معالجة المياه وإزالة الأملاح باستخدام الطاقة الشمسية

ندى التنجي* ، عبد الحكيم بنود**

* قسم تقانات الهندسة البيئية، كلية الهندسة التقنية جامعة حلب

** قسم الهندسة البيئية، كلية الهندسة المدنية جامعة حلب

الملخص

إن معالجة وتحلية المياه بالطاقة الشمسية هي حل عملي وتقنية واعدة لإنتاج مياه الشرب في المناطق التي تشكو من ندرة المياه العذبة، و تلوثها، وتتمتع بشدة إشعاع شمسي وعدد ساعات سطوع شمسي كبير كما في حالة سورية. لقد تم دراسة انتاجية وكفاءة مقطر شمسي بسيط ذي سطح منحدر أحادي الميل مع مرآة عاكسة مصنع محلياً، ودراسة تأثير عمق الماء في المقطر الشمسي وتأثير أشهر السنة ونوعية المياه المعدة للتقطير على انتاجية المقطر، انطلاقاً من مياه بحر ومياه بئر ملوثة بالنترات وفيها تلوث جرثومي. أظهرت النتائج أن الانتاجية الساعية للجهاز تتناقص مع زيادة سماكة طبقة الماء حيث بلغت 0.4 ل/$م^2$.سا من أجل سماكة طبقة ماء البحر 0.5 سم و0.32 ل/$م^2$.سا في حالة سماكة طبقة ماء البحر 1.8 سم. كما بينت النتائج أن الانتاجية اليومية للجهاز تتزايد مع زيادة شدة الاشعاع الشمسي، حيث ارتفعت في شهر تموز إلى 2.6 ل/$م^2$. يوم مقابل 2.22 ل/$م^2$. يوم في شهر نيسان ومن أجل نفس سماكة 1.8سم. تم تحليل عينات مياه (بحر–بئر) قبل المعالجة وبعدها ومقارنتها المواصفة السورية رقم 45 للتأكد من مطابقة المياه المعالجة للمواصفات البكتريولوجية والفيزيوكيميائية. وتبين أن كفاءة إزالة الأيونات من مياه البحر تخطت 98% للأيونات الأساسية مثل الكلورايد والكبريتات، و84% للنترات، وظهر أن كفاءة إزالة الأيونات من مياه البئر تقع ضمن المجال [60-80%]، وإزالة جراثيم الكوليفورم كانت كاملة، والمياه الناتجة عن المعالجة صالحة للشرب سواء كانت المياه مياه بحر أو مياه بئر ملوثة بالنترات.

الكلمات المفتاحية: طاقة شمسية، معالجة مياه، تحلية مياه البحر.

ورد البحث للمجلة بتاريخ ا 2017/10/23

قبل للنشر بتاريخ ا 2017/12/5

1- المقدمة والدراسة المرجعية:

تشكل ندرة الموارد المائية في الدول العربية هاجساً كبيراً يحد من تنفيذ الخطط والبرامج المائية، الانمائية والخدمية، وقد أثر ذلك على رفاهية الإنسان العربي وإنتاجيته وصحته. وتواجه سوريا كالكثير من الدول العربية مشاكل جدية في نقص المياه، نتيجة لتغيرات المناخ وانخفاض مستويات المياه الجوفية والمياه السطحية. وتتطلب الزيادة في الحاجة للمياه البحث عن وسائل ناجعة للتغلب على اتساع الفجوة بين العرض والطلب على المياه الصالحة للشرب [1].

ونتيجة للحرب الظالمة التي تعرضت لها سورية، عانت حلب وعدد من المدن والبلدات في سورية من مشكلة ندرة المياه العذبة الصالحة للشرب، لذلك ظهرت الحاجة لدراسة أساليب لتأمين مياه صالحة للشرب من الناحية الكيميائية والجرثومية انطلاقاً من مياه ذات ملوحة عالية أو تحتوي على أيونات ملوثة أو فيها تلوث جرثومي.

نتيجة لقلة مصادر المياه العذبة في كوكب الأرض برزت مشكلة النقص الحاد للمياه العذبة ولقد أجريت العديد من الدراسات والبحوث حول مستقبل الوضع المائي والبحث عن مصادر مائية جديدة غير المصادر التقليدية التي منها على سبيل المثال تحلية المياه المالحة، وكثير من المدن تعتمد على مصدر وحيد للمياه العذبة وهو المياه الجوفية التي قد تكون ملوثة بمركبات النتروجين أو جرثومياً وبالتالي فإنه يلزم القيام بالدراسات اللازمة والأبحاث الضرورية في كيفية معالجة المياه المالحة ومياه البحر والمياه الجوفية الملوثة كيميائياً أو حيوياً للحصول على مياه صالحة للشرب.

ويعدُ استخدام الطاقة الشمسيّة كبديل لأنواع الطاقة الأُخرى من الأمور التي يجب أخذها بعين الاعتبار لعدّة أسباب، فالطاقة الشمسية نظيفة، وتساعد على التقليل من استهلاك الوقود الأحفوري وتخفف من ظاهرة الاحتباس الحراري. وتعد تقنية تحلية ومعالجة المياه بالطاقة الشمسية لسد الاحتياجات المتزايدة لمياه الشرب حلاً مستقبلياً لمشاكل نقص المياه نظراً لكونها اقتصادية الى جانب توفر الكثير من مصادر المياه

المالحة أو الملوثة والشمس في المناطق التي تشح فيها مصادر المياه العذبة الصالحة للشرب. وتعتمد هذه التقنية على تبخير المياه المالحة لفصل الأملاح والمواد العالقة ومن ثم تكثيف بخار الماء الى مياه عذبة صالحة للشرب.

