

# القدرة المستخلصة من الماء المالح هل سيصبح الملح نطف العالم الجديد؟

عادل شريف و زينة رحال و محمد عزالدين الصندوق  
A. O. Sharif, Z. Rahal, and M. I. Sanduk  
Faculty of Engineering and Physical Sciences, CORA  
University of Surrey, Guildford Surrey GU2 XH, UK  
[a.sharif@surrey.ac.uk](mailto:a.sharif@surrey.ac.uk)

## 1. المدخل

ما يزال العالم يبحث عن مصادر بديلة للطاقة و باتجاهات و امكانيات مختلفة خصوصا امام تحديات مثل تغيرات المناخ و توقعات بفاذ الوقود الاحفوري التقليدي و زيادة اسعار النفط. و لكن البحث عن الطاقة البديلة قاد الى مصادر مثل الطاقة الشمسية و طاقة الرياح و الطاقة الحرارية الارضية و... انواع كثيرة اخرى. كل هذه الانواع طاقات نظيفة و تحافظ على البيئه و متوفرة و لا تنضب لكنها قد تكون مكلفة اقتصاديا او تحتاج الى قدرات تنصيب مكلفة و هذه الاشكالات حالت دون انتشارها و جعلها حقا مصادر للطاقة البديلة.

لقد تم مؤخرا في مركز ابحاث الازموزيه و تطبيقاتها (CORA) التابع لجامعة سري (Surrey) في انكلترا و بالتعاون مع شركة (Modern Water plc) اكتشاف مصدر جديد للطاقة النظيفة انه مصدر "الطاقة التناظيه (الازموزيه)" [1,2].

الطاقة التناظيه تنتج نتيجة الفرق في الضغط ما بين الماء المالح و الماء العذب ( و بسبب التغير التدريجي للتركيز). تتحرر هذه الطاقة من عملية مزج محلول واطى التركيز و اخر عالي التركيز كما في حالة مزج الماء العذب ذي الضغط التناظي الواطى مع ماء البحر ذو الضغط التناظي العالي. في منظومة قدرة تناظيه ريادية يمكن ان يتحول الجهد التناظي للماء المالح الى ضغط هيدروليكي و بنسبة مئوية عالية. هذا الضغط الهيدروليكي يمكن ان يستخدم لتوليد القدرة الكهربائية بشكل قدره مائيه تناظيه (Hydro Osmotic Power; HOP). يمكن اتمام هذه العملية من خلال استخدام محرك توربيني مائي و مولد كهربائي او بصورة مباشرة من خلال منظومة استخلاص الطاقة (ERS) (Energy Recovery System) مثل منظومة تبادل الضغط (PES) (Pressure Exchange System). على سبيل المثال ان فرق الضغط في العملية التناظيه ما بين ماء البحر و الماء العذب في حدود 27 بار ( أي يكون مكافئ لارتفاع شلال مقداره 270 متر).

من الناحية النظرية كل متر مكعب من الماء العذب الذي يقذف الى البحر يمكن ان يولد 0.7 كيلو واط ساعة من الكهرباء ( هذا التقدير مبني على اساس ان ماء البحر يحوي 3.5% من الاملاح). على اية حال في حالة ما اذا كان التركيز اعلى فان الطاقة المنتجة قد تصل الى 7 كيلو واط ساعة للمتر المكعب و هذا ما يكافئ شلال ارتفاعه 2700 متر!

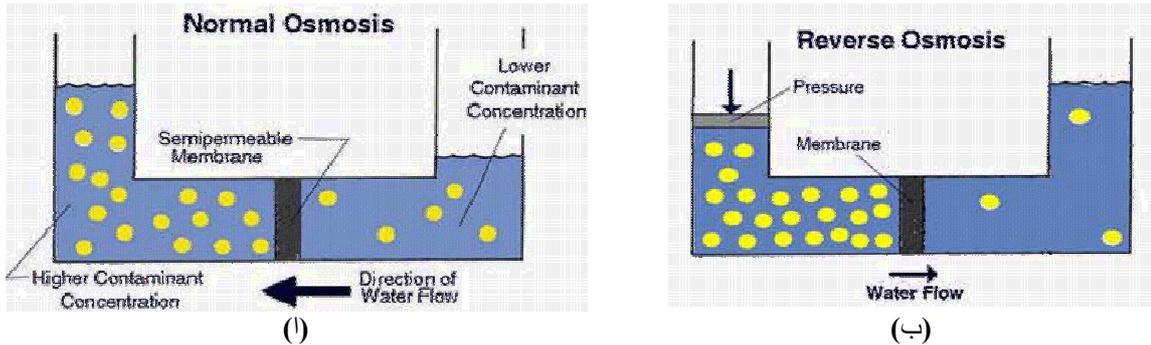
ان امكانيات الطاقة التناظيه هائلة و غير محدودة! لقد بينت احدى شركات القدرة النرويجية و المهتمة بالتخطيط لاستثمار القدرة الازموزيه بحلول عام 2010 بان منظومة للقدرة التناظيه يمكن ان تنتج طاقه كهربائية اقتصادية بمبلغ مقداره 50 يورو للميكا واط ساعة [3]. و يمكن زيادة امكانيات المنظومة من خلال تعشيقها مع مصدر طاقة مستديمة اخرى مثل الطاقة الشمسية او الرياح او الامواج...

