الفصل الأول

الموارد المائية

(١,١) مقدمة

تمثل المياه القاعدة الأساسية التي تعتمد عليها المسيرة التنموية في كل دول العالم، ولذلك شكلت هاجساً يشغل بال الكثير من الدول سواء الغنية بمواردها المائية أو الفقيرة فيها، وفي الدول التي تتميز بظروف مناخية صحراوية قاسية وتفتقر إلى الموارد المائية الطبيعية المتجددة مثل الأنهار والبحيرات العذبة وندرة الأمطار وقلة المخزون الجوفي من المياه، يكون الهاجس أكبر فالكثافة السكانية المتزايدة يوماً بعد يوم تتطلب استمرارية توفير المياه لمقابلة الاحتياجات المتزايدة للأغراض المنزلية والزراعية والصناعية، ولذلك تضع الدول الخطط والإستراتيجيات من أجل الاستخدام المستدام للمياه لمواجهة المتطلبات التنموية المختلفة.

كذلك تعتبر المياه من أهم الموارد الاقتصادية النادرة في أي بلد مثل المملكة العربية السعودية بحكم ظروفها البيئية والمناخية، وتعد ندرة المياه من أهم المشكلات التي تواجه التنمية الاقتصادية الزراعية في المملكة. وتتفاقم المشكلة بسبب محدودية المصادر المائية الطبيعية، وارتفاع تكاليف الحصول على المياه من المصادر غير التقليدية، وتزايد الطلب عليها للأغراض الزراعية والبلدية والصناعية. وتجدر الإشارة إلى أن ندرة المياه تعتبر من أهم المشكلات التي تواجه الإنسان في هذا القرن ومع تفاوت حدة هذه المشكلة من مكان لآخر إلاّ أنها تعتبر من أهم التحديات التي تواجه الحكومات في معظم دول العالم. وتنبع المشكلة من التهاون في الأخذ في الاعتبار الأهمية الاقتصادية لهذا المورد والتعامل معه كما لو كان متاح بكميات غير محدودة وبدون تكلفة. وتشير تقارير البنك الدولي إلى أن منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (المتضمنة المملكة) ستتعرض لمشكلات حادة بالنسبة للمياه خلال الثلاثين عاماً القادمة ما لم تتخذ إجراءات خاصة بإدارة واستخدام هذا المورد. ويتناول هذا الفصل دراسة الموارد المائية المختلفة ومجالات استخدامها.

(٢ , ١) أنواع الموارد المائية

تنقسم الموارد المائية إلى عدة أنواع وذلك اعتماداً على أصلها وأماكن وجودها وعمرها الزمني وطبيعتها. وبصفة عامة يمكن تقسيم الموارد المائية إلى تقليدية وغير تقليدية.

(١ , ٢ , ١) الموارد المائية التقليدية Traditional Water Resources

وهي الموارد المائية التي يمكن استخدامها مباشرة للإنسان أو الحيوان أو النبات دون إجراء أي عمليات كيميائية أو بيولوجية عليها، ويكون مصدرها الأساسي من:

١- الأمطار

٢- المياه السطحية

٣- المياه الجوفية

(١ , ١ , ٢ , ١) الأمطار Rain

تعتبر الأمطار المصدر الأساسي للمياه في العالم بالإضافة إلى المياه السطحية، فهي المكون الرئيس للمياه الجوفية عبر آلاف السنين، وكانت الزراعة سابقاً تتواجد في المناطق الممطرة حيث كانت المحاصيل تحصل على احتياجاتها المائية من الأمطار قبل ظهور عمليات الري. ومقدار الأمطار تختلف من مكان إلى آخر على سطح الكرة الأرضية حسب مناخ المنطقة وخطوط العرض والطول لها، كما أنها تختلف من عام لآخر في نفس المنطقة تبعاً للظروف المناخية وحالة الطقس المتباينة، والأمطار لا يتحكم الإنسان بها سواء في توقيت تساقطها أو كمياتها فهي هبة من الله سبحانه وتعالى. وقد قسمت بلدان العالم إلى أربع مناطق تبعاً لكمية الأمطار الساقطة بها، جافة، وشبه جافة، وشبه رطبة، ورطبة. وتعرف المناطق الجافة (Arid) بأنها تلك المناطق التي يكون فيها المعدل السنوي للأمطار يقل عن ٢٠٠ مم، والمناطق شبه الجافة (Semi Arid) هي المناطق التي يكون فيها المعدل السنوي للأمطار بين ٢٠٠-٥٠٠ مم، والمناطق شبه الرطبة (Sub Humid) هي تلك المناطق التي يكون فيها معدل الأمطار السنوي بين ٥٠٠ إلى ٨٠٠ مم، بينما المناطق الرطبة (Humid) هي تلك المناطق التي يكون فيها معدل الأمطار السنوي يزيد عن ٨٠٠ مم.

(٢ , ١ , ٢ , ١) المياه السطحية Surface Water

يشغل الماء أكبر حيز من سطح الأرض إذا تبلغ مساحة المسطحات المائية نحو ٧١٪ من مساحة الكرة الأرضية بينما تمثل اليابسة (قارات العالم) ٢٩٪، ولهذا يسمى كوكبنا بالكوكب الأزرق. وتنقسم هذه المسطحات المائية تبعاً لنوعية المياه بها إلى مياه مالحة متمثلة في البحار والمحيطات والخلجان والبحيرات المالحة، وهذا الجزء لا يصنف

على أنه مورد مائي تقليدي حيث يحتاج لعمليات تحلية قبل أن يصبح صالح للاستخدام. والجزء الثاني من المياه السطحية والذي يصنف على أنه مورد تقليدي والذي يحتوي على مياه عذبة، وهو لا تزيد نسبته عن ٢,٥ ٪ من إجمالي حجم المياه السطحية متمثلة في الأنهار والبحيرات العذبة ومجاري السيول الناتجة من الأمطار والمياه الناتجة عن جريان الأودية والشعاب الناشئة من هطول الأمطار والتي تتجمع في بحيرات خلف السدود التي تم ويتم إنشاؤها لهذا الغرض، ويمكن أن تتجمع في منخفضات طبيعية أو صناعية على سطح الأرض. وتستخدم المياه السطحية في الزراعة التقليدية وبصفة خاصة في مناطق الوديان، وللشرب في المناطق السكانية الصغيرة. ويعتمد هذا المصدر للمياه على جغرافية المكان حيث توجد مناطق كثيرة في العالم لا يتوفر بها مصدر للمياه السطحية حيث لا يمر بهذه المناطق أنهار أو بحيرات. كما أن المناخ يؤثر على توفر هذا المصدر حيث إن هناك بلدان كثيرة تعتبر جافة ولا تتمتع بهطول أمطار كاف لتكوين الأودية. والمياه السطحية تفقد كمية كبيرة من مياهها نتيجة التسرب من خلال المجاري المائية ونتيجة البخر من تلك المسطحات المائية خصوصاً في المناطق ذات درجات الحرارة المرتفعة. كما أن هذا المصدر هو الأكثر عرضة للتلوث مما يعيق استخدامه مباشرة دون إجراء عمليات بيولوجية؛ لإزالة هذا التلوث.

(١,٢,١,٣) المياه الجوفية Groundwater

المياه الجوفية هي المياه المتسربة من خلال الطبقات الأرضية السطحية المنفذة إلى باطن الأرض، حيث تتجمع فوق طبقة صماء مكونة بذلك التكوينات الجوفية. كما تعرف المياه الجوفية بأنها المياه الموجودة في تكوينات جوفية تحت سطح الأرض أو هي المياه المختزنة في طبقات تحت الأرض والتي جرى ترسيبها عبر مسام الصخور الرسوبية وصخور الأحجار الجيرية عبر مئات وآلاف السنوات. هذه التكوينات عبارة عن صخور رسوبية قادرة على تخزين كميات من المياه تتفاوت في الكمية والنوعية والأعماق من تكوين لآخر. وتسمى التكوينات الجيولوجية التي تحتوي على المياه الجوفية بالمكامن أو الخزانات الجوفية (Aquifers) ويطلق عليها أيضاً الطبقات الحاملة والمنفذة. وتتكون المياه الجوفية كمصدر تقليدي من مصدر تقليدي آخر وهو الأمطار التي تساقطت على المنطقة أو مناطق قريبة عبر مئات وآلاف السنين وتسربت من خلال سطح التربة وخلال قطاعها لتصل إلى طبقات خزن المياه الجوفية أو الطبقات الحاملة المنفذة. وتلك الطبقات تكون مشبعة بالمياه بمعنى أن مسامها خالية من وجود الهواء، وتسمى تلك المنطقة بمنطقة التشبع (Saturation Zone) أو سمك الطبقة الحاملة للمياه، والتي يمكن أن تمتد إلى عمق كبير في باطن الأرض، وحتى تتكون منطقة خزن المياه أو الطبقات الجوفية لابد من وجود طبقة غير منفذة أو صماء تحمل التكوين المائي وتحجز الماء فوقها.

(٢ , ٢ , ١) الموارد المائية غير التقليدية Non Traditional Water Resources

وهي المياه التي يجب إجراء بعض المعاملات الكيميائية عليها قبل صلاحيتها للاستخدام، وهي المصادر الحديثة مقارنة بالموارد المائية التقليدية. وتشمل الأنواع التالية:

(١ , ٢ , ٢ , ١) مياه البحر المحلاة Desalination of Sea Water

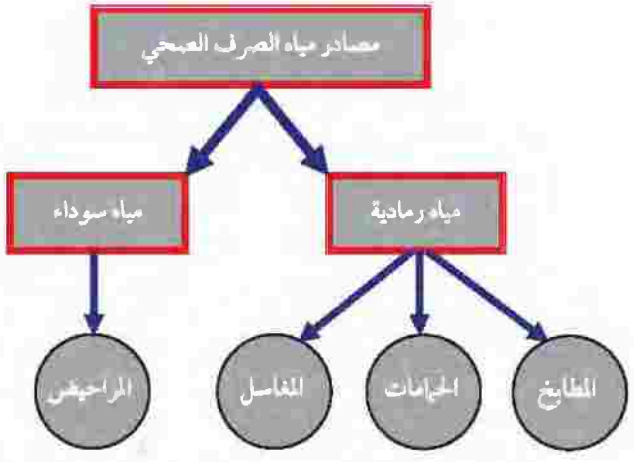
إن البحار والمحيطات وهي أكبر المسطحات المائية في الكرة الأرضية تحتوي على مياه مالحة جداً، بالإضافة لإمكانية وجود تلوث بها ولذا فهي لا تصلح للاستخدام الآدمي أو للاستعمالات المنزلية والصناعية والزراعية بوضعها الطبيعي، ولذلك فإنه من الضروري تنقية المياه المالحة وإزالة ملوحتها وتحسين جودتها وأزالت أي تلوث بها. وبالتالي يمكن تعريف عملية تحلية المياه بأنها عملية تحويل المياه المالحة إلى مياه عذبة صالحة للشرب والزراعة والصناعة بعد تقليل نسبة الأملاح فيها بالطرق الصناعية وإزالة أي تلوث منها.

(٢ , ٢ , ٢ , ١) مياه الصرف الصحي المعالجة Treated Waste Water

وهي تنتج من استهلاك المياه النقية للأغراض المنزلية والصناعية والعامة. وتسمى مياه الصرف الصحي الناتجة عن الاستخدام البشري في المنازل مياه الصرف الصحي المنزلي، وتشمل مياه الصرف الرمادية وهي التي تجمع من المطابخ والحمامات والمغاسل، ومياه الصرف السوداء وهي التي تجمع من المراحيض (الشكل رقم ١ , ١). ومياه الصرف الصحي غير المعالجة تشكل خطراً على الصحة العامة لما تحتويه من العديد من الشوائب والأحياء المجهرية والعضوية والملوثات والبكتريا المسببة للأمراض الخطيرة التي تنتقل للتربة والنبات والحيوان والإنسان، بالإضافة إلى الرائحة الكريهة التي تصدر منها. لذلك يجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة لتجميع ونقل ومعالجة مياه الصرف الصحي بطريقة آمنة للمحافظة على جمال الطبيعة وصحة المجتمع.

ومياه الصرف الصحي المعالجة هي التي تمت معالجتها بيولوجياً وتم القضاء على الكائنات الحية الدقيقة بها وتم التخلص من الملوثات والمواد العضوية (الرغوية أو الذائبة)، وكذلك التي تم تحسين رائحتها إلى درجة كبيرة.

وتعد معالجة مياه الصرف الصحي المعالجة وإعادة استخدامها في أغراض الري الزراعي من الخيارات المهمة للحفاظ على الموارد المائية غير المتجددة واستعمال الموارد المائية غير التقليدية؛ نظراً لما تمثله هذه المياه من مصدر إضافي ومتجدد من مصادر مياه الري. وهذه المياه لا تستخدم إلا في مجال الري فقط مع الالتزام بالضوابط والشروط اللازمة لاستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في أغراض الري الزراعي، ومعرفة المخالفات والعقوبات.



الشكل رقم (١ , ١). مصادر مياه الصرف الصحي غير المعالج.

(١ , ٢ , ٢ , ٣) مياه الصرف الزراعي Agricultural drainage water

يؤدي استخدام المياه ذات الجودة المنخفضة مثل استخدام مياه الصرف الزراعي بدون أي معاملة لتلك المياه في الري إلى مشاكل عديدة تتمثل في تدهور التربة نتيجة لزيادة الملوحة، هذا بالإضافة إلى الأضرار الصحية التي قد يتعرض لها الإنسان عند استخدام هذه المياه. إن توفر مياه غسل التربة يدعو للاهتمام ليس فقط بإعادة استخدام مياه الصرف الزراعي بل إنشاء مركز بحوث للوصول إلى أفضل النتائج التطبيقية لهذا الاستخدام والوصول إلى استخدام آمن لمياه الصرف الزراعي في ري المحاصيل الزراعية.

يمكن استعمال مياه الصرف الزراعي ذي التركيز الملحي ٦ ديسيمنز/ م في ري معظم المحاصيل الإستراتيجية بعد خلطها بالمياه العذبة بنسبة ٣/ ١ دون أن يؤثر ذلك على الإنتاج وعلى تملح التربة. ويمكن استخدام مياه الصرف الزراعي ذي التركيز الملحي ٤ ديسيمنز/ سم في ري محاصيل القطن، الذرة الصفراء بشرط توفر شبكة صرف مغطى على عمق ١,٥ م وتباعد بين أنابيب الصرف مسافة ٥٠ م.

إن إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي نفسها في الري ممكنة بما في ذلك استغلال العناصر الغذائية المتوفرة فيها كعناصر تسميدية للنباتات في الزراعة، وأيضا استخدامها كمصادر غير تقليدية للمياه وبذلك يمكن تقليل الاستهلاك لمصادر المياه، وتعد طرق المعالجة المتكاملة من الأنظمة الفعالة لمعالجة مياه الصرف الزراعي ذات الميزات البيئية والاقتصادية والمقبولة من الناحية الاجتماعية.

(١,٣) الموارد المائية بالمنطقة العربية

يقدر تساقط الأمطار على المنطقة العربية بحوالي ٢٢٠٠ مليار متر مكعب في السنة، حيث يستقبل ٩٠٪ من البلدان العربية متوسطا سنوياً من الأمطار أقل من ٢٥٠ مم، وفي العادة تسقط معظم هذه الأمطار على المناطق الجبلية شديدة الخشونة والانحدار والغير قابلة للزراعة لذلك فإن كمية الأمطار التي تتسرب إلى مسام التربة وتزيد محتواها الرطوبي قليلة جدًا وتبلغ من ١ إلى ١٠٪ على الأكثر بما لا يكفي تحقيق أية إنتاجية اقتصادية للمحاصيل. وفي عام ١٩٩٢م قدر المعهد الدولي للموارد المائية موارد الوطن العربي من المياه المتجددة بحوالي ٣٥٠ مليار متر مكعب سنويا منها ١٢٥ مليار متر مكعب تأتي من خلال انهار دولية تنبع خارج المنطقة العربية (نهر النيل، نهر الفرات، ونهر دجلة وفروعه) حيث تعتمد مصر بنسبة ٩٧٪ وسوريا بنسبة ٧٩٪ والسودان بنسبة ٧٧٪ والعراق بنسبة ٦٦٪ على أنهار تنبع من خارج المنطقة العربية. وتملك المنطقة العربية احتياطيات كبيرة من المياه الجوفية بعضها عميق والآخر ضحل، بعضها متجدد والبعض الأخر غير متجدد حيث أصبحت هذه الاحتياطيات متاحة للاستغلال على نطاق واسع نتيجة تطور تكنولوجيات الاستكشاف والاستخراج مما أدى إلى دخول المياه الجوفية كعنصر رئيس في الميزان المائي العربي، ولكن من سوء الحظ أن عملية تقدير كمية ونوعية المياه الجوفية على نطاق إقليمي واسع ما زالت مكلفة جداً بالإضافة إلى أن البيانات والمعلومات المتوفرة بهذا الخصوص والتي تظهر مدى توافر المياه الجوفية أو استخداماتها لا تتمتع بالمصداقية وعلى الرغم من هذا فإن الإمكانيات للخزانات الجوفية غير المتجددة بالمنطقة العربية تقدر بحوالي ٧٧٣٤ مليار متر مكعب ومتواجدة على أعماق ما بين ٢٠٠٠- ٣٠٠٠ متر تحت سطح الأرض، أما معدلات الشحن المتجدد بالمنطقة كلها فتصل إلى ٤٢ مليار متر مكعب في العام (المنظمة العربية للتنمية الزراعية ١٩٩٤).

وتلعب تحلية المياه دورا مكملاً وكبيراً في إمدادات المياه للدول العربية فمن المعروف أن سعة محطات تحلية المياه الموجودة بمنطقة الشرق الأوسط تعتبر الأضخم على مستوى العالم. والجدير بالذكر أن كثيراً من الدول العربية قد تجاوز سحبها المائي الحالي من المياه حد إمدادات الموارد المائية المتجددة وباقي الدول قد اقتربت جداً من هذا الحد، بل أن بعض الدول تواجهه حالياً عجزاً على المستوى المحلى على الرغم من وجود فوائض على المستويات الإقليمية للوطن العربي حيث من المتوقع بحلول عام ٢٠٢٥م أن يبلغ حجم السحب المائي للمنطقة العربية ٢٠٠ مليار متر مكعب سنوياً.

الواقع الجغرافي وطبيعة الموارد المائية للملكة ودول الجزيرة العربية، تؤكد أن بينها قواسم مشتركة يمكن إيجازها في النقاط التالية:

١- دول الجزيرة العربية لا يوجد فيها أنهار أو بحيرات، عذبة أو مالحة.

٢- دول الجزيرة العربية لا تشترك مع دول أخرى في بحيرات أو أنهار.

٣- الظروف المناخية لدول الجزيرة العربية متطابقة إلى حد كبير (باستثناء منطقة عسير وشمال اليمن)، المتميزة بالمناخ الصحراوي الجاف قليل المطر (بمتوسط سنوي ٥٠-١٠٠مم).

٤- محدودية الموارد المائية الجوفية في دول الجزيرة العربية وتميزها بانخفاض (وأحياناً انعدام) مياه التغذية للطبقات الحاملة لهذه المياه غير المتجددة، التي تصل أعمار بعضها في المملكة إلى ثلاثين ألف سنة.

٥- استئثار القطاع الزراعي بنصيب الأسد من إجمالي المياه المستهلكة من جوفية وتحلية.

٦- تعتمد المملكة وبقية دول الخليج، بصفة رئيسة على مياه التحلية في توفير حاجاتها من المياه للأغراض البلدية والصناعية. ففي المملكة توفر مياه التحلية حوالي ٥٠٪ من إجمالي استهلاك المياه في الأغراض البلدية والصناعية.

المشاكل البيئية المرتبطة بالموارد المائية في الوطن العربي

تعتبر ندرة المياه في الوطن العربي، واحداً من أهم التحديات الرئيسة التي تتطلب معالجتها جهداً مكثفاً في غياب الأساليب المثلى لترشيد استخدام المياه، ورفع كفاءة العائد الاقتصادي من وحدة المياه المستخدمة، ويضاعف من شدتها انتشار التلوث. يجب التغلب على تشتت المسؤوليات في تطبيق سياسات إدارة المياه والأراضي بين العديد من المؤسسات والوزارات المختلفة، من أجل تحقيق التوازن الأمثل بين العرض والطلب على أساس اقتصادي اجتماعي رشيد. يأتي بعد ذلك التراخي في العالم العربي في استخدام الأدوات الاقتصادية الحديثة في قضايا البيئة مثل: اقتصاديات وحسابات البيئة ومصادر الثروة الطبيعية، وفي استخدام أساليب التقويم المختلفة: الإستراتيجي والتراكمي والمشروعات وتحليل المخاطر ودورة حياة المنتج. هذا بالإضافة إلى ما تعانيه المنطقة العربية من ندرة الموارد الأرضية أيضاً، إذ تمثل المراعي ٢٦,٨ ٪ والأراضي القابلة للزراعة ١٤,٥ ٪ والغابات نحو ٣,٩ ٪. وتمثل الأراضي المزروعة نحو ٢٩ ٪ من المساحة القابلة للزراعة أو نحو ٤,٢ ٪ من إجمالي مساحة الوطن العربي ويقع أكثر من ٨٠ ٪ منها في السودان والجزائر والمغرب. وتتعرض هذه الغابات لضغوط متزايدة، وتفقد ما يعادل ١,٥٩ ٪ سنوياً. ومع تزايد النشاطات الاقتصادية، وخاصة التوسع العمراني والصناعي في المناطق الساحلية، فإن

المناطق البحرية في البلدان العربية -حيث يقيم ٤٠-٥٠٪ من السكان- مهددة بالتلوث البترولي والعناصر الثقيلة. أما بالنسبة إلى قضية تغير المناخ فإن دور المنطقة في إنباعاثات الاحتباس الحراري ما زال متواضعاً وذلك على الرغم من ارتفاع معدل الانبعاث بالنسبة إلى الفرد ولا سيما في المدن المكتظة، ومع ذلك فإن الدول العربية ستعاني نتائج سلبية كثيرة بسبب تغير المناخ. ولا يمكن مواجهة كل هذه القضايا البيئية إلا عن طريق البحث العلمي والتطوير الثقافي الجاد، ولا تستطيع أن تقوم دولة واحدة بمفردها بذلك.