ومن أنواع التصميمات الفردية لأجهزة التقطير الشمسي الأجهزة ذات السطح المنحدر المفرد والمزدوج والأجهزة الرأسية والمخروطية وذات الألواح الماصة العكسية ومتعددة التأثير.

وتُعدُ أجهزة التقطير ذات السطح المنحدر الأقل تكلفة ويمكن استخدامها في الأغراض المنزلية، بينما تُستخدم الأجهزة متعددة التأثير في التطبيقات واسعة النطاق. وتعريض المياه لأشعة الشمس بما فيها من أشعة فوق بنفسجية يساهم في تطهير المياه وضمان سلامتها من الناحية الجرثومية. وتنصح منظمة الصحة العالمية بالقيام بعملية تطهير الماء باستخدام الطاقة الشمسية كأسلوب بسيط لمعالجة الماء في المنازل والتخزين الآمن لها[2]. وبينت الاستقصائيات أن أكثر من مليوني شخص في البلاد النامية يستخدمون عملية تطهير الماء باستخدام الطاقة الشمسية لمعالجة ماء الشرب العادية المستخدمة يومياً.

2- أهمية البحث وأهدافه:

يلاحظ في كثير من الحالات أن الحاجة السنوية لكمية المياه المطلوب تأمينها لتلبية حاجات المواطنين أعلى بكثير من كمية المياه الصالحة التي يتم معالجتها وضخها فعلياً في عدد من المناطق والمدن في سورية ودول عربية أخرى، كما أن تلوث المياه الجوفية بالملوثات النتروجينية وخاصة أيونات النترات أصبح مشكلة مهمة بالنسبة إلى السكان الذين يستخدمون مياه الآبار للشرب، ففي سورية (ريف دمشق) ومدينة حلب (منطقة الفردوس وغيرها) بينت التحاليل أن مئات الآبار لا يمكن استعمال مياهها الجوفية لأغراض الشرب بسبب التلوث بالنترات. وهذا يستدعى اللجوء إلى تطبيق معالجة محلية لمياه غير صالحة للشرب لجعلها مطابقة للمواصفات باستخدام أساليب معالجة بسيطة.

نتيجة لتقنين المياه وعدم ضخها بشكل مستمر في شبكة الامداد العامة،

وزيادة الاعتماد على استخدام الآبار لتأمين المياه، سيصبح الاعتماد على أساليب في معالجة المياه لا تعتمد على اضافة مواد كيميائية ولا على استخدام طاقة الوقود الأحفوري وقابلة للتطبيق محلياً في المباني والمساكن لتأمين مياه صالحة للشرب من ناحية مستوى الملوحة وتركيز الأيونات الملوثة وأعداد الجراثيم، موضوعاً يستحق الدراسة والبحث.

يهدف هذا البحث إلى دراسة إمكانية تأمين مياه صالحة للشرب باستخدام جهاز تقطير شمسي بسيط ذي سطح منحدر أحادي الميل مصنع محلياً انطلاقاً من مياه مالحة(مياه بحر)، ومياه تحتوي على تلوث بالنترات وفيها تلوث جرثومي، ودراسة تأثير عمق الماء على انتاجية الجهاز، ودراسة كفاءة إزالة الملوحة والنترات من المياه.

3- مواد البحث وطرائقه:

3-1 المياه الخام:

1) مياه بحر من مدينة اللاذقية تم الحصول عليها من مكان بعيد عن الشاطئ الأزرق مسافة تزيد عن 150 متر لأن تركيز الاملاح يكون أكثر ثباتاً كلما ابتعدنا عن الشاطئ، وبين الجدول (1) نتائج تحليل مياه البحر.

الجدول1: نتائج تحليل عينة مياه البحر المعدة للتحلية المأخوذة من منطقة الشاطئ الأزرق.

الخاصية	الواحدة	التركيز
TDS	mg/l	27640
PH	-	8.13
Cl	mg/l	10650
الناقلية الكهربائية	ms/cm	31300
النترات	mg/l	4
النتريت	mg/l	0
DO	mg/l	6.75
الكبريتات	mg/l	3612

2) مياه جوفية من بئر المعهد الهندسي بجامعة حلب التي تحوي تركيزات من النترات تزيد عن الحدود المسموحة في مياه الشرب، إضافة لتلوثها الجرثومي، كما يظهر في الجدول (2).

الجدول 2:نتائج تحاليل مياه بئر المعهد الهندسي في جامعة حلب.

