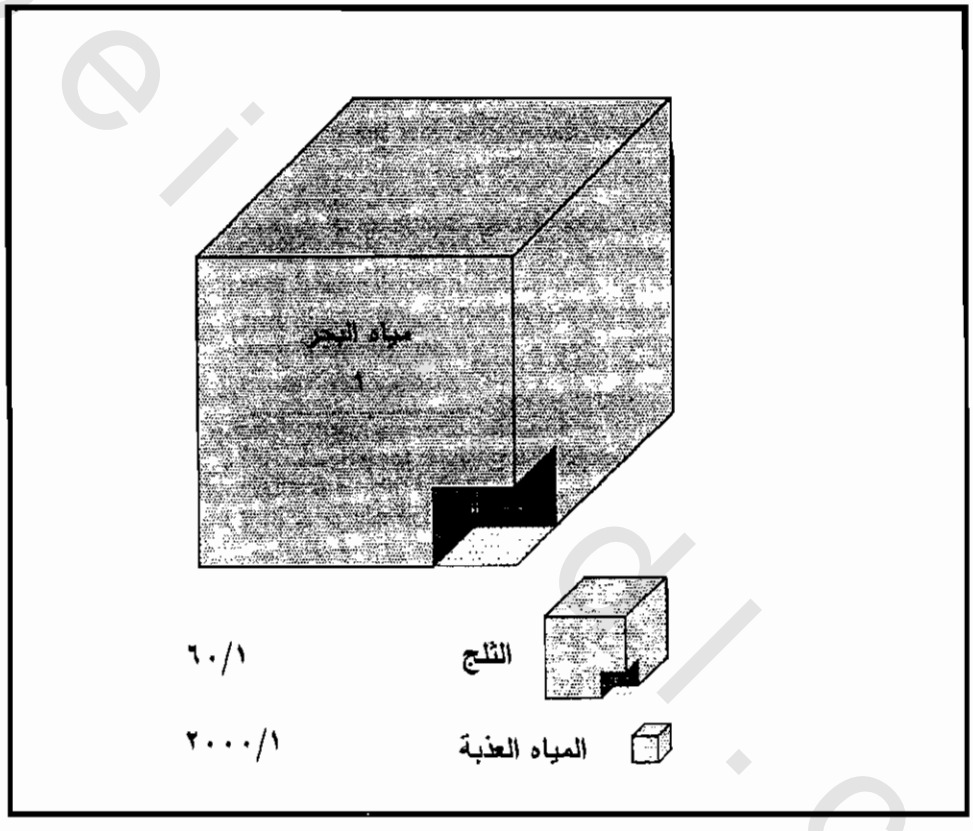
الباب التاسع

البدائل التكنولوجية لتحلية المياه

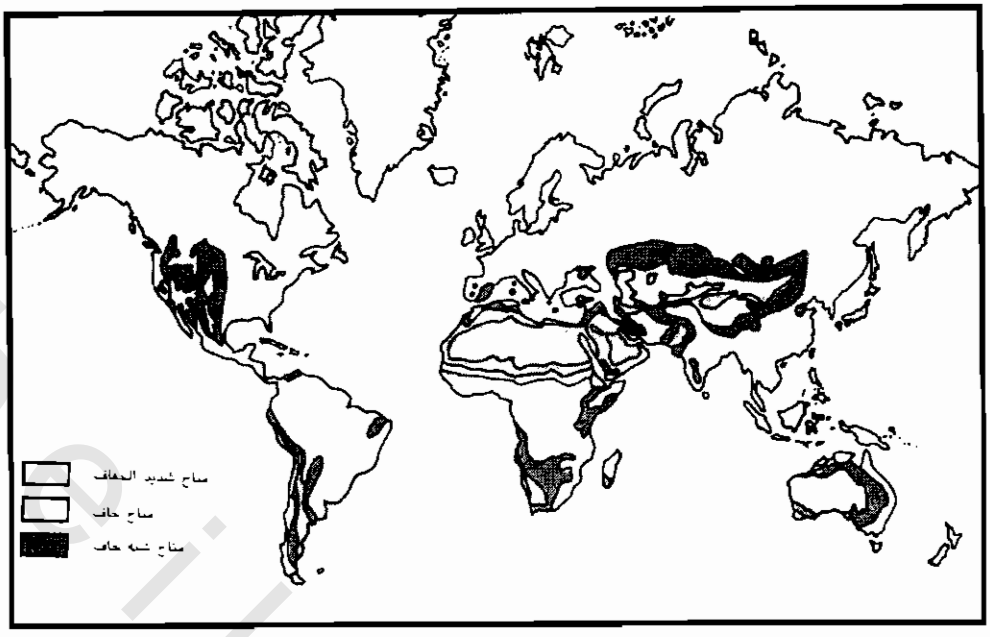
تحتل المياه ما يقرب من ٨٠% من مساحة كوكب الأرض مما يجعله بحق كوكبا مائيا وتقدر كميتها بحوالي ١٨ ١٠×١,٤ متر مكعب وتمثل المياه العذبة كما يتضح من شكل (١-٩) حوالي ١,٧% من كمية المياه المتاحة على ظهر الكرة الأرضية أما بقية هذه الكمية فتتكون من مياه البحار والمحيطات المالحة. وتمثل ثلوج القطبين الشمالي والجنوبي حوالي ٩٧% من كمية المياه العذبة. وبهذا فإن المياه العذبة في الأنهار والبحيرات التي يمكن أن يستخدمها الإنسان والحيوان والنبات لا تتعدى ٠,٠٥% من كمية المياه الموجودة على الأرض. ورغم ذلك فإن متوسط نصيب الفرد من المياه العذبة في العالم يتعدى بكثير الاحتياجات الحالية. إلا أنه لسوء الحظ لا تتوزع المياه العذبة على مناطق العالم بالتساوي فبينما تتمتع بعض المناطق بوفره في مصادر المياه العذبة فإن مناطق أخرى من العالم مثل منطقتنا العربية تعاني من نقص شديد فيها [١٠٧].

وكما يتضح من شكل (٢-٩) يقع معظم وطننا العربي في المنطقة شديدة الجفاف من العالم أو بعبارة أصح فإن معظم المناطق الشديدة الجفاف في العالم تقع في وطننا العربي [١٠٨]. ونظرا لثبات كميات المياه المتجددة وتزايد السكان فإن نصيب الفرد السنوي من المياه العذبة المتجددة ينخفض باستمرار كما يتضح في ملحق (١٧) مما أدى إلى تحول كثير من البلدان العربية كمصر من بلدان وفره مائية (نصيب الفرد السنوي أكبر من ١٦٦٧ متر مكعب) عام ١٩٥٥ إلى بلدان إجهاد مائي (نصيب الفرد السنوي يتراوح من ١٠٠٠ إلى ١٦٦٧ متر مكعب) عام

١٩٩٠ وبحلول عام ٢٠٢٥ فمن المتوقع أن تصبح معظم البلدان العربية من بلدان الندرة المائية (نصيب الفرد السنوي أقل من ١٠٠٠ متر مكعب) [١٠٩]. ونتيجة لذلك فقد تزايد اعتماد البلدان العربية وخاصة دول الخليج العربي على تكنولوجيا إزالة الملوحة كما في ملحق (١٨) الذي يوضح إجمالي السعات التي تم التعاقد عليها من وحدات إزالة الملوحة من عام ١٩٥٧ إلى ١٩٩٧ والتي تمثل ٥٣% من إجمالي التعاقدات على مستوى العالم خلال نفس الفترة.



شكل (١-٩): مصادر المياه على الأرض [١٠٧]



شكل (٢-٩): توزيع المناطق الجافة فى العالم [١٠٨]

خلال العقود الثلاث الماضية أدخلت إلى مصر العديد من تكنولوجيات إزالة الملوحة لمواجهة احتياجات الصناعة والسياحة والمحليات في المناطق الصحراوية والمتطرفة حيث ارتفع إجمالي السعات المتعاقد عليها من وحدات إزالة الملوحة من حوالي ١٤٥٠ متر مكعب/يوم عام ١٩٧٠ إلى حوالي ١٧٦ ألف متر مكعب بنهاية عام ١٩٩٧، تمثل تكنولوجيات إزالة ملوحة مياه البحر حوالي ٥٨,٥% منها.

وتعد تكنولوجيات إزالة الملوحة من التكنولوجيات كثيفة الاستخدام للطاقة ولهذا لا يمكن في ظل الاقتصاديات الحالية استخدام المياه العذبة المنتجة في الزراعة – وهي المستهلك الأكبر للمياه – ويقتصر استخدامها في توفير مياه الشرب أو المياه المقطرة اللازمة للعمليات الصناعية ولا يجب اللجوء لاستخدام تكنولوجيات إزالة ملوحة مياه البحر إلا في إطار خطة شاملة لإدارة المياه واستنفاذ الوسائل الأخرى لتوفير مياه الشرب مثل:

(أ) تقليل المياه المستخدمة في الزارعة عن طريق تطوير نظم الري أو تغيير التركيب المحصولي مع معالجة مياه الصرف الصحي واستخدامها في الزراعة.

(ب) ترشيد استخدام مياه الشرب وتقليل الفاقد في شبكات التوزيع.

(جـ) تحلية الماء المويلح بالآبار Brackish Water (نفضل استخدام هذا المصطلح على استخدام مصطلحات الماء الزعاق أو الأخضم المستخدمة في الأدبيات العربية).

سوف نعالج في هذا الباب التكنولوجيات المستخدمة في إزالة الملوحة عموما مع التركيز على التكنولوجيات المستخدمة في إزالة ملوحة مياه البحر وحدود تطور كل منها وآفاق استخدامها في مصر في المستقبل كما سنستعرض في عجالة الأوضاع المائية المصرية لاستشراف السوق المستقبلي لتكنولوجيات تحلية مياه البحر في مصر ومتطلباتها من الطاقة.

١- تكنولوجيات إزالة الملوحة

كانت تكنولوجيا إزالة الملوحة بالتقطير تستخدم فقط حتى بدايات القرن التاسع عشر لتوفير مياه الشرب للسفن حيث كانت تستخدم غلايات ضخمة لرفع درجة حرارة مياه البحر إلى درجة حرارة الغليان ويوجه البخار الناتج إلى مكثفات تبرد بماء البحر لتكثيف البخار والحصول على المياه العذبة. إلا أن هذه العملية كانت قليلة الكفاءة بمعنى أنها تحتاج لكميات كبيرة من الطاقة لإنتاج كميات قليلة من المياه العذبة. وحتى ذلك الوقت كان التطور بطيئا لعدم وجود دوافع للتطوير إلا أنه مع تطور صناعة السكر توفرت هذه الدوافع وبدأ تطوير عمليات التقطير لزيادة الكفاءة. ومنذ أواخر الخمسينيات حدثت تطورات هامة في تكنولوجيات إزالة الملوحة، وقد كانت أهم علامات التطوير هي [١١١]:

١- تطوير عملية التبخير الومضي المتعدد المراحل وبناء أول محطة كبيرة من هذا النوع عام ١٩٦٣، وهى العملية التي أنهت عملية التقطير المتعدد التأثير باستخدام مبخرات أنابيب غاطسة، والتي كانت سائدة ومكلفة حتى عام ١٩٦٠، والتي كان مردودها من المياه العذبة لكل كيلو جرام من البخار المستخدم في التسخين يقل عن نصف ما يمكن الحصول عليه بطريقة التبخير الفجائي.

٢- تصنيع غشاء أسيتات السليلوز للتناضح العكسي بجامعة كاليفورنيا عام ١٩٦٣م، والتي كانت بداية لتطور عملية إعذاب المياه بالتناضح العكس وانتشارها.

٣- تطوير الأغشية الليفية المجوفة بواسطة شركة دوبون الأمريكية للتناضح العكسي وانتشارها والتي أعطت مساحة كبيرة جدا للأغشية بالنسبة لوحدة الحجم وانتفاء الحاجة إلى بنية مدعمة للأغشية.

٤- تطور أغشية التبادل الأيوني المستعملة في أجهزة الفرز الغشائي الكهربي (الديلزة الكهربائية) المستخدمة في تحلية الماء المويلح في الولايات المتحدة عام ١٩٥٩. وقد فتح تطور هذه الأغشية الطريق أمام تطوير عملية الديلزة الكهربائية وإنتاج أول جهاز من هذا النوع على النطاق التجاري عام ١٩٦٣ بواسطة شركة أيونكس بأمريكا.

٥- إنتاج الأنابيب المعرجة والتي تعطي معدلات أكبر للانتقال الحراري خلالها وتوظيفها في المبخرات الرأسية التي يتم الغليان فيها خلال سريان رقيق من ماء البحر ملاصق للأنابيب منزلق إلى أعلى أو إلى أسفل. وقد أحيا هذا التطور عملية التبخير بالتقطير المتعدد التأثيرات وبنيت عدة محطات على هذا النمط.

يمكن تصنيف تكنولوجيات إزالة الملوحة إلى عدة تصنيفات طبقا لمعايير مختلفة ولكننا سوف نتبنى هنا التصنيف القائم على التغيير في حالة المياه وبناء عليه يمكن أن تصنف تكنولوجيات إزالة الملوحة إلى قسمين كبيرين أولهما يحدث فيه تغيير في حالة المياه الملحة إما إلى الحالة الغازية (التبخير) أو الحالة الصلبة (التجميد) وثانيها لا يحدث فيه تغير في الحالة ويعتمد على تكنولوجيا الأغشية وسوف نستعرض فيما يلي أهم ملامح وخصائص كل نوع من هذه الأنواع مع إعطاء لمحة عن تطورها التاريخي.

١-١ تكنولوجيات التقطير والتجميد

١-١-١ تكنولوجيات التقطير

يتم إنتاج المياه العذبة في هذه التكنولوجيات من خلال لخطوات الثلاث التالية:

(أ) إضافة حرارة إلى المياه المالحة.

(ب) إنتاج بخار سواء عن طريق الغليان Boiling أو التبخير الوميضي Flashing.

(ج) تجميع البخار الناتج وتكثيفه.

١-١-١-١ التقطير الأحادي التأثير (التبخير البسيط) [١١١]

طريقة التقطير الأحادي التأثير هي أسهل وأول الطرق التي استخدمت لإزالة ملوحة مياه البحر، وتتكون الوحدة من مبخر ومكثف ويكون المبخر عادة مبادلا حراريا (أنابيب داخل غلاف). ويسري بخار الماء داخل الأنابيب وماء البحر خارجها (داخل الغلاف) ويتم التبادل الحراري بين البخار وماء البحر عبر سطح الأنابيب وينتج عن ذلك تبخير جزء من ماء البحر الذي يغذي المبخر ويتجه البخار الناتج إلى المكثف حيث يتم تكثفه أما بقية الماء المغذي للمبخر فيزيد تركيز الأملاح فيه ويخرج من المبخر ليقذف في البحر.

ويحتوى المبخر بالإضافة إلى أنابيب التسخين على شبكة لإزالة قطرات المياه العالقة بالبخار ويسمي هذا النوع من المبخرات بالمبخرات المغمورة الأنابيب حيث أنها تعمل وهي نصف مملؤة بماء البحر الذي يغمر الأنابيب كليا ومن أهم عيوب هذا النوع من المبخرات زيادة ترسيب الأملاح على الأسطح الخارجية للأنابيب مما يقلل من معامل انتقال الحرارة وبالتالي كمية المياه العذبة المنتجة ولهذا فهي تحتاج إلى تنظيف دائم. وبشكل عام فإن نسبة الأداء Performance Ratio لهذه الطريقة في التقطير منخفضة للغاية ولا تزيد عن ٠,٩ كيلو جرام من المياه العذبة لكل كيلو جرام من البخار المستخدم.

١-١-١-٢ التقطير المتعدد التأثير ذو الأنابيب المغمورة [١١١]

تطورت هذه الطريقة للتحلية للتغلب على انخفاض نسبة الأداء في تكنولوجيا التقطير الأحادي التأثير الموضحة أعلاه. وتتكون الوحدة في هذه الحالة من عدة مبخرات (تأثيرات) مشابهة لمبخرات التقطير الأحادي التأثير، حيث يستخدم البخار الناتج في المبخر الأول للتسخين وإنتاج بخار ماء في المبخر الثاني ويستخدم البخار الناتج في المبخر الثاني لإنتاج بخار في المبخر الثالث وهكذا. ويلاحظ في هذه الحالة أن الضغط داخل كل مبخر (تأثير) يقل عن الضغط في المبخر (التأثير) السابق وذلك للمحافظة على فرق درجات الحرارة بين البخار الناتج من أحد التأثيرات والماء الملح المغلي في التأثير التالي.

ويؤدى زيادة عدد التأثيرات إلى تحسين نسبة الأداء إلا أن زيادة كمية الحرارة المفقودة مع الماء الأجاج Brine المطرود من كل تأثير تؤدي أيضا إلى تقليل كمية البخار المنتج في التأثير التالي. كما أن زيادة عدد التأثيرات يؤدي إلى زيادة التكلفة. وقد أدت هذه العوامل إلى وضع حد أقصى من الناحية العملية لعدد التأثيرات المستخدمة في هذه الطريقة بستة تأثيرات. وتكون نسبة الأداء في هذه الحالة حوالي ٤,٩ كيلو جرام ماء عذب لكل كيلو جرام من البخار. ومن أهم عيوب التقطير المتعدد التأثير بمبخرات مغمورة الآتي:

(أ) السرعة المنخفضة للماء الملح.

(ب) ترسيب الأملاح بكميات كبيرة على أسطح الانتقال الحرارى.

(ج) صغر معامل الانتقال الحرارى.

(د) عدم إمكانية تجاوز كل من نسبة الأداء وعدد التأثيرات وطاقة الإنتاج للوحدة لحدود معينة.

كنتيجة لهذه العيوب فقد انتهت العمل بهذه الطريقة عمليا بظهور طريقة التبخير الومضي متعدد المراحل عام ١٩٦٠ التي تغلبت على هذه العيوب والتي سنتناولها فيما بعد، إلا أنه قد تجدد الاهتمام بطريقة التقطير متعدد التأثيرات Multiple Effect Distillation (MED) نتيجة للتقدم التكنولوجي الذي تغلب على عيوبها السابقة على النحو الموضح أدناه.

١-١-١-٣ التكنولوجيات الحديثة للتقطير المتعدد التأثيرات

للتغلب على مشاكل الأنابيب المغمورة Submerged Tubes التي كانت تستخدم سابقا في منظومات التقطير المتعدد التأثيرات Multiple Effect Distillation (MED) استبدل أسلوب الغمر بإسقاط المياه الملحة كطبقة رقيقة Thin Film على جدار الأنبوب في المبخر التي يمكن ترتيبها بشكل رأسي أو أفقي كما هو موضح أدناه.

