تنظيم

وزارة المياه
المملكة العربية السعودية

جمعية علوم وتقنية المياه

الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربية

مؤتمر الخليج السادس للمياه
بالتزامن مع
الندوة الثانية لترشيد استخدام المياه
بالمملكة العربية السعودية

السجل العلمي
للمؤتمر والندوة

٥ - ٩ محرم ١٤٢٤ هـ الموافق ٨ - ١٢ مارس ٢٠٠٣ م

الرياض - المملكة العربية السعودية

إدارة المؤتمر

مجموعة المختص - الرياض

تحت رعاية صاحب السمو الملكي

الأمير عبد الله بن عبد العزيز آل سعود

ولي العهد نائب رئيس مجلس الوزراء رئيس الحرس الوطني

مؤتمر الخليج السادس للمياه

بالتزامن مع

الندوة الثانية لترشيد استخدام المياه بالمملكة العربية السعودية

تحت شعار

"الماء في دول مجلس التعاون..من أجل تنمية مستدامة"

٥-٩ محرم ١٤٢٤هـ الموافق ٨-١٢ مارس ٢٠٠٣م

الرياض – المملكة العربية السعودية

وثائق المؤتمر

- **الجهات المنظمة للمؤتمر/ الندوة.**
  - وزراة المياه، المملكة العربية السعودية.
  - جمعية العلوم وتقنية المياه.
  - الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربية.

- **بدعم من:**
  - جامعة الخليج العربي (AGU) .
  - مكتب اليونسكو بالقاهرة (UCO) .
  - برنامج الأمم المتحدة للبيئة، المكتب الإقليمي لغرب آسيا (UNEP / ROWA) .
  - اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (ESCWA) .
  - المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (ACSAD).
  - منظمة الصحة العالمية – المكتب الإقليمي للشرق الأوسط (WHO / EMRO / CEHA) .
  - المنظمة العربية للتنمية الزراعية (AOAD) .
  - مركز البيئة والتنمية للإقليم العربي وأوربا (CEDARE) .
  - المنظمة الإسلامية للتربية والثقافة والعلوم (ISESCO) .
  - جمعية التحلية الأوربية (EDS) .
  - الاتحاد العالمي للتحلية (IDA) .

مؤتمر الخليج السادس للمياه

بالتزامن مع

الندوة الثانية لترشيد استخدام المياه بالمملكة العربية السعودية

تحت شعار

"الماء في دول مجلس التعاون..من أجل تنمية مستدامة"

٥-٩ محرم ١٤٢٤هـ الموافق ٨-١٢ مارس ٢٠٠٣م

الرياض – المملكة العربية السعودية

اللجنة التنظيمية العليا للمؤتمر / الندوة

الدكتور/ علي بن سعد الطخيس	الرئيس المشارك
الدكتور/ وليد خليل الزباري	الرئيس المشارك
الأستاذ/ عبد اللطيف إبراهيم المقرن	نائب الرئيس
الدكتور/ محمد إبراهيم البريثن	رئيس اللجنة التنظيمية
الدكتور/ وليد أحمد عبد الرحمن	رئيس اللجنة العلمية
الأستاذ/ عبد الرحمن محمد محمود	أمين السر
الأستاذ/ علي رضا حسين	الأمين المالي

اللجنة العلمية للمؤتمر / الندوة

أ.د. وليد أحمد عبد الرحمن	الرئيس	الدكتور/ خالد حمد الضويلع	عضوا
أ.د. محمد فهد الراشد	نائب الرئيس	الدكتور/ محمد أبو يعقوب السليطي	عضوا
أ.د. عبد العزيز سليمان الطرباق	عضوا	الدكتور/ نادر محمد البستكي	عضوا
أ.د. عبد الرحمن سلطان الشرهان	عضوا	الدكتور/ وليد خليل الزباري	عضوا
أ.د. محمد الإرياني	عضوا	الدكتور/ علي سعد الطخيس	عضوا
أ.د. محمد جميل عبد الرزاق	عضوا	الأستاذ/ إبراهيم عبد العزيز الصقعبي	عضوا
الدكتور/ محمد إبراهيم البريثن	عضوا	م. محمد صقر الأصم	عضوا
الدكتورة/ أديبه عيسى الحربان	عضوا	م. أحمد غرم الغامدي	عضوا
الدكتور/ عبد العزيز محمد البسام	عضوا	م. عبد الله عبد الرحمن الحمين	عضوا

المقدمة

شهدت دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية خلال العقود الثلاثة الماضية تنمية متسارعة في مختلف النواحي الاجتماعية والعمرانية والصناعية والزراعية، وصاحبها زيادات متعاظمة في الطلب على المياه. وقد تركزت الجهود خلال تلك الفترة بالدرجة الأولى على جانت إدارة العرض لتلبية المتطلبات المائية المتزايدة، حيث قامت دول المجلس، ولا زالت، بجهود مضنية ومستمرة في مجال زيادة مصادرها المائية واستحداث موارد إضافية عن طريق التوسع في بناء محطات التحلية، وإعادة استخدام المياه المعالجة، وبناء السدود لحجز المياه السطحية، بالإضافة إلى زيادة الكميات والمسحوبة من الموارد المائية الجوفية، مما أدى إلى استغلالها في معظم الأحيان استغلالا جائرا. و لم تول دول المجلس جانب التنظيم وإدارة الطلب على المياه وترشيدها وحمايتها الاهتمام الكافي والفعال بما يتناسب مع شح مصادر المياه المتاحة ومحدوديتها بالمنطقة، الأمر الذي أدى إلى بروز العديد من الاستخدامات والأوضاع غير المستدامة للمياه وخاصة تدني الكفاءة، وتزايد الطلب ومعدل استهلاك الفرد، وارتفاع كلفة انتاج وتوزيع المياه، وتدني نوعية المياه وإنتاجية الأراضي، إضافة إلى العديد من المشكلات المائية الأخرى, وقد أدى عدم تطوير سياسات مائية شاملة بعيدة المدى في معظم دول المجلس مبنية على اعتبارات العرض والطلب إلى تفاقم الوضع، بالإضافة إلى ضعف مؤسسات الإدارة المائية، وتعدد الجهات المسؤولة عن المياه، وافتقار التنسيق فيما بينها من جهة وبين الجهات المسؤولة من جهة أخرى، وضعف القدرات البشرية والتقنية.

ولقد تبلورت جميع هذه المشاكل علي هيئة عجز مائي ووضع حرج في معظم دول المجلس، وإذا ما استمر الوضع الراهن على ما هو عليه فمن المتوقع إن يزداد الأمر تعقيداً فالعجز المائي سيزداد بوتيرة عالية ليتحول إلى نقص حاد في المياه، وسيكون مصحوباً بزيادة مستويات التملح والتلوث، وسيؤدي إلى خروج طبقات مائية وأراضي زراعية من دائرة الاستثمار وتدهور نوعية وكمية إمدادات المياه وبالتالي إلى أزمات سيكون لها مضاعفات وانعكاسات اقتصادية واجتماعية وبيئية على مسيرة التنمية والتطور في دول المجلس، وستبرز المشكلة المائية كأحد اهم محددات التنمية فيها.

إن تحقيق التنمية المستدامة في دول مجلس التعاون يجب أن يرتكز على مبادئ الإدارة المستدامة للموارد الطبيعية، وأن يعتمد على إزالة معوقات الإستدامة وإدارة الطلب وترشيد الاستهلاك لتوفير مصادر مائية عن طريق الحد من الهدر وتحسين كفاءة الاستخدام وإعادة استخدام المياه وتدويرها، وتطبيق التقنيات

الحديثة في مجالات المياه والزراعة والبلديات والصناعة، الأمر الذي يؤدي إلى حالة مقبولة من التوازن المائي والبيئي وتقليص للفجوة المائية في دول المجلس. وفي ظل هذا الواقع ينعقد المؤتمر السادس للمياه في دول الخليج العربي متزامناً مع انعقاد الندوة الثانية لترشيد استخدام المياه التي تنظمها وزارة المياه بالمملكة العربية السعودية لتحقيق الأهداف المرجوة.

وينظم مؤتمر الخليج السادس للمياه بالتزامن مع الندوة الثانية لترشيد استخدام المياه في المملكة العربية السعودية كل من جمعية علوم وتقنية المياه بمملكة البحرين ووزارة المياه بالمملكة العربية السعودية بالتعاون مع الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربي تحت شعار " الماء في دول مجلس التعاون..من أجل تنمية مستدامة" ويعتبر انعقاد هذا الحدث العلمي مناسبة فريدة تجمع الخبراء والعلماء والمختصين في كافة علوم ونقنيات المياه لتبادل الآراء والأفكار والتجارب التي ستعزز بإذن الله قدرة دول المجلس على مواجهة تحديات شح مصادر المياه ومحدوديتها. سيقدم في هذه المناسبة نحو ثمانين ورقة علمية ستناقش خلال ثمانية عشر جلسة بالإضافة إلى حلقتي نقاش مفتوحة تتمحور حول الآتي:

تطوير ساسات واستراتيجيات الادارة المائية المتكاملة.

المياه الجوفية والسطحية

المياه المحلاة

مياه الصرف الصحي

إدارة مياه الري

إدارة المياه البلدية

التقنيات والأدوات الفعالة في ترشيد استعمالات المياه

كما أن هذا المؤتمر/ الندوة يأتي ضمن مجهودات دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية للمساهمة في احتفال منظمة اليونسكو باعتبار سنة ٢٠٠٣م السنة الدولية للمياه العذبة.

رئيس اللجنة العليا للمنظمة
د. وليد خليل زباري
رئيس جمعية علوم وتقنية المياه
مملكة البحرين

رئيس اللجنة العليا المنظمة
د. علي بن سعد الطحيس
وكيل وزارة المياه
المملكة العربية السعودية

الفهـــــرس

تطوير سياسات واستراتيجيات الإدارة المائية المتكاملة

المفهوم العام لدور ومشاركة مستخدمي المياه في الإدارة المائية المتكاملة 3
الدكتور عبدالوهاب بلوم

المياه الجوفية والسطحية

متكون وادي فاطمة كخزان استراتيجي للمياه في منطقة مكة المكرمة 19
المهندس صالح أحمد السفري، صالح أحمد الغامدي، وهيب عبدالعزيز الآشي، وائل عبدالعزيز البردي

واقع الوضع المائي في فلسطين 32
المهندس نضال سليم، عامر مرعي

الرصد الهيدروجيولوجي لتكوين النيوجين ضمن نطاق مشروع الري والصرف بالأحساء 45
المهندس خليفة الكويتي وصلاح سيد أحمد

تقييم طرق القيم المفقودة لعمق المطر بالمناطق الجافة 62
الدكتور عبدالله سعد الوقداني، عصام محمد الغيلي

العناصر الندرة في المياه الجوفية الضحلة بمدينة الرياض 71
الدكتور عبدالرحمن إبراهيم العبدالعال

المياه المحلاة

حماية وحدات التحلية من التآكل 83
الدكتور إسماعيل أنديجاني، أنيس الدين مالك

ظاهرة نفوق الأسماك وتأثيرها على نوعية مياه الشرب المنتجة
بتقنية التقطير الومضي الفجائي متعدد المراحل بدولة الكويت 95
المهندس خليفة محمد الفريج، عبدالله عوض العدواني، سميرة يعقوب الهولي، موسى خالد الرمح

مياه الصرف الصحي

استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الأعمال الإنشائية في مملكة البحرين
(منظور بيئي للتنمية المستدامة) 111
المهندس عصام يعقوب الربيعان

اقتصاديات استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة بالمملكة العربية السعودية 127
الدكتور أحمد محمد العبدالقادر، علي عبدالله الجلعود

خفض التكاليف وتحسين الأداء لمشاريع الصرف الصحي
باختيار عوامل التصميم والأنظمة المناسبة 142
الدكتور أحمد الضويلع، عبدالله محمد الرحيلي

إدارة مياه الري

الاستخدام الآمن لمياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة العربية 161
د. عبدالوهاب بلوم

التنبؤ بصلاحية المياه المالحة للري باستخدام برنامج حاسوبي 175
الدكتور أحمد الزبيدي، عصام سبتي الطائي

الاستخدام الاقتصادي الأمثل للموارد المائية في الزراعة المحمية بالمملكة العربية السعودية 190
الدكتور أحمد محمد العبدالقادر

تقنية الري الثنائي تحت ظروف نظم الرش الثابت 203
الدكتور عصام الحديثي، رافع العزابي، حسين طالب، حسين الصويعي

إدارة المياه البلدية

تركيزات النترات والأملاح الذائبة في شبكة مياه الشرب في المنطقة الوسطى بالمملكة العربية السعودية 213
الدكتور عبدالرحمن محمد الرحيلي، عبدالرحمن إبراهيم العبدالعال، عبدالله إبراهيم الزرعه، مجاهد خان

الوضع المائي في مدينة جدة وارتفاع المياه الجوفية في الجزء الشمالي 225
أحمد سالم باصمد

استعمال المياه المعبأة في مقر السكن والعمل بمدينة الرياض 235
الدكتور وليد محمد زاهد

إدارة الموارد المائية في دول مجلس التعاون: الاحتياجات والاستراتيجيات 247
الدكتور إبراهيم محمد الفقي

دراسة النترات في مصادر مياه الشرب بمناطق الرياض والقصيم وحائل 259
الدكتور عبدالرحمن إبراهيم العبدالعال، عبدالله الرحيلي، عبدالله الزرعه، مجاهد خان

مشاكل شبكات المياه في الجمهورية اليمنية 268
الدكتور فضل علي التربلي، ومحمد بشار المفتي

التقنيات والأدوات الفعالة في ترشيد استعمالات المياه

واقع التربية بترشيد استهلاك المياه في مقررات التربية الوطنية بمدارس التعليم العام بالمملكة العربية السعودية 285
عبدالرحمن عبدالله المقبول

مؤتمر الخليج السادس للمياه
بالتزامن مع
الندوة الثانية لترشيد استخدام المياه
بالمملكة العربية السعودية

تطوير سياسات واستراتيجيات الإدارة المائية المتكاملة

المفهوم العام لدور ومشاركة مستخدمي المياه في الإدارة المائية المتكاملة

الدكتور عبدالوهاب بلوم

المفهوم العام لدور ومشاركة مستخدمي المياه في الإدارة المائية المتكاملة

د. عبد الوهاب بلوم

مدير إدارة الموارد الطبيعية والبيئة

المنظمة العربية للتنمية الزراعية

الملخص

لقد أدى الاهتمام المتزايد بقضايا المياه خلال الآونة الأخيرة ، خصوصاً في المناطق الجافة وبلدان الندرة إلى ظهور العديد من المصطلحات العلمية النظرية في هذا المجال ، مثل إدارة العرض والطلب وتسعيرة المياه وكفاءة الاستعمال وترشيد الاستهلاك والجدوى الاقتصادية وغيرها ، وتهدف هذه المصطلحات جميعاً إلى تحقيق درجة مقبولة من درجات الإدارة المتكاملة التي تسعي بدورها إلى تحقيق المبادئ العامة لمفهوم الإدارة المائية المتكاملة لتحقيق أهداف التنمية المتواصلة ، إلا أن معظم هذه المصطلحات لا زال يكتنفها الغموض وسوء الفهم بسبب تجردها وقابليتها للعديد من التفسيرات حسب المعطيات الهيدرومناخية والبيئية والاقتصادية والاجتماعية والسياسية بكل منطقة جغرافية . ومن هنا تبرز الحاجة إلى تغير هذه المفاهيم في ظل الظروف العربية المتسمة بالجفاف البيئي وندرة المياه وارتفاع تكاليف تنمية واستثمار مواردها المائية . وضمن المفاهيم الحديثة في إدارة الموارد المائية فإن الإدارة المتكاملة للمياه ترتكز على المشاركة واللامركزية ونقل إدارة الري إلى المستخدمين ضمن أطر قانونية وتنظيمية منسقة . إن مفهوم المشاركة يعني العملية التي يؤثر فيها أصحاب المصلحة المباشرة في وضع السياسات والتصاميم البديلة وخيارات الاستثمار وقرارات الإدارة المؤثرة على مجتمعاتهم ، مما يبث فيهم الاحساس بالملكية . ومع تزايد مشاركة المجتمعات المحلية في إدارة شؤون المياه يزداد احتمال تحسين أساليب اختيار المشروعات وإيصال الخدمات واسترداد التكاليف . وفي هذا الصدد فقد أكدت بعض التجارب الناجحة في العالم أن إشراك المزارعين في إدارة جزء أو أجزاء من أنظمة الرى وتحديد رسم لمقابلة استرداد تكلفة إتاحة المياه يؤديان إلى استخدام أكثر كفاءة لهذا المورد . ان هذا النهج التشاركي الذي أقره مؤتمر دبلن في سنة ١٩٩٢ كمبدأ ، إنما يعمل على ترسيخ الوعي بقضايا وأهمية المياه بين واضعي السياسات والجمهور عامة ، بمعنى أن القرارات تتخذ عند أدنى المستويات الملائمة بالتشاور مع الجمهور وإشراك مستخدمى المياه في تخطيط وتنفيذ المشاريع المائية بهدف جعل صناعة القرارات أقرب ما يمكن إلى اللذين سيتأثرون بها .

المفاتيح : المشاركة – تنظيمات مستخدمى المياه – الخصخصة – مرحلة التشغيل

مقدمة :

من المؤكد أن إصلاح سياسات إدارة شؤون الموارد المائية يؤدي إلى رفع كفاءة المؤسسات التي تتعامل مع هذه الموارد مما ينعكس ايجابياً على حسن استخدامها . ومن هذا المنطلق أصبح من الضرورة وضع اطار تنظيمي وقانوني يغطي التسيير والمؤسسات الاحتكارية وحماية البيئة والجوانب الاخرى لإدارة المياه . تواجه بلدان كثيرة مشاكل متزايدة بسبب عجزها في إدارة الموارد المائية بأسلوب شامل ، والمعتاد ان تكون الأنشطة الحكومية منظمة ، بحيث تقوم إدارة أو هيئة مستقلة بتسيير نوع واحد من استخدامات المياه .

لقد تبلورت مفاهيم وتقنيات حديثة نسبياً لإدارة الموارد المائية Management of Water Resources ، وقد مرت بمراحل عديدة قبل ان يحصل إجماع عالمي عليها ن خلال عقد مؤتمر الأمم المتحدة في ماردل بلاتا عام 1977 [1] . وبالرغم من تعدد واختلاف الآراء وتداخلها لتوضيح مفهوم إدارة الموارد المائية إلا ان هناك عاملان مشتركان لا اختلاف حولهما. الأول خاص بالهدف الرئيسي لإدارة الموارد المائية والمتمثل في تأمين الاحتياجات المائية بالكمية والنوعية المطلوبتين والثاني دعوة إلى إدخال كافة العوامل الفيزيائية والاقتصادية والاجتماعية في عمليات إدارة الري . وقد أعطى مؤتمر دبلن عام ١٩٩٢ للمفاهيم الحديثة لإدارة المواد المائية أبعاداً أكثر وضوحاً وأكثر دقة ، حيث حدد الهدف الرئيسي لإدارة الموارد المائية بأنه الاستخدام الأمثل للموارد لتحقيق القدر الأكبر من الفوائد للمجتمع بما فيها الفوائد المادية مع الأخذ في الاعتبار كافة الاعتبارات البيئية . وفي هذا السياق فإن المبادئ الأربعة التي نتجت عن هذا المؤتمر توجه المسار لإدارة الموارد المائية نحو نظرة شمولية تشاركية وديناميكية تفاعلية[2] .

ويعمل النهج التشاركي على ترسيخ الوعي بقضايا وأهمية المياه بين واضعي السياسات والجمهور عامة وبمعنى أن القرارات تتخذ على أدنى المستويات الملائمة بالتشاور مع الجمهور وإشراك مستخدمي المياه في تخطيط وتنفيذ المشاريع المائية ، ويهدف هذا النهج إلى جعل صناعة القرارات أقرب ما يمكن الى المتأثرين بها . ولا يتأتى اتباع هذا النهج إلا بإحداث هياكل مؤسسية تجمع بين مسؤولي المرافق المائية والمنظمات غير الحكومية والقطاع الخاص والفئات الاجتماعية من المستهدفين بغرض تبادل الآراء والاسهام بالخبرات واتخاذ القرارات بشأن المشاريع المائية ودعم التخطيط المشترك بين القطاعات واشراك الجهات القطاعية ذات الصلة على جميع المستويات الإدارية . وفي هذا المجال فقد أكد مؤتمر دبلن على ضرورة الاعتراف بالدور الرئيسي للمرأة في توفير وإدارة وحماية المياه على المستوى المترلي ، مما يؤهلها للمشاركة في تخطيط مشاريع المياه وتنفيذها وتقييمها، وقد بينت تقارير البنك الدولي من (خلال تنفيذ مشاريع في بلدان إفريقية وآسيوية حول مشاركة المرأة في مشروعات إمداد المياه والصرف الصحي) المزايا والأهمية البالغة لهذه المشاركة وخاصة في المناطق القاحلة وفترات احتباس الأمطار في المناطق المناخية الأخرى[3] . ويدعم النهج الديناميكي التفاعلي معنى المشاركة الشعبية ، حيث تغير الاتجاه الذي كان معمولا به بعد مؤتمر ماردل بلاتا الذي كان يعتمد على خطط مائية كبرى وطويلة المدى إلى خطط مائية محدودة الأغراض وقصيرة الأجل وقابلة للتغيير أثناء التنفيذ نتيجة لمشاركة المستفيدين .

مفهوم الإدارة المتكاملة للمياه :

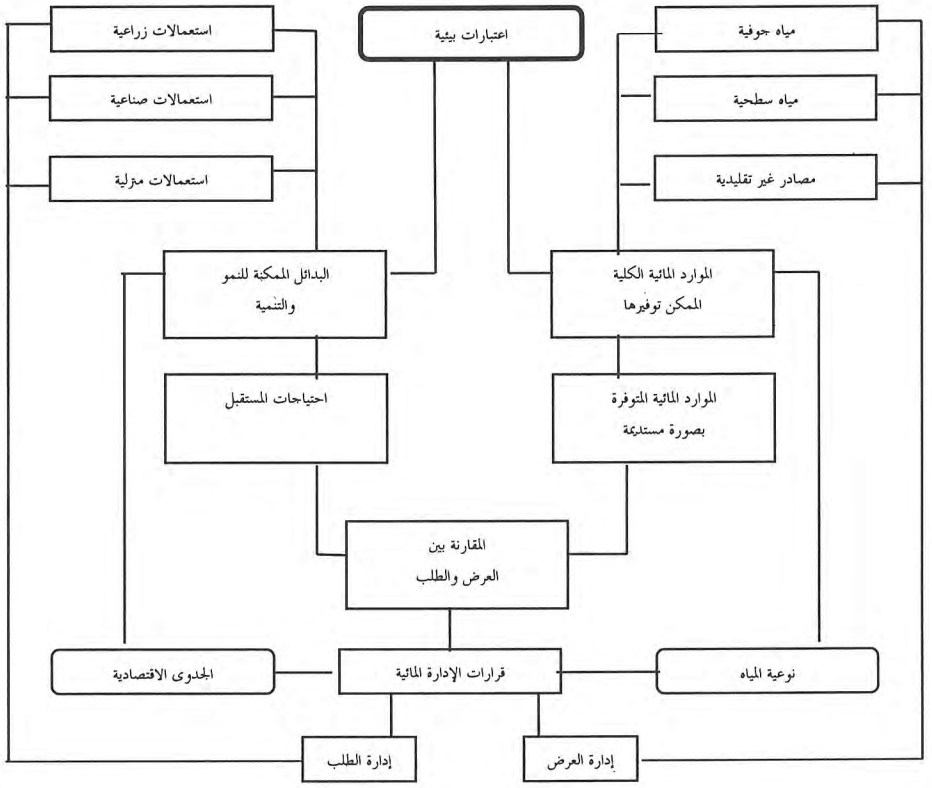
أدى الاهتمام المتزايد بقضايا المياه خصوصاً في المناطق الجافة وبلدان الندرة إلى ظهور العديد من المصطلحات العلمية النظرية في هذا المجال مثل إدارة العرض وإدارة الطلب وتسعيرة المياه وكفاءة الاستعمال وترشيد الاستهلاك والجدوى الاقتصادية مثل ما تقدم ذكره سابقاً .

وفي الحقيقة تندرج ضمن الإدارة المائية المتكاملة العديد من العناصر الأساسية التي تختلف كماً ونوعاً باختلاف المناطق الجغرافية وظروفها الهيدرومناخية والاقتصادية والاجتماعية والسياسية ودرجة تطورها الحضاري والتقني . ومن هذه العناصر ما يتعلق بجانب الامداد المائي الذي يشمل كافة الموارد المائية التقليدية (السطحية والجوفية) وغير التقليدية (إزالة ملوحة مياه البحر ومعالجة الصرف الصحي والزراعي) . ويغطي جانب الطلب على المياه كافة الاستعمالات المائية لمختلف الأغراض مثل الاستعمالات الزراعية والصناعية والبشرية .

ويتأثر كل من حالتي الامداد والطلب بالعديد من العوامل الأخرى مثل الاعتبارات البيئية ونوعية المياه والجدوى الاقتصادية لاستثمار المياه لكافة الأغراض . ويوضح الشكل (١) كافة العناصر الأساسية المحددة للإدارة المائية المتكاملة وارتباطها ببعضها البعض من حيث تنمية الموارد المائية المتوفرة وأغراض استعمالها وكذلك المتطلبات الرئيسية المحددة للقرارات الإدارية اللازمة للتحكم في الموارد المائية المرغوبة سواء من خلال إدارة العرض بالبحث عن مصادر مائية جديدة وتنميتها لمواجهة الطلبات المتزايدة أو من خلال إدارة الطلب بالتقليل من معدلات استعمال المياه وترشيد استهلاكها . ان الموارد المائية العذبة – بإستثناء الموارد غير المتجدد تتجدد باستمرار بفضل الدورة الهيدرولوجية ، لكنها موجودة بكمية معتدلة على مساحة اليابسة وتتفاوت من سنة إلى أخرى . بمعنى أن "ندرة المياه المتحدث عنها كثيراً" ليست بالضرورة نقص في الموارد الموجودة بل نتيجة لارتفاع السحب تحت ضغط النمو الديمغرافي والاقتصادي ، الذي ينقل حتماً عدد أكبر من المناطق إلى حالة النقص. (ولأسباب تطبيقية (توفر المعلومات) فقد استعمل طويلاً على المستوى العالمي كمؤشر وحيد لندرة المياه قيمة الموارد المائية معبرة بعدد السكان ، مع تحديد بصفة اختيارية نسبياً معتبرات (٥٠٠ ، ١٠٠٠ ، ٢٠٠٠م٣/للفرد) إذا ما تفاوتت شكلت الموارد المائية عائقاً للتنمية الاقتصادية والحماية البيئية [4]) . هذا المؤشر في الحقيقة لا يأخذ في الاعتبار استخدام المياه ، وخاصة الاحتياجات المائية للزراعة والتي تمثل ما يقارب من ٩٠% من الاحتياجات الكلية في البلدان القاحلة ذات الاقتصاد الزراعي أساساً . من هذا المنطلق فإن تقييم الضغط البشري على الموارد المائية هو عنصر هام لتقييم حالة بلد ما تجاه هذه الموارد ، وهذا الضغط يمكن تقييمه بمؤشر يتمثل في السحب من المورد . وفعلاً فقد ظهر مؤخراً تقييماً عالمياً في هذا الاتجاه (أنظر تقرير المياه العالمي) بحيث عرف الضغط على المياه بأنه نسبة المياه المسحوبة إلى المياه المتاحة على أساس سنوي . وقد أعطى نسب متفاوتة تعبر بشكل واضح عن التقييم الموضوعي للضغط على المياه ، حيث أن النسبة التي تقل عن ١٠% تدل على وجود مشاكل قليلة في إدارة موارد المياه ، والنسبة التي تتراوح بين ١٠ و ٢٠% تدل على أن المياه المتاحة في طريقها إلى أن تصبح عاملا محدداً وأنه سيحتاج إلى استثمارات هامة في المستقبل ، وأخيراً السحب الذي يتجاوز ٢٠% من المياه المتاحة يدل على أنه من الضرورة إدارة كل من العرض والطلب مع تسوية استعمالات المنافسة لتأمين الاستدامة[5] .

إن تحسين إدارة الموارد المائية لا يمكن أن يتم إلا بوضع سياسات سليمة وتدعيم الترتيبات المؤسسية اللازمة ، ويسترشد هذا المسار بمبدأين أثنين . أولهما ضرورة وضع السياسات والأنشطة الخاصة بإدارة الموارد المائية ضمن إطار تحليلي شامل يراعي الاعتماد المتبادل بين القطاعات ويحمي الأنظمة الايكولوجية المائية ، (ومن شأن هذا الإطار أيضاً أن يوجه جهود تحسين التنسيق بين المؤسسات) ووضع لوائح تنظيمية منسقة وسياسات متماسكة واتخاذ إجراءات حكومية موجهة، وثانيهما ضرورة تحسين كفاءة إدارة الموارد المائية من خلال زيادة استخدام أنظمة تحديد تكلفة إتاحة المياه وتعزيز اللامركزية وإشراك المنتفعين بخدمات المياه في عملية التحسين ونقل ملكية أو إدارة مؤسسات المياه إليهم وزيادة وتحسين استغلالها المالي بهدف تعزيز المسؤولية وزيادة الحوافز الت تشجع على تحسين الأداء[6] .

شكل رقم (١)



عناصر الإدارة المتكاملة لتحقيق أهداف التنمية المستدامة

(الطلب الكلى للامداد <العرض المستديم)

التوجه نحو الإدارة المتكاملة للموارد المائية :

رغم أن كل الدول ملتزمة بالتوجه نحو الإدارة المتكاملة للموارد المائية لما لها من فوائد عديدة ، ألا أنهـا تختلـف في أسلوب الوصول إلى هذه الغاية ، وعليه فإن الهياكل المؤسسية المطلوبة لهذه الغاية تعتمد على الأسلوب المتبع .

تتبع أغلب الدول سياسات التنظيم المؤسسي بخلق هياكل متكاملة من مجالس للمياه وجمعيات وتتفرع إلى الاقسـام الإدارية ، ولكن يعيب العديد من الدول عدم وضع خطط وسياسات مائية واضحة بعيدة المدى ليتم بموجبها وضع الهيكل المناسب ، لذلك نجد ان هنالك تعديلات عديدة في الهياكل المؤسسية لإدارة المياه بـبعض الـدول لتواكـب الخطـط والسياسات الـتي يتم تعديلات فيها كل حين ، أما من ناحية الإدارة على أساس الأحواض المائية والتي للمشاركة الشعبية الدور البارز فيها فهنالك مجهودات جارية في العديد من الدول أبرزها الصين وجنوب أفريقيا وسيريلانكا .

الدخول من مرحلة التنمية إلى مرحلة التشغيل :

إن التحول من مرحلة التنمية إلى مرحلة التشغيل في قطاع المياه يحتاج إلى تحول كبير في الإدارة ومسؤولياتها وتخصصاتها . ترتكز التحديات في أن مرحلة التشغيل تختلف كثيراً من مرحلة التنمية التي تعتمد على البيروقراطية والإدارة الحكومية ، في حين تتطلب مرحلة التشغيل مهارات أخرى للتعامل مع مستخدمي المياه وضرورة مشاركة الآخرين في القرار ووضع أولويات مقبولة للتوزيع مبنية على معطيات اقتصادية . وهناك بعض الدول مثل استراليا وشيلي وولايات كاليفورنيا وكلورادو بأمريكا لديهم قدرات كبيرة لمجابهة هذا التحدي . كما أن الهياكل المؤسسية قادرة على القيام بهذا العمل ، وهناك دول أخرى مثل اسبانيا والصين بامكانهما بناء هذه الهياكل المؤسسية بسرعة لمقابلة هذا التحدي ، بينما كثير من الدول تحتاج إلى جهد أكبر لمسايرة هذا التحول .

التحول نحو اللامركزية والخصخصة :

إن التحول نحو اللامركزية في قطاع المياه ، قد أصبح من السمات المميزة على نطاق العالم ، كما أصبحت الدول مدركة للفرق بين الاحتياج للامركزية لتدعيم المشاركة الشعبية لمستخدمي المياه وبين المركزية المطلوبة للتنسيق وهما لا يتعارضان . إن هذا التوجه نحو اللامركزية أصبح ظاهراً لارتباطه بموضوع الإدارة على مستوى الأحواض المائية، والتي تتطلب بالضرورة لا مركزية الإدارة وكذلك ارتباطه بتحويل الإدارة إلى القطاع الخاص[7] .

ويلاحظ أن تحويل الإدارة إلى الإقليم لا يعني بالضرورة اللامركزية ، فهناك بعض الأمثلة لإدارة الأحواض بطريقة مركزية ، وخير مثال هو إدارة حوض وادي تنسي بالولايات المتحدة الأمريكية والذي يعتبر من الأمثلة الرائدة في مجال التنمية والإدارة على مستوى الحوض ولكن تعتبر إدارته مركزية نظراً لضخامة حجم هذا الحوض وتعدد منشآته ، ومن الجانب الآخر فإن المركزية قد تكون مطلوبة في بعض الأحيان خاصة في مجال التنسيق بين الأجهزة العاملة في قطاع المياه .

إن هذا الوضع المتداخل بين المركزية واللامركزية يمكن حله من خلال الاعداد الجيد للهياكل المؤسسية وتحديد اختصاصاتها دون أن يكون هناك تعارض بين الوضعين المركزي واللامركزي ، فكل منهما له اختصاصاته ومسؤولياته المحددة. ومن خلال هذه المؤسسة يمكن لكل الوضعين العمل بتجانس وتكامل وحل كل المشاكل والنزاعات القائمة على استخدام المياه.

إن برنامج الخصخصة وتحويل إدارة المياه من القطاع العام إلى القطاع الخاص يشمل أهمية تحديد كيفية تسديد تكلفة الإنشاءات والتشغيل والصيانة ، والتي تقع على المستلم مثل جمعيات مستخدمي المياه التي تعتبر أبرز مثال للامركزية وتحويل الإدارة من القطاع العام . إن الخصخصة في قطاع المياه قد سارت شوطاً بعيداً في بعض دول العالم منها انجلترا واستراليا ونيوزيلندا ، إلا أنها في كثير من دول العالم الاخرى مازالت تتم في الجوانب ذات العوائد الاقتصادية والمالية السريعة مثل خدمات مياه المدن . هناك جوانب في إدارة المياه لاتصلح للخصخصة ولا يرغب القطاع الخاص في الدخول فيها ، حيث أنها ذات طابع خدمي أكثر منه استثماري ومنها مثلاً إدارة الفيضانات ونوعية المياه ، ولذلك فإن القطاع العام سيستمر في إدارة هذه الجوانب من الموارد المائية إيفاءاً لالتزاماته ومسؤولياته نحو المواطنين وحمايتهم .

أنماط ونماذج إدارة المشروعات المروية فى الوطن العربي :

الدور التاريخي للمزارعين :

تاريخياً لعب المزارعون أدواراً مهمة فى تنمية وإدارة الخدمات الأساسية لمياه الرى بالمشروعات المروية بالدول العربية . كما كان لهم دور فى بناء وصيانة الأعمال المحلية للحماية من الفيضان . بدأ الري فى معظم الأقطار العربية بمشروعات صغيرة أقامتها مجموعات محلية من خلال تحويل جزء من مياه الأنهار أو استخراجها من المياه الجوفية لري الأراضي المجاورة . وفى كل الأحوال كانت تقوم هذه المجموعات بتحديد طرق الإدارة والتشغيل ، حقوق الأفراد في المنطقة المروية ومسؤولياتهم ، طرق الدفع والآليات الضرورية لتطبيق النظم واللوائح . وما زالت مثل هذه المشروعات قائمة في معظم الدول العربية ، وفي المغرب مثلاً فان مساحتها تمثل نصف المساحة المروية أما في السودان فتوجد مثل هذه المشروعات على طول نهر النيل الرئيسي وفرعية النيل الأبيض والنيل الأزرق ، وفى تونس فإن المساحة المروية بصفة مستديمة تبلغ حوالى ٣٣٥ ألف هكتار منها ١٦٥ ألف هكتار قام بإنجازها المزارعون باستثمارات خاصة وبتشجيع من الدولة وتعتمد أساساً على مياه الآبار الجوفية .

دور الدولة :

تقوم الدولة بانشاء مشروعات الرى الكبرى وذلك بغرض تحقيق قسط من الاكتفاء الذاتي من المحاصيل الغذائية أو لأعمال التوطين . وقد مارست معظم الدول منهج التخطيط المركزي الموجه والذي يعطى الدولة الحق لإدارة هذه المشروعات وتنظيمها . ومنذ مطلع الثمانينات من القرن الماضي تبنت الدول العربية سياسات إصلاح اقتصادي من بينها تحويل أو نقل جزء أو كل من إدارة مشروعات الرى إلى المزارعين أو مجموعات أخرى ، وإن الأسباب الرئيسية التي استدعت مثل هذه الاجراءات تمثلت فيما يلي :

- عدم استطاعة الحكومات في تمويل وتشغيل وصيانة هذه المشروعات أو عدم قدرتها لجمع رسوم التكلفة اللازمة لإدارة هذه المشروعات.
- رغبة الحكومات في تقليل الانفاق وإعادة توجيه المدفوعات الحكومية .
- الاداء الضعيف للمؤسسات الحكومية القائمة على إدارة مشروعات الرى .
- تنامي الثقة فى مقدرة المزارعين والمجموعات على إدارة هذه المشروعات ، وقد اقتضى التوجه لمشروعات الرى لتفعيل نقل إدارة الرى للقطاع الخاص فى عدة اتجاهات منها :
  * هيكلة المؤسسات الإدارية المسؤولة عن إدارة المياه وعمليات الإنتاج وذلك بهدف تطوير العمل الإداري .
  * تضمين تكلفة التحسينات اللازمة لتوصيل مياه الرى فى الحقل أو جزء منها لتكلفة الإنتاج وذلك في إطار تحسين إدارة مياه الرى .

اتجاهات الدول العربية لنقل إدارة الرى وتكوين تنظيمات مستخدمى المياه :

فى العقد الأخير من القرن الماضي جرت محاولات لهيكلة القطاع العام والتوجه نحو الخصخصة وذلك على النطـــاق العالمي، أقلها على المستوى النظري . وقد كان للقطاع المروي النصيب الأكبر في هذه المحاولات ، وذلك فيما يعرف بنقل إدارة مياه الري أو خدمات الري إلى المستفيدين . لقد أصبحت فكرة نقل إدارة أو خدمات الرى حركـــة عالميـــة تم أو جاري تطبيقها في كثير من بلدان العالم . ويمكن تعريف نقل إدارة الرى بأنها تقليص الدور الحكومي فى الإدارة ، وبالمقابل توسيع دور مستخدمي المياه والمؤسسات المحلية في إدارة مشروعات الرى ، إن نقل إدارة الرى يعنى نقل مسؤولية أياً من : تمويل المشروع ، توزيع المياه ، صيانة البنيات الأساسية، تعمير وتحديث المشروع ، تخصيص حقوق الميـــاه أو التخطـــيط لزراعة المحاصيل . وقد تتضمن نقل الإدارة لكل نظم الرى أو فقط نقل إدارة توزيع المياه بالقنوات الصغيرة . يمكن أيضاً نقل الإدارة من المؤسسات العامة الى تنظيمات المزارعين ، شركات الرى أو منظمات غير حكومية . وتجدر الاشارة بـــأن نقل الإدارة لا يعني إلغاء الدولة ولا يعني أيضاً فى معظم الأحوال نقل الملكية أو خصخصة أصول نظم الرى[8] .

زادت المساحة المروية في الوطن العربي في الفترة ١٩٩٠-١٩٩١ بنسبة حوالى ٨٨% وذلك من حوالى ٨ مليـــون هكتار إلى ما يقارب ١٥ مليون هكتار إلا أنه بعد ثلاثة عقود من الزيادة المتسارعة للاستثمار في نظم الري فـــإن معـــدل التوسع في المساحات المروية قد تقلص في منتصف الثمانينات لعدة أسباب منها انخفاض في أسعار المنتوجـــات الزراعيـــة والارتفاع في تكاليف انشاء المشروعات وتدهور البنيات الأساسية لمشروعات الري والأداء الإداري غير الجيد والمرتبط مع تنامى الوعي ، إضافة إلى أن التمويل المتوفر للتشغيل والصيانة للمشروعات القائمة لم يكن متماشياً مع المتطلبات .

نماذج لأساليب نقل إدارة الرى :

كان وما زال الهدف الأول من مشروعات الرى هو تأمين الغذاء للسكان المتنامي عددهم، ولهذا اهتمت الحكومات بضرورة إعادة النظر في إدارة المشروعات وذلك لتحقيق الأهداف التالية :

- تحسين إدارة مشروعات الري لتحقيق الاستدامة .
- تخفيض تكلفة التشغيل والصيانة التي تقوم بدفعها الدولة .
- توجيه الموارد المالية القليلة إلى الدعم الفني ومثال ذلك التحكم في استخدام المياه في حوض النهر وحماية المـــوارد المائية بصورة عامة .

تتحدد وتختلف أنماط نقل الإدارة وتشمل ما يلي :

أ- **استحداث وضمان استرداد تكلفة إتاحة مياه الرى** : في هذا النمط تقوم الدولة بجمع رسوم إتاحة مياه الـــرى لتغطية جزء أو كل تكاليف التشغيل والصيانة وفى بعض الأحوال إدخال جزء من التكلفة الرأسمالية .

ب-**تعزيز المنافسة في تقديم خدمات الري** : تقوم الحكومات بتشجيع القطاع الخاص بتوفير إتاحة مياه الري خاصة من موارد المياه الجوفية.

ج- **التعاقد** : تقوم الدولة بتحديد خصم العمل وشروط تنفيذه وتقوم بالدفع لمقاولين غير حكوميين بتنفيذ العمل.

د- **البيع** : تقوم الحكومة بتوفير الخدمة عند الطلب (مثل مضخات الرى وتوفير معدات الصيانة ، آليات الحفر الخ ...).

هـ-**الامتيازات** : تعطى الحكومة الحقوق للمنظمات غير الحكومية لإتاحة خدمات الري ولمدة معينة وهى غير التعاقد، حيث يقوم المستفيدون بدفع تكلفة الخدمات مباشرة .

و- **الدعم** : تدعم الدولة مستخدمى المياه أو الجهة التي تقوم بإتاحة خدمات الري وذلك لتخفيض تكاليف الخدمة . يتمثل هذا الدعم إما فى شكل دفعيات أو مواد أو قروض ميسرة .

ز- **التمويل الذاتي** : في هذه الحالة ، يتم تحويل المؤسسة الحكومية التي تقدم خدمات الري إلى مؤسسة ممولة ذاتياً وذلك من خلال دفعيات المستفيدين من خدمات هذه المؤسسة .

ح- **الإدارة الموحدة** : يتضمن هذا النموذج مشاركة المستفيدين في اتخاذ القرار في تخطيط توزيع المياه والبرمجة ، التشغيل والصيانة وتحسين أو إعادة تعمير نظم الري .

ط- **أيلولة الإدارة Devolution and Contral** : في هذه الحالة تقوم الحكومة بنقل كل المسؤوليات والسلطات الى المستفيدين أو ممثليهم ، رغم أنه وبصورة عامة تحتفظ الحكومة بدور في القطاع المروي مثل التحكم في مورد المياه أو امتلاك البنيات الأساسية .

ك- **الخصخصة** ، تحويل ملكية المشروع المروى من الحكومة إلى منظمات غير حكومية أو أفراد وربما تتضمن هذه الملكية بنيات الرى الأساسية و/أو حقوق المياه . كما يمكن القيام بعملية الخصخصة من خلال بيع الأصول ، بيع الأسهم أو التحويل القانوني للملكية .

بعض التجارب في بعض دول العالم في مجال المشاركة في إدارة مياه الرى :

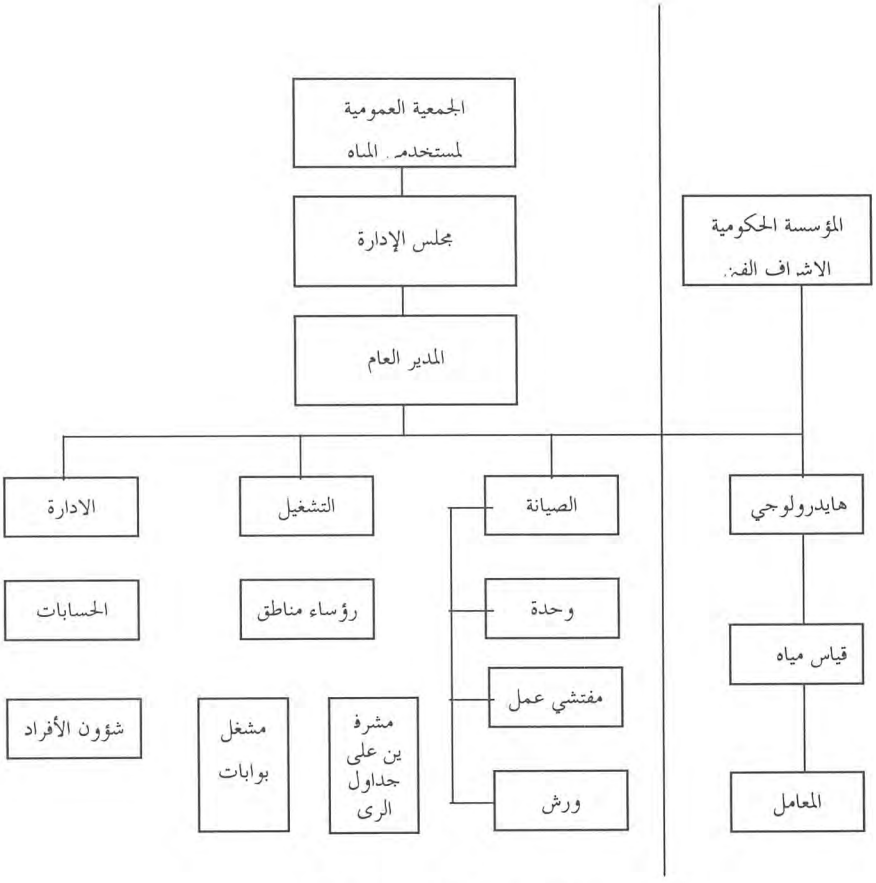
إن الأسلوب المتبع لا يكاد يختلف كثيراً فيما بين الدول العربية ، حيث أن طريقة تنظيم مستخدمي المياه تنتهج الأسلوب التالي :

تتألف الجمعية العمومية (General assembly) من مندوبين يتم انتخابهم مباشرة لتمثيل مناطق الرى المختلفة او الوحدات الفرعية داخل الوحدة الهيدرولوجية . تجتمع الجمعية العمومية لاختيار مجلس الإدارة والذي بدوره يقوم بتعيين مدير عام للمشروع تتبع له مجموعة وحدات تشمل التشغيل ، الصيانة والإدارة وتقوم المؤسسة الحكومية المشرفة على المشروع بتقديم الدعم الفني للتنظيم ، يوضح الشكل (٢) النمط السائد للهياكل التنظيمية في بعض الدول .

وكمثال حي يعتبر النظام الفرنسي لادارة أحواض الأنهار كنموذج أثبت كفاءة عالية على مدى خمس وعشرين سنة من التطبيق ، ويمثل أيضاً بصمة هامة في كفاءة إدارة الموارد المائية على مستوى الأحواض ، وتوجد في فرنسا ست لجان وست هيئات مائية لأحواض الأنهار تتطابق المناطق الواقعة في نطاق اختصاصها تطابقاً فعلياً مع أحواض الأنهار الرئيسية . وتتخصص هذه اللجان والهيئات في إدارة شؤون الموارد المائية من الناحية التخطيطية والإدارة الكلية . ويعتبر التنسيق بين كافة الأطراف المشاركة في إدارة الموارد المائية من أهم مهام لجان أحواض الأنهار التي أصبحت مركزاً للمفاوضات ووضع السياسات على مستوى كل حوض من أحواض الأنهار . ولوضع خطط العمل ، تنتج الهيئات المائية لأحواض الأنهار وتستخدم قدراً كبيراً من البيانات عن الأوضاع الحالية والمستقبلية للمياه والمخلفات الصناعية السائلة من حيث كمياتها

ونوعيتها . وقد أصبحت اللجان مراكز للخبرات والمعارف الفنية المتعلقة بالموارد المائية تستخدمها الهيئات الحكومية والأطراف المعنية الأخرى ، مما جعلها المؤسسات الرئيسية التي تضع الخطط الخاصة بأحواض الأنهار . وقد تعتمد اللجان الخطط الطويلة المدى (ما بين عشرين إلى خمس وعشرين عاماً) لاستغلال الموارد المائية ، تصوت سنوياً على خطط العمل الهادفة إلى تحسين نوعية المياه . ومن مهامها أيضاً التصويت كل عام على نوعين من الرسوم يدفعها مستخدمو المياه داخل حوض النهر المعني ، منهما رسم يتحدد بناءً على كمية المياه المستهلكه وآخر يتحدد تبعاً لمستوى التلوث عند كل مصدر قابل للتلوث . تتألف اللجان من عدد يتراوح بين ٦٠ و ١١٠ شخصاً يمثلون الأطراف المعنية ذات المصلحة ومكونة غالباً من سلطات الادارة الإقليمية والمحلية والمجموعات الصناعية والزراعية والمواطنين .

شكل (٢)



الهيكل التنظيمي لمستخدمى المياه

المنافع المحققة من مشاركة المستخدمين :

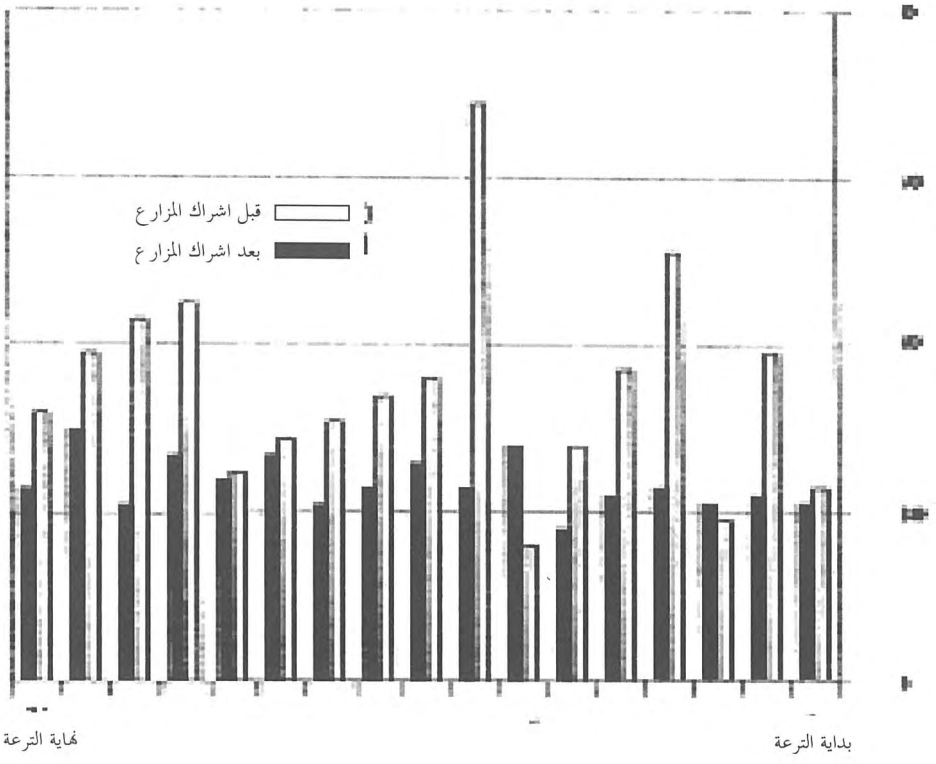
ان الهدف الرئيسي من مشاركة المنتفعين في إدارة شؤون المياه من خلال اصطلاح واتجاه مستخدمين المياه هو تحقيق الاستفادة المثلى من موارد المياه المتاحة في إطار الوحدة الهيدرولوجية التابعة لهؤلاء المستخدمين . وبهذه الطريقة يكون للمزارعين دوراً رئيسياً في قرارات إدارة شؤون مواردهم المائية .

وفي الحقيقة تعتبر الزراعة المستخدم الأول للموارد المائية ، حيث ان في البلدان العربية يقدر جملة الاستخدامات في هذا القطاع ، حسب المعطيات المتوفرة للمنظمة العربية للتنمية الزراعية مايعادل ١٦٩ مليار متر مكعب سنوياً (٨,٩% من جملة الاستخدامات) وبالرغم من ندرة هذا المورد في المنطقة العربية ، فإنه ما زال مدعوماً بشكل باهظ . وقد أفاد تقرير من البنك الدولى أنه نادراً ما يدفع المستخدمون ١٠% من تكاليف التشغيل . ولقد أوضحت وثيقة من وثائق سياسات البنك الدولى عدة منافع التي تحققت بفضل مشاركة المنتفعين والمستخدمين في إدارة مرافق المياه وصيانتها[9] .

ويمكن تلخيص هذه المنافع فيما يلي :

- ضمان صيانة جيدة .
- الانضمام في تماسك المجتمعات المحلية وتقويتها ومن الممكن ان تنتشر إلى أنشطة انسانية أخرى .
- تخفيض الأعباء المالية والإدارية التي تتحملها الحكومات .
- تعزيز استمرارية المشروعات من خلال ضمان اتساق التصاميم المختارة وأساليب التشغيل مع متطلبات المحاصيل المحلية.

وفي الوطن العربي فإن البرنامج القومي لتطوير الرى بجمهورية مصر العربية الذي تخطى المرحلة التجريبية إلى مرحلة التطبيق قد أعطى نتائج جد إيجابية بعد ما تم تكوين تنظيمات مستخدمي المياه وخدمات الرى الاستشارية . وقد تبين التجربة المصرية نجاحها في إدارة مياه الرى كما هو مبين في الشكل (٣) الذي يوضح التحسين والمساواة المتحققة في توزيع المياه بمنطقة الفيوم[10] .



شكل رقم (٣)

توزيع المياه بين الفتحات الربع الشرقي بمنطقة الفيوم

قبل وبعد إشراك المزارع في إدارة الرى

التوجهات العامة للسياسات المستقبلية لاتاحة مياه الري :

تهتم الحكومات ومنظمات التنمية الاقليمية والمنظمات غير الحكومية وبدرجات متفاوتة بتطوير وتحسين السياسات والجوانب الفنية والاقتصادية بإتاحة مياه الري ، وذلك في إطار السعي نحو تقديم خدمات أفضل لري المشاريع الزراعية . كما تعمل على تشجيع نقل مسؤوليات التشغيل والصيانة ومشاريع الري إلى المزارعين . ووراء هذا الأمر توجد دوافع قوية لتشجيع هذه المياه خاصة فيما يتعلق بالفوائد المرجوة لكل من المزارعين والحكومات .

لقد دلت التجارب العالمية أن تعويض تكلفة إتاحة مياه الري التي يتم نفاذها من الموازنات العامة للدول هى الهدف الرئيسي وراء وضع رسوم لهذه الخدمة . وقد كانت الحكومات في السابق تتحمل التكلفة الرأسمالية للمشروعات وكذلك تكلفة التشغيل والصيانة إما بالكامل أو بغرض رسوم رمزية . وقد اقتصرت هذه السياسة عن توسع كبير في المساحات المروية. فعلى سبيل المثال زادت الرقعة المروية في المغرب من نحو ٢١٨ ألف هكتار إلى ٩٤٤ ألف هكتار خلال الفترة ١٩٦٧-١٩٩٩ وكذا الحال في السودان إذ زادت المساحة المروية بمقدار ٤٤٠ ألف هكتار خلال الفترة ١٩٦٠-١٩٨٠ . وبمرور الوقت ومع سياسة التوسع في المشروعات المروية وما يترتب على ذلك من أعباء ونفقات متزايدة . فقد أدت هذه السياسة إلى عدد من النتائج التي من أهمها :

- عدم قدرة الحكومات على الاستمرار في مقابلة التكلفة المتصاعدة للتشغيل والصيانة والتأهيل لمرافق ومنشآت الري .
- تدني الانتاج والانتاجية ومن ثم العائد من المزروعات المروية نتيجة لتدهور عمليات الصيانة والتشغيل ، مما أدى إلى تدهور دخول المزارعين وتراجع الموارد التي كانت تجنيها الحكومة بالضرائب المباشرة على الزراعة .
- الاشراف وسوء الاستخدام لموارد المياه لغياب العامل الاقتصادي المباشر الذي يدفع المزارعين لترشيد وتحسين استخدام الري .
- اختلال التوازن الطبيعي والتدهور البيئي مما أدى لانتشار وتفشي الأمراض المنقولة عن طريق المياه ، وتفاقم حدة الغدق والملوحة في الأراضي المروية .

إن فشل الحكومات في انتهاج سياسات مناسبة لتوفير وتخصيص موارد كافية لمقابلة التكلفة المتصاعدة لتطوير وتشغيل وصيانة مشروعات الري أدى إلى أن الفائدة المرجوة من هذه المشروعات لم تتحقق ، وان العمر الافتراضي للمرافق والمنشآت والمعدات التي تستمر في العطاء قد تناقص كثيراً مما جعل الاستثمار في القطاع المروي يتراجع بشكل ملحوظ في معظم الدول.

ومن أهم ملامح السياسة التي تم تبنيها من قبل معظم الدول العربية في هذا الخصوص ما يلي :

- عدم الربحية .
- استرداد التكلفة الفعلية للتشغيل والصيانة .
- عدم استرداد التكلفة الرأسمالية .

أما مناهج تقدير تكلفة إتاحة مياه الري فإن ظروف الدول العربية المتسمة بالندرة المائية الراهنة أو الوشيكة جعلها تزيد من الاهتمامات بالعمل على ترشيد استخدامات الموارد المائية وتحقيق أقصى كفاءة ممكنة في استخداماتها الزراعية وفي تخصيصها وتوزيعها التوزيع الأمثل بين الاستخدامات البديلة ، ومن ثم فقد أخذت العديد من الدول العربية بدرجات

متفاوتة وأساليب مختلفة في تطبيق سياسات استرداد تكلفة إتاحة مياه الري ، الأمر الذي يستوجب الاعتماد على منهج مناسب لتقدير تلك التكلفة[11] .

ومن بين مناهج التكلفة المتعارف عليها فإنه في ظروف الدول العربية المتسمة بالندرة المائية الراهنة أو الوشيكة – فإن المناهج التي تعطي اهتماماً أكبر لاعتبارات الكفاءة الاقتصادية لاتحظي بالتطبيق كمنهج التكلفة الحدية (Marginal Cost Approach) الذي يسفر عنه تقديرات عالية لتكلفة الاتاحة تفوق كثيراً المقدرة الفعلية للمستخدمين فضلاً عن أن التكلفة الحدية تتغير فيما بين المناطق المختلفة والمشروعات المختلفة تبعاً لتغير طبيعة منشآت الري وغيرها من العوامل ، ونفس الشيء ينطبق على تكلفة الفرصة البديلة (Opportunity Cost Approach) والتي تقوم على تقدير التكلفة بما يعادل التكلفة التي يتحملها المجتمع نتيجة توجيه – أو استنزاف – المورد المائي في استخدام أقل كفاءة .

ويقوم منهج تكلفة الاسترداد (الاسترجاع) (Cost recovery Approach) المطبق في معظم الدول العربية على فكرة تقدير التكلفة بمقدار ما يحقق استرداد تكلفة إتاحة مياه الري والاصل في ذلك ان تتضمن هذه التكلفة كلاً من التكلفة الاستثمارية لأعمال ومنشآت الري ، والتكلفة الجارية لتشغيلها وصيانتها وإدارتها ولكن في الحقيقة تقتصر على التكاليف الجارية ومرافق ومنشآت الري على المستوى الحقلي .

الخاتمة :

تعتبر عملية إدارة مياه الري بالمشروعات المروية على وجه الخصوص من أهم العوامل التي تحدد مدى نجاح المشروعات المروية ورفع كفاءة استخدام المياه في الوطن العربي . وفي هذا الصدد فقد قامت المنظمة العربية للتنمية الزراعية بدراسة شاملة لتعزيز دور تنظيمات مستخدمي المياه في مجال ترشيد وحماية وتنمية المياه في الزراعة العربية . ولقد أكدت التجارب في الآونة الأخيرة أن اشراك المزارعين في إدارة جزء أو أجزاء من أنظمة الري وتحديد رسم لمقابلة كل أو جزء من تكاليف إتاحة المياه يؤديان في غالب الأحيان إلى استخدام أكثر كفاءة لهذا الدور الهام .

وبالرغم من قصر فترة تطبيق تجربة تنظيمات مستخدمي المياه في الدول العربية ، إلا أن هناك نتائج إيجابية هامة تم تحقيقها، تمثلت أساساً في رفع كفاءة السيطرة والمراقبة على الوحدات الزراعية وتقليل الفواقد المائية وتوزيع المياه على أساس المساواة وانخفاض تكلفة التشغيل والصيانة بين جسور الثقة من مستخدمي المياه ومؤسسات الدولة المشرفة على المشاريع الإروائية بالإضافة إلى تقوية الروابط بين المنتفعين الحقيقيين (المزارعين) وأجهزة البحث والارشاد . وبالرغم من أن التوجه نحو الإدارة المتكاملة للمياه يتطلب تجاوز المعوقات الفنية والمؤسسية والقانونية القائمة على الساحة العربية فإن الحصيلة تكون إيجابية وتتمثل أساساً في رفع كفاءة الاستخدام للمياه ، تفعيل المشاركة الشعبية ، الحد من مركزية الادارة ، رفع المقدرة على تحصيل تكلفة إتاحة المياه ، ترابط المجتمعات وتماسكها ، التأكد من حسن التشغيل والصيانة وأخيراً الاستدامة أو كل هذه الأهداف تجسد التوجهات الحديثة للإدارة المتكاملة للمياه .

المراجع :

[1] "United Nations Water Conferences", 1977, Mar del Plata Action Plan, Mar del Plata, Argentina.

[2] International Conference on Water and the Environment : Development issues for th 21st century, The Dublin Statement and Report of the Conference, 20-31 January 1992, Dublin, Ireland.

[3] البنك الدولي ، إدارة شؤون الموارد المائية ، مايو ١٩٩٤ ، وثيقة من وثائق سياسات البنك الدولي .

[4] بلوم ، ع ، واقع وسبل تحقيق الأمن المائي العربي ، الندوة العلمية حول دور الجامعات في مواجهة الموارد المائية في الوطن العربي ٩-١١ أكتوبر ٢٠٠١ - جامعة قاريونس - بنغازي - الجماهيرية العظمى .

[5] نعيم قداح ، ٢٠٠٠ ، المشكلات البيئية لموارد المياه ، المجلة العربية لإدارة مياه الري ، العدد الثالث (يوليو - ديسمبر ٢٠٠٠) - ص ٢٥-٣٠ ، المنظمة العربية للتنمية الزراعية - الخرطوم .

[6] ، [7] المنظمة العربية للتنمية الزراعية ، ٢٠٠٠ ، دراسة تطوير الهياكل المؤسسية والتنظيمية لإدارة الموارد المائية في الوطن العربي ، الخرطوم ، AOAD/2000/RG-S/76-00955 .

[8] المنظمة العربية للتنمية الزراعية ، ١٩٩٩ ، دراسة تعزيز دور تنظيمات مستخدمي المياه في الزراعة العربية ، الخرطوم ، AOAD/2000/RG-S/B-00913 .

[9] سلمان محمد أحمد سلمان ، ١٩٩٧ ، الاطار القانوني لاتحادات مستخدمي المياه ، دراسة مقارنة ، البنك الدولي : الدراسة الفنية رقم ٣٦٠ ، واشنطن .

[10] المنظمة العربية للتنمية الزراعية ، ١٩٩٩ ، دراسة تعزيز دور تنظيمات مستخدمي المياه في الزراعة العربية ، الخرطوم AOAD/2000/RG-S/8-00913 .

[11] المنظمة العربية للتنمية الزراعية ، ١٩٩٩ ، دراسة أساليب وسياسات استرداد تكلفة إتاحة مياه الري في الدول العربية ، الخرطوم ، AOAD/1999/RG-S/47-00901 .

مؤتمر الخليج السادس للمياه

بالتزامن مع

الندوة الثانية لترشيد استخدام المياه

بالمملكة العربية السعودية

المياه الجوفية والسطحية

متكون وادي فاطمة كخزان استراتيجي للمياه في منطقة مكة المكرمة

المهندس صالح أحمد السفري، صالح أحمد الغامدي، وهيب عبدالعزيز الآشي، وائل عبدالعزيز البردي

متكون وادي فاطمة كخزان استراتيجي للمياه لمنطقة مكة المكرمة

صالح احمد السفري ، صالح احمد الغامدي ، وهيب عبدالعزيز الآشي، وائل عبدالعزيز البردي

قسم جيولوجيا المياه – هيئة المساحة الجيولوجية السعودية

ص. ب. ٥٤١٤١ جدة ٢١٥١٤– المملكة العربية السعودية

بريد إلكتروني: alsefry.sa@sgs.org.sa ، alghamdi.sa@sgs.org.sa

ملخص

قامت هيئة المساحة الجيولوجية السعودية بإدراج مشروع الخزن الإستراتيجي للمياه ضمن أعمالها للسنوات الخمس القادمة وهو يهدف البحث عن تكوين جيولوجي ذو ظروف تركيبية مناسبة لاحتواء كميات من المياه الصالحة للاستخدام الآدمي تستخدم في أوقات الطوارئ لتغذية مدينتي مكة المكرمة وجدة لمدة ثلاثة اشهر في ظل عدم وجود أي مصدر آخر للمياه من خلال الأودية المحيطة بالمنطقة وهي وادي فاطمة، وادي نعمان , وادي خليص ، وادي عسفان، وادي ملكان.

نتناول في هذه الدراسة الخصائص المكانية والجيولوجية والهيدروجيولوجية لوادي فاطمة كمصدر مناسب ومحتمل لإمداد المنطقة بالمياه وتتناول هذه الدراسة تقويم المصادر المائية المتوفرة وتقويم الطبقة الحاملة للمياه من حيث مناسبتها لأهداف المشروع من حيث التراكيب الجيولوجية والصفات الهيدروليكية كذلك تقويم مصادر المياه المختلفة في حال التفكير بالتغذية الغير طبيعية.

وقد تم حصر ٤٥٠ بئر وتم جمع ١٥٠ عينة ماء أجريت لها التحاليل الكيميائية لتحديد نوعيات المياه المختلفة خلال الوادي كذلك تم إجراء عدد من تجارب الضخ والرجوع كانت نتيجتها مشجعة للغاية حيث تراوحت قيم معامل الانتقالية بين ٣٠٠ – ١٨٠٠م^{٢}/يوم وهي قيم تدل على جهد عال للطبقة الحاملة للمياه كذلك كانت قيم العطاء النوعي كبيرة ومشجعة، كما تم عمل عدد من المقاطع الجيوفيزيائية لتحديد السمك المشبع للطبقة وكذلك عمق صخور القاعدة في الوادي ،كذلك تم حساب كميات المياه المستخرجة من الوادي نتيجة للسحب من قبل المزارعين أو بائعي المياه وقدرت ١٤٠,٠٠٠م^{٣}/يوم علما بأنه قد تم اعتماد ٧٠ لتر/يوم كنصيب للفرد على اعتبار الأحوال الطارئة.

نتيجة لهذه الدراسة تم التركيز على بعض المناطق في الوادي أعطت مؤشرات تدل على إمكانية الاستفادة من هذه المياه في أعمال المشروع وانحصرت هذه المناطق في المناطق الموجودة أعلى سد وادي فاطمة والتي اشتملت على وادي الشامية واليمانية وبني عمير وحوارة بالإضافة إلى وادي علاف والذي يقع خلف سد وادي فاطمة ويتميز بكميات مياه وفيرة وجيدة النوعية.

مقدمة :

يهدف المشروع إلى البحث عن تكوين جيولوجي ذو ظروف تركيبية مناسبة لاحتواء كميات من المياه الصالحة للشرب تستخدم في أوقات الطوارئ لتغذية مدينتي مكة المكرمة وجدة لمدة ثلاثة اشهر في ظل عدم وجود أي مصدر آخر للمياه من خلال دراسة المصادر المائية المتواجدة في المنطقة وهي عبارة عن أودية نعمان وفاطمة وخليص وعسفان وملكان لبحث مدى إمكانية مساهمة كل منها في توفير الكمية المطلوبة من المياه .

جرى تحديد ٧٠ لتر من المياه للفرد في اليوم كأساس للدراسة حيث ينبغي توفير مياه تغطي احتياج ١,٥مليون نسمة في مدينة مكة و٢,٥مليون نسمة في مدينة جدة، أي توفير ما يعادل ٢٨٠ ألف متر مكعب من المياه يوميا.

قامت هيئة المساحة الجيولوجية السعودية في تنفيذ مشروع الخزن الإستراتيجي في بداية عام ٢٠٠١، وتم البدء بواديي فاطمة ونعمان لأنهما يعتبران من افضل المصادر المائية ملائمة لتوفير المياه لمدينة مكة المكرمة (بالخير، ٢٠٠٢).

وسوف نركز في هذا البحث على وادي فاطمة وتحديد إمكانية مساهمته في مشروع الخزن الإستراتيجي.

يقع وادي فاطمة ضمن الحدود الإدارية لمنطقة مكة المكرمة التي تقع في الجزء الغربي من المملكة العربية السعودية حيث توجد مناطق التغذية للوادي بالقرب من محافظة الطائف مرورا بجوار مدينة مكة المكرمة مخترقا عددا من المحافظات والمراكز مثل الجموم وحدة وصولا إلى محافظة جدة على ساحل البحر الأحمر ويمتد وادي فاطمة بطول ٢٥٠كم من مرتفعات الطائف إلى ساحل البحر الأحمر وتبلغ مساحة الحوض المائي للوادي ٤٠٥٠كم٢.

ويتكون الوادي من عدد من الأفرع الرئيسية مثل وادي السيل الكبير بالإضافة إلى واديي الشامية واليمانية اللذان يلتقيان ليكونا وادي بني عمير الذي يلتقي بدوره بوادي حوارة ليكونا المجرى الرئيسي لوادي فاطمة -شكل رقم (١).

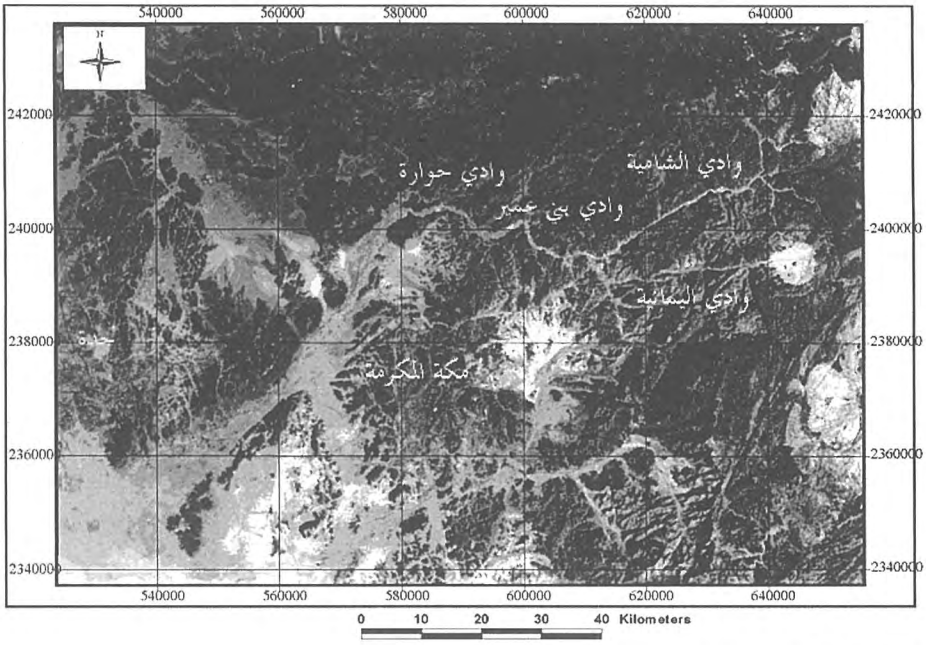
ويحتوي الوادي على عدد من العيون مثل عين الزيمة وعين سولة ضمن وادي اليمانية وعين المضيق في وادي الشامية وتتأثر إنتاجية هذه العيون بتغير كمية الأمطار والسيول التي تهطل على المنطقة. يتم تجميع هذه العيون عن طريق مصلحة المياه والصرف الصحي في خزانات ثم تضخ إلى مدينة مكة المكرمة لاستخدامها مع مياه التحلية لإمداد المدينة بالمياه .

كذلك توجد بعض الجداول التي تحتوي على المياه الجارية مثل وادي الشامية واعلى وادي حوارة حيث تسيل المياه على السطح مكونة بعض الجداول وهي تتأثر أيضا بمواسم الأمطار والسيول.

كما يوجد في الوادي سد سطحي هو سد وادي فاطمة الذي يقع في منتصف الوادي بسعة ٢٠,٠٠٠م^{٣} تقريبا بالإضافة إلى سد صغير يدعى سد وادي قرن يقع في اعلى وادي السيل الكبير.

تركز نشاط سكان المنطقة سابقا في الزراعة حيث كان الوادي هو المصدر الرئيسي لإمداد مدينة مكة المكرمة بالعديد من المنتجات الزراعية ولكن لعدم وجود مردود مادي جيد من الزراعة وحاجة المدن الرئيسية إلى المياه العذبة تم الاتجاه إلى بيع المياه مما أدى إلى انحسار الزراعة بشكل كبير وتنامي نشاط بيع المياه حيث أصبحت الآبار تحفر وتؤجر بمبالغ مجزية لهذا الغرض.

كما يوجد في الوادي حقلين لإمداد مدينتي مكة وجدة بالمياه حيث تدير مصلحة المياه والصرف الصحي حقل آبار يقع أعلى منطقة سد وادي فاطمة يتم من خلاله إمداد مدينة مكة ببعض المياه الجوفية، كما تدير إدارة مشاريع المياه بالمنطقة حقل آبار آخر يقع خلف سد وادي فاطمة مباشرة كان يستخدم لإمداد مدينة جدة بالمياه الجوفية أما الآن فهو يقتصر فقط على إمداد محافظة الجموم بالمياه الصالحة للشرب.



شكل رقم ١: موقع وادي فاطمة

الصفات الجيولوجية :

يقع وادي فاطمة ضمن مربع مكة في الجزء الغربي من الدرع العربي المحاذي للبحر الأحمر، ويتكون من الصخور الطباقية والصخور الجوفية لعصر ما قبل الكامبري وطفوح بركانية ورسوبيات بحرية تابعة للعصر الثلاثي والرسوبيات الفتاتية التابعة للعصر الرباعي. وقد تأثرت صخور ما قبل الكامبري بالتراكيب الجيولوجية المختلفة من طيات وصدوع وتشققات وقواطع، كذلك صخور العصر الثلاثي تأثرت بجميع التراكيب باستثناء الطيات. ويغلب الاتجاه العام للتراكيب الجيولوجية في أعلى الوادي شمال – شمال شرقي، بينما في أسفل الوادي شمال – شمال غرب (مور والرحيلي ١٩٨٩) - شكل رقم (٢)- .

وتقسم أنواع الصخور في المنطقة تبعاً لعمرها الجيولوجي من الأقدم إلى الأحدث إلى ثلاثة أقسام رئيسة هي:

صخور ما قبل الكامبري:

وهي عبارة عن طفوح بازلتية إلى ريولاتية وصخور بركانية فتاتية وصخور كربوناتية جميعها متحولة إلى الشست الأخضر وقد قطعت هذه بصخور جوفية من الجابرو والديورايت والجرانودايورايت.

ومن أهم المجموعات الجيولوجية التابعة لصخور ما قبل الكامبري من الأقدم إلى الأحدث هي:

مجموعة زبارة: وهي أقدم المجموعات ومن أهم المتكونات التابعة لها هي :

- متكون المضيق ويظهر المنكشف في أعلى وادي فاطمة .
- متكون الجموم ويمتد المنكشف من بحره إلى حرة رهاط.

مجموعة سمران: متكون بحرة ويظهر المنكشف أسفل وادي فاطمة وقبل السهل الساحلي بـــ٣٥كم.

- متكون سليمان ويظهر المنكشف في جنوب غرب متكون المضيق.

مجموعة فاطمة :وهي تشابه مجموعة سمران من ناحية العمر الجيولوجي

- متكون باقار
- متكون شبيريم

صخور العصر الثلاثي:

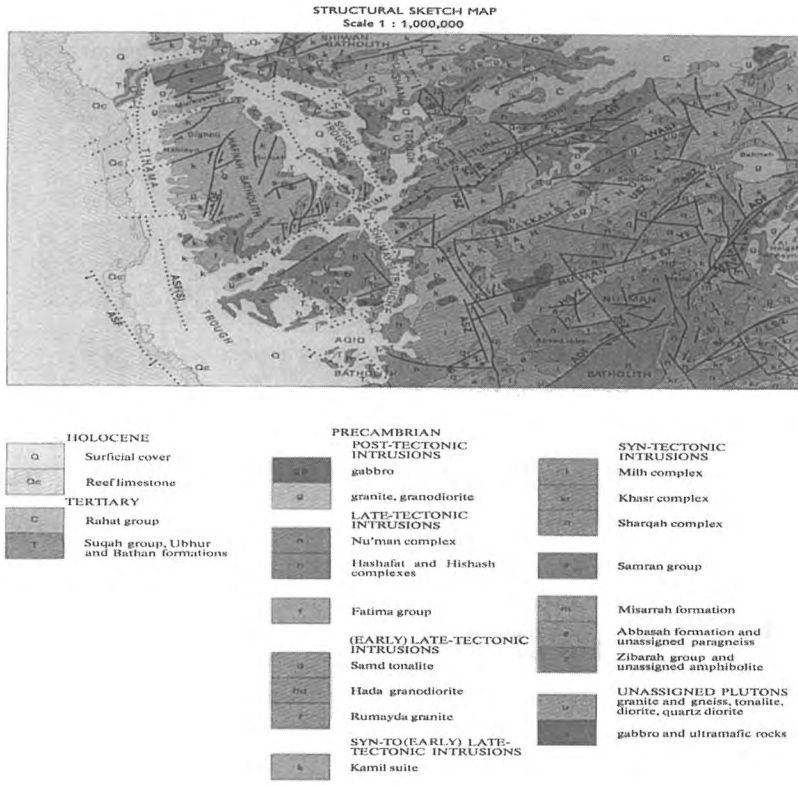
أ- طفوح بركانية – الحرات - منتشرة في أعلى وادي فاطمة، وأهمها حرة رهاط. وتتواجد الميـــاه في الوديـــان القديمة تحت البازلت وهي ذات نوعية جيدة، وتغذيها مياه الأمطار من خلال الصدوع حيث تتســـرب الميـــاه مباشرة إلى الطبقات الحاملة للمياه.

ب- الرسوبيات البحرية وهي أسفل وادي فاطمة بمحاذاة البحر الأحمر، وهي مشبعة بالمياه المالحة .

صخور العصر الرباعي:

وهي عبارة عن رسوبيات حديثة مختلفة في حجم الحبيبات من حبيبات خشنة في أعلى الوادي إلى حبيبات دقيقـــة في أســـفل الوادي، وتغطي تلك الرسوبيات مجاري الأودية الرئيسية والفرعية والسهول الساحلية.

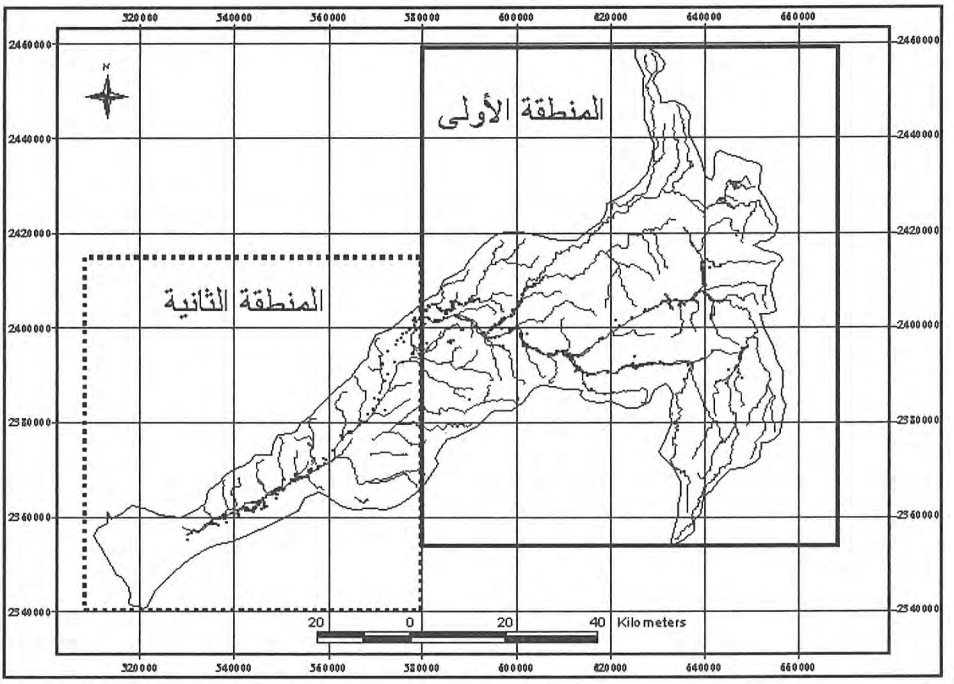
والطبقات الحاملة للمياه هي طبقات غير محصورة تعتمد على التغذية المباشرة من الأمطار، ونوعية المياه بصفة عامة جيـــدة في أعلى الوادي وتتدرج في الملوحة كلما اتجهنا إلى أسفل الوادي.