الخاصية	الواحدة	التركيز
PH	-	8.14
النترات	mg/l	71
النتريت	mg/l	0
الامونيوم	mg/l	0.7
الناقلية الكهربائية	ms/cm	1423
TDS	mg/l	939
Cl	mg/l	62
أعداد الجراثيم الكلية	CFU/100ml*	6245
أعداد الكوليفورم الكلية	CFU/100ml*	2674

*CFU/mL (colony-forming units per milliliter

2-3 جهاز التقطير الشمسي:

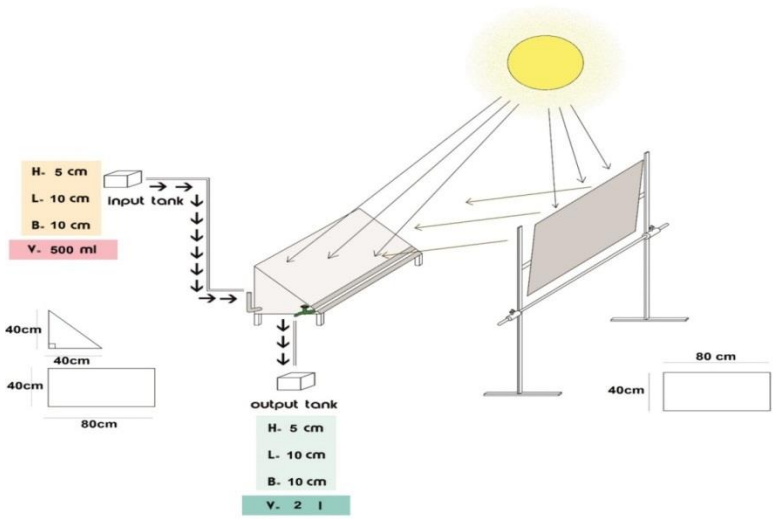
يتكون الجهاز من صندوق محكم الغلق يتم وضع المياه المراد تحليتها فيه، ويتم تركيب سطح زجاجي منحدر بزاوية 45 درجة في اتجاه واحد.

وتم دهان السطح الداخلي بدهان أسود اللون لتحسين امتصاص أشعة الشمس. ومع وصول أشعة الشمس تبدأ درجة حرارة المياه بالارتفاع ويزيد محتوى الرطوبة في الهواء المحصور بين سطح الماء والغطاء الزجاجي، ويبدأ الماء بالتبخر من قاع الحوض ويتكثف على الغطاء الزجاجي. في هذه العملية، تبقى نسبة كبيرة من الأملاح والميكروبات التي كانت في الماء الأصلي ضمن الجزء المتبقي والمركز في قاع الجهاز، وتنتقل المياه المتكثفة أسفل الغطاء الزجاجي المائل إلى قناة تجميع داخلية وإلى زجاجة تخزين. ويمكن تشغيل المقطر الشمسي بأسلوب إملاء وتفريغ أو بشكل مستمر.

وتبين الصورة في الشكل (1) جهاز التقطير الشمسي وقاعدة تثبيت المرآة المكثفة للأشعة الشمسية.

الشكل 1 : **صورة جهاز التقطير الشمسي وقاعدة تثبيت المرآة المكثفة للأشعة الشمسية.**

ويبين الشكل (2) مكونات الجهاز وأبعاده والمرآة وحركة جريان المياه فيه.



الشكل 2: مكونات جهاز التقطير الشمسي وأبعاده والمرآة وحركة جريان المياه فيه.

واستخدمت مادة ايبوكسي راتنج كمادة عزل لعزل الجهاز من الداخل حرارياً.

4- النتائج والمناقشة:

4-1 تأثير سماكة طبقة الماء في حوض التقطير على الانتاجية انطلاقاً من مياه البحر:

تم دراسة اربع سماكات لطبقة ماء البحر في حوض التقطير (0.5، 1، 1.5، 1.8)سم، حيث لايمكن زيادة سماكة الماء كثيراً لأن ارتفاع قناة جمع المياه المقطرة 2 سم عن قاع حوض التقطير.

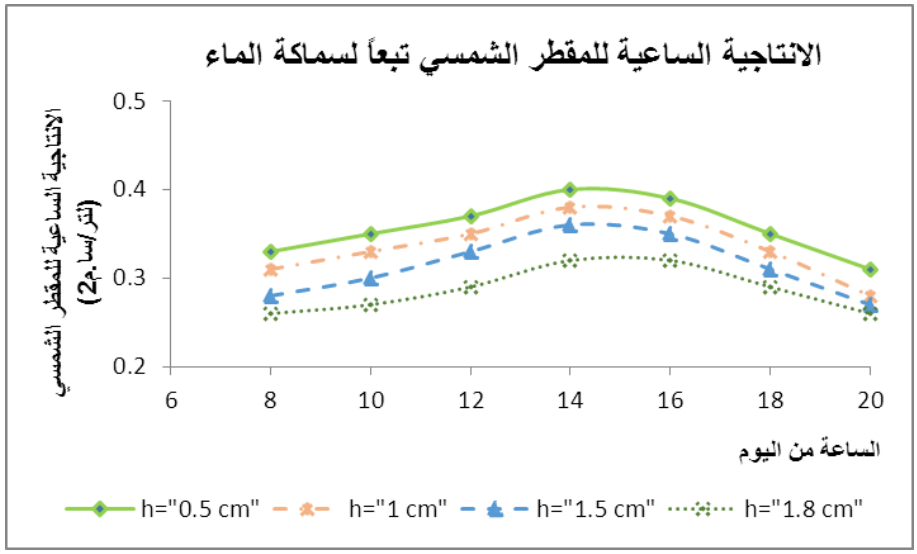
ويبين الجدول 3 الانتاجية الساعية للمقطر الشمسي بواحدة ل/م^2.سا ، تبعاً لسماكة ماء البحر في حوض التقطير، في يوم من أواخر شهر تموزحيث تتراوح درجة الحرارة مابين 30–40 درجة مئوية جدول 6.

الجدول 3: الانتاجية الساعية للمقطر الشمسي(لتر/سا.م2) تبعاً لسماكة الماء في حوض التقطير.

