

تحلية مياه البحر بالاعتماد على الطاقة الكهرو-شمسية

أ.د.م. علي خضور**

م.حمزة فاضل*

(الإيداع:7 نيسان 2022،القبول:19 حزيران 2022)

الملخص:

يعرض البحث اعتبارات تصميم واختيار واختبار جهاز مخبري لتحلية المياه يعمل بالطاقة الكهرو-شمسية لأغراض توفير مياه صالحة للشرب وللإستخدام في العديد من المنشآت التي يدخل الماء فيها، مما يخفف الاعتماد على مياه الأمطار والمياه الجوفية ويتيح الإستفادة من الطاقة الكهرو-شمسية في تخفيض تكلفة تحلية المياه عند توافر كمية كافية من الإشعاع الشمسي في منطقة التركيب.

الجهاز يمكن استخدامه في الأماكن الصحراوية والريفية النائية التي تتعدم فيها المياه العذبة ولا تتوفر فيها الكهرباء. إن إحدى الخيارات المتاحة في بلادنا لتحلية المياه هو استخدام أجهزة تعمل بالطاقة الكهرو-شمسية حيث تتميز ببساطة التركيب وانخفاض تكاليف التشغيل وسهولة الصيانة وإمكانية الحصول على إنتاجية كبيرة ومردود أفضل. في هذه المقالة تم عرض جميع الخطوات الضرورية والمكونات الرئيسية اللازمة لتصميم جهاز تحلية مياه باستخدام الطاقة الكهرو-شمسية منخفض التكلفة وصادق للبيئة مع دراسة اقتصادية مقارنة.

الكلمات المفتاحية: تحلية المياه – الطاقة الكهرو-شمسية – تحلية المياه بالطاقة الكهرو-شمسية – خلايا PV.

*ماجستير طاقة شمسية وطاقت متجددة – كلية الهندسة التقنية – جامعة طرطوس.

**أستاذ دكتور في هندسة التوتر العالي- كلية الهندسة التقنية – جامعة طرطوس.

seawater desalination based on electro solar energy

Hamza Fadil*

Ali Addour**

(Received:7 April 2022,Accepted:19 June 2022)

Abstract:

The research presents considerations for designing, selecting and testing a laboratory device for water desalination, which works by electro solar to provide water good for drinking, and for various uses in the establishments that use water.

This device reduces the dependence on rainwater and groundwater. Furthermore, it helps getting use of electro solar energy in reducing the high costs of water desalination when a sufficient amount of solar radiation is available in the installation area. This device can be used in remote deserts and rural areas where there are neither freshwater nor electricity.

One of the choices in Syria for water desalination is using devices work by electro solar energy, which are featured by simplicity of installation, a maintenance, low costs of running, and great productivity with better output.

This research presents all the necessary steps and the main components required for designing water desalination by using electro solar energy that is low cost, environment friend, (renewable) with an economic study compared.

Keywords: Water desalination–Solar power (energy)–desalination by solar power–PV cells.

*Master's degree in solar energy and renewable energies.

**Professor of high tension engineering.

1. المقدمة:

يُعتبر الماء القاعدة الأساسية التي تقوم عليها الحياة فوق الأرض، فعلى المياه قامت أولى الحضارات البشرية، وحيثما وجد الماء وجدت الحضارات.

تغطي المياه مساحة كبيرة من الأرض تصل إلى حوالي ثلاثة أرباع سطح هذا الكوكب، ولكن تصل نسبة المياه العذبة إلى حوالي 1% فقط من إجمالي المياه الموجودة على الأرض.

وأدى التزايد الهائل في عدد السكان والتطور الصناعي والزراعي إلى تلوث المياه، ونتيجة لاقتران مصادر المياه العذبة على المياه الجوفية، وهي مصدر محدود، برزت مشكلة النقص الحاد في المياه العذبة.

وفي هذه المقالة تم القيام بدراسة فنية واقتصادية لجهاز مخبري يُستخدم لتحلية مياه البحر وذلك بالاستفادة من أحد أنواع الطاقات المتجددة وهي الطاقة الكهروضوئية كمشغل للجهاز.

2. أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في الحصول على المياه العذبة، من خلال استخدام جهاز لتحلية الماء المالح بالطاقة الكهروضوئية، ويمكن استخدامه في المناطق الريفية والنائية والصحراوية، والمناطق التي يقل فيها وجود المياه العذبة. كما تكمن أهمية البحث في تخفيض تكلفة تحلية المياه باستخدام الطاقة الكهروضوئية.

3. هدف البحث:

تصميم جهاز مخبري بسيط لتحلية مياه البحر بالاعتماد على الطاقة الكهروضوئية من أجل:

- إنتاج مياه صالحة للشرب.
- تشغيل الجهاز بالاعتماد على الطاقة الكهروضوئية المتجددة كبديل عن الطاقة الكهربائية.
- تحقيق جدوى اقتصادية باستخدام الجهاز المصمم.

4. المواد وطرائق البحث:

تم اتباع المنهج التجريبي التحليلي لتحقيق أهداف البحث، حيث تم ترتيب خطوات البحث وتوصيف الإجراءات اللازمة لإنجاز البحث، وتم إجراء وتوصيف التجارب اللازمة لإثبات الفرضيات. واتبعت الخطوات والمراحل التالية لإنجاز البحث:

- ✓ تصميم جهاز مخبري لتحلية المياه يعمل على الطاقة الكهروضوئية.
- ✓ حساب قيمة ونوع الأحمال المطلوب تغذيتها بالجهاز المخبري.
- ✓ تصميم نظام الطاقة الكهروضوئية المناسب، والذي يؤمن التغذية الموثوقة للجهاز.
- ✓ إجراء الدراسة الاقتصادية للطاقة المستعان بها لتغذية الجهاز، ومقارنتها مع طرق أخرى وتحديد الأفضل.

5. مراحل تحلية المياه:**1- المعالجة الأولية للمياه:**

تتم معالجة مياه التغذية الداخلة لوحدة التحلية لحماية الوحدة والأجهزة من التآكل وترسب الأملاح، ومن عمليات ترسب العوالق والمواد العضوية. وتختلف عملية المعالجة الأولية حسب تكنولوجيا التحلية المستخدمة (حرارية، غشائية، ...).