شكل رقم ٢: خريطة جيولوجية تركيبية لمربع مكة يظهر فيه وادي فاطمة

الهيدروجيولوجيا ونتائجها:

تم حصر الآبار المحفورة في الوادي والتي بلغت ٤٥٠ بئر – شكل رقم (٣) – تستخدم لأغراض بيع المياه بالإضافة إلى الزراعة وقد تم رصد مناسيب المياه الساكنة لها بالإضافة إلى توثيق جميع المعلومات المتعلقة بها مثل العمق الكلي وقطر البئر وقياس التدفق فيها. كما تم جمع ١٥٠ عينة مياه من هذه الآبار لإجراء التحاليل الكيميائية لها للوقوف على نوعيات المياه المختلفة ضمن الوادي.



شكل رقم ٣: يظهر توزيع الآبار على طول وادي فاطمة

اعتمادا على المعلومات المستنتجة من عملية حصر الآبار تم تقسيم الوادي إلى منطقتين رئيسيتين من حيث كميات ونوعيات المياه في المنطقة على النحو التالي:

المنطقة الأولى: تشمل وادي السيل الكبير ووادي الشامية ووادي اليمانية ووادي بني عمير ووادي حوارة وهي تقع جميعها اعلى سد وادي فاطمة بالإضافة إلى وادي علاف الذي يقع اسفل السد وتتميز هذه الأودية بوفرة في المياه بالإضافة إلى جودة نوعية المياه في هذه الأودية.

المنطقة الثانية: وتشمل الأجزاء الواقعة اسفل سد وادي فاطمة باتجاه البحر الأحمر وتتميز هذه المنطقة بقلة المياه ورداءة نوعيتها.

ولذلك واعتمادا على أهداف الدراسة فقد تم تركيز الدراسات التفصيلية مثل الأعمال الجيوفيزيائية وتجارب الضخ والاستعاضة على المنطقة الأولى وبناءا عليه تم عمل ١٠ تجارب ضخ – جدول رقم (١)- وتم عمل ١١ مقطع جيوفيزيائي.

Well no.	Wadi Name	Transmissivity (m^2/day)	Storativity
SGS 21	Yamaniah	1591.2	0.108
SGS 53	=	1814	0.085
SGS 60	=	1125.504	0.2
SGS 1000	Shamiyah	1307	0.015
SGS 87	=	302	0.008
SGS 115	Bani Omair	370	0.014
SGS 125	=	323	0.005
209	=	241	0.09
SGS 248	Elaf	322.416	0.016
SGS 266	=	183.88	0.119

جدول رقم (١): نتائج تجارب الضخ

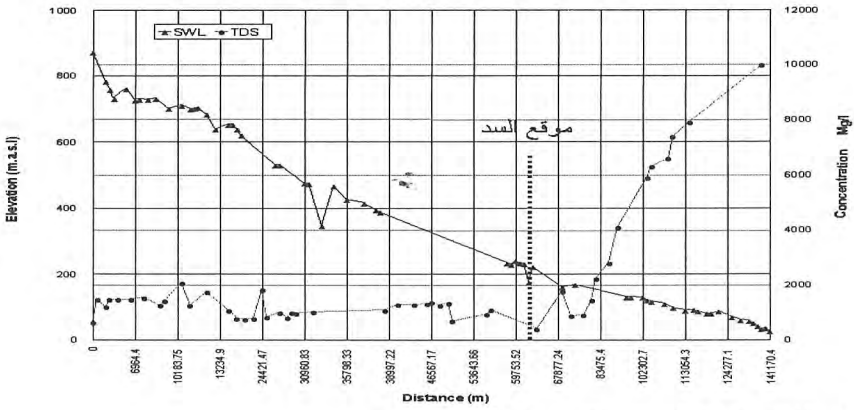
بالإضافة إلى ذلك تم تحديد نوعية المياه في الوادي عن طريق التحليل الكيميائي لعينات المياه بهدف معرفة أكثر المناطق ملائمة للخزن الإستراتيجي , ليتم عمل الدراسات التفصيلية على ذلك الموقع في المراحل المتقدمة من المشروع .

وخلال العمل الميداني تم جمع ١٥٠ عينة وفق المعايير التالية :

- ✓ التغير في نوعية الصخور والتراكيب الجيولوجية .
- ✓ تغطي العينات جميع أجزاء الوادي الرئيسي والأودية الفرعية .
- ✓ التغير في الأنشطة القائمة في منطقة الدراسة سواءً كانت زراعية أو صناعية .

وقد دلت النتائج علي أن نوعية المياه بصفة عامة جيدة حسب المواصفات القياسية السعودية وفقا لمجموع الأجسام الصلبة المذابة . وتبدأ ملوحة المياه بازدياد كلما اتجهنا إلي أسفل الوادي الرئيسي حيث تجاوزت التراكيز ١٠,٠٠٠ ملجم/لتر بالقرب من البحر. أما الأودية الفرعية مثل وادي علاف ووادي حواره ووادي الشامية ووادي اليمانية فنوعية المياه بها جيده بصفة عامة حيث تراوحت التراكيز بين ٣٠٠ و١٠٠٠ملجم/لتر – شكل رقم (٤)-. ويغلب كلوريد الكالسيوم على سحنة المياه في منتصف الوادي باتجاه الأعلى باستثناء منطقة السيل الكبير والتي تتميز بكلوريد الصوديوم نتيجة التجوية لعناصر الفلدسبار المكونة للجرانيت , أما في الأجزاء السفلي من الوادي فسحنة المياه الشائعة هي كلوريد الصوديوم .

وقد لوحظ ارتفاع عنصر النترات في أعلى الوادي الرئيسي باستثناء وادي حواره بسبب قلة النشاط ويزداد تركيز النترات بشكل كبير جدا في أسفل الوادي الرئيسي نتيجة النشاطات الزراعية والصناعية وكثافة المناطق السكنية.



شكل رقم ٤: تدرج ازدياد الملوحة من اعلى الوادي الى اسفله

تحديد خصائص الطبقة الحاملة للمياه في الوادي بدقة كان هو العقبة الأهم نظرا لعدم توفر الظروف الطبيعية لإجراء تجربة ضخ نموذجية يتم فيها تواجد كل الشروط المناسبة لإجراء تجارب الضخ. وقد تركزت هذه العقبات في عدم وجود آبار مراقبة يمكن من خلالها قياس الانخفاض في مستوى المياه الجوفية بمنأى عن تأثير المضخة مما اجبر الباحثين على معالجة بيانات آبار الضخ نفسها، بالإضافة إلى عدم تجاوب بعض أصحاب الآبار مع الباحثين في إيقاف المضخات للحصول على مستوى الماء الساكن وبالتالي بدء تجربة الضخ بشكل تقليدي بالإضافة إلى عدم تجاوبهم أيضا في ترك المضخات تعمل لفترة أطول للوصول إلى حالة الثبات وهي الحالة المثلى لإنهاء تجربة الضخ مما حدا بالباحثين إلى تطبيق طريقة الميل (Slope Matching Method) لمعرفة خصائص الطبقة الحاملة للمياه في الوادي.

تم إجراء ١٠ تجارب ضخ موزعة على أودية الشامية واليمانية وبني عمير وعلاف ووادي حوارة وهي الأودية المشمولة في المنطقة الأولى كان الهدف منها تحديد الخصائص الهيدروليكية للطبقة مثل تحديد قيم معامل الانتقالية (Transmissivity) و العطاء النوعي (Specific Yield) لها. وقد تم تحليل المعلومات الخاصة بتجارب الضخ بواسطة برنامج AQTESOLVE for Windows والمطور بواسطة Hydrosolve Inc بالإضافة إلى بعض البرامج الخاصة بطريقة الميل Slope Matching Method والتي نشرها شن في عام ١٩٨٦ و التي تعتبر الحل الأمثل لمعالجة نتائج تجارب الضخ في ظل عدم إمكانية قياس المستوى الساكن للمياه الجوفية أو الوصول إلى حالة الثبات (شن، ١٩٨٦ أ).ونظرا لأن النتائج المعالجة مأخوذة من آبار الضخ مباشرة ونظرا لأن معظم آبار الضخ ذات أقطار كبيرة فقد تعذر حساب معامل التخزين بطريقة المنحنيات النموذجية في الآبار الكبيرة القطر لذلك فقد تم حساب معامل التخزين من خلال المعادلة التالية (شن، ١٩٨٧) :

$$S = \frac{Qt - \pi r_w^2 s_w(t)}{\frac{r_w^2}{4T}[e^{\frac{4\pi T}{Q}s_w(t)} - 1] / - \pi r_w^2 s_w(t)}$$

حيث:

$s_w(t)$ هي الانخفاض في البئر عند أي زمن

r_w نصف قطر البئر

حيث تراوحت قيم الانتقالية من ٣٠٠ إلى ١٨٠٠ م٢/يوم في وهي قيم تدل على ان جهد الطبقة يتراوح من متوسط الى عالي (شن، ١٩٩٥) اما بالنسبة لقيم معامل التخزين فقد بلغ المتوسط ٠,٠٦ أما بالنسبة لقيم العطاء النوعي فقد تم تقديرها من خلال المقارنة بحجم الحبيبات في الوادي والتي تراوحت بين الرمل الخشن والرمل مع الحصى وبالتالي فقد تراوحت قيم العطاء النوعي بين ٠,١٥و٠,٢ (داوسون وآخرون ، ١٩٩١).

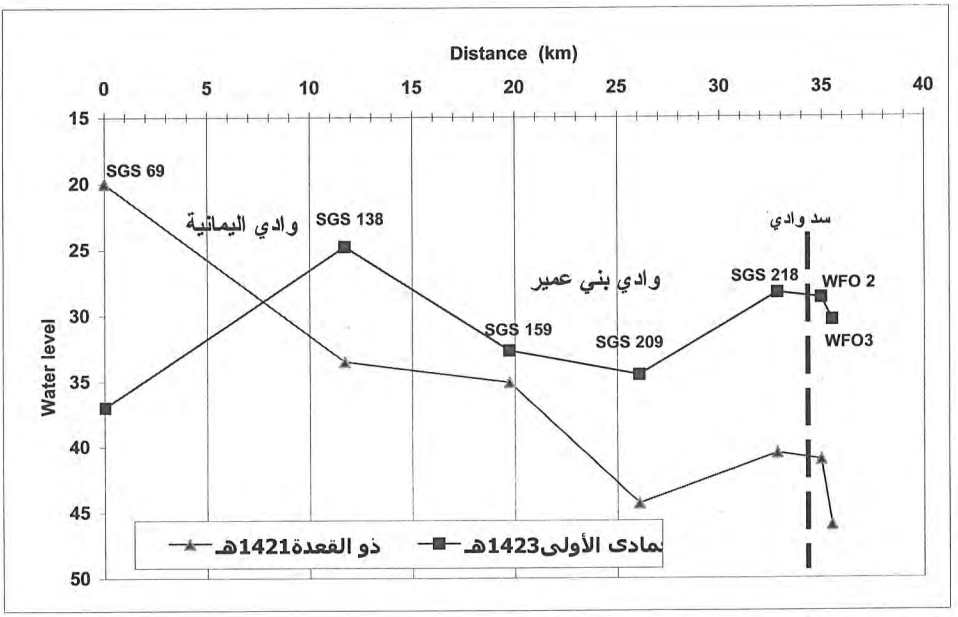
وبالنظر الى هذه النتائج نرى امكانية إعتماد وادي فاطمة كمصدر للمياه مع امكانية زيادة التغذية اما بطرق التغذية الصناعية سواء عن طريق عمل بعض السدود الجوفية خاصة في وادي علاف الذي يصب في المنطقة الثانية بعد سد وادي فاطمة مما يحافظ على النوعية الجيدة للمياه في الوادي بالإضافة الى ارتفاع منسوب المياه الجوفية في الوادي وبالتالي زيادة مساهمة هذا الفرع في كمية المياه التي يساهم بها الوادي ككل او عن طريق عمل احواض للترشيح في مناطق هطول الأمطار مما يزيد من كمية المياه الداخلة الى الطبقة الحاملة للمياه وبالتالي زيادة المخزون الجوفي ويساهم في ذلك قيم النفاذية والإنتقالية العالية .

كل هذه العوامل والطرق لن تكون مجدية في ظل استمرار الوضع الراهن من حيث الإستنزاف الجائر لمياه الوادي لذلك ينبغي اولا عمل خطة ترشيد لإستهلاك المياه الجوفية مع ضرورة تنفيذ برنامج مراقبة مستمرة للوضع المائي في الوادي يتم تعديلها حسب المعطيات الخاصة بالطبقة الحاملة للمياه.

التغذية :

تتراوح كميات الأمطار على أعالي وادي فاطمة بين ٣٠٠و٣٦٠ ملم/سنة وقد تم حساب كمية المياه التي تغذي الطبقة الحاملة للمياه في أعالي الوادي مرات عديدة بواسطة العديد من الباحثين حيث قدرت بـــ ٨٥ملم /سنة (ميمون وآخرون، ١٩٨٤م) . كما قدرت كمية التغذية في أعالي وادي فاطمة بـــ ٧٢ملم/السنة (اليماني وآخرون، ١٩٩٥م) وهي القيمة التي تم اعتمادها من قبل الباحثين في هذا البحث.

ونظرا لأن الخزان الجوفي الحامل للمياه هو من النوع الغير محصور فإن التغذية تكون مباشرة من الأمطار وعلى طول امتداد الوادي حيث يلاحظ ذلك جليا في الاستجابة المباشرة لمستوى المياه في الوادي لفترات هطول الأمطار والسيول في المنطقة حيث تم رصد ارتفاع في مستوى المياه الجوفية في معظم أفرع الوادي في شهر جمادى الأولى لعام ١٤٢٣هـــ بعد فترة الأمطار التي هطلت على المنطقة في شهري شوال وذي القعدة لعام ١٤٢٢هـــ - شكل رقم (٥) -.



شكل رقم ٥: أثر الأمطار على منسوب المياه الجوفية في الوادي

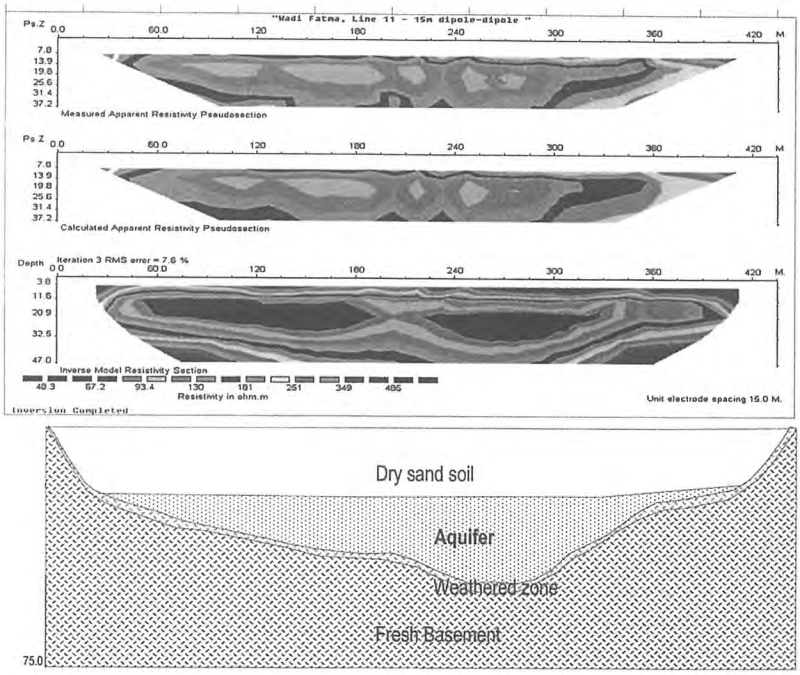
الإستهلاك :

يعتبر استهلاك المياه من اجل البيع والزراعة هما المستهلكان الرئيسيان للمياه الجوفية من وادي فاطمة حيث اصبح منظر صهاريج المياه هو السمة المميزة للوادي في ظل الأعداد الهائلة من هذه الصهاريج والتي تنقل المياه إلى خارج الوادي إما إلى مدينة جدة أو إلى مدينة مكة وذلك لسد العجز الناتج عن التحلية بالإضافة إلى استخدام هذه المياه للأغراض الصناعية حيث يذهب معظم هذه المياه وبالذات في مدينة جدة حيث تعتمد المصانع اعتمادا كليا على هذا المصدر. ولتحديد كمية المياه المستخرجة من وادي فاطمة فقد تم قياس التدفق لكل بئر وحصر ساعات العمل لكل منها بالإضافة إلى القيام بتحديد كميات المياه التي تنقل بواسطة صهاريج المياه إلى خارج الوادي ومن خلال هذه العملية فقد تم تقدير كمية المياه المستخرجة من الوادي بـــ١٤٠٠٠م٣/يوم، يتم استهلاك ما يعادل ٥٣٠٠٠م٣/يوم للأغراض الزراعية بينما يتم نقل ٦٧٠٠٠م٣/يوميا إلى خارج الوادي عن طريق بيع المياه بأسعار زهيدة جدا لا تتناسب وقيمة هذا المصدر الحيوي بالإضافة الى حقول آبار المياه التابعة لمصلحة المياه والصرف الصحي ومشاريع مياه منطقة مكة المكرمة والتي تضخ حوالي ٢٦٠٠٠متر مكعب يوميا.

وتتركز مناطق السحب في وادي بني عمير حيث تتداخل مخاريط الانخفاض في المنطقة منذرة بإستنزاف هذا المصدر الهام والإستراتيجي خاصة وان هذه المنطقة تقع اعلى منطقة سد وادي فاطمة التي تتركز فيها حقول آبار المياه التابعة لمصلحة المياه والصرف الصحي ومشاريع مياه منطقة مكة المكرمة والتي تغذي مدينتي مكة المكرمة وجدة .

النتائج:

من خلال الجولات الميدانية والدراسات الحقلية التي أجريت على المنطقة يتضح وجود المياه بكميات وفيرة ونوعيات جيدة في المنطقة الأولى من الوادي والتي تركزت عليها معظم هذه الدراسات. وقد امكن من خلال نتائج الضخ ونتائج المقاطع الجيوفيزيائية -شكل رقم (٦)- تقدير حجم المخزون المائي الجوفي في المنطقة الأولى من الوادي بما يقارب ٤٢مليون متر مكعب وهو الأمر الذي يدل على امكانية مساهمة الوادي مساهمة فاعلة في امداد مدينتي مكة وجدة بما تحتاجه في اوقات الطوارئ في ظل ادارة مائية متكاملة لهذا المصدر.



شكل رقم (٦): احد المقاطع الجيوفيزيائية في الوادي وتفسيراته

كما يتضح من خلال الدراسة عدم الحاجة إلى التغذية الغير طبيعية للوادي حاليا إنما الاتجاه إلى إدارة موارد المياه في الوادي من خلال مبادئ التنمية المستدامة للمصدر والتي تتركز في عدم السماح بالحفر العشوائي للآبار وإيقاف جميع التجاوزات الحاصلة حاليا من حيث استنزاف المياه لأغراض البيع.

أيضا من خلال الدراسة تظهر بوضوح أهمية وادي فاطمة كمصدر استراتيجي للمياه في المنطقة فبالنظر إلى عدد سكان مدينتي مكة وجدة نجد انهم ٤٠٠,٠٠٠نسمة ومن خلال اعتماد مبدأ إدارة الأزمة فقد تم تحديد حصة الفرد من المياه بـــ ٧٠لتر في اليوم خلال فترات الطوارئ أو توقف التحلية عن إمداد المدن الرئيسية بالمياه وبحساب كمية المياه المستخرجة حاليا عن طريق الزراعة والصهاريج نجد أن هذه الكمية قد تكفي ١,٤٠٠,٠٠٠نسمة يوميا وهو ما يعادل ٣٥% من احتياج المنطقة علما بأن هذه الكمية يمكن مضاعفتها في حالة إيقاف الاستنزاف الشديد للمياه من اجل البيع حاليا والقيام بتحديد كميات المياه

المستخرجة من الآبار المستخدمة للزراعة حيث سيرتفع منسوب المياه الجوفية تدريجيا مما يعطي فرصة اكبر لزيادة حجم السمك المشبع في الوادي وبالتالي زيادة الإنتاجية حين الحاجة إليها.

وقد خلص الباحثون الى ضرورة تنفيذ التوصيات التالية للحد من استنزاف المياه في هذا المصدر الحيوي:

١. اعتبار وادي فاطمة مصدر استراتيجي للمياه لمكة المكرمة.
٢. تنفيذ برنامج متابعة للوضع المائي من خلال حفر آبار مراقبة لمنسوب المياه الجوفية باستمرار على طول الوادي خصوصا في المنطقة الأولى مع ضرورة إجراء بعض التحاليل الكيميائية من فترة إلى أخرى لمراقبة النوعية.
٣. تنفيذ خطة ضخ وتشغيل للوادي وإلزام كافة الجهات المستغلة للوادي بها للحد من الاستنزاف الجائر للمياه الجوفية.
٤. الحد من كميات المياه التي تنقل بواسطة الصهاريج إلى خارج الوادي خاصة من المنطقة الأولى.
٥. حث المستثمرين على استغلال المياه المتواجدة في المنطقة الثانية لتوفير حجم الطلب على المياه بواسطة الصهاريج بحيث يتاح لهم إنشاء وحدات إعذاب تتناسب وجودة المياه المطلوبة .
٦. إلزام إحدى الجهات المسؤولة عن الوادي بتركيب عدادات لقياس كمية المياه المستخرجة من البئر لأغراض الزراعة مع مراعاة اعتماد أنظمة ري حديثة تؤدي إلى الاقتصاد في كميات المياه.
٧. عدم السماح بالحفر العشوائي للآبار ومعالجة التجاوزات الحاصلة حاليا.
٨. عدم السماح بإنشاء أي مشاريع قد تلوث المياه الجوفية خصوصا في مناطق التغذية للوادي وإلزام جميع أصحاب المشاريع المقامة حاليا باتخاذ الإجراءات الكفيلة بالحفاظ على نوعية المياه.

المراجع:

- المواصفات القياسية السعودية ٢٠٠٠ – مياه الشرب الغير معبأة – مواصفة رقم ٢٠٠٠/٧٠١

- Alyamani, M.S. and Hussein, M.T., (1995). Hydrochemical Study of Groundwater in Recharge Area, Wadi Fatimah Basin, Saudi Arabia, GeoJournal vol 37, no 1, pp. 81-89.

- Balkhair, K.S., (2002). Outranking strategic groundwater basins in western Saudi Arabia using multicriterion decision making techniques, Groundwater Hydrology, A.A. Belkema Pub.2002. Vol 2, pp

- Cooper, N.N., and Jacob, C. E., (1946). A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarized well field history, Am. Geophys. Union, Trans., vol 27, pp.526-534.

-Dawson,J.W., and Istok, J. D., (1991). Aquifer Testing – Design and Analysis of Pumping and Slug Test. Lewis Puplishers Inc., Chelsea, Michigan, USA.

- Kruzeman, G.P., and de Ridder, N.A., (1979). Analysis and Evaluation of Pumping Test Data, Int. Inst. For land Reclamation and Improvement, Wageningen, the Netherlands.200pp.

- Memon, B.A., Kazi, A., and Bazuhair, A.S. (1984): Hydrology of Wadi Al-Yammaniyah, Saudi Arabia. Ground water, vol.22, No 4, pp. 406-411.

- Moore, T. A., and Al-Rehaili, M., (1989) Geological Map of the Makkah Quadrangle, sheet 21D, Kingdome of Saudi Arabia. Ministry of Petroleum and Mineral Resources. DGMR, Map GM – 107C.

- Papadopulos, I.S., and Cooper, H.H., JR (1967). Drawdown in a well of large diameter. Water resource. Researche . vol 3, no 1, pp. 241-244.

- Sen, Z. (1986a). Determination of aquifer parameters by slope - matching Method, ground water, Vol. 24, No 2 pp.217-223.

- Sen, Z. (1987). Storage Coefficient Determination from Quasi- steady flow, Nordic hydro, vol. l.18, pp. 101-110.

- Sen, Z. (1995). Applied Hydrogeology for Scientists and Engineers, CRC Lewis Publishers, Bato Rcon, 465pp.

واقع الوضع المائي في فلسطين

المهندس نضال سليم، عامر مرعي

واقع الوضع المائي في فلسطين

م. نضال سليم
سلطة المياه الفلسطينية/رام الله ص.ب.٢١٧٤
رام الله ص.ب.٢١٧٤
الضفة الغربية/ فلسطين
nidal_salim@hotmail.com

د. عامر مرعي
جامعة القدس–القدس (كلية العلوم)
ص.ب.٢٠٠٠٢
الضفة الغربية/ فلسطين
marei@planet.edu

الملخص:

تهدف هذه الورقة إلى تسليط الضوء على مصادر المياه الجوفية في فلسطين وأنظمة المراقبة الكمية والنوعية لها، وهي مصادر متجددة حيث تعتبر الأمطار المصدر الرئيسي لتغذية المياه الجوفية وأحياناً الثلوج، بحيث يتراوح معدل الأمطار بين ٥٠٠-٦٠٠ملم/السنة وتتفاوت كمية التغذية تبعاً لاختلاف الطبيعة الجيولوجية ومعدلات الأمطار وحركة المياه الجوفية وغيرها وتقسم الأحواض الجوفية إلى ثلاث أحواض رئيسية في الضفة الغربية وهي الحوض الشرقي، والغربي والشمالي الشرقي بالإضافة إلى الحوض الساحلي في غزة. كما تتطرق إلى وصف الأحواض المائية في فلسطين مع توضيح امتداداتها وتصنيف الخزانات التي تنتمي إليها وتوزيع الآبار والينابيع في هذه الأحواض وكميات الاستخراج والتدفق وفقاً للأحواض المختلفة ومقارنتها مع مثيلاتها في الجانب الإسرائيلي. ومعالجة هذه الكميات من حيث تغطية الاحتياجات المختلفة وتوضيح العجز المائي الناجم في أساسه عن سياسات الاحتلال المتبعة واستغلاله الجائر لمصادر المياه في فلسطين بالاضافه إلى ما يمكن تقسيمه إلى ١) عجز طبيعي: ناتج عن نقص في الموارد المائية أو عجز في توفير تقنية ملائمة لاستخراج كميات إضافية من المياه يمكن أن تغطي الاحتياجات المطلوبة.٢) عجز إداري: يتمثل في الصراعات المختلفة الناجمة عن اختلاف الأولويات بين المؤسسات القائمة على الموارد المائية. كما تتناول الورقة أنظمة المراقبة المستخدمة: وهي تركز على مراقبه الكمية والنوعية ، نوعيتها فتراتها، طرق المراقبة وأهدافها، والأساليب المتبعة. والصعوبات التي يواجهها وأهمها ملكية الآبار الخاصة مما ينجم عنه عدم وجود سيطرة في المراقبة وعشوائية وبالتالي فان القياسات تكون غير ممثلة للواقع. وتتطرق الورقة في محتواها لكميات الاستهلاك المختلفة في الجانبين الفلسطيني والإسرائيلي والفجوة في الاستهلاك والتي تتزايد باستمرار مع تزايد الطلب ومحدود يه المصدر وتتناول بعض الجوانب الهامة في اداره مصادر المياه في فلسطين، والتي تعاني من تباين واضح في مصادر المياه المختلفة مما لا يساعد سلطة المياه الفلسطينية (وهي السلطة المركزية) على وضع استراتيجية لإدارة مصادر المياه بصورة مركزية.

مفاتيح الكلمات:

١.مقدمه:

يمتاز العالم العربي بشكل عام بشح مصادره المائية علما بأنه يشكل حوالي ١٠% من مساحة العالم ويبلغ عدد سكانه ٥% من سكان العالم أما مصادر المياه العذبة فهي لا تتعدى ١% من تلك المتوفرة عالميا. أ ما المناطق التي تتوفر فيها المياه تقع مصادرها خارج حدود العالم العربي ومن الأمثلة على ذلك نهري النيل و الفرات في بلاد الشام. يعد نهر الأردن أحد مصادر المياه الرئيسة لكن معظم منابعه مسيطر عليها من قبل إسرائيل حيث تتقاسم الأخيرة أيضا مياه نهر اليرموك مع كل من سوريا و الأردن وبذلك لم يستفد الفلسطينيون من مياه نهر الأردن منذ احتلال الضفة الغربية عام ١٩٦٧.

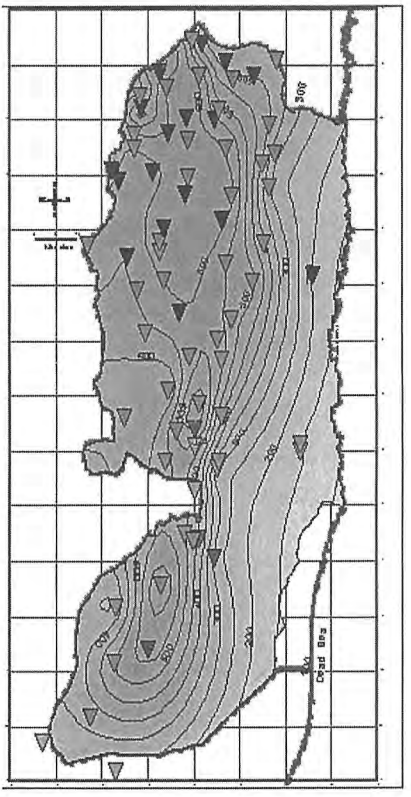
تبلغ مساحة فلسطين التاريخية ٢٧ ألف كيلو متر مربع. تبلغ مساحة الضفة الغربية ٥،٥٧٢ و تبلغ مساحة قطاع غزة ب ٣٦٧ كيلو متر مربع وهي بذلك تعادل ٢٢% من مساحة فلسطين التاريخية البالغه ٢٧ ألف كيلو متر مربع . مصادر المياه في فلسطين محدودة و الصراع عليها يسير بخط مواز في الصراع على الأرض وكافة مصادر المياه التي سوف يأتي ذكرها فيما بعد تعتمد بشكل مباشر على مياه الأمطار وتوزيعها (انظر شكل ١) حيث يقسم خط توزيع الأمطار في الضفة الغربية إلى حوضين شرقي وغربي وبشكل عام يزداد معدل سقوط الأمطار كلما اتجهنا من منطقة الساحل (٥٠٠ ملم) إلى المرتفعات الجبلية (٦٠٠ ملم) ثم تنخفض إلى ١٥٠ ملم في منطقة غور الأردن كذلك تزداد كمية الأمطار من الجنوب من حوالي ٢٥٠ ملم في رفح إلى حوالي ٧٠٠ ملم في الجليل الأعلى. إن هذا التباين في مسافة لا تتعدى قدرها ١٠٠ كم. يؤدي إلى تباين واضح في مصادر المياه ويؤدي إلى وجود صعوبة في عملية تخطيط و إدارة مصادر المياه المحدودة و ازدياد التنافس عليها بين الدول.

٢.مصادر المياه في فلسطين:

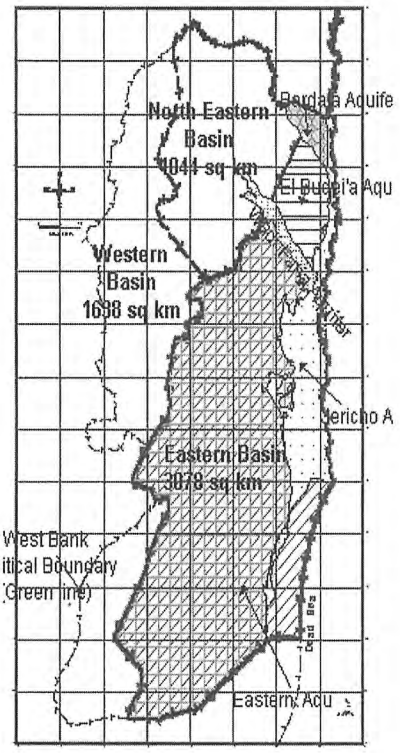
تقسم مصادر المياه في فلسطين بشكل أساسي إلى جوفيه وسطحيه، بالأضافه إلى مياه آبار الجمع من الأمطار وهو مصدر تفرد به الفلسطينيون وهي عبارة عن إنشاء إسمنتي محلي يستخدمه في الغالب المزارعين لري المزروعات كنتيجة لشح المياه وهو ينتشر بشكل كبير في شمال الضفة الغربية والمياه العادمة المكررة وهي تقنية حديثة العهد نسبيا في فلسطين ويعتقد بأنها سوف تكون أحد الحلول للتغلب على شح المياه. وتعتبر المياه الجوفية أهم هذه المصادر حيث يتقاسم الفلسطينيين والإسرائيليين المياه الجوفية بالضفة الغربية بنسب مختلفة، وهذا المصدر يغطي جميع ما يستخدمه الفلسطينيين من مياه وحوالي ثلث احتياجات إسرائيل . ويمكن تقسيم أحواض المياه الجوفية في الضفة الغربية و محتوياتها حسب المتوفر من معلومات إلى ثلاثة أحواض رئيسية: (الحوض الغربي، الحوض الشرقي، والحوض الشمالي الشرقي) كما هو موضح في (شكل ٢). وتعتبر الطبقات الحاملة للمياه والتي نعود إلى طبقات السينومانيان الأعلى والأسفل والتورونيان والألبيان الأفضل والأغزر وفره بالمياه ونخص بالذكر الطبقة المائية السفلية التي تعود إلى الألبيان والتي تتركز فيها معظم الآبار الأسرائيليه. وتتجه حركة المياه السطحية في الضفة الغربية إلى اتجاهين بشكل عام... قسم يتجه باتجاه الغرب ليغذي الحوض المائي الغربي المشترك بين الفلسطينيين و الإسرائيليين و قسم يتجه نحو الشرق ليغذي الحوض الشرقي حيث تعتبر سلسلة الجبال التي تمتد من الظاهرية في الجنوب (جنوب مدينة الخليل) و حتى جنين شمالا الحد الفاصل. ويوضح (جدول ١) أهم الطبقات الجيولوجية الحاملة للمياه في الضفة الغربية وتوزيعاتها في الأحواض المائية.

(جدول ١): أهم الطبقات الجيولوجية الحاملة للمياه في الضفة الغربية :

الطبقة الحاملة للمياه (Aquifer)	الحوض (Basin)
Pleistocene	(الشرقي) Eastern
Neogene	(الشرقي) Eastern
Upper cenomanian	(الشرقي و الغربي)(Eastern + Western)
Lower Cenomanian	(الشرقي و الغربي(Eastern + Western)
Turonian	الغربي (Western)
Eocene	(الشمالي الشرقي)Northeastern



(شكل ١): يمثل توزيع المطر في الضفة الغربية.



(شكل ٢): يمثل الأحواض المائية وامتداداتها في الضفة الغربية

أما في غزه فتتباين كميات الأمطار فيها ما بين شماله بمعدل قدره ٤٠٠ ملم/ السنة وجنوبه بمعدل ٢٥٠ ملم/سنة وتستمد مياهها الجوفية بشكل أساسي من الحوض الساحلي المكون من ثلاث طبقات حاملة للمياه وهي تتشكل بشكل أساسي من (الرمل و الحجر الرملي) والتي تنتمي إلى عصري البليستوسين و الهولسين بالإضافة لذلك تتغذى المياه الجوفية بشكل أساسي

من مياه الأمطار وبالعائد من مياه الري و المجاري و الحفر الامتصاصية والعائد من الاستخدامات الزراعية و كذلك التسرب الأرضي القادم من الشرق. ويتشكل الخزان الجوفي الذي يسمى بالخزان الساحلي من الرمال والحجر الرملي وتبلغ سماكة طبقاته ٢٠٠ مترا بالقرب من الشاطئ وتتناقص هذه السماكات باتجاه الشرق لتصل إلى ٧٠ مترا بالقرب من الحدود الشرقية لقطاع غزة. وتتخلله طبقات من الطين بحيث تفصل هذه الطبقات الأجزاء الحاملة للماء عن بعضها البعض، إلا أن امتداد الطبقات الطينية هذه محدودا بشكل أفقي لذا نجدها تتواجد في مكان ما وتختفي في مكان آخر.

المصدر الثاني للمياه في فلسطين هو المياه السطحية المتمثلة في حوض الأردن والذي يتضمن نهر اليرموك والروافد الأخرى بالإضافة إلى ، بحيرة طبريا وبما أن إسرائيل تسيطر على منابع هذا النهر و على بحيرة طبرية التي هي الخزان الطبيعي لمياه النهر فان إمكانية استفادة الجانب الفلسطيني من هذه المياه شبه معدومة. وقد تدنت كمية المياه المتدفقة به من ١٢٠٠ مليون متر مكعب سنويا إلى ١٢٠ مليون متر مكعب سنويا علما بأنه يتوفر الكثير من الخطط التطويرية في الجانب الإسرائيلي التي تهدف إلى الاستفادة من الكمية المتبقية ، أضف إلى ذلك تدني نوعية مياه نهر الأردن حيث أن مصدر تلك المياه هي الينابيع المالحة التي تتدفق على شاطئ بحيرة طبرية و مياه أحواض الأسماك و المياه العائدة من الاستخدامات الزراعية وتصريف المياه العادمة و أخيرا المياه الجوفية ذات الملوحة العالية.

٢. ١ الآبار المحفورة والينابيع

لقد تراجع عدد الآبار الفلسطينيه التي كانت عاملة قبل عام ١٩٦٧ من ٧٤٤ بئرا إلى حوالي ٣٥٦ مرجع [1])] كما أن عمليه الحصول على تصريح لحفر بئر أو تجديده تحتاج للمرور عبر عده قنوات رسمية معقدة. و يعود سبب ذلك الانخفاض إلى عوامل متعددة منها فنيه تتمثل في تعطل المضخات و انخفاض مستوى سطح المياه الجوفية نتيجة حفر آبار إسرائيلية ، وحصول ردم في بعض الآبار. اضافه إلى أن معظم الآبار تحصل على مياهها من الخزانات العلوية ذات الكفاءة المنخفضة، ومشاكل التلوث ومنها اداريه تتمثل في التعقيدات التي يفرضها الجانب الإسرائيلي في حفر آبار جديده أو اعاده تأهيلها. أما في غزه وحسب إحصائيات سلطة المياه الفلسطينية فقد ازدادت عمليات الحفر حيث بلغ عدد الآبار الجوفية التي حفرت بالخزان الساحلي بـــ٣٠٠٠ بئرا مسجلة بالإضافة إلى ٦٠٠ بئرا بدون ترخيص وبذلك بلغت كثافة الآبار بمعدل ٥ آبار/كم^{٢} الواحد وفي الجزء الشمالي ٢٠ بئرا/كم^{٢} [1] .

أما بالنسبة للينابيع فيمكن تقسيمها في الضفة إلى ثلاثة أقسام:

الترازات و هي موسمية تتدفق فقط في فصل الشتاء

الينابيع ذات الحجم المتوسط و التي يتراوح حجم الجريان لها ما بين ٥م^{٣} – ٢٥م^{٣}

الينابيع الرئيسية وهي ذات انسياب جيد مثل العوجا ،السلطان...الخ. ويوجد في الضفة الغربية ٣٠٣ نبع يتم مراقبتها باستمرار من قبل سلطه المياه الفلسطينية، حيث تزودنا الينابيع سنويا ما قيمته ٥٦ مليون م^{٣} من المياه [1] .

٢،٢ الحصص المسموح بها

حتى عام ١٩٦٧ لم يكن هناك قيود على كميات المياه المسموح استخراجها من أي بئر. لكن منذ عام ١٩٧٥ حددت إسرائيل كميات المياه المسموح ضخها لكل بئر، ومنذ ذلك التاريخ تم إجراء تعديلات قليلة على هذه الحصص، ولكن هذا التعديل أو الزيادة لم يغطي الحاجة الملائمة للنمو السكاني.ومنذ العام ١٩٦٧ خضعت مصادر المياه للعديد من الإجراءات والقوانين نذكر منها:

- تبعاً لقانون أملاك الغائب فإن قانون أملاك الغائب (رقم ٥٨ للعام ١٩٦٧) ينص على أن ملكية الآبار التي غادر أصحابها البلاد انتقلت إلى أملاك الغائب.

- استولت إسرائيل على الشريط الحدودي المتاخم لنهر الأردن والذي كان يستخدمه المزارعون الفلسطينيون، واعتبرته منطقة عسكرية مغلقة، واعتبرت خمس مجموعات من الينابيع كمصادر لحماية الطبيعة وبذلك تم إخراجها من حيز الاستخدام الفلسطيني.

- بعد ٦ أيام من حرب عام ١٩٦٧ بدأت شركة ميكروت بعمل شبكات أنابيب للمياه في الأراضي المحتلة لتزويد القواعد العسكرية والمستوطنون، في منتصف ١٩٧٠ بدأت توسع نظام شبكاتها لتغطي بعض القرى الفلسطينية التي لم تكن موصولة من قبل، وكان وضع البلديات سئ جداً ولم تحاول إسرائيل تطويره. وبالتالي لم يكن لدى البلديات القدرة على إصلاح أو تحسين خطوط الأنابيب وبالتالي اعتمدت على الإدارة المدنية الإسرائيلية.

- اشترطت اتفاقيه أوسلو على تزويد الفلسطينيين بـــ ٢٨،٦ مليون م^{٣} بصورة مباشرة، منها ١٠ مليون م^{٣}/سنة لغزة، ١٨،٦ مليون م^{٣}/سنة للضفة الغربية. ومسؤولية ذلك مشتركة بين الفلسطينيين والإسرائيليين، حيث أن إسرائيل مسؤولة عن تزويد ٩،٥ مليون م^{٣}/سنة (٥ منها لغزة و٤،٥ للضفة الغربية). والسلطة الفلسطينية مسؤولة عن تزويد ١٩،١ مليون م^{٣}/سنة للضفة الغربية. وبعد مرور ٨ أعوام على اتفاقية أوسلو، لم تتمكن السلطة الفلسطينية من تزويد مواطنيها بالمياه سوى بكميات قليلة فقط وذلك تبعا للعوامل التالية: (عقبات بيروقراطية تفرض من قبل الإسرائيليين تتعلق بطرق تحسين الحفر ، مشاكل فنية ، التأخر في نقل الدعم المادي من الدول المانحة ، قله الخبره العملية الفلسطينية .

- سمحت اتفاقية أوسلو للفلسطينيين بتزويد ٤١-٥١ مليون م^{٣}/سنة كسياسة بعيدة المدى من الحوض الشرقي. إلا أن هذه الكمية من المياه المخصصة للفلسطينيين لن يتم استخراجها أو استثمارها في القريب العاجل بسبب احتمالية كون معظمها مياه مالحة وتحتاج إلى معالجة، وذلك يتطلب استخدام طرق معقدة ومكلفة. وفي هذه المرحلة، تم حفر مجموعه من الآبار في عدد من مناطق الضفة أهمها منطقة الخليل .

٣. كميات المياه و كميات الاستهلاك:

(جدول ٢): يبين حجم ما هو متوفر من مياه و كميات الاستهلاك في الضفة حسب ما ورد في اتفاقية أوسلو B 2 طبقا للمادة (٤) الفقرة(٢٠).

الحوض Basin	الاستهلاك الإسرائيلي مليون م٣/ السنة	استهلاك الفلسطينيين من الآبار مليون م٣/ السنة	استهلاك الفلسطينيين من الينابيع مليون م٣/ السنة	كميات المياه المتوفرة بالتقدير مليون م٣/ السنة
الشرقي	٤٠	٢٤	٣٠	١٧٢
الشمالي الشرقي	١٠٣	٢٥	١٧	١٤٥
الغربي	٣٤٠	٢٠	٢	٣٦٢
المجموع	٤٨٣	٦٩	٤٩	٦٧٩

يتضح من الجدول السابق أن كمية المياه التي يتم استهلاكها في الضفة الغربية تصل إلى ١١٨مليون م٣/ السنة حسب احصائيه ١٩٩٤ ، وتتزايد هذه الكميه لتصل إلى ١٢٧,٤٥ مليون م٣ /السنة حسب إحصائيات ٢٠٠٠ [1] و هذا لا يغطي الحاجة المتزايدة للمياه في الضفة و لكن يمثل هذا الرقم ما هو مسموح استهلاكه من المياه الجوفية . وبالمقابل تم زيادة كميه المياه التي يتم استهلاكها في الجانب الإسرائيلي وعليه يصبح كميه التغذية أقل من كميه الاستهلاك في الموازنة المائية للضفه الغربية. أما بالنسبة إلى كميه التغذية في الحوض الساحلي في غزه فيمكن توضيحها في الجدول التالي:

(جدول ٣): يوضح كميات التغذية في الحوض الساحلي.

مياه الأمطار مليون م٣/ السنة	مياه الفيضانات مليون م٣/ السنة	المياه المتسربة من الشبكات مليون م٣/ السنة	المياه المتسربة من المياه العادمة مليون م٣/ السنة	المياه العائدة من الاستخدامات الزراعية مليون م٣/ السنة	المجموع مليون م٣/ السنة
٣٧ و ٤٦	٥	٤	١٢	١٧	٨٤

وتقدر كمية المياه المستخرجة من هذا الخزان ب ١٤٠ مليون م٣، يشمل ذلك المستوطنات الإسرائيلية وبذلك يكون هناك عجز دائم قيمته ٥٦ مليون م٣/سنة وهو متراكم سنة بعد أخرى [1] ويتراوح تذبذب منسوب المياه الجوفية السنوي ما بين ٠,٥م في جنوب قطاع غزة إلى ١م في شماله. سنويا و تعويض هذا العجز يأتي من مياه البحر المالحة و من تسرب مياه المجاري و لذلك تزداد المياه في القطاع ملوحة عام بعد عام.كما يتضح أن نسبه الاستهلاك الفلسطيني مقارنه مع مجموع الاستهلاك الكلي هي ٢٠% بينما تصل إلى ٨٠% للإسرائيليين. ويبين الجدول أدناه توزيع استهلاكات المياه المختلفة (المنزلية، الزراعية) في فلسطين علما بان القطاع الصناعي مشمولا بالاستهلاكات المنزلية، وبذلك يكون نسبة الاستهلاك في القطاع الزراعي هي الأعلى من بين الاستخدامات وهي تشكل ما نسبته ٧٠% في الضفة الغربية و ٥٥% في قطاع غزة [2]

(جدول ٤): الاستخدامات المختلفة للمياه في فلسطين . [2]

المنطقة	الاستخدام المترلي مليون م٣/ السنة	الاستخدام الزراعي مليون م٣/ السنة	المجموع مليون م٣/ السنة	المستوطنات مليون م٣/ السنة	المجموع مليون م٣/ السنة
الضفة الغربية	٣٧,٤٥	٩٠,٠٠	١٢٧,٤٥	٥٠	١٧٧,٤٥
قطاع غزة	٤٧,٠٠	٩٠,٠٠	١٣٧	٧	١٤٤

وقد ارتفعت نسبه الاستهلاك المترلي بشكل متزايد في قطاع غزه من ١٢ مليون م٣ عام ١٩٦٧ إلى ٣٥ مليون م٣ عام ١٩٩٠ ليصل إلى ٥٠ مليون م٣ عام١٩٩٩ أما عدد الآبار التي تخدم هذا القطاع فقد ارتفع من ٤٠ بئرا عام ١٩٧٣ إلى ٩٤ بئرا عام ١٩٩٩. أما بخصوص الاستهلاك الزراعي فيقدر عدد الآبار التي تخدم هذا القطاع بين ٢٨٠٠ – ٣٠٠٠ بئرا، من هذا العدد هناك ١٥٠٠ بئرا يتم مراقبتها من ناحية هيدرولوجية، أما كمية المياه المستخرجة لخدمة هذا القطاع فتقدر ما بين ٨٠-١٠٠ مليون م٣/ السنة [1,2] [1].

٤. تزويد المياه في الضفة الغربية:

لا تزال الضفة الغربية تعاني من النقص الحاد في تزويد المياه سواء من ناحية الكميات أو من ناحية الشبكات فلا يزال اكثر من ٢٠ بالمائة من السكان غير مشمولين بشبكات المياه فيما تصل الكميات المزودة عن ثلث الكمية الموصى باستخدامها ويتم تزويد المياه بالضفة الغربية بواسطة عده مؤسسات أو دوائر كما يلي:

١. دائرة مياه الضفة الغربية: وتعتبر الموزع الأكبر للمياه في الضفة الغربية ومشرفة على معظم شبكات المياه في الضفة الغربية حيث توزع ما مجموعه ٤٠ مليون م٣/ السنة يذهب حوالي ٤ منها للمستوطنات و٥ لمزارعي بردلة (وهي منطقه تقع في شمال الضفة الغربية جفت آبارها بسبب الضخ الإسرائيلي المتزايد في المنطقة من الآبار العميقة) فيما يتوزع الباقي على محافظات الوطن لحوالي ٢٨٤ تجمع ووصلة خاصة . [1]

٢. آبار ميكوروت داخل الضفة الغربية: وتزود ما مجموعه حوالي ١٥ مليون م٣/ السنة من إجمالي إنتاج آبارها البالغ عددها (٤٢) بئرا في الضفة الغربية والتي تزود ما يقارب ٦٠ مليون م٣/ السنة تذهب في غالبيتها للمستوطنات في الضفة الغربية وغور الأردن للاستخدامات الزراعية والمترلية والصناعية. والملاحظ أن معظم هذه الكميات التي تباع للفلسطينيين في مناطق أريحا ونابلس وبردلة. [1]

٣. الخط القطري الإسرائيلي الناقل للمياه: ويزود ما يقارب ٢٠ مليون م٣/ السنة عن طريق دائرة المياه وهو اقل بكثير مما تشمله الاتفاقيات الموقعة والتي تقتضي تزويد ما قيمته ٢٨ مليون م٣/ السنة من داخل الخط الأخضر ومعظم هذه الكميات تذهب لمحافظات رام الله والقدس وسلفيت. [1]

٥. الفجوة في الاستهلاك:

إن ثلثي ما تستهلكه إسرائيل من المياه يأتي من المصدرين المشتركين للمياه (الجوفي والسطحي) بين الفلسطينيين والإسرائيليين، والجدول التالي يوضح كمية استهلاك الفرد للمياه لكل من الفلسطينيين والإسرائيليين لعام ١٩٩٦:

(جدول ٢) : الاستخدامات المختلفة للمياه للفرد الواحد [7]

القطاع	الإسرائيليين م٣/ السنة	الفلسطينيين م٣/ السنة	نسبة الفجوة %
الزراعة	٢٢٨	٥٦،٥	٣٠٣
المترلي	١٠٥	٢٦،٥	٢,٩٦
الصناعة	٢٤	١،٦	١٤,٠٠
مجموع الاستهلاك	٣٥٧	٨٤,٦	٣,٢٢

لا يتضمن ذلك الاستهلاك الفلسطيني المتمثل في آبار الجمع والذي يقدر بـــ ٢-٥ مليون م٣/سنة. إن معدل الاستهلاك الإسرائيلي في كل الأغراض يعادل أربع أضعاف الاستهلاك الفلسطيني في الضفة الغربية، وإذا ما أخذنا بعين الاعتبار فقط الاستهلاك المترلي فإن معدل الاستهلاك الفلسطيني يعادل ثلث الاستهلاك الإسرائيلي. ويشار إلى أن كمية المياه المقبولة افتراضياً من قبل خبراء المياه التي تغطي الحد الأدنى للرغبات والاحتياجات للاستخدام المترلي في مدينة متطورة تصل إلى حوالي ١٠٠م٣ للشخص في السنة، والإسرائيليين يستهلكون أكثر من ذلك، بينما المواطنين في الضفة الغربية يستهلكون أقل من ثلث ذلك. وتبين الجداول التالية سيناريوهات التزايد السكاني وتزايد الطلب على المياه لمختلف القطاعات رغم محدود يه هذه المصادر.

جدول (6): يوضح النمو السكاني المتوقع في قطاع غزة والضفة الغربية والاستهلاكات المترلية المتوقعة للنمو السكاني في الضفة الغربية وقطاع غزة [2].

السنة	عدد السكان في الضفة الغربية	عدد السكان في قطاع غزة	معدل الاستهلاك الفرد مليون م٣/ السنة	كمية الاستهلاك مليون م٣/ السنة
٢٠٠٠	2,066	1,107	50	158,65
٢٠١٠	2,518	1,349	57	220,42
٢٠٢٠	3,070	1,645	65	235,75
٢٠٤٠	4,134	2,215	83	526,96

جدول (٧) الاستهلاكات الزراعية والصناعية المتوقعة [2] .

السنة	الاستهلاك الزراعي م٣/شخص/ سنة	مجمل الاستهلاك الزراعي مليون م٣/ السنة	الاستهلاك الصناعي مليون م٣/ السنة	المجموع مليون م٣/ السنة
٢٠٠٠	٧٧	244,32	33	277,32
٢٠١٠	٧٠	270,69	٣٨	308,69
٢٠٢٠	٥٩	278,18	٤٢	320,18
٢٠٤٠	٤٧	298,40	٥١	349,40

إن الفجوة في الاستهلاك بين الفلسطينيين والإسرائيليين ليست مقتصرة على الكميات فقط بل يتعدى ذلك إلى الأسعار. فبينما يستفيد المواطن الإسرائيلي من مصدر مياه دائم طوال العام، يعاني المواطن الفلسطيني وخصوصاً في منطقة الخليل من انقطاع دائم في هذا المصدر بينما يدفع المستهلك الفلسطيني نفس السعر كما للمستهلك الإسرائيلي (٣ شيقل للمتر المكعب). من ناحية أخرى فإن معدل دخل الفرد الفلسطيني أقل من معدل دخل الفرد الإسرائيلي. وهذا يعني أن العبء الاقتصادي للعائلة الفلسطينية أثقل منه للعائلة الإسرائيلية، وكملخص لهذا الفرق فإن الفرق بالدخل للفرد الإسرائيلي أعلى بـــ ١٢ ضعف منه للفلسطيني.

لا يوجد في إسرائيل أي سلطة مخولة بتزويد معلومات عن المياه بما في ذلك دائرة الإحصاء الإسرائيلية، ولذلك لا توجد معلومات واضحة عن كميات استهلاك المستوطنات من المياه في الضفة الغربية وقد جرت أبحاث تقديرية متعددة دارت حول ذلك وتراوحت نسبه الاستهلاك ما بين ٤٥-٦٥ مليون م٣/سنة، وبمعدل قدره ٥٥ مليون م٣/سنة [7] . إن مجموع استهلاك الفرد في المستوطنات الإسرائيلية يصل إلى حوالي ٣٨٠،٦ م٣. وهذا أعلى من معدل استهلاك المياه للناس العاديين في إسرائيل والذي يصل إلى ٣٥٧ م٣ للفرد حسب [7] . وتشير الدراسات تبعا لأحد الباحثين بأن المستوطنين يروون ما قيمته ٦٠% من أراضيهم المحروثة بالمقارنة مع ٤٥% في إسرائيل و ٦% في الضفة الغربية. وقد حفرت ميكروت بالأضافه لذلك العديد من الآبار المجاورة للقرى الفلسطينية والتي أدت إلى جفاف العديد من الآبار الفلسطينية الضحلة والينابيع.

ملاحظات حول كميات التزويد: [1]

١- ينخفض بشكل عام مستوى التزويد للمياه، حيث انه في المعدل يصل إلى ٧٨ لتر للفرد في اليوم الواحد وهذا يصـــل إلى ٥٠ لتر للفرد في اليوم كمعدل للاستهلاك إذا ما حسبنا نسبة الفاقد والتي تزيد عن ٣٠% في جميع المنـــاطق وتصـــل إلى ٤٥% في بعض المناطق

٢- تتباين الكميات المخصصة للمحافظات حيث تكون دون مستوى ٥٠ لتر للفرد في محافظات جنين والخليل بينما تزيد عن ١٠٠ لتر للفرد في رام الله والقدس .

٣- تتباين هذه الكميات من تجمع لآخر في نفس المحافظة، وهذا يعتمد على قطر الخط الناقل ومصدر التزويد مع العلم أن معظم التجمعات تقل في مستواها عن ٧٥ لتر للفرد كمياه مستهلكة حيث أن اكثر من ٥٦٠٠٠٠ من ما مجموعه حوالي ٩٦٠٠٠ تزود بالمياه من خلال دائرة مياه الضفة الغربية أي حوالي ٥٩% فيما أن حوالي ٩٦% من مجموع السكان المزودين يتلقون اقل من ١٢٠ لتر للفرد في اليوم كمياه مزودة أي ما يصل الى حوالي ٨٠ لتر للفرد كمعدل للاستهلاك كما هو موضح في جدول رقم ٨

جدول رقم (٨) نسبة السكان الفلسطينيين حسب حصة الفرد من المياه المزودة	
السكان	معدل التزود
563189	اقل من ٧٥ لتر للفرد/يوم
359052	اقل من ١٢٥ لتر للفرد/يوم
37329	اكبر من ١٢٥ لتر للفرد/يوم

٤. يلاحظ الانقطاع المتواصل للمياه عن العديد من التجمعات لاشهر عدة منها ما انقطعت عنه خلال عام كامل لم يتلقى خلالها أي قطرة ماء من هذه الشبكات.

٦. نظام المراقبة المتبع للمياه في الأراضي الفلسطينية

يقوم فريق بمراقبة دورية لكمية ونوعية المياه المستخرجة ويمكن تقسيم نظام المراقبه الى مرحلتين:

الأولى منذ عام ١٩٦٧ حتى ١٩٩٤: حيث كانت كل الآبار والينابيع تخضع للمراقبه الإسرائيلية المباشرة حيث كان يتم قياس الكمية بشكل دوري مرة كل شهرين وكذلك مستوى سطح المياه الجوفية، أما بالنسبة للنوعية فيتم قياس الأيونات الأساسية الموجبة والسالبة مرتين في السنة ويتم التركيز على قياس عنصري الكلور والنترات أربع مرات سنوياً. ولا يوجد أي معلومات متوفرة عن أسلوب التحليل المعتمد أو الضوابط المستعملة.

أما المرحلة الثانية فهي منذ عام ١٩٩٤ حتى الآن حيث استلمت سلطه المياه الفلسطينية مسؤولية مراقبه الآبار والينابيع. وقد تم اتباع نفس النظام السابق في قياس الكمية والنوعية مع التركيز على قياس عنصري الكلور والنيترات أربع مرات سنوياً، وفي أبريل عام ١٩٩٩تم إضافة قياسات ميدانيه احتوت على درجه الحرارة والحموضة والموصلية الكهربائية والعكورة. أما فيما يتعلق بالتحاليل الميكروبيولوجيه و ذائبية الأكسجين خصوصا والتي كانت تتم بناء على طلب خاص فقد تم تطويرها منذ العام ١٩٩٩ بحيث أصبحت دوريه للآبار المستخدمة للأغراض المنزلية ، أما فيما يتعلق بالمياه السطحية والمتمثلة ببعض الوديان فلا توجد لها أي عمليه مراقبه ويعاني نظام المراقبة صعوبات جمة أهمها ملكية الآبار الخاصة مما ينجم عنها عدم وجود سيطرة في المراقبة وعشوائية في نظام المراقبة حيث لا يلتزم المزارعين بتوقيف آبارهم في الوقت المحدد لإجراء القياسات بحيث تكون غير ممثلة للواقع. أما فيما يتعلق بالآبار الإسرائيلية المتواجدة في الضفة الغربية يتم مراقبتها مره في السنه للكلورايد والنيترات، وتقع مسؤولية مراقبتها على ما يسمى بفريق الأشراف أو المراقبة المشترك مع الإسرائيليين والذي انبثق عن اتفاقيات أوسلو، ويقوم هذا الفريق أيضا بمراقبه الآبار الخاضعة لمناطق السلطة الوطنية من حيث الكميه والنوعيه.

٧. نوعية المياه الجوفية

إن تدني نوعية المياه الجوفية في قطاع غزه هي السمة المميزة لقطاع المياه حيث يعد ارتفاع تراكيز الكلوريد والنيترات من المؤشرات على تدني نوعية المياه وذلك لأسباب طبيعية أو لأسباب من صنع الإنسان، أن أعلى تركيز للكلور يد يتواجد على حدود قطاع غزة الشرقية والجنوبية، وتتناقص هذه التراكيز باتجاه الغرب إلا انه في منطقة الساحل تتواجد بعض المناطق التي تأثرت بتسرب مياه البحر إلى الخزان الجوفي، وقد أشارت بعض الدراسات إلا أن مصدر الأملاح في الجزء الشرقي من قطاع غزة يرجع إلى تواجد مياه عالية الملوحة في طبقات الايوسيين التي تقع الى الأسفل من الخزان الجوفي المستغل حاليا وهي تتحرك بشكل عام من الشرق الى الغرب تبعا لحركة المياه الجوفية ومن الأسفل إلى الأعلى نتيجة للسحب الجائر من الخزان الحالي ٦٠،٠٠٠ ملغم/لتر. أما تركيز الكلوريد في المياه المستغلة حاليا فهو ٨٠٠-١٢٠٠ ملغم/لتر في الجزء الشمالي من قطاع غزة. يزداد تركيز الكلوريد بمعدل ٥-١٥ ملغم/ سنة، وبذلك فان تركيز الكلوريد في الطبقات العليا للخزان الجوفي تتراوح ما بين ٣٦ ملغم/لتر و ٥٠٠٠ ملغم/ لتر في الخزان الأوسط لتصل إلى ٦٠،٠٠٠ ملغم/ لتر في الأجزاء السفلية من الخزان الجوفي. بشكل عام هناك فقط ١٠% من الآبار تعتبر مياهها صالحة للشرب وتتوافق مع الحد المسموح به وهو ٥٠ ملغم/لتر [3] [4] [5] . أما في الضفة الغربية فأن الوضع أفضل بكثير رغم وجود شواهد تشير إلى تدني نوعيه المياه في بعض المناطق تحديدا في عنصري الكلور يد والنيترات في منطقه أريحا وطولكرم وقلقيليه، وأن معظم الآبار الضحلة هي عرضه للتلوث.

٨. إدارة مصادر المياه:

هناك نظامين ديناميكيين مكملين لبعضهما البعض يديران مصادر المياه في فلسطين الأول مركزي متمثلا في سلطة المياه الفلسطينية والثاني غير مركزي متمثلا في (البلديات والمجالس القروية والمزارعين والمؤسسات غير الربحية مثل مصلحة مياه القدس وسلطة المياه والمجاري-بيت لحم). حيث يمتلك بعض هذه المؤسسات آبار خاصة وأخرى تقوم بشراء المياه من شركه ميكوروت الإسرائيلية ويقومون بإدارة وتوزيع وصيانة مصادر المياه المحدودة المكونة من (الآبار الجوفية والينابيع

يحاول النظام المركزي فرض تصوره وخططه من خلال القوانين والتشريعات المختلفة التي تصدر عن سلطة المياه والتي يتم إقرارها في الهيئات التشريعية، إلا أن كون سلطة المياه الفلسطينية لا تمتلك مصادر المياه، إلا أن ذلك لا يحد من دورهما في تحديد مجموعة من الأمور الإدارية مثلا استصدار تراخيص لحفر الآبار أو لإعادة التأهيل أو مد الشبكات وتحديد كميات الضخ المسموح.

النظام الثاني اللامركزي يتكون أكثر من جهة تملك أو تسيطر على مصادر مختلفة للمياه يجعل من توحيد إدارة مصادر المياه مهمة صعبة حيث يمتلك بعض هذه المؤسسات آبار خاصة بها كالبلديات وأخرى تقوم بشراء المياه من شركه ميكروت الإسرائيلية أو من مصادر أخرى كمصلحة مياه القدس. وهناك تجمعات سكانية حضرية تتزود بالمياه من ينابيع وآبار جوفية كبلدية أريحا، وهناك تجمعات سكانية قروية تتزود بالمياه من آبار زراعية وأخرى تتزود بالمياه من صهاريج بيع المياه بالإضافة إلى آبار الجمع والتي لا تتوفر عنها معلومات كافيه نظرا للعشوائية وعدم توفر رقابه وكثره وتنوع المؤسسات العاملة في هذا المجال.

إن هذا التباين الواضح في مصادر المياه المختلفة لا يساعد سلطة المياه الفلسطينية على وضع استراتيجية لإدارة مصادر المياه بصورة مركزية إذ أن لدى التجمعات السكانية استقلالية كاملة في التعرف في كيفية توزيع وتسعير المياه وبذلك فان النظامين سوف يستمران في التواجد جنبا إلى جنب إذا أخذا بعين الاعتبار تدخل مؤسسات أخرى في إدارة المياه وهي وزارة الحكم المحلي التي تعنى بأمور البلديات والمجالس القروية ووزارة الزراعة التي تعنى بالزراعة التي تستهلك ٧٠% من مصادر المياه

الفلسطينية، وبذلك تنحصر مهام سلطة المياه في الدفاع عن حقوق الفلسطينيين المائية بالإضافة إلى الإشراف ومراقبة المشروعات المائية الضخمة التي تمولها الجهات المانحة أما على المستوى الداخلي فان دور سلطة المياه يتمثل في وضع الخطط والاستراتيجيات والإجراءات اللازمة لإدارة حماية مصادر المياه المختلفة بالإضافة إلى صياغة التشريعات المائية أما عملية تنفيذ وإدارة هذه المصادر فهي من المؤسسات الأخرى (غير المركزية) [6] .

٩. النتائج:

من حيث التقييم، إن جميع المعلومات تعتمد على مصداقية القياسات وبالتالي بحاجة إلى تطوير آلية جديدة لإنجاز القياسات المختلفة المتعلقة بالكمية والنوعية وضرورة التنسيق مع المؤسسات العاملة في مجال المياه لإنجاح برنامج الرقابة. وتعزيز برنامج المراقبة بصورة مخالفة لما هو متبع عن طريق وضع قوانين وأنظمة والعمل على تأهيل تدريب طاقم فني متخصص.

- إن اداره مصادر المياه تعتبر عقبه حقيقية بسبب ظروف الاحتلال وتعدد الإدارات. ويعاني قطاع المياه في فلسطين من نقص واضح في التزويد وانتقاص من الحقوق المائية. وأن مبدأ تزويد المياه بين الفلسطينيين والإسرائيليين لم يتم على أساس مبدأ المساواة في التقاسم. وانما فرضت تطبيقا لنظام القوه السائد.
- يتضح عام بعد عام ازدياد الفجوة ما بين الحاجة والتزود، ويتناسب التزايد المستمر في عدد السكان مع تزايد مستمر لأزمة المياه. مما يهدد بخطر حقيقي قادم.
- عدم توفر آلية معالجة وتصنيف (Categorization) للمعلومات حتى الآن، رغم وجود كميات ضخمة من المعلومات وبالتالي عدم التأكد من دقة المعلومة وذلك لعدم توفر الطاقم الفني المؤهل والقادر على تقييم المعلومة ومعالجتها بسبب حداثة العهد في البناء المؤسسي وتقييم المشاريع المائية.
- إن الوسائل التي اتبعت في حل قضيه مشكله المياه بين الفلسطينيين والإسرائيليين لم تكن تستند على مبادئ وقوانين دوليه والتي كانت من الممكن أن تعزز موقفها في مفاوضات الحل الدائم.

١٠. توصيات:

- ضرورة العمل على توحيد آلية إدارة مصادر المياه بصورة تتوافق مع اهتمامات المستفيدين بصورة لا تتعارض مع السياسية المائية للدولة.
- وضع خطط عمل لمواجهه الأزمة المائية، والبدء بتنفيذ المشاريع التي قد تقلل من آثار هذه الأزمة مثل الحصاد المائي من مياه المطر ومحطات تنقيه المياه العادمة.
- يجب العمل وبوتيرة سريعة على تزويد الفلسطينيين بالأراضي المحتلة حالاً وعلى الأقل بكميات المياه التي تكفي كحد أدنى لاحتياجاتهم المنزلية وتنفيذ المشاريع المتفق عليها من خلال اتفاقية أوسلو وتطبيق القانون الدولي بخصوص المياه وتخفيض طرق التصديق على تطوير مصادر أخرى للمياه
- إقرار المسؤولية الإسرائيلية عن الأحوال السيئة للبنية التحتية في الأراضي المحتلة ونقصها في مناطق متعددة وتزويد الأموال لتحسين هذه البنية.
- وقف التميز في توزيع المياه بين المواطنين الفلسطينيين في الأراضي المحتلة والمستوطنون.
- تنفيذ برامج توعيه جماهيرية لمختلف فئات الشعب لتعريفهم بالوضع المائي في فلسطين وتوجيههم إلى الطرق والوسائل التي تضمن الاستخدام الأمثل للمياه والمحافظة عليها من التلوث عن طريق توفير بيئة نظيفة.

- المطالبة بالحقوق المائية الفلسطينية والإصرار عليها في جميع المحافل الدولية باعتبارها احد أهم نقاط الصراع العربي الإسرائيلي.

١٠. المراجع:

[1] سلطة المياه الفلسطينية، ٢٠٠، إدارة الخزان الساحلي قطاع غزة، غزة، الوكالة الأمريكية للتنمية. وقاعدة البيانات في الضفة الغربيه

[2] مركز الدراسات البيئة والمائية ،١٩٩٧، دراسة شرق أوسطية حول تطوير الاحتياجات والتزويد، ايشبورن، المانيا.

[3] فينك، م ، ١٩٦٩، مسح للمياه الجوفية في منطقة غزة وسيناء " تقرير اولي"، شركة تاحلل ٧٢٧ صفحة.

[4] قينغوش، أ، ١٩٩٩، جيد كيمياء البورون، الأكسجين ٨ وتراكزها في المياه الجوفية في الخزان الساحلي، إسرائيل، Water resources research المجلد ٣٥، العدد ٦ الصفحة ١٨٧٧ – ١٨٩٤.

[5] مرعي، ع، ٢٠٠٢ مصادر الملوحة في قطاع غزة، في النشر

[6] ترويز، ج، ١٩٩٩، هيدوبولتيك في الضفة الغربية وقطاع غزة، القدس، الجمعية الاكاديمية الفلسطينية للدراسات، ٢٤٩ صفحة.

[7] تقرير مركز المعلومات الإسرائيلي لحقوق الإنسان في الأراضي المحتلة. ٣٢ صفحه (B'TSELEM).

الرصد الهيدروجيولوجي لتكوين النيوجين
ضمن نطاق مشروع الري والصرف بالأحساء

المهندس خليفة الكويتي وصلاح سيد أحمد

الرصد الهيدروجيولوجي لتكوين النيوجين ضمن نطاق مشروع الري والصرف بالأحساء

خليفة الكويتي* **صلاح سيد أحمد**

هيئة الري والصرف بالأحساء

ص.ب ٢٧٩ الأحساء ٣١٩٨٢ – المملكة العربية السعودية

ملخص :

تعتمد واحة الأحساء اعتماداً شبه كلي على المياه الجوفية ، ويعتبر تكوين النيوجين المصدر الرئيسي لمياه الري والشرب حيث يوفر حوالي ٩٠% من احتياجات المنطقة . وقد أشارت دراسة سابقة عام (١٩٧٧م) أجرتها وزارة الزراعة والمياه إلى أن معدل السحب الآمن من هذا التكوين يقدر بحوالي(١٠ م٣/ث) ، غير أن تزايد الطلب على المياه لكافة القطاعات أدى إلى انخفاض ملحوظ ومستمر في منسوب المياه بشكل أصبح يهدد مستقبله ويدعو للقلق .

تهدف هذه الورقة إلى :-

- تسليط الضوء على المخاطر المتوقعة لمستقبل هذه التكوين في ظل الاستمرار في معدلات السحب الحالية .
- مقارنة بين الطلب الحالي والمستقبلي للمياه والمصادر المتوفرة والتي يمكن توفرها في حال استكمال تنفيذ بنود خطة وزارة الزراعة التي تتمثل في تأمين احتياجات مياه الشرب لمحافظة الأحساء من خارجها وإيقاف الضخ الحالي من الطبقات المحلية لأغراض الشرب ، مع التوسع في استخدام مياه الصرف الصحي المنقاة ثلاثياً ومياه الصرف الزراعي في أغراض الري كبديل للمياه الجوفية .
- طرح خطة للاستغلال الآمن لتكوين النيوجين وحمايته من خطر الاستنـــزاف والتملح .

وتم تقدير احتياجات المنطقة من مياه الري والشرب حتى عام ٢٠١٠م ومقارنتها بالمصادر المتوفرة والمتوقع توفرها من خلال استراتيجية وزارة الزراعة والمياه . حيث تبين أنه يمكن تقديريـــا الوفاء بالاحتياجات بعد تكامل تنفيذ مشاريع الخطة المتوقعة عام ٢٠١٠م مع استمرار معدلات السحب الحالي من تكوين النيوجين التي تفوق حد السحب الآمن له بـــ(٥٠%) . إلا أن ذلك لا يحقق أهداف الوزارة من وراء خطتها للمحافظة عليه واستقراره ولذا تم اقتراح خطة لتحسين وضع المياه بالتكوين تقوم على تقليل سحب المياه إلى حد السحب الآمن وذلك عن طريق تفعيل برامج رفع كفاءة استخدام المياه وتطوير طريقة الري التقليدية , ويتوقع أن تتوفر نتيجة لذلك كمية ٣،٤٤ م٣/ث عبارة عن تقليل الضخ من الآبار الخاصة لصالح تكوين النيوجين . , وتقليل ضخ مشروع الري والصرف بالأحساء تدريجيـــا إلى أن يصبح اعتماده كليـــا على مياه الصرف الصحي المنقاة ومياه الصرف الزراعي مما يوفر ٢,٤ م٣ /ث لصالح الطبقة . بالإضافة إلى اقتراح تزويد المنطقة بكمية حوالي ٢٠٠،٠٠٠ م٣/ث يوميا من مياه التحلية علاوة على ما هو معتمد حاليا الأمر الذي سيمكن مصلحة المياه والصرف الصحي ووزارة الزراعة والمياه من إيقاف ضخ كمية حوالي ١,٢٥ م٣/ث (١٠٨٠٠٠م٣/ اليوم) للشرب لصالح تكوين النيوجين الجوفي .

مفتاح الكلمات : الأحساء ، تكوين النيوجين ، خطة وزارة الزراعة والمياه ، حد السحب الآمن للتكوين .

١ : مقدمة :

يعتبر تكوين النيوجين الجوفي المصدر الرئيسي للمياه بواحة الأحساء ، حيث يوفر حوالي ٩٠% من احتياجات المنطقة للأغراض الزراعية والمترلية ويعتمد على هذا التكوين جهات عديدة منها مشروع الري والصرف ومصلحة المياه والصرف الصحي (لأغراض الشرب) والبلدية (للأغراض التشجير وري الحدائق) إضافة إلى الأهالي الذين يستغلون آبار خاصة بهم في عموم المحافظة . ونظراً لأهمية هذا التكوين (النيوجين) لمحافظة الأحساء (شكل رقم ١) قامت وزارة الزراعة والمياه بإجراء دراسات مستفيضة لأوضاع المياه بها وحصر عدد العيون وتصرفاتها منها دراسة الشركة الاستشارية واكوتي عام ١٩٦٤م[١] ودراسة شركة إيطالكونسلت (المنطقة الرابعة) عام ١٩٦٩-١٩٧١م[٢] ودراسة مكتب الأبحاث الجيولوجية والتعدينية الفرنسية (ب ر ج م) ١٩٧٧م[٣] . وقد أشارت تلك الدراسات إلى الإمكانات المائية الجيدة لتكوين النيوجين بالأحساء فذكرت واكوتي(١٩٦٤م) أن معدل كمية المياه المتدفقة من (١٦٢) عيناً و(٣٣٦) بئراً تبلغ حوالي (١٢,٤م٣/ث) معظمها يتدفق طبيعياً من العيون دون تدخل يذكر من الإنسان . كما توصلت (ب ر ج م) في دراستها عام ١٩٧٨م إلى أن معدل السحب من تكوين النيوجين لكافة الأغراض يبلغ حوالي (١٠ م٣/ث) سواء بالتدفق الطبيعي من العيون أو بالضخ من الآبار مشيرة إلى أنه يعادل الاستعاضة السنوية (التغذية من الأمطار) لذلك التكوين أو ما يعرف بمعدل السحب الآمن . وكانت وزارة الزراعة والمياه -بناء على نتائج دراسة المؤسسة الفرنسية (ب ر ج م) وآخذة في الاعتبار النمو المضطرد للمنطقة وما سيقابله من زيادة في الطلب على المياه مستقبلاً- قد وضعت في عام ١٩٧٩م استراتيجية لدعم مصادر المياه بالمنطقة تقوم على إيقاف المزيد من توزيع الأراضي البور وحفر الآبار وتنفيذ مشاريع لجلب مياه الشرب من خارج محافظة الأحساء ، إضافة إلى استغلال مياه الصرف الزراعي في الري والعمل على رفع مستوى المعالجة بمحطات التنقية للاستفادة من فوائضها في الري . ومنذ ذلك الحين أمكن للوزارة تنفيذ المرحلة الأولى من مشروع ويسه لجلب مياه الشرب من منطقة (٥٥ كم) جنوب غرب الهفوف بطاقة تصميميه قدرها (١٠٠ ألف م٣/يوم- يصل منها فعليا حوالي ٦٥٠٠٠م٣/ يوم) وجاري تنفيذ المرحلة الثانية منه بنفس الطاقة التصميمية ، ثم رأت الوزارة مؤخرا حفر المزيد من الآبار بحق ويسه لتصل طاقته إلى ٢٠٠،٠٠٠ م٣/ يوم كما يجري العمل في إمداد المنطقة بحوالي (٧٠ ألف م٣/يوم) من مياه التحلية . وقامت هيئة الري والصرف بالأحساء عام ١٩٩٢م بتنفيذ مشروع إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي لأغراض الري بطاقة تصميميه حوالي (١٠٠ ألف متر مكعب يومياً) .

ومع تنامي الطلب على المياه والانخفاض الكبير في مناسيب طبقتي أم الرضمة والخبر ازداد الضغط في السنوات الأخيرة على تكوين النيوجين فوصل سحب المياه منه إلى معدل حوالي (١٤,٥ م٣/ث) (تقديرات وزارة الزراعة والمياه عام ١٩٨٧م)[٤] ويقدر حالياً بما يفوق (١٥ م٣/ث) (تقديرات هيئة الري والصرف بالأحساء)[٥] . وانعكس ذلك على مناسيبه فانخفضت انخفاضاً كبيراً أدى إلى جفاف عدد من الآبار ذات الأعماق الضحلة ، كما لوحظ ارتفاع نسبي في درجة ملوحة مياهه .

٢ : الهدف الرئيسي من الدراسة :

إن الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تسليط الضوء على أهمية تكوين النيوجين بمحافظة الأحساء وأوضاع المياه بالتكوين في حالة استمرار معدلات السحب الحالية . وكذلك دراسة الآثار الإيجابية المتوقع انعكاسها على التكوين في حالة استكمال تنفيذ بنود خطة وزارة الزراعة والتي تتمثل في تأمين احتياجات مياه الشرب للمحافظة من خارجها وإيقاف الضخ

الحالي من التكوين لأغراض الشرب مع التوسع في استغلال مياه الصرف الصحي المنقاة والصرف الزراعي في الري كمصادر مساندة للمياه الجوفية إضافة إلى تنفيذ برامج الترشيد التي تساهم في رفع كفاءة استخدام المياه .