الساعة من اليوم	8	10	12	14	16	18	20
سماكة 0.5 cm	0.33	0.35	0.37	0.40	0.39	0.35	0.31
سماكة 1.0 cm	0.31	0.33	0.35	0.38	0.37	0.33	0.28
سماكة 1.5 cm	0.28	0.30	0.33	0.36	0.35	0.31	0.27
سماكة 1.8 cm	0.26	0.27	0.29	0.32	0.32	0.29	0.26

ونلاحظ من الجدول 3 والشكل 3 أن الانتاجية الساعية للجهاز تتناقص مع زيادة سماكة طبقة الماء في الحوض، كما نلاحظ أن الانتاجية الساعية تزداد من أجل نفس السماكة في فترة الظهيرة وتتناقص في فترة المساء.

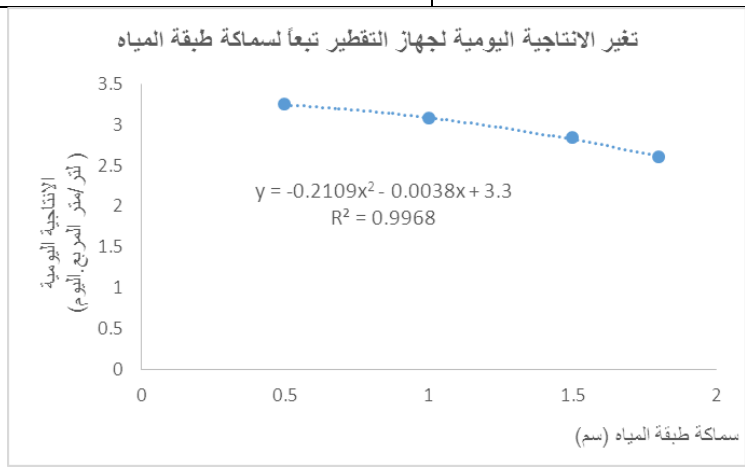
أما الانتاجية اليومية للجهاز المبينة في الجدول 4 والشكل 4 فأكدت أن زيادة ارتفاع طبقة ماء البحر في الحوض تترافق مع نقصان الانتاجية اليومية، حيث انخفضت الانتاجية من 3.25 ل/م^2.يوم في حالة سماكة طبقة ماء البحر 0.5 سم إلى 2.6 ل/م^2. يوم في حالة سماكة طبقة ماء البحر 1.8 سم ، في يوم من أواخر شهر تموز.



الشكل 3: تغير الانتاجية الساعية لجهاز التقطير حسب سماكة طبقة الماء في الحوض.

الجدول 4: تغير الانتاجية اليومية لجهاز التقطير تبعاً لسماكة طبقة مياه البحر في الجهاز.

سماكة طبقة مياه البحر(سم)	الانتاجية اليومية(لتر/متر المربع.اليوم)
0.5	3.25
1.0	3.07
1.5	2.84
1.8	2.6



الشكل 4: تغير الانتاجية اليومية لجهاز التقطير حسب سماكة طبقة الماء في الحوض.

يفسر تناقص انتاجية جهاز التقطير سواء الساعية أو اليومية مع زيادة سماكة طبقة الماء في الحوض المسجلة في الشكلين 3 و 4 بأن زيادة سماكة طبقة

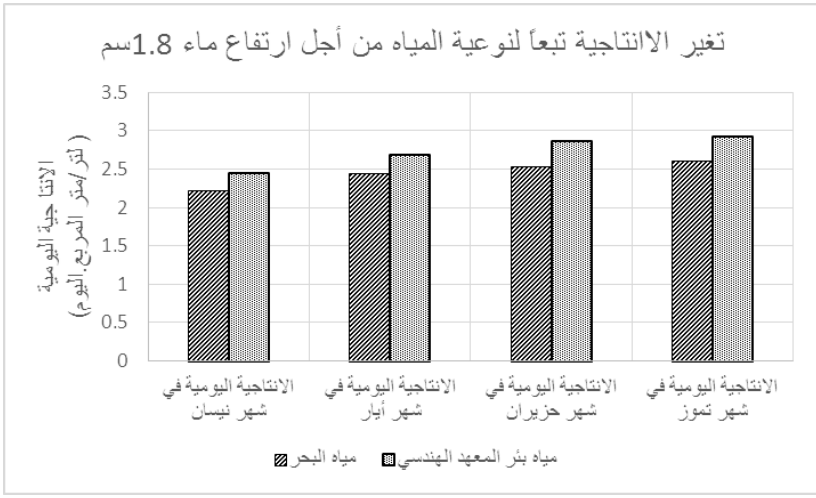
الماء في الحوض تضفي على الحوض سعة تخزين حرارية أعلى. وبالتالي تسخن المقطرات ذات سماكة طبقة الماء الأكبر ببطء بالمقارنة بالمقطرات ذات السماكة الأقل، أي أن كمية الحرارة والاشعاع توزع على حجم أكبر من الماء وبالتالي حجم المياه المتبخرة يكون أقل.

2-4 تأثير نوعية الماء المعد للمعالجة على الانتاجية:

لمقارنة الانتاجية اليومية للجهاز حسب نوعية المياه المعدة للتقطير(مياه بحر، مياه بئر المعهد الهندسي) وتبعاً للشهر من السنة، يعرض الجدول 5 والشكل 5 تغير الانتاجية اليومية من أجل سماكة طبقة ماء 1.8سم.

الجدول 5: تغير انتاجية جهاز التقطير تبعا لنوعية المياه وأشهر السنة، من أجل سماكة طبقة 1.8سم.

