

## الدراسة النمذجية لاستخدام مواد التخزين في مجمع طاقة شمسية باستخدام الحاسوب

الدكتور مثنى عبد المجيد جميل\*

الدكتور عدنان عمران\*\*

(تاريخ الإيداع 13 / 9 / 2009. قُبل للنشر في 2009/12/23)

### □ ملخص □

في هذا البحث تم إعداد نموذج رياضي لمجمع شمسي يقوم بتخزين طاقة الشمس الحرارية التي يمكن استخدامها عند المغيب لأغراض متعددة، كتوليد الطاقة الكهربائية، التدفئة، أو في عملية تخمير الوقود الحيوي، أو أي استخدامات أخرى. يحتوي هذا النموذج على خليط من المواد القابلة لتخزين الحرارة مثل الرمل، الكربون الأسود، ماء البحر، صخور الإسمنت الداكنة. لقد تم ترتيب معادلات النموذج وحلها عند قيم افتراضية متغيرة لكل من شكل الخزان و أبعاده، ونسبة المواد الداخلة في الخليط، وذلك من خلال إعداد برنامج حاسوبي مبني على برنامج Matlab و تطبيقه على نوعين من الخلائط المستخدمة لخن الحرارة، وقد حولت النتائج الحاسوبية إلى منحنيات هندسية واضحة القيم بهدف المقارنة بين النوعين، وقد تم تبسيط النموذج للتجربة وللدراسات المستقبلية، وقد كانت النتائج مشجعة، أظهرت أفضلية استخدام خليط ماء البحر مع صخور الإسمنت الداكنة على الخلائط الأخرى.

الكلمات المفتاحية: مصادر الطاقة، السوائل العاملة، نموذج حسابي، برنامج ماتلاب، أبعاد الخزان الشمسي.

\* أستاذ مساعد - قسم الميكانيك - الكلية التقنية العليا - مسقط - عمان.

\*\* أستاذ مساعد - كلية الهندسة التقنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## The ideal research of the Store materials usage in the solar energy reservoir by using computer

Dr. Muthana A.M. Jamel\*  
Dr. Adnan Omran\*\*

(Received 13 / 9 / 2009. Accepted 23 / 12 / 2009)

### □ ABSTRACT □

In this research a mathematical model for solar store is organized in which save the heat solar energy is saved for different purposes such as electrical energy generation , heating , or bio-energy fermentation and many other uses .

This model includes a mixture of heat store substances such as sand , graphite , sea water , the dark cement rocks .

The equation of the model was arranged , and solved by using variable values for the shape , and the dimensions of the reservoir and the percentage of the materials in the mixture by using a computer program through which the Matlab program was based on , and was practiced on two kinds of heats store mixtures . The results was converted in to geometric curves through which the comparison can be made between the two mixtures .

The results showed that using a mixture of the sea water and dark cement rocks model gave better results .

**Key–Wards:** 1-Working Fluid: 2-Energy Source: 3-Mathematical Model: 4-Matlab:  
5-Reservoir Dimensions Solar.

---

\* Associate Professor, Mechanical Engineering Department, High Technical collage, Muscat, Oman.

\*\* Associate Professor, Faculty Of Technical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria

**مقدمة:**

من المعلوم أن ظاهرة ارتفاع درجة حرارة الأرض، هي بالأساس نتيجة لارتفاع نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  في الغلاف الجوي للأرض، وهو ناتج عرضي للاستخدام المفرط للوقود الأحفوري، حيث أنه في عام 1990 وحده طرح العالم بحدود 24.2 بليون طن من هذا الغاز الضار، وكانت نسبة الولايات المتحدة الأمريكية بحدود 23% من الكمية المطروحة وفي عام 2025 سوف تبلغ الكمية المطروحة إلى الغلاف الأرضي بحدود 41.6 بليون طن [1]، وهذا الرقم بحد ذاته شيء مرعب وخطير، ويبين مدى الانتهاك الخاطئ لقوانين الطبيعة المتوازنة والدقيقة. وقد أدرك العلماء بصوره جديه مدى خطورة هذه الظاهرة، وهم يعملون بكل الوسائل للحد منها، وإيجاد مصادر الطاقات البديلة، مثل الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، طاقة الهيدروجين وطاقة المياه. وقد حققوا إنجازات عظيمة و مشجعة في الاستخدام، إلا أنها مازالت في بداية الطريق وتحتاج من يدعمها ويؤازرها.