على ذلك يمكن لتركييب مكون من منظومة الطاقة التناظيه مع منظومة مثل البركة الشمسية و البركة التبخيرية ان يكون اسلوبا تكنولوجيا فعالا لخرن الطاقة الشمسية بشكل محلول مركز و من ثم كجهد تناظي. و بنفس الطريقة يمكن استخدام طاقة الرياح او اي مصدر للطاقة المستديمة.

ان الامكانيات المستخدمة في القدرة المائية الازموزية تشمل الاغشية و المضخات و منظومات استخلاص الطاقة و التوربينات. هذه المعدات تستخدم حاليا في عمليات تحلية المياه كذلك مما يجعل التعامل معها سهلا و سلسا بصورة نسبية. بالاطافة لذلك ان تركيب القدرة التنافييه و عملية التحلية باستخدام طريقة التنافذ الانعكاسية و تعاشقها مع مصدر طاقة مستديمة ( الطاقة الشمسية او الرياح او...) يمكن ان يولد طاقة رخيصة و يقلل الاعتماد على الوقود الاحفوري. في الواقع وفي حالات معينة فان منظومة التنافذ الانعكاسية يمكن ان تنتج ماء و قدرة و بذلك تكون هذه المنظومة مكتفية ذاتيا!

## 2. خلاصة للخلفية العلمية لعملية القدرة المائية التنافية

التنافذ هو عملية عبور انتخابي لطبيعي لجزيئات مذاب من خلال مسامات غشاء شبه سامح وذلك من محلول مخفف (ماء نقي مثلا) الى محلول اكثر تركيزا (مثلا ماء مالح او ماء ذي تركيز ملحي عالي). حيث هناك ميل طبيعي للمحلول المركز ليخفف نفسه. الشكل (1-1) يبين عملية التنافذ. الضغط التنافذي هو الضغط المطلوب لايقاف عملية التنافذ الطبيعية في اية منظومة تجريبية. لذلك فان عملية التنافذ هي عملية ترموداينميكية عكوسية. يكون الضغط التنافذي للمحلول دالة للتركيز الملحي و درجة حرارة المحلول. على سبيل المثال في محلول ملح الطعام (NaCl) يكون الضغط التنافذي حوالي 7.6 (بار) لتركيز من الملح مقداره 1%. في حين يكون الضغط التنافذي حوالي 27.8 (بار) لماء البحر مع ملح الطعام ذي التركيز 33 غرام/التر. اما بالنسبة للماء النقي فان الضغط التنافذي يكون صفرا. هذا يعني انه في عملية تحلية مياه البحر و باستخدام عملية التنافذ العكسي يجب تسليط اقل ضغط مقداره (التقدير النظري لاقل) 27.8 (بار) على جانب ماء البحر بالنسبة للغشاء و ذلك قبل امكانية الحصول على ماء نقي من الجبهه الاخرى للغشاء. هذا الضغط يكافئ طاقة خاصة مستهلكة مقدار ما حوالي  $0.77 \text{ kWh/m}^3$ . على اية حالة كلما ازداد انتاج الماء النقي خلال عملية التنافذ العكسي كلما ازاد ملوحة الماء المجهز للعملية (الماء الداخل) و هذا يعني زيادة حاجز الضغط التنافذي. و زيادة الضغط التنافذي هذه تتطلب تسليط ضغط اكبر او طاقة مستهلكة اكبر تصل الى حوالي  $2.7 \text{ kWh/m}^3$  لتحلية ماء البحر الذي يصل مستوى ملوحة الى حوالي 35 g/l اما عملية التحلية فتصل الى 50%.



الشكل 1: ا- عملية التنافذ الطبيعية. حيث ينتشر الماء طبيعيا من جهة التركيز الواطئ الى جهة التركيز العالي. ب- عملية التنافذ العكسي حيث الماء المالح يضغط لمعاكسة عملية التنافذ و جعل الماء ينفذ خلال الغشاء من التركيز العالي الى التركيز الواطئ.

ان تطبيق الضغط الميكانيكي لايقاف عملية التنافذ الطبيعي و اجبار الماء على النفاذ عبر الغشاء الى جهة الماء النقي هو القاعدة المعروفة في عملية التحلية (شكل 1-ب). الضغط الميكانيكي المطبق في عملية التنافذ العكسي يجب ان يكون اعلى من الضغط الازموزي للمحلول الملحي قبل تكوين الماء النقي. نظريا تكون معظم الطاقة الميكانيكية المستهلكة في عملية التنافذ العكسي

مخزونة في المحلول المركز على شكل طاقة حركية (ضغط هيدروليكي) و طاقة تنافذ ( جهد تنافذي او ضغط).