(٤ , ١) الموارد المائية في المملكة العربية السعودية

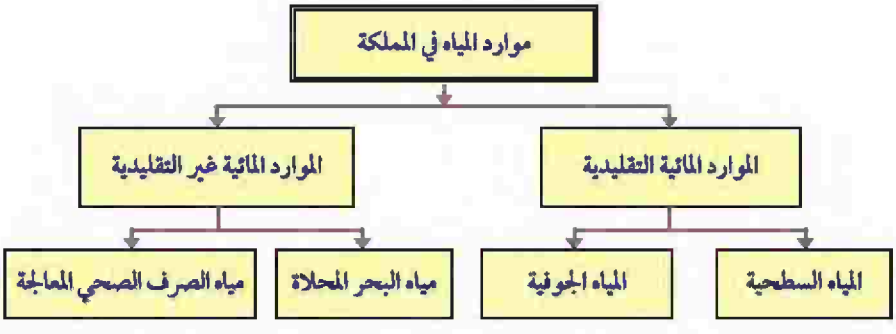
تعتبر المملكة العربية السعودية من البلدان ذات الموارد المائية المحدودة التي يزداد الطلب عليها باستمرار لتلبية احتياجات القطاعات المختلفة (الزراعة والأغراض المنزلية والصناعة وغيرها)، ولهذا فإن الطلب على المياه يزداد بشكل مستمر نتيجة لطبيعية النمو السكاني ولن يكون من السهل تحقيق تطور في الإنتاج الزراعي وضمان استدامته دون رفع الكفاءة الفنية والاقتصادية لاستخدامات المياه وترشيدها. وتعتبر ندرة المياه اللازمة للري في الزراعة أحد المحددات الرئيسة لتنمية الإنتاج أو النشاط الزراعي بالمملكة.

تقع المملكة العربية السعودية البالغ مساحتها حوالي ٢ , ٢٥ مليون كم^{٢} في منطقة شديدة الجفاف، فمعظم هذه المنطقة عبارة عن صحراء (حوالي ٤٠٪ تعتبر أراضي صحراوية) باستثناء المناطق الساحلية الضيقة وسلاسل الجبال. ويتراوح متوسط المطر السنوي في معظم مناطق المملكة بين ٥٠- ١٥٠ مم فيما عدا المناطق التي تقع في جنوب غرب المملكة العربية السعودية، حيث يبلغ هطول الأمطار الجبلية أكثر من ٥٠٠ مم. ويتراوح معدل البخر السنوي الكلي بين ٢٥٠٠ مم في المناطق الساحلية وأكثر من ٤٥٠٠ مم في المناطق الداخلية. ويعتبر سقوط الأمطار غير منتظم مع تفاوت ملحوظ بين المناطق والأعوام، ولذلك لا تكفي مياه الأمطار وحدها لإقامة زراعة تجارية متقدمة نظراً لعدم انتظام تلك المعدلات من سنة لأخرى بالإضافة إلى قلتها من حيث الكمية. في ظل هذا الوضع المناخي والهيدرولوجي القاسي، فإن المملكة تتمتع بموارد مائية شديدة الفقر فليس بها أنهار أو بحيرات.

ويعد شح الموارد المائية العذبة في المملكة العربية السعودية من أهم العقبات التي تواجه التنمية بصورة عامة والتنمية الزراعية بصفة خاصة حيث تعد من أكثر دول العالم تعرضا لظاهرتي الجفاف والتصحر، وتفتقر لوجود الأنهار والبحيرات العذبة، كما أن الأمطار فيها غير منتظمة حيث تهطل في أوقات متباعدة زمنياً ومكانياً ومعدلاتها منخفضة، كذلك درجات الحرارة مرتفعة معظم شهور العام كما أن الصحاري تغطي الكثير من أجزائها.

وفي ضوء معدلات التزايد السكاني المرتفعة وارتفاع وتيرة التنمية الاجتماعية والاقتصادية، فإن الخطط الخمسية المتعاقبة تهدف إلى استثمار الموارد المائية المتاحة لتنمية الاحتياجات المتزايدة للمياه في شتى الأغراض، حيث تم تشييد العديد من السدود تجاوز عددها (٢٠٠ سداً) كما تم حفر الكثير من الآبار لأغراض الزراعة والشرب والصناعة فلقد تطورت المساحات المروية على كافة مصادر مياه الري خلال الفترة الأخيرة بشكل واسع بحيث ازدادت كمية المياه المستهلكة للأغراض الزراعية من ٥١٧٣ مليون م^3 في عام ١٩٨١م إلى حوالي ١٨ ألف مليون م^3 في عام ٢٠٠٠م. وبالتالي فإن هذا التوسع الزراعي أدى إلى زيادة كميات المياه المستهلكة من موارد المياه الجوفية أكثر من معدل تغذيتها مما أدى إلى انخفاض مناسيب المياه الجوفية في معظم الأحواض، مما أثر سلباً على تصرف الآبار وتدني نوعية مياهها.

أمام هذا الواقع أصبح التوسع الأفقي في استخدام المياه أي زيادة كمية مياه الري محدود جداً وشبه معدوم بل أخذ بالتراجع في العديد من الأحواض سواء بالمياه الجوفية أو السطحية وأصبح الخيار الوحيد لزيادة الإنتاج وتوفير الأمن الغذائي هو إدارة مياه الري بكفاءة عالية وتحسين كفاءة استخدام المياه عبر تنفيذ إجراءات عديدة أهمها تخفيض الفواقد المائية في شبكات الري وتحسين إدارة المياه على مستوى الحقل والانتقال من أساليب الري التقليدية ذات الكفاءة المنخفضة إلى طرق الري الحديثة (التنقيط، والرش) ذات الكفاءة العالية وكذلك استخدام الري الذكي. ويمكن تصنيف موارد (مصادر) المياه في المملكة إلى أربعة أقسام رئيسة، اثنان من الموارد التقليدية واثنان من الموارد غير التقليدية كما يوضح الشكل رقم (٢ , ١).



الشكل رقم (٢ , ١). موارد المياه في المملكة العربية السعودية.

(١ , ٤ , ١) المياه السطحية Surface Water

هي المياه التي تجري بالأودية والشعاب بعد هطول الأمطار وكذلك المياه التي تتدفق من العيون الطبيعية. ويعتبر هذا المصدر من ضمن الموارد الجارية والتي تفقد إن لم يتم إقامة سـدود وخزانات للتحكم في مياه الأمطار والاستفادة منها. ويمكن أن تتجمع المياه السطحية في منخفضات طبيعية أو صناعية على سطح الأرض أو في بحيرات خلف السدود التي يتم إنشاؤها لهذا الغرض. وتوجد المياه السطحية بشكل أكبر في المنطقتين الجنوبية والغربية، وبشكل أقل في المناطق الأخرى من المملكة. وتستخدم المياه السطحية في الزراعة التقليدية وبصفة خاصة في مناطق الوديان، وللشرب في بعض التجمعات السكانية الصغيرة.

ويتفاوت معدل هطول الأمطار في المملكة وبالتالي تتفاوت كمية المياه السطحية المتحصل عليها من عام لآخر. وتتراوح عدد الأيام الممطرة في المملكة بين حد أدنى قدره ٦ أيام بمعدل هطول ضئيل للأمطار قدره ٤ , ٨مم سنوياً في منطقة ينبع، وحد أقصى بلغ حوالي ٨٠ يوماً بمعدل هطول مرتفع للأمطار قدره ٤١٢ , ٢مم سنوياً في منطقة أبها عام ١٩٩٨م. وبالتالي تختلف كمية الأمطار بين المناطق والسنوات، الأمر الذي يؤدي إلى انتشار ظاهرة الجفاف في معظم مناطق المملكة، عدا منطقة جبال الحجاز وعسير [وزارة التخطيط (٢٠٠٠م)].

وتقدر كمية مياه السيول في المملكة بحوالي ٢ إلى ٣ بليون م^3 سنويـاً، منها حوالي ١ , ٤٥ بليون م^3 في المنطقة الجنوبية الغربية من المملكة. وقد تم إقامة حوالي ٢٢٥ سداً موزعة على مناطق المملكة بطاقة تخزينية ٨٣٦ مليون م^3 وذلك لتغذية المياه الجوفية والحماية من الفيضانات الناتجة من هطول الأمطار. وهذه السدود في الواقع تحتاج إلى تقييم من حيث كفاءتها وكيفية الاستفادة منها بدرجة أكبر. وقدرت المياه السطحية الممكن استغلالها بحوالي ٢٠٠٠ مليون م^3 عام ١٩٩٥م وارتفع هذا التقدير إلى ٥٠٠٠ مليون م^3 عام ١٩٩٩م (خطة التنمية السابعة)، أما عدد السدود في المملكة فيبلغ حوالي ٢٣٠ سداً بسعة تخزينية قدرها ٨٣٦ مليون م^3 [وزارة المياه والكهرباء، ١٤٣٠هـ (٢٠٠٩م)].

ويعتبر هذا المصدر من ضمن الموارد الجارية والتي تفقد إن لم يتم إقامة سـدود وخزانات للتحكم في مياه الأمطار والاستفادة منها. وبصفة عامة يمكن القول إن سيادة المناخ الصحراوي وانخفاض معدلات هطول الأمطار وتفاوتها من عام إلى آخر يجعل هذا المصدر تحت ظروف المملكة مصدراً محدوداً.

(٢ , ٤ , ١) المياه الجوفية Groundwater

تعتبر المياه الجوفية أهم مورد طبيعي للمياه في المملكة، وتعرف بأنها المياه الموجودة في تكوينات جوفية تحت سطح الأرض أو هي المياه المختزنة في طبقات تحت الأرض والتي جرى ترسيبها عبر مسام الصخور الرسوبية عبر مئات وآلاف السنوات. وهذه التكوينات عبارة عن صخور رسوبية قادرة على تخزين كميات من المياه تتفاوت في الكمية والنوعية والأعماق من تكوين لآخر. ويمكن تقسيم المياه الجوفية في المملكة العربية السعودية إلى متجددة وغير متجددة.

(١ , ٢ , ٤ , ١) المياه الجوفية المتجددة Renewable Water

هي المياه الجوفية غير العميقة والقابلة للتجديد عن طريق مياه الأمطار من خلال تسرب المياه إلى هذه التكوينات، وتوجد المياه الجوفية المتجددة عادة في الأماكن القريبة من الأودية في تكوينات جوفية غير عميقة. ويتراوح هذا العمق من ٢٠ إلى ٢٠٠ م، وهي مياه الآبار التي يجري حفرها على أعماق ١٠٠ م أو أقل. بينما عرض هذه التكوينات تتراوح من بضع مئات من الأمتار إلى عدة كيلو مترات. إن هذا المصدر يعتبر أقل أهمية في الاستخدام عن المياه الجوفية غير المتجددة. والمياه المستخرجة منها تتأثر درجة ملوحتها وتركيزها بزيادة حركة السحب منها. ويمكن القول أن سيادة المناخ الصحراوي وانخفاض معدلات هطول الأمطار واستعاضة المياه يجعل هذا المصدر تحت ظروف المملكة مصدراً محدود التجديد وليس متجدداً.

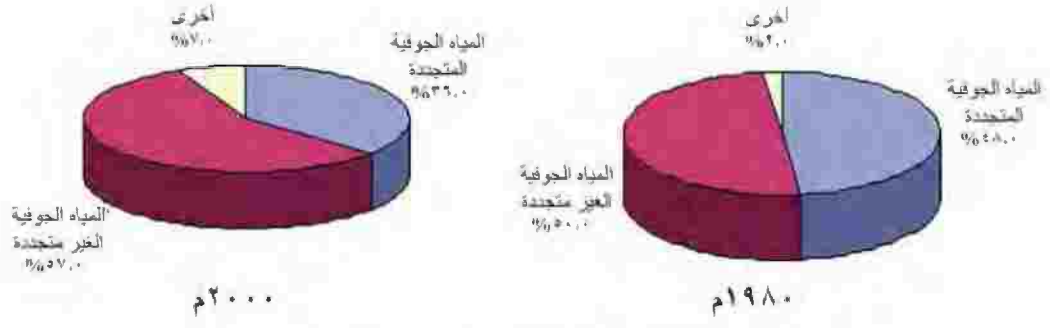
يتأثر هذا النوع بتكرار هطول الأمطار وجريان الأودية. وتقدر كميات المياه التي تغذي هذه الطبقات بنحو ٩٤٠ مليون م^3/ سنة، وهي تغطي حوالي ١٣٪ من احتياجات المملكة من المياه. كذلك يمكن أن توجد المياه الجوفية المتجددة في الأجزاء غير المحصورة من الطبقات الحاملة للمياه وتقدر التغذية السنوية لها بحوالي ٢٠٠٠ مليون م^3.

(٢ , ٢ , ٤ , ١) المياه الجوفية غير المتجددة Non-Renewable Water

وهي المياه المحصورة في تكوينات جوفية عميقة تحت سطح الأرض تختلف في أعماقها حسب موقعها حيث تتراوح بين ١٠٠ إلى ٢٥٠٠ م، وهي مياه الطبقات الرسوبية ذات الأعماق المختلفة والتي تقوم باختزان المياه بين مسامها، وقد تكونت هذه التكوينات الجوفية في عصور جيولوجية سابقة، ويقدر عمر المياه في هذه التكوينات بنحو ١٠ ألف إلى ٣٦ ألف سنة. والتي قد لا يصل إليها أي تعويض أو استبدال من مياه الأمطار التي تسقط في

أيامنا. وقد أوضحت الدراسات الجيولوجية وجود كميات كبيرة منها في أنحاء متفرقة من المملكة. وتصنف هذه التكوينات إلى تكوينات رئيسة وثانوية. وتعتبر المياه الجوفية غير المتجددة هي المورد الأساسي للمياه وتمثل الاحتياطي الإستراتيجي لمخزون المياه الجوفية في المملكة، وهي تمثل حوالي ٨٢٪ من احتياجات المملكة للمياه. في الواقع هناك تفاوت كبير في تقدير عمر وكمية المياه المخزونة في هذه التكوينات في المراجع والدراسات؛ وذلك لعدم وجود دراسات هيدروجيولوجية حديثة لهذه التكوينات. ولا توجد بيانات يمكن الاعتماد عليها خاصة بعد استنزاف الكميات المائية الكبيرة خلال العقدين الماضيين.

ويجري في الوقت الحاضر استعمال الجانب الأكبر من المياه الجوفية القابلة للتجديد في الزراعة التقليدية وللأغراض المنزلية، وهذا النوع من المياه موجود بشكل عام في طبقات جوفية تتكون من طبقات رسوبية تتبع مسارات مجاري الوديان، ففي عام ١٤٠٠هـ (١٩٨٠م) قدر استخدام المياه الجوفية القابلة للتجديد نحو ١١٤٥ مليون م^3 بما يعادل ٤٨٪ من احتياجات المملكة، بينما المياه الجوفية غير القابلة للتجديد بلغت نحو ١٢٠٢ مليون م^3 بما يعادل ٥٠٪ من احتياجات المملكة. ثم في عام ١٤١٥هـ (١٩٩٥م) أصبحت المياه الجوفية القابلة للتجديد نحو ٥٨٤ مليون م^3 بما يعادل حوالي ١٣,٨٪ من احتياجات المملكة، أما المياه الجوفية غير القابلة للتجديد بلغت ٣٤٥٠ مليون م^3 بما يعادل حوالي ٨١,٥٪ من احتياجات المملكة للمياه. وفي عام ١٤٢٠هـ (٢٠٠٠م) ومع توجه الدولة إلى تقليص المساحات المزروعة بالقمح والشعير والعمل على ترشيد استخدام المياه من المصادر غير القابلة للتجديد انخفضت نسبة المياه من المصادر غير القابلة للتجديد إلى ٥٧٪ من إجمالي احتياجات المملكة من المياه المتاحة بينما بلغت نسبة المياه الجوفية القابلة للتجديد إلى حوالي ٣٦٪ من احتياجات المملكة. ويوضح الشكل رقم (٣,١) تطور نسب موارد المياه في المملكة خلال الفترة من ١٩٨٠-٢٠٠٠م.



الشكل رقم (٣,١). تطور نسبة موارد المياه في المملكة من ١٩٨٠-٢٠٠٠م.

(٣, ٤, ١) مياه البحر المحلاة

بسبب التزايد السكاني والعمراني والتقدم الحضاري في العالم أصبحت الحاجة ملحة للغاية لزيادة مصادر المياه، فالمحيطات تعد من أكبر الخزانات المائية المتوفرة على الكرة الأرضية، أن حوالي ٩٧٪ من الماء الموجود على الأرض في البحار والمحيطات المالحة، غير إنها تحتوي على نسبة عالية من الأملاح (٥ , ٣٪ من وزنها أملاح مذابة)، فلا تصلح هذه المياه للاستعمالات المنزلية والصناعية والزراعية بوضعها الطبيعي، وعليه فإنه من الضروري تنقية المياه المالحة وإزالة ملوحتها خاصة في المناطق التي تعاني من ندرة المياه العذبة ووفرة في مياه المحيطات أو البحار أو المياه الجوفية المالحة. وبسبب الحاجة إلى الماء تطلع الناس ملياً عبر التاريخ إلى هذا المعين الذي لا ينضب. ويعتقد الناس حاليًا أكثر من أي وقت مضى أن تحلية ماء البحار والمحيطات ستفي وتواجه الاحتياج المتزايد للماء العذب.

والملح الموجود في ماء البحر هو ملح المائدة الشائع، ويستطيع الإنسان أن يشرب بأمان الماء الذي يحتوي على أقل من ٥ , ٠كجم من الملح في كل ١٠٠كجم من الماء. ويحتوي ماء البحر على سبعة أضعاف هذه الكمية من الملح. ولاشك أن الإنسان الذي يشرب ماء البحر فقط سيموت، إذ إن الجفاف سيصيب خلايا جسمه أثناء محاولتها التخلص من كمية الملح الزائد. وكذلك فإن الناس لا يمكنهم استعمال ماء البحر في الزراعة أو الصناعة؛ لأن هذا الماء يقتل معظم المحاصيل، ويسبب صدأ الآلات والمعدات سريعًا.

ولقد أصبحت عملية تحلية مياه البحر أساسية ومألوفة أكثر من عملية إزالة عسر الماء التي تتطلب نزع أملاح الكالسيوم والماغنيسيوم. إن تنقية المياه المالحة لا تعد مشكلة من حيث إمكانية التنفيذ فحسب بل إن المشكلة الأساسية تكمن في اقتصادياتها. والحد الأدنى النظري للطاقة اللازمة لإنتاج المياه العذبة من مياه المحيط يقدر بحوالي كيلو وات لإنتاج ماء عذب قدره طن متري في الساعة الواحدة. أي أن الحد الأدنى النظري اللازم لإنتاج ١٠٠٠كجم من الماء في ٢٤ ساعة يومياً يقدر بحوالي ٢٤ كيلو وات، أما عملياً فإن الطاقة اللازمة تزيد عن هذا الحد الأدنى النظري. وحتى في حالة توفر الطاقة مجاناً، فإنه يلزم توفر رأس مال كبير نسبياً لإنشاء محطات التحلية.

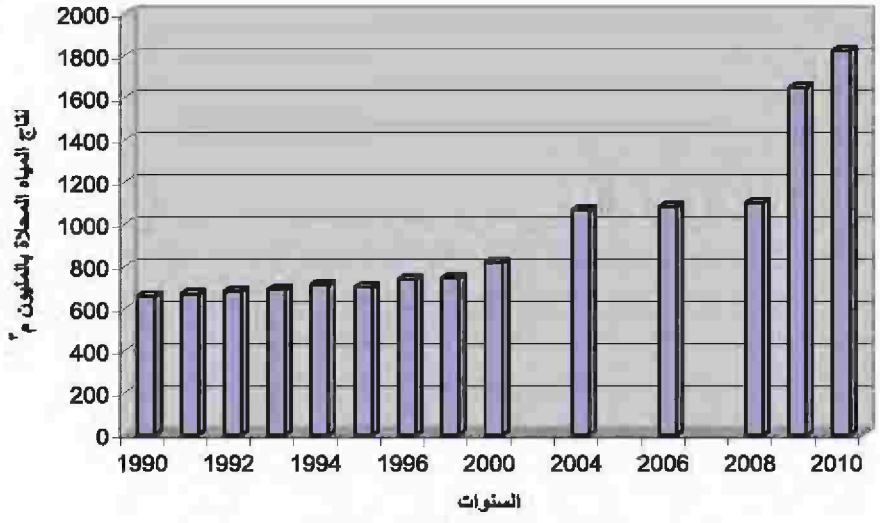
عرفت المملكة العربية السعودية تحلية المياه منذ عام ١٣٤٨هـ (١٩٢٨م) من خلال عملية التكثيف لتقطير مياه البحر التي كانت تعرف آنذاك باسم الكنداسة وكان ذلك حين أمر موحد هذه البلاد الملك عبد العزيز بن عبد الرحمن آل سعود رحمه الله بإنشاء وحدتي تكثيف لتقطير مياه البحر باسم الكنداسة لإمداد مدينة جدة بالمزيد من مياه الشرب. ثم أنشئت المراحل الأولى للتحلية في كل من محافظتي الوجه وضباء الواقعتين على ساحل البحر

الأحمر في عام ١٣٨٩هـ (١٩٧٠م) بطاقة إنتاجية بلغت ٦٠ ألف جالون ماء يومياً لكل محطة ثم تلتها عام ١٣٩٠هـ (١٩٧١م) محطة التحلية في جدة المرحلة الأولى بطاقة إنتاجية قدرها خمسة ملايين جالون ماء يومياً وخمسون ميجاوات كهرباء. وتستحوذ المملكة العربية السعودية الآن على حوالي ٣٠٪ من الإنتاج العالمي للمياه المحلاة، وتضخ ما يقارب ٥ ملايين متر مكعب يومياً، ورغم ذلك تحتاج المملكة إلى استثمار ٥٣ مليار دولار لزيادة قدرتها على تحلية ١٠,٧ مليون متر مكعب يومياً من المياه بحلول العام ٢٠٢٠م.