تعتبر الطاقة الشمسية من المصادر المهمة و الكبيرة جنبا الى جنب مع طاقة الرياح والمياه والتي سوف تسود القرن القادم، وهي طاقات غير محدودة وصديقة للبيئة، وتم نشر دراسات واسعة ومعتمده عن هذا الموضوع [2]. إن العلماء جادون في إجراء المزيد من الدراسات من أجل إيجاد النظام الكفاء لتوليد الطاقة الكهربائية من الشمس، وأحد المعوقات التي تجابههم هو السكون الليلي للشمس، ونحن هنا في هذا البحث من أجل إيجاد حل لهذه المشكلة. هنالك دراسات واستخدامات عديدة في مجال استخدام الطاقة المتجددة النظيفة، ومنها الطاقة الشمسية وهنا قد يكون الاستخدام مباشراً، مثل الخلايا الشمسية، أو غير مباشر، وهو موضوع بحثنا [3 & 4].

إن خزن الطاقة الشمسية موضوع قديم وحديث في نفس الوقت. حيث توصل الإنسان إلى استخدام عمليه الخزن بشكل مبرمج وعلمي من خلال استخدام خزانات معزولة أرضيه تحتوي على مواد صلبة، بحيث يمكن، عند الحاجة للحرارة تمرير تيار هوائي ضمن الخزان ليسخنه ويستخدمه لأغراض التدفئة [5&6]. مثل هذا النظام يكون ناجحاً فيما إذا تمت دراسة المواد الخازنة للحرارة بشكل دقيق، ومعرفة صفاتها الحرارية في الخزن، ويجب حساب معدل الحرارة المخزونة في المتر المكعب، ثم معدل امتصاص هذه الحرارة عند الحاجة إليها. سابقاً تم استخدام الحصى مباشرة لخزن الطاقة الشمسية بعد طليها بماده داكنه [7]، ثم تبعه دراسة متغيرات الخزن ضمن محلول ملحي وماده صلبة [8]. لاحقاً تمت دراسة عملية الخزن في خليط السليكا جيل مع الماء، وكانت نتائجها بسيطة ومكلفه [9].

**أهمية البحث وأهدافه:**

من المشاكل المستعصية في استخدام الطاقة الشمسية تجارياً هي كيفية خزن هذه الطاقة عند الضرورة، ونتيجة للبحث المتواصل، تم استنباط الطريقة التالية المستوحاة من الطبيعة حولنا، والتي تهدف إلى دراسة خزن هذه الطاقة في مواد ذات كفاءة خزن عالية ومتوفرة في أكثر بقاع الأرض، مثل الرمل، الكربون، ماء البحر وصخور الإسمنت الداكنة، وهي تحتاج إلى خزان سطحي كبير يحوي خليط من هذه المواد، ومن ثم استخدام الحرارة المخزنة عند الضرورة عن طريق سحبها، إما من خلال إمرار الماء أو الهواء في شبكة أنابيب داخل الخزان، واستخدام هذه الطاقة يكون إما بشكل مباشر أو غير مباشر، كمثال في توليد الطاقة الكهربائية، التدفئة، البسترة أو التخمر مثل الوقود الحيوي.

يهدف البحث إلى دراسة نوعين من الحشوات الممكن استخدامها ضمن الخزان الحراري، وحساب كمية الحرارة المخزنة، وكمية الحرارة الواجب سحبها من الخزان، وذلك من أجل تسع ساعات تعرض للشمس، وتبعاً لأبعاد الخزان الحراري، ثم إجراء المقارنة بين النوعين التاليين من الخليط ( الحشوة ) :

