

# الإدارة المتكاملة لموارد المياه بالمناطق الجافة

## دراسة تطبيقية على دولة الإمارات العربية المتحدة

د. محمد عبد الحميد داود

استشاري موارد مياه - هيئة البيئة - أبوظبي - دولة الإمارات العربية المتحدة

### ملخص

تقع دولة الإمارات العربية المتحدة في حزام المناطق الجافة، ما يؤدي إلى شح الموارد المائية العذبة المتجددة طبيعياً، وعدم وجود مصادر مياه سطحية دائمة الجريان كالأنهار أو البحيرات العذبة. ومع ظهور النفط وزيادة معدلات التنمية منذ بداية السبعينيات من القرن العشرين، زاد الضغط على موارد المياه الشحيحة، ولاسيما الخزانات الجوفية غير المتجددة، ما أدى إلى تدهور نوعية المياه بها وهبوط مناسيبها. ولتوفير المياه العذبة اللازمة للوفاء باحتياجات الطلب المتزايد على المياه في القطاعات التنموية المختلفة بالدولة، لجأت الحكومة إلى الاستثمار في الموارد المائية غير التقليدية عبر العديد من الطرق مثل تحلية المياه، ومعالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها، ضمن خطة متكاملة لإدارة الموارد المائية، وتعظيم الاستفادة منها.

وتهدف هذه الدراسة إلى تقييم الوضع الحالي لموارد المياه بالدولة من حيث الموارد المتاحة والطلب الحالي والمستقبلي عليها، مع تحديد أهم التحديات التي تواجه إدارة هذه الموارد بشكل متكامل ومستدام، وإمكانية حدوث عجز في هذه الموارد مستقبلاً نتيجة تنامي الطلب، كما تحلل الآليات المتبعة حالياً، وتحدد الاستراتيجيات والمبادرات التي يجب اتخاذها مستقبلاً لتلافي أي عجز في الموارد المائية بالدولة، بهدف الوصول إلى إدارة متكاملة وتنمية مستدامة للموارد المائية. وقد تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي لتحديد خصائص ظاهرة شح الموارد المائية بالدولة، ووصف طبيعتها، ونوعية العلاقة بين متغيراتها وأسبابها، وتحديد الحلول اللازمة للتغلب على هذه المشكلة.

### المصطلحات الأساسية

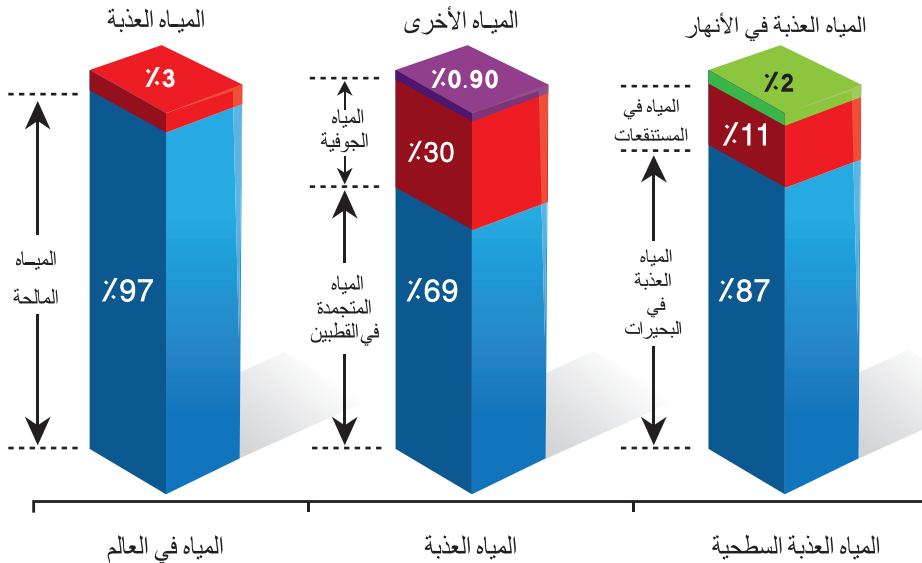
موارد المياه، المياه الجوفية، التحلية، الإدارة المتكاملة للمياه، مياه الصرف الصحي، الزراعة، الغابات، الأمن المائي.

## مقدمة

يعد تحدي شح الموارد المائية مشكلة عالمية تواجه كثيراً من الدول، وخصوصاً تلك التي تقع في حزام المناطق الصحراوية الجافة وشديدة الجفاف. وتشير الإحصائيات إلى أن كمية المياه الموجودة في العالم تقدر بنحو 1386 مليار متر مكعب، وتشكل المياه العذبة نسبة ضئيلة منها تقدر بنحو 3 في المائة فقط. أما النسبة الغالبة فهي مياه مالحة في البحار والمحيطات، وتقدر بحوالي 97 في المائة. وإذا أخذنا في الاعتبار أن 69 في المائة من المياه العذبة هي مياه متجمدة، فإن المتاح لاستخدام الإنسان هو 31 في المائة تقريباً من إجمالي المياه العذبة، وحتى هذه الأخيرة فإن 30 في المائة منها هي مياه جوفية غير متجددة، ونحو واحد في المائة منها فقط مياه متجددة، كما هو موضح في الشكل (1). لذا فإن أكثر من مليار شخص في الدول النامية يعانون نقص مياه الشرب وخدمات الصرف الصحي.<sup>1</sup> بينما تعد المحافظة على موارد المياه من التحديات التي تواجه العالم، وخصوصاً المناطق الجافة ذات الموارد المائية الشحيحة كما هي الحال في دولة الإمارات ودول الخليج العربية. وتشير الدراسات إلى أن دول الخليج العربية تعاني عجزاً مائياً بلغ 15 مليار متر مكعب في عام 2008، ومن المتوقع أن يرتفع ذلك العجز إلى 35 مليار متر مكعب بحلول عام 2030.<sup>2</sup>

### الشكل (1)

#### الميزان المائي العالمي وحجم المياه العذبة المتاحة للاستخدام (\*)



(\*) برنامج الأمم المتحدة الإنمائي. أبعد من الندرة: القوة والفرق وأزمة المياه العالمية، تقرير التنمية الإنسانية 2006 (نيويورك: 2006).

تاريخياً، يرجع استخدام مصادر المياه بدولة الإمارات وتنميتها إلى العصر الحجري الذي يعود إلى 5000 سنة قبل الميلاد، ثم إلى العصر الحديدي مروراً بالعصر الإسلامي، وإلى ما قبل عصر النفط ومن ثم إلى وقتنا الحالي. وعبر العصور التاريخية المختلفة، تمت المحافظة على مصادر المياه من خلال استغلال المياه الجوفية باستخدام الآبار الضحلة المحفورة يدوياً واستخدام الأفلاج [ومفردها فلج، وتعني لغوياً شق الأرض أو الجدول المائي الصغير. وقد أطلق مصطلح الأفلاج على نظام الري المستخدم قديماً في المنطقة، والذي يتم من خلاله حفر مجرى مائي لاستخراج المياه الجوفية طبيعياً وتوزيعها على المزارع أو الواحات دون استخدام أدوات رفع] التقليدية وكذلك استخدام أساليب الزراعة المطرية [هي الزراعة التي تقوم على الري بمياه الأمطار مباشرة حيث يتم نثر البذور قبل موسم الأمطار، ولا يتم استخدام مصدر آخر للمياه. وعادة ما تكون هذه الزراعات حولية، وتعتمد نوعية المحاصيل على معدل الهطول المطري وفترته]. وقد تم إنشاء هذه الآبار السطحية على شاطئ الخليج العربي أو في الجزر داخل مياه الخليج. ومثال على ذلك ما يرجع إلى العصر الحجري (من سنة 5000 إلى سنة 3000 قبل الميلاد) والعصر الإسلامي الحديث (620 سنة بعد الميلاد إلى 1800 سنة بعد الميلاد) حيث وجدت بعض الآبار في الموقع الحالي لمطار أبوظبي وجزيرة مروح. وتعتبر الأفلاج نظاماً عبقرياً للاستخدام المستدام لموارد المياه، ويوجد بالدولة حوالي 150 فلجاً، لا يزال يعمل منها حالياً 50 فلجاً، يعتمد جريانها على معدلات الأمطار وعلى معدلات السحب من المياه الجوفية. وتتركز الأفلاج في الإمارات الشمالية ومدينة العين في إمارة أبوظبي.<sup>3</sup> وقد أدركت حكومة دولة الإمارات منذ قيام دولة الاتحاد عام 1971 أهمية المياه ودورها في التنمية الاقتصادية والزراعية والسكانية، ما أدى إلى الاهتمام بالاستثمار في قطاع المياه، وإنشاء البنية الأساسية لتنمية هذه الموارد بطريقة مستدامة؛ كحفر الآبار الجوفية، وإنشاء السدود لتخزين مياه الأمطار، وإنشاء محطات التحلية وشبكات التوزيع ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي. وقد تطلب بناء هذه البنية التحتية تخصيص استثمارات رأسمالية ضخمة، ونفقات تشغيلية كبيرة تحملت الدولة أعباءها لتوفير حياة كريمة للمواطنين والمقيمين.

## أولاً: الموارد المائية المتاحة لدولة الإمارات العربية المتحدة

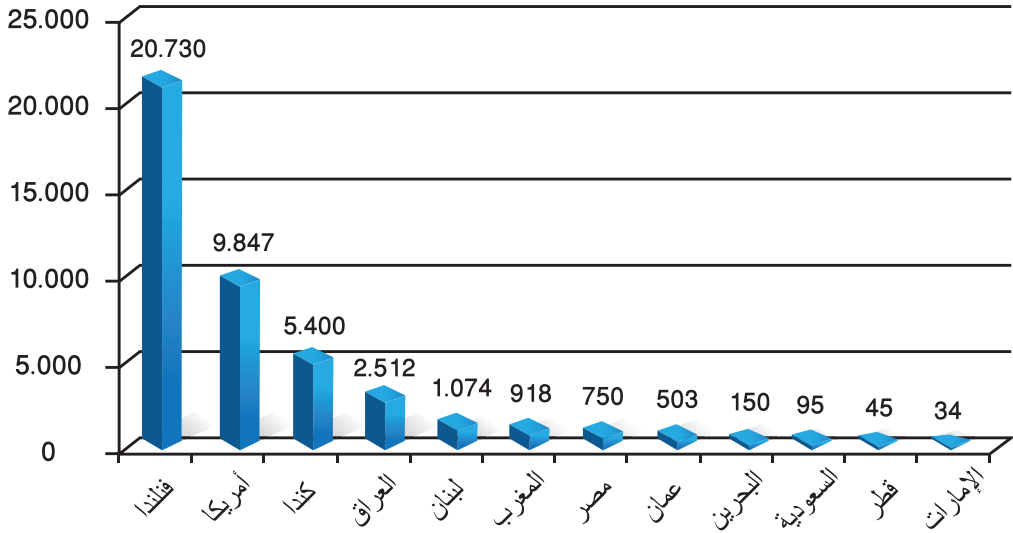
تقع دولة الإمارات في حزام المناطق المدارية الجافة، ما أدى إلى شح مواردها المائية المتجددة، نتيجة ضعف معدلات هطول الأمطار، وعدم وجود مصادر مائية سطحية دائمة الجريان؛ كالأنهار أو بحيرات المياه العذبة أو الوديان الدائمة الجريان وارتفاع معدلات التبخر. ويعتبر سقوط الأمطار غير منتظم في الزمان والمكان في معظم أنحاء الدولة. ويتراوح متوسط معدل هطول الأمطار السنوي في الدولة بين أقل من 60 ملم في منطقة ليوا بإمارة أبوظبي وحوالي 160 ملم في المناطق الجبلية من الجزء الشمالي والشرقي من البلاد. وتقدر كمية المياه المتجددة من المصادر الطبيعية في دولة الإمارات بحوالي 33 متراً مكعباً للفرد سنوياً، بحسب التقرير الإقليمي للبنك الدولي الخاص بالتنمية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، والذي صدر في عام 2007.<sup>4</sup> وتعد هذه النسبة من المعدلات المنخفضة إذا ما قورنت بالمعدلات العالمية كما هو موضح في الشكل (2)، وبذلك تعتبر الدولة من أفقر الدول مائياً من حيث موارد المياه الطبيعية المتجددة، في حين أنها ثالث دولة بعد الولايات المتحدة وكندا من حيث ارتفاع معدل استهلاك الفرد يومياً من المياه. غير أن بعض الباحثين يرى أنه في المناطق

الجافة تجب إضافة الموارد المائية المتجددة من مصادر غير طبيعية؛ مثل التحلية أو مياه الصرف الصحي المعاد استخدامها. وفي مثل هذه الحالة فإن نصيب الفرد سنوياً من إجمالي مصادر المياه المتجددة (الطبيعية وغير الطبيعية) سوف يرتفع ليصبح 320 متراً مكعباً للفرد سنوياً، لكن حتى هذا المستوى يعتبر منخفضاً عالمياً، الأمر الذي يجعل النقص في الموارد المائية المتجددة يضع كثيراً من التحديات أمام الحكومة لتوفير المياه العذبة اللازمة للتنمية الاقتصادية المتسارعة، والتنمية الاجتماعية، وحماية البيئة، والصحة العامة، وتوفير الأمن الغذائي.