٣ : طريقة العمل :

قام الباحثان بتجميع ورصد وتحليل البيانات الهيدروجيولوجية والجيولوجية عن خصائص هذا التكوين والنظام المائي المرتبط به من الدراسات التي أجرتها وزارة الزراعة والمياه وخاصة دراسة (ب ر ج م) الفرنسية ، وبيانات القياسات المائية الدورية بمشروع الري والصرف (كميات المياه الجوفية المستهلكة – رصد حركة مناسيب المياه في الآبار الإنتاجية والاختبارية – قياس ورصد ملوحة المياه الجوفية – كمية ونوعية مياه الصرف الزراعي) . كما قام الباحثان بإجراء حصر لآبار تكوين النيوجين بالواحة خلال عامي ١٩٩٩م و ٢٠٠٠م ، مع عمل مسح شامل لملوحة المياه الجوفية شمل ٦٤٨ بئراً ومقارنته

بنتائج مسح سابق أجراه قسم المياه والتربة بهيئة الري والصرف عام ١٩٨٥م

٤ : جيولوجية وهيدروجيولوجية تكوين النيوجين :

تنتمي مجموعة تكوين النيوجين إلى العصر الميوسيني أو البليوسيني وهي رواسب تبدأ قارية ثم تنتهي برواسب بحرية ضحلة [١٢] تغطيها جزئياً في منطقة الأحساء (شكل رقم ٢) رواسب العصر الرباعي مثل الكثبان الرملية المتحركة وبعض الطبقات التبخيرية والسبخية وخاصة إلى الشرق من الأحساء . أما إلى الغرب من الأحساء فتظهر الصخور الجيرية للجزء الأوسط من تكوين النيوجين إلى السطح ، وهناك عاملان لهما أثر ملحوظ على الخواص الهيدروجيولوجية لهذا التكوين [٤] هما :

١. مرحلة ما قبل عدم تطابق النيوجين (Pre – Neogene Unconformity) فقد تعرضت المنطقة بعد رواسب تكوين الدمام إلى عوامل تعرية متقلبة استمرت لفترة طويلة أدت إلى تآكل تكوين الدمام بدرجات متفاوتة وبشكل أكبر في المناطق المرتفعة أو الأكثر تحدباً وخاصة في منطقة العثمانية الواقعة فوق محدودب الغوار إلى الغرب من الأحساء ، (شكل رقم ١) حيث يكون تكوين الدمام مبتوراً كلياً . الأمر الذي ساعد في وجود اتصال بين الطبقات والتكوينات وتبادل الرشح المائي من الأمطار ، وقد أثر ذلك بوضوح على تكوين النيوجين حيث يمكن إثبات وجود اتصال مباشر بين التكوينات الحاملة للماء فوق محدودب الغوار من خلال التشابه في التغيرات في مستوى الماء والتحاليل الكيميائية والأيزوتوبية ودرجات حرارة المياه التي تدل على أن كمية من المياه ترتفع بالرشح إلى أعلى من أم الرضمة إلى النيوجين [٣] .

٢. ساعد ارتفاع محدودب الغوار في جعله المنطقة الأكثر تأثراً بعوامل التعرية وخاصة في فترة ما قبل النيوجين ، فتعرضت الأجزاء الأكثر تحدباً منه لتعرية كثيفة أدت تطور الظاهر الكارستية وتكون الشقوق والكهوف والمناطق المنخفضة ، الأمر الذي جعل هذه الأجزاء مناطق امتصاص جيدة لمياه الأمطار .

يصل سمك مجموعة النيوجين بالأحساء إلى حوالي (٢٢٥ م) ويمكن تقسيمها إلى ثلاث وحدات من أعلى إلى أسفل هي : (طبقة الهفوف – طبقة اللدام – طبقة الهيدروخ) وتعتبر وحدة حجر اللدام الجيري (المعروفة محلياً بالجبل) أكثر الوحدات

إنتاجية ، فقد كانت العيون تتدفق منها بكميات كبيرة وصلت في عين الخدود إلى حوالي (١٧٠٠ ل/ث)[٣] وأيضاً تمتاز الآبار على طبقة اللدام (أعماقها من٧٠ – ١٢٠ م) بإنتاجية عالية تصل في بعضها إلى (٣٠٠٠ جالون/دقيقة) بانخفاض بضع سنتمترات فقط في مستوى الماء . وترتفع النفاذية إلى أعلى مستوياتها في جنوب غرب الهفوف حيث توجد منطقة صرف كارستيه متطورة ومتصلة تغذي واحة الأحساء بمعظم المياه الراشحة إلى تكوين النيوجين من الأمطار . وقدر معامل المنقولية(TransmissivityL2/t) في بعض الآبار بأكثر من (٢٢ ألف م٢/يوم)[٣] بسبب تشققه وتكهفه بدرجة كبيرة (خاصية كارستية) وخاصة في المناطق الجغرافية الثلاث التي تتركز فيها عيون الأحساء . أما وحدة الهيدروخ المتكونة من الرمل والحجر الجيري والمارل فهي منتجة في شمال وشمال شرق الأحساء حيث يزداد سمكها ويقل سمك وحدة اللدام وإنتاجية الآبار فيها متوسطة . وتعتبر وحدة الهفوف المتكونة من الطين والمارل والرمل والجير ضعيفة الإنتاجية بسبب قلة سمكها وعدم استمراريتها .

وتشير حركة منسوب الماء في مجموعة النيوجين إلى تدفق باتجاه الشمال الشرقي بشكل عام مع ميل بطئ غرب الهفوف يأخذ في الازدياد (يصبح أكثر انحداراً) في المنطقة الواقعة شرق الهفوف في الخليج العربي [٣]. ويعزى ذلك الاختلاف في الميل إلى انخفاض النفاذية شرق الهفوف بسبب زيادة الطين في الطبقة لوقوعها في منطقة مقعر الجافوره في مقابل النفاذية العالية غرب الهفوف وفوق محدودب الغوار. ونظراً للاتصال بين النيوجين وخزاني الخبر (عضو تكوين الدمام) وأم الرضمة في منطقة تآكل تكوين الدمام في أعلى الغوار . فإن المياه التي تتدفق من العيون ومجمل مياه النيوجين بالأحساء ناتجة عن خليط من المياه المستمدة من مخزون تكوين النيوجين بنسبة (٧٥-٨٠ %) ، والمياه المرتفعة من تكوين أم الرضمة بنسبة (١٠-١٥ %) إضافة إلى المياه المكتسبة من التغذية السنوية من الأمطار [٣] .وبالرغم من أن المنطقة الصخرية لمنكشف تكوين النيوجين (مساحتها حوالي ١٨٠٠٠ كم٢) تعتبر منطقة رشح وامتصاص جيدة للأمطار من خلال الكهوف والدحول والمنخفضات الكبيرة بها وخاصة في منطقة غرب الغوار الذي تأكد من التحاليل الكيماوية والأيزوتوبية لمياه النيوجين فإن عمر المياه بطريقة الكربون (١٤) يتراوح بين (٩٠٠٠ و ٢٣٠٠٠ سنة)[٣] وهو عمر قديم نسبياً يشير إلى حجم المياه الكبير المختزن في الطبقة مقارنة بالتغذية السنوية من الأمطار وهذا يعزز من نظرية الخليط المعقد لمياه النيوجين .

٥ : أثر تجاوز حد السحب الآمن على تكوين النيوجين بالأحساء :

وكما سبق الإشارة إليه فإن كمية سحب المياه من جميع الأطراف وخاصة الأهالي بواحة الأحساء تقدر حالياً بأكثر من معدل (١٥م٣/ث)[٥] . وهو ما يفوق حد الاستغلال الآمن لتكوين النيوجين بنسبة (٥٠%) وكان لذلك أثر ملحوظ على مناسيب المياه ونوعيتها ، فبدأت الآثار السلبية بنضوب العيون الطبيعية (أعماقها تتراوح من ٥-١٥ متراً) تلى ذلك نضوب عدد من الآبار خلال الفترة من ١٩٩٠م إلى ٢٠٠٢م ذات فجوات التغذية قليلة العمق ثم الأكثر عمقاً وهكذا . وترتب على ذلك انخفاض كبير في حصة مشروع الري والصرف من ٧،١ م٣/ث إلى أن وصلت حالياً ٢,٤ م٣/ث ، يقابله ارتفاع في حصة الأهالي والجهات الحكومية الأخرى من حوالي ٣ م٣/ث إلى حوالي ١٢ م٣/ث وهو ما يعادل أكثر من ٨٠% من السحب العام من هذا التكوين ، واصبح التحكم في التكوين سلباً وإيجاباً بنسبة اكثر من ٨٠% يتوقف على ممارساتهم . ويوضح الشكل رقم (٣) المأخوذ من مناسيب المياه الأدنى في الآبار (أي المناسيب أثناء الضخ) إثر ازدياد السحب وبالتالي انخفاض المناسيب على الآبار بالواحة . حيث يتوقع مع استمرار معدلات الانخفاض الحالية للمناسيب نضوب عدد كبير من الآبار إضافة إلى الانخفاض المستمر في عمق سحب المياه وبالتالي زيادة تكلفة ضخها إلى سطح الأرض .كما كان لزيادة السحب أيضاً أثره السلبي على درجة ملوحة مياه التكوين ، حيث لوحظ زيادة تدريجية مستمرة في درجة ملوحة المياه

تكون أكبر نسبياً في أطراف الواحة وخاصة الطرف الجنوبي الشرقي وصلت في بعض الآبار إلى مستويات لا تصلح معها المياه للري ، وقد تبين ذلك من نتائج مسح هايدروكيميائي[٦] أجري عام ١٩٩٩م وتم مقارنته بمسح سابق أجري في عام ١٩٨٥م ويوضح الشكلان رقم (٤-٥) نتائج ذلك . حيث يلاحظ أن متوسط درجة الملوحة مقاسة بالتوصيل الكهربائي (Ec) قد ارتفعت خلال الفترة من ١٩٨٥-١٩٩٩م بحوالي (٣٨,٧%) ، وارتبط ذلك بزيادة سحب المياه وانخفاض المناسيب إضافة إلى تسرب نواتج مياه الري عالية الملوحة إلى التكوين وخاصة من الأجزاء الجنوبية الشرقية للواحة (منطقة الغويبه) ساعد في خلق ظروف مناسبة لزيادة الملوحة في مجمل مياه تكوين النيوجين .

إن عدم التمكن من تكامل تنفيذ جميع بنود خطة وزارة الزراعة والمياه الذي مضى على اعتمادها حوالي ٢٤ سنه لدعم مصادر المياه بالأحساء التي سبق الإشارة إليها في زمن قياسي يتناسب مع تسارع الطفرة التنموية وتطور متطلباتها من المياه وبقاء مشاريعها تحت التنفيذ حتى الآن أدى إلى زيادة الضغط على تكوين النيوجين وذلك لتأمين تلك ويوضح الجدول رقم (١) أدناه تطور سحب المياه الجوفية من هذا التكوين حتى أصبح معدله يفوق (١٥ م٣/ث) أي يزيد بحوالي (٥٠%) عن معدل الاستغلال الآمن له .

العام	السحب من تكوين النيوجين بالأحساء (م٣/ث)			الإجمالي (م٣/ث)
	الشرب	الري		
		المشروع	الأهالي والجهات الأخرى	
١٩٧٧م	٠,٥٢٥ [٣]	٧,١ [٣]	٢,٥ [٣]	١٠,١٢٥ [٣]
١٩٨٢م	٠,٦٠٠	٦,٦	٣,٠	١٠,٢٠٠
١٩٨٧م	٠,٦٨٥	٥,٥	٨,٥	١٤,٦٨٥ [٤]
١٩٩٢م	٠,٧٨٠	٤,٢	٩,٨	١٤,٧٨٠
١٩٩٧م	٠,٩٠٠	٣,٢	١٠,٨	١٤,٩٠٠
٢٠٠٢م	١,١٨٦ &	٢,٤ @	١١,٦ @	١٥,١٨٦

جدول رقم (١)

& (مصلحة المياه بالأحساء وفرع وزارة الزراعة بالأحساء)

@ قسم المياه والتربة – هيئة الري والصرف بالأحساء .

٦: اقتراح خطة للمحافظة على تكوين النيوجين وتحسين وضع المياه فيه :

يلاحظ مما تقدم أن الزيادة في السحب من تكوين النيوجين عن حد السحب الآمن لاستغلاله تقدر بحوالي (٥م٣/ث) وهي قابلة للزيادة مع تنامي الاحتياجات ، مما سيؤدي إلى عدم جدوى هذا التكوين سواء من حيث الكمية والنوعية . ولتفادي المزيد من تدهور أوضاعه فإن الأمر يتطلب إيجاد خطة عملية لإدارة واستخدام مصادر المياه تقوم على تخفيض السحب من هذا التكوين إلى حد السحب الأمن له مع تأمين الاحتياجات الآنية والمستقبلية للمنطقة من مصادر أخرى . ولإيضاح ذلك قام الباحثان بمتابعة تطور كميات سحب المياه الجوفية بالمنطقة منذ عام ١٩٧٧م (وهي الفترة التي كان التوازن المائي لتكوين النيوجين قائماً فيها وما قبلها) وحصر المصادر الأخرى المتوفرة من خلال خطة وزارة الزراعة والمياه والتي يمكن توفرها مستقبلاً .

كما قام الباحثان بتقدير حجم الاحتياجات من مياه الري وكذلك المياه البلدية والصناعية (الشرب) بناء على تقديرات عدد السكان وافتراض نسبة نمو قدرها ٣% ومعدل استهلاك للفرد حوالي ٣٠٠ لتر/يوم [١٠]،[١١] وتم رصد ذلك في الجدول المرفق رقم (٢) حيث يلاحظ منه الآتي :

- إن الاحتياجات لكافة الأغراض يتوقع أن تبلغ ذروتها في عام ٢٠١٠م بمعدل (١٨,٧٠٥) م٣/ث ، وأن كمية المياه التي يتوقع توفرها وقتها إذا ما تكامل تنفيذ خطة الوزارة لدعم مصادر المياه لن تكون كافية لتغطية كافة الاحتياجات ما لم يستمر السحب من تكوين النيوجين وخاصة من جبل أبو غنيمة بالهفوف والقرى لتغطية العجز في متطلبات الشرب . وهذا الوضع لن يستمر طويلا لأن التكوين مهدد بالنضوب والتملح
- وجود فجوة في مصادر المياه البلدية (الشرب)والصناعية سواء حالياً أو مستقبلاً مع استمرار الضخ لأغراض الشرب من تكوين النيوجين بالاحساء ويتوقع أن تكون تلك الفجوة حوالي ١,٤ م٣/ث أو ١٢٢ ألف م٣/يومياً عام ٢٠١٠م ترتفع إلى حوالي ٢،٦٨ م٣/ث (٢٣٢ ألف م٣ / اليوم) في حالة إيقاف ضخ مياه الشرب من تكوين النيوجين بالأحساء

وتقوم الخطة المقترحة في هذا البحث على تخفيض السحب من تكوين النيوجين مع محاولة سد فجوة مياه الشرب والاستفادة من مياه الصرف الصحي التي ستتوفر بالمنطقة من مشاريع مياه الشرب في الأغراض الزراعية وذلك كالآتي :

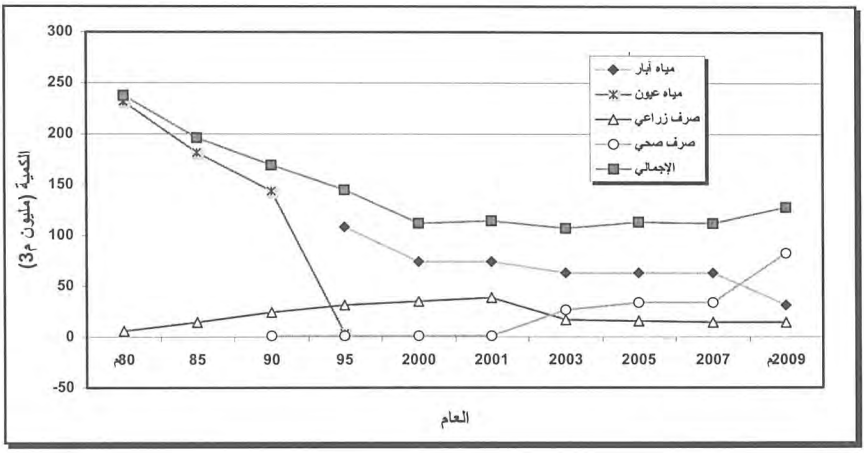
أ- رفع كفاءة استخدام المياه الزراعية :

تشير بعض الدراسات إلى تدني كفاءة استخدام المياه الزراعية في كثير من المزارع بالأحساء ، حيث لازالت تستخدم فيها طرق الري التقليدية (بالغمر) التي تتسم بتدني كفاءة الري الحقلي . وأشارت دراسة أجراها معهد البحوث بجامعة الملك فهد للبترول والمعادن لهيئة الري والصرف بالأحساء عام ١٩٨٥م بأن متوسط كفاءة الري الحقلي تقدر بحوالي (٣٠%)[٩] . وقد بذلت بعض الجهود منذ ذلك الوقت لتحسين كفاءة الري الحقلي وخاصة في المزارع داخل نطاق مشروع الري والصرف ، ويعتقد بأن متوسط كفاءة الري الحقلي حالياً يقدر بحوالي ٤٤% [٨] . ويقترح تبني برامج عملية محددة بمدى زمني لرفع كفاءة الري الحقلي في المزارع إلى حوالي ٦٠% حتى العام ٢٠١٠م . وذلك سواء بتحسين طريقة الري السطحي على غرار ما تقوم به هيئة الري والصرف [٨] أو بإدخال طرق الري الحديثة مع ربط ذلك بخطة الوزارة لتركيب العدادات على جميع الآبار الخاصة ، وتم اختيار ٦٠% كحد أعلى لرفع كفاءة الري الحقلي بسبب المعوقات والصعوبات التي يمكن أن تجابهها مثل صغر الحيازات الزراعية وتفتتها وضعف العائد الاقتصادي للمزارع . . إلخ [٨] . ويتوقع بتبني هذه الخطة أن تنخفض احتياجات مياه الري بالواحة من معدل ١٢,٩ م٣/ث عام ٢٠٠٢م إلى حوالي ٩,٤٦ م٣/ث عام ٢٠١٠م بوفر حوالي ٣,٤٤ م٣/ث ، وإذا تم التركيز على المزارع التي تروي من آبار خاصة في عموم الواحة على تكوين النيوجين فإن تلك الكمية من المياه يمكن أن تتوفر لصالح ذلك التكوين (جدول رقم ٣) .

ب-الاستفادة من المصادر غير التقليدية بمشروع الري والصرف بالأحساء وتقليل اعتماده على المياه الجوفية :

استمراراً لاستراتيجية هيئة الري والصرف بالاحساء التي بدأتها في وقت مبكر لتقليل اعتماد المشروع على المياه الجوفية والتحول للاعتماد على مياه الصرف الزراعي و الصحي المنقاة في الري ، فرغت من إنشاء محطة الضخ والخط الناقل لمياه الصرف الصحي المنقاة من محطة المصلحة بالهفوف إلى قنوات المشروع بطاقة حوالي ٢١٠ ألف م٣/يومياً ، وسيمكن ذلك المشروع الذي سيتم تشغيله قريبا من الاستفادة من كمية ٧٠ ألف م٣/يومياً هي ناتج

المرحلة الأولى الثلاثية التي فرغت المصلحة أخيراً من إضافتها لمحطة المعالجة . وتخطط الهيئة للتخلي عن جزء كبير من ضخها من المياه الجوفية بعد تنفيذ المراحل اللاحقة لإضافة مرحلة المعالجة الثلاثية لمحطة المعالجة بالهفوف ، إضافة إلى الاستفادة من مياه الصرف الصحي من محطتي القرى الشرقية والشمالية بالأحساء ويتوقع أن يصل إجمالي مياه الصرف الصحي الثلاثية التي سيستفيد منها المشروع عام ٢٠١٠م إلى حوالي ٢٢٥ ألف م٣/يومياً (٢,٦٠٥ م٣/ث) وذلك حسب خطة وزارة الزراعة والمياه التي سبق الإشارة إليها . وفي ضوء ذلك يتوقع أن تنخفض كمية سحب المشروع من تكوين النيوجين إلى حوالي (١ م٣/ث) مما سيوفر في عام ٢٠١٠م حوالي (١,٤ م٣/ث) لصالح التكوين . ويوضح الرسم أدناه خطط هيئة الري والصرف لتنويع مصادرها والتحول للاعتماد شبه الكامل على مياه الصرف الصحي المنقاة .



شكل رقم (٦) : مصادر مياه الري الحالية والمتوقعة بمشروع الري والصرف بالأحساء . [٥]

وفي حالة تبني مقترحات الخطة المطروحة في هذا البحث (فقرة ج أدناه) فإن كمية مياه الصرف الصحي بالأحساء التي ستتوفر بعد إمداد المنطقة بكمية إضافية من التحلية بكمية ٢٠٠ ألف م٣/يومياً فإن فائض مياه الصرف الصحي الذي سيتوفر بالاحساء سيكون في حدود ٤,٢١٥م٣/ث أو حوالي ٣٦٤ ألف م٣/يومياً ، الأمر الذي سيتيح لمشروع الري والصرف التخلي عن كامل حصته من المياه الجوفية بعد إجراء بعض التعديلات على قنوات المشروع وربطها معاً ليمكن الاستفادة من تلك المياه .

ج- تزويد المحافظة بكمية إضافية من مياه التحلية :

تقدر كمية الضخ لأغراض الشرب من تكوين النيوجين بالأحساء حالياً سواء من آبار مصلحة المياه والصرف الصحي أو الآبار التابعة للوزارة بحوالي ١٠٣ ألف م٣/يومياً أي بمعدل (١,١٩ م٣/ث) . ويمكن لهذه الكمية إذا ما أوقف ضخها أن تساهم في تحسين مناسيب تكوين النيوجين ، ونظراً لوجود فجوة في مياه الشرب سواء حالياً أو مستقبلاً (انظر الجدول رقم ٢) فإن إيقاف الضخ لأغراض الشرب من تكوين النيوجين غير ممكن ما لم يتم تغطية كامل احتياج المنطقة من خارجها والمقدر بحوالي ٥٠٠ ألف م٣ / يوميا في عام ٢٠١٠ م . ولسد الفجوة في مياه الشرب التي يتوقع بعد تكامل جميع مشاريع وزارة الزراعة والمياه (٢٠٠ ألف م٣/يومياً من ويسه + ٧٠ ألف م٣/يومياً من التحلية) في عام ٢٠١٠م أن تكون في حدود ١٢٢ ألف م٣/يومياً مع استمرار الضخ للشرب

من تكوين النيوجين بالأحساء ، فإنه يقترح أن يتم تزويد المنطقة بكمية إضافية من مياه التحلية في حدود ٢٠٠ ألف م٣/يومياً ، مع اتخاذ التدابير المناسبة والتقليل من فواقد الشبكة وترشيد إستخدام هذه المياه .

ويوضح الجدول رقم (٣) المرفق وضع كميات السحب من تكوين النيوجين والمصادر التي يمكن توفرها في حالة تبني الخطة المذكورة أعلاه التي يمكن إيجازها في الآتي :

- يتوقع انخفاض إجمالي كمية سحب المياه من تكوين النيوجين في عام ٢٠١٠م بحوالي ٦ م٣/ث تفاصيلها كما يلي :
  - ٣,٤٤ م٣/ث نتيجة لرفع كفاءة الري الحقلي وتحديث نظام الري بالغمر في المزارع التي تعتمد على تكوين النيوجين .
  - ١,٤٠ م٣/ث نتيجة لتخلي مشروع الري والصرف عن جزء من ضخه من المياه الجوفية من خلال توسعه في استخدام مياه الصرف الصحي كبديل للمياه الجوفية ، إضافة إلى رفع كفاءة استخدام المياه .
  - ١,٢٥ م٣/ث نتيجة لإيقاف ضخ مياه الشرب من المياه الجوفية داخل الأحساء .

وبذلك يتوقع أن ينخفض إجمالي السحب من تكوين النيوجين لكافة الأغراض إلى حوالي (٩,٢ م٣/ث) وهو ما سيجعل استغلال هذا التكوين في حدود السحب الآمن له ، ويؤدي إن شاء الله إلى إعادة توازنه واستقرار أوضاع المياه بالمحافظة .

- ستكون مياه الشرب مقتصرة على مياه التحلية والمياه الجوفية من منطقة حقل ويسه (خارج الأحساء) بكمية ٢٧٠ ألف م٣/ يوميا وذلك حسب خطة وزارة الزراعة والمياه سترتفع إلى حوالي ٤٧٠ ألف م٣/ يوميا حسب خطة هذا البحث . وهذه الكمية تنقص بحوالي ٣٠ ألف م٣/يومياً عن احتياجات المياه البلدية والصناعية عام ٢٠١٠م المقدرة بحوالي ٥٠٠ ألف م٣/يومياً أو ٥,٨ م٣/ث . ويمكن مع اتخاذ بعض التدابير الترشيدية للمياه المترلية ومياه الشرب أن تفي هذه الكمية بالاحتياجات وذلك دون اللجوء إلى الضخ للشرب من تكوين النيوجين مما سيساهم في تحسين مناسيبه ويحقق أهداف خطة الوزارة .
- ستتحسن درجة ملوحة مياه الصرف الصحي المنقاة نظراً لزيادة كمية المياه المحلاة .

٧: التوصيات :

أ- ضرورة تحديث الدراسة المائية التي أجرتها وزارة الزراعة والمياه لتقييم وإدارة مصادر المياه بالأحساء عام ١٩٧٧م [٣] وخاصة الجزء الخاص بالنموذج الرياضي ، لأن ذلك سيتيح التنبؤ بدقة أكثر بما سيؤول إليه وضع مناسيب المياه بتكوين النيوجين مستقبلاً في حالة استمرار معدلات سحب المياه الحالية منه ويوضح أبعاد مخاطر الاستمرار بهذا الوضع . كما سيساعد النموذج الرياضي في وضع استراتيجية جديدة لحماية هذا التكوين والمحافظة عليه في ضوء المستجدات التي طرأت .

ب- التعجيل في تنفيذ المرحلتين الثانية والثالثة المعتمدتين لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي بالهفوف ، نظراً لأن التأخر في ذلك سيؤدي إلى تفاقم أوضاع المياه بتكوين النيوجين ويهدد جدواه سواء من حيث الكمية أو النوعية (شكل رقم ٣) .

ج- لتغطية الفجوة الحالية والمستقبلية في مياه الشرب يوصى بتزويد محافظة الاحساء بكمية من مياه التحلية تبلغ حوالي ١٢٥ ألف م٣/يومياً إضافة إلى كمية إلى ٧٠ ألف م٣/يومياً التي تم اعتمادها .

د- إن الحاجة ملحة لمراجعة الإجراءات والتدابير والتشريعات الخاصة بالحد من هدر المياه وسوء استخدامها والعمل بالتنسيق مع الجهات ذات العلاقة لاستصدار تشريعات أكثر قوة لدفع عملية ترشيد استخدام المياه ، وكذلك لحماية مصادر المياه الجوفية من خطر الاستزاف والتلوث سواء بالمملكة أو بقية دول الخليج العربية .

هـ لمقابلة احتياجات التنمية الزراعية مستقبلا يوصى بدعم وزارة والمياه لتتمكن من تنفيذ مشروعها المقترح والذي أجريت له دراسة الجدوى منذ عام ١٤١٤هـ ، الرامي لإيصال مياه الصرف الصحي المنقاة المتوفرة بمدن الدمام والخبر إلى منطقة الأحساء بكمية حوالي ٢٥٠ ألف م٣/ يوميا .

المراجع :

١- Wakuti consulting Engineers : Final Design for the project of improving irrigation and drainage in the region of AL-Hassa – Saudi Arabia . Dec. 1964 .

٢- Italconsult,(1969) Water and Agricultural Development for Area 4 – Unpublished report to the Ministry of Agriculture and water.

٣- Bureau De Recherches Geologioues Et Minieres (B.R.G.M),1977 (Al-Hassa Development Project :- Groundwater Resources Study &Management Program) Unpublished Report to the Ministry of Agriculture &Water

٤- الحمين ،ع،ع وحسين ،ع،ح (١٩٨٧م) " أسباب انخفاض مناسيب المياه وتوقف الدفق الطبيعي في عيون الأحساء " تقرير وزارة الزراعة والمياه .

٥- بيانات وتقارير عن مصادر المياه المستغلة للري – قسم المياه والتربة – هيئة الري والصرف .

٦- الكويتي ،خ،ع وآخرون "الحالة الراهنة لملوحة المياه الجوفية بمنطقة مشروع الري والصرف بالأحساء والعوامل المؤثرة عليها " (الندوة السعودية الأولى لترشيد استهلاك المياه وتنمية مصادرها) وزارة الزراعة والمياه – الرياض – ٢٠٠٠م.

٧- الخطيب ،ع (١٩٨٠م) كتاب " سبع سنابل " وزارة الزراعة والمياه – المملكة العربية السعودية .

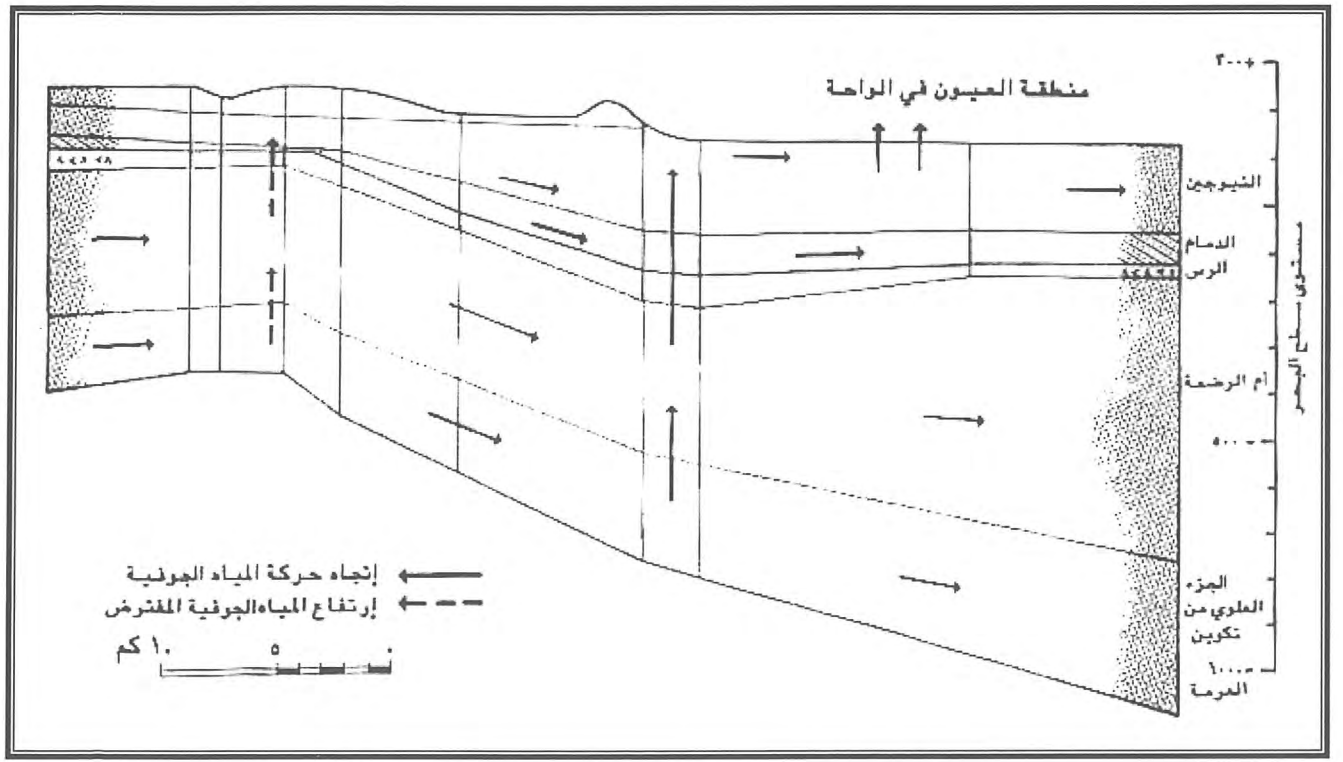
٨- الورثان . ع ، الغنيم " جهود هيئة الري والصرف للاستفادة من أنظمة الري الحديثة في الحد من تدني كفاءة الري الحقلية في بساتين النخيل " الندوة الأولى لترشيد استخدام المياه وتنمية مصادرها – وزارة الزراعة والمياه – الرياض ١٤٢١هـ .

٩- هيئة الري والصرف بالأحساء "دراسة نموذج رياضي وبرنامج ري لمشروع الري والصرف بالأحساء" معهد البحوث – جامعة الملك فهد للبترول والمعادن – الظهران ، ١٩٨٦م .

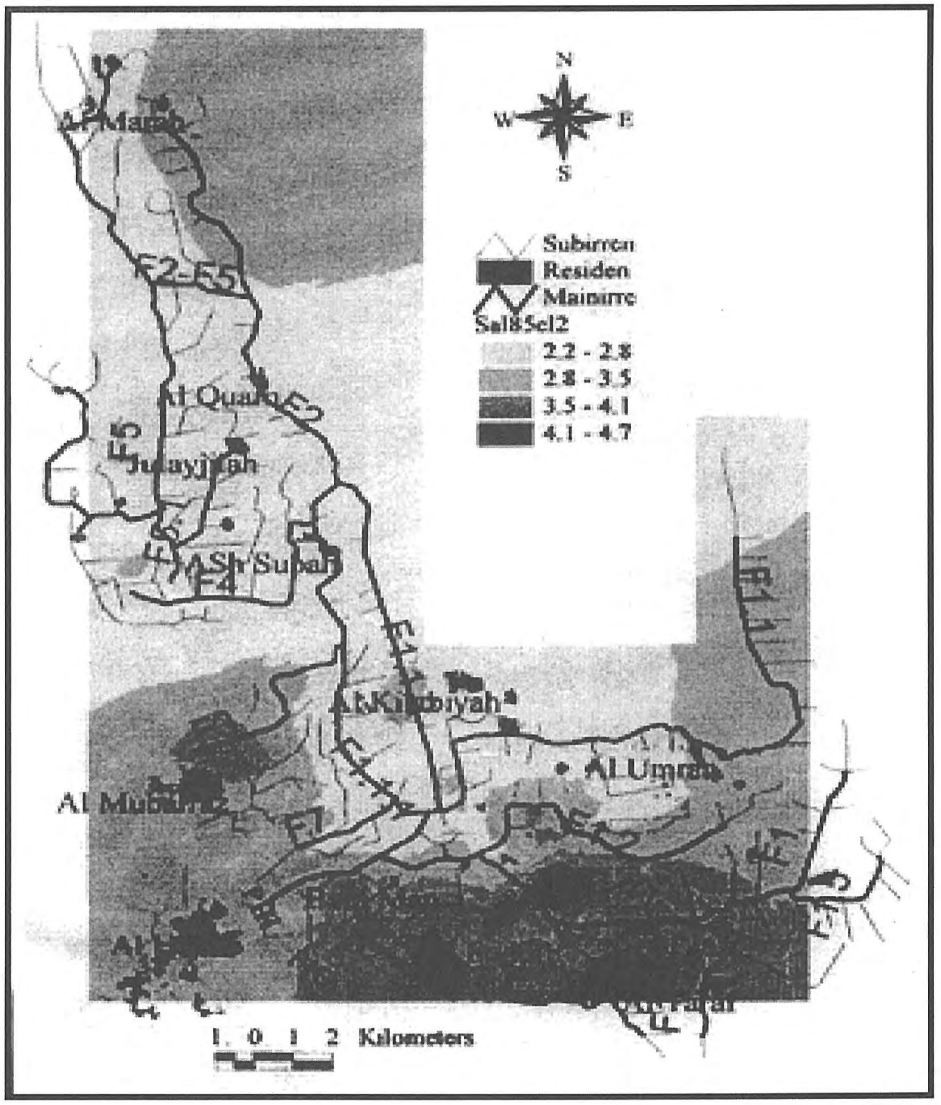
١٠- Abdelrahman,W.and Ukaily,M.,(1983) Strategy of Groundwater use in Al-Hassa Region of Saudi Arabia .

١١- أبوبطين ، م (١٩٨٠م) " احتياجات مياه الشرب والري بالأحساء " تقرير منشور – هيئة الري والصرف بالأحساء المملكة العربية السعودية .

١٢- عثمان ،م،ن (١٩٨٣م) كتاب " الماء ومسيرة التنمية في المملكة العربية السعودية " طبقة تهامة .

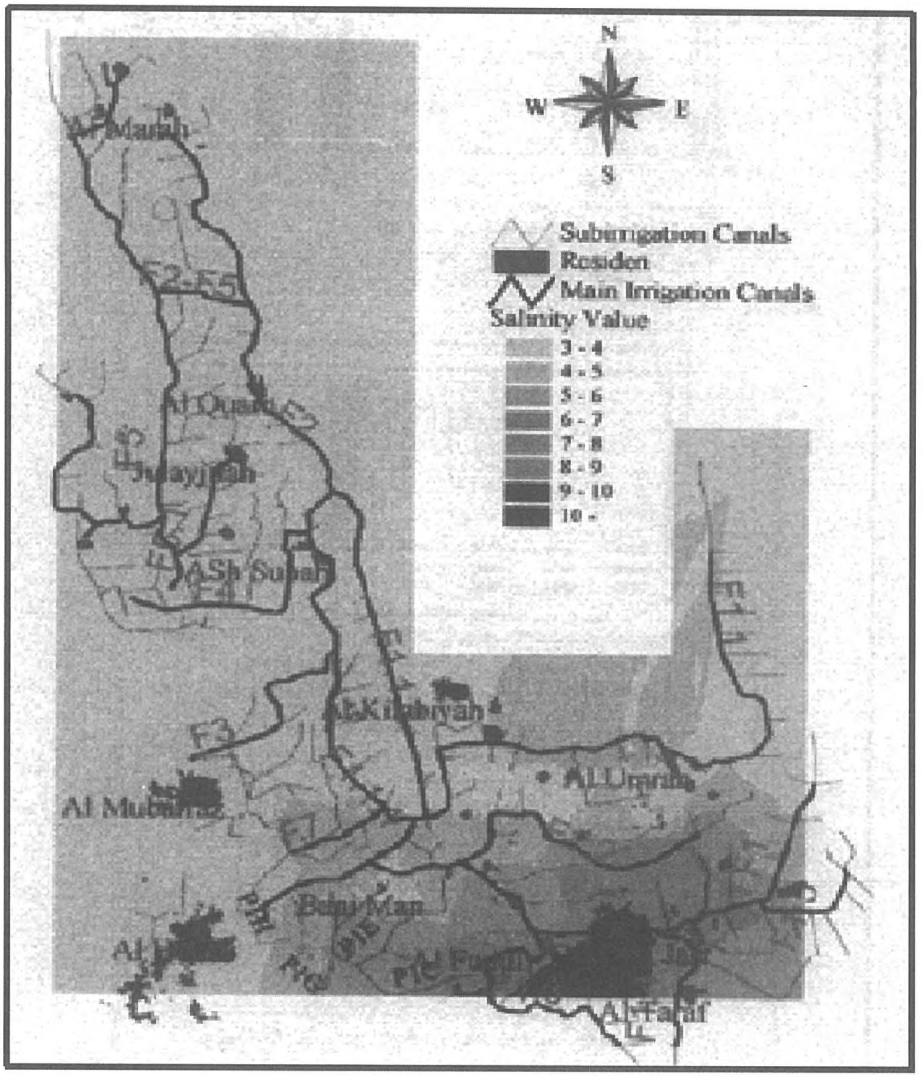


شكل رقم (٢) : قطاع هايدروجيولوجي لخزانات المياه الجوفية بالأحساء . [٣]



شكل رقم (٤)

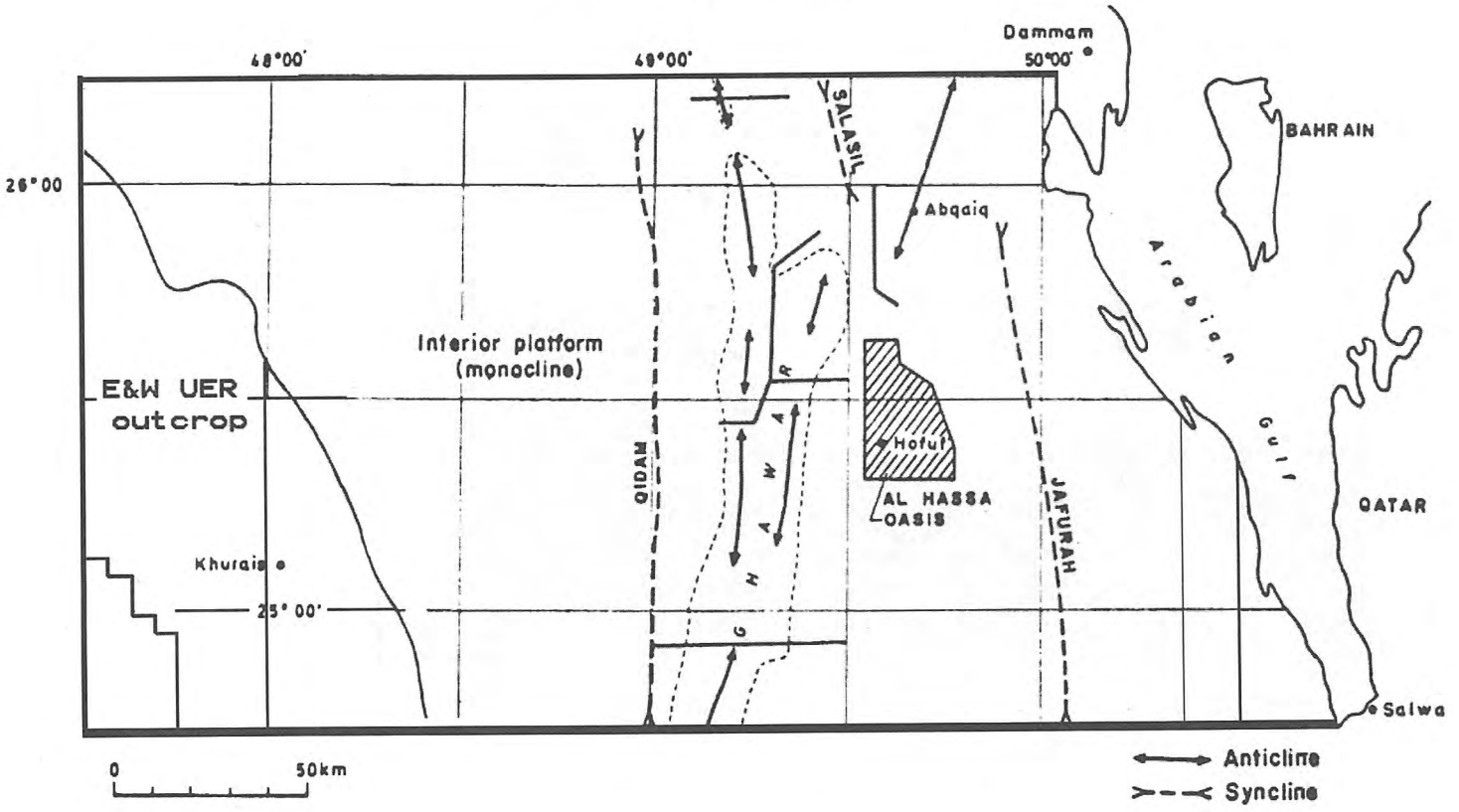
التوزيع الجغرافي لدرجة الملوحة لمياه تكوين النيوجين عام ١٩٨٥م . [٦]

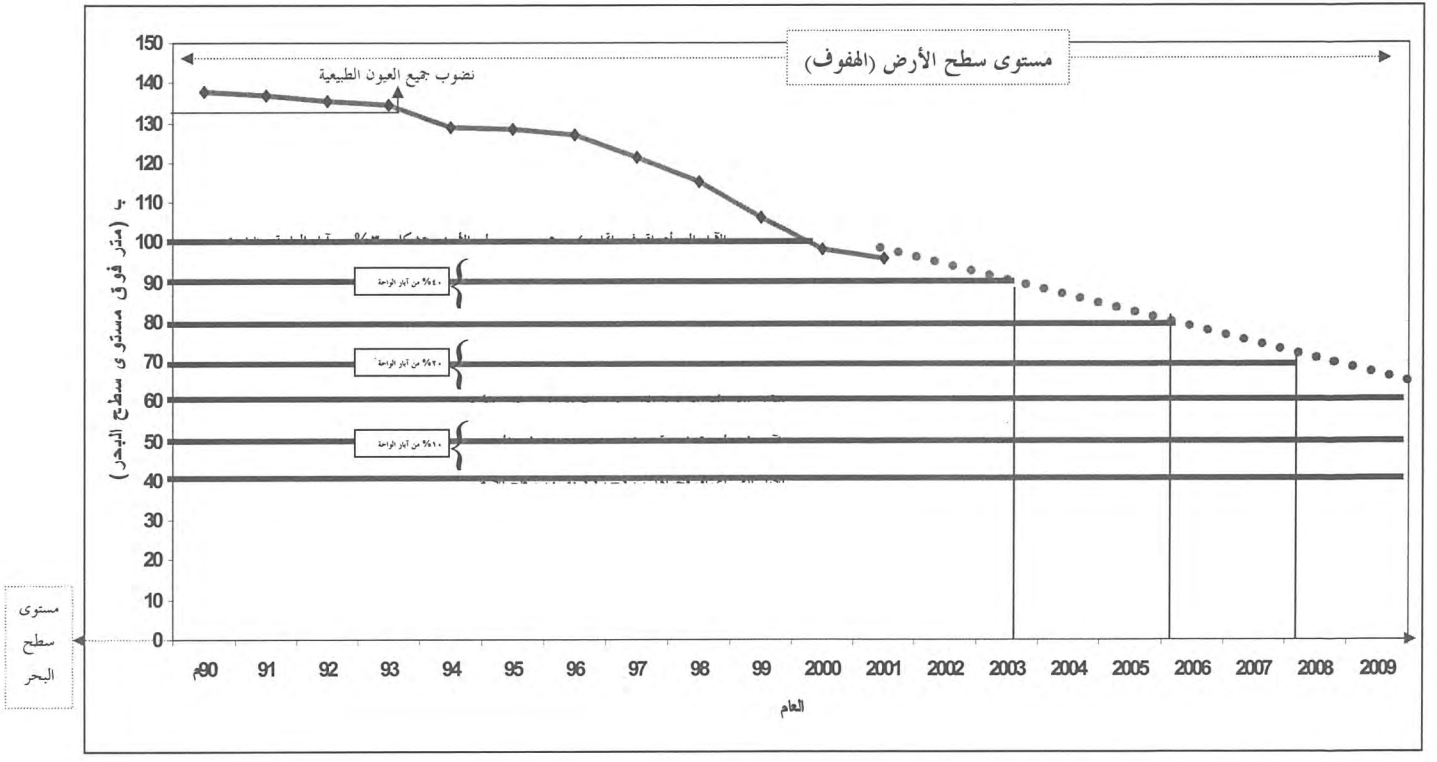


شكل رقم (٥)

التوزيع الجغرافي لدرجة الملوحة في مياه تكوين النيوجين عام ١٩٩٩م . [٦]

شكل رقم (١) : موقع الأحساء . [٧]





شكل رقم (٣) : أثر السحب على مناسيب تكوين النيوجين والآبار المحفورة عليه . [٥]

جدول رقم (٢)

تطور السحب القائم والمتوقع للمياه من تكوين النيوجين بالأحساء لجميع الأغراض مقارنة بالاحتياجات والمصادر المتوفرة أو المتوقع توفرها حسب خطة وزارة الزراعة والمياه

العام	الاحتياجات (م٣/ث)			كميات سحب المياه الجوفية والمصادر الأخرى (م٣/ث)							إجمالي المصادر
	البلدية (الشرب) والصناعية	الري	إجمالي الاحتياجات	مياه جوفية للشرب من الأحساء	السحب للري		إجمالي سحب المياه الجوفية	مياه جوفية من ويسه	مياه تحلية	المصادر المساندة	
					المشروع	الأهالي والجهات الأخرى				مياه صرف صحي	مياه صرف زراعي ⊙
١٩٧٧م	٠,٥٢٥	٩,٦	١٠,١٢٥	٠,٥٢٥ [٣]	٧,١ [٣]	٢,٥ [٣]	١٠,١٢٥ [٣]	٠	٠	٠	١٠,١٢٥
١٩٨٢م	١,٧٠٨	٩,٦	١١,٣٠٨	٠,٦٠٠	٦,٦	٣,٠	١٠,٢٠٠	٠	٠	٠	١٠,٣٦٠
١٩٨٧م	٢,٧٠٠	١٠,٧	١٣,٤٠٠	٠,٦٨٥	٥,٥	٨,٥	١٤,٦٨٥ [٤]	★ ٠,٧٣	٠	٠,٠٠٩	١٥,٩٤٤
١٩٩٢م	٣,٥٠٠	١١,٣	١٤,٨٠٠	٠,٧٨٠	٤,٢	٩,٨	١٤,٧٨٠	★ ٠,٧٣	٠	٠,٠٤٤	١٦,٣٠٤
١٩٩٧م	٣,٩٠٠	١٢,٠٢	١٥,٩٥٠	٠,٩٠٠	٣,٢	١٠,٨	١٤,٩٠٠	٠,٧٣	٠	٠,٠٤٧	١٦,٦٧٧
٢٠٠٢م	٤,٥٨٣	* ١٢,٩	١٧,٤٨٣	★ ١,١٨٦	⊙ ٢,٤	١١,٦	⊙ ١٥,١٨٦	٠,٧٣	٠	٠,٠٤٧	١٦,٧٦٣
٢٠٠٣م	٤,٧٢٣	١٢,٩	١٧,٦٢٣	١,٢٠١	٢,٠	١١,٨	١٥,٠٠١	١,٤٦	٠	٠,٨٥٧ &	١٧,٨٥٨
٢٠٠٤م	٤,٨٦٢	١٢,٩	١٧,٧٦٢	١,٢١٥	٢,٠	١١,٩	١٥,١١٥	١,٤٦	٠	٠,٨٥٧	١٧,٩٥٢
٢٠٠٥م	٥,٠٠٨	١٢,٩	١٧,٩٠٨	١,٢٢٦	٢,٠	١١,٩	١٥,١٢٦	١,٤٦	٠	١,١٠٠	١٨,١٨٦
٢٠٠٧م	٥,٣١٣	١٢,٩	١٨,٢١٣	١,٢٥٠	٢,٠	١١,٩	١٥,١٥٠	# ٢,٣١	٠,٨١	١,١٠٠	١٩,٠٤٠
٢٠٠٩م	٥,٦٣٦	١٢,٩	١٨,٥٣٦	١,٢٧٣	١,٠	١١,٩	١٤,١٧٣	٢,٣١	٠,٨١	٢,٦٠٥ @	٢٠,٣٥٨
٢٠١٠م	$ ٥,٨٠٥	١٢,٩	١٨,٧٠٥	١,٢٧٣		١١,٩	١٣,١٧٣	٢,٣١	٠,٨١	٢,٦٠٥	١٩,٣٥٨

مياه للشرب من مشروع ويسه بمراحله الثلاث (وزارة الزراعة والمياه) .

& اكتمال المرحلة الأولى الثلاثية لتطوير محطة معالجة مياه الصرف الصحي بالهفوف بكمية ٧٠ ألف م٣/يومياً .

@ إضافة حوالي ١٣٠ ألف م٣/يومياً بعد إكمال جميع مراحل محطات معالجة مياه الصرف الصحي بالأحساء .

$ قام الباحثان بتقدير احتياجات المياه البلدية والصناعية بناء على عدد السكان ونسبة نمو سكاني ٣% واستهلاك للفرد في اليوم قدره ٣٠٠لتر [١١] .

* تقديرات الباحثين لاحتياجات مياه الري لمساحة ١٠,٠٠٠ هكتار وكفاءة ري ٤٤% .

★ مصلحة المياه والصرف الصحي بالأحساء .

⊙ تقديرات وقياسات قسم المياه والتربة – هيئة الري والصرف بالأحساء .

جدول رقم (٣)

التخفيض المتوقع في كمية سحب المياه الجوفية من تكوين النيوجين بالأحساء وفقاً للخطة المقترحة في هذه الورقة ومصادر المياه المتوقع توفرها .

العام	الاحتياجات (م٣/ث)			كميات سحب المياه الجوفية والمصادر الأخرى (م٣/ث)							إجمالي المصادر
	البلدية (الشرب) والصناعية	الري	إجمالي الاحتياجات	مياه جوفية للشرب من الأحساء	السحب للري		إجمالي سحب المياه الجوفية من النيوجين	مياه جوفية من ويسه	مياه تحلية	المصادر المساندة	
					المشروع	الأهالي والجهات الأخرى				مياه صرف صحي	مياه صرف زراعي
٢٠٠٢م	٤,٥٨٣	* ١٢,٩٠	١٧,٤٨٣	١,١٨٦	⊙ ٢,٤	١١,٦٠٠	١٥,١٨٦ ⊙	٠,٧٣	–	٠,٠٤٧	٠,٨٠	١٦,٧٦٣
٢٠٠٣م	٤,٧٢٣	١٢,٣٣٩	١٧,٠٦٢	١,٢٠١	٢,٠	١١,٠٣٩	١٤,٢٤٠	١,٤٦	–	٠,٨٥٧	٠,٥١	١٧,٠٦٧
٢٠٠٤م	٤,٨٦٢	١١,٨٢٥	١٦,٦٨٧	١,٢١٥	١,٨	١٠,٤٨٦	١٣,٧٠١	١,٤٦	–	٠,٨٥٧	٠,٤٨	١٦,٤٩٨
٢٠٠٥م	٥,٠٠٨	١١,٣٥٢	١٦,٣٦٠	١,٢٢٦	١,٨	١٠,٠١٣	١٣,٠٣٩	١,٤٦	–	١,١٠٠	٠,٤٦	١٦,٠٥٩
٢٠٠٦م	٥,١٥٨	١٠,٩١٥	١٦,٠٧٣	١,٢٣٨	١,٨	٩,٥٧٦	١٢,٦١٤	١,٤٦	٠,٨١	١,١٠٠	٠,٤٤	١٦,٤٢٤
٢٠٠٧م	٥,٣١٣	١٠,٥١١	١٥,٨٢٤	١,٢٥٠	١,٨	٩,١٧٢	١٢,٢٢٢	# ٢,٣١	٠,٨١	١,١٠٠	٠,٤٢	١٦,٨٦٢
٢٠٠٨م	٥,٤٧٢	١٠,١٣٤	١٥,٦٠٦	–	١,٨	٨,٧٩٥	١٠,٥٩٥	٢,٣١	٠,٨١	١,١٠٠	٠,٤٠	١٥,٢١٥
٢٠٠٩م	٥,٦٣٦	٩,٧٨٦	١٥,٤٢٢	–	١,٠	٨,٤٤٧	٩,٤٤٧	٢,٣١	٠,٨١	٢,٦٠٥	٠,٣٨	١٥,٥٥٢
٢٠١٠م	$ ٥,٨٠٥	٩,٤٦٠ ✹	١٥,٢٦٥	–		٨,١٢١	٨,١٢١	٢,٣١	@ ٣,١٢	٤,٢١٥	٠,٣٦	+ ١٩,١٢٦

اكتمال المراحل الثلاث بمشروع ويسه (خطة وزارة الزراعة والمياه) .

@ تزويد المنطقة بكمية إضافية من مياه التحلية قدرها ٢٠٠ ألف م٣/يومياً (مقترحات خطة هذا البحث) .

$ قام الباحثان بتقدير احتياجات المياه البلدية والصناعية بناء على عدد السكان ونسبة نمو سكاني ٣% واستهلاك للفرد في اليوم قدره ٣٠٠لتر [١٠]،[١١] .

* تقديرات الباحثين لاحتياجات مياه الري لمساحة ١٠,٠٠٠ هكتار وكفاءة ري ٤٤% .

✹ تقديرات الباحثين لاحتياجات مياه الري لمساحة ١٠,٠٠٠ هكتار على أساس رفع كفاءة الري ٦٠% .

⊙ تقديرات وقياسات قسم المياه والتربة – هيئة الري والصرف بالأحساء .

★ مياه صرف صحي منقاة من الأحساء بعد اكتمال جميع مراحل تطوير محطة المصلحة بالهفوف .

+ ٢,٨ م٣/ث فائض مياه صرف صحي معالج يمكن توجيهه للاستخدام في التشجير والصناعة وتعويض المزارعين اللذين تتعرض آبارهم للتملح أو النضوب في عموم الواحة .

تقييم طرق تقدير القيم المفقودة لعمق المطر بالمناطق الجافة

الدكتور عبدالله سعد الوقداني، عصام محمد الغيلي

تقييم طرق تقدير القيم المفقودة لعمق المطر بالمناطق الجافة

عبدالله سعد الوقداني و عصام محمد العقيلي

قسم علوم و إدارة موارد المياه – كلية الأرصاد و البيئة – جامعة الملك عبدالعزيز

ص. ب. ٨٠٢٠٨ – جده ٢١٥٨٩ – المملكة العربية السعودية

تتعرض محطات قياس الأمطار لبعض المشاكل الفنية مما لا يمكنها من قياس الأمطار لفترات زمنية التي قد يتخللها حدوث لبعض العواصف الممطرة وبذلك تعد تلك القيم مفقودة. كما أنه قد يعود السبب في عدم الحصول على قراءة المحطة إلى ظروف طارئة للفني المسئول عن تفريغ بيانات المحطة. وتتطلب العديد من الدراسات الهيدرولوجية كما في دراسة العلاقة بين المطر والسيل تقدير تلك القيم بناء على القيم المسجلة بالمحطات المجاورة للمحطة ذات القيم المفقودة.

وقد تم في الدراسة الحالية تقييم مدى دقة ثلاثة من الطرق المتبعة في تقدير قيم الأمطار اليومية والشهرية والسنوية المفقودة بإستخدام بيانات من منطقتين بالمملكة العربية السعودية أحدهما جبلية بمنطقة مكة المكرمة والأخرى مستوية بمنطقة الرياض. والطرق الثلاث المختبرة هي طريقة المتوسط الحسابي وطريقة التناسب الطبيعي و طريقة المتوسط الوزني. وقد أظهرت الدراسة عدم نجاح الطرق الثلاث في إعطاء تقديرات دقيقة للقيم المفقودة في كلا المنطقتين المدروستين. وتوصي الدراسة بتحسين تلك الطرق لتكون أكثر ملائمة للمناطق الجافة أو البحث عن طرق أخرى قادرة على إعطاء تقديرات دقيقة لقيم الأمطار المفقودة.

مفاتيح: الأمطار، القيم المفقودة للأمطار (missing precipitation) ، المملكة العربية السعودية، وادي الليث، الرياض.

مقدمة

تتميز المملكة العربية السعودية بكونها شاسعة المساحة حيث تبلغ مساحتها حوالي ٢,٢٥ مليون كيلومتر مربع. ويتم قياس أعماق الأمطار بالمملكة عبر شبكة من محطات قياس الأمطار تزيد على ثلاثمائة محطة منتشرة ضمن مناطق المملكة المختلفة. وتتعرض بعض تلك المحطات للأعطال أو لا يتمكن قارئ البيانات من تسجيل القراءات لبعض الفترات مما يجعل قراءات تلك المحطة غير مكتملة. بل أنه عند الرغبة بدراسة التوزيع الزماني أو المكاني للأمطار على منطقة غالبا ما يواجه الباحث مشكلة عدم توفر بيانات الأمطار لمحطة أو أكثر وذلك لعدد من الأيام وبالتالي الشهور والسنوات.

وتحتوي المراجع العلمية لعلوم المياه على عدد من الطرق التي يمكن عن طريقها تقدير قيم القراءات المفقودة عن طريق الإستعانة بالقيم المسجلة بالمحطات المجاورة للمحطات ذات القراءة المفقودة. وتهدف الدراسة الحالية إلى تقييم مدى ملائمة ثلاث من أشهر تلك الطرق للتطبيق بالمناطق الجافة كالمملكة العربية السعودية.

منطقة الدراسة

تم اختيار منطقتين مختلفتين من الناحية التضاريسية و المناخية للقيام بالدراسة وهما منطقة وادي الليث ومنطقة الرياض. وتقع منطقة وادي الليث وهي منطقة جبلية بشكل عام في الجزء الغربي من المملكة العربية السعودية على ساحل البحر الأحمر وتبعد حوالي ٢١٠ كلم جنوب محافظة جدة . ويحد منطقة حوض وادي الليث الرئيسي وروافده خطي طول (٤٠ درجة و١٥ دقيقة) و(٤٠ درجة و٤٥ دقيقة) شرقاً ودائرتي عرض (٢٠ درجة و١٠ دقائق) و (٢١ درجة و١٠ دقائق) شمالاً. وتغطي جبال السروات معظم مساحة الوادي ويصب الوادي بإتجاه الغرب بالبحر الأحمر عند مدينة الليث. وتتميز المنطقة بأن معدلات الأمطار الساقطة عليها عالية نسبياً مقارنةً ببعض مناطق المملكة الأخرى . ويعتبر فصل الربيع هو الأغزر مطراً , وإن كان هناك كثافة للأمطار خلال فصلي الخريف و الشتاء وتقل الأمطار خلال الصيف (الحارثي وآخرون ,٢٠٠٠) .

تقع منطقة الرياض وهي منطقة منبسطة في وسط المملكة العربية السعودية (نجد) , بين دائرتي عرض (١٩درجة و٣٠ دقيقة) و (٢٧ درجة و ٣٠ دقيقة) شمالاً, وخطي طول (٤٢درجة) و (٤٨درجة) شرقاً . وهناك نوعان من التضاريس في المنطقة , ففي الجزء الغربي منها توجد بعض السلاسل و المرتفعات الجبلية و الكثبان الرملية . أما الجزء الشرقي فتوجد به التضاريس البارزة وأهمها جبال طويق على شكل قوس , وتتخلل هذه الجبال الكثبان الرملية المتفرقة (أطلس مدينة الرياض ,١٩٩٩) . وتعد الأمطار التي تسقط سنوياً على منطقة الرياض قليلة بشكل عام , إذ يتراوح معدل عمق الأمطار الساقطة ما بين ٤٠ملم في الأجزاء الجنوبية من المنطقة و ١١٠ ملم في الأجزاء الوسطى .وتسقط معظم الأمطار خلال فصلي الشتاء والربيع , كما تسقط كميات قليلة من الأمطار في بعض السنوات خلال فصل الصيف(أطلس مدينة الرياض ,١٩٩٩م) .

ويتضح أن المنطقتين المدروستين تتميز أولاهما وهي منطقة الليث بكونها منطقة جبلية ساحلية و ذات أمطار عالية نسبياً. بينما المنطقة الثانية المدروسة وهي منطقة الرياض منبسطة وقليلة الأمطار وذات طبيعة صحراوية. وقد يساعد التباين الواضح بين خصائص المنطقتين في تعميم نتائج الدراسة على معظم مناطق المملكة حين أن باقي المناطق تتميز بخصائص تضاريسية ومناخية مشابه لأحد المنطقتين المدروستين.

طرق تقدير قيم الأمطار المفقودة

تتشابه طرق تقدير قيم الأمطار المفقودة في كونها تعتمد على القيم المسجلة بمحطات قياس الأمطار المجاورة للمحطة ذات القيمة أو القيم المفقودة. وتتباين تلك الطرق من حيث المعاملات المعتمدة في المعادلات المستخدمة في تقدير تلك القيم. فبعض الطرق تستخدم قيم الأمطار في المحطات المجاورة فقط كما في طريقة المتوسط الحسابي (Arithematic Mean Method) وبعضها الأخر تأخذ في الإعتبار القيم المتوسطة السنوية للأمطار في تلك المحطات كما في طريقة التناسب الطبيعي (Normal Ratio Method) وأخرى تعطي أهمية للمسافة بين المحطات المجاورة والمحطة ذات القراءة المفقودة كما في طريقة المتوسط الوزني (Weighted Average Method). وقد تم إختيار طرق المتوسط الحسابي والتناسب الطبيعي والمتوسط الوزني لتقييم مدى ملائمتها للتطبيق في مناطق الدراسة.

وفي طريقة المتوسط الحسابي يتم حساب القيمة المفقودة لعمق المطر بمحطة عن طريق جمع القيم في المحطات المجاورة لتلك المحطة ثم قسمة ناتج الجمع على عدد المحطات المجاورة.

$$P_x = \frac{P_1 + P_2 + ... + P_n}{n} \qquad (1)$$

حيث P_x هي القيمة المقدرة لعمق المطر في المحطة x ذات القراءة المفقودة و n عدد المحطات المجاورة للمحطة x و P_i هي قيمة عمق المطر المسجل بالمحطة i ,المجاورة للمحطة x وذلك لنفس اليوم أو الشهر أو العام الذي لا تتوفر له القراءة بالمحطة x.

أما في طريقة التناسب الطبيعي فإنه يتم ضرب قيم عمق المطر المسجل في المحطات المجاورة للمحطة ذات القيمة المفقودة في النسبة بين متوسط عمق المطر السنوي للمحطة ذات القيمة المفقودة وذلك الخاص بكل من المحطات المجاورة لها قبل أن يقسم مجموع حاصل الضرب على عدد المحطات المجاورة كما هو موضح بالمعادلة التالية (Linsley et al., 1982) :

$$P_x = \frac{1}{n}\{\frac{N_x}{N_1}P_1 + \frac{N_x}{N_2}P_2 + ... + \frac{N_x}{N_n}P_n\} \qquad (2)$$

حيث N_x هي قيمة متوسط المطر السنوي بالمحطة x و N_i قيمة متوسط عمق المطر السنوي على المحطة i

وتتميز طريقة المتوسط الوزني بأنها تأخذ في الإعتبار بعد المحطة ذات القراءة الفقودة عن المحطات المجاورة لها بحيث تعطي المحطات القريبة وزنا حسابيا أكبر من ذلك الخاص بالمحطة الأبعد كما توضحه المعادلة التالية (Linsley et al., 1982):

حيث d_i و d_j و d_k هي المسافة بين المحطات i و j و k على التوالي و المحطة x ذات القراءة المفقودة.

تقييم الطرق المقترحة

لقد تم إختيار منطقتين أحدهما جبلية (الليث) والأخرى منبسطة (الرياض) لتطبيق الطرق الثلاث المقترحة ودراسة مدى ملائمة كل منها للمنطقتين المذكورتين وكذلك مدى تأثر نتائج التطبيق عندما تكون القيم المفقودة يومية أو شهرية أو سنوية. وقد تمت عملية التقييم بإفتراض أن قيمة عمق المطر اليومي أو الشهري أو السنوي مفقودة لمحطة مختارة من بين المحطات المتوفرة بالمنطقة ثم إستخدام الطرق الثلاث المدروسة لتقدير تلك القيمة ومن ثم مقارنة نتائج التقدير لكل طريقة بالقيمة الفعلية لعمق المطر المسجلة بالمحطة المختارة. وقد روعي في تحديد مواقع المحطات المختارة أن تكون المحطة محاطة بعدد من المحطات (لا يقل عن محطتين) وأن تكون تلك المحطات على بعد مسافات صغيرة من المحطة المختارة ما أمكن ذلك.

ويوضح الشكل (١) خارطة لوادي الليث موقع عليها محطات قياس الأمطار بالمنطقة. وقد تم إفتراض أن قيم عمق المطر مفقودة في خمس محطات كما هو موضح بالجدول (١). كما يوضح الجدول أن عدد المحطات المجاورة للمحطات الخمس تراوح بين ٣ و ٤ محطات. علما بأنه قد تم تحديد مسافة ٢٠ كيلومتر كحد أقصى لإعتبار المحطة مجاورة للمحطة المدروسة.

أما فيما يتعلق بمحطات قياس الأمطار بمنطقة الرياض فهي متباعدة ويصعب الحصول على عدد من المحطات التي يمكن أن تصنف بأنها متجاورة وتتطابق في هذه الحالة مع أغلبية المناطق بالمملكة. ويعود تميز منطقة وادي الليث بكثافة محطات قياس الأمطار لأنه سبق أن أختير الوادي من قبل وزارة الزراعة والمياه كأحد خمسة أودية تجريبية تمت دراستها من قبل شركة Dames and Moore وأنشئت بها شبكة من محطات قياس الأمطار خلال الفترة من عام ١٩٨٤ إلى عام ١٩٨٧ . و قد تم إفتراض أن قيم عمق المطر قد فقدت في محطتين بمنطقة الرياض وقد وجد أن كل من المحطتين يتوفر لها محطتين مجاورتين كما يبين الجدول (١).

ولقد تم جمع بيانات عمق المطر للمحطات الموضحة بالجدول (١) من النشرات الهيدرولوجية المعدة من قبل شعبة الهيدرولوجيا بوزارة الزراعة والمياه (النشرات الهيدرولوجية، ١٩٨٢ و ١٩٨٣) وكذلك من تقارير الدراسة التي قامت بها شركة دميز ومور لوادي الليث بتكليف من وزارة الزراعة والمياه (Dames and Moore, 1988). وقد تم أختيار بيانات عدد من الأيام لتطبيق الدراسة عليها بحيث تكون تلك الأيام ممثلة لفصول السنة المختلفة وأن تكون البيانات أكبر من الصفر بجميع المحطات ما أمكن ذلك (حيث يصعب تحقيق ذلك الشرط لمحطات منطقة الرياض المتباعدة) مما يشير إلى أن عاصفة المطر بذلك اليوم كانت شاملة على المنطقة المدروسة وليست عاصفة محلية تغطي فقط مساحة صغيرة من المنطقة المدروسة.

وتبين الجداول من ١ إلى ٤ نتيجة تطبيق الطرق الثلاثة المطلوب تقييمها على بيانات عمق المطر اليومية والشهرية والسنوية لمنطقتي الليث والرياض على التوالي.حيث يوضح الجدول (٢) قيم عمق المطر اليومي المقدرة بالطرق الثلاث لعدد من الأمطار اليومية بوادي الليث وذلك لعشرين عاصفة ممطرة حيث تم إفتراض أن قيم عمق المطر مفقودة بخمس محطات

بالوادي. وعند مقارنة القيم المقدرة لعمق المطر اليومي بتلك المقاسة يتضح أن التقديرات الناتجة عن الطرق الثلاث كانت بعيدة عن القيم الحقيقية بنسب مئوية تراوحت بين صفر و٣٩٠% وبمتوسط تراوح بين حوالي ٥٥ و٧٤% للطرق الثلاث. وقد نجحت الطرق في تقدير القيمة بنسبة خطأ أقل من ١٠% فقط في ٦ قيم من بين الستين قيمة المتوقعة أي بنسبة ١٠ % وهي نسبة صغيرة تشير إلى عدم ملائمة الطرق المدروسة لتقدير قيم عمق الأمطار المفقودة بمنطقة الليث الجبلية.

ويوضح الجدول (٢) قيم عمق المطر اليومي المقدرة بالطرق المدروسة بمنطقة الرياض لعدد من العواصف الممطرة بلغ ١٨ عاصفة كما تم إفتراض أن قيم عمق المطر مفقودة بمحطتين بالمنطقة. وعند مقارنة القيم المقدرة بتلك المقاسة بالمحطتين يتضح أن نسبة الخطأ في التقدير تراوحت ما بين حوالي ٣% و ١٧٣% وبمتوسط حوالي ٥٣% للطرق الثلاث. ولم يمكن حساب نسبة الخطأ في تقدير قيمة عمق المطر كما يوضح الجدول نظرا لأن قيمة عمق المطر المسجل بالمحطة ذلك اليوم يساوي صفرا .ولم تنجح الطرق الثلاث بتقدير قيمة عمق المطر المفقودة بنسبة خطأ تقل عن ١٠% إلا في خمس حالات من بين ٥٤ قيمة تم حسابها وبنسبة مئوية قدرها حوالي ٩%. وكما كان الحال بمنطقة الليث فإن نسبة النجاح الضئيلة تشير إلى عدم نجاح أياً من الطرق المدروسة في تقدير القيم المفقودة لعمق الأمطار اليومية بمنطقة الرياض المنبسطة.

ويبين الجدول (٣) قيم عمق المطر الشهري المقدرة بواسطة الطرق الثلاث وذلك لمدة ستة أشهر وعدد خمس محطات لمنطقة وادي الليث وثلاثة أشهر ومحطتين لمنطقة الرياض. وقد تراوحت قيم النسبة المئوية للخطأ في تقدير قيم أعماق الأمطار الشهرية التي تم إفتراض أنها كانت مفقودة ما بين حوالي ٣% و ٩٨% وبمتوسط قدره ٣٦%. وقد تمكنت الطرق من تقدير عمق المطر الشهري بنسبة خطأ أقل من ١٠% في ٣ حالات من بين ٢٧ قيمة محسوبة وبنسبة مئوية حوالي ١١%. وعموما فقد كانت نسبة الخطأ أقل من ٣٠% وذلك لحوالي نصف قيم عمق المطر الشهري المقدرة. ويلاحظ أن قدرة الطرق على تقدير قيمة أعماق المطر الشهرية المفقودة أفضل من قدرتها فيما يتعلق بالقيم اليومية وإن كانت لا تعد جيدة حتى بالنسبة للقيم الشهرية سواء للمنطقة الجبلية أو المنبسطة.

ويبين الجدول (٤) نتيجة تطبيق الطرق الثلاث لتقدير قيم أعماق المطر السنوية المفقودة لمنطقتي وادي الليث والرياض و لعدد ٨ سنوات و لخمس محطات ثلاث منها بمنطقة وادي الليث. ويلاحظ أن مقدار الخطأ في تقدير القيم السنوية لعمق المطر كان أقل من ذلك الخاص بالأمطار اليومية ولا يختلف كثيرا عن قيم الخطأ بالنسبة للأمطار الشهرية حيث تدرجت قيم الخطأ من حوالي ٠,٤% إلى ١٤٦% وبمتوسط حوالي ٣٥% وقد أمكن تقدير القيمة المفقودة بنسبة خطأ أقل من ١٠% لسبع سنوات من بين ٢٤ قيمة محسوبة وبنسبة حوالي ٢٩% بل أن نسبة الخطأ كانت أقل من ٢٠% في ٥٠ % من الحالات. وقد أظهرت طريقة التناسب الطبيعي قدرة أفضل من طريقتي المتوسط الحساب و المتوسط الوزني عند تقديرها لقيمة قيم عمق الأمطار المفقودة السنوية. وتشير نتائج التطبيق إلى أن الطرق المدروسة حققت قدرة أفضل فيما يتعلق بتقدير القيم المفقودة للأمطار السنوية مقارنة بالأمطار اليومية والشهرية ولكن لا يمكن أن تعد أيا من الطرق المدروسة ناجحة في هذا المضمار بالمناطق المدروسة المنبسطة والجبلية وما شابهها من المناطق الأخرى.

المناقشة والتوصيات

لقد تم في الدراسة الحالية إختبار ثلاثة من الطرق الشهيرة المستخدمة في تقدير القيم المفقودة للأمطار وذلك بتطبيقها على منطقتين جبلية ومنبسطة بالمملكة العربية السعودية. وقد أظهرت نتائج الدراسة عدم صلاحية أياً من الطرق المدروسة للتطبيق بالمنطقتين المذكورتين حيث لم تنجح بتقدير القيم المسجلة اليومية والشهرية وكذلك السنوية. وقد كانت قدرة الطرق لتقدير القيم الشهرية والسنوية أفضل من قدرتها فيما يتعلق بالقيم اليومية. وقد أظهرت طريقة التناسب الطبيعي قدرة أفضل من الطريقتين الأخريين فيما يتعلق بتقدير القيم المفقودة السنوية للأمطار.

وتوصي الدراسة بتوخي الحذر عند الرغبة في تطبيق أياً من الطرق الثلاث المختبرة في هذه الدراسة على بيانات الأمطار بالمناطق الجافة وشبه الجافة. كما يتبن الحاجة لمزيد من الدراسات في هذا الإتجاه مثل تعديل الطرق الثلاث المدروسة لتناسب المناطق الجافة أو إختبار المزيد من الطرق لا سيما تلك التي تقوم بالربط الإحصائي بين قيم الأمطار بالمحطات المتجاورة أو مع قيم الإرتفاعات بالمنطقة المدروسة.

المراجع

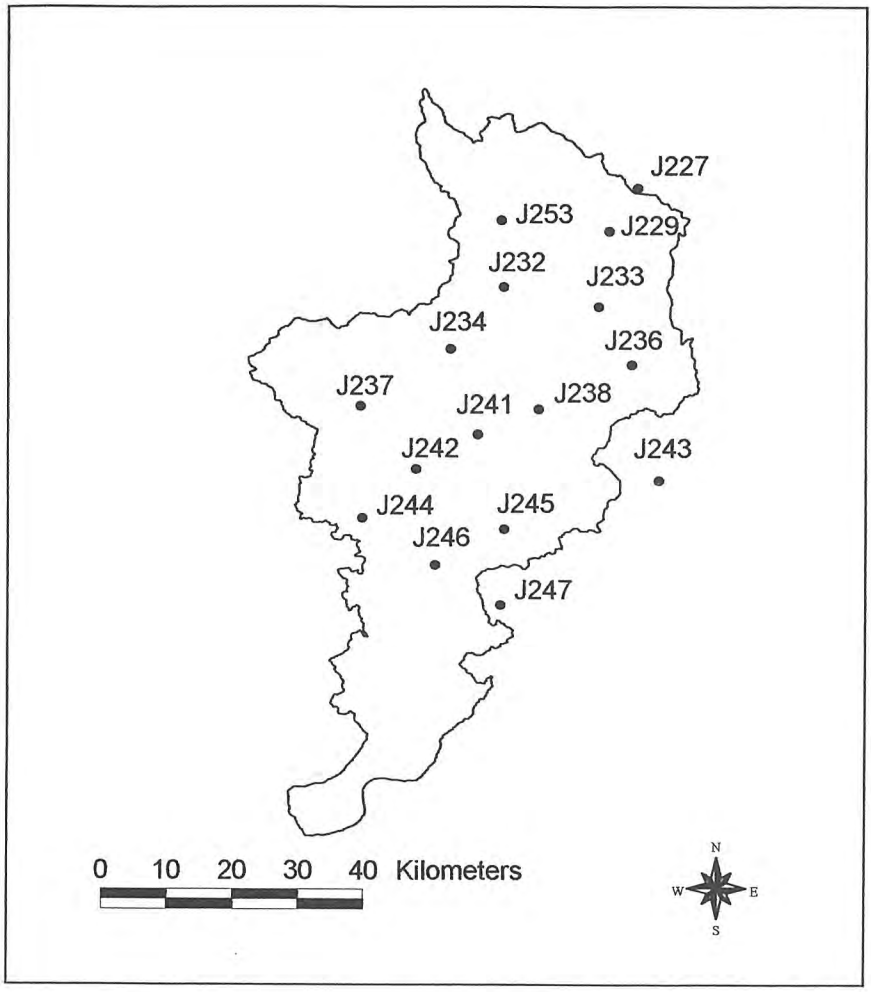
أطلس مدينة الرياض، ١٤١٩، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.

الحارثي، ع. الوقداني، ع.، أمين، ع.، ٢٠٠٠، تقييم مخاطر السيول على محافظة الليث بمنطقة مكة المكرمة، التقرير النهائي للبحث رقم ٤١٩/٢٠٦، إدارة البحث العلمي، جامعة الملك عبدالعزيز، جدة، المملكة العربية السعودية.

النشرات الهيدرولوجية، ١٩٨٢و ١٩٨٣, رقم ١٠٦ و١٠٨, معلومات الأمطار اليومية, قسم الهيدرولوجيا, إدارة تنمية موارد المياه, وزارة الزراعة والمياه, المملكة العربية السعودية.

Dames and Moore, 1988, Detailed Reports about al Lith Basin, Vol E 1&2: Surface Water Data, Ministry of Agriculture and Water, Riyadh, Saudi Arabia.

Linsley, R., M. Kohler and J. Paulhus, 1982, Hydrology for Engineers, McGraw-Hill, New York.



