أهمية استخدام تقنية تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية من وجهة جغرافية المياه

إعـــــداد

د. سعيد بن سويلم سرور التركي

أستاذ مساعد جغرافية الموارد الطبيعية والمياه والبيئة

قسم الجغرافيا - آلية العلوم الاجتماعية - جامعة أم القرى

أهمية استخدام تقنية تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية من وجهة جغرافية المياه

د. سعيد بن سويلم التركي

أستاذ مساعد جغرافية الموارد الطبيعية والمياه والبيئة

قسم الجغرافيا - آلية العلوم الاجتماعية - جامعة أم القرى

ملخص البحث

يعتبر الماء جوهر من أسباب الحياة، فلا حياة بدون ماء، ولأنه يؤثر على الأنواع المختلفة للأنشطة البشرية المرتبطة في المجالات التنموية، وهذه الاحتياجات المائية للاستعمال تعود إلى زيادة عدد السكان العالمي الذي ساهم في ندرة المياه في كثير من أجزاء الكرة الأرضية، وتدل الإحصاءات أن عدد السكان العالمي كان حوالي ٢,٥ بليون نسمة بلغ حوالي ٧ بليون نسمة ما بين عامي ١٩٥٠م و ٢٠٠٠م ، ومن المتوقع أن يبلغ عام ٢٠٢٥م إلى حوالي ٨,٥ بليون نسمة.

يتراوح معدل الاستهلاك للمياه العالمي للفرد ما بين ٢٠٠ إلى ٥٠٠ لتر/ اليوم وفي حين أنه في عام ٢٠٠٦م سيكون الاحتياج حسب تقدير البنك الدولي من المياه إلى النحو التالي:

١- الاحتياج الزراعي أكثر من ٩ ملايين م٣.

٢ - الاحتياج البشري حوالي ٩٠٠ مليون م٣.

٣ - الاحتياج الصناعي حوالي ٤ ملايين م٣.

يتراوح معدل الاستهلاك

ومن المتوقع خلال العقدين القادمين أن هناك مشكلة تحدث للإمداد المائي مع نقص في كمية المياه وأيضاً من حيث التوعية لها، وهذا يدل على تزايد الطلب على المياه العذبة، مما تؤدي إلى البحث عن مصادر أخرى تساعد على سد العجز المائي من المياه العذبة، وقد قامت دراسات في البحث عن مصادر جديدة وداعية لهذا الأمر، وكانت التوصية لتفادي هذا العجز باستخدام مياه منتقاة من الصرف الصحي، وأيضاً تحلية مياه البحر.

تعتبر المملكة إحدى الدول التي اهتمت بالبحث عن مصادر خاصة، وهي تقع في منطقة مدارية حارة قليلة أو نادرة الأمطار، ولا توجد بها أنهار أو بحيرات دائمة، لهذا اهتمت المملكة بالبحث والتقصي عن بدائل لسد العجز المائي بها، وأيضاً حث السكان على الاهتمام والتشدد على الترشيد المائي لأنه يعتبر في هذه الحالة غالي الطلب والتكلفة.

كانت المملكة العربية السعودية في بداية توحيدها مكتفية بالمياه ليس لتزايد التساقط أو لوجود أنهار أو بحيرات ولكن لقلة السكان، الذي كان عددهم حوالي لا يزيدون عن ٢ أو ٣ مليون نسمة في عام ١٩٣٢م (مشخص – ص٦٤) ثم زاد العدد في عام ١٩٧٤م إلى حوالي ٧ ملايين نسمة، وهو الإحصاء الأول (نها الشريف – ص١٠٧) ثم وصل إلى حوالي ١٦,٩٤٨,٣٨٨ مليون نسمة في عام ١٤١٣هـ (الباحث، وزارة التخطيط)، ولهذا التزيد المضطرد لعدد السكان زاد الطلب على المياه لتلبية احتياجات السكان. وكما هو معروف فإن المصادر الطبيعية لا تستطيع أن تغطي جميع الطلبات الاحتياجية للمياه، فقامت وزارة الزراعة والمياه بالبحث عن مصادر مياه جديدة لتفي بالإمدادات المائية، فاهتمت بتحلية مياه البحر الذي كان بدايته في عهد المغفور له (إن شاء الله) الملك عبدالعزيز الذي أمر بإنشاء جهاز تكثيف لتقطير مياه البحر (كنداسة) لإمداد مدينة جدة بالمياه المحلاة التي تعتبر الخطوة الأولى في إمداد المدن الساحلية بالمياه والتي اتبعتها امتدادات للمدن الداخلية فيما بعد.

ولا يعني استخدام هذا المصدر من المياه وأيضاً تنقية مياه الصرف الصحي واستخدامه ووجود بعض المصادر الطبيعية من المياه السطحية أو الجوفية بقسميها (الباحث)، وفرة بالمياه الصالحة للاستخدام المنزلي أو الزراعي أو الصناعي، بل هذا يركز على أن تفكر الدولة في اتباع سياسة ترشيدية في استهلاك المياه واتباع طرق حديثة في عملية الري أو زراعة محاصيل لا تستهلك كميات مياه كثيرة.

فقد توصل الباحث إلى عدد من التوصيات التي يمكن أن تساهم في ترشيد المياه من خلال نطاق السياسة المائية المتبعة في المملكة العربية السعودية ومن أهمها:

الاهتمام بإنشاء السدود حسب أهمية الأودية والاحتياج لها.

الاهتمام في استخدام مياه الصرف الصحي المعالج في النشاط الزراعي، والصناعي، والمنزلي في غير الطبخ والشرب.

التشدد على وضع عدادات مائية في المنازل عند توصيل المياه إليها وكذلك في المصانع.

تحديث شبكات توصيل المياه من المحطات الضخ لتحلية مياه البحر إلى المنازل في المدن والقرى وصيانتها.

والله من وراء القصد ... ،،،

الباحث

The importance of using sea water desalination technology in the Kingdom of Saudi Arabia from the viewpoint of Geography of water

Dr. Saeed S. S. Al-Turki
Geography Department , Faculty of Social Science,
Umm-Al-Qura University

Abstract

Water is important for mankind, animals, plants, industry and all areas of development, though man has been reckless about the use at natural water by all means. That was because of the small number of in habits and the permittivity of knowledge and science.

World population rate is increasing which means that thereque bigger and demed for water as well.

Saudi Arabia suffers from water problems at the present time; the shortage of water resources, the increasing population, and the rapid industrial progress in the kingdom. This situation has resulted in a big demand for water. Hence an idea was initiated for finding new sources of water to support the natural water resources. Making use of modern technology, the government thought of desalination.

The first steps in establishing a water industry and sed water desalination projects were made through building two water desalination plants in 1969, in the cities of Wajh and Doba, which lie on the western coast of the kingdom. Other desalination plants were established one after another, so that there are now 27 water desalination projects which produce more than 750 million gallons at potable water daily.

Some of these projects are of dual purpose; for besides producing drinking water, they produce electricity, 4000 MW of electric power has been produced from water desalination plants.

The researcher has come up with same recommendations. These recommendations can contribute in consuming water in the kingdom of Saudi Arabia. They are as follows:

Constructing dams on big valleys.

Using the treated swage water in agriculture, industry and for washing in homes.

Up dating and maintaining water pipe line of the cities.

In stalling water meter in houses, and factories.

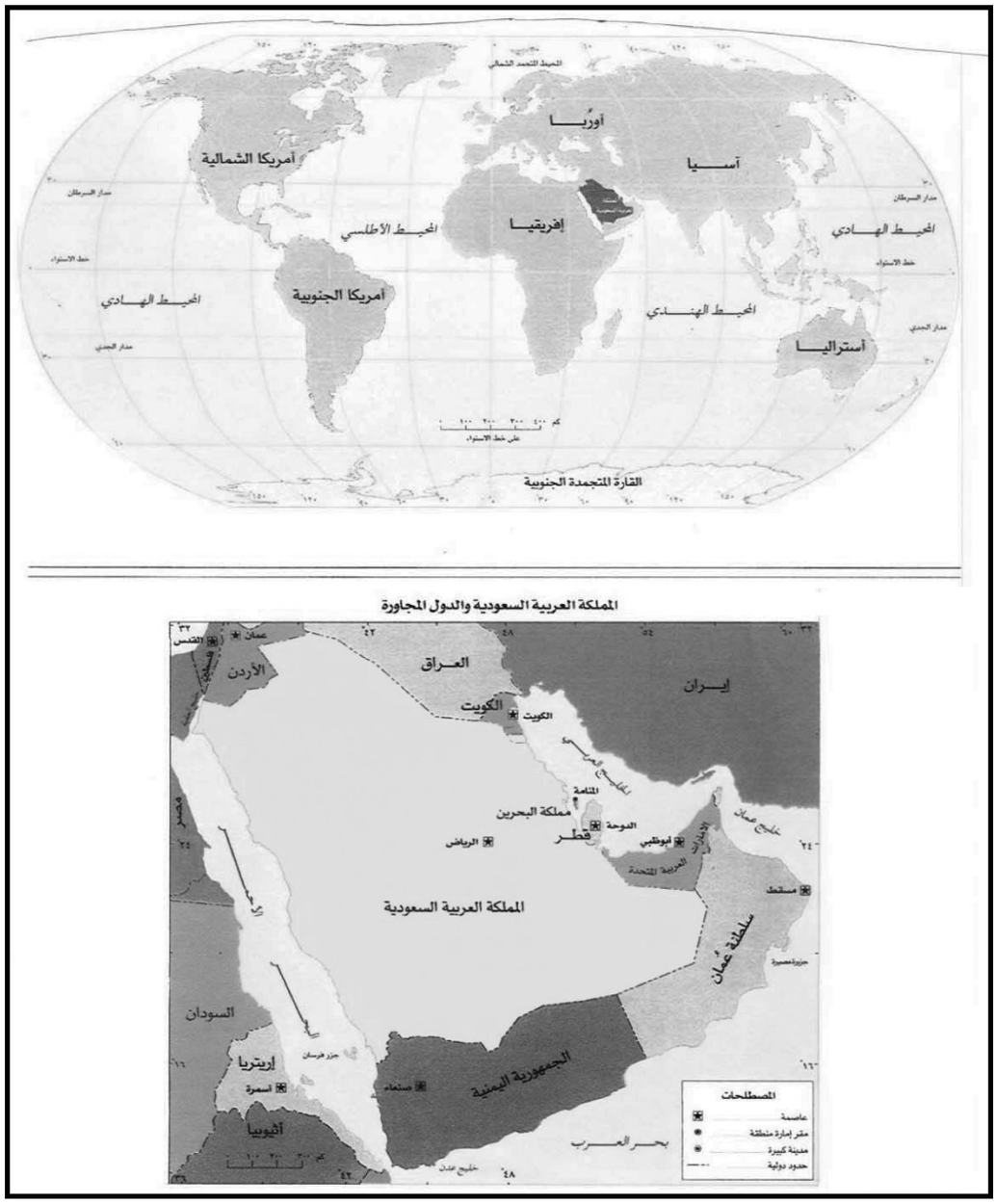
مقدمة:

يقول سبحانه وتعالى: (وَجَعَلْنَا مِنَ المَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيّ أَفَلاَ يُؤْمِنُونَ). ﴿سورة الأنبياء – الآية٣٠﴾. يجب التمعن والتوقف عند هذه الآية لنعلم أن الماء مادة عجية لها دور هام جداً في حياة كل كائن حي ومهم كذلك للإنسان ويعتبر قوام حياته في غذائه وشرابه، لذا فالماء سر من أسرار الحياة لجميع الكائنات الحية ولا يعرف قدرها إلا عند فقدها، وبدون الماء لا تكون هناك حياة على الأرض.

والاهتمام بتحلية مياه البحر بدأ منذ العصور القديمة عند الإغريق والرومان واستمرت إلى الوقت الحاضر مع تطور التقنية في كل مرحلة من مراحل استخدام مياه البحر للشرب، وما زالت الأبحاث تقدم تطوراً للتقنيات محاولة إيجاد ما يساعد على قلة التكلفة بإقامة المنشآت لتحلية مياه البحر مع قلة التلوث الذي تسببه مراحل التحلية.

وتحاول المملكة سد نقص مواردها المائية بالاعتماد على المياه الجوفية وتحلية مياه البحر. ونظراً، لاتساع مساحة المملكة وموقعها المداري جعلها من أكثر البلدان حاجة للمياه، فأراضيها تجمع بين قسوة الطبيعة والمناخ (شكل: ١)، مما حدى بالمسئولين منذ القدم الاهتمام بالأمر وأخذه بعين الاعتبار مما ساهم في بذل الجهود لإيجاد تكنولوجيا وتقنيات جديدة لتحلية مياه البحار، وفي أقل من ثلاث عقود أصبحت من ضمن الدول التي استخدمت تكنولوجيا تحلية مياه البحر من حيث نوعية خدماتها العامة في سبيل تأمين مياه الشرب للمواطن، وقد أدركت المملكة أن احتياجاتها من المياه العذبة ستكون كبيرة مستقبلاً، أنشأت وزارة الزراعة والمياه، في عام ١٣٨٥هـ/١٩٦٥م مكتباً لدراسة الجدوى الاقتصادية لإنشاء محطات لتحلية مياه البحر وتوليد الطاقة الكهربائية، ومن ذلك الوقت بدأ العمل في مجال تحلية مياه البحر والاستفادة منها كمياه شرب فقط أو لجميع الاستخدامات، وفي عام ١٣٩٤هـ/١٩٧٥م تطور المكتب وتغيرت تسميته إلى وكالة لشئون تحلية مياه البحر المالحة، فصدر مرسوم ملكي عام ١٣٩٤هـ بإنشاء المؤسسة العامة لتحلية المياه، حيث انبثق عن هذه المؤسسة مشاريع تحلية عملاقة على سواحل المملكة.

فقد أنشأت العديد من المحطات لتحلية مياه البحر على الساحلين الشرقي على الخليج العربي والغربي على البحر الأحمر لإمداد المياه للمدن الساحلية والداخلية، بالإضافة إلى إقامة محطات تنقية مياه الصرف الصحي للاستخدام الزراعي والصناعي، إنشاء السدود على الأودية لحفظ المياه واستخدامها، الهدف منها سد العجز المائي المصاحب لزيادة عدد السكان والطلب المتزايد على المياه في جميع المجالات، وكما هو معروف فإن المملكة العربية السعودية ليست دولة وافرة المياه أو ذات أمطار منتظمة في تساقطها وكمياتها مما ساعد على بروز مشكلة قلة المياه، ولتفاديها اهتمت الحكومة بالبحث عن مصادر جديدة للمياه أو الاهتمام بالدراسة في المناطق التي لم تدرس من قبل، فقد قامت وزارة الزراعة والمياه في السابق والمؤسسة العامة لتحلية مياه البحر حالياً بالبحث الجاد في كيفية الاستفادة من البحر كمصدر مائي لإمداد المدن بالمياه العذبة حتى وصلت المحطات المقامة على سواحلها إلى أكثر من ٣٠ محطة تنتج أكثر من ٧٩٠ مليون جالون يومياً (٣ مليون م٣ يومياً) بالإضافة إلى إنتاج الكهرباء لاستخدامها في المدن والمصانع قدرت بحوالي أكثر من ٤٠٠ ميجاوات. (تقرير من المؤسسة العامة لتحلية مياه البحر – الرياض في عام ١٤١٦هـ/١٩٩٦م).