ويبلغ مجموع مصادر المياه المستخدمة سنوياً (المتجددة وغير المتجددة) في الدولة حوالي 4.5 مليار متر مكعب، تشكل منها المياه الجوفية نحو 2.3 مليار متر مكعب، منها 150 مليون متر مكعب من المياه الجوفية المتجددة، سواء من السدود أو التغذية المباشرة من الأمطار. بينما يبلغ إجمالي الموارد غير الطبيعية المتجددة 2.2 مليار متر مكعب، منها حوالي 1.7 مليار متر مكعب من مياه التحلية، وحوالي 500 مليون متر مكعب من مياه الصرف الصحي المعالجة، كما هو موضح في الشكل (3).

## الشكل (2)

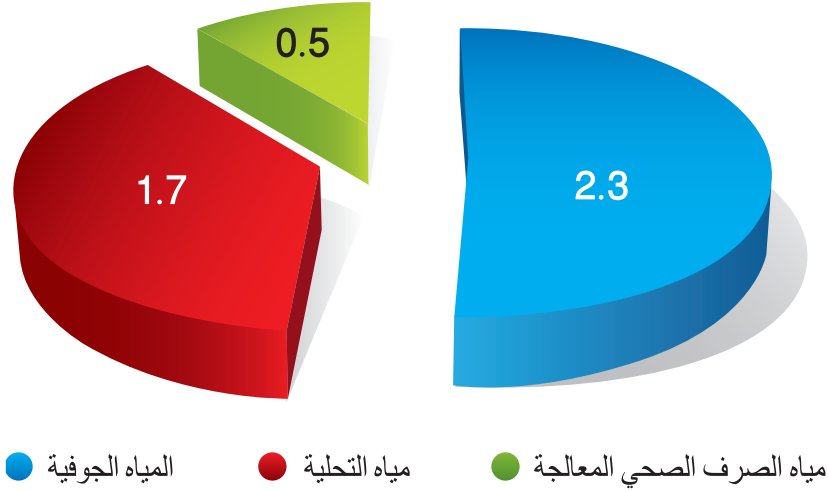
### موارد المياه المتجددة في دولة الإمارات مقارنة ببعض الدول الأخرى 2010 (متر مكعب / السنة) (\*)



(\*) تم إعداد الشكل بناء على بيانات جمعها الباحث.

### الشكل (3)

← مصادر المياه المستخدمة في دولة الإمارات (مليار متر مكعب) (\*)



(\*) وزارة البيئة والمياه، 2010، مرجع سابق.

وتتركز مصادر المياه في دولة الإمارات العربية المتحدة في موردين أساسيين، هما:

## 1. موارد المياه التقليدية

وتنقسم إلى المياه السطحية، والمياه الجوفية، اللتين تتمثل تفاصيلهما في الآتي:

### أ. المياه السطحية (الأمطار والوديان والسدود)

بالرغم من أنه لا توجد في دولة الإمارات العربية المتحدة موارد مائية سطحية دائمة الجريان بالمعنى المفهوم مثل الأنهار أو البحيرات العذبة، فإنه عند سقوط الأمطار على الدولة، وخصوصاً على المناطق الجبلية، يتجمع جزء من مياهها على سطح الأرض، وتبدأ تلك المياه في الحركة أسفل المنحدرات عبر قنوات دقيقة، سرعان ما تتجمع في قنوات أكبر فأكبر لتأخذ طريقها نحو مخرج حوض التصريف الرئيسي أو الوداي الرئيسي مسببة جريان هذه الوديان. وتشير الخرائط الطبوغرافية، والصور الجوية، وصور الأقمار الصناعية، إلى وجود 70 حوض صرف جافاً في سلسلة جبال عُمان الشمالية وشبه جزيرة مسندم، من بينها 58 حوضاً داخل الدولة. ويتراوح الإسهام السنوي من مياه السيول لموارد المياه في دولة الإمارات، كما قُدرتها وزارة البيئة والمياه في عام 2009، بين 23 و138 مليون متر مكعب.<sup>5</sup> وهذه الكميات من المياه لا بأس بها، حيث إن جزءاً كبيراً منها يساهم في تغذية المياه الجوفية، وتحسين نوعيتها. وتُعتبر بعض الأودية الحدود الدولية بين سلطنة عمان ودولة الإمارات من خلال اثنتي عشرة منطقة تجميع،

ويصل متوسط إجمالي التدفق السنوي من هذه الوديان نحو 7.6 مليون متر مكعب سنوياً. وقد تم تقدير تغذية الخزانات الجوفية من خلال التدفق الجوفي بحوالي 30.9 مليون متر مكعب سنوياً.

وقد حظيت مشاريع بناء السدود في الإمارات مؤخراً بأهمية كبيرة، نظراً إلى دورها المهم في تغذية المياه الجوفية، وحفظ مياه الأمطار من الضياع؛ وكذلك حجز مياه السيول والحيلولة دون ضياعها هدرًا في مياه البحر. وقد قامت الحكومة بإنشاء العديد من السدود أهمها: سد الشويب في مدينة العين، وسد راشد في أطراف حتّا، بالإضافة إلى خمسة سدود أخرى كبيرة في وادي حام، وادي البيح، وادي أذن، وادي جيما، وادي الغيل. وتعتمد الطاقة التخزينية لسدود التغذية على عوامل متعددة، يأتي في مقدمها مساحة حوض التصريف، فكلما زادت مساحة حوض التصريف كانت قدرة السد على حجز المياه أكبر. وترجع معدلات حصاد المياه بواسطة السدود في المقام الأول إلى معدلات الأمطار، حيث تزداد بزيادتها وتقل بنقصها.<sup>6</sup>

وقد قامت الدائرة الخاصة بالمغفور له بإذن الله، الشيخ زايد بن سلطان آل نهيان، بإنشاء نحو 58 سداً وحاجزاً للمياه في الإمارات الشمالية على أربع مراحل: المرحلة الأولى 27 سداً، والمرحلة الثانية 28 سداً، وسدّان في المرحلة الثالثة، وسد واحد في المرحلة الرابعة.<sup>7</sup> وقد بلغ إجمالي عدد السدود في الدولة نحو 114 سداً، تقدر طاقتها التخزينية بنحو 118 مليون متر مكعب من المياه. وفي إطار تطوير البنية التحتية، تتجه الدولة إلى إنشاء نحو 70 سداً جديداً في المناطق الشرقية والشمالية، بهدف تعزيز مخزون المياه الجوفية، وبناء منظومة متكاملة من البنية التحتية لتنمية الموارد المائية ومواجهة التحديات البيئية والمائية.<sup>8</sup> وتشير نتائج الدراسة التي قامت بها وزارة البيئة والمياه إلى أن أكبر 9 سدود بالدولة قد قامت بتخزين نحو 178 مليون متر مكعب في الفترة من 1982 - 2000، وقد ارتفعت هذه الكمية لتصبح نحو 211 مليون متر مكعب في عام 2007.<sup>9</sup> وتتطلب عملية بناء السدود وصيانتها تكاليف استثمارية رأسمالية مرتفعة تقوم بها الدولة بسخاء، إيماناً من الحكومة بأهمية هذه السدود في تخزين المياه وتغذية الخزانات الجوفية، ويوضح الجدول (1) حجم الاستثمارات الحكومية في بناء السدود خلال الفترة 2001-2004.

## الجدول (1)

التكلفة الرأسمالية لبناء السدود في دولة الإمارات خلال الفترة 2001-2004 (\*)

السنة	مجموعة السدود	عدد السدود	السعة التخزينية (مليون متر مكعب)	التكلفة	
				مليون درهم	مليون دولار
2001	زايد المرحلة 1	27	5.9	210	57
2002	زايد المرحلة 2	28	7.1	320	87
2003	زايد المرحلة 3	2	0.4	28	7.6
2004	زايد المرحلة 4	1	0.1	6	1.6
<b>الإجمالي</b>		<b>58</b>	<b>13.5</b>	<b>564</b>	<b>153.2</b>
متوسط تكلفة تخزين المتر المكعب من مياه الأمطار					
				42	11

(\*) وزارة البيئة والمياه، "استراتيجية المحافظة على الموارد المائية في دولة الإمارات"، دولة الإمارات العربية المتحدة، 2010.

وتخطط وزارة البيئة والمياه حالياً لبناء 61 سداً جديداً خلال الفترة القادمة لتجميع مياه السيول، ليصبح إجمالي عدد السدود في الدولة 175 سداً. ومن المتوقع أن تصل التكاليف الاستثمارية لإنشاء هذه السدود إلى نحو 228 مليون درهم، بحسب تقدير الوزارة، كما هو موضح في الجدول (2).

## الجدول (2)

### التكاليف الرأسمالية المتوقعة لبناء السدود الجديدة (\*)

التكلفة		السعة التخزينية (مليون متر مكعب)	عدد السدود	نوع السدود	السنة
مليون دولار	مليون درهم				
14	51	0.31	15	خرساني	2012 - 2013
44	163	2.28	36	ركامي	2012 - 2013
4	14	0.21	3	حجري	2012 - 2013
62	228	2.80	61		الإجمالي

(\*) زين العابدين رزق، وعبدالرحمن الشهران، مصادر المياه في دولة الإمارات العربية المتحدة (عمان: إثراء للنشر والتوزيع، 2008).

## ب. المياه الجوفية

تعد المياه الجوفية حتى الآن المصدر الرئيسي والطبيعي الوحيد للمياه المستخدمة في دولة الإمارات، بالرغم من الضخ الجائر من بعض الخزانات، وتدهور نوعية المياه فيها. ويوجد في دولة الإمارات العديد من الخزانات الجوفية، منها خزانات جوفية سطحية، وأخرى عميقة. تعد الخزانات الجوفية السطحية أكثر الخزانات شيوعاً من حيث الإنتاجية، والتي تتكون من الرمل الحديث والرسوبيات والأحجار الرملية المتآكلة نتيجة الرياح، والعوامل الجوية (التجوية) من عصور مختلفة أهمها العصر الرباعي. والطبقات الحاملة للمياه والمكوّنة للخزانات الجوفية السطحية في إمارة أبوظبي، هي: الخزان الرباعي، والذي يليه مباشرة تكوينات فارس السفلى؛ والرمل الرباعي والحصى، والذي يليه مباشرة تكوينات فارس العليا؛ والسبخات الساحلية والداخلية؛ والرمل والحصى الرباعي؛ والرمل والحصى الرباعي شرق جبل حفيت (سهل الجوف)، والذي يليه مباشرة تكوينات فارس السفلى والعليا. أما في الإمارات الشمالية، فيوجد عدد من التكوينات الأخرى، والتي تعد طبقات حاملة للمياه مكوّنة للخزانات السطحية في هذه المناطق، ومنها: خزان الحجر الرملي؛ وخزان التراكم الطبيعي؛ والسبخات الساحلية والداخلية؛ والخزان الطيني. أما الخزانات الجوفية العميقة فتتكون من الصخور الجيرية المتصدعة والمتشققة، والصخور البركانية (الأفيوليت)، والصخور الكربونية. وتتكون طبقة الصخور الكربونية على أعماق كبيرة، ولم يتم استشفافها أو استخدامها حتى الآن على نطاق واسع. ومن أهم الخزانات الجوفية العميقة في الدولة: خزان الجوزة ويوجد في الإمارات الشمالية؛ وخزان الصخور البركانية (الأفيوليت) في الإمارات الشمالية؛ وخزان الصخور الجيرية المتصدعة والمتشققة في الإمارات الشمالية؛ وخزان الحجر الجيري جنوب مدينة العين بإمارة أبوظبي؛ وخزان سمسة بإمارة أبوظبي؛ والخزان الطيني المتشقق بالفجيرة. وتختلف إنتاجية المخزون الجوفي وقدرته وحجمه ونوعيته بحسب موقع الخزان الجوفي، وعمق التكوينات السطحية والعميقة الحاملة للمياه، والخواص الهيدروليكية وامتداد الخزان الجوفي،<sup>10</sup> كما هو موضح في الجدول (3).

