



Distr.
LIMITED

E/ESCWA/ENR/1999/WG.1/3
15 April 1999
ORIGINAL: ARABIC

المجلس
الاقتصادي والاجتماعي



اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا
اجتماع فريق خبراء حول تحديث تقييم الموارد المائية
في الدول الأعضاء في الإسكوا
بيروت، ٢٠-٢٣ نيسان/ابريل ١٩٩٩

UN ECONOMIC AND SOCIAL COMMISSION

14 MAY 1999

DOCUMENT SECTION

الإعذاب كمصدر موثوق للمياه

ملاحظة: طبعت هذه الوثيقة بالشكل الذي قدمت فيه ودون تحرير رسمي.

الاعذاب كمصدر موثوق للمياه

انس امين مدنى- مركز ابحاث المياه- جامعة الملك عبد العزيز

ملخص:

يصل عدد محطات اعذاب المياه العاملة في المملكة الى ١٩٥٠ محطة بطاقة انتاجية تمثل ٥٢٥٣٢٠٨ متر مكعب في اليوم او ما يمثل ٢٥ و ٦ % من اجمالي الانتاج العالمى (١). و تمثل مياه الاعذاب مصدر رئيسى لمياه الشرب في مدن المملكة الرئيسية. و حتى المصادر الاخرى للمياه مثل المياه الجوفية فانها تحتاج الى عملية اعذاب نتيجة لارتفاع الملوحة، مما يؤكد اعتماد المملكة على الاعذاب كمصدر رئيسى للمياه حتى لو اختلفت العوامل الاقتصادية.

و انخفاض التكلفة الاجمالية لاعذاب المتر المكعب في هذه الفترة فهو نتيجة لانخفاض سعر الطاقة الى ادنى مستوى و انخفاض سعر الفائدة اضافة الى التقدم التقنى الذى رفع من كفاءة الانتاج و اطال العمر الافتراضى للمحطات. و بالرغم من الاتجاه العالمى نحو التخصصة ، فان المياه منتج استراتيجى و بالتالى يمكن قبول معدل الفائدة الحالى كمعدل ثابت حتى لو اختلفت الظروف الاقتصادية العالمية. و يبقى العامل الرئيسى هو الطاقة. فحسب دراسة ضمن هذا البحث فان تكلفة الطاقة (زيت الوقود الثقيل بتكلفة ٤٥٤٥ و دولار للكيلوجرام) تمثل حوالى ٢٠% من تكلفة اعذاب المتر المكعب للطرق الحرارية.

و اعتماد الاعذاب كمصدر رئيسى للمياه يعتمد بصورة اساسية على اقتصاديات و تقنية توليد الطاقة فقد تم اثبات امكانية الاعتماد على تقنية الاعذاب. و مصادر الطاقة المتاحة تقنيا و اقتصاديا هي البترول و الغاز الطبيعى و الطاقة النووية و الطاقة الشمسية. و حسب دراسة (٢) للجدوى الاقتصادية لاستخدام الطاقة النووية فان تكلفة الكيلو واط ساعة من الطاقة الحرارية ترواحت بين ٣٧ و ١٠٨٤ سنت للمفاعلات العاملة فى العالم حاليا. و فى دراسة اخرى (٣) فان تكلفة اعذاب المتر المكعب من محطة تنتج ١٠٠٠٠٠ متر مكعب فى اليوم تقل فى المحطات المعتمدة على الطاقة النووية عنها عن المحطات المعتمدة على الزيت عند سعر برميل يساوى ١٥٥٥ دولار للبرميل.

و حسب دراسة خاصة بهذا البحث، فان الجدوى الاقتصادية و التقنية لمحطات الاعذاب المعتمدة على الطاقة الشمسية تكون للمحطات قليلة الانتاج (حوالى ٥٠٠٠ متر مكعب فى اليوم) و تعتمد اساسيا على قيمة الارض مما يجعل هذه المحطات ذات جدوى اقتصادية للقرى و المدن الصغيرة خاصة لو ادخلت مصاريف نقل المياه فى الاعتبار. و تتميز الطاقة الشمسية بالاستمرارية و النظافة البئية و يمكن استخدام طرق الاعذاب بالتقطير عند درجة حرارة عالية ٧٠ درجة مئوية بكفاءة عالية نوعا ما مما يسهل عملية المعالجة الاولية لماء البحر لعدم تكون القشور و يسمح باستخدام مجمعات شمسية بسيطة مما يخفض التكاليف.