١-١-١-٣-١ المبخرات الرأسية

تدخل مياه البحر التأثير الأول وتسقط على هيئة سريان رقيق Film Flow على السطح الداخلي للأنبوبة. كما يدخل أيضا التأثير الأول بخار الماء (المصدر الحراري للعملية) حيث يحيط بالأنابيب التي تحمل مياه التغذية ويكثف خارج الأنابيب مسببا تبخير جزء من مياه التغذية داخل الأنابيب بعد تسخينها إلى درجة الغليان المناظرة للضغط داخل التأثير الأول ويسري كل من الماء الملح المتبقي من التغذية والبخار الناتج إلى أسفل لأنابيب حيث يتجمع الماء الملح في قاع التأثير في حين يستخدم البخار الناتج في التأثير الأول كمصدر حراري للتأثير الثاني الذي يقل ضغطه عن التأثير الأول ويضخ المحلول الملح إلى التأثير الثاني وتتكرر العملية حتى التأثير الأخير حيث تطرد مياه البحر المتبقية التي زاد تركيز الملاح فيها (الأجاج) إلى البحر ويستخلص الماء النقي لاستعماله.

تحتاج هذه الطريقة إلى بخار عند درجة حرارة عالية في حدود ١٢٠ درجة مئوية ويمكن أن يصل عدد التأثيرات (المبخرات) إلى ٢٤ تأثير ويمكن أن تصل نسبة الأداء إلى ٢٠ كجم ماء نقي لكل ١ كجم بخار ويستخدم هذا النوع بكثرة في بلدان الاتحاد السوفيتي السابق، كما أنها استخدمت للربط مع محطة نووية في مدينة اقطاو بقازاخستان لإنتاج ١٢٠ ألف متر مكعب من مياه الشرب في اليوم. كما تقوم إسرائيل حاليا بالتعاون مع بعض الشركات الأمريكية بتطوير تصميم جديد لهذا النوع من المبخرات بهدف تقليل التكلفة وتحسين اقتصاديات تحلية المياه بالاعتماد على الخبرة المكتسبة من تشغيل محطات التحلية بالتقطير متعدد التأثيرات ونتائج الأبحاث الجديدة والمواد الجديدة المتوافرة وتطوير تقنيات التصنيع والإنشاء ويجرى

حاليا عمل التصميم التفصيلي لوحدة مطورة لإنتاج حوالي ٢٨٤ ألف متر مكعب في اليوم [١١٢]. وتتميز هذه المبخرات الرأسية بما يلي:

- ارتفاع الكفاءة الحرارية.
- نوعية أفضل من المياه المقطرة.
- درجة عالية من الاعتمادية Reliability والاستقرارية Stability.
- المرونة في التشغيل لمدى واسع من الإنتاج.

١-١-١-٣-٢ المبخرات الأفقية

تعد وحدات إزالة الملوحة التي تعتمد على مبخرات الأنابيب الأفقية ذوات السريان الدقيق الساقط المتعدد التأثيرات Horizontal Tube Thin Film MED من أكثر التكنولوجيات الواعدة لتحلية مياه البحر وتعد إسرائيل من أكثر البلدان تقدما في إنتاجها وتطويرها. وعلى عكس المبخرات الرأسية فإن البخار القادم من الغلاية يكون داخل الأنابيب بينما يرش عليه ماء البحر الذي يتبخر جزء منه ويوجه إلى الأنابيب الموجودة في التأثير الثاني بينما تتجمع مياه البحر التي لم تتبخر وتوجه إلى التأثير الثاني الذي ينخفض ضغطه عن التأثير الأول وترش على السطح الخارجي لأنبوب البخار حيث يتبخر جزء منها بينما يتكثف البخار الموجود داخل الأنابيب وتتكرر العملية حتى التأثير الأخير حيث يخرج الماء الأجاج إلى البحر بينما يجمع الماء النقي الناتج للاستخدام.

تحتاج هذه الطريقة إلى بخار عند درجة حرارة منخفضة في حدود ٦٠-٧٠ درجة مئوية ويمكن أن يصل عدد التأثيرات إلى ١٧ تأثير في هذا النوع من الوحدات وأن تصل نسبة الأداء إلى ٢٠ كجم ماء لكل كيلو جرام بخار وأكبر وحدة من هذا النوع بنيت في مدينة أسدود بإسرائيل وتنتج ٢٠ ألف متر مكعب من الماء يوميا. وتتميز هذه المبخرات الأفقية بما يلي:

- ارتفاع معاملات الانتقال الحراري بالمقارنة بمنظومات التقطير الومضي متعدد المراحل، الأكثر انتشارا حتى الآن.

- نظرا لانخفاض درجة حرارة التشغيل يمكن استخدام مواد رخيصة مثل الألومونيوم.
- عدم تأثر نوعية المياه المنتجة بأى ثقوب يمكن أن تحدث في أنابيب المبخرات نظرا لأن ضغط البخار داخلها يكون أعلى من ضغط مياه البحر المتساقطة عليها.
- استهلاكها من الكهرباء أقل من استهلاك منظومات التقطير الأخرى.
- درجة عالية من الاعتمادية Reliability والاستقرارية Stability.
- المرونة في التشغيل لمدى واسع من الإنتاج.

٩-١-١-٤ التقطير بضغط البخار [١١١]

تعتمد طريقة التقطير بضغط البخار Vapor Compression (VC) Distillation على حقيقة أن الغازات تزداد درجة حرارتها بزيادة ضغطها وفي هذه العملية يتم رفع ضغط البخار المتولد من الماء الملح في المبخر إما بواسطة ضاغط بخار Vapor Compressor يدار بواسطة الطاقة الميكانيكية أو بواسطة قاذف بخاري Steam Ejector يعمل بواسطة بخار ذى ضغط عال يسمى البخار المحرك وتسمى العملية في الحالة الأولى التقطير بضغط البخار ميكانيكيا Mechanical Vapor Compression (MVC) وفي الحالة الثانية التقطير بضغط البخار حراريا Thermal Vapor Compression (TVC).

والأجزاء الرئيسية المستخدمة في منظومة ضغط البخار ميكانيكيا هي المبخر وضاغط البخار ومبادل حراري متعدد المسارات. وفي هذه الدورة يتجه البخار المتولد من الماء الملح في المبخر إلى ضاغط البخار الذي يدار بالطاقة الميكانيكية ثم يعود إلى المبخر مرة أخري ولكن عند ضغط ودرجة حرارة أعلى، ويتم تبادل حراري بين هذا البخار وماء البحر عبر أنابيب المبخر وينتج عن ذلك تكثف هذا البخار ليتحول إلى ماء عذب وتبخر جزء من مياه البحر الذي يوجه إلى ضاغط البخار وتتكرر العملية. ويتم تسخين مياه البحر تسخينا مبدئيا قبل إدخالها إلى المبخر في المبادل الحراري متعدد المسارات عن طريق كل من الماء العذب المنتج والماء الملح الأكثر تركيزا (الأجاج) المطرود من المبخر إلى البحر. ولا تحتاج

عملية التقطير بضغط البخار ميكانيكيا إلى مصدر حراري خارجي مثل عمليات التقطير الأخرى. أما في عملية ضغط البخار حراريا فيستبدل ضاغط البخار بالقاذف الحراري وهو عبارة عن بوق متقارب–متباعد ويحتاج إلى بخار محرك ومن ثم إلى مصدر حراري خارجي أما باقي الدورة فهي مماثلة لدورة التقطير بالضغط الميكانيكي.

وتتميز عملية التقطير بانضغاط البخار سواء ميكانيكيا أو حراريا بما يلي:

- كفاءة حرارية عالية مما يعني انخفاض الطاقة اللازمة لإنتاج المتر المكعب من المياه العذبة مقارنة بالتقطير الومضي متعدد المراحل.
- بساطة التصميم.
- صغر حجم سطح الانتقال الحراري لكل متر مكعب من الماء المنتج ومن ثم انخفاض التكلفة الاستثمارية.
- عدم الحاجة لمصدر حراري خارجي بالنسبة لمنظومات ضغط البخار ميكانيكيا واستخدام الكهرباء فقط لإدارة ضاغط البخار والمضخات.

أما العيوب الرئيسية للتقطير بضغط البخار ميكانيكيا فتتلخص في:

- صغر السعة الإنتاجية للوحدات لعدم وجود ضواغط بخار كبيرة.
- صعوبة التشغيل الدائم لضاغط البخار الذى يحتوى على أجزاء متحركة ومن ثم يحتاج لمهارة أكبر في الصيانة من التكنولوجيات الأخرى وقد كان هذا هو الدافع لاستخدام القاذف البخارى في منظومات التقطير بانضغاط البخار حراريا الذي لا يحتوى على أى أجزاء متحركة.

١-١-١-٥ التبخير الومضي متعدد المراحل

Multi-Stage Flash (MSF) evaporation

طورت طريقة التبخير الومضي متعدد المراحل عام ١٩٥٧ بواسطة الأستاذ سيلفر بجامعة جلاسجو بالمملكة المتحدة. وفي عام ١٩٥٨ صمم سيلفر أول وحدتين لإزالة الملوحة بالتبخير الومضي وكانت المحطة الأولى بطاقة لإنتاجية قدرها ٤٤٥٠ متر مكعب في اليوم وبها ١٩ مرحلة ونسبة أدائها ٥,٨ كجم ماء لكل كجم

بخار، والثانية كانت طاقتها الإنتاجية ٢٢٧٥ متر مكعب يوميا وبها ٤٠ مرحلة ونسبة أدائها ١٠,٥ كجم ماء لكل كجم بخار، وقد تم تشغيل الوحدتين بنجاح في عام ١٩٦٠. ونتيجة للزيادة الكبيرة في معامل الأداء وبساطة الإنشاء بالمقارنة بتكنولوجيا التقطير متعدد التأثيرات ذات الأنابيب المغمورة، فقد انتشر منظومات التقطير الومضي متعدد المراحل وأصبحت هي الطريقة السائدة في تحلية مياه البحر.

تتكون هذه المنظومة من ثلاث قطاعات: قطاع إضافة حرارة (مسخن الماء الملح Brine Heater) وقطاع استعادة الحرارة وقطاع طرد الحرارة ويتكون قطاع استعادة الحرارة من سلسلة من غرف التبخير (مراحل) بها أنابيب أفقية في الجزء العلوي ويتم تسخين الماء الملح الساري في هذه الأنابيب بتكثيف البخار الناتج عن عملية التبخير الومضي Flashing قبل دخولها إلى مسخن الماء الملح Brine Heater حيث تخرج منه بعد تسخينها إلى المرحلة الأولى التي ينخفض ضغطها عن ضغط التشبع المناظر لدرجة حرارة الماء الملح مما يؤدي لتبخير ومضي بجزء منها وينتج بخارا يكثف على الأنابيب الأفقية المشار إليها أعلاه ويجمع في أنبوب خاص وتدخل المياه الملحة التي لم تتبخر والتي زاد تركيزها إلى المرحلة الثانية التي ينخفض ضغطها عن المرحلة الأولى وتتكرر العملية عبر غرف التبخير (المراحل) التي ينخفض ضغط كل منها عن السابقة لها حتى تصل إلى قطاع طرد الحرارة حيث تستخدم حرارة الماء الأجاج المطرود في تسخين ماء التغذية الملحي.

١-١-٢ تكنولوجيات التجميد

المبدأ الأساسي التي تعتمد عليه هذه التكنولوجيات - التي لم تدخل مرحلة الاستخدام التجاري حتى الآن - هو أنه عندما تبدأ المياه الملحة في التجمد التدريجي فإن بلورات الثلج المتكونة تكون خالية من الأملاح ونظرا لأن الثلج يطفو فوق الماء فإنه يمكن من الناحية النظرية فصل الثلج عن طريق مصفاة عن الماء الملح ثم إعادة تسييله للحصول على ماء عذب. ومن الناحية النظرية فإن استخدام التجميد لإعذاب المياه له مميزات عديدة نجملها فيما يلي:

- انخفاض كمية الطاقة اللازمة لإنتاج المتر المكعب من الماء العذب مقارنة بعمليات التقطير حيث لا تزيد عن ٣ كيلووات.ساعة من الكهرباء لكل متر مكعب إلا أنه من الناحية العملية فإن كمية الطاقة المستهلكة في الوحدات التجريبية لهذه التكنولوجيات كانت لا تقل عن ١٢ كيلووات.ساعة لكل متر مكعب من الماء العذب المنتج.
- انخفاض معدلات تأكل المعادن مقارنة بتكنولوجيات التقطير.
- انخفاض معدلات ترسيب الأملاح على الأسطح الملامسة للماء الملح.
- عدم الحاجة لأسطح تبادل حرارى.
- عدم وجود حاجة لمعالجة أولية للمياه الملحة باستثناء طرد الهواء منها على عكس تكنولوجيات التقطير التي تحتاج لإضافة العديد من الكيماويات للتحكم في التأكل وفي معدلات ترسيب الأملاح.

وتكمن الصعوبة الرئيسية في الوقت الحاضر في صعوبة تشغيل هذه التكنولوجيات التي تحتاج إلى تدخل مستمر من المشغل لضمان سلاسة التشغيل وهو أمر غير مقبول بالنسبة للتشغيل على النطاق التجارى. إلا أن البحوث الجارية حاليا لتحسين المكونات والحلول الجزئية لمشاكل التشغيل قد تجعل هذه التكنولوجيات اقتصادية وصالحة للاستخدام التجارى في المستقبل.

١-٢ تكنولوجيات الأغشية

١-٢-١ الفرز الغشائى الكهربى (الديلزة الكهربية)

الفرز الغشائي الكهربي (Electrodialysis (ED هو عملية انتقال لجزئيات المادة المذابة في محلول تحت تأثير فرق جهد كهربائي خلال نوعين من أغشية الانتقاء الأيوني، الأول يسمح بنفاذ الأيونات الموجبة (غشاء كاتيوني) والثاني يسمح بنفاذ الأيونات السالبة (غشاء أنيوني). وتقوم هذه العملية على ترتيب عدة أغشية انتقاء أيوني موجبة وسالبة بالتبادل لتكوين عدة خلايا يسري خلالها الماء الملح وبمرور تيار كهربي مستمر باتجاه عمودي على الأغشية خلال قطبين أحدهما

موجب والآخر سالب فإن الأيونات الموجبة تتجه نحو القطب السالب وتعبر الغشاء الذي يسمح بمرور الأيونات الموجبة والأيونات السالبة تتجه نحو القطب الموجب وفي الحجيرة التي تسمى خلية تخفيف تعبر الغشاء الذي يسمح بمرور الأيونات السالبة مما يؤدي إلى تخفيف مستمر لتركيز الأملاح. أما في الحجيرة التي تسمى خلية تركيز فيحدث العكس حيث تواجه الأيونات الموجبة بغشاء يسمح فقط بمرور الأيونات السالبة وتواجه الأيونات السالبة بغشاء يسمح فقط بمرور الأيونات الموجبة وبذلك يزداد التركيز في هذه الخلايا. ويجمع الماء العذب من حجيرات التخفيف للاستخدام ويجمع الماء الأجاج من حجيرات التركيز للتخلص منه.

وقد كانت عملية الفرز الغشائي الكهربي هي أول عمليات الأغشية المستخدمة في تحلية ماء البحر إلا أنها لم تثبت نجاحا كبيرا في ذلك وحاليا فإنها تستخدم بنجاح في تحلية الماء المويلح من الآبار التي لا يزيد تركيز الأملاح بها عن عشرة آلاف جزء في المليون. وبسبب ارتفاع التكلفة الاستثمارية وتعقيدات التشغيل فإنه من الصعب إنشاء وحدات كبيرة منها ويقتصر الاستخدام على الوحدات الصغيرة للماء المويلح.

١-٢-٢ التناضح العكسى

التناضح Osmosis عملية طبيعية يتم بها سريان الماء خلال غشاء شبه منفذ من الجانب الذى يحتوى على محلول ملحي مخفف إلى الجانب الذى يحتوى على محلول مركز وتستمر العملية حتى يصل الفرق في المنسوب على جانبي الغشاء إلى منسوب معين يسمى منسوب التناضح أو ضغط التناضح Osmotic Head or Pressure وعندها تتوقف العملية، وإذا ما وقع ضغط على المحلول الملحي المركز أكبر من ضغط التناضح فإن اتجاه السريان ينعكس ويتزايد تركيز المحلول الملحي بينما تمر المياه العذبة إلى الجانب الأخر ومن هنا تأتي تسمية التناضح العكسي.

طورت تكنولوجيا التناضح العكسي في الولايات المتحدة خلال فترة الستينات وأنشئت أول وحدة تجريبية عام ١٩٦٥. وفي البداية كانت تستخدم في تحلية الماء المويلح حيث حققت نجاحا كبيرا في ذلك، ومع التطور في تكنولوجيا الأغشية فقد بدأ استخدام هذه التكنولوجيا في إزالة ملوحة مياه البحر منذ عام ١٩٧٠. ومنذ

أواسط الثمانينات حققت تقدما كبيرا وأصبحت المنافس الرئيسي للتقطير الومضي متعدد المراحل الذي يسيطر حاليا على سوق إزالة الملوحة. ويمكن لمنظومات التناضح العكسي إن تحول نسبة تتراوح ما بين ٢٠% و٥٠% من ماء البحر الداخل إليها إلى ماء عذب وترتفع هذه النسبة إلى ٩٠% في حالة الماء المويلح.

تتكون محطات تحلية المياه بوحدات التناضح العكسي من الأجزاء التالية:

١- معدات معالجة أولية لمياه التغذية (مياه البحر).

٢- مضخات ضغط عالي لمياه التغذية (من ٥٥-٨٠ ضغط جوي).

٣- الأغشية.

٤- أنابيب موصلة بين المكونات.

٥- أجهزة تحكم ومراقبة.

٦- منظومات للتخلص من الماء الملح المركز الزائد عن الحاجة.

تتميز تكنولوجيا التناضح العكسي بالمقارنة مع عمليات التقطير بما يلي:

- انخفاض استهلاكها من الطاقة.
- بساطة التشغيل والانخفاض النسبي لتكاليف الصيانة.
- لا تحتاج إلى مساحة كبيرة من الأرض.
- قلة مشاكل تآكل المعدات بسبب التشغيل عند درجة الحرارة العادية.
- صغر زمن الإنشاء.
- صغر الفترة التي تحتاجها لبدء التشغيل.
- إمكانية تشغيلها عند أحمال جزئية بسبب تكونها من نماذج تكرارية (Modules).

