



مركز البحرين للدراسات والبحوث  
Bahrain Centre for Studies & Research

# جودة مياه الشرب في البحرين



تحرير د. عبدالرحمن مصيقر



وقائع الحلقة النقاشية حول

## جودة مياه الشرب في البحرين

( ١٧ يوليو ، المنامة ، البحرين )

تحرير

د. عبد الرحمن عبيد مصيقر

مدير برنامج البحوث البيئية و الحيوية  
مركز البحرين للدراسات و البحوث

بالتعاون مع شركة الصانع و شركائهم  
( مياه ندى )

الطبعة الأولى (١٩٩٩)

## الإصدارات العلمية لمركز البحرين للدراسات و البحوث

أبريل ١٩٩٩م

رقم الإيداع بمكتب حماية حقوق المؤلف ٩٩/٣٣٩

رقم الإيداع بالمكتبة العامة ٢٥٦٥ د.ع.٩٨/

© ١٩٩٩ مركز البحرين للدراسات و البحوث

حقوق التأليف و الطبع و النشر محفوظة لمركز البحرين للدراسات و البحوث ، ولا يجوز اقتباس جزء من هذه الكتاب أو إعادة طبعه بأية صورة دون موافقة كتابية من المركز إلا في حالات الاقتباس القصيرة بغرض النقد و التحليل مع وجوب ذكر المصدر .

---

551.48169537

و 522

وقائع الحلقة النقاشية حول جودة مياه الشرب في البحرين ١٧ يوليو ١٩٩٨م / تحرير عبد الرحمن عبيد مصيقر - المنامة : مركز البحرين للدراسات و البحوث ؛ ١٩٩٩م .

93 ص : أيض ؛ 30 سم

٠٣ البحرين

٠٢ المياه العذبة

٠١ المياه الجوفية

I مصيقر ، عبد الرحمن عبيد (محرر) . II مركز البحرين للدراسات و البحوث .

(تمت الفهرسة بمعرفة إدارة المعلومات و الترجمة و النشر بالمركز) .

مركز البحرين للدراسات و البحوث

ص ب. ٤٩٦ المنامة - البحرين

هاتف : ٧٥٤٧٥٧ - فاكس ٧٥٤٦٧٨

العنوان الإلكتروني [www.bscr.gov.bh](http://www.bscr.gov.bh)

## تقديم

### قال الله تعالى

### "وجعلنا من الماء كل شيء حي"

الماء هو عصب الحياة ، و أحد العناصر الأساسية و الضرورية للإنسان و الحيوان و النبات على السواء ، فبالرغم من شح المياه ، إلا أن المشكلة الكبرى تتمثل في نوعية هذه المياه و سلامتها للشرب . و تعاني العديد من دول العالم من مشكلة رداثة جودة مياه الشرب حيث يفتقر أكثر من بليون و نصف شخص من سكان الدول النامية للمياه النقية و الصحية ، بينما لم تتجاوز الدول المتقدمة هذه المشكلة حتى يومنا الحاضر و لم تتمكن من تأمين مياه صالحة للشرب لجميع سكانها ، لذا فإن توفير مياه آمنة و صالحة للشرب من جميع النواحي ، الفيزيائية ، و الكيميائية و البيولوجية يعتبر الشغل الشاغل لمعظم دول العالم .

و لا تختلف دولة البحرين عن بقية دول العالم ، فبالرغم من أنها تعاني من شح في الموارد المائية العذبة و سوء استهلاكها ، إضافة إلى الطلب المتزايد لتغطية احتياجات النمو السكاني ، إلا أن السؤال الذي يتبادر إلى الأذهان : هل مياه الشرب المتوفرة حالياً في دولة البحرين سواء من خلال شبكة المياه أو المباعه في الأسواق تتمتع بالموصفات الصحية العالمية ؟ و للإجابة على هذا السؤال ، قام مركز البحرين للدراسات و البحوث بتنظيم هذه الحلقة و التي تهدف إلى التعرف على الجوانب التالية :

١ . الخصائص النوعية لمياه الشرب في دولة البحرين و هذا يشمل المعايير و المواصفات الفيزيائية و الكيميائية و البيولوجية و مقارنتها مع المعايير و المواصفات العالمية .

٢ . مصادر مياه الشرب و العوامل المؤثرة على جودتها .

٣ . العوامل المرتبطة بتلوث مياه الشرب .

٤ . وضع مقترحات لتحسين جودة مياه الشرب في البحرين .

نأمل أن تكون التوصيات و الأوراق التي قدمت في الحلقة مصدراً مفيداً لجميع المهتمين بشؤون المياه في دولة البحرين .

د . عبد الرحمن مصيقر

مدير برنامج البحوث البيئية و الحيوية

- 1 - كلمة الأمين العام لمركز البحرين للدراسات و البحوث
- 3 - توصيات حلقة النقاش
- 5 - واقع مستقبل مياه الشرب في البحرين  
خليفة إبراهيم المنصور - وزارة الكهرباء و الماء
- 39 - الخصائص البيولوجية لمياه الشرب في البحرين  
زكريا خنجي - وزارة الصحة
- 64 - الخصائص الكيميائية لمياه الشرب في البحرين  
محمد عبد الرحيم الصادق و أنيسة محمد العوضي  
وزارة الكهرباء و الماء
- 74 - المياه الجوفية في البحرين و العوامل المؤثرة على  
جودتها  
وليد خليل زباري - جامعة الخليج العربي
- 82 - المصادر غير التقليدية لتلوث مياه الشرب  
إسماعيل محمد المدني - جامعة الخليج العربي

كلمة الدكتور سلمان بن راشد الزياني  
الأمين العام  
مركز البحرين للدراسات والبحوث

بسم الله الرحمن الرحيم

حضرات الأخوة و الأخوات الكرام ،،،

يطيب لي في افتتاح حلقة نقاشكم هذه و التي يدور موضوعها حول جودة مياه الشرب في البحرين ، أن أرحب بكم أجمل ترحيب و أن أثني على الجهود المبذولة لضم هذا الجمع الكريم في هذا اللقاء البحثي لمناقشة أحد أهم الموضوعات المتعلقة بمواردنا الطبيعية و التي على ضوء هذه الأهمية تم إدراجه من ضمن الأولويات البحثية لمركز البحرين للدراسات و البحوث ، لماء الشرب من أهمية بالغة لارتباطه الوثيق بحياة الإنسان البحريني و صحته ، و لتوافق هذا الاهتمام مع اهتمامات الدولة في ضرورة تحقيق أقصى إشباع ممكن لحاجة المواطن البحريني و تأمين الحياة الرغيدة له و لأسرته و لأفراد مجتمعه و توفير كافة المستلزمات المعيشية و خاصة منها مياه الشرب الصحية و العذبة و الخالية من كل الشوائب و الملوثات الطبيعية منها و الاصطناعية .

فقضية مياه الشرب أصبحت من ضمن القضايا الهامة و المصيرية لعلاقتها المباشرة بصحة الإنسان و لتأثيرها المباشر على مسار دورة حياته ، حيث أن جودة مياه الشرب و توافقها مع المواصفات المعتمدة و المقررة دولياً ، يثري و يدعم سياسة الأمن المائي في الدولة التي تهدف إلى التوفير الدائم لمياه الشرب الصالحة و الخالية من أية ميكروبات جرثومية ضارة أو أية مركبات أو عناصر كيميائية خطيرة .

لقد سعت حكومة دولة البحرين الموقره جاهدة في مجابهة القضية البيئية الأولى ألا و هي ندرة موارد المياه العذبة و البحث بشتى السبل عن البدائل و الحلول لضمان توفر كمية المياه اللازمة للشرب و الاستعمال . و لمواجهة مشكلة شح المياه العذبة أخذت الحكومة الموقرة على عاتقها إنشاء العديد من محطات لتحلية المياه الصالحة إضافة إلى المشروع الكبير القادم المتمثل في إنشاء محطة الحد الجديدة و التي سيتم تدشينها بعون الله تعالى خلال الأعوام القليلة القادمة .

و لكن و كما تعلمون إن مشكلة المياه لا تقتصر عادة على التوفير الكمي للمياه ، بل تمتد لتشمل جهود الدولة بكافة مؤسساتها تأكيد الجودة لها لتكون صالحة للشرب و الاستعمال . فالكم المائي و الجودة توأمان متلازمان تقتضي الضرورة مراعاتهما و تحقيقهما بصورة دائمة .

من هنا و بهذا المنطلق جاء دور مركز البحرين للدراسات و البحوث ليستحث الهمم و ليسعى لجمع نوي الاختصاص و الاهتمام منكم في مختلف القطاعات في الدولة و ليلم الشمل في حلقة نقاش علمية أساسها الحوار الهادئ و الهادف بقصد تدارس الوضع الراهن لمياه الشرب في البحرين و المواصفات و المعايير الخاصة بها و مقارنتها مع المواصفات و المعايير الدولية و الخروج بصياغات مستحدثة و ملائمة لسياسات عامة يستتير و يستعين بها متخذي القرار في الدولة .

و ختاماً و بالأصالة عن نفسي و بالنيابة عنكم جميعاً ، أود أن أتقدم بخالص الشكر و التقدير إلى وزارة الكهرباء و الماء لدعمها المستمر لمركز البحرين للدراسات و البحوث و لبرامجه البحثية و أنشطته و لقاءاته العلمية . كما أود أن أخص بالشكر شركة الصانع و شركائهم للمرطبات (مياه ندى) على رعايتها و دعمها السخي و اهتمامها بحلقة النقاش هذه . كما لا يفوتني أن أتقدم بوافر الشكر إلى جميع الزملاء المتحدثين منكم و الذين أخذوا على عاتقهم إعداد و تقديم أوراق عمل متميزة لحلقة النقاش هذه ، و الشكر موصولاً لكم جميعاً و لكل من ساهم بشكل كبير أو يسير في تنظيم هذه الحلقة الهامة . و ليكن شعاركم دائماً كما هو شعارنا :

**نماء البحرين غايتنا و البحث العلمي وسياتنا**

## توصيات حلقة النقاش

- 1- دعم و تعزيز البرامج و الجهود الحكومية للحفاظ على الثروة المائية .
- 2- التنسيق بين الجهات ذات العلاقة لإيجاد خطط و برامج تتعلق بالمحافظة على الثروة المائية خاصة بالنسبة للقطاع الزراعي .
- 3- الالتزام بالتشريعات المتعلقة بالمحافظة على الثروة المائية و خاصة ما ورد في المرسوم الأميري رقم 12 لعام 1997م بضرورة عدم حفر آبار جديدة إلا لاستخدامات المصلحة العامة .
- 4- إجراء مراجعة جادة لاستخدامات المياه في القطاع الزراعي على أن تكون ضمن هذه المراجعة تقييم الدور الاقتصادي الذي يؤديه هذا القطاع في التكلفة التي تتحملها الدولة من خلال الاستهلاك الكبير للقطاع الزراعي .
- 5- إعادة النظر في التعرف على استخدامات المياه للأغراض الزراعية مع الوضع في الاعتبار مبدأ تخصيص حصص المياه للمستخدمين الزراعيين اعتماداً على المساحة المروية .
- 6- إعداد برامج فنية و وضع التشريعات التي تساعد على رفع كفاءة الاستخدام المنزلي للمياه .
- 7- استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً في الزراعة و إحلالها محل المياه الجوفية المستخدمة في الري .
- 8- التقليل من الاعتماد على المياه الجوفية للاستخدام المحلي في المناطق الشمالية الغربية و إحلالها بمياه محطات التحلية .
- 9- أن تقوم الجهات المعنية و خاصة وزارة الصحة بوضع التشريعات و المواصفات في المجالات التي لا توجد بها مثل هذه المواصفات .
- 10- الاستمرار في برامج التوعية للاستخدام الأمثل لمياه الشرب مع التوسع في هذه البرامج لتشمل طلبة المدارس و الجامعة و غير ذلك .

11- أن يقوم مركز البحرين للدراسات و البحوث بإجراء و دعم الدراسات المتعلقة بالمحافظة على المياه و تحسين جودة مياه الشرب مع التركيز على الجوانب الاقتصادية و الاجتماعية و الصحية المرتبطة باستهلاك مياه الشرب .

12- إجراء دراسات حول نوعية و مصادر تلوث مياه الشرب في البحرين و العوامل المرتبطة بهذا التلوث .

13- دعم مختبرات المياه في المؤسسات الحكومية بالأجهزة المتطورة و الكوادر الفنية و ذلك من خلال المنظمات الدولية و المؤسسات الخاصة .

14- إجراء برامج تدريبية للعاملين في مختبرات جودة المياه لغرض صقل مهاراتهم في تحليل المياه و ضبط الجودة .

15- تبادل الخبرات و المعلومات في مجال ضبط جودة المياه و التشريعات المتعلقة بذلك بين دول الخليج العربية .

16- أن يشارك القطاع الخاص في الدعم المادي و الفني للدراسات و البرامج المرتبطة بجودة مياه الشرب .

17- وضع ضوابط و تشريعات على استخدام برك السباحة .

18- توسيع مجال عمل لجنة المواصفات و المقاييس لتشمل أعضاء من جهات ذات العلاقة بمياه الشرب .

19- العمل على خزن مياه الصرف الصحي المعالجة ثنائياً و ثلاثياً الزائدة و غير المستغلة في الخزانات المائية الجوفية بدلاً من هدرها في البحر .

## واقع ومستقبل مياه الشرب في البحرين

خليفة إبراهيم المنصور

الوكيل المساعد لعمليات المشتركين  
وزارة الكهرباء والماء

### مقدمة

عندما نتصدى لواقع مياه الشرب في البحرين فأنا نجد أنفسنا مرغمين على توسيع دائرة الاهتمام لتشمل كذلك الواقع العام للمياه في البحرين و إن نتطرق بشكل خاص إلى المياه الجوفية وهي المصدر الطبيعي الوحيد، فالأمريين مترابطين ومتداخلين وبالتالي لا يمكن فصلهما عن بعض نظراً لمساهمة المياه الجوفية الكبيرة في الوقت الحاضر في مجمل المياه الموزعة. وواقع المياه الجوفية الصعب قد يكون معروفاً للمختصين والمهتمين إلا أنه ما زال مجهولاً وغير مستوعباً مع الأسف من البعض. لذا فليس مستغرباً عندما نحاول نحن المسئولون تقديم بعض الإيضاحات بشأن ملوحة المياه الموزعة والتي ترتفع بشكل كبير بسبب توقف بعض وحدات التحلية واضطرارنا لتعويض ذلك بالمياه الجوفية الشديدة الملوحة أن نفاجأ بالبعض يطالبنا بتزويدهم بالمياه كما كانت في الماضي، ظانين أن تلك المياه الراسخة في الذاكرة ما زالت محفوظة بطريقة ما في صناديق أو خزانات خاصة بها ونحتفظ نحن بمفاتيحها.

طبعاً العاملون في قطاع الزراعة أدركوا منذ مدة طويلة التغير التدريجي لملوحة المياه الجوفية وكثيراً منهم حسب ما تعلمون ترك هذه المهنة لأسباب عديدة أهمها فقدان مصدر المياه المناسب. بالنسبة للقطاع المنزلي فالأمر يختلف فاعتماد الدولة على مصدر بديل وهو المياه المحلاة منذ منتصف السبعينات وبكثافة منذ منتصف الثمانينات أخفى إلى درجة ما حجم المشكلة الكبيرة التي نواجهها والتي تتكشف في صورتها الحقيقية والمؤلمة عند توقف وحدات التحلية و بسببها ترتفع الأصوات المتذمرة . طبعاً التذمر ليس مقتصرأ الآن على نوعية المياه الموزعة بل أمتد مؤخراً وبدأ يتزايد منذ تطبيق السقف المعتمد للتزويد في عام 1994 ليشمل كذلك الكمية الموزعة . الخلاصة نحن نعاني الآن من مشكلة ترتبط بالمياه من حيث الكمية والنوعية .

طبعاً مشكلة المياه ليست قاصرة على البحرين بل كما يدرك الجميع فهي مشكلة إقليمية بل و عالمية، و أخذت تسبب قلقاً شديداً وهمّاً متزايداً، وبدأت تضغط بشكل كبير على أصحاب القرار والمؤسسات العالمية للتعامل معها بجدية وفعالية. يأتي الاهتمام الدولي نظراً للدور الكبير الذي تلعبه المياه ولتأثيرات مستوى توفر المياه و نوعيتها على التنمية الاقتصادية وصحة الإنسان والبيئة وارتباط كل ذلك بمسألة الصراع والتنافس على موارد المياه المشتركة وما يترتب عليه من مواجهات بدأت تبرز وتفرض نفسها. والواقع الصعب الحالي هو فقط مقدمه لواقع أكثر صعوبة في المستقبل بحكم الزيادة الكبيرة في السكان ومتطلبات التنمية الاقتصادية المتزايدة. فالتقارير الدولية والمنديات والمؤتمرات العالمية بدأت ترسم صوراً قاتمة ومنتشائمة بالنسبة لمستقبل العالم إن استمرت الاتجاهات والمؤشرات الحالية تفرض نفسها على الواقع المعاش ولم تجد صيحات المعالجة والتصحيح صداها وحظها من التنفيذ الجاد فأخر التقارير والتي صدرت من المؤتمر العالمي للمياه في باريس في مارس الماضي يشير إلى إن حوالي ربع (1/4) سكان العالم مازال غير قادر على الحصول على مياه نظيفة ونصف (1/2) سكان العالم غير موصولين بشبكات مياه صرف صحي وإن ما يتراوح ما بين 5 إلى 10 مليون من البشر يموتون سنوياً بسبب أمراض مرتبطة بالمياه. و تشير آخر الدراسات التي أعدها Population Action International تحت تسمية "استدامة المياه: تخفيف الندرة، Sustaining Water Easing Scarcity" إن من مجمل سكان العالم الذي سيصل إلى 9.4 بليون بحلول عام 2050 فإن حوالي 2.3 بليون من هؤلاء السكان في 15 بلداً سيقعون تحت وطأة ما يعرف بالإنجهد المائي\* وحوالي 1.7 بليون آخرين في 39 بلد سيقعون تحت ما يعرف بندرة المياه ويندرج ضمنهم بالطبع العالم العربي. طبعاً سترتفع هذه الأرقام إذا أخذ ما في الاعتبار التوقعات المرتفعة لنمو الإسكان. (النموذجان رقم 1 و 2 يوضحان التوجهات المستقبلية).

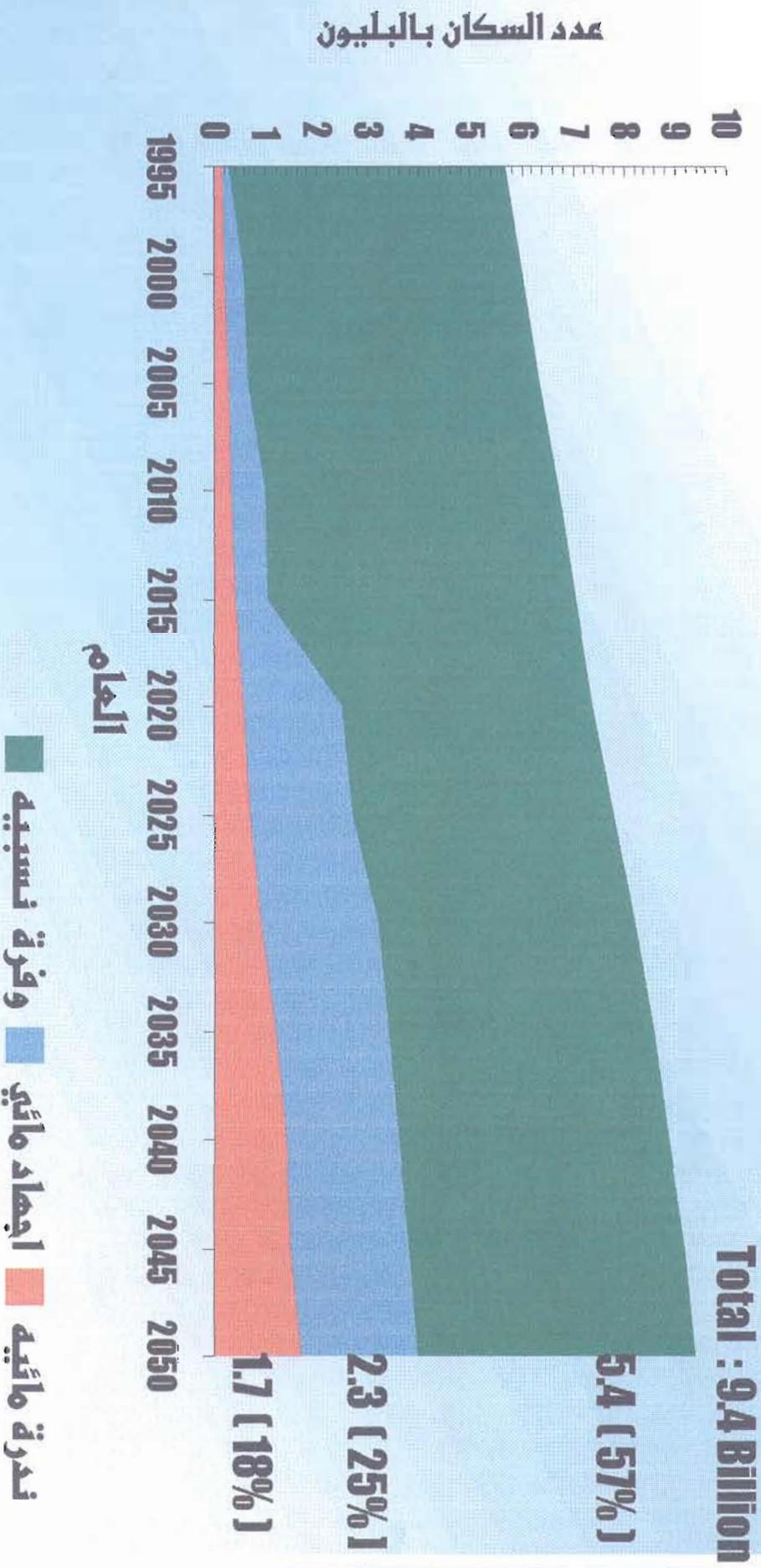
---

\* تم تطوير مؤشر الإنجهد المائي من قبل الهيدرولوجية السويدية ( مالمين فولكنمارك ) وذلك باعتماد مستوى أدنى من احتياجات المياه للفرد من أجل حياة نوعيه مرضيه في دوله متقدمة. قدرت فولكنمارك احتياجات الفرد للإغراض المنزلية بحوالي 100 لتر في اليوم و حددت الاحتياجات الأخرى للزراعة والصناعة بأن تتراوح بين 5 و 20 ضعف هذا المستوى. بناء على هذه الحسابات فإن البلد الذي يحظى بحوالي 1700 متر مكعب للفرد سنوياً من المياه المتجددة أو أكثر فلن يعاني إلا من مشاكل بسيطة وأما إذا قل عن هذا المستوى فإن الدول ستبدأ تعاني من إنجهد مائي أما إذا قل عن 1000 متر مكعب سنوياً فستدخل الدول في حيز ندرة المياه الأمر الذي سينعكس بشكل سلبي على التنمية الاقتصادية، أما إذا انخفض عن 500 متر مكعب سنوياً فسيصبح معوقاً رئيسياً للتنمية ويسبب تدهوراً لمستوى المعيشة وتجم عنه مشاكل صحية وبيئية.

# التوقعات العامة لمستقبل العالم المائي ( نمو سكاني متوسط )

World Population Experiencing Water Stress, Scarcity & Relative Sufficiency

*Based on Medium Population Growth*

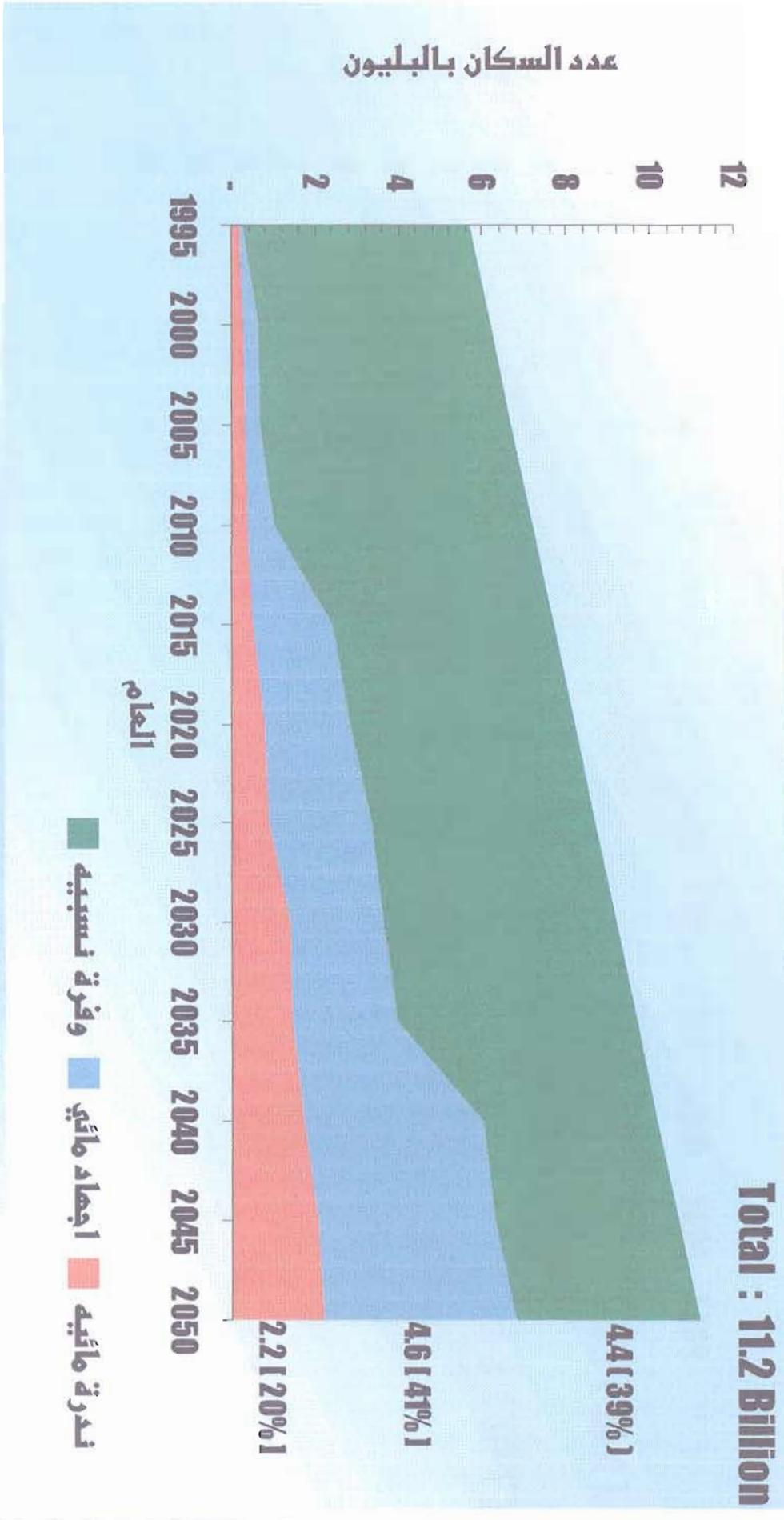


المصدر تقرير بعنوان رقم 1

المصدر تقرير بعنوان "Sustaining Water"  
من إعداد "Population Action International"

# التوقعات العامة لمستقبل العالم المائي ( نمو سكاني مرتفع )

World Population Experiencing Water Stress, Scarcity & Relative Sufficiency  
Based on High Population Growth



النموذج رقم 2

المصدر تقرير بعنوان "Sustaining Water"  
من اعداد "Population Action International"

هذا الواقع والمؤشرات بدأ التنبأ بها ولفت الانتباه إليها منذ عقود وعلى المستوى العالمي كان مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة والذي عقد في ستوكهولم في عام 1972 أول من لفت الانتباه إلى مشاكل المياه ثم جاء أول مؤتمر عالمي كبير يهتم بمصادر المياه في مار دل بلاتا في الأرجنتين عام 1977، ومنه تمت الدعوة ليكون عقد الثمانينات عقداً للمياه وفعلاً تم تحقيق بعض التقدم حيث تم نتيجة الجهد الذي بذل في تلك الفترة توصيل 1.3 بليون شخص بمياه نظيفة و 750 مليون شخص بشبكات صرف صحية.

هذه الإيجابيات وإن كانت كبيرة إلا إنها لم تكن كافية ولم تتناسب مع حجم المشكلة التي كانت تزداد بفعل حجم الزيادة السكانية الكبيرة وخاصة في الدول النامية وبالتالي كان لابد من عقد المؤتمرات وتكثيف اللقاءات التي كان من أهمها مؤتمر دبلن الذي عقد في عام 1992 حيث تم الخروج ببعض المبادئ الأساسية لتمثل خطوطاً عامه للدول للاسترشاد بها في التعامل مع قضايا المياه وإدارة مصادرها و التي يمكن تلخيصها في التالي:

**المبدأ الأول:** مصادر المياه محدودة ومعرضة بشكل متزايد للتهديد وهي تمثل حاجة ضرورية لاستدامة الحياة والتنمية والمحافظة على البيئة.

**المبدأ الثاني:** يجب أن تكون تنمية وإدارة المياه مبنية على المشاركة من جميع الجهات المعنية وتشمل المستخدمين والمخططين بالإضافة إلى أصحاب القرار.

**المبدأ الثالث:** يجب أن تلعب النساء دوراً مركزياً في إدارة المياه والمحافظة عليها.

**المبدأ الرابع:** للمياه قيمة اقتصادية وبالتالي يجب أن تعامل كسلعة اقتصادية بالنسبة للاستخدامات المختلفة.

تم إدراج هذه المبادئ ضمن الباب 18 في أجندة القرن الحادي والعشرون والذي تم اعتماده من قبل مؤتمر البيئة والتنمية (قمة الأرض) في ريو دي جانيرو في 1992 و الذي يؤكد على ضرورة الأخذ بالإدارة المتكاملة لتنمية وإدارة مصادر المياه و أن تعتبر المياه مورداً طبيعياً وسلعة اجتماعية واقتصادية فضلاً عن إنها تشكل جزءاً أساسياً في النظام البيئي. كما أكد المؤتمر على الأخذ بمفهوم إدارة الطلب على المياه وذلك من خلال وضع الآليات و الإجراءات التنظيمية بما فيها آليات التسعير لإبقاء الاستهلاك في حدود المستويات المقبولة والمرغوبة والتي تكفل استدامة استخدام المصدر وتحقق كذلك الكفاءة الاقتصادية.

# نصيب الفرد من المياه المتجددة - عام 1995

## متر مكعب في العام

### أعلى عشر دول

Iceland	624,535
Suriname	468,384
Gongo	320,864
Guyana	290,361
Pap. New Guinea	186,236
Gabon	152,416
Solomon Islands	118,254
Liberia	109,279
Canada	98,667
New Zealand	91,828

### أدنى عشر دول

1	Malta	82
2	Qatar	91
3	Kuwait	95
4	Libya	111
5	Singapore	180
6	Barbados	192
7	Bahrain	193
8	Saudi Arabia	249
9	Jordan	318
10	Yemen	346

النموذج رقم 3

## أولاً: البحرين و الإشكالية ذات الثلاثة أبعاد

وبالنسبة للبحرين فهناك 3 عناصر وبعبارة أخرى اشكالات تؤطر لمشكلة المياه بشكل عام. فالإشكالية الأولى يفرضها علينا الموقع الجغرافي وطبيعة المناخ الجاف السائد، والإشكالية الثانية تفرضها التكنولوجيا وتكلفتها المرتفعة لإيجاد البديل، والإشكالية الثالثة خلقناها لأنفسنا بالممارسات و انماط الاستهلاك الخاطئة.

### 1) الإشكالية الأولى: تدني مصادر المياه المتجددة

في البحرين كما في باقي المنطقة نعاني من شح مصادر المياه الطبيعية المتجددة، ومصدر المياه الجوفية الوحيد والمشارك الذي يستخدم بشكل مباشر هو حوض الدمام وهو حوض ممتد من شبه الجزيرة العربية. و التجديد في هذا المصدر محدود ويقدر بـ 112 مليون متر مكعب حسب التقديرات والدراسات المتوفرة ونصيب الفرد السنوي من هذه المياه في تناقص مستمر بسبب الزيادة السكانية حيث بلغ في عام 1995 حوالي 193 متر مكعب وسيصل عام 2025 إلى حوالي 129 متر مكعب وهو يقل بكثير عن مستوى الندرة الذي تم الإشارة إليه، و إذا ما قورن بالمتوسط العالمي الذي يقدر الآن بحوالي 7500 متر مكعب للفرد فهو لا يتجاوز 2.5% من هذا المستوى. وحسب الترتيب العام بالنسبة لنصيب الفرد من المياه الطبيعية بين دول العالم فإن البحرين تقع في الترتيب السابع بين الدول الأكثر ندرة ( النموذج رقم 3). هذه الأرقام كافية لتوضيح مدى الندرة الشديدة في مصادر المياه الطبيعية التي تعيشها البحرين.

### 2) الإشكالية الثانية: تكلفة المصدر البديل

بالنسبة لمياه الشرب فإن تنميه مصادر بديله كالمياه المحلاة لأغراض الشرب يأتي لتحقيق هدفين أولهما تحقيق خفض مهم في مستوى استهلاك المياه الجوفية التي تمثل الآن حوالي 48% من مجمل المياه المخلوطة لأغراض الشبكة والثاني لتحسين نوعية المياه الموزعة والتي وصلت إلى درجة من الملوحة لم تعد في بعض عناصرها تتواءم مع المواصفات الوطنية والعالمية المعتمدة.