### الجدول (3)

#### أنواع الخزانات الجوفية وإنتاجيتها ونوعية المياه فيها بدولة الإمارات (\*)

تصنيف الخزان	نوع الخزان	الإمارة/المنطقة	نوعية المياه	الإنتاجية
خزان سطحي	خزان رملي	الإمارات الشمالية	عذبة	متوسطة - مرتفعة
		الإمارات الشمالية	معتدل الملوحة	منخفضة - مرتفعة
	السبخة	إمارة أبوظبي	معتدل الملوحة	متوسطة
		الإمارات الشمالية	مرتفعة الملوحة	متوسطة
خزان عميق	الخزان الطيني	إمارة أبوظبي	مرتفعة الملوحة	متوسطة
	خزان الجوزية	الإمارات الشمالية	معتدل الملوحة	متوسطة
	خزان الأفوليت	الإمارات الشمالية	معتدل الملوحة	منخفضة
	الخزان الجيري المتشقق	الإمارات الشمالية	عذب	مرتفعة
	خزان الحجر الجيري	إمارة أبوظبي	معتدل - مرتفع الملوحة	متوسطة
	خزان الطين المتشقق	إمارة أبوظبي	معتدل الملوحة	منخفضة
	خزان سمسة	إمارة أبوظبي	معتدل الملوحة	منخفضة

(\*) وزارة البيئة والمياه، "استراتيجية المحافظة على الموارد المائية في دولة الإمارات"، دولة الإمارات العربية المتحدة، 2010.

وتنقسم الخزانات الجوفية من حيث معدلات التغذية إلى نوعين:

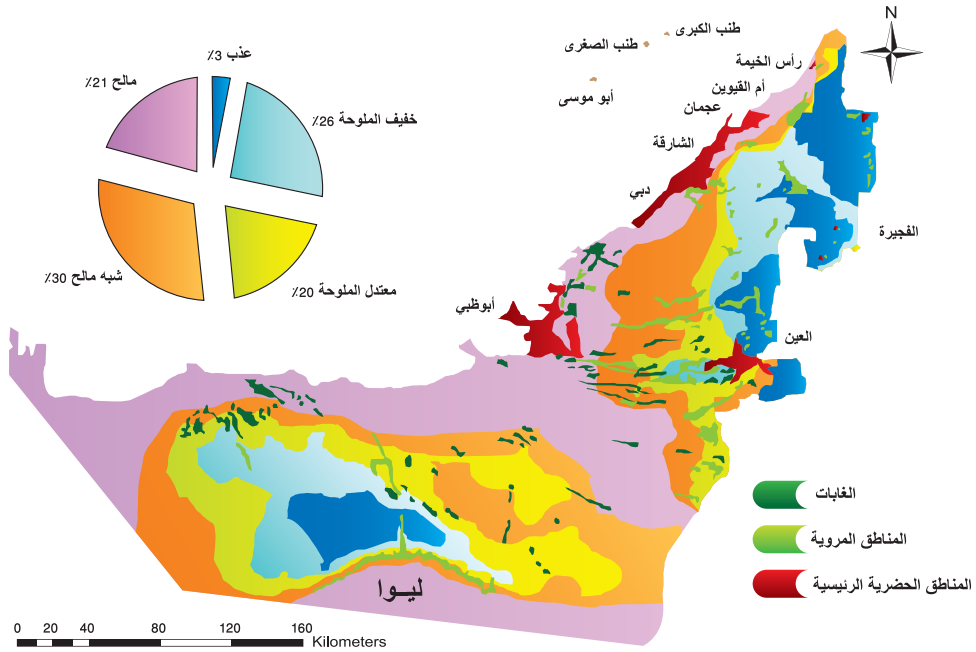
- خزانات جوفية غير متجددة، تعود تغذيتها إلى فترات زمنية طويلة تمتد إلى آلاف السنين. وقد تكونت هذه المياه في أثناء تكون الطبقات الصخرية في العصور الجيولوجية السابقة. وتشير الدراسات الجيولوجية إلى أن هناك أحياناً مهمة قد تمت في الفترة ما بين 9000 إلى 6000 قبل الميلاد لإعادة تغذية هذه الخزانات، وكذلك في الفترة ما بين 32000 إلى 26000 قبل الميلاد (هيئة البيئة - أبوظبي، 2009).
- خزانات جوفية متجددة، وتتم تغذية هذه الخزانات الجوفية بواسطة السدود والأمطار الهاطلة على الوديان بالدولة أو من جبال الحجر بسلطنة عمان، وقد قدرت بعض الدراسات التي قامت بها وزارة البيئة والمياه، وهيئة البيئة - أبوظبي أن معدلات التغذية السنوية للخزانات الجوفية في الدولة ترواح بين 140 و190 مليون متر مكعب من المياه سنوياً.<sup>11</sup>

ويقدر حجم المخزون الجوفي بالدولة بحوالي 740 مليار متر مكعب، غير أن المياه العذبة منها لا تزيد عن 25 مليار متر مكعب بما يمثل نحو 3 في المائة فقط من إجمالي المخزون الجوفي كما هو موضح في الخريطة (1). ويوضح الجدول (4) تقديرات حجم المخزون الجوفي بحسب نوعيته في الدولة. وتشير الدراسات الحديثة<sup>12</sup> إلى أنه عند معدلات الضخ الحالية، فإن المخزون الجوفي من المياه العذبة والمياه المرتفعة الملوحة سوف ينضب في خلال 50 سنة، وخصوصاً الخزانات الجوفية السطحية. لذا، فإنه من الضروري أن يتم التأكد من إدارة هذا المورد الحيوي بشكل مناسب ومستدام، وخصوصاً استخدامه في الري في قطاع الزراعة والغابات، وهما أكبر مستهلكين للمياه الجوفية. وتعاني المياه الجوفية عدداً من التحديات الرئيسية، منها: الضخ الجائر الذي يفوق حجم التجدد الطبيعي لهذه المياه بنحو 15 ضعفاً، وكذلك تداخل مياه البحر للمناطق الساحلية أو تأثير التسرب من الخزانات الجوفية العميقة الأكثر ملوحة من الخزانات السطحية. كما أن هناك إسرافاً في استخدام المخصبات الكيماوية، ما يؤدي إلى تسرب جزء من هذه الأسمدة الكيماوية للمياه الجوفية، وهو ما يعكس وجود زيادة في نسبة تركيز النترات في بعض الآبار الجوفية.<sup>13</sup>



## الخريطة (1)

### المخزون الجوفي في دولة الإمارات ونوعيته (\*)



(\*) وزارة البيئة والمياه، 2010، مرجع سابق.

## الجدول (4)

### تقديرات حجم المخزون الجوفي في دولة الإمارات العربية المتحدة ونوعيته (\*)

المخزون الجوفي (مليار متر مكعب)								نوعية المياه
المجموع	الفجيرة	رأس الخيمة	أم القيوين	عجمان	الشارقة	دبي	أبو ظبي	
20	0.26	0.55	0.03	0	0.53	0.03	18.5	عذب (أقل من 1500 ملجم / لتر)
190	0.15	0.92	0.12	0	0.46	0.54	188	قليل الملوحة (1500-5000 ملجم / لتر)
148	0.04	0.19	0.1	0.01	0.05	0.50	147	معتدل الملوحة (5000-10000 ملجم / لتر)
115	0.01	0.01	0.06	0.05	0.04	0.40	114	شبه مالحة (10000-15000 ملجم / لتر)
56	0.01	0.01	0.03	0.01	0.04	0.05	56	مالحة (15000-20000 ملجم / لتر)
54	0.01	0	0.34	0.01	0.05	0.05	54	مرتفع الملوحة (20000-25000 ملجم / لتر)
67	0	0.01	0.02	0.06	0.03	0.04	67	مالحة جداً (25000-40000 ملجم / لتر)
90	0	0.01	0.4	0.02	0.03	0.4	90	شديد الملوحة (أكثر من 40000 ملجم / لتر)
<b>740</b>	<b>0.5</b>	<b>1.7</b>	<b>0.41</b>	<b>0.16</b>	<b>1.26</b>	<b>1.65</b>	<b>735</b>	<b>الإجمالي</b>

(\*) هيئة البيئة - أبو ظبي، نشرة إحصائيات الموارد المائية بإمارة أبو ظبي، أبو ظبي، 2010.

## 2. موارد المياه غير التقليدية

وتنقسم إلى المياه السطحية، والمياه الجوفية، اللتين تتمثل تفاصيلهما في الآتي:

### أ. تحلية مياه البحر

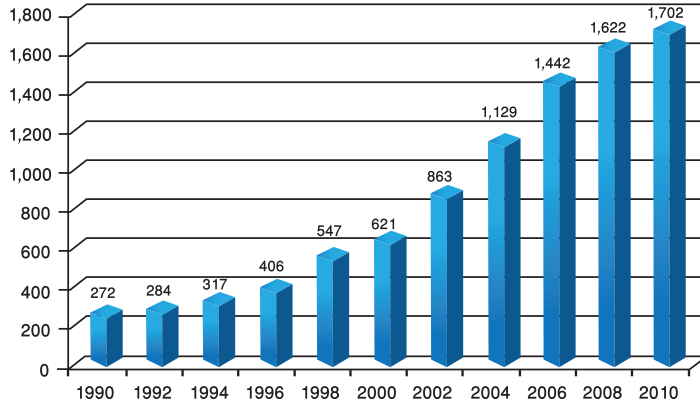
مع تدهور نوعية المياه الجوفية، وعجزها عن الوفاء بالطلب على موارد مائية ذات جودة عالية في القطاعات المختلفة، وخصوصاً القطاع السكاني، لجأت دولة الإمارات العربية المتحدة إلى الاستثمار في صناعة التحلية كخيار استراتيجي لتوفير المياه العذبة. ويعد قطاع تحلية المياه في الدولة من القطاعات المهمة، والتي تساهم بشكل كبير في التنمية والوفاء باحتياجات القطاع السكاني والصناعي والتجاري من المياه العذبة. وتقع محطات التحلية الكبيرة على ساحل الخليج العربي أو خليج عُمان، وهي في الغالب عبارة عن محطات حرارية مشتركة لإنتاج الكهرباء والمياه في الوقت نفسه. وتقع بعض المحطات على اليابسة، وتعمل باستخدام تقنية الأغشية (التناضح العكسي) [تعد عملية التناضح العكسي حديثة بالمقارنة مع عمليتي التقطير والديليزة (التكرير)، حيث تم تقديمها تجارياً خلال السبعينيات من القرن العشرين. وتعرف عملية التناضح العكسي بأنها فصل الماء عن محلول ملحي مضغوط من خلال غشاء. ومن الناحية التطبيقية يتم ضخ مياه التغذية تحت ضغط في الأغشية، وعندما يمر جزء من الماء عبر الغشاء تزداد محتويات الماء المتبقي من الملح. وفي الوقت نفسه، فإن جزءاً من مياه التغذية يتم التخلص منه دون أن يمر عبر الغشاء. وتتراوح كمية المياه المتخلص منها بهذه الطريقة بين 20 و70 في المائة من التغذية اعتماداً على كمية الأملاح الموجودة فيها]، وتكون ذات سعة منخفضة. ويمثل توافر الطاقة وأسعار النقل العاملين المحددين لعمليات إنتاج المياه المحلاة مستقبلاً. وقد وصلت أول محطة لتحلية مياه البحر إلى شاطئ أبوظبي في عام 1960، وكانت طاقتها الإنتاجية نحو 12.5 ألف جالون في اليوم فقط (حوالي 56.8 متراً مكعباً يومياً فقط). وكانت هذه المحطة تستخدم طريقة التبخير الوميضي المتعدد المراحل. أما المحطة الثانية للتحلية فأنشئت في عام 1968 بطاقة إنتاجية قدرها 25 ألف جالون في اليوم (حوالي 113.6 متراً مكعباً يومياً). ثم تم إنشاء ثلاث محطات أخرى كبيرة بلغت إنتاجيتها حوالي 9 آلاف متر مكعب يومياً.<sup>14</sup>

وقد ازدادت الطاقة الإنتاجية للتحلية في الدولة نحو ثلاثة أضعاف منذ العام 2000، بسبب زيادة الطلب على المياه بالدولة كما هو موضح بالشكل (4). وتصل الطاقة الإنتاجية للمياه من محطات التحلية حالياً إلى نحو 1700 مليون متر مكعب من المياه سنوياً، ما يضع دولة الإمارات في المرتبة الثانية عالمياً من حيث إنتاج المياه المحلاة بعد المملكة العربية السعودية التي تحتل المركز الأول عالمياً في إنتاج مياه التحلية، وتنتج نحو 2022 مليون متر مكعب سنوياً. ويوجد حالياً بالدولة نحو 70 محطة تحلية باستخدام التقطير الحراري والأغشية.