شكل (١) مواقع محطات قياس الأمطار بوادي الليث

جدول (١) تقدير قيم عمق المطر اليومية المفقودة لمنطقة وادي الليث

اليوم	المحطة ذات القراءة الفقودة	المحطات المجاورة للمحطة ذات القراءة الفقودة	عمق المطر المقاس (مم)	عمق المطر المقدر (مم)					
				طريقة المتوسط الحسابي	الخطأ %	طريقة التناسب الطبيعي	الخطأ %	طريقة المتوسط الوزني	الخطأ %
13-Apr-84	J241	J234 J238 J242	7.4	14.5	95.9	11.3	52.7	13.9	87.8
24-Oct-86			19.8	6.4	67.7	5.5	72.2	5.8	70.7
14-Jan-87			29.0	13.4	53.8	12.0	58.6	14.1	51.4
9-Aug-87			21.2	22.9	8.0	22.7	7.1	22.3	5.2
24-Jan-85	J246	J245 J244 J247	5.4	2.9	46.3	3.6	33.3	3.1	42.6
27-Aug-86			0.0	10.3	**	13.1	**	8.4	**
19-Oct-86			0.0	4.3	**	6.3	**	3.2	**
13-Apr-84	J229	J232 J233 J253 J227	12.8	16.3	27.3	16.0	25.0	16.9	32.0
19-Nov-85			27.0	27.0	0.0	22.2	17.8	27.8	3.0
19-Dec-85			18.4	55.3	200.5	36.0	95.7	90.2	390.2
21-Feb-86			41.4	14.3	65.5	10.9	73.7	11.4	72.5
02-Mar-86			17.8	19.5	9.6	20.9	17.4	13.3	25.3
23-May-87			29.4	18.0	38.8	14.3	51.4	15.5	47.3
11-Apr-85	J238	J234 J241 J243 J236	13.8	15.7	13.8	4.7	65.9	11.8	14.5
7-Jul-86			18.4	1.7	91.0	1.6	91.3	1.5	91.8
13-Jan-87			16.0	8.5	47.2	9.1	43.1	8.7	45.6
7-Sep-87			13.4	2.9	78.4	3.4	74.6	2.8	79.1
30-Jul-86	J242	J245 J244 J237 J241	6.0	16.2	170.0	11.7	95.0	16.2	170.0
25-Oct-86			15.6	3.4	78.2	3.4	78.2	3.4	78.2
23-Dec-87			8.2	10.5	28.0	11.6	41.5	10.5	28.0
المتوسط					62.2		55.2		74.2

جدول (٢) تقدير قيم عمق المطر اليومية المفقودة لمنطقة الرياض

اليوم	المحطة ذات القراءة الفقودة	المحطات المجاورة للمحطة ذات القراءة الفقودة	عمق المطر المقاس (مم)	عمق المطر المقدر (مم)					
				طريقة المتوسط الحسابي	الخطأ %	طريقة التناسب الطبيعي	الخطأ %	طريقة المتوسط الوزني	الخطأ %
11-Jan-82	R206	R001 R105	6.6	5.7	13.6	4.7	29.2	5.7	13.6
7-Feb-82			6.6	9.0	35.6	7.3	9.8	9.0	35.6
27-Apr-82			5.2	5.7	8.7	4.6	11.3	5.7	8.7
6-Nov-82			3.0	8.2	173.3	6.8	125.0	8.2	173.3
11-Mar-83			7.4	2.6	64.9	2.2	70.8	2.6	64.9
13-Mar-83			10.0	9.8	2.5	7.7	23.5	9.8	2.5
3-Apr-83			14.0	4.8	65.7	4.1	71.0	4.8	65.7
7-Apr-83			10.4	5.2	**	4.4	**	5.2	**
7-Feb-82	R113	R006 R102	20.0	7.7	61.8	6.0	70.3	8.0	60.0
22-Feb-82			0.0	4.5	**	3.9	**	4.6	**
16-Apr-82			0.0	15.0	**	11.5	**	15.0	**
15-Apr-82			18.0	7.8	56.9	5.9	67.1	7.5	58.3
7-May-82			0.0	11.8	**	5.0	**	10.4	**
12-Nov-82			0.0	8.6	**	6.9	**	8.5	**
16-Feb-83			0.0	2.3	**	1.8	**	1.9	**
7-Apr-83			0.0	10.0	**	7.6	**	10.0	**
21-Apr-83			0.0	11.0	**	8.2	**	11.5	**
23-Apr-83			6.0	3.5	41.7	2.7	55.0	3.5	41.7
المتوسط					52.5		53.3		52.4

جدول (٣) تقدير قيم عمق المطر الشهرية المفقودة

المنطقة	الشهر	المحطة ذات القراءة الفقودة	عمق المطر المقاس (مم)	عمق المطر المقدر (مم)					
				طريقة المتوسط الحسابي	الخطأ %	طريقة التناسب الطبيعي	الخطأ %	طريقة المتوسط الوزني	الخطأ %
الليث	Jan-85	J246	7.0	3.4	51.4	4.7	32.9	3.9	44.3
	Oct-86	J241	30.8	48.7	58.0	42.8	39.0	48.4	57.1
	Aug-87	J241	33.2	34.3	3.3	25.1	24.4	29.8	10.2
	marh-86	J229	55.0	40.0	27.3	38.8	29.5	36.2	34.2
	Sep-87	J238	22.4	20.1	10.3	16.2	27.7	18.9	15.6
	Dec-87	J242	19.6	25.2	28.3	30.1	53.6	25.1	28.3
الرياض	Feb-82	R113	20.0	13.4	33.0	10.1	49.5	13.8	31.0
	Apr-82	R206	19.6	20.2	3.1	16.2	17.3	20.2	3.1
	Nov-82	R206	10.8	21.4	97.7	17.5	62.0	21.4	97.7
	المتوسط				34.7		37.3		35.7

جدول (٤) تقدير قيم عمق المطر السنوية المفقودة

المنطقة	السنة	المحطة ذات القراءة الفقودة	عمق المطر المقاس (مم)	عمق المطر المقدر (مم)					
				طريقة المتوسط الحسابي	الخطأ %	طريقة التناسب الطبيعي	الخطأ %	طريقة المتوسط الوزني	الخطأ %
الليث	1986	J241	114	166.2	45.8	116.91	2.6	160	40.4
	1987	J241	132.8	133.3	0.4	113	14.9	129.9	2.2
	1985	J246	77.6	61.6	20.6	76.16	1.9	62.5	19.5
	1986	J229	324.2	207.12	36.1	153.8	52.6	218	32.8
	1987	J242	109.8	122	11.1	119.83	9.1	122.6	11.7
	1987	J238	93	226.7	143.8	188.8	103.0	229	146.2
الرياض	1982	R206	144.6	151.8	5.0	123.6	14.5	151.8	5.0
	1982	R113	97	149.6	54.2	114.7	18.2	149.3	53.9
	المتوسط				39.6		27.1		38.9

العناصر الندرة في المياه الجوفية الضحلة بمدينة الرياض

الدكتور عبدالرحمن إبراهيم العبدالعال

العناصر الندرة في المياه الجوفية الضحلة بمدينة الرياض

عبدالرحمن بن إبراهيم العبدالعالي
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
ص. ب 6086 الرياض 11442
بريد إليكتروني : abdulaly@kacst.edu.sa

الملخص

تعتبر المياه الجوفية الضحلة مصدراً هاماً لتلبية احتياجات المياه خاصة ري المزروعات والحدائق . وقد شاع حفر الآبار في مناطق المملكة المختلفة خاصة في الاستراحات والمزارع . وتكاد لا تخلو أي استراحة في مدينة الرياض من بئر لري المزروعات والغسيل وغيرها . تتغذى المياه الجوفية الضحلة من الأمطار ومن البيارات وتسربات شبكات المياه . لقد تم إجراء دراسة على 49 بئر في بعض الاستراحات بمواقع مختلفة بمدينة الرياض بهدف التعرف على محتوى مياهها من العناصر الندرة. أوضحت النتائج وجود تراكيز عالية لعنصر الخارصين تصل إلى 8.8 ملجم / لتر يليه الحديد بتركيز يصل 1.6 ملجم / لتر بينما العناصر الأخرى (المنجنيز ، النحاس ، النيكل ، الكروميوم ، الباريوم ، الرصاص ، الكادميوم) فقد كانت تراكيزها منخفضة . وبشكل عام فإن مياه آبار جنوب وجنوب غرب مدينة الرياض تحتوي على تراكيز للعناصر الندرة أعلى من مياه الآبار في المناطق الأخرى من المدينة مما يعزى إلى النشاطات الزراعية والصناعية .

مفاتيح كلمات : مياه جوفية ضحلة ، عناصر ندرة ، تلوث مياه جوفية.

مقدمة

زاد في الآونة الأخيرة تشجيع حفر الآبار السطحية خاصة في مدن المملكة الكبيرة للأغراض الزراعية وري الحدائق والاستراحات وغيرها . وهذا التوجه له فوائد كثيرة منها تخفيض الطلب على المياه التي تؤمنها الجهات المعنية وكذلك الإقلال من مشكلة ارتفاع مستوى المياه الجوفية في بعض الأحياء السكنية . يتم حفر الآبار السطحية إلى أعماق تصل إلى 200 متر ويتم تغذية الطبقات التي تضخ منها مياه تلك الآبار من الأمطار ورشح بيارات الصرف الصحي والتسربات الناجمة عن شبكات توزيع مياه الشرب أو تجميع مياه الصرف الصحي .

يعتبر تلوث المياه الجوفية بالعناصر الندرة ظاهرة عالمية . وقد يكون مصدر هذه العناصر والتفاوت في تراكيزها التكوينات الجيولوجية إلا أن النشاطات البشرية مثل التخلص من مياه الصرف ، استخدام الأسمدة في الزراعة ومواقع التخلص من المخلفات الصلبة وغيرها لها تأثير مباشر على محتوى المياه الجوفية الضحلة من العناصر الندرة . فعلى سبيل المثال فإن التراكيز العالية للمنجنيز في المياه الجوفية يعزى لتلوث ناتج عن النشاطات الصناعية كما أن وجود عنصر الحديد يعزى للتحلل من الصخور ومياه الصرف الصحي ، ورشح المخلفات الصلبة والصناعة القائمة على الحديد . أما النحاس فيعزى تواجده لاستخدام الأسمدة غير العضوية حيث اتضح في أحد الدراسات أن تركيزه في المياه يتراوح ما بين 0.01 إلى 0.05 ملجم / لتر [1] .

تناولت العديد من الدراسات مشكلة تلوث المياه الجوفية بالعناصر الندرة ، ففي دراسة أجريت مابين الأعوام 1991-1994 في مصر اتضح وجود تراكيز عالية للعناصر : الفضة ، كادميوم ، نحاس ، كروميوم ، حديد ، منجنيز ، نيكل ، رصاص ، سترونشيوم ، الخارصين [2] . وفي دراسة أجريت في نيجيريا اتضح وجود تراكيز عالية لكل من الكاديوم ، الكروميوم والسيلينيوم [3] . وفي دراسة أجريت بولاية نيوجيرسي الأمركية وجد أن تراكيز الألومنيوم ، الباريوم ، المنجنيز والخارصين تتراوح ما بين 4-180 ملجم / لتر [4] . وفي دراسة أجريت بولاية أيداهو الأمريكية تم خلالها جمع عينات مياه من 167بئر اتضح أن تركيز الكروميوم يتجاوز الحدود المسموح بها في مياه الشرب وفق مواصفات وكالة حماية البيئة الأمريكية [5]. في المكسيك عزي ارتفاع تركيز الزرنيخ إلى التفاعل بين المياه الجوفية والصخور المحتوية على عنصر الزرنيخ [6] . ويعتبر تلوث المياه بالزرنيخ ظاهرة طبيعية في بعض مناطق العالم مثل بنجلاديش ، الهند والوسط الغربي للولايات المتحدة الأمريكية [7 ، 8] . وفي دارسة نشرت حديثاً للتعرف على مصادر العناصر الندرة في نهر ملواكي بولاية ويسكونسن الأمريكية وعلاقتها بالمياه الجوفية اتضح أن تراكيز الزئبق ، النحاس والخارصين في العينات التي جمعت من المياه الجوفية تتراوح ما بين 0.07-4.6 نانو جرام / لتر ، 3.1 -0.07 ميكرو جرام / لتر ، 0.017 2.18 ميكروجرام / لتر ، على التوالي[9] .

وبالرغم من انتشار حفر الآبار السطحية في مناطق المملكة المختلفة وبالأخص مدينة الرياض فإن المعلومات عن محتوى مياه تلك الآبار من العناصر الندرة وبالرغم من أهميتها محدودة . ففي دراسة أجريت عام 1995م حول العناصر الندرة في مياه الشرب العمومية بمدينة الرياض اتضح أن متوسط تركيز الألمونيوم ، الباريوم ، الكروميوم ، النحاس ، الحديد ، المنجنيز ، النيكل ، الخارصين في 16 بئر عميقة 8 ، 37.7 ، 1.8 ، 1.4 ، 704.9 ، 80.3 ، 0.7 ، 11.1 ميكروجرام / لتر على التوالي مقارنة

بمتوسط تركيز قدره 8.9 ، 42.9 ، 2.0 ، 2.2 ، 33.6 ، 2.7 ، 0.9 ، 22.4 ميكروجرام / لتر لعدد 4 آبار سطحية لنفس العناصر [10] . وفي دراسة أخرى حول تراكيز العناصر الندرة في المياه الجوفية وناتج 8 محطات تنقية في المنطقة الوسطى من المملكة العربية السعودية ، اتضح أن محتوى الماء الحام المغذي لتلك المحطات من العناصر الندرة في المـــدى : 2.1 – 15.7 ، 0 – 6.3 ، 11.4 – 103 ، 0-12.1 ، 0 – 1.6 ، 23.3 – 1864 ، 0- 6.4 ، 10- 299 ، 1.6- 108.8 ميكروجرام / لتر للألمومنيوم ، الزرنيخ ، الباريوم ، الكروميوم ،النحاس ، الحديد ، الرصاص ، المنجنيز ، الخارصين ، على التوالي [11] . وقد تم إجراء دراسة خلال عام 1422هـــ (2001م) على 49 بئر بمدينة الرياض تم حفرها لأغراض الري في الاستراحات وتم تحليل العينات للعديد من العناصر حيث اتضح أن تركيز النترات في تلك العينات يتراوح ما بين 64-1534 ملجم / لتـــر في دلالة على احتمال وجود تلوث لتلك الآبار بفعل النشاطات البشرية [12] . تستعرض هذه الورقة نتـــائج التحاليـــل للعناصر الندرة (حديد ، منجنيز ، نحاس ، خارصين ، نيكل، كروميوم باريوم ، زرنيخ ، رصاص ، كادميوم) للعينات التي تم جمعها من تلك الآبار .

خطة الدراسة

توضح الخارطة مواقع جمع عينات المياه من 49 بئر سطحية في بعض الاستراحات بمدينة الرياض . وقد جاء توزيع هذه العينات على النحو التالي :

المنطقة	عدد العينات
شمال	13
جنوب	10
شمال شرق	13
جنوب غرب	13

وحسب المعلومات من مشغلي تلك الآبار فإن أعماقها تتراوح ما بين 60 إلى 150 متر وتتراوح أعمارها ما بين سنة إلى ســـبع سنوات . كما أن جميعها تقع في أحياء لا تتوفر فيها شبكات صرف صحي ويتم الاعتماد على نظام البيارات في التخلص مـــن مياه الصرف الصحي .

تم اتباع الطرق القياسية لجمع وتحليل العينات حيث تم التحليل للعناصر الندرة باستخدام جهاز ICP من شركة بركن المر. وقد تم استخدام محاليل عيارية لمعايرة الجهاز وتم تحليل كل عينة ثلاث مرات .

النتائج والمناقشة

يوضح الجدول (1) تلخيصاً عاماً لتراكيز العناصر الندرة التي تم قياسها والذي يتضح منه أن أعلى متوسط للتراكيز كان لعنصر الخارصين يليه الحديد ثم الكروميوم والباريوم . وبالنسبة لبقية العناصر فإن متوسط التركيز لها منخفض .

وبالنظر إلى تراكيز العناصر الندرة حسب المناطق الأربع (الأشكال 1-5)يلاحظ التالي :

1. بلغ أعلى متوسط لتركيز النحاس ، الخارصين ، النيكل ، والرصاص في مياه آبار جنوب الرياض ، كما أن أعلى متوسط لتركيز الكروميوم ، الزرنيخ والكادميوم وجد في آبار جنوب غرب المدينة .
2. بلغ أعلى متوسط لتركيز الحديد والباريوم في مياه آبار شمال شرق المدينة بينما أعلى متوسط لتركيز المنجنيز والرصاص وجد في مياه آبار شمال المدينة.
3. بشكل عام فإن تراكيز العناصر الندرة تحت الدراسة (ماعدا الحديد والخارصين) تعتبر منخفضة ولا تدل على مصادر لتلويث المياه الجوفية بتلك العناصر . وبالنسبة لعنصر الحديد فإن تراكيزه تعتبر طبيعية . أما عنصر الخارصين فإن تركيزه وجد مرتفعاً في معظم آبار جنوب وشمال شرق المدينة حيث وصل التركيز في أحد آبار جنوب الرياض إلى 8800 ميكروجرام / لتر . وهذا الارتفاع يعزى إلى مصادر تلوث محتملة لتلك الآبار من بعض الأنشطة القائمة سواء الزراعية أو الصناعية أو تآكل الأنابيب في تلك المنطقة .

جدول (1) تلخيص لتراكيز العناصر الندرة تحت الدراسة
في جميع المواقع التي جمعت منها العينات (49)

العنصر	التركيز ، ميكرو جرام / لتر			الانحراف
	أدنى	أقصى	المتوسط	المعياري
حديد	*	1576	144.2	267.7
منجنيز	*	150	11.3	29.9
نحاس	*	13	2.2	3.6
خارصين	*	8800	606.9	1623.1
نيكل	*	17	2.2	2.9
كروميوم	*	371	45.3	64.0
باريوم	8.0	277	42.7	40.9
زرنيخ	*	502	1.4	1.5
رصاص	*	37	9.8	9.9
كادميوم	*	5.9	1.5	1.9

* تحت حدود القياس

الخلاصة والتوصيات

اتضح من نتائج قياس مستوى تركيز العناصر الندرة في مياه بعض الآبار السطحية بمدينة الرياض وجود تفاوت لتراكيز العناصر التي تم قياسها من منطقة لأخرى . حيث لوحظ أن مياه الآبار في جنوب وجنوب غرب المدينة تحتوي على تراكيز للعناصر

الندرة أعلى من مياه الآبار في المناطق الأخرى من المدينة . ومن المعروف فإن تلك المناطق تحتوي على نشاطات زراعية وصناعية مكثفة قد تكون مصدراً لارتفاع بعض العناصر خاصة عنصر الخارصين .

وعلى ضوء ذلك فإنه يمكن الخروج بالتوصيات التالية :

1. أهمية التعرف على مصادر التلوث المحتملة للمياه الجوفية الضحلة والعمل على اتخاذ إجراءات للحد من تأثيراتها .
2. تكثيف إجراء الدراسات المتعمقة على نوعية المياه الجوفية الضحلة للتعرف على الملوثات ومصادرها وكذلك تحديد نوعية الاستخدامات لتلك المياه .
3. تكثيف المراقبة على حفر الآبار السطحية لتحاشي الاستخدامات الخاطئة لتلك الآبار مثل التخلص من مياه الصرف الصحي وغيرها .

شكر

يشكر مؤلف الورقة مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية على تهيئتها للإمكانات لإجراء الدراسة .

المراجع

1. Van Loon, J.C. and J.A. Lichwa, 1973, A Study of the Atomic Absorption Determination of Some Important Heavy Metals in Fertilizers and Domestic Plant Sludges. Environment Letters, 4:1.

2. Rashed, M.N., Awadallah, R.M., Soltan, M.E., and S.M. Hassan, 1995, Interrelationship Between Major, Minor and Trace Elements in Kalabsha Wells and in High Dam Lake Waters. J. Environ. Sci. Health (Part A), A 30 (10) : 2205-2219.

3. Asubiojo, O.I., Nkono, N.A., Ogunsua, A.O., Oluwole, A.F., Ward, N.I., Akanle, O.A., and N.M. Spyrou, 1997, Trace Elements in Drinking and Groundwater Samples in Southern Nigeria. Science of the Total Environ. 208 (1-2) : 1-8.

4. Ivahnenko, T., Szabo, Z., and G.S. Hall, 1996, Use of an Ultra Clean Sampling Technique with Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry to Determine Trace Element Concentrations in Water from the Kirkwood-Cohansey Aquifer System, Coastal Plain, New Jersey. USGS Open-file Report 96-142, Denver Fed. Center, USGS Branch of Information Services, 29 pp.

5. Liszewski, M.J. and L.J. Mann, 1993, Concentrations of 23 Trace Elements in Groundwater and Surface Water at and Near the Idaho National Engineering Laboratory, Idaho, 1988-1991. USGS Open-file Report, 93-126, Open-file Reports Section, U.S. Geol. Survey, Earth Sciences Information Center, 44pp.

6. Armienta, M.A., Villasenor, G., Rudriguez, R., Ongley, L.K., and H. Mango, 2001, The Role of Arsenic-Bearing Rocks in Groundwater Pollution at Zimapan Valley, Mexico. Environ. Geol. 40 (4-5) : 571-581.

7. Korte, N., 1991, Naturally Occurring Arsenic in Groundwaters of the Mid Western United States. Environ. Geol. Water Sci. 18:134-141.

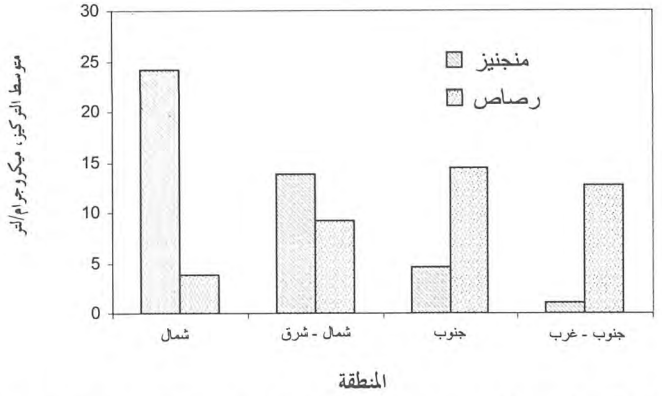
8. Nickson, R., Mcarthur, J., Burgess, W., Ahmed, K.M., Ravenskroft, P. and M. Rahman, 1998, Arsenic Poisoning of Bangladesh Groundwater. Nature, 395:338.

9. Zeleweski, L., Krabbenhoft, D., D. Armstrong, 2001, Trace Metal Concentrations in Shallow Groundwater. Groundwater 39 (4):485-491.

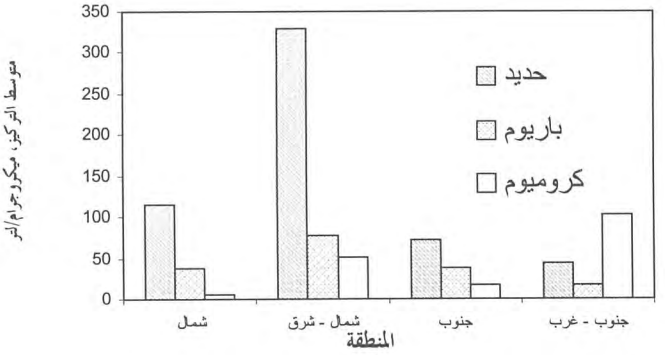
10. Alabdula'aly, A., 1997, Trace Metals in Riyadh Public Water Supplies. The Arabian Journal of Science and Engineering 22 (IC):165-174.

11. Alabdula'aly, A., 1998, Trace Metals in Groundwater and Treatment Plants Product Water of the Central Region of Saudi Arabia. Desalination, 120:163-168.

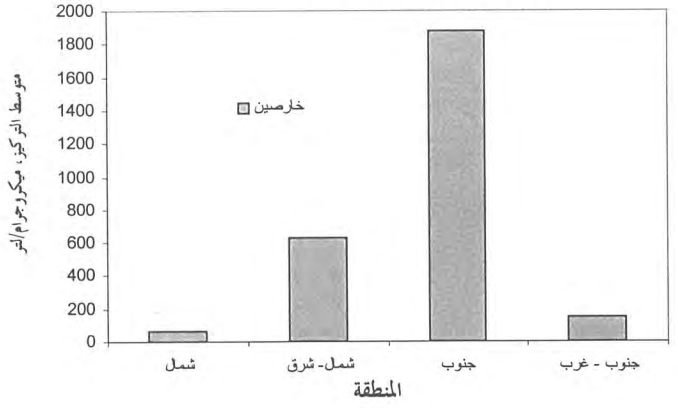
12. العبدالعالي ، ع 1422، تأثير عدم وجود نظام صرف صحي متكامل على جودة المياه الجوفية السطحية بمدينة الرياض . ندوة الآثار الضارة الناتجة عن عدم وجود نظام صرف صحي متكامل ، شعبان 1422هـ ، جدة.



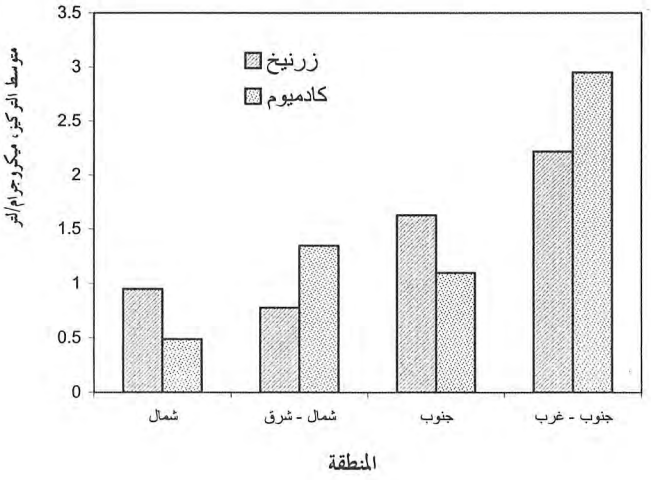
شكل (1) مقارنة لمتوسط تركيز المنجنيز والرصاص في عينات المياه التي جمعت من مناطق متفرقة بمدينة الرياض



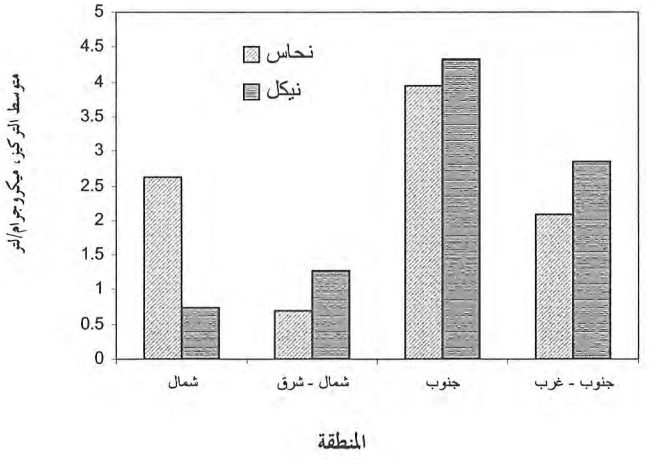
شكل (2) مقارنة لمتوسط تركيز الحديد والباريوم والكروميوم في عينات المياه التي جمعت من مناطق متفرقة بمدينة الرياض



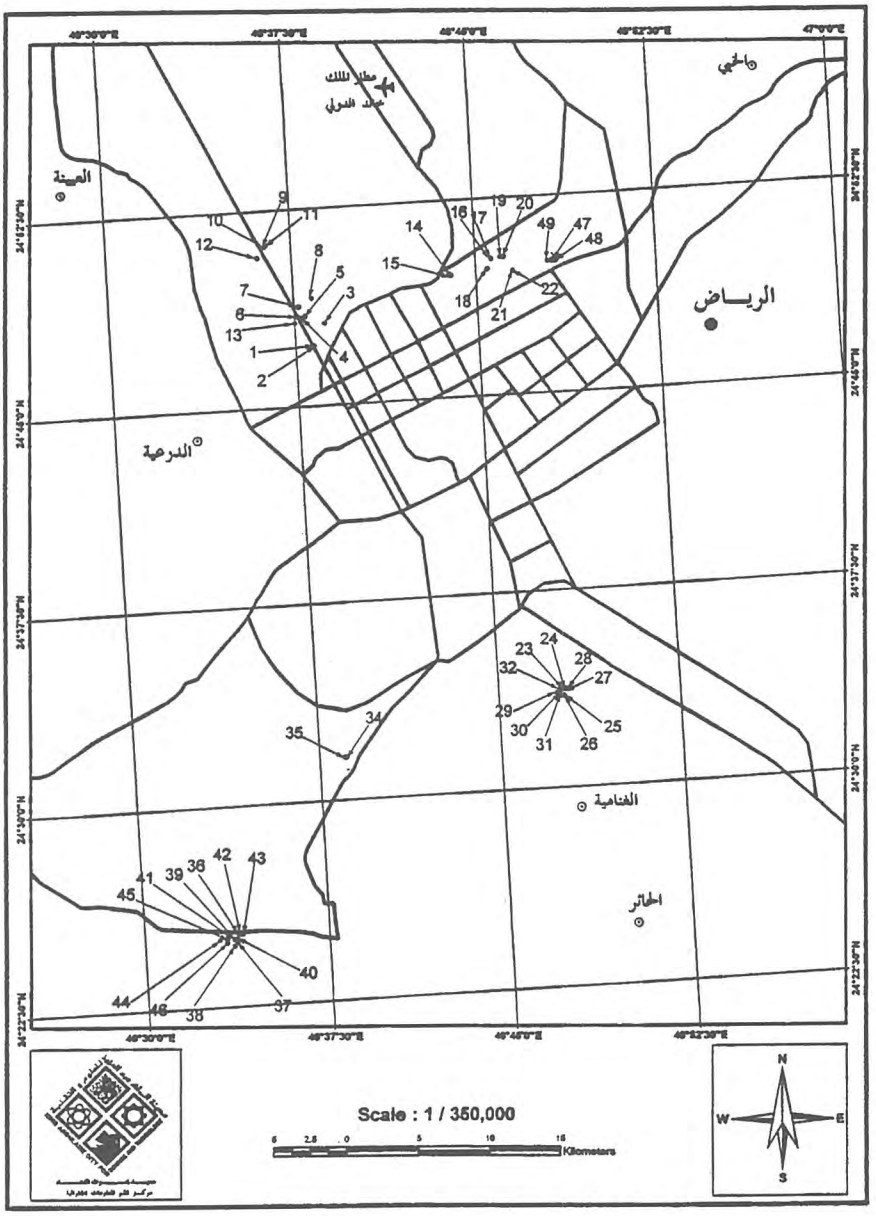
شكل (3) مقارنة لمتوسط تركيز الخارصين في عينات المياه التي جمعت من مناطق متفرقة بمدينة الرياض



شكل (4) مقارنة لمتوسط تركيز الزرنيخ والكادميوم في عينات المياه التي جمعت من مناطق متفرقة بمدينة الرياض



شكل (5) مقارنة لمتوسط تركيز النحاس والنيكل في عينات المياه التي جمعت من مناطق متفرقة بمدينة الرياض



مواقع جمع عينات المياه من بعض الآبار السطحية بمدينة الرياض

مؤتمر الخليج السادس للمياه

بالتزامن مع

الندوة الثانية لترشيد استخدام المياه

بالمملكة العربية السعودية

المياه الحياة

حماية وحدات التحلية من التآكل

الدكتور إسماعيل أنديجاني، أنيس الدين مالك

حماية وحدات التحلية من التآكل

إسماعيل أنديجاني **و أنيس الدين مالك**

المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة مركز الأبحاث و التطوير-الجبيل

E-Mail: rdc@swcc.gov.sa ص ب : ٨٣٢٨ الجبيل ٣١٩٥١

الملخص:

يشهد قطاع تحلية المياه المالحة في المملكة العربية السعودية نموا سريعا ويسير بخطى واسعة وذلك لتلبية الإحتياجات والمساهمة في دفع عجلة البناء و التطور . وحيث ان تأمين مياه الشرب من خلال محطات تحلية المياه المالحة يعد من الخيارات الاستراتيجية للمنطقة ، فان حماية وحدات التحلية من التآكل، ومن ثم زيادة عمرها الافتراضى ، يعتبر ضرورة من الضرورات الصناعية وطريقة مثلى للترشيد وتعزيز الاقتصاد الوطني.

يتطلب بناء محطات التحلية اختيار العديد من المواد المعدنية المختلفة والتي غالبا ما يتم اعتمادها على أساس مقاومة تلك المعادن للتآكل . وفي محطات التحلية العاملة تتعرض تلك المواد المعدنية لأنواع مختلفة من الأوساط البيئية مثل مياه البحر و الأبخرة والغازات العدوانية ، وعلى سرعات مختلفة من دفق الماء مما يسبب تآكلا في سطح المعدن . ويتخذ التآكل أشكالا مختلفة ، وذلك بسبب اختلاف طبيعة وظروف الوسط الذي يحدث فيه التآكل . ولقد سجلت العديد من المشاكل في وحدات التحلية والتي كان من أهم أسبابها تآكل أجزائها المعدنية مما أدى الى تعطل هذه الوحدات عن الخدمة . ومن أنواع التآكل التي حدثت في وحدات التحلية التآكل العام و التآكل الجلفاني والتآكل الاجهادي والتآكل الموضعي ويشمل التآكل النقري والتآكل الصدعي وأنواع أخرى. لذا فإن الحد من هذه الظاهره يعتبر من الامور الهامة، ومن هنا تبرز أهمية دراسة مشكلة التآكل في المحطات وحماية وحدات التحلية من التآكل .

وتهدف هذه الورقة الى إلقاء الضوء على بعض المشاكل الطارئة التي حدثت في وحدات محطات التحلية في المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة وطرق حماية تلك الوحدات من التآكل . حيث تبيّن ان الفشل الحاصل في صناديق المياه الحديديه بسبب التآكل الجلفاني كان نتيجة إلتماس هذه الصناديق مع ألواح أنابيب التبادل الحراري المصنعة من سبيكة الكبرونيكل ، وتم وضع الحماية الكاثودية باستخدام المصعد الذواب لصناديق الماء لحمايتها من التآكل الجلفاني. كما حدث فشل على شكل شقوق في المضخات وهذا الفشل نتيجة حدوث التآكل الإجهادي لوجود إجهادات داخلية في المعدن متبقية من التصنيع ، ولحمايتها من التآكل الاجهادي تم تبديل معدن الحديد الزهر النيكلي المصنوعة منه المضخات بسبيكة الفولاذ المقاوم للصدأ المزدوج التركيب(Duplex). وسجلت حالة من التآكل الصدعي في وحدة الترشيح نتيجة ركود مياه البحر في المنطقة مابين البرغي وسن اللولب . والحالة الاخيرة في هذه الورقة حدثت لأنابيب نقل المياه المحلاه الخرسانية نتيجة تآكل حديد التسليح داخل الخرسانة ، ولحماية الأنابيب من الاخفاقات أوصت الورقة الى اجراء تحسينات في صناعة هذه الانابيب.

كلمات دالة: التآكل، وحدات التحلية، الجلفاني، الاجهادي، الصدعي، أنابيب نقل المياه الخرسانية

المقدمة:

يعتبر التآكل من اكبر المشاكل التي تعاني منها محطات التحلية ، حيث يصيب الأجزاء المعدنية نتيجة تفاعل سطح المعدن مع الوسط الموجود فيه ، والذي يؤدي الى فشل هذه الاجزاء ومن ثم توقف المحطة عن العمل و بالتالي يقل الإنتاج .
استخدمت انواع مختلفة من المعادن كمواد تصنيع في محطات التحلية ، وسجلت العديد من المشاكل في وحدات التحلية بسبب تآكل الاجزاء المعدنية مما أدى الى تعطل هذه الوحدات عن التشغيل . ويتضمن التآكل تفاعل او تفاعلات كهروكيميائية ، و لا يحدث هذا النوع من التآكل الا عندما يكون الوسط الذي فيه المعدن وسطا ناقلا للكهربائيه . مثال على هذا النوع هو تآكل جدار غرف التبخير الوميضي في وجود ماء البحر . وهناك نوع آخر من الفشل الذي يصيب سطح المعدن ويعرف ايضا بالتآكل ، ولكنه لا يتضمن تفاعلا كهروكيميائيا بين سطح المعدن والوسط الموجود فيه بل يتضمن اتحاد مباشر بين هذا السطح وبعض العناصر الغازية الموجودة في الوسط مثل الاوكسجين والكبريت ، ويحدث هذا النوع من الفشل عادة عند درجات الحرارة المرتفعة ومثال ذلك تآكل أنابيب الغلاية مع غازات الوقود . وهناك فشل يصيب سطح المعدن نتيجة وجود قوة احتكاك بغض النظر عن وجود وسط او عدم وجوده ، وحينئذ يدعى هذا الفشل حت ، وليس تآكلا ، ذلك لان سببه ميكانيكي بحت وليس كيميائيا . وتكون القوة الميكانيكية احيانا عاملا مساعدا في بعض الاوساط لحصول التآكل الكهروكيميائي ويسمى التآكل الإجهادي والتآكل بالتعرية التي مسبباتها في الأساس ميكانيكية بالإضافة الى المسببات الكهروكيميائية وخير مثال على هذا النوع هو تآكل مضخة الدوار الملحي . ويتخذ التآكل اشكالا مختلفة ، فقد يظهر على سطح المعدن بشكل منتظم ، يشمل اجزاء سطح المعدن كافة ، او ان يكون موضعيا او على شكل شقوق او اخاديد ، ويحدث كل شكل من اشكال التآكل بسبب حالات يفرضها نوع المعدن وطبيعة سطحه ونوع الوسط وحالته .

إن الأضرار التي يسببها التآكل عديده ولها مظاهر متعددة ، ومن هذه الاضرار تغير الابعاد وفقدان الخواص الميكانيكية، وتأثر المظهر بشكل سييء ، وارتفاع تكلفة الاجراءات الوقائية ، وتلوث المنتجات، وفقدان السلامة . لذا فإن فهم ظاهرة التآكل يساعد على اتخاذ الاسلوب الامثل للحد منها ومن ثم زيادة العمر الافتراضي للمحطات وكما يساهم في الترشيد وتعزيز الاقتصاد.

هذه الورقة تلقي الضوء على دراسات قام بها مركز الأبحاث بالجبيل لبعض المشاكل الطارئة في محطات التحلية وسيتم من خلالها التعرف على أنواع التآكل وميكانيكية حدوثها وشرح طرق حماية تلك الوحدات من التآكل .

المشاكل الطارئة في محطات التحلية

١. التآكل الجلفاني في صندوق الماء لوحدة التقطير

سجلت في محطات التحلية القديمة مثل محطة جدة المرحلة الاولى بعض حالات الفشل في وحدة التقطير الوميضي لصناديق الماء المصنوعة من الحديد الكربوني وفي نقاط التماس مع ألواح أنابيب التبادل الحراري المصنعة من سبيكة الكبرونيكل [1] . وكانت نتيجة هذا الفشل حدوث ثقب في صندوق الماء مما ادى الى تبديلة بعد سنتين من التشغيل(الشكل ١).

ويسمى هذا النوع من التآكل بالتآكل الجلفاني وسببه وجود معدنين مختلفين يتلامسان مع بعضهما البعض ، اي على اتصال كهربائي ، في وسط التآكل . وفي هذه الحاله يزداد معدل تآكل احد المعدنين ويقل معدل تآكل الآخر وذلك مقارنة بمعدل تآكل كل منهما عندما يتعرض منفردا في هذا الوسط . ويتضمن هذا النوع من التآكل نشوء تيار جلفاني عند حدوث تلامس كهربائي بين المعدنين في وسط التآكل وهذا التأثير ، اي التيار الجلفاني ، يؤدي الى زيادة في معدل تآكل احد المعدنين بسبب وجود فرق في الجهد الكهربائي بين المعدنين عندما يكونا على انفراد في وسط التآكل.

ان قيم الجهود في الحالة المنفردة للمعادن او السبائك المختلفة في الوسط المعين ، يمكن ترتيبها بشكل متسلسل ، في سلسلة تدعى "السلسلة الجلفانية"، ويكون موقع المعادن عالية الجهد في هذا الوسط ، في اعلى السلسلة ، بينما المعادن منخفضة الجهد في اسفل السلسلة . لهذا السبب يتآكل الحديد الكربوني ، ذو الجهد الكهربائي المنخفض ، عند تماسه مع سبيكة الكبرونيكل ذات الجهد الكهربائي الأعلى كما حصل في مشكلة صناديق المياه لوحدة التقطير الوميضي. ولحماية صناديق المياه الجديده من التآكل الجلفاني يتم اضافة معدن ثالث بحيث يكون مصعدا بالنسبة للمعدنين الآخرين المتلامسين مع بعض . وتسمى الحماية الكاثودية باستخدام المصعد الذواب (الشكل ٢) .

هناك وسائل عملية أخرى ، يمكن بواسطتها التقليل او الحد من التأثير الجلفاني، ومن أبرزها:

١. اختيار المعادن ذات المواقع المتقاربة في السلسلة الجلفانية ، عندما يراد استخدامها لتكون على تلامس مع بعضها.
٢. تغليف المصعد بنفس المعدن المصنوع منه المهبط .
٣. تجنب تلامس مساحة صغيرة من المصعد مع مساحة كبيرة من المهبط .

٢. التآكل الإجهادي في المضخات

سجلت في محطات التحلية في الآونة الاخيرة بعض حالات الفشل على شكل شقوق في مرتكز المحمل المتوسطة (الشكل ٣) والانبوب العمودي الخارجي لمضخة ماء البحر الرئيسية وفي عمود التصريف لمضخة الدوار الملحي (الشكل ٤) المصنوعه جميعها من سبيكة حديد الزهر النيكل(Ni-Resist) وهذا الفشل يسمى التآكل الاجهادي الذي يسبب شقوقا تنتج عن وجود جهد شد ساكن في وسط معين مساعد على التآكل . وتنتشر التشققات ، اثناء عملية التآكل الاجهادي اما

عبر حبيبات المعدن او على طول حدود الحبيبات كذلك يمكن ان تظهر تشققات التآكل الاجهادي بكلا الشكلين في نفس المعدن، وذلك يعتمد على الوسط و بنية المعدن .

ويمكن ان يكون مصدر الجهود المسببه للتآكل الاجهادي مؤثرا خارجيا او جهودا داخليه متبقية من خلال المعالجات الحرارية او من خلال التشكيل بالسباكة(casting) او بسبب عمليات اللحام . ومعظم حالات الفشل التي حدثت في مضخات محطات التحلية لم تكن بسبب جهود خارجية مؤثرة ، بل كانت نتيجة لتلك الجهود الداخلية المتبقية من سوء التصنيع[2] ، حيث تبقى قيمة الجهد الداخلي مقاربة الى قيمة جهد الخضوع وهذه قيمة عالية جدا وكافية لحصول التآكل الاجهادي خلال فترة زمنية قصيرة .

ومن أهم الطرق للحد من التآكل الاجهادي تلدين المعدن لازالة الجهود الداخلية ، او زيادة سمك المقطع ، او استخدام سبيكة مناسبة . و الطريقة الاخيره هي التي اقترحت لتبديل معدن الحديد الزهر النيكلي ، الذي يشكّل بطريقة السباكة فقط ، بسبيكة الفولاذ المقاوم للصدأ المزدوج التركيب(Duplex) ، الذي يشكّل بالطرق الميكانيكية ، لصناعة المضخات في المشاريع الجديدة .

٣ التآكل الصدعي

يعتبر التآكل الصدعي (crevice corrosion) السبب الرئيسي لكثير من الاخفيارات في محطات التحلية وبالاخص في محطات التناضح العكسي . وقد حدث تآكل صدعي في وحدة الترشيح لمحطة التناضح العكسي بالجبيل وكان التآكل في القبّعات السفلية للمرشحات في المنطقة مابين البرغي وسن اللولب (الشكل ٥) وذلك نتيجة لركود مياه البحر داخل سن اللولب مما ادى الى التآكل [3]. والقبعة من معدن الفولاذ المقاوم للصدأ وهي اقرب الى سبيكة (904L).

والتآكل الصدعي هو تآكل موضعي شديد ، يتراوح من نخر صغير الى منطقة متآكلة واسعة ، ويصيب الاجزاء المعدنية في المناطق التالية:

الصدع أو الإنتفاخات بين سطح المعدن ورأس البرغي ، أو المناطق المستورة الواقعة تحت الحشوات والترسبات الطينية ، أو في المناطق المشتركة للانابيب ، أو بين الوصلات المتراكبة ، أومناطق التماس بين سطح المعدن والمواد اللامعدنية مثل المواد البلاستيكية والمطاط ، أو داخل الوصلات المسننة ، أو الثقوب الصغيرة .

و تتضمن كل هذه الحالات وجود حجم صغير من محلول راكد (الكتروليت) ، يسبب هذا النوع من التآكل الذي يسمى التآكل الصدعي والذي يسمى احيانا بتآكل الحشوات (gasket corrosion)و تآكل الترسبات (deposit corrosion). ان وجود الترسبات على سطح المعدن ، مثل الطين والاوساخ ونواتج التآكل والاجسام الصلبة الاخرى ، كلها تعمل على انشاء ظروف اساسية ملائمة لحصول التآكل الصدعي وهي عمل ساتر فوق سطح المعدن الذي يؤدي الى نشوء حالة محلول راكد بين سطح المعدن وهذا الساتر .

ويتطلب حصول التآكل الصدعي وجود انتفاخ او فتحة مناسبة للسماح للسائل بالوصول لداخلها ، ويجب ان تكون ضيقة كي تبقى على حالة الركود الضرورية ، اي لا تسمح لهذا السائل ومكوناته بالخروج منها. ويحصل التآكل الصدعي في الفتحات التي لا تتجاوز سعتها اجزاءا قليلة من المائة من الملمتر او اقل ، ومن النادر حدوث هذا النوع من التآكل في الفتحات الواسعة مثل الاخاديد والشقوق التي عرضها ٢ مم مثلا او اكثر.

و يعزى ميكانيكية التآكل الصدعي الى تكون خلية تركيزية (concentration cell)بسبب وجود تفاوت او اختلاف في تركيز الاوكسجين او الايونات المعدنية في طبيعة الوسط في المنطقة المتآكلة عن بقية اجزاء سطح المعدن . ان نشوء خلية تركيزية يعمل على زيادة معدل التآكل في المنطقة المحصورة وبالتالي الى زيادة ايونات المعدن (M^+) عما هو عليه خارج هذه المنطقة . وهذا يؤدي الى زيادة الشحنة الموجبة في هذه المنطقة والتي من الضروري ان تتعادل كيميائيا ويتم ذلك عن طريق هجرة ايونات الكلورايد الى هذه المنطقة ، والتي يتم انتشارها بسهولة اكثر مما هو عليه في ايونات الهيدروكسيد. وعند وصول ايونات الكلورايد الى منطقة الصدع (المنطقة المحصوره) يتكون كلوريد معدني (M^+Cl^-) والذي يتميأ بدوره بالماء وفق المعادلة التالية:

$$(١)M^+Cl^- + H_2O = MOH\downarrow + H^+Cl^-$$

تشير المعادلة (١) الى ان المحلول المائي لكلوريد المعدن يتحلل الى هيدروكسيد غير ذائب (راسب) وحامض حر. و يحفز كل من ايون الهيدروجين وايون الكلور المعدن للتحلل وذلك يؤدي الى زيادة معدل التآكل في منطقة الصدع ، وهذا من شأنة ان يزيد من تركيز ايونات المعدن (M^+) ، والذي يؤدي بدوره الى رحيل ايونات الكلورايد اللازمة لتعادل الشحنة ومن ثم تكّون الحامض وفق المعادلة اعلاه وتحفيز المعدن للتحلل اكثر . ان هذه العملية هي عملية تحفيز ذاتي وتستمر بهذا الشكل مؤدية الى تآكل شديد في هذه المنطقة . ولهذا السبب يكون التآكل الصدعي في محاليل الكلوريدات مثل محاليل مياه البحر شديد جدا .

ويمكن حماية القبعات السفلية للمرشحات من التآكل الصدعي وذلك بمنع ركود مياه البحر في المنطقة مابين البرغي وسن اللولب اضافة الى اختيار سبائك تحتوى على نسبة عالية من عنصر المولبيديوم او استخدام مواد بوليمرات ذوات مقاومة عالية غير قابلة للتآكل .وبصفة عامة هناك وسائل يمكن بواسطتها التقليل او الحد من التآكل الصدعي منها:

١. استخدام الوصلات المعدنية الملحومة مثل اللحام التناكبي (Butt Welding) بدلا من الوصلات المعدنية المربوطة بالبراشيم او البراغي .
٢. تصميم الشكل الهندسي ، بحيث يكون خاليا او يقلل من اي انتفاخ او صدع او فتحات ضيقة او وصلات متراكبة .
٣. الفحص والصيانة المستمرة للوحدة وتنظيفها ومنع ترسب الاوساخ فيها .

٤. تآكل أنابيب الخرسانة المسلحة لنقل المياه المحلاه

تنقل المياه المنتجة من محطات التحلية من خلال ثلاثة انواع من الأنابيب وهي أنابيب حديدية و انابيب خرسانية مسبقة الجهد (PCCP) و أنابيب خرسانية اسطوانية (CCP) وقد حدث بعض الاخفاقات في الأنابيب الخرسانية المسبقة الجهد (الشكل ٦) وكذلك الانابيب الخرسانية الاسطوانية (الشكل ٧) حيث حدث انكسارات في بعض تلك الانابيب.

يعود سبب انهيار الانابيب الى التآكل الحاصل في حديد التسليح داخل الخرسانة . حيث يؤدي دخول ايونات الكلورايد من التربة المحيطة للانابيب من خلال تشققات غطاء التمليط الاسمنتي الى تآكل حديد التسليح ومن ثم تولد نواتج تآكل ضخمة مسببة شد هائل واجهادات ضغطية ينتج عنه فتق غطاء التمليط الاسمنتي . عندها يتعرض حديد التسليح للتآكل مباشرة بعد فتق الغطاء يحدث عنه فقدان مفاجيء لمتانة الانبوب ومن ثم يتفتق الانبوب نفسه[4].

ان وجود أملاح مثل ايونات الكلورايد في مناطق السبخة الشائعة الانتشار يؤدي الى سرعة تدهور الانابيب الخرسانية المسلحة المطمورة في التربة . حيث يزيد وجود حديد التسليح في الانابيب الخرسانية من متانة الانبوب ويعطي مقاومة أكثر لإجهادات الشد ، وتعمل المونه الاسمنتيه على رفع قيمة pH للبيئة المحاطة لحديد التسليح الى ١٣ وذلك من خلال تفاعل أكسيد الكالسيوم CaO الموجود في الاسمنت مع الماء ليتكون هيدروكسيد كالسيوم $Ca(OH)_2$ وعندها يكون الجهد الكهربائي لحديد التسليح (200 mV SCE-) وبذلك يكون الحديد في المنطقة الخاملة . وعندما تبدأ ايونات الكلورايد في التغلغل والدخول من خلال تشققات غطاء المونه الاسمنتيه تتفاعل مع الطبقة الحامية للحديد وتتلفها مسببة انتاج خلايا الكتروليتية تؤدي للتآكل فيتغير الجهد الكهربائي للحديد من المستوى الخامل (200 mV-) الى المستوى النشط للتآكل (600 mV-) . هذا التآكل للحديد يقود الى نواتج تآكل ضخمة متكونة تحت الغطاء الاسمنتي مسببة الانتفاخ و تشظية طبقة الخرسانة ، ويسمح تكسر الغطاء الاسمنتي بدخول ايونات الكلورايد بكميات كبيرة وكذلك الاوكسجين مما يعرض حديد التسليح الى التآكل بدرجة عالية تفقده قوته . في هذه الحالة تصبح الانابيب الخرسانية المسلحة غير قادرة على تحمل الضغط الداخلي للمياه المنقولة مما يؤدي الى إنفتاقها .

ولحماية الانابيب الخرسانية المسلحة من التآكل يجب إدخال تحسينات جديدة في صناعة الأنابيب ومنها:

١. ادخال نظام الحماية الكاثودية.
٢. زيادة سماكة الغطاء الاسمنتي .
٣. دهان الغطاء الاسمنتي بالايبوكسي بدرجة كافية .
٤. استخدام طلاء عاكس لاشعة الشمس فوق دهان الايبوكسي .
٥. زيادة سماكة حديد التسليح
٦. تحسين نوعية الخرسانة وذلك باضافة بخار السليكون او اضافة الرماد المتطاير مع الاسمنت.

الخاتمة:

يتخذ التآكل أشكالا مختلفة ويحدث كل شكل من أشكال التآكل بسبب حالات يفرضها نوع المعدن وطبيعة سطحه ونوع الوسط وحالته. ولكل شكل من التآكل أسلوب وقائي معين .ان الأضرار التي يسببها التآكل عديدة ، وجميعها ذات مردود اقتصادي سيئ .

لذا فإن فهم ظاهرة التآكل والحد منها وذلك بإختيار المواد المعدنية المناسبة وإتباع طرق الحماية يؤدي الى تطويل العمر الإفتراضي للمحطات وهي ضرورة من الضرورات الصناعية .

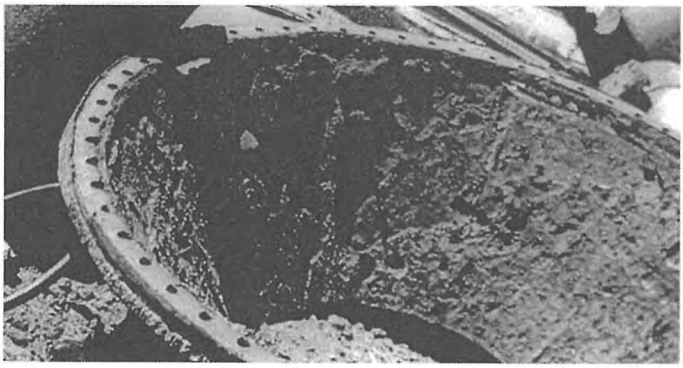
المراجع:

[1] Saleh Al-Zahrani, B.Todd, J.W.Oldfield "Topic in Desalination", 1986.

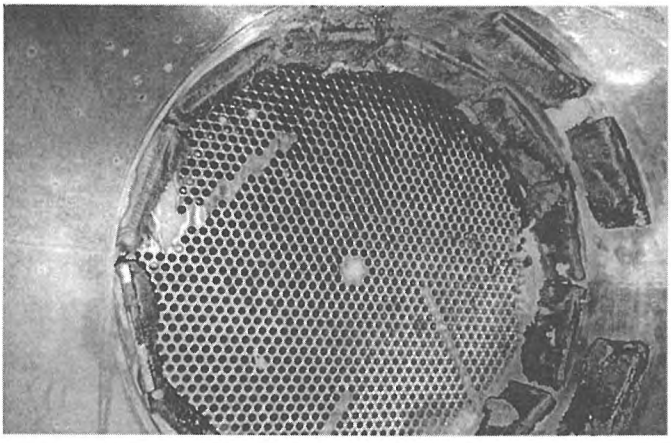
[2] A.U.Malik, S.Basu, I.N.Andijani, N.A.Siddiqi, S.Ahmad, "British Corrosion Journal", 28 (1993), 3

[3] A.U.Malik, I.N.Andijani, Fahd Al-Muaili, John O'Hara, Technical Report No. TSP 3804\20029.

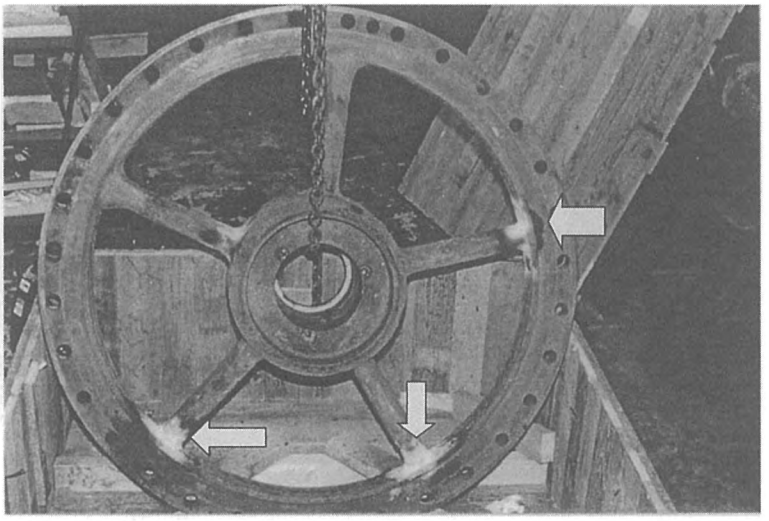
[4]. A.U.Malik, I.N.Andijani, Shahreer Ahmed, John O'Hara, Technical Report No. TSP 90005



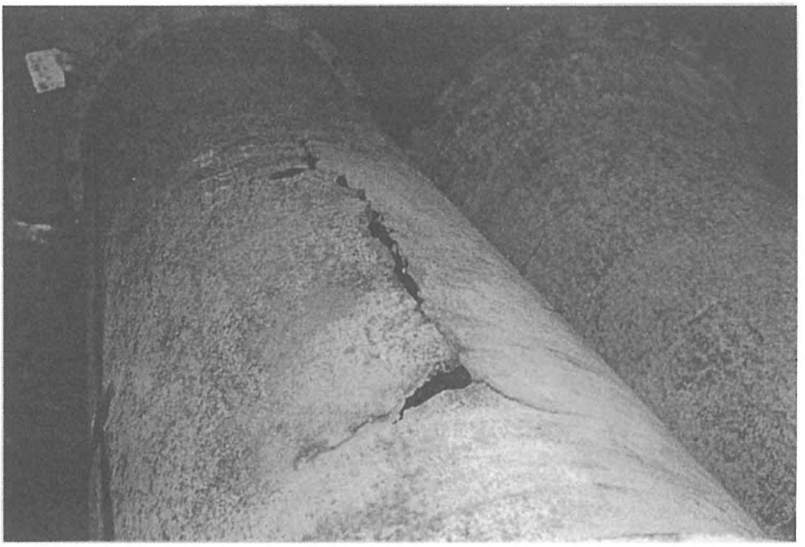
الشكل (١) تآكل غلفاني لصندوق الماء لوحدة التقطير الوميضي .



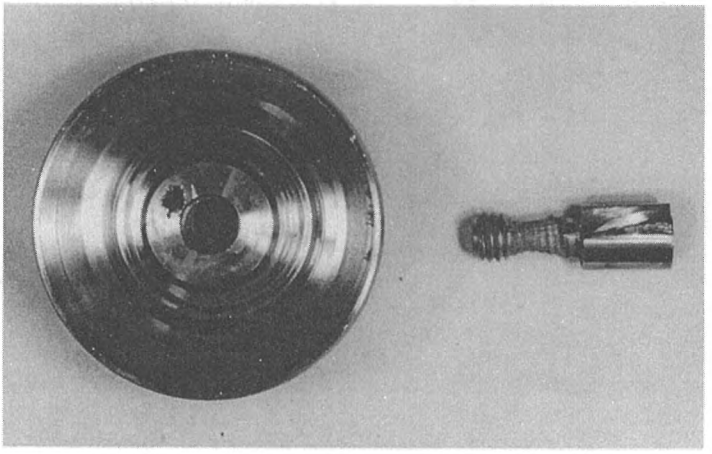
الشكل (٢) الحماية الكاثودية باستخدام المصعد الذوّاب لصندوق الماء المتلامسة مع لوح أنابيب التبادل الحراري

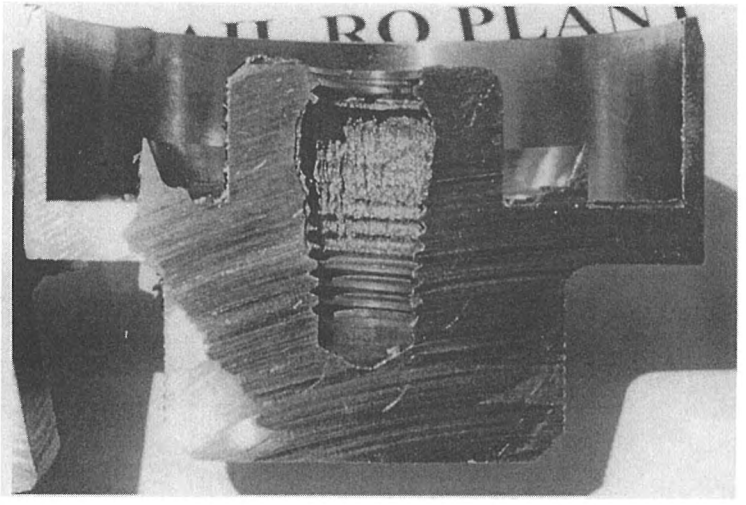


الشكل (٣) شقوق التآكل الاجهادي بين الذراع والاطار لمرتكز المحمل المتوسطة لمضخة ماء البحر الرئيسية .

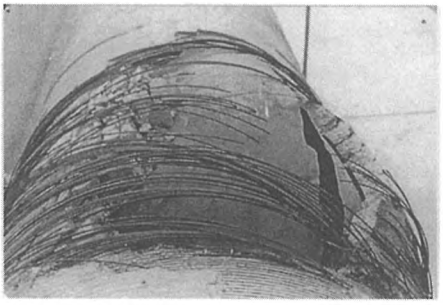


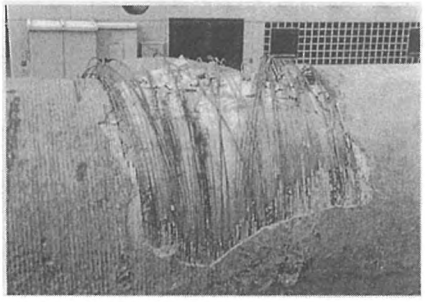
الشكل (٤) شقوق التآكل الإجهادي في عمود التصريف لمضخة الدوار الملحي



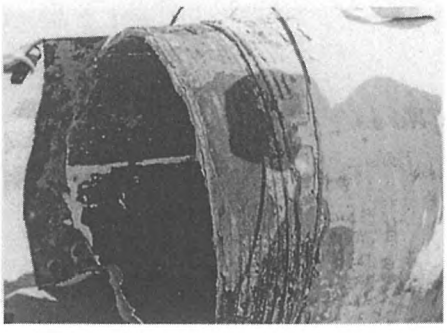


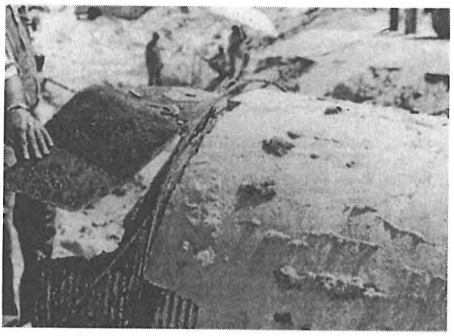
الشكل (٥) (أ) القبّعة السفلية للمرشح و البرغي الملولب المتآكلة (ب) مقطع طولي للقبّعة يبين تآكل منطقة سن اللولب





الشكل (٦) انكسار في الانابيب الخرسانيه المسبقة الجهد (pccp)





الشكل (٧) انكسار في الانابيب الخرسانية الاسطوانية (ccp)

ظاهرة نفوق الأسماك وتأثيرها على نوعية مياه الشرب المنتجة بتقنية التقطير الومضي الفجائي متعدد المراحل بدولة الكويت

المهندس خليفة محمد الفريج، عبدالله عوض العدواني، سميرة يعقوب الهولي، موسى خالد الرمح

ظاهرة نفوق الأسماك وتأثيرها على نوعية مياه الشرب المنتجة بتقنية التقطير الومضي الفجائي متعدد المراحل بدولة الكويت

م / خليفه محمد الفريج، م / عبدالله عوض العدواني، ك / سميرة يعقوب الهولي، م / موسى خالد الرمح

مركز تنمية مصادر المياه – وزارة الكهرباء والماء – دولة الكويت

ملخص:

إن ندرة مصادر المياه الطبيعية في دولة الكويت وموقعها المطل على الخليج العربي جعلها تتجه منذ منتصف الخمسينيات من القرن الماضي إلى مياه البحر كمصدر رئيسي لمياه الشرب، وخلال سنوات معدودة أنشئت على سواحل الكويت المطلة على الخليج العربي خمس محطات لتحلية مياه البحر لتلبية الاحتياجات المتزايدة من المياه جميعها تعمل بتقنية التقطير الومضي متعدد المراحل، إلا أن البحر أصبح عرضة للتلوث البيئي، فخلال السنوات العشر الماضية شهدت البيئة البحرية الكويتية حوادث تلوث متعددة، كان آخرها ما حدث في أغسطس من عام ٢٠٠١ وعرف بظاهرة نفوق الأسماك و التي أثرت على مياه البحر، المصدر الرئيسي للمياه في دولة الكويت.

تعرض هذه الورقة مدى تأثير ظاهرة نفوق الأسماك على نوعية مياه الشرب المنتجة بتقنية التقطير الومضي متعدد المراحل والتي تمثل ٦٠ % من اجمالي المياه المنتجة في منطقة جون الكويت، والاجراءات التي تمت لمراقبة نوعية مياه الشرب في دولة الكويت، حيث تم تحديد محطات التحلية التي تقع ضمن نطاق الظاهرة.

كما تم مقارنة (٢٣٠) عينة مياه و (٦٣٢٣) تحليلاً من محطات الخلط و الضخ الرئيسية التي تغذى من تلك المحطات، شملت تحاليل كيميائية و بيولوجية و إشعاعية لمياه الشرب قبل و أثناء و بعد حدوث ظاهرة نفوق الأسماك بدولة الكويت.

مفاتيح الكلمات: دولة الكويت، نفوق الأسماك، التقطير الومضي متعدد المراحل، مياه الشرب.

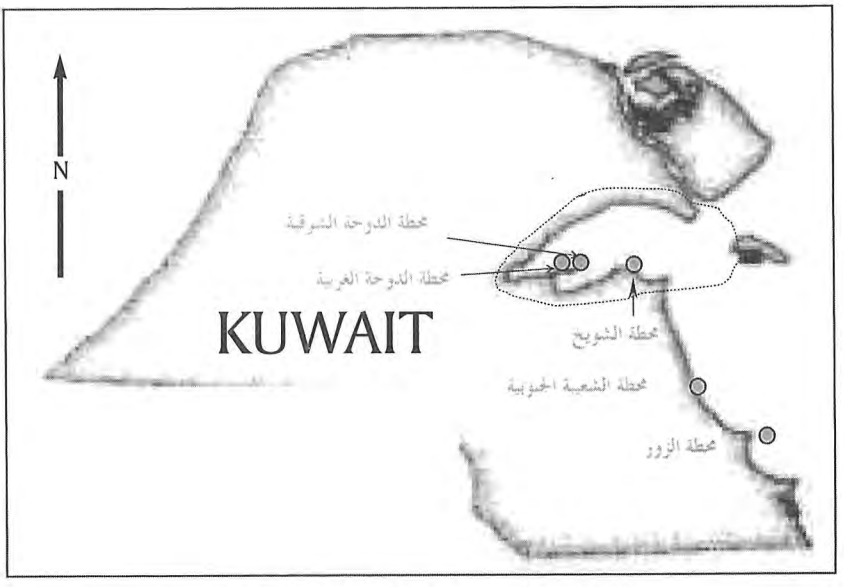
مقدمة:

إن أهمية البحر لدول المنطقة تتمثل في كونه رافداً أساسياً وعامل استقرار لها حيث يرتبط بتوفير عنصر الحياة الضروري، وهو الماء، قال الله تعالى: ((وجعلنا من الماء كل شيء حي)) [١].

وإذا كان البحر في الماضي يعتبر مورداً معيشياً هاماً لسكان دول مجلس التعاون الخليجي فهو في العصر الحديث أصبح شريان الحياة لجميع تلك الدول بعد أن دفعتها ندرة مصادر المياه الطبيعية العذبة للاتجاه إلى تحلية مياه البحر كمصدر أساسي لسد احتياجات الاستهلاك المتزايد للمياه العذبة، نتيجة النمو السكاني والتطور العمراني والصناعي والتوسع الزراعي، وقد ساعدها في ذلك موقعها المطل على الخليج العربي وسواحلها الذي يبلغ طولها ثلاثمائة وخمسون كيلومترا، ولأن تحلية مياه البحر الخيار الوحيد و المتاح بلا حدود أو موانع، فقد قامت الكويت منذ مطلع الخمسينيات من القرن العشرين في إقامة العديد من مشاريع تحلية مياه البحر، وفي السنوات الأخيرة أصبح الاعتماد على مياه البحر المحلاة يزداد بشكل مطرد مع زيادة الاحتياجات المائية، وتوجد حاليا في دولة الكويت خمس من محطات تحلية مياه البحر تعمل بطريقة التقطير الومضي متعدد المراحل تستخدم لانتاج المياه العذبة [٢]، (انظر الشكل (١)).

إن أهمية البحر الاستراتيجية والضرورية لدول المنطقة تدعوا إلى الاهتمام بحمايته من التلوث، وإحكام مراقبته، وسن التشريعات البيئية، لضمان المحافظة على البيئة البحرية خاصة مع النمو الصناعي والتغيرات البيئية والمناخية وغيرها من الأسباب الطبيعية والغير طبيعية التي يشهدها العالم.

تعالج هذه الورقة ظاهرة نفوق الأسماك في دولة الكويت ومدى تأثيرها على نوعية مياه الشرب المنتجة بتقنية التقطير الومضي متعدد المراحل.



الشكل (١): مواقع محطات تحلية مياه البحر في دولة الكويت.

ظاهرة نفوق الأسماك في دولة الكويت:

شهدت البيئة البحرية الكويتية خلال السنوات الماضية حالات من التلوث البحري تفاوتت درجاتها واختلفت أسبابها، ففي التاسع عشر من شهر أغسطس عام ٢٠٠١ تم رصد ظاهرة غريبة سرعان ما تحولت إلى كارثة بيئية تمثلت بنفوق أعداد كبيرة من مختلف الأسماك في السواحل الكويت الشمالية والوسطى المطلة على الخليج العربي، وتحديداً في خليج مغمور من الخليج العربي متجهاً إلى الغرب، يعرف بجون الكويت.

استمرت حالات نفوق الأسماك بالتزايد حتى قضت هذه الظاهرة على جزء كبير من الموارد البحرية المتمثلة في الثروة السمكية حيث قدرت كمية الأسماك النافقة خلال ستة وعشرين يوماً بـــ ٢,٤ مليون كيلوجرام، وكان معظمها من سمك الميد السطحي وهو ما يعادل المخزون الاستراتيجي لثلاث سنوات[٣].

إن بعض البحوث المنشورة تشير إلى أن تلوث مياه البحر من المصادر التي تؤدي إلى تدهور مياه الشرب وأن عمليات التحلية لا تستطيع التخلص من جميع الملوثات الموجودة في مياه البحر [٤]. لذا فقد أثارت حالات النفوق المذكورة التخوف مما قد تسببه من آثار سلبية تتجاوز البيئة البحرية إلى مياه الشرب حينما تنتقل الملوثات المسببة لنفوق الأسماك أو تلك الناتجة من نفوق الأسماك إلى مياه الشرب مسببة أضراراً صحية للمستهلك.

كما ساعد في زيادة التخوف مما قد يلحقه تلوث مياه البحر في مياه الشرب أن ٦٠% من مياه الشرب تنتج من محطات التحلية الواقعة على شواطىء جون الكويت و التي أصابها التلوث وشهدت حالات نفوق أعداد كبيرة من الأسماك، انظر الجدول (١).

الجدول (١): محطات تحلية مياه البحر المطلة على جون دولة الكويت عام (٢٠٠١) [٥].

المحطة	التقنية	عدد المقطرات	سعة المحطة الإجمالية (متر مكعب باليوم)
محطة الشويخ	التبخير الومضي متعدد المراحل (MSF)	٣	٨١٨٢٨
محطة الدوحة الشرقية	التبخير الومضي متعدد المراحل (MSF)	٧	١٩٠٩٣٢
محطة الدوحة الغربية	التبخير الومضي متعدد المراحل (MSF)	١٦	٥٠١٨٧٦
المجموع	--	٢٦	٥٨٤٨٢٦

مكان ووقت حدوث الظاهرة :

بدأت ظاهرة نفوق الأسماك فى التاسع عشر من أغسطس عام ٢٠٠١، وتلاشت تماماً فى الخامس عشر من سبتمبر ٢٠٠١، وانحسرت فى جون الكويت بشكل واضح.

أسباب الظاهرة:

أوعزت الدراسات والبحوث العلمية [٦] بأن بكتيريا " الاستربتوكوكس " هي السبب الرئيسي لأمراض الأسماك ونقل العدوى البكتيرية بينها، و أن المصادر المرجحة للبكتيريا في مياه البحر هي كالتالي:

- مياه الصرف الصحى غير المعالج.
- أحواض استزراع الأسماك.
- مخلفات الأسماك والمواشي والدواجن.
- مياه الموازنة الخاصة بناقلات النفط.
- الناقلات التجارية بجميع أنواعها وخصوصا الناقلة للمواشى والدواجن.
- مخلفات المستشفيات إلى البحر.
- المياه الراكدة.
- مخلفات الموانىء البحرية.
- مصارف الأمطار الطبيعية.
- وقد تكون البكتيريا موجودة أصلاً فى المنطقة البحرية وفى الرسوبيات القاعية و أدت الظروف البيئية الحالية بالإضافة إلى نفوق الأسماك إلى انتشارها فى الجون.

كما أن العوامل المناخية (ارتفاع درجة حرارة البحر إلى ٣٦ درجة مئوية والرطوبة إلى٩٧ % فى جون الكويت) أدت إلى نقص الأكسجين الذائب فى الماء مما أدى إلى نفوق بعض الأسماك وضعف البعض الآخر، فهاجمتها البكتيريا المعايشة لها (بكتيريا انتهازية) مسببة لها أمراضاً خطيرة أدت إلى موتها [٧].

بكتيريا " الاستربتوكوكس " (Streptococcus) :

لوحظ على الأسماك أعراض مرضية وقد عزل منها نوعان من بكتيريا " الاستربتوكوكس " و هما: بكتيريا (Streptococcus Iniae) وبكتيريا (Striptococcus) و هذه البكتيريا تعيش على أجسام الحيوان والإنسان بصورة طبيعية وتعتبر معايشة لأجسام الإنسان والحيوان سواء معه أو عليه أو فيه ولكنها غير طفيلية، وفى حالة الأسماك تتواجد هذه البكتيريا فى خياشيمها وعلى أسطح أجسامها وتظل غير ممرضة ما دام جسم السمكة سليماً ومناعته قوية. و لكنها ما تلبث أن تتحول إلى بكتيريا ممرضة إذا ما وهن جسم السمكة فتهاجمه مسببة له الأمراض حيث أنها بكتيرية انتهازية (Opportunistic Bacteria)[٧].

الاجراءات التى تمت فى ظاهرة نفوق الأسماك:

قامت الدولة بالعديد من الاجراءات منها تشكيل لجنة وطنية من كافة الجهات المعنية لدراسة وحل هذه الظاهرة كما تم الاستعانة بالعديد من الاستشاريين العالميين فى هذه الظاهرة و إزالة الأسماك النافقة من الشواطئ عن طريق الجهات الحكومية و اللجان الشعبية و التطوعية.

و من جانب آخر تم تكثيف مراقبة نوعية مياه الشرب فى شبكة مياه الشرب العامة فى دولة الكويت ، لضمان نوعية مياه الشرب ومدى تأثرها بظاهرة نفوق الأسماك.

كما تم أخيرا وضع وثيقة وطنية تسمى" خطة دولة الكويت الوطنية لمكافحة حالات نفوق الأسماك "[٨] ممثلة بكافة الجهات المعنية في الدولة. برئاسة مدير عام الهيئة العامة للبيئة و الاجراءات اللازمة في حالات تكرار و حدوث ظاهرة نفوق الأسماك.

فترات المراقبة:

ان كثرة البيانات ونتائج تحاليل مياه الشرب استدعت تقسيم البيانات في هذه الورقة إلى ثلاث فترات و أخذ معدل النتائج لكل تحليل فى تلك الفترة:

- الفترة الاولى (أ) : فترة ما قبل حدوث ظاهرة النفوق : امتدت من ١ إلى ١٨ أغسطس ٢٠٠١.
- الفترة الثانية (ب) : فترة حدوث ظاهرة النفوق : امتدت من ١٩ أغسطس إلى ١٥ سبتمبر ٢٠٠١.
- الفترة الثالثة (ج) : فترة ما بعد انتهاء ظاهرة النفوق : امتدت من ١٦ سبتمبر إلى ١٧ أكتوبر ٢٠٠١.

مواقع جمع العينات:

إن عدد العينات التي تم جمعها من جميع نقاط شبكة مياه الشرب بلغ (١٨٢٢) عينة وشملت مراكز تجميع وتوزيع المياه وخزانات الشبكة العامة العلوية والأرضية وعدد من المناطق السكنية في جميع محافظات الكويت [٩]، [١٠]، [١١]. و بما أن حجم البيانات كبير جداً فإنه سيتم الاقتصار على عرض نتائج تحليل مراكز تجميع وتوزيع المياه في دولة الكويت والتي تصل إليها المياه المقطرة المنتجة من محطات توليد القوى الكهربائية وتقطير المياه المطلة على جون الكويت، حيث يتم خلط وإنتاج المياه الصالحة للشرب وضخها وتوزيعها على كافة مناطق دولة الكويت وتشمل كل من:

- الموقع (١) : مركز تجميع وتوزيع المياه بالشويخ (يغذى من محطة الشويخ لتقطير المياه).
- الموقع (٢) : مركز تجميع وتوزيع المياه بالدوحة (يغذى من محطتى الدوحة الشرقية والغربية لتوليد الكهرباء وتقطير المياه).

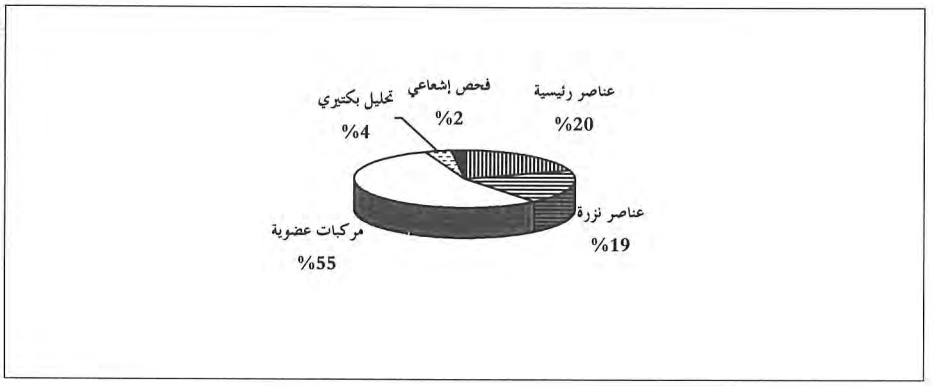
خطة رصد نوعية مياه الشرب خلال فترة نفوق الأسماك:

سعى مركز تنمية مصادر المياه التابع لوزارة الكهرباء والماء أثناء فترة نفوق الأسماك إلى زيادة وتكثيف عمله اليومي بجمع وتحليل وتقييم نوعية مياه الشرب في أماكن متعددة من شبكة وزارة الكهرباء والماء، وكان التركيز منصب في مراقبة مياه

الشرب المنتجة من المحطات المطلة على جون الكويت والتي كانت حالات نفوق الأسماك فيها تتخذ شكل واضحاً وكان الهدف من ذلك التأكد من عدم تأثر مياه الشرب بظاهرة نفوق الأسماك ومعرفة مدى صلاحيتها للاستخدام الآدمي.

أنواع التحاليل وطرق القياس:

بلغ عدد التحاليل لعينة المياه الواحدة (١٠٥) تحليل، موضحاً نسبتها المئوية في الشكل (٢) و موزعة كالتالي:



الشكل (٢): النسب المئوية لأنواع التحاليل لعينة المياه الواحدة

١. التحاليل الكيميائية لمياه الشرب وتشمل:

- المتغيرات الفيزيائية والرئيسية، جدول رقم (٣): تم تعيين التوصيلية الكهربائية والرقم الهيدروجيني ومجموع المواد الصلبة الذائبة والقلوية الكلية كما تم تحليل خمسة عشر عنصراً من العناصر الرئيسية المكونة للمياه مثل عنصر الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والماغنسيوم والكلوريدات والكبريتات والكربونات والبيكربونات، كما تم الكشف عن بعض الملوثات الهامة كالسيانيد والأمونيا والنيتريت والمغذيات مثل النترات والفوسفات بالإضافة إلى الكلور المتبقي الكلي. حيث تم القياس بالمعايرة للكربونات والبيكربونات والفلورايد والقلوية الكلية، وبالامتصاص الذري للكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والزئبق، بينما استخدمت طريقة القياس بالاشعة المرئية والفوق بنفسجية للامونيا والنترات والفوسفات، كما استخدم جهاز التحليل الذاتي لقياس الكلورايد والكبريتات والسيانيد والنتريت.

- العناصر النزرة، جدول رقم (٤): حيث تم تحليل عشرين عنصراً، تمثل أهم الملوثات التي قد تلوث مياه الشرب مثل الزرنيخ والزئبق والرصاص والنيكل والكادميوم والألومنيوم والبورون والكوبلت والكروم والمنجنيز والموليبدنوم والقصدير والسيلينيوم والأنتيمون والنحاس والسترونشيوم والفانديوم و الخارصين و الحديد و الباريوم باستخدام جهاز التحليل الحثي بالبلازما/ طيف الكتلة.

- المركبات العضوية، جدول رقم (٥): حيث تم تحليل عدد (٥٨) مركباً عضوياً لها تأثير على الصحة العامة، و تنقسم هذه المركبات العضوية إلى: أ- " مجموع المركبات العضوية " و عددها واحد، ب- مركبات الميثان ثلاثية الهالوجين و عددها أربعة، جـ- مركبات الفينول المكلورة و عددها ثلاثة، د- مركبات هيدروكربونية حلقية و عددها ثلاث و عشرون، هـ- مركبات هيدروكربونية متنوعة و عددها ست و عشرون، حيث تم قياس المجموع الكلي للمركبات العضوية بتقنية الاشعة تحت الحمراء، كما تم تحليل المركبات العضوية الغير المتطايرة بجهاز كروماتوغرافيا الغاز/ طيف الكتلة، وكذلك للمركبات العضوية المتطايرة بالاضافة الى جهاز مصيدة المواد العضوية.

٢. الفحوصات البكتيرية لمياه الشرب، جدول رقم (٦)، وتشمل:

- العد الكلي للبكتيريا (Total Plate Count)
- بكتيريا القولون الكلية (Coliform)
- بكتيريا ذات المصدر البرازي (E.coli)

٣. الفحوصات الإشعاعية لمياه الشرب (بالتعاون مع مختبرات وزارة الصحة – قسم الوقاية من الإشعاع)، جدول رقم (٧)، وتشمل:

- أشعة الفا.
- أشعة بيتا.