وأهم المعالجات الأولية في التقنيات الحرارية:

✓ التصفية الشبكية وترسيب المواد الصلبة العالقة من أجل تقليل تركيز العوالق في مجرى التغذية إلى المستوى المقبول لعمل الوحدات.

✓ التعقيم ويتم عادة بإضافة مواد معقمة مثل: الهيوكلووريت أو الكلور أو غيرها من أجل الحد من تكوين الأشنيات والتلوث العضوي، وخصوصاً في الأجزاء الباردة من الوحدات التشغيلية مثل: مواسير التغذية والمرشحات.

2- عملية إزالة الأملاح:

ويتم فيها إزالة جميع الأملاح الذائبة في المياه والفيروسات والمواد الأخرى كالمواد الكيميائية والعضوية المنقولة والذائبة في الماء. وتتم عن طريق استخدام الأغشية أو التقطير.

3- المعالجة النهائية للمياه:

ويتم فيها إضافة بعض الأملاح والمواد الأخرى لجعل الماء صالحا للاستخدام البشري وهذا يتم فقط عندما يكون الهدف من العملية خدمة المرافق التابعة للاستهلاك المباشر للبشر كالشرب أو الاستخدام المنزلي أو الزراعة.

6. توصيف الجهاز المخبري:

تم تصميم جهاز مخبري بسيط لتحلية المياه يعمل بنظام الطاقة الكهروضوئية وتم دراسة أدائه واقتصاداته.

**أجزاء جهاز الاختبار المدروس:**

- (1) المراوح.
- (2) الغطاء المخروطي.
- (3) قواطع كهربائية.
- (4) ميزان حرارة زئبقي.
- (5) وعاء معدني مغلف بالصوف الزجاجي الأصفر.
- (6) مقياس لمعرفة مستوى الماء داخل الوعاء.
- (7) قاعدة.

الشكل رقم (1): جهاز الاختبار المستخدم

جهاز الاختبار عبارة عن وعاء معدني مصنوع من الألمنيوم لخفة وزنه، وسهولة تشكيله، ولتحمله الحرارة ومقاومته للصدأ، سعة الوعاء (18 liter) وقطره (36 cm) وارتفاعه (20 cm) وله غطاء على شكل مخروطي ارتفاعه (20 cm) لتكثيف البخار، ويحتوي على سخان باستطاعة (500 W) ومروحتي تبريد باستطاعة (36 W) للمساعدة بعملية تكثيف بخار الماء. ينتج الجهاز حوالي (15 liter) من الماء المقطر لضمان عدم حدوث عطل في السخان، وهذه الكمية كافية لإمداد جهاز التعقيم الرطب العامل ضمن أي مشفى بالماء المقطر.

يعمل الجهاز على تيار متناوب (V) 220 وتردد (Hz) 50، ومزود بحساس حرارة أتوماتيكي لفصل السخان عند درجة حرارة محددة وقواطع كهربائية لفصل السخان أو المراوح حسب الحاجة بالإضافة إلى ميزان حرارة زئبقي يقيس حرارة المياه داخل الجهاز، ومؤشر لمعرفة مستوى المياه داخل الجهاز، وتم عزل الجهاز بمادة الصوف الزجاجي الأصفر لتخفيف

التبادل الحراري مع الوسط المحيط، ويوجد في أسفل الجهاز صمام لتنظيف الجهاز من الأملاح والشوائب بعد إجراء عملية التحلية والتي يمكن الاستفادة منها كمادة خام في إنتاج ملح الطعام.

7. الاعتبارات التصميمية:

بشكل عام: إن الخطوات الأساسية المتبعة عند تصميم نظام لتحلية المياه بالطاقة الكهروضوئية هي:

- تحديد حجم المياه الواجب تحليتها كل يوم.
- معرفة عدد ساعات وجود ضوء الشمس في الموقع المدروس.
- اختيار نوع الألواح الشمسية المطلوبة.
- اختيار مكونات النظام (مدخرة - أسلاك توصيل - رافع جهد ...).
- اختيار سخان بخصائص توافق كمية المياه المراد تحليتها يومياً.
- اختيار الملحقات المناسبة وطريقة ربطها وتركيبها (حساس حراري - محدد مستوى المياه ...).
- تحديد نوع العازل المناسب للمنطقة المدروسة.

7-1. تحديد الحاجة للمياه:

الخطوة الأولى في تحديد حجم النظام تحديد كمية الماء المطلوبة فإذا تفاوتت الحاجة للماء في أثناء الفصل يجب أن نعتمد الكمية الأكبر التي من المتوقع استهلاكها يومياً وهي (10) ليتر شتاءً و (15) ليتر صيفاً.

7-2. ملاءمة موقع مصدر الماء للطاقة الكهروضوئية:

- ✓ يجب أن يكون موقع مصدر الماء المراد تحليتها ملائماً لتركيبة نظام الطاقة الكهروضوئية.
- ✓ يجب أن تكون الألواح الكهروضوئية في مكان مكشوف ولا يوجد عوائق أمامها.
- ✓ يجب أن تكون المواقع محضرة لوضع مكونات النظام وملحقاته.
- ✓ يجب أن تكون الألواح الشمسية قريبة من موقع الجهاز لتقليل طول السلك وكلفة التركيب.