وتعد مياه البحر المحلاة الآن مصدراً مهماً لمياه الشرب في المملكة، ولقد ساعدت التقنيات الحديثة على إمكانية الاستفادة من مياه البحر المحلاة عن طريق محطات التحلية الحديثة حيث تغطي حوالي ٣,٩٪ من احتياجات المياه بالمملكة، وقد بلغ الإنتاج الكلي في عام ١٤١٥هـ(١٩٩٥م) حوالي ٧١٩ مليون م^3 سنوياً، ووصلت كمية المياه المنتجة من هذا المصدر ومن خلال ٢٩ محطة تحلية نحو ٨٥٧ مليون م^3 عام ١٤٢١هـ (٢٠٠١م)، وزادت الطاقة الفعلية لمحطات تحلية المياه المالحة من ١٠٧٠ مليون م^3 سنوياً عام ١٤٢٤هـ(٢٠٠٤ م) إلى ١٦٥٠مليون م^3 في عام ١٤٣٠هـ (٢٠٠٩ م)، وذلك بمعدل نمو سنوي متوسط قدره ٩٪ (الشكل رقم ٤,١). وتعتبر هذه المياه حالياً المصدر الرئيس لمياه الشرب والأغراض المنزلية والصناعية في بعض مدن المملكة، وتنتج هذه المياه المحلاة من محطات تحلية مياه البحر موزعة على ساحل البحر الأحمر والخليج العربي. بالإضافة إلى ذلك هناك محطات تحلية جديدة جاري العمل على تنفيذها في الوقت الحاضر.

وتعتبر المملكة العربية السعودية أكبر الدول المنتجة في العالم لمياه التحلية إذ تبلغ نسبة الإنتاج حوالي ٢٦,٨٪ من الإنتاج العالمي، تليها الولايات المتحدة الأمريكية ١٢٪، الكويت ١٠,٥٪، الإمارات العربية المتحدة ١٠٪، ثم ليبيا ٧,٤٪.

ويتميز هذا المصدر بارتفاع تكاليف إنتاج المياه المستخدمة، ولكن يعتبر وسيلة مهمة لتخفيف الاعتماد على المياه الجوفية المحدودة، إلا أنه لا يمكن التوسع كثيراً في هذا المجال في ظل تكلفة الإنتاج الحالية البالغة نحو ٣ ريالات للمتر المكعب من الماء المحلى وتكلفة النقل البالغة نحو ٣,٥ ريال للمتر المكعب من الماء (تتراوح التكلفة الإجمالية للمتر المكعب من الماء المحلى من ٣ إلى ٥ ريال). كما أن استهلاك المياه المحلاة مقصوراً على أغراض الشرب والاستخدامات المنزلية بصفة أساسية.



الشكل رقم (٤ , ١). تطور إنتاج المياه المحلاة في المملكة.

وعرف الناس طرق عديدة لتحلية ماء البحر، وتعطي عملية تحلية ماء البحر الأمل في حل مشكلات شُح الماء العذب في المناطق الساحلية القريبة من البحر. وحتى لو احتوت المحيطات على ماء عذب فستظل هناك مشكلات أخرى مثل تلوث المياه والسيطرة على مياه الفيضانات وكذلك عمليات توزيع المياه.

وتُعرف عملية تحلية المياه المالحة بأنها تحويل المياه المالحة إلى مياه نقية من الأملاح صالحة للاستخدام، ويتم ذلك عبر طرق عديدة للتحلية.

وقد اتخذت التحلية خياراً إستراتيجياً لتصبح المملكة الآن أكبر منتج للمياه المحلاة عالمياً لتوفير المياه الصالحة للشرب لمختلف النشاطات السكنية والتجارية والصناعية. واستطاعت المؤسسة العمل على إيصال المياه المحلاة إلى المناطق الداخلية وإلى أعالي الجبال من خلال شبكة ضخمة من أنظمة نقل المياه من محطات التحلية إلى الجهات المستفيدة.

وتستخدم تقنية التحلية حالياً في أقطار كثيرة، تأتي المملكة في المرتبة الأولى من السعة الحالية لمحطات التحلية بالعالم حيث يبلغ مجموع سعة محطات التحلية بالمملكة حوالي ٥ , ٢٥ مليون م٣ من الماء يومياً أي ما يعادل ٩ , ٢٥٪ من السعة الإجمالية لمحطات التحلية لجميع بلدان العالم، وتستخدم معظمها عملية التقطير.

وبلغ الإنتاج اليومي لمحطات المؤسسة خلال عام ١٤٣١/ ١٤٣٢هـ (٢٠١٠/ ٢٠١١م) ١ , ٨٣٣ مليون م٣ من المياه المحلاة منها ٢ , ٤٥٨ مليون م٣ من محطات الساحل الشرقي بنسبة ٥٥ ٪ من إجمالي الإنتاج و ٩ , ٣٧٤ مليون م٣

من محطات الساحل الغربي بنسبة ٤٥ ٪، وإلى جانب المياه تواصل المؤسسة توليد الطاقة الكهربائية من خلال محطاتها "ثنائية الغرض" التي تعمل بطريقة التبخير الوميضي متعدد المراحل ويستخدم جزء من الطاقة الكهربائية لتشغيل مرافق المحطة وما تبقى من التوليد يتم تصديره إلى الشركة السعودية للكهرباء، فيما بلغت الطاقة الكهربائية المصدرة في عام ٢٠١٠ من محطات المؤسسة ١٦,٤ مليون ميجاوات في الساعة، فيما يبلغ مجموع أطوال خطوط الأنابيب من محطات التحلية إلى المدن المستفيدة أكثر من ٤٣٥٨,٨ كيلومترا ويتبع لهذه المشاريع ٢٧ محطة ضخ و١٨١ خزاناً تتجاوز طاقتها التخزينية الإجمالية أكثر من ٩ مليون م٣، إضافة إلى ١٧ محطة لخلط المياه المنتجة من محطات التحلية بمياه الآبار.

(١,٤,٣,١) عوامل اختيار الطريقة المناسبة للتحلية وحجم محطة التحلية

أولاً: نوعية مياه البحر (تركيز الأملاح الذائبة الكلية)

مراعاة تركيز الأملاح الذائبة والمراد تحليتها فهي تختلف من مصدر لآخر، فتصل كمية الأملاح الكلية المذابة في مياه الخليج العربي إلى حوالي ٥٦٠٠٠ جزء من المليون في الخبر، كما أنها تتراوح ما بين ٣٨٠٠٠ إلى ٤٣٠٠٠ جزء من المليون في مياه البحر الأحمر بمدينة جده.

ثانياً: درجة حرارة مياه البحر والعوامل الطبيعية المؤثرة فيه

ويجب مراعاة ذلك عند تصميم المحطات حيث إن المحطة تعطي الإنتاج المطلوب عند درجة الحرارة المختارة للتصميم 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 البحر وعند مأخذ المياه وتلوث البيئة.

ثالثاً: تكلفة وحدة المنتج من ماء وكهرباء

وذلك بمتابعة أحدث التطورات العالمية في مجال التحلية وتوليد الطاقة للوصول إلى أفضل الطرق من الناحية الاقتصادية من حيث التكلفة الرأسمالية وتكاليف التشغيل والصيانة.

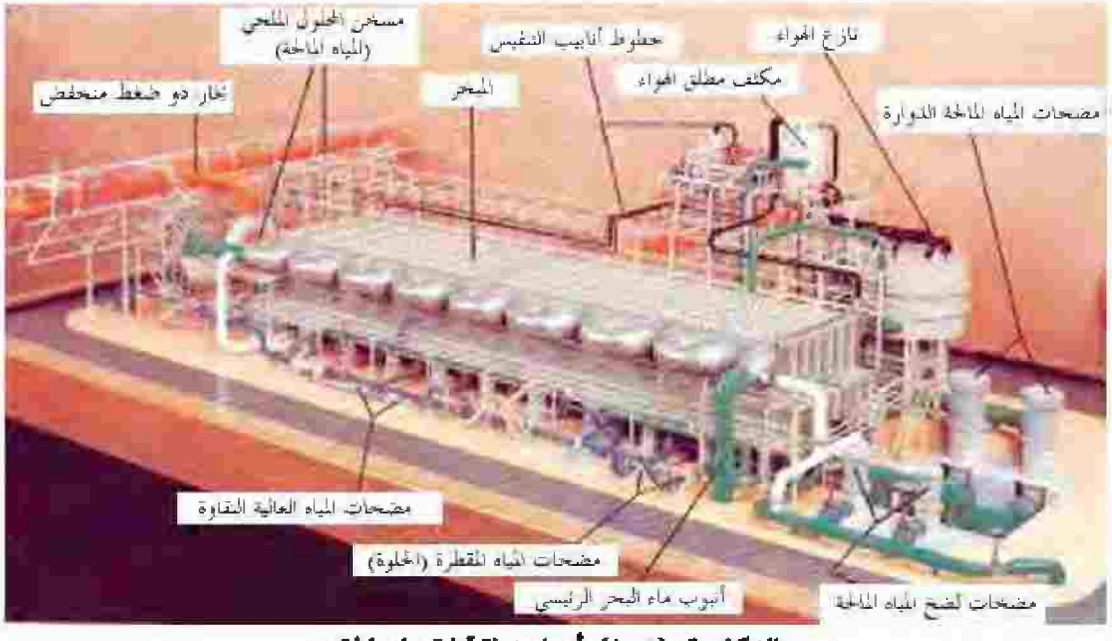
(١,٤,٣,٢) وصف مبسط لمحطة تحلية

يبدأ دخول مياه البحر إلى مآخذ مياه البحر من خلال مصافي وذلك لمنع الشوائب من الدخول إلى مضخات مياه البحر التي تقوم بدورها بضخ مياه البحر إلى المبخرات. ويتم حقن مياه البحر بمحلول هيبوكلوريد الصوديوم عند مآخذ مياه البحر أي قبل دخولها المبخرات وذلك لمعالجتها من المواد البيولوجية العالقة بها. ويتم تجهيز هذا

المحلول في خزانات ومن ثم يتم حقنه خلال مضخات بمعدلات حسب الطلب. يوجد بمآخذ مياه البحر لوحات توزيع القوى الكهربائية التي تغذي المضخات وغيرها بالكهرباء، كما يوجد أيضا أجهزة القياس والتحكم اللازمة لهذه المعدات. هذا ويتم انتقال مياه البحر بعد ذلك إلى المبخرات والتي تتكون من عدة مراحل يتم خلالها تبخير مياه البحر ومن ثم تكثيفها وتجميعها. ويوضح الشكل رقم (٥ , ١) مكونات محطة تحلية المياه.

وبالنظر إلى ما يحدث للعمليات المتتابعة للمياه لحظة دخولها المبخرات وحتى الحصول على المياه العذبة نجد أنه يتم إضافة بعض الكيماويات منها (البولي فوسفات) إلى مياه البحر قبل دخولها المبخرات وذلك لمنع الترسبات داخل أنابيب المكثفات والمبادلات الحرارية كما نجد أن مياه البحر هذه تمرر على أجهزة تسمى بنوازع الهواء، وذلك للتخلص من الغازات المذابة بمياه البحر كما يتم تسخين مياه البحر بواسطة مبادلات حرارية تعمل بالبخار وتسمى (مسخنات المياه المالحة). هذا ويلزم للمبخرات أنواع متعددة من المضخات منها ما يلزم لتدوير الماء الملحي داخل المبخرات ومنها ما يلزم لتصريف الرجيع الملحي إلى قناة الصرف ومنها ما يلزم لضخ الماء المنتج إلى محطة المعالجة الكيماوية.

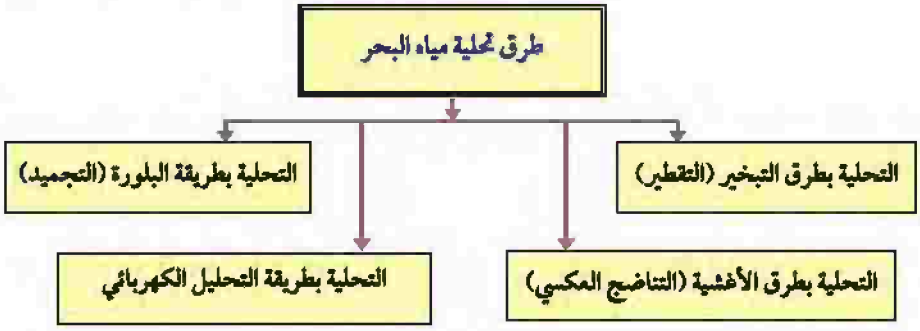
هذا وبعد ضخ الماء المنتج إلى محطة الكيماوية والتي يتم فيها معالجة المياه المنتجة بالمواد المختلفة مثل الكلور وثاني أكسيد الكربون والجير حتى يصبح حسب المواصفات المطلوبة عالمياً يتم نقله من محطة المعالجة الكيماوية إلى الخزانات الكبيرة التي تمد الشبكة بالماء الصالح للشرب.



الشكل رقم (٥ , ١). أجزاء محطة تحلية مياه مالحة.

(١ , ٤ , ٣ , ٣) الطرق المختلفة للتحلية

يمكن تقسيم الطرق المستخدمة في تحلية المياه المالحة إلى أربع مجموعات كما موضح بالشكل رقم (١ , ٦).



الشكل رقم (١ , ٦). طرق تحلية المياه.

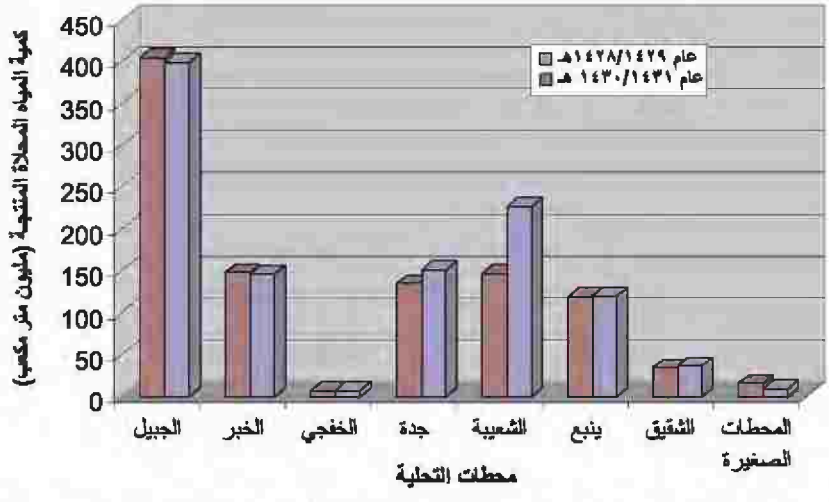
يوجد بالمملكة ٦ محطات تحليه بتقنية التبخير الوميضي والتي تنتج الماء والكهرباء، وتبلغ القدرة الإنتاجية للكهرباء لهذه المحطات الست ما مجموعه ٣٣٥٥ ميجاوات وتتوزع على الساحلين الشرقي والغربي من المملكة على النحو التالي: محطتان على الساحل الشرقي هما الجبيل والخبر بقدره إنتاجية للكهرباء قدرها ١٨١١ ميجاوات، وأربع محطات على الساحل الغربي هي جدة والشعيبة وينبع والشقيق بقدرة إنتاجية للكهرباء قدرها ١٥٤٤ ميجاوات، ويوضح الشكل رقم (١ , ٧) خريطة لمواقع هذه المحطات في المملكة، والمدن التي تتلقى هذا الإنتاج من المياه المحلاة وخطوط النقل لهذا الإنتاج.

الشكل رقم (١ , ٧). موقع محطات التحلية والمدن التي تتلقى المياه المحلاة وخطوط النقل في المملكة.

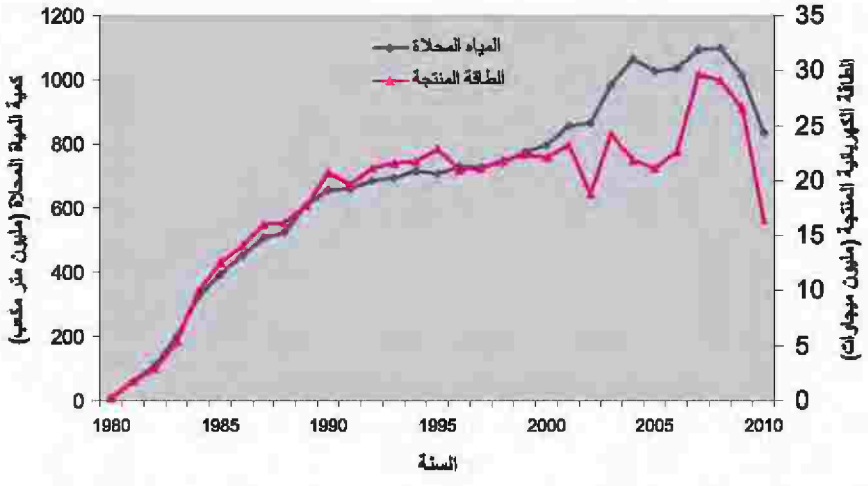
كما يبين الجدول رقم (١ , ١) والشكل رقم (٨ , ١) كمية المياه المحلاة المنتجة في أهم محطات المؤسسة العامة لتحلية المياه بالمملكة خلال عامي ١٤٢٨/ ١٤٢٩هـ (٢٠٠٨/ ٢٠٠٩م) و ١٤٣٠/ ١٤٣١ هـ (٢٠٠٩/ ٢٠١٠م). ويوضح الشكل رقم (٩ , ١) تطور كمية المياه والطاقة الكهربائية الناتجة من تحلية المياه بالمملكة خلال الفترة من ١٩٨٠-٢٠١٠م.

الجدول رقم (١ , ١). كمية المياه المحلاة المنتجة في محطات المؤسسة العامة لتحلية المياه.

محطة التحلية	كمية المياه المحلاة المنتجة (مليون متر مكعب)	
	عام ١٤٢٨/ ١٤٢٩هـ	عام ١٤٣٠/ ١٤٣١ هـ
الجبيل	٣٩٨,٩	٤٠٤,٧
الخبر	١٤٦,٩	١٤٨,٧
الخفجي	٧,٦	٧,٢
جدة	١٥١,٢	١٣٥,٤
الشعيبة	٢٢٦,٧	١٤٧,٢
ينبع	١١٩,٥	١١٩,١
الشقيق	٣٦,٤	٣٤,٣
المحطات الصغيرة	٩,٥	١٦,٥
مجموع الإنتاج	١٠٩٦,٧	١٠١٣,١



الشكل رقم (٨ , ١). كمية المياه المحلاة من محطات التحلية بالمملكة خلال عامي ١٤٢٨/ ١٤٢٩هـ و ١٤٣٠/ ١٤٣١هـ.



الشكل رقم (٩ , ١). تطور كمية المياه والطاقة الكهربائية المنتجة من تحلية المياه بالمملكة.

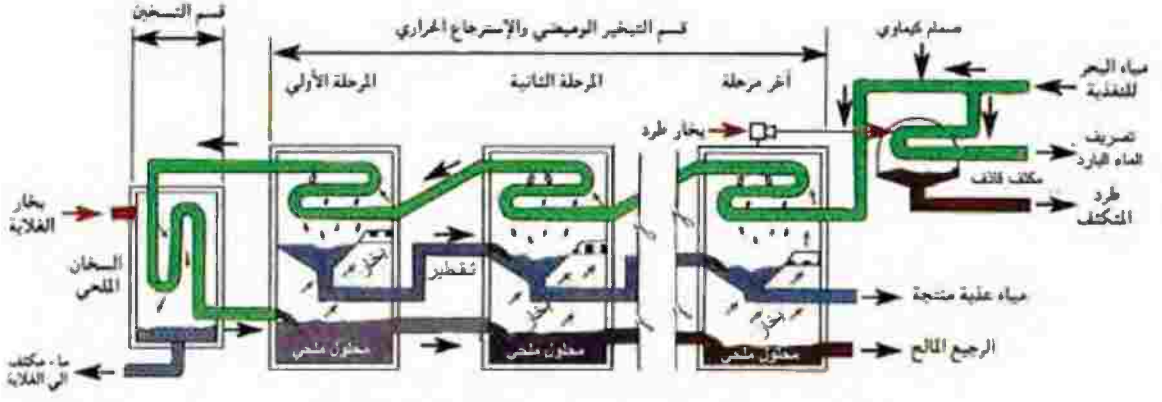
تحلية المياه بالتبخير (التقطير)

تبخر حرارة الشمس ملايين الأطنان من الماء من سطح المحيطات يوميًا. ويتبخر الماء ثم يتكثف، ثم يتساقط عائداً إلى الأرض على هيئة ماء عذب. وقلد الناس الطبيعة منذ قرون عديدة واستخدموا حرارة الشمس في تقطير ماء البحر وتحويله لماء عذب. وتستخدم معظم السفن التي تجوب المحيطات هذه الطريقة للحصول على ماء الشرب، ويمكن تقطير ماء البحر بسهولة وذلك بغليه في غلاية وسحب البخار في أنابيب إلى قوارير باردة. يصعد البخار تاركًا الملح وراءه، وحالما يبرد البخار في القوارير فإنه يتكثف إلى ماء عذب. ويمكن إجراء عملية تقطير ماء البحر بالاعتماد على أشعة الشمس بسهولة، وذلك بملء حوض ضحل بماء البحر وتغطية الحوض بقطعة بلاستيكية شفافة أو بلوح زجاجيّ يوضع بشكل مائل. يتحول الماء المالح إلى بخار بتأثير أشعة الشمس ويصعد البخار حتى يلامس السطح السفلي من القبة أو لوح الزجاج حيث يتكثف ويسيل ماءً عذبًا إلى أحواض تجميع. يعطي نمط التقطير هذا كميات قليلة من الماء العذب. ففي يوم واحد، وفي طقس مشمس يعطي مثل هذا الحوض خمسة لترات من الماء العذب من كل متر مربع من مساحة سطح الحوض. ولا يعتبر التقطير باستخدام أشعة الشمس طريقة شائعة؛ لأنه مكلف. وتنشأ التكلفة من كون هذه الطريقة تحتاج مساحات هائلة من الأرض لإنتاج كميات كافية من الماء العذب. والتقطير بالاعتماد على أشعة الشمس أقل كفاية من العمل بأساليب التقطير الأخرى.