النتائج:

شملت النتائج متوسط المتغيرات الفيزيائية والرئيسية والعناصر النزرة والمركبات العضوية والفحوصات البكتيرية لمياه الشرب المنتجة من محطة الشويخ للضخ والخلط على ثلاث فترات: قبل ظاهرة نفوق الأسماك – أثناء ظاهرة نفوق الأسماك - بعد ظاهرة نفوق الأسماك، بالإضافة إلى نتائج الفحوصات الإشعاعية. الجداول (٣) ، (٤) ، (٥) ، (٦). كما شملت النتائج متوسط المتغيرات الفيزيائية والرئيسية والعناصر النزرة والمركبات العضوية والفحوصات البكتيرية لمياه الشرب المنتجة من محطة الدوحة للضخ والخلط على ثلاث فترات: قبل ظاهرة نفوق الأسماك – أثناء ظاهرة نفوق الأسماك- بعد ظاهرة نفوق الأسماك، بالإضافة إلى نتائج الفحوصات الإشعاعية. الجداول (٣) ، (٤) ، (٥) ، (٦). وبلغ مجموع التحاليل خلال فترة نفوق الأسماك للموقع (١) و الموقع (٢) موضع الدراسة ٦٣٢٣ تحليلاً.

جدول (٢): عدد العينات و التحاليل التي تم إجراؤها خلال الفترات الثلاث على الموقعين (١ و ٢).

الموقع	الموقع (١)			الموقع (٢)			المجموع
الفترة	الفترة (أ)	الفترة (ب)	الفترة (جـ)	الفترة (أ)	الفترة (ب)	الفترة (جـ)	
عدد العينات	٢١	٤٩	٥٥	١٠	٤٤	٥١	٢٣٠
عدد التحاليل	٣٣٦	٦٥٢	٢٢٤٥	٢٠٠	٩٢٢	١٩٦٨	٦٣٢٣

تقييم النتائج:

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها اتضح الآتي:

المتغيرات الفيزيائية و الرئيسية: تكاد تكون النتائج في حدود متقاربة إلى حد كبير ضمن استرشادات منظمة الصحة العالمية.

العناصر النزرة: لم يلاحظ تغير في مستويات العناصر النزرة المقاسة لنتائج الفترات الثلاث إذ أن مستوياتها تقع ضمن قيم استرشادات منظمة الصحة العالمية.

المركبات العضوية: تبدو النتائج ثابتة للفترات الثلاث ضمن استرشادات قيم منظمة الصحة العالمية.

الفحوصات البكتيرية: لم تدل النتائج على أي تغير خلال فترة نفوق الأسماك.

الفحوصات الإشعاعية: نتائج فحوصات مياه الشرب تحوي بعدم وجود ملوثات إشعاعية خلال فترة نفوق الأسماك.

الخلاصة:

لقد أثبتت النتائج عدم تدني نوعية مياه الشرب المنتجة بالتقطير الومضي متعدد المراحل وعدم تأثرها بالملوثات التي تسببت في نفوق الأسماك أو تلك التي تكونت نتيجة موت وتحلل الأسماك.

شكر وتقدير:

كل الشكر والتقدير إلى قيادي وزارة الكهرباء والماء وإلى العاملين بالمختبرات المائية وفريق البحث والتطوير بمركز تنمية مصادر المياه وإلى العاملين في مختبرات الوقاية من الإشعاع بوزارة الصحة. كما نود أن نشكر رئيس و أعضاء اللجنة الوطنية لظاهرة نفوق الأسماك على جهودهم التي بذلوها خلال ظاهرة نفوق الأسماك.

جدول رقم (٣) : تحاليل المياه الرئيسية والفيزيائية للموقعين (١ و ٢).

الموقع	الموقع (١)			الموقع (٢)		
نوع التحليل (جزء في المليون)	الفترة (أ)	الفترة (ب)	الفترة (جـ)	الفترة (أ)	الفترة (ب)	الفترة (جـ)
الرقم الهيدروجيني	٧,٤٠	٧,٨٥	٧,٢٣	٧,٤	٧,٣١	٧,٣٤
التوصيلية الكهربائية ($\mu S/cm$)	٧١٤	٦٠٠	٧٠٤	٦٠٢	٦٠٢	٦٧١
مجموع الأملاح الذائبة	٣٨٤	٣١٨	٣٦٤	٣٢٢	٣٢٦	٣٥٠
القلوية الكلية (كربونات كالسيوم)	٢٠,٨٣	٢١,٨٣	١٩,٥٣	٣٣	٣١	٤٠
العسر الكلي (كربونات كالسيوم)	٢٠٨	١٨٧	--	١٧٠	١٨٢	١٩٨
الكربونات	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,١٤
البيكربونات	٢٥,٤٨	٢٦,٦٣	٢٣,٨٢	٤٠	٣٨	٤٩
الكلورايد	١٢٢	١٠٩	١١٥	٧٩	٨٥	٧٩
الكبريتات	١٦٦	--	١٥٦	١٥٤	١٥٢	١٥٢
الفلورايد	٠,١٥	٠,١٦٨	٠,١١	٠,٠٩	٠,٣٧	٠,١٤
الكالسيوم	٥٣	٤٣,٣	٤٤	٤٥	٤٩	٥٣
المغنيسيوم	١٨,٢٠	١٦,١	١٩,٨٠	١٤,٢	١٤,٤	١٦,١٧
الصوديوم	٧١	٦٠,٦٠	٦٥	٥٨	٥٧	٦٢
البوتاسيوم	١,٩٠	٢,٣٧	١,٩٠	١,٥٤	١,٦٥	١,٨٣
السيليكات	١,٦٠	٠,٨٠	٢,٠٠	١,٥	٠,٨	٢,٠٣
السيانيد	< ٠,٠١	< ٠,٠١	< ٠,٠١	< ٠,٠١	< ٠,٠١	< ٠,٠١
النتريت (NO_2)	< ٠,٠٢	< ٠,٠٢	< ٠,٠٢	< ٠,٠٢	< ٠,٠٢	< ٠,٠٢
النترات (NO_3)	١,٤١	١,٧٥	١,٠٣	١,١٠	٣,٠٩	٣,٣
الأمونيا	< ٠,٠١	< ٠,٠١	< ٠,٠١	< ٠,٠١	< ٠,٠١	< ٠,٠١
الفوسفات	< ٠,٠١	< ٠,٠١	< ٠,٠١	< ٠,٠١	< ٠,٠١	< ٠,٠١
الكلور الحر المتبقي	١,٠٢	١,٠٣	١,٤٨	٠,٩٣	١,٠٢	١,٠٨

جدول رقم (٤) : تحاليل العناصر النزرة لمياه الموقعين (١ و ٢).

الموقع	الموقع (١)			الموقع (٢)		
العنصر (جزء في البليون)	الفترة (أ)	الفترة (ب)	الفترة (جـ)	الفترة (أ)	الفترة (ب)	الفترة (جـ)
الألومنيوم	٢,٧٦	٢,٠٣	٤,٠٢	٢,٩٦	٢,٢٥	٣,٦٨
الزرنيخ	٠,٦٢	٠,٥٩	٠,٨٦	٠,٦٣	٠,٥٥	١,٠٦
البورون	١٤٨	١٤٠	١٤٨	١٥٥	١٥٥	١٧٣
الباريوم	٢,٧٣	٢,٤٨	٢,٦٤	٢,٣٨	٢,٣٣	٢,٣٠
الكادميوم	٠,٠٥	٠,٠٨	٠,١٠	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٦
الكوبلت	< ١,٠٠	< ١,٠٠	< ١,٠٠	< ١,٠٠	< ١,٠٠	< ١,٠٠
الكروم	١,٠٢	١,٧٢	١,٨٠	٢,٦٣	٢,٩٤	٣,١٥
النحاس	٣٨	٥٦	٨٩	٥٢	٤٧	٥٦
المنجنيز	٠,٦٣	٢,٠٧	٢,١٠	٠,٩٦	١,٠١	١,٣٧
المولبدينوم	٤,٩٤	٥,١٣	٥,٥٦	٧,٥	٦,٢٦	٧,٩٩
النيكل	٥,٢١	١٤,٩١	١٤,٩٧	٧,٠٨	٨,٩٠	٧,٦٧
الرصاص	٠,١٢	٠,٤١	٠,٣٥	٠,٠٧	٠,١٠	٠,٣٦
الأنتيمون	< ٠,٠٥	< ٠,٠٥	< ٠,٠٥	< ٠,٠٥	< ٠,٠٥	< ٠,٠٥
السيلينيوم	< ٥	٥,٠٤	٥,١٧	< ٥	< ٥	٥,١٩
القصدير	< ٠,٠٥	٠,١٠	٠,٢٦	< ٠,٠٥	< ٠,٠٥	٠,٤٦
السترونشيوم	١٥٦٤	١٣٩٢	١٣٢٨	١٢٨١	١٢٤٧	١٢٥٧
الفاناديوم	١,٦٠	١,٧٨	١,٦٧	٢,٦٤	٢,٨٠	٣,٠١
الخارصين	٤٧	٤٦	٥٠	٢٢	٣٤	٣٩
الحديد	١٣	٢٢	٣٥	٢١,٧٢	١٢,٨٦	٢٩,٤٣
الزئبق	< ٠,١	٠,٣٩	٠,٥٠	< ٠,١	< ٠,١	< ٠,١

جدول رقم (٥) : تحاليل المركبات العضوية لمياه الموقعين (١ و ٢).

الموقع	الموقع (١)			الموقع (٢)		
اسم المركب (جزء في البليون)	الفترة (أ)	الفترة (ب)	الفترة (جـ)	الفترة (أ)	الفترة (ب)	الفترة (جـ)
مجموع المركبات العضوية	٠,١٣	٠,٠٩	٠,٢٠	٠,١٣	٠,١٠	٠,١٥
الكلوروفورم	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
ثنائي كلورأحادي بروم الميثان	< ٠,٥	< ٠,٥	٠,٦٣	< ٠,٥	٠,٥٨	١,٥٨
أحادي كلور ثنائي بروم الميثان	٢,٢٠	١,٥٧	٢,١٦	٢,٢٠	١,٨٩	١٢,٨٥
البروموفورم	٦,٥٠	٥,٣٣	٨,٩٥	٦,٥٠	١١,٢٦	١٥,١٦
مجموع الميثانات ثلاثية الهالوجين	٠,٠٩	٠,٠٧	٠,١٣	٠,٠٩	٠,١٤	٠,١٨
٢- كلورو الفينول	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
٤،٢- ثنائي كلورو الفينول	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
٦،٤،٢- ثلاثي كلورو الفينول	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
٢- كلورو الطولوين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
٤- كلورو الطولوين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
الطولوين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
أحادي كلورو البنزين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
إيثايل البنزين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
الإكزايلين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
٢،١- ثنائي كلورو البنزين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
٤،١- ثنائي كلورو البنزين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
٤،٢،١- ثلاثي كلورو البنزين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
الستايرين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
البنزين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
النفثالين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
٤،١- ثنائي بروبايل الطولوين (متجاور)	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
ثنائي بروبايل البنزين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥

اسم المركب (جزء في البليون)	الموقع (١)			الموقع (٢)		
	الفترة (أ)	الفترة (ب)	الفترة (جـ)	الفترة (أ)	الفترة (ب)	الفترة (جـ)
بيوتايل البتزين (الثلاثي)	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
١،٢،٤- ثلاثي ميثايل البتزين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
١،٣- ثنائي كلورو البتزين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
بيوتايل البتزين (الثنائي)	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
N – بيوتايل البتزين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
١،٢،٣- ثلاثي كلورو البتزين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
١،٣- ثنائي كلورو البروبان	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
١،٢- ثنائي البرومو-٣- كلورو البروبان	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
١،٢،٣- ثلاثي كلورو البروبان	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
رباعي كلوريد الكربون	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
١،١- ثنائي كلورو الإيثين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
تناظر-١،٢- ثنائي كلورو الإيثين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
تجاور-١،٢- ثنائي كلورو الإيثين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
ثلاثي كلورو الإيثين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
رباعي كلورو الإيثين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
١،١- ثنائي كلورو الإيثان	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
ثنائي كلورو الميثان	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
برومو كلورو الميثان	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
١،١،١- ثلاثي كلورو الإيثان	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
١،٢- ثنائي كلورو الإيثان	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
ثنائي برومو الميثان	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
١،١،٢- ثلاثي كلورو الإيثان	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
١،٢-ثنائي برومو الميثان	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
برومو البتزين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
N – بروبايل البتزين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
١،٣،٥- ثلاثي ميثايل البتزين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
الموقع	الموقع (١)			الموقع (٢)		

١،١،١،٢- رباعي كلورو الإيثان	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
٢،٢،١،١- رباعي كلورو الإيثان	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
سداسي كلورو البيوتادايين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
تجاور-١،٣- ثنائي كلورو البروبين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
الموقع	الموقع (١)			الموقع (٢)		
اسم المركب (جزء في البليون)	الفترة (أ)	الفترة (ب)	الفترة (جـ)	الفترة (أ)	الفترة (ب)	الفترة (جـ)
تناظر-١،٣- ثنائي كلورو البروبين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
١،١- ثنائي كلورو البروبين	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
٢،٢- ثنائي كلورو البروبان	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
٢،١- ثنائي كلورو البروبان	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥
فينايل الكلورايد	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥	< ٠,٥

جدول رقم (٦) : التحاليل البكتيرية لمياه الموقعين (١ و ٢).

الموقع	الموقع (١)			الموقع (٢)		
نوع التحليل	الفترة (أ)	الفترة (ب)	الفترة (جـ)	الفترة (أ)	الفترة (ب)	الفترة (جـ)
العد الكلي للبكتريا لكل مل (٢٢ م)	٠	٠	٠	٠	٠	٠
العد الكلي للبكتريا لكل مل (٣٥ م)	٠	٠	٠	٠	٠	٠
بكتريا الكوليفورم لكل ١٠٠ مل	٠	٠	٠	٠	٠	٠
بكتريا الايكولاي لكل ١٠٠ مل	٠	٠	٠	٠	٠	٠

جدول رقم (٧) : التحاليل الإشعاعية لمياه الموقعين (١ و ٢).

الموقع	الموقع (١)			الموقع (٢)		
العنصر المشع(Bq/l)	الفترة (أ)	الفترة (ب)	الفترة (جـ)	الفترة (أ)	الفترة (ب)	الفترة (جـ)
ألفا	--	٠,٠٨٢	٠,٠٥٤	--	٠,٠٩٧	٠,٠٨١
بيتا	--	٠,٤٩٥	٠,٥٧٣	--	٠,٤٩٥	٠,٥٧٣

المراجع:

(١) القرآن الكريم سورة الأنبياء، آية (٣٠).

(٢) الفريج و آخرون، مسار تحلية مياه البحر في دولة الكويت، مؤتمر الخليج الخامس للمياه، الدوحة، مارس ٢٠٠١.

(٣) البيئة، العدد ١٩٧، أكتوبر ٢٠٠١، الجمعية الكويتية لحماية البيئة، الكويت.

(٤) مدني، المصادر غير التقليدية لتلوث المياه الجوفية ومياه الشرب، المؤتمر الدولي عن آثار التلوث البيئي في منطقة الخليج،دولة الكويت، مارس ١٩٩٧.

(٥) كتاب الاحصاء السنوي ٢٠٠١، وزارة الكهرباء والماء، الكويت.

(٦) الهيئة العامة للبيئة – ظاهرة نفوق أسماك الميد وقائع ..حقائق و علاج – إدارة العلاقات العامة – ٢٠٠١.

(٧) عبدالمنعم ، صفاء ، التفسير العلمى لظاهرة نفوق الأسماك فى دولة الكويت خلال شهرى أغسطس و سبتمبر ٢٠٠١ – الهيئة العامة للبيئة.

(٨) الهيئة العامة للبيئة – خطة دولة الكويت الوطنية لمكافحة حالات نفوق الأسماك – دولة الكويت – ٢٠٠٢.

(٩) مركز تنمية مصادر المياه، تقرير شهر يوليو ٢٠٠١ لمراقبة نوعية مياه الشرب في دولة الكويت، الكويت.

(١٠) مركز تنمية مصادر المياه، مراقبة نوعية مياه الشرب بالشبكة العامة خلال ظاهرة نفوق الأسماك، الكويت.

(١١) مركز تنمية مصادر المياه، تقرير شهر أكتوبر ٢٠٠١ لمراقبة نوعية مياه الشرب في دولة الكويت، الكويت.

مؤتمر الخليج السادس للمياه

بالتزامن مع

الندوة الثانية لترشيد استخدام المياه

بالمملكة العربية السعودية

مياه الصرف الصحي

استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة
في الأعمال الإنشائية في مملكة البحرين
(منظور بيئي للتنمية المستدامة)

المهندس عصام يعقوب الربيعان

استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الأعمال الإنشائية بمملكة البحرين _ منظور بيئي للتنمية المستدامة.

المهندس / عصام يعقوب محمد الربيعان

البحرين

صندوق بريد ٥٤٥٤٩ العدلية

ملخص

تعتبر المياه عنصراً أساسيا في مختلف الأنشطة التنموية على مستوى العالم، وأن الاستخدامات الطبيعية في دول مجلس التعاون الخليجي، تكمن في استعمال مياه شبكة التوزيع والمياه الجوفية العالية الملوحة في عمليات خلط الخرسانة وغسل الرمل البحري. وبما أن مملكة البحرين تعتبر من المناطق الجافة التي تعاني من محدودية موارد المياه الطبيعية ولهذا فان تجدد مصادر المياه الطبيعية قليلة، ومن هنا بدأت مشكلة المياه بالمملكة تزداد يوماً بعد يوم وذلك مع زيادة الطلب على موارد المياه المتاحة، مما أدى إلى استنزاف المياه الجوفية وتدهورها نوعاً وكماً. ولذلك فأنه لابد أن يتم استخدام المياه الطبيعية بحذر لتلبية الاحتياجات الآدمية وتحقيق أهداف التنمية المستدامة.

ونظراً إلى أهمية المشكلة المائية، ومن منطلق الحفاظ على البيئة في مملكة البحرين بغية تحقيق أهداف التنمية المستدامة والتي تدعوا إلى تلبية احتياجات الحاضر من الموارد الطبيعية دون المساس بحاجات ومتطلبات المستقبل، فقد أولت الدراسة اهتماماً خاصاً باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً في مختلف الأعمال الإنشائية.

وقد انطلقت الدراسة من جملة المياه الجوفية ومياه شبكة التوزيع المستخدمة من قبل القطاع الخاص في الأعمال الإنشائية وتأثير هذا النمط من الاستهلاك على المخزون الجوفي من المياه.

وفي ظل الإحاطة بمجمل ذلك، استهدفت الدراسة التعرف على كمية ونوعية المياه الواردة والصادرة من محطة توبلي لمعالجة مياه المجاري، والمياه المستخدمة في مصانع الأعمال الإنشائية محدداً في الخلط الخرساني وعمليات غسل الرمل البحري، وعمل التجارب المختلفة على خلط نسب مختلفة من مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً مع المياه المستخدمة في تلك الأعمال، وذلك من اجل معرفة مدى إمكانية استخدام تلك المياه في الأعمال الإنشائية.

دعت الدراسة إلى عمل الاختبارات الاعتيادية التي تجرى عادة على عمليات خلط الخرسانة، وذلك باستخدام نسب مختلفة من مياه الصرف الصحي المعالجة من جهة، والمياه المستخدمة في المصانع من جهة أخرى وهي تعتبر مياه جوفية محلاة من قبل المصانع عبر محطاتها الخاصة للتحلية.

وقد توصلت الدراسة بعد عمل الاختبارات المختلفة في عمليات خلط الخرسانة وغسل الرمل البحري، ومقارنة النتائج بالمواصفات المحلية والعالمية المعتمدة من وزارة الأشغال، تبين انه يمكن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً بنسبة ١٠٠% في عمليات خلط الخرسانة وغسل الرمل البحري، وهذا الأمر الذي يدعو إلى إعادة النظر في توزيع مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً إلى القطاعات التي يمكن من خلالها أضافه قيمة مضافة للاقتصاد الوطني.

١. مقدمة

جعل الله سبحانه وتعالى الماء أساس الحياة وأحد أسبابها، ولولا وجود الماء لما كانت هناك حياة. كما قال الله تعالى في كتابه الحكيم: " وجعلنا من الماء كل شيء حي " صدق الله العظيم.

إن مملكة البحرين لا تختلف عـــن بقيـــة دول العالم في مواجهتها للمشاكل المائية، لذا يمكننا أن نقول إنها تواجه ثلاث إشكاليات للمياه بشكل عام، ونلخصها في ما يلي:

١,١ تجدد المياه الجوفية

تعاني مملكة البحرين من شح في الموارد المائية العذبة، حيث إنها تعتمد على مصدر المياه الجوفية المتدفقة من شبه الجزيرة العربية وهو حوض الدمام الذي يعاني من قلة التجدد، بسبب المناخ الجاف السائد بالمنطقة الذي يتسم بقلة الأمطار وارتفاع درجات الحرارة، حيث يبلغ معدل الأمطار في المتوسط ٧٢ ملليمتراً في السنة، ويقابله من الجهة الأخرى معدل البخر الذي يتراوح بين ١٦٥٠ — ٢٠٥٠ ملليمتراً في السنة، أي أنها تفتقر تجدد المياه الجوفية بسبب قلة الأمطار وارتفاع معدلات البخر، وهذا أحد المؤشرات التي توضح ندرة المصادر المائية في مملكة البحرين.

١,٢ نمط الاستهلاك

وتتمثل الإشكالية الثانية في سوء استهلاك تلك المياه بالإضافة إلى الطلب المتزايد لتغطية احتياجات النمو السكاني بتزايد مستمر. وبما أن الاعتقاد السائد للمستهلك بمملكة البحرين يقول إن الموارد المائية هي موارد وفيرة، وغير قابلة للنضوب، وعليه يمكن استخدامها دون ضوابط، فقد نتج عن ذلك، أن أصبح للمياه دور ثانوي، في التخطيط لعمليات التنمية الاقتصادية والاجتماعية، وفي طور النمو الكبير في عدد السكان وتطور نمط الحياة، أديا إلى زيادة الطلب على المياه، في الوقت الذي كان المتاح من المياه أقل بكثير مما هو مطلوب، ومن هنا برزت الحاجة إلى ضرورة التعامل مع المياه، واستخدامها بأسلوب علمي، يقوم على التخطيط ووضع الاستراتيجيات، والسياسات، الكفيلة بتحقيق الإدارة المتكاملة لموارد المياه.

١,٣ تكلفة مياه شبكة التوزيع

يمكن حصر الإشكالية الثالثة في ارتفاع تكلفة إنتاج وحدة المياه في ظل ارتفاع تكلفة إنشاء محطات تحلية المياه، مما يشكل عبئاً كبيراً على الميزانية العامة لمملكة البحرين، حيث شهدت تكلفة وحدة المياه ارتفاعا ملحوظاً خلال السنوات الماضية. وإن ارتفاع وحدة المياه مرهون بارتفاع الملوثات في منطقة الخليج العربي، أي أن زيادة التراكيز الملحية في بحار الخليج العربي جراء المياه المرتدة من محطات التحلية، بالإضافة إلى صرف محطات معالجة مياه المجاري في المنطقة، ومختلف مياه التبريد الناتجة من المصانع الحكومية والأهلية، كل ذلك يعتبر من الملوثات لمياه الخليج العربي، ويمكن اعتبارها من الأسباب التي تؤدي إلى زيادة ارتفاع تكلفة تحلية المياه.

١,٤ أهمية الدراسة

تبرز مشكلة الدراسة في أهمية مياه الصرف الصحي المعالجة، فوجود شبكة لجمع مياه الصرف الصحي، ومن ثم معالجتها بطرق مختلفة، وإعادة استخدامها في أغراض عديدة، يعتبر من أولويات خطط التنمية. وقد يعتبر ذلك أيضاً من النواحي الاقتصادية مهمة جدا، حيث تساعد في تخفيف العجز الحالي للمياه الجوفية بمملكة البحرين، وخفض العبء على التكاليف المستقبلية لإنشاء محطات لتحلية مياه البحر، فمن هنا رأى الباحث أهمية إعداد الدراسات النظرية والمعملية للاستفادة من مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً في الأعمال الإنشائية، وذلك من أجل الحفاظ على البيئة.

تكمن أهمية الدراسة في إجراء الاختبارات لمعرفة مدى إمكانية استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الأعمال الإنشائية، والتي تصرف في غالبيتها العظمى للبحر، وتوجيهها نحو الاستخدامات في الأعمال الخرسانية وعمليات غسل الرمل البحري، والتي تشكل جزءاً أساسياً فيها. وقد ثبت من الدراسات أن هذه الأعمال تستحوذ على نسب كبيرة من جملة المياه المستهلكة من شبكة التوزيع والمياه الجوفية، وأن هناك مقداراً للوفر الاقتصادي وحماية البيئة على حد سواء فيما لو تم استغلال مياه الصرف الصحي المعالجة الاستغلال الأمثل في مثل تلك الأعمال.

١,٥ هدف الدراسة

تهدف الدراسة إلى التعرف على كمية ونوعية مياه الصرف الصحي المعالجة بمملكة البحرين، وعمل الاختبارات اللازمة لتوظيف تلك المياه في الأعمال الإنشائية خصوصاً في عمليات خلط الخرسانة العادية وعمليات غسل الرمل البحري، من أجل معرفة مدى إمكانية استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً بدلاً من مياه شبكة التوزيع والمياه الجوفية.

٢. منهج الدراسة

تقوم هذه الدراسة بالأساس على إعداد التجارب واستخلاص النتائج وتحليلها، لمعرفة مدى إمكانية استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في مختلف الأعمال الإنشائية، فيمكن القول هنا أن هذه الدراسة تعتمد المنهج الاستقرائي، الذي يطلق علية المنهج التجريبي، الذي يقوم على المبادئ غير اليقينية تماماً، يستخدم التجربة والتحليل، حتى يستخلص منها نظريات عامة.

ويعتبر هذا المنهج من المناهج المستخدمة بصفة أساسية في العلوم الطبيعية التي يعتمد فيها التجريب، وبناء على ما تقدم فقد اتخذ الباحث هذا المنهج للوصول إلى نظرية معملية في استخدام تلك المياه في التجارب التالية:

١. أخذ عينة عشوائية من مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً لتكون هي العنصر الأساسي في عمل التجارب.

٢. خلط نسب مختلفة من المياه المختارة مع المياه المستخدمة في المصانع لعمليات الخلط الخرساني، وعمل الاختبارات اللازمة للخرسانة لمعرفة نسبة مياه الصرف الصحي المعالجة التي يمكن أن تستخدم في الخلط الخرساني.

٣. إحلال مياه الصرف الصحي المعالجة بدلاً من المياه الجوفية ومياه شبكة التوزيع المستخدمة في عمليات غسل الرمل البحري، واستخلاص النتائج لمعرفة مدي إمكانية استخدام تلك المياه في هذا المجال.

٣. الموارد المائية التقليدية وغير التقليدية في مملكة البحرين

٣,١ موارد المائية التقليدية

تستمد مملكة البحرين مياهها الجوفية من ثلاثة خزانات رئيسية وهي:

- خزان الدمام
- خزان الروس/ أم الرضمة
- خزان النيوجين

ويعتبر خزان الدمام هو الخزان الجوفي الرئيسي، وهو ممتد من شبة الجزيرة العربية، وتجدد المياه في هذا الخزان محدود ويقدر بحوالي ١١٢ مليون متر مكعب سنويا [١].

جدول (١)

كميات عجز المياه الجوفية بمملكة البحرين (مليون متر مكعب)

السنة	كميات الطلب على المياه الجوفية	التعويض الطبيعي السنوي	كميات العجز المائي
١٩٩٧	٢٥٠,٩	١١٢	١٣٨,٩
١٩٩٨	٢٥٤,٠	١١٢	١٤٢,٠
١٩٩٩	٢٢٤,٥	١١٢	١١٢,٥

المصدر: [٢].

٣،٢ أهم المشاكل المتعلقة بالمياه الجوفية

١. غياب الاستراتيجية الشاملة للتنمية الاقتصادية، للسياسات المائية والسكانية والزراعية والصناعية.

٢. غياب العائد المادي الذي يعكس القيمة الحقيقية للطلب على المياه الجوفية، باعتبارها أحد أهم الموارد الطبيعية المهددة بالنضوب .

٣. عدم تقيد الأفراد والشركات والمصانع المعنية بالمراسيم الأميرية والقوانين واللوائح الحديثة والقديمة منها، والتي تنص على ضرورة التوقف عن حفر الآبار إلا للمصلحة العامة (مرسوم أميري رقم 12لسنة 1997)، وما تلاه من تحديد عقوبات حددها المرسوم الأميري الصادر في عام 1999بغرامة تصل إلى 2000دينار . [3]

٣،٣ الموارد المائية غير التقليدية

للحصول على مياه الشرب لابد من إيجاد مصادر أخرى كالمياه المحلاة لتحقيق هدفين، هما:

- خفض مستوى استهلاك المياه الجوفية.
- تحسين نوعية المياه التي وصلت إلى درجة ملوحة عالية.

جدول (2)

إجمالي الطلب على المياه المحلاة سنويا بمملكة البحرين (مليون متر مكعب)

السنة	سترة	أبوجرجور	الدور	الحد	المجموع
1995	34.74	16.37	1.59	-	52.71
1996	36.40	16.60	7.59	-	60.59
1997	37.58	17.44	3.91	-	58.93
1998	38.71	20.11	3.30	-	60.00
1999	38.39	20.40	3.96	-	62.75
2000	35.36	20.39	2.37	23.71	81.83

* المصدر [4]

أهم المشاكل المتعلقة بالمياه المحلاة

سوف نشير في هذا الجانب إلى أهم المشكلات التي تواجهها محطات تحلية مياه البحر وهي:

١. ارتفاع تكاليف إنشاء محطات التحلية.

٢. ارتفاع تكلفة إنتاج وحدة واحدة من المياه المحلاة، حيث بلغت تكلفة تحلية المتر المكعب من المياه إلى ٠,٦٣٥ دينار بحريني [٥]، كما أشارت دراسات أخرى إلى ارتفاع قيمة المتر المكعب من المياه المحلاة وحسب تقديرات تلك الدراسات وصلت تكلفة المتر المكعب من مياه شبكة التوزيع إلى ٠,٧٠٣ دينار بحريني في عام ٢٠٠٠، [٣].

٣. ارتفاع مستوى التلوث في مياه الخليج العربي جراء وجود المصانع المختلفة ومحطات التحلية ومحطات معالجة مياه المجاري على ضفافه، مما قد يؤثر على عملية التحلية وإنتاج المياه المحلاة.

3.4 مياه الصرف الصحي المعالجة

تم إنجاز المخطط الرئيسي لمشروع المجاري بمملكة البحرين في عام ١٩٧٥. وقد حدد هذا المخطط الاحتياجات الحالية آنذاك، وكذلك الاحتياجات المستقبلية لخطوط المجاري ومحطات المعالجة. وقد بدأ العمل في مشاريع الخطوط الفرعية وتوصيلات المنازل في عام ١٩٧٩، ويتوقع إنجازها في عام ٢٠١٠، وتم الانتهاء من مشروع المعالجة بمرحلتين الأولى والثانية في عام ١٩٨٩، حيث اشتمل على محطات ضخ فرعية ومحطة معالجة مركزية في توبلي وخطوط نقل وتوزيع رئيسية ومواقع للتخزين. وقد صممت محطة المعالجة المركزية في توبلي بمرحلتين، الأولى والثانية، والتي تكون طاقتهما الاستيعابية ٤٥٠ ألف نسمة، أما المرحلة الثالثة من المشروع فمن المتوقع أن ترفع طاقة المحطة لتخدم 875 ألف نسمة .

يبين الجدول (٣) مستوى المعالجة بمحطة توبلي وكميتها وطاقتها الإنتاجية

جدول(٣)

كمية مياه الصرف الصحي المعالجة يومياً في محطة توبلي (متر مكعب).

مياه الصرف الصحي الواردة للمحطة	كمية المياه المعالجة ثنائياً	النسبة%	كمية المياه المعالجة ثلاثياً	النسبة%	سعة المحطة
160,000	90,000	56.25	42,000	26.25	160,000

المصدر: [٦].

والجدول (٤)، يوضح التكاليف السنوية للمياه المعالجة، وهذا الأمر يستوجب عمل دراسة لاستخدام هذه المياه في القطاعات الاقتصادية المختلفة، واستغلالها اقتصادياً في إطار الاستفادة من المياه المعالجة، ومحاولة إعادة جزء من تلك التكاليف، والمساهمة في تخفيف العبء عن الموارد المائية الأخرى.

جدول (٤)

التكاليف السنوية لمياه الصرف الصحي المعالجة في محطة توبلي

نوعية المياه المعالجة	تكلفة المعالجة للمتر المكعب بالدينار	الكمية (متر مكعب باليوم)	الكمية (متر مكعب بالسنة)	تكلفة المعالجة سنوياً بالدينار	أوجه الاستخدام
معالجة ثنائية	0.050	90,000	32,850,000	1,642,500	تلقى بخليج توبلي
معالجة ثلاثية	0.052	42,000	15,330,000	797,160	زراعة أعلاف وتشجير

المصدر: [٧].

٤. استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الخرسانة الجاهزة

تبرز أهمية إجراء دراسة لمعرفة مدى إمكانية استخدام المياه المعالجة في الأعمال الإنشائية من منطلق إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة، التي تصرف في غالبيتها العظمى للبحر، وتوجيهها نحو الاستخدامات في الأعمال الإنشائية، والتي تشكل جزءاً أساسياً من تكوين الأعمال الإنشائية. وقد أثبتت الدراسات أن تلك الأعمال تستحوذ على نسب كبيرة من جملة المياه المستهلكة من شبكة التوزيع، وأن هناك مقداراً للوفر الاقتصادي وحماية البيئة على حد سواء، فيما لو تم استغلال مياه الصرف الصحي المعالجة الاستغلال الأمثل.

٤,١ الطرق والمواد المستخدمة

بما أن الاستخدامات الطبيعية في دول مجلس التعاون الخليجي، تكمن في استعمال مياه شبكة التوزيع ممزوجة مع المياه الجوفية العالية الملوحة في خلط الخرسانة، ومملكة البحرين تعتبر من المناطق الجافة، فإن تجدد مصادر المياه الطبيعية قليلة، ويتم استخدامها بحذر لتوفيرها، ولتلبية الاحتياجات الآدمية. ومن خلال النتائج التي وصلت لها الدراسات السابقة في الدول المختلفة، تبين أنه يمكن استخدام المياه غير التقليدية في العمليات الإنشائية، دون إحداث أي آثار جانبية، أو تغيير في خصائص الخرسانة، ومن هنا انطلقت الدراسة لمعرفة مدى إمكانية استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الأعمال الإنشائية.

تم استخدام ثلاثة أنواع من المياه المراد إجراء تجارب الدراسة عليها وهي:

١. مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً من محطة توبلي.

٢. مياه جوفية محلاة بواسطة محطة تحلية خاصة بالمصنع وهي المياه المستخدمة في خلطات الخرسانة الجاهزة في مصنع حجي حسن العالي، وهو المصنع الذي تم فيه عمل تجارب قوة تحمل الخرسانة للضغط، علماً بأنه سوف نطلق على هذه المياه (المياه العادية) لتسهيل لغة عرض التجارب والنتائج.

٣. مياه صرف صحي معالجة من محطة توبلي، وقد تم عمل فلتره لها في مختبر جامعة البحرين من أجل تقليل نسبة الأملاح فيها والتي وصلت بعد عملية الفلترة إلى ٠,٣٣ مليجرام / لتر و وصلت النسبة المئوية للكلورايد إلى ٠,٠٠١ % وقد تم استخدام تلك المياه في التجارب لمعرفة مدى تأثير قلة الأملاح على الخلطة الخرسانية.

ومن ثم تم عمل العينات المراد اختبارها، وكان قياس المكعبات المستخدمة للعينات ١٠٠×١٠٠×١٠٠ ملم، ومكونات الخرسانة ١: ٢,٢٥: ٣,٢٥ (أسمنت : رمل : ركام)، والمحتوى المائي المستخدم في عمل الخلطات الخرسانية (٠,٤٤)، وبدأت الدراسة بخلط مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً مع المياه العادية بنسب مختلفة، حيث كانت تلك النسب:

- ١٠٠ % مياه عادية
- ٢٥ % مياه صرف صحي معالجة ثلاثياً و ٧٥ % مياه عادية
- ٥٠ % مياه صرف صحي معالجة ثلاثياً و ٥٠ % مياه عادية
- ٧٥ % مياه صرف صحي معالجة ثلاثياً و ٢٥ % مياه عادية
- ١٠٠ % مياه صرف صحي معالجة ثلاثياً
- ١٠٠% مياه صرف صحي معالجة ثلاثياً ومفلترة

وبعد ذلك تم عمل اختبار تحمل الخرسانة لقوة الضغط لفترتين، الفترة الأولى وهي فترة اختبار المدى القصير وكانت بعد ٣، ٧، ٢٨ يوماً، وهي الفترة المعتمدة في المواصفات العالمية والمحلية علماً بأن المواصفات المحلية تعتمد على المواصفات البريطانية في اختبار قوة تحمل الخرسانة للضغط والتي تنص أن لا تقل قوة كسر المكعب بعد ٧ أيام من المعالجة المائية عن ٣٧ نيوتن/ ملم^{٢} و لا تقل بعد ٢٨ يوماً عن ٤٥ نيوتن/ملم^{٢} [I]. أما فترة اختبار المدى الطويل فقد كانت بعد ٩٠، ١٨٠ يوماً، وتم عمل فترة اختبار المدى الطويل من منطلق التأكد إذا ما كانت هناك أي آثار جانبية على الخرسانة، مما يعطي الدراسة ثقة أكبر في النتائج.

وقد تم عمل ثلاث عينات لكل مكعب للتمكن من أخذ متوسط القراءات لها، وتحسباً لأي فشل في أحد المكعبات حين يتم اختبارها، أما بالنسبة للمعالجة المائية، فقد تمت معالجة كل خلطة بمياه عادية ومياه صرف صحي معالجة ثلاثياً، وذلك من اجل معرفة إمكانية استخدام تلك المياه بدلاً من المياه العادية في عملية المعالجة المائية دون استخدامها بأعمال الخرسانة ومدى تأثيرها على العينات المختبرة.

واعتمدت الدراسة على أن تكون العينة التي استخدمت فيها المياه العادية بنسبة ١٠٠%، والمعالجة المائية بمياه عادية، هي خلطة القياس التي تعتمد عليها نتائج التجارب التي استخدمت فيها مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً.

٤,٢ مياه الصرف الصحي المستخدمة في التجارب مقارنةً بالمواصفات العالمية

يبين الجدول (٥) مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً والمستخدمة في تجربة الخرسانة الجاهزة، وقد تمت مقارنة قيم التحاليل التي أخذت من مختبر محطة توبلي للمياه المراد استخدامها بالمواصفات البريطانية والأمريكية المطلوبة في أعمال الخلط الخرساني.

جدول (٥)

قيم التحاليل لمياه الصرف الصحي المعالجة من محطة توبلي مقارنةً بالمواصفات العالمية، المطلوبة في الأعمال الإنشائية، (مليجرام / لتر)

الخاصية	الوسط الحسابي	المواصفات القياسية البريطانية	المواصفات القياسية الأمريكية
الرقم الهيدروجيني (pH)	٧,٢	٧,٠	٧,٠
التوصيل الكهربائي (ميكروموز/السنتم)	٥٢٠٠	–	–
الأملاح الذائبة	٣١٤٠	٢٠٠٠	٤٠٠٠
العكارة (UNT)	٠,٢	–	–
الحاجة البيولوجية للأكسجين (BOD)	١	٢٠٠٠	٢٠٠٠
الحاجة الكيميائية للأكسجين (COD)	٣٤	–	–
الأملاح المعلقة	١	–	–
الأمونيا (كنيتروجين)	٠,١	–	–
النيترات (كنيتروجين)	٠,٠٠٤	–	–
الصوديوم (Na)	٧١٧	–	–
البوتاسيوم (k)	٤١	< 2000	-
الكالسيوم (CA)	١٦١	–	–
المغنيسيوم (MG)	٩٣	–	–
البورون (B)	٠,٦٦	٦٠٠	–
الكلورايد (CL)	1,770	٥٠٠	500
الكبريتات (SO4)	455	١٠٠٠	1000
الحديد (Fe)	0.43	٥٠٠	٥٠٠
النحاس (Cu)	٠,٤	٥٠٠	٥٠٠
الزنك (Zn)	٠,٣٣	–	–
الرصاص (Pb)	٠,٠٠١	–	–
النيكل (Ni)	0.15	–	–
الكروم (Cr)	اقل من ٠,٠٢	٥٠٠	٥٠٠
الكلورين المتبقي	٠,٥ – ١,٠	–	–
البكتريا الخارجية	صفر – ٢,٥ / ١٠٠ ملل	–	–

المصدر: [٨].

٤,٣ الاختبارات المنجزة على الخرسانة الجاهزة

يبين الجدول (٦) مكونات الخلطة الأسمنتية المستخدمة بالتجارب

جدول (٦)

المواد المستخدمة بتصميم الخلطة المرجعية للخرسانة (كيلوجرام / متر^{٣})

الأسمنت	٣٥٠
الماء	١٥٥
الرمل	٧٨٧
الركام (١٠)	٣٣٨
الركام (٢٠)	٨٠٢
مادة مستخدمة لتأخير فترة شك الخرسانة	٥,٠
مادة مستخدمة لإعطاء الخرسانة الهبوط المطلوب	٠,٦

يبين لنا الجدول (٦) كميات المواد المستخدمة بعمليات الخلط، كما يبين المواد المستخدمة التي تؤجل شك الخرسانة وفقاً للمواصفات الأمريكية، (ASTM C 403)، [II] والمادة التي تعطي الخرسانة الهبوط المناسب والمطلوب للكمية المراد استخدامها وفقاً للمواصفات الأمريكية (ASTM C 494)، [III] وهي المواد المستخدمة عادةً في مختلف مصانع مملكة البحرين.

◆ ٤,٤ نتائج اختبار قوة تحمل الخرسانة للضغط

الجدول (٧) يبين مقارنة قوة تحمل الخرسانة للضغط لمختلف نسب المياه المستخدمة والمعالجة المائية

جدول (٧)

مقارنة قوة تحمل الخرسانة للضغط لمختلف نسب المياه المستخدمة والمعالجة المائية بمياه عادية (نيوتن/ملم^{٢})

الفترة	مياه عادية بنسبة ١٠٠%	مياه عادية بنسبة ٧٥%	مياه عادية بنسبة ٥٠%	مياه عادية بنسبة ٢٥%	مياه صرف صحي ١٠٠%	مياه صرف صحي مفلترة ١٠٠%	المعالجة المائية
٣	٣٧,١	٣٠,٧	٣٧,٤	٣٠,٢	٣٤,١	٢٦,٤	مياه عادية
٧	٤٧,٧	٤٣,٥	٤٧,٤	٤٣,٠	٤٥,٦	٤٢,٢	مياه عادية
٢٨	٥٧,٠	٥٢,١	٥٥,٨	٥٢,١	٥٣,٦	٥٠,٣	مياه عادية
٩٠	٥٨,٥٥	٥٣,٤	٥٥,٩	٥٦,٥	٥٦,٨	٥٢,٠	مياه عادية
١٨٠	٦٠,٧	٥٨,٠	٦٢,٦	٥٨,٧	٥٦,٢	٥٣,٨	مياه عادية

نلاحظ من الجدول السابق، مدى تقارب نتائج اختبارات قوة تحمل الخرسانة للضغط في استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً مع المياه العادية، والتي تم اختبارها في نفس الظروف والمواد المستخدمة، وإن اختلاف النتائج بينهما لا يتعدى ١٠%، وهذا يعد مؤشراً جيداً، لإمكانية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً في الأعمال الإنشائية المختلفة.

جدول (٨)

مقارنة قوة تحمل الخرسانة للضغط لمختلف نسب المياه المستخدمة والمعالجة المائية بمياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً(نيوتن/ملم^2)

الزمن	مياه عادية بنسبة ١٠٠%	مياه عادية بنسبة ٧٥%	مياه عادية بنسبة ٥٠%	مياه عادية بنسبة ٢٥%	مياه صرف صحي ١٠٠%	مياه صرف صحي مفلترة ١٠٠%	المعالجة المائية
٣	٣٥,٠	٣٣,١	٣٧,٠	٣١,٦	٣٤,١	٢٢,٠	مياه صرف
٧	٤٣,٨	٤٥,١	٤٦,٠	٤٤,٨	٤٢,٨	٤٠,٩	مياه صرف
٢٨	٥٠,٤	٥١,٨	٥٤,٦	٥٠,٣	٥٣,٣	٤٨,٦	مياه صرف
٩٠	٥٢,٨٥	٥١,٣	٤٦,٣	٥٥,٨٥	٥٥,٢	٥١,٦	مياه صرف
١٨٠	٥٥,٧	٥٧,٩	٥٦,٤	٦٠,٩	٥٣,٤	٥٣,٤	مياه صرف

نلاحظ من الجدول (٨) مقارنة لمتوسط القراءات التي أجريت على مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً والمعالجة المائية بمياه صرف صحي معالجة، مقارنةً بالخلطة القياسية، ونلاحظ أن اختلاف نوعية المياه المستخدمة في المعالجة المائية لا تؤثر على نتائج الخرسانة، وهذا يدل على كفاءة استخدام تلك المياه في هذه العمليات.

٤,٥ تحليل النتائج والاستنتاجات العامة على تجربة خلط الخرسانة

يؤثر الماء باعتباره أحد مقومات الخرسانة بشكل كبير على العديد من خواصها الهامة في حالتيها اللدنة والمتصلبة، ومن هذا المنطلق نستنتج من الاختبار السابق، أنه لا يوجد هناك فرق كبير بين المياه العادية ومياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً، خاصة وأن المياه المعالجة ثلاثياً، أظهرت نتائجها والتي أتت من خلال الاختبار، بأنها مطابقة لمواصفات المياه المطلوبة في الخلط الخرساني، وما أكد صحة هذه النتائج المقارنة التي أتت في الجدولين (٧) (٨)، والتي أثبتت أن هناك نسبة نجاح كبيرة لمياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً في استخداماتها بالخلط الخرساني، أيا كانت نسبة المياه المعالجة المراد استخدامها في هذا المجال، ومن خلال هذه الدراسة والنتائج التي وصلت إليها، يمكن القول إن هناك إمكانية كبيرة في استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً بالخلطات الخرسانية في مملكة البحرين، عوضاً عن مياه شبكة التوزيع والمياه الجوفية، وذلك من أجل المساهمة بالاستفادة من التكاليف التي تصرف على معالجة هذه المياه، وتخفيف الاستنزاف الواقع على الآبار الجوفية جراء هذه المصانع، والمساهمة الفعلية لتقليل نسبة العجز المائي بشكل عام، والحفاظ على البيئة بمملكة البحرين.

٥. استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في عمليات غسل الرمل البحري

مملكة البحرين عبارة عن مجموعة من الجزر يصل مجموعها إلى ٣٦ جزيرة بمساحة إجمالية قدرها ٧١٠ كيلومتر مربع، كما تقدر المساحة البحرية المحيطة بالبحرين بنحو ٣٠٠٠ كيلومتر مربع [٩]، وتتميز البحرين بكثافة سكانية كبيرة، بل إنها تعتبر من أكبر الدول العربية من ناحية الكثافة السكانية، كما أن غالبية مناطق البحرين عبارة عن أراضٍ صخرية جيرية تتخللها بعض الكثبان المتفرقة والأراضي الملحية، لذلك اتجهت الشركات التجارية المتخصصة في عمليات غسل الرمل إلى مياه البحر لجلب الرمل البحري ومعالجته للاستفادة منه في الأعمال الإنشائية.

٥,١ الطرق المتبعة في اختبار مياه الصرف الصحي المعالجة في غسل الرمل البحري

كانت خطة العمل المتبعة لإجراء اختبار مدي إمكانية استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً في عمليات غسل الرمل البحري، موزعة على أربع جهات، وهي محطة توبلي لمعالجة مياه المجاري حيث كانت هي الجهة المانحة للمياه المراد عمل التجربة عليها، ووزارة المملكة لشؤون البلديات والبيئة، وهي الجهة التي تمت الاستعانة بها لنقل تلك المياه من المحطة إلى موقع العمل، ومصنع ناس لغسل الرمل البحري وهو الموقع المراد عمل التجربة فيه، ومختبر الحوطي وهو الذي تم اختبار الرمل المغسول بالتجربة فيه. ثم تم إعداد موقع العمل في المصنع ، بتجهيز الآلات الميكانيكية المستخدمة، وكمية الرمل المراد غسله بالمياه العادية ومياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً، وكانت كل كمية الرمل المستخدم تساوي ١٠ أطنان.

ويوضح الجدول (٩) خصائص مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً من محطة توبلي [١٠]، كما يوضح الجدول (١٠) خصائص المياه المستخدمة في المصنع.

جدول (٩)

خصائص المياه المعالجة ثلاثياً من محطة توبلي المستخدمة في غسل الرمل البحري [١٠]

المواد	النتائج
الرقم الهيدروجيني	٧,٠
كمية الأملاح الذائبة	٣١٤٠ مليجرام / لتر
التوصيل الكهربائي	٥٠٠٠ ميكروموز / سنتم
الكلورايد	١٧٧٠ مليجرام / لتر
الكبريتات	٤٥٥ مليجرام / لتر

جدول (١٠)

خصائص المياه المستخدمة لغسل الرمل البحري في مصنع ناس [١١]

المواد	النتائج
الرقم الهيدروجيني	٧,٠
كمية الأملاح الذائبة	١٤٠٠٠ مليجرام/ لتر
التوصيل الكهربائي	٢٠٨٠٠ ميكروموز / سنتم
الكلورايد	٧٧٩٩ مليجرام/ لتر
الكبريتات	٥٤٩ مليجرام/ لتر

وقد بدأت التجربة بتفريغ كمية المياه في خزان الآلة المستخدمة خصيصاً لهذه التجربة وبدء العمل في المصنع. وبعد الانتهاء من العمل تم أخذ ثلاث عينات عشوائية من الرمل المغسول بمياه الصرف الصحي المعالجة، وأخذت نفس كميات العينات من الرمل المغسول بنفس الطريقة ونفس الوقت بالمياه العادية المستخدمة في المصنع وبطريقة عشوائية أيضا، كما تم أخذ ثلاث عينات وبنفس الطريقة السابقة من الرمل البحري غير المغسول، أرسلت جميعها إلى معمل الحوطي للخدمات التحليلية وهو المعمل الذي يتم التعامل معه من قبل مصنع ناس لتحليل العينات.

يبين الجدول (١١) نتائج استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في عمليات غسل الرمل البحري.

جدول (١١)

نتائج مياه الصرف الصحي المستخدمة في التجربة مقارنةً بالمياه العادية المستخدمة بالمصنع

المكونات	رمل غير مغسول	رمل مغسول بمياه الصرف الصحي	رمل مغسول بالمياه المستخدمة بالمصنع	الحد الأعلى المسموح به
الكلورايد	0.615 %	0.046 %	0.07 %	0.1 %
الكبريتات	0.24 %	0.19 %	0.20 %	0.4 %

نلاحظ من التجربة السابقة التي تم فيها استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً في غسل الرمل البحري مقارنةً بالمياه العادية المستخدمة بالتجربة وهي التي تستخدم عادةً في المصنع، أن هناك فارقاً في النتائج لمصلحة مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثيا، أي أنه يمكن القول، وبعد الإثبات من خلال التجربة المقامة في مصنع ناس لغسل الرمل البحري، إنه لا توجد أي مشاكل فيما لو تم إحلال مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً بدلاً من المياه الجوفية و مياه شبكة التوزيع في مثل تلك الأعمال، لما لذلك من مردود بيئي في الدرجة الأولى، من حيث المحافظة على الآبار الجوفية والبيئة المحيطة بتلك المصانع، ومن الجانب الأخر هناك مردود اقتصادي كبير على المملكة والمصانع على حد سواء. ومن هذا المنطلق يجب الاتجاه إلى استخدام هذه المياه في الأعمال الصناعية المماثلة للمساهمة في تخفيف العجز المائي الذي تعاني منه مملكة البحرين، والحفاظ على المياه الجوفية وإعطائها الفرصة في تجديد نفسها واستعادة مستوياتها المائية والملحية، والتخفيف من استهلاك مياه شبكة التوزيع واستغلالها الاستغلال الأمثل.

٦. الاستنتاجات

تتسم الدراسات السابقة في مجال استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بمختلف الأعمال الإنشائية بدرجة عالية من الدقة، بالإضافة إلى عمق المعالجة والوضوح، مما جعلها تنال قبولاً واسعاً، وتصبح مراجع أساسية للمهندسين والمشتغلين في مجال الخرسانة في أنحاء كثيرة من العالم. ونظراً لانتشار الأعمال الخرسانية الإنشائية في الخليج العربي، ولكون المياه تشكل الجزء الأساسي في هذه الأعمال التي يتم تنفيذها في المنطقة تحت ظروف بيئية صعبة، تتمثل في محدودية مصادر المياه الطبيعية، فقد بدأت الدراسة باستخدام خلط النسب المختلفة من مياه الصرف الصحي المعالجة مع المياه المستخدمة بالمصانع في عمليات خلط الخرسانة وغسل الرمل البحري وإجراء الاختبارات المختلفة واللازمة لتلك العمليات من أجل معرفة مدى إمكانية استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة، كونها إحدى مصادر المياه غير التقليدية في مملكة البحرين.

وقد وصلت الدراسة إلى استنتاجات أثبتت إمكانية استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً في أعمال الخلط الخرساني، والمعالجة المائية للخرسانة، وأعمال غسل الرمل البحري، وذلك من خلال الاختبارات المختلفة التي أجريت على الخرسانة بمختلف استخداماتها للمياه العادية ومياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً، والتي أثبتت أنه لا توجد أي فروقات في جميع مراحل الاختبارات بين استخدام مختلف المياه في الخرسانة، أي أنه لا توجد أي مشاكل من استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً بتلك الأعمال.

ومن خلال الدراسة والنتائج التي وصلت إليها، يمكن القول إن هناك إمكانية كبيرة في استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً في الأعمال الإنشائية في مملكة البحرين عوضاً عن المياه العادية، دون حدوث أي تغير في خصائص الخرسانة، طبقاً للمواصفات المحلية والعالمية المعتمدة. ومن أجل المساهمة في الاستفادة من التكاليف التي تصرف على معالجة مياه الصرف الصحي، وتخفيف الاستنزاف الواقع على خزانات المياه الجوفية جراء سحب المصانع المعنية للمياه الجوفية التي تتعرض للتدهور، والمساهمة الفعلية في تقليل نسبة العجز المائي بشكل عام، والحفاظ على البيئة التي بدأت آثارها واضحة على الواقع المائي بمملكة البحرين، خلصنا إلى التوصيات التالية.

٧. التوصيات

مما تقدم يمكن صياغة التوصيات في إطار يستهدف حل مشكلة استنزاف المياه الجوفية في مختلف الأعمال الإنشائية في مملكة البحرين، وذلك على النحو التالي:

١. تشجيع القطاع الصناعي على استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً في مختلف الأعمال الإنشائية.

٢. التوسع في رفع طاقة إنتاج محطة توبلي لمعالجة مياه الصرف الصحي لاستخدامها في مختلف القطاعات، والمحافظة على المياه الجوفية التي تعتبر المورد المائي الطبيعي الوحيد في مملكة البحرين.

٣. الاستغلال الأمثل لمياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً في محطة توبلي التي يمكن من خلالها أن تساعد في تطوير القطاع الصناعي.

٤. وقف استخدام الآبار الجوفية عملاً بالمراسيم الأميرية والقرارات الوزارية واللوائح الصادرة بشأن تنظيم استخدام المياه الجوفية.

٥. إعداد دراسة جدوى خاصة لفرض تعرفه تعكس القيمة الحقيقة لاستهلاك المياه الجوفية للأغراض الصناعية.

٦. رفع درجة الوعي الإعلامي عند مصانع الأعمال الإنشائية للاستفادة من مياه الصرف الصحي المعالجة في مختلف أعمالهم.

٧. إعداد دراسة خاصة لحصر كمية ونوعية المياه المستخدمة في مختلف الأعمال الإنشائية.

٨. العمل على إعداد نماذج لمد شبكة جديدة لمياه الصرف الصحي المعالجة لمصانع الأعمال الإنشائية عن طريق استخدام نظم المعلومات الجغرافية، وعلى أن تأخذ بعين الاعتبار جميع المتغيرات ومستلزمات تلك المصانع، كالمياه المستخدمة، وشبكات التوزيع، وتصريف المياه الناتجة عن تلك الأعمال، وحركة التوسع العمراني، ومستوى المياه المطلوبة للمحافظة على مختلف الموارد المائية على بيئة خليج توبلي التي تتأثر بشكل كبير جراء صرف المياه الناتجة عن تلك الأعمال، والتي تكون محملة بكثير من المواد المضرة ببيئة الخليج، الأمر الذي ينعكس على البيئات الطبيعية المختلفة فيه.

المراجع العربية

١. النعيمي، مبارك أمان (١٩٩٩)، تقييم الموارد المائية المتاحة وأوجه الاستخدامات بدولة البحرين، سلسلة الدراسات والبحوث العلمية، مركز البحرين للدراسات والبحوث.

٢. إدارة مصادر المياه (١٩٩٩) كمية عجز المياه الجوفية. وزارة الأشغال والزراعة، دولة البحرين.

٣. عبدالغفار، عبدالحميد أحمد (٢٠٠٠)، تكاليف تدهور المورد المائي في دولة البحرين، رسالة مقدمة ضمن متطلبات الحصول على درجة الماجستير في علوم الصحراء والأراضي القاحلة، جامعة الخليج العربي.

٤. وحدة إنتاج المياه المحلاة (٢٠٠١) تسعيرة المياه في البحرين. وزارة الكهرباء والماء، دولة البحرين.

٥. خاطر، احمد رشاد (١٩٩٥)، ندوة اقتصاديات المياه، جمعية الاقتصاديين البحرينية، دولة البحرين.

٦. إدارة المجاري ومصارف المياه (٢٠٠١) الإحصائية السنوية لعام ٢٠٠١، محطة توبلي لمعالجة مياه المجاري. وزارة الأشغال، دولة البحرين.

٧. العرادي العرادي، أمل مجيد (٢٠٠٠)، كمية ونوعية مياه الصرف الصحي التي تضخ إلى خليج توبلي، ندوة خليج توبلي الواقع والتطلعات، اللجنة الوطنية لحماية الحياة الفطرية، دولة البحرين.

٨. إدارة المجاري ومصارف المياه (٢٠٠١) مختبر تحاليل مياه الصرف الصحي، محطة توبلي لمعالجة مياه المجاري. وزارة الأشغال، دولة البحرين.

٩. المدني، إسماعيل محمد، وهاشم أحمد السيد (٢٠٠١)، بيئة البحرين البحرية، سلسلة كتب حول الحياة الفطرية، الهيئة الوطنية لحماية الحياة الفطرية، دولة البحرين.

١٠. إدارة إسالة المياه بوزارة الأشغال والزراعة (١٩٩٧) الكتاب الإحصائي. وزارة الكهرباء والماء، دولة البحرين.

١١. الحوطي (١٩٩٧)، مختبرات الحوطي لخدمات التحاليل الإنشائية، دولة البحرين.

المراجع الأجنبية

I. BS 1881, Part 114, British Standards (BS). Tests for Slump Concrete. BSI, London, (1978 and 1980)...

II. American Society of Testing and Materials (1992), Standard test Method for Testing Setting Time of Cement Mortar. ASTM C ٤٠٣, Annual Book of Standards, Philadelphia, Pennsylvania.

III. American Society of Testing and Materials (1992), Standard test Method for Testing Compressive Strength. ASTM C ٤٩٤, Annual Book of Standards, Philadelphia, Pennsylvania.

اقتصاديات استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة بالمملكة العربية السعودية

أحمد بن محمد العبدالقادر علي بن عبدالله الجلعود

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية – المملكة العربية السعودية

ص.ب. ٦٠٨٦ الرياض ١١٤٤٢

الملخص

يعد استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للأغراض المختلفة أحد أهم البدائل الاستراتيجية للمياه المتجددة بالمملكة العربية السعودية. وتهدف هذه الورقة إلى دراسة اقتصاديات استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في زراعة محصولي القمح والبرسيم مقارنةً باستخدام المياه الجوفية. وسيتم من خلال هذه الدراسة التعرف على خواص مياه الصرف الصحي المعالجة في منطقة الرياض بالمملكة وما تحويه من عناصر غذائية ضرورية لنمو النبات وذات أهمية اقتصادية كبيرة في إنتاج المحاصيل، يمكن الاستفادة منها كبديل للأسمدة، وزيادة إنتاجية المحاصيل مقارنةً باستخدام المياه الجوفية . أظهرت نتائج الدراسة أن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري قد وفر ما نسبته ٤٥ % من تكاليف الأسمدة اللازمة لزراعة القمح ونحو ٩٤ % من تكاليف الأسمدة اللازمة لنمو محصول البرسيم، مقارنة باستخدام المياه الجوفية، وذلك نتيجة لاحتوائه على كميات من العناصر الغذائية الضرورية والتي تفي بجزء كبير من الاحتياجات السمادية لمحصولي القمح والبرسيم. كما أظهرت نتائج الدراسة أيضاً أن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري قد أدى إلى زيادة إنتاجية محصول القمح بنسبة ١١ %، ومحصول البرسيم بنسبة ٢٣ %، مقارنة باستخدام المياه الجوفية، وبالتالي زيادة في صافي الأرباح بنسبة تصل إلى نحو ١٤ % لمحصول القمح ونحو ٢٨ % لمحصول البرسيم. إن النتائج الواعدة التي توصلت إليها الدراسة في هذا المجال تؤكد على أهمية التوسع في استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للأغراض الزراعية والاعتماد عليه كمصدر رئيس من مصادر الري الزراعي في المملكة.

مفاتيح الورقة: مياه صرف صحي معالجة، قمح، وبرسيم ، تكاليف أسمدة، إجمالي أرباح.

المقدمة

استهدفت خطة التنمية الخمسية السابعة للمملكة العربية السعودية تحقيق الاستقرار في استهلاك موارد المياه الجوفية والسطحية المتجددة بمعدلاتها الحالية، والحد من زيادة معدلات استهلاك المياه الجوفية غير المتجددة، وزيادة الاعتماد على مصادر المياه غير التقليدية كتحلية المياه المالحة لتلبية الطلب المتزايد على المياه للأغراض المنزلية والبلدية وبنسبة تصل إلى نحو (٥,٨ %) سنوياً، ومياه الصرف الصحي المعالجة لاستخدمها للأغراض الزراعية وبنسبة تصل إلى نحو (١١,٥ %) سنوياً، وذلك خلال فترة الخطة المقترحة للأعوام (١٤٢٠هـ- ١٤٢٥هـ). وقد تضمنت خطة التنمية السابعة استراتيجية متكاملة لتنمية الموارد المائية بالمملكة يتم تحقيق أهدافها خلال عدد من السياسات التي من أهمها مراجعة السياسات الحالية لقطاعي الزراعة والمياه، وتنظيم أولويات استخدام المياه، والتوسع في تطبيق الأساليب والتقنيات الحديثة للمحافظة على المياه وتحسين كفاءة استخدامها، وتطوير موارد المياه الجوفية والسطحية المتجددة وتعزيزها، وتنمية موارد المياه غير التقليدية بإنشاء محطات تحلية المياه المالحة والمرافق المرتبطة بها ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي والزراعي وإعادة استخدامها ... مع التأكيد على دراسة أثر استخدام المياه المعالجة في الزراعة (وزارة التخطيط ، ١٤٢١هـ). ويستعرض جدول (١)، تقديرات ميزان المياه الوطني بالمملكة.

جدول (١). تقديرات ميزان المياه الوطني بالمملكة العربية السعودية

(مليون متر مكعب/سنوياً)

البيان	١٤٢٠/١٤١٩هـ	النسبة إلى الإجمالي (%)	١٤٢٥/١٤٢٤هـ	النسبة إلى الإجمالي (%)
مصادر الطلب على المياه				
الأغراض الزراعية	١٨٥٤٠	٨٩,٣٩	١٩٨٥٠	٨٨,٣٠
الأغراض المنزلية والبلدية	١٧٥٠	٨,٤٤	٢٠٣٠	٩,٠٣
الأغراض الصناعية	٤٥٠	٢,١٧	٦٠٠	٢,٦٧
إجمالي الطلب على المياه	**٢٠٧٤٠**	**١٠٠**	**٢٢٤٨٠**	**١٠٠**
مصادر المياه المتاحة (العرض)				
المياه الجوفية غير المتجددة	١١٧٦٩	٥٦,٧٥	١٣١٢٠	٥٨,٣٦
المياه السطحية والجوفية المتجددة	٨٠٠٠	٣٨,٥٧	٨٠٠٠	٣٥,٥٩
مياه التحلية	٧٩١	٣,٨١	١٠٥٠	٤,٦٧
مياه الصرف الصحي المعالجة	١٨٠	٠,٨٧	٣١٠	١,٣٨
إجمالي موارد المياه المتاحة	**٢٠٧٤٠**	**١٠٠**	**٢٢٤٨٠**	**١٠٠**

وزارة التخطيط، خطة التنمية السابعة،١٤٢١هـ.

يوجد بالمملكة حاليا (٣٠) محطة معالجة لمياه الصرف الصحي، تنتج نحو ١,٢٥ مليون متر مكعب يومياً، يتم ضخ نسبة كبيرة منها للمزارع لإعادة استخدمها في ري المحاصيل الزراعية بطرق الري السطحي التقليدي (الشعلان، ١٤٢٢هـ).

وقد بدأت المملكة في استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بمدينة الرياض عام ١٤٠٠هـ لأغراض الري والتبريد إضافة إلى التصريف الآمن لمياه الصرف الصحي حفاظاً على البيئة والصحة العامة (وزارة الزراعة والمياه، ١٤٢٢هـ).

يُعد استخدام مياه الصرف المعالجة للأغراض المختلفة أحد أهم البدائل الاستراتيجية للمياه المتجددة في كثير من بلدان العالم خاصة تلك التي تعاني من نقص في مواردها المائية التقليدية. وقد انتشر استخدام مياه الصرف المعالجة عالمياً بشكل رئيس للأغراض الزراعية المختلفة كري المسطحات الخضراء والمراعي، والمحاصيل النجيلية، ومحاصيل الحبوب التي لا يتم استهلاكها مباشرة من الإنسان (*Dean, and Lund, 1981*). وقد أظهرت الدراسات العلمية المتخصصة إمكانية استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة وأثر ذلك على زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية المروية به كالبرسيم والسبانخ والقمح والطماطم (الراجحي وآخرون، ١٩٩٢م؛ *Al-Jaloud, 1994*)، والذرة (*Campbell. et al., 1983*) ، وفول الصويا (*Cordonnier and Johnson, 1983*)، والقطن (*Beilorai, et al., 1984*). كما أشارت بعض الدراسات العلمية المتخصصة إلى إمكانية استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة كمصدر رئيس للعناصر الغذائية الرئيسة الضرورية لنمو النبات كالنيتروجين والفسفور والبوتاسيوم وغيرها من العناصر الغذائية الأخرى كالحديد والزنك والمنجنيز والنحاس إضافة إلى استخدامه كمصدر بديل لمياه الري الزراعي (*Bole and Bell, 1978*؛ *Campbell. et al., 1983*؛ الجلعود، ١٤١٧هـ).

يتم استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة، أيضا، بهدف تحسين مواصفات مياه الصرف ذاته، وتقليل مخاطر تراكم العناصر الضارة به في التربة والمياه الجوفية، حيث يمتص النبات المروي بمياه الصرف الصحي كمية لا بأس بها من العناصر الغذائية المتاحة بتلك المياه للاستفادة منها في زيادة نموه وإنتاجيته (*Hanway and Weber, 1971*؛ *Linden. et al., 1984*؛ الراجحي وآخرون، ١٩٩٢م). من جانب آخر، فإن استخدام مياه الصرف الصحي في الري – وبما تحويه من العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات – يمكن أن تحقق عائداً اقتصادياً مجدياً في الاستثمار الزراعي، يتفاوت مقداره حسب نوع وحجم نظام الري المستخدم (*Rosenqvist, et al., 1997*). ويلاحظ أن تكاليف الأسمدة اللازمة لنمو النبات تنخفض أو تتلاشى بالكامل تباعاً لانخفاض مستوى المعالجة، نتيجة لارتفاع مستوى العناصر الغذائية المتبقية بمياه الصرف الصحي. وأن الإنتاج الزراعي و/أو أسعار الإنتاج قد تنخفض، أيضا، تباعاً للفرق بين مستوى العناصر الغذائية الضرورية للنبات والمتاحة فعلا في مياه الصرف الصحي (*Haruvy, et al., 1999; Haruvy, 1998*).

ومع تزايد استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة عالميا للأغراض المختلفة خاصة الزراعية، فقد ظهرت الحاجة إلى وضع أسس سليمة وآمنة تضمن حماية الصحة العامة والبيئة، تكون مبنية على دراسات علمية محلية وعالمية موثقة. ومن هذا المنظور، فقد أصدرت منظمة الأغذية والزراعة العالمية معايير تتعلق بنوعية المياه المعالجة من الناحية الكيميائية خاصة ما يتعلق بكمية الأملاح الذائبة ومدى ملاءمتها لدرجة تحمل النبات للملوحة، وتركيز المعادن الثقيلة والنادرة ومدى تأثر النبات بالتراكيز المرتفعة منها (*Pescod and Alka,1988*). كما أصدرت منظمة الصحة العالمية معايير تتعلق بنوعية وتراكيز الكائنات الحية الدقيقة المتواجدة بمياه الصرف بما في ذلك مياه الصرف الصحي المراد استخدامها للأغراض الزراعية والاستخدامات الملاءمة لذلك (منظمة الأغذية والزراعة العالمية، ١٩٩٢م). ويستعرض جدول (٢)، التراكيز القصوى الموصى بها للعناصر النادرة في مياه الصرف الصحي المعالجة وفق معايير منظمة الأغذية والزراعة العالمية. كما يستعرض جدول (٣)، الحدود الموصى بها من الناحية الميكروبولوجية لنوعية مياه الصرف الصحي المعالجة المراد استخدامها في الزراعة وفقاً لمعايير منظمة الصحة العالمية.

الهدف من البحث

يهدف البحث إلى دراسة اقتصاديات استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً بمنطقة الرياض في الزراعة كمصدر من مصادر الأسمدة مقارنةً باستخدام المياه الجوفية.

جدول (٢). التراكيز القصوى الموصى بها للعناصر النادرة
في مياه الصرف الصحي المعالجة
(جزء بالمليون)

العنصر	المياه المستعملة باستمرار ولجميع الأراضي	لاستعمال المياه لعشرين عاماً في أراضي ناعمة القوام رقمها الهيدروجيني يتراوح بين (٦,٠ – ٨,٥)
ألمنيوم	٥,٠	٢٠,٠
زرنيخ	٠,١٠	٢,٠
بيريليوم	٠,١٠	٠,٥
بورون	٠,٧٥	٢,٠
كادميوم	٠,٠١	٠,٠٥
كروم	٠,١٠	١,٠
كوبالت	٠,٠٥	٥,٠
نحاس	٠,٢٠	٥,٠
فلور	١,٠	١٥,٠
حديد	٥,٠	٢٠,٠
رصاص	٥,٠	٠,٠٧٥ [١]
ليثيوم	٠,٠٧٥ [١]	٠,٠٧٥ [١]
منجنيز	٠,٢٠	١٠,٠
موليبدنم	٠,٠١	٠,٠٥
نيكل	٠,٢٠	٢,٠
سيلينيوم	٠,٠٢	٠,٠٢
فاناديوم	٠,١	١,٠
زنك	٢,٠	١٠,٠

Pescod and Alka,1988

١- الحدود القصوى المسموح بها لري الموالح.

جدول (٣). الحدود الموصى بها من الناحية الميكروبولوجية لنوعية مياه الصرف الصحي المعالجة المراد استخدامها في الزراعة

الفئة	أنواع المزروعات المسموح بها	المجموعة المعرضة	الديدان المعوية (المتوسط الحسابي لعدد البيض في اللتر)	البكتيريا البرازية (المتوسط الهندسي للعدد لكل ١٠٠ مل)	المعالجة اللازمة للمياه لتحقيق النوعية الميكروبولوجية المطلوبة
أ	ري المحاصيل المحتمل أكلها دون طهي، والملاعب الرياضية، والمنتـــزهات العامة	العمال ، والمستهلكون، والعامة	١ >	١٠٠٠ >	مجموعة من أحواض الترسيب مصممة لتحقيق النوعية المشار إليها أو معالجة مكافئة
ب	ري محاصيل الحبوب، والمحاصيل الصناعية، ومحاصيل العلف، والمراعي، والأشجار	العمال	١ >	لا يوجد معيار واحد	الحجز في أحواض الترسيب لفترة ٨-١٠ أيام أو ما يعادلها من معالجة لإزالة الديدان المعوية والميكروبات البرازية .
ج	نظم الري الموضعي لري لمحاصيل في الفئة (ب) إذا أمكن تجنب تعرض العمال أو العامة للمياه	لا يوجد	لا تطبق	لا ينطبق	معالجة المياه حسب متطلبات نظام الري المستخدم بما لا يقل عن أحواض الترسب الثانوية .

منظمة الأغذية والزراعة العالمية، ١٩٩٢م.

نوعية مياه الصرف المعالجة ونوع المحصول

تضمنت إرشادات منظمة الصحة العالمية تحديد نوعية مياه الصرف الصحي المعالجة المناسبة للاستخدامات الزراعية المختلفة، كري المسطحات الخضراء والمنتزهات وأنواع الفواكه والخضراوات والمحاصيل الزراعية الأخرى المناسبة لكل مستوى من مستويات المعالجة سواءً كانت معالجة أولية أو ثانوية أو ثلاثية (*Biswas and Arar, 1988*). ويوضـــح جدول (٤)، العلاقة بين أنواع مختارة من النباتات والمحاصيل الزراعية ونوعية مياه الصرف الصحي المعالجة.

جدول (٤). العلاقة بين أنواع مختارة من النباتات والمحاصيل الزراعية ونوعية مياه الصرف الصحي المعالجة [١]

نوعية مياه الصرف	النباتات أو المحاصيل الزراعية
معالجة أولية	أشجار غابات نباتات الزينة، القطن، التيل، قصب السكر المستخدم في الصناعة، النباتات المستخدمة في صناعة العطور والأدوية، محاصيل الحبوب، المحاصيل المستخدمة في إنتاج الزيوت، الفواكه التي تكون ثمارها بعيدة عن الأرض ويمكن حمايتها كلية من التلوث .
معالجة ثنائية بعد تعقيمها	الخضراوات التي لا تؤكل طازجة وتكون فوق ساق النبات بعيدة عن سطح الأرض مثل الجوافة والمانجو والموالح.
معالجة ثلاثية	جميع أنواع المحاصيل ومنها ما يكون ثماره قريبة من سطح الأرض بشرط أن لا تؤكل طازجة ويوقف الري قبل ٢-٤ أسابيع قبل الحصاد .

Biswas and Arar, 1988

١. يمنع منعاً باتاً استخدام مياه الصرف الصحي لري المحاصيل التي تؤكل ثمارها طازجة .

الإجراءات المتبعة بالمملكة لاستخدامات مياه الصرف الصحي المعالجة للأغراض المختلفة

أوجدت بعض الدول معايير خاصة لمياه الصرف الصحي المراد استخدامه للري، وتحديد العلاقة بين المحاصيل الزراعية ودرجة المعالجة المستخدمة. ومن منطلق اهتمام المملكة العربية السعودية باستخدام مياه الصرف المعالجة للأغراض المختلفة وضمان الاستفادة منها - كأحد المصادر الرئيسة غير التقليدية للمياه للأغراض المختلفة - وفق المعايير القياسية المعمول بها محليا، فقد أصدرت المملكة عام ١٤٢١ هـ (نظام مياه الصرف الصحي المعالجة وإعادة استخدامها)، وذلك لتحقيق ما يلي:

١. التوصل إلى مستويات مقبولة للتخلص من مختلف أنواع مياه الصرف الصحي العامة.
٢. تحقيق مستويات آمنة لإعادة استخدامه في مجالات الري الزراعي وري الحدائق العامة والأماكن الترويحية وتغذية المياه الجوفية والتبريد والأغراض الصناعية وأي استخدامات أخرى.
٣. تأمين درجة كافية من حماية الصحة من الآثار الضارة الناجمة عن التلوث وانتقال الأمراض.

هذا وقد تضمنت المادة الرابعة لنظام مياه الصرف الصحي المعالجة وإعادة استخدامها بالمملكة، عدد من المعايير القياسية التي يُشترط توافرها في مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً المراد استخدامها لأغراض الري غير المقيد، لري جميع المحاصيل بدون استثناء ، ويوضح جدول (٥) تلك المعايير القياسية.

منهجية الدراسة وخطة العمل

تحتوي مياه الصرف الصحي على العديد من العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات ذات الأهمية الاقتصادية العالية، نظراً لاحتوائها على كميات مختلفة من احتياجات بعض المحاصيل الزراعية من المخصبات النباتية كالنيتروجين والفسفور والبوتاسيوم والحديد والزنك والمنجنيز والنحاس، الأمر الذي جعلها مصدراً رئيساً ومجالا واعداً يمكن الاستفادة منها كبديل

للأسمدة الكيميائية. وبدراسة خواص مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً بمدينة الرياض، فقد وجد أنها تحتوي على مستويات عالية من العناصر الغذائية الصغرى الضرورية لنمو المحاصيل الزراعية، وفي الحدود المسموح بها محلياً وعالمياً، جدول (٦).

أجريت تجربة حقلية بمحطة الأبحاث الزراعية التابعة لمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية بديراب في تربة طمية، لتقييم أثر استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بمدينة الرياض على إنتاجية محصولي القمح والبرسيم وعلى التربة الزراعية، مقارنة باستخدام المياه الجوفية. كما تم دراسة اقتصاديات استخدام المياه المعالجة على حساب التكاليف والأرباح لزراعة القمح والبرسيم في المملكة وتقدير مجالات الاستثمار الواعدة في هذا المجال.

نتائج الدراسة

تحتوي مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً بمدينة الرياض والتي تم استخدامها في التجربة الحقلية لري محصولي القمح والبرسيم، على العناصر الغذائية الضرورية لنمو المحاصيل المختارة، والتي يمكن استخدمها كبديل للأسمدة الكيميائية الضرورية لنمو النبات. وبحساب كمية تلك العناصر الغذائية بمياه الري الموسمية المستخدمة في التجربة الحقلية لكل هكتار على أساس أن الاحتياجات المائية الكلية لمحصول القمح – عند استخدام مياه ري ذات تركيز يبلغ ١٥٠٠ جزء بالمليون باستخدام نظام الرش – تقدر في المتوسط بنحو ٧٦٩٢,٥ متر مكعب/هكتار/موسم ، ونحو ٣٧٥١١ متر مكعب / هكتار / موسم لمحصول البرسيم (الزيد وآخرون، ١٤٠٨هـ)، فقد وجد أنها تفي بجزء كبير من الاحتياجات السمادية الموسمية اللازمة لزراعة محصول القمح ومحصول البرسيم، ويوضح جدول (٧)، الاحتياجات السمادية اللازمة لزراعة محصولي القمح والبرسيم.

جدول (٥). المعايير القياسية المشترط توافرها في مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً المراد استخدامها لأغراض الري غير المقيد بالمملكة العربية السعودية

الضوابط	أقصى مستويات التلوث (ملجم/لتر)	الضوابط	أقصى مستويات التلوث (ملجم/لتر)
الخواص الطبيعية		**الخواص الكيميائية ... يتبع**	
المواد الطافية	لا شيء	فضة	٠,٥
المواد الصلبة العالقة	١٠,٠[1]	ليثيوم	٠,٠٧
الأس الهيدروجيني	٦-٨,٥	منجنيز	٠,٢
الخواص الكيميائية العضوية		زئبق	٠,٠٠١
الأوكسجين الحيوي المستهلك	١٠,٠[1]	موليبيدنيوم	٠,٠١
درجة العكارة	٥,٠ وحدة عكاره	نيكل	٠,٢
زيوت تشحيم	لا يوجد	نترات	١٠,٠
فينول	٠,٠٠٢	سيلنيوم	٠,٠٢
الخواص الكيميائية		فانديوم	٠,١
ألمنيوم	٥,٠	زنك	٢,٠٠
زرنيخ	٠,١	نترات	١٠,٠
بيريليوم	٠,١	كلوريدات	١٠٠
بورون	٠,٥	كبريتات	٦٠٠
باريوم	١,٠	أمونيا	٥
كادميوم	٠,٠١	فانديوم	٠,١
كلورين حر	٠,٢٠[2]	زنك	٢,٠٠
كروم	٠,١٠	نترات	١٠,٠
كوبالت	٠,٠٥	كلوريدات	١٠٠
نحاس	٠,٤	كبريتات	٦٠٠
سيانيد	٠,٠٥	أمونيا	٥
فلوريد	١,٠	**الخواص الجرثومية**	
حديد	٢,٠	عدد عصيات القولون البرازية (عدد/١٠٠ مللتر)	٢,٢[3]
رصاص	٠,١	عدد بويضات الديدان المعوية الحية (عدد/لتر)	١ بيضة حية

وزارة المياه، ١٤٢٣هـ.