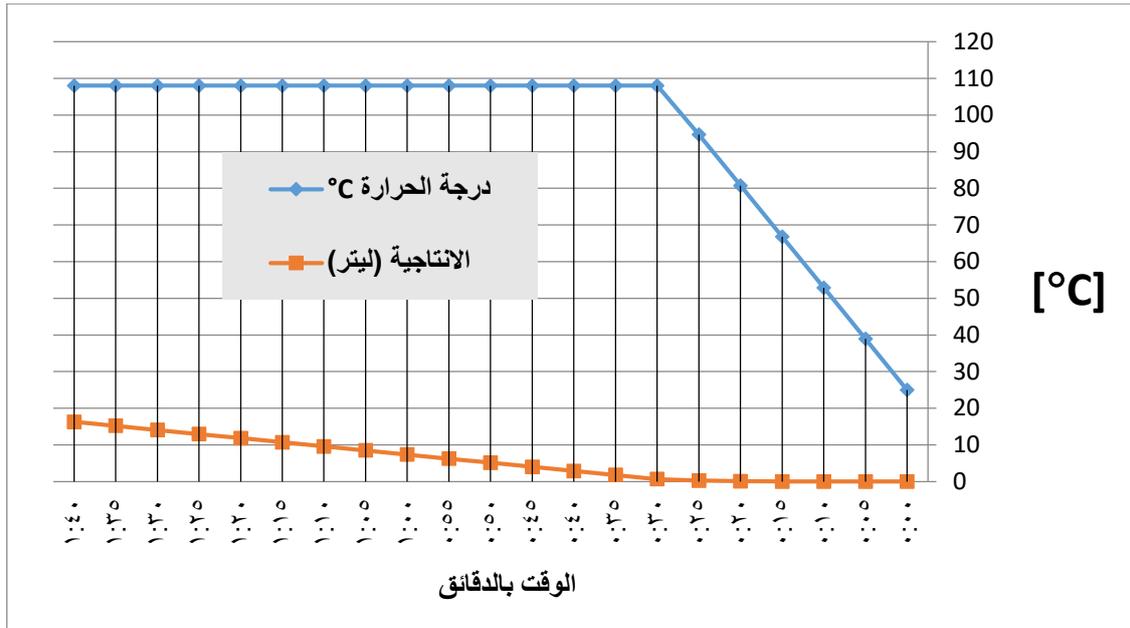
8. نتائج الاختبارات على الجهاز المدروس:

تم إجراء اختبارات على الجهاز باستخدام سخان باستطاعات مختلفة (500, 3000, 3500 watt) وذلك لمعرفة إنتاجية الجهاز عند كل استطاعة وفيما يلي جداول توضح نتائج الاختبارات:

عند استخدام سخان باستطاعة (3500 W):

الجدول رقم (1): قيم الإنتاجية ودرجة الحرارة عند استخدام سخان باستطاعة (3500 W)

المدة	درجة الحرارة	الإنتاجية	المدة	درجة الحرارة	الإنتاجية	المدة	درجة الحرارة	الإنتاجية
دقيقة	C	ليتر	دقيقة	C	ليتر	دقيقة	C	ليتر
0:00	25	0	0:35	108	1.8	1:10	108	9.6
0:05	39	0	0:40	108	2.9	1:15	108	10.7
0:10	53	0	0:45	108	4.0	1:20	108	11.8
0:15	67	0	0:50	108	5.1	1:25	108	12.9
0:20	81	0.1	0:55	108	6.2	1:30	108	14.1
0:25	95	0.3	1:00	108	7.4	1:35	108	15.2
0:30	108	0.7	1:05	108	8.5	1:40	108	16.3



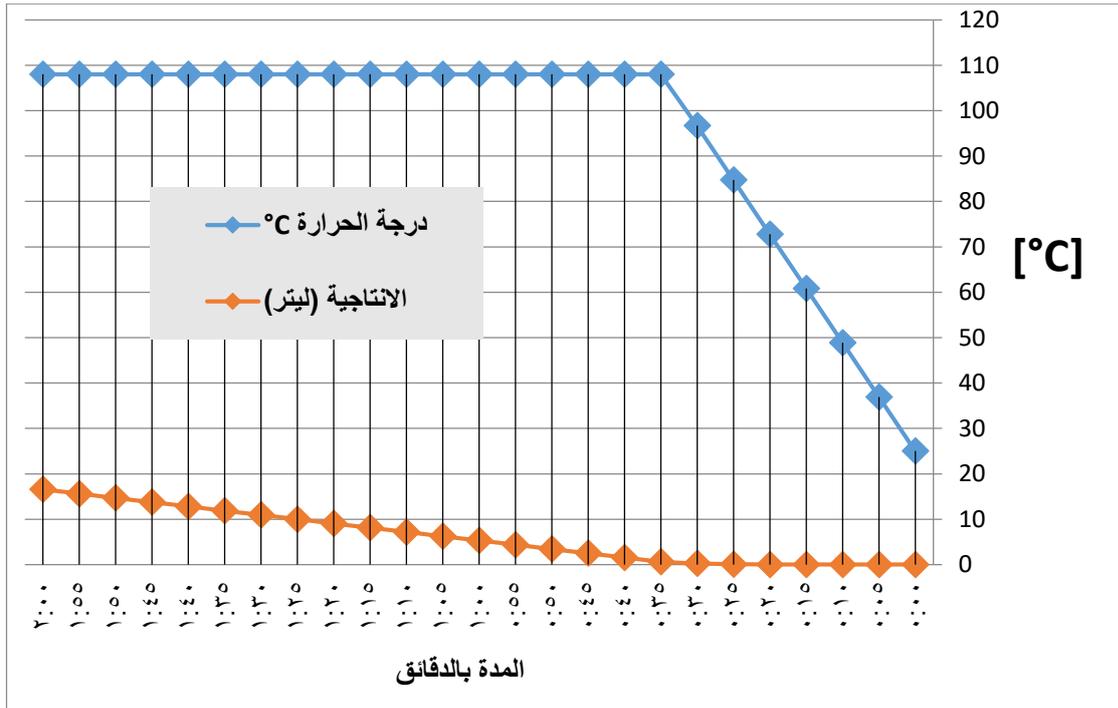
الشكل رقم(2): منحنيات الإنتاجية ودرجة الحرارة عند استخدام سخان باستطاعة 3500 W

- عند استخدام سخان باستطاعة (3500W): بدأت إنتاجية الجهاز عند درجة حرارة (81°C) وكانت المدة تقريباً عشرون دقيقة وتم الحصول على الإنتاجية المطلوبة خلال وقت وقدره ساعة وأربعون دقيقة تقريباً.