على اية حال بعض الطاقة تتبدد على شكل حرارة في مضخات الضغط العالي او بشكل خسارة احتكاك عبر و على طول الغشاء. على سبيل المثال, في تحلية ماء البحر حاليا باستخدام التنافذ العكسي يكون الضغط المجهز بحدود 60-70 بار ( وهذا يعتمد على عملية استرداد الضغط و مستوى ملوحة ماء البحر) مع استهلاك طاقة نوعية بحدود 5-6 كيلو واط ساعة/يوم. مرة اخرى و اعتمادا على معدل استرداد الضغط, عادة ما بين 40-60 % من الطاقة الحركية (الضغط الهيدروليكي) للتيار المركز يمكن ان يُسترد باستخدام منظومة استرداد الطاقة (ERS) اعتمادا على كفاءة منظومة استرداد الطاقة. الباقي و الذي هو بحدود 40-60 % يتحول الى طاقة تنافذية في المحلول الملحي المركز و التي تتفرغ الى البيئة بكلفة عالية في معظم تطبيقات التحلية الحالية. الى حوالي 50% من طاقة التنافذ و التي تتم خسارتها يمكن ان تتحول الى ضغط هيدروليكي و يتم استردادها.

هذا الضغط المسترد يمكن ان يستخدم لتوليد الكهرباء باستخدام توربين مائي و مولد و بنفس طريقة التوليد التقليدية. بصورة بديلة و مكلفة و لكن كفوءة يمكن للضغط الهيدروليكي البديل ان يتحول من خلال منظومة استرداد الطاقة ( مثل منظومة تحويل الضغط) الى ضخ مائع اخر و تخفيض اكثر لكلفة الضغط التحويلية , و من ثم تقليل استهلاك الطاقة الكلية لمنظومة التحلية. كما سبق و ان ذكر ان الفرق في الضغط ما بين ماء البحر و الماء العذب هو حوالي 27 (بار) و اعتبارا ن ملوحة ما البحر حوالي 35% لذلك فان كل متر مكعب من الماء العذب الذي يجري الى البحر يولد نظريا 70 كيلو واط ساعة من الكهرباء.

على اية حال لمحلول عالي الملوحة مثل ماء البحر الميت او البحيرات المالحة يكون الجهد الكهربائي المتولد لكل متر مكعب حوالي 7 كيلو واط ساعة. يجب التاكيد على ان فرق الضغط التنافذي و جهد القدرة المتولدة يكون دالة لفرق الجهد التنافذي ( بعبارة اخرى تركيز الملح و درجة الحرارة) ما بين المحلولين و لا يتطلب ان يكون احدهما ماء عذبا و الاخر ملحيا. كما يجب التاكيد لذلك ان فرق الجهد التنافذي يمكن توليده بغض النظر ما اذا كان المحلولين متماثلين او مختلفين.

طاقة التنافذ لذلك يمكن ان يتم تجهيزها من عدد من المحاليل من ضمنها الماء المتخلف من صناعة التحلية. على اية حال ان عمل الاغشية تحت ظروف الملحية العالية و ملائمة بعض الاغشي لبعض المصادر تحتاجان الى تحقيق اكثر.

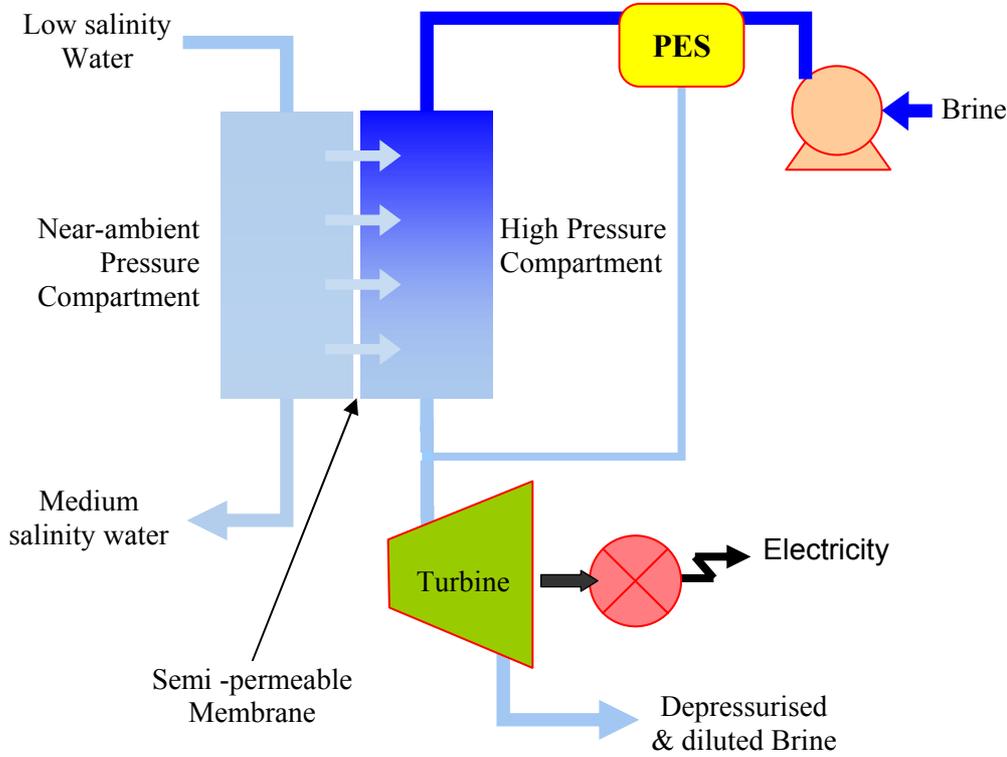
لا شك في ان استرداد الطاقة التنافذية كمصدر للطاقة المتجددة سوف ينفذ في مبادرات الطاقة المتجددة حاليا و مستقبلا. اضافة لذلك و استنادا على بعض التطبيقات فان طاقة التنافذ يمكن ان تكون طاقة اقتصادية و متجددة و صديقة للبيئة.