١- لا يزيد المعدل الأسبوعي عن ١٥ ملجم/لتر

٢- لا يقل عن ٠,٢ ملجم/لتر في حالة استخدام الكلور للتطهير.

٣- تعتبر مياه الصرف الصحي المعالجة مطهرة بدرجة غير معدية وكافية لاستخدامها في الري غير المقيد في حالة عدم زيادة الرقم الأعلى المحتمل لعصيات القولون البرازية عن ٢,٢ عدد/١٠٠ مللتر (أو ما يكافئها بطرق القياس الأخرى)، وفقاً لما تحدده نتائج الاختبار الجرثومي خلال أسبوع. كما لا تزيد عن ١٠٠/٢٣ مللتر في أي عينة (أو ما يكافئها بطرق القياس الأخرى)

جدول (٦). خواص مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً بمدينة الرياض مقارنة بالمياه الجوفية

العنصر	وحدة القياس	مياه صرف صحي معالجة	مياه جوفية
الأس الهيدروجيني	*PH*	٧,٢٦	٧,٨
التوصيل الكهربائي	دسي سيمنز/م	١,٦١	٠,٧
الأوكسجين الحيوي المستهلك	جزء بالمليون	٢٨	٠٠
النيتروجين	جزء بالمليون	٢٠,٧	٠٠
الفوسفور	جزء بالمليون	٧	٠٠
بوتاسيوم	جزء بالمليون	١٥,١	٢,٩
كالسيوم	جزء بالمليون	١٢٨	٦١
مغنسيوم	جزء بالمليون	٢٨	٢٣
صوديوم	جزء بالمليون	١٤٠	٤٥
كبريتات	جزء بالمليون	٦,٨	٣,٩
كلور	جزء بالمليون	٤,٨	١,٨
حديد	جزء بالمليون	٠,٢٤	٠٠
زنك	جزء بالمليون	٠,١١	٠٠
منجنيز	جزء بالمليون	٠,٠٤	٠٠
نحاس	جزء بالمليون	٠,٠١	٠٠
رصاص	جزء بالمليون	٠,٠٠٢	٠٠
نيكل	جزء بالمليون	٠,٠٠٣	٠٠
كادميوم	جزء بالمليون	٠,٠٠٠٤	٠٠
كروم	جزء بالمليون	٠,٠٠٣	٠٠
كوبالت	جزء بالمليون	٠,٠٠٢	٠٠

الجلعود، ١٤١٧هـ.

وقد تم حساب العناصر الغذائية الضرورية لنمو المحاصيل المتوفرة بمياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً بمنطقة الرياض وفق المعادلة الرياضية التالي:

$$Q_e \equiv \frac{MC_e \times WR_c}{1000} \qquad (١)$$

حيث أن:

Qe = كمية العناصر الغذائية الضرورية للنبات بمياه الصرف الصحي (كجم/هكتار/موسم).

MCe = تركيز العناصر الغذائية الضرورية للنبات بمياه الصرف الصحي (جزء بالمليون).

WRc = الاحتياجات المائية الكلية للمحصول (م٣/هكتار/موسم).

e = العناصر الغذائية بمياه الصرف الصحي (نيتروجين، فسفور، بوتاسيوم، حديد، زنك، منجنيز، نحاس).

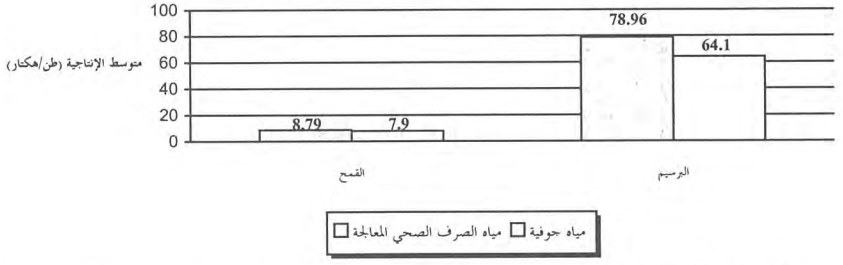
c = المحاصيل الزراعية المختارة بالدراسة (قمح، برسيم).

جدول (٧). الاحتياجات السمادية اللازمة لزراعة محصولي القمح والبرسيم

محصول القمح (كجم/هكتار/موسم)		محصول البرسيم (كجم/هكتار/سنة)	
العنصر	الاحتياج الفعلي[١]	المتاح بمياه الصرف الصحي	الاحتياج الفعلي[١]	المتاح بمياه الصرف الصحي
النيتروجين	٢٥٠	١٥٩,٢٣	٢٠٠	٧٧٦,٤٨
الفسفور	٢٠٠	٥٣,٨٥	٣٠٠	٢٦٢,٥٨
البوتاسيوم	٢٠٠	١١٥,٣٩	٢٥٠	٥٦٢,٦٧
الحديد	٤	١,٨٥	٣	٩,٠٠
الزنك	٣	٠,٨٥	٢	٤,١٣
المنجنيز	٢	٠,٣١	١	١,٥
النحاس	٢	٠,٠٨	١	٠,٣٨

١. الجلعود والشمري، البروج وعلاقتها بالزراعة في المملكة العربية السعودية، ١٤١٨هـ.

تم قياس أثر استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في ري محاصيل القمح والبرسيم على متوسط الإنتاجية وعلى أنسجة النبات وعلى التربة ، مقارنة باستخدام المياه الجوفية. وقد أظهرت نتائج الدراسة أن متوسط إنتاجية محصول القمح تصل إلى نحو ٨,٧٩ طن/هكتار عند استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة، مقارنة بنحو ٧,٩٠ طن/هكتار عند استخدام المياه الجوفية. كما وجد أن متوسط المادة الجافة من البرسيم للقطعة الواحدة (١٢م^{٢}) يصل إلى نحو ٩٤,٨ كجم - أي ما يعادل نحو ٧٨,٩٦ طن/هكتار ، مقارنة بنحو ٧٦,٩ كجم بالمياه الجوفية أي ما يعادل نحو ٦٤,١٠ طن/ هكتار. وتعزى الزيادة في متوسط إنتاجية القمح بنسبة ١٣ % وإنتاجية البرسيم بنسبة ٢٠ % عند استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة مقارنة بالمياه الجوفية ، إلى زيادة محتواها من العناصر الغذائية التي تفي باحتياجات المحصول منها ... مما يعكس بوضوح الميزة النسبية لاستخدام مياه الصرف المعالجة في الري الزراعي بالمملكة العربية السعودية. ويستعرض الشكل (١)، أثر استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة على إنتاجية القمح والبرسيم مقارنة بالمياه الجوفية.



شكل (١): أثر استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة على إنتاجية القمح والبرسيم مقارنة بالمياه الجوفية

أظهرت نتائج الدراسة، أيضا، أن تركيز العناصر الثقيلة كالنحاس والرصاص والنيكل والكوبلت في أنسجة النبات لم تتجاوز الحدود المسموح بها وفق المعايير العالمية. في حين زاد تركيز عنصر النيتروجين في التربة زيادة كبيرة وعنصري البوتاسيوم والفسفور بنسب مقبولة عند استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة مقارنة بالمياه الجوفية، جدول (٨).

جدول (٨). تركيز العناصر الثقيلة بأنسجة النبات لمحصولي القمح والبرسيم

(جزء بالمليون)

المحصول	نوعية المياه	نحاس	رصاص	نيكل	كوبالت
القمح	مياه صرف صحي معالجة	٢,٩	٢,٣	٠,٨	٠,٥
	مياه جوفية	٢,٤	١,٥	٠,٥	٠,٥
البرسيم	مياه صرف صحي معالجة	٢,٩	٣,٣	٠,٧	٢,٦
	مياه جوفية	٢,١	٣,٣	٠,٦	٢,٣

حساب العائد والتكاليف

لدراسة أثر استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة على حساب التكاليف والإرباح لزراعة محصولي القمح والبرسيم، فقد تم حساب تكاليف الاحتياجات السمادية الضرورية للنبات عند استخدام المياه الجوفية ومقارنة ذلك عند استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة. وعلى افتراض أن إنتاج المحصول هو دالة في الاحتياجات السمادية اللازمة لنموه مع الإبقاء على العناصر الإنتاجية الأخرى ثابتة، فقد أظهرت نتائج الدراسة أن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة وفر ما نسبته ٤٥ % من تكاليف الأسمدة اللازمة لزراعة القمح مقارنة باستخدام المياه الجوفية، ونحو ٩٤ % من تكاليف الأسمدة اللازمة لنمو محصول البرسيم. ويستعرض جدول (٩)، متوسط تكاليف الاحتياجات السمادية اللازمة لزراعة محصولي القمح والبرسيم باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة مقارنة بالمياه الجوفية.

جدول (٩). متوسط تكاليف الاحتياجات السمادية اللازمة لزراعة محصولي القمح والبرسيم

(ريال/هكتار)

		تكاليف الاحتياجات السمادية للقمح			تكاليف الاحتياجات السمادية للبرسيم		
العنصر	سعر العنصر[1] (ريال/كجم)	مياه جوفية	مياه صرف صحي معالجة	وفر التكاليف	مياه جوفية	مياه صرف صحي معالجة	وفر التكاليف
نيتروجين	١,٠٠	٢٥٠	٩٠,٧٧	١٥٩,٢٣	٢٠٠	---	٢٠٠,٠٠
فسفور	٢١,٩٦[2]	٣٩٢	٢٨٦,٤٦	١٠٥,٥٤	٥٨٨	٧٣,٣٥	٥١٤,٦٥
بوتاسيوم	٣٢,٤٠[3]	٤٨٠	٢٠٣,٠٧	٢٧٦,٩٣	٦٠٠	---	٦٠٠,٠٠
حديد	٢٥,٠	١٠٠	٥٣,٨٥	٤٦,١٦	٧٥	---	٧٥,٠٠
زنك	٢٠,٠	٦٠	٤٣,٠٨	١٦,٩٢	٤٠	---	٤٠,٠٠
منجنيز	٢٠,٠	٤٠	٣٣,٨٥	٦,١٥	٢٠	---	٢٠,٠٠
نحاس	٢١,٠	٤٢	٤٠,٣٨	١,٦٢	٢١	١٣,١٢	٧,٨٨
المجموع		١٣٦٤	٧٥١,٤٥	٦١٢,٥٥	١٥٤٤	٨٦,٤٧	١٤٥٧,٥٣

١- متوسط أسعار السوق بالمملكة العربية السعودية.

٢- سعر وحدة P_2O_5

٣- سعر وحدة K_2O

كما أدى استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري إلى زيادة إنتاجية محصول القمح بنسبة ١١ %، ومحصول البرسيم بنسبة ٢٣ %، مقارنة باستخدام المياه الجوفية. وفي الجملة فإن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة وبما تحتويه من تراكيز مناسبة من المخصبات النباتية الضرورية لنمو النبات قد أدى إلى خفض في التكاليف الإنتاجية وزيادة في إنتاجية المحصول وبالتالي زيادة في صافي الأرباح بنسبة تصل إلى نحو ١٤ % لمحصول القمح ونحو ٢٨ % لمحصول البرسيم، كما هو موضح بجدول (١٠).

الخلاصة والتوصيات النهائية

اثبت الدراسات العلمية المتخصصة أن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة يمثل أحد أهم المجالات الحيوية الواعدة في القطاع الزراعي، حيث يؤدي استخدامها في الري الزراعي وبما تحويه من عناصر غذائية ضرورية لنمو النبات إلى زيادة في الإنتاجية وتحسين مواصفات مياه الصرف ذاته، وتقليل مخاطر تراكم العناصر الضارة به في التربة والمياه الجوفية، إضافة إلى تحقيق وفر في تكاليف الاحتياجات السمادية للنبات. وقد جاءت نتائج هذه الدراسة متفقة مع نتائج تلك الدراسات العلمية، حيث أدى استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في ري محصولي القمح والبرسيم إلى زيادة متوسط إنتاجيتهما بنحو ١١% ونحو ٢٣% على التوالي، مقارنة باستخدام المياه الجوفية. كما أظهرت نتائج الدراسة وجود جدوى مالية لاستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري الزراعي نتيجة للوفر في تكاليف الاحتياجات السمادية اللازمة لنمو النبات والتي تم استيفاء جزء كبير منها من العناصر الغذائية المتاحة بمياه الصرف الصحي، وإلى الزيادة في متوسط العائد المالي المصاحب للزيادة في متوسط إنتاجية المحصول، مقارنة بالمياه الجوفية. إن نتائج هذه الدراسة وغيرها من الدراسات المماثلة تؤكد على أهمية توجه دول المجلس والمملكة نحو التوسع في الاستخدام الآمن لمياه الصرف الصحي المعالجة للأغراض المختلفة خاصة الزراعية منها وتحقيق الاستفادة المثلى منها اقتصادياً وبيئياً.

جدول (١٠). مؤشرات اقتصادية حول أثر استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة على زراعة محصولي القمح والبرسيم بمنطقة الرياض – المملكة العربية السعودية

العنصر	الوحدة	محصول القمح			محصول البرسيم		
		مياه صرف صحي	مياه جوفية	الفرق	مياه صرف صحي معالجة	مياه جوفية	الفرق
متوسط سعر المنتج	ريال/طن	٣٧٢٠			٦٠٠		
متوسط الإنتاجية	طن/هكتار	٨,٧٩	٧,٩٠	٠,٨٩	٧٨,٩٦	٦٤,١٠	١٤,٨٦
متوسط الربح	ريال/هكتار	٣٢٦٩٨,٨٠	٢٩٣٨٨	٣٣١٠,٨٠	٤٧٣٧٥,٠٠	٣٨٤٦٠	٨٩١٥,٠٠
متوسط التكاليف	ريال/هكتار	٧٥١,٤٥	١٣٦٤	٦١٢,٥٥	٨٦,٤٧	١٥٤٤	١٤٥٧,٥٣
صافي الربح	ريال/هكتار	٣١٩٤٧,٣٥	٢٨٠٢٤	٣٩٢٣,٨٠	٤٧٢٨٨,٥٣	٣٦٩١٦	١٠٣٧٢,٥٣

المراجع العربية

١. الجلعود، علي عبدالله.، والشمري، عبدالعزيز سلطان، ١٤١٨هـ، البروج وعلاقتها بالزراعة في المملكة العربية السعودية. الهيئة العربية للكتاب، الرياض، المملكة العربية السعودية. ٢٢٨ ص.

٢. الجلعود، علي عبدالله، ١٤١٧هـ، إعادة استخدام مياه الصرف للزراعة في المملكة العربية السعودية. ندوة تقنيات مياه الصرف وإعادة استخدامها، ٧-٩ رجب ١٤١٧هـ، جامعة الملك سعود ، الرياض ، المملكة العربية السعودية، ص ٤٧-٦٥.

٣. الراجحي ، ضيف الله وآخرون، ١٩٩٢م، إمكانية استخدام مياه الصرف المعالجة في الري الزراعي آثاره على النبات والحيوان والإنسان. بحث مدعم بمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية رقم أت- ٩ – ٣٦، الرياض، المملكة العربية السعودية.

٤. الزيد، عبدالله عبدالرحمن وآخرون، ١٤٠٨هـ، الاحتياجات المائية للمحاصيل الرئيسة في المملكة العربية السعودية. وزارة الزراعة والمياه، الرياض، المملكة العربية السعودية، ٩٠ ص.

٥. الشعلان، سعود إبراهيم، ١٤٢٢هـ، تأثير مياه الصرف الصحي المعالجة على حركة الماء في التربة باستخدام نظام الري تحت السطحي. بحث مدعم من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية رقم أط – ١٠ – ٢٠، الرياض، المملكة العربية السعودية.

٦. منظمة الأغذية والزراعة العالمية، ١٩٩٢م، إدارة استخدام المياه العادمة للري. المكتب الإقليمي للشرق الأدنى، سلسلة النشرات الإرشادية للأراضي والمياه رقم (١)، القاهرة، جمهورية مصر العربية.

٧. منظمة الأغذية والزراعة العالمية، ١٩٩٢م، استخدام المياه العادمة وعلاقتها بصحة الإنسان. المكتب الإقليمي للشرق الأدنى، سلسلة النشرات الإرشادية للأراضي والمياه رقم (٣)، القاهرة، جمهورية مصر العربية.

٨. وزارة التخطيط، ١٤٢١هـ، خطة التنمية السابعة (١٤٢٠-١٤٢٥هـ)، الرياض، المملكة العربية السعودية.

٩. وزارة الزراعة والمياه، ١٤٢١هـ، نظام مياه الصرف الصحي المعالجة وإعادة استخدامها، المملكة العربية السعودية.

١٠. وزارة الزراعة والمياه، ١٤٢٢هـ، الزراعة والمياه في عهد الفهد. الرياض، مطابع هلا. ٧١ ص.

١١. وزارة المياه، ١٤٢٣هـ، اتصال شخصي. الرياض، المملكة العربية السعودية.

المراجع الأجنبية

1- *Al-Jaloud A. A., 1994, 'Effect of Treated Municipal Waste Water on Soil and Crops'. Journal of Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture Science, King Abdulaziz Univ. Jeddah. Saudi Arabia.*

2- *Bieloria, H., I. Vaisman, and A. Feigin., 1984, 'Drip Irrigation of Cotton with Treated Municipal Effluent'. J. Environmental Quality.; 13 (2).*

3- *Biswas, A. k., and Arar, A., 1988, 'Treatment and Reuse of Wastewater'. FAO, Butterworths.*

4- *Bole, J., Bell, R. G., 1978, 'Land Application of Municipal Sewage Wastewater: Yield, and Chemical Composition of Forage Crops'. J. Environmental Quality; 7:222-226.*
5- *Campbell, W. F., et. Al., 1983, 'Alfalfa, Sweet Corn, and Wheat Responses to Long-Term Applications of Municipal Wastewater to Crop Land'. Journal of Environmental Quality, 1 (3): 7-9.*
6- *Cordonnier, M. J., and Johnson, T. J., 1983, 'Effect of wastewater irrigation and Plant and Raw-Spacing on Soybean Yield and Development'. Agronomy Journal; 75:908-913.*
7- *Dean, R. B., and Lund, E., 1981, 'Water Reuse, problems and Solutions'. Academic Press, London, pp 246.*
8- *Hanway, J.J., and Weber, C. R., 1971, 'N, P, and K Percentage in Soybean Plants'. Agronomy Journal; 63: 406-408.*
9- *Haruvy, N., Offer, R., Hadas, A., and Ravina, I., 1999, ' Wastewater Irrigation Economic Concerns Regarding Beneficiary and Hazardous Effects of Nutrients'. Water Resources Management,13: 5. 303-314.*
10- *Haruvy, N., 1998, ' Wastewater Reuse – Regional and Economic Considerations'. Resources Conservation and Recycling, 23: 1-2, 57-66.*
11- *Linden, D. R., C. E. Clapp, and W. E. Larsson, 1984, 'Quality of Percolate Water After Treatment of a Municipal Wastewater Effluent by a Crop Irrigation System'. J. Environmental Quality; 13 (2).*
12- *Pescod, M.B., and Alka, U. (1988). 'Guidelines for Wastewater reuse in Agriculture... Treatment and use of sewage effluent for irrigation'. (edited by Pescod, M. B., Arar, A.). 21-37, UK; Butterworth Scientific Ltd.*
13- *Rosenqvist, H., Aronsson, P., Hasselgern, K., and Perttu, K., 1997, ' Economics of Using Municipal Wastewater irrigation of Willow Coppice Crops'. Biomass and Bioenergy; 12: 1, 1-8.*

خفض التكاليف وتحسين الأداء لمشاريع الصرف الصحي باختيار عوامل التصميم والأنظمة المناسبة

الدكتور أحمد الضويلع، عبدالله محمد الرحيلي

خفـــض التكاليـــف وتحسين الأداء لمشاريـــع الصرف الصحـــي باختيار عوامـــل التصميـــم والأنظمة المناسبـــــة

د. خالد بن حمد الضويلع ، د. عبدالله بن محمد الرحيلي

مكتب فرات لأستشارات الهندسة البيئية – الرياض

ص.ب ٥١٨٠٨ الرمز البريدي ١١٥٥٣

ملخـــــص

تناقـــش هذه الورقة واقع مشاريع الصرف الصحي في المملكة من حيث معايير التصميم للشبكـــــات والمحطـــات وإختيـــار أنظمة المعالجة، وذلك بهـــدف خفض التكلفة الأولية وتكلفة التشغيل والصيانة، إضافة إلى تحســـين أداء المشـــاريع القائمة والمستقبلية لتلائم بيئة المملكة والإمكانات المتاحة. ومن الإستنتاجـــات والتوصيات التي توصلت إليهـــا الدراسة إتضح أن هناك حاجة ماســـة لمراجعة أسس التصميم لشبكات الصرف الصحي للحد من المبالغة في تقدير أقطار الأنابيب وخاصـــة فيما يتعلق بتقديـــر معامل الذروة، كما أن هنـــاك العديد من خطوط الصرف التي تعمل بنسبة ضئيلـــة من طاقتها ويمكـــن الإستفادة منها في تصريف بعض المناطق المجاورة والترشيد في إنشـــاء خطوط جديدة لخدمة تلك المناطـــق. كذلك فإن هناك تنوع كبير في تقنيات المعالجة بمحطات الصرف الصحي، مما يستدعي وجود نظام وطني واضح وملزم يشمل منهجية لإختيـــار أنظمة المعالجة في المملكة مع الإستفادة من الخبرات السابقة في المحطات القائمة. وبالنظر إلى المياه المعالجة الناتجة عن المحطـــات القائمة، فقد لوحظ تفاوت كبير في جودة تلك المياه، كما أن جزءاً ضئيلاً فقط يتم إعادة إستخدامه، وهذا يستدعي تحـــديث المحطات ومراقبة جودة المياه المعالجة لتتوائم مع إستخدامات محددة لهذه المياه، على أن يتم الإستفادة من جميع المياه المعالجـــة في ضوء شح المياه في المملكة والتكلفة العالية لتحلية مياه البحر.

مفاتيح كلمات: مشاريع الصرف الصحي، خفض التكاليف، عوامل التصميم المناسبة، أنظمة المعالجة المناسبة.

١- المقـدمـــــة:

تقدر كمية مياه الشرب التي تستهلكها مدن المملكة وتقوم بإدارتها مصالح الميـاه والصرف الصحي بحوالي ٤ملايين م٣/يوم. وتدل الدراسات التي أجريت لتقييم واقع خدمـات الصرف الصحي بالمملكة على أن كميـة ميـاه الصـرف الصحـي التي يتم جمعهـا في شبكات ومعالجتهـا تبلـغ حوالـي ١,٥ مليون م٣/يوم. وعلى إفتراض أن حـوالي ٩٠% من المياه التي تستخدم داخل المدن تتحول إلى مياه صرف صحـي، فإنه يمكن القـول بـأن أنظمـة الصـرف الصـحي (الشبكـات والمحطـات) القائمـة في المدن التي بها هذه الخدمة تستوعب حوالي ٤٠% فقط من مياه الصـرف الصـحي المتوقعة. أي أن حوالي ٦٠% من مياه الصرف تتسرب إلى باطن الأرض عن طريق النظام التقليدي المتبع في المدن (نظـام البيارات أو خزانـات الرشـح). علماً بأن عدد من المدن وكذلك القرى لا يوجد بها شبكات أو محطات للصرف الصحي.

تعتبر التكاليف الباهظة لمشاريع الصرف الصحي من أهم المعوقات التي أدت إلى تأخر هذه الخدمة في العديد مـن مدن المملكة. ولعل المبالغة في اختيار معايير التصميم للشبكات والمحطات وعدم الدقة في اختيـار أنظمة المعالجـة، والـتي تؤدي إلى تضخيم غير مبرر لهذه المشاريع، تعد من الأسباب المهمة في ارتفاع تكاليف هذه المشاريع. فخلال العقدين الماضيين والذين تم فيهما تصميم وتنفيذ العديد من مشاريع الصرف الصحي وجد أن هناك مبالغة واضحة في تصميم شبكات ومحطات الصرف الصحي نتجت عن تبني عوامل تصميم وأنظمة معالجة لا تلائم البيئة السعودية في كثير من الأحيان، حيث أن هـذه العوامل والأنظمة طورت أصلاً لبيئـات أمريكية وأوربية مختلفة عن بيئة المملكة.

تسلط هذه الورقة الضوء على واقع مشاريع الصرف الصحي في المملكة من حيث معـايير التصـميم للشـبكات والمحطات واختيار أنظمة المعالجة، مع إعطاء بعض الأمثلة من واقع المشاريع القائمة واقتراح الحلول التي ربما تخفف من المشكلة وتؤدي إلى خفـض التكلفة الأولية وتكلفة التشغيل والصيانة، إضافة إلى تحسين أداء المشاريع القائمة والمستقبلية.

٢- شبكـات الصـرف الصحـي

من المعـروف أن نسبة كبيرة من تصاميم شبكات الصرف الصحي في المملكة قد تم بناءاً على طرق هندسية موثقة ومتبعة في العديد من دول العالـم إلا أنه لا يوجد أي تقييم لمدى ملائمة هذه الطرق في الحصول على تصاميم اقتصـادية ومناسـبة للبيئة السعودية. ومن أهم معايير التصميم التي تؤثر في تحديد أحجام وأعماق خطوط الصرف الصحي معـامل الذروة والذي يعتمد العديد من الاستشاريين في حسابه استخدام معادلات تجريبية مستنبطة من واقع خـبرات بعض المـدن الأمريكية والأوربية. بالإضافة إلى ذلك هناك بعض العوامل الأخرى مثل معامل خشونة الأنابيب وكميـة ميـاه الصـرف الصحي المتوقعة، والتي يمكن بدورها أن تؤثر على تصاميم شبكات الصرف الصحي. إن المبالغة في عوامل التصميم قد تـؤدي إلى تصميم شبكات ذات أقطار كبيرة وتكلفة عالية وزيادة في مشاكل وتكلفة التشغيل والصيانة نتيجة لانخفاض السرعات في خطوط الصرف الصحـي.

٢-١ تصميم شبكات الصرف الصحي

تتكون مياه الصرف الصحي من مياه الصرف الناتجة من المناطق السكنية والتجارية والمؤسسات والمنشآت الحكومية وغير الحكومية، بالإضافة إلى نسبة من المياه الأرضية التي يمكن وصولها عن طريق الرشح إلى شبكة مياه الصرف الصحي. وعادة يتم تقدير متوسط استهلاك الفرد من المياه يومياً (لتر / شخص / يوم) وتقدر كمية متوسط إنتاج الفرد من مياه الصرف الصحي كنسبة تتراوح بين ٧٠ – ٩٠% من استهلاك المياه. بعد ذلك يمكن استخدام المعلومات والإحصائيات العامة للسكان لتقدير أعلى تعداد سكاني يمكن أن تصل إليه المنطقة خلال فترة خدمة المشروع وحساب معدل إنتاج مياه الصرف الصحي لكل منطقة. حيث أن تدفقات مياه الصرف الصحي تتغير حسب تغير استهلاك المياه خلال ساعات النهار والليل فإن التصميم الهيدروليكي لخطوط الصرف الصحي يتم بناءً على أعلى تدفق متوقع خلال فترة خدمة الشبكة وتحسب كالتالي:

أقصى تدفق = [أعلى تعداد سكاني متوقع للمنطقة المخدومة × متوسط استهلاك الفرد اليومي من المياه × (٠,٧ ~ ٠,٩)] × معامل الذروة + أقصى كمية رشح متوقع

باستخدام كميات التدفق القصوى يتم اختيار قطر الأنبوب وميل الأنبوب بحيث تحقق سرعة مياه الصرف داخل الأنبوب حد أدنى من السرعة لا يقل عن ٠,٧٥ متر/ ثانية حسب المعادلة التالية :

$$\text{السرعة } (V) = \frac{1}{\text{معامل الخشونة } (n)} \times [\text{القطر الهيدروليكي } (R)]^{\frac{3}{4}} \times [\text{الميل } (S)]^{\frac{1}{2}}$$

إن جودة تصميم شبكات الصرف الصحي تعتمد بشكل كبير على دقة المعلومات المستخدمة في تقدير التدفق الأقصى المتوقع ، ومن أهم هذه المعلومات معامل الذروة وهو نسبة التدفق الأقصى إلى التدفق المتوسط والذي على أساسه تحسب التدفقات القصوى المستخدمة في التصميم الهيدروليكي . لا توجد طريقة علمية محددة لحساب معامل الذروة ، بل هناك بعض المعادلات التجريبية المستنبطة والمبنية على معلومات تشغيلية لمدن أمريكية وأوربية مثل معادلتي بابت وهيرمن [١، ٢] ، قد يؤدي استخدام مثل هذه المعادلات في بيئة جافة مثل وضع معظم مدن المملكة إلى تضخيم كميات مياه الصرف الصحي المتوقعة ، وبالتالي تضخيم خطوط شبكات الصرف الصحي وزيادة في تكاليف المشاريع، بالإضافة إلى زيادة تكاليف التشغيل والصيانة .

٢-٢ تقييم شبكة مياه الصرف الصحي في الرياض

حيث أن معظم أجزاء شبكة الصرف الصحي المنفذة بمدينة الرياض قد صممت من مدة تزيد على ١٥ سنة فإن معظم الاستشاريين الذين قاموا بتصميم أجزاء مختلفة من شبكة مدينة الرياض، ونتيجة لعدم توفر المعلومات الدقيقة في ذلك الوقت، اعتمدوا بعض الأرقام التقديرية للبيانات السكانية ومتوسط استهلاك الفرد من المياه في تقدير التدفقات المتوسطة لمياه الصرف الصحي. كذلك اعتمدوا على معادلتي هيرمن وبابت في تقدير معامل الذروة، مما كان له الأثر في تضخيم أقطار بعض أجزاء شبكة الصرف الصحي في الرياض. والجدول (١) يبين عوامل التصميم المستخدمة من قبل بعض الاستشاريين في تصميم بعض أجزاء شبكة الصرف الصحي في مدينة الرياض. هذا وقد قامت الإدارة العامة للمشاريع بالمصلحة في الفترة الأخيرة في تحديث عوامل التصميم كما هو مبين في الجدول (٢)، ولكن ما زالت تستخدم معادلات هيرمن وبابت في تقدير معامل الذروة.

من ملاحظات مهندسي تشغيل وصيانة شبكة مياه الصرف الصحي تبين أن كمية التدفق في بعض الخطوط تكون قليلة على مدار الساعة وخاصة في الخطوط الصغيرة والمتوسطة (أقل من ٧٠٠ ملم)، مما يتسبب بسرعات قليلة تؤدي في بعض الأحيان إلى ترسيب بعض مكونات الصرف الصحي وتكرار عمليات التنظيف والصيانة لمثل هذه الخطوط. لمعرفة مدى انتشار مثل هذه الأوضاع التشغيلية وإمكانية الاستفادة منها شكلت لجنة فنية من الإدارة العامة للمشروعات وبرنامج تشغيل وصيانة الصرف الصحي لتقييم معامل الذروة المستخدم في تصميم بعض أجزاء شبكة الصرف الصحي القائمة بمدينة الرياض. بالاستعانة بملاحظات طاقم التشغيل والصيانة تم اختيار عدد من المناطق وتحديد عدد من خطوط شبكة الصرف الصحي لتقييم وضعها التشغيلي. تم اختيار هذه المناطق بحيث تمثل كثافات سكانية مختلفة وتكون هذه المناطق مكتملة عمرانياً، كذلك أخذ في الاعتبار أن تكون الشبكة في هذه المناطق مصممة من قبل استشاريين مختلفين حسب موقع المشروع. تمت مراقبة كل من الخطوط المختارة وقراءة ارتفاع مياه الصرف فيها على مدار الساعة لمدة أربعة أيام لكل خط بحيث تغطي الفترة أيام الأسبوع وأيام إجازة نهاية الأسبوع. كذلك جمعت كافة المعلومات التشغيلية بهذه الخطوط من واقع سجلات التشغيل للتعرف على وضعها التشغيلي، وقد استمرت الدراسة الميدانية مدة ثلاثة أشهر. باستخدام برنامج الحاسب الآلي ماسترفلو (Mastrflow) تم حساب كميات التدفق لكل الخطوط المشمولة بالدراسة باستخدام عمق التدفق ومعامل الاحتكاك وقطر الأنبوب. يبين الشكل (١) منحنى تغير عمق التدفق لأحد الخطوط على مدار الساعة، كما يبين الشكل (٢) منحنى تغير كمية التدفق لنفس الخط على مدار الساعة.

يبين الجدول (٣) نتائج حسابات تدفقات خطوط شبكة الصرف الصحي، ويوضح هذا الجدول بأن التدفق الأقصى المسجل لمعظم الخطوط لا يتجاوز ١٠ – ٥٠% من الطاقة الكلية لمعظم الخطوط، كما أن حسابات معامل الذروة من واقع هذه التدفقات الحقيقية يقل كثيراً عن معامل الذروة المستخدم من قبل الاستشاريين المصممين والمبني أساساً على معادلات هيرمن وبابت. من الواضح أن غالبية الخطوط الصغيرة والمتوسطة التي تتراوح أقطارها من ٢٠٠ملم إلى ٨٠٠ملم (وتمثل هذه الشريحة حوالي ٩٠% من الشبكة) قد بولغ في تقدير أقطارها. ويأتي ذلك نتيجة لعدم دقة البيانات المستخدمة في تقدير كميات التدفق المتوسط والتي تعتمد أساساً على تقدير متوسط استهلاك الفرد من المياه والتعداد السكاني والاعتماد على معادلتي هيرمن وبابت لتقدير معامل الذروة، والتي تعتمد أساساً على التقدير السكاني المشكوك في دقته، علماً بأن هذه المعادلات التجريبية قد

طورت لمدن أمريكية وأوربية ذات طبيعة مختلفة عن ظروف مدن المملكة. ويبين الشكل (٣) مقارنة بين قيم معامـــل الـــذروة للمعادلات التجريبية وللقيم الحقيقية. أضف إلى ذلك عـــدم

جدول (١) مقارنة عوامل التصميم لبعض المشاريع

CRITERIAS	C O N S U L T A N T S			
	CANSULT	VIAK	SAUD CONSULT	DAR AL-HANDASAH
Water Consumption	400 liters/capita/day	450 liters/capita/day	386 liters/capita/day	400 liters/capita/day
Average Sewage Flow	75% of water consumed = 300 liters/capita/day	75% of water consumed = 300 liters/capita/day	~ 75% of water consume = 300 liters/capita/day	75% of water consumed = 300 liters/capita/day
Design Depth of Flow	a) To flow 75% full b) Design flow=1.1 x Peak flow	Not mentioned	To flow full under Peak Flow.	Not mentioned.
Flow Velocity	a)Absolute min=0.60m/sec. b)Desirable min=0.80m/sec. c) Maximum = 3.50 m/sec.	a)Absolute min.=0.60 m/sec. b)Desirable min=080 m/sec. c)Maximum = not mentioned but Hydraulic table shows 3.00 m/sec. Max.	a)Minimum=0.75 m/sec. b)Maximum =3.00 m/sec.	a) Minimum =0.76 m/sec. b) Maximum =Not mentioned but it is 3.00 m/sec based from Cole brook- white equation.
Peak Factor	a) Population up to 1,000 = 5 b) Population greater than 1,000 $P.F. = \frac{5}{P^{1/6}}$	a) Applicable for all population $P.F. = \frac{7}{P^{0.20}}$ b) Maximum = 6	a) $1,000 \leq 80,000$ $P.F. = \frac{5.75}{P^{0.20}}$ b) $80,000 \leq 200,000$ $P.F. = 1 + \frac{18}{4+p^{0.5}}$ c) > 200,000 P.F = 2.00	a) $\leq 80,000$ $P.F. = \frac{5}{P^{0.20}}$ b) > 80,000 $P.F. = 1 + \frac{14}{4+p^{0.50}}$
Population Density	50 Persons/Hectare (When no population details is available)	100 Person/hectare for unbuilt Institution ONLY. See attached figure 7:F6	50 Person/Hectare (When no population details is available)	C -21 = 63 Persons/Ha. C-62 = 73 Persons/Ha.
Standard Sewer Pipe	a)Minimum 200 mm ∅ for mainline. b)Minimum 150 mm ∅ for building connection	a)Minimum 200 mm ∅ for mainline. b)Minimum 150 mm ∅ for building connection.	a)Minimu 200 mm.∅ for mainline. b)Minimum 150 mm ∅ for building connection.	Not mentioned
Source of Information	From Contracts C45 & C46	From Contracts C12, C13,C14,C15,C17,& C18.	From Contracts C22,C23,C24,C25,C39 C40,C41,&C42	From Contracts C21,&C62.

جـــدول (٢) أسس تصميم شبكات الصرف الصحي (المنفصلة)

١- كمية مياه الصرف الصحي = ٩٠% من متوسط الاستهلاك اليومي للمياه.

٢- متوسط استهلاك المياه = ٣٠٠ لتر / فرد / يوم.

٣- يتم تصميم شبكة مياه الصرف الصحي على أساس معامل ذروة لا يقل عن ٢ ولا يزيد عن ٦ ويعتمد هذا المعامـــل على عدد السكان ويتم حسابه من المعادلات الآتية:-

أ- عدد السكان < ١٠٠٠ نسمة — معامل الذروة = ٥,٧٥

ب- ١٠٠٠ < عدد السكان < ٨٠,٠٠٠ نسمة — معامل الذروة = ٠,٢ (P) / ٥,٧٥

ج- عدد السكان< ٨٠,٠٠٠ نسمة — معامل الذروة = { ١٨/٤ + (P) } +١

حيث (P) عدد السكان بالآلاف.

٤- تستخدم برامج حاسب آلي مبنية على معادلة ما نتج لتحديد السرعة داخل خطوط الشبكة

٥- بالنسبة لحساب كمية مياه الرشح فيتم إتباع الطريقة المنصوص عليها في كتيب تصميم شبكات الصرف الصحي (WPCF) والتي تحدد معدل مياه الرشح كما يلي :-

أ- بالنسبة للمناطق الرطبة والتي يكون فيها مستوى المياه الجوفية قريب من قاع انبوب الصرف فيقدر معدل مياه الرشـــح كالتالي:-

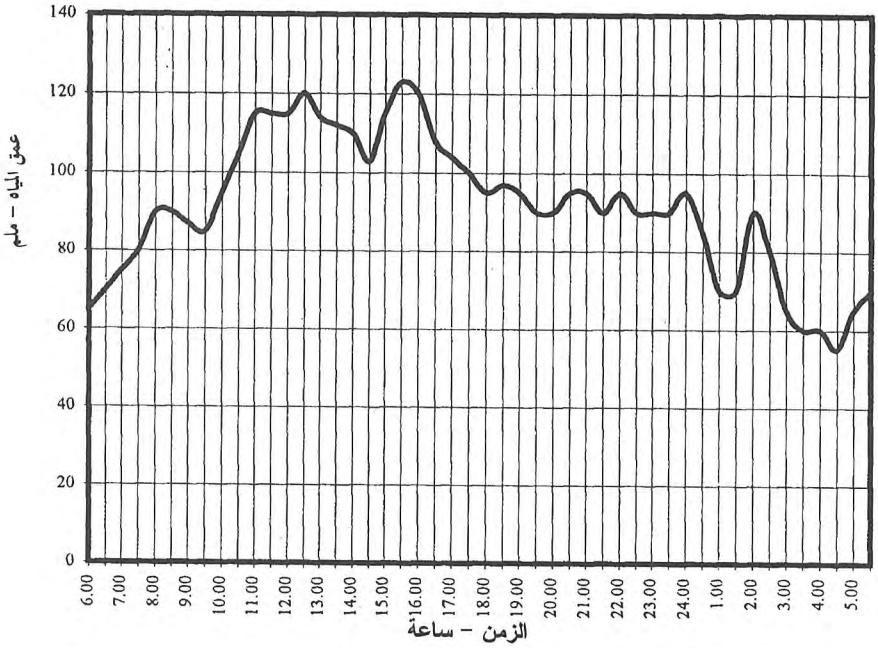
Qinf = ٤٥لتر / كيلو متر (من طول الأنبوب). يوم. ملم (من قطر الأنبوب).

ب- بالنسبة للمناطق الجافة نسبياً والتي يكون فيه مستوى المياه الجوفية بعيد عن قاع انبوب الصرف فيقدر معدل مياه الرشح كالتالي:-

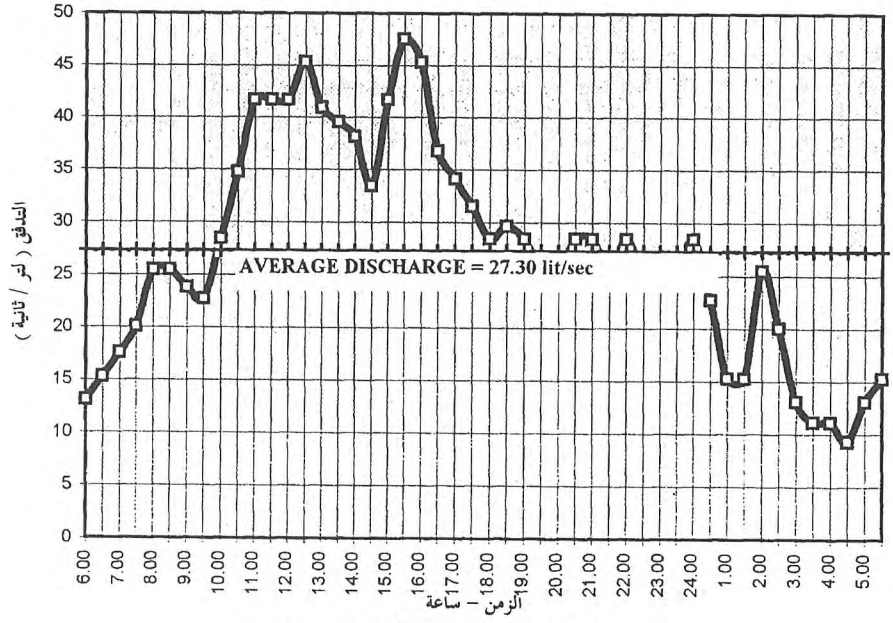
Qinf = ٥لتر / كيلو متر (من طول الأنبوب). يوم. ملم (من قطر الأنبوب).

٦- كما يراعى ألا تقل السرعة داخل الأنبوب عن (٠,٧٥ متر/ ثانية) والا تزيد السرعة عن (٣,٠ متر / ثانية) وذلك عند استخدام التدفق التصميمي (Q) .

٧- يتم تصميم أنابيب الانحدار لجميع أقطار الأنابيب على أساس أن ثلاث أرباع الأنبوب مملوء وذلك لتـــوفير الثغـــرة الهوائية المطلوبة.



شكل (١) تغير عمق مياه الصرف فى الخطوط خلال اليوم الواحد



شكل (٢) تغير تدفق مياه الصرف خلال يوم واحد

جدول (٣) الحسابات الهيدروليكية لخطوط الصرف الصحي

Line number	Contract number	Diameter of line mm	max depth mm	Average flow m^3/sec	Flow of full capacity cum/sec	Actual max flow cum/sec	Perc. of pipe capacity utilized	Actual max peak factor	Design peak factor by original designer in ref. to contract
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CF-12 MH.1	C-18	200	125	0.0127	0.04	0.038	95	2.992	5.79
KT-42-9-3-13	C-651	250	130	0,0141	0.03	0.0212	71	1.5054	4.03
CA-0 MH.1	C-18	250	135	0.0123	0.04	0.0204	51	1.662	6.0
D-3 MH.18	C-19	300	75	0.0066	0.12	0.0148	12	2.242	4.64
DC-62 MH-6	C-19	300	65	0.0077	0.17	0.01643	10	2.1331	5.0
D-1 MH.47	C-19	350	285	0.0301	0.12	0.2588	216	2.08	4.08
EP-1 MH.2	C-17	350	100	0.0078	0.09	0.01498	17	1.9205	5.56
4-39 M,H.1	C-10	350	96	0.0059	0.11	0.0163	15	1.905	5.0
FE-1 MH.3	C-18	400	75	0.0053	0.12	0.0088	1	1.661	6.0
FA-1 MH.1A	C-18	400	95	0.0079	0.11	0.01259	11	1.417	6.0
CB-8 MH.12	C-18	450	110	0.0057	0.12	0.0142	12	1.831	5.0
El-1 MH.1	C-17	450	123	0.0273	0.31	0.0476	15	1.744	4.58
LINE G MH.34	C-24A	500	130	0.0173	0.18	0.0256	14	2.00	3.55
D-1 MH.25A	C-19	600	400	0.0369	0.27	0.0301	11	1.75	3.53
EO-56 MH.2	C-17	700	220	0.0562	0.45	0.091	20	1.41	3.89
LINE G MH.27	C-24A	800	260	0.0767	0.49	0.1046	21	1.22	3.271
S. TRUNK.MH.6	C-6	1700	1440	1.317	2.98	2.973	100	1.33	1.14
B.TRUNK.MH.12	BONNA	2000	1085	1.9397	4.44	2.706	61	1.395	1.47

الدقة والمبالغة في اختيار معامل الخشونة في معادلة ما نتج لتقدير سعة الأنابيب. حيث أن معظم الاستشاريين استخدموا قيمة للمعامل تساوي ٠,٠١٣%، وهذه القيمة تستخدم للأسطح الخرسانية وليست للأنابيب التي تكون عادة أقل خشونة من الخرسانة. في محاولة للوصول إلى طريقة مناسبة لحساب معامل الذروة يمكن استخدامها للمشاريع المستقبلية وجد بأن العلاقة المستنبطة بين متوسط التدفق والتدفق الأقصى هي الأفضل حسب المقاييس الإحصائية، والشكل (٤) يبين هذه العلاقة الخطية .

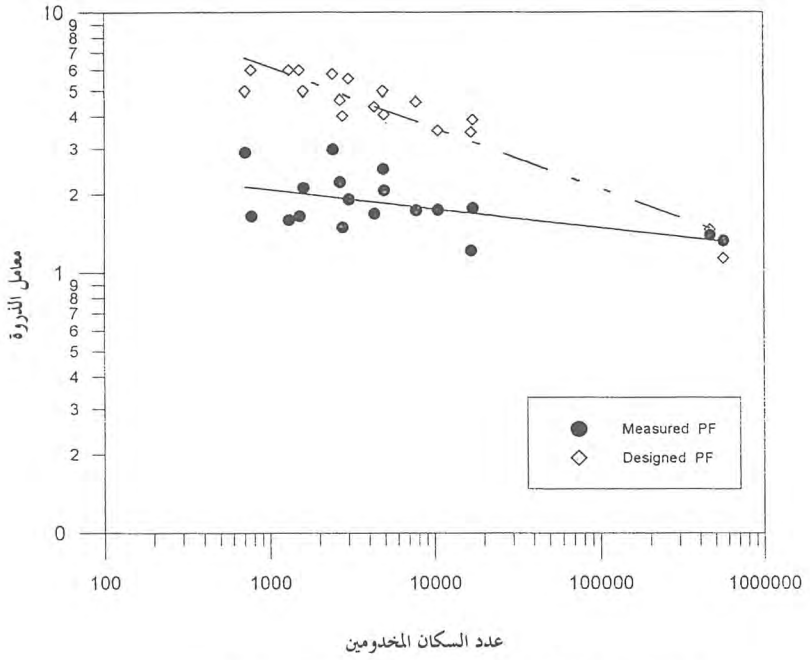
إن المبالغة في تقدير أقطار الأنابيب سيزيد حتماً من التكلفة الابتدائية للمشاريع كما أن الزيادة غير المبررة في أقطار الأنابيب تؤدي إلى انخفاض سرعة مياه الصرف داخل الأنبوب مما يزيد من معدلات ترسب بعض مكونات مياه الصرف الصحي وزيادة مشاكل وتكلفة التشغيل والصيانة. ولبيان ذلك تمت إعادة تصميم بعض الخطوط المستخدمة في الدراسة باستخدام العلاقة التي توصلنا إليها لحساب معامل الذروة ومقارنة تكلفة الإنشاء بالتكلفة الأساسية للمشروع وتبين بأنه يمكن خفض التكلفة بنسبة ٣٠ – ٤٠% كما هو مبين في الجدول (٤).

٣- معالجة مياه الصرف الصحي

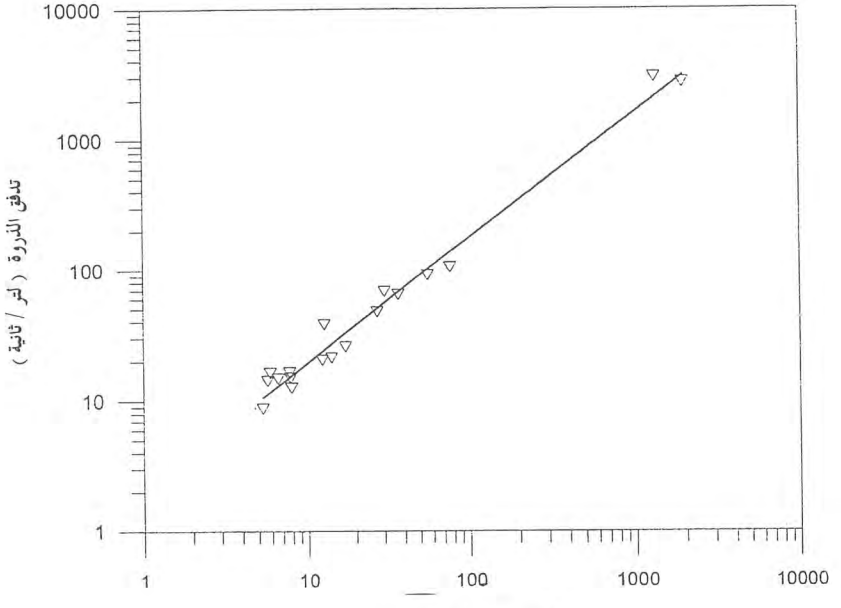
حيث أن محطات معالجة مياه الصرف الصحي تعتبر الأساس في تحويل مياه الصرف التي تجمعها الشبكات وتشكل خطراً على الصحة العامة والبيئة إلى مياه يمكن التخلص منها بطريقة بيئية مناسبة أو الاستفادة منها في بعض الاستخدامات العامة، فإن إنشاء المحطات لاستيعاب كافة مياه الصرف الصحي الناتجة عن المدن يعتبر مطلباً وطنياً ملحاً. ومن المعلوم أن تأخر خدمة الصرف الصحي العامة في واقع الحال عن الخدمات الأخرى وعدم التوائم بين هذه الخدمة والتوسع الحضري والنمو السكاني للملكة يرجع إلى أسباب عديدة بعضها اقتصادي تخطيطي (ضعف الاعتمادات المالية) وبعضها يرجع إلى ضعف استغلال الموارد المتاحة وتقنينها لتواكب الأولويات. ولعل دراسة واقع محطات الصرف الصحي القائمة من حيث اختيار عمليات المعالجة وكفاءة التشغيل والصيانة، وكذلك تحديد أهداف معالجة مياه الصرف الصحي وربطها بتشريعات واضحة تتناسب مع وضع وبيئة المملكة، ربما يؤدي إلى إمكانية استغلال الموارد المتاحة بصورة أفضل والتوسع في الخدمة مع تحسين الأداء. ولقد تم خلال السنوات الماضية دراسة الوضع القائم وتقييم محطات معالجة مياه الصرف الصحي بالمملكة من خلال أبحاث متخصصة لهذا الغرض [٣ ، ٤] . وقد أبرزت نتائج هذه الدراسات العديد من الملاحظات على وضع محطات المعالجة من حيث أساليب المعالجة وكفاءة التشغيل والصيانة وجودة المياه المعالجة للتخلص منها أو إعادة استعمالها. وفيما يلي طرح لأهم هذه الملاحظات ومناقشتها:

٣-١ أنظمة المعالجة والتشغيل والصيانة

يوضح الجدول (٥) محطات معالجة مياه الصرف الصحي القائمة في مناطق المملكة المختلفة مبيناً أنظمة المعالجة المستخدمة والسعات التصميمية وملخصاً لكميات وخصائص المياه الداخلة والمياه المعالجة (حسب ما هو متوفر عن كل محطة). ويتضح من الجدول التنوع الكبير في أنظمة المعالجة المستخدمة في المحطات، إذ نجد أن كل نوع يمكن أن يخطر على البال من أنواع الأنظمة هو مستخدم في المملكة. ويدل ذلك على وجود خلل كبير وعدم وجود مرجعية تحدد الهدف من المعالجة والأنظمة المفضلة لأجواء واحتياجات المملكة. ومن المعلوم أن اختيار



شكل (٣) العلاقة بين معامل الذروة وعدد السكان المخدومين



شكل (٤) العلاقة بين التدفق المتوسط وتدفق الذروة

جدول (٤) مقارنة تكاليف إنشاء خطوط الصرف الصحي

PARTICULAR	LINE EO-56,MH-24 TO MH-4				LINE EL-1, MH-3 TO MH13A			
	700MM DIA (L=227.20 M)		450MM DIA		450MM DIA (L=565.55 M)		250MM DIA	
	QTTY.	TOTAL COST (SR)	QTTY.	TOTAL COST (SR)	QTTY.	TOTAL COST (SR)	QTTY.	TOTAL COST (SR)
EXCAVATION								
1)BETWEEN 2.01 TO 4.00 M DEPTH	-	-	-	-	2,058 CU.M	126,340.62	1,470 CU.M	90,243.30
2) BETWEEN 4.01 TO 6.00 M DEPTH	1,494 CU.M	99,097.02	1,162 CU.M	78,237.46	-	-	-	-
PIPE LAYING	223M	322,859.40	223M	132,787.58	550M	327,503.00	550M	130,845.00
BEDDING	223M	14,718.00	223M	8,920.00	550M	22,000.00	550M	12,237.50
MANHOLE								
1) DEPTH TO INVERT OF 2.01 -4.01M	-	-	-	-	13 NOS.	119,161.90	13 NOS.	119,161.90
2) DEPTH TO INVERT OF 4.01 - 6.00M	3 NOS.	37,200.60	3 NOS.	37,200.60	-	-	-	-
RESTORATION	365 SQM	54,571.17	299 SQM	44,703.49	736 SQM	110,039.36	573 SQM	85,669.23
TOTAL		528446.19		301849.131		705044.88		438156.93
		DIFFERENCE SR 226597.04				DIFFERENCE 266,887.95		

أنظمة المعالجة لابـــد أن يتم في ضوء وجود نظام وطني يحدد أهداف المعالجة ويبنى على خصائص المياه الخام ومجالات التخلص النهائي أو إعادة الاستعمال للمياه المعالجة مشتملاً على تشريعات ومواصفات محدده ومطبقة للمياه الناتجة، وبمعرفة الإمكانات البشرية المتاحة لتشغيل وصيانة المحطات. ومن تقييم أنظمة المعالجة وأداء المحطات يتضح الملاحظات التاليـــــة:

- على الرغم من استخدام تقنيات معقدة ومتقدمة في بعض المحطات، إلا أن المياه المعالجة لا توفي بالمواصفات المطلوبة، ويرجع ذلك إما إلى أن المحطات تأتيها أعباء أكبر من طاقتها التصميمية أو لسوء في التشغيل وضعف الرقابة والمتابعة.

- هناك محطات بسيطة التشغيل وقليلة التكلفة وتنتج مياه ذات جودة ملائمة للتخلص النهائي أو إعادة استعمال الميـــاه المعالجة.

- هناك محطات تأتيها مياه أكبر بكثير من سعتها التصميمية، لدرجة أن وجود المحطة مثل عدمها، حيث أن المياه المعالجة تساوي في خصائصها المياه الداخلة. والعكس بالعكس فهناك محطات تأتيها مياه أقل بكثير من سعتها التصميمية، أي أن جزء كبير من سعة المحطة يعتبر سعة مهدرة. كل ذلك يعكس عدم التوائم والتنسيـــق بين بناء الشبكات وبنـــاء المحطات.

- هناك تفاوت كبير في جودة المياه المعالجة بين المحطات القائمة، حيث أن الناتج من كثير من المحطات لا يتـــوائم مـــع أسلوب التعامل مع المياه الناتجة.

ويتضح من تقييم المحطات أن بعض الأنظمة البسيطة، إذا تم تصميمها وتشغيلها في حدود إمكاناتها فإنها تنتج ميـــاه جيدة. على سبيل المثال فإن نظام الأحواض المهواة في محطة عنيزه ينتج مياه توفي بالمواصفات التصميمية ومقبولة لإلقائهـــا في أودية تغذي خزانات جوفية لا تستخدم للشرب. ومثال جيد أيضاً على محطة بسيطة تعطي معالجة ثلاثية، وهي محطة الخـــرج التي تعمل بنظام الأحواض المهواة مع المرشحات الرملية والكلورة. وهذه المحطة تنتج مياه معالجة يمكن إلقائها في أودية تغـــذي خزانات جوفية قابلة للاستخدام كمصدر لمياه الشرب. كما أن المحطة التي تستخدم التهوية المطولـــــة (خصوصـــاً قنـــوات الأكسدة أو الكاروسيل) تعتبر محطات سهلة التشغيل وأقل تكلفة في الإنشاء وتنتج مياه ذات جودة ثلاثية.

بالإضـــافة إلى أن هناك أخطاء تصميمية في بعض المحطات وسوء في اختيار العمليات وأنظمة المعالجة، إلا أن هنـــاك مشكلات أخرى كثيرة متعلقة بالتشغيل والصيانة لعدد كبير من المحطات، وربما يرجع ذلك إلى عدم وجود هيئة رقابية لتقـــويم أداء المحطات والمحاسبة على المخالفات. وتشمل هذه المشكلات:

- عدم توفر الكوادر اللازمة لدى بعض مقاولي التشغيل وكثير من مصالح المياه والصرف الصحي الـــتي تشـــغل المحطات بنفسها.
- عدم وجود مختبرات كافية وخلل في أسلوب جمع العينات وإجراء الاختبارات.
- نقص في أعداد المشغلين وإهمال متطلبات الصيانة.
- ضعف التوثيق لأداء بعض المحطات وعدم صحة المعلومات المدونة بتقارير التشغيل.

جدول (٥) : تنوع أنظمة المعالجة وتفاوت الأداء في محطات الصرف الصحي بالمملكة (١٤١٥هـ)

المدينة (المحطة)	نظام المعالجة	التدفق (م٣/يوم)		الخام (ملجم/لتر)		المعالج (ملجم/لتر)	
		التصميمي	الفعلي	BOD	S.S.	BOD	S.S.
بريده	برك أكسدة	١١٠٠٠	١٣٠٠٠	٢٣٠	٢٠٠	٧٠	١٠٠
عنيزه	أحواض مهوّاة	٧٠٨٠	٩٩٠٠	١٧٠	٢٣٠	٢٦	٤٠
الخرج	أحواض مهوّاة + مرشحات رملية	٢١٠٠٠	٢١٦٠٠	٢٧٧	٢٥٧	١١	٨
القطيف (سنابس)	برك أكسدة	٨٣٤٠	٢٢١٩٥	١٠١	٢٣٧	٤٦	٢٥٥
القطيف (الجش)	برك أكسدة	٨٩٩٠	١٥٩٣٠	١٠٠	٢١٠	٦٧	١٩٦
القطيف (العوامية)	برك أكسدة	٩٢٦٠	١٣٤٣٠	٧٠	٢٠٠	٤٣	١٥٧
الأحساء (العيون)	برك أكسدة	٦٣١٠	١٧١٠٠	٣٢٠	١١٠	١٣٠	٣٠
الأحساء (العمران)	برك أكسدة	١٣٣٢٠	٢٢١٠٠	٣٠٥	١١٠	١٢٥	٣٠
الهفوف – المبرز	برك أكسدة	٢٩٥٠٠	١٣٦٧٨٠	١٧٠	١٣٠	١٥٠	٥٠
الحفجي	برك أكسدة	٢٥٠٠٠	٥١٩٠	–	–	–	–
جدة (الخمرة)	مرشحات حيوية (حصى)	٣٦٠٠٠	٦٦٠٠٠	–	–	–	–
مكة (القديمة)	مرشحات حيوية (حصى)	٢٤٠٠٠	٦٥٠٠٠	٢٠٠	٣٠٠	–	–
المدينة (القديمة)	مرشحات حيوية (حصى)	٤٠٠٠٠	–	١٩٠	٢٨٧	١٥	٢٠
الدمام	قنوات أكسدة	٢٠٨٠٠٠	١٤٠٠٠٠	١٠٥	٢٠٥	٥	٢٣
الخبر	قنوات أكسدة	١٣٣٠٠٠	١٠٠٠٠٠	١٣٤	١٥٣	٤	٨
القطيف	قنوات أكسدة	٢١٠٠٠٠	٣٥٠٠٠	٩٣	١٨٠	٤	١١
صفوى	حمأة منشطة	٧٥٧٠	٨٦٠٠	٢٢٠	٢٥٠	١٥	١٥
جدة (C)	تثبيت بالتلامس	٤٠٠٠٠	٦٣٠٠٠	٢٦٠	٣٠٠	٨٠	١٧٠

تابـع جدول (١) : تنوع أنظمة المعالجة وتفاوت الأداء في محطات الصرف الصحي بالمملكة (١٤١٥هـ)

المدينة (المحطة)	نظام المعالجة	التدفق (م٣/يوم)		الخام (ملجم/لتر)		المعالج (ملجم/لتر)	
		التصميمي	الفعلي	BOD	S.S.	BOD	S.S.
جدة (A)	تثبيت بالتلامس	٣٢٠٠٠	٥٥٠٠٠	٢٠٠	٢٣٠	٣٥	١٠٠
جدة (بني مالك)	تثبيت بالتلامس	٨٠٠٠	٦٥٠٠	١٨٠	٢٢٠	٢٥	٥٠
جدة (الجامعة)	تثبيت بالتلامس	٨٠٠٠	٧٠٠٠	٣١٠	٣١٠	٢٧	٥٨
المدينة (الجديدة)	حمأة منشطة	١٢٠٠٠٠	٥٥٠٠٠	٢١٠	٢٥٠	٧	٥
خميس مشيط	قنوات أكسدة	٧٥٠٠	١٠٠٠٠	٦٠٠	٤٠٠	٥	٧
أبها	هوية مطولة	٩٠٠٠	١١٥٠٠	٥٠٠	٣٥٠	٧	١٠
جدة / متقدمة (الخمرة)	مرشحات حيوية، أوزون، ترسيب كيميائي، مرشحات رملية، تناضح عكسي	٣٠٠٠٠	٢٠٠٠٠	*٨٠	*٦٢	١٣	١٩
مكة (الجديدة)	حمأة منشطة مع نزع النيتروجين (N-D)	٥٠٠٠٠	–	٢٠٠	٣٠٠	–	–
الطائف	حمأة منشطة مع نزع النيتروجين، ترسيب كيميائي ، مرشحات رملية، كربون منشط	٦٧٠٠٠	٣٤٠٠٠	٣٣٠	٣٦٠	–	–
الرياض – الحاير الجنوبية	مرشحات حيوية، برك صقل، مرشحات رملية	٢٠٠٠٠٠	٢٠٠٠٠٠	–	–	–	–
الرياض – الحاير (الشمالية)	حمأة منشطة مع نزع النيتروجين، مرشحات رملية	٢٠٠٠٠٠	٢٠٠٠٠٠	٢٧٠	٣٤٠	٦	٥

* قبل الترسيب الكيميائي

٣-٢ تشريعات ومواصفات التخلص النهائي أو إعادة الاستعمال

هناك عدد من الأساليب للتخلص النهائي أو إعادة الاستعمال للمياه المعالجة. فالمدن الساحلية تلقي جزء من المياه المعالجة في البحر أو في الأودية وتستعمل جزء في الري الزراعي والري الجمالي. بينما تقوم المدن الداخلية بإلقاء المياه المعالجة في الأودية والبعض يستخدم أيضاً في الري الزراعي والجمالي. حيث تبلغ كمية المياه المعاد استعمالها حوالي ٧% فقط من مياه الصرف المتوقعة من المدن (أو حوالي ٢٣% من المياه المعالجة في المحطات). ويلاحظ عدم وجود مواصفات مطبقة حول جودة المياه المعالجة للتخلص النهائي أو إعادة الاستعمال في المملكة، إذ توجد مواصفة إرشادية لاستعمال المياه المعالجة في الزراعة،

وهي المواصفة المقترحة من وزارة الزراعة والمياه وتخضع الآن للدراسة والتطوير. كما توجد مواصفة للتخلص النهائي من المياه المعالجة وصادرة عن مصلحة الأرصاد وحماية البيئة، وهي مواصفة غير مطبقة أيضاً وبها الكثير من التناقضات و لم تحدد مواصفات للتخلص من المياه المعالجة في الأودية. وكلا المواصفتين يتم تجاهلهما باستمرار من قبل المصممين والمشغلين لمحطات المعالجة. وهناك حاجة ماسة لأن يتم إنشاء هيئة محايدة ومتخصصة لوضع مواصفات وتشريعات وطنية تحدد الهدف الأساسي من معالجة مياه الصرف في المملكة، على أن يكون إعادة استعمال المياه المعالجة هو الأصل، وذلك ترشيداً لاستهلاك المياه والاستفادة القصوى من هذا المصدر الرديف والهام جداً. كما تقوم هذه الهيئة بوضع الخيارات المفضلة لأنظمة المعالجة في ضوء الظروف السائدة من حيث التكلفة الإنشائية والتشغيلية، وتوفر الكوادر للتشغيل والصيانة، وكذلك مراجعة التصاميم وتقارير التشغيل والصيانة ومراقبة الجودة النوعية لأداء المحطات ومدى ملائمة المياه المعالجة للجودة المطلوبة.

الاستنتاجات والتوصيات

١- الاعتماد على العلاقة التجريبية بين معامل الذروة والتعداد السكاني قد ينتج عنه مبالغة في تقدير معامل الذروة. كما أن عدم الدقة في اختيار معامل الاحتكاك للأنابيب قد يزيد من الأخطاء في تقدير أقطار الأنابيب. لذا يجب الاعتماد على معلومات تصميمية أدق لتفادي التضخيم في تصميم شبكات الصرف الصحي.

٢- نوصي بمراجعة أسس التصميم المعتمدة من قبل الجهات المسئولة عن مشاريع الصرف الصحي والاستفادة من نتائج هذه الدراسة للتقليل من أخطاء التصميم والمبالغة في تقدير أقطار الأنابيب وخاصة فيما يتعلق في تقدير معامل الذروة. ويمكن تبني نتائج هذه الدراسة في مراجعة المشاريع التي لم تنفذ والمشاريع المستقبلية لشبكات الصرف الصحي.

٣- نظراً لوجود العديد من خطوط الصرف الصحي التي تعمل بنسبة ضئيلة من طاقتها الكلية يمكن الاستفادة من هذه الطاقة الاحتياطية في تصريف بعض المناطق المجاورة والترشيد في إنشاء خطوط جديدة لخدمة مثل هذه المناطق. كما أنه من الضروري الاستمرار في جمع المعلومات التشغيلية الخاصة بشبكات الصرف الصحي وخاصة ما يتعلق بالتدفقات والمشاكل التشغيلية وذلك للاستفادة من هذه المعلومات في تطوير طريقة هندسية مناسبة لتصميم شبكات الصرف الصحي.

٤- على الرغم من الطاقة المحدودة لمحطات معالجة مياه الصرف اصحي في المملكة وعدم مواكبتها لكميات مياه الصرف الصحي الناتجة عن المدن، نجد أن هناك تنوع كبير في تقنيات المعالجة المستخدمة في المحطات القائمة، الأمر الذي يعكس عدم وجود تصور واضح لأسلوب اختيار التقنيات. وهذا ستدعي وجود نظام واضح وملزم تقوم بمتابعته جهة محددة ومتخصصة يشمل منهجية لاختيار أنظمة المعالجة في المملكة أخذاً في الاعتبار الخبرات السابقة وكفاءة الأداء للمحطات القائمة في ظل الظروف السائدة من إمكانات التشغيل والصيانة وتوفر الكوادر المتخصصة، ومدى توفر الاعتمادات المالية أو أساليب التمويل الأخرى. كما تقوم هذه الجهة بمراقبة المحطات لتحديد مدى إلتزامها بالنظام والمحافظة على منشآت وأداء المحطات.

٥- المحطات القائمة تنتج مياه متفاوتة في الجودة، وفي كثير من الأحيان لا تتوائم مع متطلبات التخلص النهائي أو إعادة الاستعمال. وحيث أن أحد المحددات المهمة لاختيار تقنيات المعالجة يكمن في وجود تشريعات محددة وملزمة توضح التعامل مع المياه المعالجة وتحدد درجة المعالجة المطلوبة. فإننا نرى أنه من الضروري في ضوء شح المياه في المملكة والتكلفة الباهظة لتحلية مياه البحر، وترشيداً لاستهلاك المياه، أن يتم إعادة استعمال جميع المياه المعالجة لأغراض محددة يتم وضع المواصفات المطلوبة لها بحسب أساليب الاستفادة منها في المناطق المختلفة من المملكة. على أن تكون هذه التشريعات مُلزمة ومتابعة باستمرار.

شكـــــــر

نود شكر مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض على توفير المعلومات الخاصة بدراسة شبكة الصرف الصحي في مدينة الرياض. كذلك الشكر موصول إلى مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية التي قامت بتمويل مشروع دراسة محطات الصرف الصحي في المملكة.

المراجـــــــع

[1] "Design and Construction of Sanitary and Storm Sewers", 1979, ASCE Manual of practice No.9, New York, U.S.A.

[2] Tchobanoglous G., 1981, "Wastewater Engineering: Collection and pumping of Wastewater" MCGraw Hill Inc., New York, U.S.A.

[3] Abu-Rizaiza O.S., Hammer M.J., Farook S., and Al-Rehaili A.M., 1995, "Technical and Economical Evaluation of the Wastewater Treatment Plants for Improved Performance in Saudi Arabia" Final Report, Project No. AR-11-079, King Abdulaziz City for Science and Technology, Riyadh, 1415 H.

[4] Al-Rehaili A.M., 1997, "Municipal Wastewater Treatment and Reuse in Saudi Arabia". The Arabian Journal for Science and Engineering, Vol.22, No. 1C, 143-152

مؤتمر الخليج السادس للمياه

بالتزامن مع

الندوة الثانية لترشيد استخدام المياه

بالمملكة العربية السعودية

إدارة مياه الري

الاستخدام الآمن لمياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة العربية

د. عبدالوهاب بلوم

الاستخدام الآمن لمياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة العربية

د.عبد الوهاب بلوم

مدير إدارة الموارد الطبيعية والبيئة

المنظمة العربية للتنمية الزراعية

الملخص

لقد أظهر اختلال التوازن بين الموارد المائية المتاحة بالدول العربية والطلب المتزايد عليها عجزاً في الموازنة المائيةن وسيظل هذا العجز متزايداً إذا لم توجد الحلول المناسبة. ان المشاكل المعقدة الناشئة عن ازدياد الطلب على المياه من جهة ومحدوديتها كمورد طبيعي من جهة أخرى يستلزم تكثيف الاهتمام بموضوع ترشيد استخدامات المياه في الزراعة العربية المستهلك الأول، والذي يتضمن التعبئة الكاملة لكل مصادر المياه السطحية والجوفية وغير التقليدية.

تشطل زيادة الاهتمام بالموارد المائية غير التقليدية إحدى الحلول الواعدة للمساهمة في سد الثغرة المائية العربية في المستقبل، ناتجة عن الندرة ومحدودية للموارد المائية التلقليدية التي كانت وما زالت العنصر الحاكم في تحقيق الأمن الغذائي.

لقد بذلت جهود قطرية وقومية نحو السعي لتنمية هذا المورد وتعظيم الاستفادة منه في القطاع الزراعي العربي الذي يستهلك ما يقارب من ٨٩% من إجمالي المياه العربية المستخدمة.

تعتبر إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري في الزراعة إحدى الطرق البيئية لزيادة المتاح من المياه والتخلص من المخلفات الضارة بصحة الانسان والحيوان والنبات. وهناك مجموعة من الاعتبارات الملزمة عند تعميم إعادة استخدام المياه الصرف الصحي، لعل أولها المحافظة على الصحة العامة عن طريق ضع ضوابط ومعايير لنوعية المياه المستخدمة وطرق استخدامها لتفادي الأمراض المتداخلة، وثانيها الضوابط الخاص بالزراعة حيث تتوقف نوعية المحاصيل المزروعة على نوعية مياه الصرف الصحي وبالتالي على الجدوى الفنية والاقتصادية لنظام الري لتفادي الآثار السلبية على المياه الجوفية بالمنطقة التي يتم ريها بهذه المياه، وضمان عدم تلوثها للمياه الجوفية والسيول و الأنهار. ويرتكز تصميم نظام الري الذي يعتمد على استخدام مياه الصرف الصحي على عدة عوامل مثل طرق المعالجة المتاحة واقتصادياتها ونوعية المحاصيل التي يتم زراعتها، وأيضاً على الجانب الاجتماعي للمزارعين ومدى وعيهم لدى استخدام تلك المياه والأخطار التي قد تكون مترتبة على استخدامها، ان استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة إذا ما تم تعميمها في البلدان العربية سيمكن حتماً من الحافظة على احتياطي المياه، ويسمح بالتوسع في المساحات الزراعية لإنتاج محاصيل متنوعة وبسعر أقل، كما يؤدي استعمال هذا النوع من المياه أيضاً إلى التقليل من التكاليف المختلفة بإنتاج واستيراد الأسمدة بسبب وجود العناصر المغذية.

المفاتيح: مياه الصرف الصحي – الملوحة – المواصفات والتشريعات – دليل الاستخدام

مقدمة

تدل كل المعايير الدولية الخاصة بتحديد مدى العجز المائي بأن المنطقة العربية تواجه مشكلة مياه عصيبة من ناحية الكم، وقد بدأت بوادرها في بعض الدول العربية، ويتوقع خلال العقد الأول من القرن الحادي والعشرين أن تكون معظم الدول العربية في خضم هذا العجز المائي.

إن أول المعايير الدولية وأشملها لمعرفة مدى العجز المائي هو تحديد نصيب الفرد من المياه. تشير البيانات والمعلومات المتاحة بأن نصيب الفرد العربي في المياه يقل عن ١٠٠٠ متر مكعب سنوياً مقارناً بحوالي ٧٦٥٠ متر مكعب سنوياً كمتوسط للعالم، ويقدر الحد الأقصى للعجز المائي بحوالي ٢٠٠٠ متر مكعب في السنة والحد الأدنى بحوالي ٥٠٠ متر مكعب في السنة. إن متوسط معدل نصيب الفرد العربي قد لا يكون معبرا عن حقيقة الأوضاع في الدول العربية والتي يصل في بعضها إلى أقل من ١٤٠ متر مكعب في السنة، ويتوقع إذا استمر معدل النمو السكاني الحالي في الدول العربية مع محدودية الموارد المائية أن يتدنى نصيب الفرد من المياه إلى أقل من ٤٠٠ متر مكعب في السنة بحول عام ٢٠٣٠. يتمثل المؤشر الثاني للعجز المائي في مستوى ونسبة الاستخدام الحالي للموارد المائية ومدى التغول الحالي على حقوق الأجيال القادمة. تقدر نسبة الاستخدام العربي للموارد المائية المتاحة بحوالي ٧٧% مقارنة بحوالي ٧% في العالم ككل، وقد تم الاتفاق عالمياً على أن أي نسبة تزيد عن ١٠% من الموارد المائية المتاحة يدل على عجز مائي، حيث أنه مؤشر لاستدامة العطاء والحياة. أما المؤشر الثالث للعجز المائي فهو مرتبط بالمتطلبات الأساسية حسب الأوضاع المناخية والجغرافية بتلك المنطقة. قد يكون معدل ٢٠٠٠ متر مكعب سنوياً كافياً في المناطق المعتدلة ولكنه ليس كافياً في المناطق الجافة ذات الحرارة المرتفعة وحيث تزداد المتطلبات المائية للإنتاج الزراعي والحيواني وللبشر، ومن المعلوم أن المنطقة العربية تقع في أكثر مناطق العالم جفافاً وارتفاعاً في الحرارة. وفي الاخير فإن العجز في الأمن الغذائي ومستوى استيراد الغذاء قد يكون مؤشراً ومقياساً للعجز المائي. إن الجانب الآخر للزيادة السكانية المضطردة في العالم العربي ومواكبة ذلك مع الارتفاع المتزايد في مستوى المعيشة قد خلق وضعاً جديداً يتمثل في زيادة معدلات استخدام المياه للاستهلاك المنزلي والصناعي وقد أدى هذا إلى وضع ذو حدين هما:

- الضغط على الموارد المائية المحدودة، حيث يتوقع أن تبلغ متطلبات الاستهلاك المنزلي في العالم العربي حوالي ٤٠ مليار متر مكعب عام ٢٠٣٠.
- إفراز كميات هائلة متزايدة من المياه العادمة الملوثة للبيئة وللمصادر المائية العذبة، حيث يتوقع أن تصل كمية المياه العادمة في العالم العربي حوالي ٣٠ مليار متر مكعب عام ٢٠٣٠.

إن أوضح الحلول قد يكمن في إعادة استخدام هذه المياه العادمة في الزراعة بعد معالجتها إذ أن هذا الحل يعني إضافة جديدة للموارد المائية المتاحة لمعالجة العجز المائي من جهة ، بالإضافة إلى التخلص الآمن من هذه المياه العادمة الملوثة للبيئة من جهة أخرى.

لقد أصبح الصرف الصحي من المتطلبات الأساسية لحياة الانسان في التجمعات السكانية ويرتبط ارتباطاً وثيقاً بمياه الشرب. وقد تنامت أهمية الصرف الصحي وبالأخص في الدول النامية ومنها الدول العربية التي تزايدت فيها كميات هذه المياه العادمة والتي أصبحت تشكل هاجساً بيئياً. في المقابل فإن المنطقة العربية تعتبر من أفقر مناطق العالم في مواردها المائية، وعليه فإنه من الأجدر استخدام كل قطرة ماء بطريقة ملائمة وآمنة تمشياً مع توصية مجلس الأمم المتحدة للشؤون الاقتصادية والاجتماعية على أنه يجب أن لا تستخدم مياه ذات نوعية عالية في مجال يستطيع احتمال درجة منخفضة ما لم

يكن هنالك فائض لتلك المياه[١] . تعرف مياه الصرف الصحي بأنها المياه التي سبق استخدامها والناتجة عن التجمعات السكنية والصناعية، وكما هو معروف فإن هذه المياه تحتوي على مواد مذابة عالقة وتتكون في معظمها من حوالي ٩٩,٩% مياه وحوالي ٠,٠١% مواد صلبة عالقة أو ذائبة. وتتضمن إعادة استخدام مياه الصرف الصحي بعض الإجراءات الضرورية، منها تحديد كمية مياه الصرف المزمع معالجتها والتي تعتبر مسألة جوهرية لتقدير حجم الاستثمارات المطلوبة، وتحديد مكونات مياه الصرف، وتحديد مستويات الصرف أو إعادة استخدام المياه بهدف التوافق مع مستويات أو سياسات الصرف المائية مثل الأنهار والبحيرات والمحيطات أو التوافق مع المستويات المقدرة لأغراض معينة (الري- الصناعة-المنتزهات أو تغذية المياه الجوفية). ويعتبر تحديد معايير لتصريف أو إعادة استخدام الرواسب مع الاجراءات البديلة من أهم المواضيع التي تستقطب الاهتمام نتيجة لتزايد الوعي بأن حماية البيئة يمكن تحقيقها من خلال فرض قيود على صرف كل من مياه الصرف والرواسب.

مياه الصرف الصحي ملوث بيئي

تحتوي مياه الصرف الصحي العادمة على كائنات بكترية وفيروسية مسببة لأمراض مختلفة تصيب الانسان والحيوان تشمل الكوليرا بأنواعها وشلل الأطفال والبلهارسيا بأنواعها واليرقان وداء الخيطيات وداء الصفرة وداء السلاءة وداء الدنف. وتعد الديدان المعوية أهم الكائنات الممرضة التي تنقل عن طريق استخدام المياه العادمة، وتشير التقديرات إلى أن الأمراض الناتجة عن الإصابة بالأميبا ودودة الأسكارس هي من بين الأمراض المعدية المعروفة والتي تتسبب في أكبر عدد من الوفيات.

وتعتبر الديدان المعوية أكثرها خطورة، تأتي بعدها البكتريا والبروتوزورا ثم الفيروسات المعوية. وفي هذا الشأن فقد حددت منظمة الصحة العالمية[٢] ما يعادل من ثلاثون ممرضاً معروفاً، ومن الضروري معرفة العوامل الناقلة للأمراض والمخاطر الصحية الناجمة عن الممرضات المفرغة (جدول ١). وتعتمد العوامل المؤثرة في انتقال الأمراض على ما يلي[٣]:

- مدة بقاء الممرض في التربة، المحاصيل، السمك وفي الماء.
- ظهور أمراض الفئة الرابعة والخامسة والمتطلبة وجود عائل/عوائل وسيطة.
- طريقة استخدام المخلفات السائلة والمفرغات وتكرارية استخدامها.
- نوع المحصول الذي تم استخدام المفرغات أو المخلفات السائلة عليه.
- طبيعة تعرض العائل البشري للتربة، المياه، المحصول أو السمك الملوث.

