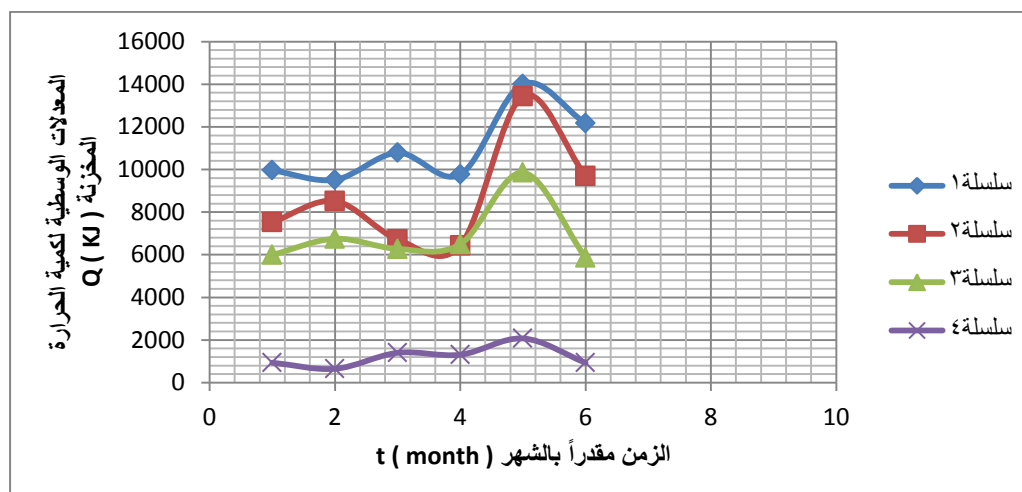
يمثل الجدولان (14) و(15) درجات الحرارة وكميات الحرارة المخزنة في كل طبقة خلال ستة أشهر على الترتيب من شباط ولغاية تموز 2016 م، في حين يمثل الشكل (8) تغيرات كمية الحرارة Q مع الزمن خلال ستة أشهر.

الجدول (14) المعدلات الوسطية لدرجات الحرارة المسجلة في كل طبقة من طبقات البركة ومقارنتها مع حرارة الوسط المحيط خلال ستة أشهر (من شباط ولغاية تموز 2016 م)

المعدلات الوسطية لدرجات الحرارة المسجلة في الوسط المحيط (°C) T5	المعدلات الوسطية لدرجات الحرارة المسجلة في الطبقة السطحية (°C) T4	المعدلات الوسطية لدرجات الحرارة المسجلة في الطبقة المتوسطة الثانية (°C) T3	المعدلات الوسطية لدرجات الحرارة المسجلة في الطبقة المتوسطة الأولى (°C) T2	المعدلات الوسطية لدرجات الحرارة المسجلة في الطبقة السفلية (°C) T1	الشهر (month)
20.47	23.27	25.89	28.59	36.15	شباط 2016
22.6	24.54	28.7	31.78	37.57	آذار 2016
28.45	32.63	34.12	35.69	45.42	نيسان 2016
28.22	32.13	34.09	35.15	43.59	أيار 2016
35.09	41.29	44	49.58	57.14	حزيران 2016
34.78	37.56	40.08	45.23	53.92	تموز 2016

الجدول (15) المعدلات الوسطية لكميات الحرارة المخزنة في كل طبقة من طبقات البركة خلال ستة أشهر (من شباط ولغاية تموز 2016 م)

المعدل الوسطي لكمية الحرارة المخزنة في الطبقة السطحية (KJ) Q4	المعدل الوسطي لكمية الحرارة المخزنة في الطبقة المتوسطة الثانية (KJ) Q3	المعدل الوسطي لكمية الحرارة المخزنة في الطبقة المتوسطة الأولى (KJ) Q2	المعدل الوسطي لكمية الحرارة المخزنة في الطبقة السفلية (KJ) Q1	الشهر (month)
936.320	5993.634	7533.035	9962.444	شباط 2016
648.736	6750.363	8517.038	9516.280	آذار 2016
1400.392	6274.950	6721.103	10783.471	نيسان 2016
1308.618	6491.159	6431.569	9765.836	أيار 2016
2074.023	9853.442	13439.115	14010.393	حزيران 2016
932.604	5863.418	9697.842	12164.320	تموز 2016