عند استخدام سخان باستطاعة (3000 W):

الجدول رقم (2): قيم الإنتاجية ودرجة الحرارة عند استخدام سخان باستطاعة (3000 W)

المدة	درجة الحرارة	الإنتاجية	المدة	درجة الحرارة	الإنتاجية	المدة	درجة الحرارة	الإنتاجية
دقيقة	C	ليتر	دقيقة	C	ليتر	دقيقة	C	ليتر
0:00	25	0	0:45	108	2.5	1:30	108	10.9
0:05	37	0	0:50	108	3.4	1:35	108	11.9
0:10	49	0	0:55	108	4.4	1:40	108	12.8
0:15	61	0	1:00	108	5.3	1:45	108	13.8
0:20	73	0	1:05	108	6.3	1:50	108	14.7
0:25	85	0.1	1:10	108	7.2	1:55	108	15.6
0:30	97	0.3	1:15	108	8.1	2:00	108	16.6
0:35	108	0.6	1:20	108	9.1			



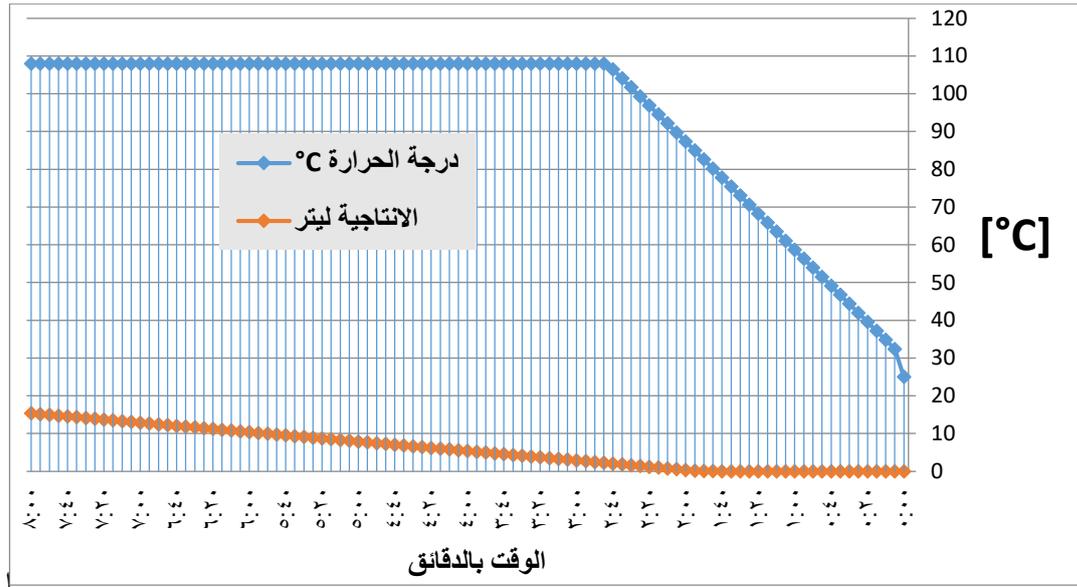
الشكل رقم (3): منحنيات الإنتاجية ودرجة الحرارة عند استخدام سخان باستطاعة 3000 W

- عند استخدام سخان (3000W): بدأت إنتاجية الجهاز عند درجة حرارة (85°C) وكانت المدة تقريباً خمسة وعشرون دقيقة وتم الحصول على الإنتاجية المطلوبة خلال وقت وقدره ساعتان تقريباً.

عند استخدام سخان باستطاعة (500 W):

الجدول رقم (3): قيم الإنتاجية ودرجة الحرارة عند استخدام سخان باستطاعة (500 W)

الانتاجية	درجة الحرارة	المدة									
ليتر	C	دقيقة									
11.0	108	6:15	5.8	108	4:10	0.6	90	2:05	0	25	0:00
11.2	108	6:20	6.0	108	4:15	0.8	92	2:10	0	32	0:05
11.4	108	6:25	6.2	108	4:20	1.0	95	2:15	0	35	0:10
11.6	108	6:30	6.4	108	4:25	1.2	97	2:20	0	37	0:15
11.8	108	6:35	6.6	108	4:30	1.4	99	2:25	0	40	0:20
12.0	108	6:40	6.8	108	4:35	1.6	102	2:30	0	42	0:25
12.2	108	6:45	7.0	108	4:40	1.8	104	2:35	0	44	0:30
12.4	108	6:50	7.2	108	4:45	2.0	106	2:40	0	47	0:35
12.6	108	6:55	7.4	108	4:50	2.2	108	2:45	0	49	0:40
12.8	108	7:00	7.6	108	4:55	2.4	108	2:50	0	52	0:45
13.1	108	7:05	7.8	108	5:00	2.6	108	2:55	0	54	0:50
13.3	108	7:10	8.1	108	5:05	2.8	108	3:00	0	56	0:55
13.5	108	7:15	8.3	108	5:10	3.1	108	3:05	0	59	1:00
13.7	108	7:20	8.5	108	5:15	3.3	108	3:10	0	61	1:05
13.9	108	7:25	8.7	108	5:20	3.5	108	3:15	0	63	1:10
14.1	108	7:30	8.9	108	5:25	3.7	108	3:20	0	66	1:15
14.3	108	7:35	9.1	108	5:30	3.9	108	3:25	0	68	1:20
14.5	108	7:40	9.3	108	5:35	4.1	108	3:30	0	71	1:25
14.7	108	7:45	9.5	108	5:40	4.3	108	3:35	0	73	1:30
14.9	108	7:50	9.7	108	5:45	4.5	108	3:40	0	75	1:35
15.1	108	7:55	9.9	108	5:50	4.7	108	3:45	0	78	1:40
15.3	108	8:00	10.1	108	5:55	4.9	108	3:50	0	80	1:45
			10.3	108	6:00	5.1	108	3:55	0.1	83	1:50
			10.6	108	6:05	5.3	108	4:00	0.1	85	1:55



الشكل رقم (4): منحنيات الإنتاجية ودرجة الحرارة عند استخدام سخان باستطاعة 500 W

- عند استخدام سخان (500W): بدأت إنتاجية الجهاز عند درجة حرارة (83°C) وكانت المدة تقريباً ساعة وخمسون دقيقة وحصلنا على الإنتاجية المطلوبة خلال وقت وقدره ثمانية ساعات.