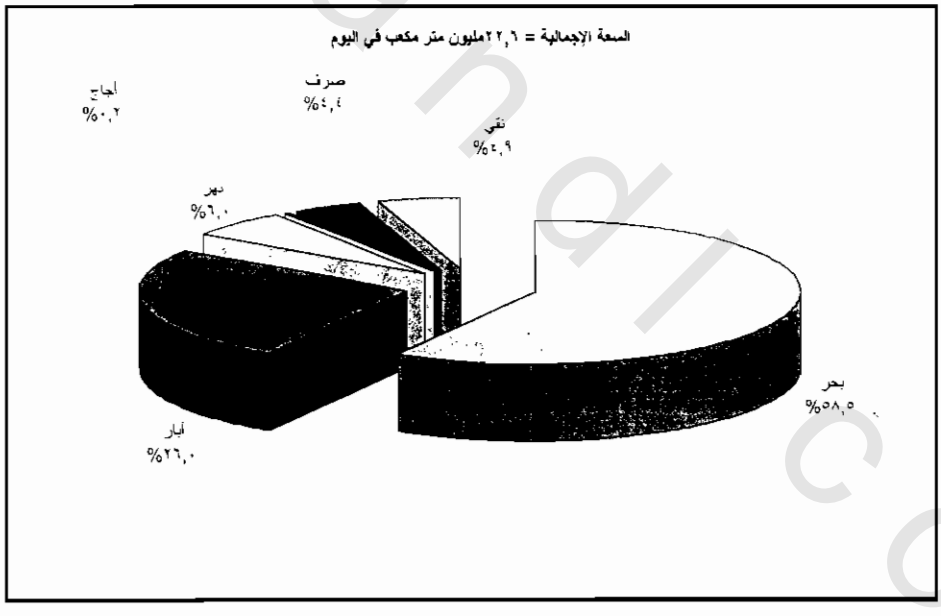
٢- الأوضاع الحالية لتكنولوجيات التحلية على مستوى العالم

تستخدم تكنولوجيات إزالة الملوحة لتوفير المياه اللازمة لأغراض الشرب للمجالس المحلية والقرى السياحية والفنادق والوحدات العسكرية بالإضافة للمياه الخالية من الأملاح اللازمة للعمليات الصناعية وتوليد الكهرباء والتطبيقات

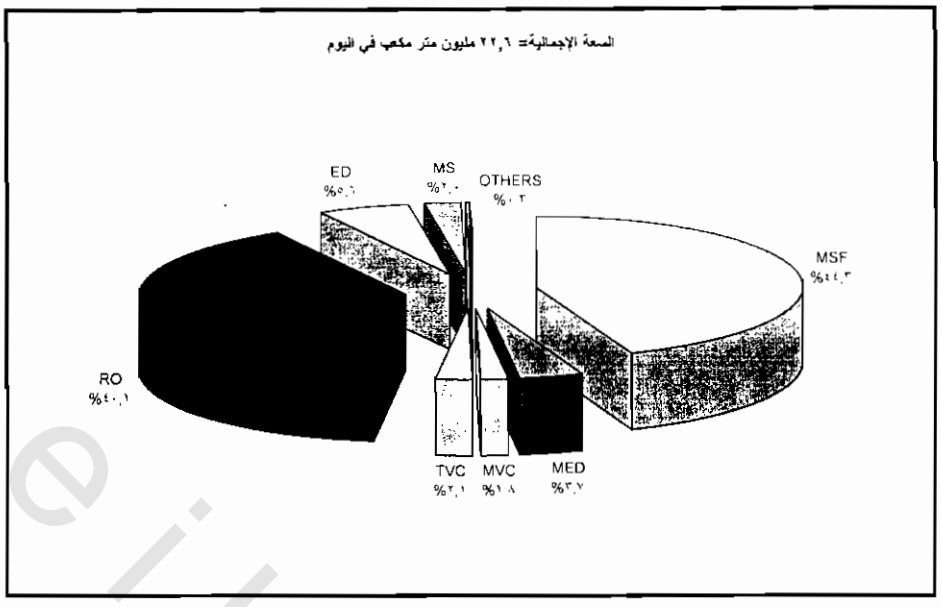
obeikandl.com

الأخرى. كما تتنوع مصادر المياه التي يتم إزالة ملوحتها وتشمل مياه البحر ومياه الآبار المويلحة ومياه الأنهار والماء الأجاج شديد الملوحة ومياه الصرف (صحي وزراعي وصناعي) والمياه النقية. وفي تقرير حديث للاتحاد العالمي لإزالة الملوحة [١١٠] وجد أن إجمالي التعاقدات التي تمت لجميع تكنولوجيات إزالة الملوحة في الفترة ١٩٦٠ – ١٩٩٧ قد بلغت سعتها الإجمالية في نهاية عام ١٩٩٧ حوالي ٢٢,٦ مليون متر مكعب في اليوم.

يوضح شكلي (٣-٩) و(٤-٩) توزيع السعة الإجمالية لمنظومات إزالة الملوحة على أنواع مياه التغذية والتكنولوجيات المختلفة على التوالي ومنها يتضح أن حوالي ٥٨,٥% من السعة الإجمالية لمحطات التحلية على مستوى العالم تستخدم في تحلية ماء البحر و٢٦% لتحلية مياه الآبار المويلحة بينما لا تتعدى سعة المحطات التي تستخدم في إزالة ملوحة أنواع المياه الأخرى ١٥,٥%. كما يتضح أن السوق العالمي لإزالة الملوحة تسيطر عليه عمليتي التقطير الومضي متعدد المراحل والتناضح العكسي اللتين كان نصيبهما من إجمالي السعات المتعاقد عليها ٤٤,٥% و ٤٠,١% على التوالي.

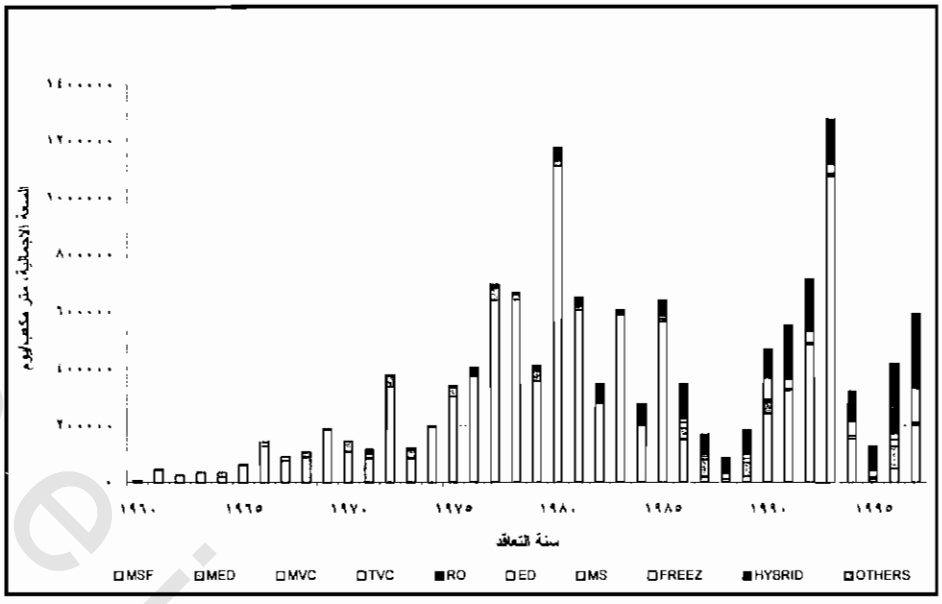


شكل (٣-٩): توزيع السعة الإجمالية لمنظومات إزالة الملوحة على أنواع مياه التغذية



شكل (٤-٩): توزيع السعة الإجمالية لمنظومات إزالة الملوحة على التكنولوجيات المختلفة

ونظرا لأن إزالة ملوحة مياه البحر سوف تلعب الدور الرئيسي في تدبير الاحتياجات الإضافية من المياه في مصر فإننا سوف نناقش ببعض التفصيل أوضاع التكنولوجيات المستخدمة في تحلية مياه البحر. ويوضح شكل (٥-٩) تطور نصيب التكنولوجيات المختلفة من التعاقدات لتحلية مياه البحر على مستوى العالم في الفترة ١٩٦٠-١٩٩٧ والتي بلغ إجماليها في نهاية ١٩٩٧ حوالي ١٣,٢ مليون متر مكعب في اليوم. ومنه يتضح أنه حتى عام ١٩٨٥ كان النصيب الرئيسي للتقطير الومضي متعدد المراحل وبعد ذلك بدأ الطلب على تكنولوجيات التناضح العكسي والتقطير متعدد المراحل الذي تراجع نصيبه من إجمالي التعاقدات من ٨٠% في الفترة ١٩٦٠-١٩٨٨ إلى أقل من ٧٥% في الفترة ١٩٦٠-١٩٩٧ وإذا استمر هذا الاتجاه - ومع ملاحظة أن العمر الافتراضي لمحطات التحلية يتراوح ما بين ١٥ و٢٠ سنة - فإنه من المتوقع أن تكون أغلب المحطات الكبيرة العاملة عام ٢٠٢٠ من نوع التناضح العكسي.



شكل (٥-٩): تطور نصيب التكنولوجيات المختلفة من التعاقدات لتحلية مياه البحر

في إطار هذه الدراسة المستقبلية من المهم أن نستعرض أيضا آفاق التطوير المستقبلي للتكنولوجيات المستخدمة في تحلية مياه البحر ويلخص جدول (١-٩) الأوضاع الحالية فيما يخص التكلفة الاستثمارية واستهلاك الطاقة وأكبر حجم للوحدة والعوامل المحددة لزيادة حجم الوحدة بالإضافة إلى تلخيص لآفاق التطور المستقبلي التي سنناقشها ببعض التفصيل فيما يلي:

٢-١ التقطير الومضي متعدد المراحل

تعد هذه التكنولوجيا من التكنولوجيات الناضجة التي تمت تجربتها لعدة عقود وخلال هذه الفترة أجريت عليها تطويرات كثيرة لتحسين كفاءتها والتغلب على مشاكل التشغيل والصيانة، ومن ثم يبدو أنها قد وصلت إلى الحدود القصوى لتطوير التكنولوجيا ولا يعتقد أن تتم تطويرات هامة في المستقبل ولكن يتوقع أن تحدث بعض أعمال التطوير المحدودة مثل [١١٣]:

- زيادة الحد الأقصى لدرجة حرارة التشغيل عن طريق استخدام أغشية متطورة لترشيح الفائق للمعالجة الأولية لمياه البحر لإزالة مكونات عسر المياه التي يمكن أن تترسب على أسطح انتقال الحرارة وتطوير كيماويات جديدة لمنع الترسيب.

جدول (١-٩)
مقارنة بين التكنولوجيات المختلفة لتحلية مياه البحر

التكنولوجيا	استهلاك الطاقة ك.و.س./م٣		التكلفة الاستثمارية بأسعار ١٩٩٠ دولار/ (متر مكعب/يوم)	أقصى سعة للوحدة (ألف م٣/يوم)	العوامل المحددة لحجم الوحدة	أفاق التطور المستقبلي
	حرارة	كهرباء				
١- تقطير ومضي متعدد المراحل	٥٥-١٢٠	٤-٦	١٤٠٠-٢٠٠٠	٥٠	المضخات وحدات الخلخلة	محدودة
٢- التقطير متعدد التأثيرات	٣٠-١٢٠	٢-٢,٥	١٢٠٠-١٥٠٠	٢٠	مشاكل التركيب والإنشاء	متوسطة
٣- التقطير بانضباط البخار	--	٦-١٨	١٥٠٠-٢٠٠٠	١	حجم الضواغط	متوسطة
٤- التناضح العكسي	--	٥-٧	١٠٠٠-١٢٠٠	١٠	حجم المضخات عالية الضغط	عالية

- تطوير مواد جديدة رخيصة مقاومة للتآكل مما يقلل من التكلفة الاستثمارية وتكلفة التشغيل.
- زيادة حجم الوحدات.

٢-٢ التقطير متعدد التأثيرات

تجرى حاليا أبحاث في عدة بلدان من أهمها الولايات المتحدة وإسرائيل وفرنسا لتطوير أداء هذه التكنولوجيات وتخفيض تكلفتها واستهلاكها من الطاقة. واحتمالات التطوير أكبر من التطوير في التقطير الومضي متعدد المراحل وقد ذكرنا فيما سبق المحاولات الجارية حاليا لتطوير تصميم جديد لوحدة مطورة لإنتاج ٢٨٤ ألف متر مكعب في اليوم وتستخدم فيها الخرسانة المسلحة كغلاف خارجي بدلا من المعادن المستخدمة حاليا. والتطويرات المستقبلية تشمل [١١٣]:

- التشغيل عند درجات حرارة أعلى مما يؤدي لزيادة نسبة الأداء وذلك بتحسين المعالجة الأولية لمياه البحر وطريقة توزيع المياه على أسطح الأنابيب.
- تحسين المواد المستخدمة في المبخرات بحيث تكون رخيصة ومقاومة للتآكل وفي نفس الوقت تسمح بانتقال الحرارة بكميات أكبر.

٢-٣ التقطير بانضغاط البخار

فيما يخص التقطير بانضغاط البخار حراريا فإن آفاق التطوير المستقبلية لا تختلف كثيرا عن تلك المتوقعة للتقطير متعدد التأثيرات والواقع أنه كثيرا ما يتم

المزاوجة بين العمليتين لإنتاج وحدات مهجنة أما بالنسبة للتقطير بانضغاط البخار ميكانيكيا فإن أهم التحديات الحالية هي تصنيع ضواغط بخار أكبر من المتوافرة حاليا بتكلفة اقتصادية ودرجة أعلى من الاعتمادية Reliability ومن المتوقع أن يتحقق هذا في المستقبل مما يؤدي إلى زيادة سعة الوحدات وتخفيض كل من التكلفة الاستثمارية وتكاليف التشغيل.

٢-٤ التناضح العكسي

من المتوقع أن تكون أهم التطويرات المستقبلية في تكنولوجيات إزالة الملوحة هي تلك التي ستحدث في تكنولوجيا التناضح العكسي. وخلال العقود الثلاث الماضية حدثت قفزات كبرى في هذه التكنولوجيا انعكست على الزيادة المطردة في نصيبها من سوق إزالة الملوحة. وهناك العديد من التحسينات المتوقع حدوثها في المستقبل مثل [١١٣]:

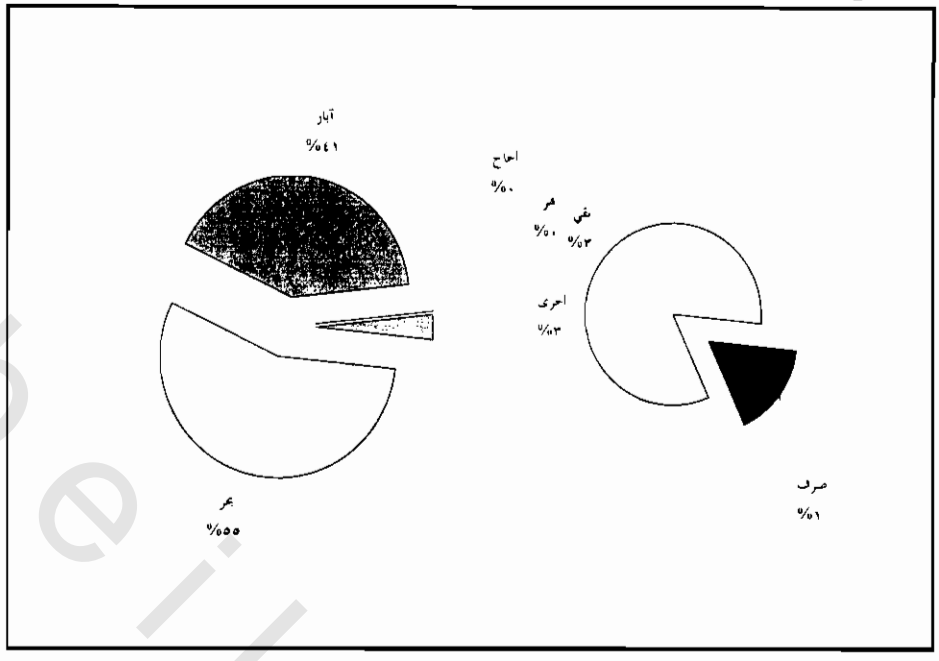
- تطوير أغشية مقاومة للبكتريا والكلور وبالتالي تزيد من عمر تشغيل الأغشية.
- تطوير أغشية تتحمل ضغوط أكبر وبالتالي تزيد من معدلات إنتاج الماء العذب.
- تطوير أغشية مصنعة من مواد جديدة وبخواص أفضل من تلك المتوافرة حاليا.
- تحسين عمليات المعالجة الأولية لإزالة الشوائب الدقيقة (عضوية وغير عضوية) التي تدمر الأغشية ويمكن أن يتم ذلك باستخدام المرشحات بالغة الدقة Microfilteration والمرشحات الفائقة Ultrafilteration.
- إنتاج أغشية ذات إنتاجية أكبر حجما.
- زيادة حجم الوحدات عن طريق تطوير المضخات عالية الضغط مما يؤدي إلى تقليل التكلفة الاستثمارية.
- تحسين كفاءة معدات استعادة الطاقة المستخدمة حاليا أو تطوير أنواع جديدة مما يؤدي إلى تخفيض استهلاك الطاقة وبالتالي تكلفة إنتاج الماء العذب.

obeikandl.com

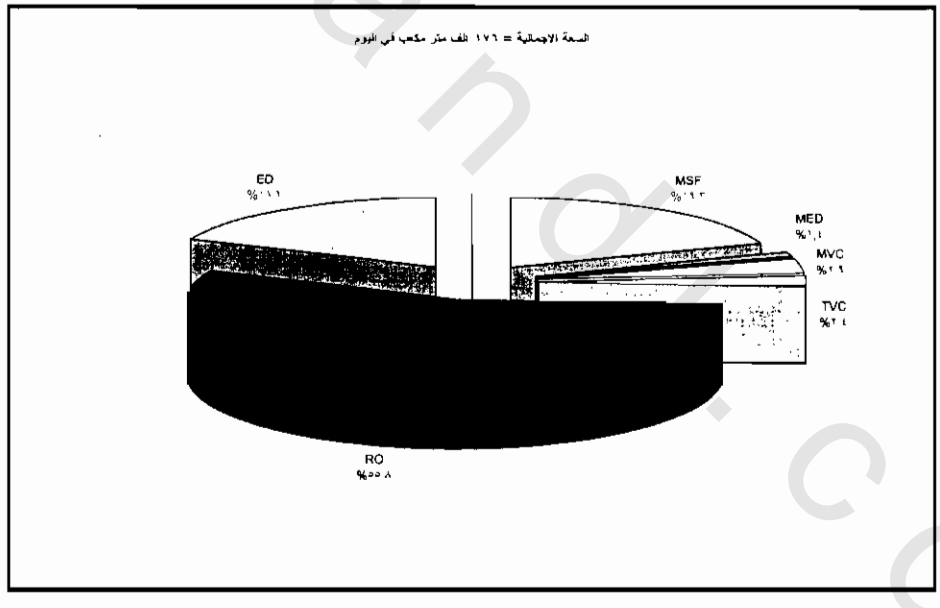
٣- الأوضاع الحالية لتكنولوجيات التحلية في مصر

بدأ استخدام تكنولوجيات إزالة الملوحة منذ أكثر من مائة عام بوحدة تقطير في حلوان لإنتاج مياه عذبة للاستخدامات المنزلية والتجارية في تلك المنطقة التي كانت بعيدة عن شبكة المياه في ذلك الوقت [١١٤]. ومع بدء عمليات التنقيب عن البترول أنشئت وحدة في رأس غارب عام ١٩٢٦. إلا أن الاستخدام الواسع للتكنولوجيات الحديثة بدأ في النصف الثاني من القرن العشرين واستخدمت في البداية لتوفير المياه الخالية من الأملاح اللازمة لمحطات توليد الكهرباء البخارية وللعمليات الصناعية ولم يبدأ استخدامها في توفير مياه الشرب بالمناطق الصحراوية النائية إلا في عام ١٩٦٩ [١١٠]. وبنهاية عام ١٩٩٧ بلغت السعة الإجمالية لإجمالي التعاقدات التي تمت في الفترة ١٩٦٠-١٩٩٧ حوالي ١٧٦ ألف متر مكعب في اليوم [١١٠].