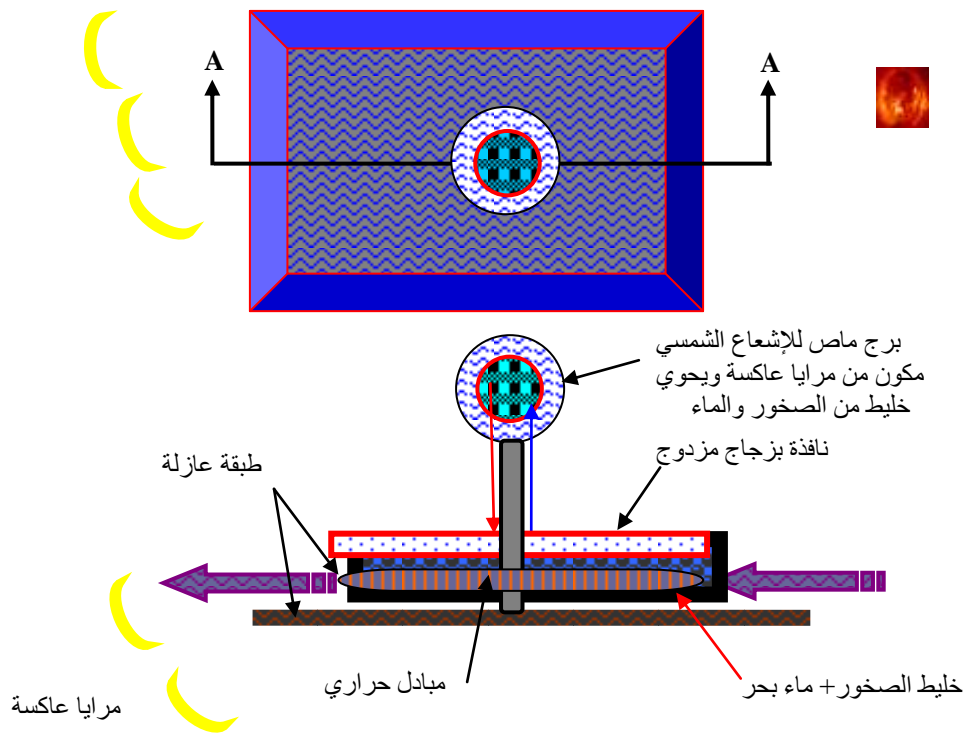
1- 10% رمل + 10% كربون أسود + 20% مياه بحر + 60% صخور الاسمنت الداكنة .

2- 70% مياه بحر + 30% صخور اسمنت داكنة .

### طرائق البحث ومواده:

يمكن تلخيص طريقة البحث العملية بالخطوات التالية:

- 1- اختيار موقع مناسب للخزان الشمسي، بحيث يكون قريباً من مشروع الطاقة الأساسي.
  - 2- تحديد كمية الطاقة المطلوبة للخزن، تكفي لسد الحاجة عند الضرورة.
  - 3- اختيار حجم الخزان الحراري، آخذين بالاعتبار مساحته السطحية الكافية للتعرض الشمسي و المعزول حرارياً من الجوانب والقاعدة، بينما يكون مغطى بطبقتين من البلاستيك الشفاف أو الزجاج.
  - 4- اختيار نوعية الحشوة ونسب خلط المواد بحيث تكون كافية لخزن كمية الطاقة المطلوبة خلال الفترة الزمنية المحددة للتعرض الشمسي، وهو موضوع البحث.
  - 5- تحديد نوعية وكمية المادة الناقلة للحرارة عند الضرورة ( هواء ، أو ماء ).
- يبين الشكل (1) النموذج المقترح لعملية خزن الطاقة الشمسية في خليط مركب من الحشوة المشار إليها أعلاه ، وقد روعي في هذا النموذج تقدير بعض المتغيرات بدقة الشكل الهندسي المطلوب. يتلخص مبدأ عمل النموذج كما يلي: يتعرض سطح الخزان للإشعاع الشمسي، وتبدأ عملية خزن الطاقة على شكل حرارة بعد امتصاصها من قبل حشوة الخزان مع مرور الزمن. تتراكم هذه الطاقة لتصل حدها الأعظم بحدود الساعة الثالثة عصراً، بعد ذلك تستمر عملية الخزن لكن ببطء. يمكن سحب الحرارة المخزنة وإيصالها إلى المستهلك عن طريق إما إمرار الهواء أو الماء، عبر شبكة من الأنابيب تمر من خلال الخزان بغرض التبادل الحراري.



شكل 1. رسم مجسم للخرزان الحراري المقترح.