تعتبر المملكة العربية السعودية أكثر دول العالم اعتماداً على تقنية اعذاب مياه البحر. حسب احصائية منظمة التحلية العالمية (1) فان هناك 1950 محطة اعذاب تنتج أكثر من 100 متر مكعب في اليوم، تشمل محطات اعذاب المياه الجوفية و مياه البحر، في المملكة العربية السعودية بطاقة انتاجية اجمالية 5253208 متر مكعب في اليوم. و تمثل محطات التقطير الومضى متعدد المراحل الطريقة المستخدمة في معظم محطات اعذاب مياه البحر في المملكة العربية السعودية، حيث يصل انتاج هذه المحطات 3449385 متر مكعب في اليوم.

و تمثل المياه المنتجة من محطات اعذاب مياه البحر مصدر رئيسي لمياه الشرب في مدن المملكة العربية السعودية الرئيسية- مكة المكرمة- المدينة المنورة- الرياض- جدة. و المياه الجوفية في الطبقات المائية الرئيسية في المملكة عالية الملوحة (تتراوح ما بين 250-5000 جزء من المليون) مما يتطلب اعذابها. و بالتالي فان المملكة العربية السعودية تعتمد على صناعة الاعذاب لتوفير المياه الصالحة للشرب. و لتقدير احتياجات مياه الشرب في المملكة خلال العشرين الاولى من القرن الجديد فقد تم اعتبار نسبة الزيادة السكانية في المملكة بحوالي 4% و بافتراض استهلاك لمياه الاعذاب يقدر بحوالي 100 لتر في اليوم للفرد الواحد. فيمكن تقدير الانتاج اليومي للمياه المخصصة للشرب المنتجة من محطات الاعذاب بحوالي 4000000 متر مكعب في اليوم. و سيتم اعتبار هذا الانتاج لحساب تكلفة الانشاء و تكلفة الطاقة السنوية.

تكلفة الاعذاب:

تشكل تكلفة الاعذاب العائق الوحيد في كون مياه البحر مصدر اقتصادي للمياه. فقد تم اثبات امكانية الاعتماد على التقنية و وصلت معدلات التشغيل الي حوالي 350 يوم في السنة. و تشكل تكلفة الانشاء و تكلفة الطاقة الجزء الاكبر من تكلفة الاعذاب (حوالي 80% من اجمالي التكلفة). و قد تم في هذه الدراسة الحصول على عروض تجارية حقيقية لانشاء و تشغيل محطة اعذاب لمياه البحر الاحمر في مدينة جدة بطاقة انتاجية 20000 متر مكعب في اليوم بطرق الاعذاب المختلفة (جدول 1). و يتضح من الجدول فان مصدر الطاقة الحرارية الذي اعتبر هو زيت الوقود الثقيل كمصدر للطاقة الحرارية و استخدام الديزل لتوليد الطاقة الكهربائية. و قد تم اعتبار الاسعار المدعمة المحلية في المملكة العربية السعودية. كما يلاحظ من الجدول ان سعر الفائدة اعتبر عند 8% و ذلك ليتم اعتبار صناعة الاعذاب كاي استثمار اخر. و قد تم اعتبار 20 عام و قيمة نهائية تساوي صفر للمحطة، و قد ساعدت التطورات التقنية في مواد الانشاء الي اطالة عمر المحطة الي أكثر من ذلك و لكن اعتبار 20 عام يتماشى مع الاتجاه الجديد لعقود الانشاء-التشغيل-نقل الملكية.

جدول ١ : تكلفة اعذاب مياه البحر الاحمر لمحطة ذات قدرة انتاجية ٢٠٠٠٠ متر مكعب فى اليوم

الجزئية	طريقة الاعذاب				
	RO	MED-TVC	MED-MVC	ME	MSF-OT
عدد الوحدات	٢	٢	٣	٢	٢
قيمة المحطة الاجمالية (مليون دولار امريكى)	٣٢	٤٧	٥١	٤٧	٤٤
الدفعة السنوية لرأس المال ^(١) (مليون دولار امريكى)	٣و٢٦١	٤و٧٨٩	٥و١٩٧	٤و٧٨٩	٤و٤٨٤
التكلفة السنوية للطاقة ^(٢) (مليون دولار امريكى)	٠.١٠٤	٢و٣٧٥	٠.١١٠٥	١و١٤٨	١و٧٧٥
تكلفة التشغيل السنوية (مليون دولار امريكى)	١و٩٥٤	٠.٧٢٤	٠.٧٨٢	٠.٧٤٤	١و٠٩
تكلفة الصيانة السنوية (مليون دولار امريكى)	١و٢٣٠	٠.٤٦٠	٠.٥٢٠	٠.٣٤٠	٠.٢٥٠
تكلفة معالجة المنتج السنوية (مليون دولار امريكى)	٠.١٧٢	٠.٤٢٩	٠.٣٨٧	٠.٤٣١	٠.٤٥٣
عدد ايام التشغيل السنوية	٣٢٥	٣٣٥	٣٣٠	٣٤٥	٣٥٠
التكلفة (دولار/ متر مكعب)	١و٠٥	١و٣١	١و٠٦	١و٠٨	١و١٥