وإضافة كميات إضافية من المياه المحلاة ممكن فنياً وإن كانت هناك ضرورة لأخذ بعض الاحترازاات البيئية إلا إنه في المحصلة النهائية يبقى هذا الخيار قضيته اقتصادية. وكما أثبتت التجربة السابقة فإن القدرة على بناء محطات التحلية كانت مرتبطة بقدرات الدولة المالية في تحمل

هذه الاستثمارات الكبيرة، وقد كان ذلك ممكناً حتى منتصف الثمانينات حيث تم إنشاء محطتي ستره وراس أبوجرجور إلا إن لم يكن ذلك متيسراً بعد ذلك بسبب انخفاض أسعار النفط وتدني إيرادات الدولة. تقدر تكلفة إنتاج المياه عن طريق التحلية (باستثناء محطة الدور) بحوالي 230 فلس للمتر المكعب مع احتساب سعر مخفض للوقود (الغاز الطبيعي) يبلغ 25 سنت للمليون وحدة حرارية بريطانية MBTU حسب أحدث التقارير المالية الصادرة. هذه التكلفة لا تشمل تكلفة نقل وتوزيع المياه والتي تقدر الآن بحوالي 140 فلس للمتر المكعب. وللتدليل على مدى ضخامة الاستثمارات المطلوبة مستقبلاً فإن برنامج تطوير مرافق المياه للعشر السنوات والتي تمتد من 1997 - 2007 والتي تشمل بناء محطة الحد و مرافق نقل وتوزيع المياه و احتياجات التشغيل والصيانة سيتطلب صرف ما يزيد على 850 مليون دينار بحريني. التحليل المالي لهذه المصروفات سيتطلب الأخذ بمفهوم التكلفة الهامشية (Marginal Cost) لتزويد متر مكعب من المياه والتي يتوقع أن تتصاعد تدريجياً إلى أن تصل مع اكتمال تنفيذ محطة الحد الجديدة في عام 2006 إلى حوالي دينار للمتر المكعب. طبعاً سترتفع التكلفة عن هذا المستوى إذا ما اعتمد سعر السوق للوقود.

### (3) الإشكالية الثالثة : نمط الاستهلاك

تتمثل الإشكالية الثالثة في أسلوب تعاملنا مع المصدر الطبيعي الوحيد، فالانطباع العام الذي يتكون لكيفية استغلالنا لهذا المصدر يوحي بأننا لم نستشعر بعد بمحدودية هذا المصدر. صحيح أن تقنية حفر الآبار التي دخلت البلاد في العشرينات يسرت للناس الحصول على المياه مقارنة بما كان متبع في السابق إلا إن في غياب ضوابط وإجراءات تنظيمية محدده بما فيها غياب دور العنصر الاقتصادي وبالتالي الحافز المادي فقد نتج عن ذلك تدني في كفاءة الاستخدام ودفع في اتجاه الاستنزاف المتصاعد وخاصة في القطاع الزراعي ليختل بذلك التوازن بين التصريف الطبيعي عن طريق العيون و بين كميات التجديد والذي كان متحققاً في السابق. بدأ يبرز هذا الخلل في بداية الخمسينات حتى أستفحل في وقتنا الحاضر حيث وصل إلى 251 مليون متر مكعب (رقم تقديري حسب الزيادة السنوية السائدة) وهو ما يبلغ 224% من مستوى التجديد. التحليل العام لتطور استخراج المياه الجوفية (النموذجان رقم 4 و 5) يبرز الحقائق التالية:

(1) يستهلك القطاع الزراعي النصيب الأعظم من مجمل استهلاك المياه الجوفية الذي يقدر الآن بحوالي 251 مليون متر مكعب إذ يبلغ حوالي 178 مليون متر مكعب بنسبة 71% بينما يصل نصيب

- الاستخدامات المنزلية (تشمل المجمعات الخاصة التي تستخدم المياه الجوفية من آبار خاصة) 56 مليون متر مكعب بنسبة 26% والقطاع الصناعي 7 مليون متر مكعب بنسبة 3%.
- (2) في عام 1979 أي في العام الذي سبق صدور المرسوم الأميري رقم 12 لسنة 1980 والذي ينظم استعمال المياه الجوفية كانت كمية المياه المستخرجة 135 مليون متر مكعب وعدد الآبار 1310 أما في عام 1997 فتقدر كمية المياه المستخدمة بحوالي 251 مليون متر مكعب في العام أي بزيادة 86% وعدد الآبار 2315 بزيادة 77% .
- (3) بلغت الزيادة السنوية منذ عام 1985 وحتى الآن للقطاع الزراعي 4.9% والمنزلي 2.7% والصناعي 2.8% وبشكل إجمالي 4.3%.

### التأثير على نوعية المياه الجوفية

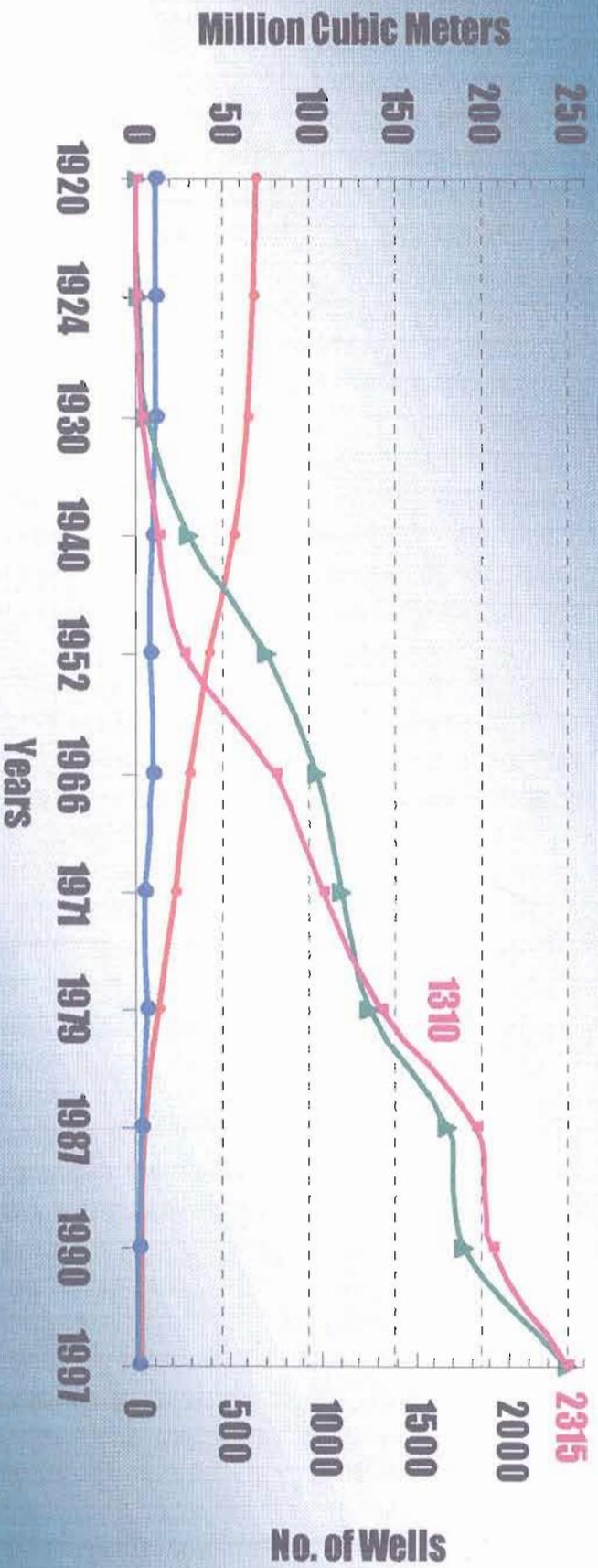
انعكس هذا الانفلات في استخراج المياه الجوفية في تدهور كبير ومتزايد في نوعية المياه الجوفية ويكفي أن نشير إلى إن أفضل نوعية لهذه المياه هي بدرجة ملوحة ذائبة تبلغ 2500 مليجرام للتر وتتواجد في شريط ضيق في شمال غرب البحرين وهي أيضا في تدهور مستمر. يظهر النموذج 5 الوضع الحالي لنوعية المياه الجوفية جغرافياً، و يبرز النموذجان 6 و 7 التدهور الكبير في نوعية مياه بعض الآبار المستخدمة للأغراض المنزلية خلال السنوات القليلة الماضية والتي تجاوزت في أحد آبار السلمانية 8400 مليجرام للتر.

### ثانياً: تطور الطلب على المياه من شبكة توزيع المياه

اعتمد نظام تزويد المياه حتى منتصف السبعينات على شبكات توزيع بسيطة ومتفرقة موصله مباشرة بمضخات مركبة على آبار مياه جوفية أو من خلال خزانات علوية. لم يكن هذا النظام مناسباً للتطورات التي كانت تأخذ مجراها سواء كان للنمو السكاني وبالتالي عدد المشتركين أو بالنسبة لمتطلبات النمو العمراني و الاقتصادي الذي بدأ يتصاعد في تلك الفترة. وبسبب التطورات السلبية بشأن استنزاف المياه الجوفية وتدهور نوعيتها فقد كان من الضروري اللجوء إلى المصدر البديل وهي المياه المحلاة (النموذج رقم 8). ومع بداية تشغيل محطات التحلية تطور نظام التزويد المياه ليشتمل كذلك على محطات ضخ للمياه الجوفية وخطوط نقل للمياه طويلة نسبياً و محطات خلط تشتمل على خزانات أرضيه وعلوية وأجهزة معالجة للمياه يشرف على كل ذلك جهاز تحكم ومراقبة مركزي. هذه التطورات أحدثت نقله في نمو الطلب على المياه من الشبكة في الفترة منذ منتصف السبعينات إلى وقتنا الحاضر والذي يمكن تصنيفها بالمرحل الثلاث التالية :

# التطور التاريخي لاستخراج المياه الجوفية

## والتصريف الطبيعي وعدد الآبار



■ عيون أرضية - التصريف الطبيعي

■ عيون بحرية - التصريف الطبيعي

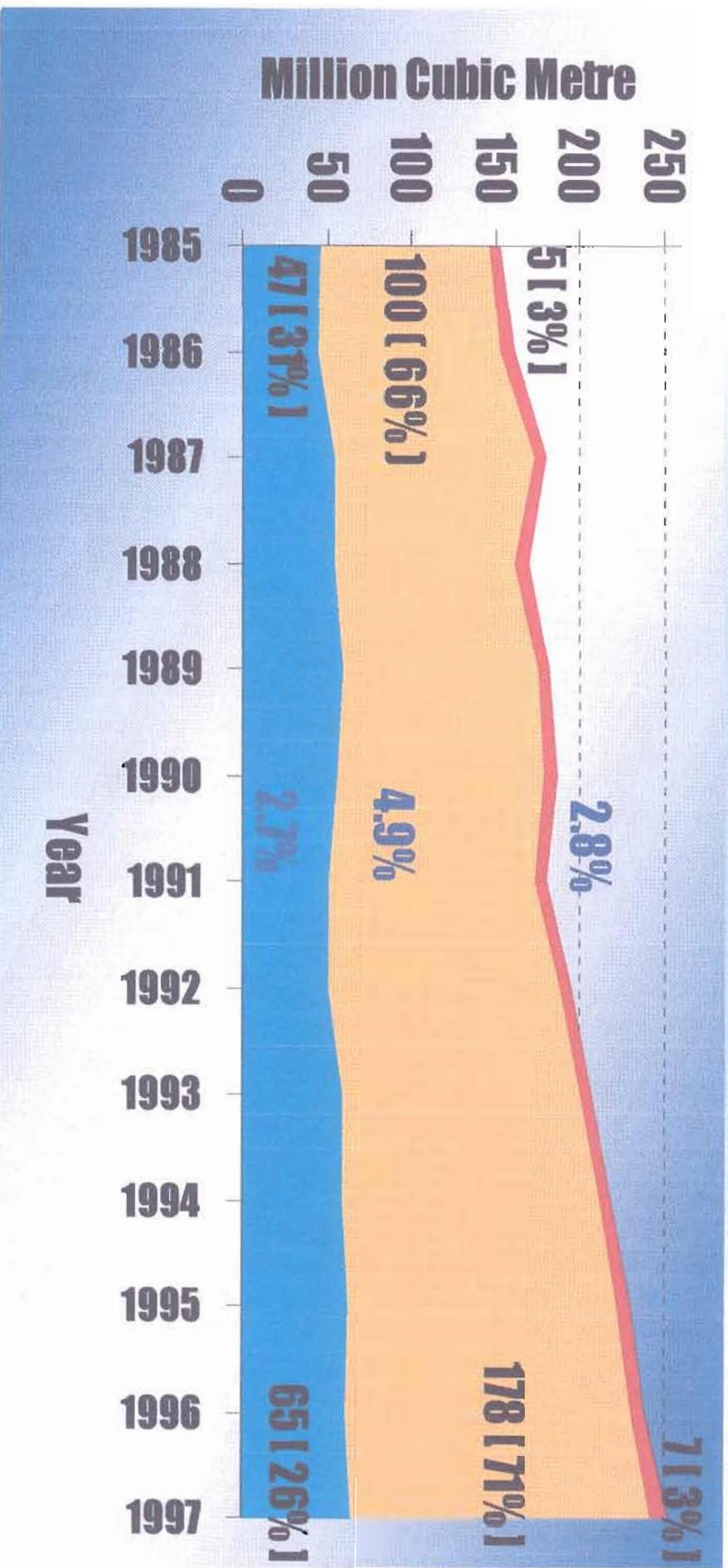
■ عدد الآبار

■ الاستخراج

المصدر دراسة لمبارك أمان النعمي (تقييم الموارد المائية 1993) (الخصائص: إدارة مصادر المياه) + النموذج رقم 4

# تطور استغراضات المياه الجوفية

## القطاعات المختلفة



منزلي



صناعي

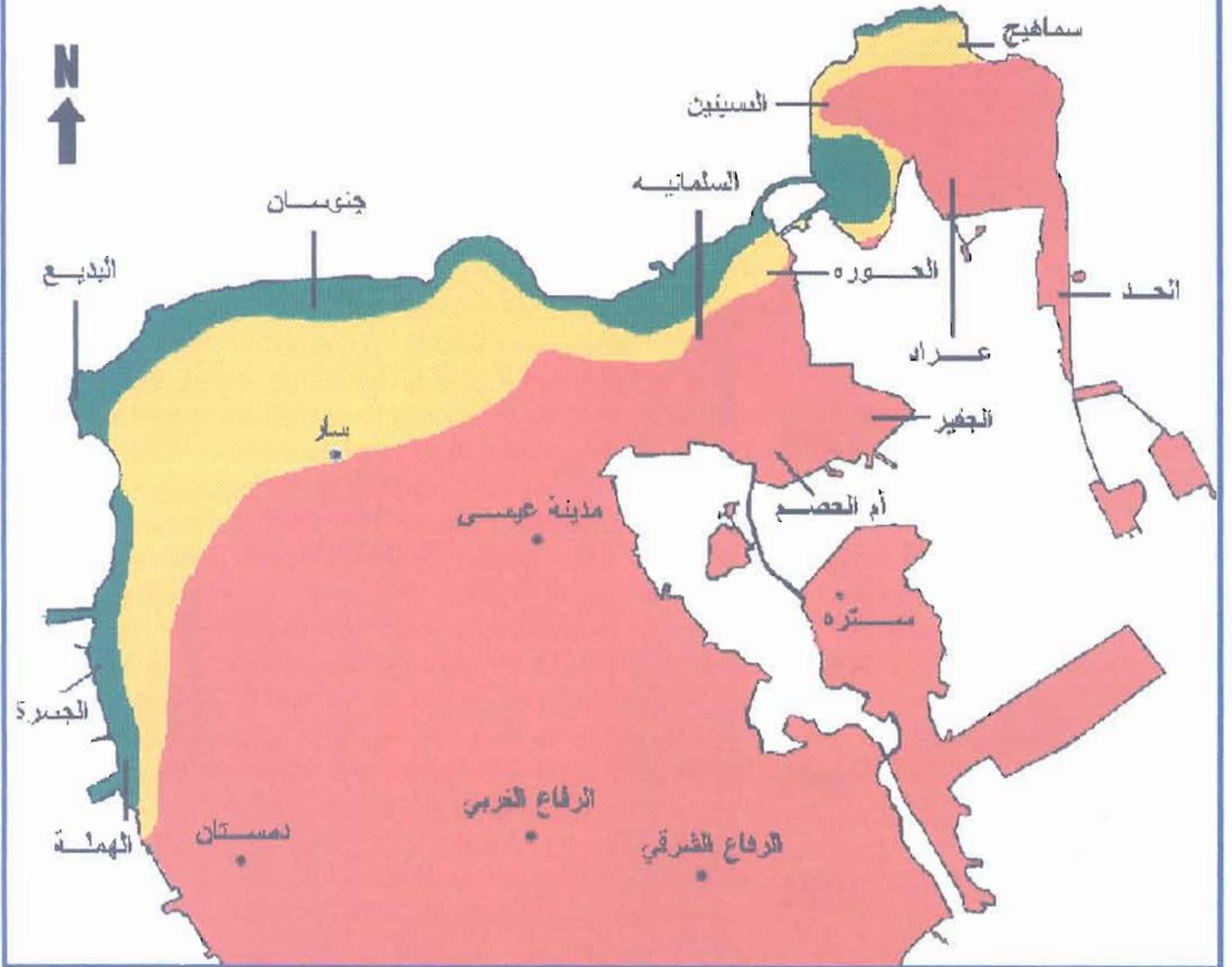


زراعي

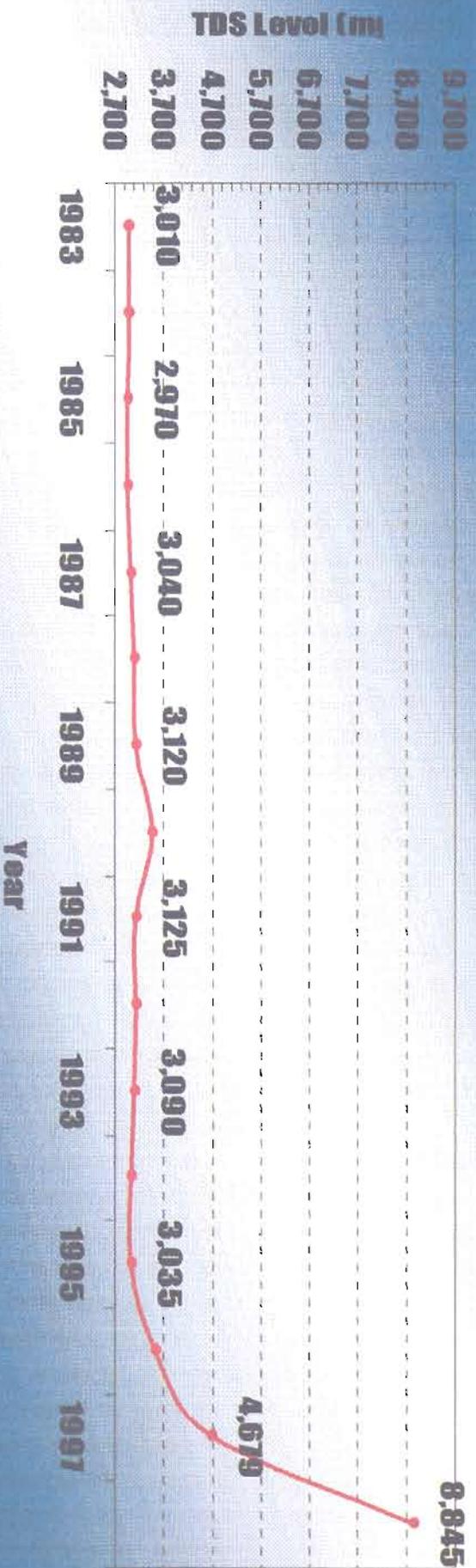
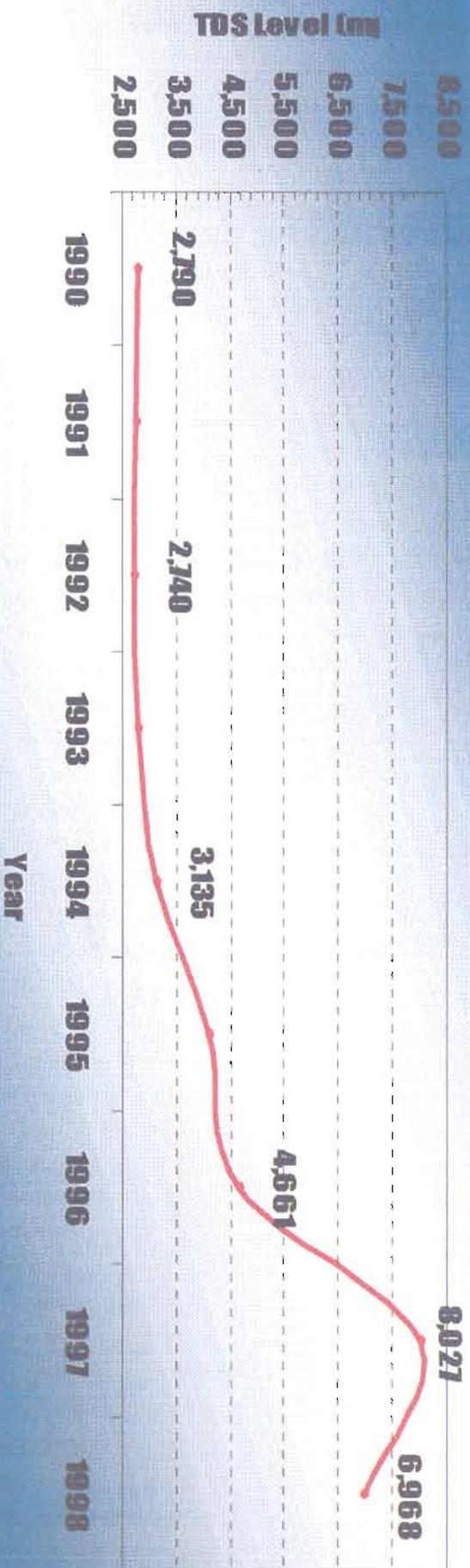
النموذج رقم 5

## النموذج رقم 15

مناطق تم خسارتها بدرجة ملوحة أعلى من 5000 ملجم / لتر  
 مناطق بملوحة تتراوح بين 2500 - 5000 ملجم / لتر  
 مناطق بملوحة أقل من 3500 ملجم / لتر



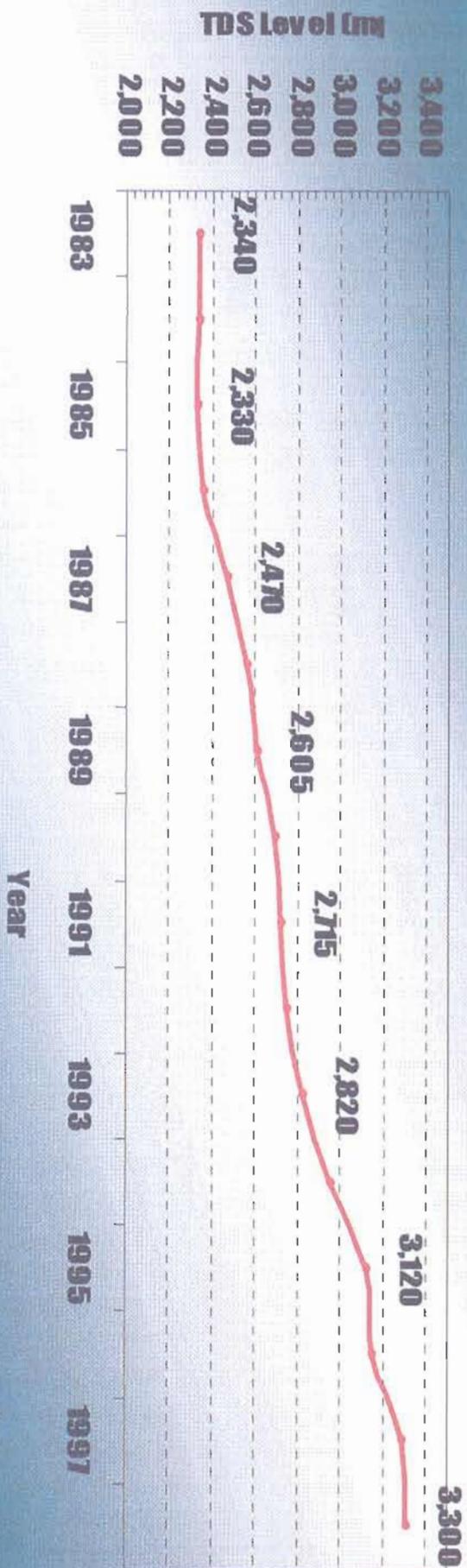
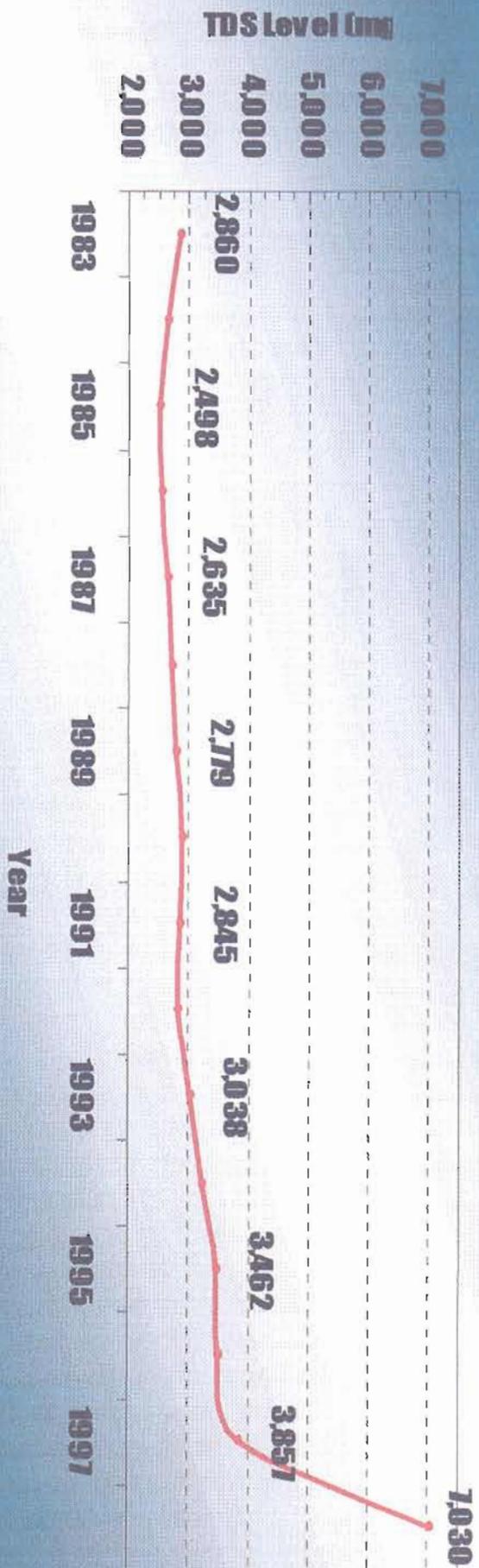
### 3 درجة الملوحة لبئر الماحوز رقم 3



### 6 النموذج رقم 6

### درجة الملوحة لبئر السمانية رقم 2

# 1 درجة الملوحة لبئر الصمالة ب رقم 1



7 النموذج رقم

2 درجة الملوحة لبئر البدير رقم 2

## 1) مرحلة الزيادة الكبيرة: 1975-1985

وهي فترة استمر الاعتماد فيها على مصدر المياه الجوفية بشكل رئيسي فيما عدا وجود وحدتين للتحلية بمحطة سترة يبلغ إنتاجهما الإجمالي حوالي 5 مليون جالون في اليوم وتميزت هذه المرحلة بنمو كبير في الطلب حيث قفز الطلب من 15.9 مليون جالون في اليوم في عام 1975 إلى 48.2 مليون جالون في اليوم في عام 1985 (النموذج رقم 9) بزيادة سنوية على المياه بلغ متوسطها حوالي 11%، كما شهدت هذه الفترة أيضاً تضاعف النصيب اليومي للفرد من المياه من الشبكة من 61 جالون إلى 113 جالون (النموذج رقم 10)، ويمكن أن نعزو هذه التطورات إلى التالي:

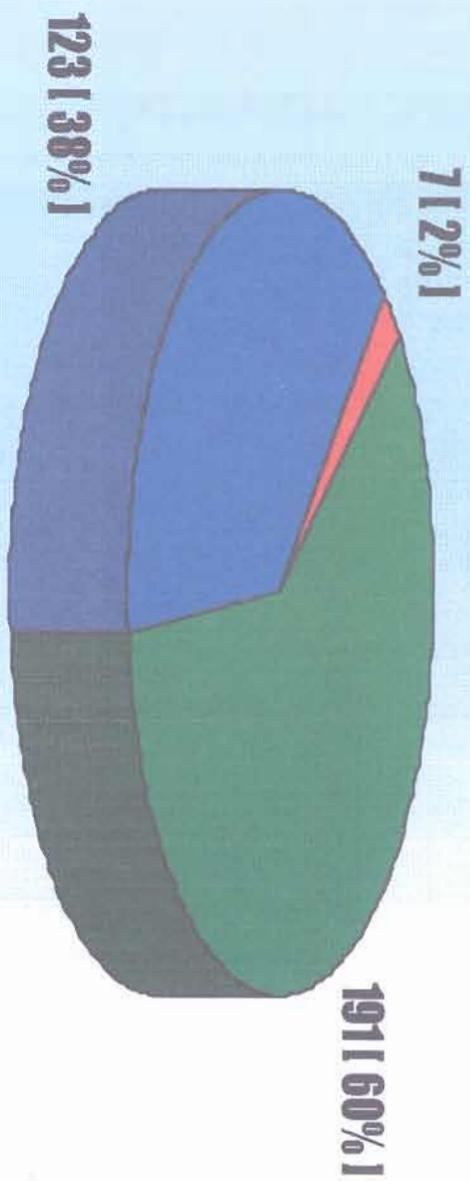
- أ- نمو كبير في عدد السكان حيث تم إضافة حوالي 162 ألف إلى سكان البحرين في هذه الفترة أي بزيادة تقدر بـ 62%.
- ب- تطور كبير في مستوى المعيشة وتحول في طبيعة الأسر البحرينية من الأسر الممتدة إلى الأسر النووية.
- ج- تغير في نوع السكن حيث تم التحول تدريجياً من السكن التقليدي إلى السكن الحديث والذي تمثل الحديقة جزء أساسياً فيه.
- د- غياب الحافز المادي في الاستهلاك حيث كان الأسلوب المعتمد للحصول هو رسوم ثابتة شهرية.
- هـ- تدهور كبير في شبكة توزيع المياه وارتفاع مستوى التسرب والذي قدر بحلول عام 1985 بما يقرب من 30% من مجمل المياه الموزعة.

## 2) مرحلة اعتدال نمو الطلب: 1986-1994

وتميزت هذه الفترة بتحسّن نسبي كبير في مستوى توفر المياه ونوعيتها والذي جاء نتيجة تشغيل التوسعة الكبيرة في محطة ستره ومحطة رأس أبو جرجور في عام 1985 ثم إضافة محطة الدور بعد ذلك في بداية التسعينات وإن لم يصل إنتاجها بعد إلى المستوى التصميمي لأسباب فنية. إلا إن أبرز ملامح هذه الفترة هو الشروع في إجراءات تهتم بالتأثير على الطلب والتي كان لها تأثير إيجابي في الحد من الزيادة السنوية على الطلب على المياه حيث انخفضت هذه الزيادة السنوية لتبلغ حوالي 4%.