يوضح شكلي (٦-٩) و(٧-٩)توزيع السعة الإجمالية لمنظومات إزالة الملوحة في نهاية ١٩٩٧ على أنواع مياه التغذية والتكنولوجيات المختلفة على التوالي ومنها يتضح أن حوالي ٥٥% من السعة الإجمالية لمحطات التحلية في مصر تستخدم في تحلية ماء البحر و٤١% لتحلية مياه الآبار المويلحة بينما لا تتعدى السعة الإجمالية للمحطات التي تستخدم في إزالة ملوحة أنواع المياه الأخرى ٤%. كما يتضح أنه بنهاية عام ١٩٩٧ كانت التكنولوجيا الرئيسية المستخدمة في مصر هي تكنولوجيا التناضح العكسي التي تمثل ٥٥,٨% من إجمالي السعة المركبة في مصر و٥٤% من السعة المركبة لتحلية ماء البحر و٥٤,٥% من السعة المركبة لتحلية مياه الآبار ولا ينافسها في تحلية مياه البحر إلا تكنولوجيا التقطير الومضي المتعدد المراحل بنصيب يبلغ حوالي ٣٥% من السعة المركبة، ولا ينافسها في تحلية مياه الآبار المويلحة سوى تكنولوجيا الفرز الغشائي الكهربي بنصيب يبلغ ٤٤,٥% من السعة المركبة وإذا علمنا أن استخدام تكنولوجيا التناضح العكسي في تحلية مياه البحر قد بدأ عام ١٩٨٢ بوحدة صغيرة سعتها ٤٠ متر مكعب في اليوم وبلغت عام ١٩٩٧ ما يقرب من ٣٥ ألف متر مكعب في اليوم لاتضح لنا المعدل السريع جدا لنمو استخدام هذه التكنولوجيا والواقع أنه في الفترة ١٩٨٧-١٩٩٧ كان معدل النمو السنوي لهذه التكنولوجيا في تحلية مياه البحر حوالي ٣٢% وكان المعدل السنوي لنموها في تحلية مياه الآبار حوالي ١٠%.



شكل (٦-٩): توزيع السعة الإجمالية لمنظومات إزالة الملوحة فى مصر على أنواع مياه التغذية فى نهاية ١٩٩٧



شكل (٧-٩): توزيع السعة الإجمالية لمنظومات إزالة الملوحة فى مصر على التكنولوجيات المختلفة فى ١٩٩٧

obeikandl.com

يوضح ملحق (١٩) تطور السعة المركبة من تكنولوجيات إزالة الملوحة بالقطاعات المختلفة ونصيب كل قطاع من السعة الإجمالية ويتضح من الملحق ما يلي:

- حتى عام ١٩٧٠ كانت الغالبية الساحقة من السعة المركبة في محطات توليد الكهرباء إلا أن نصيبها ظل يتناقص باطراد مع تزايد نصيب القطاعات الأخرى حتى وصل إلى ما يقرب من ٢٠% عام ١٩٩٧.
- بدأ استخدام تكنولوجيات إزالة الملوحة للأغراض المنزلية والصناعية اعتبارا من عام ١٩٦٩ وحتى عام ١٩٧٨ كان نصيب القطاع المنزلي والتجاري أكبر من نصيب القطاع الصناعي.
- تزايد نصيب قطاع الصناعة من المياه المحلاة حتى أصبح أكبر القطاعات المستهلكة عام ١٩٨٤ ثم أخذ يتناقص بعد ذلك تدريجيا مع نمو القطاع المنزلي والتجاري ودخول قطاعات أخرى كالسياحة والجيش ليصل إلى ٢٦% عام ١٩٩٧.
- بدأ استخدام تكنولوجيا إزالة الملوحة في قطاع السياحة (الفنادق – القرى السياحية) اعتبارا من عام ١٩٨١ وازداد نصيب هذا القطاع حتى وصل إلى ١٨,٢% عام ١٩٩٧.
- تستخدم المياه لأغراض الشرب في القطاعات المنزلية والتجارية، والسياحية، والجيش وقد تزايد نصيبهم معا من ٢٠% عام ١٩٨٠ إلى ٥٣,٥% عام ١٩٩٧.
- من المتوقع أن يزداد الاعتماد على المياه المحلاة في جميع القطاعات وإن كانت معدلات نمو القطاع المنزلي والتجاري وقطاع السياحة سوف تكون أكبر من بقية القطاعات.

٤- الآفاق المستقبلية لتكنولوجيات التحلية في مصر

قبل الاستطراد في تحليل السوق المستقبلية لتحلية مياه البحر في مصر من المهم أن نؤكد أنه بغض النظر عن حجم هذا السوق (وهو كبير) فإن تكنولوجيات

obeikandl.com

التحلية إذا ما تم توطينها في مصر يمكن أن تلعب دورا هاما في الاقتصاد المصري عن طريق تصدير معدات التحلية إلى المستهلك الأساسي لها في العالم وهو دول الخليج العربي. وفي هذا المضمار فإن مصر تمتلك إمكانيات هامة وإن كانت مبعثرة حاليا وأغلبها موجود في منطقة الخليج العربي ونذكرها بإيجاز فيما يلي:

١- مكاتب استشارية مصرية قامت بتصميم محطات تحلية عملاقة أو أجزاء منها في دول الخليج وأشرفت على التنفيذ واختبارات بدء التشغيل.

٢- شركات مقاولات مصرية قامت بتنفيذ أو المشاركة في تنفيذ محطات تحلية بمنطقة الخليج العربي.

٣- عمال ومهندسين مصريين شاركوا في إنشاء وتشغيل وصيانة محطات التحلية بمنطقة الخليج العربي.

٤- إمكانات صناعية هامة لتصنيع محطات التحلية وبالذات محطات التقطير في الترسانة البحرية والهيئة العربية للتصنيع والمصانع الحربية وإن كانت لا توجد حاليا إمكانيات لإنتاج السبائك الخاصة والمضخات الكبيرة اللازمة. إما بالنسبة لتكنولوجيا التناضح العكسي فالإمكانيات الصناعية محدودة نظرا لأن إنتاج الأغشية والمضخات عالية الضغط تحتاج إلى تكنولوجيا متطورة غير متوافرة حاليا.

لتحديد السوق المستقبلية لتكنولوجيا إزالة ملوحة مياه البحر سوف نتعرض في عجالة للموارد المائية المصرية وتطور احتياجات القطاعات المختلفة مع التركيز على مياه الشرب ولكن من الهام أن نشير هنا إلى الخطط الحكومية الرامية لإعادة استخدام مياه الصرف الزراعي [١١٥] والتي كانت تهدف إلى زيادة الكمية التي يعاد استخدامها بالدلتا من ٤,٢٧ مليار متر مكعب إلى ٧ مليار متر مكعب عام ٢٠٠٠ وإلى ٩ مليار متر مكعب بحلول عام ٢٠١٧ وذلك عن طريق عدة مشروعات أهمها:

- مشروع ترعة السلام ويستخدم ٢ مليار متر مكعب سنويا من مياه الصرف.
- مشروع مصرف العموم ويستخدم ١ مليار متر مكعب سنويا.
- مشروع مصرف البطس ويستخدم ٠,٤ مليار متر مكعب سنويا.

وتحتوي مياه الصرف الزراعي حاليا على نسبة من الأملاح تتراوح من ١٠٠٠ إلى ٧٠٠٠ جزء في المليون بالإضافة إلى تلوثها بالمبيدات والأسمدة، واستخدامها لري الأراضي دون معالجة قد يكون له آثار بيئية وصحية خطيرة. ولذا فمن المهم تنقية هذه المياه قبل إعادة استخدامها. وفي هذا المجال يمكن أن تلعب تكنولوجيات التناضح العكسي والترشيح الفائق دورا هاما في إنتاج مياه صالحة للاستخدام الزراعي. ونفس الشيء ينطبق على مياه الصرف الصناعي حيث قدرت احتياجات الصناعة من المياه عام ١٩٩٦/٩٥ بحوالي ٧,٥٣ مليارمتر مكعب يستهلك منها فعليا ٠,٤٥ مليار متر مكعب وتعود الكمية الباقية إلى النيل والترع والمصارف في حالة ملوثة [١١٥].

٤-١ الموارد المائية المصرية

تتكون الموارد الطبيعية في مصر من موارد متجددة تشمل مياه النيل، والأمطار والسيول وموارد غير متجددة تشمل المياه الجوفية في الصحاري وسيناء. إضافة إلى ذلك توجد مصادر غير تقليدية تشمل المياه الجوفية بالوادي والدلتا، وإعادة استخدام مياه الصرف الزراعي والصرف الصناعي والصحي المعالجة وهذه المصادر الغير تقليدية لا تعتبر من الموارد المائية المستقلة ولا يمكن أن تضاف إلى حصة مصر من المياه العذبة وإنما هي في الحقيقة إعادة لاستخدام مياه النيل بطريقة تزيد من كفاءة هذا الاستخدام وكلما زادت مرات إعادة الاستخدام ارتفعت الكفاءة الكلية لاستخدام المياه على المستوى القومي [١١٥]. وسوف نستعرض فيما يلي هذه الموارد وآفاق تنميتها.

٤-١-١ الموارد المتجددة

٤-١-١-١ نهر النيل

ينبع نهر النيل من أواسط أفريقيا ويصب في البحر المتوسط عابرا تسع دول أفريقية هي أثيوبيا وتنزانيا وكينيا وأوغندا وزائير ورواندا وبوروندي والسودان ومصر. ويعتمد نهر النيل في الحصول على مياهه على ثلاثة أحواض رئيسية هي:

obeikandl.com

(أ) حوض الهضبة الاستوائية وتتكون من مجموعة من البحيرات والأنهار والروافد التي تتجمع المياه منها في بحيرة البرت وتتحرك في نيل البرت وتعبر المياه إلى حدود السودان. وتقدر كمية المياه الداخلة للسودان بحوالي ٢٥ مليار متر مكعب عند بلدة بنجولي. وتقوم بعض الأنهار الصغير بتغذية النهر لتصل هذه الكمية إلى ٣٠ مليار متر مكعب عند بلدة منجلا. وتعبر المياه بحر الجبل وتنتشر في المستنقعات السودانية حيث تفقد ٥٠% من كمياتها وتصل إلى ١٥ مليار متر مكعب عند مدينة أسوان. ولذلك فقد حاولت الحكومة المصرية بالتعاون مع الحكومة السودانية شق قناة جونجلي من مدينة بور إلى مدينة ملكال لتوفير ٤ مليار متر مكعب في المرحلة الأولى ترتفع إلى ٧ مليار متر مكعب في المرحلة الثانية وتقسم مناصفة بين البلدين، إلا أن الحرب الأهلية في السودان أوقفت المشروع.

(ب) حوض الهضبة الأثيوبية ويتكون من ثلاثة أحواض صغرى رئيسية تمد النيل عند أسوان بحوالي ٧١ مليار متر مكعب وهي حوض نهر السوباط الذى يمد نهر النيل بكمية تقدر بحوالي ١٥,٣ مليار متر مكعب من المياه يفقد منها حوالي ٤,١ مليار متر مكعب نتيجة للبخر وتراكم المياه في المستنقعات وحوض النيل الأزرق الذي يقدر إيراده بحوالي ٤٨,٥ مليار متر مكعب وحوض نهر عطبره الذي يبلغ إيراده حوالي ١١,٥ مليار متر مكعب من المياه.

(ج) حوض بحر الغزال ويقع في الجزء الغربي من السودان وهو عبارة عن منخفض كبير ومنطقة مستنقعات ويبلغ إيراده ١٥ مليار متر مكعب تفقد بأكملها في منطقة المستنقعات ولا يصب منها في النهر سوى ٠,٥ مليار متر مكعب.

وبهذا فإن متوسط الإيراد السنوي لنهر النيل عند أسوان يبلغ ٨٤ مليار متر مكعب يفقد منها ١٠ مليار متر مكعب في بحيرة ناصر نتيجة للبخر. وقد حددت اتفاقية الانتفاع الكامل بمياه النيل المبرمة بين مصر والسودان في ٨ نوفمبر ١٩٥٩

نصيب البلدين من صافي إيراد النيل بعد تشغيل السد العالي بـ١٨,٥ مليار متر مكعب للسودان و٥٥,٥ مليار متر مكعب لمصر، وإذا زاد متوسط إيراد النيل فإن الزيادة في صافي الفائدة الناتجة عن زيادة الإيراد تقسم مناصفة بين البلدين [١١٦].

بناء على ما سبق، يلاحظ أن الهضبة الأثيوبية هي أهم منابع النيل وأخطرها على الإطلاق إذ تمد النيل عند أسوان بنحو ٨٥% من متوسط الإيراد السنوي للمياه. لذلك فإن أثيوبيا تشكل أهمية كبيرة للأمن القومي المصري وكثيرا ما استخدمت أثيوبيا للضغط على مصر عن طريق مياه النيل. فبعد شهر واحد من استقلال السودان أعلنت أثيوبيا أنها سوف تحتفظ لاستعمالها الخاص مستقبلا بموارد النيل وتصرفاته في أثيوبيا أي ٨٥% من أيراد النيل بأكمله. وفي هذا الإطار اتفقت أثيوبيا مع الولايات المتحدة – حليفتها الكبرى حينذاك – على قيام مكتب استصلاح الأراضي التابع لوزارة الداخلية الأمريكية بدراسة لموارد المياه في النيل الأزرق من أجل استغلالها لسد حاجات أثيوبيا في ميداني الري وتوليد الكهرباء. وقد أوصت الدراسة بإقامة أربعة خزانات رئيسية على النيل الأزرق يمكن لها أن تخزن ٥١ مليار متر مكعب من المياه تعادل تقريبا إيراد النيل الأزرق سنويا كما يمكنها توليد كمية من الكهرباء تفوق كهرباء السد العالي في مصر ثلاث مرات [١١٦].

لم تعترف أثيوبيا بشرعية اتفاقية عام ١٩٥٩ بين مصر والسودان على أساس أن الصفقة الثنائية بينهما ليست ملزمة قانونا لأثيوبيا. وأن الدولتان لا تسهمان في زيادة إيراد مياه النيل ومع ذلك فهما الدولتان الوحيدتان حتى الآن اللتان تستغلان مياهه بكثافة في مشروعات الري، وأنهما قد وقعتا هذه الاتفاقية دون أن يعنيا بمجرد التشاور مع أثيوبيا وبقية دول أعالي النيل التي تساهم أكبر مساهمة في إيرادات النهر، وأن أثيوبيا التي تسهم بـ ٧٢ مليار متر مكعب من مياه النيل لا تستخدم منه أكثر من مليار وأن الدول الست الأخرى التي يجري النيل في أراضيها لا تستخدم سوى ٠.٥ مليار متر مكعب رغم حاجتها لمزيد من المياه للأمن الغذائي وري الأراضي [١١٦]. وقد ظل الموقف الأثيوبي الرسمي على هذا المنوال إلى أن عقد اتفاق القاهرة الذي وقعه الرئيسان حسني مبارك وميليس زيناوي في ١ يوليو ١٩٩٣ الذي وضع إطار للتعاون العام بين مصر وأثيوبيا لتنمية موارد النيل

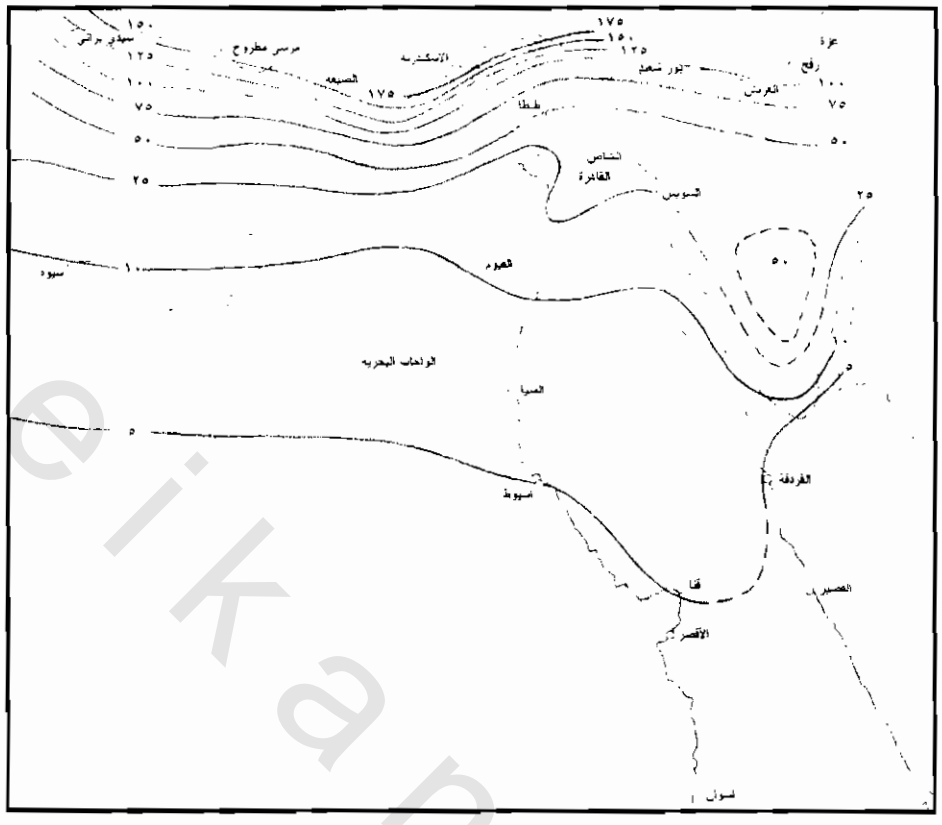
وتعزيز مصالحها الاقتصادية والسياسية وفي أحد بنوده يتعهد الطرفان بالامتناع عن أي نشاط يؤدي إلى إحداث ضرر بمصالح الطرف الآخر فيما يختص بمياه النيل، كما تعهدا بالتشاور والتعاون في المشروعات ذات الفائدة المتبادلة [١١٦].

