



بَحُوثُ جُغْرَافِيَّة



٩

تَحْلِيَّةٌ قِيَمِيَّةٌ لِبَحْثِ د. مَجْلِسِ النُّجُومِ لِدَوْلِ الْخَلِيجِ الْعَرَبِيَّةِ: لِحْثَرَفِ تَحْلِيلِيَّةٍ

د. خَالِدُ نَاصِرِ الدَّرَجِيمِ

١٩٩١م

١٤١٢هـ

سلسلة بحوث جغرافية تصدرها دار النشر
بجامعة الملك سعود - الرياض - المملكة العربية السعودية



بَحْثُ جُغْرَافِيَّةٍ



٩

تحلية مياه البحر في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية دراسة جغرافية تحليلية

د. خالد بن ناصر المديهم

١٩٩١م

١٤١٢هـ

سلسلة بحوث جغرافية ونصير د. خالد بن ناصر المديهم في
جامعة الملك سعود - الرياض - المملكة العربية السعودية



قواعد النشر

- ١- يراعى في البحوث التي تتولى سلسلة «بحوث جغرافية» نشرها، الأصالة العلمية وصحة الإخراج العلمي وسلامة اللغة.
 - ٢- يشترط في البحث المقدم ألا يكون قد سبق نشره من قبل.
 - ٣- ترسل البحوث باسم رئيس هيئة تحرير السلسلة.
 - ٤- تقدم جميع الأصول على الآلة الكاتبة على ورق بحجم A4 . مع مراعاة أن يكون النسخ على وجه واحد، ويترك فراغ ونصف بين كل سطر وآخر. ويمكن أن يكون الحد الأعلى للبحث (٧٥ صفحة).
 - ٥- يرسل البحث مع ملخص في حدود (٢٥٠) كلمة باللغتين العربية والإنجليزية.
 - ٦- يراعى أن تقدم الأشكال مرسومة بالخير الصيني على ورق (كلك) مقاس ١٨/١٣ سم وترفق أصول الأشكال بالبحث ولا تلتصق على أماكنها.
 - ٧- تقوم هيئة تحرير السلسلة بإبلاغ أصحاب البحوث بتاريخ تسلم بحوثهم. وكذلك إبلاغهم بالقرار النهائي المتعلق بقبول البحث للنشر من عدمه مع إعادة البحوث غير المقبولة إلى أصحابها.
 - ٨- يمنح كل باحث أو الباحث الرئيسي لمجموعة الباحثين المشتركين في البحث خمسا وعشرين نسخة من البحث المنشور.
 - ٩- تطبق قواعد الإشارة إلى المصادر وفقاً للآتي:
- يستخدم نظام (اسم/ تاريخ) ويقتضي هذا النظام الإشارة إلى مصدر المعلومة في المتن بين قوسين باسم المؤلف متبوعاً برقم الصفحة. وإذا تكرر المؤلف نفسه في

مرجعين مختلفين يذكر اسم المؤلف ثم يتبع بسنة المرجع ثم رقم الصفحة . أما في قائمة المراجع فيستوجب ذلك ترتيبها هجائياً حسب نوعية المصدر كالتالي :

الكتب : يذكر اسم العائلة للمؤلف (المؤلف الأول إذا كان للمرجع أكثر من مؤلف واحد) متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان الكتاب، فرقم الطبعة - إن وجد -، ثم الناشر، وأخيراً مدينة النشر.

الدوريات : يذكر اسم عائلة المؤلف متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان المقالة، ثم عنوان الدورية، ثم رقم المجلد، ثم رقم العدد، ثم أرقام صفحات المقال (ص ص - ١٥-٥).

الكتب المحررة : يذكر اسم عائلة المؤلف، متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان الفصل، ثم يكتب (في in) تحتها خط، ثم اسم عائلة المحرر متبوعاً بالأسماء الأولى، وكذلك بالنسبة للمحررين المشاركين، ثم (محرر ed. أو محررين eds.)، ثم عنوان الكتاب، ثم رقم المجلد، فرقم الطبعة، وأخيراً الناشر، فمدينة النشر.

الرسائل غير المنشورة : يذكر اسم عائلة المؤلف متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة الحصول على الدرجة بين قوسين، ثم عنوان الرسالة، ثم يحدد نوع الرسالة (ماجستير/ دكتوراه)، ثم اسم الجامعة والمدينة التي تقع فيها.

أما الهوامش فلا تستخدم إلا عند الضرورة القصوى وتخصص للملاحظات والتطبيقات ذات القيمة في توضيح النص.

تعريف بالباحث:

الدكتور خالد بن ناصر المديهم - أستاذ مساعد - قسم الجغرافيا - كلية الآداب - جامعة الملك سعود - الرياض.

مقدمة

يتكون مجلس التعاون لدول الخليج العربي من الإمارات العربية المتحدة، والبحرين، والمملكة العربية السعودية، وسلطنة عمان، وقطر، والكويت^(١). (شكل رقم ١).

تشكّل مساحة هذه الدول القدر الأكبر من مساحة شبه الجزيرة العربية، وتحظى المملكة العربية السعودية بمفردها بمساحة قدرها ٢,٢٤٠,٠٠٠ كم^٢ أو مايعادل ٨٠٪ من أراضي شبه الجزيرة العربية (جدول رقم ١). يبلغ عدد سكان دول المجلس حوالي ١٦,٢٠٠,٠٠٠ نسمة، لذا فالكثافة السكانية منخفضة للغاية باستثناء دولة البحرين حيث ترتفع نسبياً نظراً لصغر مساحة البلاد.

جدول رقم (١)

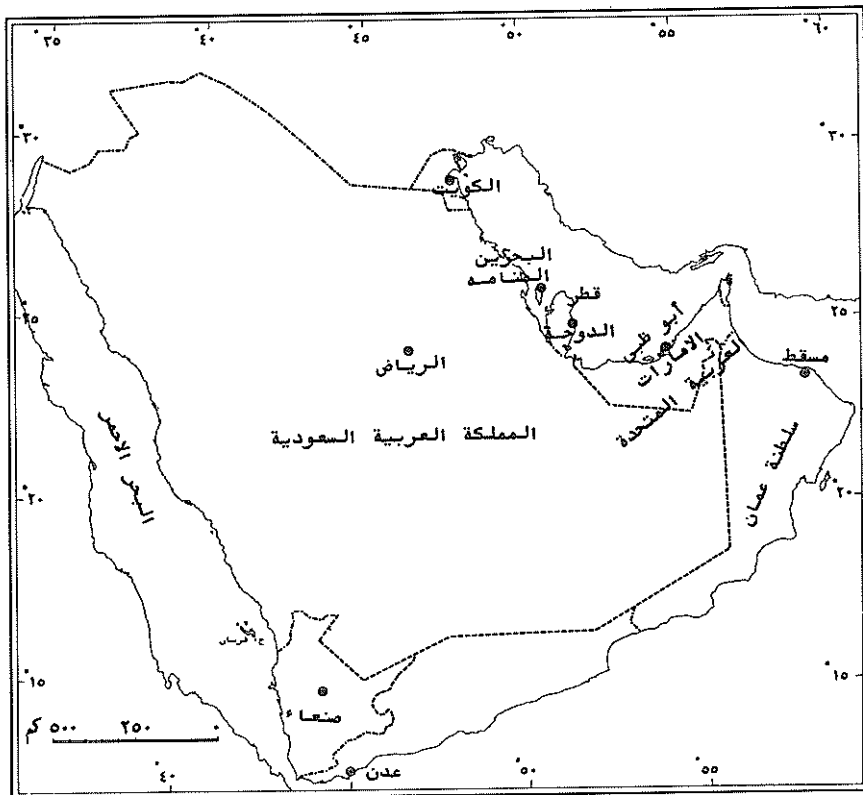
المساحة والسكان لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية

الدولة	المساحة/كم ^٢	السكان	الكثافة نسمة/كم ^٢
الإمارات العربية المتحدة	٧٧,٧٢٠	١,٣٠٠,٠٠٠	١٦,٩
البحرين	٦٨٨	٤٣١,٠٠٠	٦٢٦
المملكة العربية السعودية	٢,٢٤٠,٠٠٠	١١,٢٠٠,٠٠٠	٥
سلطنة عُمان	٣٠٠,٠٠٠	١,٢٠٠,٠٠٠	٤,١
قطر	١١,٤٣٧	٣٠١,٠٠٠	٢٦,٣
الكويت	١٧,٨٠٠	١,٨٠٠,٠٠٠	١٠٠,٢

المصدر: النشرة الاقتصادية - العدد الثاني ١٤٠٧هـ - ١٩٨٧م مجلس التعاون لدول الخليج العربية - الأمانة العامة ص ١٤٢.

(١) تأسس مجلس التعاون لدول الخليج العربية في ٢١ رجب ١٤٠١هـ الموافق ٢٥

مايو ١٩٨١م.



شكل رقم (١)
دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية

المصدر: الأطلس المدرسي (دولة الإمارات العربية المتحدة ٨٧/١٩٨٨م)

اعتمد سكان دول المجلس في الحصول على المياه من باطن الأرض حيث حفرت العديد من الآبار في مناطق متفرقة نتيجة لافتقارها إلى أي شكل من أشكال المياه الجارية السطحية في معظم أيام السنة . وكانت للمياه الجوفية القليلة العمق دورها الفعال في تلبية حاجة المدن والقرى الصغيرة في الماضي نظراً لقلّة عدد سكانها آنذاك وانخفاض معدلات استهلاكهم .

ومع النمو والتوسع العمراني الذي عاشته دول المجلس في فترات متعاقبة نتيجة

رخائها الاقتصادي المصاحب للثروات النفطية، أخذت حكومات هذه الدول ممثلة في الجهات المعنية بشئون المياه الاستمرار في تنمية الموارد المائية. فكثفت دراساتها الهيدرولوجية وقامت بتنفيذ مشروعات مائية جديدة لمواجهة حاجة هذه الدول في حاضرها ومستقبلها القريب. فحفرت العديد من الآبار الضحلة والعميقة والتي تصل أعماق بعضها إلى طبقات مائية سحيقة.

وقد واكب الرخاء الاقتصادي في دول المجلس نهضة عمرانية وسكانية خطت بخطوات سريعة ومتعاقبة أصبح البحث معها على موارد مائية عذبة جديدة أمراً ضرورياً حينما عجزت المياه الجوفية عن تلبية الطلبات الجديدة. لذا فقد كان من الطبيعي التفكير في إمكانيات إيجاد بدائل مائية أخرى تكون أكثر ثباتاً واستقراراً كمياً ونوعاً، يمكن الاعتماد عليها في تلبية الحاجات المستقبلية المتعاظمة من المياه. وعلى هذا الأساس فقد لجأت دول المجلس إلى تحلية مياه البحر كمورد مائي ثابت. ولقد أنشأت محطات تحلية عديدة على ساحلي الخليج العربي والبحر الأحمر لتصبح المنطقة من أكبر المناطق إنتاجاً للمياه المحلاة من البحر.

ومن هذا المنطلق كان من الضروري دراسة صناعة التحلية بكل أبعادها في دول المجلس ابتداءً من نشأة هذه الصناعة وتطورها وتوزيع محطات التحلية الجغرافي إلى دراسة جدواها الاقتصادية وآثارها وماترتب عليها. وقد يترتب عليها من نتائج إضافة إلى أن التوسع الحالي في تحلية مياه البحر رأسياً وأفقياً عن طريق رفع إنتاجية المحطات المقامة حالياً بإضافة وحدات تقطير أخرى إليها وإنشاء المزيد من المحطات يستوجب معرفة العوامل التي أدت إلى اتباع هذا النهج. وقد تكون الظروف الطبيعية المتمثلة بالجفاف من جهة والنمو السكاني السريع بالإضافة إلى الخطط التنموية الاقتصادية بالتوسع في المشروعات الزراعية والصناعية التي تنتهجها حكومات هذه الدول من جهة ثانية من أبرز العوامل التي أدت إلى الزيادة السريعة في الطلب على المياه العذبة، ومن ثم مواجهتها عن طريق تقطير مياه البحر.

إن أهمية هذه الدراسة تكمن في حقيقة أن المكتبات تفتقر إلى دراسة تخص

صناعة تحلية مياه البحر في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي دراسة تفصيلية تتناول فيها مشروعات التحلية وأهميتها ودورها في سد الحاجات اليومية المتزايدة من مياه الشرب. فعلى الرغم من تعدد الدراسات التي تبحث في تحلية مياه البحر، إلا أنها دراسات في معظمها تهتم بموضوعات دقيقة جداً مثل تقنية التحلية أو قد تكون في مجملها عامة يعوزها إبراز دور هذا المورد المائي الجديد من بين الموارد المائية الأخرى في جوانب عديدة. كما أن التقارير والبيانات الإحصائية التي تخص مشروعات التحلية في دول المجلس ليست متيسرة للطلاب والدارسين حيث إنها تصدر عن المؤسسات الحكومية لشئون المياه بدول المجلس والتي كثيراً ما يحتفظ بها، ولا يمكن الحصول عليها إلا من خلال الاتصالات الشخصية مع المسؤولين بها. ولا يخفى على القارئ بأن القيام بزيارات لهذه المؤسسات بدول المجلس وإجراء اللقاءات الشخصية من قبل الطلاب والدارسين أمر بالغ الصعوبة. لذا فقد سعى الباحث إلى القيام بهذا الدور من أجل جمع شتات هذه المعلومات والبيانات الإحصائية، وقد بدأه بزيارات لبعض من هذه المؤسسات في حين أجرى اتصالات مكثفة ومتواصلة للبعض الآخر حتى تسنى له الوقوف على أحدث المعلومات المتعلقة بموضوع البحث.

إن نتائج مثل هذه الدراسة ربما تساعد الدارسين في إعطاء فكرة تفصيلية عن مورد مائي جديد اعتمد حديثاً في منطقة الخليج العربي، وقد توضح أيضاً دور هذا المورد وأهميته في حل مشكلة توفير مياه الشرب. وسوف تساعد الدراسة على تفهم الجدوى الاقتصادية لمياه البحر المحلاة من خلال تكلفة وحدة الماء المنتج بهذه الطريقة.

أهداف الدراسة:

- تهدف هذه الدراسة للإجابة على التساؤلات الآتية:
- ١ - إلى أي مدى تم التوسع في تحلية مياه البحر؟ وماهي مراحل إنشاء وتطور مشروعات تحلية مياه البحر في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي الحالية والمستقبلية؟.
 - ٢ - ماهي طرق التحلية المستخدمة في دول المجلس وجدواها الاقتصادية من واقع

تكلفة المياه المنتجة بواسطتها؟ وماهي السبل الكفيلة بتقليل التكلفة ما أمكن؟
وذلك من خلال بعض الدراسات التجريبية التي تمت في هذا المجال .
٣ - ماهو دور مياه البحر المحلاة في حل مشكلة ندرة المياه العذبة؟ ومامدى إسهامها
في تزويد المدن بمياه الشرب؟ .

الأحوال المناخية:

تبع أهمية دراسة الأحوال المناخية من مطر وحرارة وتبخر من أن مثل هذه
الدراسة تعكس الصورة الحقيقية لظروف المنطقة هيدرولوجياً. فوجود المياه السطحية
وبأي شكل من الأشكال ومعدلات الترشيح لمياه السيول والأمطار إلى جوف الأرض
وتغذية الطبقات الجوفية الحاملة للمياه تتصل اتصالاً مباشراً بكميات سقوط المطر
السنوي وتوزيعه على أيام السنة، وعلى درجات الحرارة ومعدلات التبخر السائدة. فعلى
سبيل المثال، تساقط المطر طوال العام وانخفاض معدلات التبخر عادة ما تؤدي إلى
وجود مجاري نهريّة دائمة ومسطحات مائية عذبة، في حين تكون معدلات المياه المتسربة
إلى جوف الأرض هي الأخرى مرتفعة. وعلى العكس من ذلك تكون المنطقة خالية تماماً
من وجود المياه السطحية، وتكون كميات المياه المتسربة إلى باطن الأرض قليلة، إذا
كانت الأمطار الساقطة قليلة ومتفرقة ودرجات الحرارة مرتفعة .

إن دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي تقع في المنطقة المدارية الجافة بين
خطي عرض ١٧° و ٣٠° شمالاً. ولا ينال هذه المنطقة في المعتاد إلا كميات قليلة من
المطر سرعان ما يتبدد معظمها على مساحات شاسعة من الأرض، وبالتالي تفقد
بالتبخر. وقد يتسرب قسم منها إلى باطن الأرض عندما تتجمع مياه الأمطار في بطون
الأودية بعد حدوث عاصفة مطرية .

والخصائص العامة لحالة المناخ في دول مجلس التعاون هي الجفاف وارتفاع
درجات الحرارة خلال فصل الصيف باستثناء المنطقة الجنوبية من سلطنة عمان، والمنطقة
الجنوبية الغربية من المملكة العربية السعودية، حيث تقع الجبال المرتفعة .

وفصل الشتاء هو معتدل إلى بارد أثناء الليل ، ونادراً ما تنخفض درجات الحرارة إلى ما دون الصفر المتوي . أما الساحل الغربي للمملكة العربية السعودية فهو دافئ إلى معتدل طوال شهور الشتاء والمدى الحراري كبير وبالأنخص المدى الحراري اليومي ، كما أنّ الفرق في درجات الحرارة كبير بين منطقة ومنطقة أخرى داخل الدولة وبين دول المجلس .

وكما يتضح من الجدول رقم ٢ أن المعدل السنوي لدرجات الحرارة هو حوالي ٢٥ م° . وتجدر الإشارة إلى أن الحرارة قد تصل في شهور الصيف إلى حوالي ٤٨ م° أثناء النهار، وتنخفض إلى أقل من ٢٥ م° خلال الليل .

جدول رقم (٢)

المتوسط السنوي لدرجات الحرارة والمطر والتبخّر في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية لفترات تتراوح ما بين ٨ - ١٠ سنوات انتهت في ١٩٨٣ م

الدولة	متوسط الحرارة السنوي (درجة مئوية)	متوسط المطر السنوي/ ملم	معدل التبخّر السنوي/ ملم	العجز السنوي ملم
الإمارات العربية المتحدة	٢٧,٥	٩٧	٣٤٣٠	٣٣٣٣
البحرين	٢٥,٥	٧٠	١٨٥٠	١٧٨٠
المملكة العربية السعودية	٢٣,٥	١٠٥	٢٩٩٣	٢٨٨٨
سلطنة عُمان	٢٦,٧	١٣٤	٢٤٨٢	٢٣٤٨
قطر	٢٥	٧٥	٢٧٠١	٢٦٢٦
الكويت	٢٥,٧٥	٧٥	٤١٨٠	٤١٠٥
المتوسط	٢٥,٦٥	٩٢,٦٧	٢٩٣٩	٢٨٤٦

المصدر: من تجميع الباحث من المراجع الواردة في البحث .

وتتصف خصائص الأمطار في دول المجلس بعدم الانتظام وبالتباين الكبير بين سنة وسنة أخرى. فقد تسقط مياه كبيرة نسبياً في سنة، في حين تسقط كميات قليلة جداً، ويكاد ينعدم سقوط المطر في سنوات أخرى تليها. وتسقط معظم الأمطار في فصل الشتاء وأوائل الربيع باستثناء المنطقة الجنوبية الغربية من المملكة العربية السعودية، والمنطقة الجنوبية من سلطنة عُمان، حيث الأمطار الموسمية الصيفية. كما أن عدد أيام المطر قليلة جداً وتسقط في ساعات محدودة مكونة سيولاً فجائية ومجاري مائية مؤقتة في بطون الأودية.

ويتضح أيضاً من الجدول رقم (٢) أن معدل التساقط السنوي في المنطقة يتراوح ما بين ٧٠ و١٣٤ ملم. وتجدر الإشارة إلى أن بعض المناطق قد تنالها كميات كبيرة نسبياً من الأمطار تزيد في المعدل على ٣٥٠ ملم في السنة، كما هو الحال في المناطق الجبلية الجنوبية والجنوبية الغربية من سلطنة عُمان والمملكة العربية السعودية. بينما تقل معدلات التساقط السنوي عن ٥٠ ملم في مناطق عديدة من دول المجلس.

وتتأثر معظم أمطار المنطقة بكتلتين هوائيتين مختلفتين. منخفض البحر المتوسط القادم من الغرب، والذي تعزى إليه الأمطار الشتوية، بينما الكتل الهوائية القادمة من المحيط الهندي ومنخفض السودان تؤدي إلى حدوث الأمطار الموسمية الصيفية.

إن حالة الجفاف وقصر فترة سقوط المطر وارتفاع الحرارة في دول المجلس كلها عوامل تضافرت في رفع المعدلات السنوية للتبخر. وتبلغ معدلات التبخر درجاتها القصوى في أيام الصيف، بينما تكون المعدلات الدنيا خلال أيام الشتاء. ويتضح من الجدول رقم (٢) أن متوسط التبخر السنوي لدول المجلس يبلغ ٢٩٣٩ ملم. ويرجع التفاوت الشديد في معدلات التبخر بين دول المجلس إلى القرب أو البعد عن المؤثرات البحرية وكثافة الغطاء النباتي، ومصدر وسرعة الرياح السائدة.