شكل رقم (١) موقع المملكة العربية السعودية

هدف الدراسة:

كان الهدف من استخدام تقنية تحلية مياه البحر للتخفيف من استفحال المشكلة المائية وإبراز أهمية هذه التقنية كمصدر جديداً للمياه كالآتي:

أ- تقليل الضغط على استهلاك المياه الجوفية وقصرها على الأنشطة الزراعية.

ب- إلقاء الضوء على تزايد الطلب على المياه والاحتياجات المستقبلية.

ج- التشدد في استخدام مياه التحلية في المنازل دون غيرها مع وإتباع أساليب الترشيد والمحافظة عليها وبناء خزانات سفلية وعلوية بالمنازل لحفظها من الضياع مع الاهتمام بصيانتها ونظافتها من قبل الأهالي.

د- إبراز أهمية مياه تحلية البحر لسد العجز المائي وذلك لقلة أو محدودية المياه الجوفية المتجددة أو غيرها مع إبراز الأهمية للميزانية المائية بالترشيد وتنمية الموارد المائية الأخرى.

مشكلة الدراسة:

تتركز هذه المشكلة بوجه عام في نقص إمداد المياه بشكل كبير وذلك لمحدودية المياه الجوفية والإسراف في استخدامها دون الاهتمام بالترشيد المائي وأثر ذلك على أوجه التنمية الاقتصادية و(الأنشطة الزراعية أو الصناعية وغيرها)، مما له أثر سلبي على الأمن المائي في المملكة.

مع إلقاء الضوء على ظاهرة البحث عن تقنيات جديدة لتحلية مياه البحر لتفادي مشكلة قلة المياه وازدياد التلوث البحري.

تساؤلات الدراسة:

تندرج أهم التساؤلات الدراسة الحالية والتي تحتوي على إجاباتها الميدنية على فرضيات يتم اختيارها في متن البحث في التالي:

- هل نجحت تحلية مياه البحر في تقليل العجز المائي في المدن؟
- ما مدى أسهام محطات تحلية مياه البحر في التعويض عن إستخدام المياه الجوفية؟
- ما نسبة المحطات المنشأة التي أشارت الدراسة إلى إنشائها؟
- ما هي الآثار السلبية المتوقعة لإنشاء المحطات على المدى البعيد؟

أهمية الدراسة:

وتتركز أهميــة هذه الدراســة في إظهــار مشكلة المياه وتفاقهما لمعالجة المشكلة مع الاهتمام لإيجاد البدائل الممكنة لسد العجز المائي والتعرف على طرق المحافظة على استمرارية موارد المياه وتنميتها والمحافظة عليها لتحقيق أمنها المائي بشكل جاد والذي يعتبر مطلباً وطنياً هاماً.

منهج وأسلوب الدراسة:

اتبع الباحــث المنهــج الوصفي وفي أغلبــه على الأسلوب الكيفي في كتابة البحث والتحليل بسبب شح البيانات الإحصائية التفصيلية الدقيقة ومن هذه الأساليب التي اتبعها في جمع البيانات:

العمل الميداني: وذلك بزيارة العديد من محطات التحلية للوقوف على الظاهرة على الطبيعة وجمع البيانات عنها ومن أشهر المحطات محطة الشعيبة في الليث على البحر الأحمر، ومحطة العزيزية بالخبر على الخليج العربي. لمعرفة التقنية الحديثة المستخدمة في تحلية مياه البحر.

البيانات التي تحصل عليها من تقارير وزارة المياه والكهرباء والمؤسسة العامة لتحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية.

البيانات التي حصل عليها من اصدارات كتاب "الإحصاء العام للمملكة العربية السعودية" إدارة الإحصاء العام، وزارة المالية والاقتصاد الوطني.

العمل المكتبي يشمل: تفريغ البيانات وتقارير المؤسسة العامة لتحلية مياه البحر ومن تحليل المقابلات الشخصية مع المسئولين المتخصصين بالمؤسسة العامة.

التطور التاريخي لتقنية تحلية مياه البحر

أ- تعريف تحلية مياه البحر:

تعتبر عملية التحلية، أنها الطريقة التي يمكن بواسطتها تحويل الماء المالح إلى مياه نقية من الأملاح عذبة الطعم. وللتحلية أسماء عدة منها: الإعذاب أو إزالة الملوحة. وللتحلية عدة طرق ولكن لنتيجها واحدة وهي إعذاب المياه للاستخدام البشري.

ولهذا سوف نلقي الضوء هنا من نتتبع التطور التاريخ لمعرفة كيف تم استخدام تحلية مياه البحر منذ القدم إلى الوقت الحاضر، وهذا يعود إلى احتياج ورغبة الإنسان في تحويل مياه البحار إلى مياه عذبة من قديم الزمان، ففي القرن الرابع قبل الميلاد، وصف أرسطو طريقة لتبخير المياه المالحة (مياه البحر) من أجل الحصول على مياه عذبة صالحة للشرب، وفي تلك الآونة كان البحارة اليونانيون يشربون الماء بعد إزالة ملوحته على ظهر السفن كما فعل الغير في ذلك الزمان، ولم تكن الحاجة في ذلك الوقت ماسة لإجراء محاولات للحصول على كميات كبيرة من المياه العذبة إلا بعد اختراع المراكب البخارية لتفادي حودث التآكل في المراجل، أما اليوم فإن السفن تحمل أجهزة تبخير توفر لها حوالي ٤٥٠ ألف جالون من الماء العذب. (المؤسسة العامة لتحلية مياه البحر – الرياض ١٤١٦هـ/١٩٩٦م).

وقد استخدمت في الماضي طرق عدة قديمة وبدائية للتعرف على الوسائل التي بها تمت إزالة ملوحة مياه البحر مثل:

إستخدام مصاصات من الفتيل يمر خلالها الماء المالح فتمتص خيوطها الصوفية الملح المذاب بالمياه.

إستخدام عملية الترشيح بواسطة التراب الفخاري.

إستخدام عملية التقطير بالحراري لإعذاب مياه البحر. وجميع المياه المكثفة على أسطح باردة.

ونماذج المقطرات العاملة بالحرارة الشمسية تعود إلى

القرن الماضي.

ومن هذه الأمور السابقة ذكرها تدل على أن الإنسان عرف تحيلة مياه البحر منذ القدم، مع ظهور أدلة تغير استعمال الطريقة التبخير للحصول على ماء الشرب منها ما ذكره العالم المسلم أبا منصور الموفق بن علي الحروي حيث قال في ذلك الوقت إن التبخير هو الوسيلة للحصول على ماء عذب. وإن العالم المسلم جابر بن حيان حدد قواعد التقطير وصنفها كان ذلك في أواخر القرن السابع الميلادي.

وتعتبر المحطة التي أقيمت في تونس عام ١٦٥٠م أول محطة بداية لتحلية مياه البحر. وأخذت هذه التطورات لاستخدام التقنية لتحلية مياه تزاد مع بداية عصر الصناعة عام ١٨٠٠م وما بعدها وكان الاحتياج للمياه العذبة من مياه البحر لمواجهة الطلب السكاني له وعجز مصادر المياه الطبيعية للوفاء في اكتفاء الاحتياج المائي، قام العلماء والباحثين في اكتشاف تقنيات حديثة وعديدة لتحلية مياه البحر كانت تتمثل في اكتشاف إمكانية الحصول على الماء العذب بواسطة التبريد وكان ذلك في عام ١٩٣٦م، كما اكتشف عام ١٩٥٠م طريقة التبخر الومضي متعدد المراحل، وأيضاً في نفس العام اكتشفوا طريقة التناضح العكسي (المؤسسة العامة لتحلية مياه البحر، الرياض: ١٤١٦هـ-١٩٩٦م).

ومما سبق يلاحظ إنشاء، في الستينات من القرن الماضي، في أماكن عديدة من العالم وحدات تحلية لمرافق المياه بحوالي تصل إلى سعة ٨٠٠٠م٣ يومياً من المياه المحلاة (٢ مليون م٣/ آلي) وكان معظم هذه الوحدات تحل بالطاقة الحرارية لتحلية مياه البحر، وقد دخلت طريقة الفرز الغشائي الكهربائي لتحلية مياه الآبار المالحة فوجد أنها أكثر اقتصادية ووجدت لها عدة تطبيقات.

ب - الطرق المناسبة لعملية تحلية مياه البحر:

من العرض السابق يعطي دلالة أن عملية التحلية معروفة منذ القدم وكانت الإشكال تتركز في أن العملية مكلفة وغير مربحة. ولقد استخدمت تقنية تقطير المياه من الحرارة خلال القرن التاسع عشر وقد أصابت نجاح بسيط بسبب التكلفة المترتبة على إنتاج المياه العذبة (دراسة تاريخية عن التحلية – المؤسسة العامة لتحلية مياه البحر – ١٩٩٦م) هناك عوامل لاختبار طريقة مناسبة للتحلية تتركز على :

نوعية مياه البحر (تركيز الأملاح الذائبة الكلية)، تصل كمية الأملاح الكلية المذابة في مياه الخليج العربي إلى حوالي ٥٦٠٠٠ جزء من المليون، كما أنها تتراوح ما بين ٣٨٠٠٠ – ٤٣٠٠٠ جزء من المليون في مياه البحر الأحمر.

درجة الحرارة لمياه البحر والعوامل الطبيعية المؤثرة فيه التي تركز على مراعاة ذلك عند تصميم المحطات حيث أن المحطة تعطي المطلوب عند درجة الحرارة المختارة لتصميم بحيث لو زادت أو انخفضت درجة الحرارة عن هذا المعدل فإن ذلك يؤثر على كمية المنتج بالزيادة أو النقصان، أما العوامل الطبيعية المؤثرة فتشمل المد والجزر وعمق البحث عند مأخذ المياه وتلوث البيئة.

تكلفة وحدة المنتج من مياه وكهرباء، وذلك بمتابعة أحدث التطورات العالمية في مجال التحلية وتوليد الطاقة وللوصول إلى أفضل الطرق من الناحية الاقتصادية من حيث التكلفة الرأسمالية وتكاليف التشغيل ولصيانة. (الباحث).

وهناك أساليب علمية حديثة لعمليات تحلية المياه تتمثل في:

- التحلية بالتقطير الومضي متعدد المراحل.
- التحلية بالتناضح العكسي (استخدام طرق الأغشية).
- التحلية بالطاقة الشمسية.
- التحلية بالتحليل الكهربائي.
- التحلية بالتجميد.
- التحلية بالتأثير المتعدد المراحل.
- التحلية بالبخار المضغوط.

وكما أن معالجة المياه تمر بمراحل خمس هي:

التهوية والتبريد بواسطة أبراج التبريد.

معالجة العسر بإضافة الجير والصودا في أحواض الترسيب.

الترشيح بواسطة المرشحات الرملية.

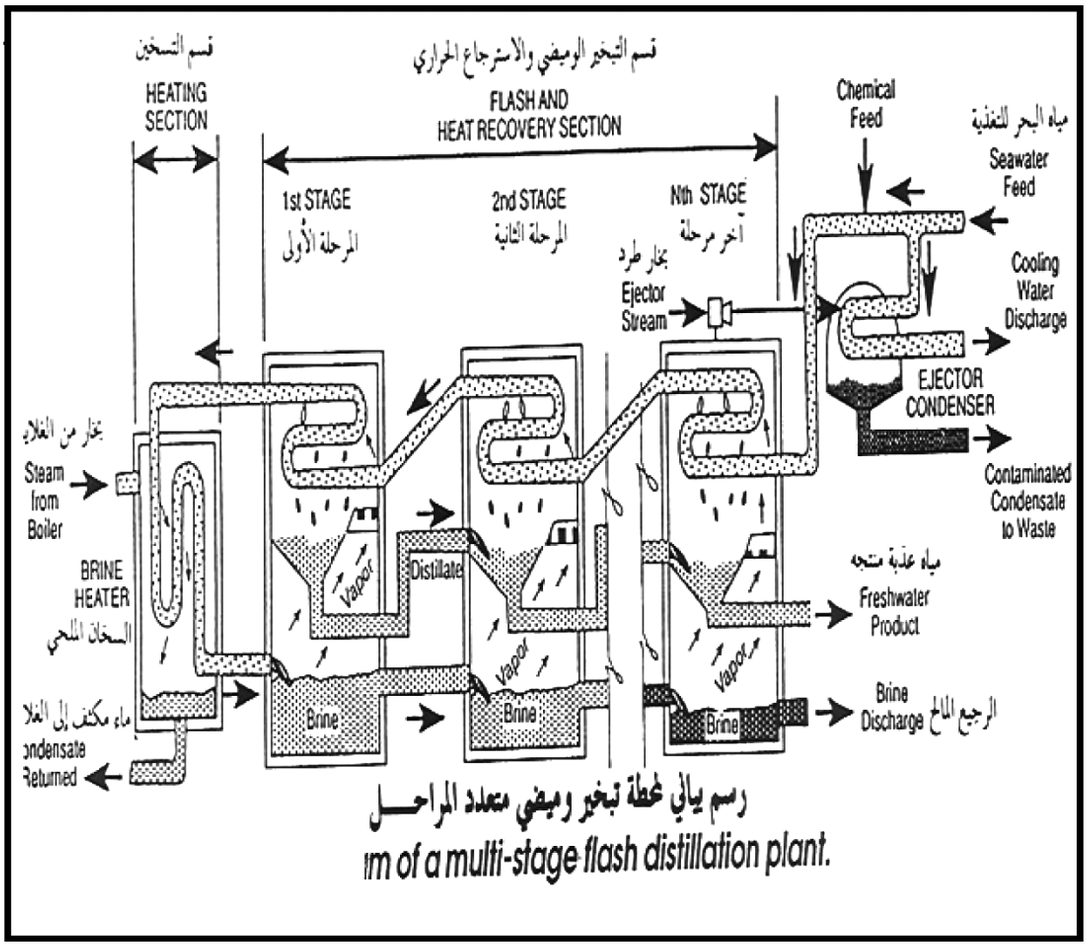
التعقيم بواسطة إضافة الكلور.

من هذا العرض لابد من معرفة أبرز طرق التحلية المتبعة في إنتاج المياه العذبة من البحر التي تمثلت في الآتي:

١- تحلية المياه بطرق التقطير الومضي متعد المراحل:

تعتبر درجة غليان السوائل تتناسب طردياً مع الضغط الواقع عليها فكلما قل الضغط الواقع على السائل انخفضت درجة غليانه، وفي هذه الطريقة تمر مياه البحر بعد تسخينها إلى غرف متتالية ذات ضغط منخفض فتتحول المياه إلى بخار ماء، يتم تكثيفه على أسطح باردة ويجمع بكميات ذات الطاقة الإنتاجية الكبيرة.