ورغم هذه الاتفاقية الهامة والاتفاقات الأخرى الموقعة مع دول منابع النيل الاستوائية – والتي يمكن الرجوع لتفاصيلها في العرض الممتاز الذي قام به الدكتور/ منصور العادلي في المرجع رقم [١١٦]– فإن حقيقة أن مصر دولة مصب وأن دول المنبع تعاني من ضغوط اقتصادية وسكانية عاتية ترجح احتمالات حدوث خلافات في المستقبل حول إعادة تقسيم موارد النيل. وبناء على العرض السابق لأوضاع مياه النيل فإننا نخلص إلى ما يلي:

- من غير المتوقع أن تزيد موارد مصر من مياه النيل في المستقبل المنظور عما تحصل عليه حاليا أى ٥٥,٥ مليار متر مكعب في العام.
- على المدى الأبعد هناك احتمال بأن تنخفض هذه الموارد بسبب تزايد احتياجات دول المنبع، وتزداد هذه الاحتمالات في حالة حدوث تغيرات تؤدي إلى وصول قوى راديكالية معادية للغرب للحكم في مصر.

٤-١-١-٢ الأمطار والسيول

تقع مصر ضمن المنطقة الجافة ويتراوح المناخ ما بين جاف وشديد الجفاف وتعد منطقة الساحل الشمالي من أكثر مناطق مصر تعرضا للأمطار حيث يتراوح متوسط الهطول السنوى من ١٧٥ إلى ٢٠٠ مم. وينخفض المتوسط السنوي لهطول الأمطار بشكل سريع كلما اتجهنا جنوبا – كما يتضح من شكل (٨-٩) – ليصل إلى حوالي ٢٥ مم عند القاهرة ولا يزيد عن ٥ مم في معظم مناطق مصر. لذلك فإن كميات الأمطار القليلة لا يمكن الاعتماد عليها كمورد ثابت للمياه، وتسهم الأمطار في توفير جزء يسير من احتياجات الزراعة يقدر بحوالي ١ مليار متر مكعب من المياه سنويا [١١٥]. وتقدر الزراعات المطرية بالساحل الشمالي الغربي بنحو ٢٥٠أ لف فدان وكذلك هناك حوالي ٢٥٠ ألف فدان أخرى تزرع بزراعات مطرية في سيناء.



شكل (٨-٩): المتوسط السنوي لسقوط الأمطار في مناطق مصر بالمليمتر

وعلى الجانب الآخر فإن السيول التي تسببها العواصف المطرية قصيرة الزمن تسبب خطرا بيئيا على مناطق البحر الأحمر وجنوب سيناء. وقد أوضحت بعض الدراسات إمكانية حصاد هذه المياه والاستفادة منها إما بشحن الخزانات الجوفية المحلية أو لأغراض الشرب والري مباشرة وتقدر كميات الأمطار والسيول الإضافية التي يمكن استغلالها بحوالي ١ مليار متر مكعب سنويا [١١٥]، إلا أنه لا توجد خطط محددة لاستغلال هذه المياه وعلى هذا فلن نأخذها في الاعتبار عند حساب الموارد المائية المستقبلية.

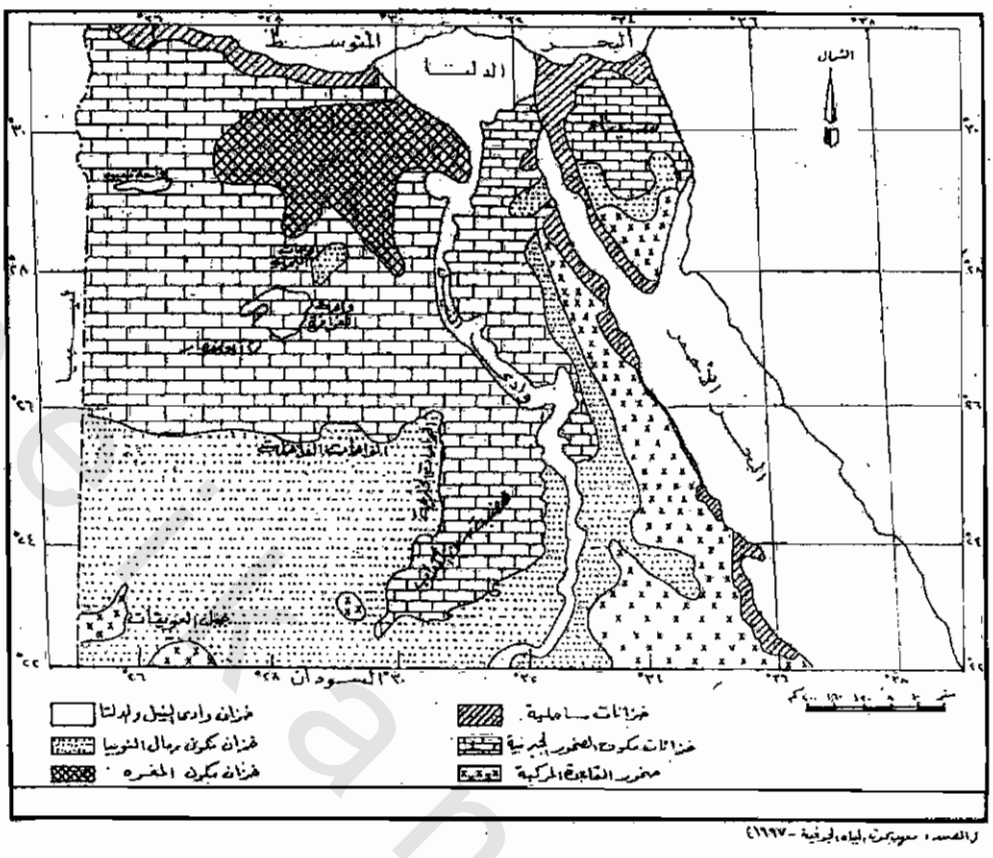
٤-١-١-٣ المياه الجوفية المتجددة

وهي الخزانات الجوفية الساحلية في مناطق الساحل الشمالي الغربي ومناطق شمال وجنوب سيناء الساحلية وتحتوي على مصادر مائية متجددة من خلال مياه الأمطار المتسربة لباطن الأرض ويعتمد معدل السحب الآمن منها على معدل تغذيتها بالمياه وفي حالة تزايد معدلات السحب عن معدل السحب الآمن يحدث تداخل لمياه البحر مما يؤدي لزيادة ملوحتها كما حدث في وادي العريش حيث تقدر التغذية السنوية للخزان الجوفي بحوالي ١٦ مليون متر مكعب بينما يبلغ معدل السحب الحالي لأغراض الرى والشرب حوالي ٢٠,٥ مليون متر مكعب سنويا [١١٧].

يلخص ملحق (٢٠) الإمكانات الحالية لاستغلال المياه الجوفية المتجددة بالمناطق الساحلية ومنه يتضح أن إجمالي التغذية السنوية للخزانات الجوفية بمناطق شمال وجنوب سيناء تبلغ ٧٩,١٤ مليون متر مكعب سنويا بينما المتاح للاستغلال الآمن منها يقدر بحوالي ٤٥,٦ مليون متر مكعب وتتجاوز معدلات السحب الحالي في مناطق العريش والشيخ زويد-رفح معدلات التغذية السنوية للخزانات الجوفية بها مما أدى إلى هبوط مستوى المياه الجوفية إلى ما دون سطح البحر في معظم أجزاء هذه المناطق وزيادة ملوحتها [١١٧]. أما في مناطق الساحل الشمالي الغربي فإن إجمالي التغذية السنوية للخزانات الجوفية بها يبلغ ٢٩,٤٣ مليون متر مكعب سنويا متاح منها للاستغلال الآمن ما يقرب من ١٥ مليون متر مكعب سنويا.

٤-١-٢ الموارد غير المتجددة

وهي الموارد المائية التي تكونت في العصر المطير منذ آلاف السنين نتيجة لتسرب مياه الأمطار إلى خزانات جوفية عميقة، وتوجد المياه الجوفية في معظم مناطق مصر كما يتضح من شكل (٩-٩) وإن كانت نوعية المياه وعمقها ومن ثم الحد الاقتصادي لاستخراجها تختلف من خزان لآخر. ومن أهم هذه الخزانات الجوفية الخزان الرملي النوبي بالصحراء الغربية (في مناطق الواحات بالوادي



المصدر: هيئة المساحة الجيولوجية والثروة المعدنية، ١٩٩٧

شكل (٩-٩): التوزيع السطحى لأحواض الخزانات الجوفية الرئيسية فى مصر

الجديد وشرق العوينات) وامتداداته بسيناء. وتقدر قيمة المياه العذبة المختزنة بالخزان الرملي النوبي بحوالي ٢٠٠ ألف مليار متر مكعب [١١٥]. ونظرا لأن هذا الخزان عميق وأحفوري Fossil – أي أنه كحقول البترول غير متجدد – فإن الكمية التي يمكن استغلالها تتوقف على اقتصاديات ضخ المياه منه. وقد قدر معهد المياه الجوفية جملة السحب لعام ١٩٩٦/٩٥ من الصحراء الغربية بحوالي ٤٨٠ مليون متر مكعب ومن سيناء بحوالي ٩٠ مليون متر مكعب [١١٥]. وتخطط الدولة حاليا لاستخدام المياه الجوفية الغير متجددة في المراحل الأولى للتنمية في مناطق

مشروع توشكى ويمكن تصنيف إمكانات المياه الجوفية لمنطقة جنوب مصر على النحو الموضح في ملحق (٢١) والذي يتضح منه ما يلي [١١٥]:

١- بوجه عام معظم المناطق التابعة لمحافظة الوادي الجديد تقل فيها احتمالات التغذية ويمكن معاملة المياه الجوفية بها على أنها غير متجددة تقريبا.

٢- الظروف الهيدروجيولوجية السائدة في واحة الخارجة مثال واضح لإمكان تحول الإمكانات من عالية إلى متوسطة إلى ضعيفة نتيجة الإدارة المائية غير المناسبة.

٣- تتميز منطقة جنوب الخارجة (درب الأربعين) بضعف الإمكانات المائية بالمقارنة بباقي أجزاء محافظة الوادي الجديد نظرا للتغيرات الجيولوجية التي أدت إلى إضعاف الاتصال بين الطبقات الحاملة للمياه الجوفية بها وتلك التابعة لحوض الخارجة.

٤- المنطقة الواقعة ضمن خور توشكي (شمال وجنوب) والتي تقع أيضا ضمن زمام ترعة الشيخ زايد يمكن اعتبارها مناسبة للتنمية على المياه الجوفية نظرا للاحتمالات العالية للتغذية من بحيرة ناصر ونفس الوضع ينطبق على منطقة البحيرة.

تم إجراء عدة دراسات لتقييم مصادر المياه الجوفية بالخزان الرملي وقد أسفرت هذه الدراسات – التي رصدت في دراسة "موارد المياه والأراضي الزراعية وآفاق تنميتها" ضمن مشروع مصر ٢٠٢٠ [١١٧] – عن إمكانية رفع معدلات السحب الحالية في مناطق الصحراء الغربية من ٥١٠ مليون متر مكعب سنويا إلى ٢٦٤٢ مليون متر مكعب سنويا لمدة ١٠٠ عام على أساس حدود الرفع الاقتصادي للمياه في كل من تلك المناطق، كما يمكن رفع معدلات السحب من الخزان الجوفي لرمال المالحة بسيناء من ١,٣٥ مليون متر مكعب سنويا في الوقت الحالي إلى ٦,٣٥ مليون متر مكعب سنويا لمدة ١٠٠ عام وإن كان عمق الرفع الحدي للمياه في سيناء قد تم تحديده على أساس عمق رفع اختياري وغير مرتبط

obeikandl.com

باقتصاديات استخدام المياه والتي على أساسها يتم اختيار أفضل البرامج لاستغلال المياه الجوفية.

نظرا لأن هذه الموارد غير متجددة فلا يمكن الاعتماد عليها في المدى الطويل لتحقيق تنمية مستدامة لأنها سوف تنضب في يوم من الأيام أو سيصبح استخراجها غير اقتصادي. ولكن يمكن بالطبع بالإدارة الرشيدة لهذا المورد الناضب استمرار استخدامها لفترة أطول وهو ما لا يتوافر حاليا للأسف الشديد. فنتيجة للإدارة العشوائية لهذا المورد ظهرت العديد من المشاكل مثل:

١- إهدار المياه في المناطق التي لا تزال فيها المياه الجوفية متدفقة (تحت ضغط).

٢- الانخفاض المطرد للضغوط المائية نتيجة تداخل مناطق السحب والتركيز على نطاقات محددة.

٣- نضوب عدد كبير من العيون الطبيعية والآبار الضحلة نتيجة السحب العالي من آبار عميقة مجاورة لها.

٤- مشاكل الصرف الزراعي وتدهور التربة.

٥- انخفاض مستوى المياه الجوفية ومن ثم الزيادة المطردة لتكاليف الضخ.

من المتوقع أن يتم استغلال هذه الموارد الغير متجددة في الزراعة أساسا. ومن ثم فمن المتوقع أن يكون السحب لتلبية احتياجات التوسع الزراعي بالصحراء الغربية وسيناء التي تقدر بـ ٦٠٠ ألف فدان تحتاج إلى ٤,٢ مليار متر مكعب من المتوقع الوصول إليها عام ٢٠٢٠.

٤-١-٣ المصادر غير التقليدية

وتشمل المياه الجوفية بوادي النيل والدلتا وإعادة استخدام مياه الصرف الزراعي ومياه الصرف الصحي المعالجة وكما ذكرنا من قبل فإن هذه المصادر لا تعتبر من الموارد المائية المستقلة وإنما هي في الحقيقة إعادة لاستخدام موارد مياه النيل وسوف نتناول بإيجاز كل من هذه المصادر فيما يلي:

٤-١-٣-١ المياه الجوفية بوادي النيل والدلتا

المصدر الرئيسي للخزانات الجوفية بوادى النيل والدلتا الموضحة في شكل (٩-٩) هو المياه المتسربة من مجرى النيل والترع والمصارف إلى باطن الأرض والتي تغذي هذه الخزانات بشكل مستمر. ومن ثم فإن المياه المسحوبة من هذا الخزان سوف يتم تعويضها إما بمياه سطحية أو بمياه البحر. وتقدر كمية المياه العذبة المخزنة في هذا الخزان بحوالي ٥٠٠ مليار متر مكعب أى حوالي أربعة أمثال السعة التخزينية لبحيرة ناصر.

وقد أوضحت الدراسات [١١٧] أن معدل التغذية السنوية للمياه الجوفية بوادي النيل والدلتا حوالي ١١,٧مليار متر مكعب وأن الفاقد السنوي من الخزان الجوفي حوالي ٤,٢ مليار متر مكعب ومن ثم فإن معدل السحب الآمن من المياه الجوفية بوادي النيل والدلتا يقدر بحوالي ٧,٥ مليار متر مكعب سنويا بينما كان معدل السحب عام ١٩٩٦/٩٥ حوالي ٥,٢ مليار متر مكعب ويلخص جدول (٢-٩) إمكانيات المياه الجوفية المتاحة بخزان وادى النيل والدلتا.

جدول(٢-٩)

إمكانيات المياه الجوفية المتاحة في خزان وادي النيل والدلتا
(مليون متر مكعب/سنة)

الخزان	حدود السحب الآمن	معدل السحب من الخزان الجوفى ١٩٩٦/٩٥			المتاح للتوسع المستقبلى
		أغراض الشرب	أغراض الرى	الإجمالى	
وادى النيل	٣١٧٣	٢٤٢	٢١٨١	٢٤٢٢	٧٥١
الدلتا	٤٣١١	٤٤٢	٢٣١٠	٢٧٥٢	١٦٤٦
الإجمالى	٧٤٨٤	٦٨٤	٤٤٩١	٥١٧٤	٢٣٩٧

٤-١-٣-٢ إعادة استخدام الصرف الزراعي

تعود مياه الصرف الزراعي المستخدمة في الصعيد والتي تقدر بحوالي ٨,٤٢ مليار متر مكعب سنويا [١١٥] إلى النيل مباشرة مما يؤدي لرفع ملوحة المياه من ٢٠٠ جزء في المليون عند أسوان إلى ٣٥٠ جزء في المليون عند القاهرة. أما بالنسبة لمياه الصرف الزراعي بالدلتا والتي تتراوح ملوحتها من ١٠٠٠ إلى ٧٠٠٠ جزء في المليون – وإن كان معظمها تقل ملوحته عن ٣٠٠٠ جزء في المليون – فيتم تجميعها في شبكة من المصارف ويتم التخلص منها في البحر الأبيض المتوسط. وتعتمد كمية المياه التي تصرف إلى البحر على عوامل عديدة مثل كمية المياه التي تعبر السد العالي في أسوان والتركيب المحصولي وكفاءة شبكة الري. وقد وصل حجم إعادة الاستخدام في الدلتا عام ١٩٩٦/٩٥ إلى ٤,٢٧ مليار متر مكعب ومن المتوقع أن تصل عام ٢٠٠٢ إلى ٧ مليار متر مكعب وتستهدف وزارة الأشغال العامة والموارد المائية أن تصل بحجم إعادة الاستخدام إلى ٩ مليار متر مكعب عام ٢٠١٧ [١١٥].

ويبدو أن هذه الكمية المستهدفة تفترض الانتهاء من قناة جونجلي المتوقفة حاليا، حيث أنه ينبغي الالتزام بصرف نسبة لا تقل عن ٥٠% من إجمالي كميات مياه الصرف إلى البحر وذلك للحفاظ على التوازن الملحي بالدلتا ومنع التداخل العميق لمياه البحر مع الخزان الجوفي بشمال الدلتا. وقد تراوح إجمالي مياه الصرف في الفترة ١٩٨٤-١٩٨٨ من ١٢ إلى ١٤ مليار متر مكعب. وعلى ضوء ثبات الكمية المنصرفة من السد العالي تقريبا منذ إنشاءه فلا يتوقع أن تزيد كمية المياه المعاد استخدامها في الدلتا عن ٧ مليار متر مكعب سنويا، يتوقع الوصول إليها عام ٢٠٠٢ بسبب التأخير في إنجاز ترعة السلام وسوف تظل ثابتة حتى عام ٢٠٢٠ على الأقل.