### النموذج الرياضي:

يمكن حساب الطاقة الكلية المخزونة في هذا النظام خلال 9 ساعات في اليوم على اعتبار معامل خسارة للامتصاص مساو  $1 - \alpha_m$  وفق المعادلة التالية:

$$Q_t = \alpha_m \int P_s dt \quad (1)$$

حيث  $\alpha_m$  - متوسط معامل امتصاص خليط الحشوة من الطاقة الشمسية، و التي تحسب ضمن برنامج الحاسوب. تحسب كمية الهواء أو الماء الكلية التي يمكن تسخينها داخل الخزان من العلاقة المدونة أدناه والتي اشتقت من معادلة الموازنة الحرارية بين الحرارة المخزونة في الحشوة والحرارة المسحوبة:

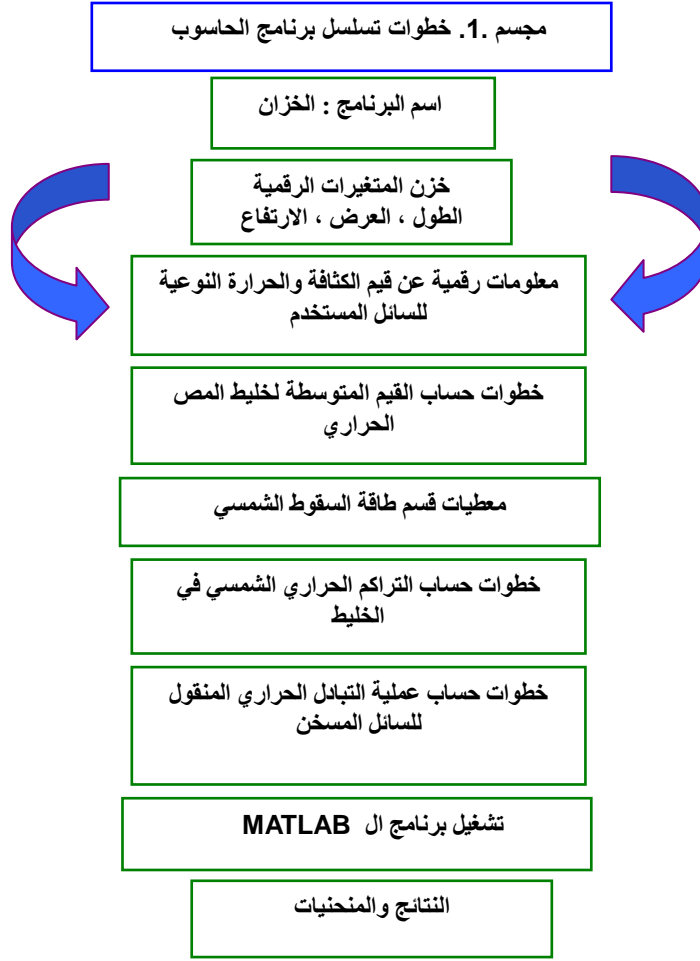
$$M_w = \frac{0,5 \times Q_t}{C_{pwl} (t_{mf} - t_{wi})} \quad (2)$$

إن صفات المواد التي تم استخدامها في الخليط أخذت بدقه من المصدر [10].

### خطوات برنامج الحاسوب:

تم إعداد برنامج الحاسوب، وفقا للخطوات المبينة في المخطط الوارد أدناه على أساس النموذج المقترح أعلاه، مع الأخذ بالاعتبار متغيرات أبعاد الخزان الحراري، وخليط مختلفة من المواد التي تستخدم في عملية الخزن (الحشوة). والحل كان ضمن برنامج Matlab.

نموذج 1. خطوات برنامج الحاسوب.



برنامج الحاسوب: نظراً لحجم البرنامج الحاسوبي، سنكتفي بالنتائج الحاصلة والتي تم تحويلها إلى منحنيات هندسية باستخدام البرنامج نفسه .