الانتاجية في شهر (لتر/متر المربع.اليوم)	مياه البحر	مياه البئر
الانتاجية اليومية في شهر نيسان	2.22	2.45
الانتاجية اليومية في شهر أيار	2.43	2.68
الانتاجية اليومية في شهر حزيران	2.52	2.86
الانتاجية اليومية في شهر تموز	2.6	2.92



الشكل 5: تغير الانتاجية اليومية تبعاً لنوعية المياه وللشهر من السنة.

نلاحظ أن انتاجية الجهاز أعلى في حالة تقطير مياه معتدلة الملوحة (مياه بئر) مقارنة مع حالة تقطير مياه البحر. كما أن انتاجية الجهاز أعلى في أشهر الصيف مقارنة مع أشهر الربيع (نيسان).

تفسر زيادة الانتاجية اليومية لجهاز التقطير في أشهر فصل الصيف المسجلة في الشكل 5 بزيادة شدة الاشعاع الشمسي وساعات السطوع. أما الانتاجية اليومية الأعلى في حالة مياه البئر مقارنة مع مياه البحر فتفسر بلزوم كمية أكبر من الحرارة لتبخير المياه انطلاقاً من مياه البحر حيث مع ازدياد تركيز الأملاح تزداد درجة الحرارة اللازمة لدرجة التبخير أي الغليان لأن درجة الغليان ترتفع.

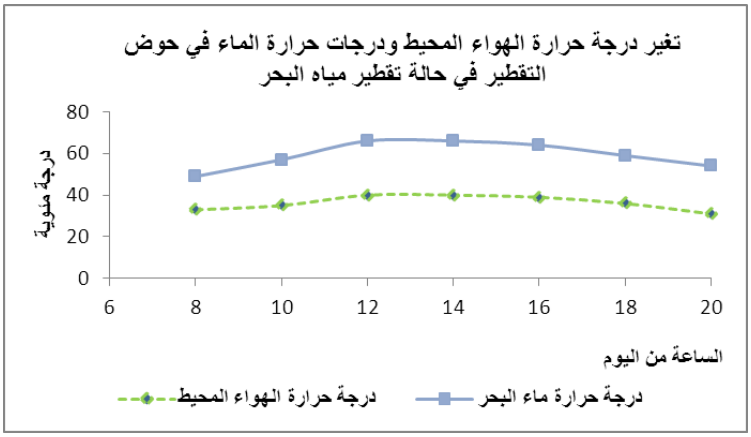
3-4 تغير درجة حرارة الهواء المحيط ودرجات حرارة الماء في حوض التقطير مع ساعات اليوم:

لمتابعة تغير درجة حرارة الهواء المحيط ودرجات حرارة الماء في حوض التقطير في حالة تقطير مياه البحر ومياه بئر المعهد الهندسي مع سماكة طبقة ماء 1.8سم، يعرض الجدول 6 والشكل 6 تغير درجات الحرارة المحيطة ودرجة حرارة ماء البحر تبعاً لساعات يوم من شهر تموز.

الجدول 6: تغير درجة حرارة الهواء المحيط ودرجات حرارة الماء في حوض تقطير مياه البحر

الساعة من اليوم	8	10	12	14	16	18	20
درجة حرارة الهواء المحيط	33	35	40	40	39	36	31
درجة حرارة ماء البحر	49	57	66	66	64	59	54

أما تغير درجات حرارة ماء بئر المعهد الهندسي ضمن المقطر فلاحظنا أنها أكبر حيث أن درجة حرارة الماء وصلت إلى 70 مئوية عندما كانت درجة الحرارة المحيطة 41.



الشكل6 : تغير درجة حرارة الهواء المحيط ودرجات حرارة ماء البحر في حوض التقطير

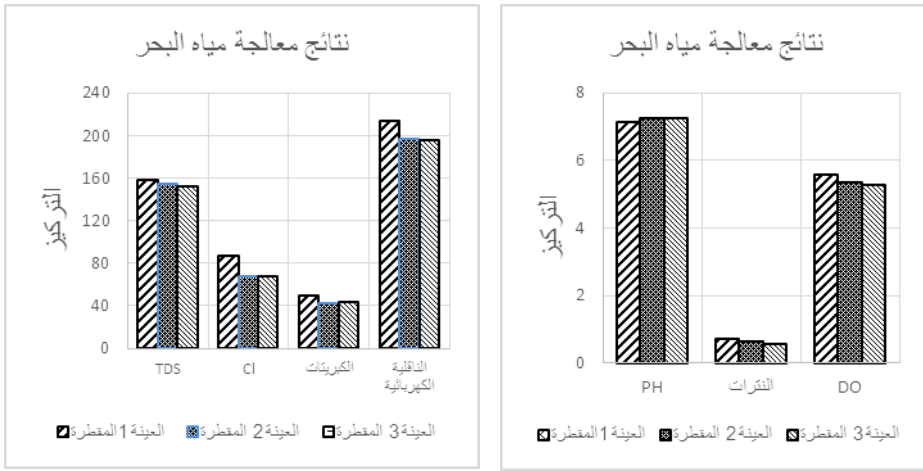
4-4 نوعية المياه الناتجة عن تقطير مياه البحر ومياه البئر:

عدا موضوع الانتاجية وكمية المياه الناتجة عن التقطير الشمسي لابد من دراسة نوعية المياه الناتجة عن التقطير للتأكد من صلاحيتها للشرب.