ونتيجة لمعدل التبخر السنوي الكبير والفارق الكبير بينه وبين المتوسط السنوي

لسقوط المطر في دول المجلس، فقد أصبح العجز المائي كبيراً أيضاً. فيتضح من الجدول أيضاً أن متوسطات العجز السنوي تبلغ حوالي ٢٨٤٦ ملم مؤكداً ما تعانيه دول المجلس من حالة الجفاف السائدة، وكيف بخلت طبيعة الجزيرة العربية في إعطاء موارد مائية عذبة وفيرة!!.

تاريخ التحلية:

حاول الإنسان منذ القدم القيام بتحلية مياه البحر. فتذكر بعض المصادر أنه في القرن الرابع قبل الميلاد قام أرسطو بعملية تبخير ماء البحر من أجل الحصول على ماء عذب. وكان البحارة اليونانيون في تلك العصور يحصلون على ماء الشرب عن طريق تقطير ماء البحر في سفنهم. وكانت عمليات التقطير في تلك الأيام مقصورة على إنتاج كميات قليلة الهدف منها توفير مياه الشرب فقط.

وقد دفعت رغبة الإنسان في تحلية مياه البحر إلى استنباط طرق عديدة في عمليات التحلية. منها على سبيل المثال، تجربة الرومان في القرن الأول بعد الميلاد في ترشيح الماء بالأواني الفخارية. ولم يأت القرن الرابع الميلادي حتى أصبحت عمليات التقطير أمراً مألوفاً كطريقة مثلى لتحلية مياه البحر. وفي عام ١٨٦٩م قامت الحكومة البريطانية ببناء أول وحدة تقطير بواسطة البخار لتزويد بواخرها التي ترسو في مرفأ عدن بالماء العذب. وفي عام ١٩٣٠م حظيت أوروبا في جزر الأنتيل الهولندية بأول وحدة كبيرة للتحلية بطاقة إنتاجية قدرها ٦٢٥,٠٠٠ جالون يومياً (روي بوبكن، ص ٨).

وقد أدى تقدم الوسائل التقنية والدراسات العلمية المكثفة إلى تطوير وانتشار عمليات التقطير في كثير من دول العالم. فعلى الرغم من ارتفاع تكاليف إنشاء وتشغيل محطات التحلية إلا أن معظم دول المجلس اتجهت في الوقت الحالي إلى تحلية مياه البحر على نطاق واسع. وقد ساعدها في ذلك إمكانياتها الاقتصادية القوية ووفرة الطاقة اللازمة لتشغيلها.

ويلزم للحديث عن تاريخ التحلية في دول المجلس التفريق بين البدايات الأولى

في عمليات التحلية التي يمكن اعتبارها مجرد محاولات متواضعة في إيجاد مورد مائي عذب لسد حاجة الناس من مياه الشرب وبين مرحلة الدخول الفعلي في الإنتاج للمياه العذبة من البحر. فكثيراً ما واجهت الخطوات الأولى صعوبات بالغة في عمليات التشغيل وفي إنتاج مياه بكميات تفي بالحاجة نتيجة التقنية والخبرة المتواضعتين في الماضي. وتميزت المرحلة التالية بالتطور الهائل الذي شهدته التصميمات الحديثة لمحطات التحلية والسهولة البالغة في تشغيلها مما ساعد كثيراً على انتشارها في مختلف دول العالم.

ويعتبر عام ١٩٠٧م العام الأول الذي شهدت فيه المنطقة الانطلاقة الأولى لعمليات التحلية، عندما تم استيراد أول وحدة تقطير من بريطانيا إلى مدينة جدة في المملكة العربية السعودية. وتم بالفعل تشغيل الجهاز الذي أطلق عليه اسم «الكنداسة» لإنتاج المياه المحلاة من البحر الأحمر. وتذكر التقارير أن الكنداسة ساعدت كثيراً في حل جزء من مشكلة تزويد مدينة جدة بالمياه العذبة. إلا أن تصميم الكنداسة وما صاحبها من متاعب في التشغيل أدّى إلى خرابها وتوقفها عن الإنتاج سنة ١٩١٢م. وقد عاودت المشكلة مرة أخرى بعد إصلاحها عند محاولة زيادة الإنتاج وتحميلها فوق طاقتها واستعمال الفحم الخشبي بدلاً من الفجر الحجري مما عجل بتوقفها نهائياً سنة ١٩٢٤م. وفي عام ١٩٢٨م أمر الملك عبدالعزيز بشراء جهازين جديدين للتقطير لضمان استمرارية الإنتاج، وعدم تكرار التوقف. ولزم الأمر مرة أخرى في موسم الحج زيادة الإنتاج وتشغيل الجهازين فوق طاقتها مما أدى إلى انفجار أحدهما من شدة الضغط، وبقي الآخر يعمل على فترات متقطعة إلى أن استقدمت حكومة المملكة بعثة أمريكية لإجراء مسح هيدرولوجي شامل للبحث عن مياه جوفية عذبة. وكان الجهازان ينتجان آنذاك كمية من المياه قدرها ٣٥ طناً يومياً (جريدة عكاظ، أعداد ١٣٣٣، ١٣٤٠).

وعندما ازداد الطلب على المياه، وأصبحت المياه الجوفية عاجزة عن مجازاة الحاجة اليومية توجهت الأنظار إلى تحلية مياه البحر مرة أخرى، ولكن أخذ التوجه الجديد الشكل المخطط المدروس ساعدها في ذلك التقدم والتطور الهائلين في مجال تقطير مياه

البحر. وتعتبر سنة ١٩٦٩م السنة الأولى في بداية الإنتاج المتواصل للمياه العذبة من البحر حين تم إنشاء المرحلة الأولى من محطتي الوجه وضباء على ساحل البحر الأحمر.

وكانت دولة الكويت تعاني من نقص شديد في المياه الصالحة للشرب حيث اضطرت سابقاً إلى جلب المياه من شط العرب في جنوب العراق بواسطة السفن الشراعية. وكان يواجه جلب الماء بالوسائل التقليدية الكثير من العقبات حتى بدأ التفكير في عهد مبارك الصباح في شراء أول آلة تقطير؛ ولكن لم تكف تعطي هذه الآلة أولى ثمارها حتى توقفت عن الإنتاج عند نشوب الحرب العالمية الثانية. ويعتقد أنها نقلت إلى عدن.

ومن أجل مواكبة طموحات التنمية الاقتصادية والاجتماعية عاودت الكويت اللجوء إلى البحر مرة ثانية لإنتاج المياه العذبة. وتعتبر سنة ١٩٥٠م آخر السنوات في نقل المياه من شط العرب، عندما أنشأت شركة نفط الكويت المحدودة محطة لتقطير مياه البحر في ميناء الأحدي. وقد خصص إنتاجها البالغ ٨٠٠ ألف جالون يومياً في تزويد منشآت البترول، وحي الشركة السكني، بالإضافة إلى ضخ كمية قدرها ٢٥٠ ألف جالون إلى مدينة الكويت (فاطمة حسين العبد رزاق، ص ص ١٥٣ - ١٥٤).

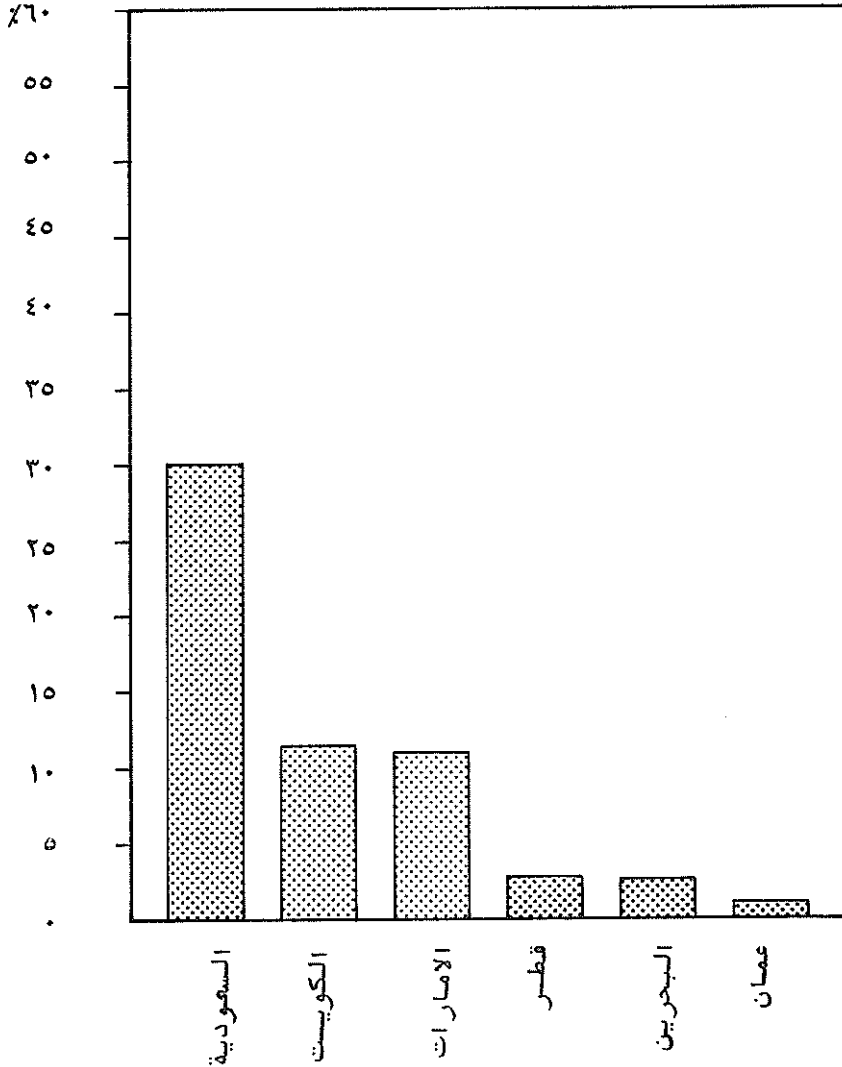
وبدأت قطر حديثاً بداية متواضعة عندما بنت أول محطة تقطير في منطقة ميناء الدوحة بطاقة قدرها ١٥٠ ألف جالون يومياً في سنة ١٩٥٣م. كما أن دولة الإمارات العربية المتحدة دخلت حديثاً في مضمار إنتاج المياه المقطرة من البحر، عندما بنت أول محطة لها في أبوظبي سنة ١٩٦٩م. وشرعت دولة البحرين في تحلية مياه البحر عندما تم إنشاء محطة سترة عام ١٩٧٥م، بعدما تعاظمت مشكلات المياه الجوفية فيها. وعلى الرغم من أن سلطنة عمان أخذت في تزويد العاصمة مسقط، وبعض القرى الصغيرة بمياه التحلية، إلا أنها مازالت تعتمد وبدرجة كبيرة على مواردها المائية الطبيعية المتمثلة في مياه الآبار والعيون والأفلاج. فسلطنة عمان تتمتع بظروف هيدرولوجية جيدة مكنتها من سد حاجتها من المياه العذبة. وشرعت سلطنة عمان في إنتاج المياه المقطرة عام ١٩٧٦م، وذلك بإنشاء محطة الغبرة (شمال العاصمة مسقط).

لقد أخذ الاعتماد على هذا المورد المائي الجديد في دول المجلس يزداد بدرجة كبيرة بعد خوض تجربتها الأولى في تقطير مياه البحر، وتزويد بعض من مدنها بالمياه المقطرة، حتى أصبحت المنطقة واحدة من أكبر مناطق العالم في تحلية مياه البحر. ففي الوقت الحالي يشكل إجمالي إنتاج المياه في جميع محطات التحلية في دول المجلس نسبة تعادل ٢, ٥٩٪ من إجمالي الإنتاج العالمي. وتحظى المملكة العربية السعودية بنصيب ٢, ٣٠٪ من مجموع الإنتاج العالمي، مقابل ٥, ١١٪ لدولة الكويت، و ١١٪ للإمارات العربية المتحدة، و ٧, ٢٪ لكل من قطر والبحرين، في حين يخصّ سلطنة عُمان مأمعدله ١, ١٪ فقط من الإنتاج العالمي (IDA Worldwide Desalting Plants Inventory, 1987, P.22)

(شكل رقم ٢).

شكل رقم (٢)

نسبة القدرة الإنتاجية لمحطات التحلية في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية من الإنتاج العالمي نسبة القدرة الإنتاجية



المصدر: تجميع الباحث من المراجع الواردة في هذا البحث.

أولاً: مشروعات التحلية وتطور إنتاج مياه البحر المحلاة في دول المجلس:

مع زيادة الطلب على المياه العذبة نتيجة الزيادة السكانية وارتفاع مستوى المعيشة، وطموحات التنمية العديدة، ومع تطور التحلية وتعدد أنواعها وارتفاع كفاءاتها الإنتاجية انتشرت الكثير من محطات التحلية في دول المجلس الخليجي مستفيدة من سواحلها الممتدة على طول الخليج العربي والبحر الأحمر. ومن أجل توضيح التوزيع الجغرافي لكفة محطات التحلية المقامة حالياً والمقترح إنشاؤها مستقبلاً وتبيان خصائصها ووسائلها في عمليات التحلية يكون من الأجدر استعراض جميع المشروعات لكل دولة استعراضاً مفصلاً.

ففي المملكة العربية السعودية، وبعد المحاولات الأولى لتقطير مياه البحر خلال الفترة الواقعة بين ١٩٠٧ و ١٩٢٨م، توالى مشروعات التحلية الواحدة تلو الأخرى، لتلبية حاجة المدن والقرى في المملكة من المياه العذبة. وكانت باكورة مشروعات التحلية، إنشاء محطتي التحلية (المرحلة الأولى) في مدينتي الوجه وضبا على ساحل البحر الأحمر، (شكل رقم ٣)، في عام ١٩٦٩م بطاقة إنتاجية قدرها ٦٠,٠٠٠ جالون يومياً للمحطة الواحدة. وفي عام ١٩٧٠م تم الانتهاء من إنشاء محطة جدة المرحلة الأولى (ثنائية الغرض) - أي لإنتاج الماء والكهرباء - بطاقة إنتاجية يومية قدرها ٥ ملايين جالون و ٥٠ ألف كيلووات كهرباء.

واشتملت الخطة الخمسية الثانية التي بدأ العمل في تنفيذها عام ١٩٧٥م على مشروعات كبيرة لتحلية مياه البحر، صممت لسد حاجة العديد من المدن والمراكز الصناعية والزراعية. فمشروع محطة جدة (المرحلة الثانية) التي بدىء في تشغيلها عام ١٩٧٧م بطاقة يومية قدرها حوالي ١١ مليون جالون أمريكي، و ٨٤ ميغاوات كهرباء، يعتبر أحد مشروعاتها المهمة. وخلال تلك الخطة أيضاً تم تنفيذ محطات التناضح العكسي لمدينة جدة بطاقة إنتاجية قدرها ٣,٥ مليون جالون يومياً.

وفي عام ١٩٧٩م تم تشغيل مشروع المرحلة الثالثة بطاقة يومية قدرها حوالي

وتم توسيع محطتي تحلية المياه في مدينتي الوجه وضبا، وذلك بتشغيل المرحلة الثانية بطاقة قدرها حوالي ١٥٠ ألف جالون يومياً لكل محطة. وتحظى كل من أملج ورابغ والبرك وحقل وجزيرة فرسان على طول ساحل البحر الأحمر بمحطات تحلية تنتج جميعها ما يزيد على ١,٢٣٠,٠٠٠ جالون يومياً (جدول رقم ٣). وقد بدأ إنتاج محطة مكة المكرمة/ الطائف عام ١٩٨٨م بطاقة إنتاجية قدرها حوالي ٥٨ مليون جالون يومياً، و ٣٢٥ ميغاوات كهرباء. وعليه يكون مجموع إنتاج محطات التحلية المنتشرة على ساحل البحر الأحمر للمملكة العربية السعودية حوالي ١٩٠ مليون جالون و ١١٦٠ ميغاوات كهرباء. والجدول رقم ٤ يوضح تطور الإنتاج لمحطات التحلية على الساحل الغربي بملايين الجالونات خلال الفترة من ١٤٠٤هـ - ١٤٠٨هـ.

جدول رقم (٣)

الطاقات الإنتاجية للمحطات الصغيرة المقامة على الساحل الغربي للمملكة العربية السعودية
(جالون يومياً)

المحطة	كمية الإنتاج
١- أملج	٦٠,٧٢٠
٢- رابغ	٢٩٠,٤٠٠
٣- البرك	٦٠٥,٠٠٠
٤- حقل	١٤٥,٢٠٠
٥- فرسان	١٣٢,٠٠٠

المصدر: التقرير السنوي لعام ١٤٠٧هـ المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة ص ١٥.

جدول رقم (٤)
تطور إنتاج محطات الساحل الغربي (البحر الأحمر) للمملكة العربية السعودية
خلال الفترة من ١٤٠٤ - ١٤٠٨ هـ
(مليون جالون)

المحطة العام	١٤٠٤ هـ	١٤٠٥ هـ	١٤٠٦ هـ	١٤٠٧ هـ	١٤٠٨ هـ
جدة	٢٣٠٧٨	٢٤٥٤٣	٢٤٠٤٦	٢٣٥٦٢	٢٤٠٦٣
ينبع	٧٠٤٠	٧٠١٨	٧٢٦٠	٧١٥٠	٧٣٢٦
مكة / الطائف	-	-	-	-	٣٨
المحطات الأخرى	٤٦٤٢	٤٨٤	٥٤٤	٧٢٦	٧٢٧
مجموع إنتاج الساحل الغربي	٣٤٧٦٠	٣٢٠٤٥	٣٠٧٦٢	٣١٤٣٨	٣٢١٥٤

المصدر: التقرير السنوي ١٤٠٨ هـ - المؤسسة العامة لتحلية مياه البحر.

وتتوزع على الساحل الشرقي للمملكة العربية السعودية العديد من محطات التحلية. ففي عام ١٣٩٣ هـ تم إنشاء محطة الحفجي (المرحلة الأولى) بطاقة إنتاجية قدرها ١٤٥,٠٠٠ جالون يومياً. وفي عام ١٣٩٩ هـ تم بناء محطة الحفجي (السريع) «شكل رقم ٣» بطاقة قدرها ٣٣٠,٠٠٠ جالون يومياً. وتنتج محطة الحفجي (المرحلة الثانية) ما يزيد على ٦ ملايين جالون تقريباً. وفي مدينة الخبر أنشئت محطة الخبر (المرحلة الأولى) بالعزيزية سنة ١٣٩٣ هـ بطاقة قدرها حوالي ٧,٣٠٠,٠٠٠ جالون يومياً، وذلك من أجل تزويد كل من الخبر والدمام والقطيف وسيهات وصفوى ورحيمة ومطار الظهران بالمياه المحلاة.

وفي عام ١٤٠٣ هـ بدأ إنتاج محطة الخبر (المرحلة الثانية) بطاقة قدرها ٥٨,٨ مليون جالون و ٧٥٠ ميغاوات كهرباء يومياً. وبذلك يكون إنتاج محطات الخبر ما يزيد على ٦٦ مليون جالون و ٧٥٠ ميغاوات كهرباء يومياً.

وعلى مشارف مدينة الجبيل على ساحل الخليج العربي (شكل رقم ٣) توجد أضخم مشروعات التحلية في المنطقة. فمحطة الجبيل (المرحلة الأولى) مصممة بطاقة إنتاجية قدرها ٣٦ مليون جالون و ٣٠٠ ميغاوات كهرباء خصص إنتاجها لتلبية حاجة مدينة الجبيل والقاعدة البحرية والمجمع الصناعي في مدينة الجبيل الصناعية من المياه العذبة. ويعتبر مشروع المرحلة الثانية والذي أُقيم أساساً لتزويد مدينة الرياض بمياه الشرب من أكبر المشروعات المعروفة حالياً بحيث تبلغ الطاقة الإنتاجية لها حوالي ٢٥٠ مليون جالون و ١٢٩٥ ميغاوات كهرباء يومياً. وتضخ المياه إلى مدينة الرياض عبر خطين رئيسيين من الأنابيب بطول ٤٦٦ كم وبقطر ٦٠ بوصة للأنبوب الواحد. وقد بديء في ضخ المياه إلى مدينة الرياض عام ١٩٨٣ م. وبذلك يكون إجمالي القدرة الإنتاجية لمحطات التحلية المقامة على الساحل الشرقي للمملكة مايزيد على ٣٥٨ مليون جالون و ٢٣٤ ميغاوات كهرباء يومياً. والجدول رقم (٥) يوضح تطور إنتاج المياه لمحطات الساحل الشرقي خلال الفترة من ١٤٠٤ - ١٤٠٨ هـ بملايين الجالونات. ويوضح الشكل رقم (٤) تطور الإنتاج الفعلي للمياه المحلاة للساحلين الغربي والشرقي للمملكة خلال الفترة نفسها بملايين الجالونات.