### النتائج والمناقشة:

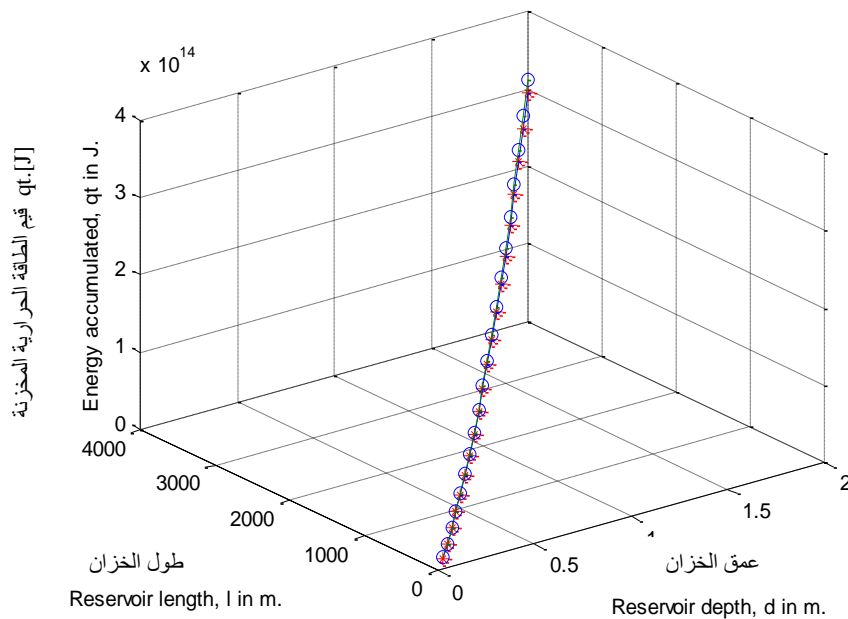
تم استخدام برنامج الحاسوب في حل النموذج المقترح للحصول على أفضل نتائج للخزن الحراري الشمسي، وذلك وفق نموذجين لنسب خليط المواد ، وحساب كمية الحرارة المخزنة، وكمية الماء المسخن الممكن سحبه عند غياب الشمس للاستخدامات المتعددة.

بعد إجراء العمليات الحسابية من هذا البرنامج تم الحصول على نتائج مشجعه لتسع ساعات خزن شمسي لكلا النموذجين؛ الأول والثاني، وهي مبينة على الأشكال (6 - 2).

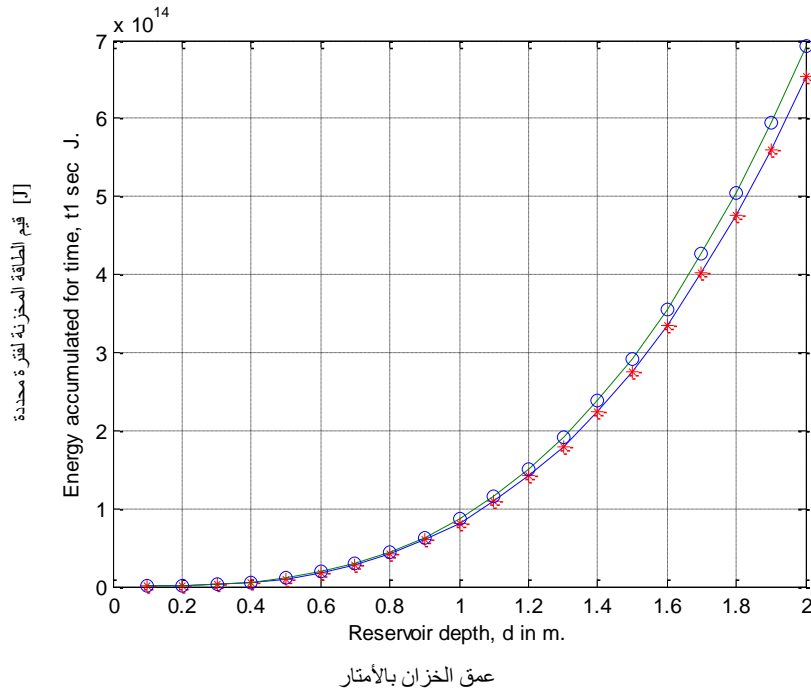
في الشكل (2) نرى نتائج كمية الحرارة المخزنة خلال 9 ساعات تعرض شمسي لنموذجين من الحشوة ولأبعاد الخزان المختلفة، وفيها نلاحظ أوجه التشابه في كمية الحرارة المخزنة بكلا النموذجين.

بينما الشكل (3) يبين العلاقة بين عمق الخزان وكمية الحرارة المخزنة خلال نفس المدة الزمنية للتعرض الشمسي وفيها يتضح أن النموذج الثاني من الحشوة له قابلية خزن أكبر.