9. نتائج تحليل المياه التي تم الحصول عليها من خلال الجهاز:

تم أخذ عينة من المياه الناتجة عن التحلية إلى مخبر المياه في المؤسسة العامة للشرب في محافظة طرطوس وتم القيام بإجراء التحاليل المخبرية للعينة للتأكد من صلاحيتها للشرب، باستخدام الأجهزة المخبرية DR6000 و DR890 وجهاز المعايرة الكومبلكسون فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (4).

الجدول رقم (4): نتائج تحليل المياه بعد تحليتها

الوحدة	النتيجة	الحد الأقصى	المسموح	التحليل	نوع التحليل
M.s/cm	26	2000	1500	الناقلية الكهربائية	فيزيائي
Mg/L	0.1	0.5	0.05	NH ₃	كيميائي
Mg/L	200	700	500	القساوة الكلية	كيميائي
Mg/L	150				كيميائي
Mg/L	34				كيميائي
Mg/L	0.1	0.5	0.05	NH ₄ ⁺	كيميائي
Mg/L	40	200	75	Ca ⁺⁺	كيميائي
Mg/L	12.19	150	50	Mg ⁺⁺	كيميائي
Mg/L	0.03	1	0.3	Fe ⁺⁺⁺	كيميائي
Mg/L	0.02	3	1	Cu ⁺⁺	كيميائي
Mg/L	3	500	250	Cl ⁻	كيميائي
Mg/L	1	500	250	SO ₄ ⁻⁻	كيميائي
Mg/L	34			HCO ₃ ⁻	كيميائي
Mg/L	59	60	50	NO ₃ ⁻	كيميائي
Mg/L	0.014	0.2	0.2	NO ₂ ⁻	كيميائي
Mg/L	0.4	1	0.5	Po ₄ ⁻	كيميائي

والملاحظ من الجدول أن تركيب المياه الناتجة أقرب الى تركيب المياه المقطرة والتي تحتاج الى معالجة ثانوية، حيث تعد المعالجة الثانوية ضرورية للوصول بالماء المنتج إلى ماء عذب قابل للاستهلاك خاصة للأغراض المنزلية، ويتوقف نوع المعالجات وقوتها على العملية المعتمدة والغرض من الماء المنتج.

تنتج التقنيات الحرارية تقريباً ماءً مقطراً مع محتوى ملحي منخفض (10-20 ppm)، وهذا النوع من الماء صالح للتطبيقات الصناعية حيث يكون الماء النقي مطلوباً، إلا أنه من الضروري إعادة تملّحه إذا كان الغرض من استخدامه هو الاستخدام المنزلي، وإعادة التملّح ضرورية للارتقاء بنوعية الماء المنتج إلى درجة مقبولة، وفق مواصفات منظمة الصحة العالمية (بضعة مئات من أجزاء المليون).

يتطلب الماء المنتج للاستعمال البشري معالجة لاحقة وخاصة في مجال الشرب، تتركز أساساً في معادلة pH للماء لتقليل تآكل شبكة توزيع الماء، ويجري تقييم الناتج أيضاً لمنع النمو البيولوجي ولضمان تطهيره. إن الخطوات التالية تمثل المعالجة الثانوية المعتادة المرتبطة بالتقنيات الحرارية:

1. امتصاص CO₂ بتدوير حجر الجير الذي يتفاعل معه، ونزع الغازات وبالأخص CO₂ غير المتفاعل، ومعادلة pH بإضافة NaOH.

2. كلورة المنتج المعالج لمنع النمو البيولوجي وأي اختزال محتمل لمركبات الحديدوز (ظاهرة الماء المحمر) بواسطة البكتيريا المختزلة للحديد.

والملاحظ من النتائج المخبرية المبينة بالجدول (4):

1. يوجد نقص في الكالسيوم يمكن تعويضه باستخدام عدة طرق، حسب دراسات مرجعية يمكن إضافة عدة مواد

لتصبح المياه غنية بالكالسيوم منها قطرات معدنية من مياه صالحة للشرب أو إضافة أقراص الكالسيوم المتوفرة في الصيدليات أو إضافة ملح الهالالايا الوردى اللون الغني بالمعادن والكالسيوم.

2. الناقلية الكهربائية والقساوة الكلوية والقساوة الكلية منخفضة نوعاً ما ولكنها تبقى مطابقة للمواصفات القياسية.

3. النشادر والمركبات العضوية منخفضة وهذا شيء إيجابي جداً، حيث لا يمكن معالجة ارتفاع نسب هذه المركبات وبالتالي تصبح المياه غير صالحة للاستخدام البشري.

4. المنغنيز، الزنك، النترت، النحاس، الفوسفات، الحديد، الكبريتات، النترات منخفضة نوعاً ما بفعل عملية التقطير ولكنها بقيت ضمن الحدود المسموح بها والمطابقة للمواصفات القياسية.

والجدير بالذكر أن تواجد المعادن في الماء يكون بكميات قليلة، وبالتالي فإن معظم المعادن لا يمكن للجسم البشري أن يؤمنها إلا عن طريق تناول الطعام بوجبات متوازنة غنية بالمعادن والبروتينات التي يحتاجها الجسم.

10. الدراسة الكهربائية للنظام الكهروشمسي المقترح لتغذية جهاز الاختبار:

تم القيام بدراسة نظرية لتأمين التغذية الكهربائية لسخان الجهاز المخبري (500W) المدروس عن طريق الطاقة الكهروشمسية، كما تم اختيار مكونات النظام الشمسي (المدخرات- الألواح الشمسية - المعرج) وفق دراسة أكاديمية مفصلة، ويمكن دراسة أي استطاعة مطلوبة لسخان تغذية الجهاز وفق نفس الطريقة.

10-1. آلية عمل الجهاز:

تتوضح استراتيجية العمل للجهاز المدروس وفق ما يلي:

- ✓ عندما يكون النظام الشمسي قادر على تغذية الحمل وشحن المدخرات خلال النهار فإن مصدر التغذية للجهاز وشحن المدخرات سيكون الألواح الكهروشمسية.
- ✓ في الليل أو عند عدم توفر الشمس ستغذي المدخرات الجهاز.