جدول رقم (٥)

تطور إنتاج الساحل الشرقي (الخليج العربي) للمملكة العربية السعودية

خلال الفترة من ١٤٠٤ - ١٤٠٨ هـ

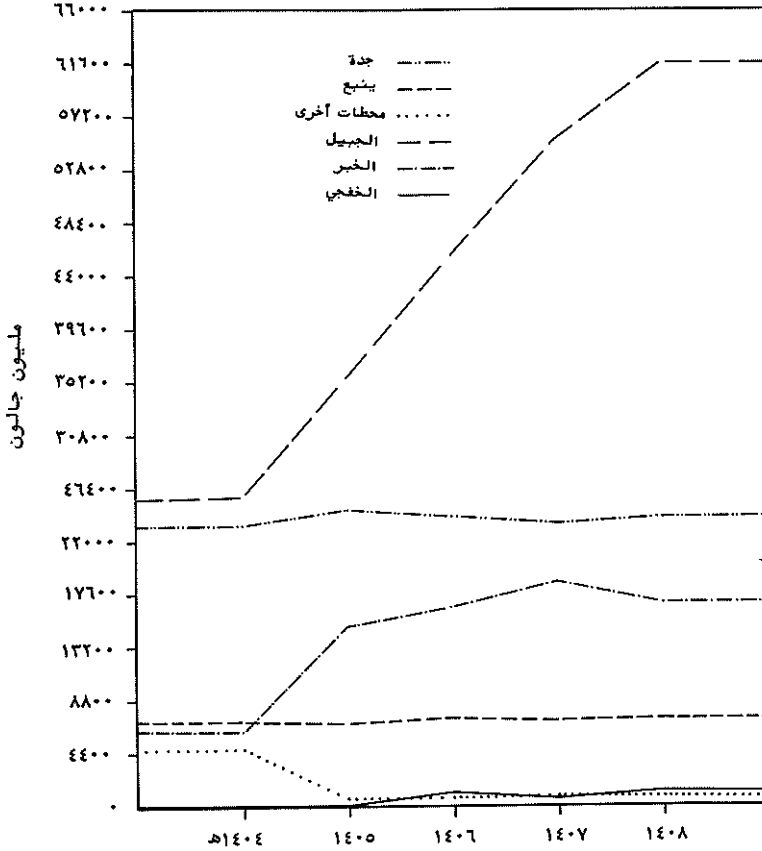
(مليون جالون)

المحطة العام	١٤٠٤ هـ	١٤٠٥ هـ	١٤٠٦ هـ	١٤٠٧ هـ	١٤٠٨ هـ
الجبيل	٢٥٨٢٨	٣٥٤٤٢	٤٥٩١٤	٥٥٣٩٦	٦١٥٥٦
الخبر	٢٤٨	١٤٩٦٠	١٦٤٧٨	١٨٥٤٦	١٧٢٧٠
الخفجي	٨٨	١٦٤	٩٩٨	٦٨٢	١٠٥٦
مجموع إنتاج الساحل الشرقي	٢٦١٦٤	٥٠٥٦٦	٦٠٣٩٠	٧٤٦٢٤	٧٩٨٨٢
مجموع إنتاج المملكة	٦٠٩٢٤	٨٢٦١١	٩١١٥٢	١٠٦٠٦٢	١١٢٠٣٦

المصدر: التقرير السنوي ١٤٠٨ هـ - المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة. ص ٥٠.

شكل رقم (٤)

تطور إنتاج مياه البحر المحلاة في المملكة العربية السعودية خلال الفترة من ١٤٠٤ - ١٤٠٨ هـ



المصدر: من عمل الباحث.

وعليه يكون إجمالي إنتاج المياه المحلاة في المملكة حوالي ٥٥٠ مليون جالون ماء و ٣٥٠٠ ميجاوات كهرباء يومياً.

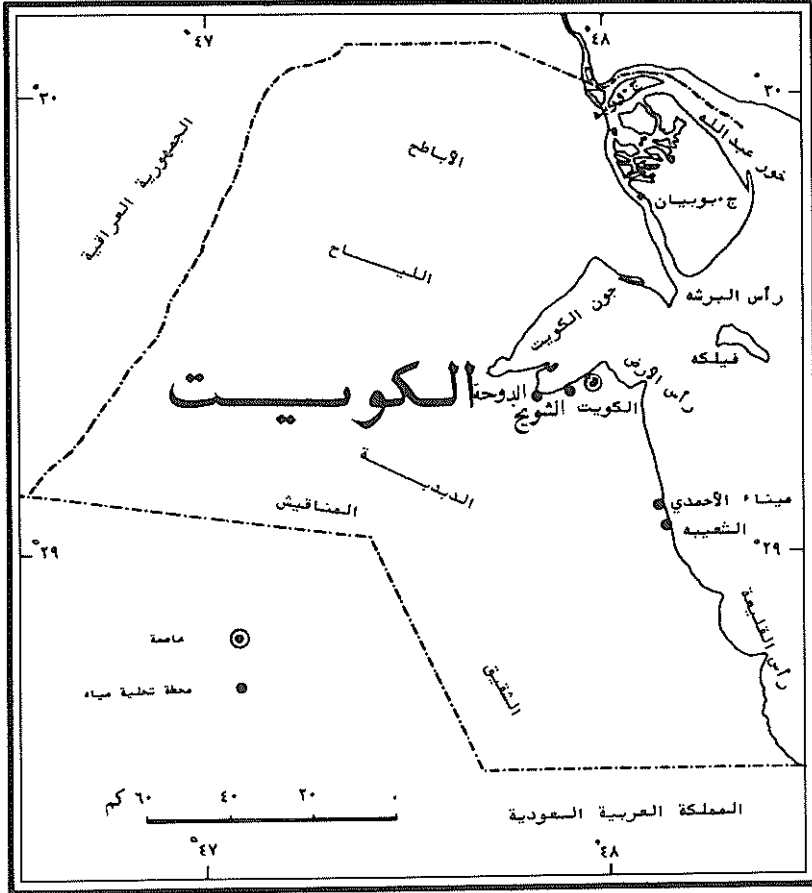
ويتعدى نشاط حكومة المملكة العربية السعودية ذلك إلى إنشاء المزيد من المشروعات في السنين القادمة لمواجهة الطلبات المستقبلية. فهناك مشروعات عديدة تحت الإنشاء حالياً، تشمل محطة عسير (المرحلة الأولى)، بطاقة يومية قدرها ٢٤ مليون

جالون، ومشروع أملج (المرحلة الثانية) لإنتاج مليون جالون يوميًا، ومشروع حقل (المرحلة الثالثة)، بطاقة يومية قدرها ١,٧٤ مليون جالون، وضباء (المرحلة الثالثة)، مليون جالون. كما أن هناك مشروعات أخرى تمت دراستها، ومعدة للتنفيذ، مثل مشروع محطة الليث بطاقة قدرها ١٥٠ ألف جالون يوميًا، ومشروع المدينة المنورة/ينبع، (المرحلة الثانية)، لإنتاج ٢٠ مليون جالون، و٥٠ ميجاوات كهرباء، ومشروع تبوك بطاقة قدرها ٣٠ مليون جالون يوميًا، ومشروع القنفذة لإنتاج مليون جالون، ومشروع الخبر (المرحلة الثالثة) بطاقة إنتاج يومية قدرها ٦٠ مليون جالون و٦٠ ميجاوات كهرباء. هذا بالإضافة إلى مشروعات أخرى جديدة تحت الدراسة تشمل محطة جدة، (المرحلة الخامسة)، بطاقة إنتاج يومية تقدر بحوالي ٥٠ مليون جالون، ومحطة الوجه (المرحلة الثالثة)، مليون جالون، ومحطة ثول، والقضيمة نصف مليون جالون، ومحطة مستورة نصف مليون جالون. وتشمل أيضًا توسعة محطة فرسان، (المرحلة الثانية)، بطاقة قدرها نصف مليون جالون يوميًا. وتهدف الدولة من خلال مشروعات الخطة الخمسية الثالثة إلى إيصال مياه التحلية إلى معظم مدن المملكة الكبيرة الساحلية والداخلية.

وشهدت دولة الكويت توسعًا سريعًا في مجال تحلية مياه البحر، من أجل مواكبة الطلبات المتزايدة من المياه العذبة. فقد عاشت الكويت تطورًا ونموًا كبيرين، في الميادين العمرانية والسكانية، عجزت معها الموارد المائية الجوفية ومياه شط العرب المنقولة عن تلبية الحاجات اليومية من المياه العذبة. وقد بدأت حكومة الكويت بإنتاج المياه المحلاة بعد أن تضحمت مشكلة توفير المياه بالتنوع والكمية التي تتلاءم وطموحات رفاهية المجتمع الكويتي، حيث أنشأت في عام ١٩٥٣م محطة الشويخ بطاقة قدرها حوالي مليون جالون يوميًا، وجاء ذلك بعد ثلاث سنوات من بناء محطة تقطير المياه بميناء الأحمدية من قبل شركة نفط الكويت. وارتفع إنتاج محطة الشويخ بعد إضافة عشر وحدات تقطير أخرى عام ١٩٨٥م، لتصل طاقتها الإنتاجية إلى ٣٢ مليون جالون يوميًا، (شكل رقم ٥). وفي عام ١٩٦٥م بوشر بتشغيل محطة الشعبية الشمالية المكونة من ٧ وحدات تقطير بطاقة إنتاجية قدرها ١٤ مليون جالون. وفي نهاية عام

١٩٧١م بديء في تشغيل أول وحدة تقطير في محطة الشعبية الجنوبية، والتي تتكون من ٦ وحدات تقطير بطاقة قدرها ٣٠ مليون جالون يوميًا، أي بواقع ٥ ملايين جالون للوحدة الواحدة.

شكل رقم (٥)
محطات التحلية في دولة الكويت



المصدر: من عمل الباحث.

واستجابة للطلبات المتزايدة على مياه الشرب عمدت حكومة الكويت إلى بناء محطة الدوحة الشرقية والتي بدأ إنتاجها سنة ١٩٧٨م، وذلك بتشغيل ثلاث وحدات تقطير بطاقة قدرها ١٨ مليون جالون يومياً. وقد ارتفع الإنتاج بعد إضافة أربع وحدات تقطير أخرى، لتُصبح طاقتها الإجمالية ٤٢ مليون جالون يومياً، علاوة على وحدة تعمل بإضافة الحامض طاقتها مليون جالون.

وتمشيًا مع التطور والنهضة التي تمر بها الكويت فقد قامت حكومة الكويت بإنشاء محطة الدوحة الغربية عام ١٩٨٣م، والتي تتألف من ١٦ وحدة تقطير بطاقة إنتاجية مركبة قدرها ٩٦ مليون جالون، أي بواقع ٦ ملايين جالون للوحدة. (شكل رقم ٥).

ويتضح مما سبق أن إجمالي إنتاج المياه المحلاة بدولة الكويت يبلغ ٢١٥ مليون جالون يومياً. ويوضح الجدول رقم (٦) تطور القدرة المركبة لمحطات التحلية للسنوات ٧٠ و ٧٥ و ٨٠ و ١٩٨٥م بملايين الجالونات يومياً.

جدول رقم (٦)

تطور القدرة المركبة (الطاقة الإنتاجية) لمحطات التحلية في دولة الكويت
للسنوات ٧٠ و ٧٥ و ٨٠ و ١٩٨٥م
(مليون جالون يومياً)

المحطة / السنة	محطة الشويخ	محطة الشمالية	محطة الجنوبية	محطة الدوحة الشرقية	محطة الدوحة الغربية	مجموع
١٩٧٠م	١٨	٩	-	-	-	٢٧
١٩٧٥	١٨	١٤	٣٠	-	-	٦٢
١٩٨٠	١٤	١٤	٣٠	٤٢	-	١٠٠
١٩٨٥	٣٢	١٤	٣٠	٤٣	٩٦	٢١٥

المصدر: كتاب الإحصاء السنوي (المياه) ١٩٨٧م ص ص ٢١-٤٧، والطاقة الكهربائية والماء ص ص ٩٤-١٠١.

ويوضح الشكل رقم (٦) تطور إنتاج المياه المحلاة للسنوات نفسها. وفي مجال الخطط المستقبلية اعتمدت حكومة الكويت إنشاء العديد من مشروعات التحلية لتلبية الحاجات المستقبلية، وتأمين الحد الأدنى من مياه الشرب في حالات الطوارئ. ومن أجل ذلك فقد تعاقدت حكومة الكويت لإنشاء ثلاثة مشروعات تحلية تشمل:

١ - إنشاء محطة الزور للتحلية بطاقة قدرها ٧٢ مليون جالون يومياً. وكخطوة أولى فقد تم التعاقد على بناء المرحلة الأولى، والتي تتكون من ٨ وحدات تقطير بطاقة قدرها ٤٨ مليون جالون يومياً. وكان من المتوقع أن يبدأ تشغيل أول وحدة تقطير عام ١٩٨٧ م.

٢ - تم التعاقد على تركيب معدات جديدة تعمل على زيادة قلوية المياه المحلاة في محطة الشويخ من أجل تحسين نوعية المياه المنتجة.

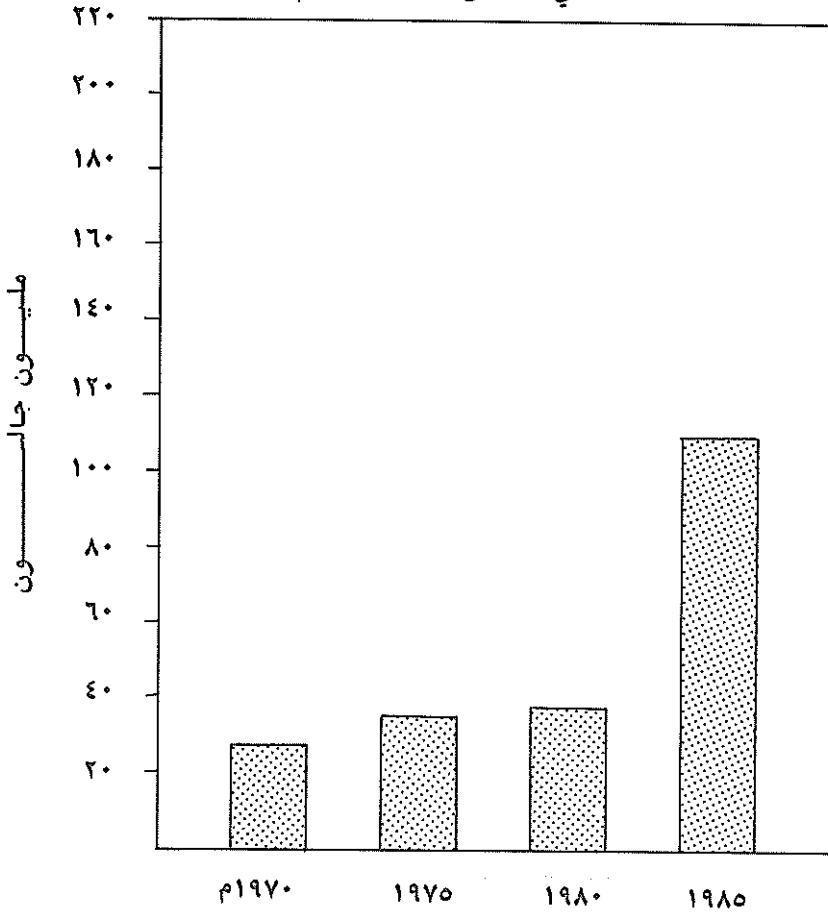
٣ - إنشاء وحدات تقطير تعمل بطريقة التناضح العكسي بطاقة قدرها ٤٥ مليون جالون، وذلك من أجل تأمين الحد الأدنى من مياه الشرب في أوقات الطوارئ.

وتجدر الإشارة إلى أن محطات التحلية الخمس، محطة الشويخ، ومحطة الشعبية الشمالية، ومحطة الشعبية الجنوبية، ومحطة الدوحة الشرقية، ومحطة الدوحة الغربية هي محطات ثنائية الغرض. وتشير الإحصائيات إلى أن مجموع الطاقة الكهربائية المنتجة خلال عام ١٩٨٥ م بلغت حوالي ٣٥٠,٠٠٠,١٥ كيلوات/ساعة.

وتحتل دولة الإمارات العربية المتحدة مركزاً متقدماً، بين دول مجلس التعاون في مجال صناعة التحلية. فتنشر العديد من محطات التحلية جالياً في معظم إمارات الدولة السبع، بعد أن مرت الدولة بنشاط عمراني خاطف، وتطور اقتصادي واجتماعي سريع. وقد باشرت دولة الإمارات العربية المتحدة إنتاج المياه المقطرة من البحر سنة ١٩٦٩ م، عندما تم تشغيل محطة أبوظبي بطاقة قدرها ٦ ملايين جالون تقريباً، ارتفعت قدرتها الإنتاجية إلى ١٢ مليون جالون في عام ١٩٧٤ م، بعد إضافة ثلاث وحدات تحلية

أخرى، ولمواجهة مشكلة الموارد المائية المتعاظمة في مدينة أبوظبي، ومدينة العين الداخلية، (شكل رقم ٧)، زيد إنتاج المياه المحلاة في أبوظبي إلى ١٨ مليون جالون يومياً عام ١٩٨٤م. وقد تقرر بناء محطة أخرى في أبوظبي بأربع وحدات محلية، على أن يجري تشغيلها تبعاً بقدرة إنتاجية تصل إلى حوالي ٤٤ مليون جالون يومياً. كما سيتم ضخ جزء من مياه المحطة إلى مدينة العين للإسهام في سد حاجتها من المياه العذبة (يوسف أبو الحجاج، ص ١٢٣).

شكل رقم (٦)
تطور إنتاج مياه البحر المحلاة في دولة الكويت
في الفترة من ١٩٧٠ - ١٩٨٥م



المصدر: من عمل الباحث

وطبقاً للتقرير الوطني لدولة الإمارات العربية المتحدة، فقد تقرر إنشاء محطة الرويس لتحلية مياه البحر، (شكل رقم ٧)، والتي من المقرر تشغيلها على ثلاث مراحل في الأعوام ٨٢ و٨٣ و١٩٨٥م، بطاقة قدرها ٦,٢ مليون جالون يومياً، أي بواقع ٢,٧ مليون جالون للمرحلة الواحدة. وقد خُصص إنتاج المحطة من المياه للأغراض الصناعية فقط.

وفي دبي تم بناء محطة تحلية سنة ١٩٧٩م، تبلغ طاقتها الإنتاجية ٧,٨ مليون جالون يومياً. وقد ارتفع إنتاجها سنة ١٩٨٠م بعدما تم تشغيل المرحلة الثانية منها ليلبلغ إنتاجها حوالي ٥,١٤ مليون جالون يومياً. كما تنتج وحدة التحلية في مصنع الألمنيوم كمية قدرها ١٠ ملايين جالون يومياً. وفي جبل علي في إمارة دبي تم أيضاً إنشاء محطة أخرى للتحلية عام ١٩٨٤م، بطاقة قدرها ٢٧ مليون جالون يومياً.

وعلى الساحل الغربي لدولة الإمارات العربية المتحدة تم أيضاً إقامة محطة الشارقة للتحلية، وبدأ إنتاجها على مرحلتين. ففي سنة ١٩٨١م تم تشغيل المرحلة الأولى، حين بدأت المرحلة الثانية في الإنتاج سنة ١٩٨٣م، بطاقة قدرها ١٨ مليون جالون يومياً. وذلك بواقع ٩ ملايين جالون لكل مرحلة، كما حظيت إمارة أم القيوين بإنشاء محطة تحلية عام ١٩٨٣م، تبلغ طاقتها الإنتاجية ٨ ملايين جالون يومياً. وتم تشغيل محطة أخرى في إمارة رأس الخيمة على مرحلتين. فبدأت المرحلة الأولى إنتاجها سنة ١٩٨١م، بطاقة قدرها ٩ ملايين جالون يومياً، في حين تم تشغيل المرحلة الثانية سنة ١٩٨٤م بطاقة قدرها ١٥ مليون جالون يومياً.

وتوجد محطتان للتحلية في المنطقة الوسطى، (والتي تضم أراضي الشارقة، وعجمان، وجزءاً من أم القيوين) من دولة الإمارات العربية. وقد بدأ إنتاج المحطة الأولى عام ١٩٨٤م بطاقة قدرها ٢ مليون جالون يومياً، في حين تم تشغيل المحطة الثانية سنة ١٩٨٥م، بطاقة قدرها نصف مليون جالون يومياً. كما تم إنشاء وتشغيل محطة تحلية الفجيرة على الساحل الشرقي للدولة سنة ١٩٨٣م، بطاقة يومية قدرها ٦ ملايين جالون.

وبذلك يكون إجمالي إنتاج المياه المحلاة من البحر في دولة الإمارات العربية المتحدة، ومن ضمنها أيضًا محطاتًا محلية المياه الجوفية المقامتان في إمارة أم القيوين وحتى سنة ١٩٨٥م، حوالي ١٨٤ مليون جالون، منها ٣١ مليون جالون تستخدم للأغراض الصناعية فقط. والجدول رقم (٧) يوضح تطور إنتاج المياه المقطرة في دولة الإمارات العربية المتحدة خلال الفترة من ١٩٨٠ - ١٩٨٥م.