و مما يجب التاكيد عليه هو عدم اعتماد طاقة التنافذ على توفر الماء العذب. في الاماكن التي تعاني من نقص في تجهيز الماء العذب و لكن لها منفذ لماء البحر و مصادر طاقة متجددة مثل الطاقة الشمسية او الرياح.... الخ فان متطلبات فرق الجهد التنافذي تبقى قائمة و متوفرة.

### 3. طرق استغلال الطاقة التنافذ

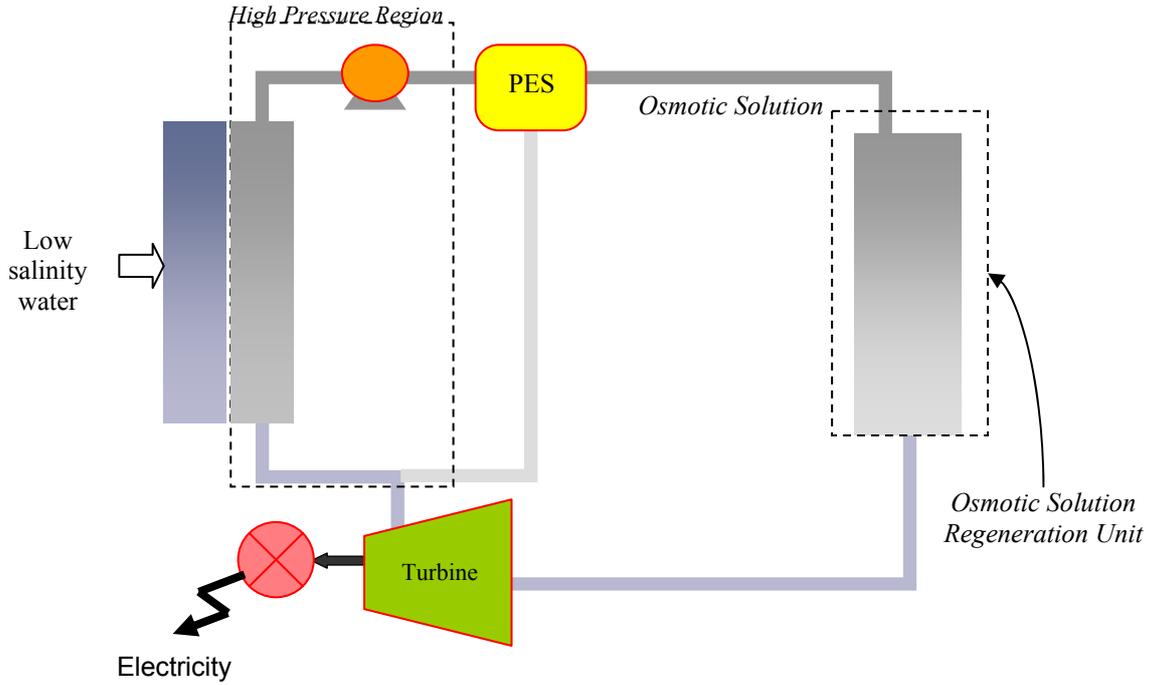
هناك عدة طرق لايتغلال طاقة التنافذ للمحاليل المركزة و المالحة. مثلا الى حوالي 80% لطاقة التنافذ للماء المالح يمكن ان تسترد في منظومة مائية للقدرة التنافذية باعتماد على مستوى ملوحة الماء. لحالة ماء البحر و الماء العذب حوالي 50% من طاقة التنافذ يمكن ان تسترد من خلال وضع ماء البحر بتلامس مع ماء عذب عبر غشاء شبه تنافذي في منظومة دائرة مفتوحة (شكل 2). مثل هذه الدائرة تستخدم في حالة توفر تجهيز مستمر للماء العذب و ماء البحر. بعبارة اخرى يمكن مثل هذه الدائرة ان تعمل عند مصب الانهار في البحر [4]. و كعملية اكثر كفاءة يمكن

الحصول عليها من خلال اعادة استخدام بعض من المحلول المضغوط التارك لوحد الغشاء و من خلال ERS (مثل منظومة تبادل الضغط لتعزيز ضخ المحلول الملحي الى وحدة الغشاء).