2-10. الموقع:

تمت الدراسة للجهاز من أجل العمل في معظم مناطق سوريا الممتدة بين:

- ✓ خطي عرض 32 – 37.5 شمال خط الاستواء.
- ✓ وخطي طول 35.5 – 42 شرق غرينتش.
- ✓ ومعدل الإشعاع الشمسي 6 ساعات يومياً.

3-10. حمل الجهاز:

يحتوي الجهاز على:

- ✓ سخان كهربائي باستطاعة (500 W) ومروحتي تبريد استطاعة الواحدة (18 W).

$$P_{load} = 500 + 36 = 536 \text{ W/h} \quad \checkmark \text{ استطاعة الحمل:}$$

4-10. حسابات الأحمال ومكونات النظام الكهروضوئي:

- ✓ السطوع الشمسي السنوي 1780 h.
- ✓ متوسط عدد ساعات السطوع الشمسي $T_{min} = 6 \text{ h}$.
- ✓ كفاءة المبدل $\eta_i = 94\%$
- ✓ كفاءة المدخرات $\eta_b = 85\%$
- ✓ كفاءة متحكم الشحن (الشاحن الشمسي) $\eta_c = 94\%$
- ✓ الاستطاعة الإجمالية: $536 \text{ W} = 500 + (18 \times 2)$
- ✓ عدد ساعات العمل في اليوم الواحد 6 ساعات فيكون: $3216 \text{ (W/day)} = 6 \times 536$

5-10. حساب عدد الألواح:

في هذا البحث تم استخدام لوح من نوع SL330S-60M سيليكون أحادي البلورة، ومواصفات اللوح المستخدم مبينة في الجدول (5).

الجدول رقم (5): مواصفات اللوح المختار

	
Module Type:	SL270S-60M
Rated Max. Power	Pmax [W] 330
Open Circuit Voltage	Voc [V] 41.1
Rated Voltage	Vmp [V] 34.98
Short Circuit Current	Isc [A] 10.8
Rated Current	Imp [A] 9.43
Tolerance of Pmax	0~+3%
<i>Power Specifications at STC: 1000W/m2, 25°C, AM 1.5</i>	
Maximum System Voltage	1000VDC
Weight	[kg] 20
Dimension	[mm] 1940*992*40
Maximum Series Fuse Rating	[A] 16
Application Class	A
 IEC-61215 IEC-61730	
 CAUTION Potential electrical hazard.	Solarie Technik GmbH WTC City Airport, Hermann-Köhl-Str.7, 28199 Bremen FAX: +49.421.9601-150 www.solarie-technik.com
	Made In China

$$V_{DC} = 34.98 \text{ [V]}, \quad I_{DC} = 9.43 \text{ [A]}$$

$$E_{AC}(\text{Wh}) = 3216 \text{ (W/day)}$$

- احتياجات الطاقة اليومية من الألواح الشمسية يمكن تحديدها على الشكل التالي:

$$E_r = \frac{E_{DC}}{\eta_b \cdot \eta_c} + \frac{E_{AC}}{\eta_b \cdot \eta_c \cdot \eta_i} = 0 + \frac{3216}{0.85 \cdot 0.94 \cdot 0.94} = 4.28 \text{ [KWh/day]}$$

- استطاعة الذروة للألواح:

$$P_p = \frac{E_r}{T_{min}} = \frac{4.28}{6} = 0.71 \text{ [KWh]}$$

- التيار الكلي المطلوب:

$$I_{DC} = \frac{P_p}{V_{DC}} = \frac{0.71}{34.98} = 20.29 \text{ [A]}$$

- عدد الألواح على الفرع:

$$N_p = \frac{I_{DC}}{I_r} \cong \frac{20.29}{9.43} = 3 \text{ [panels]}$$

- عدد مجموعات الألواح التسلسلية:

$$N_s = \frac{V_{DC}}{V_r} \cong \frac{34.98}{34.98} = 1$$

- العدد الكلي اللازم من الألواح:

$$N = N_p * N_s = 3 * 1 = 3 \text{ [Panel]}$$

6-10. حساب عدد المدخرات اللازمة:

- تحديد نظام التخزين $E_r = 4.28 \text{ KWh}$

- تم اختيار مدخرة من نوع *Tubular JPM (240Ah/12A) Indian manufacturer*



الشكل رقم (6): مدخرة (240Ah/12A) Tubular JPM

- كمية الطاقة المطلوب تخزينها هي:

$$E_{rough} = 4280 \text{ (Watt/Day)}$$

- طاقة الأمان لضمان موثوقية التغذية من المدخرات تساوي:

$$E_{safe} = \frac{E_{rough}}{DOD} = \frac{4280}{0.75} = 5706.6 \text{ (Wh)}$$

- سعة المدخرات المطلوبة يمكن حسابها من العلاقة:

$$C = \frac{E_{safe}}{V_b} = \frac{5706.6}{12} = 475.55 \text{ (Ah)}$$

- عدد المدخرات الكلي:

$$N_b = \frac{C}{C_b} = \frac{475.55}{240} = 1.98145 \cong 2 \text{ (Batt)}$$

- عدد مجموعات المدخرات على التفرع:

$$N_p = \frac{N}{N_s} = \frac{2}{1} = 2 \text{ (Batt)}$$

النتيجة: الجهاز يحتاج إلى ثلاثة ألواح كهروضمسية 330W توصل على التوازي ومدخرتين 240A توصل على التوازي.

7-10. حساب منظم (متحكم) الشحن:

تم اختيار منظم شحن من نوع 2KW SCC-MPPT بالمواصفات المبينة في الشكل (7). يتحكم الشاحن بتدفق التيار، ووفقاً لهذه الوظيفة فإن منظم الجهد الجيد يجب أن يكون قادر على تحمل التيار الأعظمي الذي تولده مصفوفة الألواح الشمسية. تحديد منظم الشحن يتم بتحديد تيار وجهد المنظم، يمكن الحصول على جهد المنظم بضرب تيار القصر للألواح المتصلة على التوازي بعامل أمان F_{safe} ، بالتالي فإن التيار الاسمي لمنظم الشحن يعطى بالعلاقة:

$$I = I_{sc} \cdot N_p \cdot F_{safe} = 10.8 \cdot 3 \cdot 1.25 = 40 \text{ (Ah)}$$



الشكل رقم (7): مواصفات منظم الشحن.