لقد تم أخذ ثلاث عينات من المياه المقطرة الناتجة عن تحلية مياه البحر العينة الأولى أخذت في شهر نيسان والثانية في حزيران والثالثة في شهر تموز. ويبين الجدول 7 والشكل 7 نتائج تحليل العينات.

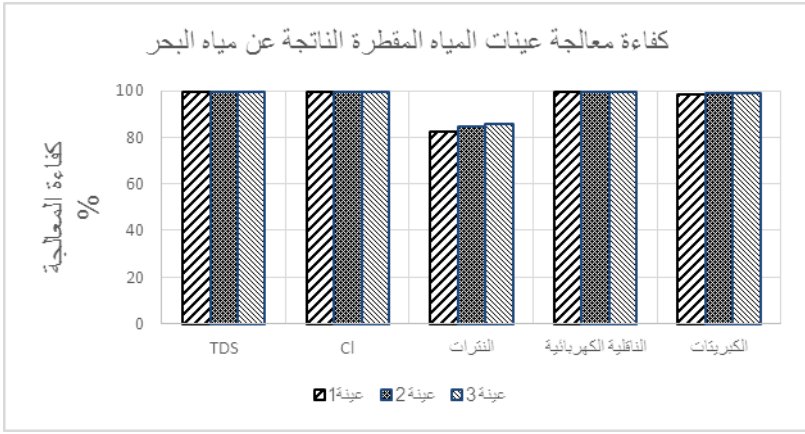
الجدول 7 : نتائج تحليل عينات المياه المقطرة الناتجة عن تحلية مياه البحر

الخاصية	الواحدة	تركيز الماء الخام	العينة 1 المقطرة	العينة 2 المقطرة	العينة 3 المقطرة	المواصفة السورية
TDS	mg/l	27640	158	154	152	900
PH	-	8.13	7.13	7.23	7.26	5,6-9
Cl	mg/l	10650	87	68	67	500
النترات	mg/l	4	0.7	0.62	0.58	50
النتريت	mg/l	0	0	0	0	0.2
DO	mg/l	6.75	5.57	5.35	5.26	4-9
الكبريتات	mg/l	3610	50	42	43	500
الناقلية الكهربائية	ms/cm	31300	214	196	195	1500



الشكل7 : نتائج معالجة ماء البحر

الشكل 8 يمثل كفاءة المعالجة بالطاقة الشمسية لثلاث عينات من مياه البحر حيث تجاوزت كفاءة المعالجة 99% في حين تجاوزت كفاءة المعالجة 84% للنترات.



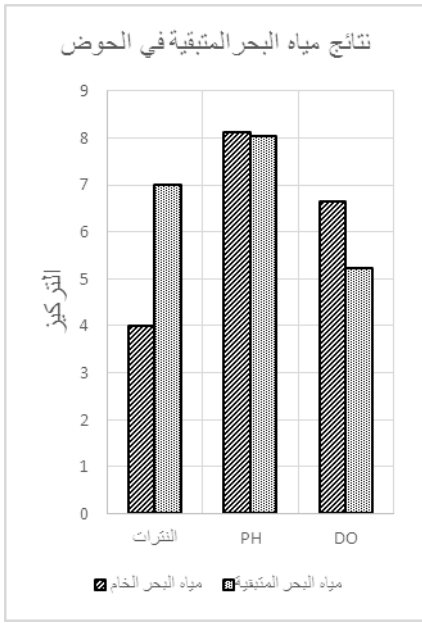
الشكل8 : كفاءة معالجة ماء البحر

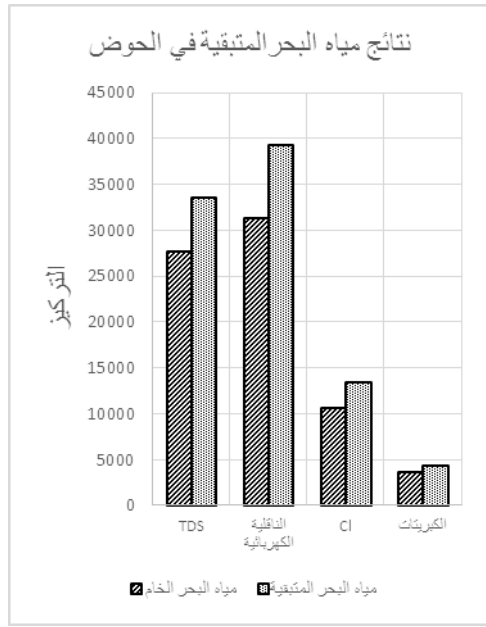
أما مواصفات المياه المتبقية في قاع حوض التقطير فتظهر في الجدول 8.

الجدول 8 : نتائج تحليل عينات المياه المتبقية في قاع حوض التقطير بعد تحلية مياه البحر

الخاصية	TDS	الناقلية الكهربائية	PH	Cl	النترات	النتريت	DO	الكبريتات
الواحدة	mg/l	ms/cm	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
التركيز	33599	39200	8.04	13450	7	0	5.23	4370

ويبين الشكل 9 مقارنة بين نتائج تحليل عينات المياه المتبقية في الحوض مع عينة مياه البحر الخام يظهر فيها زيادة تركيز معظم العوامل في العينات المتبقية عن المياه الخام.