التبخير الوميضي المتعدد المراحل

تستعمل معظم محطات تحلية الماء الحديثة طريقة تسمَّى التقطير الوميضي أو السريع متعدد المراحل، وفي هذه الطريقة يتم تسخين ماء البحر في مبادل حراري يسمى السخان الملحي ويتم ذلك عن طريق تكثيف البخار على أسطح أنابيب تمر داخلياً عبر السخان الملحي مما يؤدي إلى تسخين ماء البحر داخل هذه الأنابيب. وماء البحر الساخن ينساب في السخان الملحي إلى وعاء آخر يسمى المبخر في أول مراحله حيث يوجد مستوى الضغط المنخفض الذي يجعل الماء يغلي مباشرة، ودخول الماء الساخن المفاجئ إلى المرحلة ذات الضغط الأقل يجعله يغلي بسرعة ويتبخر فجأة حيث يتحول جزء يسير منه إلى بخار ماء، اعتمادا على مستوى الضغط في المرحلة. ويمرر ماء البحر خلال غرف تقطير صغيرة متعددة كل منها ذات ضغط أقل من سابقتها. ويستمر التبخر حتى يبدأ الماء في الميل نحو البرودة معطياً حرارة التبخر اللازمة حتى يصل درجة الغليان.

وفكرة تقطير الماء في وعاء منخفض الضغط ليست جديدة بل استخدمت منذ ما يزيد عن قرن من الزمان. وخلال الخمسينيات الميلادية (١٩٥٠م) تم تطوير وحدة تحلية بها سلسلة من المراحل ضُبطت على ضغوط منخفضة متتالية. وفي هذه الوحدة تمر مياه التغذية من مرحلة إلى أخرى وتغلي تكراراً بدون إضافة طاقة حرارية. ويمكن لوحدة التحلية (المبخر) أن تحتوي على مراحل من ٤ إلى ٤٠ مرحلة. أما البخار المولد وميضياً فيتحول إلى مياه عذبة عند تكثيفه على سطوح أنابيب المبادلات الحرارية التي تمر عبر المرحلة. ويتم تبريد الأنابيب بماء البحر المتجه نحو السخان الملحي. وهذا بدوره يسخن مياه التغذية وبالتالي يقلل ذلك من كمية الطاقة الحرارية اللازمة لتسخين مياه التغذية في السخان الملحي (الشكل رقم ١٠ , ١).



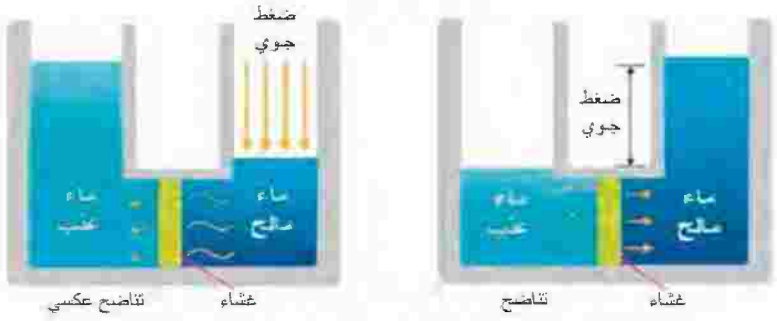
الشكل رقم (١٠ , ١). تحلية مياه البحر بطريقة التبخير الوميضي.

لقد تم تجارياً إنشاء محطات التحلية بطريقة التبخير الوميضي منذ الخمسينات الميلادية (١٩٥٠م). وغالبا ما يتم إنشاء وحدات بسعة تتراوح من ٤ الألف إلى ٣٠ ألف متر مكعب مياه يومياً. ويتم تشغيل هذه الوحدات عادة عند درجة حرارة لمياه التغذية (بعد السخان الملحي) تتراوح ما بين ٩٠-١٢٠درجة مئوية. ومن العوامل المؤثرة على الكفاءة الحرارية للمحطة هو الفارق الحراري ما بين السخان الملحي وأبرد جزء في المحطة. وتشغيل المحطة عند درجة حرارة أعلى من ١٢٠ درجة مئوية بغرض زيادة كفاءتها ربما يؤدي الغرض غير أنه يتسبب في زيادة إمكانية تكوين القشور والإسراع في تآكل السطوح المعدنية. ويكون الماء في المراحل النهائية من هذه الطريقة نقياً إلى درجة أنه يكون عديم المذاق، الأمر الذي يوجب، إضافة قليل من الملح إليه لإعطائه المذاق الطبيعي.

التحلية بطرق الأغشية (التناضُح العكسي)

تعتبر عملية التناضح العكسي حديثة بالمقارنة مع عملية التبخير الوميضي (التقطير) حيث تم العمل بها تجارياً خلال السبعينيات، ولكنها سرعان ما أصبحت طريقة واسعة الاستعمال في تحلية ماء البحر. وفي التناضح الطبيعي ينفذ سائل قليل التركيز عبر غشاء إلى سائل آخر أكثر تركيزًا. وهكذا إذا جرى فصل الماء المالح، والماء العذب بعضهما عن بعض داخل حجرة باستخدام غشاء شبه نفاذ، فإن الماء العذب ينفذ منساباً عبر الغشاء إلى الماء المالح. وإذا ما طُبق ضغط كاف على الماء المالح ينعكس هذا الانسياب الطبيعي للماء بحيث يعصر الماء العذب من الماء المالح نافذاً خلال الغشاء تاركًا الملح وراءه. وبهذا الأسلوب تجرى طريقة التناضح العكسي لتحلية الماء المالح. وتعرف عملية التناضح العكسي على أنها عملية فصل الماء عن محلول ملحي مضغوط من خلال غشاء. ولا يحتاج الأمر إلى تسخين أو تغيير في الشكل، والطاقة المطلوبة للتحلية هي لضغط مياه التغذية، يوضح الشكل رقم (١١ , ١) مفهوم التناضح العكسي.

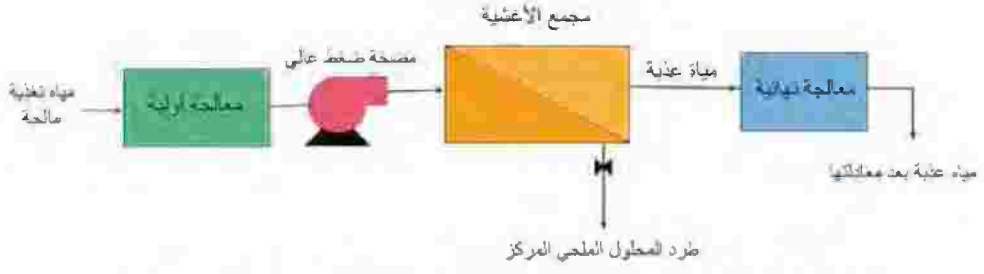
ومن الناحية التطبيقية يتم ضخ مياه التغذية في وعاء مغلق حيث يضغط على الغشاء، وعندما يمر جزء من الماء عبر الغشاء تزداد محتويات الماء المتبقي من الملح، وفي نفس الوقت فإن جزءاً من مياه التغذية يتم التخلص منه دون أن يمر عبر الغشاء، وبدون هذا التخلص فإن الازدياد المضطرد لملوحة مياه التغذية سوف يتسبب في مشكلات كثيرة، مثل زيادة الملوحة والترسبات وزيادة الضغط الأسموزي عبر الأغشية. وتتراوح كمية المياه المتخلص منها بهذه الطريقة ما بين ٢٠ إلى ٧٠٪ من مياه التغذية اعتماداً على كمية الأملاح الموجودة في مياه التغذية.



الشكل رقم (١١ , ١). مفهوم التناضح العكسي.

يتكون نظام التناضح العكسي من المكونات الأساسية التالية (الشكل رقم ١٢ , ١):

- معالجة أولية.
- مضخة ذات ضغط عال.
- مجمع أغشية.
- معالجة نهائية.



الشكل رقم (١٢ , ١). مخطط لمكونات طريقة التناضح العكسي لتحلية مياه البحر.

والمعالجة الأولية مهمة؛ لأن مياه التغذية يجب أن تمر عبر ممرات ضيقة أثناء العملية، لذا يجب إزالة العوالق ومنع ترسب الكائنات الحية ونموها على الأغشية. وتشمل المعالجة الأولية الكيميائية التصفية وإضافة حامض أو مواد كيميائية أخرى لمنع الترسيب.

والمضخة ذات الضغط العالي توفر الضغط اللازم لعبور الماء من خلال الأغشية وحجز الأملاح. وهذا الضغط يتراوح ما بين ١٧ إلى ٢٧ باراً لمياه الآبار و ٥٤ إلى ٨٠ باراً لمياه البحر.

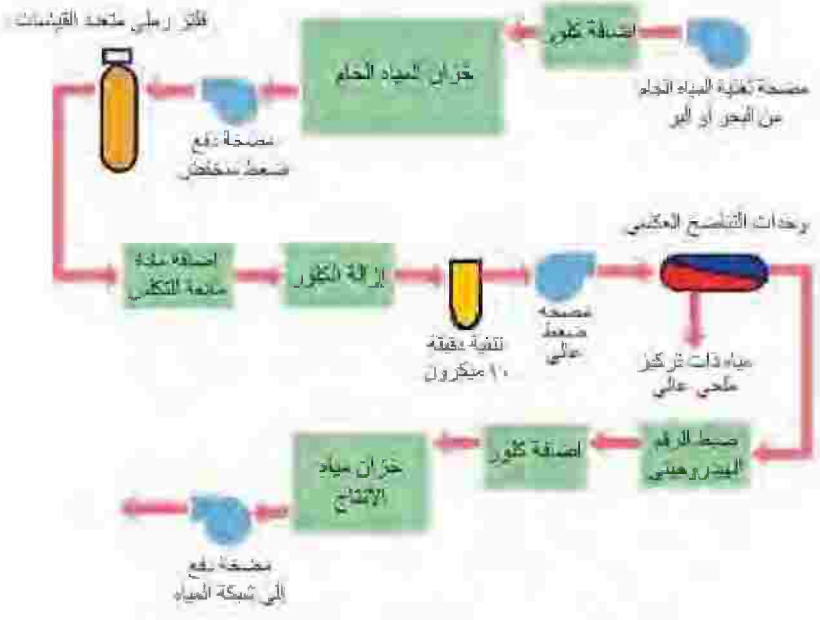
ويتكون مجمع الأغشية من وعاء ضغط وغشاء يسمح بضغط الماء عليه كما يتحمل الغشاء فارق الضغط فيه. والأغشية نصف المنفذة قابلة للتكسر وتختلف في مقدرتها على مرور الماء العذب وحجز الأملاح. وليس هناك

غشاء محكم إحكاماً كاملاً في طرد الأملاح، ولذلك توجد بعض الأملاح في المياه المنتجة وتصنع أغشية التناضح العكسي من أنماط مختلفة، والأغشية الأكثر شيوعاً هما اللوح الحلزوني والألياف أو الشعيرات الدقيقة المجوفة. ويستخدم هذان النوعان لتحلية كل من مياه الآبار ومياه البحر على الرغم من اختلاف تكوين الغشاء الإنشائي ووعاء الضغط اعتماداً على المصنع وملوحة الماء المراد تحليته.

أما المعالجة النهائية فهي للمحافظة على خصائص الماء وإعداده للتوزيع. وربما شملت هذه المعالجة إزالة الغازات مثل سلفايد الهايدروجين وتعديل درجة القلوية.

وهناك تطوران ساعدا على تخفيض تكلفة تشغيل محطات التناضح العكسي (الشكل رقم ١٣ , ١)، أثناء العقد الماضي هما: تطوير الغشاء الذي يمكن تشغيله بكفاءة عند ضغوط منخفضة وعملية استخدام وسائل استرجاع الطاقة. وتستخدم الأغشية ذات الضغط المنخفض في تحلية مياه الآبار على نطاق واسع.

وتتصل وسائل استرجاع الطاقة بالتدفق المركز لدى خروجه من وعاء الضغط. ويفقد الماء أثناء تدفقه المركز من ١ إلى ٤ بار من الضغط الخارج من مضخة الضغط العالي ووسائل استرجاع الطاقة هذه ميكانيكية وتتكون عموماً من توربينات أو مضخات من النوع الذي بوسعه تحويل فارق الضغط إلى طاقة محركة.

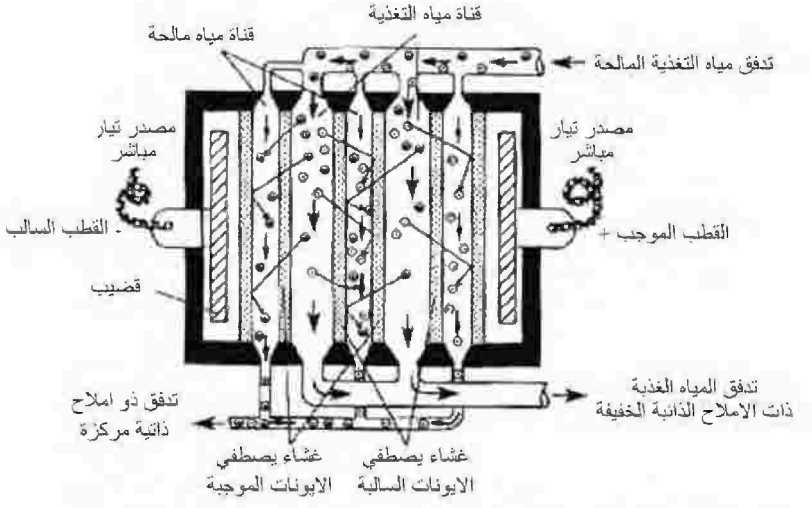


الشكل رقم (١٣ , ١). تحلية مياه البحر بطريقة التناضح العكسي.

التحلية بالتحليل الكهربائي

يستعمل التحليل الكهربائي بشكل رئيس لتحلية الماء الجوفي نصف المالح. ويرتكز التحليل الكهربائي على حقيقة أنه إذا تم ذوبان الملح في الماء فإنه يتحلل إلى أيونات (جسيمات مشحونة كهربائيًا) من الصوديوم والكلوريد. تحمل أيونات الصوديوم شحنة كهربائية موجبة وتحمل أيونات الكلوريد شحنة كهربائية سالبة. ويستخدم في التحليل الكهربائي حجرة واسعة مقسمة إلى عدد من الحجيرات بوساطة حوائط من صفائح البلاستيك الرقيقة تسمى الأغشية. ويتم استخدام طرازين من الأغشية أحدهما يسمح بعبور الأيونات الموجبة خلاله فقط ويمرر الآخر الأيونات السالبة فقط. ويوجد قطب كهربائي موجب في إحدى الحجرات الطرفية، وفي الطرف الآخر قطب كهربائي سالب. وعند تمرير تيار كهربائي خلال الماء المالح تنسحب الأيونات السالبة عبر الأغشية المنفذة للشحنات السالبة متجهة إلى القطب الموجب، وتنسحب الشحنات الموجبة خلال الأغشية المنفذة للشحنات الموجبة متجهة إلى القطب السالب. ونتيجة لهذا، يتجمع الملح في حجيرات متجاورة متعاقبة؛ لأن أيونات الصوديوم تدخل من جانب وأيونات الكلوريد من الجانب الآخر. ويجري سحب الماء المالح للخارج ويبقى الماء العذب في الحجيرات البينية. ويطلق على طريقة التحلية بالتحليل الكهربائي اسم عملية الديزلة.

التحليل الكهربائي يرتكز على حقيقة أنه لدى ذوبان ملح في الماء، فإن الملح يتفكك إلى أيونات سالبة الشحنة وأيونات موجبة الشحنة. يوضح الشكل رقم (١٤ , ١) وحدة تحليل كهربائي من ثلاث حجرات وسحب الأيونات من الحجرة الوسطى.



الشكل رقم (١٤ , ١). تحلية المياه المالحة بطريقة التحليل الكهربائي (الديزلة).

التحلية بطريقة البلورة (التجميد)

بدأ خلال السبعينيات تجريب التجميد كطريقة لتحلية ماء البحر. تعتمد الفكرة الأساسية لعملية إزالة ملوحة المياه بالتجميد على الحقيقة الثابتة أن بلورات الثلج المتكونة بتجميد ماء مالح تكون خالية من الملح، وينفصل الملح ويحجز بين بلورات الثلج، مما يجعل هناك تشابها بين هذه العملية وعملية التقطير التي تنتج بخارا خاليا من الأملاح من محلول من الماء الملح. هذا التشابه يظهر فقط من ناحية خلو الناتج في كلتا العمليتين من الأملاح ولكنهما بالطبع يختلفان من الناحية العملية حيث تتم عملية التقطير عند درجة حرارة أعلى من الدرجة المحيطة بينما تتم عملية التجميد عند درجة حرارة أقل من الدرجة المحيطة. هذا الاختلاف في درجة حرارة التشغيل، في كلتا العمليتين، يؤثر على تصميم الأجهزة والمعدات الخاصة بكل عملية، إذ يراعي في تصميم عملية التقطير تقليل كمية الحرارة المفقودة من وحدة التقطير إلى الجو المحيط، بينما يراعي في تصميم عملية إزالة الملوحة بالتجميد التقليل من كمية الحرارة المكتسبة بوحدة التجميد من الجو المحيط. وأهم مميزاتها التقليل من الترسب والتآكل إذ يتم التشغيل عند درجات حرارة منخفضة نسبيا. وأهم عيوب إزالة ملوحة المياه بالتجميد هي المشاكل الهندسية الناجمة عن نقل وتنقية الثلج والتكلفة العالية مما أدى عدم الاستعمال التجاري لتجميد الماء كطريقة لتحليته.

ويتم تجميد الماء بطرق عديدة، ولكن المشكلة الرئيسة تكمن في كيفية فصل بلورات الجليد عن الملح، وتتم هذه العملية عادة بشطف وغسل الملح بماء عذب. وينصهر الجليد بعدئذ ويصبح ماء سائلاً عذبًا. وتنقسم عملية إزالة ملوحة المياه بالتجميد إلى طريقتين هما التجميد المباشر والتجميد غير المباشر.

وتعتمد دول مجلس التعاون الخليجي على تقنيتين رئيستين (التقطير الوميضي والتناضح العكسي) لتحلية المياه. ويستدل من البيانات المعطاة أن تقنية التناضح العكسي تتميز على التقطير الوميضي باعتبارها الأقل تكلفة لتحلية المياه بوجه عام؛ نظرًا لأن تكاليفها الرأسمالية وكثافة استخدامها للطاقة أقل بالمقارنة مع التقطير الوميضي. ولكن بالرغم من ذلك فإن تقنية التقطير الوميضي هي الأكثر انتشارًا في دول المجلس لأسباب فنية من أهمها أنها أكثر ملاءمة لتحلية مياه الخليج عالية الملوحة.

(١,٤,٣,٤) مستقبل تحلية الماء المالح

تتطلب كل طرق التحلية كميات كبيرة من الطاقة، وتوليد الطاقة أمراً باهظ التكلفة سواء ولّدت من طرق كهربائية أو بحرق الوقود أو من معامل قدرة نووية. وقد تساعد تحلية المياه بشكل رئيس المناطق الجافة الواقعة على

سواحل البحار في مشاكل المياه، ولكنها تعطي أملاً بسيطًا للتغلب على شُح الماء العذب في المدن التي تقع بعيدًا عن شواطئ البحار أو التي تقع فوق الجبال، حيث يمكن أن يكون جلب الماء إلى هذه المدن أكثر تكلفة من عملية تحلية الماء.

إن ارتفاع تكلفة تحلية الماء ليست ذات أهمية في الأماكن التي لا يتوافر فيها سوى ماء البحر. ولهذا تم إنشاء أكثر من مائتي معمل لتحلية الماء في العالم من أشهرها تلك الموجودة في كل من السعودية والكويت وأستراليا وكاليفورنيا وجرينلاند وبعض الأقطار في أمريكا الجنوبية.

وتنتج معامل تحلية الماء في العالم ما مجموعه أكثر من ٣,٨ بليون لتر من الماء العذب يومياً. ويفي هذا الإنتاج بجزء بسيط من احتياجات العالم للماء العذب. إن محطة تحلية مياه كبيرة، كتلك التي أقيمت في مدينة الجبيل في المملكة العربية السعودية، قد جرى تصميمها بحيث تنتج حوالي ٩٥٠ مليون لتر من الماء العذب يومياً.

وتركز كثير من الحكومات ومراكز الأبحاث الخاصة على بناء معامل تحلية مياه تستخدم القدرة النووية لتقليل التكلفة، وسيكون بمقدور هذه المعامل إنتاج قدرة كهربائية، بالإضافة إلى الماء العذب.

(١,٤,٤) مياه الصرف الصحي المعالجة

وهي تشمل المياه التي يتم الحصول عليها من مياه الصرف المنزلي والصناعي. حيث أن زيادة كميات مياه الصرف الصحي قد تتسبب في تلوث المياه الجوفية والسطحية وكذلك شواطئ البحار، ولذا تعتبر معالجة مياه الصرف الصحي مطلب ووقاية.

ويمكن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في عدة أغراض سواء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة لسد بعض الاحتياجات المائية في بعض الدول التي تعاني من شح المياه، وعادة تستعمل هذه المياه في مجالات الزراعة والصناعة وبعض الأغراض الأخرى، وهذا ضمن الوسائل المستخدمة لتخفيف الطلب على المياه الجوفية للأغراض الزراعية والصناعية. غير أنها لا يمكن أن تستخدم لأغراض الشرب. وبصفة عامة فإن نسبة إعادة استعمال المياه المعالجة من قبل القطاعات المختلفة تتمثل في عدة قطاعات زراعية حوالي ٦٠ ٪، صناعية ٣٠ ٪ وأخرى كتغذية المياه الجوفية ١٠ ٪.