8-10. تحديد المعرج (المبدل):

يتم حساب طاقة المعرج بالعلاقة التالية:

$$P_{inv} = 1.25(P_{niL} + 3P_{iL}) = 1.25(500 + (3 \times 36)) = 760 \text{ Watt}$$

حيث أن: P_{inv} طاقة المعرج - P_{niL} الأحمال غير التحريضية - P_{iL} الأحمال التحريضية.
الأحمال غير التحريضية تساوي:

$$P_{niL} = \sum_{I=1}^I P_{niLi} = 500 \text{ Watt}$$

الأحمال التحريضية تساوي:

$$3. P_{iL} = \sum_{I=1}^I P_{iLk} = 3 \times 36 = 108 \text{ Watt}$$

نختار معرج باستطاعة 1000 W، وبجهد دخل DC Voltage = 12 V وبجهد خرج $V_{ac} = 230 \text{ V}$.



الشكل رقم (8): مواصفات المعرج المستخدم

مميزات جهاز التحلية:

- A. بسيط التركيب ومنخفض التكلفة.
- B. لا يحتاج إلى ماء للتبريد، لذلك يمكن استخدامه في أماكن بعيدة عن مصدر كبير للمياه.
- C. صديق للبيئة يعتمد على الطاقة الكهروضوئية لتأمين الكهرباء اللازمة لعمل سخان.
- D. باستخدامنا للمدخرات المرافقة للألواح يمكننا إجراء عملية التحلية ليلاً نهاراً على مدار اليوم.
- E. سهل الصيانة ويمكن تدريب أي شخص لاستخدامه وصيانته.
- F. يعمل على جميع مصادر المياه الغير صالحة للشرب كمياه الآبار.....
- G. باستخدامنا للسخان ستصبح عملية التقطير، أسرع، والإنتاجية أكبر، والمردود أفضل.
- H. يمكن استخدامه في المناطق الصحراوية والريفية والمناطق التي تقل فيها المياه العذبة.
- I. يمكن استخدامه داخل المخابر والمشافي، لإمداد جهاز التعقيم الرطب بالماء المقطر.

11-1 الجدوى الاقتصادية لتحلية مياه البحر باستخدام الطاقة الكهروضوئية:

تم مقارنة تكاليف تحلية مياه البحر باستخدام الطاقة الكهروضوئية ذي المواصفات المذكورة سابقاً مع نظام تسخين تقليدي يستخدم سخان كهربائي مزود بالطاقة عن طريق مجموعة توليد تعمل بواسطة الوقود الأحفوري (البنزين)، وذلك عن طريق حساب الكلفة لدورة العمر الافتراضي للنظامين خلال 20 عام، وذلك كما هو مبين في الجدول (6).

الجدول رقم(6): مقارنة بين تكاليف التشغيل على مولد كهربائي يعمل على البنزين وعلى الطاقة الكهروشمسية

نوع النظام	الوحدة	مولد كهربائي	كهروشمسي
استطاعة السخان	W	500	500
استطاعة المراوح	W	36	36
مجموع الأحمال AC	W	536	536
استطاعة مجموعة التوليد	W	1000	990
التكاليف الثابتة			
كلفة مجموعة التوليد	S.P	800,000	لا يوجد
كلفة خزان الوقود	S.P	950000	لا يوجد
أجور التركيب والكابلات	S.P	250,000	400,000
كلفة الألواح الشمسية	S.P	لا يوجد	1,800,000
رافع الجهد + منظم الشحن	S.P	لا يوجد	800,000
مجموع التكاليف الثابتة	S.P	2,000,000	3,000,000
تكاليف التشغيل والصيانة			
استهلاك الوقود (0.5 لتر/ساعة) (6 ساعات عمل يومياً) أي 3 لتر يومياً	Liter	9000	لا يوجد
كلفة الوقود خلال 20 عام (300 يوم عمل في العام)	S.P	54.000.000	لا يوجد
كلفة استهلاك الشحوم والزيوت في 20 عام	S.P	2,000,000	لا يوجد
مدخرتين 240 أمبير كل ثلاثة سنوات	S.P	لا يوجد	2,100,000
مدخرتين 240 أمبير (خلال 20 عام)	S.P	لا يوجد	14,900,000
كلفة صيانة المجموعة (خلال 20 عام)	S.P	2,000,000	2,000,000
مجموع تكاليف التشغيل والصيانة	S.P	58.000.000	19,000,000
المجموع الكلي للتكاليف	S.P	60,000,000	22,000,000

الجدول (6) يبين تكاليف التشغيل باستخدام مولدة تعمل على البنزين على اعتبار سعر ليتر البنزين الأوكتان 95 وفق السعر الرسمي / 3000 / ل. س للبيتر الواحد.

حيث يلاحظ من الجدول ووفقاً للحسابات البسيطة للتكاليف في كل من النظام العامل بالوقود والنظام الشمسي بأن: نظام تحلية المياه بالطاقة الكهروشمسية أكثر جدوى اقتصادية من نظام البنزين.

كما يلاحظ من الجدول أن متوسط تكلفة تشغيل الجهاز سنوياً بالنظام الشمسي خلال عمره الافتراضي البالغ 20 عام تبلغ (1.100.000) ليرة سنوياً، ومتوسط تكلفة تشغيل الجهاز سنوياً على النظام التقليدي البنزين بلغت (3.000.000) ليرة، فهي تساوي تقريباً مصروف ثلاثة أعوام للنظام الكهروشمسي.

حيث يمكن القول إن النظام الشمسي يعمل نحو 7 أعوام مجاناً خلال عمره الافتراضي البالغ 20 سنة مقارنة مع النظام التقليدي البنزين.