جدول رقم (٧)
تطور إنتاج المياه المحلاة في دولة الإمارات العربية المتحدة
خلال الفترة من ١٩٨٠ - ١٩٨٥م
(مليون جالون يوميًا)

السنة	١٩٨٠م	١٩٨١م	١٩٨٢م	١٩٨٣م	١٩٨٤م	١٩٨٥م
أبوظبي	١٢	١٢	١٢	١٢	١٨	٦٢
الرويس	-	-	٧,٢	١٤,٤	١٤,٤	٢١,٦
دبي / جبل علي	١٤,٥	١٤,٥	١٤,٥	١٤,٥	٤١,٥	٤١,٥
الشارقة	-	٩	٩	١٨	١٨	١٨
عجمان	-	-	-	-	-	-
أم القيوين	-	-	-	٨	٨	٨
رأس الخيمة	-	٩	٩	٩	٢٤	٢٤
المنطقة الوسطى	-	-	-	-	٢	٢,٥
الفجيرة والساحل الشرقي	-	-	-	٦	٦	٦
المجموع	٢٦,٥	٤٤	٥١,٢	٨١,٤	١٣١,٤	١٨٣,١

المصدر: سعود عثمان الحميدان - مياه الشرب في دولة الإمارات العربية المتحدة ١٤٠١هـ - ١٩٨١م، ص ٤٧ - ٤٨.

ويوضح الشكل رقم (٨) تطور الإنتاج خلال الفترة من ١٩٨٠ - ١٩٨٥ م بملايين الجالونات يومياً.

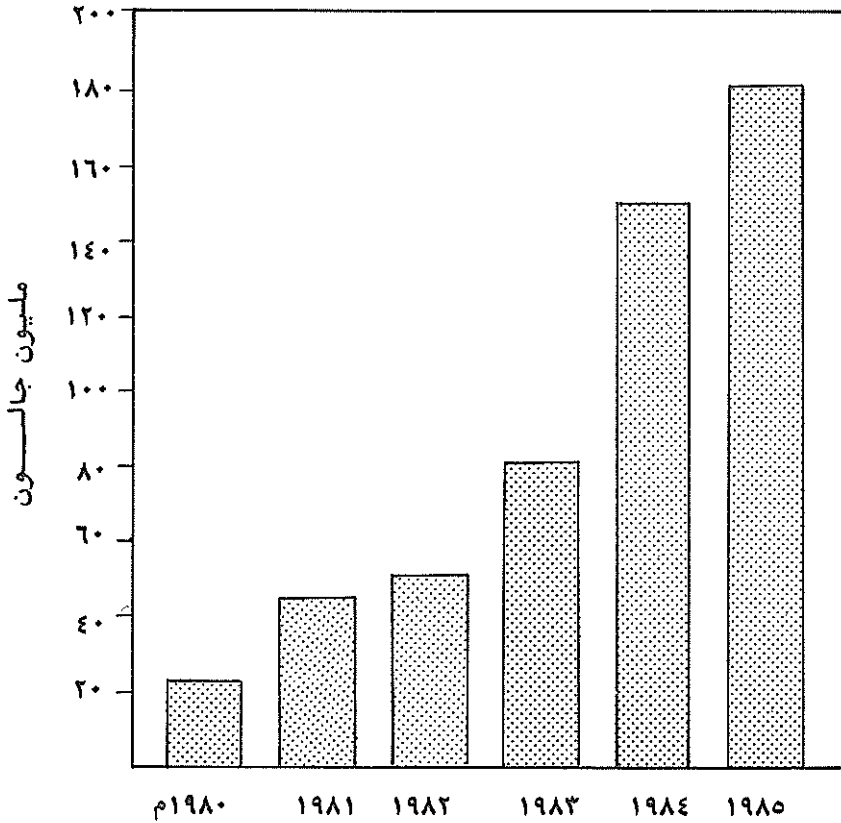
ومن أجل مواكبة الزيادة السنوية المطردة في السكان، وتمشياً مع خطط التنمية الطموحة في الزراعة وال عمران، سعت دولة قطر جاهدة في تنمية مواردها المائية، حيث تعاقدت مع بعض الشركات لبناء محطات لتقطير مياه البحر من أجل مساندة المياه الجوفية المحدودة. فمدينة الدوحة، على سبيل المثال، (شكل رقم ٩) والتي اعتمدت على المياه الجوفية خلال تاريخها الطويل مرت بنمو وتوسع سريعين زادت على أثرهما الحاجة إلى المياه العذبة، والتي اضطرت معها حكومة قطر للشروع في تحلية مياه البحر، من أجل مواجهة تلك الزيادة. وقد شرعت قطر ولأول مرة في تحلية مياه البحر عام ١٩٥٣ م، عندما تم توسيع محطة الدوحة، (المرحلة الأولى)، بطاقة إنتاج يومية قدرها ٧٢ ألف جالون. وقد تم توسيع المحطة عام ١٩٥٥ م، بعد إتمام المرحلة الثانية المكونة من وحدتي تقطير، ليصبح الإنتاج اليومي ١٢٠ ألف جالون. وتم إضافة وحدتي تقطير آخرين سنة ١٩٥٩ م، ليبلغ الإنتاج الإجمالي لها حوالي ٤٢٠ ألف جالون يومياً.

ومن أبرز المشروعات التي قامت بها دولة قطر في توفير مياه الشرب، مشروع بناء محطة التقطير المركزية في رأس أبو عبود، (المرحلة الأولى)، (شكل رقم ٩) عام ١٩٦٣ م. والتي تعمل بوحدتي تقطير بطاقة قدرها حوالي ٥, ٢ مليون جالون يومياً. كما أدخلت على المحطة العديد من التحسينات والإضافات. حيث تم تركيب وحدتين جديدتين في عامي ١٩٦٧ و ١٩٦٨ م، تبلغ طاقتاهما الإنتاجية مليون جالون يومياً. وتواصلت عمليات التوسعة والتطوير في المحطة بعدما تم تشغيل ٤ وحدات تحلية في عامي ١٩٧٣ و ١٩٧٧ م، بطاقة إنتاجية قدرها ٨ ملايين جالون يومياً. وذلك بواقع ٢ مليون جالون للوحدة.

وفي أواخر العقد السابع من القرن العشرين تم افتتاح محطة أبوفنتاس، والتي مرت منذ إنشائها بعمليات تطوير مستمرة، امتدت على ثلاث مراحل. ففي عام ١٩٧٧ م، تم تشغيل المرحلة الرابعة، والتي تعمل بأربع وحدات تنتج ما مجموعه ١٦ مليون جالون يومياً، أي بواقع ٤ ملايين جالون للوحدة.

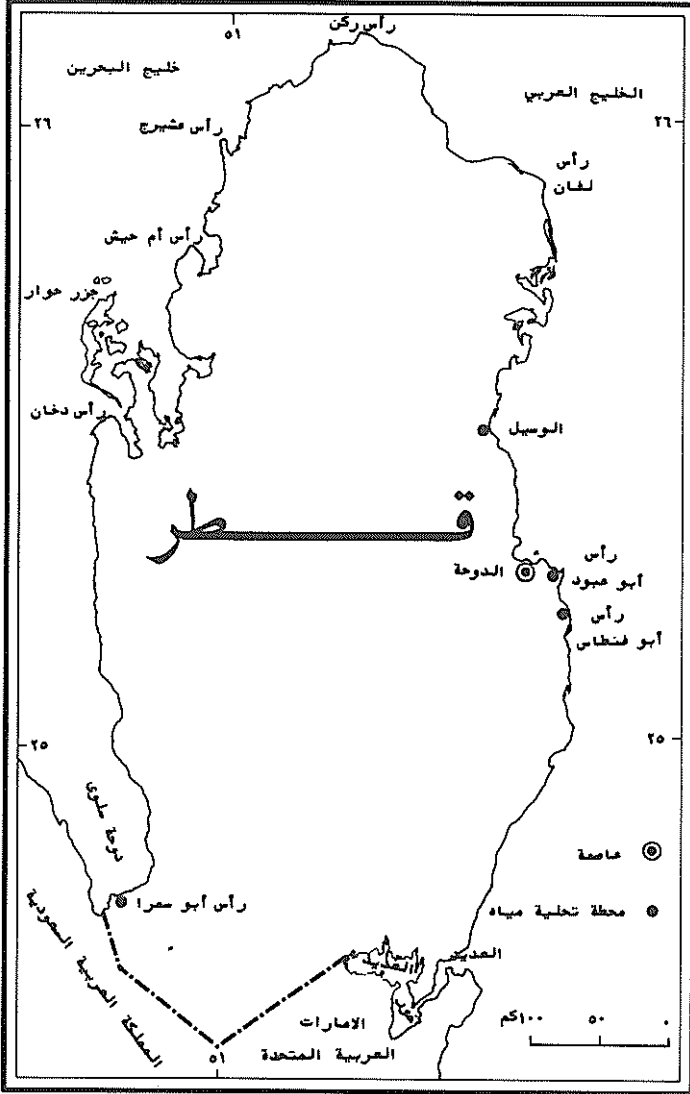
وتجدر الإشارة إلى أنه تم إلغاء محطة التحلية بمرحلتها الأولى والثانية في منطقة وسط الدوحة، وإلغاء المرحلتين الأولى والثانية من محطة تحلية رأس عبود في عام ١٩٧٩م، و١٩٨١م على التوالي.

شكل رقم (٨)
تطور إنتاج مياه البحر المحلاة في دولة الإمارات العربية المتحدة
خلال الفترة من ١٩٨٠ - ١٩٨٥م



المصدر: سعود عشان الحميدان - مياه الشرب في دولة الإمارات العربية المتحدة ١٤٠١هـ - ١٩٨١م
ص ص ٤٧، ٤٨.

شكل رقم (٩)
محطات التحلية في دولة قطر



المصدر: من عمل الباحث.

وبذلك يكون مجموع الإنتاج للمياه المحلاة في دولة قطر حوالي ٥٨ مليون جالون يومياً. عدا محطة أبوسمرا للتناضح العكسي التي تم تشغيلها عام ١٩٨٢م، لتحلية المياه الجوفية عالية الملوحة.

ولا يقف نشاط الدولة عند هذا الحد بل يتعداه لتنفيذ مشروعات مستقبلية، من أجل ضمان توفير المياه بالكمية والنوعية التي تلائم نهضة ورقي البلاد. فمشروع محطة الوسيل لتحلية مياه البحر تقرر تنفيذه لإنتاج حوالي ٤ ملايين جالون يومياً. والجدول رقم (٨) يوضح تطور إنتاج المياه المقطرة في دولة قطر من سنة ١٩٦٨ إلى ١٩٨١م.

جدول رقم (٨)

تطور إنتاج مياه البحر المحلاة في دولة قطر خلال الأعوام
(٦٨، ٧٣، ٧٧، ٧٨، ٨٠، ١٩٨١م (مليون جالون يومياً))

السنة المحطة	١٩٦٨م	١٩٧٣م	١٩٧٧م	١٩٧٨م	١٩٨٠م	١٩٨١م	ملاحظات
الدوحة	-	-	-	-	-	-	ألغيت
رأس أبوعبود	٢	٢	١٠	١٠	١٠	١٠	
أبوفنتاس	-	-	٨	٨	٣٢	٤٨	
الوسيل	-	-	-	-	-	-	مقترحة
أبوسمرا	-	-	-	-	-	-	تغذى بمياه جوفية مالحة
المجموع	٢	٢	١٨	١٨	٤٢	٥٨	-

المصدر: تقرير إحصائي عن الكهرباء والماء لعام ١٩٨٦م - وزارة الكهرباء والماء - دولة قطر،
ص ٣٩.

ودولة البحرين واحدة من دول المجلس التي انفردت بين دول المجلس منذ زمن طويل بوفرة المياه الطبيعية العذبة الموجودة على شكل عيون وينابيع ، والتي كانت ولا تزال تشكل المورد المائي الرئيسي للعديد من الأغراض . فعلى الرغم من التوسع الكبير في إنتاج المياه المقطرة من البحر، إلا أن كمية المياه الطبيعية المنتجة والمستخدمة لجميع الأغراض في البلاد تزيد على ٨٢٪ من جملة الموارد المائية المختلفة لدولة البحرين .

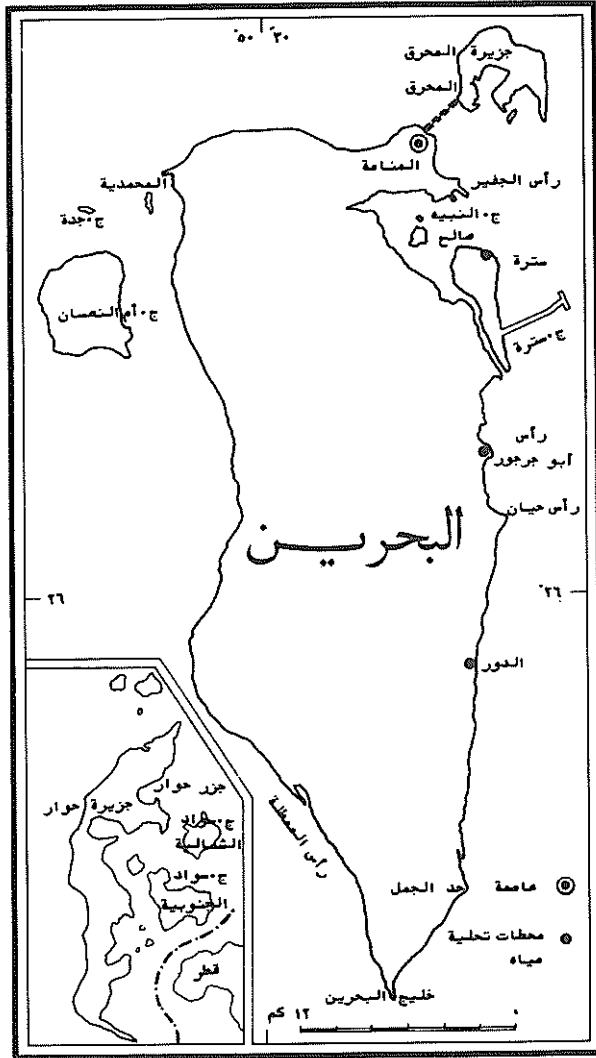
ودولة البحرين كمثيلاتها في دول المجلس اتجهت إلى البحر للحصول على المياه العذبة بعد تحلية مياهه لسد حاجتها المتصاعدة من المياه، عندما انخفض منسوب المياه الجوفية، وتدهورت نوعيتها، نتيجة السحب الكبير المستمر . وفي خط هذا التوجه قامت حكومة البحرين بإنشاء محطة سترة كأول محطة تحلية عام ١٩٧٦م، والتي كانت تعمل بوحدي تقطير بطاقة إنتاجية قدرها ٥ ملايين جالون يومياً، (شكل رقم ١٠) . وقد خصص الماء المنتج لتزويد المناطق الأكثر تضرراً من ارتفاع ملوحة المياه الجوفية بالمنطقة الوسطى وجزيرة سترة .

وفي منتصف السبعينات ومع استمرار النمو الاقتصادي والتزايد السكاني استمرت زيادة الطلب على المياه، والتي قدرت نسبة الزيادة السنوية بنحو ١٠٪ (المنصور والعرادي، ص ١٧١) وعلى أثر هذا التطور شرعت البحرين في إنجاز بعض مشروعات التحلية والتي تمثلت في توسعة محطة سترة، وذلك بإضافة ثلاث وحدات تحلية أخرى بطاقة قدرها ١٥ مليون جالون يومياً . وتم تشغيل الوحدة الأولى في شهر يناير من عام ١٩٨٥م، في حين تم تشغيل الوحدتين الثانية والثالثة في صيف العام نفسه . وفي السنة نفسها أيضاً بدأت محطة سترة الثانية إنتاجها بطاقة يومية قدرها ٥ ملايين جالون ليكون إجمالي الإنتاج في محطتي سترة ٢٥ مليون جالون يومياً .

وضمن مساعي حكومة البحرين في تنمية مواردها المائية، الاهتمام بتحسين وتحلية المياه الجوفية . فقد أنشأت الدولة في عام ١٩٨٥م، محطة تحلية رأس أبوجرجور والتي تعمل بطريقة التناضح العكسي لتخفيف ملوحة المياه المسحوبة من الطبقة

الوسطى، (طبقة أم الرضمة)، بقدرة إنتاجية يومية تبلغ حوالي ١٠ ملايين جالون. وفي عام ١٩٨٦م، تم تشغيل محطة الدور لتحلية مياه البحر بطريقة التناضح العكسي لإنتاج كمية تصل إلى ١٠ ملايين جالون يومياً. وبذلك تكون جملة المياه المنتجة بمحطات التحلية لدولة البحرين ٤٥ مليون جالون يومياً (جدول رقم ٩).

شكل رقم (١٠)
محطات التحلية في دولة البحرين



المصدر: من عمل الباحث.

جدول رقم (٩)
تطور إنتاج مياه البحر المحلاة في دولة البحرين
للأعوام ٧٦، ٨٥، ١٩٨٦م (مليون جالون يوميًا)

ملاحظات	١٩٨٦م	١٩٨٥م	١٩٧٦م	السنة المحطة
لتحلية المياه الجوفية	٢٥	٢٥	٥	سترة
	١٠	-	-	رأس أبوجرجور
	١٠	-	-	محطة الدور
المجموع	٤٥	٢٥	٥	

المصدر: وزارة الأشغال والكهرباء والماء، تحلية المياه في البحرين، ص ٤ ومصادر المياه واستخداماتها في دولة البحرين ١٩٨٦م، ص ١٧١، ١٧٢.

وكما سبقت الإشارة إلى أن سلطنة عُمان تعتبر أوفر حظًا من دول المجلس الأخرى في وفرة المياه الطبيعية الجوفية نظرًا لتمتعها بظروف مناخية وهيدرولوجية جيدة ساعدت على تعزيز مخزونها المائي الجوفي من مياه الأمطار والسيول. فعلى طول الأودية المنحدرة من مرتفعات عمان في شمال البلاد ومرتفعات ظفار في الجنوب تتوزع العديد من العيون والأفلاج وتنتشر الكثير من الآبار التي تغذي كافة المراكز القروية والحضرية بمياه الشرب والري. وإدراكًا لأهمية الموارد المائية الطبيعية للبلاد سعت حكومة سلطنة عُمان في تعزيز مواردها المائية بإنشاء السدود وبناء القنوات وصيانة الأفلاج والعيون وكثفت جهودها في الحفاظ على تلك الموارد بترشيد الاستهلاك والاستخدام الأفضل للمياه.

ولم تنصب جهود الدولة واهتمامها بالموارد المائية على تنمية المياه الجوفية والحفاظ عليها فقط بل شملت أيضًا الشروع في توفير المياه العذبة عن طريق تحلية مياه البحر. فمدينة مسقط وبعض المراكز القروية المنتشرة على طول السواحل تنعم حاليًا بالمياه

المحلاة من البحر. ولقد كانت باكورة مشروعات التحلية في عُمان إنشاء محطة تحلية المياه بالغبرة (شمال العاصمة) (شكل رقم ١١) سنة ١٩٧٦م بطاقة قدرها ٦ ملايين جالون يومياً، زيد إنتاجها إلى ١٢ مليون جالون يومياً عام ١٩٨٣م بعدما أُضيفت وحدة تحلية أخرى لها. وإقامة هذه المحطة والتوسعة التي أُضيفت لها بلغ نسبة ما تحصل عليه العاصمة مسقط من مجموع استهلاكها المائي حوالي ٤, ٥٤٪ وتكون محطة الغبرة بذلك هي المحطة الرئيسية في البلاد حيث لا تزيد الطاقات الإنتاجية لبقية المحطات الصغيرة المقامة في كل من جزيرة مصرّة وفي رأس الحد والرويس ورأس مدركة وجزيرة محوت وفي هيتام والعدايات والظهر عن ٢٨٥, ٠٠٠ جالون يومياً (جدول رقم ١٠).

جدول رقم (١٠)

كمية إنتاج المياه المحلاة من محطات التحلية المقامة في سلطنة عمان (ألف جالون يومياً)

اسم المحطة	كمية الإنتاج
محطة الغبرة	١٢٠٠٠
محطة جزيرة مصيره	١٥٣
محطة رأس الحد	٢٢
محطة الرويس	٢٢
محطة رأس مدركة	٢٢
محطة جزيرة محوت	٢٢
محطة هيتام	١١
محطة العدايات	١١
محطة الظهر	١١
محطة أبو مصابي	١١
إجمالي الإنتاج	١٢٢٨٥ جالون يومياً

المصدر: وزارة الكهرباء والمياه ١٩٨٥م ص ٢٦.

وبهذا يمكن القول إن جميع مناطق سلطنة عُمان باستثناء العاصمة مسقط تعتمد اعتماداً كلياً على المياه الطبيعية في حين لاتزال المياه المقطرة لا تشكل إلا جزءاً بسيطاً من موارد عُمان المائية .

وعلى هذا الأساس تكون الطاقة الإنتاجية لمياه البحر المحلاة في دول المجلس حوالي ١٠٥٠ مليون جالون يومياً . والجدول رقم (١١) يوضح الطاقة الإنتاجية لمحطات التحلية في دول المجلس وحصّة الفرد في كل دولة من المياه المقطرة وترتيب الدول من واقع تلك الحصّة .