الشكل 2-مخطط لمولد قدرة مائية تنافذية ذية حالة مستقرة و دائرة مفتوحة.

لقد سبق و ان تم تسجيل نوعين من منظومات القدرة المائية المستخدمة للضغط هما: منظومة القدرة التنافذية الارضية PRO [5], و منظومة القدرة الغاطسة (SHEOPP). وهناك بديل اخر هو منظومة القدرة التنافذية المائية المغلقة [6]. في هذه المنظومة (شكل 3) ماء البحر يمكن ان يستبدل بعامل (او عوامل) محلول حيث ان العامل يبقى في المنظومة باستخدام تقنيات مختلفة مثل التبخير و التبلور و او فصل الغشاء. في المنظومة المغلقة الضغط الهيدروليكي المتولد يمكن ان يستخدم لتوليد الكهرباء بنفس طريقة التوليد المستخدمة في المنظومة المفتوحة او يتحول الى سائل اخر من خلال PES او أي منظومة استرداد طاقة الى ضخ مائع اخر. كفاءة المنظومة المغلقة تعتمد على توفر مصدر طاقة واطئة و\او مصدر طاقة متجددة لاعادة توليد العامل التنافذي. امثلة تتضمن الطاقة الشمسية و الحرارة الارضية و طاقة الرياح للتبخير في المناخ الجاف و الحار او درجة الحرارة الباردة للتبلور في الجو البارد و او الطاقة الضائعة من منظومة القدرة او المنظومات الكيماوية.



الشكل 3- مخطط لمولد قدرة مائية تناظرية ذي دائرة مغلقة (غشاءين).

#### 4. الجهد التناظري و تخمين الكلفة

منذ البداية الاولى من قبل سيدني لوب ( Sidney Loeb ) عام 1976 فان فكرة استرداد طاقة التناظر حصلت على اهتمامات متقطعة غير متواصلة و بالذات على شكل دراسات تصميمية و تقييمات اقتصادية اولية لقابلية النجاح. ان سبب عدم التواصل يعزى لعدم كفاية قدرة الفصل للاغشية التناظرية و الكلفة العالية للغشاء لكل قدم مربع و لمعدل التحويل الواطي نسبيا للماء عبر الغشاء [ 7,8,9 ].

تبع ذلك التطور في مواصفات فصل الغشاء (و التي كانت بسبب قيادة تطبيقات تحلية المياه و صناعة الدواء و صناعة الاغذية ) و التي كانت قد ساعدت في جعلها كمنافس جدي لمولدات الطاقة الكبيرة.

و لكن بالرغم من الاهتمامات البيئية فانه و حتى اواخر التسعينات من القرن العشرين فان العمليات لم تكن لتشكل بؤرة لتطوير تكنولوجي بدئت به شركة Statkraft و التي هي اكبر منتج للقدرة المائية في النرويج.

المصادر العالمية تقدر بحوالي 2.6 تيرا واط [10]. و الجهد التقني يقدر بحوالي 2000 تيرا واط [11]. يجب الاخذ بالاعتبار ان هذه التقديرات قدرت على اساس التشغيل ما بين الجهد التناظري للماء العذب و ماء البحر.

على اية حال فان دراستنا تبين ان القدرات العالمية في مجال القدرة التناظرية المائية غير محددة. و هذا يمكن دعمه من خلال حقيقة كون قدرات الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية غير محدودة, و اذا تم دمج مشروع HOP بنجاح مع مصادر الطاقة الشمسية او أي مصدر للطاقة المتجددة فان الجهود العالمية ل HOP ستكون كبيرة و غير محددة. و من ما يدعم هذا هو ان الارض اساسا مغطاة بحوالي 70% بالماء و ان حوالي 97% من هذا الماء هو ماء مالح في المحيطات و الانهار. عليه فانه باستخدام الطاقة الشمسية او أي مصدر للطاقة المتجددة في تركيز البعض من ماء البحر في المناطق الساحلية يمكن ان يؤدي الى الحصول على طاقة متجددة و كافيها باستعمال عملية HOP و من دون احراق أي وقود و من دون توليد غاز ثاني اوكسيد

الكاربون. بالاضافة لذلك فان 60% من سكان الارض يعيشون في مدن كبيرة و التي هي ضمن 65 ميل من السواحل.

في تقييم اقتصادي لمنظومة قدرة ل 48 ميكا وط تستخدم الماء المالح المركز الناتج عن منظومة تنافذ عكسي لماء البحر وجد ان كلفة الكهرباء المتولد بحدود 28 يورو لكل ميكا واط ساعة [12]. هذا الرقم يمكن مقارنته مع الكلفة للكهرباء المتولد من محطات: كهرونووية (29), فحم (22), غاز طبيعي (12), محطة كهرومائية (5) يورو لكل ميكا واط ساعة.