طريقة التقطير باستخدام الطاقة الشمسية، وتعتمد عليها للاستفادة من تسخين مياه البحر حتى درجة التبخر ثم يتم تكثيفها على أسطح باردة وتجمع في مواسير على العموم فإن الاستفادة من هذه الطاقة ما زالت في طور الدراسة لتخفيض تكاليفها، وأيضاً هناك طرق للتحلية مثل التقطير باستخدام المبخرات ذات الأنابيب الرأسية، وأيضاً التقطير بمتعدد المراحل (متعدد التأثير)، والتقطير بطريقة البخار المضغوط. (شكل ٢).

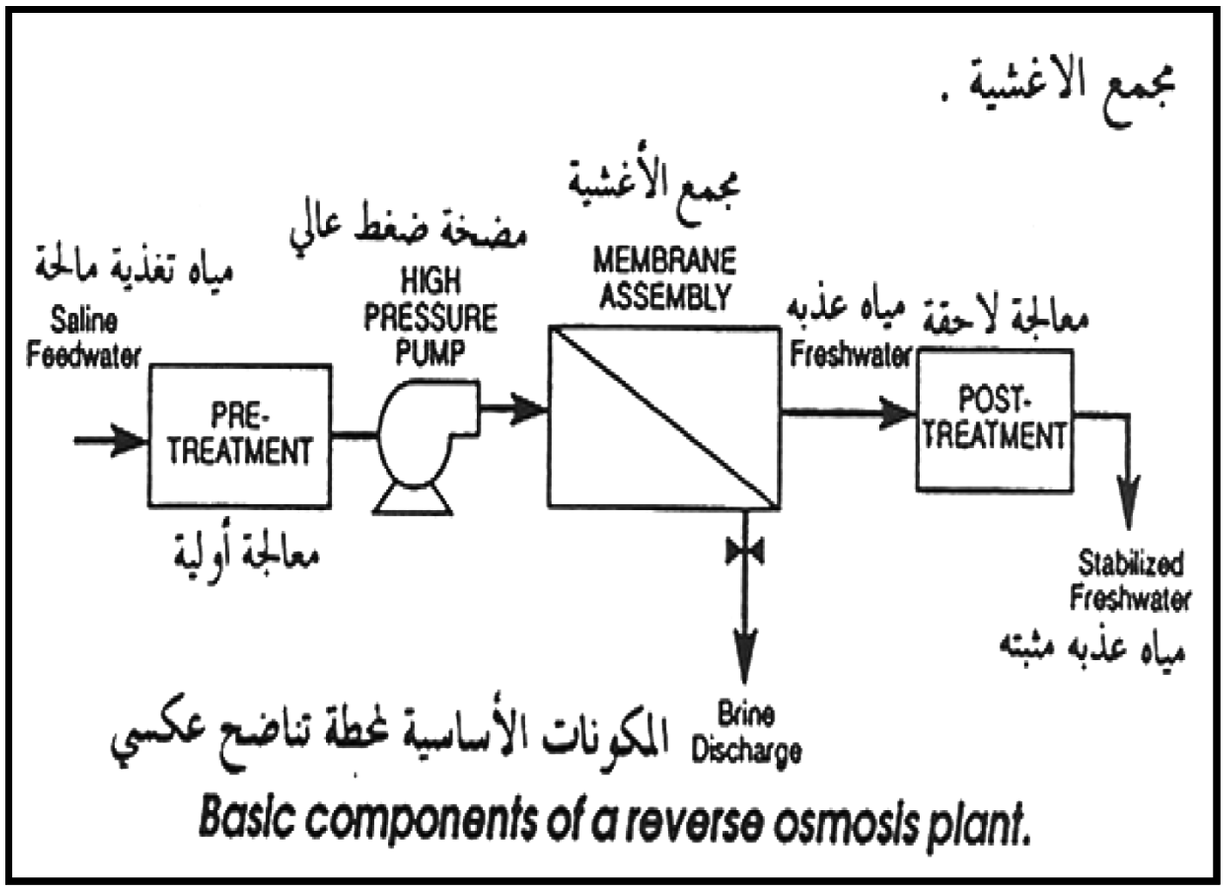


شكل رقم(٢) رسم بيانى لمحطة تبخير وميضى متعدد المراحل
المصدر: مؤسسة تحلية مياه البحر.

٢- التحلية باستخدام طرق الأغشية:

المتمثل في التناضح العكسي التي يستخدم بها أغشية شبه منفذة على سطح غشاء رقيق أو ألياف دقيقة مفرغة ثم يتم ضغط محلول ملحي فيحدث انعكاس للضغط الأسموزي يزيد من تركيز المحلول الملحي ويتم تنقية مياه البحر من الأملاح المذابة فيها.

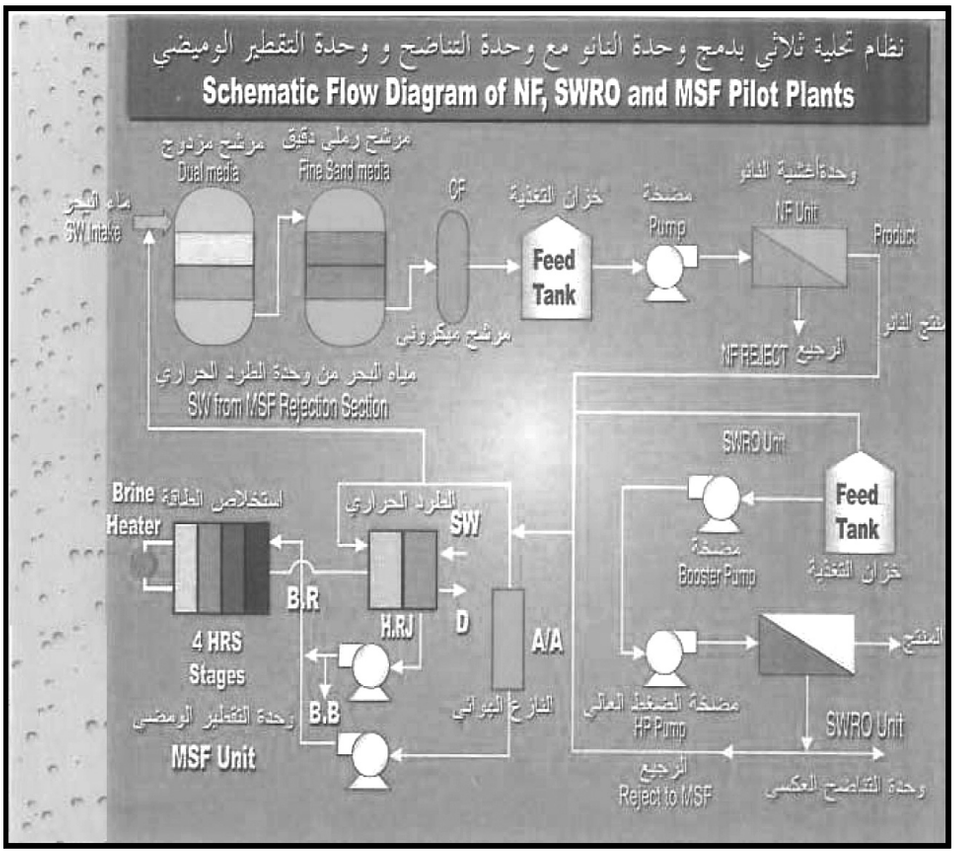
وأيضاً بطريقة الفرز الغشائي الكهربائي، التي تتكون وحدة الفرز الغشائي الكهربائي من خلية ذات نوعين مختلفين من الأغشية تعرف بأغشية الاختبار الأيوني أمر هام يسمح بمرور الأيونات الموجبة (الكاتيونات) والآخر يسمح بنفاذ الأيونات السالبة (الأنيونات) ويقوم التيار الكهربائي بسحب الأيونات المختلفة خلال الأغشية في اتجاه كل من قطبي التيار الكهربائي (الكاتور – الأنور) بالإضافة إلى تحلية المياه بطريقة البلورة أو التجمد وتحلية المياه بالطرق الكيميائية (بوروسي) (المؤسسة العامة لتحلية مياه البحر – ١٩٩٦م). (شكل٣).



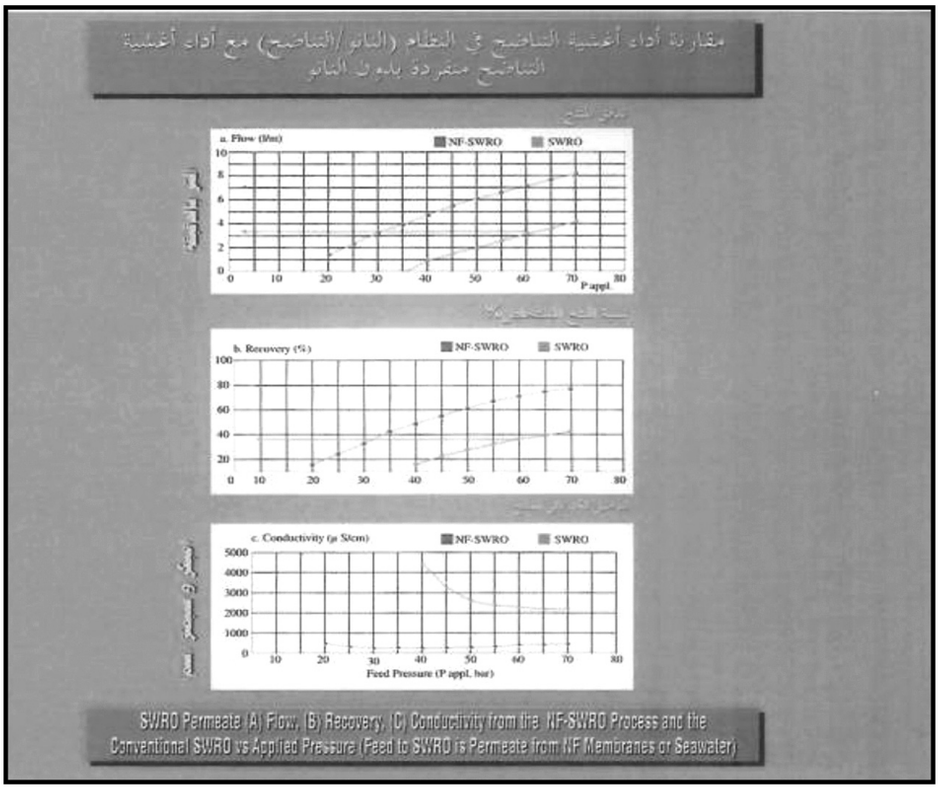
شكل (٣) المكونات الأساسية لمحطة تناطح عكسى
المصدر: مؤسسة تحلية مياه البحر.

٣- التهجين بين طرق التحلية:

تعتبر التغذية ذات فائدة اقتصادية في كثير من الحالات فهي وسيلة للجمع بين ميزات من طرق التحلية وقد يؤدي إلى رفع مستوى أداء بعض الطرق عند دمجها مع طرق أخرى مقارنة بأدائها منفردة إلى جانب أنه يجنب تكرار المعدات والمنشآت مما يقلل من التكلفة الرأسمالية والتشغيلية، ومن أمثلة هذه الطريقة هي تلك التي يتم الجمع فيها بين طريقتي التقطير الوميضي متعدد المراحل وطريقة التناضح العكسي، وذلك بالسماح بتغذية محطة التناضح العكسي بمياه التبريد المرجعة التي سبق تسخينها بمحطة التقطير الوميضي متعدد المراحل فيرتفع إنتاج محطة التناضح العكسي بنسبة ٣٠٪ تقريباً في حين يمكن الاستغناء عن منشآت مأخذ مياه البحر الخاصة بالتناضح العكسي وخفض حجم قناة ومعدات صرف مياه الرجيع من المحطتين معاً، كما أن خلط الماء المنتج من التقطير وهو ماء مقطر لا يزيد تركيز الأملاح الذائبة فيه عن ٣٠ ميلليغرام/ لتر ينتج عنه ماء عذب ذا محتوى ملائم للشرب والاستخدام اليومي دون الحاجة إلى مجها مع مياه آبار لمعالجتها من المقطرات. (شكل ٤، ٥).



شكل رقم (٤) نظام تحلية ثلاثى
المصدر: مؤسسة تحلية مياه البحر.



شكل رقم (٥) مقارنة أداء أغشية التناطح فى النظام مع أداء أغشية التناطح
المصدر: مؤسسة تحلية مياه البحر.

تطور مراحل تحلية مياه البحر:

تتزايد أهمية التحلية في أماكن كثيرة ومتعددة من العالم، ويؤكد ذلك ما ورد بالتقرير الرابع عشر لجمعية التحلية العالمية في يونيو ١٩٩٦م وقبل أن نوضح موجز لهذا التقرير لابد من التطرق إلى هذا التطور في مجال التحلية الذي يبين أن محطات التحلية تنتشر في أنحاء العالم بالآلاف حيث بلغ عددها عام ١٩٨٩م نحو ٧٥٣٦ محطة تنتج نحو ١٣ بليون م٣/ اليوم، وتمثل هذه زيادة قدرها ٤٠٪ من الطاقة الإنتاجية لعام ١٩٨٦م، وكما يتضح أن دول الشرق الأوسط تستحوذ على ٦٠٪ من طاقة التحلية الإجمالية في العالم (تقرير للشركة الاستشارية الألمانية، ١٩٨٩م)، تتبعها أمريكا الشمالية بنسبة ١٣٪ وأوروبا بنحو ١٠٪ وأفريقيا حوالي ٧٪ وتتركز جميع محطات التحلية العملاقة في منطقة الخليج العربي.

يلاحظ من هذا التقرير السابق حدد أنه حتى عام ١٩٩٥م تم إنشاء أو التعاقد على أكثر من ١١٠٠٠ وحدة تحلية سعة كل وحدة تتراوح بين ١٠٠م٣/ اليوم و ٦٠٠٠٠م٣/ اليوم (أي ٣٦٤٢٠ جالوناً أمريكياً يومياً – ١٥٨٥٣٠٠٠ جالون أمريكي يومياً) على مستوى العالم تغذي الاستخدامات المنزلية والصناعية. (جدول ١و شكل ٦).