## الشكل (4)

### تطور إنتاج التحلية في دولة الإمارات (1990 - 2010) (\*)

إنتاج التحلية ( مليون متر مكعب / السنة )

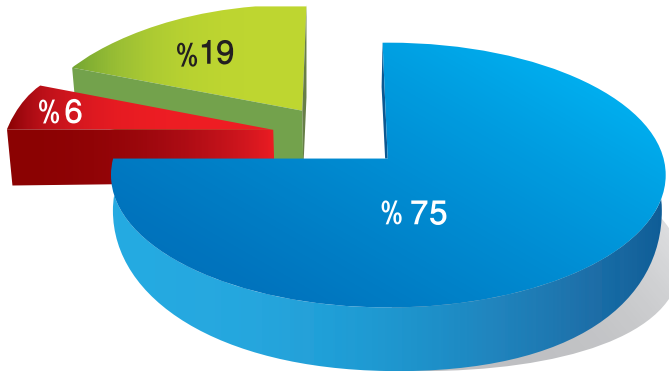


(\*) تم إعداد الشكل بناء على بيانات جمعها الباحث.

وتشمل محطات التقطير الحراري كما هو موضح في الشكل (5) تقنية التقطير الوميضي المتعدد المراحل، وتقنية التقطير المتعدد التأثير، واللتين تعتبران من أكثر الطرق شيوعاً واستخداماً بسبب كفاءتهما، واستخدامهما في إنتاج الطاقة الكهربائية من المحطات نفسها أيضاً. أما استخدام الأغشية فيقتصر على استخدام طريقة التناضح العكسي.

## الشكل (5)

### نسب إنتاج مياه التحلية بالطرق المختلفة في دولة الإمارات (\*)



● التقطير الوميضي المتعدد المراحل ● التقطير المتعدد التأثير ● التناضح العكسي

(\*) تم إعداد الشكل بناء على بيانات جمعها الباحث.

وتختلف هذه التقنيات فيما بينها من حيث حجم المياه اللازمة لإنتاج متر مكعب من المياه المحلاة، وكفاءة استخدام الطاقة كما هو موضح بالجدول (5). وتقتزن عملية التحلية بالتقطير الوميضي المتعدد المراحل بمحطات إنتاج الطاقة للاستفادة من البخار الناجم عن عملية التقطير في توليد الطاقة، وبالتالي زيادة كفاءة هذه المحطات، وتقليل التكلفة. كما تعد تقنية التناضح العكسي من التقنيات المهمة التي تساهم في إنتاج حوالي 20 في المائة من المياه في الدولة، ومن المتوقع زيادة المنتج بهذه التقنية مستقبلاً؛ لانخفاض تكلفة الأغشية وتحسن أدائها وقلة استهلاكها للطاقة.<sup>15</sup>

## الجدول (5)

### المقارنة بين طرق التحلية المستخدمة في دولة الإمارات (\*)

طرق الأغشية (التناضح العكسي)		الطرق الحرارية		عناصر المقارنة
المياه المعتدلة الملوحة	المياه المالحة	التقطير المتعدد التأثير	التقطير الوميضي المتعدد المراحل	
1.5	2.5	7	10	كمية المياه المالحة اللازمة لإنتاج متر مكعب من المياه العذبة
0.5	1.5	2	3	كمية المحلول الملحي العالي الملوحة
9	24	162	186	استهلاك الطاقة (مليون جول للمتر المكعب)

(\*) Mohamed Dawoud, "Future Growth in the Desalination Industry in Middle East Region," in Daniel Delgado and Pablo Moreno, Desalination Research Progress (New York, Nova Science Publishers, 2008), pp. 161-186.

## تقنيات التحلية المستخدمة في دولة الإمارات

### التحلية باستخدام التقطير الوميضي المتعدد المراحل (Multi-stage Flash Distillation)

تمثل تقنية التقطير الوميضي المتعدد المراحل أكثر التقنيات استخداماً في دولة الإمارات العربية المتحدة، وذلك بسبب السعة الإنتاجية الكبيرة، وإمكانية الاعتماد عليها في توليد الطاقة الكهربائية، والتي تؤدي إلى رفع كفاءة المحطة وتقليل التكلفة. وقد شملت عمليات التطوير الحديثة في هذه التقنية إضافة أبراج تبريد لتقليل الطاقة المستخدمة في عملية التحلية، وكذلك تكامل هذه التقنية مع التقنيات الحرارية، وتقنيات التناضح العكسي. وقد عملت هذه التقنية لأكثر من 20 عاماً منذ استخدامها في بداية السبعينيات في الدولة بشكل جيد. ومع اتباع برامج صيانة جيدة، أمكن استخدام العديد من المحطات لأكثر من 25 عاماً. وتتوقع شركات التقنية أن يتم استخدام هذه المحطات لمدة 40 عاماً قادماً بكفاءة جيدة.

### التحلية باستخدام التقطير المتعدد التأثير (Multi-effect Distillation)

في السنوات القليلة الماضية زاد استخدام تقنية التقطير المتعدد التأثير، سواء في إمارة أبوظبي أو في المناطق الأخرى من الدولة، وذلك لكون هذا الأسلوب أكثر كفاءة في استهلاك الطاقة. وهو مصنف على أنه يستهلك طاقة حرارية أقل بحوالي 10 في المائة من تقنية التقطير الوميضي المتعدد المراحل. بالإضافة إلى ذلك، يمكن لهذه التقنية أن تستخدم بخاراً أقل جودة مع الحصول على الإنتاجية ذاتها التي يتم الحصول عليها من التقنية الأخرى. وعندما يتم استخدام البخار الحراري المضغوط في هذه التقنية يمكن أن تزيد نسبة كفاءتها إلى حدود تصل إلى حوالي 15 في

المائة. وقد كلفت هيئة مياه وكهرباء أبوظبي إحدى الشركات لبناء محطة الفجيرة 2، وهي محطة كبيرة تصل سعتها إلى حوالي نصف مليون متر مكعب يومياً، وذلك باستخدام مشترك لتقنية التقطير المتعدد التأثير والتناضح العكسي معاً. وبسبب التحسينات التي طرأت على هذه التقنية فإنه من المتوقع أن تكون هي التقنية الرئيسية المستخدمة في الدولة مستقبلاً.

## التحلية بواسطة التناضح العكسي (Reverse Osmosis)

تتطوي عملية التحلية بواسطة التناضح العكسي على انتشار جزيئات الماء من محلول مخفف إلى غشاء شبه منفذ إلى محلول مركز، حتى يتم الوصول إلى حالة التبادل من خلال تعريض هذا المحلول إلى الضغط. وعلى الرغم من وجود هذه التقنية منذ الستينيات من القرن الماضي، فإن تكاليف إنتاج المياه المحلاة بهذه التقنية استمرت عالية حتى تم إدخال تحسينات على كفاءة الأغشية وتخفيض التكلفة على صناعة الأغشية، وكذلك إيجاد طرق أكثر كفاءة لإدخال المياه في مرحلة ما قبل المعالجة. وأدت هذه التحسينات إلى وضع عملية التناضح العكسي في منافسة مباشرة مع عمليات التحلية الحرارية في المحطات الحالية، وتلك التي يجري التخطيط لها مستقبلاً. ويمكن توسيع المحطات الحرارية الحالية، وذلك من خلال إضافة تقنية التناضح العكسي، حيث تعتبر مثل هذه المحطات الهجين في الوقت الحالي بدائل ناجحة للمحطات ذات التقنيات الأحادية. ويوجد في دولة الإمارات العربية المتحدة وسائر دول الخليج العربي خلفية تاريخية طويلة لاستخدام التحلية بواسطة عملية التناضح العكسي (مستخدمة في إمارة عجمان منذ 17 سنة)، ولكن هذه المحطات تعتبر صغيرة إذا ما قورنت بالسعات الكبيرة للمحطات التي تستخدم التقنيات الحرارية. وقد تم بناء محطات بسعات كبيرة في المنطقة حيث إن المملكة العربية السعودية ودولة الكويت قد وضعتا خطاً لبناء محطات ذات سعة كبيرة باستخدام تلك التقنية مستقبلاً. ومنها على سبيل المثال: محطة جدة (المرحلة الثالثة) بطاقة إنتاجية 240 ألف متر مكعب يومياً، ومحطة رأس الخير بالسعودية بطاقة إنتاجية تصل إلى مليون متر مكعب في اليوم.<sup>16</sup>

## مصادر الطاقة المستخدمة في التحلية

وتنقسم إلى مصادر طاقة مستخدمة حالياً في تحلية المياه، وأخرى يتوقع استخدامها في المستقبل القريب:

### مصادر الطاقة الحالية

تحتاج محطات التحلية إلى كميات كبيرة من الطاقة. ومن الطبيعي أن تتطلب العمليات الحرارية طاقة حرارية عالية لإنتاج بخار المياه، بينما تعتمد محطات التناضح العكسي على الكهرباء لعمليات الإنتاج. وتحتاج المحطات الحرارية إلى حرارة تتراوح بين 70 و130 درجة مئوية، وتستهلك ما بين 25 إلى 200 كيلووات في الساعة لكل متر مكعب من المياه. بينما تتطلب محطات التناضح العكسي حوالي 4 إلى 6 كيلووات في الساعة لكل متر مكعب من المياه (اعتماداً على نسبة الملح في هذه المياه). وفي الوقت الحالي يتم توفير الطاقة اللازمة للإنتاج المزدوج في أبوظبي من الغاز الطبيعي، إما من شبكة إمدادات الغاز الطبيعي للإمارة، وإما من أنابيب مشروع دولفين للغاز الذي يستورد الغاز من قطر.

## مصادر الطاقة المستقبلية المحتملة

تستهلك محطات إنتاج الطاقة الكهربائية والمياه كميات هائلة من الوقود النفطي، والغاز، ونظراً إلى ارتفاع سعر الوقود النفطي وكونه من الموارد القابلة للنفاذ، فقد كان من الضروري التفكير في مصادر الطاقة المتجددة أو البديلة، التي لها صفة الاستدامة. وقد خطت دولة الإمارات خطوتين رائدتين في مجال استخدام الطاقة الشمسية والطاقة النووية.

### ← الطاقة الشمسية

قامت حكومة أبوظبي بإنشاء شركة أبوظبي لطاقة المستقبل "مصدر" بهدف رئيسي هو الاستثمار في إيجاد بدائل للطاقة المتجددة التي يمكن استخدامها بشكل رئيسي في توليد الطاقة وتحلية المياه. والمصدران المحتملان للطاقة المتجددة الموجودان في أبوظبي هما: الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. وقد قام العديد من الباحثين من خارج شركة مصدر بدراسة استخدام الطاقة الشمسية في عمليات التحلية. وعلى الرغم من عدم توافر التقنية الحالية للسعة أو للأمان المطلوبين في الوقت الراهن، فإن هناك تطورات إيجابية باتجاه استخدام حقول كبيرة لتوليد الطاقة الشمسية في الإمارات، ستوفر هذه المتطلبات. ولاستخدام الطاقة الشمسية في التحلية كثير من المميزات؛ منها أنها أقل تأثيراً على البيئة وظاهرة الاحتباس الحراري لانعدام الانبعاثات الغازية، وانخفاض التكاليف التشغيلية مقارنة بالطرق الأخرى؛ وكون العائد واستعاضة التكاليف الرأسمالية أفضل على المدى الطويل؛ وانخفاض التكلفة الرأسمالية مع الوقت نتيجة التطور في صناعة الخلايا الشمسية وانخفاض أسعارها؛ وإمكانية استخدام طرق تجميع الطاقة الشمسية بالمرآيا، ما يساهم كثيراً في رفع كفاءة هذه الأنظمة. ومن التحديات الحالية التي تواجه عملية التحلية بالطاقة الشمسية: ارتفاع التكلفة الرأسمالية في الوقت الحالي مقارنة بالطرق التقليدية (ضعفان)، غير أن استرجاع هذه التكلفة على المدى الطويل أفضل من الطرق التقليدية. والتحدي الثاني هو استخدام الأراضي على نطاق واسع، غير أنه مع تطور صناعة الخلايا الشمسية وارتفاع كفاءتها، انخفضت مساحات الأراضي المطلوبة.<sup>17</sup>

### ← الطاقة النووية

اتخذت دولة الإمارات قراراً واضحاً لتقييم إمكانية تطوير الطاقة النووية، وذلك من خلال إعداد "وثيقة السياسة العامة لدولة الإمارات في تقييم إمكانية تطوير برنامج الطاقة النووية السلمية"، ونشرها في نيسان/ إبريل 2008. وهذه الاستراتيجية سوف توفر مزيداً من الاعتماد على هذه الطاقة اعتباراً من عام 2017، ولكن سيتطلب ذلك وجود قرارات بيئية صارمة لحماية البيئة. وقد تمثلت الطاقة النووية البديل الاقتصادي الأفضل لطاقة الوقود الأحفوري (النفط والغاز) لتوليد الطاقة الكهربائية وتحلية مياه البحر مستقبلاً. غير أن استخدام الطاقة النووية، وخصوصاً بعدما حدث انفجار في المحطة النووية الأولى في محطة فوكوشيما اليابانية في آذار/مارس 2011، يثير قلقاً لدى بعض الباحثين والعامّة. وتتمثل الشكوك حول استخدام الطاقة النووية في: مدى الأمان في استخدام الطاقة النووية، وارتفاع رأس المال اللازم لإنشاء هذه المحطة (التكلفة الرأسمالية والتشغيلية)، والتأثير الإشعاعي على المناطق المحيطة والعاملين بهذه المحطات على المدى القصير والطويل، والتخلص من النفايات الذرية، والتخلص من مياه التبريد للمفاعلات النووية. ويجب ألا تكون هذه الشكوك سبباً في صرف النظر عن استخدام الطاقة النووية، حيث إنها قد تكون الخيار الوحيد المتاح أحياناً. وقد بينت تقارير الوكالة الدولية للطاقة الذرية أن استخدام الطاقة النووية في عمليات التحلية أقل كلفة من استخدام الوقود التقليدي. كما أثبتت التجربة نجاح إمكانية ربط وحدات التحلية بمحطات القوى النووية، والتي بدأت في كازاخستان، حيث استخدمت محطة طاقة نووية لمدة 27 عاماً لإنتاج طاقة كهربائية قدرها 135 ميغاوات كهربائي ومحطات تحلية