وتهدف عملية تنقية مياه الصرف الصحي إلى التخلص من البكتريا والفيروسات المضرة بالإنسان وعدم السماح لهذه المياه الملوثة من التسرب إلى الأنهار أو مصادر مياه الشرب الأخرى. ويمكن تصنيف مياه الصرف الصحي إلى نوعين، وهما:

١- مياه الصرف الصحي السوداء

وتشمل عادة على فضلات الإنسان ومواد عالقة ومواد ذائبة، وتحتوي هذه المياه على البكتريا الضارة، إضافة إلى الفيروسات التي تكون مصدراً للأمراض.

٢- المياه الرمادية

وتشمل المياه الناتجة عن الاستخدامات المنزلية المختلفة مثل مياه المطابخ، والغسيل، والاستحمام، والنظافة وغيرها.

أما مياه الصرف من المناطق الصناعية والمستشفيات ومحطات التشحيم وغسيل السيارات، تحتوي على مواد كيميائية ومعدنية ودهنية وبترولية، فهي تحتاج إلى معاملة أولية (تمهيدية) قبل إدخالها إلى شبكة المجاري الرئيسة للأسباب التالية:

أ) لمنع حدوث أضرار لشبكة المجاري؛ نتيجة للتفاعلات الكيميائية.

ب) لمنع حدوث أضرار في الآلات والمعدات الكهربائية والميكانيكية المستخدمة في التشغيل؛ بسبب انبعاث الغازات من المواد الكيميائية.

جـ) لمنع قتل البكتريا النافعة في شبكة الصرف التي تساعد في عمليات التنقية.

وتشير بعض المعلومات المحدودة الخاصة بتكاليف معالجة مياه الصرف الصحي للأغراض الزراعية في بعض دول الشرق الأوسط إلى أن تكلفة المعالجة تتراوح ما بين ٦٦ هللة إلى ١,٦١ ريال للمتر المكعب.

بدء نظام معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها في المملكة بالمرسوم الملكي رقم م/٦ وتاريخ ١٣صفر ١٤٢١هـ، وبعد ذلك خصص قطاع المياه في المملكة العربية السعودية شركة المياه الوطنية بناءاً على قرار المجلس الاقتصادي الأعلى رقم (٨/ ٢٧) بتاريخ ١١ شعبان ١٤٢٧هـ القاضي بالموافقة على إعادة هيكلة قطاع المياه الجوفية، وقطاع توزيع مياه الشرب وتجميع الصرف الصحي ومعالجته التابعة لوزارة المياه والكهرباء، وهي شركة مملوكة بالكامل للدولة ممثلة في صندوق الاستثمارات العامة. ومن ثم صدر المرسوم الملكي رقم (م/ ١) وتاريخ ١٣ محرم ١٤٢٩هـ القاضي بالموافقة على الترخيص بتأسيس شركة المياه الوطنية وفقاً لنظامها الأساسي برأسمال قدره ٢٢ مليار ريال. ومن مهام شركة المياه الوطنية القيام بجميع الأعمال والتصرفات التي من شأنها المساعدة في تحقيق أغراضها مثل ما يلي: استخراج المياه الجوفية وإنتاجها وتنقيتها ومعالجتها ومعالجة مياه الصرف الصحي وتنقيتها، والإسهام في تدريب وتشغيل الكوادر البشرية الوطنية وتأهيلها، ونقل المياه إلى المشتركين وبيعها

وتوزيعها عليهم، وإنشاء شبكات المياه والصرف الصحي ومحطات المعالجة وتطويرها وتشغيلها وإدارتها وصيانتها، إعداد الخطط والدراسات اللازمة لتطوير وتنفيذ وتوفير خدمات المياه والصرف الصحي، وشراء المياه من المصادر المختلفة التي تراها مناسبة، والقيام بجميع الممارسات الهادفة إلى استثمار أصولها وزيادة إيراداتها، وشراء الأصول المادية والمعنوية وامتلاكها وتأجيرها واستئجارها، والتمثيل التجاري والوكالات التجارية ذات العلاقة بنشاط الشركة، والحق في أن تعهد إلى غيرها بالقيام بأي من التزاماتها المتعلقة بتحقيق أغراضها في تقديم خدمات قطاع المياه الجوفية وقطاع توزيع مياه الشرب وتجميع الصرف الصحي ومعالجته.

وقد أنشأت شركة المياه الوطنية منذ تأسيسها العديد من محطات معالجة مياه الصرف الصحي في مناطق عديدة بالمملكة. وقد تنشأ في المزارع وحدات معالجة خاصة صغيرة لتحسين نوعية مياه الصرف الصحي المعالجة أو مياه الآبار الملوثة لاستخدامها بعد ذلك في أغراض الري.

ويمكن تعريف محطات معالجة مياه الصرف الصحي بأنها كافة المنشآت التي تبنى في موقع معين لغاية أكسدة المواد العضوية الموجودة فيها وفصل الشوائب الصلبة عن المياه التي يمكن تصريفها بعدئذٍ دون ضرر بالصحة العامة أو إعادة استخدامها مرة أخرى بعد القضاء على مختلف الملوثات الجرثومية فيها.

(١ , ٤ , ٤ , ١) الخطوات الرئيسة المتبعة في معالجة مياه الصرف الصحي

تشمل معالجة مياه الصرف الصحي مجموعة من العمليات الطبيعية والكيميائية والبيولوجية التي تتم فيها إزالة المواد الصلبة والعضوية والكائنات الدقيقة أو تقليلها إلى درجة مقبولة، وقد يشمل ذلك إزالة بعض العناصر الغذائية ذات التركيز المرتفع في تلك المياه مثل الفوسفور والنتروجين. ولكن في الغالب يتم معالجة مياه الصرف الصحي المعالجة بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي من خلال ثلاث مراحل أساسية هي المرحلة الأولية والمرحلة الثانية والمرحلة الثالثة ويسبق هذه المراحل مرحلة يطلق عليه المرحلة التمهيدية.

١ - المرحلة التمهيدية

في هذه المرحلة التمهيدية (الابتدائية) تدخل مخلفات الصرف الصحي إلى محطة المعالجة محملة بالمواد العالقة والصلبة والأوراق وبعض الحطام الطافي على السطح، ويجب إزالة جميع هذه المواد لتفادي تحطم المضخات وآلات التشغيل ويتم هذا عن طريق مصافي معدنية وقضبان حديدية متعامدة مع اتجاه تدفق المياه العادمة، ومن ثم يتم التقاط هذه المواد بواسطة أذرع ميكانيكية متحركة. وتصل المياه العادمة لأحواض الغرض منها ترسيب المواد العالقة غير العضوية كبيرة الحجم والأتربة والرمل والتي غالباً ما تسبب أضراراً جسيمة للمضخات.

٢- المرحلة الأولية

بعد ذلك تتم عملية الترسيب في خزانات الترسيب الأولية وذلك لفصل المواد المعلقة من مياه الصرف الصحي وذلك بالاعتماد على آلية الفرق في الوزن النوعي ما بين المادة الصلبة المعلقة وبقية المادة السائلة، وهذه المرحلة تسمى بمرحلة الترسيب الأولية. في هذه المرحلة تبقى مخلفات الصرف الصحي في الخزانات لمدة ١-٢ ساعة مما يسمح بترسيب ٥٠-٧٠٪ من المواد المعلقة. وتستخدم في هذه المرحلة من المعالجة وسائل لفصل وتقطيع الأجزاء الكبيرة الموجودة في المياه لحماية أجهزة المحطة ومنع انسداد الأنابيب، وتتكون هذه الوسائل من منخل متسع الفتحات وأجهزة سحق وتحتوي هذه المرحلة أحيانا على أحواض أولية للتشبع بالأكسجين، ومن خلال هذه العملية فإنه يمكن إزالة ٥-١٠٪ من المواد العضوية القابلة للتحلل إضافة إلى ٢-٢٠ ٪ من المواد العالقة، ولا تعد هذه النسب من الإزالة كافية لغرض إعادة استعمال المياه في أي نشاط.

٣- المرحلة الثانوية

وتسمى بالمرحلة البيولوجية وفي هذه المرحلة يتم نقل السوائل من خزان الترسيب الأولي إلى حوض التهوية، والمخلفات العضوية المترسبة في قاع المصفيات إلى المفاعل الحيوي للسماح للمواد الكيماوية المضافة للتفاعل بيولوجياً مع المواد العضوية والمواد الصلبة والمياه. هذه المرحلة من المعالجة عبارة عن تحويل بيولوجي للمواد العضوية إلى كتل حيوية تزال فيما بعد عن طريق الترسيب في حوض الترسيب الثانوي، وهناك عدة أنواع من المعالجة الثانوية. بعد ذلك يتم التخلص من السائل الرائق ودفعه نحو المصافي وفي حال وجود نواتج ثانوية أخرى صلبة يتم إعادتها إلى المفاعل الحيوي.

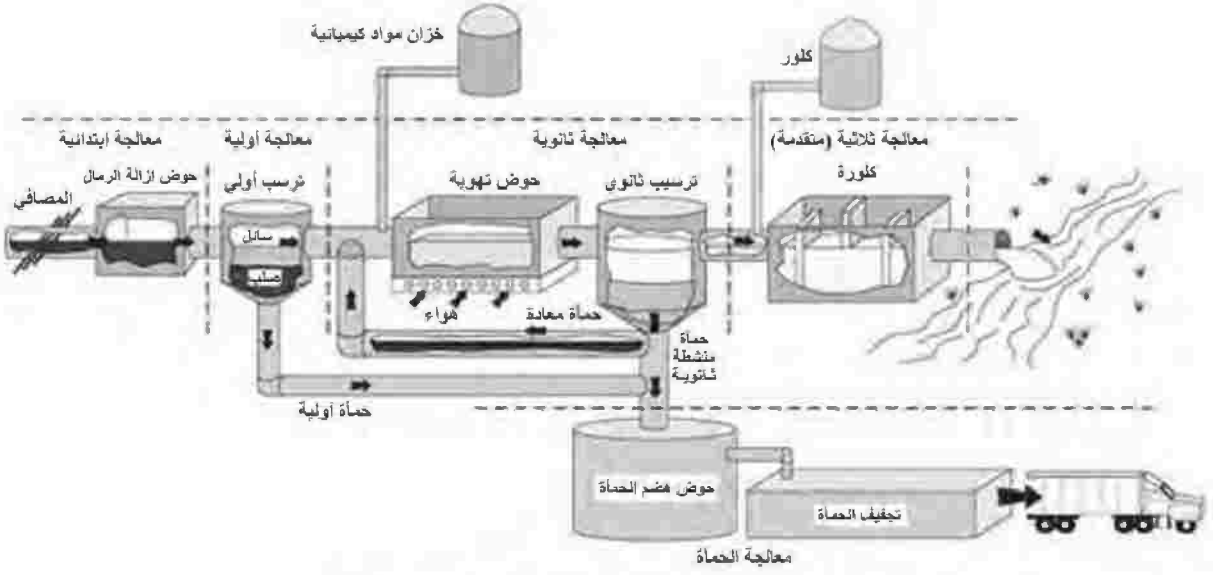
٤- المرحلة الثالثة

في هذه المرحلة يتم تصفية المياه الناتجة من المرحلة الثانية من جميع الملوثات والعناصر الممرضة وتختلف خطوات هذه المرحلة وفقاً لنوعية المياه المراد الحصول عليها وحجم الماء الواصل إلى المحطة ومصير الماء من حيث جهة استخدامه. وتسمى هذه المرحلة بالمرحلة المتقدمة ويتم تطبيق هذه المرحلة من المعالجة عندما تكون هناك حاجة إلى ماء نقي بدرجة عالية وتحتوي هذه المرحلة على عمليات مختلفة لإزالة الملوثات التي لا يمكن إزالتها بالمراحل سابقة الذكر ومن هذه الملوثات: النتروجين والفوسفور والمواد العضوية والمواد العالقة الصلبة الزائدة إضافة إلى المواد التي يصعب تحللها بسهولة والمواد السامة.

كذلك تتم في هذه المرحلة عملية التطهير أو الكلورة من خلال حقن محلول الكلور إلى حوض التطهير حيث تتراوح الجرعة ما بين ٥ –١٠ مليجرام للتر الواحد وعادة ما تكون فترة التطهير لمدة ١٥ دقيقة كحد أدنى في حالة عدم استخدامها، وفي حالات استخدام المياه في الأغراض الزراعية فإن مدة التطهير تصل إلى ١٢٠ دقيقة. وذلك لإزالة العوامل الممرضة والتخلص من الألوان غير المرغوبة وأكسدة الأيونات المعدنية. ويتم ذلك نتيجة القدرة الكبيرة للكلور على الأكسدة وبالتالي قتل ومنع نمو العوامل الممرضة والروائح وإزالة الألوان. ولكن الكلور لا يستطيع قتل الفيروسات ويسبب مشكلات بيئية نتيجة قتله لجميع أنواع الحياة المائية.

كذلك قد يستخدم في هذه المرحلة وفقاً لنوعية المياه المراد الحصول عليها بعض التقنيات المتقدمة مثل إضافة الأوزون للتخفيف من الرغوة الناتجة، وكذلك يمكن استخدام الأشعة فوق البنفسجية وهذه التقنية تقوم بالقضاء على معظم العوامل الممرضة المتبقية.

وتنقل المياه التي تمت معالجتها إلى مصادر استخدامها المختلفة، أما المواد الصلبة المترسبة الناتجة من معالجة مياه الصرف الصحي المسماة الحمأة تعالج أيضا بجمعها في حوض هضم ثم حوض لتجفيفها وإزالة أي مياه منها ثم تنقل إلى حيث يمكن استخدامها كسماد للتربة مع شروط خاصة. ويوضح الشكل رقم (١٥ , ١) مراحل معالجة مياه الصرف الصحي.



الشكل رقم (١٥ , ١). المراحل العامة لمعالجة مياه الصرف الصحي.

ومياه الصرف الصحي المعالجة هي المياه الخارجة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي بعد معالجتها طبقاً للمعايير القياسية لنوعية مياه الصرف الصحي المعالجة حسب الغرض من استخدامها. وتشمل هذه المعايير القيم القياسية لتحديد المكونات الطبيعية والكيميائية والحيوية التي يتم على أساسها تحديد نوعية هذه المياه. وضمن هذه المعايير خواص المياه الناتجة والتي تعني الصفات الطبيعية والكيميائية والحيوية لمياه الصرف الصحي (الخام والمعالجة) والحمأة. ومتطلب الأوكسجين الكيموحيوي وهو معيار قياسي لتحديد الطلب الكيميائي الحيوي على الأوكسجين. والمواد الصلبة العالقة وهو معيار قياسي للمواد العالقة بالماء والتي يمكن إزالتها عن طريق الترشيح. ويبين الجدول رقم (٢ , ١) مستويات المعالجة وهدف كل منها.

وتتم المعالجة على عدة مراحل مع مراعاة أنه ليس من الضروري أن تشمل محطة معالجة مياه الصرف الصحي على كل المراحل ولكن فقط على المراحل التي تحقق أهداف المعالجة ودرجة المعالجة المطلوبة.

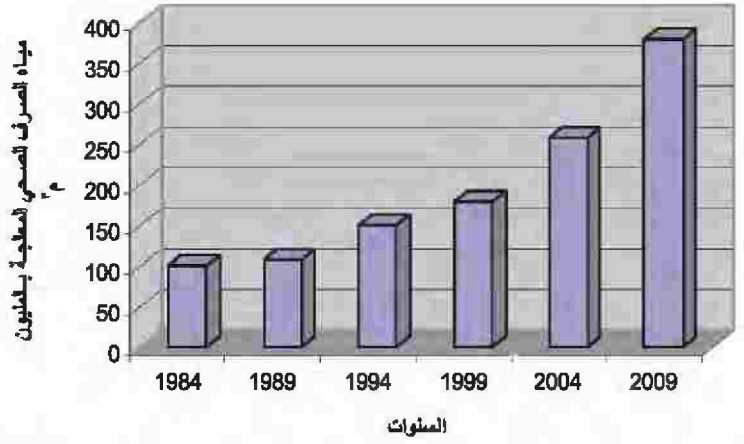
الجدول رقم (٢ , ١) مستويات معالجة مياه الصرف الصحي وهدف كل منها.

مستوى المعالجة	الهدف من المعالجة
ابتدائية (تمهيدية)	إزالة بعض المكونات من مياه الصرف الصحي مثل قطع القماش والخشب والمواد القابلة للطفو والرمال والشحوم والتي يمكن أن تسبب مشاكل في تشغيل وصيانة المحطة.
أولية	إزالة جزء من المواد الصلبة المعلقة من مياه الصرف الصحي.
ثانوية (بيولوجية)	إزالة المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي (بشكليها المنحل والمعلق) وإزالة المواد الصلبة المعلقة. كما أن التعقيم وبشكل نموذجي يكون متضمناً بالمعالجة الثانوية التقليدية.
ثلاثية (متقدمة)	إزالة المواد الصلبة المتبقية وإزالة المواد المعلقة والمنحلة التي لم تزال بالمعالجة الثانوية وعادة ما تستخدم الفلاتر الحصوية أو تستخدم المصافي المكروية كما تشمل المعالجة الثلاثية إزالة المغذيات مثل النتروجين والفوسفور، وأيضاً تتضمن التعقيم.
معالجة الحمأة	هضم وتجفيف المواد الصلبة.

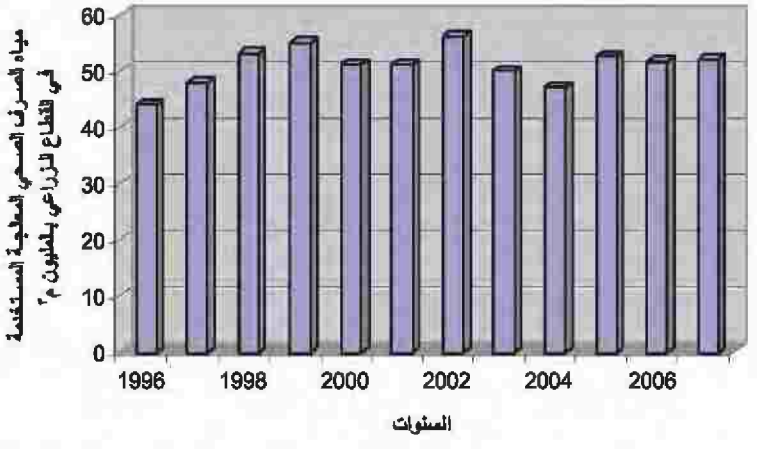
(٢ , ٤ , ٤ , ١) تطور حجم مياه الصرف الصحي في المملكة

تعد مياه الصرف الصحي المعالجة مصدراً من مصادر المياه غير التقليدية في المملكة العربية السعودية وتحتل مياه الصرف الصحي المعالجة المرتبة الرابعة من مصادر المياه إذ لم تتعد إسهاماتها أكثر من ١,٢٪ من إجمالي

الاحتياجات المائية بالمملكة. حيث وصلت كمية مياه الصرف الصحي المعالجة حوالي ١٨٠ مليون م^3 عام ١٩٩٨م، وزادت إلى نحو ٣٨٠ مليون م^3 عام ٢٠٠٩م. وقد زادت نسبة مياه الصرف المعالجة من ٣٣,٥٪ من المياه المستهلكة في الأغراض البلدية عام ٢٠٠٤م إلى ٤٠٪ في عام ٢٠٠٩م. مما أتاح زيادة حجم المياه المعالجة والمعاد استخدامها من ٢٦٠ إلى ٣٨٠ مليون م^3 (الشكل رقم ١٦ , ١). ويوضح الشكل رقم (١٧ , ١) كمية مياه الصرف الصحي المعالجة والمستخدمة في الأغراض الزراعية خلال الفترة من ١٩٩٦م إلى ٢٠٠٧م.



الشكل رقم (١٦ , ١). تطور زيادة حجم مياه الصرف الصحي المعالجة في المملكة.



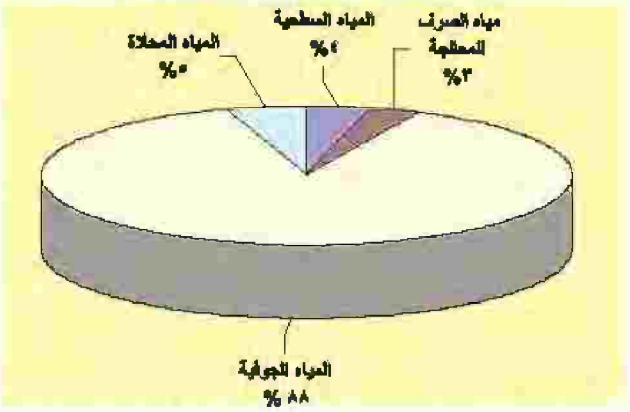
الشكل رقم (١٧ , ١). تطور حجم مياه الصرف الصحي المعالجة والمستخدمة في القطاع الزراعي.

وتشير الأبحاث إلى أن ٦٠٪ من المياه المستهلكة داخل المنازل في المدن الرئيسة تعود مرة أخرى إلى هيئة مياه صرف صحي ويتم معالجة جزء منها إلى الدرجة الثلاثية المأمونة والجزء الآخر إلى الدرجة الثنائية وبالتالي فإن هذه المياه يمكن اعتبارها مصدراً مهماً من مصادر المياه التي يعول عليها في المستقبل للأغراض الزراعية والصناعية وغيرها لتخفيف السحب من المياه الجوفية، وتشير الدراسات إلى وجود كميات كبيرة من مياه الصرف الصحي المعالجة تقدر بنحو ١,٣ مليون م^3 يومياً يتم معالجة ثلثها إلى الدرجة الثلاثية ويستخدم لأغراض الري وتقوم الجهات ذات العلاقة برفع درجة معالجة هذه النوعية من المياه إلى الدرجة الثلاثية وفق برنامج زمني محدد وذلك لتعظيم الفائدة من هذه المياه باعتبارها مصدراً جديداً يتوفر بالمناطق المزدحمة بالسكان. ونظراً لمحدودية مصادر المياه فيجب الاستفادة من مياه الصرف الصحي المعالجة للأغراض المناسبة ويلزم تذليل كافة العوائق التي تحول دون ذلك.