٤-١-٣-٣ إعادة استخدام مياه الصرف الصناعي

لا يوجد في الوقت الحالي حصر دقيق لاحتياجات قطاع الصناعة وقد تراوحت تقديرات الاحتياجات لعام ١٩٩٦/٩٥ ما بين ٥ مليار متر مكعب [١١٨] و٧,٥٣

مليار متر مكعب [١١٥] كما تراوحت تقديرات نسبة الصرف الصناعي ما بين ٨٢% من سحب الصناعة [١١٩] و٩٤% من سحب الصناعة [١١٥]. وبغض النظر عن الكمية التي تسحبها الصناعة للاستخدامات المختلفة فإن النسبة الكبرى منها تعود مرة أخرى إلى النيل والترع والمصارف وإن كانت في حالة ملوثة وهي مشكلة بيئية في الأساس ولكن من ناحية الموارد فإن هذه المياه تختلط بمياه النيل وتصبح متاحة للاستخدام.

ولتقدير كمية الصرف الصناعي العائدة إلى النظام (النيل وملحقاته) فإننا نعتقد أن نسبة الصرف الصناعي الواقعية حوالي ٨٢% من السحب الذي سيصل عام ٢٠٢٠ إلى حوالي ٧.٦ مليار متر مكعب ومن ثم سوف تصل كمية الصرف الصناعي إلى حوالي ٦,٢ مليار متر مكعب.

٤-١-٣-٤ إعادة استخدام مياه الصرف الصحي

بدأ استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في مصر عام ١٩٢٥ بمنطقة الجبل الأصفر شمال شرق القاهرة حيث كانت تستخدم مياه الصرف الصحي بعد معالجة أولية في زراعة ٢٥ ألف فدان. إلا أنه بعد حوالي عشرين سنة من التشغيل كانت مياه الصرف الصحي قد تضاعفت وأصبحت محطة المعالجة عاجزة عن معالجة هذه الكمية الكبيرة مما أدى إلى استخدامها بدون معالجة في الزراعة، ونتج عن ذلك تدمير المنطقة الزراعية وانتشار برك المجارى في المنطقة. ورغم أن تجربة الجبل الأصفر لم تكن ناجحة تماما إلا أن هذا لا يعني عدم إمكانية معالجة مياه الصرف الصحي واستخدامها في الزراعة في مصر والواقع أن مياه الصرف الصحي المعالجة تعد مصدر إضافيا جديدا لمياه الزراعة طالما تمت بالأساليب والضمانات العلمية.

قدرت كمية مياه الصرف الصحي المعالجة عام ١٩٩٦/٩٥ بحوالي ٠,٧ مليار متر مكعب يمكن زيادتها إلى ١,٣ مليار متر مكعب عام ٢٠٠١ وإلى ٢,٤ مليار متر مكعب بحلول عام ٢٠١٧. ويمكن استخدام هذه المياه في استصلاح الأراضي

obeikandl.com

وزراعتها بمحاصيل غير غذائية كالقطن والكتان [١١٥]. إلا أنه من المتوقع أن تستغل مياه الصرف الصحي المعالجة في القاهرة والإسكندرية فقط لزراعة حوالي ٢٥٠ ألف فدان حول المدينتين، وتقدر هذه الكمية بحوالي ١,٧ مليار متر مكعب من المتوقع الوصول إليها تدريجيا بحلول عام ٢٠٢٠.

٤-٢ تنمية مصادر المياه

من الاستعراض السابق للموارد المائية يتضح أن المورد الرئيسي للمياه في مصر هو نهر النيل الذى مثلت احتياجات الزراعة عام ١٩٩٦/٩٥ حوالي ٩٠% من موارده وتنمية مصادر المياه لتلبية احتياجات القطاعات المختلفة تعتمد على شقين رئيسيين. أولهما: تنمية موارد النيل وذلك عن طريق مشروعات أعالي النيل وثانيهما: ترشيد استخدام المياه بتقليل الفاقد منها وزيادة كفاءة استخدامها عن طريق إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي والصناعي والصحي.

على ضوء المشاكل السياسية في بلدان أعالي النيل فلا يتوقع أن تنجز أي مشروعات بما في ذلك مشروع قناة جونجلي حتى عام ٢٠٢٠ وعلى هذا فإن من المفترض أن يظل إيراد نهر النيل ثابتا عند ٥٥,٥ مليار متر مكعب سنويا. أما فيما يخص ترشيد استهلاك المياه فكما ذكرنا من قبل فإن المستهلك الرئيسي هو الزراعة ويمكن نظريا تخفيض احتياجات الري إلى النصف إذا ما تم تحويل الري التقليدي بالغمر إلى ري حديث بالرش أو التنقيط إلا أن هذا الأمر يحول دونه عائقان هما:

(أ) صعوبة تغيير السلوك والممارسات المرتبطة بالرى التي استقرت منذ نشأة الدولة في مصر منذ آلاف السنين.

(ب) عدم وجود حوافز اقتصادية تدفع المزارعين (كبارهم وصغارهم) لتحمل تكلفة البنية الأساسية اللازمة للرى الحديث حيث أنهم يحصلون على المياه بالمجان من نهر النيل وشبكة الترع المرتبطة. وفي ظل صعوبة تسعير مياه النيل لأسباب سياسية واجتماعية فلا يتوقع أن يتم ذلك على الأقل بالنسبة للأراضي القديمة في وادى النيل والدلتا.

أما بالنسبة للمياه الجوفية العميقة الغير متجددة فهي مصدر ناضب ومستقل عن نهر النيل ومن ثم لا يؤثر فيه أو يتأثر به كما ذكرنا من قبل فإن السحب منه سوف يكون لتلبية احتياجات التوسع الزراعي. وعلى ضوء ثبات كمية مياه النيل والسحب المتوقع من الخزانات الجوفية العميقة وعلى ضوء التوقعات المتعلقة للزيادة في المصادر غير التقليدية فمن المتوقع أن تزاد الموارد المائية من ٧٩,٧ مليار متر مكعب عام ١٩٩٥ إلى نحو ٩٢,٢ مليار متر مكعب عام ٢٠٢٠ كما هو موضح في جدول (٣-٩).

٤-٣ الاحتياجات الحالية والمستقبلية من المياه

تشمل الاحتياجات المائية في مصر أربعة عناصر رئيسية هي الري للأراضي القديمة والمستصلحة ومياه الشرب ومياه الصناعة واحتياجات الملاحة. ولحساب الاتزان المائي القومي يجب أن يضاف إلى ذلك المياه التي تصرف للبحر لمنع تداخل مياه البحر والبخر الذى يحدث في المنظومة المائية. وسوف تعالج بإيجاز هذه الاحتياجات فيما يلي:

٤-٣-١ احتياجات الرى

تمثل الاحتياجات المائية الزراعية الجزء الأكبر من الاحتياجات المائية على المستوى القومي والتي يتم توفير الجانب الأكبر منها عن طريق شبكة الري بمصر، وبالرغم من الفاقد في الأراضي الزراعية القديمة نتيجة الزحف العمراني المستمر إلا أن بيانات المساحة المحصولية تشير إلى تزايد الاستهلاك المائي نتيجة زيادة المساحات المستصلحة وأيضا نتيجة لزيادة الكثافة المحصولية للفدان حيث يتم زراعة أكثر من محصول واحد على مدار العام [١١٥]. ويوضح ملحق (٢٢) تطور احتياجات الري في الفترة ١٩٧١/٧٠-١٩٩٨/٩٧ وكما يتضح من الملحق فقد كانت أقل كمية من المياه المستخدمة في الزراعة طوال الفترة هي ٤٥,٦ مليار متر مكعب عام ١٩٩٢/٩١ وأكبر كمية مستخدمة ٥٠,٥ مليار متر مكعب عام ١٩٩٨/٩٧ وتمثل المياه المستخدمة في الزراعة حوالي ٩٠% من مياه النيل.

جدول (٣-٩)
التوقعات المستقبلية لتنمية الموارد المائية

السنة	الموارد التقليدية				الموارد غيرالتقليدية				الاجمالي
	مياه النيل	الأمطار والسيول	المياه الجوفية المتجددة	المياه الجوفية العميقة	المياه الجوفية بوادي النيل والدلتا	مياه الصرف الزراعي	مياه الصرف الصناعي	مياه الصرف الصحي	
١٩٩٥	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٠	٠,٥٧٠	٥,٢٠٠	١٢,٦٩٠	٣,٩٧٩	٠,٧٠٠	٧٩,٦٨٨
١٩٩٦	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٠	٠,٨٧٠	٥,٥٢٩	١٣,٠٨٠	٤,٠٦٩	٠,٧٤٠	٨٠,٨٣٧
١٩٩٧	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٠	١,١٧٠	٥,٨٥٧	١٣,٤٧٠	٤,١٥٩	٠,٧٨٠	٨١,٩٨٦
١٩٩٨	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥١	١,٤٧٠	٦,١٨٦	١٣,٨٦٠	٤,٢٤٩	٠,٨٢٠	٨٣,١٣٦
١٩٩٩	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥١	١,٧٧٠	٦,٥١٤	١٤,٢٥٠	٤,٣٣٩	٠,٨٦٠	٨٤,٢٨٥
٢٠٠٠	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٢	٢,٠٧٠	٦,٨٤٣	١٤,٦٤٠	٤,٤٣٠	٠,٩٠٠	٨٥,٤٣٤
٢٠٠١	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٢	٢,٣٧٠	٧,١٧١	١٥,٠٣٠	٤,٥٢٠	٠,٩٤٠	٨٦,٥٨٣
٢٠٠٢	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٢	٢,٦٧٠	٧,٥٠٠	١٥,٤٢٠	٤,٦١٠	٠,٩٨٠	٨٧,٧٣٢
٢٠٠٣	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٣	٢,٧٨٧	٧,٥٠٠	١٥,٤٢٠	٤,٧٠٠	١,٠٢٠	٨٧,٩٨٠
٢٠٠٤	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٣	٢,٩٠٣	٧,٥٠٠	١٥,٤٢٠	٤,٧٩٠	١,٠٦٠	٨٨,٢٢٧
٢٠٠٥	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٤	٣,٠٢٠	٧,٥٠٠	١٥,٤٢٠	٤,٨٨١	١,١٠٠	٨٨,٤٧٤
٢٠٠٦	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٤	٣,١٣٧	٧,٥٠٠	١٥,٤٢٠	٤,٩٧١	١,١٤٠	٨٨,٧٢١
٢٠٠٧	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٤	٣,٢٥٣	٧,٥٠٠	١٥,٤٢٠	٥,٠٦١	١,١٨٠	٨٨,٩٦٩
٢٠٠٨	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٥	٣,٣٧٠	٧,٥٠٠	١٥,٤٢٠	٥,١٥١	١,٢٢٠	٨٩,٢١٦
٢٠٠٩	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٥	٣,٤٨٧	٧,٥٠٠	١٥,٤٢٠	٥,٢٤١	١,٢٦٠	٨٩,٤٦٣
٢٠١٠	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٦	٣,٦٠٣	٧,٥٠٠	١٥,٤٢٠	٥,٣٣٢	١,٣٠٠	٨٩,٧١٠
٢٠١١	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٦	٣,٧٢٠	٧,٥٠٠	١٥,٤٢٠	٥,٤٢٢	١,٣٤٠	٨٩,٩٥٨
٢٠١٢	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٦	٣,٨٣٧	٧,٥٠٠	١٥,٤٢٠	٥,٥١٢	١,٣٨٠	٩٠,٢٠٥
٢٠١٣	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٧	٣,٩٥٣	٧,٥٠٠	١٥,٤٢٠	٥,٦٠٢	١,٤٢٠	٩٠,٤٥٢
٢٠١٤	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٧	٤,٠٧٠	٧,٥٠٠	١٥,٤٢٠	٥,٦٩٢	١,٤٦٠	٩٠,٧٠٠
٢٠١٥	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٨	٤,١٨٧	٧,٥٠٠	١٥,٤٢٠	٥,٧٨٣	١,٥٠٠	٩٠,٩٤٧
٢٠١٦	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٨	٤,٣٠٣	٧,٥٠٠	١٥,٤٢٠	٥,٨٧٣	١,٥٤٠	٩١,١٩٤
٢٠١٧	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٨	٤,٤٢٠	٧,٥٠٠	١٥,٤٢٠	٥,٩٦٣	١,٥٨٠	٩١,٤٤١
٢٠١٨	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٩	٤,٥٣٧	٧,٥٠٠	١٥,٤٢٠	٦,٠٥٣	١,٦٢٠	٩١,٦٨٩
٢٠١٩	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٩	٤,٦٥٣	٧,٥٠٠	١٥,٤٢٠	٦,١٤٣	١,٦٦٠	٩١,٩٣٦
٢٠٢٠	٥٥,٥٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٥٩	٤,٧٧٠	٧,٥٠٠	١٥,٤٢٠	٦,٢٣٤	١,٧٠٠	٩٢,١٨٣

تتضمن احتياجات القطاع الاحتياجات المائية للأراضي المنزرعة حاليا والتي بلغت مساحتها عام ١٩٩٦/٩٥ حوالي ٧,٨٥ مليون فدان بالإضافة إلى الاحتياجات المستقبلية التي يتم حسابها بناء على خطة التوسع الأفقي والتي تهدف إلى استصلاح مساحة ٣,٤ مليون فدان حتى عام ٢٠١٧ تتضمن ٢٥٠ ألف فدان بوسط سيناء تروى بالمياه النيلية التي يتم تدبيرها عند إتمام المرحلة الأولى من قناة جونجلي [١١٥] ويوضح ملحق (٢٣) احتياجات خطة التوسع الأفقي طبقا لتقديرات وزارة الأشغال العامة والموارد المائية [١١٥].

وقد قامت وزارة الأشغال العامة والموارد المائية بحساب الاحتياجات المائية لخطة التوسع الأفقي بافتراض أن متوسط الاحتياجات المائية للفدان هي ٥٢٠٠ متر مكعب بالوجه البحرى و٧٠٠٠ متر مكعب بالوجه القبلي والصحراء الغربية وسيناء وذلك بناء على أن نظام الري المستخدم هو نظام الري المتطور بالرش أو بالتنقيط مع عدم زراعة المحاصيل المستهلكة للمياه وبالتالي يصبح الاستهلاك الفعلي للنبات في المتوسط ٤٠٠٠ متر مكعب سنويا غير شاملة الفاقد [١١٥]. ولن نناقش هنا واقعية خطة التوسع المستقبلي أو تقديرات احتياجات الفدان من المياه التي يرى بعض الخبراء [١١٨] أنها لا يمكن أن تتجاوز ٢,٣ مليون فدان حتى عام ٢٠٢٠ وأن أقصى تقدير لإجمالي المساحة المنزرعة في مصر سيكون نحو ٩,٢ مليون بعد استقطاع مساحات الأراضي الزراعية التي ستفقد لاستخدامات أخرى تروى ٦ مليون فدان منها بالطرق التقليدية (متوسط ٧٥٠٠ متر مكعب للفدان في السنة) وتروى ٣,٢ مليون منها بالطرق الحديثة مثل الرش والتنقيط (متوسط ٣٠٠٠ متر مكعب للفدان في السنة).

وقد اعتمدنا على تقديرات وزارة الأشغال العامة والموارد المائية [١١٥] الموضحة في ملحق (٢٣) مع استبعاد الأراضي التي ستعتمد على مياه قناة جونجلي وتصحيح احتياجات الري طبقا لمتوسطات الاحتياجات المائية للفدان التي افترضتها الوزارة والتي لا تطابق الحسابات الواردة في ملحق (٢٣) وذلك عند تقدير الاحتياجات المستقبلية من مياه الزراعة الموضحة تفصيلا في جدول (٤-٩).

جدول (٤-٩)
الاحتياجات المستقبلية لقطاع الزراعة

السنة	١,٢ مليون فدان بالوادي والدلتا	٠,٥٥٠ مليون فدان بمصر العليا	٠,٠٥٠ مليون فدان بغرب الدلتا	٠,٥٠٠ مليون فدان بتوشكى	٠,٦٠٠ مليون فدان بالصحراء الغربية وسيناء	٠,٢٥ مليون فدان بالقاهرة والاسكندرية	المتطلبات لري ٧,٨٥ مليون فدان منزرعة حتى عام ١٩٩٥ (١)	إجمالي الاحتياجات المستقبلية لقطاع الزراعة
١٩٩٥	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٥٠,٥٣٦	٥٠,٥٣٦
١٩٩٦	٠,٨٩١	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٣٠٠	٠,١٤٩	٥٠,٥٣٦	٥١,٨٧٦
١٩٩٧	١,٧٨٣	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٦٠٠	٠,٢٩٧	٥٠,٥٣٦	٥٣,٢١٦
١٩٩٨	٢,٦٧٤	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٩٠٠	٠,٤٤٦	٥٠,٥٣٦	٥٤,٥٥٦
١٩٩٩	٣,٥٦٦	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	١,٢٠٠	٠,٥٩٤	٥٠,٥٣٦	٥٥,٨٩٦
٢٠٠٠	٤,٤٥٧	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	١,٥٠٠	٠,٧٤٣	٥٠,٥٣٦	٥٧,٢٣٦
٢٠٠١	٥,٣٤٩	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	١,٨٠٠	٠,٨٩١	٥٠,٥٣٦	٥٨,٥٧٦
٢٠٠٢	٦,٢٤٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٢,١٠٠	١,٠٤٠	٥٠,٥٣٦	٥٩,٩١٦
٢٠٠٣	٦,٢٤٠	٠,٢١٤	٠,٠١٤	٠,١٩٤	٢,٢١٧	١,٠٩٨	٥٠,٥٣٦	٦٠,٥١٣
٢٠٠٤	٦,٢٤٠	٠,٤٢٨	٠,٠٢٩	٠,٣٨٩	٢,٣٣٣	١,١٥٦	٥٠,٥٣٦	٦١,١١٠
٢٠٠٥	٦,٢٤٠	٠,٦٤٢	٠,٠٤٣	٠,٥٨٣	٢,٤٥٠	١,٢١٣	٥٠,٥٣٦	٦١,٧٠٨
٢٠٠٦	٦,٢٤٠	٠,٨٥٦	٠,٠٥٨	٠,٧٧٨	٢,٥٦٧	١,٢٧١	٥٠,٥٣٦	٦٢,٣٠٥
٢٠٠٧	٦,٢٤٠	١,٠٦٩	٠,٠٧٢	٠,٩٧٢	٢,٦٨٣	١,٣٢٩	٥٠,٥٣٦	٦٢,٩٠٢
٢٠٠٨	٦,٢٤٠	١,٢٨٣	٠,٠٨٧	١,١٦٧	٢,٨٠٠	١,٣٨٧	٥٠,٥٣٦	٦٣,٤٩٩
٢٠٠٩	٦,٢٤٠	١,٤٩٧	٠,١٠١	١,٣٦١	٢,٩١٧	١,٤٤٤	٥٠,٥٣٦	٦٤,٠٩٧
٢٠١٠	٦,٢٤٠	١,٧١١	٠,١١٦	١,٥٥٦	٣,٠٣٣	١,٥٠٢	٥٠,٥٣٦	٦٤,٦٩٤
٢٠١١	٦,٢٤٠	١,٩٢٥	٠,١٣٠	١,٧٥٠	٣,١٥٠	١,٥٦٠	٥٠,٥٣٦	٦٥,٢٩١
٢٠١٢	٦,٢٤٠	٢,١٣٩	٠,١٤٤	١,٩٤٤	٣,٢٦٧	١,٦١٨	٥٠,٥٣٦	٦٥,٨٨٨
٢٠١٣	٦,٢٤٠	٢,٣٥٣	٠,١٥٩	٢,١٣٩	٣,٣٨٣	١,٦٧٦	٥٠,٥٣٦	٦٦,٤٨٥
٢٠١٤	٦,٢٤٠	٢,٥٦٧	٠,١٧٣	٢,٣٣٣	٣,٥٠٠	١,٧٣٣	٥٠,٥٣٦	٦٧,٠٨٣
٢٠١٥	٦,٢٤٠	٢,٧٨١	٠,١٨٨	٢,٥٢٨	٣,٦١٧	١,٧٩١	٥٠,٥٣٦	٦٧,٦٨٠
٢٠١٦	٦,٢٤٠	٢,٩٩٤	٠,٢٠٢	٢,٧٢٢	٣,٧٣٣	١,٨٤٩	٥٠,٥٣٦	٦٨,٢٧٧
٢٠١٧	٦,٢٤٠	٣,٢٠٨	٠,٢١٧	٢,٩١٧	٣,٨٥٠	١,٩٠٧	٥٠,٥٣٦	٦٨,٨٧٤
٢٠١٨	٦,٢٤٠	٣,٤٢٢	٠,٢٣١	٣,١١١	٣,٩٦٧	١,٩٦٤	٥٠,٥٣٦	٦٩,٤٧٢
٢٠١٩	٦,٢٤٠	٣,٦٣٦	٠,٢٤٦	٣,٣٠٦	٤,٠٨٣	٢,٠٢٢	٥٠,٥٣٦	٧٠,٠٦٩
٢٠٢٠	٦,٢٤٠	٣,٨٥٠	٠,٢٦٠	٣,٥٠٠	٤,٢٠٠	٢,٠٨٠	٥٠,٥٣٦	٧٠,٦٦٦