بسعة 80 ألف متر مكعب يومياً. وهناك كثير من الدول التي بدأت في استخدام الطاقة النووية في التحلية حديثاً. ففي اليابان جرى ربط 10 محطات تحلية مع محطات قوى نووية تستعمل مفاعلات الماء الخفيف المضغوط تتراوح سعة كل منها بين 1000 و3000 متر مكعب يومياً، وتم فيها استخدام وحدات التقطير الوميضي المتعدد المراحل في بادئ الأمر، ثم حل محلها وحدات تناضح عكسي ووحدات تعمل بالتقطير المتعدد التأثير. وهناك العديد من المحاولات الماضية حالياً في الاتجاه نفسه في منطقة الشرق الأوسط، نذكر منها، على سبيل المثال لا الحصر، إيران التي صممت محطة تحلية مياه بسعة 200 ألف متر مكعب يومياً لربطها مع مفاعل بوشهر، وقطر التي تسعى بخطوات جادة إلى بناء محطة قوى نووية مرتبطة بمحطة تحلية سعتها 1.3 مليون متر مكعب يومياً<sup>18</sup> ويوضح الجدول (6) بعض مشاريع ربط وحدات التحلية بمحطات القوى النووية في بعض الدول، ونوعية المفاعلات، وتقنيات التحلية المستخدمة.

## الجدول (6)

### محطات التحلية العاملة بالطاقة النووية والمقترحة (\*)

نوعية المياه	الدولة	طريقة التحلية	الوضع
مفاعل معدن سائل سريع	كازاخستان	MED, MSF	تم الانتهاء منه
مفاعل ماء خفيف مضغوط	اليابان	MED, MSF, RO	تم الانتهاء منه
	كوريا، الأرجنتين	MED, RO	في طور التصميم
	روسيا	MED, RO	في طور التصميم
مفاعل ماء ثقيل مضغوط	الهند	MSF, RO	تحت التسليم
	كندا	RO	في طور التصميم
	باكستان	MED	قيد الإنشاء
مفاعل ماء خفيف بالغليان	اليابان	MSF	تم التركيب والانتهاء منه
مفاعل عند درجات حرارة مرتفعة	جنوب أفريقيا	MED, MSF, RO	في طور التصميم
مفاعل عند درجات حرارة مرتفعة	الصين	MED	في طور التصميم

(\*) محمد درويش، وفاطمة العوضي، وأنور عامر، المحطات المشتركة لتوليد الطاقة الكهربائية وتحلية المياه بالطاقة النووية في دولة الكويت ودول الخليج العربية (الكويت: مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، 2009).

## الآثار البيئية لمحطات التحلية

لصناعة التحلية، مثل أي صناعة أخرى، بعض الآثار السلبية على البيئة المحيطة، والتي يجب أخذ الاحتياطات اللازمة لتلافي آثارها، سواء على المدى القصير أو المدى الطويل.

### الآثار الفيزيائية

تتمثل الآثار الفيزيائية في التأثير في مياه الخليج العربي نتيجة الفرق في درجة الحرارة بين المياه الداخلة إلى محطة التحلية ودرجة حرارة مياه المحلول الملحي (الماء الراجع) الخارجة منها. فالمحلول الملحي الخارج من المحطة

تزيد درجة حرارته من 5 إلى 10 درجات مئوية عن درجة حرارة مياه البحر أو الخليج. هذا الفرق له آثار سلبية على النظم البيئية البحرية، حيث إن ارتفاع درجة الحرارة يقلل من الأكسجين الذائب في الماء. ويؤدي هذا النقص في الأكسجين الذائب إلى التأثير في الكائنات البحرية. ويمثل الاختلاف في درجة الحرارة مشكلة هيئة في المناطق الحارة كذلك السائدة في منطقة الخليج العربي، حيث يعتبر التفاوت الكبير في درجات الحرارة من الظواهر الطبيعية. ولكن التغير الكبير الممتد في درجات الحرارة يمكن أن يؤدي إلى آثار سلبية تتمثل في موت العديد من الكائنات البحرية.

وبالرغم من عدم توافر معلومات دقيقة حول كمية انبعاث غازات الدفيئة (Greenhouse Gases) المرتبطة بتحلية المياه في دولة الإمارات، فإن هيئة مياه وكهرباء أبوظبي قد قدرت في عام 2006 إجمالي كميات الغازات المنبعثة من محطات التحلية وتوليد الكهرباء في إمارة أبوظبي بنحو 13.5 مليون طن من الغازات سنوياً، يشكل غاز ثاني أكسيد الكربون حوالي 99.5 في المائة منها. وقد بذلت الحكومة جهوداً كبيرة كسي تتوافق هذه الانبعاثات مع المعايير الدولية من خلال زيادة كفاءة محطات التحلية واستخدام الغاز الطبيعي كوقود لهذه المحطات.<sup>19</sup>

## ↪ الآثار الكيميائية

تنتج الآثار الكيميائية نتيجة لوجود المركبات الكيميائية التي تبقى في المحلول الملحي (الماء الراجع) بعد إضافتها في أثناء المعالجة الأولية والكلورة وإضافة مضادات تراكم الرواسب. تضح محطات التحلية في منطقة الخليج العربي أطناناً من الكيماويات والكلور والمعادن في مياه البحر، والناجئة عن تحلية ما يقرب من 24 مليون متر مكعب من مياه البحر يومياً. حيث تشير نتائج الدراسات إلى أن السعودية والإمارات وقطر والبحرين والكويت وإيران لديها ما يقرب من 120 محطة تحلية تصرف حوالي 24 طناً من الكلور و65 طناً من مضادات الترسيب و300 كيلوجرام من النحاس، بالإضافة إلى الأمونيا، في مياه الخليج العربي كل يوم.<sup>20</sup> ويكون تركيز الأملاح الذائبة الكلية الداخلة إلى محطات التحلية بمنطقة الخليج العربي أعلى بكثير من 35 ألف ملليجرام في اللتر (ملجم/لتر)، من متوسط تركيز الأملاح الذائبة الكلية في مياه البحار المفتوحة. وعند تحويل 50 في المائة من المياه الداخلة إلى محطة التحلية إلى مياه عذبة، فإن تركيز الأملاح الذائبة الكلية في المحلول الملحي الراجع يصبح 70 ألف ملجم/لتر أو أكثر.

## ↪ الآثار البيولوجية

يحدث الفقد الأولي للكائنات البحرية في مناطق مأخذ محطات التحلية نتيجة الاصطدام بالأعمال الصناعية لهذه المآخذ (مثل شبكات حجز المواد الطافية أو غيرها)، علاوة على الاختناق الناتج عن إضافة الكلور. أما التأثير البيولوجي الرئيسي فيتمثل في الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين في المحلول الملحي الراجع، والذي يؤدي إلى نقص الأكسجين الذائب في مياه البحر بالقرب من مناطق تصريف المحلول الملحي. ويزيد تركيز الأملاح الذائبة الكلية في المحلول الملحي الناتج عن محطات التحلية كثيراً عن مستوياته في مياه البحر الطبيعية، ما قد يؤثر سلباً في الكائنات البحرية. وقد أوضحت الدراسات الحديثة الآثار السلبية لمحطات التحلية في منطقة الخليج العربي نتيجة زيادة تركيز الأملاح الذائبة ودرجة الحرارة والكلور والأمونيا على بيئات غابات القرم والأعشاب البحرية والمروج والشعاب المرجانية.



## الجوانب الاقتصادية للتحلية

تعد صناعة التحلية من العمليات المكلفة، سواء من حيث التكاليف الرأسمالية أو تكاليف التشغيل والصيانة، بالإضافة إلى التكاليف غير المباشرة؛ مثل تكاليف التأثير الضار على البيئة، والتأثير في ظاهرة الاحتباس الحراري نتيجة الانبعاثات الغازية (غازات الدفيئة)، والتأثير في الكائنات البحرية. وتتأثر تكلفة التحلية بالعديد من العوامل منها: نوع التقنية المستخدمة، والسعة الإنتاجية للمحطة، وطبيعة المياه المغذية لهذه المحطة (درجة الحرارة والملوحة)، والموقع الجغرافي، وتوافر المواد الخام، وتكاليف العمالة، وغيرها من العوامل الأخرى. وتعد تكلفة الوقود المستخدم في تشغيل هذه المحطات من أهم بنود التكاليف التشغيلية كما هو موضح في الجدول (7). وتشير النتائج إلى أن كلفة إنتاج المتر المكعب من مياه التحلية في دولة الإمارات تصل إلى 7 دراهم تقريباً.

### الجدول (7)

#### التكاليف الرأسمالية والطاقة اللازمة لإنتاج متر مكعب من مياه التحلية (\*)

طريقة التحلية			العنصر
التقطير الوميضي المتعدد المراحل	التقطير المتعدد التأثير	التناضح العكسي	
أقل من 120	أقل من 70	أقل من 45	درجة حرارة التشغيل (درجة مئوية)
21	11	6	متوسط استهلاك الطاقة (كيلووات/م <sup>3</sup> )
1.97	1.04	0.57	تكلفة الطاقة لإنتاج متر مكعب (دولار/م <sup>3</sup> )
900	850	750	التكلفة الرأسمالية (دولار/م <sup>3</sup> )

(\*) محمد درويش، وفاطمة العوضي، وأنور عامر، مرجع سابق.

### ب. مياه الصرف الصحي المعالجة

تعد المياه الناتجة عن معالجة الصرف الصحي مصدراً قيماً ومهماً في الدول التي تعاني ندرة المياه، وخصوصاً أن نظم المعالجة الحديثة قادرة على إنتاج المياه الصالحة للشرب حسب معايير منظمة الصحة العالمية، حيث يمكن استخدام هذه المياه مباشرة أو شحنها في الخزانات الجوفية. لذا، فقد بذلت حكومة دولة الإمارات جهداً كبيراً في معالجة هذه المياه، وإعادة استخدامها. وتتم معالجة مياه الصرف الصحي المجموعة من شبكة المدن والمناطق السكنية في الدولة منذ عام 1973. وقد أحرزت دولة الإمارات تقدماً كبيراً خلال السنوات الماضية في نظام تجميع مياه الصرف الصحي ومعالجتها، ويتم استخدام نظم متقدمة للمعالجة [تتم معالجة مياه الصرف الصحي في سنغافورة إلى درجة عالية الجودة باستخدام التناضح العكسي، حيث يتم تعبئتها واستخدامها كمياه للشرب، وتعد هذه العملية من أعلى العمليات كفاءة في العالم لمعالجة مياه الصرف الصحي (new water) حتى الدرجة الثلاثية، والتي تسمح بإعادة استخدام المياه الناتجة عن عملية المعالجة على نطاق واسع]، ولاسيما في ري الزراعات التجميلية. وقد أنشأت دولة الإمارات أول محطة للمعالجة

بنظام تنشيط الحمأة في عام 1973 لخدمة 30,000 نسمة في أبوظبي بطاقة إنتاجية بلغت حوالي 6810 أمتار مكعبة يومياً. وهناك حالياً أكثر من 60 محطة معالجة بالدولة تتراوح أحجامها بين الصغيرة والكبيرة، ويوجد منها 32 محطة في إمارة أبوظبي، و4 محطات في إمارة دبي، و18 محطة في إمارة الشارقة، وباقي المحطات موزعة في الإمارات الأخرى. ويتم جمع مياه الصرف الصحي من خلال شبكة تمتد إلى نحو 10,000 كيلومتر من المجاري ووسائل الضخ اللازمة لانسيابية النظام الهيدروليكي لشبكات الصرف الصحي. وقد بلغت كمية مياه الصرف الصحي المعالجة في الدولة نحو 500 مليون متر مكعب سنوياً خلال العام 2010، ومن المتوقع زيادة إنتاج مياه الصرف الصحي المعالجة لتصل إلى 1200 مليون بحلول عام 2030، فيما لو استمرت الزيادة السكانية بمعدلاتها الحالية. ويوضح الجدول (8) توقعات إنتاج مياه الصرف الصحي في الدولة خلال الفترة من 2010 - 2030.