الشكل (8) المنحني البياني المعدلات الوسطية لكمية الحرارة المخزنة بتابعية الزمن $Q = f(t)$ ، خلال ستة أشهر (من شباط و لغاية تموز 2016 م) تمثل (السلسلة 1 الطبقة السفلية، السلسلة 2 الطبقة المتوسطة الأولى، السلسلة 3 الطبقة المتوسطة الثانية، السلسلة 4 الطبقة السطحية)

بالعودة إلى الأشكال (من 2 حتى 8) والجداول (من 2 إلى 15) تباعاً نلاحظ تزايد قيم درجات الحرارة المسجلة وكذلك كمية الحرارة المخزنة في كل ساعة ولكل طبقة بازدياد الزمن، وهذا الازدياد يبلغ قيمته العظمى في أوقات ذروة الإشعاع الشمسي (أوقات الظهيرة) حيث تتقارب هذه القيم لتكون شبه متساوية، وهذا ما نلاحظه في الجداول أعلاه. يعزى ذلك أنه: عندما ينتقل الشعاع الضوئي من وسط أقل كثافة إلى وسط أكثر كثافة فإنه ينكسر مقترباً من الناظم وبالتالي تقل الأشعة المنعكسة (تزداد كمية الحرارة المخزنة) في الوسط الأكثر كثافة، وهذا يؤدي إلى ازدياد كمية الحرارة بالتدرج من الطبقة العليا إلى الطبقة السفلية.

نلاحظ من الجدول 15 أنه تم تسجيل أعلى قيم لكميات الحرارة المخزنة في الطبقة السفلية المخزنة للحرارة خلال فترة ستة أشهر، ويعزى ذلك لكون تركيز الملح وكذلك درجة الحرارة تتزايدان بازدياد العمق؛ إذ أنه لا يمكن للماء المالح أن يرتفع إلى الطبقة السطحية لأن الماء بالأعلى يكون أقل كثافة و يمتلك أقل محتوى ملوحة بين طبقات البركة، كما أنه لا يمكن للحرارة أن تنتقل ضمن المحاليل بالتيارات الحملية الحرارية بسبب اختلاف الكثافة بين المحاليل الملحية من جهة وكذلك بسبب وجود الألواح الزجاجية التي تفصل بين طبقات البركة، وعليه يلاحظ بأن درجات الحرارة المسجلة في الطبقة السطحية أقرب ما تكون لدرجة حرارة الوسط المحيط، والذي بدوره يؤدي لجعل قيمة كمية الحرارة المخزنة في هذه الطبقة صغيرة جداً مقارنةً بالطبقات الأخرى التي تليها.

الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- تزداد كمية الحرارة المخزنة في كل طبقة من طبقات البركة بشكل طردي مع أوقات بداية النهار الساعة 9 صباحاً، وتبلغ الذروة في الساعة 14 و 15 عصراً من كل يوم.
- 2- تزداد كمية الحرارة المخزنة في كل طبقة ابتداءً من شهر شباط خلال العام 2016 م، وتبلغ الذروة في شهر حزيران من العام 2016 م.
- 3- أوضحت الدراسة أن أعلى كمية حرارة مخزنة كانت في الطبقة السفلية المخزنة للحرارة في شهر حزيران من العام 2016 والتي بلغت 18425.44 KJ .
- 4- تزداد كمية الحرارة المخزنة مع ازدياد عمق الطبقة المترافق بازدياد التركيز.