(١) تشمل الري بمياه النيل والمياه الجوفية العميقة

٤-٣-٢ احتياجات مياه الشرب

يقصد باحتياجات مياه الشرب كافة الاستخدامات المائية اللازمة لتلبية الأغراض المنزلية والمنافع الآدمية شاملة العناية بالحدائق الخاصة والأغراض التجارية والتخزين المنزلي لمقاومة الحرائق وغيرها من الاستخدامات الشخصية كما تتضمن بعض الاحتياجات الصناعية للصناعات الصغيرة المنتشرة بالمدن والقرى [١١٥]. وتوضح الملاحق (٢٤) إلى (٢٦) تطور استهلاك مياه الشرب في المناطق الحضرية والريفية والاستهلاك الإجمالي على التوالي في الفترة ٦٤/١٩٦٣ - ١٩٩٧ وقبل الاستطراد في تحليل هذه البيانات الواردة من الجهاز

المركزى للتعبئة والإحصاء [١٢٠] قد يكون من المناسب إثبات الشكوك حول دقة هذه البيانات – على الأقل بالنسبة للاستهلاك المنزلي – حيث لا توجد عدادات مياه توضح استهلاك كل وحدة سكنية أو منزل وإن وجدت فهي لا تعمل ومن ثم فإن المحاسبة على الاستهلاك تتم بشكل جزافي يعتمد على تقديرات ترتبط بمساحة الوحدة.

يوضح ملحق (٢٤) تزايد الاستهلاك في المناطق الحضرية من حوالي ٠,٥ مليار متر مكعب عام ١٩٦٤/٦٣ إلى حوالي ٤,٧ مليار متر مكعب عام ١٩٩٧ وأن معظم الاستهلاك يتم في القطاع المنزلي والتجاري الذي تراوح ما بين ٤٥% و٦٣% من جملة الاستهلاك الحضري. كما يوضح ملحق (٢٦) أن استهلاك الحضر يمثل أغلبية استهلاك مصر من مياه الشرب حيث يمثل حوالي ٩٠% في المتوسط من جملة الاستهلاك في الفترة ١٩٦٣-١٩٩٧ وتزايد متوسط استهلاك الفرد اليومي من ١٣٨لتر عام ٦٤/١٩٦٣ إلى حوالي ٤٧٥ لتر عام ١٩٩٧. إلا أنه ينبغي ملاحظة أن أكثر من نصف هذه الكمية يفقد نتيجة قصور شبكات التوزيع التي يتراوح نسبة الفاقد من المياه فيها ما بين ٥٠% و٦٠% على أحسن الفروض. وخلال السنوات ١٩٨٨-١٩٩٧ كان هيكل الاستهلاك تقريبا كما يلي:-

- منزلى وتجارى ٦٠%
- صناعى ١٠%
- حكومى ١٣%
- أخرى ١٧%

ويوضح ملحق (٢٥) تزايد الاستهلاك من الشبكات العمومية لمياه الشرب في الريف من حوالي ٥٣ مليون متر مكعب عام ٦٤/١٩٦٣ إلى حوالي ٥٦٠ مليون متر مكعب عام ١٩٩٧ كما يتضح من الملحق تزايد نصيب الاستهلاك المنزلي في جملة استهلاك الريف من مياه الشرب من ٣,٣٠ % إلى ٦١,٢% خلال نفس الفترة وذلك على حساب استهلاك الحنفيات العمومية التي انخفض نصيبها من ٧٨,٩% إلى ٢٠,١% خلال نفس الفترة. كما يوضح ملحق (٢٦) ضآلة نصيب الريف من الاستهلاك الإجمالي من مياه الشرب على المستوى القومي وانخفاض متوسط

استهلاك الفرد اليومي من المياه الذي ارتفع من ٨,٥ لتر عام ١٩٦٣/٦٤ إلى ٤٤,٤ لتر عام ١٩٩٧ بمعدل زيادة سنوية مقداره ٥%. وهي وإن كانت تزيد عن معدل زيادة نصيب الفرد في المناطق الحضرية التي كانت ٣,٧% خلال نفس الفترة إلا أنها لم تعدل الخلل الكبير بين الريف والحضر حيث بلغ نصيب الفرد اليومي في الريف حوالي ٩% من نصيب الفرد في الحضر مع ملاحظة أن متوسط الاستهلاك الحقيقي في حدود ٢٠ لتر في اليوم بسبب سوء شبكات التوزيع.

ولهذا يعتمد عدد كبير من سكان الريف على المضخات اليدوية التي تسحب المياه من الخزان الجوفي بوادي النيل والدلتا لتوفير احتياجاتهم من مياه الشرب ولا يوجد تقدير دقيق لهذه الكميات وإن كان معهد بحوث المياه الجوفية كان قد قدرها بحوالي ٣٧٥ مليون متر مكعب عام ١٩٨٤ [١٢١] أي ما يعادل متوسط استهلاك يومي للفرد في ذلك العام بحوالي ٤٠ لتر. كما قدرها المعهد بحوالي ٦٨٤ مليون متر مكعب عام ١٩٩٥ [١١٧] تعادل استهلاك يومي للفرد في ذلك العام بحوالي ٥٦ لتر. أي أن معدل زيادة نصيب الفرد من مياه الشرب الجوفية في الفترة ١٩٨٤-١٩٩٥ كان حوالي ٣,٢% سنويا بينما كان معدل زيادة نصيب الفرد من مياه الشرب بالشبكات العمومية حوالي ٧% سنويا خلال نفس المدة.

تعتمد الاحتياجات المستقبلية لمياه الشرب على الزيادة المتوقعة في التعداد السكاني وعلى مدى التحضر ، أي نسبة سكان الحضر إلى إجمالي السكان، بالإضافة إلى ارتفاع مستوى المعيشة بصفة عامة. وبمراجعة نتائج التعداد العام لسنوات ١٩٧٦ و١٩٨٦ و١٩٩٦ فقد وجد أن معدل الزيادة السكانية قد انخفض من ٢,٨% سنويا خلال الفترة ١٩٧٦-١٩٨٦ إلى ٢,١% خلال الفترة ١٩٨٦-١٩٩٦ ومن المرجح أن يستمر هذا الاتجاه في المستقبل، وهو ما يؤكد توقعات البنك الدولي [١٢٢] التي قدرت معدل الزيادة السكانية في الفترة ١٩٩٢-٢٠٠٠ بحوالي ١,٧% سنويا وفي الفترة ٢٠٠٠-٢٠٢٥ بحوالي ١,٣% سنويا. ومن المتوقع طبقا لهذه المعدلات أن يكون تعداد السكان في مصر عام ٢٠٢٠ حوالي ٨٤ مليون نسمة.

كما تشير نتائج التعداد العام للسنوات ١٩٧٦ و١٩٨٦ و١٩٩٦ إلى أن نسبة سكان الحضر إلى إجمالي السكان كانت ٤٣,٨% و٤٣,٩% و٤٣% على التوالي، مما يؤكد توقف أو على الأقل بطؤ عملية التحضر Urbanization التي كانت قد بدأت منذ أوائل القرن العشرين وزادت بمعدلات كبيرة خلال فترة الستينيات[١]. ويرجع ثبات نسبة التحضر إلى العوامل التالية:

١- انخفاض معدل النمو الطبيعي للسكان في المناطق الحضرية مقارنة بالمناطق الريفية.

٢- تدهور الخدمات كالإسكان والمواصلات في المدن الكبرى بسبب اكتظاظها بالسكان إلى الدرجة التي أفقدتها جاذبيتها للهجرة من الريف.

٣- هجرة أعداد كبيرة من سكان الريف إلى دول الخليج والعراق وليبيا للعمل هناك.

ورغم ذلك فمن المرجح أن تتزايد نسبة التحضر تدريجيا لتصل إلى حوالي ٥٠% عام ٢٠٢٠ بسبب تحول قرى رئيسية في المحافظات إلى مراكز.

بدراسة تطور نصيب الفرد اليومي في المناطق الحضرية والريفية الموضحة في ملحق (٢٦) وجد أنه في الفترة ١٩٧٠-١٩٩٧ كان معدل زيادة نصيب الفرد في الحضر حوالي ١١ لتر في السنة مقارنة بزيادة مقدارها ٢,٩ لتر في السنة لنصيب الفرد في الريف. ولا يمكن أن تستمر هذه الزيادات الكبيرة في المناطق الحضرية التي تعكس إهدارا كبيرا للمياه. وعلى ضوء عمليات إصلاح الشبكات وتوقع بعض عمليات الترشيد فمن المتوقع أن يزيد نصيب الفرد في الحضر بحوالي ١ لتر سنويا حتى عام ٢٠٢٠ ويزيد نصيب الفرد في الريف بحوالي ٢ لتر سنويا خلال نفس الفترة.

---

[١] يرى الدكتور إبراهيم العيسوي الباحث الرئيسي لمشروع مصر ٢٠٢٠ "أن الطبيعي هو تزايد نسبة التحضر وأن ثبات النسبة عبر عشرين سنة لا معنى له غير جمود التعاريف التي يعمل بها جهاز الإحصاء والجهاز الإداري للدولة للتقسيمات إلى حضر وريف ... وكما نشاهد بالعين المجردة هناك مناطق كثيرة تحضرت ومع ذلك ما زالت معتبرة ضمن الريف".

openkanal.com

يوضح جدول (٥-٩) التوقعات المستقبلية للطلب على مياه الشرب في الحضر والريف بناء على الافتراضات السابقة للزيادة السكانية ونسبة التحضر وزيادة نصيب الفرد من مياه الشرب في الحضر والريف ومنه يتضح أن إجمالي الاحتياجات من مياه الشرب ستصل إلى حوالي ٩,٣ مليار متر مكعب بحلول عام ٢٠٢٠.

٤-٣-٣ احتياجات الصناعة

يقصد باحتياجات الصناعة سحب الصناعة المباشر من النيل والترع للاستخدامات المختلفة وهي لا تشمل الاحتياجات التي تحصل عليها بعض الصناعات من الشبكات العمومية لمياه الشرب. ولا يوجد حصر دقيق لاحتياجات قطاع الصناعة كما سبق أن ذكرنا، وإن كانت آخر تقديرات لوزارة الأشغال العامة والموارد المائية [١١٩] تشير إلى تزايد هذه الاحتياجات من حوالي ٢,٥ مليار متر مكعب عام ١٩٧١/٧٠ إلى حوالي ٤,٦ مليار متر مكعب عام ١٩٩٨/٩٧. ويوضح ملحق (٢٧) هذه التقديرات لتطور احتياجات قطاع الصناعة، ويقدر الاستهلاك الفعلي للصناعة بحوالي ١٨% من سحب الصناعة.

لتقدير الاحتياجات المستقبلية لمياه الصناعة فقد تمت دراسة التطور التاريخى لسحب الصناعة الواردة في ملحق (٢٧) ووجد أنه يمكن تمثيلها بالعلاقة الخطية التالية:

$$\text{سحب الصناعة} = ٢,١ + ٠,١١ \times (\text{العام} - ١٩٧٠)$$

وبفرض أن هذه العلاقة سوف تستمر في المستقبل فإن سحب الصناعة عام ٢٠٢٠ سوف يكون حوالي ٧,٦ مليار متر مكعب يستهلك منها حوالي ١,٤ مليار متر مكعب ويعود الباقي إلى النيل وشبكات الترع والمصارف.

جدول (٥-٩)
تقدير الاحتياجات المستقبلية من مياه الشرب

السنة	السكان (مليون نسمة)	نسبة التحضر (%)	سكان الحضر (مليون نسمة)	سكان الريف (مليون نسمة)	نصيب الفرد اليومي من المياه في الحضر (لتر)	نصيب الفرد اليومي من المياه في الريف (لتر)	متطلبات الحضر (مليار متر مكعب)	متطلبات الريف (مليار متر مكعب)	إجمال متطلبات مياه الشرب (مليار متر مكعب)
٢٠٠٠	٦٢,٨٠٢	٤٣,٩	٢٧,٥٧٠	٣٥,٢٣٢	٤٩٧	٥٠	٥,٠٠١	٠,٦٤٣	٥,٦٤٤
٢٠٠١	٦٣,٨٧٤	٤٤,٢	٢٨,٢٣٦	٣٥,٦٣٨	٤٩٨	٥٢	٥,١٣٢	٠,٦٧٦	٥,٨٠٩
٢٠٠٢	٦٤,٩٤٦	٤٤,٥	٢٨,٩٠٧	٣٦,٠٣٩	٤٩٩	٥٤	٥,٢٦٥	٠,٧١٠	٥,٩٧٥
٢٠٠٣	٦٦,٠١٨	٤٤,٨	٢٩,٥٨٦	٣٦,٤٣٢	٥٠٠	٥٦	٥,٣٩٩	٠,٧٤٥	٦,١٤٤
٢٠٠٤	٦٧,٠٩	٤٥,١	٣٠,٢٧١	٣٦,٨١٩	٥٠١	٥٨	٥,٥٣٦	٠,٧٧٩	٦,٣١٥
٢٠٠٥	٦٨,١٦٢	٤٥,٤	٣٠,٩٦٣	٣٧,١٩٩	٥٠٢	٦٠	٥,٦٧٣	٠,٨١٥	٦,٤٨٨
٢٠٠٦	٦٩,٢٣٤	٤٥,٧	٣١,٦٦١	٣٧,٥٧٣	٥٠٣	٦٢	٥,٨١٣	٠,٨٥٠	٦,٦٦٣
٢٠٠٧	٧٠,٣٠٦	٤٦,٠	٣٢,٣٦٥	٣٧,٩٤١	٥٠٤	٦٤	٥,٩٥٤	٠,٨٨٦	٦,٨٤٠
٢٠٠٨	٧١,٣٧٨	٤٦,٣	٣٣,٠٧٧	٣٨,٣٠١	٥٠٥	٦٦	٦,٠٩٧	٠,٩٢٣	٧,٠٢٠
٢٠٠٩	٧٢,٤٥	٤٦,٦	٣٣,٧٩٤	٣٨,٦٥٦	٥٠٦	٦٨	٦,٢٤١	٠,٩٥٩	٧,٢٠١
٢٠١٠	٧٣,٥٢٢	٤٧,٠	٣٤,٥١٩	٣٩,٠٠٣	٥٠٧	٧٠	٦,٣٨٨	٠,٩٩٧	٧,٣٨٤
٢٠١١	٧٤,٥٩٤	٤٧,٣	٣٥,٢٤٩	٣٩,٣٤٥	٥٠٨	٧٢	٦,٥٣٦	١,٠٣٤	٧,٥٧٠
٢٠١٢	٧٥,٦٦٦	٤٧,٦	٣٥,٩٨٧	٣٩,٦٧٩	٥٠٩	٧٤	٦,٦٨٦	١,٠٧٢	٧,٧٥٨
٢٠١٣	٧٦,٧٣٨	٤٧,٩	٣٦,٧٣١	٤٠,٠٠٧	٥١٠	٧٦	٦,٨٣٧	١,١١٠	٧,٩٤٧
٢٠١٤	٧٧,٨١	٤٨,٢	٣٧,٤٨١	٤٠,٣٢٩	٥١١	٧٨	٦,٩٩١	١,١٤٨	٨,١٣٩
٢٠١٥	٧٨,٨٨٢	٤٨,٥	٣٨,٢٣٨	٤٠,٦٤٤	٥١٢	٨٠	٧,١٤٦	١,١٨٧	٨,٣٣٣
٢٠١٦	٧٩,٩٥٤	٤٨,٨	٣٩,٠٠٢	٤٠,٩٥٢	٥١٣	٨٢	٧,٣٠٣	١,٢٢٦	٨,٥٢٩
٢٠١٧	٨١,٠٢٦	٤٩,١	٣٩,٧٧٢	٤١,٢٥٤	٥١٤	٨٤	٧,٤٦٢	١,٢٦٥	٨,٧٢٦
٢٠١٨	٨٢,٠٩٨	٤٩,٤	٤٠,٥٤٨	٤١,٥٥٠	٥١٥	٨٦	٧,٦٢٢	١,٣٠٤	٨,٩٢٦
٢٠١٩	٨٣,١٧	٤٩,٧	٤١,٣٣١	٤١,٨٣٩	٥١٦	٨٨	٧,٧٨٤	١,٣٤٤	٩,١٢٨
٢٠٢٠	٨٤,٢٤٢	٥٠,٠	٤٢,١٢١	٤٢,١٢١	٥١٧	٩٠	٧,٩٤٨	١,٣٨٤	٩,٣٣٢

٤-٣-٤ احتياجات الملاحة

تعد الملاحة النهرية من أقدم وسائل النقل التي استخدمها المصريون. وقد أدى إنشاء السد العالي إلى تحسن الظروف الملاحية في نهر النيل عل مدار السنة وذلك بتنظيم تصرفات النيل وبما يسمح بوجود العمق المائي المناسب للملاحة صيفا وشتاء. وتتكون شبكة الملاحة النهرية في مصر من نهر النيل بفرعيه دمياط ورشيد وكذلك بعض الترع الرئيسية الكبرى. لتلبية احتياجات الملاحة كان يتم صرف مياه زائدة عن احتياجات الري والاستخدامات الأخرى لرفع مناسيب المياه في نهر النيل لخدمة الملاحة وتجد هذه التصرفات طريقها إلى البحر دون استخدام. ولكن مع زيادة الطلب على المياه في القطاعات الأخرى فقد تم خفض التصرفات المائية لغرض الملاحة النيلية خلال فصل الشتاء لتقليل فاقد المياه التي كانت تهدر إلى البحر [١١٧].