(١) : سعر الفائدة ٨% - عمر المحطة ٢٠ عام

(٢) : اسعار الوقود المحلية فى المملكة باعتبار سعر زيت الوقود الثقيل = ٠.٤٥٤٥ و دولار/كيلوجرام

و سعر الديزل = ٠.٩٠١ و دولار/ كيلوجرام

مصادر الطاقة التقليدية:

تحوي المملكة العربية السعودية أكبر مخزون للبتروول في العالم، كما تحوي كميات ضخمة من الغاز الطبيعي. وتعتبر شركة ارامكو السعودية المصدر الرئيسي لتوفير الطاقة. و لا توجد في الوضع الراهن خطوط نقل للغاز الطبيعي من مكائمه الرئيسية الى الشاطيء الغربى (باعتبار خط الغاز لمدينة ينبع مخصص لاسالة الغاز و تصنيعه)، و بالتالى يمكن فقط استخدام الغاز الطبيعي لمحطات اعذاب مياه الخليج فى المنطقة الشرقية من المملكة. اما زيت الوقود الثقيل فهو متوفر و لكن بكميات محدودة و تشارك بعض محطات توليد الطاقة الكهربائية فى المنطقة الغربية و الجنوبية محطات الاعذاب فى استهلاك زيت الوقود الثقيل. و بالاضافة الى محدودية توفر زيت الوقود الثقيل فان ارتفاع نسبة الكبريت و صعوبة النقل و التخزين تمثل عوائق اضافية لاستخدامه.

و قد تم فى هذه الدراسة اعتبار تكلفة البترول بناء على الاسعار فى السوق العالمى و ليس على الاسعار المحلية و ذلك لاعتبار تكلفة فرصة بيع البترول. اما بالنسبة للغاز الطبيعى و زيت الوقود الثقيل و الديزل فسيتم اعتبار اسعار البيع المحلية كما تتوقعه شركة ارامكو السعودية و ذلك لعدم المتاجرة بهم فى الاسواق العالمية.

و من الصعوبة بمكان توقع تقلبات اسعار البترول فى الاسواق العالمية. و فى هذه الدراسة تم اعتبار سعر برميل البترول بما يساوى ٥ و ١٥ دولار امريكى. اما سعر زيت الوقود الثقيل فقد تم تقديره على اساس قيمة للبرميل تعادل ٧٠% من قيمة برميل البترول. و بالنسبة للديزل فقد تم تقدير البرميل بما يعادل ١٦٧% من قيمة برميل البترول. و يوضح جدول ٢ الاسعار و القيمة الحرارية لانواع الطاقة و التى تم اعتبارها فى هذه الدراسة.

و لصعوبة تقدير تكلفة الاعذاب للمحطات الثنائية الغرض (التي تنتج كهرباء و ماء)، فقد تم حساب تكلفة الطاقة اللازمة لانتاج ٤٠٠٠٠٠٠ متر مكعب فى اليوم من محطات احادية الغرض (اعذاب فقط) و بناء على:

- معامل الاداء للطاقة = ١٠ (او ٢٤٠ كيلوجول لكل كيلوجرام من الماء المنتج)
- استهلاك الكهرباء لضخ المياه و الاغراض الاخرى ٦ و ٢ كيلو واط ساعة لكل متر مكعب و سعر الكيلو واط ساعة ٦٧ و ٢ سنت حسب الهيكل الجديد لاسعار الكهرباء للقطاع الصناعى فى المملكة.
- اسعار الطاقة حسب ما هو موضح فى جدول ٢.