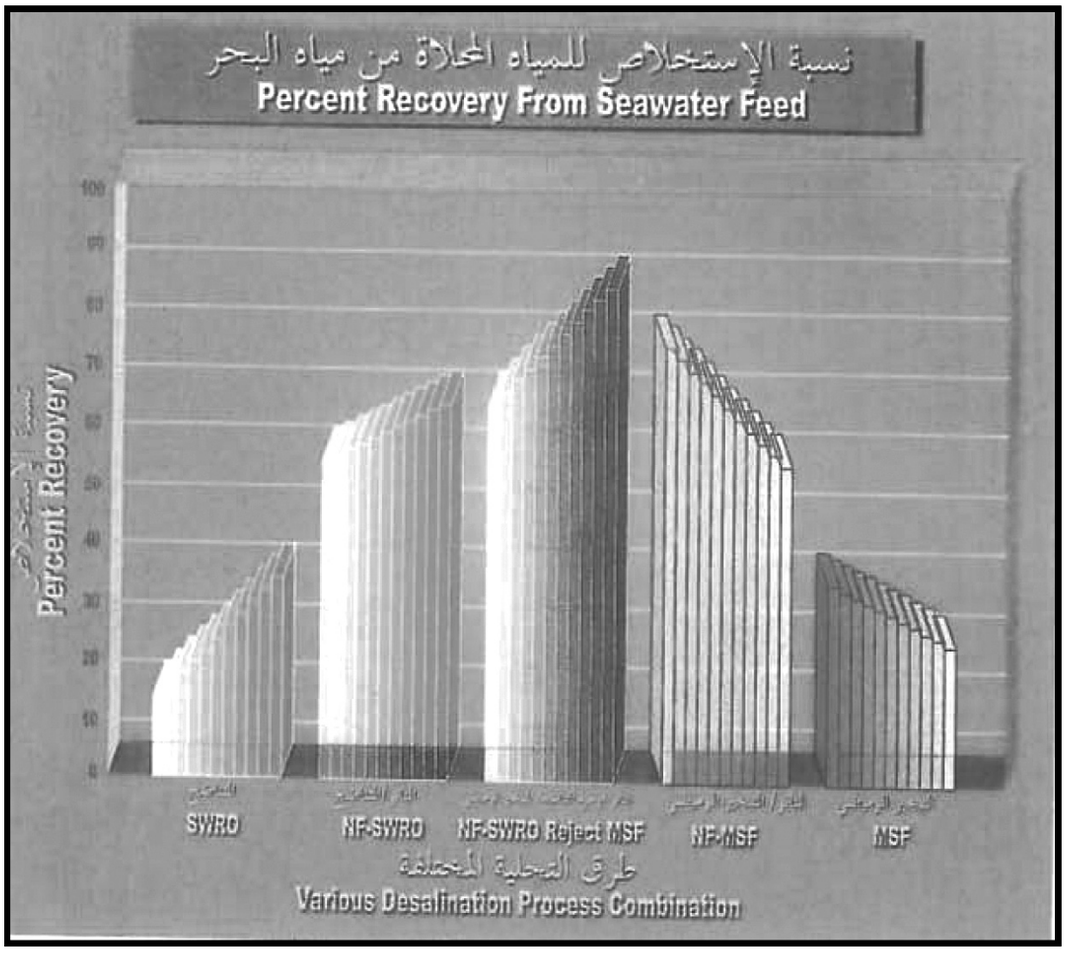
وتستخدم تنقية التحلية في أقطار كثيرة في المرتبة الأولى المملكة العربية السعودية تليها الولايات المتحدة الأمريكية، حيث بلغت سعة محطات المملكة حوالي ٧٩٢ مليون جالون/ اليوم (٣ مليون م٣ يومياً) أي ما يعادل أكثر من ٢٧٪ من سعة إجمالي المحطات في العالم، كما بلغت سعة المحطات في أمريكا حوالي ٣٠٩٢٥٣٣ م٣/ اليوم بنسبة حوالي ١٥,٢٪ من السعة الإجمالية لمحطات التحلية في العالم، جميع محطات التحلية في المملكة تعتمد على تحلية مياه البحر باستخدام التقطير في حين أن المحطات المقامة في أمريكا مصممة لتحلية المياه الجوفية الملحية باستخدام التناضح العكسي. (شكل ٧).

ويذكر تقرير لمنطقة الخليج لاستشارات الصناعية عام ١٩٩٠م أن عدد الوحدات للتحلية المقامة في المنطقة وصلت إلى حوالي ١٦٥٢ وحدة بطاقة إجمالية بلغت ٦,٦٤٠,٠٠٠ م٣/ اليوم وأن القطاع الصناعي يعد من أكبر مستهلك المياه المحلاة مقارنة بالاستخدامات الأخرى حيث تستخدم المياه للتبريد، وأيضاً في العديد من العمليات التحويلية والاستراتيجية، لوحظ أن الاهتمام بتقنية التحلية بدأت عام ١٩٤٠م خلال الحرب العالمية الثانية عندما احتاجت مجموعات عسكرية كميات مائية كثيرة للاستخدام، من هنا ظهرت كوامن الاستفادة من التحلية بوضوح واستمر العمل في هذا المجال في أقطار شتى.

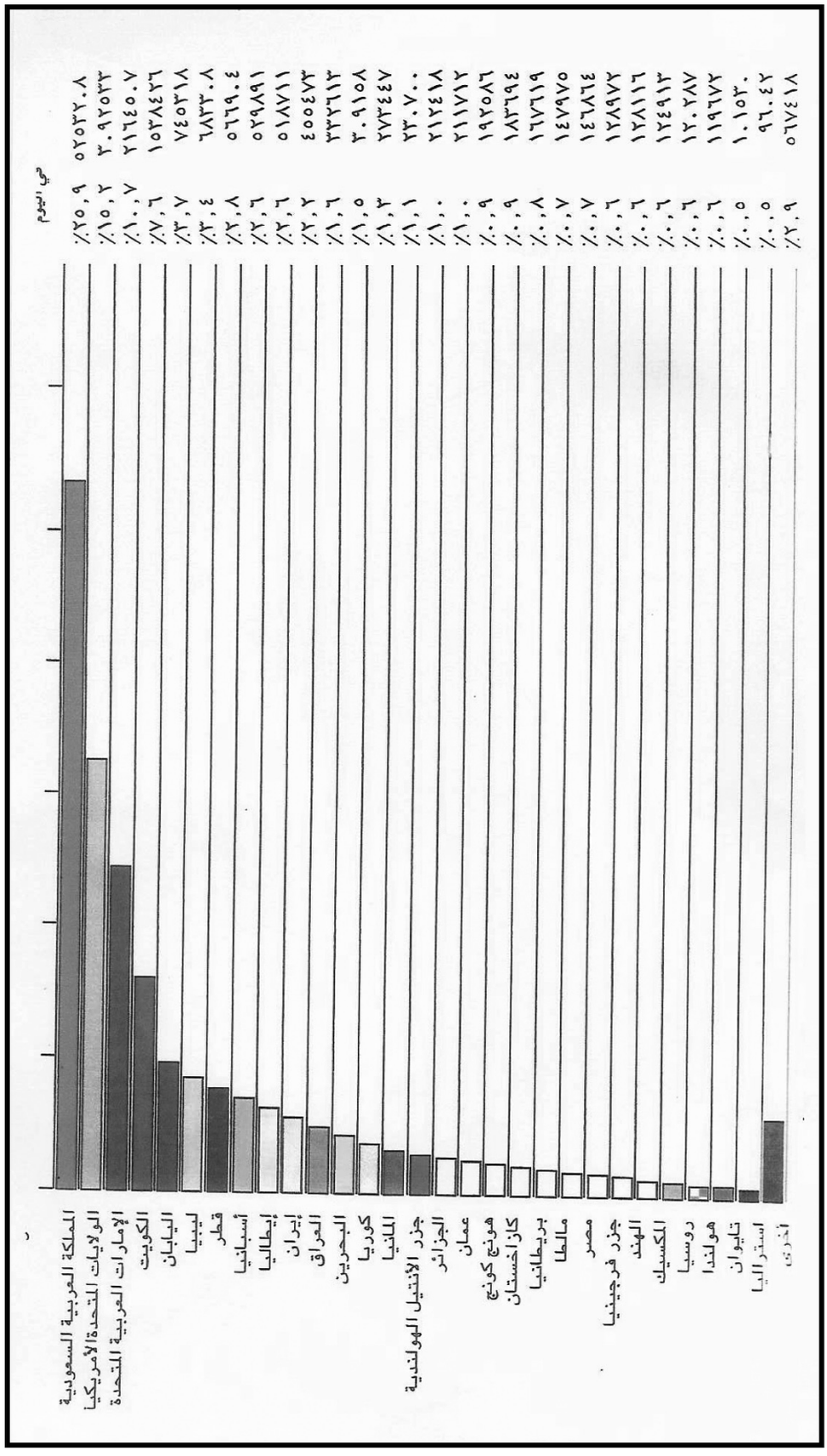
جدول رقم (١) يبين إجمالي السعة لمحطات التحلية في العالم

التقنية المستعملة	السعة العالمية ٪	السعة بالمليون م٣/اليوم	السعة بالمليون جالون/اليوم
التقطير الومضي متعدد المراحل	٥٦	٧,٤	١٩٥٠
ناضح عكسي	٣١	٤,١	١٠٨٠
تأثير متعدد	٠,٥	٠,٧	٠,١٨٠
تحليل كهربائي	٠,٥	٠,٦	٠,١٦٠
ضغط بخار	٠,٣	٠,٤	٠,١١٠
المجموع	١٠٠٪	١٣,٢	٣,٤٨٠

– بيان منظمة التحلية العالمية، ١٩٩٩م.



شكل رقم (٦) نسبة الإستخلاص للمياه المحلاة من مياه البحر
المصدر: مؤسسة تحلية مياه البحر.



شكل (٧) بيان إجمالي السعة لجميع محطات التحلية الثابتة في العالم التي تنتج ٠ متر مكعب/ يوم/ للوحدة أو أكثر(حسب الدولة)

يلاحظ أنه من بداية الاحتياج للتحلية عام ١٩٤٠م إلى الوقت الحالي مرت بمراحل التطوير والتعديل والأبحاث ودفع الأموال التي ساعدت على إجراء الدراسات والأفكار التطويرية لعملية التحلية بالتقنيات المختلفة المستخدمة في عملية التحلية، ومن عام ١٩٥٠م وإلى مدة ٣٠ عام أنفقت حكومة الولايات المتحدة خلالها نحو ٣٠٠ مليون دولار في العملية، وقد ساعدت هذه المبالغ في إيجاد كثير من الأبحاث الأساسية والتطوير لمختلف التقنيات في مجال تحلية مياه البحر ومياه الآبار المالحة، في أواخر ١٩٦٠ بدأ تركيب وحدات تحلية بسعة ٨٠٠٠ م٣/ اليوم (٢ مليون جالون أمريكي يومياً)، وكانت هذه الوحدات أو معظمها تدار بالطاقة الحرارية، ولكن أنه تغيرت إلى استخدام عمليات لوحدات تحلية عن طريق استخدام الأغشية، وقد استفادت التقنية من الخبرة العملية التي توفرت من تشغيل الوحدات التي أنشئت في العقود الماضية.

إزدياد الاحتياج المضطرد للطلب على المياه:

تعتبر مشكلة المياه هي مشكلة عالمية تؤكدها بعض الدراسات للبنك الدولي ومنظمة الفاو، ١٩٩٨م، التي أجريت في أن منطقة الشرق الأوسط هي الأفقر مائياً على مستوى العالم ككل (لأن أغلب مساحته أرض قاحلة صحراوية وأيضاً كمية الأمطار الساقطة عليه تعتبر متذبذبة لوقوع معظمه في النطاق المداري الحار والجاف)، ولذلك تتعرض مياهه الجوفية إلى عمليات استخدام جائر وعشوائي لسد الفجوة المتنامية لتلبية احتياج النمو السكاني المتنامي في الوطن العربي ككل، كما من الملاحظ أنه في عام ٢٠٣٠م سيبلغ عدد السكان في المنطقة إلى حوالي ٧٠٠ مليون نسمة وستبلغ الفجوة نحو الاحتياج المائي إلى حوالي ٢٨٢ مليار م٣ سنوياً، مما يترتب عليه يتقلص احتياج الفرد في الوطن العربي إلى ما دون خط الفقر المائي وهو ١٠٠٠ م٣ سنوياً، كما أنه خلال العشر سنوات الأولى من الألفية الثانية سوف تصل نسبة العجز في الاحتياج إلى حوالي ٣٠٪ مليار سنوياً، هذه بعض المؤشرات التي تدل على حجم المشكلة عالمياً.

تعمل الزيادة السكانية والنمو العمراني والتركيز الحضري واستشراء الاستهلاك في دول المنطقة على زيادة استهلاك الماء، فقد ارتفع معدل استهلاك الفرد من الماء من ١٦٥ لتر يومياً عام ١٩٦٥م إلى ٣٠٠ لتر يومياً في أوائل الثمانينات، ويقفز هذا الرقم إلى ٤٠٠ لتر في بعض المدن الكبيرة علماً أن معدل استهلاك المياه في دولة مثل بلجيكا لا يتجاوز ١٨٦ لتر للفرد الواحد، ويشكل تزايد عدد السكان عبئاً على الموارد المائية في أي بلد من بلدان العالم، حتى وإن كانت ذات وفرة بالمياه، فكيف في بلدان تعتبر فقيرة بالموارد المائية أو ذات محدودية بهذه الموارد كالمملكة العربية السعودية مثلاً. (الأمن المائي في المملكة، التركي).

بلغ عدد سكان المملكة عام ١٩٨٥م حوالي ١٣ مليون نسمة ليرتفع في عام ١٩٩٣م إلى حوالي ١٨ مليون نسمة، والفرق بين الرقمين يشير إلى أن عدد سكان المملكة قد زاد في ٨ سنوات حوالي أكثر من ٤ ملايين نسمة أي أن نسبة النمو السكاني وصل إلى ٧٥٪، ومن المعروف أن استهلاك المياه يزداد كلما زاد عدد السكان، أي أن العلاقة طردية بين استهلاك المياه وازدياد عدد السكان وتعتمد معظم المدن في المملكة في مواردها المائية على الموارد السطحية والجوفية المتجددة وغير المتجددة ومحطات تحلية مياه البحر، وقد أدى تزايد نمو السكان وارتفاع مستوى المعيشة والعوامل الأخرى إلى ظهور النمط الاستهلاكي الآتي:

زيادة معدلات استهلاك الفرد للمياه.

زيادة الضغط على موارد المياه المحدودة.

لابد هنا أن نذكر أن معدلات استهلاك الفرد في المملكة من المياه يقدر بحوالي ٢٤٥ لتر يومياً ويزداد هذا المعدل في بعض المدن الكبرى كالرياض وجدة ومكة إلى حوالي ٤١٢ و ٣٩٠ و ٣٤٥ لتر يومياً على التوالي، (إدارة وتنمية الموارد المائية، ١٩٩٧م)، ويعود هذا إلى الزيادة في المساحة العمرانية وما يرافقها من زيادة سكانية كبيرة إلى نحو خمس أضعاف السكان، مما أدى إلى زيادة كمية المياه المتاحة بنحو ١٤٤٪ وبالتالي زيادة الاستهلاك بنسبة ١١٠٪ وتمثل الاستخدامات المنزلية نسبة ٤٠٪ من كمية المياه المستهلكة في المدن (الأمن المائي في المملكة، التركي).

تعتبر المياه بشكل عام سلعة ذات قيمة منخفضة ولكن الحاجة لها تكون بكميات كبيرة جداً، ولكن الدول الواقعة في الأقاليم الجافة وشبه الجافة تقل بها المياه مع تزايد مراحل النمو والتطور الحضاري الذي تزداد معها الحاجة إلى موارد مياه إضافية، لذا ينبغي من هذه الدول التعامل مع المياه كعامل أساسي ذي قيمة استراتيجية مهمة في التخطيط التنموي للبلاد، وللوصول إلى مصادر جديدة للمياه مهمة لابد هنا من المحافظة على المصادر الطبيعية للمياه كتكوين مخزون يكفي الحاجة إلى حين الوصول إلى المصادر الجديدة وضرورة الاستمرار في أعمال البحث والتطوير والابتكار لوسائل المحافظة على المياه المتواجدة فعلاً، الاستمرار في البحث والدراسة لإيجاد المصادر الجديدة للمياه.