جدول رقم (١١)
إجمالي إنتاج المياه المحلاة في دول المجلس وحصّة الفرد من المياه المحلاة

الترتيب	حصّة الفرد جالون يومياً — لتر يومياً	عدد السكان	إجمالي الإنتاج مليون جالون يومياً	الدولة
٥	٢٢٣, ١-٤٩, ١	١٢٠٠٠, ٠٠٠	٥٥٠	المملكة العربية السعودية
٣	٥٤١, ١-١١٩, ١	١٨٠٠, ٠٠٠	٢١٥	الكويت
٢	٦٤٣-١٤١, ٥	١٣٠٠, ٠٠٠	١٨٤	الإمارات العربية المتحدة
١	٨٧٨, ٤-١٩٣, ٣	٣٠١, ٠٠٠	٥٨	قطر
٤	٤٧٤, ٤-١٠٤, ٤	٤٣١, ٠٠٠	٤٥	البحرين
٦	٤٥, ٤-١٠	١٢٠٠, ٠٠٠	١٢	عُمان

المصدر: من تجميع الباحث من المراجع المذكورة في البحث .

إن المتفحص للسطور السابقة وما تحويه من أرقام يدرك وبجلاء المجهودات الضخمة التي تبذلها الجهات المعنية بشئون المياه بدول المجلس من أجل تنمية الموارد المائية وتوفير مياه الشرب بالنوعية والكمية التي تتلاءم وطموحات هذه الدول ومستويات شعورها في المعيشة، كما يدرك أيضاً أن مياه البحر المحلاة أضحت تشكل المرتكز الأساسي وحجر الزاوية التي تعتمد عليه شعوب دول المجلس في مختلف حاجياتهم اليومية من المياه والتي تعكس مدى المشكلة التي تعانيها من ندرة المياه الطبيعية العذبة .

ثانياً: طرق التحلية وجوانبها الاقتصادية:

١ - طرق التحلية ومفهومها:

يقصد بالتحلية الطرق التي يمكن بواسطتها تحويل مياه البحر المالحة إلى مياه نقية عذبة وتتم عمليات التحلية بطرق مختلفة يمكن تقسيمها إلى أربع مجموعات على النحو التالي: (المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، مبادئ التحلية ص ٨).

Membrane	(١) طرق الأغشية - ومنها
Reverse Osmosis	أ - التناضح العكسي
Electrodialysis	ب - الديليزة أو الفرز الكهربائي
Transport Depletion	ج - الانتقال المحدود أو الناقص
Piezodialysis	د - الفرز الكهربائي المضغوط

Distillation	(٢) التقطير - ومنها
Multistage Flash Distillation	أ - التقطير الوميضي متعدد المراحل
Vertical Tube Distillation	ب - التقطير بالأنبوبة الرأسية
Multieffect Multistage Distillation	ج - التقطير عديد الفعالية
Vapor Compression Distillation	د - التقطير بواسطة البخار المضغوط
Solar Humidification	هـ - التقطير بأشعة الشمس

Crystallization	(٣) البلورة أو التجمد - ومنها
Vacuum Freezing Vapor Compression	أ - التجمد تحت ضغوط مخلخلة ثم التبخير بالانضغاط
Secondary Refrigerant Freezing	ب - التبخير بتأثير التبخير الثانوي
Eutectic Freezing	ج - التجمد الحرج
Hydrate Formation	د - التكوين المائي

(٤) الكيمياء Chemical

التبادل الأيوني Ion Exchange

وعلى الرغم من تعدد طرق التحلية، إلا أن طريقتا التقطير الومضي متعدد المراحل وطريقة التناضح العكسي هما الطريقتان اللتان تحتلان الصدارة بين الطرق الأخرى المستخدمة في عمليات التحلية. فالطريقتان تشكلان حوالي ٨٨٪ من بين الطرق الأخرى المستخدمة حالياً في تحلية المياه المالحة (IDA, P.19) كما أن وحدات التحلية العاملة بطريقة التقطير الومضي متعدد المراحل وذات القدرة الإنتاجية التي تصل إلى ٤٠٠٠ م^٣/يوم أو أكثر للوحدة تشكل حوالي ٨٢٪ من بين الوحدات العاملة بطرق أخرى. وتحتل طريقة التناضح العكسي المرتبة الثانية وبمعدل قدره ١٣,٥٪ من النسبة المتبقية (IDA, P.32) وبناءً على ذلك يتضح أن طريقة التقطير الومضي متعدد المراحل وطريقة التناضح العكسي هما الطريقتان المفضلتان في إنتاج كميات كبيرة من المياه المحلاة. إن اختيار طريقة على أخرى في عمليات التحلية تعتمد على معايير معينة مثل نوعية مياه البحر (أي نسبة الأملاح المذابة فيها) وعلى درجة حرارتها وعمق مياه البحر ودرجة تلوث المياه، وكذلك تعتمد على اقتصاديات كل طريقة من الطرق.

ويمكن تلخيص طريقة التقطير الومضي متعدد المراحل على حقيقة أن الماء يغلي عند درجات حرارة تقل باستمرار بتعريضه لضغوط منخفضة فبعد تسخين ماء البحر يدفع إلى غرفة مخلخلة الضغط إلى درجة يحدث فيها غليان مباشر أو ما يطلق عليه بالومضي (Flash) ثم يتحول عندها قسم من الماء إلى بخار. وتؤدي عملية التبخير هذه إلى تقليل درجة حرارة الماء المالح المتبقي، حيث يسخن بعدها إلى غرفة ثانية ذات ضغط أقل من ضغط الغرفة الأولى بحيث تغلي أو تومض كميات أخرى من الماء ويتحول إلى بخار وتقل معها أيضاً درجة حرارة الماء المالح المتبقي عندها يسخن إلى غرفة ذات ضغط أقل وأقل للحصول على عمليات تبخير دون اللجوء إلى تسخين المياه المتبقية. ويتم تكثيف البخار الناشئ من عملية الومض عند ملامسته المكثف أو المبادل الحراري حيث يمر بداخله ماء البحر البارد قبل تسخينه. وعليه فإن الحرارة التي تأخذ من البخار لتكثيفه وتحويله إلى ماء عذب تنتقل إلى ماء البحر المراد تحليته لإعطائه جزءاً من الحرارة

اللازمة لغيلانه . وتستخدم هذه الطريقة في تحلية مياه البحر أو المياه ذات التركيز العالي من الأملاح المذابة بها، وتستخدم أيضاً من أجل إنتاج كميات كبيرة من المياه العذبة وتوليد الطاقة الكهربائية .

أما عملية التحلية بطريقة التناضح العكسي فتتم بتمرير المياه المالحة عبر غشاء شبه منفذ حيث إنه يسمح (أي الغشاء) بمرور الماء دون مرور الأملاح المذابة به . ويمكن توضيح مفهوم التناضح العكسي بفصل ماء عذب من ماء مالح بواسطة غشاء نصف منفذ، عندها ينتقل الماء العذب عبر الغشاء في اتجاه الماء المالح حيث يقوم بتخفيف تركيزه . وتسمى هذه الظاهرة بالتناضح أو الأسموزية (Osmosis) . ويستمر الماء العذب في المرور خلال الغشاء بسبب الفرق في تركيز الأملاح كما لو كان هناك ضغط واقع عليه . وتسمى القوة المؤثرة التي تؤدي إلى انتقال الماء من الجانب القليل الملوحة إلى الآخر ذي التركيز العالي بالضغط التناضحي أو الضغط الأسموزي (Osmotic Pressure) . ويعتمد الضغط التناضحي على درجة حرارة المحلول وعلى درجة تركيز الملح فيه . وبتسليط ضغط على الماء المالح فإن عملية انتقال الماء تنعكس في حالة ما إذا كان الضغط المبذول أكبر من الضغط التناضحي للمحلول، أي أن الماء ينتقل من المحلول الأكثر تركيزاً عبر الغشاء إلى الجانب المخفف . وبهذه الطريقة يتم التخلص من الأملاح المذابة في الماء وتحويله إلى ماء عذب .

ب - الجدوى الاقتصادية وتكلفة إنتاج المياه المحلاة

إن التوسع السريع في مشروعات التحلية والاعتماد الكبير على مياه البحر المحلاة يشير وبوضوح إلى أن الأجهزة المعنية بشئون المياه في دول المجلس لم تجد بُدّاً من اللجوء إلى البحر لسد حاجياتها المتزايدة والمتعاظمة من المياه العذبة . فالظروف الطبيعية القاسية وندرة المياه من جهة والتطورات الاقتصادية وزيادة السكان وارتفاع مستوى معيشتهم من جهة ثانية كلها عوامل تضافرت لفرض واقع يميل على الجهات المسؤولة التفكير الجدي في البحث عن مورد مائي جديد يكون أكثر ثباتاً من الموارد المائية الجوفية والطبيعية . وقد وُجد في البحر الحُلّ الأمثل لحاضر الأمة ومستقبلها خصوصاً بعد ما

شهدت تقنية عمليات التحلية في العقود الأخيرة تطوراً هائلاً في الإنتاج والتشغيل . وهذا ما يؤكده سبيجلر (K.S. Spiegler) أستاذ الهندسة بجامعة كاليفورنيا عن المناطق التي تفتقر إلى المياه العذبة . إن المناطق التي تعاني من ندرة المياه العذبة - بينما تتوافر مياه المحيط أو المياه الجوفية الملحة - فإن تنقية المياه الملحة أو إزالة ملوحة المياه الملحة يُصبح أمراً ضرورياً (سبيجلر، ك. س. ص ٢) ويُضيف قائلاً، لذلك فقد تم إقامة العديد من محطات التحلية في مختلف الدول مثل المكسيك والولايات المتحدة الأمريكية وجزر الهند الغربية وفلسطين ودول الخليج العربي وغيرها . كما استخدمت الناقلات المحيطية مياه التحلية منذ ما يزيد على قرن من الزمن .

وتجدر الإشارة إلى أنه بالرغم من توافر المياه الجوفية في مناطق عديدة في الوقت الحالي في دول المجلس، إلا أن الاعتماد عليها كلية غير مرغوب فيه ويحمل في طياته الكثير من المخاطر . فاستمرار السحب الذي يفوق حالياً معدل التغذية الطبيعية عن طريق مياه الأمطار والسيول يؤدي إلى انخفاض متواصل في منسوب المياه الجوفية ويُسبب تدهوراً في نوعيتها . فقد شهدت العديد من الآبار الضحلة والعميقة التي تزود المدن الرئيسية في دول المجلس بالمياه، انخفاضاً كبيراً في مستوى مياهها مع استمرار السحب المفرط . فعلى سبيل المثال، أوردت شركة سوغريه - إحدى الشركات الهيدرولوجية الاستشارية التي عملت في وزارة الزراعة والمياه في المملكة العربية السعودية في أحد تقاريرها أنه تم تسجيل انخفاض بمقدار ١٢ متراً في آبار وادي حنيفة خلال سنة واحدة فقط من السحب . كما تم تسجيل انخفاض بمعدل ٦ ، ١ متر في العام الواحد في آبار وادي نساح التابعة لمدينة الرياض (Sopreah, P.17) .

وذكر وليامزو الصقعي (١٩٨٢م) أن آبار طبقة المنجور الرملية العميقة (إحدى الطبقات الرئيسية التي تزود مدينة الرياض بالمياه الجوفية) شهدت انخفاضاً يتراوح بين ٦٥ - ٨٥ متراً خلال الفترة من ١٩٧٨م - ١٩٧٩م . كما سجل انخفاضاً آخر بمقدار ٤٠ - ٦٥ متراً خلال الفترة من ١٩٧٩ و ١٩٨٠م للآبار نفسها .

كما ذكر مصطفى نوري عثمان (١٩٨٣م) أن معظم الطبقات الرسوبية الحاملة للماء في المملكة العربية السعودية تعاني من مشكلة تفوق كمية سحب المياه على التغذية السنوية لها .

وتذكر فاطمة يوسف العبدالرزاق أن الكويت أخذت بوسائل التقطير لتحلية مياه البحر بعد أن عجزت مواردها الطبيعية في مواجهة الطلبات اليومية من المياه . وقد أوردت وزارة الزراعة بدولة الإمارات العربية المتحدة عام ١٩٨٠م تقريراً إلى الدولة مفاده أن جملة ما استهلكته الدولة من مياه في سنة ١٩٧٩م بلغ نحو ٥٠٥ ملايين متر مكعب منها ٤١٠ مليون متر مكعب للزراعة و ٩٥ مليون متر مكعب للأغراض المنزلية والصناعية . وأضافت الوزارة في تقريرها أن كمية المياه التي تصل إلى الخزانات الجوفية في الدولة تقدر بنحو ١٤٠ مليون متر مكعب فقط في السنة . وأن ذلك يعني أن مقدار العجز (أي مقدار الفرق بين السحب والتغذية الطبيعية) يبلغ ٣٦٥ مليون متر مكعب في تلك السنة . ويشير التقرير أيضاً إلى أن العجز بدأ بدرجات متفاوتة في السنوات السابقة وتراكم آثاره في تدهور المخزون الجوفي إلى يومنا هذا (يوسف أبو الحجاج، ص ١١٩ ، ص ١٢٠) . وفي دولة قطر بلغ مقدار العجز الكلي للمياه حوالي ٢٣٧ مليون متر مكعب خلال الفترة من ١٩٧٢/٧١م حتى ١٩٨٣/٨٢م ، أي بمعدل يقارب ١٩,٨ مليون متر مكعب للسنة الواحدة وذلك نتيجة الزيادة في السحب والتي تفوق معدلاتها كميات التغذية الطبيعية للطبقات الجوفية، وهذا عدا الفاقد من المخزون الجوفي المتسرب إلى البحر والذي تقدر كميته بحوالي ٤٣ مليون متر مكعب في السنة (وزارة الكهرباء والماء، ص ٦٤) . وأخذت مدينة مسقط، عاصمة سلطنة عُمان، أكبر المدن العمانية وأكثرها استهلاكاً للمياه، تتوسع في الاعتماد على مياه التحلية بعدما ارتفعت نسبة ملوحة مياهها الجوفية (وزارة الكهرباء والمياه العمانية، ص ٣٠) .

لذا فقد أصبحت عملية تقطير مياه البحر والحصول على المياه العذبة منه أكبر ضرورة من إزالة عسر المياه الجوفية على الرغم من أن تنقية المياه الجوفية تتطلب عمليات أقل تعقيداً من تقطير مياه البحر وبالتالي تكون تنقيتها أقل تكلفة من تحلية مياه البحر . يقول روى بوبكين (Roy Popkin) المدير المساعد لدائرة العلاقات العامة التابعة للصليب الأحمر الأمريكي سابقاً، يقول عن المناطق التي يندر فيها وجود المياه الجوفية

والسطحية العذبة. إن هذه المناطق تجدد في تحلية المياه المالحة ضماناً لاستمرار الحصول على الماء في المستقبل، شريطة أن يكون لذلك مبرر اقتصادي (روي بوبكين، ص ٧٢). إن المبرر الاقتصادي يفرض نفسه هنا لأن مسيرة التنمية الاقتصادية والاجتماعية لا يمكن تحقيقها أو ضمان استمرارها دون الوفاء بمتطلباتها العديدة، والتي من أهمها وفرة المياه الصالحة للاستعمالات المختلفة.

والحقيقة فإنه بالرغم من الاعتماد الكبير على مياه البحر المحلاة إلا أن العامل الاقتصادي وتكلفة إنتاج المياه المقطرة مازالت تشكل العنصر الأساسي في الأخذ بهذا النهج، ومازال رأس المال المستثمر في إنشاء المحطات وتشغيلها هو العقبة الرئيسية التي تواجه المخططين، وتعترض صناعي القرارات. يقول شبيجلر: «وفي الواقع فإن تنقية المياه المالحة لا يعد مشكلة من حيث إمكانية التنفيذ، وإنما المشكلة الأساسية تكمن في اقتصادياتها» (سبيجلر، ك. س، ص ٣).

إن أقطار مجلس التعاون لدول الخليج العربي تنفق سنوياً مئآت الملايين من الدولارات لقطاع إنتاج المياه المحلاة من البحر. فالمملكة العربية السعودية على سبيل المثال اعتمدت في خطتها الخمسية الرابعة للتنمية ١٤٠٥ - ١٤١٠ هـ مبلغاً قدره (٢, ٢٠٩٣٦) مليون ريال للمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، خصص منه مبلغ قدره (٢, ١٤١٥٦) مليون ريال لإنشاء محطات التحلية وتطويرها في حين اعتمد باقي المبلغ وقدره (٦٧٨٠) مليون ريال للتشغيل والصيانة والشؤون الإدارية (وزارة التخطيط، خطة التنمية الرابعة). كما اعتمدت حكومة المملكة مبلغاً قدره (١٥٩٩) مليون ريال في العام المالي ١٤٠٨/١٤٠٩ هـ لمصالح المياه والصرف الصحي في مناطق الرياض والشرقية والغربية والمدينة المنورة والقصيم وعسير (وزارة المالية والاقتصاد الوطني - الكتاب الإحصائي السنوي ١٤٠٨ هـ - ١٤٠٩ هـ).

ومن هنا يجب على المخطط المهتم بتنمية الموارد المائية أن يُفاضل من حيث التكلفة والجدوى الاقتصادية بين تحلية مياه البحر وبين تنقية المياه الطبيعية ونقلها إلى المستهلك. وبما أن دول المجلس تفتقر إلى أي شكل من أشكال المياه الطبيعية

السطحية، وبما أنها تعاني من عجز المياه الجوفية في مواجهة الطلبات اليومية المتزايدة، كما تبين ذلك آنفاً، فإن عملية المفاضلة في مثل هذه الظروف يجب أن تكون في اتباع أفضل السبل والوسائل المستخدمة أو التي يمكن استخدامها في إزالة ملوحة مياه البحر، والتي تعتمد أساساً على الاختلاف في استهلاك الوقود والطاقة والاختلاف في نوع وعدد العمالة اللازمة للتشغيل كما تعتمد على الاختلاف في رأس المال الموظف لإنشاء المحطة خصوصاً إذا ما علمنا أن محطات التحلية لها عمر محدود يتراوح ما بين ٢٠ و ٣٠ سنة. وبذلك يكون استبدال المحطات المقامة حالياً بمحطات أخرى جديدة من الأمور التي لا بد منها بعد انقضاء تلك المدة من إنشائها. بمعنى آخر يجب الأخذ بالنهج الأمثل للوصول إلى طرق تحلية تكون كفيلة بتقليل التكاليف ما أمكن مادامت عمليات التحلية أمراً لا بد من له.

ولقد أدرك العديد من الدارسين والباحثين العاملين في صناعة تحلية مياه البحر مشكلة التكلفة ومحاولة إنتاج ماء بأقل سعر ممكن عن طريق اتباع تقنيات جديدة تضاف إلى الوسائل المتبعة حالياً في تحلية مياه البحر. إن نتائج مثل هذه الدراسات وتوصيات الباحثين، لها وبدون شك الأثر البالغ في مستقبل هذه الصناعة وربما تؤدي مواصلة البحوث المماثلة إلى ثورة في عمليات التقطير وإنتاج ماء عذب بأقل التكاليف.

من بين هذه الدراسات، الدراسة التي قام بها كل من ندى وخميس والحسين من أجل تقويم محطة الخبر (المرحلة الثانية) ذات الطاقة الإنتاجية (٥٠ مليون جالون يومياً)، عند تشغيلها بدرجات حرارة مختلفة من الوجهة الاقتصادية.

إن محطة الخبر (المرحلة الثانية) تتألف من خمس وحدات تحلية، كل وحدة مصممة لإنتاج ١٠ ملايين جالون يومياً (أي ما يعادل ١٠٠٪ من الطاقة الإنتاجية) وذلك عند تشغيلها بدرجة حرارة (٩٠م) مع إضافة البولي فوسفات (Poly Phosphate) كمادة كيميائية تعمل للحد من تكون القشور وترسبات الأملاح. كما أن وحدات تحلية المحطة مصممة للعمل على درجات حرارة (١٠٦م) و (١١٠م) لإنتاج كمية من الماء

العذب قدرها ١٢ مليون جالون يومياً (مايعادل ١٢٠٪ من طاقتها) وحوالي ٤, ١٣ مليون جالون يومياً (مايعادل ١٣٤٪ من طاقتها على التوالي للوحدة عند إضافة مادة (Belgard EV.) كمادة كيميائية تعمل أيضاً للحد من تكون القشور وترسبات الأملاح (مثل كربونات الكالسيوم والمغنسيوم وأكاسيد الحديد وغيرها من المواد العضوية).

وتجدر الإشارة إلى أن مثل هذه القشور والأملاح تعمل على تقليل الانتقال الحراري بين أنابيب الماء المغلي القادم من غرفة التسخين وماء البحر المراد تبخيره، وبالتالي تعمل على تقليل كفاءة المحطة في إنتاج المياه المحلاة. يقول سيلفر (١٩٦٢م) أحد خبراء صناعة مياه البحر المحلاة «إن تاريخ التحلية مرتبط بتاريخ الحد من التقشر» (Nabil N., No.19).