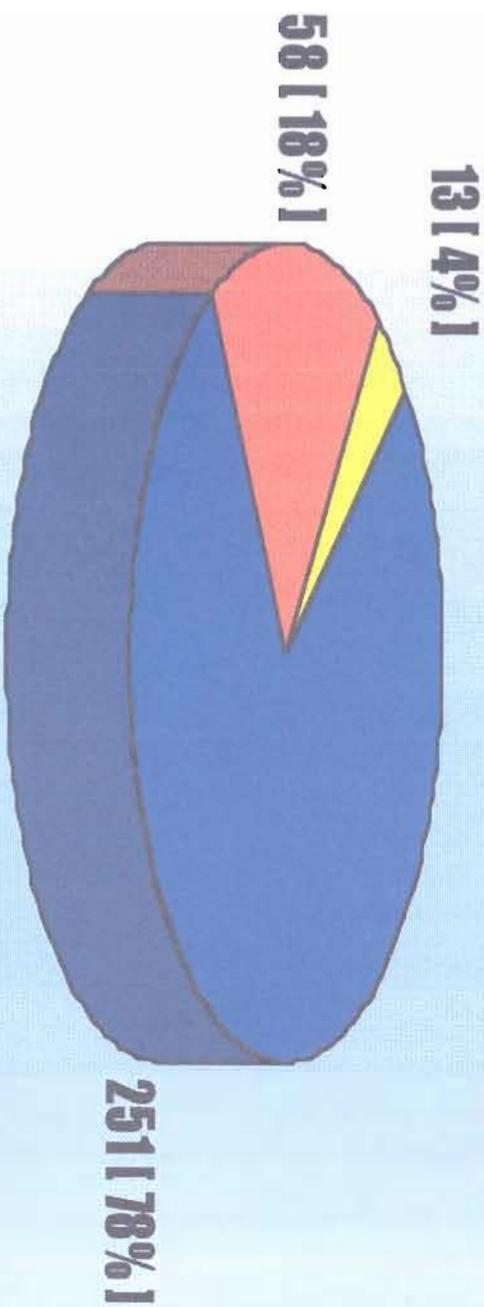
# الاستخدامات

## السنة 1997



مليون متر مكعب في العام

## المصادر

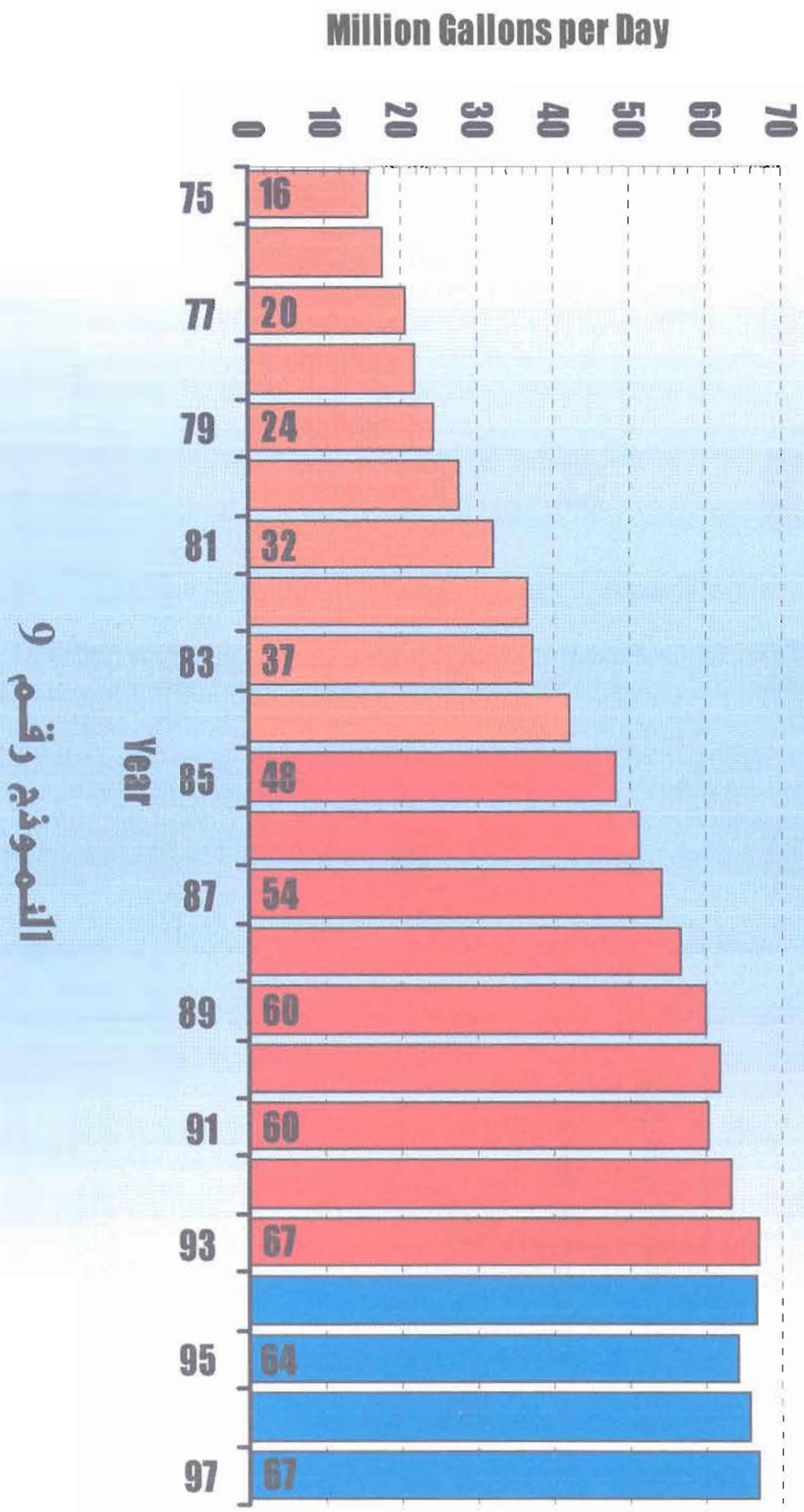


■ مياه صرف صحي معالجة ■ مياه جوفية ■ مياه معالجة ■ أخرى

التمويل رقم 8

# المتوسط اليومي الاستهلاك الهياك لأغراض الشبكة 1970 - 1997

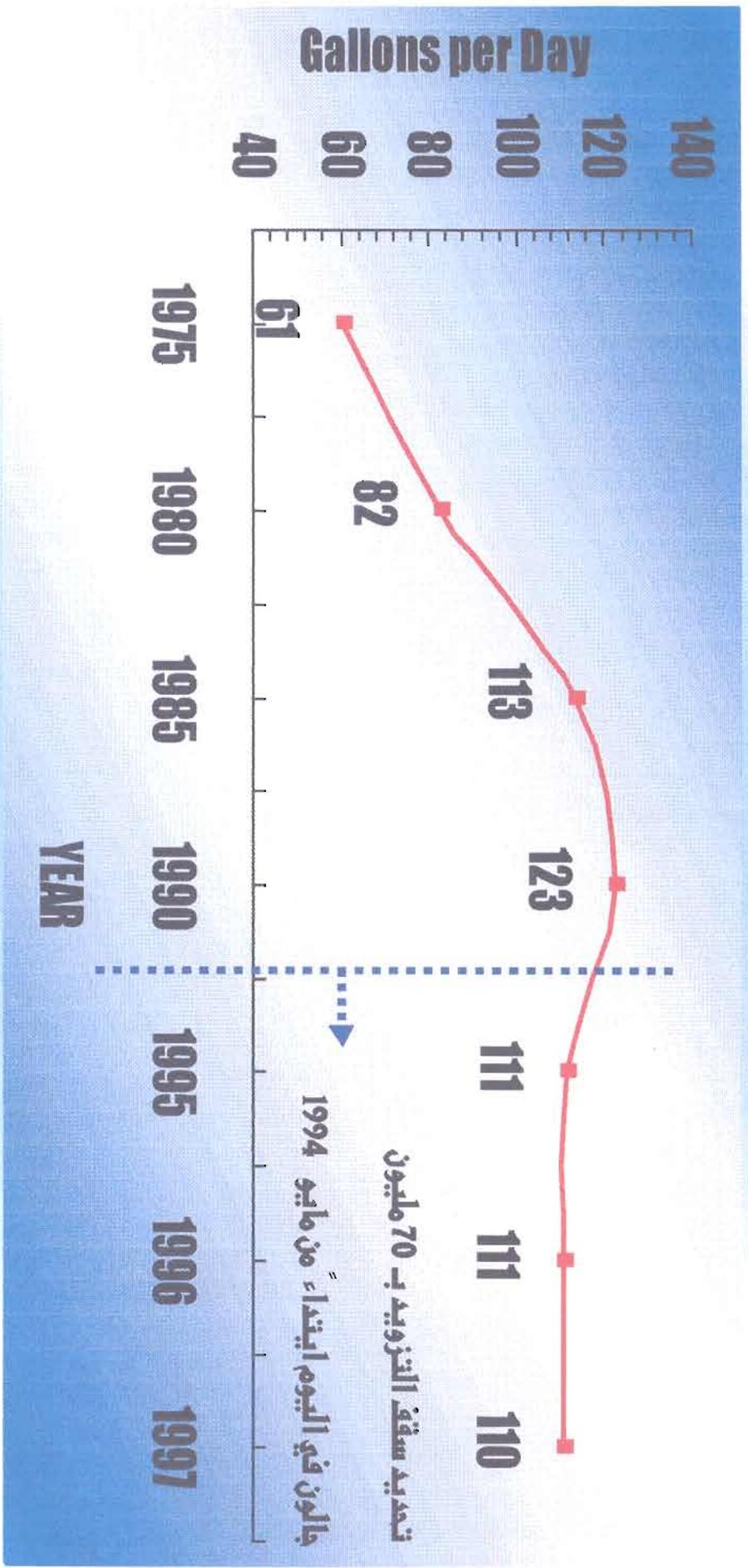
Annual Average Consumption of Water  
Year 1970 to 1997



السنة رقم

# متوسط الاستهلاك الفردي اليومي من الشبكة 1975 - 1997

PER CAPITA CONSUMPTION - YEAR 1975 - 1997  
 [Blended Water of MEW Supply]



النموذج رقم 10

وأهم هذه الإجراءات والتي تندرج ضمن إستراتيجية إدارة الطلب التي بدأتها الوزارة التالي:

- أ- تطبيق التعرفة التصاعدية والتي يقدر إنها أدت إلى خفض الطلب بنسب تتراوح بين 8-11%.
- ب- البدء ببعض الخطوات لمعالجة مشكلة التسربات من الشبكة، يأتي في مقدمتها تحسين نوعية المواد المستخدمة ووضع برامج للكشف والإصلاح وبرامج لاستبدال الشبكات الفرعية والتي تتسبب في حوالي 98% من حجم التسربات ويقدر التوفير من هذا البرنامج بما يتراوح بين 8 و 9 مليون جالون حتى الآن.
- ج- البدء في إحلال مياه الصرف الصحي المعالجة محل المياه المستخدمة من الشبكة لإغراض الري وخاصة في المنطقة الغربية وبعض المواقع الخاصة بالبلديات ومواقع الاستهلاك الكبيرة الأخرى. تقدر كمية التوفير حتى الآن بحوالي 4 مليون جالون في اليوم.
- د- إنشاء وحدة خاصة بترشيد استهلاك المياه، والشروع في بدء برامج توعوية وإعلامية وإجراءات فنية وتشريعية بهدف خفض ترشيد الاستهلاك. كذلك ساهمت هذه الوحدة ومن خلال المعلومات التي وفرتها عدادات المياه في التعرف على مشاكل الهدر في شبكات المياه الداخلية ومعالجتها. هذا وتقدر وبشكل تقريبي كمية المياه المهدرة من الشبكات الداخلية بناءً على إحصاءات الكشوفات المحدودة التي قامت بها الوزارة بحوالي 2.4 مليون جالون في اليوم أي 3.5% من مجمل المياه الموزعة.

## (2) مرحلة تجميد التزويد: 1994 حتى الآن

حتى مع اعتدال تطور الطلب نسبياً في الفترة السابقة إلا إن عدم توفر القدرات المادية لتنمية مصادر مياه بديله إضافية بعد الإضافات التي تم الإشارة إليها أدى إلى تزايد اعتماد شبكة توزيع المياه على المياه الجوفية حتى وصل في عام 1993 إلى ما يزيد على 32 مليون جالون في اليوم أي بزيادة 50% من مستواه في عام 1985 (النماذج 11، 12، 13). هذه الزيادة بالإضافة إلى الزيادة الكبيرة والرئيسية في القطاع الزراعي أدت إلى مزيد من التدهور في نوعية المياه الجوفية، الأمر الذي حتم صدور قرار مجلس الوزراء لتحديد سقف التزويد بـ 70 مليون جالون في اليوم في مايو 1994 حيث سيبقى التزويد عند هذا المستوى إلى حين تشغيل المحطة الجديدة بالحد. هذه المستجدات خلقت في البداية شكواي كبيره كلن معظمها يأتي من أصحاب منازل لم تكن مهياة لأي انقطاع للمياه إلا إن

هذه الشكاوي الكبيرة سرعان ما انحسرت مع تكيف الناس مع نظام التزويد المعمول به ومع إدخال التحسينات اللازمة على مرافق المياه الداخلية لمنازلهم حيث يمكن القول إن الشكاوي وإن كانت موجودة إلا إن مستواها قد هبط إلى المستوى المعقول و المقبول.

## نوعية المياه الموزعة

كان للزيادة الكبيرة في المياه المحلاة ابتداءً من عام 1985 تغير نوعي كبير في نسب الخلط بين المياه المحلاة والمياه الجوفية في مجمل المياه الموزعة وبالتالي تأثير إيجابي كبير على نوعية المياه الموزعة حيث كان متوسط مجموع الأملاح المذابة إلى حوالي 720 مليجرام للتر في عام 1985 (هناك تفاوت من منطقة إلى أخرى). إلا أنه سرعان ما بدأت هذه الملوحة في الارتفاع من جديد بفعل النمو في الطلب وبقاء كميات المياه المحلاة عند مستواها دون زيادة كبيرة تذكر وبالتالي فقد وصلت إلى 1650 مليجرام للتر في عام 1997 ويبرز النموذج رقم 14 التغير في ملوحة المياه الجوفية المستخدمة لإغراض الشبكة ( لا يعتبر ضمن هذا المتوسط الآبار التي تحتم إغلاقها بسبب ارتفاع درجة الملوحة ) حيث ارتفعت من حوالي 3000 مليجرام للتر في عام 1985 إلى 4800 مليجرام للتر في عام 1997. يجب أن نوضح إنه حسب الخطوط الاستراتيجية لمنظمة الصحة العالمية فإن ملوحة المياه يجب أن تقل عن 1000 جزء في المليون.

## ثالثاً البرامج المستقبلية

### 1) محطة الحد وتأثيرها على تزويد المياه

في ظل محدودية المصادر الطبيعية وتنافس قطاعات أخرى خاصة القطاع الزراعي فإنه يتحتم الاستمرار في تنمية مصادر مياه بديلة كالمياه المحلاة للأغراض المنزلية الذي ستمثل البديل الوحيد للاستجابة للطلب المتزايد على المياه لأغراض الشبكة مستقبلاً والذي تقدر زيادته السنوية بما يتراوح بين 4 - 5%. وفي هذا الصدد فقد تم اتخاذ القرار بشأن تنفيذ المرحلة الأولى لمحطة الحد للكهرباء والماء بإنتاج يبلغ 30 مليون جالون في اليوم ستكون جاهزة للتشغيل بحلول عام 2000 على أن تتبع هذه المرحلة مرحلتين أخريتين ليصبح الإنتاج الإجمالي للمحطة 90 مليون جالون في اليوم بحلول عام 2006 حسب الخطة الموضوعية. سيكون في مقدمه أهداف هذا المشروع خفض كميات المياه الجوفية المستخرجة لأغراض الشبكة من مستواها الحالي الذي يبلغ 33 مليون جالون في اليوم إلى

حوالي 10 مليون جالون في اليوم كما سيكون ممكناً كذلك رفع مستوى سقف التزويد ليصبح 80 مليون جالون في اليوم بحلول عام 2000. ستحدث هذا التطورات تغير كمي ونوعي في الصورة العامة لتزويد المياه حيث ستخفف درجة ملوحة المياه الموزعة إلى حوالي 600 جزء في المليون مما سيجعلها تتوافق مع المواصفات الوطنية المعتمدة ومع الخطوط الاسترشادية لمنظمة الصحة العالمية لمياه الشرب. يظهر النموذج رقم 15 التوقعات الفعلية للمياه والإضافات المتوقعة خلال المراحل الثلاث للتنفيذ. ويظهر النموذج رقم 16 التغير في درجة ملوحة المياه الموزعة أثر هذه التطورات.

### (3) الإصلاحات في القطاع الزراعي

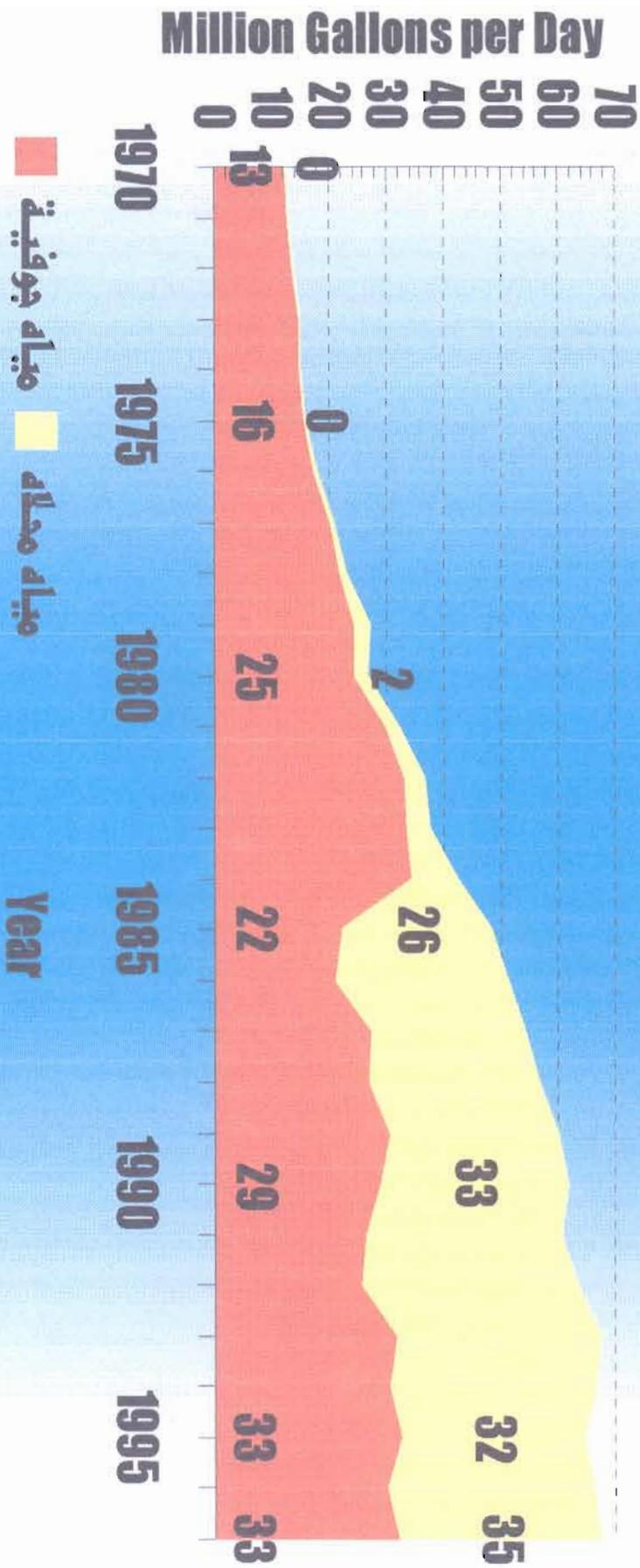
يجب أن نعترف بأن ضمن المعادلة المائية الحالية فإن القطاع الزراعي يمثل عبأ كبيراً على الموارد المائية فهو يستنزف حالياً حوالي 178 مليون متر مكعب سنوياً بنسبه 71 % من مجمل استخراج المياه الجوفية ومع ذلك فإن مساهمته في الاقتصاد الوطني متدنية جداً إذ بلغت حوالي 13.2 دينار بحريني فقط في عام 1995 بنسبة 0.7% من الناتج المحلي أي بإنتاجية تبلغ 74 فلس للمتر المكعب، كما يلاحظ إن نمو استهلاك المياه لهذا القطاع خلال السنوات الماضية قابله تدني في المساهمة في الناتج المحلي الإجمالي. هذا الوضع ينم عن إشكالية كبيرة في توظيف هذا المصدر كما ينم عن ارتباك في سلم أولويات الاستخدام وتركيبه المحصول فضلاً عن تدني في كفاءة الاستخدام. والقناعة بدأت تترسخ بضرورة البدء في تصحيح هذا الخلل، وفي هذا الاتجاه جاء صدور المرسوم الأميري رقم 12 لسنة 1997 ليؤكد ما ورد في المرسوم الأميري السابق رقم 12 لسنة 1980 بشأن تنظيم استخدامات المياه الجوفية والتوقف عن حفر الآبار إلا لاستخدامات المصلحة العامة وفي نفس الاتجاه تم الشروع في عدة برامج لرفع كفاءة الاستخدام يأتي في مقدمتها التالي:

- مشروع تركيب عدادات الآبار واحتساب تعرفه للمياه الجوفية.
- الشروع في برنامج التحول عن زراعة البرسيم وهو المستهلك الكبير للمياه و استبداله بأعلاف أخرى أقل استهلاكاً.
- البدء في برامج رفع كفاءة أنظمة الري.

ستؤدي هذه الإجراءات حسب تقديرات المختصين في وزارة الأشغال والزراعة بحلول عام 2002 إلى خفض في استهلاك المياه الجوفية لأغراض الزراعة بحوالي 50 مليون متر مكعب في العام (النموذج رقم 17).

# متوسط انتاج المياه للأغراض الشبكية

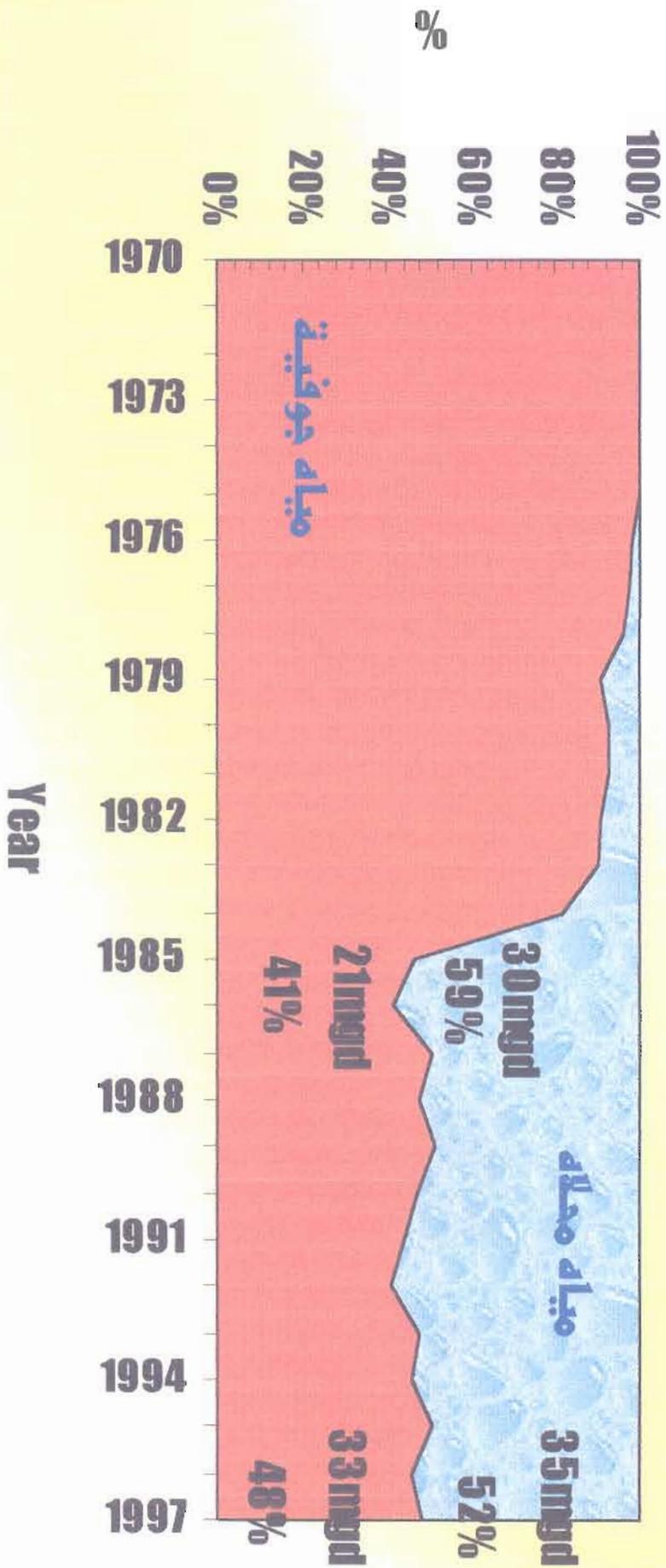
## Average Daily Water Production Volume



النموذج رقم 11

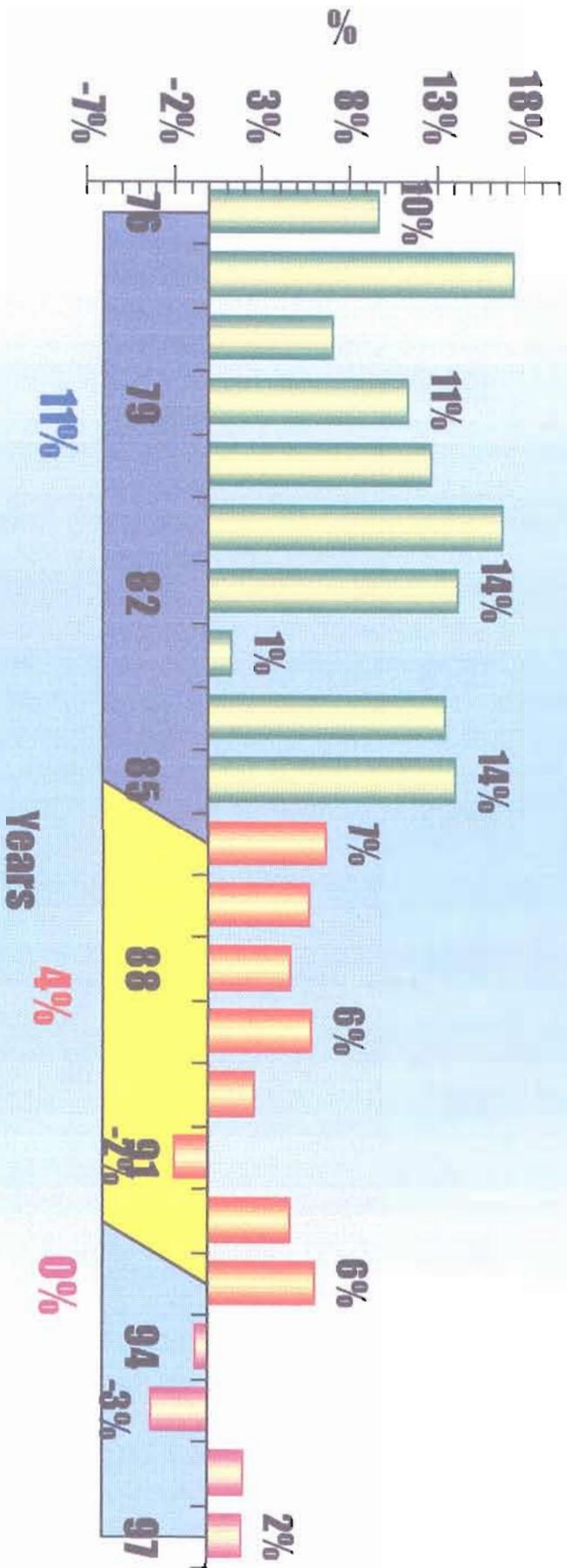
# نسب التزويد بالمياه المختلفة لأغراض الشبكة

Reliance on Ground Water - Percentage



النموذج رقم 12

## الزيادة السنوية لهتوسط الاستهلاك اليومي لأغراض الشبكة 1976 - 1997 Percentage Increase in Annual Average Daily Consumption (1976 - 1997)



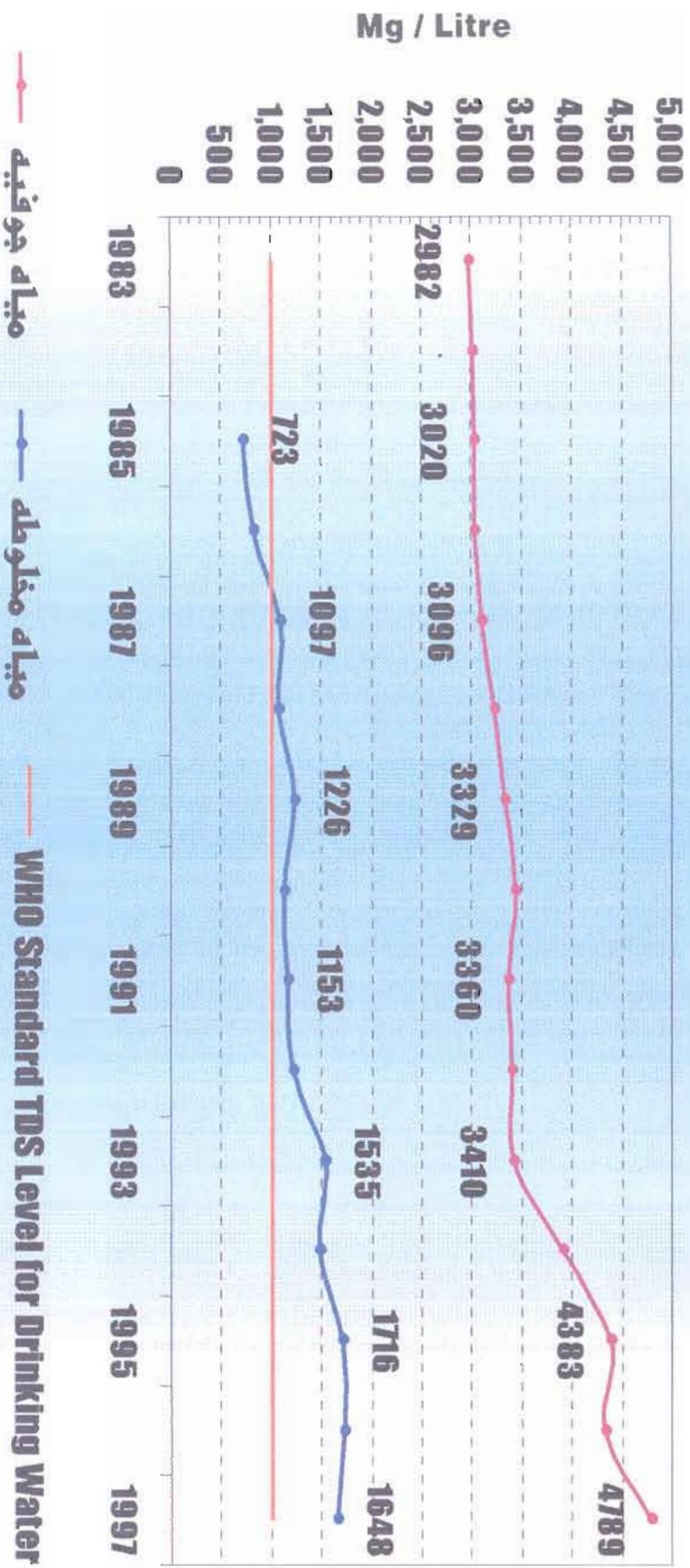
قبل 1985 : تعرفه ثابتة + نمو كبير في الاستهلاك + هدر في الشبكة  
 1986 - 1993 : تطبيق التعرفة التصاعدية + الأجرأاءات الترشيدية  
 1994 - حتى الآن : اعتماد سقف للتزويد بمستوى 70 مليون جالون في اليوم

الرموز رقم 13

تطور متوسط ملوحة المياه الجوفية للآبار المستخدمة لأغراض الشبكة

و التغيير في ملوحة المياه الموزعة

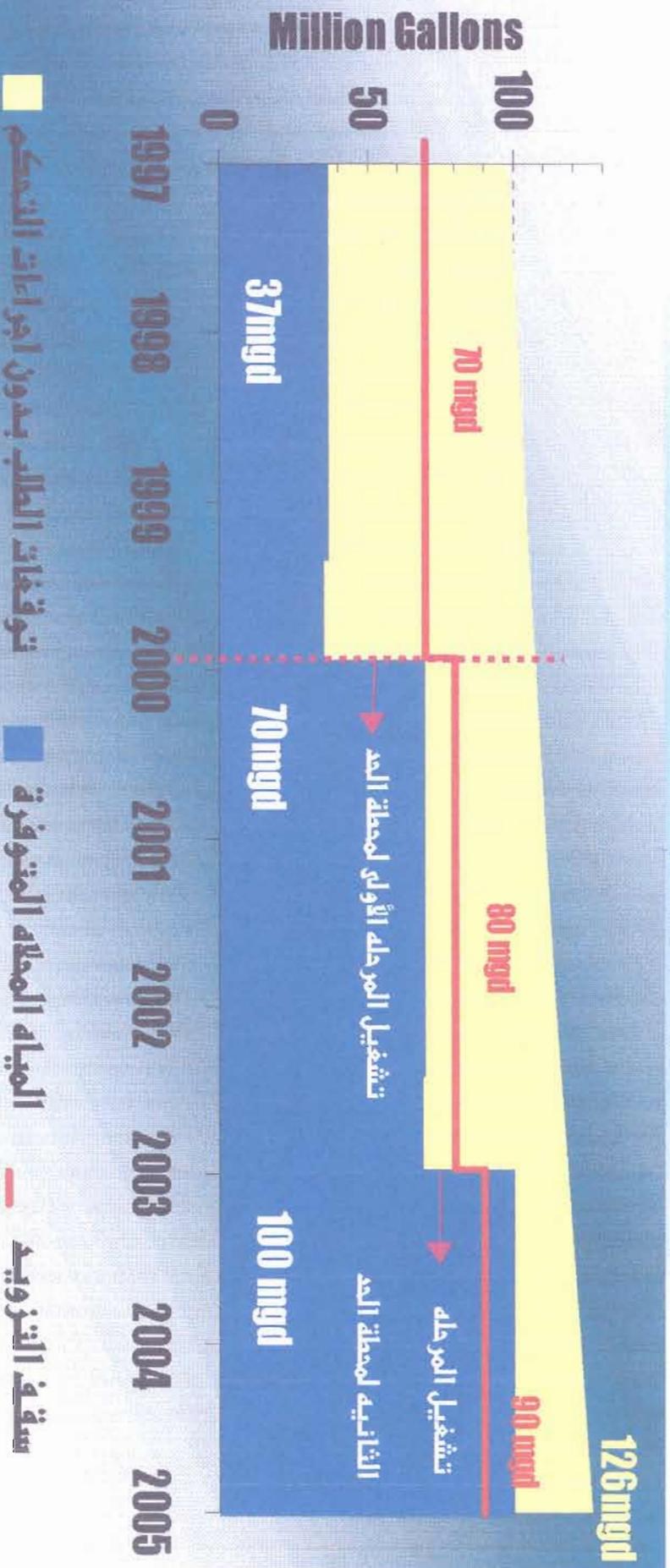
## Effect on Ground Water Salinity Due to Abstraction