وقد توضح جهود المملكة العربية السعودية منذ بداية البحث عن المصادر المائية والمحافظة عليها في تأمين توفير

حاجتها من المياه وقد نجحت في تحقيق إنجازات هامة في قطاع المياه لتلبية احتياجات السكان من المياه وذلك بإنشاء محطات لتحلية مياه البحر باستخدام طريقة التبخير الوميضي متعدد المراحل (SFM)، وتعتبر تجربة المملكة رائدة في هذا المجال لسد النقص من مصادر المياه الطبيعية.

اعتمد هذا كله على إقامة محطات لتحلية مياه البحر إيصالها إلى المدن والقرى للتخفيف من الضغط على المياه الجوفية المتاحة، حيث انخفض منسوبها في بعض المناطق فاتجه إلى إقامة المحطات لتحلية مياه البحر وإنشائها لتوفير البديل المناسب، وأن فكرة تحلية المياه المالحة في المملكة نبعت عندما واجهت بعض المدن الساحلية، خاصة على ساحل البحر الأحمر إلى نضوب المياه الجوفية المحدودة في بعض الآبار وبالإضافة إلى قلة الأمطار التي لها الأثر في شح المياه الجوفية التي كانت تتناسب عكسياً مع كمية الاستهلاك نظراً لتزايد الطلب على المياه وارتفاع مستوى المعيشة، أو لأن المياه الجوفية تحتوي على نسبة أملاح عالية كما هو الحال في المدن الواقعة في الشرق على ساحل الخليج العربي، ومن هنا أصبحت الحاجة ماسة إلى إيجاد مورد آخر للمياه فبرزت فكرة تكنولوجية التحلية، وكان الإيعاز بأن توضع الأوليات الخاصة لحل مشكلة مياه الشرب وبأي ثمن لينعم المواطنين بها، ومن هنا كان الاتجاه إلى استخدام هذه التكنولوجيا أمراً لابد منه وبديلاً مناسباً.

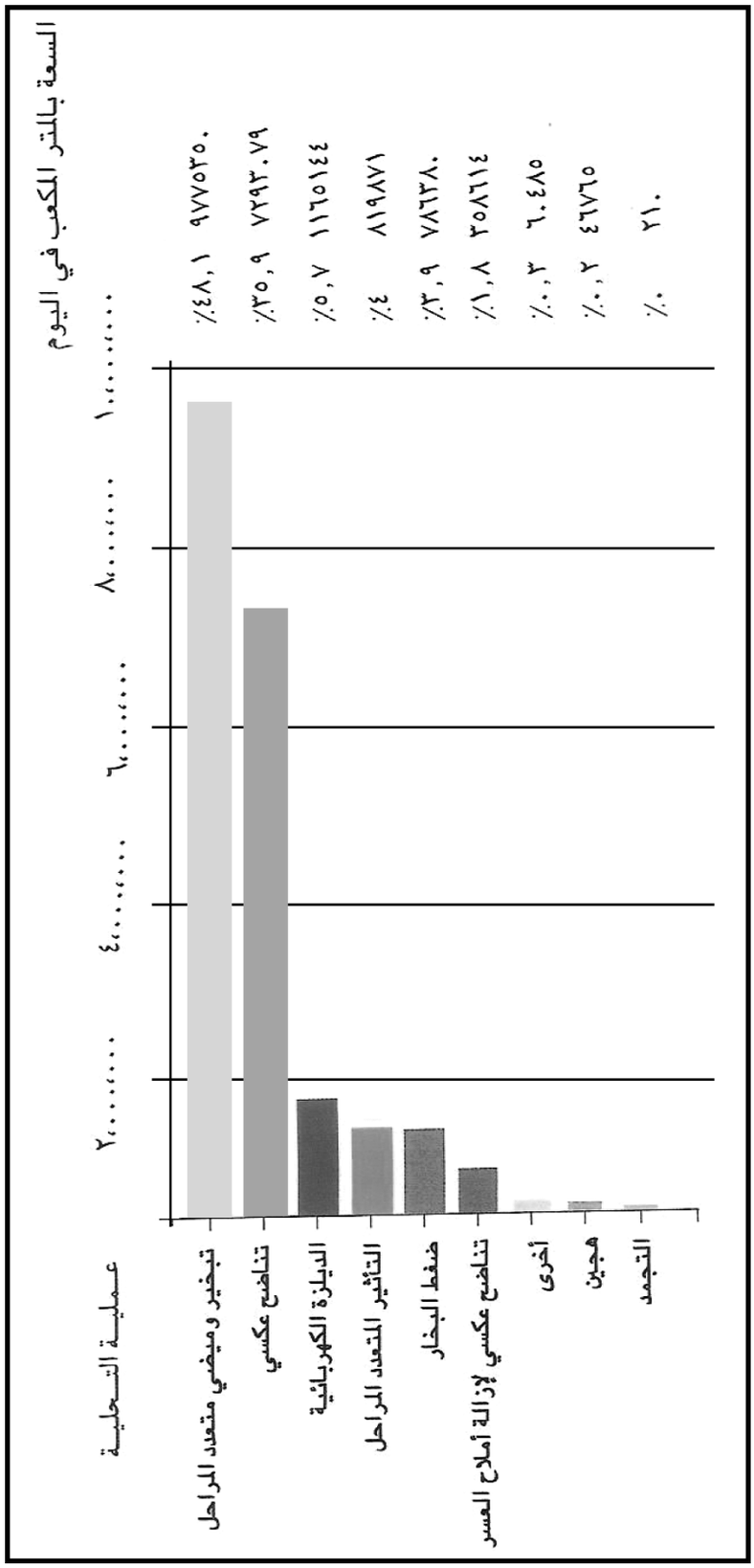
ونتيجة للأبحاث والتجارب التي أجريت على عدة عمليات لتحلية المياه المالحة (المؤسسة العامة لتحلية مياه البحر، ١٩٩٧م)، اختيرت طريقة التقطير الومضي للاستخدام في المحطات الصغرى الأحادية الغرض لإنتاج الماء المقطر فقط، لذا فقد لجأت الدولة إلى إقامة محطات التحلية لمياه البحر على الساحلين الغربي (البحر الأحمر) والشرقي (الخليج العربي)، ففي مدينة جدة مثلاً، والتي كانت تعاني ولفترات طويلة من قلة مواردها المائية، وحيث عولج هذا النقص بسحب المياه إليها من بعض الأودية لمواجهة الازدياد السكاني والتقدم العمراني وتوسعه الذي لم تفلح معه هذه الإمدادات من المياه فزادت المشكلة، مما دعا إلى إقامة محطات تحلية فيها، وإذا نظرنا لجهة الشرق (المنطقة الشرقية للمملكة) فكانت هناك مشكلة مياه ليست في نقص الإمدادات ولكن في سوء نوعيتها إذ أن مياهها مالحة أعلى من التقديرات العالمية،مما حدا إلى إقامة محطات تحلية لمعالجة هذه المشكلة بها.

وبعد مضي حوالي أكثر من ٤٠ سنة يلاحظ انتشار محطات تحلية مياه البحر على طول الساحلين للمملكة لتأمين مياه الشرب بشكل وافر للمدن والقرى والهجر التي تحتاج المياه بل امتدت إلى مدن داخل المملكة استفادت من هذه المياه ، أما لقلة المصادر أو لملوحة المياه فيها، ولمواكبة التطور العمراني والسكاني والصناعي بها، وتمثل هذه المدن الداخلية مراكز مهمة لازدياد السكان أو التطورات التنموية بها وتتمثل في مدن مكة المكرمة (محطة الشعيبة) المدينة المنورة (محطة في مدينة ينبع) الطائف (محطة الشعيبة) أبها وخميس مشيط (محطة الشقيق) جميع هذه المحطات تقع على ساحل البحر الأحمر وأيضاً مدينة الرياض العاصمة (محطة الخبر التي تعتبر أكبر محطة تحلية في العالم) (المؤسسة العامة لتحلية مياه البحر، ١٩٩٧م) على ساحل الخليج العربي، بالإضافة إلى مد خطوط لتغطية بقية مناطق المملكة وامتدادها بهذه المياه المحلاة من البحر. (جدول ٢، وشكل ٨).

جدول رقم (٢) يبين تزايد الإنتاج من محطات التحلية في المملكة
من ١٣٩٣ – ١٤١٩هـ (١٩٧٣-١٩٩٩م)

الفتـرة	الإنتاج م٣/ اليوم
١٣٩٣هـ	٢١,٠٠٠
١٣٩٤-١٣٩٨هـ	١٠٥,٢٥١
١٣٩٩-١٤٠٣هـ	١,٨٢٢,٨٠٣
١٤٠٤-١٤٠٨هـ	٢,٠٢٣,٩٣٠
١٤٠٩-١٤١٣هـ	٣,٢٢٥,٧٢٠
١٤١٥-١٤١٩هـ	٥,٠٠٠,٠٠٠

المصدر: المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، التقرير السنوي، ١٤٢٠هـ، الرياض.



شكل (٨) سعة جميع محطات التحلية الثابتة في العالم التي تنتج (١٠٠ متر مكعب/ يوم/ للوحدة أوأكثر)
حسب عملية التحلية المستخدمة

تجربة المملكة في الاعتماد على تحلية مياه البحر:

تتمثل هذه التجربة في:

إهتمام المملكة لتحلية مياه البحر أبرز نجاح تجربتها بشكل واضح.

إقامة مشاريع (المحطات) لتحلية مياه البحر.

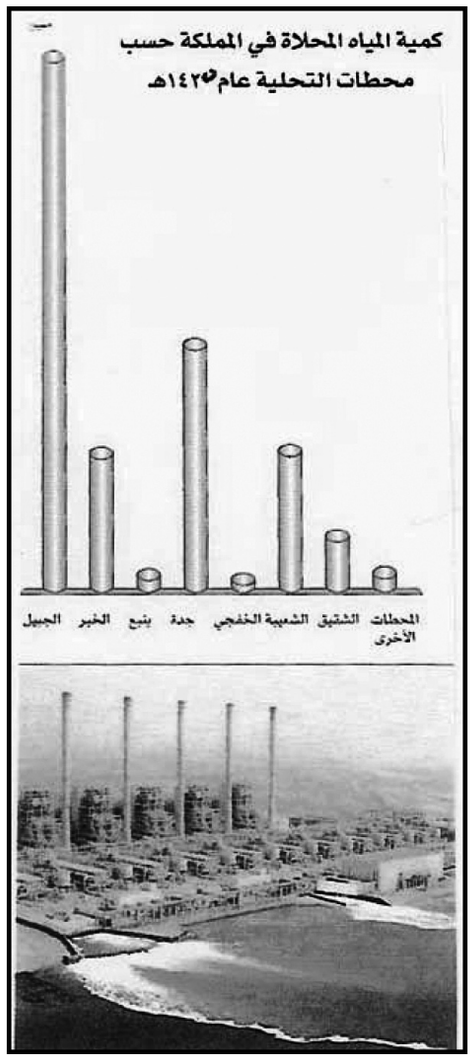
تعتبر تحلية مياه البحر حل مهم لدول لديها مشاكل مائية في مصادرها أو بالتأثير المناخي (لقلة سقوط الأمطار، عدم الاستفادة من مياه السيول لقصر جريان المياه أو بسبب الفيضانات في موسم الأمطار، قلة المكتسب للمياه الجوفية وازدياد الفاقد بسبب السحب الجائر)، (الأمن المائي للمملكة العربية السعودية، التركي) وظهرت هذه الأهمية في نهاية أزمة الخليج ١٩٩١م على سكان الكويت الذين عانوا من توقف محطات التحلية عن العمل بسبب التعطيل، وأيضاً عند توقف امتداد المياه المحلاة لمدينة الرياض ٢٠٠١م وذلك لإصلاح أنبوبين من أنابيب تزويد المدينة بالمياه من محطة الخبر لتحلية مياه البحر، تاركة السكان بدون مصادر مائية كافية وأيضاً تحت استغلال أصحاب الشركات الجالبة للمياه بارتفاع قيمتها بالنسبة للسكان، وهذا يعطي دلالة على اعتماد المملكة العربية السعودية ودول الخليج والدول التي تماثلها في الطبيعة التكوينية والمناخية على البحر كمصدر مائي بعد التحلية الذي يعتبر كنهر جاري أو بحيرة عذبة في بلدان أخرى.

تعتبر مشكلة شح المياه عامة أو إقليمية ليست وقفاً على دول الخليج العربي الذين يحاولون إيجاد حل لها مع ملاحظة أنها فرضت نفسها على جداول الأعمال في جميع المؤتمرات للبيئة والمحافظة عليها مع قيام مؤتمرات سواء إن كانت إقليمية أو عالمية تدعو إلى البحث عن حل مشكلة قلة المياه والمحافظة عليها والبحث عن مصادر ثابتة ومستمرة للمياه، كتحلية مياه البحر أو إعادة استخدام مياه الصرف الصحي بعد تنقيتها (الاستفادة من مياه الصرف الصحي في الزراعة وغيرها، التركي). في المجالات التي أنشأت من أجلها.

ويعتبر الماء ضروري لاستمرار الحياة لجميع الكائنات (الأمن المائي للمملكة، التركي) وأيضاً عنصر مهم للأمور التنموية لهذا فقد اهتمت المملكة في البحث عن المصادر المستمرة للمياه والمحافظة على المصادر الطبيعية المتجددة وغير المتجددة من المياه وتنميتها.

أ- اهتمام المملكة بتحلية مياه البحر أبرز نجاح تجربتها بشكل واضح:

تعتبر المملكة العربية السعودية من الدول الأولى التي اكتسبت خبرة ودراسة عالميتين في مجال إنتاج مياه البحر المحلاة وإدارة محطات التحلية وتعد أكبر دول العالم في إنتاج كميات المياه المحلاة، إذ بلغ حجم الطاقة الإنتاجية لمحطات التحلية التي تشرف عليه المؤسسة العامة لتحلية مياه البحر بما تغطي حوالي ٧٠٪ من احتياجات المملكة من المياه، تقوم بإنتاجها حوالي ٣٠ محطة قائمة على الساحلين الغربي والشرقي لها، ونتيجة للمكانة التي وصلت إليها المملكة (بحيث تحتل نسبة حوالي ٣٠٪ من العالم بالنسبة لإنتاج التحلية) في مجال تحلية المياه، فقد أصبحت مرجعاً مهماً في إدارة هذه التقنية الصناعية الحديثة، يلاحظ من هذا ارتفاع إنتاج المملكة من المياه المحلاة من ٧,٦ مليون جالون يومياً (١,٨ مليون م٣) عام ١٩٧٣م – ١٣٩٣هـ لتصل إلى أكثر من ٧٩٠ مليون جالون (٣ مليون م٣) يومياً، ١٩٩٩م – ١٤٢٠هـ (المؤسسة العامة لتحلية مياه البحر، ١٤٢٠هـ) أي بزيادة تصل لأكثر من ١٠٠ ضعف خلال تقريباً ربع قرن، حيث بلغ الإنتاج إلى ١١٥٠ مليون جالون يومياً خلال عام ٢٠٠٣م- ١٤٢٤هـ (أكثر من ٥ مليون م٣ يومياً) حسب الخطة المستهدفة للمملكة (شكل ٩).