وبعد التجارب العملية بتشغيل وحدات التحلية على درجات الحرارة الثلاث توصلوا إلى النتائج التالية:

- ١ - عند تشغيل الوحدات بدرجة حرارة ٩٠°م تكون تكلفة المتر المكعب الواحد من الماء العذب حوالي ٤٤, ٢ ريال سعودي.
- ٢ - وفي حالة تشغيل الوحدات بدرجة حرارة ١٠٦°م تكون تكاليف المتر المكعب الواحد من الماء المنتج حوالي ٥٧, ٢ ريال سعودي.
- ٣ - أما عند تشغيل الوحدات بدرجة حرارة ١١٠°م فتكون تكلفة المتر المكعب الواحد من الماء المنتج حوالي ٥١, ٢ ريال سعودي.

إن الاختلاف في تكاليف أسعار الماء المنتج مع الاختلاف في تشغيل الوحدات بدرجات متباينة ويرجع إلى الاختلاف في كمية استهلاك الوقود وإلى الاختلاف في المواد الكيميائية المستخدمة وكمياتها المضافة. واستناداً على ذلك يكون تشغيل المحطة عند درجة ٩٠°م الأكثر اقتصاداً من تشغيلها عند ١٠٦°م و١١٠°م.

ويجدر التنويه إلى أن تكاليف رأس المال لإقامة المحطة وأجور العاملين غير مضافة إلى تكلفة وحدة الماء المنتج . وعليه تكون الأسعار لا تمثل التكلفة الحقيقية لوحدة الماء المنتج ، لكنها تشير وبوضوح إلى الطريقة الأفضل اقتصادياً .

وفي دراسة تحليلية أخرى قام بها نبيل ندى لمقارنة تكاليف الماء المنتج من ثلاث محطات تعمل بطريقة التقطير الومضي متعدد المراحل عند استخدام ثلاث مواد كيميائية مختلفة تعمل للحد من ترسبات الأملاح والمواد الصلبة المذابة بالماء المالح داخل أنابيب التحلية والمبادلات الحرارية .

إن المواد الكيميائية الثلاث المستخدمة في المحطات الثلاث هي البولي فوسفات (Polyphosphate) والبوليمر (Polymer additive) وحمض الكبريتيك (Sulphuric acid) إن كل نوع من المواد الكيميائية الثلاث المستخدمة في التحلية يتمشى فقط مع درجة حرارة معينة واحدة ، فمادة البولي فوسفات تضاف إلى الماء المالح المراد تحلته في حالة تشغيل محطة التحلية عند درجة حرارة ٩٠ م . ويمكن زيادة إنتاج وحدات التحلية برفع درجة الحرارة وإضافة المواد الكيميائية المناسبة لها . فمادة البوليمر تُضاف إلى الماء في حالة تشغيل المحطة عند درجة حرارة ١١٠ م في حين يستخدم حمض الكبريتيك عند تشغيلها بدرجة حرارة ١٢٠ م من أجل رفع الطاقة الإنتاجية للوحدة .

إن رفع معدل إنتاج المحطة برفع درجات الحرارة وبإضافة الكيماويات المناسبة لا بد أن يُصاحبه اختلاف في تكلفة الماء المنتج وذلك باختلاف الكمية للماء المحلي . إن بيانات تكلفة وحدة الماء المنتج التي أوردها الباحث في دراسته تستند إلى تكاليف رأس المال الموظف لإقامة المحطات وإلى تكاليف العمالة والكهرباء والمواد الكيميائية وعمليات الصيانة وقطع الغيار . إن تكاليف رأس المال المعتمد لإقامة المحطات قد قسم على ٢٠ على اعتبار أن عمر المحطة الزمني المفترض هو ٢٠ سنة وعليه فقد أضاف الباحث ٥٪ من تكاليف رأس المال إلى تكاليف الماء المنتج في خلال السنة الواحدة .

وقد توصل الباحث في دراسته إلى أن المحطة ذات المعدل العالي في الإنتاج وذات المعالجة بالحامض هي الأفضل والأجدي اقتصاديًا. فتكاليف رأس المال المخصص لبناء المحطة تكون أقل في حالة المحطة ذات المعدل العالي في الإنتاج وذات المعالجة بالحامض وتندرج الزيادة من المحطة ذات المعالجة بالبوليفوسفات إلى المحطة ذات المعالجة بالبوليمر. وقد تبين أيضًا أن تكاليف الوقود المستهلك تشكل النسبة الأعلى من جملة تكاليف التشغيل ويكون أقل عند استخدام الحامض ويزداد بالتوالي مع البوليفوسفات والبوليمر. وتحتل تكاليف الكهرباء المرتبة التالية بعد تكاليف الوقود، وهي أيضًا أقل عند استخدام الحامض وتزداد مع البوليمر ثم البوليفوسفات. ويشير الباحث إلى أن تكاليف المواد الكيميائية لا تشكل إلا نسبة بسيطة من تكاليف التشغيل الإجمالية.

وعلى هذا الأساس تكون تكلفة إنتاج الطن الواحد من الماء المحلى من المحطة ذات المعدل العالي في الإنتاج وذات المعالجة بالحامض حوالي ٥, ٢ دولار أمريكي في حين تكون حوالي ٣, ٠٣ دولار من المحطة ذات المعالجة بالبوليفوسفات وتكون حوالي ٣, ٣٠ دولار للماء المنتج من المحطة ذات المعالجة بمادة البوليمر.

واستناداً على النتائج السابقة يمكن استنتاج مايلي :

- ١ - إن تكاليف رأس المال لبناء محطة من ذات المعدل العالي في الإنتاج وذات المعالجة بالحامض هي الأقل من تكاليف إقامة المحطتين الأخرين من ذوات المعالجة بهادتي البوليفوسفات والبوليمر.
- ٢ - إن تكاليف التشغيل هي أقل عند استخدام الحامض من التكاليف في حالة استخدام كل من البوليفوسفات والبوليمر.
- ٣ - تكاليف الوقود وتسخين الماء تشكل النسبة الأعلى في تكاليف الماء المنتج. وعليه يكون إنشاء محطات ذات معدلات عالية في كمية الإنتاج، حسب ما يذكره الباحث، من الأولويات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار.
- ٤ - تكاليف أجور العمل هي الأخرى تشكل نسبة كبيرة من تكاليف التشغيل الإجمالية، ويرجع ذلك إلى أجور العمالة الفنية الأجنبية العالية. إن التقليل من

- تكاليف العمل عن طريق تدريب الأيدي العاملة المحلية سيؤدي إلى نتائج إيجابية في تخفيض تكاليف الماء المحلى المنتج .
- ومن أجل الحصول على مياه عذبة بأقل تكلفة ممكنة أيضاً، استخدمت طريقة التناضح العكسي كأفضل بديل للتقطير، وذلك لمزاياها الاقتصادية . فطريقة التناضح العكسي تتمتع بالمزايا التالية بالمقارنة مع معظم نظم التقطير الأخرى (معهد الكويت للأبحاث العلمية، ص ٥) .
- ١ - انخفاض استهلاك الطاقة .
 - ٢ - انخفاض كميات الترسبات ومعدلات التآكل .
 - ٣ - الفترة القصيرة لتشييد منشآت التناضح العكسي وتدني المساحة التي تشغلها .
 - ٤ - قلة تكلفة معدات النظام .
 - ٥ - سهولة إقامة وتشغيل وصيانة النظام .

وكتيجة لتطور نظام التناضح العكسي خلال السنين الأخيرة فقد استخدمت بعض الدول هذا النظام في محطاتها لتزويد المدن الصغيرة والقرى النائية التي تكفيها كميات قليلة من المياه المحلاة . ففي هذا الشأن قامت المملكة العربية السعودية، على سبيل المثال، بإنشاء محطتي تحلية للتناضح العكسي في مدينتي البرك وأمّالج على ساحل البحر الأحمر لتزويدهما بحوالي ٣م٢٢٧٥ و ٣م٤٤٠٠ على التوالي من المياه يومياً .

ولما كان تطبيق هذا النظام على نطاق أوسع يخطو خطواته الأولى ويحتاج الأمر إلى المزيد من الدراسة والفحص والتطوير للنهوض به، وبالتالي إمكانية الاعتماد عليه مستقبلاً في تزويد المدن الكبيرة، قامت دولة الكويت بإنشاء محطة الدوحة للتناضح العكسي كمحطة تجريبية لاختبار النظام . وكان هدف الكويت من ذلك هو الوقوف على التكلفة التشغيلية للنظام ومقارنة تكلفة إنتاج المياه بهذه الطريقة مع طريقة التقطير الومضي المتعدد المراحل، ومعرفة خدمة المرشحات (Membranes) وفترات تبديلها والطريقة المثلى للمعالجة الأولية ومن ثم تقويم كفاءة مكونات النظام بأسره . إن نتائج مثل هذه التجربة بعد تطبيقها ستكون وبلا شك ذات فائدة عظيمة في مجال تحلية المياه المالحة مستقبلاً في كل من الكويت ودول مجلس التعاون الخليجي الأخرى .

إن طريقة التناضح العكسي تعمل بكفاءة عالية، وتدوم مرشحاتها طويلاً عند استخدامها في تحلية المياه قليلة الملوحة (مثل المياه الجوفية) ولكنها تتأثر أي المرشحات كثيراً عند تعريضها لمياه ذات تركيز عال من الأملاح مثل مياه البحر. ولما كانت خدمة المرشحات وفترات تبديلها هي العامل المتحكم في تحديد كفاءة النظام ومن ثم في تكلفة وحدة الماء المنتج، فإن معالجة مياه البحر وفقاً للمعايير مسبقة التحديد لكي تتمشى مع متطلبات المرشحات ستؤدي إلى طول فترة تشغيلها، وبالتالي تقليل تكاليف إنتاج المياه العذبة.

وقد قام المهندسان طلال أسطى ولطفي بخيت بعمل دراسة عن واقع محطة البرك وأملاح للتناضح العكسي للوقوف على أداء المحطتين، ودرجة تأثر المرشحات بملوحة مياه البحر، والوسائل التي يجب أن تتبع من أجل حل مشكلة ارتفاع الملوحة إن أمكن. وذكر الباحثان سلسلة من المواد المذابة والمواد الغريبة العالقة في مياه البحر، والتي تعمل على تمزيق المرشحات وسد فتحاتها، وبالتالي تقلل من كفاءتها. وهذه المواد هي:

- ١ - تكوينات القشور المحلية.
- ٢ - التكوينات الحيوية اللزجة.
- ٣ - المواد العالقة.
- ٤ - التكوينات الدقيقة جداً.
- ٥ - الأكاسيد المعدنية.
- ٦ - الزيوت والشحوم.

وتتكون القشور الملحية نتيجة ترسبات العديد من الأملاح مثل كربونات الكالسيوم وسلفات الكالسيوم وفلوريد الكالسيوم والسيليكا وغيرها من الأملاح. ويقترح الباحثان أن الحل المألوف للتخلص من كربونات الكالسيوم هو تقليل مستوى الأملاح في الماء، وذلك بإضافة مادة حامضية لكسر قلوية الماء، في حين تُضاف مادة هيكساميتا فوسفات الصوديوم وغيرها من مضادات التقشر المتوافرة للقضاء على ترسبات

أملاح سلفات الكالسيوم. وتعتبر أملاح السليكا ثالث وأصعب الأملاح التي تترسب على المرشحات، ويقولان أن ذوبان السليكا متعلق بمستوى الـ PH، فإذا زيد مستوى الـ PH في الماء إلى ما فوق ٨ أو خفض إلى أقل من ٧ فعندئذ يمكن تجنب ترسبات أملاح السليكا. وعند إضافة نصف جزء في المليون من الكلور إلى الماء فإنه يمكن القضاء على التكوينات الحيوية اللزجة في المياه والتي في حالة بقائها تعمل على سدّ فتحات المرشحات. كما أن إضافة ثالث كبريتيد الصوديوم سيؤدي إلى الحد من نمو المواد العضوية والحيوية أيضًا. وتعالج المواد العالقة في مياه البحر بتمرير الماء عبر فلاتر عديدة ودقيقة لتخليص المياه منها. وينصح الباحثان باختيار المعدن المناسب للقضاء على الحالات الناتجة من تأكسد المعادن. كما يذكران أن هيدروكسيد الألمنيوم يصبح أكثر قابلية للذوبان عند مستويات عالية أو منخفضة من الـ PH وتعمل الهيدروكربونات والزيوت والشحوم على سدّ فتحات المرشحات، وبالتالي تؤدي إلى تقليل أدائها وكفاءتها في العمل إلى درجة كبيرة.

ونظرًا للتركيز العالي للأملاح والمعادن المذابة في مياه البحر فإن تنقية مياه البحر بطريقة التناضح العكسي كثيرًا ما تتم باستخدام مرحلتين أي تمرير ماء البحر على مرشح ثم يُمرّر الناتج على مرشح آخر للتناضح العكسي مرة أخرى لتخفيف تركيز الملح الناتج من المرحلة الأولى. وبما أن هذه العملية تستغرق وقتًا أطول وجهدًا أكبر، وبالتالي قد تزيد من تكلفة الإنتاج فقد تم تطوير صناعة المرشحات أو الأغشية (Mem-brane) بحيث تعمل على حجز نسبة كبيرة جدًا من الأملاح وإنتاج ماء عذب، وذلك عن طريق تمرير ماء البحر مرة واحدة فقط خلال المرشحات المطورة. وقد أثبتت التجارب أنه يمكن حجز ٩٩٪ من الملح المذاب بمياه البحر بطريقة التناضح العكسي في حالة استبدال الأغشية أو المرشحات المصنوعة من أسيتات السليلوز (Cellelose ace-tate) بمرشحات أخرى مصنوعة من خليط من ثنائي أو ثلاثي أسيتات السليلوز (أو ثلاثي أسيتات النقي فقط). كما أن هناك أنواعًا أخرى من المرشحات مصنوعة من مادة البلاستيك والتي يمكنها حجز الملح بنسبة تزيد على ٩٩٪ وتصنع هذه المواد على شكل ألياف مجوفة دقيقة (Hollow Fiber) أو تفرد بطريقة مسطحة تلف على شكل حلزوني

(Spiral Wound) . وعادة ما تحفظ هذه المرشحات داخل أوعية مصنوعة من الصوف الزجاجي القوي والمقوى بالبلاستيك لتلافي مشكلات التآكل والصدأ أولاً، ثم لساندها في مقاومة الضغوط المرتفعة التي تتطلبها عمليات التحلية بسبب التركيز للأملاح في مياه البحر.

ويقترح كل من محمد الصوفي وعبد الرشيد خان في دراسة تطبيقية أخرى تتعلق بمحطات التحلية التي تعمل بطريقتي التناضح العكسي والتقطير الومضي ثنائية الغرض (أي لإنتاج الماء والكهرباء) باستغلال الكهرباء المنتجة في محطات التحلية لتشغيل محطات التناضح العكسي لإنتاج الماء العذب بدلاً من بيع الكهرباء إلى شركات الكهرباء لتوزيعها على المدن. ويعلل الباحثان ذلك إلى أن زيادة الطلب على الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط لم تكن بمعدل الزيادة نفسه في الطلب على المياه العذبة والتي تضاعفت مرات عديدة في السنوات الأخيرة. ويضيف الباحثان أن سعر الطاقة الكهربائية المباعه منخفض للغاية كما أنها ليست مفضلة للتصدير. وعلى أساس ذلك فإن زيادة إنتاج المياه المحلاة في محطات التحلية ثنائية الغرض المقامة حالياً أمراً ممكناً بل ومجدياً اقتصادياً حين تستغل الطاقة الكهربائية في تشغيل وحدات تحلية أخرى للتناضح العكسي.

ويذكر سبيجلر ١٩٧٧م (K. S. Spiegler) إن احتياجات الوقود لمحطات التقطير الفجائي متعدد المراحل (Multistage Flash Distillation) متساوية أو تزيد على احتياجات الوقود اللازم لتوليد الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل محطة التناضح العكسي لها معدل الإنتاج نفسه، ويذكر أيضاً أن التفضيل بين أي من الطريقتين يعتمد على عدة عوامل، وبالأخص على توافر الوقود وعلى تكلفة مرشحات التناضح العكسي. فإذا كانت المرشحات تصنع محلياً وتتوافر موارد الطاقة تكون عمليات التحلية بطريقة التناضح العكسي أجدى اقتصادياً من النوع الآخر.

ثالثاً: دور مياه البحر المحلاة في حل مشكلة ندرة المياه وتزويد المدن بمياه الشرب:
إن مشروعات التحلية الضخمة التي أُقيمت في دول مجلس التعاون لدول

الخليج العربية من أجل تنمية مواردها المائية هي إجراء يكشف جانباً من جوانب المشكلة التي عانتها وتعانيها دول المجلس من ندرة في مواردها المائية الطبيعية العذبة . كما أن الإحصائيات التي تشير إلى تبوء دول المجلس مركزاً متقدماً في عدد المحطات التي أقيمت على امتداد سواحلها، وفي كميات المياه المقطرة التي تنتجها تؤكد مدى أهمية المياه المحلاة حالياً في تزويد المدن بمياه الشرب، وتوضح دورها في حل مشكلة ندرة المياه العذبة . إن لغة الأرقام تبرهن على مصداقية الدور الكبير والمهم الذي لعبته مياه البحر المحلاة في مواكبة الطلبات اليومية المتزايدة والمتعاظمة من المياه العذبة .

ففي المملكة العربية السعودية بلغت كمية المياه المستهلكة في معظم المدن الرئيسية وعدد من المدن الأخرى في عام ١٤٠٨هـ حوالي (٢٢٨١٢٦) مليون جالون أو مايعادل (٦٤٤) مليون جالون يومياً (وزارة المالية والاقتصاد الوطني، ١٤٠٨هـ) . في حين بلغت كمية المياه المحلاة في العام نفسه حوالي (٥٠٩) ملايين متر مكعب (١١٢٠٣٦) مليون جالون أو مايعادل (٤٣ , ١) مليون متر مكعب (٣١٦) مليون جالون يومياً . وتجدر الإشارة إلى أن هناك العديد من المدن السعودية الكبيرة مازالت تعتمد اعتماداً كلياً على المياه الجوفية، وبالتالي تكون عملية إيجاد نسبة المياه المحلاة من بين جملة المياه المستهلكة في بعض المدن في المملكة غير صحيحة ويكون من الأجدر حصر النسبة فقط للمدن الرئيسية التي تزود من كلا الموردين (مياه البحر المحلاة والمياه الجوفية) . واستنباط نسبتها من بين جملة المياه المستهلكة فيها . والجدول رقم (١٢) يبين نسبة المياه المحلاة من بين جملة المياه المستهلكة في بعض المدن الرئيسية السعودية .

جدول رقم (١٢)
نسبة مياه البحر المحلاة من بين جملة المياه المستهلكة
في بعض المدن في المملكة العربية السعودية

المدينة	السنة	جملة المياه المستهلكة	كمية مياه البحر المحلاة	نسبة مياه البحر المحلاة إلى جملة المياه المستهلكة
الرياض	١٤٠٦هـ	(٦٣, ٩) ألف مليون جالون (١٨٠, ٥) مليون جالون (يوميًا)	(٤٠, ٢) ألف مليون جالون (١١٣, ٦) مليون جالون (يوميًا)	٪٦٣
جدة	١٤٠٦هـ	(٢٩, ٤) ألف مليون جالون (٨٣) مليون جالون (يوميًا)	(٢٨, ٩) ألف مليون جالون (٨١, ٦) مليون جالون (يوميًا)	٪٩٨
المدينة المنورة وينبع	١٤٠٨هـ	(١٣, ٥) ألف مليون جالون (٣٨, ١) مليون جالون (يوميًا)	(٨, ٧) ألف مليون جالون (٢٤, ٧) مليون جالون (يوميًا)	٪٦٥
مكة المكرمة والطائف	١٤٠٨هـ	(٨, ٦) ألف مليون جالون (٢٤, ٢) مليون جالون (يوميًا)	(٢, ٦) ألف مليون جالون (٧, ٥) مليون جالون (يوميًا)	٪٣١
الدمام والخبر	١٤٠٦هـ	(٢١, ٥) ألف مليون جالون (٦٠, ١) مليون جالون يوميًا	(٢٨, ٩) ألف مليون جالون (٨١, ٦) مليون جالون يوميًا	٪١٣٦

المصدر: المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة (التقرير السنوي لعام ١٤٠٨هـ)، وزارة المالية والاقتصاد الوطني «كتاب الإحصاء السنوي» ١٤٠٨هـ.

ويجدر التنويه إلى أن نصيب مدينتي الخبر والدمام من مياه البحر، كما يتضح ذلك من الجدول رقم (١٢) يفوق جملة المياه المستهلكة بهما لأن محطة الخبر تزود مدينة الدمام ومدينة الخبر بالإضافة إلى مدن ومناطق أخرى مثل القطيف وسيهات وصفوى ورحيمة ومطار الظهران. وبذلك تكون الكمية الزائدة من المياه تخص المدن الأخرى غير مدينتي الخبر والدمام. وعلى الرغم من ذلك تبقى حصة الخبر والدمام من مياه البحر المحلاة مرتفعة نظرًا لصغر حجم المدن الأخرى.

وعلى هذا الأساس يكون اعتماد معظم المدن الرئيسية في المملكة العربية السعودية على مياه البحر المحلاة اعتماداً كبيراً حيث تبلغ النسبة العامة للمدن الرئيسية للمملكة (عدا مدينتي الخبر والدمام) ما يزيد على ٦٤٪.