و كما سبق و ان بينا سابقا فان شركة Statkraft قدمت كلفة بحدود 50 يورو لكل ميكا واط ساعة لمشروع يولد 25 ميكا واط و مبني على اساس الدائرة المفتوحة و يشتغل بفرق الضغط التنافذي ما بين الماء العذب و ماء البحر. هذا الرقم يتغير كثيرا مع تغير فرق الضغط التنافذي التشغيلي و مواصفات الغشاء و الى درجة مع مكونات المنظومة اضافة الى حجم التشغيل.

### 5. دراسة محاكاة منظومة استخلاص الطاقة

ان النشاطات البحثية و التطويرية لمركز الابحاث و التطبيقات التنافذية (CORA) في جامعة سري في المملكة المتحدة و بالتعاون مع شركة مودرن وتر (Modern Water) بينت ان جهد قدرة التنافذ اكبر كثيرا مما سبق و ان تم توقعه من قبل باحثين اخرين. ان نشاطات كل من CORA و شركة MW تتضمن دراسة مركزة لمنظومة تجريبية و ثلاث براءات اختراع في طاقة التنافذ و استرداد طاقة التنافذ. احد هذه المشاريع منح براءة اختراع اوربية و الاخريات في الطور المحلي (البريطاني).

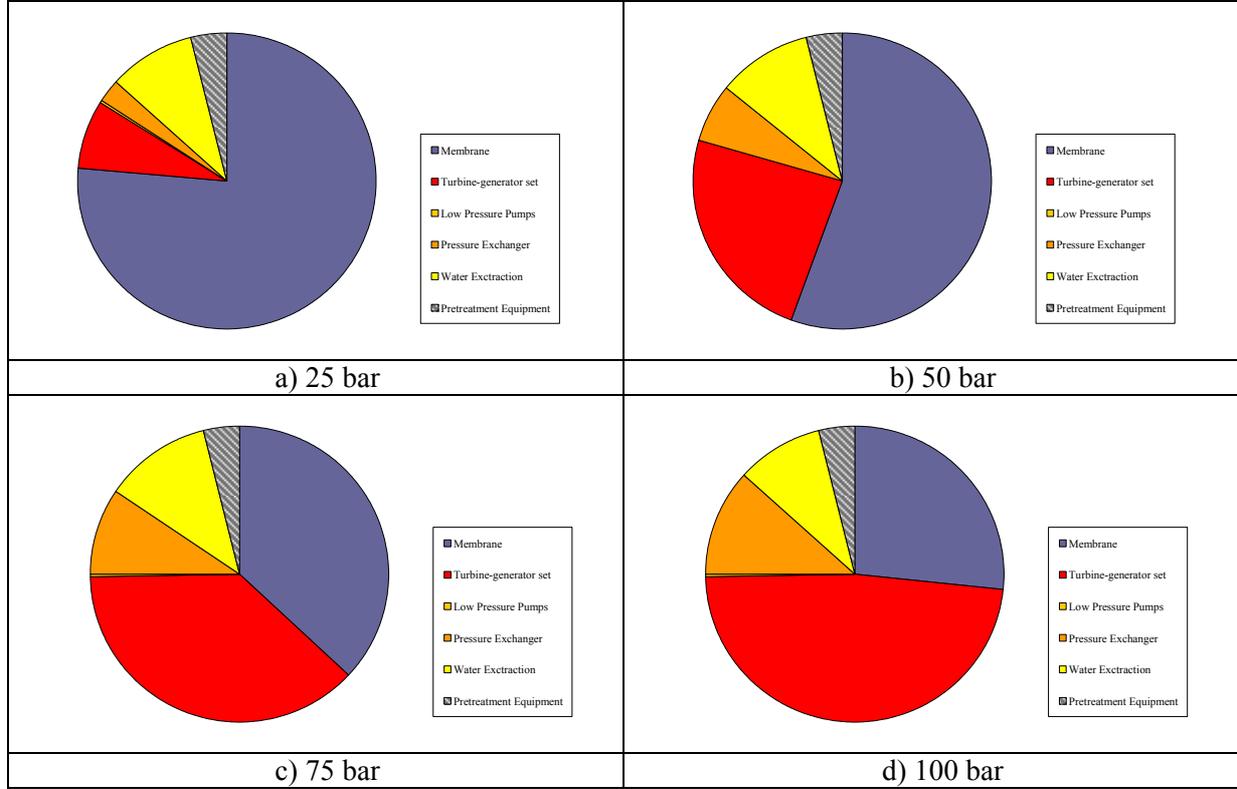
لغرض دراسة منظومة استخلاص للطاقة من الماء المالح قام مركز CORA باستخدام تقنية المحاكاة الحاسوبية لمنظومة استخلاص و ضمن الافتراضات التالية :

- 1- صافي سعة القدرة المتولدة = 25 ميكا واط.
- 2- كفاءة المضخة الى التورباين = 90%.
- 3- استرجاع الماء النقي = 95%.
- 4- كفاءة PES = 95%.
- 5- سعر الكهرباء = 0.07 يورو لكل كيلو واط ساعة.
- 6- عمر المشروع = 25 سنة.
- 7- كثافة الطاقة في 25 بار = 0.58 ( $MW/m^3/s$ ), كثافة الطاقه في 50 بار = 1.73 ( $MW/m^3/s$ ).