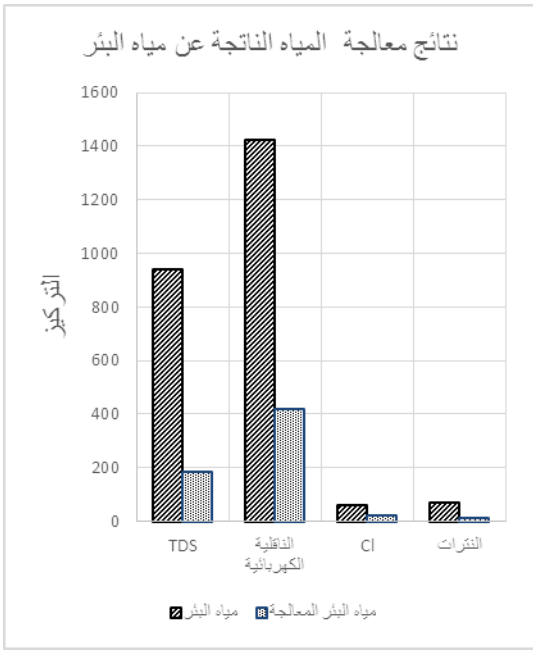


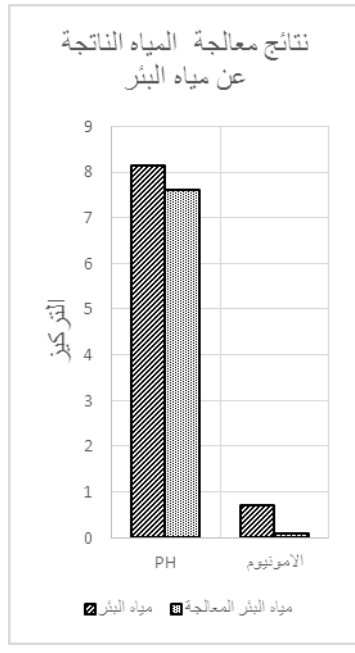
الشكل9 : نتائج مياه البحر المتبقية في الحوض

عند استخدام مياه بئر المعهد الهندسي الملوث جرثومياً وبالنترات واستخدام طريقة المعالجة بالطاقة الشمسية كانت نتائج تحليل عينة مياه البئر في الجدول 9 والشكل 10

الجدول 9 : نتائج تحليل عينات المياه المقطرة الناتجة عن معالجة مياه بئر المعهد الهندسي.

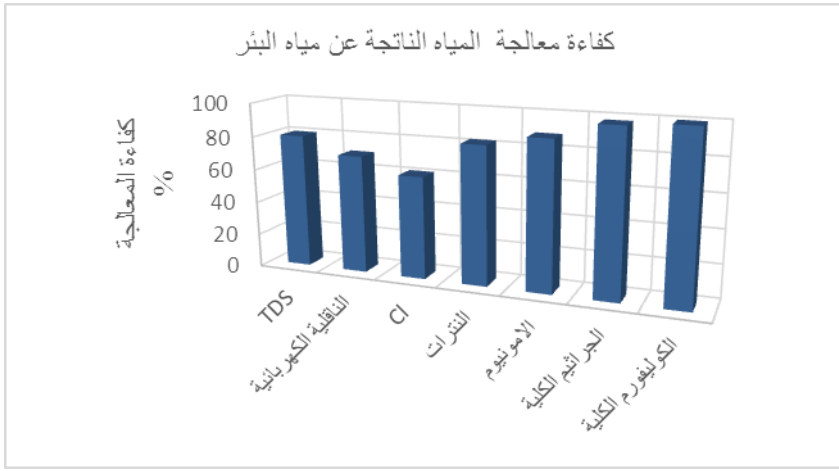
الخاصية	الواحدة	تركيز الماء الخام	العينة المقطرة	القيمة المسموحة وفق المواصفة السورية
TDS	mg/l	939	186	900
PH	-	8.14	7.6	5,6-9
Cl	mg/l	62	24	500
النترات	mg/l	71	12.45	50
النتريت	mg/l	0	0	0.2
الامونيوم	mg/l	0.7	0.08	0.2
الجراثيم الكلية	CFU/100ml	6240	125	200
الكوليفورم الكلية	CFU/100ml	2670	0	0





الشكل10 : نتائج معالجة ماء البئر

الشكل 11 يمثل كفاءة المعالجة بالطاقة الشمسية لعينة من مياه البئر تجاوزت كفاءة المعالجة 80% للنترات 60% CL و70% للناقلية الكهربائية،في حين تجاوزت الإزالة الجرثومية 98% لتصل الى 100% للكوليفورم.