ودول مجلس التعاون الخليجي الأخرى تحظى أيضاً بحصص كبيرة من مياه البحر المحلاة وتفوق معظم دول المجلس في درجة اعتماد مدنها على المياه المحلاة النسبة العامة لمدينة المملكة الرئيسية . والجدول رقم (١٣) يبين نسبة المياه المحلاة من بين جملة المياه المستهلكة في مدن دول المجلس الأخرى .

جدول رقم (١٣)

نسبة المياه المحلاة من بين جملة المياه المستهلكة
في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية

الدولة	السنة	جملة المياه المستهلكة	كمية مياه البحر المحلاة	نسبة مياه البحر المحلاة إلى جملة المياه المستهلكة
الكويت	١٩٨٦م	(٤٦, ١) ألف مليون جالون (١٢٧) مليون جالون (يوميًا)	(٤٢, ٣) ألف مليون جالون (١١٦) مليون جالون (يوميًا)	٩٢٪
الإمارات	١٩٨٥م	(٨٦, ٩) ألف مليون جالون (٢٣٨) مليون جالون (يوميًا)	(٦٧, ٢) ألف مليون جالون (١٨٤) مليون جالون (يوميًا)	٧٧٪
قطر	١٩٨٦م	(٢٨, ٨) ألف مليون جالون (٧٩) مليون جالون (يوميًا)	(٢١, ٢) ألف مليون جالون (٥٨) مليون جالون (يوميًا)	٧٣, ٤٪
البحرين	١٩٨٥م	(١٦, ٤) ألف مليون جالون (٤٥) مليون جالون (يوميًا)	(١٢, ٨) ألف مليون جالون (٣٥) مليون جالون (يوميًا)	٧٨٪
سلطنة عمان (مدينة مسقط)	١٩٨٥م	(٦, ٤) ألف مليون جالون (١٧, ٥) مليون جالون (يوميًا)	(٣, ٥) ألف مليون جالون (٩, ٥) مليون جالون (يوميًا)	٥٤, ٥٪

المصدر: من تجميع الباحث عن المراجع المذكورة في البحث.

وتجدر الملاحظة إلى أن نصيب المياه المحلاة في دولة البحرين قد ارتفع في عام ١٩٨٦م بارتفاع الإنتاج اليومي إلى ٤٥ مليون جالون. كما أن مدينة مسقط في سلطنة عُمان هي المدينة الوحيدة التي تتوافر عنها البيانات الإحصائية المتعلقة باستهلاك المياه، وكذلك هي المدينة الرئيسية والأكثر نمواً واستهلاكاً للمياه، وبالتالي تعطي لمحة عن احتمال توجه مماثل من قبل السلطات المسئولة عن شؤون المياه في عُمان عند زيادة الطلب على المياه في باقي مناطق ومدن عُمان مستقبلاً.

ويتضح من الجدول السابق رقم (١٣) أن هناك تفاوتاً بين دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي في درجة اعتمادها على مياه البحر المحلاة فالكويت تكاد تعتمد اعتماداً كلياً على المياه المقطرة بينما مازالت المياه الجوفية تحتل حصة الأسد بين الموارد الأخرى في سلطنة عُمان في حين تحتل باقي دول المجلس موقعاً وسطاً، وبنسب متقاربة بين حصة كل من دولة الكويت وسلطنة عُمان من المياه المقطرة. إن التباين في نسبة المياه المحلاة إلى جملة المياه المستهلكة في دول المجلس تعود إلى عدد من العوامل الطبيعية والبشرية. فدولة الكويت، على سبيل المثال برزت فيها مشكلة الماء بوضوح منذ اكتشاف النفط في منتصف القرن الحالي، والذي نتج عنه ارتفاع عدد السكان وبمعدلات كبيرة خلال فترة زمنية قصيرة جداً. ففي عام ١٩٢٥م، وقبل اكتشاف النفط كان عدد سكان الكويت لا يتجاوز ١٢٠٠٠ نسمة اعتمد جميعهم على المياه الجوفية في سد حاجاتهم اليومية من المياه العذبة. وفي عام ١٩٥٠م، وبعد سنتين فقط من اكتشاف النفط قفز عدد السكان إلى حوالي ١٥٠,٠٠٠ نسمة. وشهدت السنوات التالية زيادة سكانية هائلة حيث وصل عدد السكان فيها إلى حوالي ٢٠٦ آلاف نسمة في سنة ١٩٥٧م، و ٣٢١ ألف نسمة في سنة ١٩٦١م. وفي سنة ١٩٦٥م بلغ عدد سكان الكويت حوالي ٤٦٧ ألف نسمة أي بزيادة سنوية بلغت نسبتها حوالي ١٥,٧٥%. واستمرت الزيادة السريعة في عدد السكان إلى وقتنا الحالي حيث ارتفع من ٧٣٨ ألف نسمة سنة ١٩٧٠م إلى حوالي ١,٨ مليون نسمة عام ١٩٨٧م. ومن المتوقع أن يبلغ عدد السكان في دولة الكويت ٢ مليون نسمة في سنة ١٩٩٠م (فاطمة يوسف - العبد رزاق، ص ص ١٧٧ - ١٩٣).

وهكذا توالىت مشكلات أخرى بالإضافة إلى المشكلات التي أفرزتها الظروف الطبيعية والتي نجم عنها ندرة في المياه العذبة حيث النمو السكاني السريع ومن ثم الزيادة السريعة في حجم الطلب على المياه العذبة، والتي لم يكن بإمكان المياه الجوفية مواجهتها. وكان أمراً طبيعياً في مثل هذه الظروف أن تتوجه دولة الكويت إلى تحلية مياه البحر كأحد الحلول السريعة لتوفير المياه بالتنوع والكمية المطلوبتين، والتي تتوافق مع الظروف الجديدة. كما أن ارتفاع مستوى المعيشة في دولة الكويت والذي أوجدته توافد العمالة الفنية الأجنبية وعودة الكويتيين من البلدان المجاورة بالإضافة إلى ارتفاع دخل الفرد الكويتي والذي كان وما زال واحداً من أعلى مستويات الدخل في العالم قد أوجد طفرة في تقدم الفرد الكويتي حضارياً، وهي جميعها من العوامل المؤدية إلى ارتفاع استهلاك الفرد من الماء. ولعب توجه الدولة في تنشيط الحركة الزراعية والصناعية وتوطين البدو في المدن دوراً إضافياً في رفع معدلات الاستهلاك من المياه العذبة. كما أن ارتفاع الكثافة السكانية في دولة الكويت بسبب صغر مساحة البلاد قد نتج عنه تركيز معظم السكان في مدينة الكويت والمدن الأخرى اللصيقة بها. وتركز معظم السكان في المدينة معناه ارتفاع استهلاك الفرد، حيث تشير كل الإحصائيات إلى أن الاستهلاك المنزلي في المدن يستقطب الجزء الأكبر من المياه العذبة، وربما يعود ذلك إلى مستلزمات الحياة العصرية في المدينة عنها في الأرياف والقرى.

أما مياه البحر المحلاة في سلطنة عُمان من جهة ثانية، فلم تحظ بعد إلا بحصة بسيطة. فمساحة البلاد الكبيرة نسبياً وتنوع المظاهر التضاريسية بها حيث الجبال والهضاب والسهول أكسبت السلطنة أحوالاً مناخية وهيدرولوجية مغايرة لما هي عليه في الكويت. فجبال عُمان التي تقع في الأجزاء الشمالية الشرقية من البلاد وجبال ظفار الواقعة في الجنوب تنحدر منها العديد من الأودية المهمة الغنية بالمياه الجوفية قد لعبت دوراً مهماً وكبيراً في حياة المجتمع العُماني. ففي بطون الأودية وعلى امتداد ساحل الباطنة الشرقي وساحل صلالة في الجنوب يتوزع سكان سلطنة عُمان مما جعل تركيز السكان لا ينحصر في مواقع معينة فقط. وبالتالي أعطى الفرصة لاستغلال الموارد المائية الجوفية المتاحة دون استثناء كافة. وعلى الرغم من أن سلطنة عُمان شهدت نهضة اقتصادية من

مردوداتها النفطية إلا أن هذه النهضة جاءت متأخرة نسبيًا، كما أن حجم مواردها المالية النفطية مازالت دون مستوى حجم المردودات المالية في دول المجلس باستثناء البحرين وقطر (الأمانة العامة لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، ص ٣٤) لذلك فإن نصيب الفرد من الدخل القومي في سلطنة عُمان هو أقل من مثيلاته في بقية دول المنطقة. كما أن الزيادة السكانية في عُمان لم تشهد القفزات الكبيرة التي مرت بها الكويت ومعظم دول المجلس، وربما يعود ذلك إلى عدم توافر فرص العمل إلا في الآونة الأخيرة والتي عادة ماتساعد على وفود العمالة الأجنبية.

وتجدر الإشارة إلى أن بقية دول المجلس عاشت ظروفًا طبيعية وبشرية واقتصادية مشابهة للظروف التي مرت بها دولة الكويت بحيث عانت الكثير في الوفاء بتلبية الطلبات اليومية المتزايدة من المياه العذبة، وسعت كثيرًا في المضي قدمًا في عمليات التحلية لحل هذه المشكلة.

وقد يبدو للوهلة الأولى، من خلال العرض السابق، أن مستقبل التحلية في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي وقراءة الاحتياجات المستقبلية للمياه العذبة مرتبطة أساسًا بالنمو السكاني فقط. إلا أن مقارنة سريعة لنسبة الزيادة في إنتاج مياه البحر المحلاة مع نسبة الزيادة في عدد السكان تثبت عكس ذلك. فعلى سبيل المثال، بلغت نسبة الزيادة السكانية للفترة (١٩٨١ - ١٩٨٥م) حوالي ٦,٢٪ أو مايعادل ٤,٧٪ للعام الواحد، حيث ارتفع عدد السكان من ١٢,٥ مليون نسمة عام ١٩٨١م إلى حوالي ٢,٢ مليون نسمة عام ١٩٨٥م. أما مقدار زيادة إنتاج المياه المحلاة من البحر للفترة نفسها فقد بلغت حوالي ١,٥٥١ مليون جالون يوميًا حيث ارتفع الإنتاج من ٣٤٠,٥ مليون جالون يوميًا عام ١٩٨١م إلى حوالي ٦,٩٨١ مليون جالون عام ١٩٨٥م، أي بزيادة بلغت نسبتها حوالي ٩,١٦١٪ أو مايعادل ٥,٤٠٪ للعام الواحد. ويتضح من هذا أن العلاقة بين تطور إنتاج المياه المحلاة والنمو السكاني علاقة ضعيفة للغاية مما يُشير إلى أن العوامل البشرية الأخرى المتمثلة بارتفاع مستوى المعيشة والتوسع الإسكاني والصناعي والتجاري والزراعي الأثر الأكبر في الاحتياجات اليومية المتزايدة من المياه العذبة. وعليه ينوي الباحث في دراسات مستقبلية أخرى دراسة أثر النمو

السكاني والعوامل البشرية الأخرى مجتمعة على مستقبل تحلية مياه البحر في دول المجلس من أجل استنباط حجم الطلب المستقبلي للمياه العذبة، خصوصاً وأن بيانات إحصائية لفترة زمنية أطول لحجم الإنتاج غير متوافرة حالياً لبعض دول المجلس حيث دخلت صناعة التحلية إليها حديثاً. كما أن اعتماد نسبة ٤٠,٥٪ كأساس لاستنباط حجم الطلب على المياه العذبة، كما نتج من التحليل الإحصائي أعلاه، أساس مضلل لأن الفروق كبيرة جداً في كميات المياه المنتجة بين فترة زمنية وأخرى مقابل النمو السكاني حيث إن الفترة (١٩٨١ - ١٩٨٥م) هي إحدى الفترات التي شهدت أكبر توسع في إنتاج مياه البحر المحلاة في تاريخ صناعة تحلية مياه البحر في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي.

ومما تقدم يمكن تلخيص العوامل التي أدت إلى سرعة الزيادة في الطلب على المياه العذبة، وبالتالي في الاعتماد على مياه البحر المحلاة في العوامل التالية:

- ١ - سرعة النمو السكاني عن طريق الزيادة الطبيعية والهجرة بعد تحسن الأحوال الصحية والمعيشية لمواطني مجلس التعاون الخليجي وتوفر فرص العمل للعائلة المحلية والأجنبية عقب اكتشاف واستغلال الثروات النفطية الغنية لهذه الدول.
- ٢ - ارتفاع مستوى الدخل وتحسن المستوى المعيشي لأفراد المجتمع الخليجي قد زاد من معدل استهلاك الفرد اليومي من المياه العذبة.
- ٣ - توفر فرص العمل في قطاع الحقول النفطية ونمو قطاع الخدمات في المدن أدى إلى تركيز معظم السكان في مدن دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي وقد ساعد ذلك في ارتفاع حجم الاستهلاك من المياه لأن الاستهلاك المنزلي في المدن يفوق كثيراً الاستهلاك في المراكز السكانية الأخرى.
- ٤ - التوسع في القطاعات الإنتاجية الزراعية والصناعية، وتشجيع حكومات دول المجلس لها من أجل توسيع القاعدة الإنتاجية.
- ٥ - وأخيراً فإن الظروف الطبيعية المتمثلة في الأحوال المناخية الجافة، وندرة المياه الطبيعية العذبة كانت، ومازالت واحدة من أهم العوامل التي أدت إلى تقطير مياه البحر على اعتباره الحل الأمثل والأسرع لمثل هذه المشكلة.

ويمكن القول إن دول المجلس قاطبة سوف تشهد تطوراً وزيادة كبيرة في استهلاك المياه، وسوف يكون لدور المياه المحلاة من البحر شأن أكبر. إن خطط التنمية الطموحة للقطاعات الإنتاجية والاجتماعية المختلفة والتي تنتهجها حكومات هذه الدول في الوقت الراهن وتتطلب المزيد من المياه التي لا يمكن تحقيقها إلا عن طريق إنشاء المزيد من محطات التحلية والتوسع في إنتاج المياه المحلاة من البحر. كما أن التوسع في تحلية مياه البحر، مادامت الظروف المناخية والهيدرولوجية لا تحقق الأمل المنشود في مواكبة الطلب المتزايد من المياه، يعتبر نهجاً سليماً فمهما كانت التكاليف على مشروعات التحلية وإنتاج المياه المحلاة يبقى الريح المنتظر من هذه المياه أكثر بكثير من النفقات المالية عليها. فمع زيادة وتوفر المياه الصالحة للاستعمالات المختلفة يزداد الإنتاج والغذاء، وتتحسن الأحوال الصحية والمعيشية، ويرقى أفراد المجتمع بمختلف فئاتهم. وهذا ما تؤكد تقارير «منظمة الصحة العالمية»، حيث تشير إلى أن النقص في الماء العذب النقي هو أحد العوامل الرئيسية في تأخر مختلف الشعوب اقتصادياً وحضارياً واجتماعياً.

وقد استرعت تحلية مياه البحر وتكاليها الإنتاجية انتباه الكثير من المخططين والمهتمين بشؤون المياه. فعلى سبيل المثال قال ممثل إيطاليا في المؤتمر الدولي عن الماء لأجل السلام، قال: «نعم، كان بإمكاننا جلب الماء من مصادر أخرى، لكن ذلك يستغرق عشرين سنة، فلماذا الانتظار كل هذه المدة مادام بإمكاننا الحصول على الماء في ثلاث سنوات». وكان يقارن بين ١٧ سنة تنعم بالتزود بالمياه العذبة وبين إيجاد ماء بسعر أقل بعد عشرين سنة.

وعلى هذا الأساس فإنه يجب على المخططين أن يدركوا قيمة الماء وأهميته لأفراد مجتمعاتهم وشعوبهم، وأن يكونوا ملمين بالفوائد الناتجة من تحسن جهاز الماء. فإذا كان التوسع في تحلية مياه البحر باهظ الثمن فإن المردود المائي سيكون أكثر ثمناً. لكن هذا لا يتعارض مع مبدأ الأخذ بأفضل السبل الكفيلة بتقليل تكلفة المياه المنتجة.

وهكذا يتضح أن مياه البحر المحلاة أخذت تلعب دوراً مهماً في حياة شعوب دول

المجلس الخليجي ، وأصبحت تشكل حجر الزاوية في رفاهية ورخاء شعوب المنطقة ، وفي نماء وتقدم اقتصاد أفراد مجتمعاتهم . فجهود دول المجلس في معالجة مشكلة ندرة المياه العذبة تهدف إلى التغلب على الآثار السلبية التي تخلفها ندرة المياه والتي تقف أمام استمرار مسيرة التنمية الاقتصادية والاجتماعية . لقد عمدت دول المجلس إلى ربط تنمية مواردها المائية بالخطط التنموية الأخرى ، إيماناً منها بأن أهمية الاستثمار في تنمية الموارد المائية لا تقل أهمية عن الاستثمار في التنمية البشرية بمختلف أشكالها . كما أن تقدير حجم الطلب في الحاضر والمستقبل على المياه ، ومعرفة وفاء الموارد المائية الطبيعية المتاحة لحجم تلك الطلبات أصبح من الأولويات التي تهدف إليها هذه الدول لأنها تعني مواصلة التنمية الاقتصادية والبشرية . ويوصي الدكتور الخطيب في دراسته التي قام بها عام ١٩٨٦م والمرتبطة بأهمية المياه في التنمية الإقليمية للمملكة العربية السعودية بالاستمرار في توجيه الاستثمار العام نحو قطاع المياه لأن ذلك ، كما برهنت دراسته ، ستؤدي إلى مردود أكبر من الاستثمار في القطاعات الإنتاجية الأخرى . ويعزز الخطيب نتائج دراسته بما يراه بورتن الذي يعتقد بوجود علاقة طردية بين الحاجة إلى الماء وبين تنمية أفراد المجتمع والتي تمثل قاعدة أساسية في التنمية الاقتصادية .

الخلاصة والتوصيات :

من خلال العرض السابق لدراسة مياه البحر المحلاة في دول المجلس يمكن استنتاج مايلي :

- ١ - تعتمد دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي حالياً اعتماداً كبيراً على مياه البحر المحلاة في تزويد المدن بمياه الشرب نتيجة لندرة المياه الطبيعية العذبة في دول المجلس . فعلى طول ساحلي الخليج العربي والبحر الأحمر انشأت العديد من محطات التحلية التي تبلغ طاقتها الإنتاجية مايزيد على ١٠٥٠ مليون جالون يومياً .
- ٢ - شهد إنتاج المياه المقطرة من البحر توسعاً كبيراً في العقدين الأخيرين من أجل مجارة الحاجات اليومية المتزايدة ، وتحقيقاً لاستمرار العمليات التنموية المختلفة ، لتصبح المنطقة الخليجية أكبر منطقة في العالم في إنتاج المياه المقطرة . فدول المجلس تنتج

- حاليًا كمية تعادل ٢, ٥٩ من الإنتاج العالمي للمياه المقطرة.
- ٣ - تتفاوت دول المجلس في درجة اعتمادها على مياه البحر المحلاة تبعًا لاختلاف الظروف الهيدرولوجية والأحوال المناخية. فعلى الرغم من أن مياه البحر المحلاة تشكل حوالي ٧٠٪ من جملة المياه المستهلكة في معظم دول المجلس، إلا أن دولة الكويت تكاد تعتمد اعتمادًا كليًا على المياه المحلاة لأغراض الشرب حيث تصل نسبتها إلى ٩٨٪ في حين تشكل المياه الجوفية ومياه العيون الجارية النسبة الأكبر لمعظم مناطق سلطنة عُمان باستثناء منطقة العاصمة مسقط التي تعتمد على المياه المقطرة من البحر بنسبة حوالي ٥٥٪. وبهذا يكون دور المياه المحلاة من البحر دورًا عظيمًا في حل مشكلة ندرة المياه وتسهم إسهامًا رئيسيًا في تزويد المدن في دول المجلس بالمياه العذبة.
- ٤ - تكاد تنحصر الوسائل والطرق المتبعة في تحلية مياه البحر على طريقتي التقطير الومضي متعدد المراحل لإنتاج الماء وتوليد الكهرباء وطريقة التناضح العكسي، وذلك لمحاسنها التشغيلية وجدواهما الاقتصادية. وتشكل الطريقتان حوالي ٨٢٪ للأولى و ١٣, ٥٪ للثانية من بين الطرق الأخرى المستعملة في العالم.
- ٥ - يعتبر العامل الاقتصادي العامل الأكثر تأثيرًا على الأخذ بمبدأ التحلية والتوسع في إنتاج مياه البحر المحلاة. وتلعب كل من الطاقة والأيدي العاملة ورأس المال المستثمر في إنشاء المحطات دورًا كبيرًا في تكلفة المياه المحلاة.
- واستنادًا على تلك النتائج يمكن اقتراح الآتي:
- ١ - تعزيزًا للموارد المائية الجوفية وتحقيقًا لمسيرة التنمية الاقتصادية والبشرية يكون التوجه إلى البحر والتوسع في إنتاج المياه المحلاة عند زيادة الحاجة توجّهًا صحيحًا ونهجيًا سليمًا ومرغوبًا.
- ٢ - مادام الأخذ بمبدأ التحلية والاعتماد على مياه البحر المحلاة أمرًا ضروريًا في ظل الظروف الطبيعية القاسية المتمثلة في الجفاف وندرة المياه العذبة، يكون الأخذ بالطرق والوسائل الكفيلة بإنتاج مياه بأقل التكاليف من الأولويات التي يتحتم اتباعها (راجع فقرة الجدوى الاقتصادية وتكلفة إنتاج المياه المحلاة).
- ٣ - مادامت الأيدي الفنية الأجنبية والطاقة من العوامل الأساسية في رفع تكلفة إنتاج