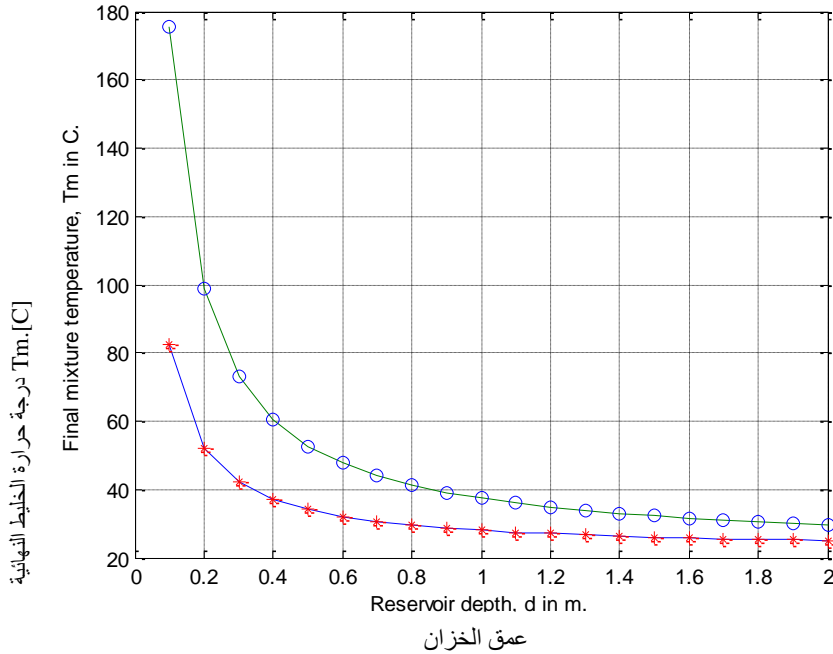
بينما الشكل (4) يبين العلاقة بين عمق الخزان وأعلى درجة حرارة للخليط يمكن الوصول إليها، وفي هذه الحالة هناك أفضلية للنموذج الثاني ، ومنه نستنتج أن درجات الحرارة العالية تتطلب عمق خزان قليلاً، كما أن العلاقة بين حجم الخزان ومساحته السطحية وكمية الحرارة المخزنة بينها الشكل (5) وفيها أيضاً الأفضلية للنموذج الثاني. وأخيراً شكل (6) يوضح نتائج العلاقة بين عمق الخزان ودرجة حرارة الخليط النهائية وكمية الماء المسخن لأعلى درجة حرارة، والذي يمكن سحبها خلال 12 ساعة من غياب الشمس ، والتي تبين أن الحشوة الثانية لها الأفضلية. إن جميع هذه النتائج وحساباتها بنيت على الثابت الشمسي للطاقة وهو  $1360 \text{ W/m}^2$  بينما كافة الأشكال الأخرى هي مقارنة بين النوعين المذكورين من الخليط أعلاه . كما أن جميع المقارنات أثبتت أن خليط ماء البحر وصخور الإسمنت الداكنة كانت الأفضل ( النموذج الثاني).



شكل 2. منحنى العلاقة بين أبعاد الخزان الحراري والطاقة المخزنة من أجل تسع ساعات تعرض شمسي ومعدل طاقه شمسية  $1360 \text{ واط / م}^2$  . × - النموذج الأول ، O - النموذج الثاني ،