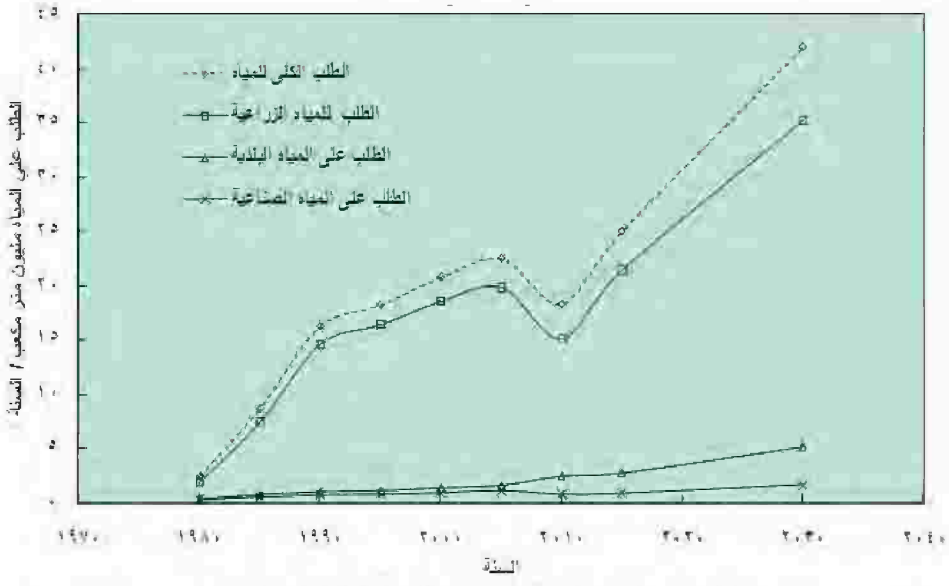
(١,٥) استخدامات المياه في القطاعات المختلفة

وبترتيب الموارد المائية الأربعة السابقة المستخدمة في المملكة، وفقاً لكميتها وأهميتها النسبية في العرض الكلي من المياه بالمملكة نجد أن معدل الاستهلاك الكلي للمياه نحو ٢٤ مليار م^3 سنوياً، يستحوذ القطاع الزراعي على ٨٨٪ منها أو ما يعادل ٢١ مليار م^3 سنوياً، يليه القطاع المدني الذي يستحوذ على ٩٪ من الاستهلاك الكلي أو ما يعادل ٢,٤ مليار م^3 سنوياً، ثم القطاع الصناعي الذي يستحوذ على ٣٪ من الاستهلاك الكلي أو ما يعادل ٠,٧ مليار م^3 سنوياً. وتوفر المياه الجوفية نحو ٨٨٪ من المياه المستهلكة أو ما يعادل ٢١ مليار م^3 سنوياً، يليها المياه المحلاة التي توفر نحو ٥٪ من مجمل المياه المستهلكة أو ما يعادل ١,٢ مليار م^3 سنوياً، ثم المياه السطحية التي توفر نحو ٤٪ من مجمل المياه المستهلكة أو ما يعادل ١,١ مليار م^3 سنوياً، أما مياه الصرف الزراعي والصحي المعالجة فلا تشكل سوى ٣٪ من الاستهلاك الكلي أو ما يعادل ٠,٧ مليار م^3. ويوضح الشكل رقم (١,١٨) نسب الموارد المائية في المملكة.

تؤمن المياه للقطاعات المختلفة من المصادر التقليدية وغير التقليدية بنسب متفاوتة حيث تؤمن المياه للأغراض البلدية من مياه البحر المحلاة والمياه الجوفية بينما تؤمن المياه للأغراض الزراعية بشكل مباشر من المياه الجوفية وقليل من المياه السطحية وجزء بسيط من مياه الصرف المعالجة. أما المياه للأغراض الصناعية فيتم تأمينها بشكل رئيس من المياه الجوفية. ويوضح الشكل رقم (١,١٩) نمو استهلاك المياه للقطاعات المختلفة في الفترة من ١٩٨٠م إلى ٢٠١٠م وكذلك متضمنا التوقعات المستقبلية حتى عام ٢٠٣٠م. حيث ازداد الطلب الكلي للمياه في عام ١٩٨٠م من ٢,٣٦١ مليار م^3 إلى ١٨,٢٦٠ مليار م^3 في عام ٢٠١٠م ومن المتوقع أن يصل حجم الطلب الكلي للمياه إلى ٤٢ مليار م^3 في عام ٢٠٣٠م.



الشكل رقم (١٨ , ١). كمية مياه الصرف الصحي المعالجة والمستخدمة في القطاع الزراعي.



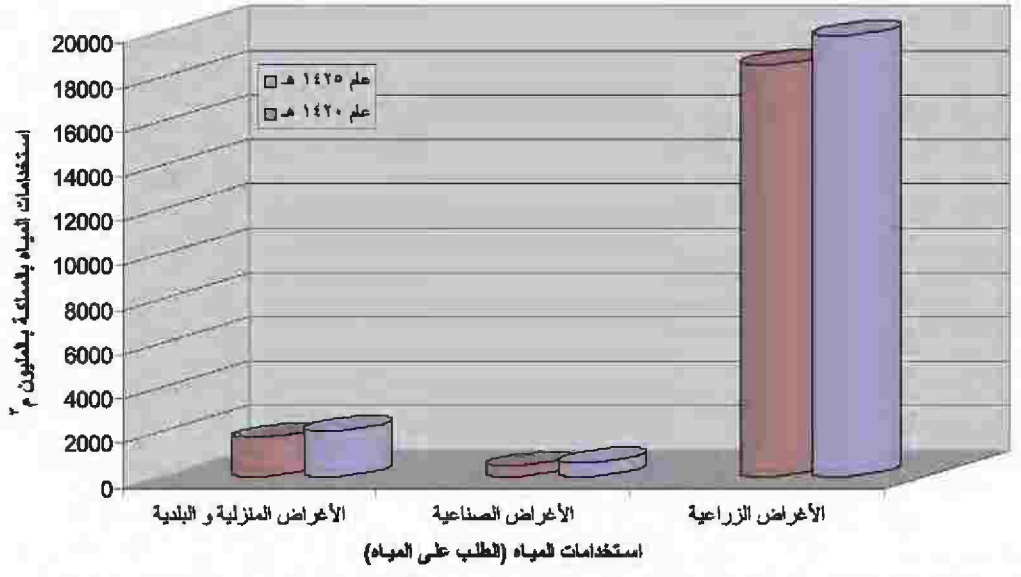
الشكل رقم (١٩ , ١). الطلب على المياه في القطاعات المختلفة.

ويوضح الجدول رقم (١ , ٣) الميزان الوطني للمياه في المملكة حسب تقديرات عام ١٤١٩/ ١٤٢٠هـ (١٩٩٩/ ٢٠٠٠م) وعام ١٤٢٤/ ١٤٢٥هـ (٢٠٠٤/ ٢٠٠٥م) ويتضح من هذا الميزان أن هناك زيادة طفيفة في الطلب على المياه للأغراض الزراعية وأن الضخ من المياه الجوفية غير القابلة للتجديد قد زاد أيضاً بشكل أكبر والسبب في هذه الزيادة لنمو استهلاك القطاعات الأخرى (غير الزراعية) من المياه الجوفية خلال هذه الفترة. ويوضح الشكل رقم (١ , ٢٠) مقارنة بين استخدامات المياه عامي ١٤٢٠هـ (٢٠٠٠م) و١٤٢٥هـ (٢٠٠٥م)، بينما يوضح الشكل رقم (١ , ٢١) الموارد المائية المتاحة ومصادرها خلال نفس الفترة.

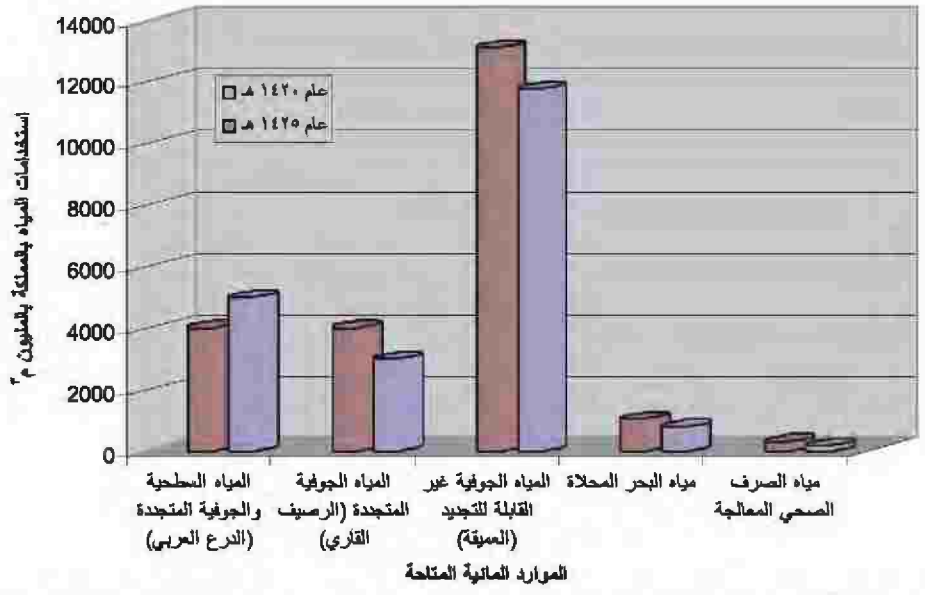
الجدول رقم (٣ , ١). ميزان المياه الوطني في المملكة (مليون م٣/ سنوياً).

البيان	تقديرات عام ١٤١٩- ١٤٢٠هـ	تقديرات عام ١٤٢٤- ١٤٢٥هـ
الطلب على المياه:		
الأغراض المنزلية و البلدية	١٧٥٠	٢٠٣٠
الأغراض الصناعية	٤٥٠	٦٠٠
الأغراض الزراعية	١٨٥٤٠	١٩٨٥٠
إجمالي الطلب	٢٠٧٤٠	٢٢٤٨٠
الموارد المائية المتاحة:		
المياه السطحية والجوفية المتجددة (منطقة الدرع العربي)	٥٠٠٠	٤٠٠٠
المياه الجوفية المتجددة (الرصيف القاري)	٣٠٠٠	٤٠٠٠
المياه الجوفية غير القابلة للتجديد (العميقة)	١١٧٦٩	١٣١٢٠
مياه البحر المحلاة	٧٩١	١٠٥٠
مياه الصرف الصحي المعالجة	١٨٠	٣١٠
إجمالي الموارد المتاحة	٢٠٧٤٠	٢٢٤٨٠

المصدر: وزارة الاقتصاد والتخطيط، خطة التنمية الثامنة (١٤٢٥هـ-١٤٣٠هـ).



الشكل رقم (٢٠ , ١). استخدامات المياه في المملكة حسب مصادرها خلال الفترة من ١٤٢٠ إلى ١٤٢٥هـ.

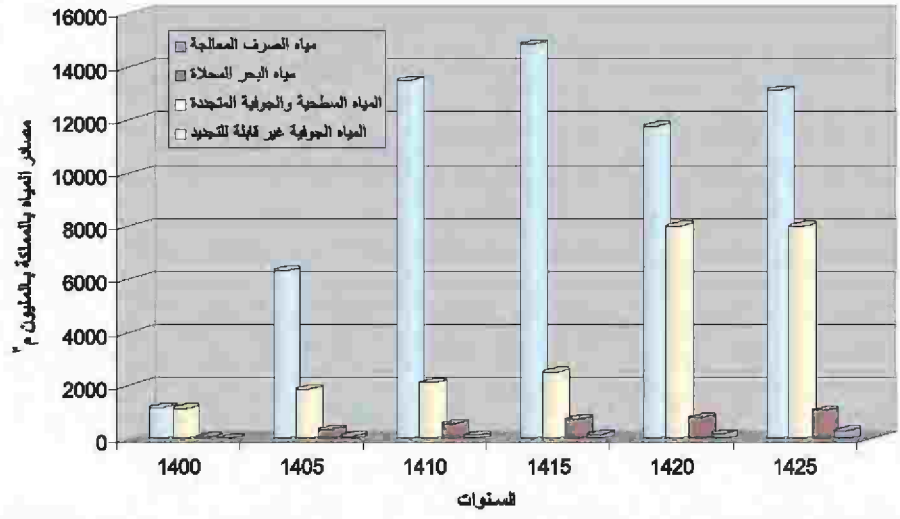


الشكل رقم (٢١ , ١). الموارد المياه المتاحة في المملكة حسب مصادرها خلال الفترة من ١٤٢٠ إلى ١٤٢٥هـ.

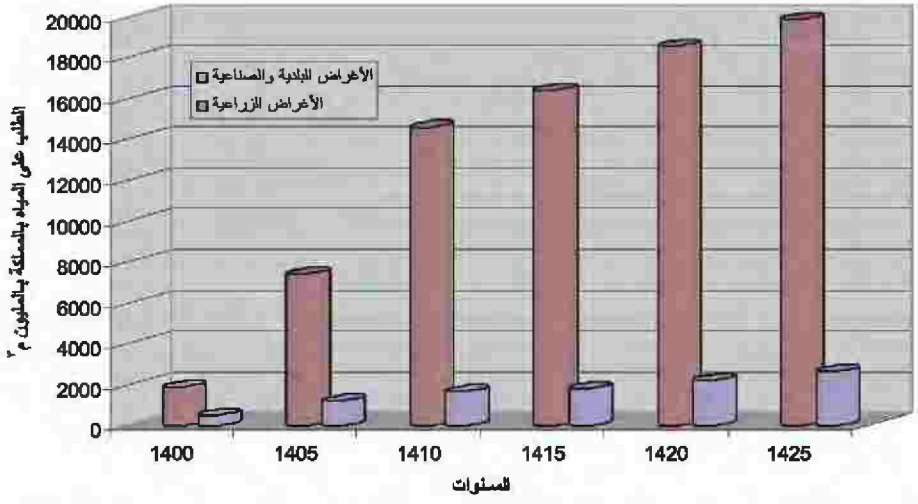
ويوضح الجدول رقم (٤ , ١) ميزان المياه الوطني في المملكة خلال ٢٥ عام من ١٤٠٠هـ (١٩٨٠م) إلى ١٤٢٥هـ (٢٠٠٥م)، ويوضح الشكل رقم (٢٢ , ١) توزيع مصادر المياه خلال هذه الفترة، بينما يوضح الشكل رقم (٢٣ , ١) استخدامات المياه (الطلب على المياه) خلال نفس الفترة.

الجدول رقم (٤ , ١). ميزان المياه الوطني في المملكة خلال ٢٥ عام (مليون م٣/ سنوياً).

البيان	العام					
	١٤٠٠	١٤٠٥	١٤١٠	١٤١٥	١٤٢٠	١٤٢٥
الطلب على المياه:						
الأغراض البلدية والصناعية	٥٠٢	١٢٠٠	١٦٥٠	١٨٠٠	٢٢٠٠	٢٦٣٠
الأغراض الزراعية	١٨٥٩	٧٤٠٠	١٤٥٨٠	١٦٤٠٠	١٨٥٤٠	١٩٨٥٠
إجمالي الطلب	٢٣٦١	٨٦٠٠	١٦٢٣٠	١٨٢٠٠	٢٠٧٤٠	٢٢٤٨٠
الموارد المائية المتاحة:						
المياه السطحية والجوفية المتجددة	١١٤٠	١٨٥٠	٢١٠٠	٢٥٠٠	٨٠٠٠	٨٠٠٠
المياه الجوفية الغير متجددة	١١٧١	٦٣٢٠	١٣٤٨٠	١٤٨٣٦	١١٧٦٩	١٣١٢٠
مياه البحر المحلاة	٥٠	٣٣٠	٥٤٠	٧١٤	٧٩١	١٠٥٠
مياه الصرف الصحي المعالجة	-	١٠٠	١١٠	١٥٠	١٨٠	٣١٠
إجمالي الموارد المتاحة	٢٣٦١	٨٥٠٠	١٦١٢٠	١٨٠٥٠	٢٠٥٦٠	٢٢١٧٠



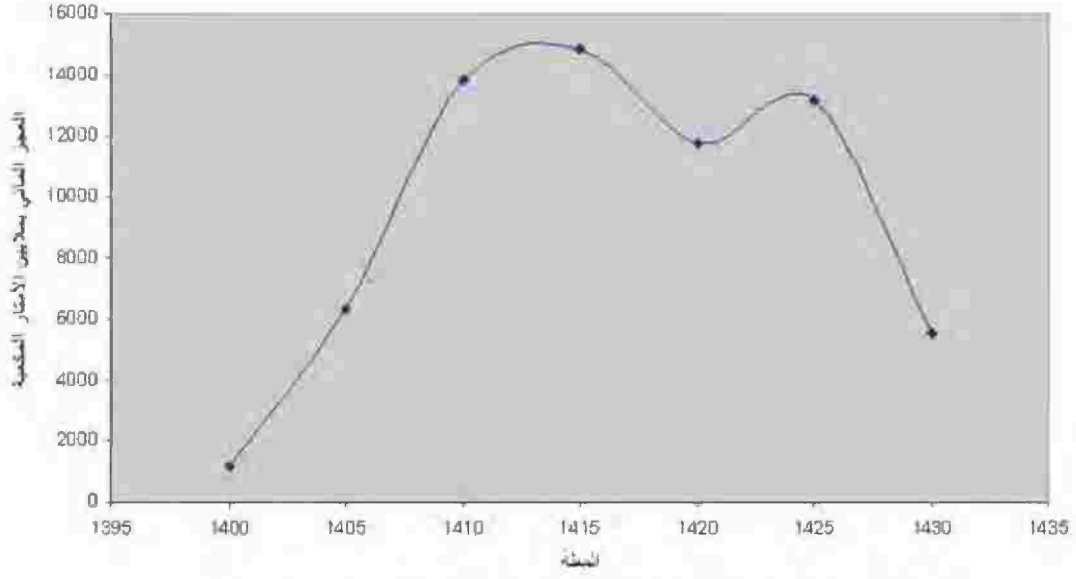
الشكل رقم (٢٢ , ١). مصادر المياه في المملكة حسب مصادرها خلال الفترة من ١٤٠٠ إلى ١٤٢٥هـ.



الشكل رقم (٢٣ , ١). الطلب على المياه في المملكة حسب مصادرها خلال الفترة من ١٤٠٠ إلى ١٤٢٥هـ.

تتم تلبية طلب القطاعات المختلفة للمياه إما من الموارد التقليدية (السطحية والجوفية) أو الأخرى غير التقليدية (المياه المحلاة والمعالجة) حسب نوعية غرض الاستخدام. ويستخدم القطاع الزراعي بشكل رئيس المياه الجوفية غير المتجددة، كما تغطى بعض احتياجاته بالمياه السطحية والمتجددة والمعالجة، وتوفر مياه الاستخدام المنزلي من موارد المياه المحلاة أو الجوفية ويزود القطاع الصناعي من موارد المياه الجوفية غير المتجددة.

إن الميزان المائي يعني ضرورات تساوي الموارد المائية الكلية مع الاستخدامات الإجمالية للمياه، ويطلق العجز المائي أو الفجوة المائية على الفرق بين المياه المطلوبة والمياه المتوفرة باستدامة. وتتم تغطية هذه الفجوة بين الطلب على المياه من جهة، والعرض من المياه المتجددة وغير التقليدية من جهة أخرى، من موارد المياه الجوفية غير المتجددة. ومن ثم تعد هذه الفجوة بمثابة معدل استنزاف احتياطيات المياه الجوفية غير المتجددة. ويوضح الشكل رقم (٢٤ , ١) العجز المائي أو الفجوة المائية خلال الفترة من ١٤٠٠-١٤٢٥هـ (١٩٨٠-٢٠٠٥م).



الشكل رقم (٢٤ , ١). العجز المائي بالمملكة خلال الفترة من ١٤٠٠-١٤٣٠هـ.

ويلاحظ أن الفجوة المائية كانت في تصاعد مستمر وبمعدلات عالية حتى بلغت أعلى مستوى ١٤٨٣٦ مليون م^3 في عام ١٤١٥هـ (١٩٩٥م)، ومن ثم بدأت في التناقص ولكن بمعدلات منخفضة. وزادت مرة أخرى عام ١٤٢٥هـ (٢٠٠٥م) ثم عاودت في التناقص بمعدل كبير حيث بلغت الفجوة بين المطلوب والمتوفر في عام ١٤٣٠هـ (٢٠٠٩م) ٥٥٥٠ مليون م^3.

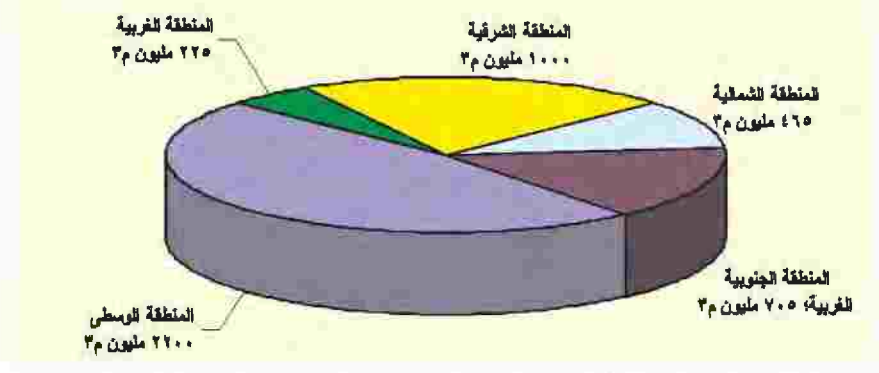
تختلف الموارد المائية المتاحة من المياه الجوفية من منطقة إلى أخرى حسب الطبقات الجوفية بها، والجدول رقم (٥ , ١) يقسم المملكة إلى خمسة مناطق ويوضح كمية الموارد المائية الجوفية المتجددة وغير المتجددة السنوية بالمليون متر مكعب بتلك المناطق خلال الفترة من ١٤٠٠هـ-١٤٠٥هـ (١٩٨٠-١٩٨٥م). ويوضح الشكل رقم

(١,٢٥) إجمالي الموارد المائية الجوفية في مناطق المملكة. ونلاحظ من الجدول رقم (١,٥) أن المنطقتين الغربية والجنوبية الغربية تعتمد فقط على المياه الجوفية المتجددة بينما المنطقة الشرقية تعتمد فقط على المياه الجوفية غير المتجددة، بينما المنطقتين الوسطى والشمالية تعتمد على كلا النوعين من المياه الجوفية المتجددة وغير المتجددة مع اختلاف نسب كل منهم، فنسبة المياه الجوفية المتجددة المسحوبة من المنطقة الوسطى حوالي ٩٪ من المياه الجوفية غير المتجددة، بينما بلغت هذه النسبة ٣٪ في المنطقة الشمالية، ويوضح الشكل رقم (١,٢٦) هذه النسب بالإضافة إلى النسبة في إجمالي المملكة.