و يوضح جدول ٣ التكلفة السنوية للطاقة حسب المصادر التقليدية المختلفة. و كما يتضح من الجدول فان هناك وفر ملحوظ عند استخدام الغاز الطبيعى كمصدر للطاقة. و عدم توفر الغاز الطبيعى فى المنطقة الغربية من المملكة العربية السعودية يحدد استخدامه لمحطات اعذاب الخليج. اما زيت الوقود الثقيل فمحدودية توفره فى المملكة و صعوبة نقله و تخزينه و ارتفاع نسبة الكبريت تقلل من احتمالات استخدامه. و بالتالى فان البترول الخام يمثل انخيار الممكن حسب الاوضاع الحالية.

جدول ٢ : اسعار الوقود

الوقود	سعر الوحدة	القيمة الحرارية
البنترول	١٥ و ٥٥ دولار/برميل	٦ و ٣ جيجاجول/برميل
الديزل	٢٥ و ٨٨٥ دولار/برميل	٦ و ٦ جيجاجول/برميل
الغاز الطبيعي	٠ و ٣٦٩ دولار/ متر مكعب	٣٨٤٥٣ كيلوجول/متر مكعب
زيت الوقود الثقيل	١٠ و ٨٥ دولار/برميل	٦ و ٨١ جيجاجول/برميل

جدول ٣ : تكلفة الطاقة اللازمة لاعداب ٤٠٠٠٠٠٠٠ مترمكعب /يوم^(١)

الوقود	تكلفة الطاقة الحرارية	التكلفة الاجمالية ^(٢)
البنترول	٨٦٣ و ٦٨ مليون دولار/سنة	٩٦٠ و ٨٦٨ مليون دولار/سنة
زيت الوقود الثقيل	٥٣٥ و ٣٣٣ مليون دولار/سنة	٦٣٢ و ٥١٨ مليون دولار/سنة
الغاز الطبيعي	٣٢٢ و ٤٣ مليون دولار/سنة	٤١٩ و ٦١٨ مليون دولار/سنة

(١) : محطة احادية الغرض - استهلاك الطاقة الحرارية ٢٤٠ كيلوجول/كيلوجرام

(٢) : استهلاك الكهرباء = ٦ و ٢ كيلو واط ساعة/متر مكعب - سعر الكيلو واط ساعة = ٦٧ و ٢ سنت

الطاقة النووية:

حسب تقرير الوكالة الدولية للطاقة الذرية (٤) يوجد في اكاتا في قازاخستان مفاعل نووي سريع الترويد مبرد بالفلزات السائلة يستخدم كمصدر للطاقة لمجمع يحوي محطة اعذاب حرارية تنتج ٦٥٠٠٠ متر مكعب من المياه في اليوم من اصل طاقة تصميمية ١٢٥٠٠٠ متر مكعب في اليوم. كما يوجد في اليابان ٧ مفاعلات ذرية تستخدم كمصدر للطاقة لمحطات اعذاب ملحفة بها تتراوح الطاقة الانتاجية ما بين ١٠٠٠ - ٢٦٠٠ متر مكعب في اليوم. و يشير التقرير الى ان مفاعلات الماء المضغوط انسب المفاعلات النووية للربط مع وحدات الاعذاب الا ان لا يوجد جهود تبذل حاليا لتطوير تصميمات مفاعلات الماء المضغوط لاغراض الاعذاب. و يوضح جدول ٤ تكلفة الكيلو واط حراري من مفاعلات الماء المضغوط العاملة حاليا (اهتسبت التكلفة عند سعر فائدة يساوي ٨%).

و حسب دراسة الوكالة الدولية للطاقة الذرية (٣) لتكلفة انتاج المتر المكعب لمحطة اعذاب تنتج ١٠٠٠٠٠ متر مكعب في اليوم (حسب اسعار عام ١٩٩٤ و سعر فائدة = ٨%)، فان تكلفة الماء المنتج باستخدام المفاعلات النووية بلغت حوالي ٠.٨٣ دولار/متر مكعب مقارنة بحوالي ٠.٥٨ دولار/متر مكعب باستخدام البترول كمصدر للطاقة عند سعر برمبل يساوي ١٥ و ٥ دولار.

الطاقة الشمسية:

يقدر المعدل اليومي للطاقة الشمسية في منطقة جدة بالمملكة العربية السعودية بحوالي ٤.٨٠ واط/متر مربع. و هناك عدة محاولات لاستغلال الطاقة الشمسية في عمليات الاعذاب:

- استغلال مباشر للطاقة الحرارية باستخدام المقطرات الشمسية.
- استغلال غير مباشر للطاقة الحرارية باستخدام محطات اعذاب حرارية.
- تحويل الطاقة الحرارية الى طاقة كهربائية (خلايا كهروضوئية) في محطات الاعذاب بطريقة الديزل الكهربية.
- تحويل الطاقة الحرارية الى طاقة ميكانيكية و استغلال الطاقة في محطات الاعذاب بالتجميد.