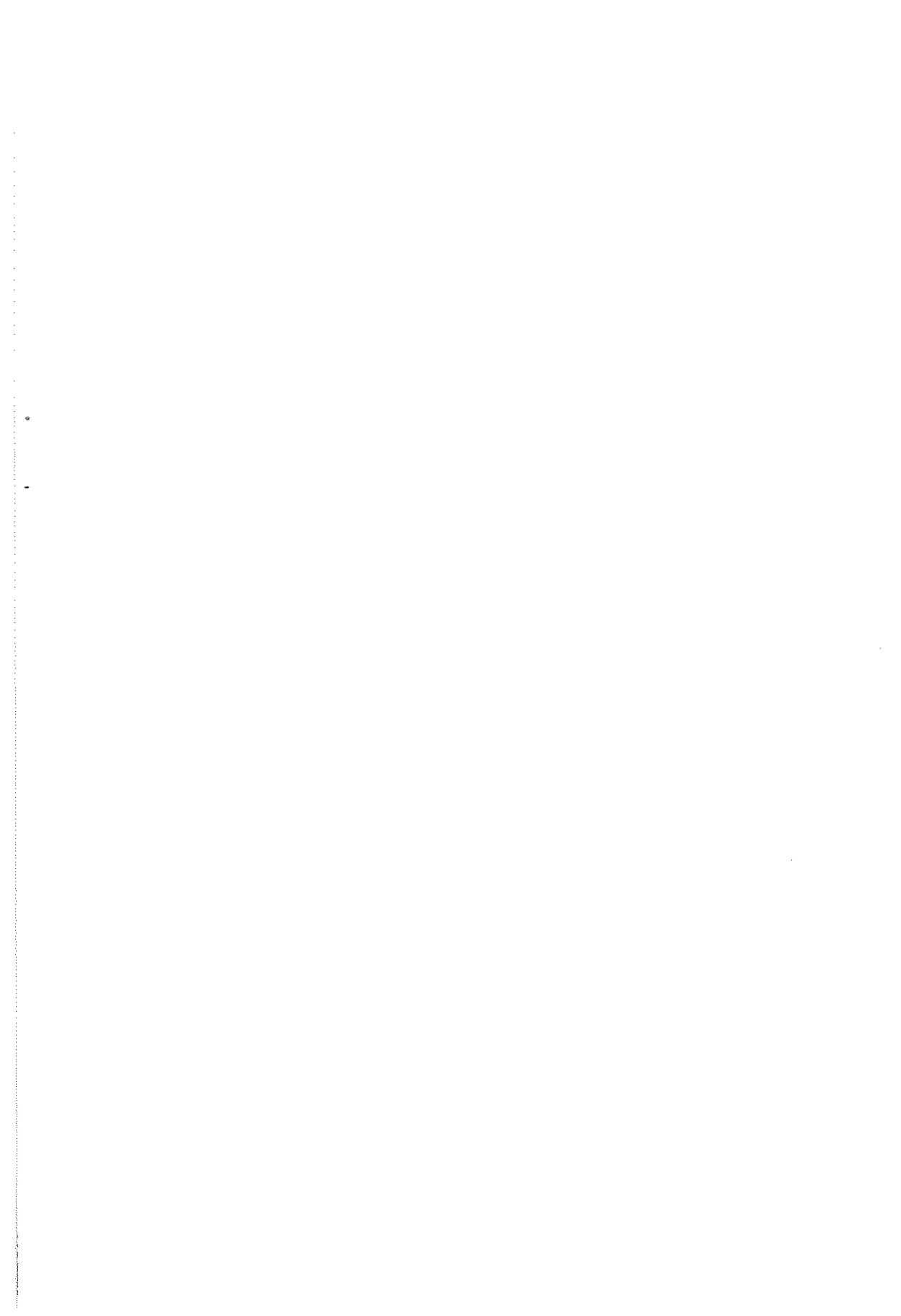
المياه المقطرة من البحر، يجب الاهتمام بتدريب الأيدي العاملة المحلية وتكثيف الدراسات والبحوث من أجل التوصل إلى إمكانية استخدام الطاقة الشمسية والطاقة النووية كوقود لتشغيل محطات التحلية.

٤ - استغلال الطاقة الكهربائية المنتجة من محطات التقطير الومضي متعدد المراحل في تشغيل وحدات تحلية تعمل بطريقة التناضح العكسي بدلاً من بيعها إلى شركات الكهرباء المحلية وتوزيعها على المدن، حيث إن الحاجة إلى المياه العذبة تفوق الحاجة إلى الكهرباء في المنطقة بالإضافة إلى أن المردود المالي في استغلال الكهرباء لإنتاج الماء يفوق سعر الطاقة المباعة.

٥ - مواصلة البحوث والدراسات على محطات التحلية للتناضح العكسي، والتي تتميز بمحاسنها الاقتصادية للكشف عن مدى فاعليتها وتطويرها لإنتاج كميات كبيرة من المياه، كما يجذب تبادل المعلومات والنتائج التي تم التوصل إليها من خلال تشغيل المحطات التجريبية والمنتجة المقامة حالياً في دول المنطقة والتي ستسهم في تطوير النظام بأسرع وقت.

٦ - القيام بحملات توعية مكثفة بضرورة ترشيد استخدام المياه والتنويه بعلاقة الإسراف في استهلاك المياه برفع تكلفة الإنتاج. كما أن وضع تسعيرة تصاعدية للمياه بزيادة الاستهلاك ستساعد على الترشيد وتؤدي إلى الاستهلاك الصحيح المقنن للمياه.

٧ - إيصال مياه قليلة الملوحة للمنازل كمورد مائي مساعد لاستخدامها في ري الحدائق ودورات المياه وتنظيف المساكن واستخدام مياه التحلية للاستهلاك البشري المباشر فقط.



المراجع

أولاً: مراجع باللغة العربية:

١- الكتب والدوريات:

- * أبوالحجاج، يوسف، (١٩٨٢م)، مستقبل تنمية الموارد المائية في دولة الإمارات العربية المتحدة، مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية، المجلد الرابع، الكويت.
- * الحميدان، سعود عثمان (١٩٨١م)، مياه الشرب في الإمارات العربية المتحدة، مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية، المجلد الأول، الكويت.
- * الخطيب، فاروق صالح (١٩٨٦م)، المياه والتنمية الإقليمية في المملكة العربية السعودية: دراسة اقتصادية تحليلية، مركز النشر العلمي، جامعة الملك عبدالعزيز، جدة.
- * العبدالرزاق، فاطمة حسين يوسف (١٩٧٤م)، المياه والسكان في الكويت، الطبعة الأولى، منشورات دار ذات السلاسل، الكويت.
- * نوري، عثمان مصطفى (١٤٠٤هـ)، الماء ومسيرة التنمية في المملكة العربية السعودية، مؤسسة تهامة للطباعة، جدة.
- * سبيجلر، ك. س. (١٩٨٧م) تنقية المياه المالحة، د. مصطفى محمد السيد، مركز النشر العلمي، جامعة الملك عبدالعزيز، جدة.
- * الشاهين، حصة ماجد، (١٩٨١م)، مرجع وحدة الماء: دراسة نظرية وتطبيقية، الطبعة الأولى، شركة الربيعان للنشر والتوزيع، الكويت.
- * المنصور، خليفة وأمير العرادي، (١٩٨٦م)، مصادر المياه واستخداماتها في دولة

- البحرين من كتاب «وثائق ندوة المياه واستخداماتها في الوطن العربي»، المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة.
- * أنوين، ب، ت، هـ، (١٩٨٣م)، الزراعة في دولة الإمارات العربية المتحدة، ترجمة ا.د. فؤاد محمد الصقار، رسائل جغرافية رقم ٥٢، قسم الجغرافيا، جامعة الكويت.
- * حرحش، إبراهيم السيد وعبدالرحمن محمد يوسف (١٩٨٥م)، المياه الجوفية في قطر: موجز عن الدراسات والنتائج، إدارة البحوث الزراعية والمائية، مطبعة الدوحة الحديثة، قطر.
- * جيمس ف. وليامز وإبراهيم الصقبي (١٩٨٢م)، تغيرات مستوى الماء في طبقة المنجور المائية المحتسبة بالكمبيوتر - منطقة الرياض - وزارة الزراعة والمياه، المملكة العربية السعودية.
- * بوبكن، روي (١٩٦٨م)، تحلية مياه البحر، ترجمة لجنة من الأساتذة الجامعيين، منشورات دار الآفاق الجديدة، بيروت.
- * مختار، عاطف (١٩٨١م)، تنقية وتحلية المياه، الطبعة الأولى، دار الشروق.

ب - التقارير والكتيبات الحكومية :

- الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربي (١٩٨٧م)، النشرة الاقتصادية، العدد الثاني، مطبعة الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربي الرياض.
- المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة (دون تاريخ)، المياه العذبة من البحر، مطابع الشرق الأوسط، الرياض.
- المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة (التقرير السنوي لعام ١٤٠٧هـ) مطابع خالد للأوفست، الرياض.
- المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، (١٤٠٠هـ)، مبادئ التحلية، الطبعة الثانية، المملكة العربية السعودية.

- المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة (التقرير السنوي لعام ١٤٠٨هـ)، المملكة العربية السعودية.
- المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة (دون تاريخ)، تحلية المياه المالحة، شركة النصر للطباعة والتغليف، المملكة العربية السعودية.
- جريدة عكاظ (١٩٨٠م)، «الهندسة حلم سكان جدة» عام ١٩٠٧م، العددان ١٣٣٣ و ١٣٤٠، جدة.
- معهد الكويت للأبحاث العلمية، وجي كي أس أس ألمانية (دون تاريخ)، محطة الدوحة للتناضح العكسي، دولة الكويت.
- وزارة المالية والاقتصاد الوطني، الكتاب الإحصائي السنوي، العدد الرابع والعشرون، ١٤٠٨هـ، المملكة العربية السعودية.
- وزارة المالية والاقتصاد الوطني، الكتاب الإحصائي السنوي، العدد الخامس والعشرون ١٤٠٩هـ، المملكة العربية السعودية.
- وزارة الكهرباء والماء، كتاب إحصاء السنوي، ١٩٨٧م، المياه، مطابع القبس التجارية، الكويت.
- وزارة الكهرباء والماء (١٩٨٦م)، الطاقة الكهربائية والماء، شركة مطبعة الجذور، الكويت.
- وزارة الأشغال والكهرباء والماء (دون تاريخ)، مصادر المياه في البحرين، إدارة اسالة المياه، شئون الكهرباء والماء، دولة البحرين.
- وزارة الأشغال والكهرباء والماء (دون تاريخ)، مجمع سترة لإنتاج الكهرباء وتحلية المياه، المطبعة الحكومية لوزارة الإعلام، دولة البحرين.
- وزارة الأشغال والكهرباء والماء (دون تاريخ)، تحلية المياه في البحرين، المطبعة الحكومية لوزارة الإعلام، دولة البحرين.
- وزارة التجارة والزراعة، (دون تاريخ)، الموارد المائية في البحرين المطبعة الحكومية لوزارة الإعلام، دولة البحرين.
- وزارة الكهرباء والمياه، أهم منجزات الوزارة في خمس سنوات ١٩٧٨ - ١٩٨٣م، المطابع العالمية، روي سلطنة عُمان.

- وزارة الكهرباء والمياه (١٩٨٣م)، (كتيب) المطابع العالمية روي سلطنة عُمان .
- وزارة الكهرباء والمياه (١٩٨٥م)، (كتيب) سلطنة عُمان .
- وزارة الزراعة والأسماك (١٩٨٦م)، ملامح إحصائية عن أنشطة وزارة الزراعة والأسماك ، سلطنة عُمان .
- وزارة الكهرباء والمياه (تقرير إحصائي عن الكهرباء والماء لعام ١٩٨٦م)، إدارة الكهرباء والمياه، مطابع الدوحة الحديثة، قطر .
- وزارة الكهرباء والمياه (تقرير إحصائي عن الكهرباء والماء لعام ١٩٨٥م)، إدارة الكهرباء والماء، دانة للعلاقات العامة، الدوحة، قطر .
- وزارة الإعلام (١٩٨٥م)، قطر (الكتاب السنوي) إدارة المطبوعات والنشر بوزارة الإعلام، الدوحة، قطر .
- وزارة الكهرباء والمياه (١٩٨٥م)، المياه الجوفية في قطر موجز عن الدراسات والنتائج .

ثانياً - مراجع باللغة الإنجليزية :

- Al-Sofi, M.A. and A.R. Khan. (1986), "Application of MSF/RO Hybrid Pland". *Topics in Desalination*, Saline Water Conversion Corporation (SWCC), Saudi Arabia.
- IDA *Worldwide Desalting Plants Inventory* (IDA) (1987). International Desalination Association. Prepared by Wangnick Consulting Engineers Klaus Wangnick Topsfield, Mass. U.S.A.
- Ministry of Works, Power and Water "Power and Water Affairs Annual Report (1984)." Oreintal Press, Bahrain.
- Nada, N. (1986) "Comparison of Cost for three USF Desalination Plants Using Different Chemical Treatment", *Topics In Desalination*, (SWCC) S.A.
- Osta, T.K. and Bakheet L.M. (1986) "Pre Treatment System in the Reverse Osmosis Plant", *Topics in Desalination*, (SWCC) S.A.
- Sogreah, (1969), *Water and Agricultural Development Studies Area*, V, Final report. Ministry of Agriculture and Water, Riyadh, S.A.

- Spiegler, K.S. and Laird A.D. (1980), *Principles of Desalination*, Second Edition, part A and B, Academic press, New York.
- *The Development of Bahrain's Water Supply. A brief Chronological History*, (No Date) Ministry of Works Power and Water, Bahrain.
- *U.S. Department of the Interior, The A.B.C. of Desalting* (No Date), office of Water Research and Technology, Washington, D.C.

تعرف على جوانب من جغرافية



MEDINA,

SAUDI ARABIA

المؤلف محمد شوقي بن إبراهيم مكي

سنة النشر ١٩٨٢

الناشر Avebury pub.co.

عدد صفحات الكتاب ٢٣١ من الحجم

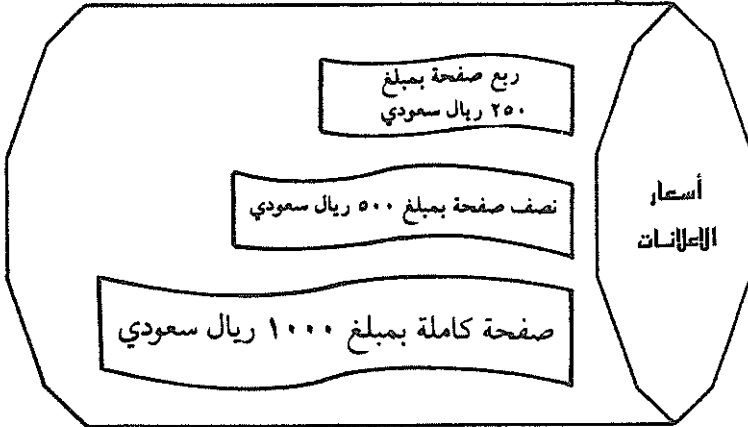
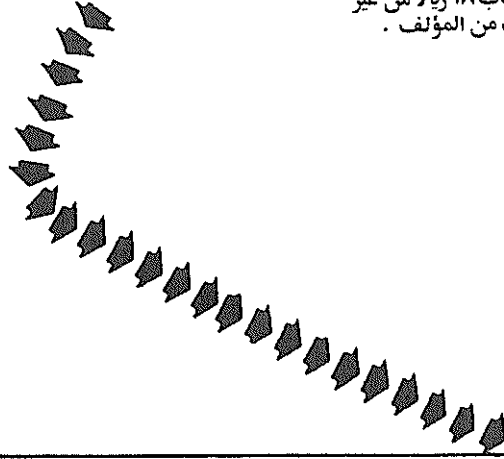
الصغير، يضم الكتاب ٤٠ شكلاً، ١٣ جدولاً،

٧ صور - سعر الكتاب ١٨ ريالاً من غير

رسم البريد . يطلب من المؤلف .

صفحة الاعلانات

عزيزي الباحث وصاحب العمل
والمؤسسة تتيح لك الجمعية الجغرافية
السعودية فرصة التعريف بإنتاجك العلمي
وأجهزتك التي يمكن أن تخدم الجغرافيين
والجغرافيا بأسعار رمزية .



الإصدارات السابقة

- ١ - نموذج لتوقيع الكتابة العربية على الرموز في الخرائط العامة والطبوغرافية
 - ٢ - تقدير عدد سكان المدن السعودية الصغيرة باستخدام الصور الجوية
 - ٣ - الحرارة ونكالييف تمديد موسم إنتاج الطماطم في البيوت المحمية المكيقة في واحة الأحساء
 - ٤ - The Utility of Sand grain size in distinguishing Between various depositional environments.
 - ٥ - خصائص ومشكلات إنتاج الخضراوات بالبيوت المحمية من وجهة نظر المزارعين في منطقة الرياض الإدارية
 - ٦ - الصناعات الغذائية في مدينة الرياض خصائصها الجغرافية ومستقبلها
 - ٧ - خدمات هواتف العملة في مدينة الرياض دراسة جغرافية في الخصائص والتوزيع
 - ٨ - نمط توزيع محطات وقود السيارات في مدينة الرياض ، عام ١٤٠٩هـ/١٩٨٨م
- د. ناصر بن محمد عبدالله سلعي
د. خالد بن محمد العنقري .
د. عبدالله أحمد سعد الطاهر
د. محمد سعيد سقا
- د. عبدالله بن سليمان الحديثي
عبدالعزيز إبراهيم الحرة
د. صبحي بن أحمد قاسم السعيد
د. عبدالرحمن بن صادق الشريف

of reliance on distilled sea water depends on the hydrologic and climatic conditions on the one hand, and the demographic characteristics of each state, on the other.

Sea water can be distilled in many ways. The choice of one conversion process among others is strongly related to both the cost and rate of conversion. The Multi-Stage Flash Distillation (dual purpose plants) which produce fresh water and generate electricity and Reverse Osmosis (single purpose plants) account for about 82% and 13.5% respectively, of all other processes used in the world.

The economic factor appears to be the most influential in the implementation of desalination projects. This factor entails such elements as; energy cost, manpower, and the size of the initial capital investment.

* The GCC States are : Saudi Arabia, Kuwait, United Arab Emarates, Qatar, Bahrain and Oman.

Abstract

Desalination of the Sea Water in the Gulf Cooperation Council States (GCC) : A Geographical Analysis.

The GCC States are located in a dry tropical region where natural fresh water is not available in adequate quantities to meet daily needs. The GCC States are currently pumping fresh water from shallow and deep aquifers at a rate far exceeding that of the replenishment. The increasing demands for fresh water for population growth, industrial development and urban expansion clearly show that the traditional water resources can not keep pace with the increasing demand. It had become increasingly apparent in the last ten years that many parts of the GCC States would have to face up to serious periodic water shortages unless new fresh water resources are obtained.

The main purpose of this study is to elucidate the geographic distribution of sea water desalination plants in the GCC States and to determine the role of this new fresh water resource in solving water shortages in the region. The study also discusses sea water conversion processes mostly used in the region and indicates the comparative advantage of each.

The water authorities of the GCC States have been sponsoring many plans to develop new resources in order to ensure a competent supply of potable water for both present and future demands. Many desalting plants have been built along the coasts of the Arabian Gulf and Red Sea producing a compined daily total of over 1050 million gallons. This quantity accounts for 59.2% of the total distilled sea water produced in the world.

Although the distilled sea water accounts for a high percentage of water supply in the GCC States, variations among them are noticeable. Kuwait, for example, relies almost entirely on distilled sea water, while the natural fresh water is still the main source for most of the communitites in Oman. The degree

Price Listing Per Copy:

Individuals 10.00 S.R.

Institutions 15.00 S.R.

Handling & Mailing Charges are added on the above listing

أسعار البيع :

سعر النسخة الواحدة للأفراد : ١٠ ريالاً سعودية

سعر النسخة الواحدة للمؤسسات : ١٥ ريالاً سعودياً.

تضاف إلى هذه الأسعار أجرة البريد .



RESEARCH PAPERS IN GEOGRAPHY

9



**DESALINATION OF THE SEA WATER
IN THE GULF COOPERATION COUNCIL
(GCC) : A GEOGRAPHICAL ANALYSIS**

DR . KHALID N . AL-MUDAIHEEM

1412 A.H

1991 A.D

OCCASIONAL PAPERS PUBLISHED BY THE SAUDI GEOGRAPHICAL SOCIETY
KING SAUD UNIVERSITY - RIYADH
KINGDOM OF SAUDI ARABIA