النموذج رقم 14

# توقعات الطلب مقارنة بالمياه المتاحة المتوفرة

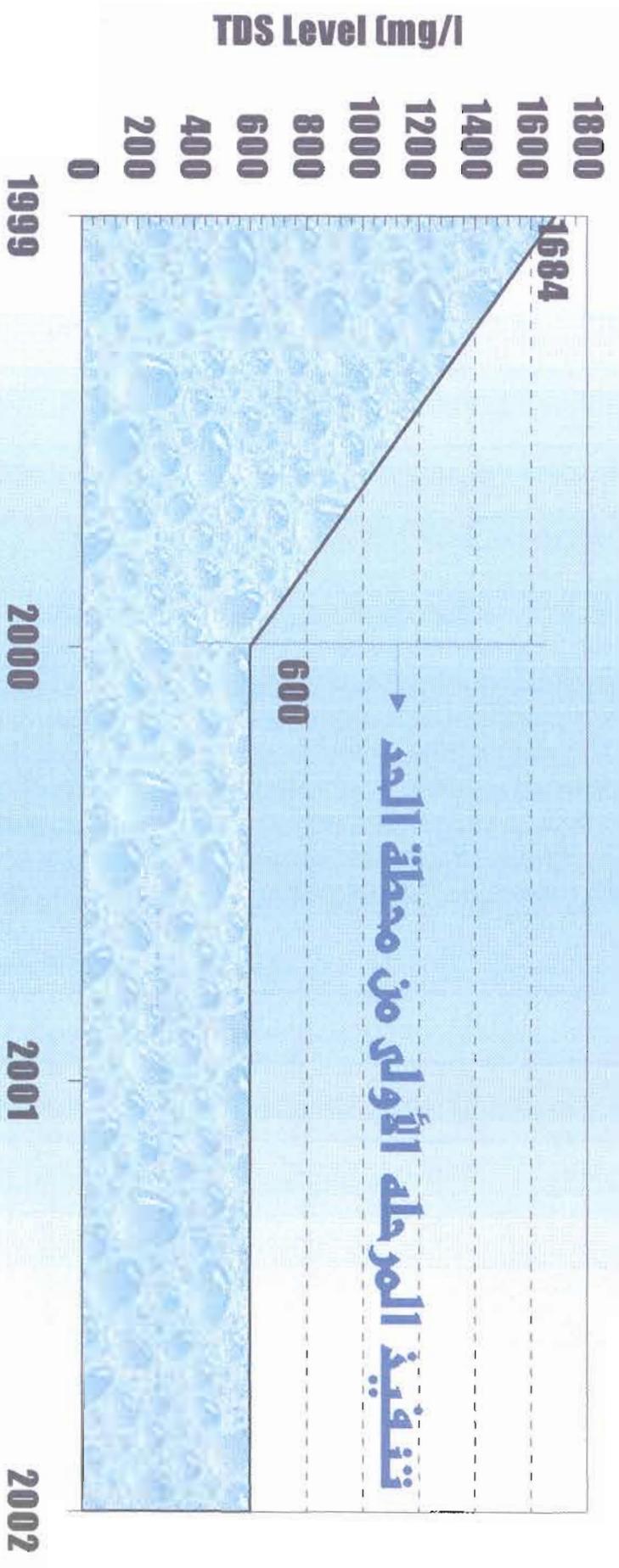
## Projection of Water Demand & Availability



النموذج رقم 15

# التحسين في نوعية المياه المخلوطة الموزعة مع تشغيل محطة البحر

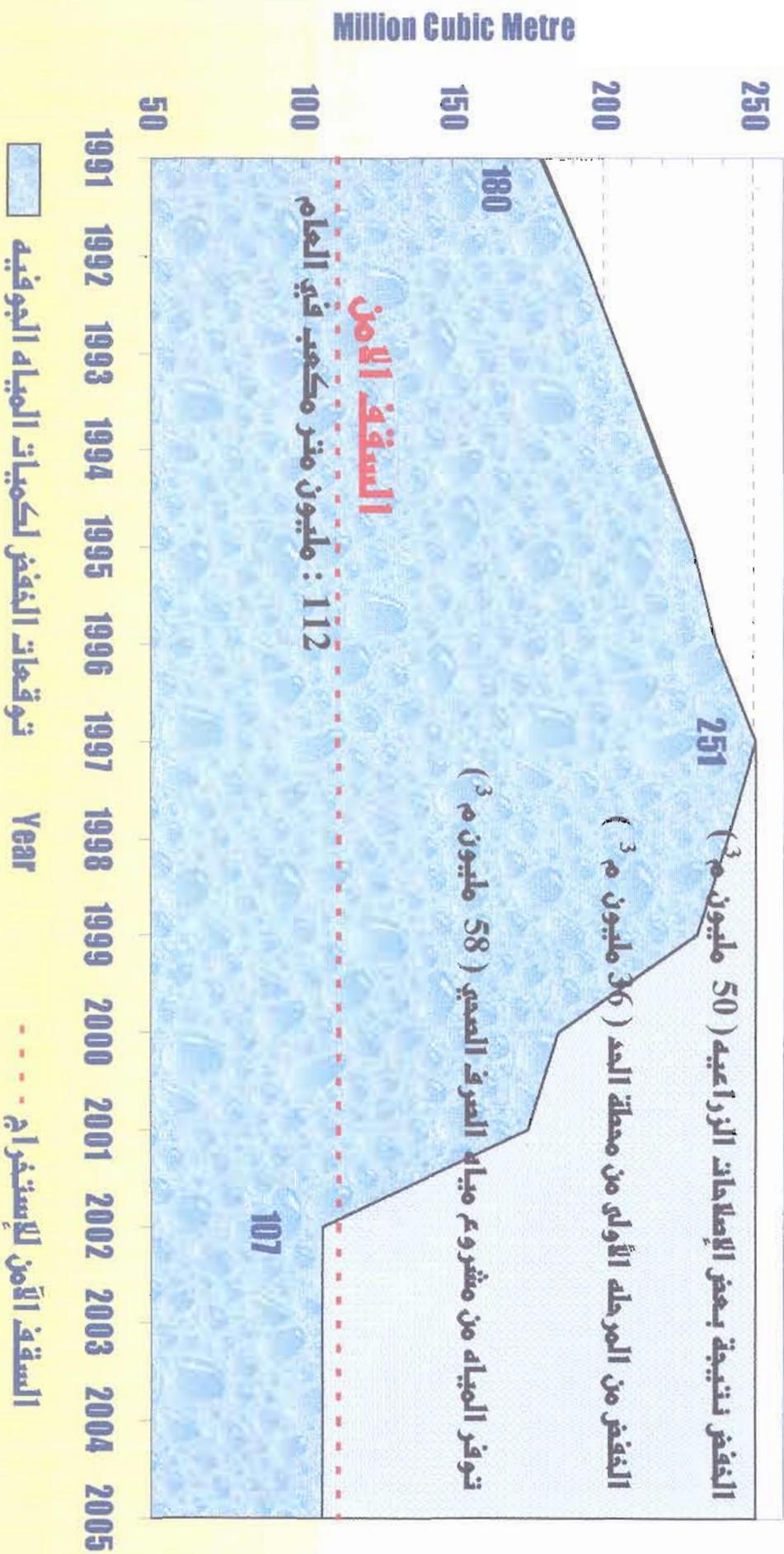
Projected improvement in TDS level due to extra desalination capacity



النموذج رقم 16

# توقعات النخف في الاستهلاك العام للمياه الجوفية

## Expected reduction in Ground Water Abstraction



الرموز رقم 17

### 3) المرحلة الثانية لمياه الصرف الصحي المعالجة

الخفض في المياه الجوفية نتيجة الإصلاحات في القطاع الزراعي سيكون إيجابياً إلا إن تأثيره على المستوى العام للاستهلاك يبقى محدوداً، لذا تأتي مياه الصرف الصحي المعالجة لتلعب دوراً رئيسياً في معالجة الوضع المائي حيث ستوفر المرحلة الثانية من المشروع حوالي 60 مليون متر مكعب في العام إضافية بحلول عام 2002 وهو ما يساوي 33% من الاستهلاك الزراعي من المياه الجوفية في عام 1997.

المحصلة الكلية لهذه التطورات سواء في القطاع الزراعي أو قطاع المنزلي ستؤدي إلى خفض في استخراج المياه الجوفية يساوي 144 مليون متر مكعب في العام ليصل مجمل استخراج المياه الجوفية بحلول عام 2002 إلى 108 مليون متر مكعب سنوياً شريطة أن يتم إغلاق جميع الآبار المستخدمة الآن التي ستصلها المياه المعالجة (النموذج رقم 18) .

السؤال هل هذا يكفي؟ .. الجواب بالطبع لا وبالتالي تبقى هناك حاجة لجهد إضافي لتحقيق كفاءة أعلى في الاستخدام على أن يقترن ذلك الجهد بسياسة مائية واضحة للتعامل مع القطاع الزراعي بحيث يكون أحد عناصرها الرئيسية حصر احتياجات هذا القطاع على المياه المعالجة و أن يكون هذا المصدر هو محور أي تنمية زراعية مستقبلية وبحيث يتم تقليص الاعتماد على المياه الجوفية بشكل كلي إلا في أضيق الحدود ليبقى هذا المصدر الطبيعي الغالي جداً للاستفادة منه لاحتياجات الشبكة لأغراض الشرب والتي ستزداد في المستقبل بفعل الزيادة السكانية والتنمية الاقتصادية و يجب أن نفهم إن خسران أي متر مكعب من هذه المياه ستعني في المحصلة النهائية توفير مياه للشرب عن طريق التحلية بأسعار كبيرة كما أوضحنا سابقاً.

### رابعاً التحديات المستقبلية

التطورات الإيجابية التي ستبرز خلال الأعوام القادمة نتيجة للبرامج الكبيرة والطموحة التي اعتمدها الدولة وتم الإشارة إليها يجب أن لا تنسينا بأننا أمام تحديات كبيرة تتمثل في إمكانية و قدرة المؤسسات العاملة في قطاع المياه على المحافظة على هذه المكاسب وتعزيزها وكذلك توفر القدرات المادية لدى هذه المؤسسات لتنمية المصادر البديلة لتواكب المتطلبات المتزايدة بسبب النمو السكاني والتنمية الاقتصادية. وفي هذا الصدد فإننا في الواقع أمام التحديات الكبيرة التالية :

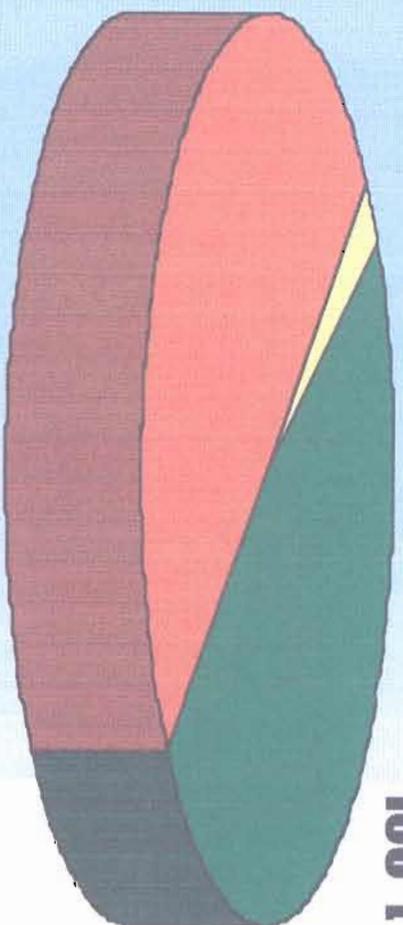
# الاستثماريات

## السنة 2002

144 | 49% |

8 | 3% |

138 | 48% |



■ زراعي

■ مزرعي

■ مضاهي

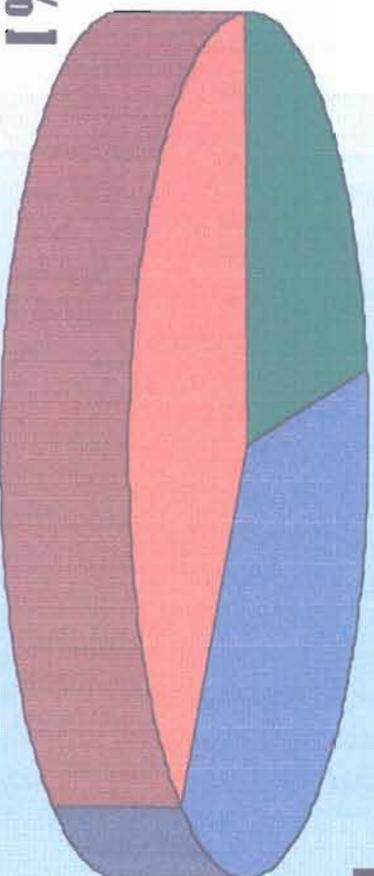
مليون متر مكعب في العام

70 | 24% |

108 | 37% |

## المصادر

116 | 39% |



■ مياه جوفية

■ مياه معالجة

■ مياه صرف صحي معالجة

التمويل رقم 18

## (1) الإدارة المستدامة لمصادر المياه الطبيعية

هناك حاجة لتحقيق ما يعرف بالإدارة المستدامة للمياه والتي تستوجب أن تظل استخدامات المياه ضمن المعادلة التي تُبقى نسبة كمية الاستخدام إلى كمية المياه المتجددة أقل من 100% ، وذلك بأن تُلبى بعض المتطلبات الحالية ضمن أولويات اجتماعية و اقتصادية إلا إنها تحافظ على المصدر للأجيال القادمة. وفي هذا الصدد فإن الإجراءات المتبعة في إدارة المصادر المائية و خاصة في القطاع الزراعي في تقديري يجب أن تُعزز للتأكد التام من التالي:

**أولاً:** من الالتزام بشكل جاد بما صدر من تشريعات وخاصة ما ورد في المرسوم الأميري رقم 12 لعام 1997 بضرورة عدم حفر آبار جديدة إلا لاستخدامات المصلحة العامة.

**ثانياً:** إجراء مراجعة جادة لاستخدامات المياه في القطاع الزراعي على أن تكون ضمن هذه المراجعة تقييم الدور الاقتصادي الذي يؤديه هذا القطاع والتكلفة الباهظة التي تتحملها الدولة من خلال الاستهلاك الكبير لهذا القطاع من المياه الجوفية على أن يقترن ذلك مع تسريع وتطوير للإصلاحات التي بدأ العمل بها مثل تغيير المحصول الزراعي حيث يأتي في مقدمتها التوقف عن زراعة البرسيم والتوسع بإدخال أنظمة الري الحديثة الأكثر كفاءة، على أن تكون هذه مقدمة لإجراءات تتخذ في المستقبل وحال الانتهاء من المرحلة الثانية من مشروع المياه المعالجة لخصر استخدامات القطاع الزراعي على هذا المصدر.

**ثالثاً:** إقرار مبدأ تطبيق تعرفه على الاستخدامات الزراعية تطور إيجابي إلا إنه نظراً لتدني هذه التعرفة (3 فلس للمتر المكعب) فإن مجال دورها في خلق حوافز قويه لكبح جماح الاستهلاك سيكون في تقديري محدود وحتى يعاد النظر في ذلك مستقبلاً فإن اعتبار مبدأ تخصيص حصص مياه للمستخدمين الزراعيين اعتماداً على المساحة المروية قد تكون أحد الخيارات الضرورية والأدوات اللازمة المكتملة لخلق الكفاءة في الاستخدام.

**رابعاً:** ستساهم المياه المعالجة بنسبه كبيره في الميزان المائي للدولة بحلول عام 2002 قد تصل إلى حوالي 24% ومن أجل أن لا يساء استخدام هذا المصدر الهام وتعظيم مردوده وكفاءة استخدامه فإن هناك حاجه إلى سرعة البت في وضع تعرفه مناسبة تحقق هذا الهدف حيث إن المرسوم الأميري رقم 12 لعام 1997 يسمح باتخاذ ذلك، وكذلك التأكيد من أن تذهب هذه المياه لتحل محل مياه جوفيه سيتم توفيرها وليس للتوسع الزراعي.

**خامساً:** نظراً لكون مصدر المياه الطبيعي هو مصدر مشترك بين دول المنطقة فإن الاستغلال الأمثل لهذا المصدر يحتم زيادة التنسيق والتعاون لإدارة هذا المصدر على المستوى الإقليمي مع دول المنطقة، فوضع منهجيه موحدة على المستوى المحلي للاستفادة من المصدر لا يُغنى عن تعاون إقليمي.

## (2) تكلفة تطوير مرافق المياه

تمثل التكلفة المرتفعة لتطوير مرافق المياه بما فيها تنمية مصادر بديله وخاصة المياه المحلاة أحد أكبر التحديات التي تواجهنا خاصة في ظل النمو المتواصل في الطلب. هذا الوضع يحتم علينا مراجعه جادة لكيفية تغطية هذه التكاليف الكبيرة لضمان استمرارية تزويد المياه بالكمية والنوعية المقبولة فالفارق بين تكلفة تزويد المياه و متوسط التعرفة الحالية (52 فلس للمتر مكعب) حالياً كبير ويتوقع أن تنمو هذه الفجوة بشكل كبير مع الانتهاء من تنفيذ البرامج المعتمدة بحلول عام 2006. المراجعة للتعرفة خاصة لشرائح الاستهلاك المرتفعة قد تكون ضرورية ليس لتحسين الإيرادات فقط وإنما كذلك لتكون أداة فاعله في التأثير على استهلاكات هذه الشرائح و التي تتسبب بشكل رئيسي في الحاجة إلى زيادة القدرات الإنتاجية.

## (3) تحسين كفاءة شبكة توزيع المياه

هناك تحسن كبير في أداء الشبكة تم خلال العشر سنوات الماضية حيث نقدر أن تكون نسبة التسربات قد وصلت الآن إلى أقل من 12% وإن كانت هذه النسبة جيدة إذا أخذنا في الاعتبار أداء شبكات المياه في الدول الأخرى حيث تصل نسبة التسربات في

بعضها إلى حوالي 50 أو 60% من المياه الموزعة إلا أننا نرى من الضرورة العمل على خفض هذه النسبة نظراً لارتفاع تكلفة المياه. تقديراً أن نصل بهذه النسبة إلى أقل من 10% بحلول عام 2000.

#### (4) رفع كفاءة الاستخدامات المنزلية

هناك حاجة لرفع كفاءة الاستخدام داخل المنازل حيث إن المتوسط العام للاستهلاك اليومي للفرد مازال مرتفعاً. هذا وإن كان دور التعرف رئيسياً في تحقيق ذلك إلا إنه يجب أن يُدعم ببرامج فنية وتشريعات تساعد على تحقيق ذلك. فالوصول بالمتوسط العام لاستهلاك الفرد إلى حوالي 60 جالون في اليوم قد يكون هدفاً يصعب تحقيقه فوراً إلا أننا يجب أن نعمل للوصول إليه قبل انتهاء العقد الأول من القرن الحادي والعشرون.

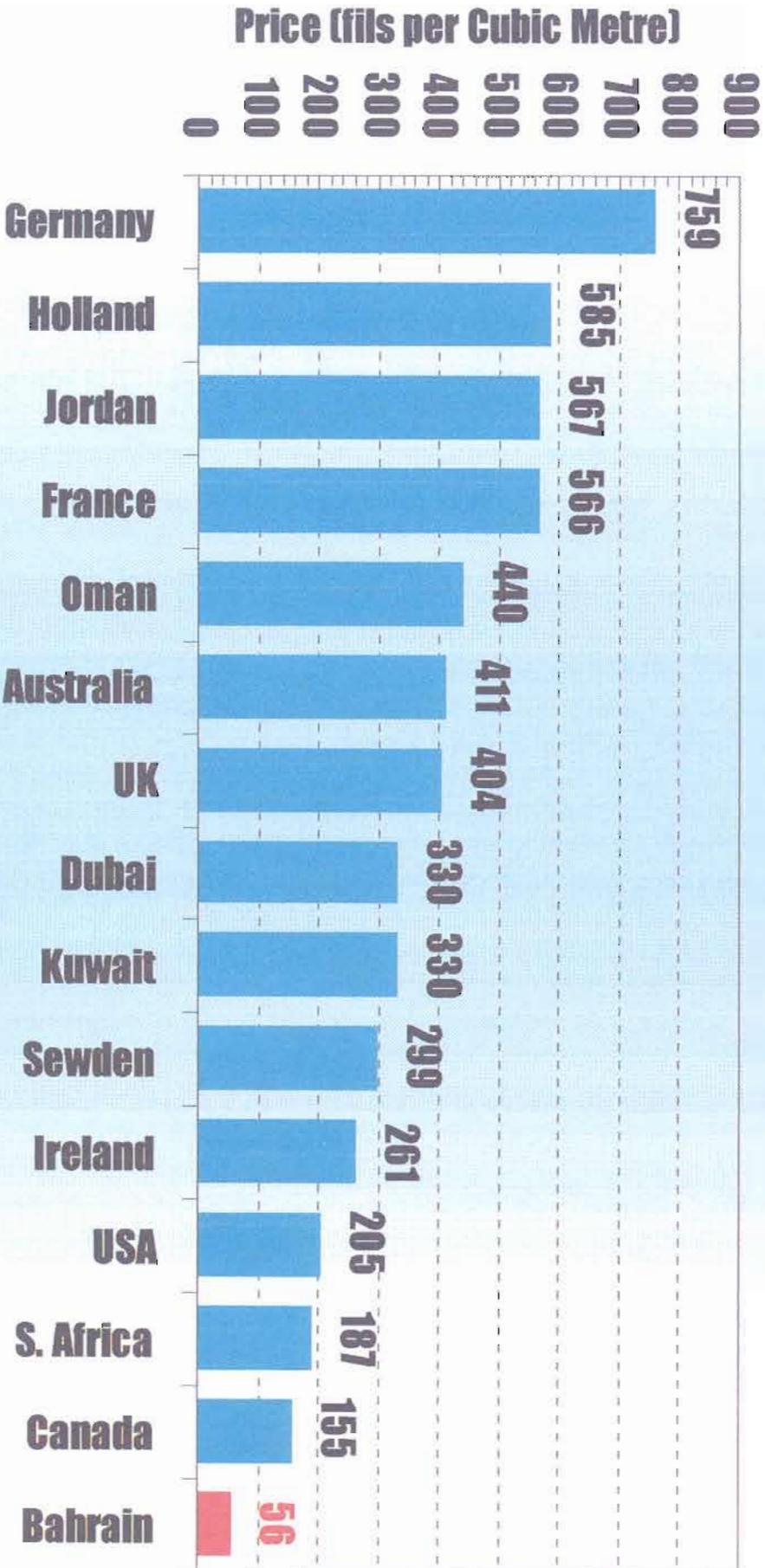
نحن في البحرين يحتم علينا الوضع المائي اتخاذ إجراءات تصحيحية صعبه قد تكون غير ضرورية في مناطق أخرى من العالم، وفي كثير من الحالات فإن هذه الإجراءات لترشيد الاستهلاك واستخدام المياه بكفاءة تصبح أكثر جدوى وأقل تكلفة من تنمية مصادر مياه بديله كما أثبتت التجربة محلياً وعالمياً. مما لا شك فيه إن المياه مصدر نادر إلا أن الوقت يبقى أندر الموارد في تصدينا للمشكلة .

#### المراجع

1. إحصاءات وزارة الكهرباء والماء ، دولة البحرين (1985 – 1998).
2. تقييم الموارد المائية المتاحة وأوجه الاستخدامات – مبارك أمان النعيمي – وزارة الكهرباء و الماء – 1993.
3. إحصاءات وزارة الأشغال والزراعة ، دولة البحرين (1985 – 1998).
4. Population Action International – “Sustaining Water: Easing Scarcity” 1997.

# متوسط سعر المتر المكعب للمياه الجوفية حول العالم

Comparison of Average Sale Price (per Cubic Metre)



# الخصائص البيولوجية لمياه الشرب في البحرين

زكريا خنجي

قسم صحة الأغذية والمياه  
وزارة الصحة - دولة البحرين

## المقدمة

تعد مشكلة المياه وتلوث المياه في بقاع الأرض من أخطر القضايا البيئية المطروحة في المؤتمرات والندوات العلمية للمناقشة ، ولعل من أوائل هذه المؤتمرات ما عقده الأمم المتحدة في الأرجنتين عام 1977 لهدف وضع الدراسات واتخاذ التوصيات والخطوات اللازمة من أجل تأمين الماء الصالح للجميع وكذلك للاستعمال المنزلي والزراعي والصناعي في حدود عام 1990 ، ولقد أوضحت هذه المؤتمرات إن 1 % فقط من المياه الموجودة على سطح الأرض صالحة للاستخدام البشري وحتى هذه النسبة فإنها معرضة للتلوث بشتى صور (1) .

لذلك أخذت الدول على عاتقها ضبط جودة مياه الشرب حتى تصل للمستهلك وهي في صورة لا تكون مصدراً للمشاكل الصحية التي قد تنجم عن تلوث هذه النوعية من المياه ببعض الملوثات وخاصة الملوثات الحيوية التي تسبب الكثير من الأمراض والأوبئة التي تنتشر وتصيب مئات الأشخاص إذا انتقلت إلى معدة الإنسان عبر تناوله لجرعة ماء كان يعتقد إنه نظيف وخال من الشوائب .

والبحرين من هذه الدول التي وضعت إستراتيجية واضحة لتوفير الماء النقي الخالي من الملوثات الحيوية فقامت بالكثير من الإجراءات لضمان جودة مياه الشرب ، وربما من أهم هذه الإجراءات إضافة نسب معينة من مادة الكلورين إلى الماء ، غسل شبكة توزيع الماء في حالة حدوث أي نوع من التلوث البيولوجي ، متابعة وأخذ عينات بصورة دورية من نقاط معينة ومن مواقع قريبة من المستهلك وما شابه ذلك . ليس ذلك فحسب وإنما كان من أحد أهداف وزارة الصحة - الوزارة المكلفة بتقدير جودة ماء الشرب في البحرين - أن يكون الماء المتاح للمستهلكين صالحاً للاستخدام الآدمي ، بالإضافة إلى حماية مصادر المياه في البحرين من التلوث بشتى صورة .

وعلى ذلك قامت وزارة الصحة بدولة البحرين بإنشاء مجموعة من الأقسام لمتابعة جودة مياه الشرب وذلك من خلال أخذ عينات دورية ومن نقاط محددة ومتنوعة تختلف حسب التوسع السكاني في البلاد ، وتشير النتائج إلى أن مياه الشرب في

البحرين ذات جودة عالية من الناحية الحيوية حيث وجد أنها خالية بنسب تزيد على 90% من الميكروبات المشعرة Indicators Organism التي يدل وجودها على تلوث المياه بالبراز الأدمي أو الحيواني أو ما شابه ذلك .

## أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى عدة أمور ، منها :

- 1- التعرف على نوعية الكائنات الدقيقة والحية التي يمكن ان تتواجد في مياه الشرب بصورة عامة ، ومعرفة أضرارها الصحية .
- 2- التعرف على الإجراءات التي تتبعها وزارة الصحة بدولة البحرين من ضبط جودة مياه الشرب ، ضبط مصادر المياه بشتى صورها وأنواعها ، إصدار التشريعات المناسبة التي من خلالها يمكن ضبط نوعية المياه التي تباع إلى المستهلك ، وكذلك التعرف على الخلل في هذه الأنظمة وكيفية تحديثها باستمرار .
- 3- التعرف على نوعية المياه المعبأة التي تتواجد في أسواق البحرين ، والنواقص التي يمكن أن تتواجد على بطاقتها الإعلامية والكيفية التي يمكن أن يتم ضبط وتعديل هذه البطاقة.
- 4- إصدار التوصيات المناسبة لتطوير العمل في شتى المجالات المتعلقة بجودة مياه الشرب حتى يتم تلافي الكثير من الأخطاء إن وجدت .

## مصادر المياه في البحرين

تعتمد البحرين على مصدرين رئيسيين للمياه وهما مصادر المياه التقليدية ومصادر مياه حديثة.

### مصادر المياه التقليدية

- 1- المياه الجوفية ( 2 ) : تعتمد البحرين في استخراج مياهها الجوفية على ثلاثة خزانات رئيسية حاملة للماء عرفت بالنطاقات ( أ ، ب ، ج ) .  
أ- الطبقة المائية ( أ ) تعتمد بعض الآبار الضحلة في الأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية من البلاد على مياه هذه الطبقة ، وهي ذات نوعية جيدة نسبيا حيث تتراوح ملوحتها ما بين 2ر5 - 45 جراما في اللتر ، إلا ان ملوحتها غالبا ما تتأثر نتيجة لتلوثها بمياه الري السطحية.
- ب- الطبقة المائية ( ب ) تعتبر هذه الطبقة الخزان الرئيسي للمياه الجوفية في البحرين ، حيث تستخرج منها حوالي 85 % من

الاحتياجات المائية . ولقد أوضحت بعض الدراسات إن ملوحة هذه الطبقة تتأثر بظاهرتي طغيان مياه البحر والتسرب العلوي من المياه المالحة .

ج- شكلت النسبة العالية لملوحة مياه هذه الطبقة وكذلك لاحتوائها على غاز كبريتيد الهيدروجين عائقا أمام إمكانيات استثمارها لأغراض الشرب والزراعة على الرغم من احتواء هذا الخزان على كميات كبيرة من المياه . ولكن ونتيجة للطلب المتزايد للمياه العذبة في البحرين تم استخدام مياه هذه الطبقة كمياه خام لإمداد إحدى محطات تحلية المياه ( محطة رأس أبو جر جور ) والتي تعمل بطاقة إنتاجية قدرها 10 ملايين جالون في اليوم .

2- الأمطار : تقع البحرين - كما هو معلوم - في الشريط الصحراوي لشبه الجزيرة العربية ، وتتميز هذه المنطقة بندرة الأمطار الهائلة عليها ، فالأمطار في البحرين شحيحة جدا، إذ يبلغ معدلها السنوي ما بين 70 - 80 ملمتر . وتتركز في أشهر معينة " ديسمبر ، يناير ، فبراير ومارس " مع بعض الأمطار المتفرقة في شهري مايو ونوفمبر . ولقد أوضحت الكثير من التقارير ان معدل التبخر السنوي يبلغ أضعاف كمية الأمطار النازلة ، إذ يبلغ معدل البخر حوالي 2364 ملمترا في السنة ، وهذا يعني أننا نفقد من الماء عند البخر أضعاف ما يمكن ان نسترجعه عن طريق المطر ( 2 ) .

### مصادر المياه الحديثة أو غير التقليدية

1- المياه المقطرة : حتى عام 1975 كانت المياه الجوفية هي المصدر الرئيسي للمياه العذبة في البحرين ، ولكن ومع الزيادة السكانية وتوسع الرقعة الزراعية وإنشاء المصانع في أنحاء البلاد بالإضافة إلى الإسراف والضخ الشديد لهذه المياه المخزنة ، أصبحت المياه الجوفية غير قادرة على تلبية الاحتياجات اليومية ، لذلك اضطرت الدولة في عام 1975 لإنشاء أول محطة لتقطير ماء البحر في منطقة شمال جزيرة سترة الصناعية ، حيث وصل إنتاجها آنذاك إلى 5 ملايين جالون يوميا ، وفي سنة 1981 تم توسعة المحطة لتصبح طاقتها الإجمالية حوالي 25 مليون جالون في اليوم ( 3 ) .

وفي منتصف عام 1984 بدأ تشغيل محطة رأس أبو جرجور بطاقة إنتاجية تبلغ 10 ملايين جالون في اليوم ، ومن الجدير بالذكر إن هذه المحطة هي الوحيدة في البحرين التي تستخدم المياه الجوفية من طبقة ( ج ) كمياه خام في عملية التحلية . وبنهاية إنشاء محطة الدور والتي تقوم بتحلية مياه البحر

وبطاقة إنتاجية تصل إلى 10 ملايين جالون في اليوم فان الطاقة الإنتاجية الكلية للبحرين من المياه المحلاة وصلت إلى 45 مليون جالون في اليوم .

2- المياه المعالجة : تعرف المياه المعالجة بأنها تلك المياه الآتية من المجاري المنزلية والتي مررت بمراحل متعددة ومختلفة حتى تصبح في النهاية صالحة للاستهلاك الأدمي .

ولقد أنشئت أكبر محطة للمعالجة في البحرين عام 1983 في منطقة توبلي على ثلاثة مراحل ، فبانتهاء المرحلة الثانية في عام 1990 وصلت طاقتها الإنتاجية إلى حوالي 120 ألف متر مكعب يوميا ، إلا أنها لا تنتج إلا حوالي 115 ألف متر مكعب في اليوم . ومن الجدير بالذكر ان 20 % من هذا الناتج يستخدم فقط ، واستخدامه مقصور على الزراعة ومحصور في المزارع التجريبية فقط ، أما الباقي والذي يشكل حوالي 80 % فإنه يرمى في البحر . وبالإضافة إلى هذه المحطة فهناك حوالي 12 محطة صغيرة أخرى منتشرة في مناطق البحرين المختلفة ، حيث تبلغ الطاقة الإنتاجية الإجمالية لهذه المحطات حوالي 5000 - 6000 متر مكعب في اليوم . ولكن لا يتم الاستفادة من هذا الناتج حيث يرمى برمته في البحر .