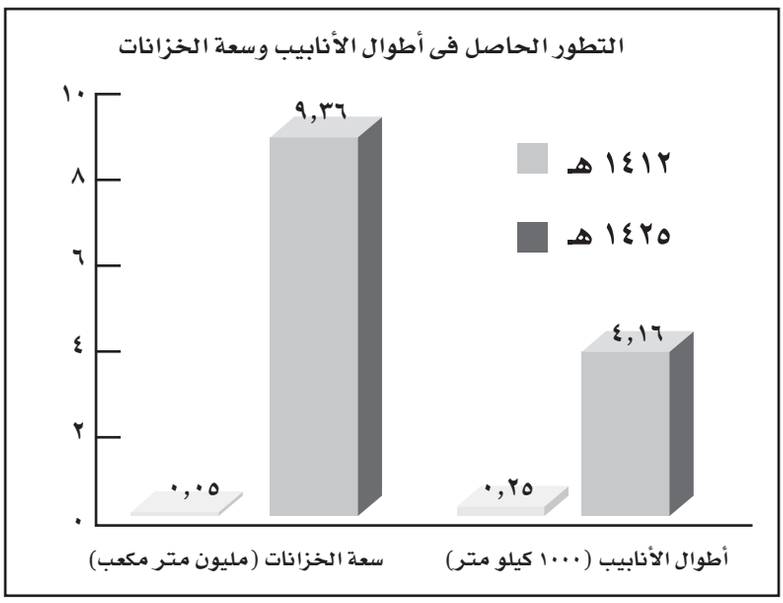
شكل رقم (٩) محطة تحلية مياه بالقرب من مدينة الخبر
المصدر: مؤسسة تحلية مياه البحر.

ومن المحطات العامة في المملكة التي أقيمت لهذا الغرض على سواحلها، وقد تم التغلب على الصعوبة لإمداد المياه المحلاة ووصلها إلى مدن الداخل على المعوقات الطبيعية التي واجهت نقل المياه من المحطات لتحلية مياه البحر إلى المناطق الداخلية ذات التضاريس الصعبة، فعلى سبيل المثال لا الحصر، تنقل المياه من الجبيل على الخليج العربي إلى الرياض لمسافة حوالي ٥٠٠كم، كما تنقل المياه من محطة الشعيبة على ساحل البحر الأحمر إلى كل من مكة المكرمة، والطائف عبر سلسلة جبال السروات، حيث يمر خط أنابيب المياه عبر نفق طوله ١٣ كم وارتفاعه ٥٠٥م ومساحة مقطعه ٣٣م٢، كما أيضاً تنقل المياه من محطة الشقيق على ساحل البحر الأحمر إلى مدن عسير عبر سلسلة جبال السروات الشاهقة الارتفاع الشديدة الوعرة بارتفاع حوالي ٣٣٠٠م عبر أنابيب طولها ٢١٥كم عبر حوالي ٩ أنفاق تمر بها الأنابيب لنقل المياه إلى من أعالي المناطق الجبلية (تقرير لمؤسسة تحلية مياه البحر، ١٤٢١هـ).

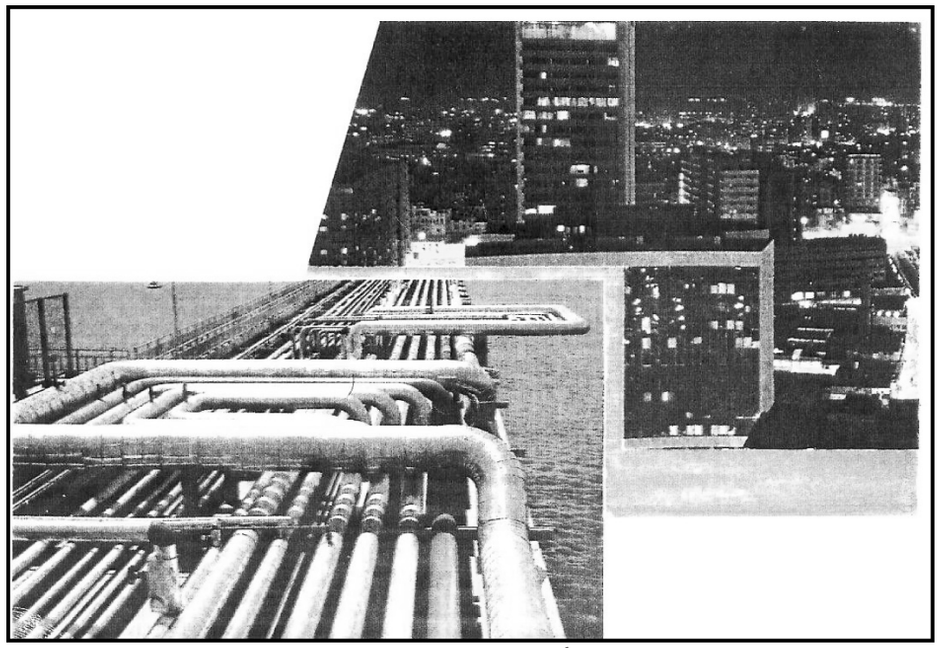
تساهم مياه البحر المحلات في إمداد أكثر من ٤٠ مدينة وقرية مع المياه الجوفية حيث تساهم مياه التحلية فيها بعد خلطها بنسبة قد تصل إلى ٨٠٪ من مياه الشرب، وتزيد أطوال أنابيب نقل المياه عن ٣٠٠٠كم ومع زيادة في المشاريع المستقبلية ستتجاوز ٥٠٠٠كم. (شكل ١٠-١١، وجدول ٣) نموذج من إقامة مشروع تحلية مياه البحر المالحة – مشروع الشقيق على ساحل البحر الأحمر.

تعتبر السيول (الجريان السطحي) مصادر المياه التي اعتمدت عليها منطقة عسير، ولأن هذا المصدر لا يكفي للمنطقة مع التزايد في عدد السكان والتنمية العمرانية والصناعية والزراعية، وبسبب ذلك اتجه الفكر إلى البحث عن مصادر أخرى وتلبي الاحتياجات المائية، فظهر أن مد بتحلية مياه البحر التي تعتبر التقنية الحديثة هي الأمثل في وضع الحلول المناسبة في الوقت الحاضر للمنطقة.

ولهذا اعتبرت المملكة العربية السعودية من الدول التي اهتمت بإقامة المشاريع الضخمة لتأمين وصول مياه الشرب إلى أجزائها.



شكل رقم (١٠) التطور الحاصل فى أطوال الأنابيب وسعة الخزاناتالمصدر: مؤسسة تحلية مياه البحر.



شكل (١١) شبكة الأنابيب الحاملة للمياه من محطات التحلية
المصدر: مؤسسة تحلية مياه البحر.

خطة التنمية	م	إسم المشروع	طول خط الأنابيب X عدد الخطوط (كيلو متر)	قطر الأنبوب (ملم)	عدد محطات الضخ والخلط	عدد الخزانات وسعتها بالمتر المكعب	ملاحظات
الأولى	١	نظام نقل مياه مدن المنطقة الشرقية المرحلة الأولى	٣٢ كلم	٥٠٠ - ٦٠٠	١ محطة خلط	٤ خزانات بسعة ١٠,٢٥٠	
الثانية	١	نظام نقل مياه ينبع المدينة المنورة المرحلة الأولى	٣٢٦ كلم	٦٠٠ - ٨٠٠	٢ محطة ضخ	٢ خزان بسعة ٤٠,٠٠٠	لتغذية مدينتى المدينة المنورة وينبع
الثالثة	١	نظام نقل مياه البيئة الملكية والقاعدة البحرية ومدينة الجبيل	٨١٠٨ كلم	١٠٥٢٤ - ٤٥٧٠٢	١محطة ضخ +٢محطة خلط	٨ خزانات بسعة ٣٥٨,٩٥٠	لتغذية القطاعين الصناعى والسكنى فى مدينة الجبيل الصناعية التابعة للبيئة للجبيل الملكية وينبع بالإضافة إلى تغذية القاعدة البحرية بالجبيل ومدينة الجبيل
	٢	نظام نقل مياه مدن المنطقة الشرقية المرحلة الثانية	٣٥٨ كلم	١١٠٠ - ٥٠٠	١محطة ضخ +٨محطات خلط	٦٤ خزان بسعة ٥٩٤,٠٠٠	لتغذية الخبر - الدمام - الظهران - سبهات - القطيف - رأس تنورة - صفوى
	٣	نظام نقل مياه الرياض (الخطان أ ، ب)	٩٣٣ كلم	١٥٢٤	٦محطة ضخ	١٣ خزان بسعة ٣,٩٨٢,٥٠٠	لتغذية مدينة الرياض
	٤	خطوط تغذية مدينة الرياض	١٣٢,٥ كلم	١٦٠٠ - ٢٠٠٠		٣ خزانات بسعة ٣٥٧,٥٠٠	لتغذية مدينة الرياض
الرابعة	١	نظام نقل مياه مدينة الخفجى	١٠ كلم	٦٠٠	١محطة ضخ	٣ خزان بسعة ١١٣,٦٥٠	لتغذية مدينة الخفجى
	٢	نظام نقل مياه مدينة مكة المكرمة - الطائف المرحلة الأولى	٢٢٧,٣ كلم	مكة ١٤٠٠ الطائف ١٠٥٠	٤محطة ضخ	٢ خزان بسعة ٧٢٠,٠٠٠	لتغذية مدينتى مكة المكرمة - الطائف
	٣	نظام نقل مياه عبر	٢١٦,٥ كلم	٥٠٠ - ١٢٠٠	٤محطة ضخ	٨ خزان بسعة ٢٥٦,٠٠٠	لتغذية أبها وخميس مشيط وأحد رفيدة والمدينة العسكرية
السابعة	١	نظام نقل مياه من الجبيل إلى الرياض (الخط الثالث)	٣٧٥ كلم	١٥٢٤	٤محطة ضخ	٨ خزان بسعة ٤٠٠,٠٠٠	
	٢	نظام نقل مياه من الرياض إلى سدير والوشم والقصيم	٨٨٤,٨ كلم	٤٠٠ - ٣٠٠٠	٢محطة ضخ	١٧ خزان بسعة ٥٢٠,٠٠٠	لتغذية سدير والوشم والقصيم
	٣	نظام نقل مياه ينبع/المدينة المنورة المرحلة الثانية	٣٧١,٦ كلم	٣٠٤٨ - ١٥٢٤	٢محطة ضخ	٢٢ خزان بسعة ١,٢٥٥,٠٠٠	لتغذية المدينة المنورة وينبع إضافة إلى القرى الواقعة على مسار الخط

جدول رقم (٣) مشاريع خطوط الأنابيب المنفذة ضمن خطط التنمية
المصدر: مؤسسة تحلية مياه البحر.

وخزانات وأنفاق وجسور ومجمع سكني وذلك على النحو التالي:

خط أنابيب حديدي بقطر ٤٢ بوصة لنقل المياه من الشقيق على ساحل البحر الأحمر إلى مدينة أبها بطول ١٠٢ كم تقريباً.

خط أنابيب حديدي آخر بقطر ٣٦ بوصة لنقل المياه من الشقيق إلى خزانات عقاد بطول ٣٥,٥ كم تقريباً والذي سيغذي جيزان مستقبلاً، إقامة ثلاث خطوط أنابيب خرسانية من خزانات أبها إلى البنعان بقطر ٣٢ بوصة وطول ١٠ كم تقريباً من خزان البنعان إلى مدينة خميس مشيط بقطر ٤٢ بوصة وطول ٢٠كم ثم يتحول قطره إلى ٢٤ بوصة ويتجه إلى أحد رفيده بطول ١٩ كم من خزان البنعان إلى المدينة العسكرية بخميس مشيط، بقطر ٢٠ بوصة وطول ٢٩ كم، وتوجد أربع محطات ضخ على طول خط الأنابيب من الشقيق إلى أبها وتتكون محطات الضخ الثانية والثالثة والرابعة من مبنى المضخات ويحتوي على ثلاث مضخات رئيسية ومضخة احتياطية وتدار بمحركات كهربائية تغذي من شركة الكهرباء، بالإضافة إلى مبنى الكهرباء والتحكم ومبنى الورشة وخزان التوازن ومنظف الأنابيب ومبنى الحراسة، أما محطة الضخ الأولى فتتكون من أربع مضخات رئيسية مع أربع مضخات تعزيز ومركز التحكم الرئيسي بالإضافة إلى المباني الأخرى.