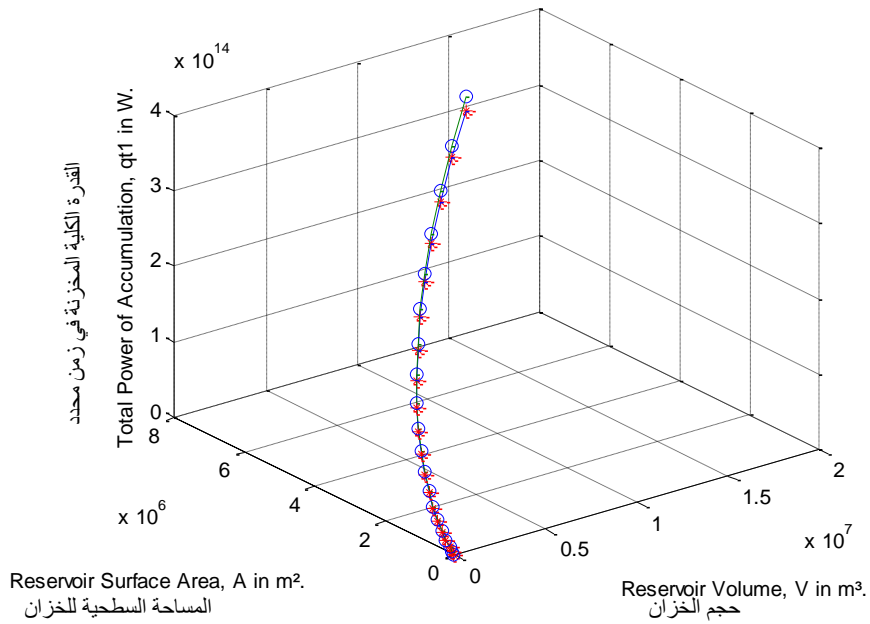


شكل 3. منحنى العلاقة بين عمق الخزان و الطاقة المخزنة من أجل تسع ساعات تعرض شمسي ومعدل طاقة شمسية هي 1360 واط / م<sup>2</sup> : × - النموذج الأول ، O - النموذج الثاني ،

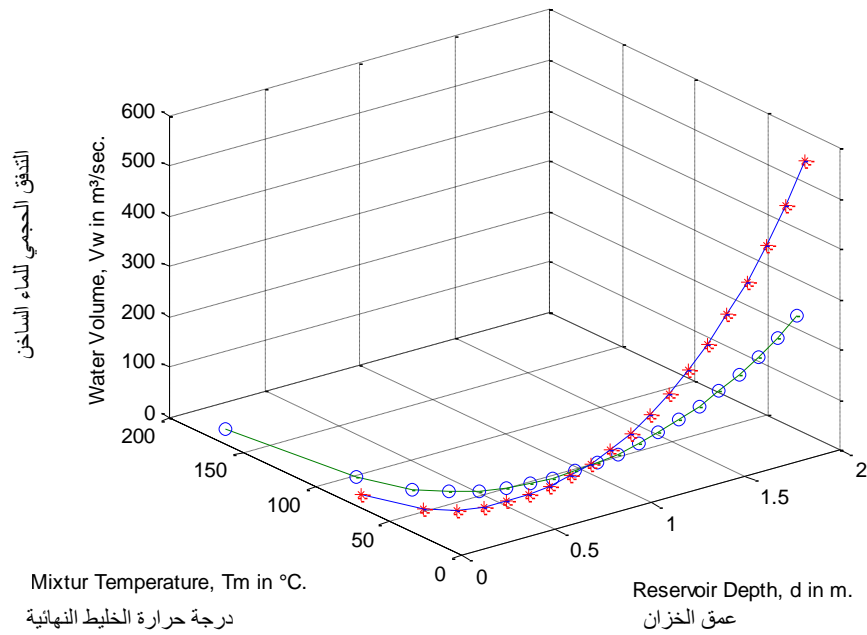


شكل 4. منحنى العلاقة بين عمق الخزان ودرجة الحرارة النهائية للخليط من أجل تسع ساعات تعرض شمسي ومعدل طاقة شمسية 1360 واط / م<sup>2</sup> . × - النموذج الأول ، O - النموذج الثاني ،





شكل 5. منحنى العلاقة بين حجم الخزان الحراري و مساحته السطحية وكمية الحرارة المخزونة لمدة تسع ساعات تعرض شمسي ومعدل طاقه شمسية 1360 واط / م<sup>2</sup>. × - النموذج الأول ، O - النموذج الثاني ،



شكل 6. منحنى العلاقة بين عمق الخزان الحراري و أعلى درجة حرارة للخليط والتدفق الحجمي من أجل تسع ساعات تعرض شمسي ومعدل طاقه شمسية 1360 واط / م<sup>2</sup>. × - النموذج الأول ، O - النموذج الثاني ،