إلا أن لمياه هذه المحطة خطة مستقبلية تتطلع لتوصيل هذه النوعية من المياه لمعظم المزارع لاستخدامها في ري المزروعات ، مع الأخذ بعين الاعتبار التحفظات التي من المفروض ان تتخذ عند ري بعض الخضراوات وخاصة تلك التي تتب وتزدهر قريبة من سطح الأرض مثل الخس والخيار والطماطم والجزر وما شابه ذلك ، بالإضافة إلى انه من المفروض توعية المزارعين باستخدام القفازات والأحذية الواقية عند استخدام مثل هذه المياه خوفاً من ان يكون المزارع مصابا بجروح بسيطة في جلده يمكن ان تتأثر ببعض أنواع من البكتيريا أو الطفيليات التي قد تكون موجودة على الرغم من التعقيم الذي يستخدم . ومن الجدير بالذكر ان المحطة المركزية لمعالجة المياه الموجودة بالبحرين تستخدم طريقتين من طرق التعقيم وهما التعقيم بالكلور والتعقيم بالأوزون ، فالكلور يستخدم لتعقيم المياه والقضاء على الأنواع المختلفة من البكتيريا الممرضة والكثير من الطفيليات الموجودة في مياه المجاري ، وأما الأوزون فبالإضافة إلى انه ذو تأثير اشد وأقوى من الكلور للتعقيم ، إلا انه يستخدم أيضا في القضاء النهائي على لون المياه الداكنة ورائحتها الأسنة (4) .

وعلى الرغم من بعض المخاطر الناتجة من استخدام مثل هذه النوعية من المياه لري المزروعات، إلا انه حال استخدامها فإنها ستوفر جزء كبير من المياه الصالحة للاستهلاك الأدمي التي تصرف لذلك وخاصة إذا علمنا ان الزراعة في البحرين تستهلك الجزء الأكبر من المياه الجوفية، حيث بلغت نسبة الاستهلاك سنة

1989 حوالي 63.3 % بالمقارن مع الاستهلاك البلدي والصناعي (6.33 % و 3.2 % على التوالي ) ، على الرغم من ان الزراعة لم توفر حتى الآن الأمن الغذائي للبحرين التي مازالت تستورد الكثير من الفواكه والخضراوات والحبوب وبقية المنتجات الزراعية الأخرى ( 4 ) .

## تقيم مياه الشرب

من السهولة بمكان الكشف عن البكتيريا الممرضة في المياه الملوثة وخاصة إذا كان عدد البكتيريا عالياً ، فالدراسات الماضية أشارت إلى أنه تم عزل البكتيريا الممرضة من أماكن كثيرة مثل الصحاريح النظيفة ، الأنهار ، الجداول ، والمياه الجوفية ، فلم يعد عزل هذه الكائنات الحية يحتاج إلى تقنيات متطورة ومختبرات عالية الجودة وإنما تبين أنه لعزل البكتيريا الممرضة كل على حدة فإننا نحتاج إلى كميات كبيرة من الأوساط الغذائية الاعتيادية وكذلك الأوساط الغذائية المثريية والمثبطة الاختيارية وعدد كبير من الموظفين المؤهلين وأدوات ومواد أساسية كثيرة بالإضافة إلى العديد من العينات التي يجب أن تؤخذ حتى يتم دراسة كل بكتيريا أو طفيل على حدة . ليس ذلك فحسب وإنما من المعلوم أن كل بكتيريا تحتاج إلى درجات حرارة مثلى حتى تنمو وزمن معين للتحضين وبعض من تلك البكتيريا أو الطفيليات تحتاج إلى إجراءات خاصة للعزل والتحضين والنمو .

لذلك يصبح من الصعب بل من المستحيل في الكثير من الأحيان على الكثير من المختبرات التي تقوم بالفحص الروتيني ان تقيم جودة المياه بعزل معظم هذه الكائنات الحية إن لم نقل كلها فاتجهت الأنظار إلى فكرة ما عرف سابقاً باسم الميكروبات المُشعرة Indicators Organism .

## الميكروبات المُشعرة Indicators Organism

إن مصطلح الميكروبات المُشعرة Indicators Organism مصطلح يستخدم في ميكروبيولوجي الماء وتعني الميكروبات التي يدل وجودها على تلوث الماء وهي ترافق عادة التلوث ببراز الإنسان أو الحيوانات ذوات الدم الحار ، وهي تتميز ببعض الصفات التي تؤهلها ليصبح وجودها مؤشراً على وجود تلوث ما في الماء الذي يتم فحصه ، ومن أهم هذه الصفات :

- ملاءمتها لجميع أنواع المياه .
- يمكن أن تتواجد في المجاري والمياه الملوثة عندما تتواجد الممرضات .

- عددها يوازي حجم التلوث .
- وجودها يكون أكثر من وجود الممرضات .
- تعيش فترة أطول بالمقارنة مع الممرضات .
- لا توجد في المياه غير الملوثة .
- سهل الكشف عنها بأقل الطرق والوسائل المختبرية وفي زمن قليل وتعطي نتائج موثوق فيها .
- ذات مميزات وخواص بيولوجية مستقرة .
- قليلة الأضرار بالنسبة للإنسان والحيوان .

وغني عن الذكر أنه لا توجد بكتيريا أو مجموعة من البكتيريا يمكن إن تحوي كل هذه الصفات إلا أن البكتيريا المعروفة بمجموعة الكوليفورم Coliform تحوي أكثر هذه الصفات والخصائص لذلك تم اتخاذها كبكتيريا مُشعرة (5) .

### دور وزارة الصحة في ضبط جودة مياه الشرب

وضعت وزارة الصحة نصب أعينها أولويتين بشأن جودة مياه الشرب ، **الأولى** : أن يكون الماء المتاح للمستهلكين صالحاً للاستخدام الآدمي . **الثانية** : حماية مصادر المياه في البحرين من التلوث بشتى صورة . ولانسيابية العمل لتحقيق هذه الأهداف ارتأت الوزارة أن تقسم العمل في هذا القطاع على ثلاثة أقسام وهي : قسم صحة البيئة ، قسم مراقبة الأغذية والمياه وقسم المختبر .

### قسم صحة البيئة Environmental Health Section

يقوم مفتشو هذا القسم بأخذ عينات دورية - مرة كل شهر ربما يزيد أو يقل إلا إذا استدعى الأمر غير ذلك - من خمسة مصادر رئيسية وهي كالتالي :

- 1- مصادر المياه الرئيسية مثل الآبار الارتوازية العامة والخاصة وما شابه ذلك .
- 2- محطات التحلية الرئيسية مثل محطة الدور ومحطة رأس أبو جرجور ومحطة سترة .
- 3- محطات الخلط التي تقوم بخلط المياه المقطرة بالمياه الجوفية .
- 4- المستهلك حيث تأخذ العينات من نقاط اعتيادية معينة - من المدن و القرى - وهذه النقاط يقوم المفتش بتحديد شريطة أن تمثل المنطقة كلها وأن تكون موصلة بطريقة مباشرة مع الشبكة أو محطات التوزيع .
- 5- الأماكن العامة مثل المدارس والفنادق والمستشفيات وما شابه ذلك .
- 6- المنازل والأماكن الخاصة وهذه لا تتم إلا في حالات الأوبئة أو ورود شكاوى معينة ذات علاقة بنوعية المياه .

## قسم مراقبة الأغذية والمياه Food and Water Hygiene Section

يقتصر مهمة هذا القسم على مراقبة ثلاثة مصادر رئيسية وأخذ عينات منها وهي كالتالي :

أولاً : مراقبة السيارات التي تبيع المياه في المدن والقرى والطرق : حيث تم الاتفاق سنة 1995 بين قسم مراقبة الأغذية وإدارة المرور والترخيص بعدم تسجيل وتجديد لأي مركبة لها علاقة بنقل المياه المخصصة للشرب دون إبراز شهادة عدم ممانعة من قسم مراقبة الأغذية بإدارة الصحة العامة . وعلى ذلك صدرت بعض الاشتراطات الصحية المشتركة بين الإدارتين الخاصة بمركبات نقل المياه وهي كالتالي :

- 1- يجب أن تكون شاحنة ذات ست عجلات فما فوق .
- 2- يجب أن يكون شكل صهريج بيضاوي أو دائري وذلك تنفيذاً للمادة 70 من اللائحة التنفيذية لقانون المرور رقم 9 .
- 3- يجب أن تكون المادة المصنوع منها الخزان مادة مقاومة للصدأ وظروف البيئة أو مطلية بالطلاء المعتمد الخاص بخزانات المياه والتي يوافق عليه قسم مراقبة الأغذية والمياه بإدارة الصحة العامة .
- 4- أن يزود الخزان بفتحات مناسبة لعملية التنظيف .
- 5- أن تكون الفتحات الخاصة بالتعبئة محكمة الغلق لمنع دخول الأتربة والأوساخ .
- 6- أن تكون التوصيلة الخارجة من الخزان في مستوى أرضية الخزان لمنع تجمع الرواسب فيه مع توصيلة بماسورة مركب عليها غطاء من البلاستيك .
- 7- ضرورة طلاء الخزان من الخارج وكتابة عبارة (مياه للشرب) على جانبيه باللغتين العربية والإنجليزية .
- 8- أن تكون أوعية التوزيع مصنوعة من مادة غير قابلة للصدأ وأن تكون محكمة الغلق ومغطاة باستمرار وأن لا تكون قد استخدمت لغرض آخر من قبل .
- 9- يجب إتباع قواعد النظافة الشخصية للعاملين .
- 10- أن يجتاز العامل الفحص الطبي ويجدد سنوياً .
- 11- أن تفحص وتسجل المركبة لدى قسم مراقبة الأغذية والمياه بإدارة الصحة العامة .
- 12- أن يلصق اسم الشركة المالكة للمركبة على أبوابها الجانبية .

- 13- فحص صهريج المركبة كل ستة أشهر بواسطة قسم مراقبة الأغذية وذلك بفحص عينة من الماء المنقول .
- 14- تحديد الأشخاص المخول لهم بالتصريح بشهادة عدم ممانعة وذلك بإرسال نسخة بإمضاءات الأشخاص المعتمدين من قبل قسم مراقبة الأغذية .

ثانياً : مراكز بيع المياه المقطر : يقوم مفتشو القسم بالترخيص لهذه الأماكن حسب اشتراطات معينة وهي كالتالي :

### المبنى

- 1- يجب أن يكون المحل مسجلاً لدى إدارة الصحة العامة - قسم مراقبة الأغذية .
- 2- يجب أن تقام المنشأة في موقع يبعد بمسافة مناسبة عن مصادر التلوث ويوافق عليه من قبل قسم مراقبة الأغذية بإدارة الصحة العامة .
- 3- أن يشيد المبنى من مادتي الطابوق والإسمنت على أن يكون بمساحة تتناسب وحجم العمل ومتطلباته .
- 4- أن يكون جدران المحل مبلط بالبلاط الأبيض بارتفاع مترين وأن يدهن الجزء الباقي منه بطلاء زيتي قابل للغسيل .
- 5- أن تغطي أرضية المحل بالبلاط المناسب ، وأن يكون بها مصارف للمياه متصلة بالمجاري العامة أو ببلاعة ومزودة بمحابس مائية ، وأن تكون مرتفعة عن مستوى الشارع العام بارتفاع مناسب .
- 6- أن لا يفتح المحل مباشرة على سكن وأن لا يكون مأوى للسكن .
- 7- إذا كان المحل متصل بصورة أو بأخرى بمحل آخر مثل محل لبيع المواد الغذائية أو ما شابه ذلك فإنه يجب أن يفصل المحلين عن بعضهما البعض بحاجز إسمنتي أو بحاجز يتم الموافقة عليه من قبل قسم مراقبة الأغذية .

### الخزانات

- 1- أن تكون خزانات المياه مصنوعة من مادة مقاومة للمؤثرات البيئية وأن تكون مطلية بمادة معتمدة توافق عليها إدارة الصحة العامة ولا تتأثر بالمطهرات المضافة .

- 2- أن ترتفع بمقدار قدم ونصف عن أرضية المحل وأن تزود بفتحات كافية لعملية التنظيف والصيانة وأن تكون محكمة الغلق .
- 3- أن تكون الخزانات موجودة في نطاق المحل ويسهل الوصول إليها عند الحاجة .
- 4- جميع التوصيلات - من وإلى - الخزان يجب أن تكون مصنوعة من مادة مقاومة للصدأ وبعيدة عن مصادر التلوث .
- 5- أن تكون التوصيلات الموصلة من الخزانات إلى حوض التعبئة مزودة بالفلترات - المرشحات - يسهل تنظيفها أو تبديلها عند الحاجة .

### المرافق العامة

- 1- تنشأ حمامات ومراحيض خارجية لاستخدام العمال على أن لا تكون مفتوحة مباشرة على مرافق العمل .

### اشتراطات عامة

- 1- يجب على العاملين الحصول على شهادات صحية صادرة من وزارة الصحة تثبت لياقتهم في هذا القطاع قبل مزاوله العمل ، كما يجب أن يخضعوا للفحص كلما استدعت الحاجة لذلك .
- 2- أن تكون الإضاءة والتهوية في المحل مناسبة .
- 3- يجب أن تتوفر ثلاجة في المحل لحفظ الثلج وتخزينه .
- 4- يجب الالتزام بالبطاقة الإعلامية في حالة تعبئة الثلج .
- 5- يجب توفير حوض للتعبئة مبلطة بالبلاط وموصلة بوسيلة صرف مناسبة .
- 6- إتباع النظافة الشخصية والمحافظة على النظافة العامة في المحل .
- 7- يجب أن لا يسمح لغير العاملين في المحل بالدخول والخروج إلى الخزانات وأماكن تعبئة الثلج .
- 8- توفير ملف خاص لحفظ الإخطارات الصحية والشهادات الخاصة بالعاملين في المحل والأوراق الصادرة من وزارة الصحة .

وبعد الانتهاء من فتح المحل يتم مراقبته بصورة دورية ويتم أخذ عينات الماء من الحنفيات التي تزود المستهلك بصورة دورية وذلك للفحص الميكروبيولوجي والكيميائي .

ثالثاً : مصانع تحلية وتعبئة المياه المقطر : في البحرين حوالي ثلاثة مصانع لتقطير وتعبئة المياه، وتقع مسئوليات فحص ومراقبة هذه المصانع والتصريح لها بالعمل على قسم مراقبة الأغذية ، حيث يقوم القسم بالترخيص لهذه النوعية من المصانع حسب الاشتراطات التالية :

- 1- يجب أن يكون المصدر المائي المعتمد سليماً وبعيداً عن أي مصدر للتلوث من شأنه تلويث المياه .
- 2- يجب أن تكون التوصيلات من المصدر المائي إلى المحطة سليمة وبعيدة عن التلوث .
- 3- أن يكون المحل مبني من الطابوق والإسمنت أو أي مواد أخرى توافق عليها إدارة الصحة العامة .
- 4- أن تكون مساحة المصنع تتناسب مع حجم العمل والإنتاج .
- 5- أن تكون أرضية المحل مرتفعة عن مستوى الشارع العام على أن تغطي بالبلاط .
- 6- أن تزود الأرضية بمجرى ( مصرف ) مائي ذو محبس ( جليتراب ) موصل بالمجاري العامة أو أي صرف صحي آخر .
- 7- أن تغطي الجدران في مكان التعبئة بالبلاط بارتفاع لا يقل عن مترين قابل للغسل وباقي الجدران بطلاء زيتي قابل للغسل أيضاً .
- 8- أن يكون المصنع محكم وأن تكون الأبواب ذاتية الإغلاق مع تغطية جميع النوافذ من الخارج بالشبك .
- 9- أن يزود المصنع بمصائد ذباب كهربائية ذات حجم كبير .
- 10- أن تكون الإضاءة والتهوية كافية داخل المحل .
- 11- أن يزود المحل بأدوات السلامة والحريق .
- 12- أن يزود بدورات مياه مزودة بمغاسل اليد .
- 13- يجب توفير خزانات لتخزين المياه المحلاة بحيث تكون محكمة الغلق ومصنوعة من مادة مقاومة للصدأ وظروف البيئة أو مطلية بالطلاء المعتمد الخاص بخزانات المياه وأن تكون مزودة بفتحات مناسبة لعملية التنظيف والصيانة .
- 14- يجب أن تكون الخزانات بعيدة عن أي مصدر تلوث مباشر أو غير مباشر وأن تكون توصيلات مواسير المياه المحطة إلى الخزانات سليمة وبعيدة عن أي تلوث .
- 15- يجب أن تكون المواسير المستخدمة مقاومة للتآكل والتأثر بالمواد المستخدمة للتطهير ومطابقة للمواصفات والمقاييس الدولية المعتمدة من الجهات المختصة .

- 16- يجب أن تكون الأسلاك والتوصيلات الكهربائية معزولة وسليمة .
- 17- توفير مخزن مناسب وجيد التهوية للمنتج من المياه المعبأة .
- 18- يجب أن يكون العمال داخل المصنع حاصلين على شهادات اللياقة الصحية التي تثبت خلوهم من أي مرض معد قبل مزاولتهم العمل .
- 19- إتباع العاملين في المصنع للإرشادات الصحية وقواعد النظافة الشخصية ، مثل تغطية الرأس ونظافة الملابس وقص الأظافر وغسل الأيدي قبل الشروع في العمل ولبس القفازات الخاصة .
- 20- يجب أن لا يسمح لأي شخص غير مصرح له بالدخول إلى مكان العمل .
- 21- يجب أن يكون المصنع مسجلاً لدى إدارة الصحة العامة .
- 22- توفير ملف خاص لحفظ الإخطارات الصحية والشهادات الخاصة بالعاملين .
- 23- أن يشرف شخص مختص على عملية تعقيم المياه ومتابعتها وأن تكون المواد الكيميائية أو الفيزيائية المستخدمة في عملية تعقيم المياه مطابقة للمواصفات والمقاييس الدولية المعتمدة من قبل إدارة الصحة العامة .
- 24- يجب توفير أجهزة قياس ومتابعة للمواد المضافة وعمل سجل خاص لتدوين النتائج يومياً .
- 25- يجب أن تكون المادة المصنوعة منها العبوة غير قابلة للتفاعل مع الماء والمركبات العضوية أو غير عضوية فيه وأن تكون قوية تتحمل الحرارة والتغيرات الطبيعية التي تطرأ عليها .
- 26- يجب أن تكون العبوة محكمة الغلق وأن تحمل من الخارج بطاقة إعلامية مكتوبة بوضوح ولا تقبل البيانات المكتوبة باليد وأن تشمل هذه البيانات :
- أ- اسم ونوع المياه المعبأة بأحرف كبيرة وواضحة وبحيث أن لا تستخدم عبارة ( مياه معدنية ) .
- ب- الوزن أو حجم العبوة .
- ج- اسم وعنوان الجهة التي قامت بالتعبئة مع ذكر رقم التسجيل الصحي .
- د- المنشأ الأصلي حيث تعتبر البحرين هي بلد المنشأ .
- هـ - بيان تاريخ إنتاج وانتهاء صلاحية المنتج .
- و- بيان المكونات والتركيب الكيميائي للمياه المحلاة والنسب .

وبعد الانتهاء من تشيد المصنع يتم الكشف عليه بصفة دورية وكذلك أخذ عينات المياه وفحصها مخبرياً من حيث التركيب الكيميائي والميكروبيولوجي .

## المختبر Laboratory

يستلم المختبر عينات المياه من مفتشي قسم صحة البيئة وقسم مراقبة الأغذية والمياه بصورة يومية ليقوم بتحليلها من الناحية الكيميائية والميكروبيولوجية .

## التحليل الكيميائي

يشمل التحليل الكيميائي على مدى ما يحويه الماء من بعض العناصر الكيميائية وتركيزها . ومن هذه العناصر والاختبارات التي تجرى :

Iron , Calcium , Magnesium , Sulphate , Chloride , Fluoride , Sodium , Silica , Carbonate , Bicarbonate , Potassium , Total Hydroxide , Nitrate , Trace Elements , Conductivity , Dissolved Solids , Total Hardness and pH.

## التحليل الميكروبيولوجي

من الناحية الميكروبيولوجية يتم فحص الماء حسب نوعية الماء ، فمياه الحنفيات يتم فحصها من حيث احتوائها على بكتيريا القولون Coliform وإذا أثبت التحليل أن المياه احتوت على هذه النوعية من البكتيريا فإنه يتم التأكد من أن هذه البكتيريا من نوعية التي تعرف بالقولونية البرازية Feacal Coliform . وأما المياه المعبأة فإن التحليل المخبري يضيف إلى التحاليل السابقة تحليلين إضافيين وهما احتواء الماء على بكتيريا العقديات البرازية Feacl Streptococcus و بكتيريا *Pseudomonas aeruginosa* .

يشير الجدول ( 1 ) بأن مختبر الصحة العامة بوزارة الصحة قد أجرى عام 1997 حوالي 10206 اختبار ميكروبيولوجي ، وأن 53% من هذه الاختبارات كانت لتقدير عدد بكتيريا القولون Coliform ومن الجدير بالملاحظة أن هذا الرقم لا يختلف كثيراً ( 50% ) عن ما يشير إليه الجدول لعام 1996 الذي بلغت عدد الاختبارات الميكروبية التي أجريت فيه حوالي 10341 اختبار ميكروبيولوجي . كما ويشير الجدول ( 1 ) بأن بكتيريا *Pseudomonas aeruginosa* ( 11.3% و 10.6% على التوالي حسب السنوات ) و بكتيريا العقديات البرازية Feacal

Streptococcus (11.1% و 11.3% على التوالي حسب السنوات ) يأتيان في المرتبة الثانية من حيث عدد الاختبارات التي تجري لتقدير عددهما ، ومن الجدير بالذكر أن هذين النوعين من البكتيريا عادة ما تعزل حين تقدر الجودة البيولوجية للمياه المعبأة.

## طريقة أخذ العينات Sampling

قد يبدو للوهلة الأولى للكثيرين - وخاصة غير المختصين - أن جمع العينات يعد أمراً سهلاً ، ولكن يجب أن يكون معلوماً أن الأخطاء التي - قد - تحدث أثناء هذا العمل الفني الدقيق يمكن أن ينعكس سلباً على النتائج التي يتخذ فيها القرار بصلاحية المياه أو عدم صلاحيتها . لذلك فإن منظمة الصحة العالمية (6) توصي باتباع خطوات محددة لجمع عينات الماء للفحص الميكروبيولوجي وهي التي يتبعها مفتشو إدارة الصحة العامة في جمع عينات الماء ، وهي كالتالي :

- 1- تفصل الأجزاء الملحقة بالصنبور التي يمكن ان تسبب رشاشاً وما شابه ذلك ، ثم ينظف الصنبور بقطعة قماش نظيفة ومن الأفضل أن تكون معقمة .
- 2- يدار مفتاح الصنبور إلى أقصاه حتى يتدفق الماء المحجوز لمدة لا تتجاوز الدقيقتين في معظم الأحوال .
- 3- تعقم فوهة الصنبور لمدة دقيقة وذلك بمسحة بالكحول وبعد ذلك يجب تعقيمه باستخدام اللهب .
- 4- يدار الصنبور مرة أخرى إلى أقصاه لمدة دقيقتين .
- 5- تفتح الزجاجة التي تستخدم لأخذ العينات - على أن تكون معقمة مسبقاً - وتعقم فوهتها باللهب .
- 6- تملأ الزجاجة بوضعها تحت الماء المتدفق ، وفي هذه المرحلة يجب أن يكون المفتش حذراً حتى لا تتلامس يده بفوهة الزجاجة أو الغطاء الذي يجب أن يكون آمناً من الغبار واليد ومصادر التلوث .
- 7- عند أخذ العينات فإنه يجب أن يترك حيز من فراغ في الزجاجة لتسهيل الرج أثناء إعداد العينة للفحص .
- 8- تنقل العينة في ظروف مبرده من مكان أخذ العينة إلى المختبر ويجب أن يتم فحصها في الحال أو على أقل تقدير في فترة زمنية لا تزيد على 24 ساعة .

بالمقارنة فيما بين عام 1996 وعام 1997 فإن جدول ( 2 ) يشير بأن مجموع عدد العينات التي تم تحليلها بمختبر الصحة العامة كان متقارب ، ويلاحظ بأن النسبة الأعلى كانت من نصيب مياه الشرب ( 54.1 % و 61.2 % على التوالي حسب السنوات ) والمياه المعبأة ( 23.6 % و 18.9 % على التوالي حسب السنوات ) التي تعتبر أحد أنواع المياه المستخدمة في الشرب ، وربما هذا يدل على أن اهتمام مفتشي الصحة العامة كان مركزاً على مياه الشرب بالمقارنة مع الأنواع الأخرى من صور المياه التي ربما لم تتل حظاً من هذا الاهتمام مثل الثلج ( 0.4 % و 0.1 % على التوالي حسب السنوات ) ومياه برك السباحة ( 2.1 % و 2.7 % على التوالي حسب السنوات ) هذا على الرغم من أن أنواع كثيرة من البكتيريا يمكن أن تنتقل عبر هاتين الصورتين من المياه وخاصة الثلج الذي يعد صورة أخرى من مياه الشرب.

### طريقة التحليل المخبري Testing

اعتمدت وزارة الصحة طريقة الترشيح الغشائي Membrane Filter لتقدير عدد بكتيريا القولون Coliform في حجم معين من الماء ( عادة ما تكون 100 مليلتر ) وذلك عبر ترشيح هذا الحجم من الماء من خلال مرشحات غشائية مصنوعة عادة من مادة إسترات السيليلوز التي يبلغ قطر مسامها حوالي 0.45 ميكرومتر ولتتمكن هذه الأغشية من احتجاز القولونيات والكثير من الأنواع الأخرى من البكتيريا التي يمكن أن تتواجد في عينة الماء .

وعندئذ يوضع الغشاء على وسط غذائي معين ومن ثم تحضن تحت درجة حرارة 37م لبكتيريا القولون Coliform ولمدة 24 ساعة ، وبعد ذلك تؤخذ القراءات بطريقة مباشرة وذلك بعد المستعمرات البكتيرية التي استطاعت أن تنتج الحمض عندما تفاعلت مع مادة الوسط الغذائي ، ومن الجدير بالذكر ان عدد المستعمرات البكتيرية تتناسب بطريقة مباشرة مع النقل الميكروبي لعينة الماء . ويعبر عن النتيجة بعدد البكتيريا الناتجة في 100 مليلتر من الماء.

ولزيادة التأكد من التلوث الغائطي تجرى اختبارات تأكيديه على بكتيريا القولون Coliform الناتجة للكشف عن بكتيريا القولون الغائطي Feacal Coliform إن وجدت . ويتم ذلك بحقن القولونيات الناتجة في أوساط غذائية سائلة وتحضن تحت درجة حرارة 45م ولمدة 24 ساعة وتقاس النتيجة بعد ذلك بقدرة هذه البكتيريا الغائطية على إنتاج الحمض والغاز . ويعبر عن النتيجة في حالة بكتيريا القولون الغائطي Feacal Coliform بعدد البكتيريا التي تم اختبارها في 100 مليلتر من الماء .

جدول ( 1 ) التحاليل الميكروبيولوجية التي أجريت للماء خلال الأعوام  
1997 - 96م

1997		1996		التحليل الميكروبي
النسبة	العدد	النسبة	العدد	
53	5410	50	5168	Coliform Count
3,2	328	2,1	216	Feacal Coliform Count
11,3	1152	11,1	1151	Feacal Streptococci Count
10,6	1087	11,3	1171	Ps. Aeruginosa
9,2	934	9,4	980	Standard Plate Count
8,6	878	9,2	947	Yeast & Mould Count
0,6	62	0,8	79	Salmonella & Shigella
2,7	273	6	629	B. Cereus
0,1	8	0,08	9	Vibrio
0,7	74	0,02	1	Microscopy
<b>100</b>	<b>10206</b>	<b>100</b>	<b>10341</b>	<b>المجموع</b>

جدول ( 2 ) التحاليل المختبرية لصور الماء المختلفة خلال الأعوام 96 - 1997م

1997		1996		نوع الماء
النسبة	العدد	النسبة	العدد	
61,2	3310	54,1	2809	ماء الشرب
0,1	3	0,4	22	التلج
18,9	1020	23,6	1224	مياه معبأة
6,8	368	5	261	مياه عشبية
10,3	559	14,8	766	متفرقات
2,7	148	2,1	110	برك السباحة
<b>100</b>	<b>5408</b>	<b>100</b>	<b>5192</b>	<b>المجموع</b>

وتتميز هذه الطريقة بالكثير من المزايا ، منها :

- 1- يتم الحصول على النتائج بطريقة سريعة ومباشرة بعكس الطرق الأخرى التي كانت معتمدة في السابق ، إذ يمكن تقدير عدد بكتيريا القولون Coliform في غضون 24 ساعة في حين تتطلب بعض الطرق الأخرى حوالي 48 ساعة .
- 2- تقلل من المواد والأدوات المستخدمة في التحليل .
- 3- سهولة الاستخدام في المختبرات وكذلك فإن الكثير من الدول تستخدم نفس هذه الطريقة في أعمال الإعتيان الحقلي .

ولا تخلو طريقة الترشيح الغشائي Membrane Filter من العيوب والتي يمكن تلخيصها في بعض النقاط التالية :

- 1- العكارة المرتفعة التي قد تكون في عينة الماء بسبب الطين أو الطحالب أو بعض المواد الأخرى تمنع - في كثير من الأحيان - ترشيح حجم كافٍ من الماء للتحليل ، ليس ذلك فحسب وإنما يتكون راسب على الغشاء فتتداخل مع النمو الميكروبي فينتج عنه أخطاء في تقدير العدد الميكروبي .
- 2- إن وجدت أعداد كبيرة من الأنواع الأخرى من البكتيريا فإنها - قد - تؤثر على تقدير مستعمرات بكتيريا القولون .
- 3- المرشحات السيليلوزية كثيراً ما تكون غالية الثمن .

## المكونات البيولوجية لمياه الشرب في البحرين ومطابقة ذلك بالموصفات العالمية

تشير منظمة الصحة العالمية (7) ( جدول 3 ) أن المياه المعالجة بمادة الكلور الموجودة أثناء دخوله في شبكة التوزيع يجب أن تكون خالية تماماً من بكتيريا القولون Coliform ( صفر / 100 مل ماء ) وأن 98% من عينات المياه غير المعالجة الداخلة في شبكة التوزيع التي تؤخذ على مدار السنة يجب ان تكون خالية أيضاً من القولون Coliform أما النسبة الباقية ( 2% ) فإنها وإن كانت ملوثة بهذه البكتيريا Coliform فإن ذلك يجب أن تكون في عينات متباعدة وإحيائية وليس في عينات متعاقبة ولكنها يجب أن تكون خالية من بكتيريا القولون الغائطية Feacal Coliform .

والماء في شبكة التوزيع - كما يلاحظ من جدول 3 - يجب أن يكون خالياً من بكتيريا القولون الغائطية Feacal Coliform ( صفر / 100 مل ماء ) وفي نفس الوقت يجب ان يكون ما نسبته 95% من هذه النوعية من المياه خالية من بكتيريا القولون Coliform وأما النسبة الباقية ( 5% ) فيجب ان لا يزيد عدد مستعمرات بكتيريا القولون فيها على 3 مستعمرات بكتيرية في 100 مل ماء وذلك في عينات أحيائية وليس في عينات متعاقبة .

ويلاحظ من الجدول ( 3 ) أن المياه المعبأة يجب ان تكون خالية من بكتيريا القولون Coliform وكذلك القولون الغائطية Feacal Coliform بنسبة صفر / 100 مل ماء ، كما ويلاحظ من نفس هذه الجدول وأن منظمة الصحة العالمية لم تضع قيمة دليلية للفيروسات المعوية Enterviruses والطفيليات Parasite والكائنات الحية الطليقة Maroorganism وذلك لأن منظمة الصحة العالمية تعتمد طريقة البكتيريا المُشعرة Indicators Organism في قياس نسبة التلوث .

وباعتماد جدول ( 3 ) فإن نتائج إحصائيات الصحة العامة ( جدول 4 ) تشير إلى أن نسبة كبيرة من المياه المتداولة في البحرين تعتبر مياه صحية وخالية من الملوثات البيولوجية ( 92% و 92% و 94% و 94% ) . وأما للنوعية الملوثة من المياه فإن مفتشو الصحة يقومون ببعض الإجراءات لتصحيح وضعيتها بقدر الإمكان ، منها :

- 1- إذا كان التلوث ناتج من بكتيريا القولون Coliform فتعاد أخذ العينات للتحليل الميكروبيولوجي مرة أخرى ، حتى يتم التأكد من خلو الماء منها.
- 2- وأما إذا كان التلوث ناتج عن بكتيريا *E.coli* فتعاد أخذ العينات للتحليل الميكروبيولوجي مرة أخرى وفي نفس الوقت يتم إبلاغ قسم توزيع المياه بوزارة الكهرباء والماء لأخذ احتياطاتها حيال ذلك ، حيث تقوم بالتركيز على النقطة التي كان بها التلوث عالياً فتأخذ عينات مكررة حتى يتم التأكد من خلو هذه النوعية من البكتيريا الملوثة .
- 3- في كل الأحوال فإن الجهات ذات العلاقة إذا وجدت أن نسبة الملوثات كانت عالية نوعاً ما فإنها تقوم برفع نسبة الكلور إلى حداً معين وإلى وقت معين حتى يتم التأكد من خلو الماء من البكتيريا الملوثة .
- 4- ومن جانب آخر فإنه يتم التأكد من المصدر الذي سبب التلوث فقد يكون ناتج بسبب أعمال صيانة المجاري والحفريات وما شابه ذلك في المنطقة التي حدث فيها هذه النوعية من التلوث أو المنطقة المحيطة ، أو قد يكون التلوث ناتج بسبب خطأ تقني في المضخات أو بسببها أو ربما الكثير من الأمور الأخرى ، وكل هذه الأمور تعالج بطريقة أو بأخرى .
- 5- وفي النهاية تغسل الشبكة وتنظف ويتم بتعقيمها .