الجدول رقم (١,٥). الموارد المائية الجوفية المتجددة وغير المتجددة السنوية بالمليون م^3 سنوياً في مناطق المملكة خلال الفترة ١٤٠٠ - ١٤٠٥هـ.

المنطقة	المياه الجوفية غير المتجددة	المياه الجوفية المتجددة	الإجمالي
الوسطى	٢٠٠٠	٢٠٠	٢٢٠٠
الغربية	--	٢٢٥	٢٢٥
الشرقية	١٠٠٠	--	١٠٠٠
الشمالية	٤٥٠	١٥	٤٦٥
الجنوبية الغربية	--	٧٠٥	٧٠٥
إجمالي المملكة	٣٤٥٠	١١٤٥	٤٥٩٥

المصدر: وزارة التخطيط، خطة التنمية الثالثة ١٤٠٠-١٤٠٥هـ.

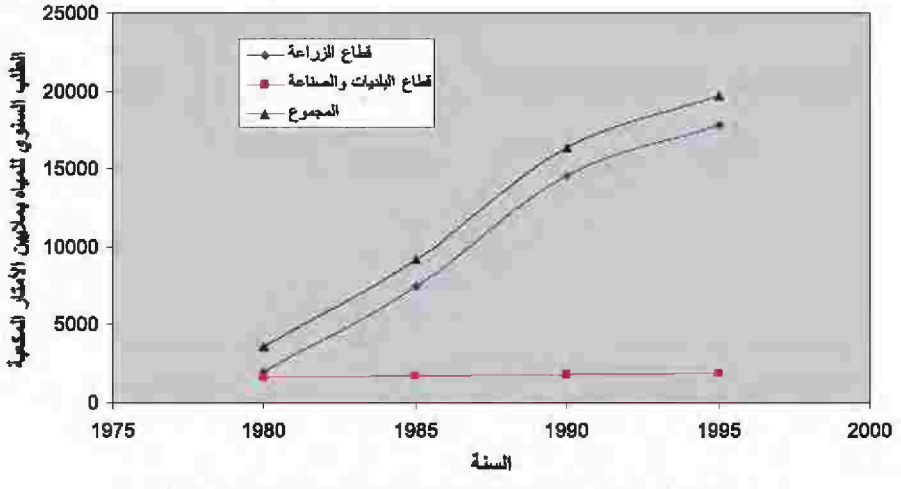


الشكل رقم (١,٢٥) إجمالي الموارد المائية الجوفية في مناطق المملكة خلال الفترة ١٤٠٠ - ١٤٠٥هـ.

الشكل رقم (١.٢٦) نسب الموارد المائية الجوفية في مناطق المملكة خلال الفترة ١٤٠٠ - ١٤٠٥هـ.

ويوضح الشكل رقم (٢٧ , ١) الزيادة في الطلب على المياه في الفترة من ١٩٨٠-١٩٩٥م. وقد زاد الطلب على المياه المستخدمة في القطاع الزراعي بمعدلات كبيرة منذ عام ١٩٨٠م حيث قدّر الاستهلاك في ذلك العام بـحوالي ٢٠٠٠ مليون م٣. وفي عام ١٩٨٥م ارتفع الاستهلاك إلى ٧٤٣٠ مليون م٣. وقد بلغ متوسط معدل نمو استهلاك المياه ٦٠٪ سنوياً، أي تضاعف أربعة مرات بالنسبة لتوقعات خطة التنمية الثالثة (وزارة التخطيط، ١٩٨٥م). وفي عام ١٩٩٠م وصل الطلب على المياه إلى ١٤٥٨٠ مليون م٣ في السنة، وفي عام ١٩٩٥م قدر بنحو ١٧٨١٤ مليون م٣.

وقد زاد كذلك الطلب على مياه البلديات خلال نفس هذه الفترة بسبب الزيادة في عدد السكان وارتفاع مستوى المعيشة والنمو الهائل للمراكز الحضرية. وفي عام ١٩٩٥م قدرت إمدادات مياه البلديات بحوالي ١٣٥٦ مليون م٣، كما قدرت طلبات القطاع الصناعي والجهات الأخرى في نفس العام بـ ٥٥٠ مليون م٣.



الشكل رقم (٢٧ , ١). الطلب على المياه من قبل القطاعات المختلفة.

(٦ , ١) خصائص الوضع المائي في المملكة

شهدت المملكة العربية السعودية تغييرات هائلة في المجالات الاجتماعية والاقتصادية خلال العقود القليلة الماضية. فقد مكنت إيرادات النفط الحكومة من تطوير كافة قطاعات الاقتصاد. وكان من بين القطاعات الرئيسة التي شملها النمو الهائل القطاع الزراعي. وقد نما هذا القطاع بسرعة خلال هذه الفترة الأمر الذي نتج عنه سحب كميات ضخمة من مخزون المياه الجوفية. بالإضافة لذلك فإن نمو المدن والزيادة في عدد السكان وارتفاع مستوى المعيشة كل هذا تسبب في مضاعفة الطلب على المياه عدة مرات.

وقد أدى الضغط على موارد المياه إلى ضرورة تطوير الموارد المائية التقليدية (السطحية والجوفية) والأخرى غير التقليدية (تحلية المياه ومعالجة مياه الصرف الصحي). وقد تم إنشاء أكثر من مائتي سد مياه للأغراض المختلفة للاستفادة من المياه السطحية المتوفرة في بعض مناطق المملكة. كما تمت دراسة الطبقات الصخرية المائية واستخدمت مياهها في أغراض مختلفة. وفيما يتعلق بتحلية المياه أنشئت عدة محطات على البحر الأحمر والخليج العربي وأصبحت المملكة العربية السعودية أكبر منتج في العالم للمياه المحلاة. وتوفر مشروعات تحلية المياه مياه الشرب للمراكز الحضرية الساحلية وللعديد من مدن المملكة بما في ذلك العاصمة الرياض. وتم أيضاً إنشاء العديد من محطات معالجة مياه الصرف الصحي في الكثير من المدن رغم أن الاستفادة من هذه المياه لا يزال محدوداً. وعلى الرغم من الجهود الكبيرة التي تبذلها الحكومة لتطوير إمدادات المياه، فإن استهلاك المياه في المملكة قد وصل إلى معدلات تنذر بالخطر.

ورغم تصنيف موارد المياه في المملكة العربية السعودية إلى المياه السطحية، والجوفية، والمحلاة، والمعالجة، فإن المصدر الرئيس والأهم فيها هو المياه الجوفية وهي تنبع من نوعين من الطبقات واحدة متجددة والأخرى غير متجددة. والطبقات المتجددة هي التي تغذى بإمدادات مياه متجددة من خلال تسرب مياه الأمطار والمياه الأخرى الجارية على السطح. أما الطبقات غير المتجددة تحتوي على مخزون مياه تكوّن منذ آلاف السنين عندما حوصرت المياه في الصخور الترسبية مثل الجيرية والحجرية والرملية، وهذه الطبقات لا تستقبل مياه الأمطار أو أي مياه متجددة ولذلك فالمياه بها غير متجددة ومستنزفة وبالتالي يقل مخزون المياه بها بزيادة السحب منها حتى تنضب، ويتراوح عمق هذه الخزانات ما بين ١٠٠ إلى ٥٠٠ م وقد يزيد على الألف في بعض المناطق. وتستخدم موارد المياه الجوفية المتجددة لأغراض الزراعة في الحقول الصغيرة الواقعة بجوار الأودية في العديد من مناطق المملكة، وقد استعملت المياه غير المتجددة بمعدلات كبيرة منذ الثمانينيات لتوفير مياه الري للمناطق الشاسعة التي تمت زراعتها خارج نطاق الواحات الزراعية.

ونظراً لزيادة الطلب على المياه بصورة مستمرة لمواكبة متطلبات التطور السريع الذي تشهده كافة قطاعات التنمية أصبحت الخزانات الجوفية بالأحواض المائية تشكو عجزاً في الميزان المائي وتدهوراً في نوعية المياه. ويجب الاهتمام بوجود خطة وطنية للمياه حيث أن الحاجة أصبحت ماسة وملحة الآن بعد ظهور شواهد عن وصول المعدل الكلي لاستهلاك المياه إلى مستويات حرجة. لذلك لابد من إلقاء المزيد من الضوء على الوضع المائي الراهن في المملكة العربية السعودية ودراسة التوازن بين الكميات المتاحة للاستهلاك والكميات المطلوبة في ظل وجود تباين كبير بين الدراسات في تقدير كميات المخزون المائي الجوفي والمياه المستهلكة. ويمكن تلخيص أهم خصائص الوضع المائي في المملكة في الآتي:

١- محدودية الموارد المائية.

٢- تزايد الطلب على المياه.

٣- ارتفاع تكاليف إنتاج وتوزيع المياه.

٤- انخفاض كفاءة استخدام المياه في القطاع الزراعي.

٥- الهدر والفاقد في مياه الشرب.

٦- التذبذب في الهطول المطري.

٧- انخفاض في المخزون الجوفي.

٨- تدني نوعية المياه وإنتاجية الأراضي.

٩- ضعف مؤسسات الإدارة المائية.

١٠- ضعف القدرات البشرية والفنية للعاملين بمؤسسات المياه.

(١,٧) الطلب المتوقع على المياه في المستقبل

يزداد عدد السكان في المملكة بدالة أسية، وهذا يؤدي إلى زيادة الطلب على المياه في المستقبل، فمثلاً في عام ٢٠٢٥م يتوقع أن يصل عدد السكان بالمملكة إلى ٤٣ مليون نسمة ويحتاج هذا العدد إلى مياه تقدر بحوالي ٩,٩ مليار م^3 سنويًا، يستهلك منها للشرب حوالي ١٣,٥ مليار م^3. بينما الموارد المائية المتاحة تقدر بحوالي ٨,٢٥ مليار م^3. وبالتالي هناك طلب متزايد على المياه في المملكة من جميع القطاعات المختلفة وهناك نقص مؤكد سيواجه هذه البلاد في سد حاجتها من المياه. وتجاه هذا النقص لابد من اتخاذ خطوات فاعلة من قبل الدولة والمواطن نحو ترشيد استعمالات المياه في جميع القطاعات المختلفة، وكذلك إيجاد إستراتيجية واضحة في المحافظة على الموارد المائية

المتاحة وترشيد استخدامها. وهذا يتطلب وجود إستراتيجية بحثية ومعلوماتية واضحة متضمنة تحديد أولويات البحوث وآليات العمل والتعاون والتنسيق بين الجهات المسئولة عن المياه.

وعلى الرغم من الجهود التي تبذلها حكومة المملكة العربية السعودية لتطوير إمدادات المياه، فإن استهلاك المياه قد وصل إلى مستويات تنذر بالخطر. فقد ازداد الطلب على المياه من قبل كافة القطاعات عدة مرات خلال العقود القليلة الأخيرة بسبب توسع القطاع الزراعي والزيادة في النمو السكاني وارتفاع مستويات المعيشة.

وتعتبر إدارة المياه جزءاً مهماً في أي خطة تنمية خاصة وأن شح المياه في المملكة يحتم إدارة المياه بطريقة صحيحة. ويجب تطوير السبل الكفيلة بتوفير إدارة مستدامة لإدارة الموارد المائية في المملكة، مثل مراجعة التغييرات في الإمدادات والطلب خلال العقدين الأخيرين.

وقد وضعت التقديرات للإمدادات المائية والطلب على المياه المستقبلية (لكافة القطاعات) حتى عام ٢٠٢٥م في دراسة قدمت إلى منتدى الرياض الاقتصادي عام ٢٠٠٩م عن الأمن المائي والغذائي والتنمية المستدامة في المملكة وتم ذلك من خلال استخدام سيناريوهات وفرضيات مختلفة. وتم تقدير الطلب المتوقع على المياه في المستقبل بوضع ثلاثة بدائل وتقدير الطلب مع كل بديل من البدائل. وأخذت البدائل الثلاثة في الاعتبار تعداد السكان عام ١٩٩٢م ومعدل النمو السكاني الذي افترض أن يكون بمعدل ٣,٧٨٪ سنوياً كما ورد في تقديرات مصلحة الإحصاءات العامة. كما أن طلب القطاع الصناعي على المياه قد افترض أن يبقى بنفس المعدل في هذه البدائل. ويرجع ذلك إلى أن معدلات النمو لهذا القطاع قد ظلت ثابتة في الخطط الحكومية. وللإيفاء بالطلب على المياه في المستقبل، تم افتراض الآتي مع البدائل الثلاثة:

١- تغطي الطلب على مياه القطاع الزراعي جميع كميات المياه السطحية والجوفية المتجددة و٩٠٪ من مياه الصرف الصحي المعالجة. وتغطي المتبقي من الطلب المياه الجوفية غير المتجددة.

٢- توفر إمدادات مياه البلديات من المياه المحلاة والآبار ذات الطبقة المائية العميقة.

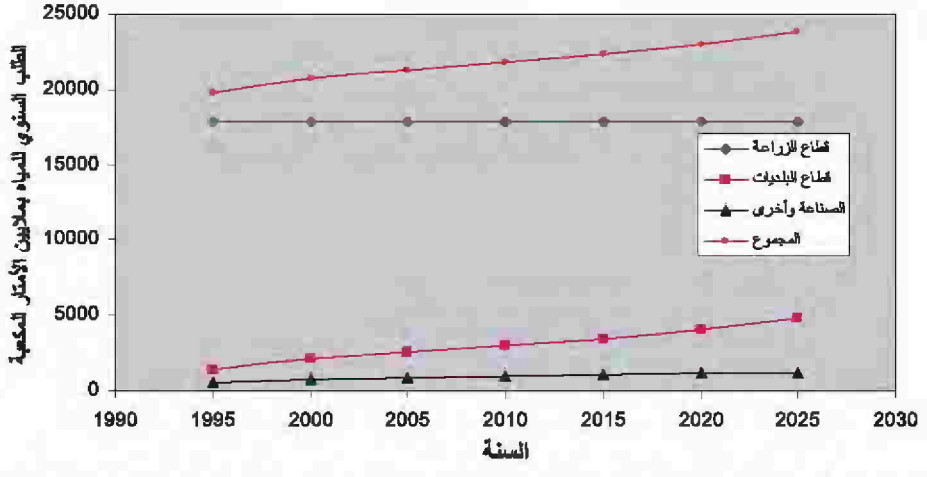
٣- تأتي مياه الصناعات والاستخدامات الأخرى بنسبة ١٠٪ من المياه المعالجة وباقي الاحتياجات من المياه الجوفية العميقة.

البديل الأول (١) يفترض أن الطلب على مياه القطاع الزراعي سيظل ثابت كما هو طوال فترة التوقع بالاستهلاك على مستوى الطلب عام ١٩٩٥م الذي قدر بحوالي ١٧٨١٤ مليون متر مكعب. وهذا غير واقعي لأن الحكومة وبعد أن أدركت خطورة استنزاف المياه الجوفية، أصدرت إجراءات للتقليل من الضخ الزائد لهذا المورد، كذلك افترض البديل (١) أن الطلب لمياه البلديات سيكون بمعدل ٣٠٠ لتراً للشخص الواحد في اليوم وهذا

استهلاك عالي، فمتوسط الطلب بلغ عام ١٩٩٥م حوالي ٢٢٦ لتراً للشخص في اليوم على الرغم من الكميات المهدرة في الكثير من مناطق الحضر. وإذا ما اتبع البديل (١) كخطة، رغم عدم احتمال ذلك، فإن مخزون المياه الجوفية العميقة سينفد في حوالي عقدين. ويوضح الجدول رقم (٦ , ١)، والشكل رقم (٢٨ , ١) تقديرات الطلب على المياه خلال الفترة من ١٩٩٥-٢٠٢٥م لكافة القطاعات باستعمال البديل (١) الذي يفترض ثبات طلب المياه.

الجدول رقم (٦ , ١). الكميات المقدرة للطلب على المياه باستخدام البديل (١) ثبات الطلب على مياه القطاع الزراعي طول فترة التوقع. بالمليون م^3.

السنة	قطاع الزراعة	قطاع البلديات	الصناعة وأخرى	المجموع
١٩٩٥	١٧٨١٤	١٣٥٦	٥٥٠	١٩٧٢٠
٢٠٠٠	١٧٨١٤	٢١٨٦	٧١٥	٢٠٧١٥
٢٠٠٥	١٧٨١٤	٢٥٣١	٨٨٠	٢١٢٢٥
٢٠١٠	١٧٨١٤	٢٩٤٧	٩٩٠	٢١٧٥١
٢٠١٥	١٧٨١٤	٣٤٤٨	١١٠٠	٢٢٣٦٢
٢٠٢٠	١٧٨١٤	٤٠٥٠	١١٥٥	٢٣٠١٩
٢٠٢٥	١٧٨١٤	٤٧٧٦	١٢١٠	٢٣٨٠٠



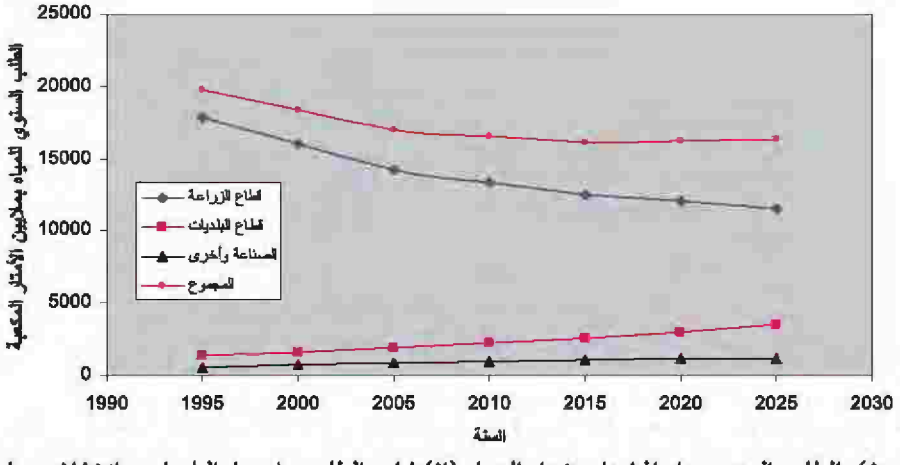
الشكل رقم (٢٨ , ١). الطلب السنوي على المياه باستخدام البديل (١) ثبات الطلب على مياه القطاع الزراعي طول فترة التوقع. بالمليون م^3.

والبديل الثاني (٢) يفترض أن الطلب على مياه البلديات سيكون كما هو عليه في الوقت الحالي، وستنخفض كمية مياه القطاع الزراعي عام ٢٠٢٥م بحوالي ٧٠٪ من مستواها عام ١٩٩٥م. هذا البديل سينجم عنه أيضاً استنزاف

المياه الجوفية العميقة في وقت متأخر من البديل (١)، وربما بعد عقد. وتوضح نتائج البديل (٢) في الجدول رقم (٧ , ١)، والشكل رقم (٢٩ , ١)، افتراض تناقص الطلب على مياه القطاع الزراعي بحيث يتناقص بمعدل ٢٠٪ خلال الفترة (١٩٩٥-٢٠٠٥م)، و١٠٪ خلال الفترة (٢٠٠٥-٢٠١٥م)، و٥٪ خلال الفترة (٢٠١٥-٢٠٢٥م). وتم حساب طلب البلديات للمياه على أساس ٢٠٠ لتراً للشخص الواحد في اليوم. وللحصول على هذه النتائج يفترض أن يتناقص طلب القطاع الزراعي بمعدل ٤٠٪ خلال الفترة (١٩٩٥-٢٠٠٥م)، و٢٠٪ خلال الفترة (٢٠٠٥-٢٠١٥م)، و١٠٪ خلال الفترة (٢٠١٥-٢٠٢٥م). وتم حساب الطلب المنزلي للمياه على أساس ١٥٠ لتراً للشخص الواحد في اليوم.

الجدول رقم (٧ , ١). الكميات المقدرة للطلب على المياه باستخدام البديل (٢) ثبات الطلب على مياه البلديات وانخفاض مياه القطاع الزراعي. بالمليون م٣.