## الجدول (8)

### توقعات إنتاج مياه الصرف الصحي في دولة الإمارات (مليون متر مكعب) (\*)

الإمارة	المؤشر	2010	2015	2020	2025	2030
أبوظبي	عدد السكان	1664950	1996595	2394328	2871293	3443271
	كميات مياه الصرف الصحي	119	143	171	205	246
دبي	عدد السكان	1847925	2681438	3890908	5645915	8192522
	كميات مياه الصرف الصحي	132	191	277	403	584
الشارقة	عدد السكان	1093567	1564852	2239242	3204269	4585185
	كميات مياه الصرف الصحي	78	112	160	228	327
عجمان	عدد السكان	264229	347963	458233	603447	794675
	كميات مياه الصرف الصحي	19	25	33	43	57
الفجيرة	عدد السكان	160350	208340	270755	351850	457256
	كميات مياه الصرف الصحي	11	15	19	25	33
رأس الخيمة	عدد السكان	248067	298488	359210	320210	520125
	كميات مياه الصرف الصحي	18	21	26	31	37
أم القيوين	عدد السكان	58460	71166	86584	105530	128165
	كميات مياه الصرف الصحي	4	5	6	8	9
دولة الإمارات	عدد السكان	5440744	7516186	10412112	14462088	20138280
	كميات مياه الصرف الصحي	503	625	779	973	1218

(\*) وزارة البيئة والمياه، مرجع سابق.

وتستخدم معظم المحطات في دولة الإمارات العربية المتحدة أساليب متقدمة حتى الدرجة الثالثة التي ينتج عنها مياه ذات جودة عالية<sup>21</sup> ويتم استخدام معظم هذه المياه، بنسبة تصل إلى 60 في المائة من إجمالي المياه المعالجة المنتجة، في أغراض ري الحدائق والمنتزهات وبعض الغابات أو المناطق الترفيهية، بينما يتم التخلص من النسبة الباقية في مياه الخليج أو في المناطق الصحراوية. وهناك توجهات حالية لتعظيم الفائدة من استخدام هذه المياه لتصل نسبة الاستخدام إلى 100 في المائة، في الغابات، والأشجار الحرجية على جوانب الطرق الرئيسية، والغابات الشجرية والزراعة بهدف دعم الأمن الغذائي بعد التأكد من نوعية المياه المعالجة، والتبريد المركزي بهدف توفير كميات كبيرة من مياه التحلية العالية التكلفة، وشن الخزانات الجوفية من خلال استغلال قدرة التربة على التنقية والمعالجة الإضافية للمياه المشحونة، ومن ثم ضخ هذه المياه وإعادة استخدامها في الأغراض المناسبة وفقاً لنوعيتها.

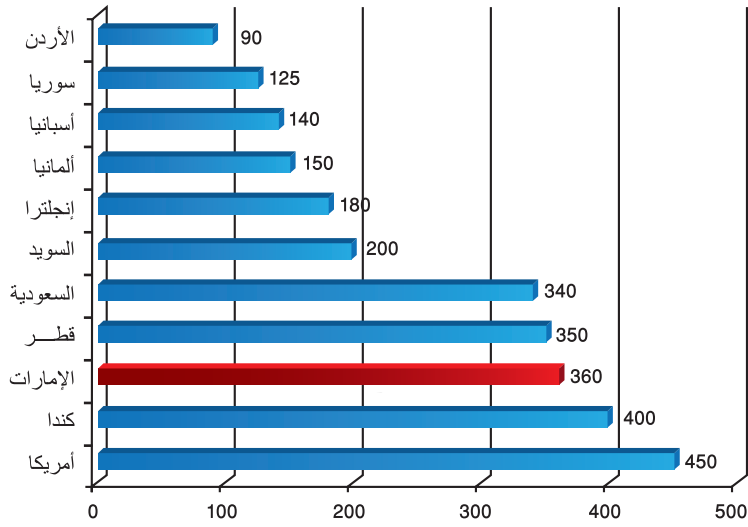
## ثانياً: الطلب على موارد المياه في دولة الإمارات العربية المتحدة

يعد معدل استهلاك الفرد اليومي للمياه في دولة الإمارات العربية المتحدة من أعلى معدلات الاستهلاك عالمياً بعد الولايات المتحدة الأمريكية وكندا، كما هو موضح في الشكل (5). يتم استخدام معظم المياه المحلاة لتلبية الطلب على مياه الشرب أو الاستهلاك الحضري للأغراض المنزلية والصناعية. كما يُستخدم جزء منها لري الزراعات التجميلية والحدائق في المناطق الحضرية، أو ري المناطق الزراعية كما في مدينة العين وبعض المزارع على طريق أبوظبي- دبي. وتستخدم المياه الجوفية لري المناطق الزراعية والغابات، وخاصة المياه الجوفية المعتدلة الملوحة، بينما تستخدم المياه المعالجة لري النباتات التجميلية فقط والحدائق والمتنزهات.

### الشكل (5)

← معدل استهلاك الفرد اليومي من المياه في دولة الإمارات مقارنة بدول أخرى 2010 (\*)

الاستهلاك ( لتر / الفرد / اليوم)



(\*) تم إعداد الشكل بناء على بيانات جمعها الباحث.

وتستخدم معظم المياه الجوفية لأغراض الري، سواء في القطاع الزراعي أو قطاع الغابات أو قطاع الزراعة التجميلية. وتشير النتائج إلى أن القطاع الزراعي يستهلك حوالي 1.5 مليار متر مكعب، بما يعادل 63 في المائة من إجمالي استخدامات المياه الجوفية في الدولة. أما قطاع الغابات فيستهلك نحو 690 مليون متر مكعب، بما يعادل 30 في المائة من إجمالي استخدامات المياه الجوفية في الدولة، بينما يُستخدم حوالي 120 مليون متر مكعب، بنسبة 5 في المائة فقط، من المياه الجوفية العذبة والمحلاة للأغراض المنزلية والصناعية، وحوالي 50 مليون متر مكعب، بنسبة 2 في المائة، لري الزراعات التجميلية في المناطق الحضرية.

يتم استخدام معظم مياه التحلية في أغراض الشرب والقطاع المنزلي والصناعي والتجاري، حيث يبلغ إجمالي إنتاج مياه التحلية نحو 1.7 مليار متر مكعب، يستخدم منها نحو 1.35 مليار متر مكعب في المناطق الحضرية للأغراض المنزلية والصناعية والتجارية، متضمنة ري الحدائق بالمنازل، بينما يُستخدم نحو 90 مليون متر مكعب للأغراض الزراعية في المزارع، وحوالي 80 مليون متر مكعب للزراعات التجميلية والحدائق والمنتزهات، ويفقد من الشبكة حوالي 180 مليون متر مكعب في شبكات التوزيع الرئيسية (بنسبة 5 في المائة) وشبكات التوزيع الفرعية (بنسبة 18-20 في المائة).

كما يتم حالياً استخدام نحو 60 في المائة من مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعات التجميلية والحدائق والمنتزهات. وتقوم حكومة أبوظبي حالياً بدراسة لتقليل كميات المياه التي يتم ضخها إلى البيئة، والتي تقدر بنحو 350 ألف متر مكعب يومياً، بحيث يتم استغلال المياه المعالجة بنسبة 100 في المائة بنهاية عام 2012.<sup>22</sup>

## 1- استخدامات موارد المياه حسب القطاعات المستهلكة

يعد الري أكبر مستهلك للمياه في دولة الإمارات العربية المتحدة بقطاعاته الثلاثة الرئيسية: الزراعة؛ والغابات؛ والحدائق والمنتزهات والأحزمة الخضراء حول الطرق. ويتم حالياً توفير الجزء الأكبر من الطلب على مياه الري للزراعة والغابات باستغلال المياه الجوفية، فيما يتم سد حاجة الحدائق والمنتزهات عن طريق مياه الصرف الصحي المعالجة أو مياه التحلية مع استخدام بعض المياه الجوفية. ويتوقع أن يشهد المستقبل تغيراً في المصادر والأولويات فيما يتعلق بتوزيع مياه الري نتيجة للزيادة المستمرة في الطلب غير الزراعي، أي الزيادة في الاستخدام البشري الناجم عن زيادة عدد السكان والتنمية العمرانية والتطور الصناعي. وتتطوي الثقافة والتراث في دولة الإمارات على الارتباط بين الأرض والمياه. وللدولة تاريخ طويل في الزراعة التقليدية في الواحات، حيث تتم زراعة بعض المحاصيل منذ 5000 سنة. وبعد قيام دولة الإمارات عام 1971، وضعت الحكومة نصب عينيها دعم المزارع التقليدية الصغيرة والتوسع فيها بألاف الهكتارات باستخدام المياه الجوفية، حيث بلغ عدد المزارع بالدولة 37,710 مزارع، موزعة على الإمارات المختلفة، ويوجد في إمارة أبوظبي وحدها نحو 24,300 مزرعة. وقد وصل إجمالي المساحة المزروعة ما يقرب من 800 ألف هكتار. ويستخدم قطاع الزراعة حالياً نحو 1.56 مليار متر مكعب، بنسبة 34 في المائة من إجمالي الموارد المائية المستخدمة. ويتم تلبية حوالي 95 في المائة من احتياجات هذا القطاع من المياه الجوفية. وتقدر كمية المياه المحلاة المستغلة بالقطاع الزراعي بحوالي 90 مليون متر مكعب سنوياً.

كما يوجد في الدولة نحو 300 غابة للأشجار الحرجية، بمساحة إجمالية تصل إلى 210 آلاف هكتار. وتستهلك هذه الغابات نحو 694 مليون متر مكعب سنوياً، بنسبة 15 في المائة من إجمالي الموارد المائية المستغلة بالدولة، معظمها من المياه الجوفية المالحة. وقد حدث انخفاض يصل إلى 40 في المائة في استهلاك المياه بقطاع الغابات منذ العام 2003، وذلك بسبب تخفيض مساحات هذه الغابات وتطوير نظم الري. وقد اهتمت حكومة الإمارات بشكل كبير بالغابات، وزيادة مساحتها، وتحسين كفاءتها، وتحسين طرق الري بها، وذلك لأهميتها البيئية وآثارها في البيئة والإنسان.

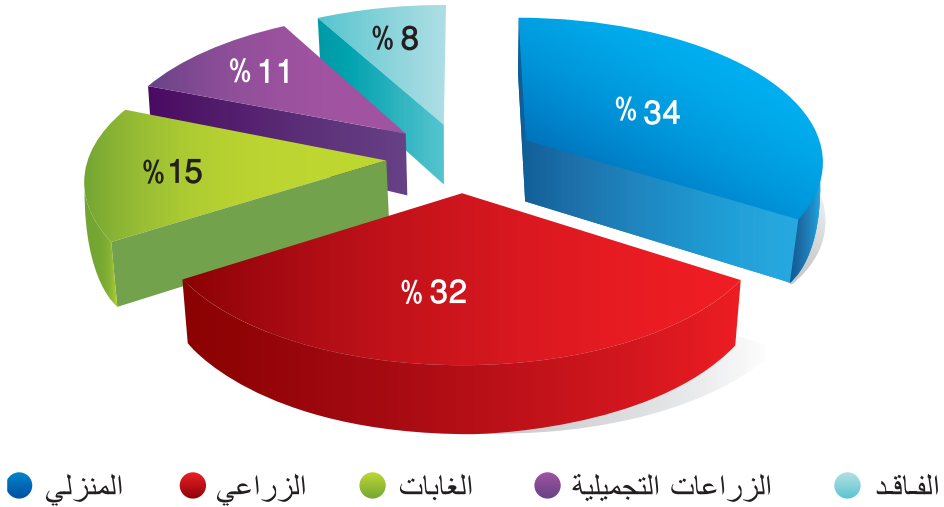
ومن أجل تحسين البيئة المعيشية للفرد، تمّ التوسع بالزراعات التجميلية والحدائق العامة والمنتزهات والمنشآت الترفيهية. ويوجد حالياً في الدولة ما يزيد عن 100 حديقة ومنتزه، بالإضافة إلى العديد من أماكن الترفيه والزراعات الجانبية للطرق، والتي تندرج أيضاً تحت هذا القطاع. ويستهلك هذا القطاع نحو 490 مليون متر مكعب من المياه

سنوياً، يأتي معظمها من مياه الصرف الصحي المعالجة. ومن أجل ترشيد استهلاك المياه في هذا القطاع، تبنت حكومة الإمارات سياسة تقليل المسطحات الخضراء، وزيادة نسبة الأعمال الهندسية، مع استخدام نظم الري الحديثة والنباتات المحلية بحيث يتم تقليل استهلاك المياه بشكل كبير قد يصل إلى 60 في المائة.