جدول ( 3 ) الخصائص البيولوجية لمياه الشرب  
حسب تقديرات منظمة الصحة العالمية

ملاحظات	القيمة الدليلية	الوحدة	الكائن الحي
العكر > 1 وحدة قياس الكنر NTU للتطهير بالكلور يفضل رقم هيدروجيني pH > 8 الكلور الحر الثمالي المتبقي 0.2 - 0.5 مغ / لتر بعد خلط لمدة 30 دقيقة ( على الأقل )	صفر	العدد / 100 مل	أولاً : الخصائص الميكروبيولوجية أ - إمدادات المياه المنقولة بالأنابيب أ - 1 الماء المعالج الداخل إلى شبكة التوزيع : القولونيات الغائطية F . Coliform
الكلور الحر الثمالي المتبقي 0.2 - 0.5 مغ / لتر بعد خلط لمدة 30 دقيقة ( على الأقل )	صفر	العدد / 100 مل	البكتيريا القولونية Coliform
في 98% من العينات المفحوصة خلال السنة - في الإمدادات الكبيرة عند فحص عينات كافية في عينة أحيائية Occasional وليس في عينات متعاقبة	صفر	العدد / 100 مل	أ - 2 الماء غير المعالج الداخل إلى شبكة التوزيع : القولونيات الغائطية F.C
في 98% من العينات المفحوصة خلال السنة - في الإمدادات الكبيرة عند فحص عينات كافية في عينة أحيائية Occasional وليس في عينات متعاقبة	صفر	العدد / 100 مل	البكتيريا القولونية Coliform
في 98% من العينات المفحوصة خلال السنة - في الإمدادات الكبيرة عند فحص عينات كافية في عينة أحيائية Occasional وليس في عينات متعاقبة	صفر	العدد / 100 مل	بكتيريا القولون Coliform
في 95% من العينات المفحوصة خلال السنة - في حالة الإمدادات الكبيرة عند فحص عينات كافية في عينة أحيائية وليس في عينات متعاقبة	صفر	العدد / 100 مل	أ - 3 الماء في شبكة التوزيع : القولونيات الغائطية F.C
في 95% من العينات المفحوصة خلال السنة - في حالة الإمدادات الكبيرة عند فحص عينات كافية في عينة أحيائية وليس في عينات متعاقبة	صفر	العدد / 100 مل	بكتيريا القولون Coliform
في 95% من العينات المفحوصة خلال السنة - في حالة الإمدادات الكبيرة عند فحص عينات كافية في عينة أحيائية وليس في عينات متعاقبة	3	العدد / 100 مل	بكتيريا القولون Coliform
ينبغي أن لا يتكرر حدوثه ، إذا كان الحدوث متواتراً ، وإذا لم يمكن تحسين الوقاية الإصحاحية فيجب البحث عن مصدر بديل إن أمكن	صفر	العدد / 100 مل	ب - إمدادات المياه غير المنقولة في أنابيب القولونيات الغائطية F.C
ينبغي أن لا يتكرر حدوثه ، إذا كان الحدوث متواتراً ، وإذا لم يمكن تحسين الوقاية الإصحاحية فيجب البحث عن مصدر بديل إن أمكن	10	العدد / 100 مل	بكتيريا القولون Coliform

جدول ( 3 ) الخصائص البيولوجية لمياه الشرب  
حسب تقديرات منظمة الصحة العالمية ( تابع )

ملاحظات	القيمة الدليلية	الوحدة	الكائن الحي
يجب أن يكون المصدر خالياً من التلوث الغائطي	صفر	العدد / 100 مل	ج - ماء الشرب المعبأة في قوارير القولونيات الغائطية F.C
	صفر	العدد / 100 مل	بكتيريا القولون Coliform
ينصح الأهالي بغلي المياه إن تعذر التوصل إلى القيم الدليلية .	صفر	العدد / 100 مل	د - إمدادات مياه الطوارئ القولونيات الغائطية F.C
	صفر	العدد / 100 مل	بكتيريا القولون Coliform
	لم تحدد لها قيمة		الفيروسات المعوية Enterviruses
	لم تحدد لها قيمة دليلية		ثانياً : الخصائص البيولوجية 1- وحيدات الخلية Protozo 2- الديدان 3- الكائنات الطليقة ( الطحالب وغيرها )

جدول (4) نتائج التحليل البكتيرولوجي و الكيميائي لمياه الشرب في البحرين  
خلال الأعوام من 1992 إلى عام 1996

1996		1995		1994		1993		1992		مصدر الماء
النسبة**	العدد*									
95,3	772	96,4	1218	97,2	1422	93,1	1406	93,2	1899	مصدر عام
92,9	379	94,4	445	98	449	87,3	644	89,7	614	مياه مقطرة
94,3	1690	94,3	2304	93,2	2004	94	2149	92,7	2696	مدارس ، مستشفيات ، فنادق .. ألخ
0	2841	0	3967	0	3895	0	4199	0	5209	المجموع

\* عدد العينات  
\*\* نسبة العينات السليمة

## المياه المعبأة Bottled Drinking Water

يلاحظ أنه في السنوات الأخيرة قد غزت أسواق منطقة الخليج تلك النوعية من المياه التي تعرف بالمياه المعدنية المعبأة أو تحت بعض المسميات الأخرى وربما ساعدت على انتشار هذه النوعية من المياه العديد من العوامل ربما من أهمها القلق الذي يساور المستهلك من جراء زيادة نسبة الملوحة في المياه الجوفية وتطاير بعض الروائح وتغير في طعمها بين فترة وأخرى، بالإضافة إلى حملات الإعلانات المروجة لمثل هذه النوعية من المياه التي تركز على إن هذه المياه مياه طبيعية لا مثيل لها وأنها تماثل مياه الينابيع الطبيعية التي يمكن أن تشفى من الكثير من الأمراض.

وأسواق البحرين لا تختلف كثيرا عن أسواق المنطقة فقد وجد أن البحرين قد استوردت خلال عام 1996 ما لا يقل عن 7393227 ليتر من المياه المعبأة بالمقارنة مع عام 1997 الذي بلغت كمية الاستيراد فيها حوالي 5907117 ليتر ، وأن كانت الكمية المستوردة عام 1997 أقل من السنة التي تسبقها إلا أن هذا لا يدل على الاكتفاء من هذه النوعية من المياه وإنما خلال هذه الفترة أنشئت في البحرين حوالي 3 مصانع للمياه المعبأة حاولت أن تتنافس في السوق التجاري .

وعلى الرغم من وجود هذه النوعية من المياه في السوق المحلي إلا أنه لا توجد دراسات حولها من أي ناحية، وإن كانت وزارة الصحة تقوم بتقويمها بصورة روتينية إلا أن هذا لا يمنع من وجود دراسات لتحديد بعض الأمور ذات العلاقة .

ومحاولة منا لإلقاء بعض الضوء على هذه المياه قمنا بإجراء دراسة مسحية للبطاقة الإعلامية للتعرف على بعض الأمور الصحية مثل مدى كتابة تواريخ الصلاحية على بطاقتها الإعلامية والأسلوب المستخدم للكتابة، استخدام اللغة العربية، طريق التخزين والحفظ، وبعض الأمور ذات العلاقة .

### دراسة مسحية للمياه المعبأة في السوق المحلي

قمنا بإجراء مسح سريع للبطاقة الإعلامية للمياه المعبأة المتوفرة في السوق المحلي للتعرف على محتوياتها ونواقصها إن وجدت ، وتم تفرغ هذه المعلومات في استمارة خاصة احتوت على التعرف على مدى وجود تواريخ الصلاحية وطريقة كتابتها بالإضافة إلى وجود أو عدم وجود طرق التخزين وطرق التعقيم وما شابه ذلك من معلومات ، ثم أدخلت هذه المعلومات في الكمبيوتر وتم تحليلها باستخدام برنامج SPSS وتبين التالي :

## 1- الدول المصدرة

تم مسح حوالي 27 نوع من مياه الشرب المعبأة وتبين أن 35.5% من هذه المياه تدخل البحرين تأتي من المملكة العربية السعودية وتأتي في المرتبة الثانية دولة الإمارات العربية المتحدة (25.9%) ثم فرنسا والبحرين (7.4%) وبعض دول العالم .

## 2- تاريخ الصلاحية

وجد أن 48% من نوعيات المياه المعبأة التي تدخل البحرين تحمل تاريخ التعبئة على بطاقتها الإعلامية في مقابل 52% التي تحمل تاريخ تعبئتها على جسم القارورة أو على الغطاء وبعض الأماكن الأخرى التي قد لا يجدها المستهلك . ومن جانب آخر فإن 64% من منتجات المملكة العربية السعودية لا تضع تاريخ التعبئة على البطاقة الإعلامية وإنما توجد في أماكن متفرقة من القارورة ، بالمقارنة مع منتجات دولة الإمارات التي كانت نسبة تواجد هذا التاريخ على البطاقة الإعلامية عالياً (62.5%) بالمقارنة مع المنتجات التي تحمل تاريخ التعبئة في أماكن متفرقة (37.5%) .

و تبين أن غالبية المنتجات ( 71% ) لا توجد على بطاقتها الإعلامية هذه النوعية من التاريخ وإنما قد تتواجد في أماكن متفرقة من القارورة أو في الكثير من الأحيان يتم الاكتفاء بالجملة التي تقول ( صالحة لمدة سنة من تاريخ الإنتاج ) ، ووجد أن النسبة العليا من المنتجات السعودية والإماراتية تنتهج هذا المنهج ( 91% و 62.5% على التوالي ) ولكن تبين أن نسبة المنتجات الإماراتية التي تلتزم بوجود تاريخ انتهاء فترة الصلاحية ( 33% ) أكثر من نسبة المنتجات السعودية ( 11% ) .

أتضح أن المنتجات القادمة من دولة الإمارات والمملكة العربية السعودية (100%) ملتزمة بفترة صلاحية لا تتعدى السنة الواحدة لهذه النوعية من المياه ، وأن النسبة القليلة ( 10% ) تشذ من هذه القاعدة .

أما عن كيفية كتابة تواريخ الصلاحية فقد تبين أن النسبة العظمى (71%) من المنتجات تكون تواريخها مختوم بواسطة جهاز الليزر وهذه الطريقة هي الأمثل للشركات المنتجة حتى لا تطبع تواريخها على البطاقة الإعلامية وبالتالي يجب عليها أن تغير هذه البطاقات بين الفينة والأخرى .

### 3- طريقة التخزين

من المعلوم أن طريقة التخزين مرتبطة بصورة كبيرة بفترات صلاحية المنتج فإن لم يكن التخزين سليماً فإنه من الصعب - في كثير من الأحيان - أن يبقى المنتج صالحاً للاستهلاك الأدمي حتى نهاية فترة الصلاحية ، لذلك فإن المواصفة الخليجية ( 1984/9 ) بشأن البطاقة الإعلامية للمواد الغذائية المعبأة نصت على وجود طريقة التخزين على البطاقة الإعلامية للمواد الغذائية وذلك لأهميتها ، ولكن تبين أن النسبة العظمى ( 81 % ) من منتجات المياه المعبأة لا تحمل أي إرشادات فيما يتعلق بطريقة التخزين .

### 4- التحليل الكيميائي

أوضح المسح أن معظم منتجات المياه المعبأة القادمة من الدول ( 93,5% ) تحمل على بطاقتها الإعلامية نتائج التحليل الكيميائي الذي تم إجراءه في مختبرات المصنع نفسه.

### 5 - اللغة العربية

أما بالنسبة لاستخدام اللغة العربية فقد أوضحت الدراسة أن النسبة العظمى ( 93,5% ) من المنتجات المائية تستخدم اللغة العربية كلغة معتمدة على بطاقتها الإعلامية ، وإلا أن ( 6,5% ) من المنتجات لا تستخدم اللغة العربية .

### 6- نوعية المياه

وجد أن حوالي نصف المياه المعبأة ( 48% ) التي تدخل دولة البحرين تصنف هذه النوعية من المياه على أنها مياه معدنية وتبين أن نسبة كبيرة من المنتجات القادمة من دولة الإمارات ( 33% ) تسلك هذا المسلك في تصنيف منتجاتها المائية ، ولكن تبين من نفس الجدول أن النسبة العظمى من المنتجات القادمة من المملكة العربية السعودية ( 82% ) تصنف هذه النوعية من المياه بأنها مياه شرب فقط ، وأما بقية النوعية فإنها تكتب على بطاقتها الإعلامية هذه التصنيفات : مياه صحية - مياه نبع - مياه طبيعية وما شابه ذلك .

### 7- طريقة التعقيم

معظم المياه المعبأة التي تدخل دولة البحرين ( 84% ) لا تحمل على بطاقتها الإعلامية الطريقة التي استخدمتها في تعقيم هذه النوعية من المياه ، فيما عدا

(13%) من المنتجات القادمة من المملكة العربية السعودية التي ذكرت بأنها استخدمت الأوزون في التعقيم ومنتج آخر (3%) ذكر نوعية أخرى .

## الخاتمة

تتلوث مياه الشرب بالكثير من الكائنات الحية الآتية من مصادر مختلفة سواء كانت مخلفات حيوانية أو آدمية ، وهذه الأحياء قد تسبب الكثير من الأمراض الخطيرة للإنسان إذا بلغ نسبة تواجدها الحد غير المسموح به .

وبجهود وزارات الدولة في البحرين الممثلة بوزارة الصحة ووزارة الكهرباء والماء فإن مياه الشرب في دولة البحرين تعد من المياه ذات الجودة العالية من الناحية البيولوجية ، حيث وجد أنها خالية بنسبة تزيد عن 90% من الأحياء الممرضة وخاصة تلك التي تعرف بالميكروبات المشعرة التي يدل وجودها على تلوث مياه الشرب بالمخلفات البرازية .

## المراجع

- 1- مصطفى كمال طلبة ( 1992 ) إنقاذ كوكبنا - التحديات والأمال - حالة البيئة في العالم : 1972 إلى 1992 - برنامج الأمم المتحدة للبيئة ومركز دراسات الوحدة العربية ن بيروت ، لبنان .
- 2- مبارك أمان مبارك ( 1988 ) تقرير عن الموارد المائية بدولة البحرين - إدارة مصادر المياه - وزارة التجارة والزراعة .
- 3- إسماعيل محمد المدني ( 1990 ) تدهور المياه الجوفية في البحرين - ورقة مقدمة لندوة الأبعاد الاقتصادية والبيئية للتنمية في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية - جامعة العين - دولة الإمارات العربية المتحدة .
- 4- عدنان جمال الساعاتي - إعادة استعمال مياه الصرف الصحي في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية - مجلة التعاون - العدد 38 - ص 33 إلى 46 .
- 5- National Academy of Sciences (1985) Drinking Water and Health, 6<sup>th</sup> Printing, Safe Drinking Water Committee, Advisory Center on Toxicology, Assembly of Life Sciences, National Research Council, Washington, USA.
- 6- منظمة الصحة العالمية ( 1988 ) دلائل جودة مياه الشرب - الجزء الثالث - مراقبة جودة إمدادات مياه الشرب في المجتمعات الصغيرة - المكتب الإقليمي لشرق البحر المتوسط - الإسكندرية - مصر .

7- منظمة الصحة العالمية ( 1989 ) دلائل جودة مياه الشرب - الجزء الثاني - المعايير الصحية ومعلومات مساعدة أخرى - المكتب الإقليمي لشرق البحر المتوسط - الإسكندرية - مصر .

## الخصائص الكيميائية لمياه الشرب في البحرين

محمد عبد الرحيم الصادقي و أنيسة محمد العوضي

وزارة الكهرباء والماء  
إدارة توزيع المياه - دولة البحرين

### المقدمة

يعتبر التركيب الكيميائي لمياه الشرب ذا أهمية كبيرة نظرا لأن الزيادة أو النقصان في هذه العناصر لها مردودا سلبيا على صحة الإنسان . وحيث أن كمية المياه المنتجة في البحرين لا تغطي الاستهلاك اليومي فإن المياه الجوفية تحل محل المياه المحلاة لسد هذا النقص وذلك بعد خلطها بالمياه المحلاة والذي يبلغ إجمالي قدرتها المركبة 45 مليون جالون يوميا .

ويترتب على ذلك زيادة الملوحة والعناصر الكيميائية المختلفة لذا يجب التحكم فيها ومطابقتها بالمواصفات العالمية والخليجية للتأكد من صحتها للشرب وللأستخدامات الأخرى .

لقد وجد أن جميع العناصر السامة والخطرة الأخرى أقل من المستوى المسموح به عالميا في مياه البحرين لذا فأنها لا تشكل خطورة على صحة الإنسان .

### التحليل الكيميائي لمياه الحنفيات ومطابقته للمواصفات العالمية

تحتوي أغلب مناطق البحرين على محطات لخلط المياه المحلاة والمياه الجوفية بنسب مختلفة وذلك لتغطية الاستهلاك اليومي للمياه كما هو مبين في الشكل رقم (1) . والمياه الجوفية تعادل 50% تقريبا من كمية المياه التي تضخ في شبكات التوزيع كما هو مبين في الشكل رقم (2) ، مما تؤدي إلى زيادة نسبة المواد الصلبة الكلية الذائبة في الماء و التي يجب ألا تتعدى 1000 جزء في المليون حسب المواصفات العالمية والخليجية ، والشكل رقم (3) يبين نسبة المواد الصلبة الكلية الذائبة منذ عام 1980م حيث كانت أقل من المستوى المسموح به عالميا ومناسبة للشرب ولكن نظرا للاستهلاك المتزايد للماء وزيادة ضخ مياه الآبار الجوفية المالحة فقدت مياه الشبكات جودتها وأصبحت ملوحتها عالية نسبيا .

## (أ) الخصائص الكيميائية لمياه الشرب

الجدول رقم (1) يبين التحليل الكيميائي للمياه في بعض مناطق البحرين مقارنة بالموصفات الخليجية والبحرينية التي تتضمن المواصفات التالية :

- (1) الكلوريدات : يجب ألا تتعدى 250 جزءا في المليون لأن زيادتها تتسبب في زيادة ملوحة الماء ويصبح الماء غير مستساغ للشرب .
- (2) الصوديوم : الحد الأقصى المسموح به هو 200 جزء في المليون وزيادته قد تشكل أضرارا صحية على المصابين بضغط الدم المرتفع ومرضى القلب .
- (3) الكبريتات : يجب ألا تتعدى 400 جزء في المليون في مياه الشرب ولكن في حالة وجود 30 جزء في المليون من الماغنسيوم يجب ألا تتعدى 250 جزء في المليون لأنها تسبب الإسهال .
- (4) الفلورايد : تحتوي المياه المخلوطة في البحرين على نسبة أقل من النسبة المسموح بها عالميا . حيث أثبتت دراسات سابقة قام بها مختبر توزيع المياه أن النسبة الملائمة لعنصر الفلورايد في مياه الشرب في البحرين 0,70 جزء في المليون ونقصها يسبب تسوس الأسنان خصوصا عند الأطفال لأن كبار السن يعوضون هذا النقص في الغذاء الغني بالفلورايد مثل السمك والشاي .
- (5) الكلور الحر المتبقي : يستخدم الكلور في تعقيم مياه الشرب ويجب ألا تتعدى نسبة تركيزه عن 0,5 جزء في المليون ولا تقل عن 0,2 جزء في المليون عند وصولها إلى المستهلك لتكون كافية لقتل البكتيريا والملوثات الأخرى. وفي حالة وجود عناصر عضوية في الماء فإن عنصر الكلور يتحد معها مكونا مركبات عضوية ذات تأثير سرطاني في حالة زيادتها عن المستوى المسموح به .

## ب) خصائص المكونات الغير عضوية

يتم الكشف عن العناصر الغير عضوية في مختبر إدارة توزيع المياه شهريا ولقد تبين من النتائج أن بعض هذه العناصر تتواجد بنسب أقل من النسب العالمية وتتعدم في بعضها كما هو مبين في الجدول رقم(2).

## ج) خصائص المكونات العضوية

نظرا لعدم توفر الأجهزة اللازمة لفحص هذه العناصر في مختبر توزيع المياه الجدول رقم(2) فإنه يتم فحص بعض العناصر مثل مجموعة المركبات الهالوجينية العضوية والكلوروفورم ولقد تبين من النتائج أنها أقل من النسب العالمية.

## د) التحليل البكتيري لمياه الحنفيات

يتم فحص عينات الماء التي تجمع من حنفيات المنازل يوميا وذلك بعد تعقيمها وقياس نسبة الكلور فيها يوميا في مختبر إدارة توزيع المياه وذلك للتأكد من خلوها من البكتيريا والملوثات الأخرى خصوصا عند إصلاح الأنابيب التي تسرب المياه وتسبب تلوثها . الجدول رقم (3) يبين عدد العينات التي يتم فحصها شهريا في المختبر.

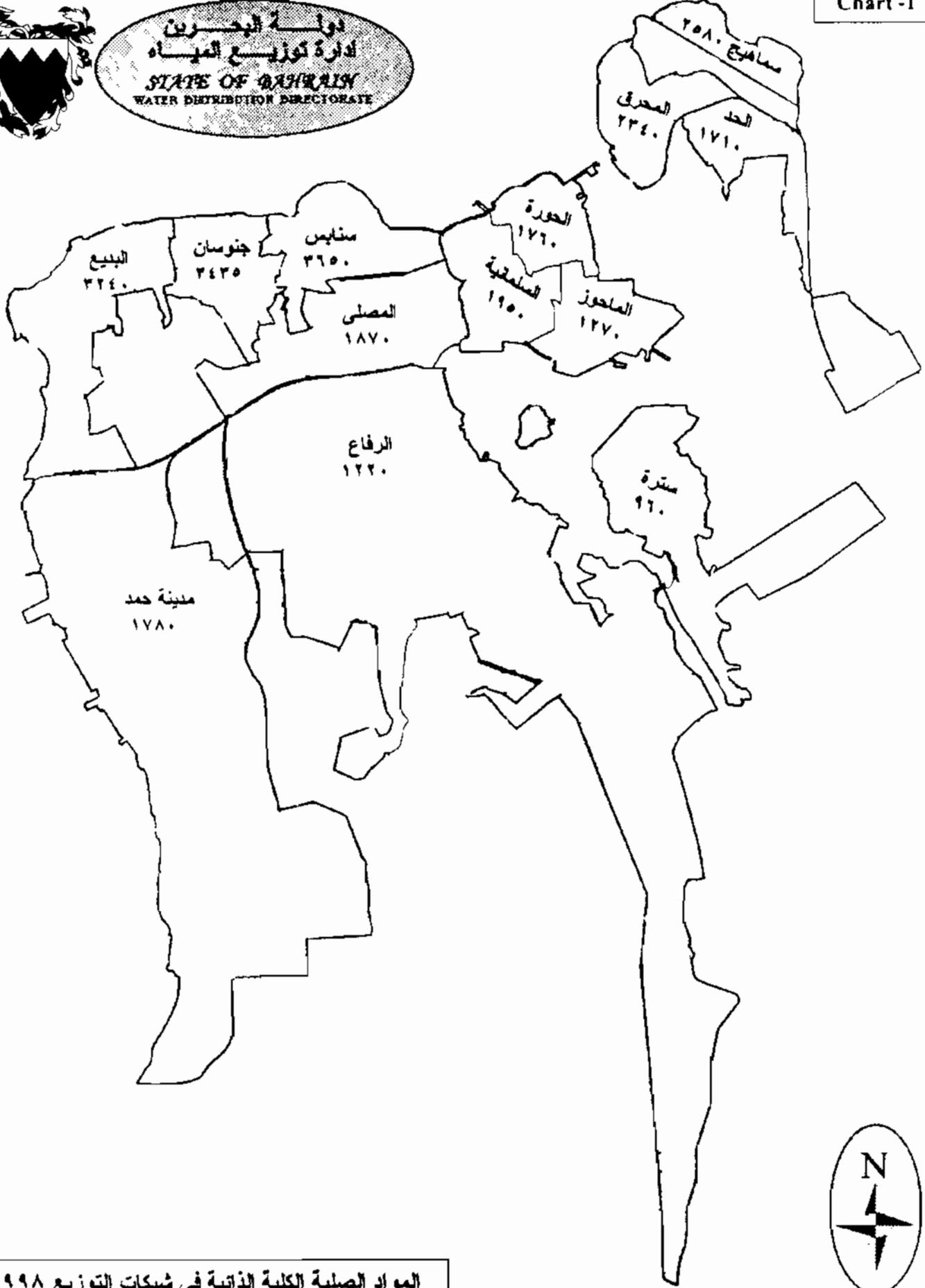
## المقترحات والتوصيات

- 1) عدم استنزاف الآبار الجوفية لكي لا تزيد ملوحتها لأن ذلك يؤدي إلى زيادة ملوحة المياه المخلوطة .
- 2) التأكد من نسب العناصر الخطرة والسامة باستمرار وذلك باستخدام أحدث الأجهزة للكشف عنها .
- 3) التأكد من تخزين المياه بطريقة صحيحة في خزانات محكمة الغلق لكي لا تصل إليها الملوثات المختلفة .
- 4) إضافة عنصر الفلورايد إلى المياه المحلاة المنتجة مستقبلا وذلك لأن النسبة الحالية ستقل عند زيادة المياه المحلاة في شبكات التوزيع .

- (5) التشديد على الشركات و المصانع الخاصة المنتجة لمياه الشرب بإتباع الأنظمة و القوانين المتعلقة بجودة مياه الشرب .
- (6) استمرار تطوير المختبرات المختصة بتحليل المياه لمواكبة التطور في هذا المجال .
- (7) الاتصال الدائم بالمختبرات العالمية لتبادل المعلومات و الأبحاث الحديثة لمعرفة المتغيرات العالمية .



دولة البحرين  
 ادارة توزيع المياه  
 STATE OF BAHRAIN  
 WATER DISTRIBUTION DIRECTORATE

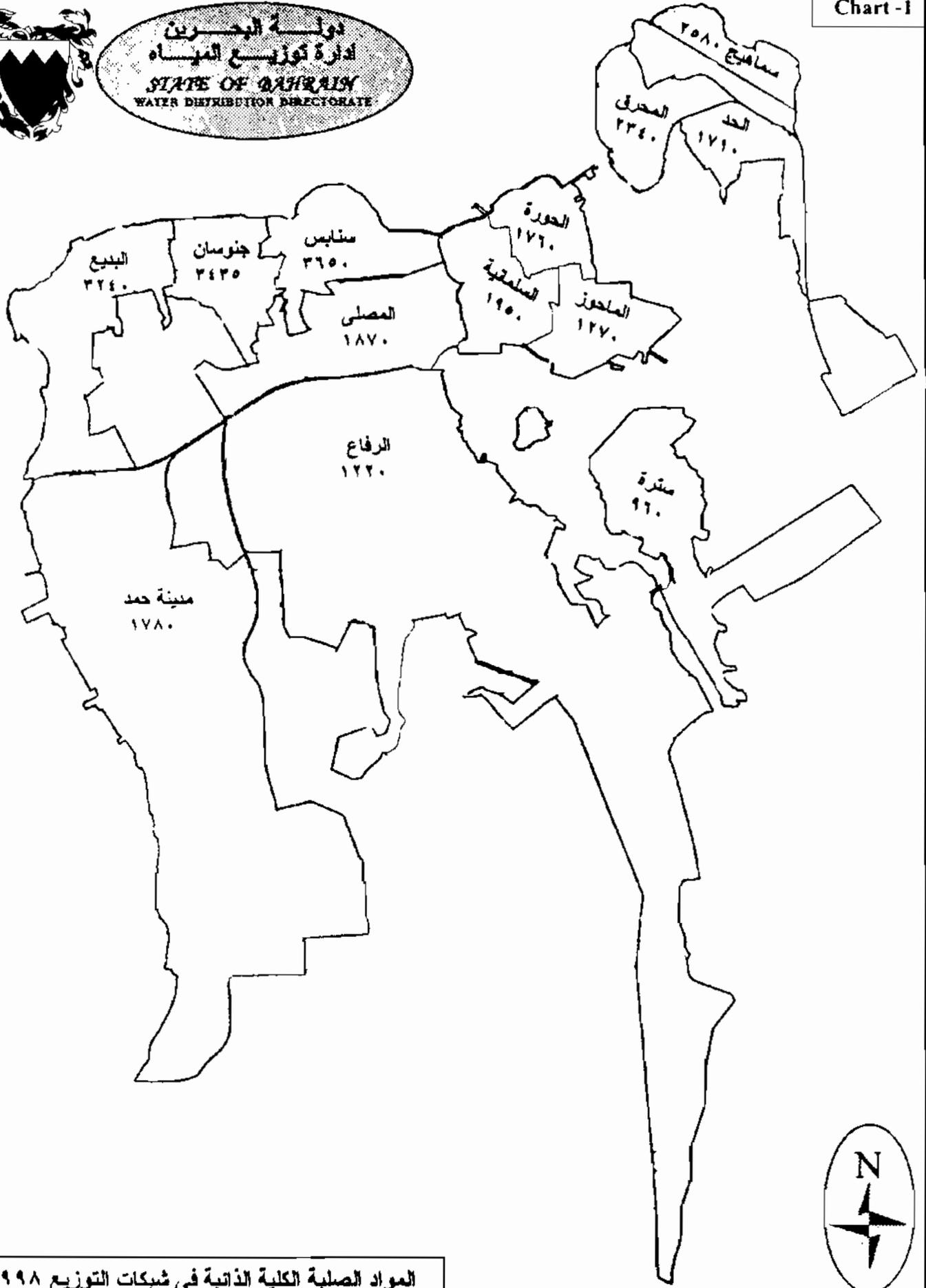


المواد الصلبة الكلية الذاتية في شبكات التوزيع ١٩٩٨

- (5) التشديد على الشركات و المصانع الخاصة المنتجة لمياه الشرب بإتباع الأنظمة و القوانين المتعلقة بجودة مياه الشرب .
- (6) استمرار تطوير المختبرات المختصة بتحليل المياه لمواكبة التطور في هذا المجال .
- (7) الاتصال الدائم بالمختبرات العالمية لتبادل المعلومات و الأبحاث الحديثة لمعرفة المتغيرات العالمية .