الشكل11 : كفاءة معالجة ماء البئر

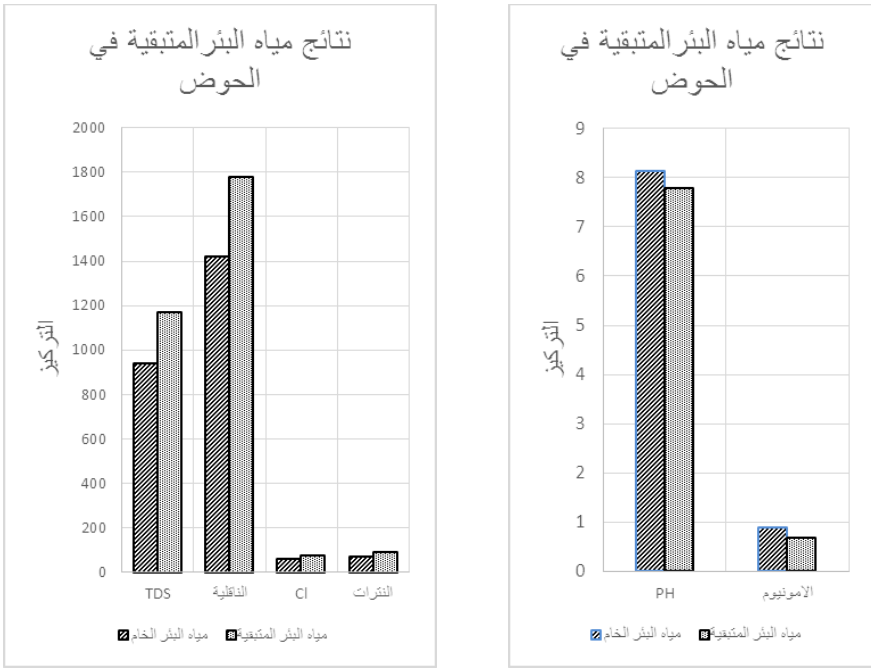
يفسر انخفاض تركيز الايونات في المياه المقطرة انطلاقاً من مياه البحر أو مياه البئر الملوثة بضعف قابلية هذه الأيونات للتبخر، وهذا مابينه أيضاً الباحث *Brian Oram* [5].

أما مواصفات المياه المتبقية في قاع حوض التقطير فتظهر في الجدول 10.

الجدول 10: نتائج تحليل عينات المياه المتبقية في قاع حوض التقطير بعد معالجة مياه البئر

الخاصية	TDS	الناقلية الكهربائية	PH	Cl	النترات	النتريت
الواحدة	mg/l	ms/cm	-	mg/l	mg/l	mg/l
التركيز	1170	39200	7.8	77	89	0

ويبين الشكل 12 مقارنة بين نتائج تحليل عينات المياه المتبقية في الحوض مع عينة مياه البئر الخام يظهر فيها زيادة تركيز بعض العوامل في العينات المتبقية عن المياه الخام.



الشكل12: نتائج مياه البئر المتبقية في الحوض

إن القضاء على الجراثيم والحصول على مياه لاتحتوي على جراثيم الكوليفورم يعود لارتفاع درجة حرارة الماء في الحوض ولمدة غير قصيرة، وهذا مشابه لعملية البسترة، إضافة إلى أن الأشعة فوق البنفسجية الموجودة في أشعة الشمس تساهم في

القضاء على الجراثيم، وهذا ما أكده العديد من الباحثين في عملية التقطير مثل *Regula Meierhofer* [2].

نلاحظ أن نوعية المياه المقطرة الناتجة عن تحلية مياه البحر أو مياه بئر المعهد الهندسي تحقق المواصفة السورية رقم 45 الخاصة بمياه الشرب.

5- النتائج:

- إن انتاجية الجهاز تتناقص مع زيادة سماكة طبقة الماء.
- تحسن الخواص الفيزيائية والكيميائية للماء
- الحصول على مياه لاتحتوي على جراثيم الكوليفورم، ويعود ذلك لارتفاع درجة حرارة الماء في ، إضافة إلى أن الأشعة فوق البنفسجية الموجودة في أشعة الشمس تساهم في القضاء على الجراثيم.

المياه الناتجة عن المعالجة بالطاقة الشمسية صالحة للشرب وموافقة للمواصفة السورية رقم 45 الخاصة بمياه الشرب

6- التوصيات:

- تطبيق التقطير الشمسي للحصول على مياه صالحة للشرب في المباني والتجمعات السكانية الصغيرة إنطلاقاً من مياه مالحة أو مياه ملوثة.
- دراسة تأثير ميل السطح المنحدر في جهاز التقطير على انتاجية التقطير.
- دراسة تحسين انتاجية جهاز التقطير عن طريق تبريد السطح الزجاجي المنحدر.

المراجع

1- **حميدان** ريما إبراهيم، 2017 -"**سياسات إدارة الموارد المائية في ليبيا.. الواقع و التحديات**"، المنظمة الليبية للسياسات والاستراتيجيات ، طرابلس.

2- M.Abou Rayan and I.Khaled .,2002-"**sea water desalination by Reverse Osmosis (case study)**, Desalination .volume 153,pp 245-251.

3- Mohtada Sdrzadeh and Toraj Mohammadi.,2008- "sea water desalination using electrodialysis", Desalination. volume 221,pp 440-447.

4 - Dr.Ing.Heike Glade.,(2013) " Thermal Processes for water desalination", Available from:http: www.suswatec.de.

5- Laurie F. Caslake, and Daniel J. Connolly.,2004- " Disinfection of Contaminated Water by Using Solar Irradiation", Appl Environ Microbiol. 70(2): 1145–1150.

6- B.L.Patil, and J.A.Hole and Sagar Wankhede.,2017-" Parameter affecting productivity of solar still and improvement techniques: A detailed review " (ICLCSTM),Chandigarh.

7- Narayan Pandey and A.Krai., 2017-" Performance study of solar still with separate condenser " (IJMET),Volum 7,Issue 4., pp125-130.

8- Muafag Suleiman K. Tarawneh .,2007-" Effect of water depth on the performance evaluation of solar still " JJMIE, Volume1 , Number1, pp23-29.

9 - Brian Oram.,2012-" Nitrates and Nitrites in Drinking Water and Surface waters" Water Research Center, Dallas.

10 - Regula Meierhofer and Martin Wegelin.,2012- " solar disinfection of water "., The idea of Solar Water Disinfection was presented for the first time by Aftim.