المواد الكيماوية

من جهة أخرى تحتوي مياه الصرف على مجموعة من المواد الكيماوية العضوية وغير العضوية، وهذا يرجع أساساً إلى اختلاطها بمياه الصرف الصناعي في العديد من الدول، إضافة إلى الكيماويات المختلفة المستعملة في المنازل وخاصة في المواد المنظفة والمبيدات الحشرية، مما يؤدي إلى الإصابة بالسرطان وهي بذلك تعتبر أهم المخاطر الصحية للمياه العادمة.

جدول رقم (1)

فئة العوامل البيئية	المرض	عوامل الانتقال	مقاييس التحكم
غير كامنة، جرعة متوسطة أو حالية	داء الاميبات داء القربيات داء السرميات أمراض الفيروسات المعدية	شخصي مترلي	مترلي
غير كامنة، جرعة معتدلة، مقاومة مع قدرة على التكاثر	مرض العطيفه، الكوليرا، عدوى الاشريكية الممرضة، داء السلمونيلات، داء الشغيليات، التيفية، داء اليرسنيات	شخصي مترلي ماء محاصيل	مصادر المياه المترلية، التربة الصحية، ظروف معيشية محسنة، توفير المراحيض، معالجة المفرغات البشرية قبل استخدامها للأغراض الزراعية
كامنة وتستطيع المقاومة، لا يوجد عائل وسيط	داء الصفراء، أمراض الديدان الشصية، داء الاسطوانيات، داء المسلكات	افنية المنازل الحقول المحاصيل	توفير المراحيض معالجة المفرغات البشرية قبل استخدامها للأغراض الزراعية
كامنة، وتسطيع المقاومة، البقر والخنازير كعوامل وسيطة	داء الشريطيات	أفنية المنازل الحقول المحاصيل	توفير المراحيض، معالجة المفرغات البشرية قبل استخدامها للأغراض الزراعية الطهي ومراقبة اللحوم
كامنة ومقاومة تحتاج إلى عائل (عوائل) وسيطة مائية	داء متفرغات الخصية، داء العوساء، داء المتورقات، داء قرصية البطن، داء الخيفانات، داء خلفية المناسل، داء متاخرات الخصية، داء جانبية المغاسل، داء البلهارسيا	الماء	توفير المراحيض، معالجة المفرغات البشرية قبل تفريقها، التحكم بالمستودعات الحيوانية، التحكم بالعوائل الوسيطة، طهي الأسماك والنباتات المائية، تقليل الملامسة المباشرة للماء.

التصنيف البيئي للأمراض المفرغة

المواد الثقيلة

. إن من أهم المخاطر التي تحملها المياه العادمة احتوائها على بعض العناصر الثقيلة والتي تكون جد خطيرة، وتشمل هذه العناصر الكاديوم (Cd) والسيلينيوم (Se) والزئبق (Hg) أساساً، وهناك بعض المواد ذات آثار سامة إذا زادت نسبتها في المياه عند حدود معينة، علماً بأن وجود هذه العناصر بنسبة محدودة قد يكون مفيداً في بعض الاستخدامات، وتشمل هذه المواد الحديد (Fe) والمنجنيز (Mn) والزنك (Zn) والنحاس (Cu) والبورون (B) والموليدنوم (Mo).

الاشعاع النووي

هذه الخاصية الفيزيائية مأخوذة في الاعتبار منذ فترة طويلة في الدراسات والهيدرولوجية ولكن مهم جداً معايرتها من خلال طرح المياه الراجعة من المصانع في المجاري المائية، فمنها الاشعاع الدائم الضار جداً والناتج أساساً عن الراديوم المذاب في الماء والاشعاع المؤقت الناتج عن الرادون. ومن المعلوم أن الاشعاع الطبيعي يمكن أن يكون خطيراً على صحة الانسان والنبات بنفس الدرجة الناتجة من مخلفات المفاعلات النووية أو منشآت أخرى. والحدود المقترحة من المنظمة العالمية للصحة كالآتي:

-بث أشعة ألفا (Alpha) : 10^{-9} ميليمكرو كوري/ميلملتر

-بث أشعة بيتا (Beta) : 10^{-8} ميليمكرو كوري/ميلملتر

الخصائص السالبة الأخرى لمياه الصرف الصحي

***الملوحة**

تعتبر نوعية الأملاح ودرجة تركيزها في المياه العادمة أهم العوامل التي تحدد ملائمة هذه المياه خاصة للاستخدام الزراعي. إن درجة تركيز الأملاح هي أكبر المعوقات التي تواجه هذا الاستخدام، وأن مشكلة الملوحة ليست قاصرة على مياه الصرف الصحي العادمة بل كثير من المياه الجوفية تصبح غير صالحة للاستخدام بسبب ارتفاع نسبة التركيز الملحي. توجد العديد من المعايير التي تستخدم لتحديد ملائمة المياه المالحة، فهناك المعايير التي أصدرتها الفاو عام 1985 وهناك المعايير الأمريكية. إن الخطوط العريضة لهذه المعايير هي أن حجم الأملاح التي يسمح بدخولها للتربة يجب أن تساوي كمية الأملاح التي يمكن إخراجها من التربة عن طريق الغسيل أو من خلال الانتاج المحصولي. إن طريقة اخراج الاملاح من التربة هي المحدد الأول لاستخدام المياه ذات الملوحة الزائدة وفي نوع المحصول التي تستخدم فيها هذه المياه، بالاضافة إلى الإدارة الرشيدة, إن تجاوز مشكلة الملوحة الزائدة عن مواصفات مياه الري السائدة هي أحد أهم التحديات التي تواجه استخدام هذه المياه. وتشمل طرق تجاوز الملوحة على مستوى الحقل ما يلي:

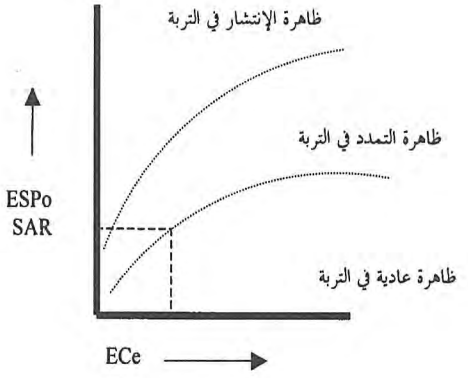
- اختيار المحاصيل المقاومة لملوحة المياه العادمة حتى بعد المعالجة.
- اختيار محاصيل قادرة على امتصاص أكبر قدر ممكن من الأملاح دون أن يؤثر ذلك على الانتاج الزراعي.
- اختيار أنسب طرق الري التي تناسب نوعية المياه.
- تنظيم جدولة الري بهذه المياه مع المياه العذبة إما بخلطهما أو الري المتناوب.

- العمل على تكييف التربة لتقليل هذه النوعية من المياه دون التأثير على جودة وعطاء التربة والعمل على غسيل الأملاح المتراكمة فيها .
- إنشاء مصارف مع شبكات الري للمساعدة في مقاومة الملوحة.

القلوية

إن التركيبات الفيزيائية والكيميائية للتربة بالإضافة إلى الخواص الميكانيكية مثل النفاذية وتركيب الطبقات وافراز العناصر كلها لها انعكاسات على أداء التربة عند استخدام مياه قلوية زائدة. إذا كان تركيز محلول التربة مرتفعاً، يتقلص الخطر الناتج عن تواجد الصوديوم، وتبقى شروط النفاذية المقبولة واردة بالرغم من ارتفاع نسبة تبادل الصوديوم بالتربة (ESP). ويلاحظ ان Ec وSAR مثلاً متلازمتان وأخذهما في الاعتبار معاً يمكن من استنتاج توقعات موضوعية حول آثار المياه على سرعة التغلغل. من جهة أخرى نسبة الصوديوم المتبادل وانعكاساته السلبية على هيكل التربة من حيث الحدود ليس مفهوماً بدقة لحد الآن، فغالباً إذا كان ESP من ١٠ إلى ٢٥ كحد الخطر، فإن نسبة ٢٥ في الترب الرملية لا تؤثر بتاتاً على هيكل الترب[٤]. إن آثار التدهور الناتجة عن تواجد الصوديوم بالزيادة (SAR أو ESP مرتفعة) تتقلص بتواجد الأملاح في التربة (شكل ١).

شكل (1)



اثار التدهور الناتج عن زيادة الصوديوم

متطلبات استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الانتاج الزراعي

تحديد نوعية المياه ومحتوياتها

إن المزارع وبالأخص في الدول العربية بسيط ولا يتحكم في نوعية المياه التي ترد إليه عند بوابة الحقل وليس لديه مجال لمعالجتها ومعرفة نوعيتها ولا علم له بالمواصفات المطلوبة، لذا فلابد من العمل على توفير مياه تناسب متطلباته الزراعية ولا تضر بصحته وصحة عائلته وحيواناته وأرضه ومحصوله، عليه فإن مسؤولية مراقبة النوعية تقع على السلطات المتحكمة في مياه الري. ويعتبر حصر وتجميع المعلومات والبيانات الأساسية حول نوعية مياه الصرف الصحي التي يراد استعمالها في الري أول وأهم متطلبات هذا الاستخدام.

حصر الكميات المتوقعة من المياه العادمة

إن حصر وتحديد حجم أي من الموارد الطبيعية يعتبر من المتطلبات الأساسية. وبالنسبة لاعادة استخدام مياه الصرف الصحي فإن الكمية تعتمد بالدرجة الأولى على عدد السكان، وأن الحجم الأكبر من هذه المياه يرتكز خاصة في المناطق الحضرية، لذا فإن بعض المحددات الجغرافية تقيد إلى حد كبير استخداماتها. وفي معظم الاحيان تتكون هذه المياه من وحدات معالجة متفرقة يصعب تجميع المياه منها، مما يعني أن تستغل مياه كل وحدة استغلالاً منفرداً والذي قد يكون غير اقتصادي بسبب قلة المياه.

المعالجة الملائمة

أن الفلسفة الأساسية لمعالجة مياه الصرف الصحي تنحصر في هدفين أساسين، أولهما التخلص الآمن من هذه المياه العادمة ذات الجوانب السالبة على البيئة مما تحمله من مواد غير ملائمة للصحة العامة والبيئة، وثانيهما الاستفادة من هذه المياه المعالجة في تغطية بعض العجز المائي، وبالأخص في المناطق الجافة وشبه الجافة مثل المنطقة العربية دون أ، يؤثر ذلك سلباً على البيئة والصحة الإنسان[٥]. إن من أهم الملوثات بهذه المياه العادمة هي الجراثيم الدقيقة وهي أساس مصدر الرائحة الكريهة، كما أن بعض هذه المكونات الحيوية يتوالد عند تجميع هذه المياه العادمة. يمكن التخلص من هذه المكونات الحية التي تسبب هذه الروائح الكريهة كيميائياً إلا أن هذه الطريقة لها آثاراً سالبة على الإنسان والحيوان عند استخدام المياه المعالجة، ولهذا فإن استخدام الكيماويات غير مرغوب إلا في الحالات الطارئة وبصفة محدودة قصيرة المدى، والطريقة الأكثر أماناً هي تجفيف هذه المياه تهدف معالجة مياه الصرف الصحي للإستخدام الزراعي في الإقلال من كمية المواد الصلبة المعلقة والبكتريا والمواد المستهلكة للأكسجين والمواد ذات الأثر السيء على الإنسان والحيوان والنبات . ويتمثل التسلسل العام للمعالجة في تجميع المياه العادمة ثم معالجتها ثم توزيعها للإستخدامات المختلفة على النحو التالي:

أ-مرحلة الترسيب (التنقية الأولية Primary treatment

وهي مرحلة ترسيب ميكانيكي للمواد الطينية الكبيرة والمواد الرملية والمواد العضوية الصلبة وهي تعتبر معالجة جزئية, وتتكون أجهزة هذه المرحلة من الآتي:

-المصافي.

-الترسيب الرملي.

-أحواض حجز الشحوم.

-أحواض ترسيب المواد العالقة.

-استعمال المحطات الكيميائية للمساعدة في الترسيب.

ب-مرحلة التنقية البيولوجية

إن الغرض الأساسي في هذه المرحلة هو تحليل المواد العضوية العالقة والتي بقيت بعد المرحلة الأولى وتحويلها إلى مواد غير قابلة للتحلل بواسطة البكتيريا الهوائية . هناك اجماع في المدن العربية على استخدام طريقة الحماه المنشطة وبطريقة أقل شيوعا طريقة المرشحات البيولوجية.

تتكون عملية المعالجة بطريقة الحماه المنشطة (Activated sludge) من أربعة مراحل على النحو التالي:

*** المرحلة الأولى**

يتم في هذه المرحلة تجميع المياه العادمة في أحواض ويضاف إليها جزء من الأوكسجين الصناعي بفعل المواد الصلبة من المياه ومن ثم يتم تجميع هذه المواد الصلبة المترسبة ميكانيكياً في أماكن مخصصة لها، كما يتم التخلص في هذه المرحية من المواد العائمة مثل الزيوت المتزلية وذلك بضخ الطبقات التي تحتوي على هذه المواد بعيداً عن الأحواض.

*** المرحة الثانية**

بعد التخلص من المواد الصلبة والعالقة تمر المياه إلى أحواض التهوية، حيث يتم فيها زراعة البكتريا من أوكسجين وتهوية، وقد يتم ذلك بواسطة مرواح تهوية عملاقة.

من طرق المعالجة الأخرى المستخدمة في الدول العربية طريقة المرشحات البيولوجية (Trickling Filter). إن استخدام هذه الطريقة محدودة في المحطات التي تم انشاءها في مراحل سابقة في المدن الصغيرة. كما أن هناك طرق أخرى منها الترسيب فقط، وهذه المعالجة ضعيفة للغاية في التخلص من المواد غير المرغوب فيها ولكنها أقل تكلفة. وهناك الترسيب مع إضافة بعض الكيماويات وهذا بالطبع يزيد من كفاءة المعالجة ولكن له آثار بيئية سالبة.

أما الطرق الأخرى الأكثر أماناً فهي بركة التهوية وبحيرات الأكسدة. ومن أفضل طرق المعالجة من ناحية الاستخدام الزراعي فهي برك التثبيت حيث أنها فعالة في التقليل من الملوثات. وتتمثل مزايا هذه الطريقة في الآتي:

- التخلص السريع من جراثيم الأمراض.
- تناسب كافة التجمعات السكانية الكبيرة والصغيرة.
- انخفاض التكلفة الانشائية مقارنة بالطرق الأخرى.
- انخفاض تكلفة التشغيل.
- الملائمة التكنولوجية المبسطة للدول النامية.
- إمكانية تعديل وتوسيع محطات المعالجة حسب متطلبات الأوضاع.
- تحملها لكل التركيزات والأحمال بالمياه العادمة.

إن أفضل تصميم لبرك التثبيت تلك التي تتكون من خمسة خلايا هي البركة اللاهوائية والبركة الاختيارية ثم ثلاث برك إنضاج، ويوضح الجدول (2) مدى فعالية هذه البرك في التخلص من الملوثات المختلفة.

من المعالجات الإضافية التعقيم وبرك الصقل حيث يستخدم الكلورين في تعقيم المياه بشكل عام وكذلك يستخدم في تعقيم الناتج من محطات التنقية ولكن نسبة لعدم ثبات التركيز في هذه المياه، فإن عملية تعقيمها قد تكون صعبة بعض الشيء

***المرحلة الثالثة**

بعد التهوية تمر المياه إلى مرحلة الترسيب للتخلص من المواد العالقة.

***المرحلة الرابعة**

يتم في هذه المرحلة تعقيم المياه بإضافة مادة الكلورين أو غاز الكلورين للقضاء على البكتريا بعد أن أدت المهام التي من أجلها تمت إضافتها للمياه ثم تتم التنقية النهائية بواسطة مرشحات رملية وبهذا تصبح صالحة للاستخدام الزراعي.

عند الاستخدام للري تضاف لمياه الصرف الصحي حوالي 10-30 ملغم كلور لكل لتر على أن تمكث حوالي 60 دقيقة، ولكن من المؤكد أن الكلور لا أثر له على تخفيف بويضات الديدان، بالإضافة إلى تكلفة التعقيم التي قد تكون مكلفة بالنسبة للاستخدام الزراعي. أما طريقة الصقل فهي إضافة بركة أخرى لتخزين المياه بعد المعالجة لمدة معينة مما يصقلها ويقلل من نسبة البكتريا وبويضات الديدان بدرجة معقولة وبتكلفة منخفضة نسبياً يمكن الحصول على درجة التنقية المطلوبة باختيار المعالجة الملائمة. وقد دلت التجارب أنه يمكن الوصول لنسبة تخلص من البكتريا تبلغ 95%.

جدول (2)

مصدر العينة Sample	مدة المكوث/يوم Retentio time	الأكسجين الحيوي الممتص BOD mg/l	المواد العالقة S.S mg/l	القولونيات البرازيةFC	بويضات الديدان
مجاري غير معالجة	-	240	305	7 10 x 4.6	704
البركة اللاهوائية	6.8	63	56	6 10 x 2.9	29
البركة الاختيارية	5.5	45	74	5 10 x 3.2	1
بركة الإنضاج الأولي	5.5	25	61	4 10 x 2.4	0
بركة الإنضاج الثانية	5.5	19	43	450	0
بركة الإنضاج الثالثة	5.8	17	45	30	0

نتائج استخدام وحدات الترسيب في معالجة المياه العادمة

إن الاحتياجات البيئية والفنية الواجب إتباعها في تصميم محطات المعالجة تشمل ما يلي:

- أن تكون مواقع المعالجة أبعد ما يمكن عن التجمعات السكنية.
- أن لا تكون مواقع المعالجة في اتجاه الريح نحو هذه المواقع السكنية.
- أن يكون برنامج المعالجة بحيث لا تمكث المياه العادمة فترة طويلة في شبكات النقل لمحطات المعالجة من أجل تخفيض التكلفة وتقليل زمن وجود هذه المواد بالشبكة لما لها من آثار سالبة على الشبكة.
- أن تكون مواقع المعالجة قرب مواقع التخلص والاستخدام لهذه المياه بعد المعالجة.

- أن يكون التصميم بحيث يكون انسياب المياه العادمة إلى محطات المعالجة ومنها عن طريق الانحدار الطبيعي للأرض دون الحاجة لمضخات، حيث أن اعتماد سريان هذه المياه إلى مضخات له جوانب سالبة عديدة وبالأخص إذا تعطلت هذه المضخات أو انقطعت عنها الطاقة لأي من الأسباب الطارئة، مما يخلق وضع غير مواتي بيئياً، والشواهد على ذلك كثيرة في بعض البلدان العربية حيث تفيض مياه المجاري في الشوارع بسبب عطل المضخات.

وضع المواصفات والتشريعات التي تضبط الاستخدام

لقد سادت العالم أخيراً حملات عالمية متواصلة للحد من التلوث بكل جوانبه في الأرض والجو والمياه لما يصاحب ذلك من تدهور في الصحة ومستوى معيشة البشر. من الضوابط الأساسية المرافقة لهذه الحملات وجوب سن التشريعات والقوانين المنظمة لاستخدام الموارد الطبيعية وصفائها. هناك العديد من القوانين السائدة في هذا المجال، إلا أن عملية إعداد القوانين هي عملية ديناميكية يتم فيها مراجعة وتحديث وتطوير للقوانين كلما تغيرت الأوضاع وحسب متطلبات ومقتضيات المستجدات العالمية والمحلية[٦].

إن السمات الأساسية للتشريعات والقوانين الخاصة بموضوع استخدام المياه المعالجة في الزراعة تهتم بمراقبة مواصفات وإجراءات محددة لنوعية المياه المسموح بها وطريقة إدارتها حيث الشعار العام هو أن الزراعة ذات الأثر البيئي الأقل ضرراً هي أكثر كفاءة من الزراعة ذات الأثر البيئي الأكثر ضرراً.

لقد أصبح مفهوم الإدارة الحضرية يساوي بين أهمية مياه الشرب ومياه الاستخدام الصحي للإنسان ولكن في الدول النامية وبما في الدول العربية، ما زالت تعطي مياه الشرب الأهمية الكبرى، ولهذا نجد أن شبكات مياه الشرب أفضل بكثير من شبكات الصرف الصحي من حيث البنية التحتية وإدارتها والأولوية التي تمنح لها في التمويل والاهتمام.

تشمل الأهداف الأساسية للتشريعات والقوانين الخاصة بمياه الصرف الصحي واستخدامها في الزراعة ما يلي:

- حماية حقوق المياه وإستخداماتها.
- حماية الصحة العامة والبيئة.

سمات وملامح التشريعات الخاصة بإعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة

إن من الأهداف العامة لأي تشريعات هو حماية حقوق الأفراد من تغول المجتمع أو تغول بعضهم على بعض أو تغول الأفراد على الحقوق العامة للمجتمع والبيئة والموارد الطبيعية.

بالنسبة لاستخدام مياه الصرف الصحي، فإن الحقوق تشمل الاستخدامات الحالية لهذه المياه حيث أنه في كثير من الدول العربية يجري الآن، ومنذ فترة طويلة، استخدام مياه الصرف الصحي دون معالجة في الري، ولكن بعد الاهتمام البيئي الذي بدأ يسود وظهور أهمية معالجة المياه قبل استخداماتها، طرأت على أثرها مشكلة الحقوق المكتسبة لبعض المزارعين في هذه المياه وطريقة معالجة النقص الشديد الذي سيطرأ عليها بعد المعالجة بالإضافة إلى مطالبة مستخدمين جدد للحصول على نصيب منها، لهذا فإن أول المتطلبات التشريعية هي معالجة هذا الوضع. إن القوانين العرفية التقليدية التي تسود كثير من المناطق في

الدول العربية تتحكم في استخدامات المياه، ولكن المياه العادمة الحضرية قد لا تخضع لهذه القوانين العرفية التقليدية المتواجدة في المناطق الريفية، لهذا فالوضع الجديد يحتاج إلى تشريعات حضرية وضعية تناسب مقتضيات كل حالة.

إن الملامح الرئيسية للتشريعات في هذا الخصوص قد تشمل الآتي:

- إقرار الملكية والمسؤولية العام عن هذه المياه العادمة.
- الاستخدام والتوزيع العقلاني للمياه.
- تقنين الأنشطة التي من شأنها تلوث البيئة.
- مراقبة ومراعاة المواصفات الفنية والإدارية للمياه ومعالجتها وطرق استخداماتها.
- حماية صحة الإنسان والحيوان والبيئة من الاستخدام غير الموائي لهذه المياه.
- تحديد الإجراءات والمسؤوليات الناتجة عن تجاوز التشريعات.
- يسبق القوانين وضع مواصفات فنية وإجراءات إدارية للمياه المعالجة وطرق المعالجة وأساليب إجراءات الأستخدامات، وتعتبر إعادة استخدام المياه العادمة في الزراعة من الأمور المعقدة التي تتطلب اتخاذ احتياطات معينة بسبب الطبيعة المميزة لهذه المياه.

وضع دليل للاستخدام

إن المتطلبات اللازمة للاستخدام الآمن لمياه الصرف الصحي في الزراعة قد لا تعني الكثير للمستفيد النهائي من المياه (المزارع) ما لم تتحول إلى أداة ملموسة له. لهذا فإن وجود دليل مبسط وشامل يوضح كيفية الاستخدام الآمن لهذه المياه ومساوي الاستخدام غير المرشد وتأكد محاسن اتباع الخطوات العلمية المدروسة عند الاستخدام، لذلك يعتبر وجود دليل الاستخدام المرشد لمياه الصرف الصحي يكون في مستوى المزارع المعني وباللغة التي يفهمها ضرورة لتأكيد الاستخدام الآمن المرشد لهذا النوع من المياه. قد يشمل الدليل ما يلي:

أ- فوائد ومحاذير استعمال المياه العادمة.

ب-مدى صلاحية المياه بعد المعالجة للاستخدام الزراعي من النواحي الآتية:

- نوعية المحاصيل التي يمكن انتاجها .
- العناصر المغذية للتربة واحتياجات التسميد.
- طرق الري المستخدمة.
- جدولة الري.
- تحضير الأرض.
- الحصاد الآمن.

ج- الجوانب والمؤثرات الصحية والبيئية لاستخدام هذه المياه:

- على صحة الإنسان والحيوان.
- على الإنتاج الزراعي.
- على التربة.
- على المياه الجوفية.
- على المياه السطحية.

د- الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والثقافية والقانونية المؤسسية

- الفوائد الاقتصادية لاستخدام هذه المياه.
- تقبل المجتمع لاستخدام هذه المياه.
- أهمية تطبيق المواصفات والقوانين.
- حقوق وواجبات المستخدم لهذه المياه.

ه- التدابير الرقابية

- رصد ومراقبة نوعية وكميات المياه العادمة الواردة.
- مراقبة أساليب تخزينها.
- مراقبة ومتابعة أساليب استخدامها والتقيد بما جاء بالدليل وكل الخطوط التوجيهية والإرشادية حول هذا الاستخدام.

المشاكل والمعوقات التي تواجه إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة العربية

يواجه إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة العربية العديد من المشاكل والمعوقات تشمل:

أ- عدم توفر المعلومات والبيانات الدقيقة عن حجم التدفقات وتوقعات الزيادة، حيث أن برامج الاستخدام في الزراعة يتطلب بالضرورة معرفة دقيقة لهذه المعلومات من أجل التخطيط السليم المستدام لهذا الاستخدام الذي هو بطبيعته طويل المدى يخلق معه تجمعات ونشاطات سكانية ستعتمد في معيشتها على استمرارية هذا العطاء. إن وجود المعلومات والبيانات الدقيقة مع صحة التوقعات أمر في غاية الأهمية بالنسبة لهذا الاستخدام. كما أن تحديد كمية مياه الصرف المزمع معالجتها مسألة جوهرية لتقدير حجم الاستثمارات المطلوبة. ومن المفيد أن تقاس كمية مياه الصرف الصحي بكيفية صحيحة ودقيقة وتربط برامج الاستثمارات في المدينة بهدف التوسع في نظم إمدادات المياه والصرف الصحي.

ب- تدني كفاءة تشغيل وصيانة شبكات الصرف الصحي وهذا ناتج أساساً من الآتي:

- عدم التصميم الدقيق للشبكات حسب توقعات حجم التدفق.
- التوسع في الرقعة السكانية دون اعتبار لسمات شبكات الصرف الصحي.
- نقص المقدرات الفنية المكلفة بتسيير هذه الشبكات.
- نقص الاعتمادات المالية المطلوبة للتشغيل والصيانة.

ج- تدني نسبة تغطية شبكات الصرف الصحي للمتطلبات السكانية، حيث أن هذه الشبكات مركزة في الدول العربية في المراكز الحضرية وكبريات المدن، وفي بعض الدول قد تكون التغطية داخل المدن الكبرى غير كاملة، وقد يؤدي ذلك إلى استخدام طرق أخرى للتخلص من بقايا الإنسان بطرق معزولة عن بعضها البعض، وبهذا قد لا تقود إلى تجميع منظم لهذه المياه العادمة يمكن من إعادة استخدامها. وقد تؤدي هذه الطرق المعزولة إلى كثير من المشاكل البيئية، فهي عبارة عن شبكات صرف صحي محدودة داخل حرم المنازل والعمارات تنتهي بحوض ترسيب (Septic Tank) تتم فيه معالجة ذاتية للمياه العادمة وترسيب ثم تصب في بئر مفتوحة.

د- النقص في القدرات المالية العالية المطلوبة لأعمال إنشاء شبكات الصرف الصحي ومعالجتها.

هـ- عدم الاهتمام بالدراسات المسبقة للجدوى الفنية والاقتصادية والاجتماعية التي تهتم بالجوانب الزراعية والبيئية والصحية والاجتماعية والقانونية والاقتصادية، بالإضافة إلى جوانب التشغيل والصيانة ومشاركة المستفيدين وتحديد رسوم استخدامهم لهذه المنشآت من أجل إعادة الاحلال ورفع كفاءة الإدارة وضمان استدامة التشغيل بأقل الأضرار، حيث أن سوء إدارة هذه الشبكات له جوانب سالبة عديدة على البيئة والصحة العامة.

و- عدم الاستخدام الأمثل للبقايا الصلبة من مياه الصرف الصحي رغم احتوائها على العديد من المواد العضوية والمغذيات للنبات. إن حسن استخدام هذه المواد له فوائد عديدة، أهمها التخلص الآمن منها خشية تسربها للموارد المائية الجوفية، مما قد يؤدي إلى تلوث هذه الموارد، كما أن هذه المواد الصلبة غنية بالمغذيات والعناصر العضوية التي يمكن استخدامها كسماد للنبات.

ز- النقص الشديد في الاهتمام بالبحوث والدراسات رغم تعدد المجالات المطلوب البحث فيها في هذا الموضوع.

ح- نقص المواصفات القياسية القطرية العربية والإقليمية في مجالات المعالجة وأساليبها وتحذيرها ومستوى نوعية المياه بعد المعالجة وأساليب الاستخدامات المختلفة لها.

ط- عدم وجود دليل عربي مبسط موجه نحو المزارع العربي باللغة التي يفهمها وحسب متطلبات طبيعة منطقته ومستوى فهمه واهتماماته.

ي- تدني التوعية الشعبية فيما يختص بأهمية استخدام المياه في المجالات الصحية وإعادة استخدام هذه المياه بعد المعالجة من أجل سد الفجوة المائية والتخلص الآمن منها حيث أنها تعتبر من الملوثات للبيئة وتمنع المزارع العربي من استخدام هذه المياه لأسباب دينية واجتماعية.

ك- نقص التنسيق العربي المكثف في هذا المجال وأهمية قيام المنظمات العربية الإقليمية المتخصصة بدور فعال لإنشاء آليات للتنسيق وتبادل الخبرات العربية والاستفادة من التجارب المتاحة في العالم العربي في مجال معالجة وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي.

سبل تطوير وتعزيز استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة العربية

ما زالت إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في المنطقة العربية محدودة في حين أن كمية مياه الصرف تزداد باستمرار وبوتيرة متصاعدة، ويتوقع أن تصل كمية مياه الصرف الصحي في الدول العربية عام 2030 حوالي 30 مليار متر مكعب سنوياً وهي تمثل نسبة عالية من الموارد المائية المتاحة بالمنطقة العربية، لذلك يعتبر تعزيز إعادة استخدام هذه المياه مطلب قومي عربي هام.

تشمل أهم أساليب وسبل تعزيز هذا الاستخدام إيجاد الحلول المناسبة والملائمة لكل المشاكل والمعوقات التي تواجه تطوير هذا الاستخدام والتي تم سردها سابقاً وتشمل سبل التطوير ما يلي:

أ- العمل على توفير المعلومات والبيانات الدقيقة الصحيحة الموثقة عن نوعية المياه بعد المعالجة وكميات المياه الحالية والمستقبلية ومواقعها من أجل التخطيط السليم لاستخدامها في زراعات مستقرة مستدامة ويتم ذلك عبر إيجاد الآليات المؤسسية اللازمة بجمع وتحليل ونشر هذه المعلومات، ويعتبر رصد المعلومات عملية طويلة المدى وذات صفة مستمرة.

ب- تطوير سبل معالجة المياه العادمة حيث تعتبر معالجة المياه العادمة هي أهم مقومات تطوير إعادة استخدام هذه المياه في الزراعة، لذلك فإن سبل تطويرها للوصول إلى مياه معالجة ملائمة للري يعتبر دعماً قوياً لهذا الاتجاه، وهناك مجال واسع لتطوير سبل المعالجة في الدول العربية للوصول إلى مياه يمكن استخدامها بدون معوقات ومشاكل.

ج- وضع المواصفات والتشريعات المناسبة لتأكيد سلامة استخدام هذه المياه وبما يتناسب مع مقتضيات كل دولة.

د- تطوير أساليب تصميم وإنشاء شبكات جمع مياه الصرف الصحي للتأكد من الأداء المناسب لها.

ه- توسيع دائرة تغطية شبكة الصرف الصحي لاستيعاب أكبر قدر من الصرف الصحي وللتأكد من عدم خلق قنوات جانبية للتخلص من الفضلات الآدمية، وهو ما يحدث في الكثير من المناطق الريفية العربية والمجمعات السكنية الصغيرة.

و- توسيع قاعدة البحث العلمي في مجال المعالجة وتصميم شبكات التوزيع من ناحية رفع الكفاءة وتقليل التكلفة وهما العنصران الأهم في هذه المجالات.

ز- الاعتمام بموضوع التوعية الشعبية حول ضرورة الترشيد في استخدام المياه وأهمية وفوائد إعادة استخدام مياه الصرف الصحي استخداماً معافاً آمناً.

ح- زيادة التنسيق العربي في مجال استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة من أجل تبادل الخبرة والمعرفة والاستفادة من تجارب البعض والاستغلال الأمثل للقدارت العربية في هذا المجال.

ط- إيجاد الوسائل الفعالة لرفع درجة الأولوية لقطاع الصرف الصحي في التنمية الاقتصادية بالدول العربية كأحد وسائل تحسين الظروف المعيشية بالمنطقة.

المراجع:

[١] صقر، س، ٢٠٠١، الاستعمال المأمون للفضلات السائلة المعالجة، حلقة العمل حول النهوض والتوسع في انشاء الغابات التي تروي بمياه الصرف الصحي المعالجة، الاسماعيلية ١٠-٢٠٠١/٥/١٣ – جمهورية مصر العربية.

[٢] صقر، س، ٢٠٠١، الفضلات السائلة والتلوث البيئي، حلقى العمل حول النهوض والتوسع في إنشاء الغابات التي تروي بمياه الصرف الصحي المعالجة، الاسماعيلية ١٠-٢٠٠١/٥/١٣ – جمهورية مصر العربية.

[3] World Health, Technical Report Series N° 778. 1989 Health Guilelines for the use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture, Report of WHO Scientific Group.

[4] AZZOUZ, A, BELLOUM, A, 1995, Possibités d'utilisation des eaux de drainage pour la mise en valeur des sols salés dans la région de Biskra (Sud-Est Algerien), in workshop "on Farm Sustainable use of saline water in irrigation : Mediteranean Experiences" 5-8 October 1995, Hammamet, Tunisia.

[٥] المنظمة العربية للتنمية الزراعية، ٢٠٠٠، دراسة استخدام مياه الصرف الصحي في الانتاج الزراعي في الدول العربية، AOAD/2001/RG-5/11-00910- الخرطوم- جمهورية السودان.

[٦] المنظمة العربية للتنمية الزراعية، ٢٠٠٠، دراسة تقويم الآثار المترتبة على سوء استخدام الموارد المائية غير التقليدية على البيئة الزراعية العربية، AOAD/2001/RG-5/54-01013، الخرطوم- جمهورية السودان.

التنبؤ بصلاحية المياه المالحة للري باستخدام برنامج حاسوبي

الدكتور أحمد الزبيدي، عصام سبتي الطائي

التنبؤ بصلاحية المياه المالحة للري باستخدام برنامج حاسوبي

احمد الزبيدي **عصام الطائي**

قسم علوم التربة والمياه – كلية الزراعة – جامعة بغداد

الملـــخـــــــص:

لقد تم في هذا البحث اختبار مدى تطبيق برنامج حاسوب يطلق عليه WATSUIT للتنبؤ بصلاحية الميـاه المالحـة للري وتوزيع الملوحة ومكوناتها في الطبقة الجذرية عند الوصول إلى حالة الاتزان بين المياه المالحة والتربـة. تم اجـراء تجربـة بايولوجية تضمنت زراعة القمح (الحنطة) في اصص خاصة اعدت لهذا الغرض، وشملت التجربة المعاملات التاليـة : تـربتين مختلفتي القوام – مزيجية طينية و غرينية رملية، والري بمستويين من ملوحة مـاء الـري ٢,٥ و ٥,٠ ديسـي سـيمتر م$^{-1}$ ، واستخدام متطلبات غسل ٢٥% و ١٥% . وتم تهيئة مياه الري من خلط مياه نهر صدام المالحة مع مياه النهر العذبـة .بعـد انتهاء فترة نمو المحصول وحصاده، تم تقدير كل من قيم التوصيل الكهربائي ECe ونسبة امتزاز الصـوديوم SAR وتركيـز الايونات الذائبة في الارباع الاربعة للمنطقة الجذرية للتربة، كما تم تقدير الوزن الجاف واطوال النباتـات.وجـرى تشـغيل البرنامج على الحاسوب بأدخال البيانات المتعلقة بتركيز الايونات الذائبة الموجبة والسالبة في مياه الري المستعملة بالتجربة وعند مستويين من متطلبات الغسل باعتبارها مدخلات (inputs) للبرنامج . وتم الحصـول علـى مخرجـات (out puts) البرنامج المتضمنة توزيع الملوحة (ECe) ومكوناتها والكشف عن مدى ترسب كل من الجـبس والكلـس والمغنيسـايت ، وكذلك المؤشرات ذات العلاقة بالملوحة والازموزية والصودية والسمية للمنطقة الجذرية التي يقوم البرنامج بتجزئتها إلى اربعة ارباع متساوية بالعمق في كل معاملة من المعاملات المدروسة. وتم تقييم مخرجات البرنامج من خلال مقارنتها بالقيم المقـدرة عملياً باستخدام الاسس الاحصائية .

لقد اظهرت النتائج نجاح البرنامج في التنبؤ بشكل جيد بقيم الملوحة ECe ونسبة امتـزاز الصـوديوم SAR وpH وتراكيز الايونات الذائبة الموجبة والسالبة في الارباع الاربعة للمنطقة الجذرية في كافة المعاملات المدروسة ، حيـث حقـق البرنامج النسب المئوية (كمعدل لمنطقة الجذرية) ٦٧,٠% و ٩٩,٤% و ٩٤,٠ و٩٧,٠% من القيم المقدرة عمليا لكل مـن قيم ECe وSAR وpH وتراكيز الايونات على التوالي. الأمر الذي سمح لنا بالاستنتاج بأمكانية استخدام هذا البرنـامج في التخطيط القريب والبعيد المدى للأستخدام الامن للمياه المالحة للري.

مفاتيح البحث : المياه المالحة ،برنامج حاسوب ، توزيع الملوحة في الطبقة الجذرية ، محصول القمح.

المقدمة :

ان التوسع في الزراعة الاروائية يتطلب توفر مياه ذات نوعيات جيدة ومأمونة من المخاطر على التربة والبيئة . الا انه في كثير من بلدان العالم يكون حجم المياه المتاحة من الموارد المائية العذبة غير كاف لمثل هذا التوسع ، لذلك برز مؤخرا اتجاه نحو استخدام المياه المالحة او اعادة استخدام مياه الصرف المالحة للري . لقد حقق هذا التوجه النجاح في كثير من بلدان العالم اذا ماجرى الاستخدام في ظروف مناسبة من ادارة التربة والمياه. ولقد عرض الزبيدي (1989) و Rhoades et al. (1992) نتائج العديد من هذه المحاولات وفي بلدان عديدة. وعلى مستوى القطر العراقي فلقد اشارت النتائج الى امكانية استخدام المياه المالحة لاغراض الغسل والاستصلاح (Hanna, 1977 والزبيدي وحسن، 1999 وحسن وآخرون 2000)، وكذلك لري عدد من المحاصيل الزراعية (عبد 1995 و الحمداني 2001) و(شكري، 2002) وذلك من خلال خلطها مع المياه العذبة.

لقد اقترح في السنوات الاخيرة عدد من البرامج التي يمكن تشغيلها بالحاسوب وتستطيع التنبؤ بصلاحية استخدام المياه المالحة للري ومدى تاثيرها في التربة والنبات ، ومنها البرامج المقترحة من قبل Lately et al ., (1990) و Suarez et al ., (1996)و Rhoades et al ., (1992) و الحديثي (1997). ومن بين هذه البرامج الاكثر شيوعاً برنامج WATSUIT الموصى به من قبل منظمة الغذاء والزراعة التابعة إلى الامم المتحدة (FAO) والمقترح من قبل Rhoades et al ., (1992) الذي يستطيع التنبؤ بصلاحية المياه المالحة وتوزيع الملوحة في منطقة الجذور حين الوصول الى حالة الاتزان والاستقرار (steady state) بين التربة ومياه الري المستخدمة . ويتميز هذا البرنامج بسهولة تشغيله نسبياً على الحاسبة وتيسر البيانات اللازمة للتشغيل .

لذلك يهدف البحث الى اختبار مدى صلاحية برنامج WATSUIT للتنبؤ بصلاحية استخدام مياه نهر صدام المالحة لري محصول القمح النامي في تربتين مختلفتي القوام ، كما يهدف البحث الكشف عن مدى تاثير المياه المالحة المستخدمة في توزيع الملوحة ومكوناتها في المنطقة الجذرية من مقارنة مخرجات هذا البرنامج مع القيم التجريبية.

المواد وطرائق العمل

تم اجراء تجربة بايولوجية تضمنت زراعة محصول (القمح) Triticum Aestivm L. صنف اباء ٩٥ . حيث استخدمت عينتي تربة مختلفتي القوام ، التربة الاولى مزيجية طينية غرينية (SiCL)والتربة الثانية مزيجية رملية (SL) ويرمز للتربة الاولى بـ T_1 وللتربة الثانية T2 ، وكان تصنيف التربة Typic Torrifluvent. تم تجفيف عينات التربة هوائيا، وطحنت ونخلت بمنخل قطر فتحاته ٤ ملم ، ونقلت الى حاويات بلاستيكية خاصة ذات قطر ٢٥ سم وارتفاعها ٣٠ سم . تم ثقب الحاوية من الاسفل لتسهيل عملية الصرف منها، وتم طلاء السطح الداخلي للحاوية بمادة الاسفلت لمنع تاثير الجدار. وتم تقدير اهم الصفات الكيمائية والفيزيائية للتربة (جدول ١) حسب الطرق الموصوفة في Richards (1954) و Black (1965) كما تم تقدير التوصيل الكهربائي و pH وتركيز الايونات الذائبة في مياه الري المستخدمة (جدول ٢) حسب الطرق الموصوفة في Richards (1954).

وجرى استخدام مستويين من ملوحة ماء الري : المستوى الاول ذو توصيل كهربائي ٢,٥ ديسي سيمينز م$^{-1}$ والمستوى الثاني ٥,٠ ديسي سيمينز م$^{-1}$ ورمز لهما S_1 وS_2 على التوالي ، وتم الحصول على هذين المستويين من الملوحة من خلط مياه نهر صدام المالحة مع مياه النهر.واستخدم مستويين من متطلبات او احتياجات الغسل (LR) هي : ٢٥% و ١٥% ورمز لها L_1 و L_2 على التوالي . وتم زراعة ١٠ بذور في كل حاوية بتاريخ ١٩٩٩/١١/١٥ ثم خفت إلى ٥ نباتات لكل حاوية بعد ان بلغ ارتفاع النبات ١٠ سم. اضيفت الاسمدة الكيمياوية والنتروجينية والفوسفاتية والبوتاسية حسبما موصى به للقمح. وحصدت النباتات بتاريخ ٢٠٠٠/٣/١٥ حيث تم تقدير الوزن الجاف بعد ان تم قياس اطوال النباتات. وتم حساب حجم الماء المضاف بالمعادلة التالية:

$$AW = \frac{ET}{1 - LR}$$

حيث ان AW تمثل عمق الماء المضاف الكلي و ET الاستهلاك المائي للمحصول . وتم تكرار الري عند استنزاف ٦٠-٥٠% من الماء المتاح الكلي من التربة حسب الطريقة الوزنية. وبعد حصاد القمح ، قسم عمود التربة في الحاوية الى اربع طبقات متساوية العمق ، وجمعت عينات تربة من كل طبقة لغرض التحليل .

اسس والية تشغيل البرنامج: يعبر الاسم المختصر WATSUIT عن كلمتي WATER SUITABILITY والتي تعني صلاحية المياه وقد تم كتابة البرنامج بلغة Fortran 77 القياسية. ويتعامل هذا البرنامج بعد الوصول إلى حالة الاتزان او الاستقرار Steady State بين التربة ومياه الري المالحة المستخدمة. ومن الناحية التطبيقية تعكس حالة الاتزان والاستقرار الحالة النهائية التي تصل اليها حالة التربة على الامد البعيد من استخدام المياه المالحة، وهي الحالة التي ينبغي معرفتها وجمع المعلومات حولها. وتم اعتماد الاسس التالية في بناء البرنامج (Rhoades et al. 1992):

١. اعتمدت متطلبات او احتياجات الغسيل (كسر الغسل LF) للسيطرة على التوازن الملحي باستخدام المعادلة المقترحة من قبل Rhoades (FAO, 1989):

$$LR(LF) = \frac{EC_{iw}}{5EC_e - EC_{iw}}$$

حيث ان EC_{iw} و EC_e التوصيل الكهربائي (ديسي سيمينز م$^{-1}$) لمياه الري المستخدم والتوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة للتربة على التوالي.

٢. اعتمدت نسبة امتزاز الصوديوم SAR كمؤشر للصودية وبناء على ما اقترحه مختبر الملوحة الامريكي (Richards, 1954).

٣. اعتمد البرنامج قيم حاصل الاذابة Solubility product للمركبات القليلة الذوبان كالجبس والكلس والمغنسايت للتنبؤ بمدى ترسبها او ذوبانها في منطقة الجذور اخذاً بنظر الاعتبار ضغط غاز CO_2 في الهواء الجوي وهواء التربة.

٤. استخدام البرنامج مخطط توزيع امتصاص الرطوبة في منطقة الجذور من قبل النبات المقترح من قبل منظمة الغذاء والزراعة الدولية (FAO, 1989) كاساس لتوزيع الرطوبة والملوحة وتركيز الايونات في منطقة الجذور. وطبقاً لهذا المخطط تقسم منطقة الجذور إلى اربعة ارباع متساوية، ويتم امتصاص الرطوبة من قبل النبات بالشكل التالي : ٤٠% و ٣٠% و ٢٠% و ١٠% من الاستهلاك المائي من الربع الاول والربع الثاني والربع الثالث والربع الرابع على التوالي.

٥. اعتمد البرنامج العلاقة بين التوصيل الكهربائي (ديسي سيمنز م$^{-1}$) والجهد الازموزي (O.P) المقترحة من قبل مختبر الملوحة الامريكي (Rchards, 1954) :

$$O.P = EC \times 0.36$$

كما اعتمد عتبة التأثر بالكلوريد لتحديد السمية للكلوريد للمحاصيل الزراعية المختلفة، وكذلك النسبة بين الكالسيوم: المغنيسيوم وتركيز الكالسيوم بالتربة لتحديد حالة التوازن الغذائي بالنسبة للكالسيوم.

وتم تغذية البرنامج WATSUIT بالبيانات المطلوبة باعتبارها مدخلات (Inputs) والتي تضمنت تراكيز كل من الايونات التالية : الصوديوم والبوتاسيم والكالسيوم والمغنيسيوم والكلوريد والكبريتات والبايكاربونات والكاربونات مقدرة بالملي مول شحنة / لتر في مياه الري المستخدمة (جدول ٢) ولكل معاملة ، كما تم ادخال قيم متطلبات الغسل او احتياجات الغسل او ما يطلق عليه مؤخراً كسر الغسل Leaching fraction (LF). بعد ذلك تم الحصول على المخرجات Outputsعند رطوبة السعة الحقلية ، وحولت القيم الى ما يكافئ عند حالة مستخلص العجينة المشبعة مستخدمين معامل التحويل (الرطوبة عند حالة الاشباع : الرطوبة عند السعة الحقلية) وصممت التجربة بحسب الطريقة العاملية بثلاثة عوامل تمثل القوام والتوصيل الكهربائي لمياه الري ومتطلبات الغسل (٢×٢×٢) باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بأربعة مكررات حيث تضمنت التجربة ٨ معاملات وهي :

$T_1S_1L_1$,$T_1S_1L_2$,$T_1S_2L_1$,$T_1S_2L_2$,$T_2S_2L_1$,$T_2S_1L_2$,$T_2S_2L_1$,$T_2S_2L_2$

حللت البيانات احصائياً بواسطة تحليل التباين واختبار F واختبار اقل فرق معنوي للمقارنة بين متوسطات المعاملات المدروسة. ووجدت علاقات الارتباط بين قيم الملوحة ومكوناتها المقدرة عملياً والقيم المحسوبة بواسطة البرنامج باستخدام معدلات الانحدار البسيط (الراوي وخلف الله ١٩٨٠).

جدول (١) : بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لترب التجربة

الصفة	الوحدة	التربة الاولى (T_1)	التربة الثانية (T_2)
ECe	ديسي سيمنز . م$^{-1}$	2.7	2.2
pH		7.8	7.5
الكلس	غم. كغم$^{-1}$	250.0	140.0
الجبس	غم. كغم$^{-1}$	60.0	45.0
المادة العضوية	غم. كغم$^{-1}$	17.0	10.3
الايونات الذائبة			
الكالسيوم	ملي مول شحنة. لتر$^{-1}$	5.8	4.0
المغنيسيوم	ملي مول شحنة. لتر$^{-1}$	8.3	7.3
الصوديوم	ملي مول شحنة. لتر$^{-1}$	12.5	10.5
البوتاسيوم	ملي مول شحنة. لتر$^{-1}$	0.5	0.4
الكلوريد	ملي مول شحنة. لتر$^{-1}$	11.3	9.3
الكبريتات	ملي مول شحنة. لتر$^{-1}$	15.5	12.0
البيكاربونات	ملي مول شحنة. لتر$^{-1}$	3.4	3.0
الكاربونات	ملي مول شحنة . لتر$^{-1}$	Nill	Nill
SAR		4.70	2.87
CEC	سينتيمول . كغم$^{-1}$	29.5	18.5
الكثافة الظاهرية	ميكاغرام. م^{3}	1.51	1.35

جدول (٢) : بعض الصفات الكيميائية للمياه المستخدمة للري

أ- المياه الاصلية المستخدمة في تهيئة المياه المالحة المخلوطة

المياه	EC $dS.m^{-1}$	PH	الايونات الذائبة (ملي مول شحنة . لتر$^{-1}$)							
			Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	K^{+}	CL^{-}	SO_4^{-2}	HCO_3^{-}	CO_3^{-}	SAR
مياه المبزل	6.0	8.2	9.2	22.4	27.5	0.3	23.5	28.6	5.9	-	6.9
مياه الحنفية	0.7	7.9	0.2	0.3	0.5	0.05	0.5	0.3	0.2	-	1

ب- المياه المخلوطة المستخدمة

المياه	EC $dS.m^{-1}$	pH	الايونات الذائبة (ملي مول شحنة . لتر$^{-1}$)							
			Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	K^{+}	CL^{-}	SO_4^{-2}	HCO_3^{-}	CO_3^{-}	SAR
S1	2.5	8.2	4.0	11.6	14.3	0.2	14.8	11.3	4.0	-	5.1
S2	5.0	8.2	8.0	8.0	23.1	0.2	21.2	24.7	5.4	-	6.2

النتائج والمناقشة:

قبل عرض ومناقشة مخرجات البرنامج المستخدم، نشير بايجاز إلى تأثير المعاملات المختلفة المستخدمة في هذه الدراسة – ملوحة ماء الري واحتياجات الغسيل وقوام التربة – في بعض صفات نمو نبات القمح. فقد لوحظ بوضوح انخفاض الوزن الجاف للحاصل الاخضر مع زيادة مستوى ملوحة ماء الري من ٢,٥ إلى ٥,٠ ديسي سيميتر م$^{-1}$ في كلتا التربتين. ففي التربة الاولى T_1 بلغ متوسط الوزن الجاف ٢١٤,٠ و ١٨٩,٥غم/حاوية وفي التربة الثانية T_2 ١٩٢,٥ و ١٢٧,٥ غم/ حاوية عند استخدام المستوى الاول S_1 والمستوى الثاني S_2 من ملوحة ماء الري على التوالي. وكانت الفروقات عالية المعنوية وعند المستوى ٠,٠١.كما اثرت احتياجات الغسيل في التقليل من تأثير ملوحة ماء الري، واظهر التحليل الاحصائي وجود فروقات عالية المعنوية وعند المستوى ٠,٠١ بين متوسط الوزن الجاف عند اختلاف متطلبات اواحتياجات الغسيل حيث لوحظ زيادة في الوزن الجاف في التربة T_1 بنسبة ٢٧,٥% في الوزن الجاف عند زيادة احتياجات الغسيل من ١٥% إلى ٢٥,٠% عند استخدام المستوى الاول S_1 من ملوحة ماء الري، وزيادة بنسبة ٢٤,٤% عند استخدام المستوى الثاني S_2 من ملوحة ماء الري. في حين كانت النسبة المئوية للزيادة في التربة الثانية S_2 بسبب زيادة احتياجات الغسيل ١٢,٠% و ٢٦,٧% عند استخدام المستوى الاول S_1 والثاني S_2 من ملوحة ماء الري على التوالي. وفي نفس الاتجاه تقريباً كان تأثير ملوحة ماء الري واحتياجات الغسيل في طول النبات. ويستنتج من ذلك ان استخدام المياه المالحة ذات الملوحة ٥,٠ ديسي سيميتر م$^{-1}$ قد ادى إلى حفض متوسطات الوزن الجاف واطوال النباتات بالمقارنة مع مياه الري ذات الملوحة ٢,٥ ديسي سيميتر م$^{-1}$ وفي كلا التربتين. وعملت زيادة متطلبات الغسيل من ١٥% إلى ٢٥% في التقليل من تأثير ملوحة ماء الري. وهذا الاستنتاج يتفق مع توصل اليه بعض الباحثين في هذا المجال (شكري، 1994 وعبد 1995 والحديثي 1998).

يبين الجدول (٣) مخرجات البرنامج المتضمنة قيم الملوحة ومكوناتها والمؤشرات الاخرى ذات العلاقة في الاربع الاربعة لمنطقة الجذور عند استخدام مياه ري ذات ملوحة ٢,٥ ديسي سيمنز.م$^{-1}$ ومتطلبات غسل ٢٥% وهذا الجدول كمثال لعرض النتائج ، علماً بأن جداول عديدة مماثلة للمعاملات الاخرى قد تم الحصول عليها. حيث يبين العمود الاول من اليسار

جدول (٣) : نتائج تشغيل البرنامج Watsuit في حالة الري بمياه ذات ملوحة ٢,٥ $dS.m^{-1}$ ومتطلبات غسل ٢٥% معبراً عن القيم عند السعة الحقلية

Depth	LF	1/LF	Ca	Mg	Na	CL	CO_3	HCO_3	SO_4
			ملي مول شحنة . لتر$^{-1}$						
0	1.00	1.00	3.37	11.60	14.50	14.80	0.87	2.49	11.30
1	0.70	1.43	5.71	16.57	20.71	21.14	0.69	5.02	16.14
2	0.47	2.11	8.42	24.42	30.53	31.16	0.65	7.77	23.79
٣	0.32	3.08	11.21	35.69	44.62	45.54	0.82	10.39	34.77
4	0.25	4.00	12.89	46.40	58.00	59.20	0.84	12.05	45.20

Depth	pH	Ca:Mg	Sum Cat	EC $dS.m^{-1}$	SAR	Mgsite	Lime	Gypsum
0	8.28	0.290	29.47	2.71	5.23	0.00	0.63	0.00
1	7.71	0.345	43.00	3.89	6.12	0.00	0.00	0.00
2	7.39	0.345	63.37	5.67	7.43	0.00	0.00	0.00
3	7.31	0.314	91.52	8.16	9.09	0.00	1.10	0.00
4	7.24	0.278	117.29	10.16	10.51	0.00	3.11	0.00

تابع جدول (٣) : معدلات قيم الملوحة والمؤشرات الاخرى في الطبقة الجذرية وفي الجزء العلوي منها

LF	Avg. EC	Up EC	Avg. SAR	UP SAR	Avg. CL	Up CL	C'	PI'
0.25	6.04	4.04	7.63	6.22	33.71	22.06	22.06	1.99

PI'= الضغط الازموزي مقاسا بالاتموسفير.

C' = مجموع الايونات الموجبة او مجموع الايونات السالبة.

في هذا الجدول الارباع الاربعة للمنطقة الجذرية، ويرمز لها ١،٢،٣،٤ للربع الاول والربع الثاني والربع الثالث والربع الرابع على التوالي . بينما يرمز الرقم صفر لطبقة ماء الري فوق سطح التربة . ويبين العمود الثاني قيم متطلبات الغسل في كل ربع من ارباع المنطقة الجذرية ، بينما يشير العمود الثالث الى معكوس قيم كسر الغسل في كل ربع من المنطقة الجذرية ، ومن الناحية النظرية فان المعكوس يمثل عدد مرات الزيادة في ملوحة مياه الري في كل ربع من الارباع ، اما الاعمدة الباقية فتشير الى تراكيز الايونات الموجبة والسالبة مقدرة بالملي مول شحنة . لتر$^{-1}$ في ماء التربة (Soil water) أي عند ظروف رطوبة تساوي الرطوبة عند السعة الحقلية . وتبين الاعمدة اللاحقة لهذين الجدولين النسبة بين الكالسيوم : المغنيسيوم ومجموع الايونات الموجبة وقيم التوصيل الكهربائي ونسبة امتزاز الصوديوم وتوزيعها خلال المنطقة الجذرية. وتشير الاعمدة الثلاثة الاخيرة الى الزيادة او النقصان في معادن المغنسايت والكلس والجبس في الارباع الاربعة في المنطقة الجذرية. ويزود البرنامج بيانات اضافية (تابع الجداول) ذات اهمية تطبيقية ، اذ يقوم بحساب معدل قيمة التوصيل الكهربائي في الطبقة الجذرية وفي الجزء العلوي منها ونفس الشيء فيما يخص قيم امتزاز الصوديوم وايون الكلوريد ومجموع الايونات الموجبة وقيمة الضغط الازموزي.

ان الحصول على مثل هذا الكم من البيانات ذات العلاقة بالملوحة والمؤشرات الاخرى من مخرجات البرنامج لها اهمية كبيرة في ادارة استخدام المياه المالحة ، خاصة وقد عبر عن القيم تفصيلا. عند حالة السعة الحقلية – اقرب حالة الى الظروف الحقلية – وكذلك عند حالة الاتزان – الامد البعيد من الاستخدام – ويلاحظ انه بالرغم من استخدام متطلبات غسل (٢٥%) فان قيم التوصيل الكهربائي وتراكيز الايونات خلال المنطقة الجذرية قد تضاعفت مع العمق عند استخدام المياه المالحة. ولقد عكست مخرجات البرنامج بشكل واضح مدى تاثير المعاملات المستخدمة (ملوحة مياه الري ومتطلبات الغسل) في مدى تملح التربة وتوزيع الملوحة ومكوناتها خلال المنطقة الجذرية عند استخدام المياه المالحة وفي كلتا التربتين.

ان جميع البيانات التي حسبها البرنامج جرى التعبير عنها كما ذكرنا على اساس ماء التربة ، ولغرض الاستفادة من هذه المخرجات في النواحي التطبيقية ومقارنتها مع القيم التجريبية الفعلية التي تم الحصول عليها من هذه التجربة ، تطلب الامر تحويل القيم المحسوبة من قبل البرنامج من حالة ماء التربة (Soil Water) الى حالة مستخلص العجينة المشبعة (Soil Paste Extract) الاكثر استعمالا في جداول التحمل والسمية ، وقد جرى ذلك باستخدام معامل التحويل. ويبين الجدول (٤) القيم التي تم الحصول عليها من تشغيل البرنامج بعد تحويلها الى حالة مستخلص العجينة المشبعة وللتربة T_1 كمثال فقط لا الحصر حيث تم الحصول على جداول مماثلة للمعاملات الاخرى.

جدول (٤) نتائج تشغيل البرنامج Watsuit في حالة الري بمياه ذات ملوحة $2.5\ dS.m^{-1}$ ومتطلبات غسل ٢٥% معبراً عن ذلك عند حالة الاشباع في التربة المزيجية الطينية الغرينية . T_1

Depth	LF	1/LF	Ca	Mg	Na	CL	CO_3	HCO_3	SO_4
			ملي مول شحنة . لتر $^{-1}$						
0	1.00	1.00	3.37	11.60	14.50	14.80	0.87	2.49	11.30
1	0.70	1.43	3.66	10.62	13.27	13.55	0.44	3.22	10.35
2	0.47	2.11	5.40	15.65	19.57	19.97	0.42	4.98	15.25
٣	0.32	3.08	7.86	22.88	28.60	29.19	0.53	6.66	22.29
4	0.25	4.00	8.26	29.74	37.18	37.95	0.54	7.72	28.97

Depth	pH	Ca:Mg	Sum Cat	EC $dS.m^{-1}$	SAR	Mgsite	Lime	Gypsum
0	8.28	0.290	29.47	2.50	5.23	0.00	0.63	0.00
1	7.71	0.345	27.56	2.49	4.89	0.00	0.00	0.00
2	7.39	0.345	40.62	3.63	5.94	0.00	0.00	0.00
3	7.31	0.314	58.66	5.23	7.27	0.00	0.70	0.00
4	7.24	0.278	75.18	6.51	8.41	0.00	1.99	0.00

تابع جدول (٤) : معدلات قيم الملوحة والمؤشرات الاخرى في الطبقة الجذرية وفي الجزء العلوي منها

LF	Avg. EC	Up EC	Avg. SAR	UP SAR	Avg. CL	Up CL	C'	PI'
0.25	3.87	2.17	6.10	4.98	21.61	14.14	35.4	1.27

PI'= الضغط الازموزي مقاسا بالاتموسفير.

C' = مجموع الايونات الموجبة او مجموع الايونات السالبة.

ويلاحظ من البيانات المعروضة ان قيمة كسر الغسل قد تغيرت مع العمق ضمن المنطقة الجذرية ، اذ انخفضت قيمته، وفي كلا المستويين من ملوحة مياه الري من (١,٠) عند سطح التربة الى (٠,٢٥ و ٠,١٥) في الربع الاخير من المنطقة الجذرية وباستخدام متطلبات الغسل ٢٥% و ١٥% على التوالي ، وهذا يعني انخفاض شدة فعالية الغسل مع العمق خلال الطبقة الجذرية، وبالمقابل فأن قيم التوصيل الكهربائي وتراكيز الايونات قد ازدادت مع العمق خلال الطبقة الجذرية، ففي التربة الاولى T_1 ازدادت قيم التوصيل الكهربائي من ٢,٥ ديسي سيمنز م$^{-1}$ في الربع الاول إلى ٦,٥ ديسي سيمنز م$^{-1}$ في الربع الرابع عند استخدام متطلبات غسل ٢٥% ، واتبعت قيم مكونات الملوحة الاخرى وتراكيز الايونات نفس النمط في التوزيع خلال الطبقة الجذرية، ومثل هذا التوزيع التفاضلي للملوحة ومكوناتها خلال الطبقة الجذرية يكون عادة في صالح نمو النبات وتقليل اثرها ، اذ ان النبات يتأثر بدرجة اكبر بملوحة الربعين العلويين بالمقارنة مع الربعين السفلين، وذلك لان النبات يمتص معظم الماء الذي يحتاجه (٧٠% من الاستهلاك المائي) من الربعين الاول والثاني للطبقة الجذرية (FAO1989).

اما من ناحية قيم درجة التفاعل (pH) فيلاحظ انخفاضاً نسبياً في هذه القيم مع العمق خلال الطبقة الجذرية وفي جميع المعاملات، وهذا الانخفاض مرتبط بزيادة ضغط غاز ثنائي اوكسيد الكاربون (PCO_2) مع العمق للطبقة الجذرية وكما افترض البرنامج (Rhoades et at.,1992). وكذلك يرتبط بزيادة قيم التوصيل الكهربائي مع العمق، اذ توجد علاقة عكسية تقريباً بين الملوحة ودرجة التفاعل (الزبيدي، ١٩٨٩).

كذلك قام البرنامج بحساب نسبة الكالسيوم إلى المغنيسيوم خلال المنطقة الجذرية وذلك كمؤشر للتغذية بالكالسيوم. اذ يلاحظ عدم تغير كبير في قيمة هذه النسبة خلال الطبقة الجذرية ولكل المعاملات. وكانت قيمة هذه النسبة اقل من الواحد، مما يشير إلى احتمال ظهور مشكلة تغذية تتعلق بالكالسيوم على الامد البعيد وفي ظروف الري هذه، حيث يجب ان تكون هذه النسبة اكثر من ١,٠ في الظروف المناسبة للتغذية بالكالسيوم (Rhoades et al., 1992)، الا انه بسبب احتواء تربتي التجربة وكما هو الحال في معظم التربة العراقية على كميات معتبرة من الكلس والجبس (جدول ١) فأن تركيز الكالسيوم يكون اكثر من ٢ ملي مول شحنة/ لتر، لذا فأن احتمال ظهور مشاكل في تغذية الكالسيوم قد تكون نادرة في مثل هذه الحالات، اما بالنسبة لقيم نسبة امتزاز الصوديوم (SAR) فيلاحظ ارتفاع هذه القيم مع العمق في المنطقة الجذرية ولجميع المعاملات، الا انها لم تصل إلى الحد الذي يشير إلى احتمال ظهور مخاطر الصودية ، واذا ما اخذنا بنظر الاعتبار ايضاً قيم التوصيل الكهربائي العالية نسبياً في المنطقة الجذرية فأن احتمال ظهور مخاطر النفاذية غير وارد (FAO,1989). وقام البرنامج WATSUIT بحساب النقصان والزيادة في كمية كل من المغنيسايت والكلس والجبس كدالة لنوعية المياه المالحة المستخدمة (Rhoades et al.,1992). ويلاحظ عدم ترسب او ذوبان كل من المغنيسايت والجبس نتيجة الري بهذه المياه ولجميع المعاملات، الا انه لوحظ زيادة قليلة في قيم الكلس خلال الطبقة الجذرية الامر الذي يشير إلى وجود احتمال ولو قليل لترسب الكلس عند الري بمثل هذه المياه المالحة.

اختبار نتائج البرنامج WATSUIT

قورنت مخرجات البرنامج مع القيم المقدرة عملياً باستخدام الطرق الاحصائية المعتمدة (الراوي وخلف الله، ١٩٨٠ والساهوكي ووهيب، ١٩٩٠) وذلك للكشف عن مدى امكانية هذا البرنامج في التعبير عن واقع حال التداخل بين مياه الري المالحة والتربة والتنبؤ بتوزيع الملوحة ومكوناتها خلال المنطقة الجذرية من جهة، وهل ان موسماً زراعياً واحداً يمكن ان يكون كافياً للوصول إلى حالة الاتزان والاستقرار مع التربة من جهة اخرى، لقد تم حساب معامل الارتباط(r) ومعامل التحديد (R^2) والخطأ القياسي (SE) بين قيم الملوحة ومؤشراتها ذات العلاقة المقدرة عملياً وتلك المحسوبة من قبل البرنامج. وفي سبيل الايجاز والاختصار نعرض فقط القيم الاحصائية الخاصة بمعدلات التوصيل الكهربائي EC_e وقيم معدلات تركيز الكلوريد في المنطقة الجذرية، حيث نعرض في الجدول (٥) معاملات الارتباط والخطأ القياسي لقيم EC_e المقدرة عملياً والمحسوبة من قبل البرنامج، ويظهر من هذه القيم وجود علاقة ارتباط عالية المعنوية عند مستوى ٠,٠١ في معظم المعاملات وفي كلتا التربتين. اما بالنسبة للكلوريد فاظهرت نتائج التحليل الاحصائي (جدول ٦) ايضاً وجود علاقة ارتباط عالية المعنوية بين القيم المقدرة عملياً وتلك المحسوبة بواسطة البرنامج في معظم المعاملات وفي كلتا التربتين. كما ان قيم (t) المحسوبة بين قيم EC_e و Cl والمؤشرات ذات العلاقة بالملوحة (pH و SAR وتركيز الايونات الموجبة والسالبة في المنطقة الجذرية - لم تذكر هنا في سبيل الايجاز – اشارت إلى ان الفروقات لم تكن معنوية بين القيم المقدرة عملياً والقيم المحسوبة بواسطة البرنامج.

جدول (٥): معاملات الارتباط بين قيم ECe المقدرة عملياً وقيم EC_e المحسوبة بواسطة البرنامج

القوام	ملوحة مياه الري $dS.m^{-1}$	متطلبات الغسل (%)	معامل الاتباط r	معامل التحديد r2	الخطأ القياسي للتخمين SEE
(T1) SICL	(S1) 2.5	(L1) 25	0.995*	0.991	0.19
		(L2) 15	0.954*	0.990	0.95
	(S2) 5.0	(L1) 25	0.957*	0.916	0.64
		(L2) 15	0.958*	0.918	0.67
(T2) LS	(S1) 2.5	(L1) 25	0.941*	0.887	0.95
		(L2) 15	0.955*	0.912	0.80
	(S2) 5.0	(L1) 25	0.986**	0.973	0.37
		(L2) 15	0.970	0.950	0.31

جدول (٦): معاملات الارتباط بين قيم Cl المقدرة عملياً وقيم Cl المحسوبة بواسطة البرنامج

القوام	ملوحة مياه الري $dS.m^{-1}$	متطلبات الغسل (%)	معامل الاتباط r	معامل التحديد r2	الخطأ القياسي للتخمين SEE
(T1) SICL	(S1) 2.5	(L1) 25	0.990**	0.981	1.33
		(L2) 15	0.996**	0.993	1.67
	(S2)	(L1) 25	0.998**	0.996	1.59

	5	(L2) 15	0.997**	0.994	1.59
(T2) LS	(S1) 2.5	(L1) 25	0.996**	0.993	0.59
		(L2) 15	0.977*	0.950	2.53
	(S2) 5	(L1) 25	0.951*	0.904	3.34
		(L2) 15	0.994**	0.988	1.90

ويبين الجدول رقم (٧) النسب المئوية لقيم الملوحة معبراً عنها بالتوصيل الكهربائي ومكوناتها المحسوبة من قبل البرنامج من القيم المقدرة عملياً. يلاحظ من الجدول انه باستثناء قيمتي التوصيل الكهربائي وتركيز البايكاربونات، فقد حقق البرنامج قيماً قريبة جداً من القيم المقدرة علمياً. فقد شكلت قيم التوصيل الكهربائي ٦٠,٦% - ٧٤,٦% وكمعدل ٦٧,٠% من القيم المقدرة عملياً. وشكلت قيم درجة التفاعل ٩٢,١ – ٩٩,٠ وكمعدل ٩٤,٩٣، وشكلت قيم الايونات الذائبة نسبياً تراوحت ٧٥,٦% للكاربونات – ٤٨,٤% للكلوريد وكمعدل ٩٦,٧% .

وبذلك فقد اظهر البرنامج كفاءة عالية في التنبؤ بقيم SAR و pH والكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والكلوريد والكبريتات خلال المنطقة الجذرية للتربة، وكفاءة متوسطة نسبياً في التنبؤ بقيم ECe خاصة في التربة المزيجية الطينية الغرينية، فيما لم يظهر البرنامج كفاءة عالية بقيم الايونات HCO_3 بعد موسم زراعي واحد.

اما بالنسبة للارباع الاربعة للمنطقة الجذرية فقد حقق البرنامج (نتائج غير معروضة هنا) تنبؤ عالي جداً لقيم الملوحة والمؤشرات ذات العلاقة في الربع الاول والربع الثاني للطبقة الجذرية مقارنة بالربع الثالث والربع الرابع. وكانت اغلب الفروقات التي ظهرت بين القيم المقدرة عملياً وتلك المحسوبة من قبل البرنامج لم تكن معنوية في الربعين الاول والثاني، بينما كانت الفروقات معنوية في الربعين الثالث والرابع، وذلك بسبب تحقق حالة الاتزان بين التربة وماء الري وكما يظهر في الربعين الاول والثاني من المنطقة الجذرية.

تقييم صلاحية المياه المالحة المستخدمة لري القمح باستخدام مخرجات البرنامج WATSUIT:

لغرض تقييم صلاحية المياه المالحة المستخدمة لري محصول القمح باستخدام مخرجات البرنامج WATSUIT فقد استخدم معدل قيم التوصيل الكهربائي للعجينة المشبعة ECe وايون الكلوريد المحسوبة من قبل البرنامج في المعاملات المدروسة المختلفة والملخصة في الجدول (٨) باعتبار ان المؤشر الاول ECe يعبر عن مخاطر الملوحة، ويعبر المؤشر الثاني (CL^-) عن مخاطر السمية. وتمت مقارنة هذه القيم مع القيم الجدولية لتحمل القمح (FAO,1985;Rhoades et al.,1992). يظهر من معدل قيم التوصيل الكهربائي في المنطقة الجذرية انه بالرغم من وجود فروقات فيما بينها نتيجة لاختلاف المعاملات من ناحية ملوحة مياه الري ومتطلبات الغسل ونسجة التربة، الا انه بشكل عام فأن جميع معدلات هذه القيم هي دون عتبة التأثير بالملوحة للقمح (FAO,1989) الامر الذي يشير إلى صلاحية مياه الري المستخدمة تحت هذه الظروف من ناحية ادارة التربة والمياه، او بعبارة اخرى نتيجة التداخل بين المعاملات المختلفة المستخدمة في هذه الدراسة، اما من ناحية السمية، فأن معدلات قيم تركيز ايون الكلوريد هي الاخرى دون الحد الحرج، للقمح ٦٠ ملي مول. شحنة/ لتر (Rhoades et al., 1992)، الامر الذي يؤكد صلاحية هذه المياه من ناحية مخاطر السمية لهذا المحصول. وكما لاحظنا سابقاً ان احتمال ظهور مشاكل في تغذية الكالسيوم نتيجة الري بهذه المياه هو نادر او

معدوم. الامر الذي يؤكد صلاحية هذه المياه للري وعدم ظهور أي مخاطر تتعلق بالملوحة والسمية والتغذية. اضـــافة إلى عـــدم ظهور أي مخاطر تتعلق بالصودية، من خلال قيم SAR.

جدول (٧): النسب المئوية لقيم الملوحة ومكوناتها المحسوبة من قبل البرنامج من القيم المقاسة

SAR	HCO_3	SO_4	CL	Na	Mg	Ca	PH	ECe	متطلبات الغسل%	ملوحة مياه الري $dS.m^{-1}$	النسجة
105.1	103.2	101.1	100.0	98.2	93.9	71.3	96.94	68.2	25%	2.5	SiCL
90.9	86.7	106.6	107.7	84.8	99.5	71.0	96.03	71.0	15%		
71.4	66.6	126.4	143.9	91.7	147.3	105.0	93.87	74.6	25%	5.0	
77.5	52.5	92.2	151.4	102.7	140.7	118.7	93.00	68.2	15%		
96.2	92.9	92.2	109.0	96.9	75.1	71.8	97.35	61.0	25%	2.5	LS
123.9	91.5	87.5	109.4	106.4	81.3	62.6	98.97	60.6	15%		
86.9	58.3	97.8	111.0	94.8	92.6	96.8	92.10	61.3	25%	5.0	
79.6	53.5	113.4	124.0	90.8	106.6	91.7	92.7	71.4	15%		
86.2	77.2	102.7	125.8	94.3	120.4	91.5	94.74	70.3	معدل التربة الاولى		
96.6	74.0	97.7	111.0	97.2	89.4	80.7	95.12	63.6	معدل التربة الثانية		
91.4	75.6	100.2	118.4	95.7	104.8	86.37	94.93	67.0	المعدل للتربيتين		

جدول (٨): معدلات قيم التوصيل الكهربائي في مستخلص العجينة المشبعة EC_e وتركيز الكلوريد $mmolc.l^{-1}$

القوام	ملوحة مياه الري $dS.m^{-1}$	متطلبات الغسل (%)	معدل EC_e $dS.m^{-1}$	معدل Cl $mmol_cL^{-1}$
(T1) SICL	(S1) 2.5	(L1) 25	3.87	21.61
		(L2) 15	4.89	28.64
	(S2) 5.0	(L1) 25	5.06	30.96
		(L2) 15	5.79	41.02
(T2) LS	(S1) 2.5	(L1) 25	2.52	14.05
		(L2) 15	3.18	18.61
	(S2) 5.0	(L1) 25	3.92	20.12
		(L2) 15	4.84	26.66

الاستنتاجات

بناء على النتائج التي تم الحصول عليها في هذا البحث، فأن تطبيق البرنامج WATSUIT حقق نجاحاً جيداً في التنبؤ بقيم الملوحة والمؤشرات ذات العلاقة بالملوحة والصودية عند الري بالمياه المالحة. الامر الذي يسمح بالتوصية باجراء المزيد من التجارب من اجل اختبار هذا البرنامج في الظروف الحقلية وتحت طرق ري مختلفة ونوعيات مياه مختلفة ولفترة اكثر من موسم زراعي في المناطق الجافة بصلاحية المياه للري وعلاقة ذلك بالتوازن الملحي بالتربة.

المصادر

١. الحديثي، عصام محمد ، ١٩٩٧، نمذجة استخدام المياه المالحة في الري. رسالة دكتوراه – قسم هندسة الري والبزل – كلية الهندسة – جامعة بغداد.

٢. الراوي، خاشع محمود وعبد العزيز خلف الله، ١٩٨٠، تصميم وتحليل التجارب. جامعة بغداد – دار الحكمة. ص: ٨٢-٨٨

٣. الزبيدي، احمد حيدر، ١٩٨٩، ملوحة التربة – الاسس النظرية والتطبيقية – جامعة بغداد – دار الحكمة. ص: ٢٦٨-٢٧٨

٤. الزبيدي، احمد حيدر وحسن، قتيبة محمد حسن ،١٩٩٩، اعادة استخدام مياه البزل في غسل واستصلاح الترب المتاثرة بالملوحة . مؤتمر الخليج الرابع للمياه ، ١٩٩٩ ، البحرين ، جمعية علوم وتقنية المياه ، ص٢٩٧-٣٠٧.

٥. الساهوكي، مدحت وهيب، كريمة محمد، ١٩٩٥، تطبيقات في تصميم وتحليل التجارب. جامعة بغداد – دار الحكمة ص: ٣٧-٤٥

٦. حسن، قتيبة والزبيدي، احمد حيدر وعليوي، ايمان عبد المهدي، ٢٠٠٠، تقييم كفاءة استخدام المياه المالحة في غسل تربة ملحية ثقيلة النسجة في وسط العراق. مجلة الموارد المائية. المجلد ١٩ العدد ١ .ص ٥٧-٧٦.

٧. شكري، حسين محمود، ٢٠٠٢، تأثير استخدام المياه المالحة بالتناوب وبالخلط في نمو الحنطة وتراكم الاملاح في التربـــة. اطروحة دكتوراه – كلية الزراعة – جامعة بغداد.

٨. عبد، مهدي عبد الكاظم. ١٩٩٥، دراسة نوعية مياه نهر صدام وامكانية استخدامها في الري. اطروحة دكتوراه – كلية الزراعة – جامعة الموصل.

9. Black, C.A. 1965, Methods of soil Analysis, part 2. Amer. Soc. Agric. Inc. Pub. Madison, Wisconson, U.S.A. PP. 999-1009

10. FAO. 1989, Water quality for Agriculture. Irrigation and Drainage paper 24, Rev. 1. Rome. P.14,24 and 60

11. Hanna, A.B. 1977, Composition of saline drainage water in Iraq and its use. Proceedings of the International Salinity conference. Texas tech. University, Lubbock, Texas.PP. 590 – 597.

12. Lately. J. K. Knapp and K. Solomon, 1990, Crop Production function model for saline irrigation water. Soil Sci.Soc. Amer. J. 49 PP. 1005-1009.

13. Rhoades, J.D., A. Kandiah and A.M. Mashali, 1992, The use of saline water for crop production. FAO Irrigation and Drainage paper 48. Rome, Italy.PP. 52-59

14. Richards, A. 1954, Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agriculture handbook. No. 60. USDA. Washington. PP.83-107

15. Suarez, D.I., J. Simunek and M. Guzy, 1995, Practical model for predicting soil salinity and sodicity under transient conditions. Proc. of Inter. Workshop on integrated soil management for sustainable use of salt affected soils. The Philippines. PP. 39-54

الاستخدام الاقتصادي الأمثل للموارد المائية
في الزراعة المحمية بالمملكة العربية السعودية

الدكتور أحمد محمد العبدالقادر

الاستخدام الاقتصادي الأمثل للموارد المائية في الزراعة المحمية بالمملكة العربية السعودية

د. أحمد بن محمد العبدالقادر

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية – المملكة العربية السعودية

ص.ب. ٦٠٨٦ الرياض ١١٤٤٢

هاتف ٩٦٦١٤٨١٣٣٠٢ فاكس ٩٦٦١٤٨١٣٨٧٨

akader@kacst.edu.sa

الملخص

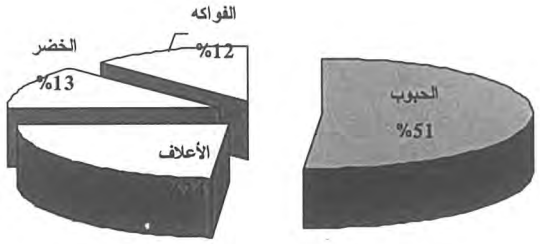
يهدف البحث إلى دراسة حالة أحد مشاريع البيوت المحمية المتخصصة بالمملكة العربية السعودية واقتراح الخطة الإنتاجية المثلى للمشروع في ظل وجود عدد من القيود (*Constraints*) المحددة للإنتاج، وبما يحقق الاستخدام الاقتصادي الأمثل للموارد الإنتاجية وفي مقدمتها مياه الري، ويضمن أعلى عائد مالي لها. ويستند البحث في تحقيق هذا الهدف على استخدام أسلوب البرمجة الخطية (*Linear Programming*) كأحد أهم النماذج الرياضية التي يمكن استخدمها كأداة للتخطيط الاقتصادي. وقد أظهرت نتائج الدراسة إمكانية تحقيق وفر في استخدام مياه الري المتاحة في المشروع بنسبة تتراوح بين (٢٢ % – ٣٧ %) عند توجيه استخدام العناصر الإنتاجية المتاحة بالمشروع نحو زراعة محاصيل الفلفل والخيار والبامية والكوسة، وهو ما يحقق ربح إجمالي للمشروع يتراوح بين (٤,٢ – ٥,٦) مليون ريال سنوياً، كما يضمن ذلك أيضا تحقيق أعلى عائد لاستخدام مياه الري والذي يصل إلى نحو (٤٨) ريال للمتر المكعب مقارنة بنحو (١١) ريال للمتر المكعب في الوضع الراهن للمشروع.