حدثت طفرة عمرانية كبيرة في دولة الإمارات خلال السنوات الأربعين الماضية، صاحبها زيادة عدد السكان بشكل كبير. ويستهلك القطاع المنزلي والصناعي والتجاري نحو 1.4 مليار متر مكعب سنوياً بنسبة تصل إلى 34 في المائة من إجمالي الموارد المائية المستغلة بالدولة. وتوفر مياه التحلية 1.26 مليار متر مكعب، بنسبة تصل إلى 90 في المائة، بينما يتم توفير النسبة الباقية (10 في المائة) من إمدادات حقول الآبار الجوفية. ومع اهتمام الدولة بتوفير خدمات الإمداد بموارد المياه العذبة، فقد زاد استهلاك المياه تدريجياً بشكل مطرد مع نسبة الزيادة السكانية والنمو الحضري والتوسع الصناعي. ويختلف معدل استهلاك الفرد اليومي من المياه حسب مستوى المعيشة والإمارة، حيث يتراوح بين 200 لتر للفرد في اليوم في إمارة الشارقة وأكثر من 550 لتراً للفرد في اليوم في إمارة أبوظبي، بمتوسط يصل إلى 360 لتراً للفرد في اليوم على مستوى الدولة. ويوضح الشكل (6) إجمالي استخدامات الموارد المائية في الدولة بحسب القطاعات المستخدمة للمياه.

## الشكل (6)

نسب استهلاك القطاعات المختلفة من المياه في دولة الإمارات (\*)



(\*) تم إعداد الشكل بناء على بيانات جمعها الباحث.

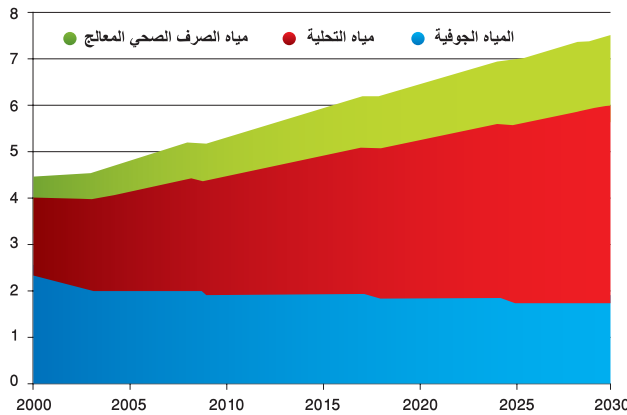
## 2- الطلب المستقبلي على موارد المياه

تعد عملية حساب الطلب المستقبلي على المياه عملية معقدة وذات أبعاد كثيرة. وهناك العديد من العوامل التي يجب أخذها في الاعتبار عند إجراء هذه الحسابات؛ ما يتطلب أحياناً استخدام نماذج حسابية وعديدة معقدة، ووضع عدد من السيناريوهات والفروض. وترتبط العوامل التي تؤثر في حساب الطلب المستقبلي على المياه بالقطاع المستخدم نفسه. فمن أهم هذه العوامل المؤثرة في القطاع المنزلي: معدل الزيادة المتوقعة في عدد السكان؛ ومعدل استهلاك الفرد من المياه (لتر/الفرد/يوم)؛ وتأثير برامج التوعية والترشيد في تغيير نمط استهلاك الفرد؛ وفاعلية السياسات المائية وتسعير المياه؛ ونمو المناطق الحضرية؛ وتوافر شبكات النقل والتوزيع؛ ومعدل الدخل (فكلما ارتفع الدخل زاد استهلاك المياه). أما العوامل المؤثرة في القطاع الزراعي والغابات، فهي: معدل الزيادة المتوقعة في مساحات المناطق المزروعة؛ والتركيب المحصولي وأنواع النباتات والمحاصيل والأشجار واحتياجاتها المائية؛ وأنواع وطرق الري المستخدمة حالياً والمتوقعة مستقبلاً؛ وفاعلية السياسات المائية في قطاعي الزراعة والغابات؛ والظروف الجوية (درجات الحرارة، والرطوبة، والرياح، ومعامل البخر، وغيرها من العوامل)؛ وتوجهات الحكومة لترشيد الضخ من الخزانات الجوفية؛ وتوافر المصادر المائية البديلة.

ولحساب التوقعات حول النمو في مياه التحلية والاستخدامات المنزلية، قامت وزارة البيئة والمياه، بالتعاون مع الشركاء المعنيين في الدولة، باختبار عدد من السيناريوهات واستخدام نموذج عددي لتمثيل دالة الطلب على المياه في القطاع المنزلي في الفترة من 2010 - 2030. وتشير النتائج إلى أن الطلب على مياه التحلية في القطاع المنزلي سوف يتراوح بين 3.3 مليار متر مكعب سنوياً و4.8 مليار متر مكعب سنوياً. ومع اهتمام الدولة بالقطاع الزراعي ودعمه بشكل كبير، فقد زادت الرقعة الزراعية خلال الفترة من 1971 - 2011 عدة أضعاف. ويستهلك القطاع الزراعي نحو 90 في المائة من المياه الجوفية المستخدمة في الدولة، وكذلك نحو 20 في المائة من مياه التحلية. ومن المتوقع أن يزداد الطلب على المياه من 4.5 في عام 2010 إلى أكثر من 7.5 مليار متر مكعب بحلول العام 2030، كما هو موضح في الشكل (7).

### الشكل (7)

الطلب المتوقع على المياه في دولة الإمارات حتى عام 2030 (مليار متر مكعب) (\*)



(\*) وزارة البيئة والمياه، 2010، مرجع سابق.



## ثالثاً: الإطار التشريعي والمؤسسي لإدارة موارد المياه في دولة الإمارات العربية المتحدة

من أجل تنظيم قطاع المياه، بذلت دولة الإمارات جهداً كبيراً لحوكمة هذا القطاع، وقامت بتطوير الأطر القانونية والتشريعية والتنظيمية والمؤسسية التي تساعد في وضع السياسات والقرارات الإدارية وتنفيذها، وإدارة هذا المورد الحيوي بأقصى كفاءة ممكنة. ومن خلال هذه الجهود الكبيرة على مدار أربعين عاماً، تم اتخاذ ما يلزم نحو تحديد السلطة المختصة، والأدوار والمسؤوليات المختلفة للمؤسسات المعنية بالدولة. كما تم وضع الإطار الذي يمكن من خلاله تطوير مفاهيم الإدارة المتكاملة والتنمية المستدامة لموارد المياه، وفقاً للآليات الآتية:

### 1- تنظيم استخدامات المياه الجوفية

على المستوى الاتحادي، تقوم وزارة البيئة والمياه بدور رئيسي في المحافظة على موارد المياه الجوفية، ووضع السياسة العامة والخطة الاستراتيجية للمياه الجوفية، وتطوير المعايير الوطنية في هذا المجال، وتنسيق الأنشطة فيما بين الإمارات المختلفة. ثم يأتي دور الجهات المحلية في تنفيذ الضوابط والتشريعات الخاصة بتنظيم استخدامات المياه الجوفية، ومنح تراخيص حفر الآبار، وغيرها من الأنشطة الأخرى. ومع تزايد الطلب على المياه الجوفية منذ ستينيات القرن الماضي، حدث استنزاف للمخزون الجوفي. لذلك قامت الدولة بوضع معايير وأطر تشريعية لتنظيم عملية حفر الآبار، وقامت كل إمارة بإصدار قانون ينظم عملية حفر الآبار الجوفية. ويوضح الجدول (9) أهم التشريعات والقوانين المنظمة لاستخدامات المياه الجوفية في الدولة.

#### الجدول (9)

#### أهم التشريعات والقوانين المنظمة لاستخدامات المياه الجوفية في دولة الإمارات (\*)

الإمارة	القانون	التفعيل
أبوظبي	القانون رقم (6) لسنة 2006 بشأن تنظيم استخدامات المياه الجوفية	تم تفعيله والعمل به في 2007
دبي	القانون رقم (15) لسنة 2008 بشأن حماية المياه الجوفية	تم تفعيل القانون
الشارقة	مشروع قانون بشأن المحافظة على الموارد المائية	لم يتم إقراره بعد
عجمان	القانون رقم (4) لسنة 2009 بشأن تنظيم حفر الآبار واستخدام المياه الجوفية	تم تفعيل القانون
الفجيرة	القانون رقم (2) لسنة 2008 بشأن حماية المياه الجوفية وتنظيم حفر الآبار	تم تفعيل القانون
رأس الخيمة	القانون رقم (5) لسنة 2006 بشأن تنظيم حفر الآبار الجوفية	تم تفعيل القانون
أم القيوين	القانون رقم (2) لسنة 2011 بشأن تنظيم حفر الآبار الجوفية	لم يتم تفعيله

(\*) تم إعداد الجدول من خلال البيانات التي جمعها الباحث.

## 2- تنظيم استخدامات مياه التحلية

على المستوى الاتحادي في دولة الإمارات العربية المتحدة، تعد وزارة الطاقة هي المسؤولة عن وضع السياسة العامة والخطة الاستراتيجية لمياه التحلية، وتطوير المعايير الوطنية في هذا المجال، وتنسيق الأنشطة بين جميع إمارات الدولة. ولا يوجد قانون اتحادي خاص بمياه التحلية وحدها، ولكن بشكل عام تمت معالجة الأمر في القانون الاتحادي رقم (24) لسنة 1999، والذي يحدد معايير ضخ المياه من البحر وتصريفها إليه. وأيضاً هناك المرسوم الاتحادي رقم (37) لسنة 2009 بشأن تشكيل مجلس أعلى للكهرباء والمياه يرأسه وزير الطاقة ليتولى تنسيق أنشطة إنتاج مياه التحلية، وهو ما يعد خطوة مهمة من جانب حكومة الإمارات نحو تنسيق الأدوار فيما بين الهيئات المسؤولة عن إنتاج مياه التحلية في الدولة وتوزيعها ومرافقتها وتنظيمها. ويبيّن الجدول (10) الأدوار والمهام للهيئات والجهات المسؤولة في الدولة عن إدارة استخدامات مياه التحلية وتنظيمها في كل إمارة.

### الجدول (10)

#### ← الهيئات والجهات المسؤولة عن إنتاج مياه التحلية وتنظيمها واستخدامها في دولة الإمارات (\*)

الإمارة	السياسة العامة	التنظيم والرقابة	الإنتاج	التوزيع
أبوظبي	هيئة مياه وكهرباء أبوظبي	مكتب التنظيم والرقابة	شركة أبوظبي للكهرباء والماء	* أبوظبي للتوزيع * العين للتوزيع * ترانسكو للنقل
دبي	هيئة كهرباء ومياه دبي	هيئة كهرباء ومياه دبي	هيئة كهرباء ومياه دبي	هيئة كهرباء ومياه دبي
الشارقة	هيئة كهرباء ومياه الشارقة	هيئة كهرباء ومياه الشارقة	هيئة كهرباء ومياه الشارقة	هيئة كهرباء ومياه الشارقة
عجمان	الهيئة الاتحادية للكهرباء والماء	الهيئة الاتحادية للكهرباء والماء	الهيئة الاتحادية للكهرباء والماء	الهيئة الاتحادية للكهرباء والماء
الفجيرة	الهيئة الاتحادية للكهرباء والماء	الهيئة الاتحادية للكهرباء والماء	الهيئة الاتحادية للكهرباء والماء	الهيئة الاتحادية للكهرباء والماء
رأس الخيمة	الهيئة الاتحادية للكهرباء والماء	الهيئة الاتحادية للكهرباء والماء	الهيئة الاتحادية للكهرباء والماء	الهيئة الاتحادية للكهرباء والماء
أم القيوين	الهيئة الاتحادية للكهرباء والماء	الهيئة الاتحادية للكهرباء والماء	الهيئة الاتحادية للكهرباء والماء	الهيئة الاتحادية للكهرباء والماء

(\*) تم إعداد الجدول من خلال البيانات التي جمعها الباحث.

## 3- تنظيم استخدامات مياه الصرف الصحي ومعالجتها

كانت الأمانة العامة للبلديات هي الجهة المسؤولة عن متابعة مياه الصرف الصحي ومعالجتها، غير أن هذه الأمانة تم إلغاؤها في عام 2009 لتتولى وزارة البيئة والمياه هذه المسؤولية. وقد صدر القانون الاتحادي رقم (24) لسنة 1999، والذي يوجد فيه ثلاث مواد (35 و 37 و 38) تختص بمياه الصرف الصحي المعالجة واستخداماتها. ويوضح الجدول (11) الأدوار والمهام الخاصة بالهيئات والجهات المسؤولة في الدولة عن تجميع مياه الصرف الصحي ومعالجتها وتوزيعها وتنظيمها في كل إمارة. ويغطي الإطار التنظيمي والتشريعي أيضاً موضوع إعادة استخدام مياه الصرف الصحي كما هي الحال في إمارة أبوظبي، والتي أصدرت القانون رقم (21) لسنة 2008 الذي سمحت الدولة بموجب شركة أبوظبي لخدمات الصرف الصحي ببيع المياه المعالجة للمطوّرين والقطاع الخاص، وعدم قصر ذلك على البلديات فقط كما كان الوضع سابقاً.