يوضح ملحق (٢٨) تطور كميات المياه المنصرفة لأغراض الملاحة النهرية، ومنه يتبين أنه كان يتم إهدار كميات كبيرة من مياه النيل وصلت عام ١٩٧٨/٧٧ إلى ما يقرب من ١١,٦ مليار متر مكعب. إلا أنه اعتبارا من عام ١٩٩٣/٩٢ بدأ تخفيض هذه الكميات بشكل كبير حيث انخفضت من حوالي ٢,١ مليار متر مكعب في ذلك العام إلى حوالي ٠,٢ مليار متر مكعب عام ١٩٩٨/٩٧. ومن المتوقع أن يستمر هذا المستوى من الاحتياجات في المستقبل حيث أنه من المرجح ألا تزيد احتياجات الملاحة عن ٠,٢ مليار متر مكعب في السنة عام ٢٠٢٠.

٤-٣-٥ فاقد المياه

يقصد بذلك مياه الصرف الزراعي التي لا يمكن إعادة استخدامها والتي يجب أن تصرف للبحر، وكذلك البخر والنتح من أسطح المياه والجسور. وكما ذكرنا من قبل فإنه ينبغي الالتزام بصرف نسبة لا تقل عن ٥٠% من إجمالي كميات مياه الصرف إلى البحر وذلك للحفاظ إلى التوازن الملحي بالدلتا ومنع التداخل العميق لمياه البحر مع الخزان الجوفي بشمال الدلتا [١١٥]. ولتقدير هذه الكمية فقد افترض

أن ٥٠% من مياه الصرف الزراعي الموضحة في جدول (٣-٩) سوف تصرف إلى البحر. أما بالنسبة لفاقد البخر والنتح من أسطح المياه والجسور فقد قدرت عام ١٩٩٦/٩٥ بحوالي ٣ مليار متر مكعب من المتوقع أن تنخفض تدريجيا من خلال تجديد وإحلال مرافق الري ومشروعات ترشيد استخدام مياه الري المختلفة إلى ٢ مليار متر مكعب عام ٢٠٢٠ [١١٥].

٤-٣-٦ إجمالى الاحتياجات المستقبلية من المياه

من الاستعراض السابق لاحتياجات القطاعات المختلفة من المياه والفاقد المتوقع يتضح أن إجمالي المياه اللازمة للتنمية في القطاعات المختلفة، بالإضافة للفاقد المتوقع سوف تصل إلى حوالي ٩٧,٥ مليار متر مكعب عام ٢٠٢٠ كما يتضح من جدول (٦-٩) الذي يلخص تطور الاحتياجات المائية المستقبلية. وبمقارنة هذه الاحتياجات بالتطور المتوقع لتنمية الموارد المائية المدرجة في جدول (٣-٩) يتضح أنه اعتبارا من عام ٢٠١٢ فسوف تعجز الموارد المتاحة عن تلبية الاحتياجات التنموية. وما لم يتم تدبير الموارد اللازمة لسد هذا العجز فسوف تتأثر خطط التوسع الزراعي ولن تتمكن الدولة من إنجاز خطة التوسع الأفقي في الزراعة وإلى حد ما من تلبية احتياجات الصناعة ومياه الشرب.

٤-٤ الاحتياجات المستقبلية لتحلية مياه البحر

سوف تتزايد الحاجة لتكنولوجيات تحلية المياه في جميع القطاعات المستخدمة لها حاليا وبالذات في قطاعات الصناعة والطاقة والسياحة وذلك لجميع أنواع المياه سواء كانت مياه بحر أو مياه آبار مويلحة أو مياه صرف صناعي وربما أيضا ميله الصرف الزراعي بالإضافة لمياه النيل اللازمة لإنتاج مياه خالية من الأملاح للعمليات الصناعية المختلفة وللمحطات البخارية لتوليد الكهرباء. وهذه الاحتياجات قد تكون ضخمة جدا ولكن نظرا لعدم وجود بيانات كافية فلن نحاول تقديرها ولكن سنركز هنا على إزالة ملوحة مياه البحر وذلك للسببين التاليين:

جدول (٦-٩)

تطور الاحتياجات المستقبلية مقارنة بالموارد المتاحة
(مليار متر مكعب)

السنة	الاحتياجات المستقبلية							إجمالي الاحتياجات	إجمالي الموارد	العجز المائي
	الري	الشرب	الصناعة	الملاحة	الصرف للبحر	البخر والنتح				
٢٠٠٠	٥٧,٢٣٦	٥,٦٤٤	٥,٤٠٢	٠,٢٠٠	٧,٣٢٠	٢,٨٠٠		٧٨,٦٠٢	٨٥,٤٣٤	٦,٨٣٢-
٢٠٠١	٥٨,٥٧٦	٥,٨٠٩	٥,٥١٢	٠,٢٠٠	٧,٥١٥	٢,٧٦٠		٨٠,٣٧٢	٨٦,٥٨٣	٦,٢١١-
٢٠٠٢	٥٩,٩١٦	٥,٩٧٥	٥,٦٢٢	٠,٢٠٠	٧,٧١٠	٢,٧٢٠		٨٢,١٤٣	٨٧,٧٣٢	٥,٥٨٩-
٢٠٠٣	٦٠,٥١٣	٦,١٤٤	٥,٧٣٢	٠,٢٠٠	٧,٧١٠	٢,٦٨٠		٨٢,٩٧٩	٨٧,٩٨٠	٥,٠٠٠-
٢٠٠٤	٦١,١١٠	٦,٣١٥	٥,٨٤٢	٠,٢٠٠	٧,٧١٠	٢,٦٤٠		٨٣,٨١٧	٨٨,٢٢٧	٤,٤٠٩-
٢٠٠٥	٦١,٧٠٨	٦,٤٨٨	٥,٩٥٢	٠,٢٠٠	٧,٧١٠	٢,٦٠٠		٨٤,٦٥٨	٨٨,٤٧٤	٣,٨١٧-
٢٠٠٦	٦٢,٣٠٥	٦,٦٦٣	٦,٠٦٢	٠,٢٠٠	٧,٧١٠	٢,٥٦٠		٨٥,٥٠٠	٨٨,٧٢١	٣,٢٢١-
٢٠٠٧	٦٢,٩٠٢	٦,٨٤٠	٦,١٧٢	٠,٢٠٠	٧,٧١٠	٢,٥٢٠		٨٦,٣٤٤	٨٨,٩٦٩	٢,٦٢٤-
٢٠٠٨	٦٣,٤٩٩	٧,٠٢٠	٦,٢٨٢	٠,٢٠٠	٧,٧١٠	٢,٤٨٠		٨٧,١٩١	٨٩,٢١٦	٢,٠٢٥-
٢٠٠٩	٦٤,٠٩٧	٧,٢٠١	٦,٣٩٢	٠,٢٠٠	٧,٧١٠	٢,٤٤٠		٨٨,٠٣٩	٨٩,٤٦٣	١,٤٢٤-
٢٠١٠	٦٤,٦٩٤	٧,٣٨٤	٦,٥٠٢	٠,٢٠٠	٧,٧١٠	٢,٤٠٠		٨٨,٨٩٠	٨٩,٧١٠	٠,٨٢٠-
٢٠١١	٦٥,٢٩١	٧,٥٧٠	٦,٦١٢	٠,٢٠٠	٧,٧١٠	٢,٣٦٠		٨٩,٧٤٣	٨٩,٩٥٨	٠,٢١٥-
٢٠١٢	٦٥,٨٨٨	٧,٧٥٨	٦,٧٢٢	٠,٢٠٠	٧,٧١٠	٢,٣٢٠		٩٠,٥٩٨	٩٠,٢٠٥	٠,٣٩٣
٢٠١٣	٦٦,٤٨٥	٧,٩٤٧	٦,٨٣٢	٠,٢٠٠	٧,٧١٠	٢,٢٨٠		٩١,٤٥٥	٩٠,٤٥٢	١,٠٠٢
٢٠١٤	٦٧,٠٨٣	٨,١٣٩	٦,٩٤٢	٠,٢٠٠	٧,٧١٠	٢,٢٤٠		٩٢,٣١٤	٩٠,٧٠٠	١,٦١٤
٢٠١٥	٦٧,٦٨٠	٨,٣٣٣	٧,٠٥٢	٠,٢٠٠	٧,٧١٠	٢,٢٠٠		٩٣,١٧٥	٩٠,٩٤٧	٢,٢٢٨
٢٠١٦	٦٨,٢٧٧	٨,٥٢٩	٧,١٦٢	٠,٢٠٠	٧,٧١٠	٢,١٦٠		٩٤,٠٣٨	٩١,١٩٤	٢,٨٤٤
٢٠١٧	٦٨,٨٧٤	٨,٧٢٦	٧,٢٧٢	٠,٢٠٠	٧,٧١٠	٢,١٢٠		٩٤,٩٠٣	٩١,٤٤١	٣,٤٦١
٢٠١٨	٦٩,٤٧٢	٨,٩٢٦	٧,٣٨٢	٠,٢٠٠	٧,٧١٠	٢,٠٨٠		٩٥,٧٧٠	٩١,٦٨٩	٤,٠٨١
٢٠١٩	٧٠,٠٦٩	٩,١٢٨	٧,٤٩٢	٠,٢٠٠	٧,٧١٠	٢,٠٤٠		٩٦,١٣٩	٩١,٩٣٦	٤,٧٠٣
٢٠٢٠	٧٠,٦٦٦	٩,٣٣٢	٧,٦٠٢	٠,٢٠٠	٧,٧١٠	٢,٠٠٠		٩٧,٥١٠	٩٢,١٨٣	٥,٣٢٧

١. تعد البحار من الناحية العملية مصدر لا نهائي للمياه، وسواحل مصر تمتد على البحر المتوسط والبحر الأحمر لحوالي ٣٠٠٠ كيلومتر. كما أن مياه البحر تعد مصدرا مستقلا عن مياه النيل وعن المياه الجوفية بأنواعها.

٢. توفر تكنولوجيا إزالة ملوحة مياه البحر الإمكانية لإنشاء محطات كبيرة مقارنة بالتكنولوجيات التي تعتمد على المياه الأخرى مما يتيح الفرصة للاستفادة من اقتصاديات الحجم الكبير التي تحسن من تكلفة إنتاج مياه الشرب.

يوضح ملحق (٢٩) التطور التراكمي لتعاقدات إزالة ملوحة مياه البحر في مصر. وهذه التعاقدات لا تناظر السعة الكلية للمحطات العاملة حاليا في مصر. وذلك لأن عمر محطات التحلية يتراوح من ١٥ إلى ٢٠ سنة، وهو ما يعني أن المحطات التي دخلت الخدمة عام ١٩٦٥ مثلا لن تكون موجودة عام ١٩٨٠ وهكذا. وطبقا لهذا فإن السعة الكلية للمحطات العاملة فعلا في مصر قد تزايدت من حوالي ٤ آلاف متر مكعب في اليوم عام ١٩٨١ إلى حوالي ٨١ ألف متر مكعب في اليوم عام ١٩٩٧ كما هو موضح أيضا في ملحق (٢٩).

ومن المتوقع أن يتم التوسع في استخدام تكنولوجيات إزالة ملوحة مياه البحر على محورين: أولهما تلبية الاحتياجات المستقبلية لجميع القطاعات المستخدمة لها حاليا، وثانيهما تعويض جزء من العجز المتوقع في مياه النيل. وبالنسبة لتقدير التوسعات المستقبلية للقطاعات المستخدمة حاليا لمياه البحر المحلاة فقد تم إيجاد علاقة زمنية للتطور السابق لإجمالي التعاقدات باستخدام برنامج لربط البيانات Curve Fitting Program اعتمادا على بيانات الاتحاد العالمي لإزالة الملوحة [١١٠] وافتراض أن هذه العلاقة ستمثل أيضا التطور المستقبلي وأن عمر محطة التحلية ١٥ سنة وذلك لتقدير السعة الكلية العاملة فعلا في أى سنة مستقبلية.

أما بالنسبة للعجز المتوقع في مياه النيل فمن المتوقع أن يتم سداد جزء كبير من هذا العجز عن طريق:

١. تغيير التركيب المحصولي والتوسع في استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة مما يتيح توجيه كمية أكبر من مياه النيل لأغراض الشرب.
٢. ترشيد استخدام مياه الشرب وتقليل فاقد الشبكات.
٣. تحلية الماء المويلح من الآبار الجوفية.

ولهذا فسوف نفترض أن تحلية مياه البحر سوف تغطي فقط ١٠% من هذا العجز.

يلخص جدول (٧-٩) التقديرات للاحتياجات المستقبلية لمياه البحر المحلاة ومنها يتضح أن هذه الاحتياجات سوف تتزايد من ١١٢ ألف متر مكعب عام ٢٠٠٠ إلى حوالي ١,٨ مليون متر مكعب في اليوم عام ٢٠٢٠ مما يحتم التوسع في استخدام تكنولوجيات إزالة ملوحة مياه البحر وإنشاء محطات ضخمة للتحلية. وقد يكون مفيدا في هذه الحالة ربطها بمحطات توليد الكهرباء بأنواعها المختلفة المزمع إقامتها على السواحل في المستقبل للإنتاج المتزامن للكهرباء والمياه بهدف تحسين اقتصاديات إنتاج المياه التي تمثل تكلفة الطاقة جزء هام من تكلفتها يتراوح ما بين ٣٥% و٥٥%.

تختلف الطاقة اللازمة لإنتاج المتر المكعب من المياه المحلاة على حسب التكنولوجيا المستخدمة وتصميم كل محطة، ولكن في المنظومات المتطورة فإن

متوسط الطاقة الكهربية المكافئة اللازمة لإنتاج متر مكعب من المياه المحلاة تكـون كما يلي:

- التقطير الومضي متعدد المراحل ١٢-٢٤ كيلووات.ساعة
- التقطير متعدد التأثيرات ٥-١٣ كيلووات.ساعة
- التقطير بانضغاط البخار ميكانيكيا ٧-٩ كيلووات.ساعة
- التناضح العكسي ٥-٧ كيلووات.ساعة

وبافتراض أن توزيع هذه التكنولوجيات في المستقبل سيظل كما هـــو الآن يمكـن تقدير القدرة الكهربية المكافئة اللازمة لتشغيل محطات إزالة ملوحة ميـــاه البحـــر. ويوضح جدول (٧-٩) هذه التقديرات التي سترتفع من ٣١,٤ ميجاوات عام ٢٠٠٠ إلى ٥٠٠ ميجاوات عام ٢٠٢٠.

جدول (٧-٩)
تقدير الاحتياجات المستقبلية لمحطات إزالة ملوحة مياه البحر

السنة	التوسع في الاستخدامات الحالية		المساهمة في تعويض العجز المائي		إجمالي مياه البحر المحلاة (ألف م٣/يوم)	القدرة الكهربية المكافئة (ميجاوات)
	إجمالي التعاقدات	السعة الفعلية	العجز المائي	مياه البحر المحلاه		
٢٠٠٠	١٢٩	١١٢	٠	٠	١١٢	٣١,٤
٢٠٠١	١٤٢	١٢٣	٠	٠	١٢٣	٣٤,٤
٢٠٠٢	١٥٦	١٣٣	٠	٠	١٣٣	٣٧,٤
٢٠٠٣	١٧٠	١٤٤	٠	٠	١٤٤	٤٠,٤
٢٠٠٤	١٨٦	١٥٥	٠	٠	١٥٥	٤٣,٤
٢٠٠٥	٢٠٢	١٦٥	٠	٠	١٦٥	٤٦,٤
٢٠٠٦	٢١٨	١٧٦	٠	٠	١٧٦	٤٩,٤
٢٠٠٧	٢٣٦	١٨٧	٠	٠	١٨٧	٥٢,٤
٢٠٠٨	٢٥٤	١٩٧	٠	٠	١٩٧	٥٥,٤
٢٠٠٩ *	٢٧٣	٢٠٨	٠	٠	٢٠٨	٥٨,٤
٢٠١٠	٢٩٣	٢١٩	٠	٠	٢١٩	٦١,٤
٢٠١١	٣١٣	٢٣٠	٠	٠	٢٣٠	٦٤,٤
٢٠١٢	٣٣٤	٢٤٠	١٠٧٦	١٠٨	٣٤٨	٩٧,٦
٢٠١٣	٣٥٦	٢٥١	٢٧٤٦	٢٧٥	٥٢٦	١٤٧,٤
٢٠١٤	٣٧٨	٢٦٢	٤٤٢٢	٤٤٢	٧٠٤	١٩٧,٤
٢٠١٥	٤٠١	٢٧٢	٦١٠٤	٦١٠	٨٨٣	٢٤٧,٦
٢٠١٦	٤٢٥	٢٨٣	٧٧٩١	٧٧٩	١٠٦٢	٢٩٧,٩
٢٠١٧	٤٥٠	٢٩٤	٩٤٨٣	٩٤٨	١٢٤٢	٣٤٨,٣
٢٠١٨	٤٧٥	٣٠٤	١١١٨١	١١١٨	١٤٢٢	٣٩٩,٠
٢٠١٩	٥٠١	٣١٥	١٢٨٨٥	١٢٨٩	١٦٠٤	٤٤٩,٨
٢٠٢٠	٥٢٧	٣٢٦	١٤٥٩٤	١٤٥٩	١٧٨٥	٥٠٠,٧