السنة	قطاع الزراعة	قطاع البلديات	الصناعة وأخرى	المجموع
١٩٩٥	١٧٨١٤	١٣٥٦	٥٥٠	١٩٧٢٠
٢٠٠٠	١٦٠٣٣	١٦٣٩	٧١٥	١٨٣٨٧
٢٠٠٥	١٤٢٥١	١٨٩٨	٨٨٠	١٧٠٢٩
٢٠١٠	١٣٣٦١	٢٢١٠	٩٩٠	١٦٥٦١
٢٠١٥	١٢٤٧٠	٢٥٨٦	١١٠٠	١٦١٥٦
٢٠٢٠	١٢٠٢٤	٣٠٣٨	١١٥٥	١٦٢١٧
٢٠٢٥	١١٥٧٩	٣٤٨٢	١٢١٠	١٦٣٧١

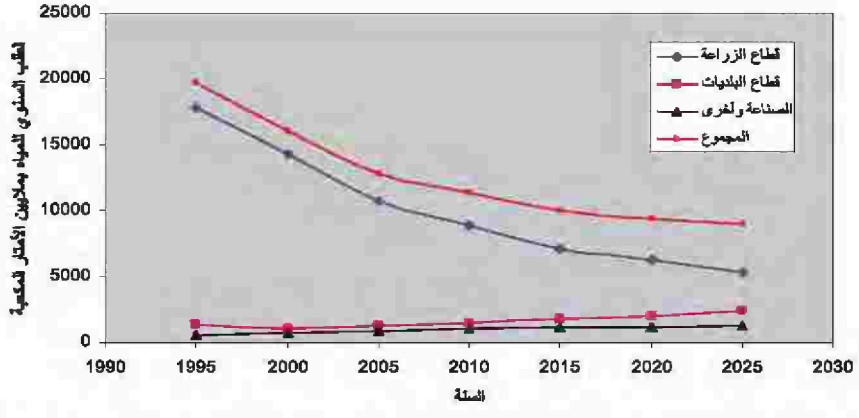


الشكل رقم (٢٩ , ١). الطلب السنوي على المياه باستخدام البديل (٢) ثبات الطلب على مياه البلديات وانخفاض مياه القطاع الزراعي. بالمليون م٣.

أما البديل الثالث (٣) يفترض خفض استهلاك القطاع الزراعي بنهاية فترة الدراسة (٢٠٢٥م) إلى ٣٠٪ من مستواه عام ١٩٩٥م، كما يفترض هذا البديل خفض الاستخدامات المنزلية إلى ١٥٠ لتراً للشخص في اليوم، وهذا البديل هو الأفضل بين البدائل الثلاثة، إذ يمكن أن توفر موارد مائية مستدامة خلال العقود القليلة القادمة وما بعدها. كما أن هذا البديل يجعل من الممكن الاحتفاظ بجزء من مخزون المياه الجوفية إلى ما بعد عام ٢٠٢٥م. وإذا ما اتبع هذا البديل فإن ٩٥٪ من مياه قطاع الزراعة ستوفر من موارد متجددة بنهاية عام ٢٠٢٥م. وهذا لا يتمخض عن الاحتفاظ بالموارد المائية الجوفية العميقة فحسب، ولكنه يتيح لإنتاج زراعي مستدام. والجدول رقم (٨, ١)، والشكل رقم (٣٠, ١) يوضحان تقديرات الطلب على المياه خلال الفترة من (١٩٩٥-٢٠٢٥م) لكافة القطاعات باستعمال البديل (٣).

الجدول رقم (٨, ١). الكميات المقدرة للطلب على المياه باستخدام البديل (٣) انخفاض الاستهلاك المنزلي للمياه وانخفاض مياه القطاع الزراعي. بالمليون م٣.

السنة	قطاع الزراعة	قطاع البلديات	الصناعة وأخرى	المجموع
١٩٩٥	١٧٨١٤	١٣٥٦	٥٥٠	١٩٧٢٠
٢٠٠٠	١٤٢٥١	١٠٩٣	٧١٥	١٦٠٥٩
٢٠٠٥	١٠٦٨٨	١٢٦٦	٨٨٠	١٢٨٣٤
٢٠١٠	٨٩٠٦	١٤٧٣	٩٩٠	١١٣٦٩
٢٠١٥	٧١٢٦	١٧٢٤	١١٠٠	٩٩٥٠
٢٠٢٠	٦٢٣٥	٢٠٢٤	١١٥٥	٩٤١٥
٢٠٢٥	٥٣٤٤	٢٣٨٨	١٢١٠	٨٩٤٢



الشكل رقم (٣٠, ١). الطلب السنوي على المياه باستخدام البديل (٣). انخفاض الاستهلاك المنزلي للمياه وانخفاض مياه القطاع الزراعي. بالمليون م٣.

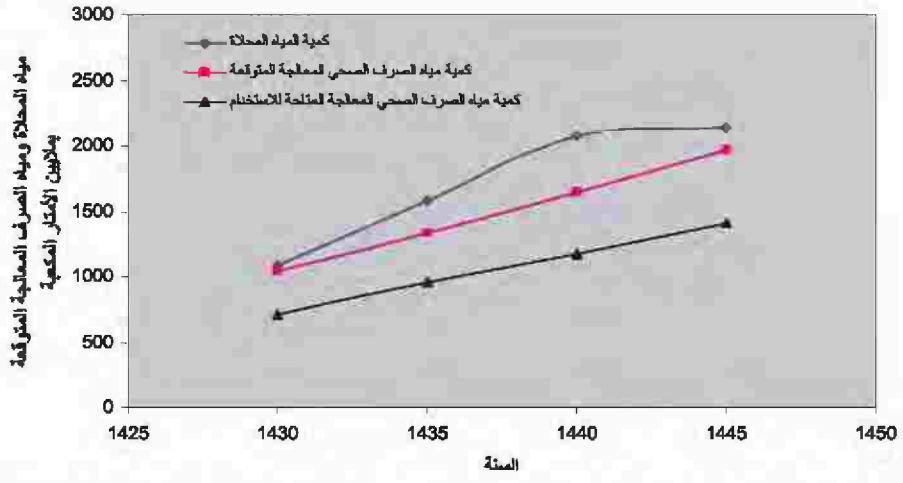
(٨ , ١) الموارد المائية المتوقعة في المستقبل

من المتوقع أن يرتفع حجم المياه السطحية المستخدمة إلى ٢٠٠٠ مليون م٣ في عام ٢٠٢٥م؛ وذلك نتيجة تشييد السدود المتتالية في مختلف أرجاء المملكة العربية السعودية، فهناك العديد من السدود تحت التنفيذ حالياً بمختلف مناطق المملكة وسدود أخرى كثيرة تحت الدراسة. كذلك من المتوقع أيضاً زيادة موارد المياه الجوفية المستخدمة بسبب التطويرات في أماكن تواجدها. وتقدر الكمية الإجمالية من المياه الجوفية المتجددة الممكن استغلالها بالمملكة العربية السعودية كحد أقصى بحوالي ٢٩٤٠ مليون م٣، ويمكن اعتبار هذا الحد الأقصى رقماً ثابتاً طوال الفترة من عام ١٤٣٠هـ إلى ١٤٤٥هـ (٢٠٠٩م إلى ٢٠١٤م)، وتوجد هذه المياه بشكل كبير في مناطق تهامة والدرع العربي ومناطق الوديان بشكل عام. وسوف تستمر موارد المياه الجوفية غير المتجددة في الانخفاض مع ضخ كميات أكثر من مخزون المياه بها. ويتوقف تحديد تلك الكميات على السيناريوهات المختلفة للتطور المستقبلي خاصة في القطاع الزراعي.

يقدر إنتاج محطات التحلية بحوالي ١٠٨٢ مليون م٣ عام ١٤٣٠هـ (٢٠٠٩م). ويتوقع أن تزيد المياه المحلاة بمعدل حوالي ٣٪ سنوياً، وقد بني هذا التقدير على عدد محطات التحلية المخطط لها خلال خطة التنمية (٢٠٠٠-٢٠٠٥م). وطبقا لما أشارت إليه المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة من المشاريع المستقبلية التي سوف تنفذها حتى عام ١٤٤٥هـ (٢٠١٤م) سترتفع كمية المياه المحلاة إلى ٢١٤٤ مليون م٣، نتيجة بناء مزيد من المحطات الجديدة لرفع الطاقة الإنتاجية، وذلك لمقابلة زيادة الاستهلاك في المدن، وإيصال المياه إلى بقية مدن المملكة، ويبين الجدول رقم (٩ , ١)، والشكل رقم (٣١ , ١)، كمية إنتاج مياه التحلية المتوقعة حتى عام ١٤٤٥هـ (٢٠١٤م)، وستخصص هذه الكمية لأغراض الاستخدام المنزلي فقط.

الجدول رقم (٩ , ١). كميات إنتاج مياه التحلية المتوقعة حتى عام ١٤٤٥هـ.

السنة	كمية المياه المنتجة (مليون م٣/ السنة)
١٤٣٠هـ	١٠٨٢
١٤٣٥هـ	١٥٧٩
١٤٤٠هـ	٢٠٧٠
١٤٤٥هـ	٢١٤٤



الشكل رقم (١,٣١). كمية المياه المحلاة، وكمية مياه الصرف الصحي المعالجة والمتاحة للاستخدام بالمليون م^3 خلال الفترة من ١٤٢٥-١٤٤٥هـ.

وسوف تستمر كميات مياه الصرف المعالجة في الازدياد مع إنشاء المزيد من محطات معالجة المياه وربط المزيد من أجزاء المدن بشبكات الصرف الصحي. وبناء على المعلومات المتوفرة عن مياه الشرب والصرف الصحي، وافتراض أنه بحلول عام ١٤٤٥هـ (٢٠١٤م) ستكون شبكة الصرف الصحي تغطي كامل مدن المملكة، ويقدر أن ترتفع مياه هذا المورد من حوالي ٣٠٪ من مياه الصرف الصحي المنزلية إلى ما يقارب ٧٥٪. ويبين الجدول رقم (١,١٠)، والشكل رقم (١,٣٢)، كميات مياه الصرف الصحي المتوقعة والكميات الممكن استخدامها مستقبلاً حتى عام ١٤٤٥هـ (٢٠١٤م).

الجدول رقم (١,١٠). كميات مياه الصرف الصحي المتوقعة والممكن استخدامها حتى عام ١٤٤٥هـ.

السنة	كميات مياه الصرف الصحي المتوقعة "مليون متر مكعب"	كميات مياه الصرف الصحي المتاحة للاستخدام "مليون متر مكعب"
١٤٣٠هـ	١٠٣٨	٧١٤
١٤٣٥هـ	١٣٣٤	٩٥٢
١٤٤٠هـ	١٦٤٧	١١٧٦
١٤٤٥هـ	١٩٧٢	١٤٠٨

(٩ , ١) التحديات المستقبلية التي تواجه قطاع المياه في المملكة

تواجه إمدادات المياه في المملكة الكثير من الصعوبات والمشاكل، وقد وفرت المملكة إمدادات المياه بعد أن أولتها أقصى درجات الاهتمام حيث تمت الحفريات بمعدل سريع. ولكن لا تزال هناك بعض المشكلات التي تشغل المخططين وربما تتضخم في المستقبل إذا لم توضع لها الحلول. والمشاكل الأكثر حدة هي:

١- تزايد الطلب على مياه قطاع الزراعة بمستوى فاق بكثير موارد المياه المتجددة مما يعني أن حفر الآبار تم بمعدل سريع. وإذا ما استمر هذا الاتجاه في المستقبل، فإن موارد المياه غير المتجددة سينضب بسرعة. وقد قامت الحكومة باتخاذ بعض الإجراءات الهادفة إلى خفض ضخ المياه من المخزون الجوفي.

٢- تستخدم المياه المحلاة في الوقت الحالي لتغطية جزء من الاستخدام المنزلي المتنامي. وقد أنفقت الحكومة ملايين الدولارات في إنشاء وتشغيل وصيانة محطات التحلية. ولكن وبزيادة السكان في مناطق الحضر وانخفاض المياه الجوفية وانعدام الاحتفاظ بها، فسوف تتعرض مياه الاستخدام المنزلي إلى خطورة الشح في المستقبل.

٣- مياه الصرف الصحي المعالجة تمثل مورداً مهماً يمكن استخدامه في كثير من الأغراض في المملكة. لكن الكميات المستخدمة حالياً قليلة؛ بسبب البطء في إنشاء وحدات لمعالجة المياه وعدم توفير المرافق الضرورية لنقل المياه المعالجة إلى المناطق التي يمكن أن تستخدم فيها.

٤- تمثل المياه السطحية والأخرى الجوفية المتجددة أهم مورد طبيعي للمياه في المستقبل. ورغم ذلك لم يتم تطويرها بصورة سليمة في بعض أجزاء المملكة. كما أن هذه الموارد تعاني من الإهمال وعدم الكفاءة في المناطق المجاورة للأودية والواحات القديمة.

تنشأ التحديات والصعوبات التي تواجه قطاع المياه في المملكة كون طبيعة العمل هو إدارة طلب مجموعة مستفيدين متزايدين على الطلب من مصدر محدود. وبالتالي فإن أهم تحديات قطاع المياه في المملكة العربية السعودية والإستراتيجيات المقترحة يمكن إيجازها في الجدول رقم (١١ , ١).

الجدول رقم (١١ , ١). أهم تحديات قطاع المياه في المملكة والإستراتيجيات المقترحة لمواجهتها.

التحديات	الإستراتيجيات المطلوبة لقطاع المياه لمواجهة التحديات
تلبية حاجة المجتمع الأساسية من إمدادات المياه	– توفير كميات كافية من المياه المأمونة للاستخدامات المنزلية، والإمداد بخدمات الصرف الصحي، بأسعار تراعي محدودي الدخل. – توفير إمدادات مياه إضافية لسد الاحتياجات على مدى من ٥٠ –١٠٠ عام القادمة. – تأمين إمدادات المياه بالكامل أو جزئياً من التحلية وبأسعار مناسب ، والاستثمار في البحث والتطوير لإيجاد تقنيات تحلية أفضل ولخفض التكلفة، وتقليص الأثر البيئي.
الحفاظ على النظام الأيكولوجي وحمايته	– تحديد المعدل المقبول لاستنزاف المياه الجوفية غير المتجددة في الري. – معالجة كل المياه العادمة (منزلية وصناعية) وتدويرها للري. – منع تصريف النفايات الخطرة في مصادر المياه السطحية والجوفية. – استصلاح المياه السطحية والجوفية الملوثة. – تطوير التخطيط الحضري، والسيطرة على تلوث المياه. – الحفاظ على الغطاء النباتي الطبيعي، ورصده، وحمايته. – تحديث التشريعات المائية وإنفاذها. – مراقبة السلع المستوردة التي تسهم في التلوث.
تأمين الإمدادات الكافية من الأغذية	– وضع أولوية واضحة في التخصيص (للاستخدام المنزلي ويليه الري والصناعة). – اعتماد سياسة زراعية تهدف لزيادة الإنتاج باستخدام كمية مياه أقل. – زراعة محاصيل ذات مردود اقتصادي مرتفع، واستهلاك للمياه منخفض. وتنويعها وتحسين التكنولوجيا الإحيائية. – تحسين نظم الري للتقليل من استهلاك المياه. – تخصيص المياه بين القطاعات وفقا للاحتياجات والعائد الاقتصادي، واستخدام مياه الصرف المعالجة بدل المياه الجوفية كلما أمكن. – تقوية دور الإرشاد الزراعي خصوصًا في مجال الري. – رسم سياسات واضحة للأمن الغذائي، بما لا يستنفذ الكثير من المياه. – تطوير دور الدعم الحكومي ووضع الحوافز للحفاظ على المياه.

تابع الجدول رقم (١١ , ١).

التحديات	الإستراتيجيات المطلوبة لقطاع المياه لمواجهة التحديات
تطوير الترتيبات المؤسسية وتحسين التخطيط المائي	- تعزيز لامركزية مؤسسات المياه فيما يتعلق بخدمات المياه، وتنفيذ مشروعات الخطة المقرة، مع تأكيد مركزية تخطيط تنمية وإدارة مصادر المياه. - تحديد صلاحيات واختصاصات مؤسسات المياه، وتحقيق التكامل الأفقي والتعاون بينها، وإنفاذ التشريعات من خلال تدابير إدارية وقانونية. - توفير فرص للتدريب أثناء العمل وتطوير التعليم/ التأهيل. - تقوية مراكز التدريب. وتوفير حوافز التوظيف والترقية. - قيام الحكومة والقطاع الخاص بتمويل برامج البحث والتطوير في مجالات المياه. - تقوية الروابط بين الوزارات المعنية والمؤسسات الأكاديمية.
إدارة المخاطر (السيول والجفاف)	- الحماية من الفيضانات في المناطق الحضرية والريفية. - تقوية منظومة الرصد الهيدرولوجي لتحسين التنبؤات والتخطيط. - تعزيز التأهب للجفاف، ولتأثير تغير المناخ على الموارد المائية. - تقويم تأثير مختلف الأنشطة الإنمائية على مصادر المياه. - تحديد وحماية احتياطي المياه الاستراتيجي. - وضع خطة طوارئ لمواجهة الكوارث الطبيعية وحوادث التلوث.
تعزيز دور المجتمع المدني	- إشراك أصحاب المصلحة، وجمعيات مستخدمي المياه، والمنظمات ، والقطاع الخاص في وضع السياسات المائية وفي إنفاذها. - تعزيز دور الحكومات في تنمية المصادر المائية وإدارتها. - تنفيذ الحملات لتوعية الجمهور، وحماية حقوق المجتمع.
تقوية التعاون الإقليمي	- تنمية وإدارة مصادر المياه المشتركة من قبل لجان مشتركة. - صياغة اتفاقات ثنائية، ومتعددة الأطراف، لتبادل معلومات الأنشطة الإنمائية. - رصد ومكافحة تلوث مصادر المياه المشتركة. - تبادل الخبرات ونتائج البحوث.
إعطاء قيمة سعرية للمياه	- رفع مستوى الوعي بتكلفة المياه. - وضع تعريفات على المياه في كافة الاستخدامات، بما في ذلك الري. - فرض تعريفات معقولة تراعي قدرات ذوي الدخل المنخفض. - فرض غرامات التلويث على الشركات الصناعية والزراعية والنفطية. - تعزيز دور مصادر التمويل والمانحين والقطاع الخاص.

(١٠, ١) الحلول المقترحة لمواجهة النقص في الموارد المائية في المستقبل

النقص في المياه في المناطق الجافة عادي ومتوقع. لكن النقص الحاد في المياه ستترتب عليه آثار اجتماعية واقتصادية، إذ إنه يتسبب في مشكلات صحية حادة وقد يؤدي إلى الانهيار الاقتصادي. ولكي يتسنى تجنب المشكلات التي قد تواجه قطاع المياه في المملكة أو تقليل تأثيرها على الأقل، من الضروري تركيز العمل في المجالات التالية:

١- الخفض التدريجي للمياه المستخدمة في قطاع الزراعة على ألاَّ يزيد ذلك الخفض على مجموع المياه السطحية والجوفية المعالجة

٢- المحافظة على المياه المستخدمة في المناطق الجافة مسألة بالأهمية القصوى. وعلى الرغم من الجهود التي أجريت (برامج التوعية العامة - استخدام التلفزيون وأجهزة الإعلام الأخرى والرسائل ... الخ) في هذا الصدد في الماضي، هناك حاجة ماسة للمزيد من هذه الجهود. وتشمل الإجراءات المطلوبة استعمال الري بالتنقيط، زيادة أسعار المياه وإعادة توزيع مياه الصرف الصحي.

٣- إعطاء الأولوية في الإنفاق الحكومي لإنشاء وحدات معالجة المياه ولمرافق التوزيع والضخ لنقل المياه المعالجة. وسوف يؤدي ذلك إلى توفير المزيد من المياه المعالجة للاستخدامات المختلفة ومن ثم يمكن تغطية بعض احتياجات قطاعي الزراعة والصناعة من هذا المورد.

٤- نسبة لإمكانية حدوث نقص في إمدادات المياه المنزلية في المستقبل، من الضروري الاحتفاظ ببعض أجزاء المناطق التي تتواجد فيها طبقات مائية للاستخدام في المستقبل. وقد بذلت وزارة الزراعة بعض الجهود لتحديد بعض المناطق المحمية لهذا الغرض ولكن لابد من عمل المزيد في هذا الصدد. كما يجب أن تكون تلك المناطق بالحجم الكبير وقريبة من المراكز الحضرية، بحيث يتم على الأقل الاحتفاظ بكيلو مترٍ مربعٍ من سطحها مقابل كل (١٠٠٠) شخص.

٥- زيادة إنتاج المياه المحلاة والاستمرار في إجراء البحوث في هذا المجال وخاصة الطرق والمواد التي تساعد في خفض التكلفة.

٦- تطوير موارد المياه في المناطق المجاورة للأودية واستخدام المياه السطحية المتجددة والأخرى الجوفية في الواحات القديمة بطريقة ذات كفاءة عالية.

٧- تنمية القدرات البشرية والفنية للعاملين بمؤسسات المياه مع وضع خطط وبرامج واضحة يمكن تطبيقها لرفع كفاءة استخدام المياه وترشيدها من قبل المستخدمين للمياه.

(١١ , ١) الإجراءات التي اتخذتها حكومة المملكة لمواجهة النقص في الموارد المائية

لقد قامت حكومة المملكة العربية السعودية بعدة إجراءات لمواجهة مشكلة نقص الموارد المائية، وأهم هذه الإجراءات:

١- إصدار الخطة الوطنية للمياه وذلك بعد ظهور شواهد تدل على وصول الاستهلاك الكلي للمياه إلى مستويات حرجة.

٢- توجيه كافة الجهود والإمكانات لترشيد استخدام المياه لأغراض الزراعة، والحد من استنزاف المياه الجوفية القابلة للنضوب.

٣- الحد من زراعة المحاصيل التي تستهلك كميات كبيرة من المياه مثل القمح والشعير والأعلاف.

٤- إيقاف تصدير القمح والأعلاف.

٥- عدم استقبال صوامع الغلال محصول القمح أو الشعير من المزارعين.

٦- تشجيع إقامة المشاريع الأقل استهلاكاً للمياه مثل مشاريع الدواجن.

٧- اتباع سياسة زراعية تمنع التوسع الزراعي مثل إيقاف توزيع الأراضي الزراعية.

٨- ربط الإعانات الزراعية وإصدار التراخيص باستخدام طرق الري الحديثة.

٩- فرض رسوم رمزية على مياه الري خاصة على الشركات الزراعية.

١٠- مراقبة استهلاك مياه الري عن طريق تركيب عدادات على الآبار.

١١- توظيف مياه الصرف الصحي المعالج ثلاثياً لاستخدامها في الأغراض الزراعية كمصدر استراتيجي وداعم للمياه الجوفية.

١٢- الاستفادة المثلى من مياه السدود المقامة للأغراض الزراعية.