يوجد بالمشروع خمسة خزانات من الخرسانة المسلحة وهي على النحو التالي:

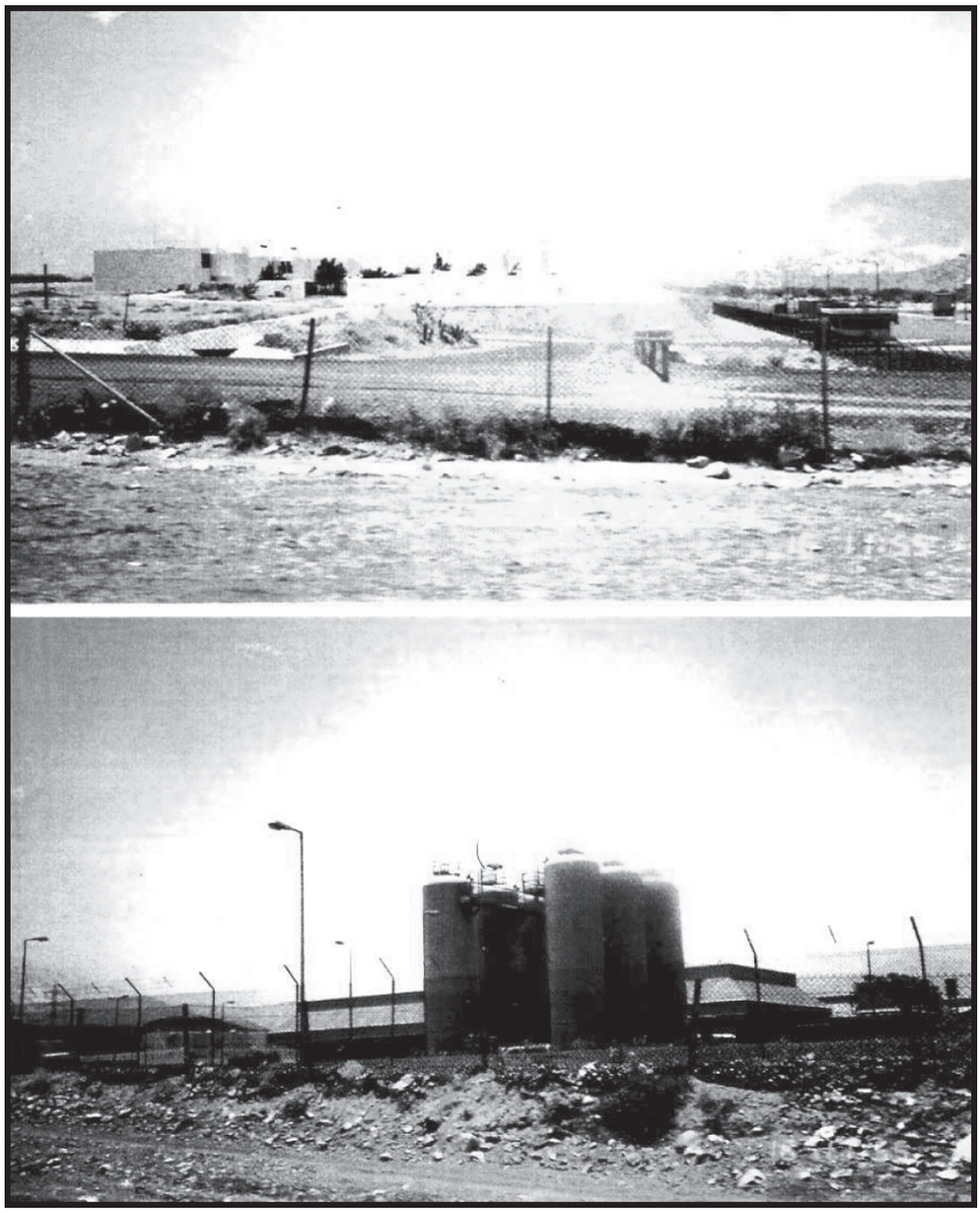
إقامة خزانين في أبها سعة كل منهما ٥٠٠٠٠م٣ ويقعان عند نهاية خط أنابيب الشقيق إلى أبها على جبل خوبر بمنسوب ٢٢٩٧م فوق مستوى البحر وتغذي منطقة أبها والسودة كذلك خزان البنعان وسعته ٥٠٠ ألف م٣، ويقع على منسوب ٢٢٦٥م فوق مستوى سطح البحر ويغذي مدينة خميس مشيط، بالإضافة إلى خزان أحد رفيدة والمدينة العسكرية سعة خزان أحد رفيدة ٨٠٠ ألف م٣، ويقع على منسوب ٣١١٣م ويغذي مدينة خميس مشيط والمدينة العسكرية فيها.

يتكون المشروع من خطوط وأنابيب ومحطات الضخ

إقامة خزان عقاد سعته ٢٠٠ ألف م٣ ويقع على قمة جبل عقاد بمنسوب ١٧٠م عند نهاية خط الأنابيب القادم من الشقيق ويغذي الدرب وما جاورها من قرى جيزان مستبقلاً.

توجد أنفاق وجسور على مسار خط أنابيب الشقيق – أبها، وتتكون من ٨ أنفاق تخترق جبال السروات بطول إجمالي قدره ١٠كم تقريباً تتراوح مساحة مقطع النفق الواحد من ٨م إلى ١٠م، كما يشمل المشروع على ثلاث جسور خرسانية لحمل الأنابيب عند تقاطعات الوديان الصغيرة والعميقة وطولها الإجمالي ١٨٧م تقريباً، وتوجد أيضاً بالمشروع وحدات سكنية للعاملين وللحراسة، بلغت القيمة الإجمالية للمشروع حوالي ١٦٠,٣٢٦,٢٥٠,٠ ريال سعودي (٤٢٤,٩٥٠,٠٠٠ دولار أمريكي).

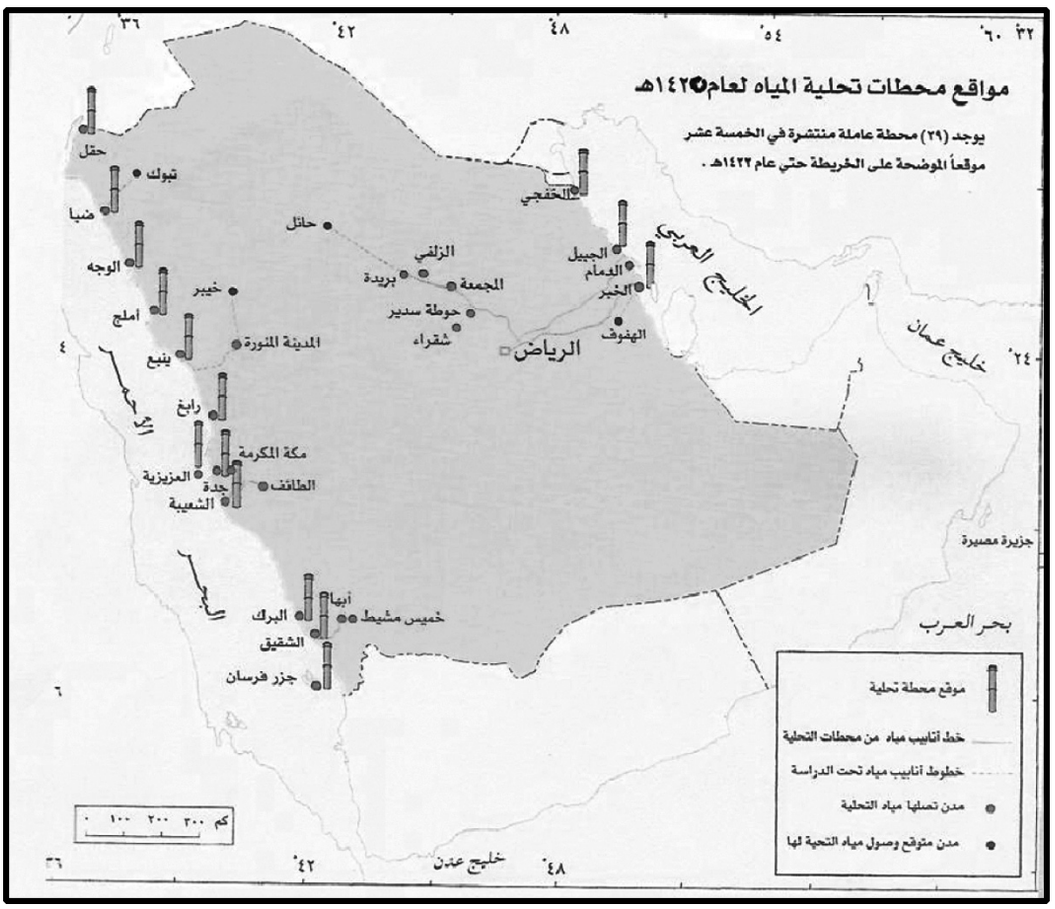
قد تم الانتهاء من المشروع عام ١٤١٩هـ حيث أصبح يمد المواطن بمياه الشرب مساهماً في حل مشكلة ندرة المياه الجوفية في المنطقة وتحويل مياه الآبار في المنطقة للأغراض الزراعية مما ساعد على تطوير الخواص الزراعية بتوسيع رقعتها الأفقية. (شكل ١٢).



شكل (١٢) محطات الضخ

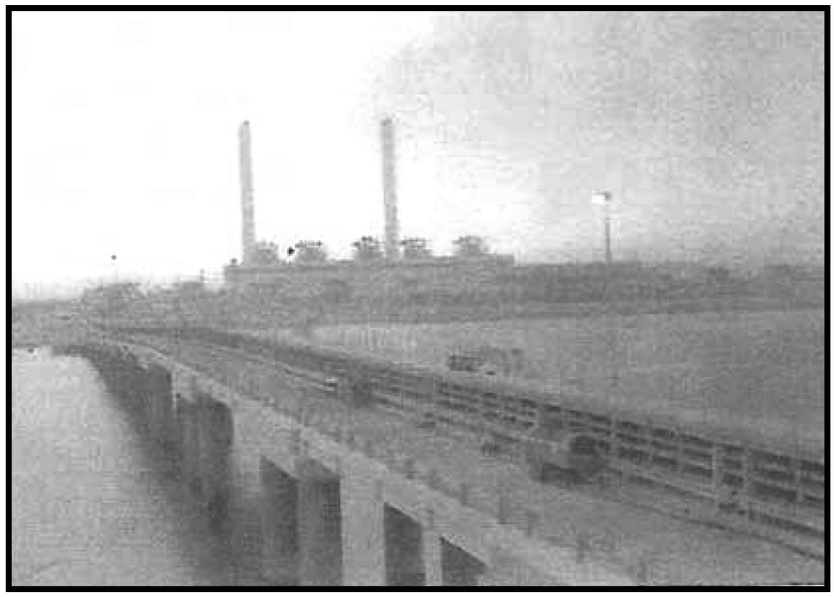
ب - إقامة مشاريع (محطات) لتحلية مياه البحر:

تعد مشروعات تحلية مياه البحر إحدى ركائز التنمية التي اهتمت بها المملكة العربية السعودية، بحرصها على إيصال مياه الشرب وتوفرها للمواطن في جميع أنحاء المملكة، فقد قامت بإنشاء محطات لتحلية مياه البحر في مرحلة التأسيس للدولة بإنشاء أول جهاز تكثيف لتقطير مياه البحر في جدة عرف فيما بعد باسم (الكنداسة)، وكان ذلك في عام ١٣٤٨هـ حوالي ١٩٢٦م ثم توالت الإنشاءات لمحطات التحلية في المملكة: (شكل ١٣).



شكل (١٣) مواقع محطات تحلية المياه لعام ١٤٢٥ هـ
خريطة التوزيع الجغرافي لمحطات تحلية المياه في المملكة العربية السعودية
المصدر: أطلس خرائط المملكة العربية السعودية بتصرف من الباحث.

تعتبر هذه المحطات التي أقيمت ليس لتحلية المياه فقط، وإنما لها دور آخر هو توليد الكهرباء ليستفيد منها المواطن وتساعد على إيصالها لكل منزل في كل منطقة من مناطق المملكة، فقد بلغت المحطات لإنتاج الكهرباء من ٢٣ محطة (تعرف بالمحطات ذات الإنتاج المزدوج أي إنتاج مياه محلاة وإنتاج كهرباء) بنحو ٣٦٠٠ ميجاوات(١) من الطاقة الكهربائية، تضاف إلى مشروعات شركات التوليد التي وصلت إلى أكثر من ١٨,٣٠٠ ميجاوات عام ١٤١٦هـ، ووصل إجمالي أطوال خطوط نقل الكهرباء بين مناطق المملكة إلى ما يزيد عن ١٦ ألف كم لخدمة الكثير من المشتركين في أنحاء المملكة (شكل ١٤).



شكل رقم (١٤) التطور الحاصل في إنتاج المحطات من المياه المحلاة والطاقة الكهربائية خلال خطط التنمية

الخـــاتمة:

لقد تم تطوير تقنية تحلية مياه البحر بشكل متقن ومركز خلال الأربعين سنة الماضية لتوضح أنه يعتمد على هذه التقنية واستخدامها لإنتاج المياه المحلاة من مصادر مياة مالحة، وقد أدى هذا إلى جعل استخدام هذه التقنية مصدراً من مصادر المياه.

تستخدم المياه المحلاة مصدراً رئيسياً لإمتدادات البلدية في كثير من مناطق العام.

لا يوجد ما يعتقد بأفضل طريقة للتحلية فهي تعتمد على دراسة شاملة لظروف الموقع والتطبيق الأمثل وربما تلعب الظروف البيئية المحلية دوراً بارزاً في تحديد أفضل طريقة لاختيار العملية. ويجب أن يكون أفضل نظام تحلية هو الأكثر اقتصادية في مرحلة الدراسة، ويلزم أن يعمل النظام بعد إنشائه مع استمرار في العمل لتوفير كميات مناسبة من المياه العذبة بالنوعية والكمية والتكلفة المتوقعة طيلة عمر المشروع.

ومما يضاعف من صعوبة الموقف زيادة الطلب على المياه بشكل ملفت للنظر من قبل المستهلكين لها، ومن أجل مواكبة الدولة والمواطنين والمقيمين للتطور السريع الذي تعيشه المملكة في شتى الميادين الاجتماعية والاقتصادية والمعيشية، وعلى كل حال فإن الباحث، عبر بحثه هذا، قد أدلى في هذا المجال الحيوي بدلوه وتوصل إلى عدد من النتائج والتوصيات على أمل إلقاء الضوء على ما يمكن أن يحقق سياسة ترشيدية للمياه والحد من عجز المياه والذي هو جزء لا يتجزأ من المطلب القومي العام.

ولموقع المملكة العربية السعودية ضمن المناطق المدارية الحارة والجافة، وندرة المياه التي لا تكفي ولا تلبي احتياج السكان للازدياد في عددهم واحتياجهم للمياه الشرب والصناعة والزراعة، فهذه تحديات واجهتها المملكة من أهما توفير المياه الكافية للسكان، فصدرت تنظيمات وتشريعات وإعداد سياسات مائية أهمها البحث عن مصادر ثابتة ومستمرة مع إعداد خطط وطنية للمياه تهدف إلى الاستمرار مما حدى إلى الاتجاه إلى البحر لكونه مصدراً دائماً متدفق لا ينضب ليكون مصدراً للمياه في المملكة فأقيمت المحطات واستخدام تقنية تحلية مياه البحر وإمدادها للمناطق الداخلية وهذه الأمور بدأت منذ البدء في الخطة الخمسية الأولى للدولة وما زالت إلى وقتنا الحاضر، فأنشات حوالي ٣٠ محطة على الساحلين الشرق والغرب للمملكة لمد المدن الساحلية والداخلية بالمياه المحلاة (شكل ١٥) لذلك فقد كانت الاستعانة بتحلية مياه البحر نابعة من أساسين هما.

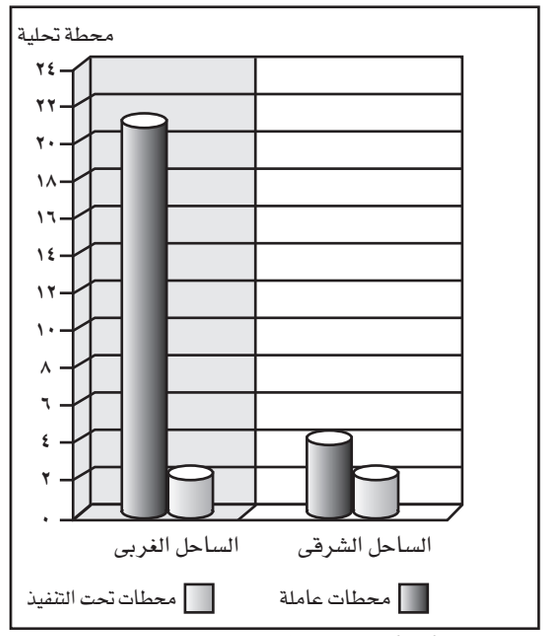
توفير المياه المحلاة لاستخدام المدن والصناعة في الأماكن الواقعة على الساحل أو بالقرب منه مع التخطيط لإيصال المياه إلى المناطق الداخلية.