## الجدول (11)

### الهيئات والجهات المسؤولة عن تجميع مياه الصرف الصحي في دولة الإمارات ومعالجتها ورقابتها (\*)

الإمارة	التنظيم والرقابة	التجميع	المعالجة	التوزيع / الاستخدام
أبوظبي	مكتب التنظيم والرقابة هيئة البيئة - أبوظبي	شركة أبوظبي لخدمات الصرف الصحي	شركة أبوظبي لخدمات الصرف الصحي	* المطورون * القطاع الخاص * البلديات
دبي	بلدية دبي	إدارة محطات معالجة مياه الصرف الصحي	إدارة محطات معالجة مياه الصرف الصحي	* إدارة الصرف الصحي والري * إدارة شبكة الصرف الصحي والري
الشارقة	بلدية الشارقة	إدارة الصرف الصحي	إدارة الصرف الصحي	إدارة الصرف الصحي
عجمان	بلدية عجمان	شركة عجمان للصرف الصحي	شركة عجمان للصرف الصحي	شركة عجمان للصرف الصحي
أم القيوين	بلدية أم القيوين	بلدية أم القيوين	بلدية أم القيوين	بلدية أم القيوين
رأس الخيمة	بلدية رأس الخيمة	بلدية رأس الخيمة	بلدية رأس الخيمة	بلدية رأس الخيمة
الفجيرة	بلدية الفجيرة	تنقية	تنقية	تنقية

(\*) تم إعداد الجدول من خلال البيانات التي جمعها الباحث.

## الخلاصة والتوصيات

لم تعد عملية الاهتمام بالموارد المائية بدولة الإمارات العربية المتحدة ترفاً، بل هي ضرورة استراتيجية حتمية تقتضيها زيادة الطلب على الموارد الشحيحة من المياه المتجددة طبيعياً، الأمر الذي يشير إلى أن الطلب سوف يتضاعف بحلول عام 2030، ما يعني ضخ استثمارات مالية مرتفعة في قطاع المياه لتوفير الموارد المائية المطلوبة من خلال التحلية، أو إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في ظل التدهور الحالي لنوعية المياه الجوفية والضح الجائر منها، والذي يصل إلى 15 ضعفاً من حجم التجدد الطبيعي لهذه الموارد. وللوصول إلى إدارة متكاملة وتنمية مستدامة لموارد المياه الشحيحة في دولة الإمارات، فإن الحكومة تبذل جهوداً كبيرة لتحقيق الأمن المائي، وذلك من خلال أربعة محاور رئيسية، كما هو موضح في الشكل (8).

## الشكل (8)

### خطة عمل الإدارة المتكاملة لموارد المياه في دولة الإمارات (\*)



(\*) تم إعداد الشكل بناء على بيانات جمعها الباحث.

ووفقاً لهذه المحاور الأربعة، تتمثل أهم جوانب الإدارة المتكاملة لموارد المياه في دولة الإمارات العربية المتحدة في النقاط الآتية:

1. وضع سياسة عامة تعكس رؤية الحكومة في تحقيق التنمية المستدامة لموارد المياه، ومن ثم وضع خطة استراتيجية محددة الأهداف والمعايير لقياس معدلات الأداء. يلي ذلك وضع خطة زمنية وبرامج فعلية ومشاريع لتحقيق الأهداف المرجوة مع متابعتها والتأكد من نجاحها من خلال متابعة مؤشرات الأداء ومعدلاته وتقييمها.
2. تبني استخدام التقنيات الحديثة وتطويرها بهدف ترشيد المياه في جميع القطاعات المستهلكة للمياه، وكذلك رفع كفاءة إنتاج المياه، وتقليل تكلفة الإنتاج.
3. مراجعة الأطر التشريعية والقانونية، وكذلك الإطار المؤسسي والتنظيمي لإدارة موارد المياه في دولة الإمارات العربية المتحدة، وذلك بهدف تحديد أي فجوات أو تضارب في الاختصاصات، ووضع البرامج اللازمة لتلافي ذلك.
4. التوعية والتعليم من خلال وضع برامج توعوية لجميع القطاعات المستخدمة للمياه. ويتم تصميم هذه البرامج مع الأخذ في الاعتبار الرسالة المراد توصيلها، والفئات المستهدفة من شرائح المجتمع، وخلفيتهم العلمية والثقافية، واللغة.

## الهوامش

1. برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، "أبعد من الندرة: القوة والفرق وأزمة المياه العالمية"، تقرير التنمية الإنسانية 2006 (نيويورك: منشورات الأمم المتحدة، 2006)، ص 25.
2. محمد عبد الحميد داود، "الإدارة المتكاملة والتنمية المستدامة للموارد المائية لدى دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية"، سلسلة دراسات استراتيجية، العدد 33 (أبوظبي: مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، 2008)، ص 18.
3. وليد ياسين التكريتي، الأفلاج في دولة الإمارات العربية المتحدة (أبوظبي: وزارة الإعلام والثقافة، 2002)، ص 45.
4. شوقي البرغوثي، "قطاع المياه في العالم العربي: نظرة عامة"، في تقرير: المياه: إدارة مستدامة لمورد متناقص (بيروت: المنتدى العربي للبيئة والتنمية، 2010)، ص 3.
5. وزارة البيئة والمياه، "استراتيجية المحافظة على الموارد المائية في دولة الإمارات العربية المتحدة"، دولة الإمارات العربية المتحدة، 2010، ص 90.
6. زين العابدين السيد رزق، وعبدالرحمن سلطان الشهران، مصادر المياه في دولة الإمارات العربية المتحدة (عمان: إثراء للنشر والتوزيع، 2008)، ص 240.
7. محمد صقر الأسم، السدود ودورها في تغذية المخزون الجوفي للمياه في دولة الإمارات العربية المتحدة، في: الأبعاد الاقتصادية والبيئية للتنمية في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، الجزء الأول: الأبعاد الإقليمية والبيئية للتنمية (العين: جامعة الإمارات العربية المتحدة، 1990).

8. أحمد سيف المطري، استخدام تقنيات النظائر في دراسة أثر السدود في التغذية الاصطناعية للخزانات الجوفية في دولة الإمارات العربية المتحدة، دراسة تطبيقية على سد وادي الوريعة بالمنطقة الزراعية الشرقية، وزارة البيئة والمياه، دولة الإمارات العربية المتحدة، 2010.
9. محمد عبد الحميد داود، التخزين الاستراتيجي للمياه باستخدام تقنية الحقن الجوفي، مجلة المجلس العربي للمياه، العدد الثاني (القاهرة: يونيو 2011)، ص 43 - 59.
10. وزارة البيئة والمياه، 2010، مصدر سابق، ص 78.
11. هيئة البيئة - أبوظبي، الخطة الاستراتيجية لإدارة موارد المياه بإمارة أبوظبي، أبوظبي، 2009، ص 102.
12. هيئة البيئة - أبوظبي، ورقة قطاع المياه بإمارة أبوظبي، أبوظبي، 2010، ص 56.
13. هيئة البيئة - أبوظبي، نشرة إحصائيات الموارد المائية بإمارة أبوظبي، أبوظبي، 2010، ص 11.
14. عبدالله إسماعيل عبدالله، تحلية المياه في دولة الإمارات العربية المتحدة (دبي: ندوة الثقافة والعلوم، 1999)، ص 9.
15. انظر:

Mohamed Dawoud, "Future Growth in the Desalination Industry in Middle East Region," in Daniel Delgado and Pablo Moreno, *Desalination Research Progress* (New York, Nova Science Publishers, 2008), pp. 161-186.

16. المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، التقرير السنوي رقم (37)، الرياض، المملكة العربية السعودية، 2011، ص 42.
17. محمد عبد الحميد داود، مصادر المياه وأهميتها في دولة الإمارات (أبوظبي: مركز سلطان بن زايد للثقافة والإعلام، 2011)، ص 49.
18. محمد درويش، وفاطمة العوضي، وأنور عمر بن عامر، المحطات المشتركة لتوليد الطاقة الكهربائية وتحلية المياه بالطاقة النووية في دولة الكويت ودول الخليج العربية (الكويت: مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، 2009)، ص 152.
19. محمد عبد الحميد داود، 2011، مصدر سابق، ص 51.
20. زين العابدين السيد رزق، وعبدالرحمن سلطان الشهران، 2008، مصدر سابق، ص 123.
21. محمد عبد الحميد داود، 2011، مصدر سابق، ص 56.
22. محمد عبد الحميد داود، 2011، مصدر سابق، ص 62.

## المصادر والمراجع

الأصم، محمد صقر. السدود ودورها في تغذية المخزون الجوفي للمياه في دولة الإمارات العربية المتحدة، في: الأبعاد الاقتصادية والبيئية للتنمية في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، الجزء الأول: الأبعاد الإقليمية والبيئية للتنمية (العين: جامعة الإمارات العربية المتحدة، 1990).

البرغوثي، شوقي. قطاع المياه في العالم العربي: نظرة عامة، في تقرير: المياه: إدارة مستدامة لمورد متناقص (بيروت: المنتدى العربي للبيئة والتنمية، 2010).

برنامج الأمم المتحدة الإنمائي. أبعد من الندرة: القوة والفقر وأزمة المياه العالمية، تقرير التنمية الإنسانية 2006 (نيويورك: منشورات الأمم المتحدة، 2006).

التكريتي، وليد ياسين. الأفلاج في دولة الإمارات العربية المتحدة (أبوظبي: وزارة الإعلام والثقافة، 2002).

خليفة، عبدالقوي أحمد مختار ودرويش، حسن. المياه السطحية والجوفية بدولة الإمارات العربية المتحدة، في ندوة التوازن المائي (دبي: ندوة الثقافة والعلوم، 1996).

داود، محمد عبد الحميد. مصادر المياه وأهميتها في دولة الإمارات (أبوظبي: مركز سلطان بن زايد للثقافة والإعلام، 2011).

داود، محمد عبد الحميد. التخزين الاستراتيجي للمياه باستخدام تقنية الحقن الجوفي، مجلة المجلس العربي للمياه، العدد الثاني (القاهرة: حزيران/يونيو 2011).

داود، محمد عبد الحميد. الإدارة المتكاملة والتنمية المستدامة للموارد المائية لدى دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، سلسلة دراسات استراتيجية، العدد 33 (أبوظبي: مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، 2008).

درويش، محمد والعضوي، فاطمة وعامر، أنور عمر. المحطات المشتركة لتوليد الطاقة الكهربائية وتحلية المياه بالطاقة النووية في دولة الكويت ودول الخليج العربية (الكويت: مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، 2009).

رزق، زين العابدين والشهران، عبدالرحمن. مصادر المياه في دولة الإمارات العربية المتحدة (عمّان: إثراء للنشر والتوزيع، 2008).

عبدالله، إسماعيل عبدالله. تحلية المياه في دولة الإمارات العربية المتحدة (دبي: ندوة الثقافة والعلوم، 1999).

عصفور، محمود محمد. موارد المياه في دولة الإمارات العربية المتحدة وعلاقتها بالتنمية الزراعية، مجلة كلية اللغة العربية والعلوم الاجتماعية، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية، العدد 6 (الرياض: 1976).

المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، التقرير السنوي رقم 37 (الرياض، المملكة العربية السعودية، 2011).

المطري، أحمد سيف. استخدام تقنيات النظائر في دراسة أثر السدود في التغذية الاصطناعية للخزانات الجوفية في دولة الإمارات العربية المتحدة، دراسة تطبيقية على سد وادي الوريعة بالمنطقة الزراعية الشرقية، وزارة البيئة والمياه (دولة الإمارات العربية المتحدة، 2010).

هيئة البيئة - أبوظبي، الخطة الاستراتيجية لإدارة موارد المياه بإمارة أبوظبي 2009 (أبوظبي، 2009).

هيئة البيئة - أبوظبي، نشرة إحصائيات الموارد المائية بإمارة أبوظبي 2010 (أبوظبي، 2010).

هيئة البيئة - أبوظبي، ورقة قطاع المياه بإمارة أبوظبي (أبوظبي، 2010).

وزارة البيئة والمياه، استراتيجية المحافظة على الموارد المائية في دولة الإمارات العربية المتحدة (دولة الإمارات العربية المتحدة، 2010).

Mohamed Dawoud, "Future Growth in the Desalination Industry in Middle East Region," in Daniel Delgado and Pablo Moreno, *Desalination Research Progress* (New York, Nova Science Publishers, 2008), pp. 161-186.