و مازالت كفاءة تحويل الطاقة الحرارية الى طاقة كهربائية (الخلايا الكهروضوئية) و كفاءة تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة ميكانيكية منخفضة. و نظرا لمحودية الاشعاع الشمسي فان طرق الاعذاب التي استخدمت (الديزل الكهربية - التجميد) هي طرق تتميز بانخفاض الطاقة المطلوبة للاعذاب. الا ان هذه الطرق ما زالت لم تتطور الى حد الاستخدام التجاري. و قد تم انشاء محطات تجريبية في اليابان (ديزل كهربائية) و في ينبع (تجميد غير مباشر) و كانت النتائج الولى مشجعة، الا ان هناك طريق طويل من البحث و التطوير.

و استغلال الطاقة الشمسية كطاقة حرارية يعتبر هو افضل استغلال للطاقة الشمسية فى صناعة الاعذاب. و فى دراسة عملية اجريت بجامعة الملك عبد العزيز (٥) على مدار السنة، فان المقطرات الشمسية انتجت ما بين ٢٥-٤ لتر فى اليوم من كل متر مربع من مساحة المقطر. و قدرت تكلفة الاعذاب لمحطة تنتج ٥٠ متر مكعب فى اليوم بحوالى ٢٤ و ٢ دولار/متر مكعب عند معدل فائدة ٨% و ٣٣٠ يوم عمل فى السنة.

و الاستغلال غير المباشر للطاقة الشمسية كمصدر طاقة حرارية لمحطات الاعذاب التى تعمل بطريقة التبخير متعدد التأثيرات او التقطير الومضى متعدد المراحل يعتبر خيار معقول للمحطات البعيدة قليلة الانتاج خاصة عند اعتبار تكلفة نقل الوقود و تكلفة نقل المياه. و بالامكان استخدام مجمعات شمسية بسيطة حيث ان من الافضل ان تكون درجة الحرارة القصوى فى محطة الاعذاب حوالى ٧٠ درجة مئوية (لضمان عدم ترسب كربونات الكالسيوم مما يسهل المعالجة الاولى لمياه البحر). و عند معامل الاداء للطاقة يساوى ٨ فان الطاقة الحرارية المطلوبة للاعذاب تساوى ٣٠٠ كيلو جول/متر مكعب. و عند معدل اشعاع يساوى ٤٨٠ وات/متر مربع/يوم (معدل ١٢ ساعة فى اليوم)، و عند نسبة استغلال تساوى ٦٠% من اجمالى الطاقة الساقطة فان المساحة المطلوبة للمجمعات الشمسية لمحطة اعذاب تنتج ٥٠٠٠ متر مكعب فى اليوم تكون اكبر من ١٢٠٥٦٥ متر مربع.

المراجع:

- (١) : منظمة التحلية العالمية، جرد محطات التحلية فى العالم لعام ١٩٩٦، تقرير رقم ١٤، يونيو ١٩٩٦.
- (٢) : الوكالة الدولية للطاقة الذرية، امكانيات التحلية النووية كمصدر لمياه الشرب قليلة التكلفة فى شمال افريقيا- وثيقة تقنية-٩١٧، اكتوبر ١٩٩٨. صفحة ١٨٩.
- (٣) : المرجع السابق. صفحة ٢٠٢.
- (٤) : الوكالة الدولية للطاقة الذرية، برنامج تحديد الخيارات لايضاح التحلية النووية، وثيقة تقنية-٨٩٨، اكتوبر ١٩٩٨.

Madani, A.A. and Zaki, G.M.,” Yield of Solar Stills with Pourous (٥) Basins”,APPLIED Energy 52 (1995)273-281

جدول ٤: تكلفة الطاقة الحرارية من مفاعلات الماء المضغوط

المفاعل	القدرة ميغاواط حرارى	تكلفة الطاقة سنت/كيلو واط حرارى ساعة ^(١)
SES-10	١.٥٦	٢١٩ و٢
GEYSER	٢٣.٥٢	٢٨٤ و٢
TRIGA	٣٢.٦٤	٢٦٤ و٢
LT-4	٨٠	٣٧ و٢
THERMOS	١٠٠	٩٣ و١
MR-200	٢٠٠	٣٧ و١
AST-500	٥٠٠.٥٢	٥٣ و١

(١): سعر الفائدة = ٨%