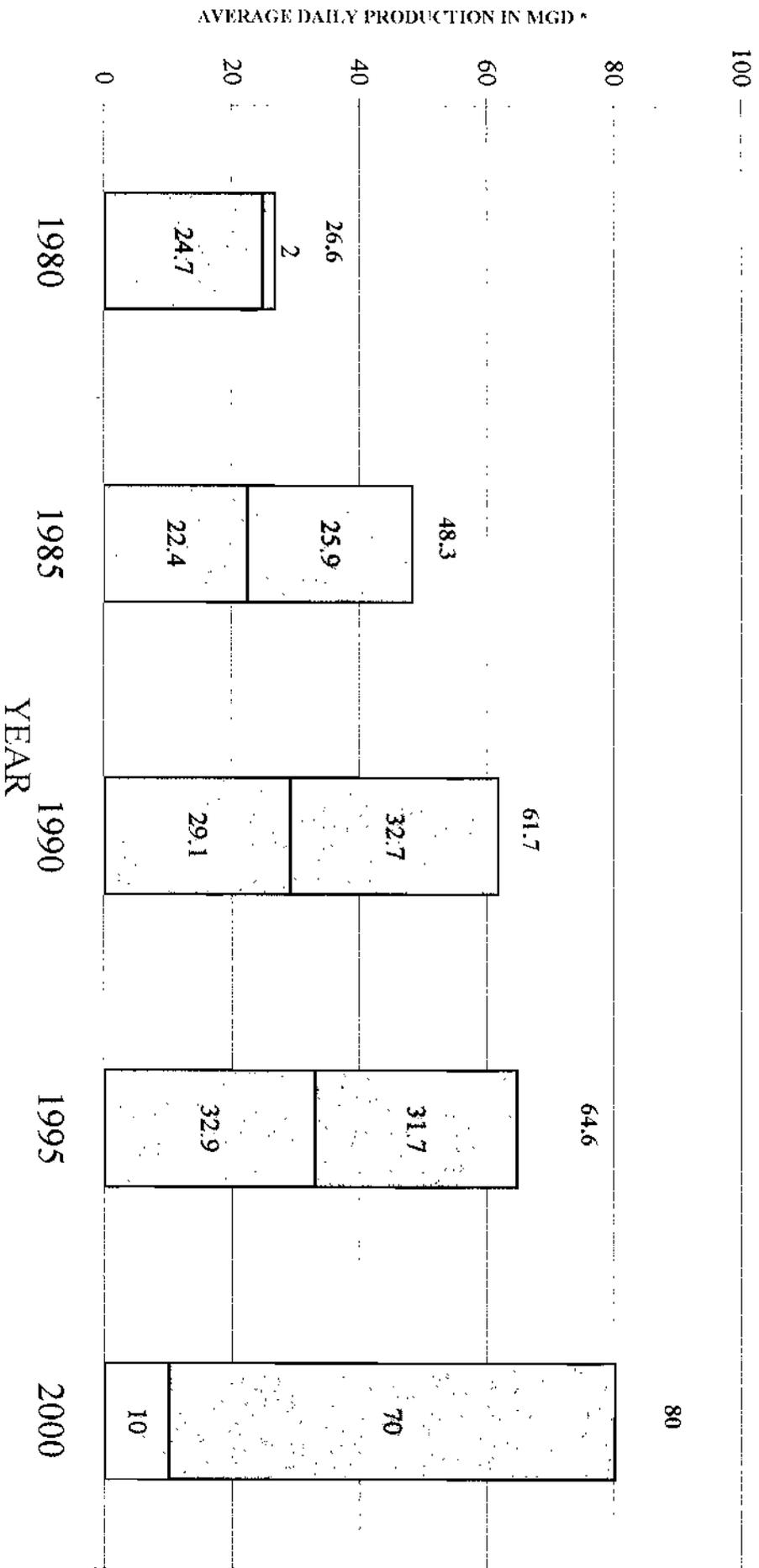
دولة البحرين  
 ادارة توزيع المياه  
 STATE OF BAHRAIN  
 WATER DISTRIBUTION DIRECTORATE



المواد الصلبة الكلية الذاتية في شبكات التوزيع ١٩٩٨

**Chart - 2**

**DESALINATED AND GROUND WATER AVERAGE DAILY PRODUCTION**



\* IN MILLION GALLONS PER DAY  
 □ GROUND WATER □ DESALINATED WATER

**Chart - 3**

**\*TOTAL DISSOLVED SOLIDS IN BLENDED WATER**



\*TDS in mg/L

■ CENTRAL AREA   ■ SITRA   ■ MANAMA/MUH

TABLE I

**CHEMICAL QUALITY OF WATER - MAY 1998**

NOTE : All chemical parameters are expressed in Milligrams/Litre

S.No.	PARAMETER	MAHOZ	MUHARRAQ	W.RIFA'A	BUDAIYA	BAH/GCC STANDARD
1		7.76	7.2	7.66	7.1	6.5-8.5
2	Conductivity at 25 C ( $\mu S/cm$ )	1840	2380	1590	5310	<1600
3	Total Dissolved Solids (mg/L)	1040	1375	945	3385	<1000
4	Total Alkalinity as $CaCO_3$	40	99	61	173	-
5	Total Hardness as $CaCO_3$	291	536	309	1211	<500
<b>MAJOR CATIONS</b>						
6	Calcium as $Ca^{++}$	50	128	68	289	<200
7	Magnesium as $Mg^{++}$	40	52	34	119	<150 *
8	Sodium as $Na^+$	261	265	210	697	<200
9	Potassium as $K^+$	10	16	11	34	-
<b>MAJOR ANIONS</b>						
10	Chloride as $Cl^-$	478	542	383	1287	<250
11	Sulphate as $SO_4^{--}$	132	230	149	697	<400
12	Bicarbonate as $HCO_3^-$	49	121	74	212	-

\*Magnesium should not exceed 30 mg/L, if sulphate is &gt;250 mg/L

TABLE 2

## CHEMICAL QUALITY OF WATER - MINOR & TOXIC CONSTITUENTS

NOTE : All chemical parameters are expressed in Milligrams/Litre

S.NO	PARAMETER	RESULTS	GCC/BAH STD (Max. Limit)
1	Free Res. Chlorine <i>as Cl</i>	0.2-0.4	0.50
2	Aluminium <i>as Al</i>	0.02	0.20
3	Copper <i>as Cu</i>	0.006	1.00
4	Iron <i>as Fe</i>	0.015	0.30
5	Manganese <i>as Mn</i>	0.004	0.10
6	Silica <i>as SiO<sub>2</sub></i>	2 to 15	No limit set
7	Zinc <i>as Zn</i>	0.011	5.00
<b><u>INORGANIC CONSTITUENTS OF HEALTH SIGNIFICANCE</u></b>			
8	Arsenic <i>as As</i>	<0.001	0.050
9	Cadmium <i>as Cd</i>	0.0001	0.005
10	Cyanide <i>as CN</i>	0	0.050
11	Chromium <i>as Cr</i>	0.003	0.050
12	Fluoride <i>as F</i>	0.2 to 0.4	0.6-1.7
13	Lead <i>as Pb</i>	<0.001	0.050
14	Mercury <i>as Hg</i>	0.00004	0.001
15	Nitrate <i>as N</i>	2 to 3	10.000
16	Nitrite <i>as NO<sub>2</sub></i>	0	1.000
17	Selenium <i>as Se</i>	<0.01	0.010
<b><u>ORGANIC CONSTITUENTS OF HEALTH SIGNIFICANCE</u></b>			
18	Pesticides	Not tested*	Various limits for different species
19	Polynuclear Aromatic Hydrocarbons	Not tested*	0.0002
20	Benzopyrene	Not tested*	0.00001
21	Benzene	Not tested*	0.01
22	Organic Halogen Compounds	**	0.250
23	Chloroform	0.001 to 0.01	0.030
24	1,2 dichloroethane	Not tested*	0.0100
25	1,2 dichloroethene	Not tested*	0.0003
26	Pentachlorophenol	Not tested*	0.010

\* Test facilities for remaining parameters are under consideration

\*\* Sum of Organic Halogen compounds will be known when all tests are carried out.

**WATER DISTRIBUTION DIRECTORATE  
LABORATORY ANALYSIS REPORT.**

**May 98**

SL. NO.	DESCRIPTION	PREVIOUS MONTH	CURRENT MONTH
<b>1A</b>	<b>BACTERIOLOGICAL ANALYSIS RESULTS</b>	April 98	May 98
1	Total No. of Samples Examined in W.D.D Lab	714	807
2	No. of Samples From Water Dist. Network	560	643
3	No. of Samples With Total Coliforms	2	2
4	No. of Samples With E. Coli.	0	2
5	% of Bad Samples in W.D.D Results	0.18	0.25
<b>1B</b>	<b>BACTERIOLOGICAL ANALYSIS RESULTS FROM PUBLIC HEALTH DIRECTORATE</b>		
1	No. of Analysis Reports Received From PHD. Lab	90	26
2	No. of Samples With Total Coliforms	0	0
3	No. of Samples With E. Coli.	0	0
4	% of Bad Samples in PHD Results	0.00	0.00
<b>II</b>	<b>RESIDUAL CHLORINE MONITORING</b>		
1	Total No. of Samples Tested	560	643
2	No. of Samples With Chlorine	560	643
3	% of Samples With Chlorine	100	100
<b>III</b>	<b>CHEMICAL ANALYSIS</b>		
1	Full Analysis of Water Samples	93	106
2	Trace Element (by ICP Spectrometer)	34	21
3	Short Analysis of Water Samples	15	5
4	No. of Scale/Deposit Analysis	0	1
5	Total No. of Samples Analysed in Chemical Lab	100	133

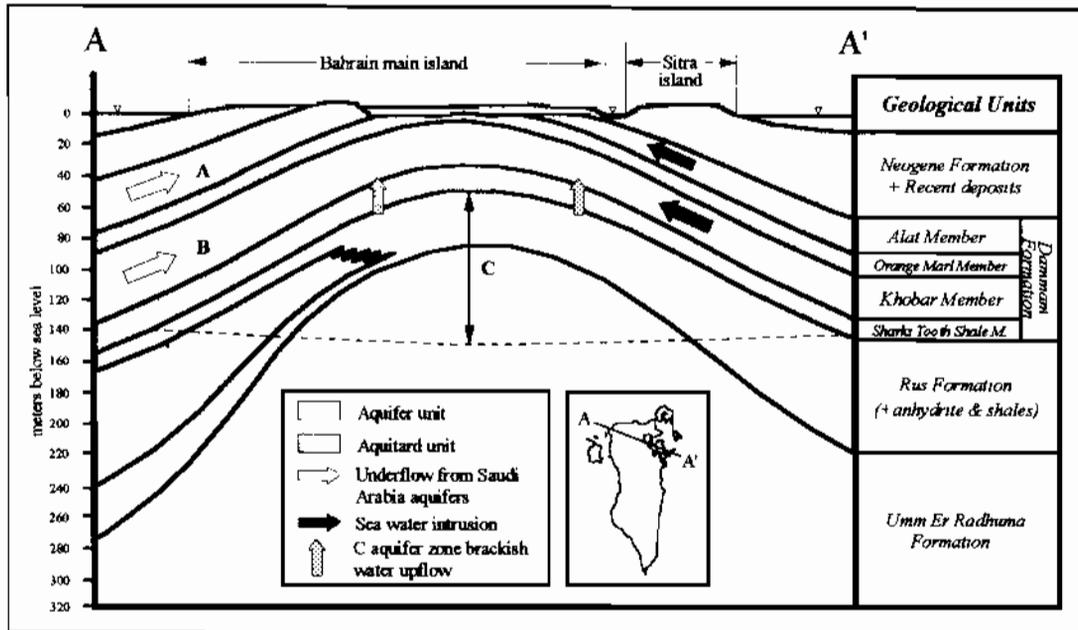
## المياه الجوفية في البحرين والعوامل المؤثرة على جودتها

وليد خليل زباري

برنامج علوم الصحراء والأراضي القاحلة  
جامعة الخليج العربي - البحرين

### المقدمة

تعتمد دولة البحرين في تلبية احتياجاتها من المياه الجوفية على خزان جوفي رئيسي هو خزان الدمام (شكل 1)، والذي يمثل جزءاً صغيراً من الخزان الجوفي الواسع الامتداد والمسمى بالخزان العربي الشرقي الذي يمتد من وسط المملكة العربية السعودية إلى المنطقة الشرقية للمملكة، الكويت، قطر، والبحرين. ويوفر هذا الخزان حوالي 75% من المياه الكلية المطلوبة في الدولة بينما توفر المياه المحلاة (21%) ومياه الصرف الصحي المعالجة (4%) الكميات المطلوبة الأخرى.

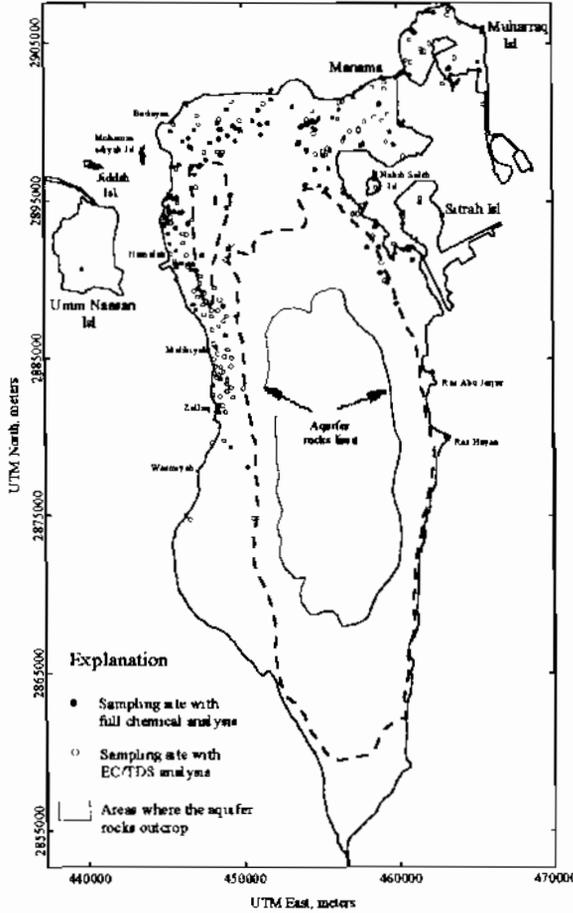


شكل 1. قطاع هيدروجيولوجي لجزيرة البحرين

لقد أدى الاعتماد الكبير على الخزان في العقود الثلاثة الماضية إلى زيادة السحب من مياهه بمعدلات تفوق معدل الاستعاضة الطبيعية له، الأمر الذي سبب هبوط حاد في مستوياته المائية وانقلاب الانحدارات الهيدروليكية بين مياه الخزان العذبة نسبياً والمياه العالية الملوحة المحيطة به. وكنتيجة مباشرة لذلك، غزت هذه المياه العالية الملوحة الخزان واختلطت بمياهه مسببة تملحها. ولقد أدى تدني نوعية مياه الخزان إلى تقليص جاهزيته ونفعيته للاستخدامات المباشرة في كثير من مناطق البحرين والتي تم تقديرها

بأكثر من نصف حجم الخزان الأصلي تحت ظروف الاستقرار. وإذا ما استمر هذا الاتجاه في معدلات السحب فإن كل خزان الدمام في البحرين سيفقد بسبب التملح، وسيملئ على المسؤولين عن المياه في الدولة طرق علاج باهظة. في هذه الدراسة تم القيام بمسح هيدروكيميائي لمياه خزان الدمام في البحرين على مستوى الدولة، واستخدمت نتائج هذا المسح لاستقصاء التوزيع الجغرافي لملوحة مياه الخزان وتحديد أسباب ومصادر وآلية عملية التدهور النوعي لها. إضافة لذلك، وبالاعتماد على نتائج دراسة سابقة أجريت في عام 1979، تم ربط وتحليل التغيرات الزمانية لنوعية مياه الخزان خلال الفترة 1979 إلى 1992. وبناءً على هذه التحاليل المكانية والزمانية تم اقتراح بعض الإجراءات لاسترجاع نوعية مياه الخزان والتحكم في مستوياتها.

شكل 2. مواقع عينات الدراسة



### طريقة العمل

تم القيام بمسح هيدروكيميائي لخزان الدمام المائي على مستوى الدولة، حيث تم تجميع عينات مائية من 254 بئراً منتجة من الخزان في الفترة من 92/1991 (شكل 2). وتم قياس تركيز مجموع الأملاح الذائبة الكلية ومعامل التوصيل الكهربائي والأيونات الأساسية بالإضافة إلى بعض المكونات الأخرى في 110 عينة منها، بينما تم قياس معامل التوصيل الكهربائي في باقي العينات وتم تقدير مجموع الأملاح الكلية لها من علاقة مستنتجة بين مجموع الأملاح الذائبة الكلية ومعامل التوصيل الكهربائي في العينات الـ 110.

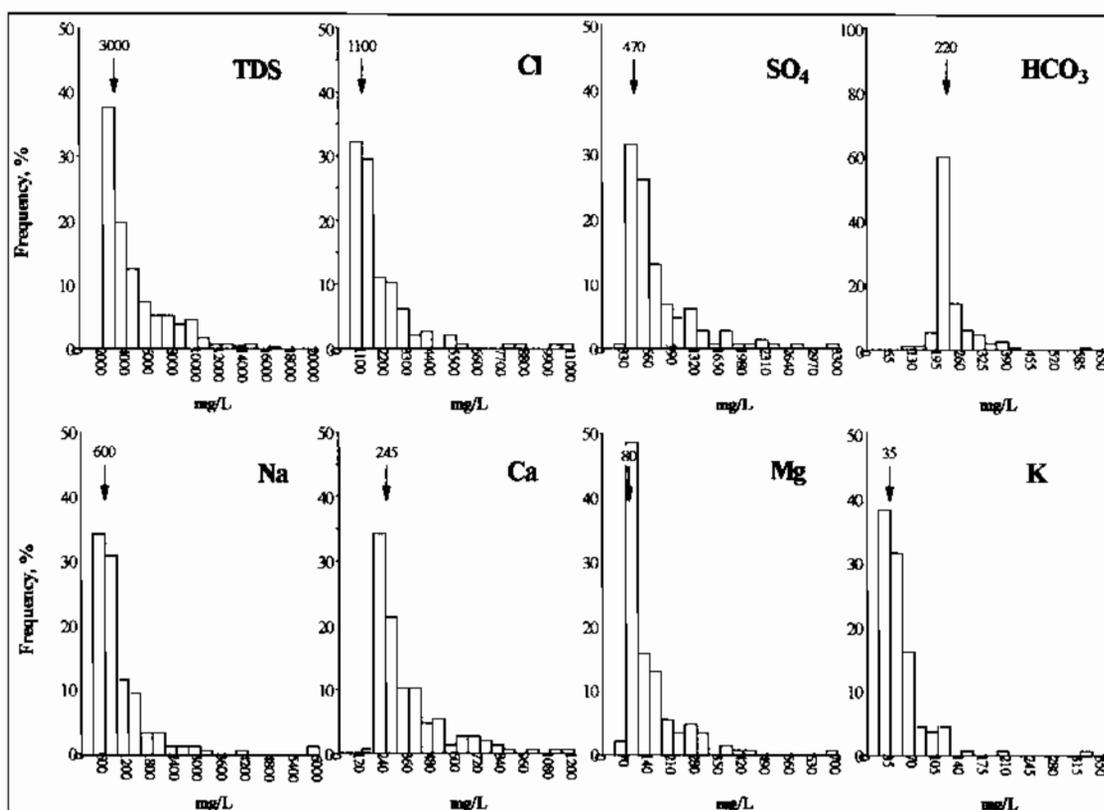
### النتائج والمناقشة

أ. التغيرات المكانية لنوعية المياه الجوفية

جدول (1) يحتوي على ملخصاً إحصائياً لنتائج المسح الهيدروكيميائي، وهذه النتائج ممثلة بيانياً على هيئة توزيع تكراري في شكل (3). كما ذكر سابقاً يغذى خزان الدمام البحرين بواسطة التدفق الجانبي من الخزانات المكافئة له في المنطقة الشرقية بالمملكة،

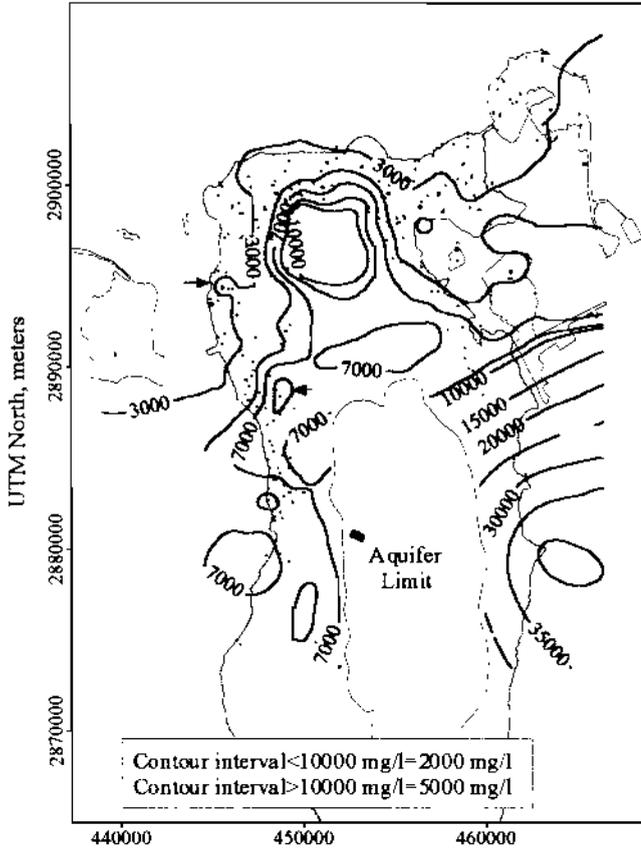
Constituent	N	Mean	Standard Deviation	Mode	Median	Min	Max
TDS, mg/L	254	4679	2723	2240	3455	2120	16640
Cl <sup>-</sup> , mg/L	110	2017	1761	990	1323	788	10615
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , mg/L	110	807	542	441	581	225	3293
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg/L	109	229	59	212	214	104	610
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , mg/L	93	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Na <sup>+</sup> , mg/L	110	1037	907	525	688	421	5819
Ca <sup>2+</sup> , mg/L	110	366	207	220	273	177	1172
Mg <sup>2+</sup> , mg/L	110	140	92	81	107	57	667
K <sup>+</sup> , mg/L	98	53	40	28	40	24	321

ويمكن اعتبار الخواص الهيدروكيميائية لهذه المياه وتركيز المكونات الرئيسية فيها كخلفية أو خط أساس لتراكيز مياه خزان الدمام في البحرين. وتبين الدراسات أن المياه في الجانب السعودي تحتوي على تركيز مجموع الأملاح الكلية الذائبة >3000 ملجم/لتر، كلورايد >1100 ملجم/لتر، كبريتات >470 ملجم/لتر، بيكربونات >220 ملجم/لتر، صوديوم >600 ملجم/لتر، كالسيوم >245 ملجم/لتر، ماغنسيوم >80 ملجم/لتر، وبوتاسيوم >35 ملجم/لتر. وبمقارنة هذه القيم بمتوسط التراكيز المقاسة لمياه خزان الدمام في البحرين (جدول 1) يلاحظ أن هناك ارتفاع عام في تراكيز هذه المكونات عن القيم الخلفية، ويمكن ملاحظة هذا الانحراف بوضوح في شكل (3)، حيث تبين نتائج المقارنة أن حوالي 63% من العينات تحتوي على تركيز أعلى من التركيز الخلفي بالنسبة لمجموع الأملاح الكلية الذائبة، وكذلك بالنسبة للمكونات الرئيسية فهي تتراوح بين 65% إلى 75%، باستثناء البيكربونات (30%). وعليه فإن أغلبية العينات المقاسة لمياه خزان الدمام في البحرين تدل على وجود اختلاط لمياه الخزان بمياه عالية الملوحة داخل البحرين ومنشرة بشكل عالي.



شكل 3. التوزيع التكراري لتركيز الملوحة والمكونات الرئيسية لمياه خزان الدمام

ولبيان التغيرات المكانية للأملاح الكلية الذائبة في مياه خزان الدمام، تم تحضير الخارطة الكنتورية المبينة في شكل (4). ويلاحظ من الشكل أن المياه المغذية للخزان من الجانب السعودي، والممتلئة بخط كنتور >3000 ملجم/لتر، تصل البحرين من ناحية الشمال الغرب، ومع تدفق هذه المياه في اتجاه الجنوبي الشرقي تبدأ نوعيتها في التدهور بشكل كبير لتصل إلى 10000 ملجم/لتر في المنطقة الوسطى الشمالية، وإلى 7000 ملجم/لتر في المنطقة الغربية، وإلى 40000 ملجم/لتر في المنطقة الشرقية.



شكل 4. توزيع ملوحة مياه خزان الدمام

من شكل (4) يمكن تحديد خمسة نطاقات رئيسية لزيادة الملوحة في مياه الخزان في البحرين، وهي مبنية في الشكل بالحروف A، B، C، D، و E. ففي الجانب الشرقي من جزيرة البحرين يوجد اتصال هيدروليكي بين مياه خزان الدمام ومياه البحر حيث تتواجد في جزيرة سترة الواجهة (16000 ملجم/لتر) التي تفصل بين مياه الخزان العذبة نسبياً ومياه البحر المالحة، ولذلك فإن عملية تملح مياه الخزان في نطاق A يعزى أساساً لغزو مياه البحر. أما بالنسبة لنطاقي التملح في المنطقة الشمالية الوسطى (11000 ملجم/لتر) و C في المنطقة الغربية (8000 ملجم/لتر) فهما بسبب الهجرة الرأسية لمياه الروس الواقع أسفل خزان الدمام والتي تحتوي مياهه على ملوحة 12000 ملجم/لتر، ويلاحظ أن اتجاه الخطوط الكنتورية

هو ناحية مناطق السحب الرئيسية من خزان الدمام. في نطاق D، جنوب غربي البحرين، يقع الخزان بالقرب من سبخة الممطلة، والتي تحتوي على مياه تصل الملوحة فيها إلى أعلى من 10000 ملجم/لتر، ولذلك فإن الزيادة في ملوحة الخزان إلى 7000 ملجم/لتر ناتجة من تداخل مياه السبخة في الخزان. أما بالنسبة للنطاق E في منطقة الهملة، فتشير المباحث الهيدرولوجية المبدئية إلى أن زيادة ملوحة الخزان في هذه المنطقة هو بسبب مياه الري الراجعة إلى الخزان.

جدول 2. مقارنة إحصائية لملوحة خزان الدمام للفترة 1979-1992

	1978/79 (N=854)	1991/92 (N=254)
Mean, mg/L	3751	4679
Standard Deviation, mg/L	2385	2723
Mode, mg/L	2432	2240
Median, mg/L	3000	3455
Minimum, mg/L	2016	2120
Maximum, mg/L	29000	16640
Abstraction rate, Mm <sup>3</sup> /y	138	187

ب. التغيرات الزمانية لنوعية المياه الجوفية

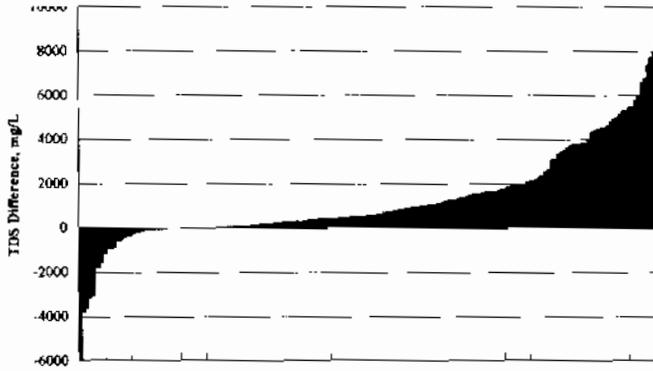
يبين جدول (2) مقارنة بين ملوحة مياه خزان الدمام المائي في الدراسة الحالية (92/1991) وتلك المقاسة في دراسة عام 79/1978 (GDC، 1980)، بينما يبين شكل (5) الفرق في ملوحة

187 بئر تم رصد نوعية مياههم في كلتا الدراستين. ويوضح الجدول أن ملوحة مياه

خزان الدمام قد ارتفعت بنسبة 25% في الفترة من 1979-1992. ويظهر شكل (5) أن الملوحة قد زادت في 79% من الـ 187 بئراً المقارنة، ووصلت أقصى زيادة في ملوحة هذه الآبار إلى 9140 ملجم/لتر، بينما حدث تحسن في ملوحة النسبة الباقية من الآبار (21%)، ووصل أقصى انخفاض في ملوحة هذه الآبار إلى 5980 ملجم/لتر. وبمراجعة معدلات السحب من خزان الدمام نجد أنه في عام 1979 كان معدل السحب من الخزان حوالي 187 مليون متر مكعب وارتفع إلى حوالي 187 مليون متر مكعب في عام 1992، أي بنسبة زيادة 27%. والجدير بالذكر أن معدل السحب الأمن المقترح لخزان الدمام في البحرين يتراوح بين 90 و 112 مليون متر مكعب سنوياً. وهذا يعني أن معدل السحب الحالي يصل إلى حوالي ضعف المعدل المقترح، الأمر الذي يفسر التدهور المستمر في نوعية مياه خزان الدمام في البحرين.

وللتعرف على التوزيع المكاني لهذه التغيرات الزمانية تم تمثيل الفروقات المحسوبة على

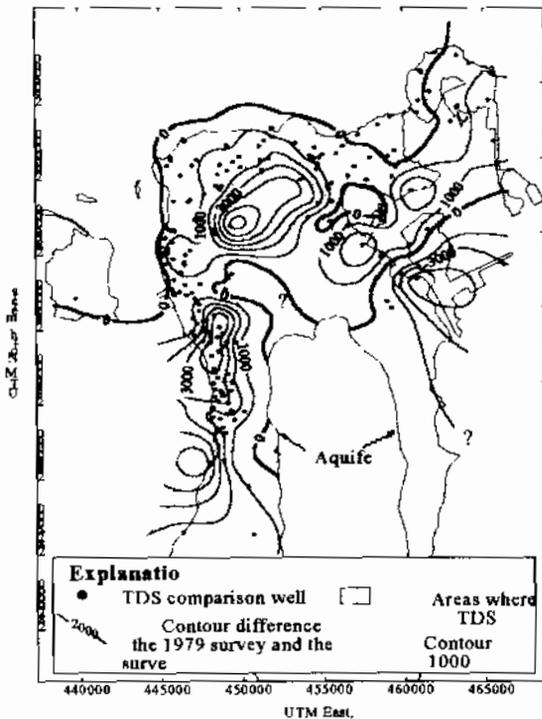
شكل 5. توزيع الفرق في الملوحة بين عام 1979 وعام 1992



هيئة خارطة كنتورية في شكل (6)، والذي يدل على أن التدهور في نوعية مياه الخزان قد لحقت بمعظم مناطق البحرين. ويبين الشكل أن أغلبية المناطق التي حصل بها زيادة في ملوحة المياه تتطابق مع مناطق السحب الرئيسية للأغراض الزراعية والبلدية والتي تقع في المناطق الشمالية الغربية، الغربية، والغربية الجنوبية. وتبين

الخارطة كذلك أن تملح خزان الدمام بواسطة التسرب الرأسي لمياه الروس، والذي كان تأثيره محصوراً في المنطقة الشمالية الوسطى، قد امتد إلى معظم مناطق البحرين ليصبح المصدر الرئيسي لتملح خزان الدمام في البحرين.

ومن جهة أخرى نجد أن نوعية مياه التغذية للخزان والمتدفقة من الجانب السعودي لم تتغير بشكل كبير خلال الفترة 1979 إلى 1992، حيث لم تطرأ تغيرات عالية في ملوحة المياه في المناطق الشمالية والشمالية الغربية (لاحظ الخط الكنتوري ذو قيمة تغير 0). بالإضافة لذلك، نلاحظ أن هناك منطقتين، وهما شمال المنامة وجزيرة سترة، قد مرتا بتحسن في



نوعية مياهها خلال هذه الفترة. ويعزى انخفاض ملوحة مياه الخزان في منطقة المنامة بحوالي 500 ملجم/لتر إلى خفض معدل السحب من خزان الدمام للأغراض البلدية في هذه المنطقة بحوالي 20 مليون متر مكعب وإحلال المياه المحلاة مكانها، بينما يعزى انخفاض ملوحة مياه الخزان في جزيرة سترة إلى هجرة المزارع بسبب زيادة ملوحة مياه الخزان المستخدمة للري وتوقف السحب التدريجي ابتداءً من الثمانينات من هذه المنطقة، الأمر الذي أدى إلى ثبات المستويات البيزومترية للخزان نوعاً ما والتقليل من غزو مياه البحر للمنطقة.

## الاستنتاجات

يتبين من الدراسة الهيدروكيميائية والتحليل المكانية لخزان الدمام المائي في البحرين أن المياه التي تغذي خزان الدمام في دولة البحرين من الجانب الشرقي للمملكة العربية السعودية بواسطة التدفق الجانبي، تتأثر نوعيتها بشكل كبير بسبب غزو واختلاط هذه المياه بأربعة مصادر لمياه ذات ملوحة عالية، وهي: (1) غزو مياه البحر للخزان في المنطقة الشرقية؛ (2) الهجرة الرأسية لمياه الروس المائلة إلى الملوحة للخزان في المنطقة الشمالية الوسطى والمنطقة الغربية؛ (3) تداخل مياه السبخات في المنطقة الغربية الجنوبية؛ و(4) مياه الري الراجعة في منطقة الهملة في شمال غرب البحرين.

وبينت التحليل الزمانية لنوعية مياه الخزان أن 80% من أصل 187 بئراً قد زادت مستويات الملوحة فيها عن ما تم تسجيله في دراسة سابقة في عام 1979، وأن تملح خزان الدمام بواسطة التسرب الراسي لمياه الروس، والذي كان تأثيره محصوراً في المنطقة الشمالية الوسطى، قد أمتد إلى معظم مناطق البحرين ليصبح المصدر الرئيسي لتملح الخزان في البحرين، وأن مياه الري الراجعة أصبحت أحد المصادر الحديثة لتملح الخزان بسبب توافر ظروف هيدروليكية مناسبة للمياه السطحية للتدفق إلى الخزان.

ويعزى التدهور المستمر في نوعية مياه الخزان إلى الزيادة المستمرة في معدلات السحب منه، والتي تصل حالياً إلى حوالي ضعف معدل السحب الآمن المقترح له، الأمر الذي أدى إلى هبوط مستوياته المائية والسماح للمياه المالحة السطحية وتحت السطحية بتلويث مياهه. ومن جهة أخرى تبين أن ملوحة المياه المتدفقة من الجانب السعودي لم تطرأ عليها تغيرات هامة في الفترة من 1979 إلى 1992، وكذلك تم رصد تحسن نسبي في نوعية مياه الخزان في منطقتين من مناطق البحرين بسبب توقف أو تخفيض السحب فيهما، الأمر الذي يدل على أن تحسين نوعية مياه الخزان ممكن بواسطة خفض السحب في المناطق المتضررة به.

وعليه فإنه يمكن الاستنتاج من العرض السابق أن مستوى السحب من الخزان الجوفي هو العامل الرئيسي المؤثر للتحكم في إدارة نوعيته، وأنه إذا لم يتم خفض مستويات السحب الحالية إلى مستويات مقاربة من حدود السحب الآمن للخزان بواسطة المصادر البديلة الأخرى أو ترشيد الاستخدام وخصوصاً في المناطق المتدهورة منه، فإن تدني نوعية مياه

الخران سيستمر وجاهزيته للاستخدام المباشر في البحرين ستتقلص ويمكن أن تتعدم مستقبلاً.