## الاستنتاجات والتوصيات:

- من النموذج المقترح للخن الحراري وإعداد برنامج الحاسوب، ثم الحلول والنتائج التي حصلنا عليها من برنامج Matlab يمكن استنتاج النقاط المهمة التالية:
- 1- يعتبر النموذج الثاني المقترح جيداً لخن الطاقة الشمسية على شكل حرارة واستخدامها عند الحاجة بعد غياب الشمس.
  - 2- من المنحنيات الهندسية للنموذجين يتضح أن النموذج الثاني الذي يحتوي على خليط 30% صخور إسمنتية داكنة و 70% ماء بحر، أعطى نتائج جيدة أفضل من النموذج الأول.
  - 3- تبين النتائج أنه للحصول على درجات حرارة عالية للخن يتطلب أن يكون الخزان سطحياً بينما للحصول على درجات حرارة للخن أقل من 50 درجة مئوية يتطلب خزاناً ذا حجم و عمق كبيرين.
  - 4- لزيادة طاقة الخزن لدرجة حرارة قصوى يمكن استخدام البرج الماص للإشعاع الشمسي بواسطة مرابا عاكسة و المرتبط بالخزان السفلي.

## الرموز المستخدمة:

الرمز	التسمية	الوحدة	الرمز	التسمية	الوحدة
$m_w$	التدفق الكتلي للماء	$kg/s$	$C_{pwl}$	السعة الحرارية للماء النقي	$j/kgK$
$P_s$	معدل امتصاص الطاقة الشمسية	$W$	$a_m$	متوسط معامل الامتصاص	-
$Q_t, q_t$	الطاقة الشمسية الكلية الممتصة	$J$	$t_{wi}$	درجة الحرارة عند الدخول	$K$
$T_m$	درجة حرارة الخليط	$K$	$T_{mf}$	درجة الحرارة عند الخروج	$K$
$t$	الزمن	$sec$	$V$	الحجم	$m^3$

## المراجع:

- [1] *A few clever tips & links to save energy and help the planet by the staff of solar Washington*, 2004 , 29 Nov. 2008. <http://www.solarwashington.org/EnergyTips.htm>
- [2] *The Climate System 'Solar Radiation and the earth's energy balance'*, Lectures- Monday and Wednesday, 11:00 AM - 12:15 PM, Lab - Tuesday, 4:10 PM -7 PM EESC 2100 Spring 2007, 29 Nov. 2008. <http://eesc.columbia.edu/courses/ees/climate/lectures/radiation/>
- [3] *Solar Sink is the Ocean Water*. 2004 . 29 Nov. 2008. <http://www.seasolarpower.com/otec.html>
- [4] *Foss ' Full Option science Systems'* . 29 Nov. 2008. <http://www.lhs.berkeley.edu/foss/scope/folio/html/SolarEnergy/2.html>
- [5] ASSAF , G. ؛ BRONICKI , L.Y. *Solar energy power station* , 1983, 29 Nov. 2008. [http://www.osti.gov/energycitations/product.biblio.jsp?osti\\_id=6265525](http://www.osti.gov/energycitations/product.biblio.jsp?osti_id=6265525)
- [6] CHWIEDUK, D. *Underground Thermal Energy Storage in Poland* . Institute of Fundamental Technological Research Polish Academy of Sciences 00-049 Warsaw, ul. Swietokrzyska 21, Poland.
- [7] *Solar Energy*. 29 Nov. 2008. [http://www.sensiblehouse.org/tu\\_nrg\\_solar.htm](http://www.sensiblehouse.org/tu_nrg_solar.htm)
- [8] BENIWALI, R.S. ; SINGH, R. ; SAXEN, N.S ; R C BHANDARI, R.C. *Thermal behaviour of salt gradient solar ponds* . Jaipur, India , 1987. 29 Nov. 2008. <http://www.iop.org/EJ/abstract/0022-3727/20/8/014>
- [9] *Energy Storage 2.4.1 Heat and cold storage* . 29 Nov. 2008 . [http://copernicus.geog.uu.nl/uce-uu/downloads/DACES2050/energy\\_storage.pdf](http://copernicus.geog.uu.nl/uce-uu/downloads/DACES2050/energy_storage.pdf)
- [10] MUNDAY, A. G. ; FARRAR, R. A. *An Engineering Data Book The Macmillan Press LTD* . London, 1979, 29 Nov. 2008. <http://meteorites.wustl.edu/id/density.htm>  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Specific\\_heat#Basic\\_metrics\\_of\\_specific\\_heat\\_capacity](http://en.wikipedia.org/wiki/Specific_heat#Basic_metrics_of_specific_heat_capacity)  
<http://classes.atmos.uiuc.edu/100C/Atmos100/day05.html>