نتائج الدراسة موضحة في الاشكال 4 و 5 و 6 ادناه.

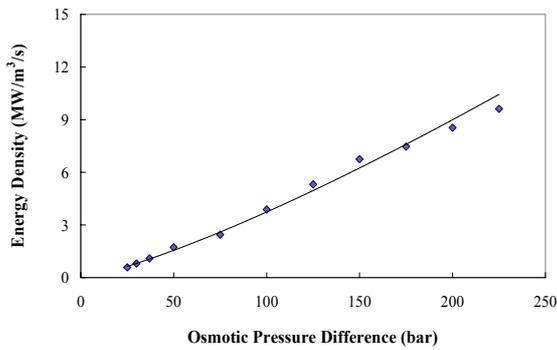
بينت دراسة انه في منظومة HOP المفتوحة لانتاج طاقة بحدود 25 ميكا واط تكون الكلفة 48 يورو لكل ميكا واط ساعة عند استخدام ماء البحر و الماء النقي مع ضغط تنافذي مقداره 25 بار و باستخدام وحدتين من الاغشية. هذا الرقم ينخفض الى 28 يورو لكل ميكا واط ساعة في حالة استخدام وحدة غشاء واحدة ذات نفاذية عالية. اضافة لذلك فان ذلك الرقم يمكن تخفيضه اكثر الى حوالي 4 يورو لكل ميكا واط ساعة لنفس نفاذية الغشاء و الماء المستخدم و لكن مع فرق ضغط تنافذي بحدود 210 بار. مثل هذا الضغط يمكن الحصول عليه بعمليات خاصة و اماكن عدة حول العالم. كما يبدو من النتائج فان تقليل الكلفة يكون بزيادة كثافة الطاقة للمنظومة و ذلك بسبب الفرق الكبير في الضغط التنافذي و التطوير في استخدام الغشاء الذي يساهم في ب 50%-80% من كلفة المنظومة لاحظ الشكل 4.

النتائج تظهر بأنه كلما زاد فرق الضغط التنافذي كلما قلت النسبة المئوية للكلفة لوحدة الغشاء و من ثم تقليل الكلفة الكليه للمنظومة. هذا ما ينعكس في تقديرات زمن اقل للاسترجاع (Payback time).

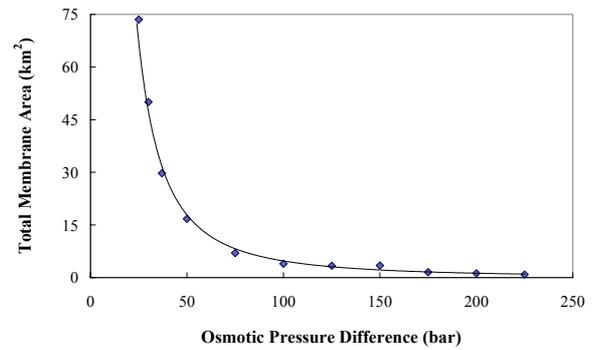


الشكل 4 مساهمة مركبات الكلفة الى الكلفة الكليه للدائرة المغلقة تحت فرق ضغط تنافذي مختلف.

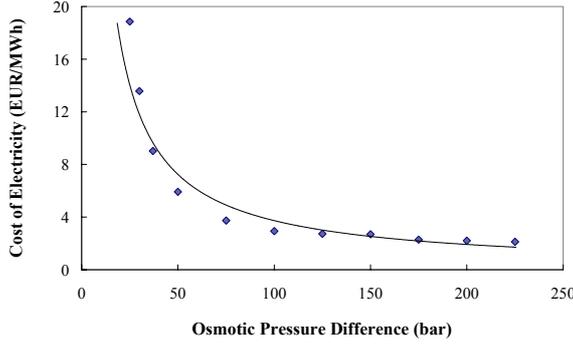
الاشكال 1-5 و 2-5 تبين متطلبات مساحة الغشاء و كثافة الطاقة ( $\text{kWh/m}^3$ ) او انتاج الطاقه النوعي و زمن الاسترجاع. مما يسترعي الاهتمام ان هذه النتائج تبين ان بارامترات العمليه المثاليه مثل مساحة الغشاء و زمن الاسترجاع و كلفة توليد الطاقة يمكن تحصيلها من فرق ضغط تنافذي بحدود 50 بار. مثل هذا الضغط يمكن الحصول عليه بسهولة ضمن ظروف عمليه معينة و في مواقع جغرافية مختلفة. و كلما ازداد الضغط التنافذي كلما ازداد اداء المنظومة و من ثم تقل كلفة المنظومة.