الاعتماد على استخدام المياه المحلاة لمورد أساسي في تنمية مصادر المياه وعلاقتها بالقطاعات الأخرى في الصناعة مثلاً والاستفادة من توليد الطاقة الكهربائية، وذلك للمدى الطويل ومن هذه الأمور إبراز أهمية ميزان وطني للمياه في المملكة حيث تقدر حجم كميات المياه المتوفرة وحجم الإنتاج المطلوب مستقبلاً بين عدة مدة وقطاعات رئيسية في المملكة إذا فالميزان الوطني للمياه ما هو إلا عبارة عن:

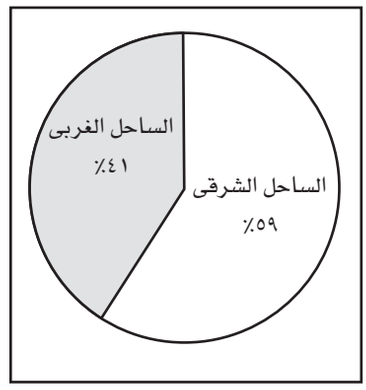
التغيير في حجم المخزون الأعلى من المياه = حجم الناتج السنوي من المياه- حجم الطلب السنوي على المياه.

لذلك جاءت استراتيجية تحلية مياه البحر وسيلة مساعدة لترسيخ الميزان الوطني للمياه وحماية مصادر المياه من من أي نتائج سلبية ناتجة عن عملية التنمية الاقتصادية بالإضافة إلى الاهتمام بالترشيد المائي.

وهناك أمور ظهرت من الدراسة وهي متعلقة بالمستهلك التي يتطلب منه الترشيد بعملية استخدام المياه في المنزل والمكتب والمزرعة، وذلك بتفعيل الحملات الترشيدية للمياه بنشر وتكثيف التوعية باستخدام المياه بالإضافة إلى توضيح للجميع أن الماء لا يمكن تعويضه لأنه يكلف الكثير من الجهد والمال فلابد من المحافظة عليه. بالإضافة إلى فرض غرامة مالية وقطع إمداد المياه عن المستهترين بهذا المورد الهام. مع تفعيل الكشف باستمرار على شبكة المياه داخل المنازل وصيانتها بشكل دوري.



شكل رقم (١٥) عدد محطات التحلية العاملة والتي تحت التنفيذ لعام ١٤٢٥هـ



شكل رقم (١٦) إنتاج اليومي للمياه من محطات التحلية لعام ١٤٢٥هـ

التوصيات:

- ظهرت من الدراسة والبحث والاطلاع أن الباحث وخاصة وهو مشرف على خاتمة الدراسة طرح والتركيز على عدد من التوصيات على النحو التالي:

- قيام القطاع الصناعي بإقامة محطات لتحلية مياه البحر تغطي احتياجاتهم من المياه.

- صيانة شبكة توصيل المياه داخل المدن وخارجها من أجل صيانتها والإقلال من الفاقد من المياه بشكل دوري وأيضاً الشبكات داخل المنازل.

- ضرورة إقامة خزانات علوية خارج المدن فوق الجبال أو المناطق المرتفعة واستخدامها عند الحاجة إليها في وقت تتوقف المحطة من أجل صيانتها أو بسبب الأعطال. (شكل ١٦).

- التشدد على عمل عدادات في المنازل وفرض قيمة إيصال الماء إليهم.

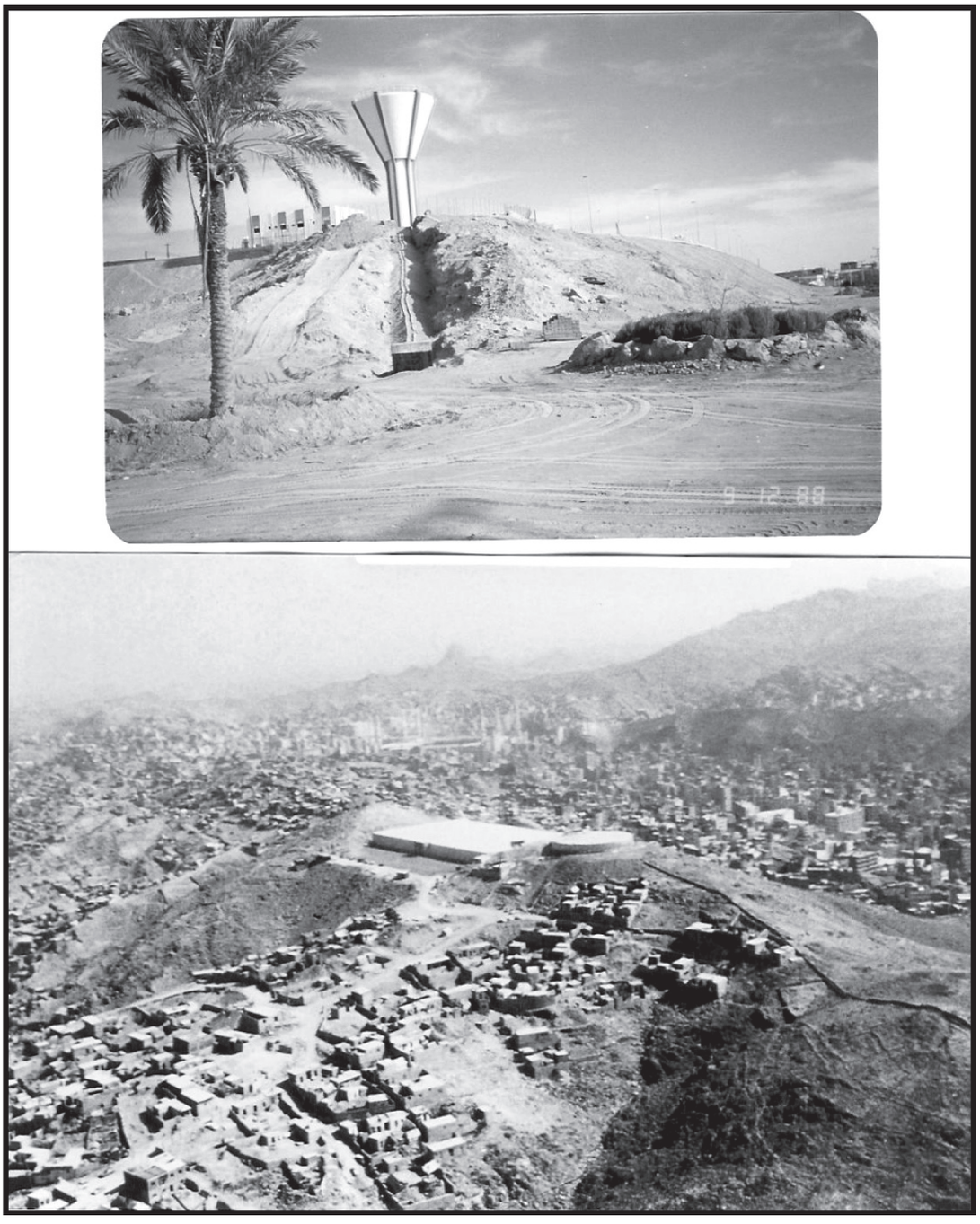
- التشدد بقوة وبحزم على الترشيد المائي، لأن عدم الترشيد يسبب الإسراف المائي والهدر فيه، وتحمل الدولة العبء الأكبر في التكلفة المائية لذلك.

- التوسع بإقامة السدود بانواعها خاصة على الأودية الكبرى مع إجراء دراسات فنية في عملية كيفية الاستفادة من هذه السدود بطرق أفضل.

- الاهتمام والتشجيع بالأبحاث العلمية ودعمها ونشرها حتى تخرج بنتائج مفيدة للجميع.

- عدم منع الإحصاءات والمعلومات من قبل إدارات المياه وأقسامها عن الباحثين لوضع الحلول المناسبة في ذلك.

- الاهتمام بالتوصيات العلمية ومحاولة تطبيقها للوصول إلى الفائدة المرجوة منها.



شكل (١٧) منظر لخزانات فوق المرتفعات للاستفادة منها كتوزيع مياه (ضبا – مكة المكرمة).

المراجع العربية:

أبو العلا، محمد طه، "جغرافية شبه جزيرة العرب، الجزء الأول،الطبعة الأولى، مؤسسة سجل العرب، القاهرة، ١٩٧٣م.

بليغ، عبد المنعم، "الماء مأزق ومواجهات"، دار المعارف، الإسكندرية، ١٤١٧هـ/١٩٩٧م.

بندقجي، حسين حمزة، "جغرافية المملكة العربية السعودية"، الطبعة الأولى، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، ١٣٩٧هـ/١٩٧٧م.

التركستاني، حبيب الله محمد رحيم، "معالم في طريق التنمية بالمملكة العربية السعودية"، دار البلاد للطباعة والنشر، جدة، ١٤٢٠هـ/١٩٩٩م.

التركي، سعيد سويلم: "الاستفادة من مياه الصرف الصحي في الزراعة وغيرها"، بحث منشور ألقي في مؤتمر الخليج الخامس للمياه"، "الأمن المائي في الخليج"، من ١٤٢١/١٢/٢٩هـ إلى ١٤٢٢/١/٣هـ.

التركي، سعيد سويلم: "الأمن المائي في المملكة العربية السعودية"، بحث منشور ألقي في مؤتمر الخليج الخامس للمياه" "الأمن المائي في الخليج"، من١٤٢١/١٢/٢٩هـ - ١٤٢٢/١/٣هـ في الدوحة عاصمة دولة قطر.

التركي، سعيد سويلم: "السدود وأهميتها للتنمية الزراعية"، بحث منشور ألقي في الندوة السادسة بجدة، ١٤١٧هـ.

خضر، عبد العليم عبد الرحمن، "الماء والحياة بين العلم والقرآن"، سلسلة العلم والقرآن، الدار السعودية للنشر والتوزيع، جدة، ١٤٠٥هـ.

دياب، مغاوري شحاته، "مستقبل المياه في العالم العربي"، الدار العربية للنشر والتوزيع، القاهرة، ١٤١٨هـ/ ١٩٩٨م.

الرويثي، محمد أحمد، الشخصية الجغرافية للمملكة العربية السعودية الإقليمية"، مكتبة التوبة، المدينة المنورة، ١٤١٧هـ/١٩٩٦م.

سقا،عبدالحفيظ محمد سعيد، "الجغرافية الطبيعية للمملكة العربية السعودية"، دار زهران، جدة، الطبعة الثانية، ١٤١٩هـ/ ١٩٩٨م.

السيد عمر الفاروق، دراسات في جغرافية المملكة العربية السعودية، دار الشروق، جدة، ١٣٩٨هـ/١٩٧٨م.

سيف، محمود محمد، "جغرافية المملكة العربية السعودية"، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٤١٨هـ/ ١٩٩٨م.

الشريف، عبد الرحمن صادق، "جغرافية المملكة العربية السعودية"، الجزء الأول، دار المريخ، جدة، ١٤٠٧هـ/١٩٨٦م.

عبده، طلعت أحمد محمد وآخرون، "جغرافية شبه الجزيرة العربية"، دراسة في الجغرافيا الإقليمية، دار الخريجي للنشر والتوزيع، الرياض، ١٤١٨هـ/ ١٩٩٧م.

عثمان، مصطفى نوري، "الماء ومسيرة التنمية في المملكة العربية السعودية"، مطبوعات تهامة، جدة، ١٤٠٤هـ.

مشخص، محمد عبدالحميد، "الجغرافيا البشرية المعاصرة للمملكة العربية السعودية"، مكتبة دار زهران، جدة، الطبعة الثانية، ١٤١٩هـ/١٩٩٨م.

المنهراوي، سمير وآخرون، "المياه العذبة، مصادرها وجودتها"، الدار العربية للنشر والتوزيع، القاهرة، ١٤١٧هـ/١٩٩٧م.

النشوان، عبد الرحمن عبد العزيز، "جغرافية المملكة العربية السعودية" الرياض، ١٤٢٨هـ/٢٠٠٧م.

التقارير الإدارية:

تقرير من المؤسسة العامة لتحلية المياه الصالحة، الرياض،١٩٩٩م – ٢٠٠٠م.

وزارة الزراعة والمياه، "التقرير السنوي لأعمال المديرية العامة للزراعة والمياه بمنطقة الحدود الشمالية"، ١٤١٧هـ/ ١٩٩٧م.

وزارة الزراعة والمياه، "التقرير لسنوي عن أعمال المديرية العامة للزراعة والمياه بمنطقة نجران"، ١٤١٥هـ/ ١٩٩٥م.

وزارة الزراعة والمياه، "النشرات المائية"، الإدارة العامة لتنمية الموارد المائية، الرياض، ١٤١٦هـ/ ١٩٩٦م.

وزارة الزراعة والمياه، "دراسات مختلفة عن مصادر المياه"، الإدارة العامة لتنمية الموارد المائية، الرياض، ١٤١٧هـ/ ١٩٩٧م.

وزارة الزراعة والمياه، "لمحة عن مشاريع المياه"، إدارة تنفيذ المشاريع، مطابع الشرق الأوسط، الرياض، ١٤١٧هـ/ ١٩٩٩م.

وزارة الزراعة والمياه، "مصادر ومشروعات المياه في المملكة العربية السعودية، إدارة تنمية موارد المياه، مطابع الشرق الأوسط، الرياض، ١٤١٥هـ/ ١٩٩٦م.

وزارة الشئون البلدية والقروية، وكالة الوزارة لتخطيط المدن، "مخطط التنمية الشامل لمنطقة مكة المكرمة، الزراعة ومصادر المياه"، الرياض، ١٤٠٥هـ.

التقارير الأجنبية:

Asad, Chamun. "Geography of the Kingdom of Saudi Arabia" Makrabut Dar Jaddah 1416-1996.

Agnew, Elive, and Anderson, Ewan, "Water Resources in the Arid Realm " Routledge London. New Yourk 1992.

Barrow. Chris. "Watar Resources and Agricultural Development in the Tropics "Iongman Group U.K.L. t.d. 1987.

Caro, Paul, "Water", McGraw, Hill, Inc, London, 1992.

Chorley, Richard J.: Water, Earth and Man" Methuen. London, New Yourk, 1979.

Chris Barrow, "Water Resources and Agricultural Development in the Tropics", Longman Group L.D, 1987.

Jado, Abdul Raof, and others, "Quateranary, Period in Saudi Arabia" Volume 2. Springer -Verlag Wien New York 1984.

EI-Mallakh, Ragaei, "Saudi Arabia, Rush to Development". Croom Helm. London, 1982.

Newson, Malcolm "land, Water and Development". Routedge London, New Yourk, 1992.

AI-Suyari, Sa ad S, and others, "Quateranary, Period in Saudi Arabia" Volume 1 Springer-Verlag Wien New York 1978.

AI-Turki, S.S. "Water Resources in Saudi Arabia, with Particular Referenco to Tihama Asir Province" unpublished Ph.D. Thesis, Durham University, England, 1995.

Winpenny, James, "Managing Water asan Economic Resource". Routledge, London, 1994. "