5- تتخفص شدة الإشعاع الشمسي الوارد وبالتالي درجة الحرارة المخزنة مما يؤدي إلى انخفاض كمية الحرارة، وهذا ما تبدى بشذوذ بعض القيم كنتيجة لظهور العكر في المحاليل الملحية المكونة لكل طبقة من طبقات البركة الشمسية.

التوصيات

1. العمل على زيادة الأبحاث باتجاه الطاقات البديلة ومن ضمنها الطاقة الشمسية ، ودراسة فعاليتها والجدوى الاقتصادية منها التي تقود بالنهاية لخدمة وتقديم المجتمعات .
2. تعتبر البركة الشمسية من التقنيات المستخدمة لتجميع حرارة الشمس، وهي ذات كلفة محدودة تحظى بأهمية بالغة في كثير من دول العالم، لذلك نوصي بإجراء دراسات تجريبية باستخدام هذه التقنية لتحسين كفاءة التخزين وزيادة الإنتاجية في التطبيقات العملية المنزلية والزراعية والصناعية.

المراجع:

- [1]-SHEKHAWAT,S.P.;DR.HALEGOWDA,N.V.;DR.HUSAIN,M. *Turbidity and coagulation effect in salt gradient solar pond*.IJSSBT.2(1),2013,57.
- [2]-EMAMI,Y.;MEHRANGIZ,S.;ETEMADI,A.;MOSTAFAZADEH,A.;DARVISHI,S. *Abrief review about salinity gradient energy*.International journal of smart grid and clean energy,2012,295.
- [3]-SINGH,B.;REMELI,F.;OBEROI,A.;TAN,L.;DATE,A.;AKBARZADEH,A. *Electrical power generation from low grade heat of salinity gradient solar pond using thermo electric generators*.Australian solar energy society(Australian solar council), 2014,1-2.
- [4]-TUNDEE,S.;SRIHAJONG,N.;CHARMONGKOLPRADIT,S. *Electric power generation from solar pond using combination of thermosyphon and thermoelectric modules*. Energy Procedia.48,2014,453-454,462.
- [5]-SOZHAN,N.;SENTHILVELAN,T.;KALIYAPPAN,T.;VIJAYAKRISHNARAPAKA,E. *Experimental investigation on a 0.25 m² solar gel pond*. IJRSET.2(8),2013,3384.
- [6]-RASHID,L.F.;FAYYADH,K.I.;HASHIM,A. *Design of solar pond for electricity production*. British Journal of Science.3(2),2012,104.
- [7]-SATHISH,D.;SATHISHKUMAR,T.R. *Effective study on solar pond and its various performances*.ICIRET,2015,2.
- [8]-BOZKURT,I.;KARAKILCIK,M. *The daily performance of a solar pond integrated with solar collectors*.Solar Energy.86,2012,1611,1619-1620.
- [9]-SAKHRIEH,A.;AL-SALAYMEH,A. *Experimental and numerical investigations of salt gradient solar pond under Jordanian climate conditions*. Energy Conversion and Management.65,2013,725,728.
- [10]-KARAKILCIK,M.;DINCER,I.;BOZKURT,I.;ATIZ,A. *Performance assessment of a solar pond with and without shading effect*. Energy Conversion and Management.65,2013,98,106.
- [11]-EL-SEBAIL,A.A.;ABOULENEIN,S.;RAMADAN,I.R.M.;KHALLAF,M.A. *Thermal performance of shallow solar pond under openand closed cycle modes of heat extraction*. Solar Energy.95,2013,30,40-41.

[12]-CHAITHANYA,K.K.;VISHNUPRIYADHARSHINI,A.;DR. VIJAYACH AND RAKALA, K.R.M. *The impact of salt concentration on thermal energy storage in solarpond*.AJBAS.10(5),2016,157.

[13]-RAMALINGAM,A.;ARUMUGAM,S. *Experimental study on specific heat of hot brinefor salt gradient solar pond application*.IJCRGG.4(3),2012,960.