## التوصيات

يمكن الاستفادة من هذه الدراسة في رسم الخطوط والإجراءات الإدارية العامة للتحكم في نوعية مياه خزان الدمام في البحرين واسترجاع مستوياتها السابقة في ضوء خيارات الإدارة المائية المتاحة حالياً والتي تهدف أساساً إلى تقليل معدلات السحب من الخزان، حيث يقترح الآتي:

- 1- استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً في الزراعة وإحلالها محل المياه الجوفية المستخدمة في الري: يقترح إعطاء الأولوية القصوى لإحلال هذه المياه محل مياه خزان الدمام المستخدمة للزراعة في منطقتين زراعتين وهما: المنطقة الغربية المتأثرة بغزو مياه الروس والمنطقة الجنوبية الغربية المتأثرة بمياه السبخات، وذلك لتدني نوعية مياه هاتين المنطقتين الزراعتين إلى الحدود الهامشية لنوعية مياه الري (4000-7000 ملجم/لتر)، الأمر الذي سيساعد على تقبل المزارعين للمياه المعالجة وإحلالها بدلاً من المياه الجوفية المستخدمة حالياً. ويقترح إعطاء أولوية ثانوية للمناطق الزراعية المهجورة في المنطقة الشمالية الوسطى والمنطقة الشرقية، بينما يقترح إعطاء المناطق الشمالية والشمالية الغربية، المتلقية لأفضل نوعية للمياه في البحرين (>3000 ملجم/لتر)، أدنى أولوية لاستخدام هذه المياه في الزراعة.
- 2- خزن مياه الصرف الصحي المعالجة ثنائياً (و مستقبلاً ثلاثياً) غير المستغلة في خزان الدمام في المنطقة الشرقية المتأثرة بغزو مياه البحر، بواسطة الحقن الصناعي للخران ولتكوين حاجز هيدروليكي ضد غزو مياه البحر.
- 3- التقليل من الاعتماد على المياه الجوفية للاستخدام البلدي في المناطق الشمالية الغربية وإحلالها بمياه محطات التحلية.

## المراجع

- Zubari, WK, Khater, AR, Al-Noaimi, MA, and SS Al-Junaid, 1997, Spatial and temporal trends in groundwater salinity in Bahrain. *The Arabian Journal for Science and Engineering*, vol. 22, no. 1C, pp. 81-94.
- Zubari, WK, Madani, IM, Al-Junaid, SS, and MA Al-Noaimi, 1996, The applicability of the WHO drinking water guidelines to an arid region. *International Journal of Environmental Health Research*, vol. 6, pp. 263-276.

Zubari, WK, Madani, IM, Al-Junaid, SS, and S Al-Manaii, 1994, Trends in quality of groundwater in Bahrain with respect to salinity, 1941-1992. *Environment International*, vol. 20, no. 6, pp. 739-746.

## المصادر غير التقليدية لتلوث مياه الشرب

إسماعيل محمد المدني

جامعة الخليج العربي  
المنامة - البحرين

### المقدمة

تعاني معظم دول العالم الآن من مشكلة مزمنة تتمثل في تدهور كمي ونوعي في مصادر المياه، وهذه المشكلة تزداد سوءاً في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تنقصها أصلاً المصادر الطبيعية للمياه، ولذلك فإن حماية المصادر المائية ورعايتها وتميئتها يجب أن تعد من الأولويات الرئيسية لهذه الدول.

والبحرين من الدول التي تعتمد اعتماداً كلياً على المياه الجوفية كمصدر طبيعي وحيد للمياه العذبة، مما يؤكد على أهمية وضرورة اتخاذ وتطبيق جميع الإجراءات والاحتياطات اللازمة للحفاظ عليها من الناحيتين الكمية والنوعية.

وقد كانت المياه الجوفية حتى عام 1975 هي المورد الأساسي للحصول على المياه لاستخدامها للشرب والأغراض البيئية والزراعية، ولكن هناك العديد من العوامل التي اضطرت البحرين إلى استحداث البدائل استجابة للطلب المتزايد والمستمر على المياه، إضافة إلى التدهور الشديد الذي أصاب المياه الجوفية. ومن هذه البدائل بناء محطات للتحلية، بدءاً بعام 1975 عندما بنيت محطة سترة لتحلية ماء البحر، ومن ثم التوجه نحو معالجة مياه المجاري واستخدامها للأغراض الزراعية.

وقد نشرت بعض الدراسات لتشخيص هذا الوضع الخطير للمياه الجوفية في البحرين، وطرح الحلول المناسبة لها، ولكن معظم هذه البحوث ركزت على جانب واحد فقط من هذه المشكلة المائية، وهو الجانب الكمي، من حيث تحديد الانخفاض في المستويات المائية الجوفية مع الزمن. أما من ناحية نوعية المياه، فالكثير من هذه الدراسات تناولت مكون واحد يؤثر على نوعية المياه، وهو الملوحة، وأغفلت المكونات الأخرى الكثيرة التي تدهور نوعية المياه، ولها أبعاد صحية واجتماعية واقتصادية تفوق بكثير تلك الناجمة عن ارتفاع الملوحة.

ولذلك تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على المصادر التي تؤثر على نوعية المياه الجوفية ونوعية مياه الشرب التي يستهلكها المواطن، مع التركيز على الملوثات غير التقليدية التي تدهور نوعيتها.

## الدراسات السابقة

هناك العديد من الدراسات التي أجريت حول الوضع المائي للبحرين، ولكن معظم هذه الدراسات جاءت على صورة تقارير غير منشورة، وكان أول هذه التقارير في عام 1924 متعلقاً بالعيون الطبيعية في البحرين، ثم أجرت شركة بابكو بعض الدراسات بدءاً بعام 1937 حول الأوضاع الجيولوجية والمائية(1)، وبعدها قام معهد العلوم الجيولوجية البريطاني في الستينات بدراسات عن الواقع المائي في البلاد بشكل عام(2). وفي مطلع السبعينات قامت شركة استشارية بإجراء دراسات علمية شاملة تضمنت مسح كامل للآبار الارتوازية والعيون الطبيعية(3)، ثم في نهاية السبعينات قامت شركة استشارية أخرى بعمل دراسات متكاملة عن المياه الجوفية، ووضعت نموذجاً حسابياً لحوض الدمام وأم الرضمة لمعرفة العلاقة بين كمية المياه وأنماط الاستهلاك المختلفة، وأكدت هذه الدراسة على أن حوض الدمام في البحرين تتم تغذيته من السعودية، وأن هذا الحوض يعاني من الاستهلاك غير الرشيد، وأن هناك عجزاً واضحاً في الميزان المائي(4)، وقد قام بعض الباحثين باستعراض هذه الدراسات السابقة وتحليلها واستخلاص التوصيات الهامة منها(5،6).

ومن جهة أخرى فهناك بعض البحوث المنشورة حول الوضع الحالي للمياه الجوفية ومياه الشرب، منها الدراسات حول العلاقة بين العمليات التتموية والموارد المائية(6،7)، والتغير التاريخي في ملوحة المياه الجوفية(8،9)، ودراسات أخرى عن التغير في نوعية المياه في بعض العيون الطبيعية(10،11)، وقياس نسبة عنصرى الفلوريد والأويديد(12) والبكتيريا في المياه الجوفية ومياه الشرب(11،13) وقياس تركيز العناصر الثقيلة وبعض المركبات الكيميائية الأخرى في مياه الشرب(14،15)، إضافة إلى البحوث المتعلقة بتقديم نماذج رياضية(16).

والجدير بالذكر أن معظم هذه الدراسات تركز بشكل واضح على التغير الزمني في كمية المياه في طبقات المياه الجوفية، وفي درجة أقل على نوعية هذه المياه. وعند البحث في نوعية المياه الجوفية، فإن أغلب هذه الدراسات غير شاملة، كما تشير إلى ارتفاع الملوحة كمقياس على تدهور نوعية هذه المياه، وتغفل المؤشرات الكثيرة الأخرى التي تؤثر بدرجة أكبر على نوعية المياه والتي لها تأثير أعمق وأشد على صحة الإنسان وسلامته. ومعظم الدول الآن تؤكد على ضرورة إجراء التحاليل لعدد كبير من الملوثات الكيميائية خاصة، فعلى سبيل المثال تقوم ولاية

تكساس الأمريكية بإجراء التحاليل على مياه الشرب لـ 126 مادة كيميائية مختلفة. أما المياه الجوفية الموجودة في مناطق التلوث، مثل مناطق دفن المخلفات، فإن عدد المكونات التي يتم تحليلها فيصل إلى 232 ملوثاً، حسب متطلبات وكالة حماية البيئة الأمريكية (17-19).

ولذلك لا بد من تناول هذا الجانب الحيوي الهام والتعرف على المصادر المحتملة لتلوث المياه الجوفية والتي تنعكس مباشرة على مياه الشرب، ونوعية الملوثات التي تأتي من هذه المصادر.

### مصادر تلوث مياه الشرب

هناك العديد من المصادر غير التقليدية التي من المحتمل أن تلوث مياه الشرب، ويمكن تصنيفها كما يلي:

#### أولاً: تلوث مصدر المياه نفسه

هناك مصدران لمياه الشرب في البحرين، المصدر الأول هو تحلية مياه البحر والمياه الجوفية شديدة الملوحة، والمصدر الثاني هو استخدام المياه الجوفية بشكل مباشر أو بعد خلطها مع المياه المحلاة. ولذلك فإن تلوث المياه الجوفية ومياه البحر ينعكس بشكل مباشر على نوعية مياه الشرب.

وسنستعرض هنا أهم المصادر الملوثة للمياه الجوفية والمؤثرة على نوعيتها، مع التركيز على المصادر والملوثات غير التقليدية.

### 1. مواقع دفن المخلفات

تعد المناطق الخاصة بدفن المخلفات المنزلية والصناعية من أخطر المصادر الملوثة للمياه الجوفية. أما بالنسبة لمواقع دفن المخلفات المنزلية فإنها عادة ما تتعرض للملوثات التي تنتج عن تحلل المواد العضوية الموجودة في المخلفات المنزلية، وهذه المواد المتحللة تعرف بالرشيح والذي يتكون من خليط معقد من الملوثات العضوية وغير العضوية (20-22). والدراسات أكدت وصول الرشح إلى المياه الجوفية، فهناك دراسة أشارت إلى وجود مركبات عضوية متطايرة في المياه الجوفية الواقعة تحت مناطق دفن المخلفات المنزلية مثل البنزين والكلورين وثلاثي كلوروا الاثيلين (23،24)، إضافة إلى الملوثات الأخرى.

أما بالنسبة لمواقع دفن المخلفات الصناعية، فإن نوعية الملوثات الموجودة في هذه المخلفات هي التي تحدد نوعية الملوثات التي تصل إلى المياه الجوفية. وهناك الكثير من الدراسات التي أكدت وجود هذا المصدر لتلويث المياه الجوفية وانتشاره في الكثير من دول العالم (25). فعلى سبيل المثال، المواقع الصناعية التي تقوم بإنتاج المبيدات ودفن مخلفاتها في هذه المواقع، وجدت أنها لوثت المياه الجوفية بالمركبات العضوية الكلورة مثل الكلوردين والهبتاكلور والدرين واندريين (26)، والمواقع التي تقوم بصناعة الأسلحة والمتفجرات وجدت المياه الجوفية فيها ملوثة بمادة ال تي. إن. تي وغيرها من المواد المتفجرة، والمواقع المستعملة لمعالجة الأخشاب وجدت في المياه الجوفية ملوثات مثل الكرسوت وخماسي كلورو الفينول والفينول، والمواقع المستخدمة لتخزين ال بي. سي. بي ومركبات الفريون لوثت المياه الجوفية بهذه الملوثات (25). كذلك اكتشف كلوريد الفينيل المسرطن في المياه الجوفية الواقعة بالقرب من موقع لفن المخلفات الصناعية والمنزلية، حيث إن هذا الغاز استخدم سابقا في البخاخات كغاز طارد ويستخدم الآن لصناعة الأنابيب البلاستيكية المعروفة ب بي. في. سي. كذلك أجريت دراسة مؤخرا في المملكة العربية السعودية في المنطقة الصناعية الواقعة في المنطقة الشرقية، وأشارت إلى تلوث المياه الجوفية الواقعة تحت هذه المنطقة الصناعية وارتفاع تركيز بعض الملوثات فيها مثل الألمنيوم والكادميوم والكروميوم والكوبلت والنيكل.

ولذلك لا بد من إجراء دراسات شاملة على المواقع الصناعية التي كانت تستخدم لتخزين المواد الكيميائية والمخلفات الناتجة عن العمليات الصناعية، بحيث تشمل هذه الدراسات على تحليل التربة في هذه المواقع والمياه الجوفية الموجودة تحتها، كما أن هناك حاجة إلى معرفة نوعية المياه الجوفية تحت المناطق التي كانت تستخدم لدفن المخلفات المنزلية والصناعية.

## 2. مواقع تخزين الوقود

المواقع التي تستعمل لتخزين الوقود بجميع أنواعه، وبخاصة تلك التي تخزن الوقود تحت سطح الأرض، تعتبر من أخطر المواقع الحضرية التي تلوث المياه الجوفية. فهناك العديد من المصادر التي تسبب تلوث المياه من هذه الخزانات، منها تسرب الوقود من الخزانات نفسها، أو تسربها من الأنابيب والصمامات، أو التسرب أثناء الشحن والتفريغ. وهناك حوادث كثيرة وقعت في مختلف دول العالم نتيجة لتلوث المياه الجوفية بالمركبات الهيدروكربونية البترولية بسبب التسربات من خزانات الوقود. ففي الفترة من 1989 إلى 1993، 85% من مصادر تلوث المياه في ولاية تكساس الأمريكية كانت من خزانات الوقود (27)، كما أن هناك عدة حوادث لتسرب الزيت من هذه الخزانات قد وقعت في البحرين أيضا. وهذا المصدر لتلوث المياه الجوفية يصل بشكل مباشر إلى مياه الشرب التي يستهلكها المواطنون، والتي تعتمد أساسا على المياه الجوفية، وهناك دراسة تشير إلى أن

تلوث مياه الشرب بالمركبات الهيدروكربونية البترولية يعد من المشكلات العامة في الولايات المتحدة الأمريكية (27). أما نوعية الملوثات فتعتمد على نوعية الوقود المتسرب، فالجازولين، على سبيل المثال يلوث المياه الجوفية بالمركبات العضوية المتطايرة، وبخاصة بمركب الايثر (MTBE)، وثنائي بروميد الاثيلين، ومركبات الرصاص العضوية، وهذه المركبات تضاف إلى الجازولين لتحسين حرقه في السيارات (28).

### 3. مياه المجاري

- المياه الجوفية من المحتمل أن تتلوث بمياه المجاري من مصادر عدة منها:
- التسرب والترشيح من البلاعات الموجودة في المنازل وغيرها.
  - التسرب من أنابيب نقل مياه المجاري.
  - التسرب أثناء معالجة مياه المجاري.
  - ترشيح الملوثات من مواقع تخزين حمأة مياه المجاري.

وتعتبر مياه المجاري من المصادر الرئيسية لتلوث المياه الجوفية (26،29)، كما أن هناك بعض الأمراض التي تنجم عن استهلاك هذه المياه الملوثة، مثل البراتيفويد والدوسنتاريا والكوليرا، والكثير من الحوادث المميتة وقعت بسبب ذلك (30). وقد أشارت الدراسة التي أجريت في الأردن أن المياه الجوفية ومياه الشرب في بعض المناطق التي لا تعالج فيها مياه المجاري بشكل سليم، ملوثة بالنيترات والبكتيريا (31).

وهناك العديد من الملوثات الحيوية والكيميائية التي تشير إلى تلوث المياه الجوفية بمياه المجاري. أما المؤشر الخاص بالملوثات الحيوية فهي البكتيريا القولونية بشكل عام وبكتيريا القولون البرازية بشكل خاص، إضافة إلى بعض أنواع الفيروسات والطفيليات (32)، وبالنسبة للمؤشرات الكيميائية، فمن أهمها النيترات (33)، إضافة إلى المواد الكيميائية العضوية مثل المنظفات بأنواعها المختلفة، وبخاصة تلك المستعملة في التنظيف الجاف وهي رباعي كلوروا الاثيلين (25). كذلك فإن وجود مركبي البورون وال (EDTA) الموجودين في المنظفات يعتبران أحد المؤشرات لتلوث المياه الجوفية بمياه المجاري (34).

### 4. الأنشطة الزراعية

- الأنشطة الزراعية المختلفة تلوث المياه الجوفية بالطرق التالية:
- استخدام الأسمدة الكيميائية مثل الأمونيا واليوريا والفوسفات وغيرها.
  - استخدام مختلف أنواع المبيدات مثل مبيدات الحشرات والأعشاب والفطريات.

- مخلفات الحيوانات، ومحسنات التربة.
- مخلفات الصرف الزراعي.

وتعتبر المبيدات من أخطر أنواع الملوثات التي تهدد صحة الإنسان، وأكثرها شيوعاً بالنسبة لتلوثها للمياه الجوفية، ففي الولايات المتحدة الأمريكية، أشارت دراسة بأن المياه الجوفية في 37 ولاية ملوثة بالمبيدات (35)، وأن مركب الأترزين وجد في أكثر عينات المياه التي تم تحليلها. كذلك أكدت دراسة أخرى مماثلة أجريت في بريطانيا أن المياه الجوفية في بعض المناطق ملوثة بالمبيدات، وأكثرها شيوعاً هو مركب الأترزين (36).

أما بالنسبة للأسمدة والمخلفات الحيوانية، فإن وجود مركب النترات في المياه الجوفية يعتبر أهم مؤشر على وجود هذين المصدرين. وهناك الكثير من الدراسات التي أشارت إلى ارتفاع تركيز النترات في المناطق التي تستخدم فيها الأسمدة النيتروجينية (37-39). كما أن ارتفاع نسبة البوتاسيوم يعد أيضاً مؤشراً آخر على التسميد الكيميائي الكثير (34).

وهذا يدعونا إلى ضرورة الاستخدام الرشيد للأسمدة ومحاولة استبدالها بالأسمدة العضوية، كما يجب التقليل من استعمال المبيدات، والتأكد من نوعية المبيدات المستخدمة، إضافة إلى إجراء الدراسات الشاملة والمتكاملة للمياه الجوفية الموجودة في هذه المناطق للتأكد من خلوها من هذه الملوثات السامة.

## 5. مناطق آبار النفط والغاز الطبيعي

عمليات الحفر والتقيب عن النفط والغاز الطبيعي من المحتمل أن تلوث المياه الجوفية عن عدة طرق (40)، هي:

- أثناء الحفر.
- تسربات السوائل المستخدمة في عمليات الإنتاج.
- تسربات السوائل المستخدمة في عمليات المعالجة.
- المخلفات الناجمة عن العمليات والأجهزة مثل زيوت الضاغطات والمذيبات والمنظفات.
- تسربات من عمليات النقل.

ومن بين هذه المصادر المذكورة، تعتبر المياه المالحة من أهمها، حيث إنها تحتوي على بعض العناصر الثقيلة مثل الزئبق والزرنيخ والرصاص والباريوم، إضافة إلى المركبات العضوية مثل البنزين والطورولين والمركبات العطرية متعددة الحلقات.

وقد أجريت دراسة في منطقة القصيم بالمملكة العربية السعودية لمعرفة أسباب ارتفاع المصابين بسرطان المريء في القصيم مقارنة بالمناطق الأخرى، حيث أشارت إلى أن تلوث مياه الشرب بالمنطقة بالمركبات الهيدروكربونية البترولية يعد من الأسباب المؤدية إلى ذلك، كما أشارت إلى التلوث ناتج عن وجود الآبار النفطية في هذه المنطقة(41).

## 6. التلوث عبر الحدود

من المعروف أن المياه الجوفية الموجودة في البحرين تمثل جزءاً من الخزان الجوفي الواسع الامتداد والمسمى بالخزان العربي الشرقي الذي يمتد من صحراء الدهناء إلى المنطقة الشرقية بالمملكة العربية السعودية، ولذلك فإن أي تلوث للمياه في هذه المناطق يؤثر على نوعية المياه التي تصل إلى البحرين، مما يعني ضرورة إجراء تحليل شامل للمياه التي تأتي من المملكة العربية السعودية. ومثل هذا المصدر للتلوث قد وقع فعلاً في بعض الدول كالمنطقة الحدودية بين المكسيك وولاية أريزونا الأمريكية، حيث إن المياه الجوفية التي تصل إلى ولاية أريزونا تكون عادة ملوثة بسبب عدم كفاءة محطات معالجة مياه المجاري في مدينة سونورا المكسيكية(42).

## 7. تلوث مياه البحر

تلوث مياه البحر يؤدي إلى تدهور مياه الشرب عن طريقيين. الطريق الأول أن عمليات التحلية لن تستطيع التخلص من جميع الملوثات الموجودة في ماء البحر، ولذلك فإن نسبة صغيرة من هذه الملوثات تصل إلى المياه التي يستخدمها الإنسان. أما الطريق الثاني، فإن تلوث البحر يؤدي بشكل مباشر إلى تلويث المياه الجوفية، إما من خلال عمليات الحفر غير السليم في البحر(43)، وإما من خلال حركة المد والجزر، أو عن طريق غزو مياه البحر. فقد أشارت دراسة إلى أن غزو مياه البحر المالحة لطبقات المياه الجوفية الساحلية أدى إلى ارتفاع تركيز عنصريري الرصاص والكاديوم في المياه الجوفية(44).

## ثانياً: التلوث أثناء المعالجة والتحلية

هناك الكثير من الملوثات الكيميائية والحيوية التي قد تدخل في الماء أثناء عمليات المعالجة والتحلية. فعلى سبيل المثال، يستخدم الكلورين لتعقيم وتطهير مياه الشرب لمنع الأمراض المعدية، وهذا العنصر يتفاعل مع بعض المركبات العضوية الموجودة أحياناً في بعض المياه، فيولد ملوثات تؤثر على صحة الإنسان، ومنها مركبات تعرف بثلاثي هالوجين الميثان (THMs)، وبالتحديد الكلورفورم، وبرومو

ثنائي كلوروا الميثان، وثلاثي برومو الميثان، وثنائي برومو الميثان، وهذه الملوثات تم اكتشافها في مياه الشرب في البحرين والمملكة العربية السعودية والكثير من الدول الأخرى(45،46).

كذلك في حالات أخرى تستعمل بعض المواد الكيميائية في عمليات التيسير وإزالة الجسيمات الدقيقة، مثل الومينات الصوديوم، وكربونات الصوديوم، وهيدروكسيد الكالسيوم، وكبريتات الألمنيوم، وكلوريد الحديدية وغيرها من المركبات الكيميائية، وهذه تبقى بعضها في الماء فتؤثر على نوعيتها. فعلى سبيل المثال، أشارت دراسة أجريت في المملكة العربية السعودية إلى ارتفاع بعض المواد الكيميائية في المياه مثل الألمنيوم بسبب استعمال الومينات الصوديوم في عملية التخثير والتيسير(47).

### ثالثاً: التلوث أثناء التوزيع

من المصادر الملوثة لمياه الشرب هي الأنابيب ومواد اللحام والتوصيل والصمامات. أما بالنسبة للأنابيب فإن نوعية الملوثات تعتمد على نوعية الأنابيب المستخدمة، ففي السابق كانت تستخدم أنابيب الرصاص، وكان الرصاص هو الملوث الرئيس لمياه الشرب، والآن تستخدم الأنابيب البلاستيكية، مثل إلى بي.في.سي، أو أنابيب الرصاص والزنك، وهذه الأنابيب تتآكل مع الزمن وتترشح منها مختلف أنواع الملوثات. فهناك دراسة أجريت في المملكة العربية السعودية، وأشارت إلى ارتفاع نسبي في تركيز الكاديوم في مياه الشرب بسبب استخدام مادة البراس (النحاس الأصفر) (48)، كما أشار البحث الذي أجري في البحرين إلى ارتفاع تركيز النحاس والزنك في مياه الشرب وعزي ذلك إلى استعمال الأنابيب المعدنية(14).

### رابعاً: التلوث أثناء التخزين

هناك الكثير من الدراسات التي أكدت أن الخزانات تعتبر من المصادر الرئيسة لتلوث مياه الشرب، فقد أشارت بعض البحوث إلى أن المعادن تترشح من الخزان فتلوث المياه، كما أشارت دراسات أخرى أن برادات المياه أيضاً تلوث مياه الشرب ببعض المعادن الثقيلة، منها البحثان اللذان أجريا في الكويت والمملكة العربية السعودية(49،50).

كذلك بينت بعض البحوث أن الزجاجات والعبوات البلاستيكية والسدادات التي توضع عليها، إضافة إلى الظروف التي تخزن فيها هذه العبوات تعتبر من المصادر الملوثة لمياه الشرب، وبخاصة التلوث الحيوي(51).

## المصادر

1. Hamilton, N. Water resources of Bahrain island. Bahrain Petroleum Company (1965).
2. Wright, E. Report on groundwater resources of Bahrain islands. Institute of Geological Survey, U.K. (1967).
3. Italconsult. Water and agricultural studies in Bahrain. Ministry of Commerce and Agriculture (1971).
4. GDC (Groundwater Development Consultants). Umm Er Radhuma study, Bahrain assignment. Vol. 3, Ministry of Commerce and Agriculture (1980).
5. أمان، مبارك. تصورات حول أزمة المياه وقضايا الأمن المائي في دولة البحرين. ورقة مقدمة إلى لقاء الخبراء حول الأمن المائي، دمشق 13-16 نوفمبر 1989، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا.
6. Zubari, W., Mubarak, M. and Madany, I. Development impacts on groundwater resources in Bahrain. Water Resources Development, 9,263-279(1993).
7. المدني، إسماعيل. تدهور المياه الجوفية في البحرين. ورقة مقدمة إلى ندوة الأبعاد الاقتصادية والبيئية للتنمية في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، دولة الإمارات العربية المتحدة 13-15 مارس 1990، جامعة العين.
8. Zubari, W., Madany, I., Al-Junaid, S. and Al-Manaii, S. Trends in the quality of groundwater in Bahrain with respect to salinity, 1941-1994. Environment International, 20,739-746(1993).
9. زباري، وليد، المدني، إسماعيل، الجنيد، صباح، المناعي، شوقي. التغير في ملوحة المياه الجوفية في دولة البحرين في الفترة من 1941 إلى 1992. مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية، المجلد رقم 78، 99-114(1995).
10. Madany, I. and Akhter, M. Assessment of the chemical and physical properties of Adari spring water in Bahrain. Environment International, 16, 297-300(1990).
11. Khungi, Z. and MUSAIGER, A. Bacteriological quality of spring waters in Bahrain. The Environmentalist, 10,135-139(1990).
12. Mohamed, A. and Jamali, S. Potentiometric determination of fluoride and iodide in natural and processed waters of Bahrain using ion-selective electrodes. Water Research, 23,659-662(1989).
13. MUSAIGER, A. and Khungi, Z. Chemical quality of drinking waters in Bahrain. Journal Royal Society Health , 3,104-105(1990).
14. Raveendran, E. and Juma, H. Trace metals in drinking water of Bahrain. Journal Water Research Technology, 38,305-310(1989).
15. Raveendran, E. and Madany, I. The quality of groundwater in Bahrain. The Science of the Total Environment, 103,177-183(1991).

16. Zubari, W. and Khater, A. Brackish groundwater resources in Bahrain: current exploitation, numerical evaluation and prospect for utilization. *Water Resources Management*, 9,277-297(1995).
17. Texas State Soil and Conservation Board. A comprehensive study of Texas watersheds and their impact on water quality and water quantity. P. 131-137, Austin, Texas (January 1991).
18. <http://www.tec.org/almanac/qualitych2p7.html#agricontam>.
19. <http://www.ec.gc.ca/water/index.htm>.
20. المدني، إسماعيل وأبوشوشة، محمد. القمامة المنزلية وطرق الاستفادة منها. الهيئة البلدية المركزية، البحرين(1992).
21. Al-Muzaini, S., Beg, M. and Muslmani, K. Characterization of landfill leachates at a waste disposal site in Kuwait. *Environment International*, 21,399-405(1995).
22. Zoller, U. *Groundwater contamination and control*. Marcel Dekker, Inc. New York (1994).
23. Karnchanawong, S. and Koottatep, S. Monitoring and evaluation of shallow well water quality near a waste disposal site. *Environment International*, 19,579-587(1993).
24. Mike, M. and Huitric, R. Simulating errors in statistical tests of leachate-impacted ground-water quality. *Ground Water*, 31,645-653(1993).
25. Lesage, S. and Jackson, R. *Groundwater contamination and analysis at hazardous waste site*. Marcel Dekker, Inc. New York (1992).
26. The World Resource Institute. *World Resources 1998-99*. Washington, D.C. (1998).
27. Beavers, J. et al. Exposure in a household using gasoline contaminated water. *Journal Occupational and Environmental Medicine*, 38,35-38(1996).
28. Bruce, B. and McMahon, P. Shallow ground-water quality beneath a major urban center: Denver, Colorado. *Journal of Hydrology*, 186,129-151(1996).
29. The World Resources Institute. *World resources 1994-95*. Washington, D.C. (1994).
30. Frost, F. Craun, G. and Calderon, R. Waterborne disease surveillance. *Journal American Water Work Association*, 88,66-75(1996).
31. التل، سفيان، وساره، ياسر. حالة البيئة في الأردن. دائرة البيئة، وزارة الشؤون البلدية والقروية، الأردن(1989).
32. Perz, J., Ennever, F. and Le Blancq, S. *Cryptosporidium* in tap water. *American Journal of Epidemiology*, 147,289-301(1998).

33. Tuthill, A., Meikle, D. and Alavanja, M. Coliform bacteria and nitrate contamination of wells in major soils of Frederick, Maryland. *Environmental Health*, 53,16-20(1998).
34. Trauth, R. and Xanthopoulos, C. Non-point pollution of groundwater in urban area. *Water Research*, 31,2711-2718(1997).
35. Fairchild, D. Groundwater quality and agriculture practices. Lewis publication, Chelsea, MI, pp. 153-174 (1987).
36. Walls, D., Smith, P. and Mansell, M. Pesticides in groundwater in Britain. *International Journal Environmental Health Research*, 6, 55-62(1996).
37. Tinker, J. Groundwater monitoring. *Journal Environmental Health*, 53, 26-28(1990).
38. الهندي، عبدالله. التسميد المكثف وأضراره على البيئة. مؤتمر التنمية وتأثيرها في البيئة، الرياض 21-23 سبتمبر 1997، وزارة الشؤون البلدية والقروية، المملكة العربية السعودية، ص156.
39. نيكولا، موكوتا. تلوث مياه الشرب بالنترات. مؤتمر التنمية وتأثيرها في البيئة، الرياض 21-23 سبتمبر 1997، وزارة الشؤون البلدية والقروية، المملكة العربية السعودية، ص178.
40. Kent, B. Grounwater contamination by oil fields and refinery industries. In: *Groundwater contamination and control*(Zoller, U. ed). Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 209-22 (1994).
41. Amer, M., El-Yazigi, A., Hannan, A. and Mohamed, M. Water contamination and Esophageal cancer at Gassim region, Saudi Arabia. *Gastroenterology*, 98,1141-1147(1990).
42. Sanchez, R. Water quality problems in Noglas, Sonora. *Environmental Health Perspectives*, 103, 93-97(1995).
43. Madany, I., Abdulla, A. and Abdu, A. Coastal zone management in Bahrain: An analysis of social, economic, and environmental impacts of dredging and reclamation. *Journal Environmental Management*, 32, 335-348(1991).
44. Pucci, A. Douglas, H. and Ervin, E. Lead and cadmium associated with saltwater intrusion in a New Jersey aquifer system. *Water Resources Bulletin*, 25, 1267-1272(1989).
45. Al-Saleh, F. and Al-Haddad, A. Levels of trihalomethans in the blended water of Bahrain. *The Science of the Total Environment*, 152,221-225(1994).
46. Fayad, N. and Tawabini, B. Survey of Saudi Arabian drinking water for trihalomethanes. *Bulletin Environmental Contamination Toxicology*, 46,305-312(1991).

47. Alabdulaly, A. Trace metals in groundwater and treatment plants product water of the central region of Saudi Arabia. Proceeding of the Third Gulf Water Conference, Vol. 2, pp. 705-712, Muscat, Sultanate of Oman, 8-13 March(1997).
48. الصالح، إيمان، والدوش إنعام. تركيز العناصر في مياه الشرب في الرياض، مؤتمر التنمية وتأثيرها في البيئة، الرياض 21-23 سبتمبر 1997، وزارة الشؤون البلدية والقروية، المملكة العربية السعودية، ص 159.
49. زللي، عبدالبديع. تلوث مياه الشرب بالمعادن الثقيلة عن طريق برادات المياه. مؤتمر التنمية وتأثيرها في البيئة، الرياض 21-23 سبتمبر 1997، وزارة الشؤون البلدية والقروية، المملكة العربية السعودية، ص 181.
50. Bu-Olayan, A., Al-Yakoob, S. and Alhazeem, S. Lead in drinking water from water coolers and in fingernails from subjects in Kuwait City, Kuwait. The Science of the Total Environment, 181,209-214(1996).
51. Al-Nashi, B. and Anderson, J. Microbiological quality of bottled water sold in Kuwait. Proceeding of the Third Gulf Water Conference, Vol. 2, pp. 677-691, Muscat, Sultanate of Oman, 8-13 March(1997).

طبع بدعم من شركة الصانع وشركائهم  
( مياه ندى )