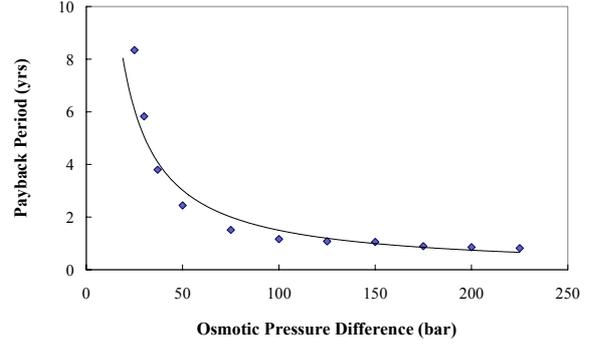
(2-5)



(1-5)



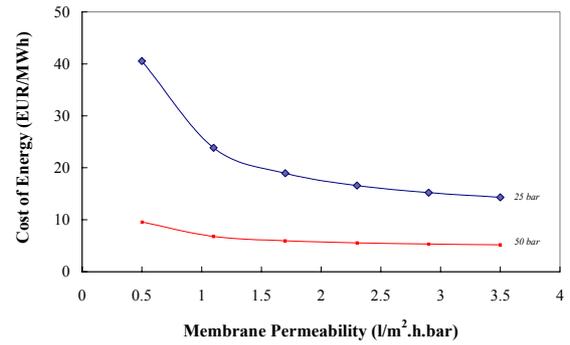
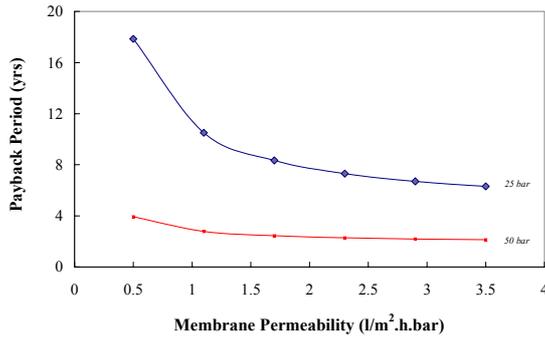
(4-5)



(3-5)

الشكل 5- تأثير فرق الضغط الازموزي على 1- المساحة الكلية للغشاء. 2- كثافة الطاقة او الانتاج النوعي للطاقة. 3- زمن الاسترجاع بالسنوات. 4- كلفة الطاقة لدائرة مغلقة.

على الرغم من ان التحديات التقنية للاستخدام التجاري لتوليد الطاقه المائيه- التنافذية معروف و موثق جيدا الا ان تطبيق متطلبات معينة ما يزال غير كامل التحقق و التحديات الناتجة ما تزال غير محددة بشكل جيد.



الشكلين (1-6) و (2-6)

الشكل 6- التأثير الاقتصادي لسماحية الغشاء على الدائرة المغلقة . 1- كلفة الطاقة. 2- دورة الاسترجاع, لقيمتين لفرق الضغط التنافذي.

### شكر و تقدير

نتوجه بالشكر و التقدير الى كل من شركة مودرن وتر المحدودة (Modern Water plc) و الجمعية الملكية البريطانية " جائزة براين منسر للابداع " ( Brain Mercer Award for Innovation ) لدعمهما المالي للمشروع.

### المصادر

1. Harrysson T., Lonn D. and Svensson J. (2001). <http://www.exergy.se>
2. Al-Mayahi A. and Sharif A. O., (2005) Osmotic Energy, PCT No. WO2005/017352A1.
3. Statkraft EnergyiAS (2004) A huge renewable energy sources, Statkraft EnergiAS, Norway.

4. S. Loeb (2002) Large-scale power production by pressure-retarded osmosis, using river water and sea water passing through spiral modules, *Desalination*, **143**, pp115-122
5. Loeb S., Honda T. and Reali M. (1990] Comparative mechanical efficiency of several plant configurations using a pressure-retarded osmosis energy converter, *Journal of Membrane Science*, **51**, p. 323 - 335
6. Sharif, A.O, Separation Method, UK Patent No. GB0621247
7. Loeb, S. (2001) One hundred and thirty benign and renewable megawatts from Great Salt Lake? The possibilities of hydroelectric power by pressure-retarded osmosis, *Desalination*, **141**, pp. 85-91
8. Panyor L. (2006) Renewable energy from dilution of salt water with fresh water: pressure retarded osmosis, *Desalination*, **199**, pp. 408–410
9. United Nations Atlas of the Oceans (2004)  
<http://www.oceansatlas.com/unatlas/uses/EnergyResources/Background/Salinity/sp1.html>
10. Jones A.T. & Finley W. (2003) Recent Developments in Salinity Gradient Power, *OCEANS 2003Proceedings*, **4**, pp. 2284- 2287
11. Aaberg R. J. (2004). Ocean energy proposal Salinity Power 2, Statkraft Energi AS, Norway
12. Loeb, S. (1998) Energy production at the Dead Sea by pressure-retarded osmosis: challenge or chimera? *Desalination*, **120**, pp. 247-262