12. قيمة الوفر الاقتصادي في الوقود الأحفوري عند استخدام الطاقة الكهروشمسية:

بفرض أن المنشأة تعمل لتحلية المياه لمدة 6 ساعات في اليوم وتستهلك في كل ساعة نصف لتر فتكون مستهلكة على مدار عمر المشروع البالغ 20 عاماً (54.000.000) ليرة سورية، وذلك باعتبار أن السعر الرسمي للبنزين أوكتان 95 (3000) ليرة سورية للتر الواحد، وبالتالي قيمة الوقود والطاقة الكهربائية المستهلكة كبيرة نسبياً، وباستخدام الطاقة الكهروشمسية فإن المنشأة توفر (38.000.000) ليرة سورية خلال عمر المشروع الافتراضي 20 عام، فلو تم التحول لاستخدام الطاقة الكهروشمسية المتجددة لأمكن توفير مبالغ ضخمة لشراء المحروقات في كل عام، لذلك لا مانع من تشجيع المنشآت بضرورة وأهمية التحول لاستخدام الطاقة الكهروشمسية المتجددة من خلال إيجاد طريقة أو آلية ما لدعم هذه المشاريع وتشجيعها عن طريق قروض أو منح قيمة التكاليف الثابتة لتجهيزات الطاقة الكهروشمسية على غرار الآلية المتبعة في المشاريع المتطورة.

$$*100 = \frac{\text{مجموع تكاليف تشغيل الجهاز على (النظام التقليدي البنزين - نظام الطاقة الكهروشمسية)}}{\text{مجموع تكاليف تشغيل الجهاز على النظام التقليدي البنزين}} = \text{نسبة الوفر الاقتصادي}$$

$$\text{نسبة الوفر الاقتصادي} = \frac{60.000.000 - 22.000.000}{60.000.000} * 100 = 63 \%$$

13. الاستنتاجات والمقترحات:

- ✓ إن نظام التحلية بالطاقة الكهرو-شمسية المصمم ذو موثوقية عالية وجدوى اقتصادية مبررة مقارنة بالنظم التقليدية.
- ✓ بينت نتائج الجهاز المستخدم من خلال إجراء الاختبارات في مخبر المياه بأن مواصفات المياه الناتجة أقرب إلى تركيب المياه المقطرة والتي تحتاج إلى معالجة ثانوية بموجب إجراءات متعددة مختلفة لإنتاج مياه نقيه بدرجة عالية يمكن استخدامها في شتى مجالات الحياة كالشرب والزراعة والصناعة....
- ✓ بينت نتائج الجهاز المستخدم من خلال إجراء الاختبارات يوجد نقص في الكالسيوم يمكن تعويضه عن طريق عدة طرق، حسب دراسات مرجعية يمكن إضافة عدة مواد لتصبح المياه غنية بالكالسيوم منها قطرات معدنية من مياه صالحة للشرب أو إضافة أقراص الكالسيوم المتوفرة في الصيدليات أو إضافة ملح الهالالايا الوردى اللون الغني بالمعادن والكالسيوم.
- ✓ المنغنيز، الزنك، النترت، النحاس، الفوسفات، الحديد، الكبريتات، النترات منخفضة نوعاً ما بفعل عملية التقطير ولكنها بقيت ضمن الحدود المسموح بها والمطابقة للمواصفات القياسية.
- ✓ باستخدام السخان في عملية التحلية أصبحت عملية التقطير أسرع، والإنتاجية أكبر، والمردود أفضل.
- ✓ إن تكاليف تأسيس منظومة لتحلية المياه بالطاقة الكهرو-شمسية كبيرة عند الإنشاء، بالمقابل فإن تكاليف التشغيل السنوية على مدى عمر المشروع شبه معدومة، وبالتالي تتحقق الجدوى الاقتصادية (استثمار مفضل) من خلال الاستخدام على مدى عمر المشروع الذي يزيد عن 20 عاماً.

✓ إن استخدام الطاقة الكهرو-شمسية في تحلية المياه تساعد على الاستثمار في المناطق الصحراوية والريفية والمناطق التي يقل فيها وجود المياه العذبة، وبتكاليف صيانة منخفضة.

14.التوصيات:

- ✓ إيجاد بدائل للطرق الحالية لعملية التحلية: وذلك عن طريق إجراء تجارب باستخدام أغشية جديدة تكون أفضل من الحالية في عملية فصل الأملاح واختيار العوامل الكيميائية والتشغيلية المناسبة.
- ✓ إيجاد بدائل للمواد الكيميائية المضافة: وذلك عن طريق استخدام الهندسة الوراثية لتسريع عملية تنقية المياه ومعالجتها باستخدام الأحياء الدقيقة.
- ✓ إيجاد بدائل للطاقة المستخدمة لعملية التحلية: وذلك عن طريق استخدام الطاقة المتجددة كالطاقة الشمسية، طاقة الرياح أو طاقة أمواج البحر ...
- ✓ تعميم استخدامات الطاقة الكهرو-شمسية في البادية السورية للاستفادة منها في تحلية المياه الجوفية لإنتاج مياه صالحة للشرب وسقاية قطعان الماشية.

المراجع:

- [1] A. E. Kabeel et al, Design considerations and their effects on the operation and maintenance cost in solar-powered desalination plants, Heat Transfer—Asian Res. 2019;1–15.
- [2] COMPAIN, P. 2012, solar energy for water desalination. Procardia Engineering, 46, 220–227.
- [3] Escwa (Economic and Social Commission for western Asia, Role of desalination in addressing water scarcity, Escwa water development reports³, United Nations, New York, 2009.
- [4] Ioannis C. Karagiannis, Petros G. Soldators, Water desalination cost literature: review and asscsmcat, n*223, 2008.
- [5] Mabrouk Methmani, Influence of fuel costs on seawater desalination options. Desalination, n4 205, 2007.
- [6] Michelle K. Winholz et al, Estimating the cost of desalination plants using a cost database. Dcsalination, n*229, 2008.
- [7] Mohamed Bessenasse et al, seawater desalination: study of three coastal stations in Algiers region, Desalination, n*250, 2010.
- [8] Water Reuse Association Committee, seawater desalination costs, Sustainable Solutions for a Thirsty Planet, while paper, 2013.
- [9] Wei He et al, Field demonstration of a cost–optimized solar powered electro dialysis reversal desalination system in rural India, Desalination 476, 2020.
- [10] Wu Lianying et al, Optimum design of cognatiun for power and desalination to satisfy the demand of water and power, Desalination, n*324, 2013.