مفاتيح الورقة: بيوت محمية، خطة إنتاجية، عائد مالي، مياه ري، برمجة خطية.

المقدمة

شهد القطاع الزراعي في المملكة العربية السعودية نهضة زراعية شاملة تجلت معالمها الأساس في منتصف السبعينيات الميلادية عندما أثبتت الدراسات التفصيلية للموارد المائية والأرضية وجود مقومات التنمية الزراعية المنشودة. الأمر الذي أدى إلى رسم سياسات زراعية محكمة استهدفت بشكل رئيس النهوض بالقطاع الزراعي وتنمية قدراته مع الاستغلال الأمثل للموارد الطبيعية وإيجاد التوازن في التنمية بين مناطق المملكة المختلفة (الحمودي، ١٤١٩هـ). وقد صاحب النهضة الزراعية التي شهدتها المملكة خلال العقود الماضية، تطوراً مطرداً في الإنتاج الزراعي بشقية النباتي والحيواني وتغير في التركيبة المحصولية، تواكب مع الدعم اللامحدود للقطاع الزراعي ومع السياسة الزراعية للمملكة والتي أكدت على أهمية التوجه نحو زراعة المحاصيل الزراعية قليلة الاستهلاك المائي وتنويع التركيبة المحصولية بما يتلاءم مع إمكانات الموارد الطبيعية المتاحة محلياً وفي مقدمتها المياه (وزارة التخطيط، ١٤١٥هـ).

لقد انعكس اهتمام المملكة بالقطاع الزراعي والنهوض به على زيادة المساحة المحصولية من نحو (٢٥٦) ألف هكتار عام ١٣٩٢هـ إلى نحو (١,٢) مليون هكتار حالياً، وتحقيق الاكتفاء الذاتي في العديد من المنتجات الزراعية الاستراتيجية النباتية والحيوانية كالتمور والقمح وبعض أصناف الفواكه والخضراوات والبيض والحليب الطازج والأسماك واللحوم. الأمر الذي أدى إلى زيادة مساهمة القطاع الزراعي في إجمالي الناتج المحلي بنسبة (٦,٨٣ %) عام ١٤٢٠هـ/١٤٢١هـ مقارنة بنحو (٢,٥٢ %) عام ١٤٠١هـ/ ١٤٠٢هـ (وزارة التخطيط ، ١٤٢٢هـ). ويستعرض الشكل (١)، التوزيع النسبي للمساحة المحصولية بالمملكة، للعام ١٤٢٠/١٤٢١هـ.



الشكل ١. التوزيع النسبي للمساحة المحصولية بالمملكة، للعام ١٤٢٠هـ/١٤٢١هـ

وتحقيقاً لأهداف التنمية الزراعية المنشودة نحو تضييق الفجوة الغذائية وتحقيق الأمن الغذائي من خلال إنتاج سلع زراعية تتناسب مع إمكانات الموارد المائية المتاحة، فقد حظي الاستثمار في الزراعة باستخدام البيوت المحمية بالدعم والاهتمام من الدولة، نظراً لما تحققه الزراعة المحمية من زيادة في الإنتاج الزراعي يبلغ في المتوسط نحو (٢٦٥) طن/للهكتار سنوياً مقارنة بنحو (٣٠) طن/للهكتار للزراعة المكشوفة (العبدالقادر والجلعود، ١٩٩٩م)، إضافة إلى ما تتميز به الزراعة المحمية من ارتفاع في كفاءة استخدام المياه مقارنة بالزراعة المكشوفة، حيث تصل نسبة ما توفره بنحو (٨٢-٨٧%) من الاستهلاك المائي مقارنة بالزراعة المكشوفة (الدويس وحسن، ١٤١٥هـ). وبناءً عليه، فقد تضاعف عدد مشاريع البيوت المحمية المتخصصة في المملكة من (١٠٤) مشروعاً عام ١٤٠٤هـ تنتج حوالي (٢٦) ألف طن، إلى حوالي (٢٩٥) مشروعاً عام ١٤٢٠هـ تنتج حوالي (١٤٢) ألف طن من الخضراوات. ويستأثر محصولي الخيار والطماطم بالنصيب الأكبر من الإنتاج الزراعي بمشاريع البيوت

المحمية، حيث بلغ إجمالي إنتاج محصول الخيار بمشاريع البيوت المحمية حوالي (٦٧,٤) ألف طن عام ١٤٢٠هـ، كما بلغ إنتاج محصول الطماطم خلال نفس الفترة حوالي (٥٣,٩) ألف طن، وهو ما يمثل حوالي (٤٧ %) و(٣٨ %)، على التوالي، من إجمالي إنتاج الخضراوات باستخدام البيوت المحمية في المملكة (وزارة الزراعة والمياه، ١٤٠٨هـ، ١٤٢٢هـ).

الهدف من البحث

يهدف البحث إلى دراسة حالة مشروع الحناكي للبيوت المحمية بالمملكة العربية السعودية واقتراح الخطة الإنتاجية المثلى للمشروع في ظل وجود عدد من القيود المحددة للإنتاج، وبما يحقق الاستخدام الاقتصادي الأمثل للموارد الإنتاجية وفي مقدمتها مياه الري، ويضمن أعلى عائد مالي لها.

منهجية وخطة العمل

يستند البحث في تحقيق الهدف منه على استخدام أسلوب البرمجة الخطية، كأحد أهم النماذج الرياضية التي يمكن استخدمها كأداة للتخطيط الاقتصادي، الأمر الذي ساهم في شيوع استخدامه في كثير من الدراسات والبحوث العلمية. ففي دراسات مشابه لموضوع هذا البحث، استخدم (القحطاني وآخرون، ١٤١٦هـ؛ القحطاني ونور الدين، ١٤١٤هـ) أسلوب البرمجة القطاعية لتحديد الخطة الإنتاجية المثلى لبعض المحاصيل الحقلية في المملكة في ظل هدفي الأمن المائي والغذائي. وتوصلت الدراسة إلى ضرورة إعادة النظر في تخصيص الموارد المائية في القطاع الزراعي وتحديد أهداف جديدة للسياسة الزراعية بالمملكة في ضوء محدودية المياه وتباين الأنشطة الإنتاجية الزراعية تبعاً للميزة النسبية، وبتقدير الجدارة الإنتاجية النسبية للمحاصيل الزراعية مرة كل خمس سنوات تأخذ في الاعتبار السنوات الخمس السابقة عند وضع السياسات الإنتاجية. كما أجرى Alsleleem (2001)، دراسة على التركيبة المحصولية المثلى لبعض المزارع بمنطقة القصيم بالمملكة باستخدام أسلوب البرمجة الخطية بهدف تعظيم الدخل المزرعي في ظل الموارد الأرضية والعمالية والمائية المتاحة. وأجرى غانم (٢٠٠١م) دراسة حول الوضع الحالي والتنبؤ المستقبلي لاستخدامات الموارد المائية للأغراض المختلفة وتحديد التركيبة المحصولية المقترحة في ضوء اعتبارات الأمن المائي مقارنة بالتركيبة المحصولية السائد بالمملكة خلال الفترة من ١٩٩٥م/١٩٩٨م باستخدام البرمجة الخطية. وقد أظهرت نتائج الدراسة أن الحبوب احتلت المرتبة الأولى في التركيبة المحصولية السائدة بالمملكة خلال فترة الدراسة تليها الأعلاف ثم الخضراوات والفواكه. وقد اقترحت الدراسة تركيبة محصولية أخرى تحقق عائداً مالياً مجزيا لاستخدام المياه في الزراعة. وأشار الحمودي (١٤١٢هـ)، في دراسته حول توليفة الإنتاج المثلى للزروع المنتجة بالبيوت المحمية لمزارع المؤسسة العربية للتموين والتجارة (أسترا) بمنطقة تبوك في المملكة العربية السعودية، إلى أهمية استخدام أسلوب البرمجة الخطية على مشروعات مختارة من البيوت المحمية في مناطق مختلفة من المملكة لاقتراح التوليفة الإنتاجية المثلى من منتجات البيوت المحمية في كل منطقة، نتيجة لاختلاف تكاليف إنتاج البيوت المحمية وأنواع الأنشطة الإنتاجية باختلاف المناطق.

الخطة الإنتاجية للمشروع

يقع مشروع الحناكي للبيوت المحمية على مساحة تقدر بنحو ثمانية هكتارات في مدينة البدائع بمنطقة القصيم بالمملكة العربية السعودية. يوجد بالمشروع (٣٤٢) بيت محمي مساحة الواحد منها نحو (٢٢٠) متر مربع. تم تخصيص نحو (٢٩٧) بيتاً لزراعة محاصيل الخصر والبقية تستخدم لتغيير التربة ولتبادل المحاصيل وللمشتل، إضافة إلى استخدم بعضها في نشاطات زراعية

أخرى. وقد اعتمدت الخطة الإنتاجية لمشروع الخضر المحمية لموسمي ١٩٩٩-٢٠٠٠م على إنتاج ثمانية محاصيل هي الطماطم والخيار والباذنجان والفلفل والفاصوليا والبامية والكوسة والقرع الأمريكي. مثلت زراعة محصول الطماطم نحو (٦٤ %) من إجمالي البيوت المحمية بالمشروع ونحو (٣٦ %) لبقية محاصيل الخضر. وتستند الخطة الإنتاجية للمشروع على حاجة السوق المحلي ورغبات المنافذ التسويقية الكبرى بالمملكة والتي تعد المستهلك الأول لمنتجات المشروع من الخضراوات. ويستعرض الجدول (١) الخطة الإنتاجية لمشروع الحناكي للبيوت المحمية لموسمي إنتاج ١٩٩٩-٢٠٠٠م.

جدول (١): الخطة الإنتاجية لمشروع الحناكي للبيوت المحمية لموسمي إنتاج ١٩٩٩-٢٠٠٠م

المحصول	عدد البيوت المخصصة للمحصول (بيت)	متوسط الإنتاج الإجمالي (طن)	متوسط إنتاجية المتر المربع (كجم)
الطماطم	١٧٩	٧٠٠	٢١
الخيار	٤٢	١٥٠	١٩
الباذنجان	٢٠	٤٥	١٢
الفلفل	١٨	٥٦	١٨
الفاصوليا	١١	١٣	٨
البامية	١١	٤	٢
القرع أمريكي	١١	٦	١٣
الكوسة	٥	١٠	٨
الإجمالي	٢٩٧	٩٨٤	٩١

وتحقيقاً لأهداف الدراسة، تم حساب متوسط الإيرادات والتكاليف الإنتاجية المتغيرة والأرباح الإجمالية الموسمية للبيت الواحد لمحاصيل الخضر المختلفة بالمشروع. وقد تضمنت التكاليف الإنتاجية المتغيرة قيمة شراء الأسمدة والمبيدات والبذور وأجور العمالة وتكلفة استخدام المياه والكهرباء والوقود. وتجدر الإشارة إلى أن تقدير إجمالي أرباح المشروع عند مستوى التكاليف الإنتاجية المتغيرة فقط تم بغرض التخطيط على المدى القصير. أما على المدى الطويل، فإن تقدير صافي الأرباح الإجمالية للمشروع يستلزم حساب التكاليف الثابتة والمتغيرة وخصمها من إجمالي الأرباح لكل الأنشطة الإنتاجية بالمشروع (الحمودي، ١٤١٢هـ) . ويستعرض الجدول (٢)، متوسط الإيرادات والتكاليف الإنتاجية المتغيرة والأرباح الإجمالية للبيت الواحد لمحاصيل الخضر المختلفة لموسمي إنتاج ١٩٩٩ – ٢٠٠٠م.

النموذج الرياضي

استناداً إلى المعلومات المتوفرة عن الخطة الإنتاجية للمشروع لموسمي إنتاج ١٩٩٩-٢٠٠٠م وإجمالي الربح والقيود المحددة للإنتاج، تم بناء نموذج رياضي باستخدام أسلوب البرمجة الخطية يهدف إلى اقتراح الخطة الإنتاجية المثلى للمشروع في

ظل وجود عدد من القيود المحددة للإنتاج، وبما يحقق الاستخدام الاقتصادي الأمثل للموارد الإنتاجية وفي مقدمتها مياه الـــري، ويضمن أعلى عائد مالي لها. وقد اقتصر النموذج الرياضي المستخدم على تحليل النشاط الإنتاجي لمحاصـــيل الخضـــر المحميـــة بالمشروع فقط دون التطرق للمراحل التسويقية التي تلي الإنتاج.

جدول (٢). متوسط الإيرادات والتكاليف الإنتاجية المتغيرة والأرباح الإجمالية للبيت الواحد لمحاصيل الخضر المختلفة لموسمي إنتاج ١٩٩٩ – ٢٠٠٠م – (ريال/بيت/موسم)

المحصول	التكاليف الإنتاجية المتغيرة	الإيرادات	الأرباح الإجمالية
الطماطم	٢٥٥٢,١٠	٧٨٢١,٢٣	٥٢٦٩,١٣
الخيار	٢٠٢٩,٣٨	٧١٤٢,٨٦	٥١١٣,٤٧
الباذنجان	٢٤٦٧,١٠	٤٠٥٠,٠٠	١٥٨٢,٩٠
فلفل	٢٧٣٧,١٠	٢١٧٧٧,٧٨	١٩٠٤٠,٦٨
فاصوليا	١٧٥١,٣٧	٤٧٢٧,٢٧	٢٩٧٥,٩٠
بامية	١٦٩٥,٣٧	٢٩٠٩,٠٩	١٢١٣,٧٢
قرع أمريكي	١١٠٧,٦٤	١٦٣٦,٣٦	٥٢٨,٧٢
كوسة	١٤٣٥,٤٦	٤٠٠٠,٠٠	٢٥٦٤,٥٤
الإجمالي	١٥٧٧٥,٥٢	٥٤٠٦٤,٥٩	٣٨٢٨٩,٠٦

ويمكن التعبير عن دالة الهدف (*Objective Function*) للنموذج الرياضي على النحو التالي:

$$Min..V.. = \sum_{j}^{n}(W_j X_j) \qquad (١)$$

كما يمكن التعبير عن القيود المحددة للإنتاج الزراعي بالمشروع وفق المعادلات الرياضية التالية:

١- إجمالي الربح (R_i): ويتضمن ذلك أن لا يقل إجمالي ربح إنتاج محاصيل الخضر المحمية بالمشروع عن إجمالي ربح المشروع خلال موسم الإنتاج ١٩٩٩-٢٠٠٠م والذي يصل إلى نحو (١,٦) مليون سنوياً.

$$\sum_{i}^{m}(R_{ij} X_j) \geq R_i \qquad (١/١)$$

٢- ساعات العمل المتاحة (L_i): ويتضمن ذلك أن لا يتجاوز إجمالي عدد ساعات العمل لكل محصول عـــن إجمالي عدد الساعات الفعلية المتاحة بالمشروع، والتي تبلغ نحو (١٥٠) ألف ساعة عمل في الموسم.

$$\sum_{i}^{m}(L_{ij} X_j) \leq L_i \qquad (١/٢)$$

٣- إجمالي عدد البيوت المحمية العاملة (G_i): ويتضمن ذلك أن لا يتجاوز عدد البيوت المحمية المخصصة لكـــل محصول عن إجمالي عدد البيوت المحمية العاملة فعليا بالمشروع، والتي تبلغ نحو (٢٩٧) بيتاً.

$$\sum_{i}^{m}(G_{ij}X_j) \le G_i \qquad (١/٣)$$

٤- توفر مياه الري (W_i): ويتضمن أن لا تتجاوز كمية مياه الري المستخدمة لكل محصول عن إجمالي الكمية المتاحة فعليا للمشروع، والتي تبلغ نحو (١٤٤) ألف متر مكعب سنوياً.

$$\sum_{i}^{m}(W_{ij}X_j) \le W_i \qquad (١/٤)$$

حيث أن:

$V.$ $Min.$ = دالة الهدف والتي تمثل كمية مياه الري المثلى في الزراعة المحمية للخضر بالمشروع (متر مكعب/موسم).

W_j = متوسط كمية مياه الري الموسمية اللازمة للمحصول (متر مكعب/بيت/موسم).

X_j = عدد البيوت المخصصة لزراعة المحصول في الموسم (بيت/موسم).

R_{ij} = متوسط ربحية إنتاج المحصول في الموسم (ريال/بيت/موسم).

R_i = متوسط الربح الإجمالي للمشروع (ريال/موسم).

L_{ij} = متوسط عدد ساعات العمل اللازمة لإنتاج المحصول (ساعة/ بيت/موسم).

L_i = متوسط عدد ساعات العمل الإجمالية المتاحة فعليا للمشروع (ساعة/موسم).

G_{ij} = عدد البيوت المحمية المخصصة لكل محصول (بيت/موسم)

G_i = مجموع عدد البيوت العاملة بالمشروع (بيت).

W_{ij} = كمية مياه الري اللازمة لإنتاج المحصول (متر مكعب/للبيت/موسم).

W_i = متوسط كمية مياه الري المتاحة فعليا للمشروع (متر مكعب/موسم).

i = القيود المحددة للإنتاج بالمشروع (إجمالي الربح، مياه، عمالة، بيوت محمية).

j = محاصيل الخضر المحمية بالمشروع (طماطم، خيار، باذنجان، فلفل، فاصوليا، بامية، كوسة، قرع أمريكي).

وتحقيقاً لأهداف الدراسة، فقد تم إعادة تطبيق النموذج الرياضي في أكثر من صورة (*Scenarios*). حيث تم تقدير دالة الهدف عند مستويين لإجمالي الربح (المعادلة رقم ١/١) يمثلان الحد الأدنى والأقصى لإجمالي ربح المشروع المسموح به والذي يمكن تحقيقه للمشروع. كما تم إيجاد دالة الهدف عند نفس المستويين من إجمالي الربح مع إضافة محدد آخر للإنتاج يتضمن أن يكون الحد الأعلى لعدد البيوت المحمية لكل محصول بالمشروع مبنياً على نسبة مساهمة المحصول إلى إجمالي الربح وموسمية الإنتاج للمشروع لموسمي الإنتاج ١٩٩٩ – ٢٠٠٠م. وقد تم حساب نسبة مساهمة المحصول إلى إجمالي الربح بقسمة إجمالي الربح السنوي للمحصول للبيت الواحد على إجمالي الربح لكامل المشروع للبيت الواحد لموسمي ١٩٩٩ – ٢٠٠٠م، وضرب الناتج في العدد الفعلي للبيوت المحمية وذلك لتحديد عدد البيوت المحمية المخصصة لكل محصول في الخطة الإنتاجية المقترحة للمشروع. كما يقصد بموسمية الإنتاج طول الفترة الزمنية اللازمة لزراعة المحصول في الموسم. ويستعرض الجدول (٣)، موسمية الإنتاج ونسبة مساهمة المحصول إلى إجمالي الربح للمشروع وعدد البيوت المحمية المخصصة لكل محصول وفقا لهذه

النسبة. وبناءً على المعلومات الواردة في الجدول (٣)، فإنه يمكن التعبير عن المحدد الخاص بنسبة مساهمة المحصول إلى إجمالي الربح وموسمية الإنتاج لمشروع الخضر المحمية على النحو التالي:

$$\begin{aligned} TM + PE + EP &\le 201 \\ PU + SQ &\le 24 \\ CU + BE &\le 63 \\ OK &\le 9 \end{aligned} \qquad (١/٥)$$

حيث أن :

TM = عدد البيوت المخصصة لزراعة محصول الطماطم في الموسم.

PE = عدد البيوت المخصصة لزراعة محصول الفلفل في الموسم.

EP = عدد البيوت المخصصة لزراعة محصول الباذنجان في الموسم.

PU = عدد البيوت المخصصة لزراعة محصول القرع الأمريكي في الموسم.

SQ = عدد البيوت المخصصة لزراعة محصول الكوسة في الموسم.

CU = عدد البيوت المخصصة لزراعة محصول الخيار في الموسم.

BE = عدد البيوت المخصصة لزراعة محصول الفاصوليا في الموسم.

OK = عدد البيوت المخصصة لزراعة محصول البامية في الموسم.

ويستعرض الجدول (٤)، القيود المحددة لإنتاج الخضر المحمية بالمشروع كما وردت في النماذج الرياضية المقترحة بالدراسة في صوره المختلفة.

جدول (٣). موسمية الإنتاج ونسبة مساهمة المحصول إلى إجمالي الربح للمشروع وعدد البيوت المحمية المخصصة لكل محصول وفقا لهذه النسبة

المحصول	إجمالي الربح للمحصول ريال/بيت/محصول	إجمالي الربح للمحصول/ إجمالي الربح للمشروع (%)	عدد البيوت المخصصة لكل محصول (بيت)	موسم الإنتاج للمحصول (شهر)
الطماطم	٥٢٦٩,١٣	١٤	٤١	١٠
الباذنجان	١٥٨٢,٩٠	٤	١٢	١٠
الفلفل	١٩٠٤٠,٦٨	٥٠	١٤٨	١٠
الخيار	٥١١٣,٤٧	١٣	٤٠	٧
الفاصوليا	٢٩٧٥,٩٠	٨	٢٣	٧
البامية	١٢١٣,٧٢	٣	٩	٨/٦
الكوسة	٢٥٦٤,٥٤	٧	٢٠	٦
القرع أمريكي	٥٢٨,٧٢	١	٤	٤
الإجمالي	٣٨٢٨٩,٠٦	١٠٠	٢٩٧	

النتائج والمناقشة

أظهرت نتائج تحليل النموذج الرياضي الخاص بتقدير الاستخدام الاقتصادي الأمثل لمياه الري المستخدمة لمحاصيل الخضر المحمية بالمشروع في ظل وجود عدد من محددات الإنتاج كإجمالي ربح المشروع ومياه الري والعمالة وعدد البيوت المحميـــة، أن الخطة الإنتاجية المثلى للمشروع تقترح التركيز على زراعة محصول الفلفل فقط باستخدام (٨٤) بيت محمي. وهو مـــا يعـــني استخدام نحو (٣٣,٣) ألف متر مكعب من مياه الري سنوياً لكي يحافظ المشروع على ربح إجمالي يصل إلى نحو (١,٦) مليون ريال سنوياً، أي ما يعادل إجمالي ربح المشروع في وضعه الحالي. كما أظهرت نتائج الدراسة إمكانية زيادة عدد البيوت المحمية المخصصة لزراعة الفلفل إلى الحد الأقصى وهو (٢٩٧) عند تعديل الحد الأدنى للربح الإجمالي للمشـــروع إلى (٥,٦) مليـــون ريال، وذلك يعني إمكانية استخدام (١١٧,٦) ألف متر مكعب من المياه سنويا.

جدول (٤). القيود المحددة لإنتاج الخضر المحمية بالمشروع كما وردت في النماذج الرياضية للدراسة

المحصول	الاحتياجات المائية (م٣/بيت/موسم)	ساعات العمل (ساعة/بيت/موسم)	عدد البيوت المحمية كنسبة من مساهمة المحصول في إجمالي ربح المشروع (بيت/موسم)
الطماطم	٣٩٦	٤٢٩	٤١
الخيار	٢٧٧,٢	٣٠٠,٣	٤٠
الباذنجان	٣٩٦	٤٢٩	١٢
الفلفل	٣٩٦	٤٢٩	١٤٨
الفاصوليا	٢٧٧,٢	٣٠٠,٣	٢٣
البامية	٢٧٧,٢	٣٠٠,٣	٩
القرع أمريكي	١٥٨,٤	١٧١,٦٠	٤
الكوسة	٢٣٧,٦	٢٥٧,٤	٢٠
الإجمالي	٢٤١٥,٦	٢٦١٦,٩	٢٩٧

وبإضافة المحدد الذي يمثل الحد الأعلى لعدد البيوت المحمية لكل محصول بالمشروع وبما يتفق ونسبة مساهمة المحصول في إجمالي الربح العام لمشروع الخضر المحمية لموسمي الإنتاج ١٩٩٩ – ٢٠٠٠م، فقد تبين عدم وجود أي تغيير في دالـــة الهـــدف للخطة الإنتاجية للمشروع عند تحديد الربح الإجمالي للمشروع بمبلغ (١,٦) مليون ريال. في حين يلاحظ أن دالـــة الهـــدف والخطة الإنتاجية للمشروع تتغيران مع زيادة الحد الأعلى للربح الإجمالي المقترح للمشروع وبحد أقصى (٤,٢٢) مليون ريال. وبشكل عام، فقد حظيت زراعة محصول الفلفل بالأهمية الأولى في الزراعة ضمن الخطط الإنتاجية المختلفة للمشروع، وهو ما يعزى إلى ارتفاع العائد على مياه الري لمحصول الفلفل والذي يصل إلى نحو (٤٨) ريال للمتر المكعب مقارنة بنحو (١٨,٤٥)

ريال للمتر المكعب لمحصول الخيار ونحو (١٣,٣١) ريال للمتر المكعب لمحصول الطماطم. ويوضح الشكل (٢)، العائد المالي للمتر المكعب من مياه الري لمحاصيل الخضر المحمية بالمشروع.

شكل (٢). العائد المالي لمياه الري المستخدمة في زراعة الخضر المحمية بالمشروع (ريال/م^3)

كما يستعرض الجدول (٥)، الخطة الإنتاجية المثلى لمشروع الخضر المحمية باستخدام عدة صور للنماذج الرياضية. وبمقارنة العائد على مياه الري وإجمالي عائد المشروع في وضعه الحالي مع النتائج التي تم التوصل إليها في هذه الدراسة، نجد أن إجمالي العائد على المشروع قد يصل إلى نحو (٥,٦٦) مليون ريال سنوياً وبمتوسط عائد على مياه الري يصل إلى نحو (٤٨) ريال للمتر المكعب، مقارنة بنحو (١,٦) مليون ريال كأجمالي عائد المشروع بوضعه الحالي لموسم ١٩٩٩-٢٠٠٠م وبمتوسط عائد يصل إلى نحو (١١) ريال للمتر المكعب من مياه الري. وبذلك فإن الخطة الإنتاجية المقترحة في الدراسة تحقق إجمالي عائد للمشروع يصل إلى نحو (٣,٥) ضعف الوضع الحالي كما أن العائد على استخدام مياه الري يزيد عن أربعة أضعافه في وضع المشروع الحالي.

أسعار الظل

أمكن من خلال تحليل أسعار الظل (*Shadow Prices*) للنموذج الرياضي تقدير مستوى ندرة العناصر الإنتاجية المحددة للإنتاج بالمشروع والمتمثلة في مياه الري والعمالة والأرض (عدد البيوت المحمية). وقد تبين من نتائج التحليل أن أسعار الظل لجميع العناصر الإنتاجية كان عند مستوى (صفر)، مما يعني عدم وجود ندرة حقيقية لتلك العناصر ووجود فائض يمكن استخدامه في نشاطات إنتاجية أخرى بالمشروع. ويعود ذلك بشكل رئيس إلى كون الخطة الإنتاجية المثلى المقترحة لمشروع الخضر المحمية قد ساهم في تحقيق الهدف منه والوصول إلى الاستخدام الاقتصادي الأمثل لتلك العناصر الإنتاجية وترشيد استخدامها.

تحليل الحساسية للخطة الإنتاجية المثلى

أمكن من خلال تحليل الحساسية (*Sensitivity Analysis*) للخطة الإنتاجية المثلى للمشروع، تقدير الحدود القصوى والدنيا للأنشطة الإنتاجية وعناصر الإنتاج المحددة للإنتاج في المشروع، والتي تعبر عن المدى (*Ranges*) الذي يمكن من خلاله إجراء تعديل في مستوى الأنشطة أو العناصر الإنتاجية دون التأثير على مستوى أو قيمة دالة الهدف.

وباستعراض نتائج البرنامج الرياضي في صورته (٤) مثلاً، فقد تبين أنه لن يطرأ أي تغيير في الخطة الإنتاجية المثلى للمشروع في حالة حدوث تغيير في كمية مياه الري المستخدمة لمحصول الخيار والفلفل والكوسة بدون حد أدنى وبحد أقصى يصل إلى نحو (٤٨٨) متر مكعب لمحصول الخيار، ونحو (٣١٤٥) متر مكعب لمحصول الفلفل، ونحو (٣٤٨) متر مكعب لمحصول الكوسة. كما أن الخطة الإنتاجية المقترحة للمشروع لن يطرأ عليها أي تغير في حالة حدوث تغيير في كمية مياه الري المستخدمة لمحصول البامية بدون حد أقصى وبحد أدنى يصل إلى نحو (١٦٤) متر مكعب في الموسم.

كما أظهرت نتائج تحليل الحساسية لمحددات الإنتاج، أن الخطة الإنتاجية المثلى للمشروع لن تتأثر في حالة حدوث تغيير في إجمالي ربح المشروع يتراوح بين (٠,٧٣) ريال كحد أقصى ونحو (١٠,٩) ألف ريال كحد أدنى. كما أنه لن يطرأ أي تعديل في الخطة الإنتاجية جراء تعديل مستوى عناصر الإنتاج (مياه الري، العمالة) بدون حد أقصى وبحد أدنى يصل إلى نحو (٣٨٧٤٣) متر مكعب من مياه الري، ونحو (٣٥٩٧١) ساعة عمل في الموسم. أما فيما يتعلق بمدى التعديل المسموح به في عدد البيوت المحمية (الأرض) وبما لا يؤثر على الخطة الإنتاجية المثلى المقترحة للمشروع فهو بدون حد أقصى وبحد أدنى صفر. مما يعني أن أي تخفيض في عدد البيوت المحمية المخصصة للمشروع سيؤثر على الخطة الإنتاجية المثلى.

جدول (٥). الخطة الإنتاجية المثلى لمشروع الحناكي للبيوت المحمية باستخدام عدة صور للنماذج الرياضية

البند	الوحدة	النماذج الرياضية المستخدمة في الدراسة			
		الصورة الأولى	الصورة الثانية	الصورة الثالثة	الصورة الرابعة
محددات الإنتاج: - توفر مياه الري. - إجمالي الربح. - العمالة المدربة. - البيوت المحمية. - نسبة مساهمة المحصول في إجمالي الربح للمشروع.	ألف م٣	<= ١٤٤	<= ١٤٤	<= ١٤٤	<= ١٤٤
	مليون ريال	<= ١,٦	<= ٥,٦٦	<= ١,٦	<= ٤,٢٢
	ألف ساعة/موسم	<= ١٥٠	<= ١٥٠	<= ١٥٠	<= ١٥٠
	بيت/موسم	<= ٢٩٧	<= ٢٩٧	<= ٢٩٧	<= ٢٩٧
	بيت	لا يوجد	لا يوجد	الطماطم والفلفل والباذنجان <= ٢٠١ الخيار والفاصوليا <= ٦٣ القرع والكوسة <= ٢٤ البامية <= ٩	الطماطم والفلفل والباذنجان <= ٢٠١ الخيار والفاصوليا <= ٦٣ القرع والكوسة <= ٢٤ البامية <= ٩
دالة الهدف	ألف م٣ من مياه الري	٣٣,٣	١١٧,٦	٣٣,٣	١٠٥,٣
الخطة الإنتاجية	بيت/موسم	(٨٤) فلفل	(٢٩٧) فلفل	(٨٤) فلفل	(٢٠١) فلفل (٦٣) خيار (٢٤) كوسة (٩) بامية
العائد على مياه الري	ريال/م٣	٤٨,٠٨	٤٨,٠٨	٤٨,٠٨	٤٠,١١

الخلاصة والتوصيات

ركز هذه البحث على دراسة حالة أحد مشاريع البيوت المحمية المتخصصة بالمملكة العربية السعودية بهدف اقتراح الخطة الإنتاجية المثلى للمشروع التي تحقق الاستخدام الاقتصادي الأمثل للعناصر الإنتاجية وفي مقدمتها مياه الري. وقد تم تطوير نموذج رياضي باستخدام أسلوب البرمجة الخطية وتطبيقه في أكثر من صورة للوصول إلى الهدف الرئيس للبحث في ظل وجود عدد من القيود المحددة للإنتاج كتوفر مياه الري والعمالة وعدد البيوت المحمية إضافة إلى المحافظة على مستوى محدد من إجمالي الربح للمشروع. وقد أظهرت نتائج البحث إمكانية تحقيق وفر في استخدام مياه الري المتاحة في المشروع يتراوح بين (٢٢ % - ٣٧ %) عند توجيه استخدام العناصر الإنتاجية المتاحة بالمشروع نحو زراعة محاصيل الفلفل والخيار والبامية والكوسة، وأن أقصى ربح إجمالي للمشروع يتراوح بين (٤,٢ – ٥,٦) مليون ريال وذلك حسب طبيعة محددات الإنتاج المقترحة في الدراسة ... وهو ما يضمن تحقيق أعلى عائد لاستخدام مياه الري والذي يصل إلى نحو (٤٨) ريال للمتر المكعب مقارنة بنحو (١١) ريال للمتر المكعب في الوضع لراهن للمشروع.

شكر وتقدير

يشكر المؤلف، بعد شكره لله تعالى، القائمين على شركة صالح المطلق الحناكي للبيوت المحمية لتعاونهم وتزويدهم بالبيانات اللازمة لتنفيذ البحث. والشكر موصول للدكتور/ عبدالله بن إبراهيم الزرعه بمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية على مقترحاته القيمة التي أثرت موضوع البحث.

المراجـــع

١. الحمودي، خالد عبدالرحمن، ١٤١٢هـــ، توليفة الإنتاج الأمثل للزروع المنتجة بالبيوت المحميـــة: دراســـة حالة الإنتاج لمزارع المؤسسة العربية للتموين والتجارة (أسترا) بمنطقة تبوك في المملكة العربية الســـعودية. الندوة العلمية السعودية الأولى للزراعة في البيوت المحمية، ٢٢-٢٤ شعبان ١٤١٢هـــ، كليـــة الزراعـــة، جامعة الملك سعود، الرياض، ص. ٤٣-٦٣.

٢. الحمودي، خالد عبدالرحمن، ١٤١٩هـــ، نمو القطاع الزراعي وتقدمه في المملكة العربية السعودية. مـــؤتمر المملكة العربية السعودية في مائة عام. المحور الثاني عشر ، ٧-١١ شوال ١٤١٩هـــ، الرياض، ٥٨ ص.

٣. الدويس، عبدالعزيز محمد.، وحسن، أحمد حلمي، ١٤١٥هـــ، المبررات الاقتصادية للتوسع في زراعة الخضراوات داخل البيوت المحمية بالمملكة العربية السعودية. مجلة جامعة الملك سعود، م٧، العلوم الزراعية (٢)، ص ١٨٥-٢٠٧.

٤. العبدالقادر، أحمد محمد.، والجلعود، علي عبدالله ، ١٩٩٩م، اقتصاديات الزراعة المحمية للخضر باستخدام نوعيات مختلفة من مياه الري في المملكة العربية السعودية. مجلة الخليج العربي للبحوث العلميـــة، ١٧ (٣)، ص. ٤١٢-٤٢٢.

٥. غانم، عادل محمد، ٢٠٠١م، الطلب المتوقع على الموارد المائية والتركيب المحصـــولي المقتـــرح في ضـــوء اعتبارات الأمن المائي بالمملكة العربية السعودية. مجلة الإسكندرية للبحوث الزراعيـــة، جمهوريـــة مصـــر العربية، ٤٦(٢): ١٩-٣٦.

٦. القحطاني، سفر حسين.، شرين أحمد.، ومصطفى محمود، ١٤١٦، الإنتاج الأمثل للقمح والشعير في ظل الأمن الغذائي والمائي بالمملكة العربية السعودية. مجلة جامعة الملك سعود، العلوم الزراعية، ٨ (١): ٣٥-٦٢.

٧. القحطاني، سفر حسين.، وأحمد حمدي نور الدين، ١٤١٤هـــ، الجدارة الإنتاجية لمحاصيل الحبوب والخضر في الزراعة التقليدية بمنطقة عسير في المملكة العربية السعودية، منشورات النادي الأدبي في أبها، ٥٨ ص.

٨. وزارة التخطيط، ١٤١٥هـــ، خطة التنمية السادسة (١٤١٥هـــ-١٤٢٠هـــ)، الرياض.

٩. وزارة التخطيط، ١٤٢٢هـــ، مسيرة التنمية في ٢٠ عام برعاية خادم الحرمين الشريفين، الرياض.

١٠. وزارة الزراعة والمياه، ١٤٠٨هـــ، الكتاب الإحصائي الزراعي السنوي، العدد الخامس، الرياض.

١١. وزارة الزراعة والمياه، ١٤٢٢هـــ، الكتاب الإحصائي الزراعي السنوي، العدد الثالث عشر، الرياض.

1. Alsleleem, Yousef., 2001, Optimization of Irrigation Water: A Case Study of Saudi Arabia. Alexandria Science Exchange , Vol. (3), (3), No. 22.

تقنية الري الثنائي تحت ظروف نظم الرش الثابت

الدكتور عصام الحديثي، رافع العزابي، حسين طالب، حسين الصويعي

تقنية الري الثنائي تحت ظروف نظم الرش الثابت

د.عصام الحديثي رافع العزابي حسين الطالب حسين الصويعي

.قسم التربة والمياه – جامعة الفاتح . مركز البحوث الزراعية – طرابلس

الملخص :-

تعد المياه متوسطة الملوحة من أهم البدائل المستخدمة لترشيد استهلاك المياه العذبة في الري ،ولكن التأثيرات الضارة للأملاح على كل من التربة والإنتاج الزراعي جعلت الباحثين يستنبطون أساليب في الإدارة الحقلية تحد من التأثيرات الضارة للملوحة ، وكان من هذه الأساليب نظام الري التناوبي والذي يتم فيه التناوب في الريات بمياه عذبة ومياه مالحة ،كما استخدم مؤخرا نظام الري الثنائي والذي يتمثل بتقسيم عملية الري الواحدة إلى مرحلتين ،حيث يتم تجهيز المياه المالحة في المرحلة الأولى وبكمية تعادل ثلث أو نصف الاحتياجات المائية المطلوبة في عملية الري الواحدة،ثم تجهز في المرحلة الثانية بقية الاحتياجات المائية من مصدر المياه العذبة.

يتلخص مفهوم الري الثنائي بأن المياه العذبة التي يتم تجهيزها مباشرة بعد المياه المالحة تقوم بإزاحة المياه المالحة إلى أسفل حيث أن المياه المالحة أكثر كثافة من المياه العذبة ، وبهذا تكون المياه المالحة قد استخدمت لتمثل مياه الصرف المتمثلة بفواقد التخلل العميق ، وأن ماسيبقى منها ضمن المنطقة الجذرية للنبات سيتم تخفيفه بالمياه العذبة المجهزة في المرحلة الثانية .

تهدف الدراسة إلى ملاحظة تأثير هذا النظام على الإنتاج وكذلك على درجة تأثر التربة بالملوحة جراء استخدام المعاملات المختلفة من هذا النظام في الري والتي تحقق ترشيدا لمياه الري العذبة بنسب مختلفة

.استخدمت شبكة الري بالرش الثابتة لإرواء محصول الشعير وفق ثلاث معاملات مختلفة ، حيث استخدمت مياه ملوحتها ٤ ، ٨ ، و ١٢ دسي سيمنـــز /م وفق مفهوم الري الثنائي المبتكر

من أهم النتائج التي توصل إليها البحث هي إمكانية توفير ٥٠% من مياه الري العذبة والاستعاضة عنها بمياه مالحة من غير تأثر ا لمجموع الخضري للنبات ، كما لم يلاحظ وجود فروقات معنوية في الانتاج ولا في ملوحة التربة للمنطقة الجذرية

.المقدمة :-

تعاني البلاد العربية بشكل عام ، وبلدان مجلس التعاون الخليجي بشكل خاص من أزمة حادة في المياه ،مما يستدعي التفكير الجاد بموارد مائية بديلة ، وتعد المياه الجوفية متوسطة الملوحة ومياه الصرف الزراعي من أهم الموارد البديلة المتاحة حيث تشكل كميات كبيرة من المياه التي يمكن استثمارها مع مراعاة ظروف الإدارة الحقلية للحصول على إنتاج مقبول والحد من تأثر التربة بالملوحة .

وعلى الرغم من تطور أساليب الإدارة الحقلية إلا أن مشاكل تأثر التربة الزراعية بالملوحة مازالت تكبد البشرية خسائر فادحة حتى في البلدان المتقدمة ، حيث تقدر الخسائر السنوية الناجمة عن التملح في حوض سان جوكون في كالفورنيا بنحو ثلاثين مليون دولار .(Lekoff & Steven 1990)

توسع الباحثون في دراسة تأثير المياه المالحة على إنتاجية المحاصيل المختلفة ،وبعد إجراء العديد من التجارب الحقلية بظروف مختلفة ، تم بناء نماذج رياضية تيسر دراسة جدوى الاستخدام طويل المدى للمياه المالحة في الري .
وعلى الرغم من تنوع تلك النماذج وتعدد أغراضها ،إلا أنه يمكن تلخيصها بمسارين رئيسين ، يتناول المسار الأول دراسة تأثير تلك المياه والتنبؤ بحالة الاتزان بين الماء والتربة جراء استخدام المياه المالة لفترات طويلة (Rhoades et al 1992).بينما تناول المسار الثاني من تلك النماذج حساب أكبر كمية يمكن استخدامها من المياه المالحة لإرواء محاصيل مختلفة مع دراسة الجدوى لاقتصادية لهذا الاستخدام في ظروف حقلية مختلفة (الزبيدي والحديثي 1999) . لم تتطرق تلك النماذج إلى أساليب تجهيز المياه المالحة إلى الحقل ، حتى استحدث مفهوم الري التناوبي والذي يتمثل بتجهيز الحقل بعدد من الريات من مصدر ماء مالح بهدف ترشيد استخدام مصدر الماء العذب ، إلا أن هذا النظام ترك أثرا ملحوظا على الإنتاج حيث يتعرض النبات إلى إجهاد بسبب زيادة التركيز الملحي في المنطقة الجذرية لفترة من الزمن قد تصل إلى أسبوع كامل قبل أن يجهز النبات بالرية التالية والتي تكون من مصدر الماء العذب (FAO 1989) .لذا ابتكر الحديثي (1997)مفهوم الري الثنائي والذي يتلخص بتقسيم عملية الري الواحدة إلى مرحلتين ، يتم في المرحلة الأولى تجهيز النبات بثلث(أو نصف)احتياجاته المائية من مصدر ماء مالح ، وبعد إتمام تلك المرحلة مباشرة يتم تنفيذ المرحلة الثانية حيث يجهز النبات ببقية احتياجاته المائية من مصدر الماء العذب . وجد أن هذا النظام الثنائي المبتكر يحقق إنتاجا لم يظهر عليه أي تأثر بالملوحة بالرغم من إجراء تجربة حقلية على نبات حساس للملوحة هو الذرة الصفراء تم ارواءها بطريقة الغمر (Surface irrigation)وفي موسم الصيف حيث لاوجود للأمطار (الحديثي والجميلي 2000) .

يهدف البحث الحالي إلى التوسع في استخدام نظام الري الثنائي من خلال تنفيذه باستخدام شبكات الري بالرش لتحقيق الأغراض الآتية :-

١-إمكانية ارواء التربة الرملية والخشنة بهذا النظام حيث يتعذر استخدام أسلوب الري بالغمر لمثل هذه الترب .
٢-الحد من تأثير الملوحة على المجموع الخضري للنبات حيث تقوم المياه العذبة المجهزة في المرحلة الثانية بغسل الأوراق .
٣-متابعة تغير ملوحة التربة لثلاث مواسم متتالية واختبار برنامج صلاحية المياه WAT SUIT المعدمن قبل (Rhoades et al 1992) موقعيا.

المواد وطرق البحث:-

تم إعداد وتهيئة حقل مساحته نصف هكتار في مزرعة مركز البحوث الزراعية في تاجوراء – طرابلس ، كانت التربة رملية مزيجية ، وزرعت بمحصول الشعير صنف أكساد 176 ،ونفذت شبكة الري بفواصل 5 مx٥ م . وجرى اختبار الرشاشات وتجانس توزيع الرش ، فكان تدفق الرشاش 1.48 م^3 ساعة ، إستخدمت أواني تجميع ماء الرش بفواصل ١مx ١م وتم حساب كفاءة النظام تحت الضغط التشغيلي المستخدم فكانت 70 % .

حيث أن الفواصل بين الرشاشات 5 م x 5م ،فإن مساحة وحدة الرش كانت 25 م2 ، تم اختيار تسعه وحدات رش تقع على ثلاثة خطوط رش (lateral pipes) ووزعت عشوائيا بحيث تروى وفق ثلاث معاملات،بواقع ثلاث وحدات لكل معامله، كانت المعاملة الأولى للمقارنه تروى بماء ملوحته (4دسي سيمنـــز/م) وبأسلوب الري التقليدي ،بينما تروى كل من وحدات المعاملتين الثانية والثالثة وفق نظام الري الثنائي حيث استخدمت مياه ملوحتها (٨دسي سيمنـــز /م)للمرحلة الأولى من الري التنائي ، تليها مياه ملوحتها ٤دسي سيمنـــز /م للمرحلة التالية ،كما استخدمت مياه ملوحتها ١٢دسي سيمنـــز /م للمرحلة الأولى بالنسبة لوحدات المعاملة الثالثة تليها المياه ذات 4دسي سيمنـــز /م .

نصبت ثلاث خزانات كبيرة سعة كل منها 12م^3 ، جهز كل خزان منها بنوعية من نوعية المياه الثلاثة التي يجري تجهيزها من مياه بئر ملوحته ٢,٥دسي سيمنز/م،ومياه البحر ،حيث يتم المزج وفق معادلة الموازنة الملحية الحجمية (FAO 1989) .

تم اختيار مضخة الرش وفق حسابات احتياجات الري لمحصول الشعير وتحديد فاصلة الري (Irrigation Interval) بناء على الظروف المناخية وخصائص التربة التي تحدد سعة حفظ الماء وسعة الارتشاح . نفذت التجربة في مزرعة تاجوراء التابعة لمركز البحوث الزراعية واستخدمت البيانات المناخية المسجلة في وحدة أرصاد تاجوراء . حيث استخدمت تلك البيانات لحساب الاحتياجات المائية باعتماد طريقة بنمان المعدلة ، كانت احتياجات الري الفعلية(ابتداء من يوم البذار في١٢/٤/ ٢٠٠١ لغاية آخر رية يوم ١ /٥) تبلغ 304 مم ،وحيث أن الأمطار الفعالة الساقطة في تلك الفترة كانت 129مم , وأن كفاءة الري ٧٠ % فقد تم ضخ الماء إلى الشبكة بما يعادل ٢٥٠ مم خلال الموسم ,أي بواقع ١٢٥ مم مياه مالحة في الدفعات الأولى من النظام الثنائي المقترح،و125مم من المياه المتوفرة ,حيث استخدمت المياه المالحة بواقع النصف لأجل السهولة في الإدارة الحقلية .

تم قياس ملوحة التربة قبل الموسم الزراعي مباشرة حيث أخذت عينات من التربة ابتداء من السطح ولغاية عمق ١,٥ م, وكما مبين في الجدول (٢) الذي يعرض نتائج تغير الملوحة عبر الموسم الزراعي .

وبعد الحصاد جرى حساب الوزن الكلي ووزن الحبوب ووزن القش لكل من الوحدات التسعة لأجل دراسة تأثير المياه المالحة على الإنتاج .

إستخدمت معادلة الموازنة الحجمية لحساب متوسط ملوحة ماء الري المجهزة عبر الموسم الزراعي آخذين بعين الاعتبار التخفيف بمياه الأمطار والبالغة ١٢٩مم .ولإيضاح ذلك تم حساب متوسط ملوحة ماء الري للري الثنائي باستخدام مياه ملوحتها ١٢دسي سيمنـــز /م على النحو الآتي ، باعتبار ملوحة ماء المطر تساوي صفر .

$$Cb=\{C_1D_1+C_2D_2+C_3D_3\}/(D_1+D_2+D_3)$$

$$=\{0*129+4*125+12*125\}/379$$

$$Cb=5.28 \quad ds/m$$

حيث أن Cb :-متوسط ملوحة الماء عبر الموسم .دسي سيمنـــز/م

C_1،C_2،C_3:- تركيز ملوحة ماء الأمطار ،ألماء المتوفر والماء المالح.على الترتيب ، دسي سيمنـــز / م

D_1،D_2،D_3:- عمق ماء المطر ،ألماء المتوفر والماء المالح على الترتيب.مم

وباستخدام نفس المعادلة كان متوسط ملوحة ماء الري للمعاملة الأولى ٢,٦٤ دسي سيمنز / م،وللمعاملة الثانية ٣,٩٦ دسي سيمنـــز /م.

النتائج والمناقشة:-

يبين الجدول (١) الوزن الكلي للإنتاج للمعاملات الثلاثة ، تم استخدام اختبار دنكل متعدد المدى للتعرف على الفروقات المعنوية بين المشاهدات ، فلم تظهر فروقات معنوية بين المعاملات الثلاث بالرغم من مضاعفة متوسط ملوحة ماء الري من ٢,٦٤ إلى ٥,٢٨ دسي سيمنـــز/م،حيث لم يظهر تأثير الملوحة على الإنتاج ، بل على العكس من المتوقع لوحظ ارتفاع متوسط صافي إنتاج الحبوب من١,٥٦ طن /هكتار عند الإرواء بنظام الرش التقليدي (متوسط الملوحة ٢,٦٩ دسي سيمنـــز /م)، إلى ١,٦٧طن/هكتار لنظام الري الثنائي باستخدام مياه ملوحتها ٨ دسي سيمنـــز، ثم ارتفع متوسط صافي الإنتاج إلى ١,٧٨ طن /هكتار لمعاملة الري الثنائي الأخيرة والتي استخدمت فيها مياه ملوحتها ١٢ دسي سيمنـــز/م وكان متوسط ملوحة الماء بعد التخفيف ٥,٢٨ دسي سيمنـــز /م.

يبين الجدول (٢) تتبع تغير ملوحة التربة في المنطقة الجذرية وما تحتها ، حيث لوحظ عدم وجود فروقات معنوية لمتوسط تغير الملوحة في المنطقة الجذرية وذلك باعتماد اختبار دنكل متعدد المدى ، كما يلاحظ أن أعلى درجة ملوحة كانت عند السطح بحدود ١ دسي سيمنـــز /م للمعاملتين الأولى والثانية بينما ارتفعت إلى نحو ١,٧ للمعاملة الثالثة.

تؤكد هذه النتائج تحقق المفهوم النظري لنظام الري الثنائي والقائم على أسلس إزاحة المياه المالحة إلى الأسفل بواسطة المياه العذبة المجهزة خلال الدفعة الثانية والتي تجهز مباشرة بعد الانتهاء من الدفعة الاولى المجهزة من مياه مالحة ، كما يتم غسل الاوراق والمجموع الخضري بكامله من المياه المالحة فلا يظهر لها تأثير على المحصول .

من ناحية أخرى فأن متوسط الأمطار الفعالة كان نحو ثلث احتياجات الري الكلية مما ادى الى غسل الاملاح من المنطقة الجذرية .

وفي كل من المعاملات الثلاث فإن ملوحة التربة ، وكذلك متوسط ملوحة ماء الري أقل من عتبة تأثر الشعير بالملوحة ، وهذا يفسر عدم تأثر الإنتاج عند زيادة ملوحة ماء الري ، أما الزيادة البسيطة الحاصلة في المعاملتين الثانية والثالثة مع ازدياد ملوحة ماء الري فهذا يتفق مع ما توصل إليه عبد (١٩٩٥) من أن إنتاج المحاصيل قد يزداد مع ازدياد الملوحة إذا لم تتجاوز تلك الملوحة عتبة التأثر لذلك المحصول ، وذلك بسبب تيسر العناصر الغذائية بشكل أكبر .

الاستنتاجات والتوصيات:-

لم يلاحظ أي تأثير للمياه المالحة على المجموع الخضري للنبات حتى في حالة الإرواء بمياه ملوحتها ١٢دسي سيمنـــز /م والتي تتجاوز عتبة التأثر بالملوحة لمحصول الشعير. ويعود ذلك إلى غسل هذه الأملاح بواسطة المياه العذبة الجهزة مباشرة بعد الانتهاء من المرحلة الأولى التي يجهز فيها الماء المالح .

لم تحصل فروقات معنوية في الإنتاج على الرغم من مضاعفة ملوح ماء الري من ٢,٦٤ إلى ٥,٢٨ دسي سيمنـــز/م كمتوسط عبر الموسم ، بينما تضاعفت ملوحة ماء الري ثلاث مرات (من ٤ إلى ١٢ دسي سيمنـــز/م)عند ال تجهيز الآني لمياه الري . كما لم تحصل زيادة تذكر لملوحة التربة و لم تسجل فروقات معنوية لمتوسط ملوحة المنطقة الجذرية في الحالات الثلاث من الري . تدعو هذه الاستنتاجات إلى امكانية التوسع في إستخدام نظم الرش الثابتة للمياه المالحة وفق تقنية هذا النظام المبتكر .

يوصي الباحثون بالاستمرار في التجربة لمواسم أخرى لاتقل عن ثلاث ، ومقارنة النتائج المتحصل عليها لملوحة التربة بنتائج البرنامج WAT SUIT , من أجل التحقق من كيفية توزيع الاملاح في المنطقة الجذرية عند الوصول إلى حالة الاتزان جراء الاستخدام طويل المدى لنوعية مياه معينة في الري ، كما يوصى بإجراء مقارنة للري الثنائي المنفذ في هذا البحث مع الري التناوبي والذي يتوقع أن ينتج عنه تأثير أكبر للمياه المالحة حيث تتركز الأملاح على المجموع الخضري للنبات وكذلك في المنطقة الجذرية لفترة زمنية تساوي الفاصلة بين الريات والتي قد تمتد أسبوعا كاملا .

جدول (١) وزن الأنتاج الكلي وصافي إنتاج الحبوب لمعاملات الري الثلاث (ثلاث مكررات لكل معاملة)

المعاملة	متوسط ملوحة ماء الري دسي سيمنـــز/ م	الوزن الكلي كغم/وحدة (٢٥م^{٢})	صافي الوزن (الحبوب) كغم/وحدة	وزن القش كغم/وحدة	متوسط صافي الوزن طن/هكتار
١ م١	٢,٦٤	١٥,٤٥٠	٤,٤٥٠	١١,٠٠٠	١,٥٦٠
م٢		١٣,١٥٠	٣,٤٢٩	٩,٧٢١	
م٣		١١,٠٠٠	٣,٨٤١	٧,١٥٩	
٢ م ١	٣,٩٦	١٣,٦٥٠	٣,٨٦٨	٩,٧٨٢	١,٦٧٠
م٢		١٣,٢٠٠	٣,٩٩٠	٩,٢١٠	
م٣		١٦,٢٠٠	٤,٦٨٠	١١,٥٢٠	
٣ م١	٥,٢٨	١٣,٨٠٠	٣,٨٨٩	٩,٩١١	١,٧٧٢
م٢		١٧,٩٠٠	٥,٦٠٨	١٢,٢٩٢	
م٣		١١,٦٥٠	٣,٧٩٢	٧,٨٥٨	

جدول (٢) تغيير ملوحة التربة خلال الموسم الزراعي

معاملات مياه الري	العمق (سم)	قبل الموسم		بعد الإمطار بيومين ٢٨/٢		منتصف الموسم ٣/٣١		اسبوع من آخر ريه ٥/١		بعد الحصاد ٥/٣	
		PH	EC	PH	EC	PH	EC	PH	EC	PH	EC
١	١٥-٠	٧,٦	٠,٢٠		٠,٧٠		١,٠٥		١,٦٢	٦,٩	١,٠١
	٣٠-١٥	٧,٦	٠,١٨		٠,٦٦		٠,٧٩		١,١١	٦,٨	٠,٧٢
	٤٥-٣٠	٧,٥	٠,١٨		٠,٤٩		٠,٦٠		٠,٦٦	٧	٠,٥٨
	٦٠-٤٥	٧,٦	٠,١٨		٠,٤٦		٠,٤٥		٠,٤٤	٧,٢	٠,٣٣
	٩٠-٦٠	٧,٥	٠,٢٠		٠,٢٩		٠,٤٣		٠,٢٤	٧,٢	٠,٢٤
	١٢٠-٩٠	٧,٥	٠,١٩		٠,٢٢		٠,٢٩		٠,٢٥	٧,٣	٠,١٧
	١٥٠-١٢٠	٧,٥	٠,١٨		٠,٢٥		٠,٣٥		٠,٢٤	٧,٧	٠,١٦
٢	١٥-٠	٧,٦	٠,٢٠		٠,٥٧		١,٢٤		١,٦٠	٧,٣	١,٣٣
	٣٠-١٥	٧,٦	٠,١٨		٠,٣١		١,١٦		١,٦٥	٧,١	١,٠٢
	٤٥-٣٠	٧,٥	٠,١٨		٠,٢٦		٠,٦٦		٠,٨٩	٧,٣	٠,٤٥
	٦٠-٤٥	٧,٦	٠,١٨		٠,٢٠		٠,٣٨		٠,٣٩	٧,٤	٠,٢٣
	٩٠-٦٠	٧,٥	٠,٢٠		٠,١٩		٠,٣٢		٠,٢٩	٧,٣	٠,٢٠
	١٢٠-٩٠	٧,٥	٠,١٩		٠,٢٠		٠,٢٦		٠,٢٣	٧,٥	٠,١٦
	١٥٠-١٢٠	٧,٥	٠,١٨		٠,٢٧		٠,٢٨		٠,٢٣	٧,٦	٠,١٦
٣	١٥-٠	٧,٦	٠,٢٠		١,٠٣		١,٥٣		١,٨٥	٧,٤	١,٨٠
	٣٠-١٥	٧,٦	٠,١٨		٠,٦١		١,١٣		١,٧٩	٧,٦	١,٦٢
	٤٥-٣٠	٧,٥	٠,١٨		٠,٢٨		٠,٧٣		١,٤٠	٧,٧	٠,٩٥
	٦٠-٤٥	٧,٦	٠,١٨		٠,٢٤		٠,٦٧		٠,٩٠	٧,٦	٠,٤٩
	٩٠-٦٠	٧,٥	٠,٢٠		٠,٢١		٠,٥٠		٠,٤٢	٧,٧	٠,٢٢
	١٢٠-٩٠	٧,٥	٠,١٩		٠,٢١		٠,٣١		٠,٢٧	٧,٨	٠,٢١
	١٥٠-١٢٠	٧,٥	٠,١٨		٠,٢٦		٠,٤١		٠,٢٥	٧,٩	٠,٢٢

المراجع:-

الحديثي ع.م.، ١٩٩٧، نمذجة استخدام المياه المالحة في الري . رسالة دكتوراة .قسم هندسة الري و الصرف -جامعة بغداد ١٧٦ صفحة .

الحديثي ع.م .والجميلى ع .م ،٢٠٠٠ ، نظام الرى الثنائى .ندوة الموارد الطبيعية بشعبية الجفرة .٢٨ – ٣٠ نوفنبر ٢٠٠٠ ليبيا ، ص ٤٢

الزبيدي أ.ح . و الحديثي ع.م ، ١٩٩٩ ، التنبؤ بصلاحية المياه المالحة للري باستخدام برنامج حاسوب شامل . مجلة الموارد المائية . بغداد . العدد ١ مجلة ١٨ ص ١ –١٥.

عبد م. ع ، ١٩٩٥ ، استخدام مياه نهر صدام للاغراض الاروائية , رسالة دكتوراه . قسخم التربة . كلية الزراعة . جامعة بغداد . ١٤٣ صفحة

FAO , 1989 , Water Quality For Agriculture .Irrigation and Drainage paper No 29Rev.1Rom.Italy.

Lefkoff l.j. and M.G.Steven . 1990 . Simulation Physical Proeess and Economic Behavior in Saline Irrigated Agriculture . water Rsour . Res .26(7) . 1359-1369

Rhoades J.D .,Kandeiah Aand Mashali ,A-M,1992 .the use of saline water for crop production FAO.Rome .Italy .Paper no 48 .

مؤتمر الخليج السادس للمياه
بالتزامن مع
الندوة الثانية لترشيد استخدام المياه
بالمملكة العربية السعودية

إدارة المياه البلدية

تركيزات النترات والأملاح الذائبة في شبكة مياه الشرب في المنطقة الوسطى بالمملكة العربية السعودية

الدكتور عبدالرحمن محمد الرحيلي، عبدالرحمن إبراهيم العبدالعال،

عبدالله إبراهيم الزرعه، مجاهد خان

تركيزات النترات والأملاح الذائبة في شبكات مياه الشرب بالمنطقة الوسطى من المملكة العربية السعودية

د. عبدالله بن محمد الرحيلي * ، د. عبدالرحمن بن إبراهيم العبدالعالي د. عبدالله بن إبراهيم الزرعة ****
د. مجاهد خان **

*جامعة الملك سعود
كلية الهندسة : ص ب 800
الرياض 11421

** مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
الإدارة العامة لبرامج المنح البحثية : ص ب 6086
الرياض 11442

ملخص

تم خلال هذه الدراسة قياس تركيزات النترات والأملاح الذائبة الكلية في عينات من شبكات المياه العامة ومن مصادر المياه التي تغذيها في كل من مدينة الرياض ومحافظة عنيزة ومدينة حائل بالمنطقة الوسطى من المملكة. وهدفت الدراسة إلى تحديد جودة مياه المصادر واحتمالات تغير خصائص المياه أثناء مرورها بشبكات التوزيع بالنسبة للعنصرين المذكورين ، حيث أنهما يعتبران مؤشران مهمان لتحديد احتمالية تسرب المياه الأرضية ومياه الصرف الصحي والصرف الزراعي إلى شبكات التوزيع .تم جمع عينات مياه من عدد (200) نقطة موزعة جغرافياً على الشبكات الثلاث . وكذلك عينات من جميع مصادر المياه المغذية لها. وقد بلغ متوسط وأعلى تركيز للنترات في الشبكات كالتالي : الرياض (1.7 ملجم / لتر & 15 ملجم / لتر) , عنيزة (32 ملجم / لتر & 70 ملجم / لتر) ، حائل (33 ملجم / لتر & 35 ملجم / لتر) . كما بلغ متوسط وأعلى تركيز للأملاح الذائبة في الشبكات كالتالي : الرياض (367 ملجم / لتر & 886 ملجم / لتر) ، عنيزة (677 ملجم / لتر & 1242 ملجم / لتر) ، حائل (672 ملجم / لتر & 682 ملجم / لتر) .ودلت النتائج على زيادة في تركيز النترات والأملاح الذائبة في بعض المصادر وفي أجزاء من بعض الشبكات عن الحدود المسموح بها في المواصفات القياسية لمياه الشرب ، وكذلك احتمال تلوث مياه بعض النقاط في إحدى الشبكات بتسربات من خارج الشبكة .

مفاتيح كلمات : شبكات المياه ، مصادر المياه ، النترات ، الأملاح الذائبة .

مقدمة

تقوم شبكات توزيع مياه الشرب بدور هام في إيصال المياه للمستخدمين داخل المدن بالكمية والنوعية المطلوبة محافظة على الصحة العامة وتوفيراً للمياه بصورة مستمرة ، كما أن مياه الشرب يجب أن توفي بمواصفات قياسية محددة . وقد تكون المياه الموزعة في الشبكة أو في بعض أجزائها غير مطابقة للمواصفات لبعض العناصر ، وذلك إما لتلوث في مصدر الماء المغذي للشبكة أو لتلوث يطرأ داخل الشبكة . وتعتبر النترات (NO_3) من الملوثات الخطرة التي قد تؤثر على جودة المياه في الشبكات ، كما أن الأملاح الذائبة (TDS) من المؤشرات الهامة لدرجة ملوحة المياه ومدى قابلية استخدامها في الشرب . والنترات هي إحدى المركبات النيتروجينية ضمن دورة النيتروجين في الطبيعة ، وقد تصل النترات إلى المياه من مصادر طبيعية أو اصطناعية . ومن أهم مصادر النترات : الأسمدة الزراعية ، وبقايا تحلل النباتات والحيوانات ، ومياه الصرف ، والتسربات من مدافن النفايات ، وذوبان مركبات النتروجين من الغلاف الجوي في مياه الأمطار [1-3] .

ومن الآثار الصحية لتلوث المياه بالنترات تكوين الميثموجلوبين في الدم والذي يحرم جسم الإنسان ، خصوصاً الأطفال الرضع ، من الأكسجين مؤدياً إلى الاختناق ، والذي يعرف بإسم متوالية " الطفل الأزرق " أو ميثموجلوبينيميا . وكذلك يمكن للنترات تكوين النيتروزامينات في المعدة والتي يعتبر بعضها مواد مسرطنة [1] . وفي الوقت الحاضر فإن أقصى حد مسموح به عالمياً لتركيز النترات في مياه الشرب هو 10ملجم / لتر نيتروجين (أو 45 ملجم / لتر - نترات) وهذه الحدود تعتمدها منظمة الصحة العالمية ومنظمة حماية البيئة الأمريكية والهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس .

وتتفاوت تركيزات النترات في مصادر المياه الجوفية وفي الشبكات من مكان إلى آخر ، فبينما تكون التركيزات عالية في المياه الجوفية الضحلة القريبة من المناطق الزراعية ومناطق الرعي والمناطق الحضرية ، فإن التركيزات قد تكون ضئيلة جداً أو معدومة في المياه الجوفية في المناطق البعيدة عن نشاطات الزراعة والنشاطات البشرية . وتشير العديد من الدراسات في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا ودول أخرى إلى أن مشكلة النترات في مصادر المياه الجوفية تكاد تكون ظاهرة شائعة تزامنت مع الزيادة في النشاطات الزراعية وتنمية الثروة الحيوانية ، وكذلك الزيادة المطردة في مياه الصرف الصحي والصناعي نتيجة للتطور السكاني على مستوى العالم [4-13] . كما تشير الدراسات إلى أن مياه الصرف الصحي التي تجمع في حفر الرشح أو البيارات وكذلك الحمأة الناتجة عن معالجة مياه الصرف الصحي تأتي في المرتبة الثانية بعد النشاطات الزراعية والثروة الحيوانية كأهم مصادر تلوث المياه بالنترات [14-15] .

تتناول هذه الورقة نتائج دراسة لتحديد تركيزات النترات والأملاح الذائبة في شبكات المياه العامة في المنطقة الوسطى من المملكة العربية السعودية ، حيث تم قياس تركيزات هذين العنصرين في شبكات المياه العامة والمصادر التي تغذيها في كل من مدينة الرياض ومحافظة عنيزة ومدينة حائل بهدف تحديد جودة المياه بالمصادر واحتمالات تغير خصائص المياه أثناء مرورها بشبكات التوزيع .

طريقة البحث

تم جمع العينات من عدد 92 نقطة في شبكة مدينة الرياض موزعة جغرافياً على أحياء المدينة كما في الشكل (1) ، وكذلك جمعت عينات من مصادر المياه التي تغذي شبكة مدينة الرياض ، وهي نواتج محطات معالجة المياه الجوفية في البويب وصلبوخ ومنفوحة والملز والشميسي ، ومن خليط مياه التحلية القادمة من الجبيل مع مياه محطة المعالجة بالوسيع . و تم جمع عدد 65 عينة من شبكة المياه بمحافظة عنيزة موزعة جغرافياً على الشبكة كما في الشكل (2) . وحيث أن بعض أحياء المحافظة تغذيها مياه الآبار وبعضها تغذيها مياه من محطة المعالجة والبعض تغذيها مياه خليط من الآبار ومحطة المعالجة ، فقد تم اختيار نقاط جمع العينات لتشمل الأحياء بتفاوت مصادر التغذية لها ، وكذلك جمع عدد 11 عينة من المصادر المختلفة والتي تبلغ 9 مصادر . وبالنسبة لمدينة حائل فقد تم جمع عدد 40 عينة من شبكة التوزيع من النقاط الموضحة في الشكل (3)، بالإضافة إلى عينة من مصدر الماء المغذي للمدينة وهي المياه من خزان المدينة والذي تصل إليه المياه من محطة التنقية لمدينة حائل ، كما تم أخذ عينة من خزان المياه المعالجة في المحطة .

وقد تم إتباع الطرق القياسية في جمع و تحليل عينات المياه للعناصر المقاسة [16] ، حيث استخدم الكروماتوجراف الأيوني (Dionex DX- 300) في قياس النترات ، وقياس الأملاح الذائبة الكلية بطريقة الترشيح والوزن .

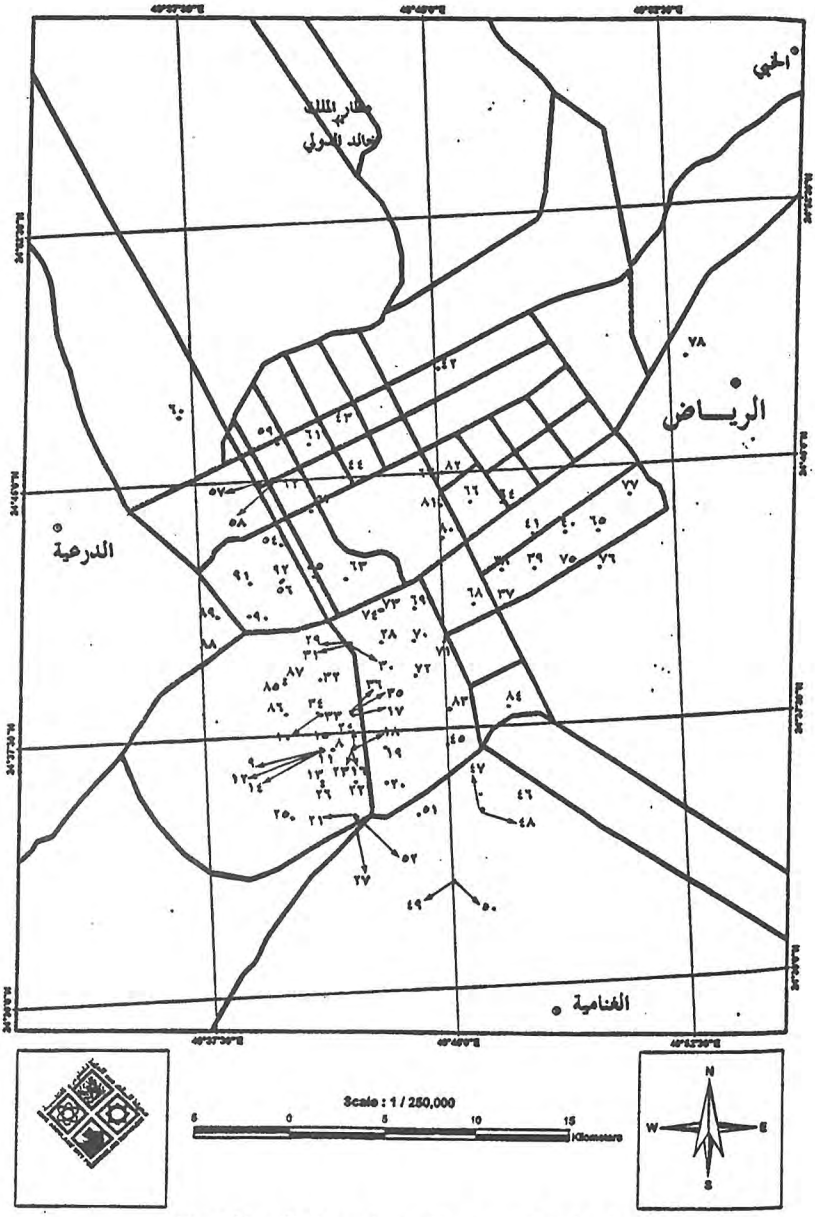
النتائج والمناقشة

يوضح الجدول(1) ملخصاً للنتائج التي تم الحصول عليها لتركيزات النترات والأملاح الذائبة في مياه شبكات الرياض وعنيزة وحائل وفي المصادر التي تغذي هذه الشبكات. وفيما يلي مناقشة للنتائج لكل من الشبكات المذكورة ومصادر مياهها .

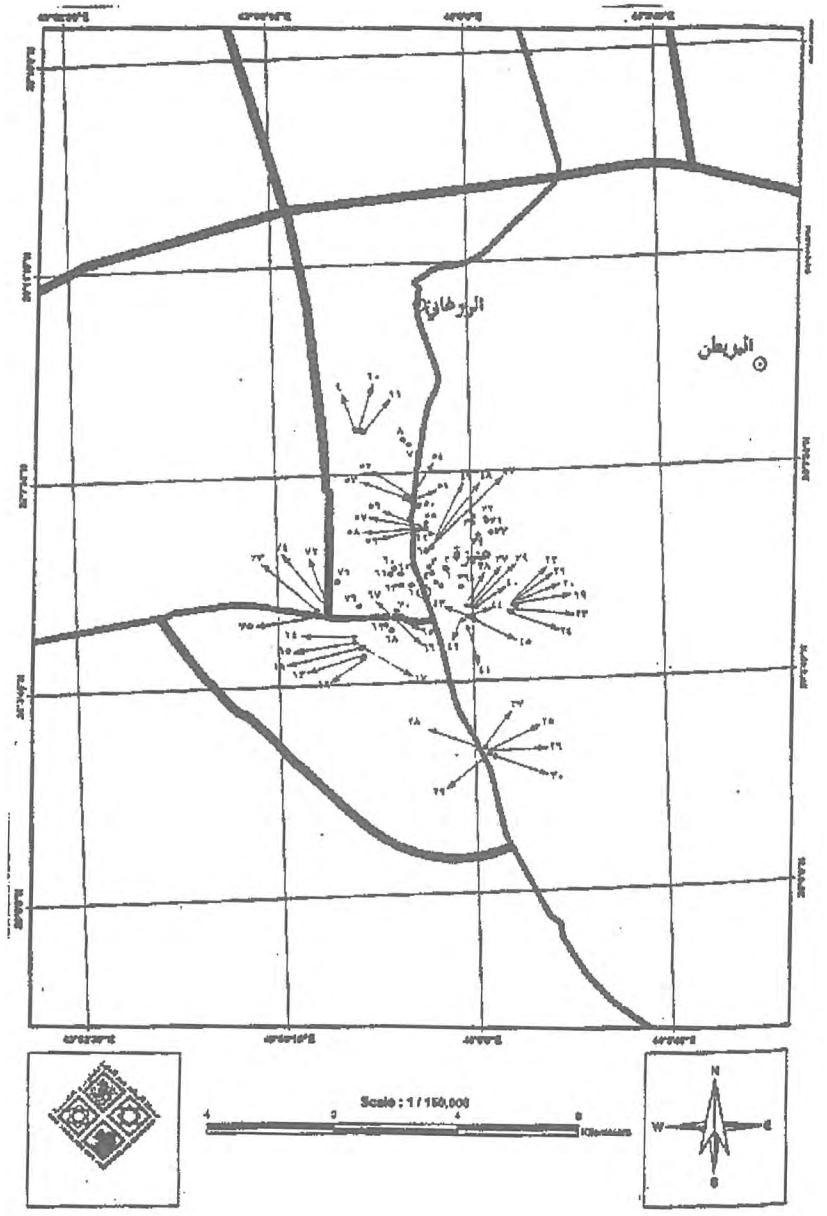
- **شبكة مدينة الرياض**

بمقارنة تركيزات النترات في عينات المصادر وعينات شبكة التوزيع يتضح أن متوسط تركيز النترات في المصادر بلغ 4.1 ملجم / لتر وأعلى تركيز 6.8 ملجم . كما أن متوسط تركيز النترات في شبكة التوزيع بلغ 1.7 ملجم / لتر وأعلى تركيز 15 ملجم / لتر . وتدل هذه النتائج على أن تركيزات النترات في جميع عينات الشبكة لم تتجاوز الحد الأقصى المسموح به في مياه الشرب (45 ملجم / لتر) ، كما أن متوسط التركيزات للنترات في الشبكة لم يتجاوز الحد الأعلى للتركيز في المصادر . وتجدر الإشارة إلى أن غالبية العينات من الشبكة لم يتجاوز تركيزالنترات بها 7 ملجم / لتر ، وأن عينة واحدة فقط بلغ تركيز النترات بها الحد الأعلى الذي تم تسجيله (15 ملجم / لتر) . ويمكن القول بأن تركيز النترات في عينات مياه الشبكة لم يختلف عما هو موجود في مصادر المياه لشبكة مدينة الرياض .

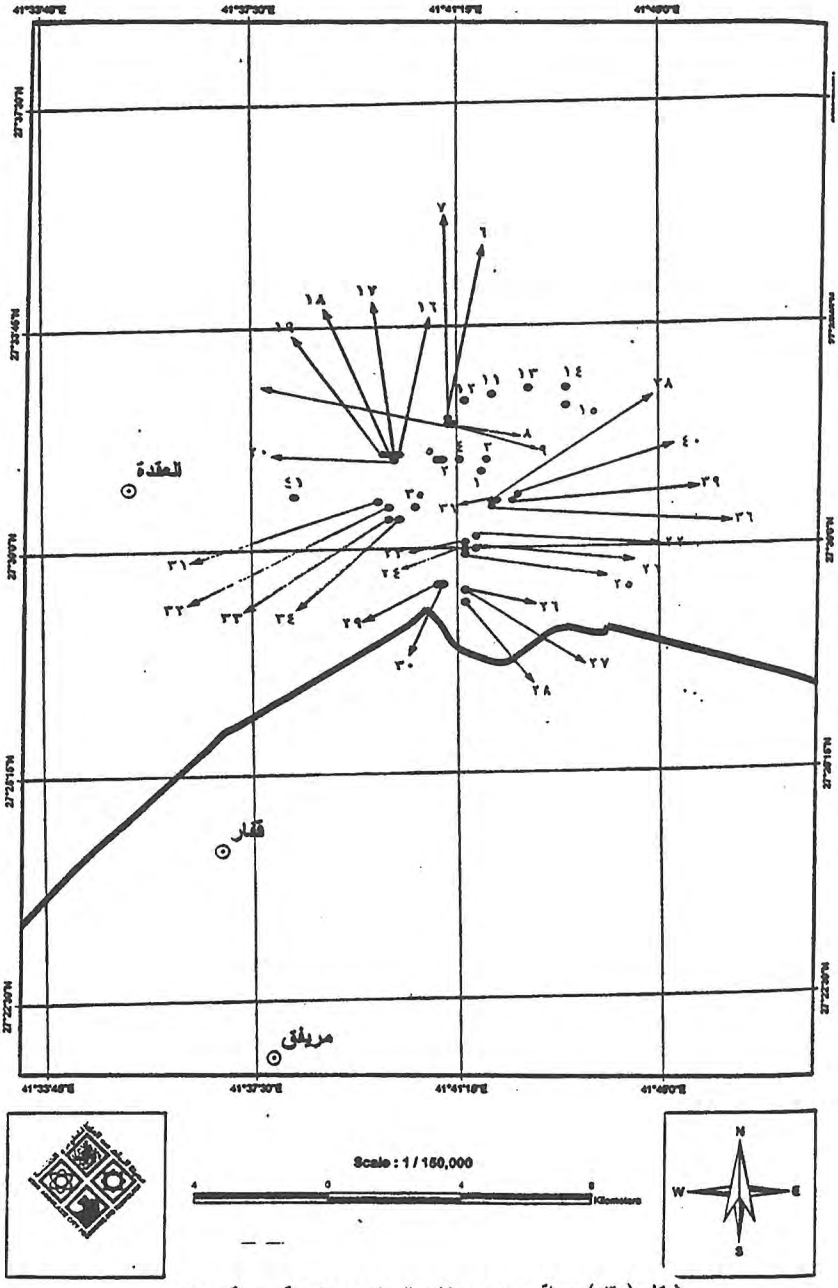
وبالنظر إلى نتائج تركيز الأملاح الذائبة نجد أن متوسط التركيز في مصادر المياه التي تغذي المدينة بلغ 549 ملجم / لتر وأعلى تركيز 1040ملجم / لتر ، كما أن متوسط تركيز الأملاح الذائبة في شبكة التوزيع بلغ 367 ملجم / لتر ، أي في حدود التركيز في المصادر ، وأعلى قيمة سجلت بلغت 886 ملجم / لتر ، وتقع ضمن الحدود المسموح بها في المواصفات القياسية لمياه الشرب والتي تسمح بحد أقصى مقداره 1000 ملجم / لتر .



شكل (١) مواقع جمع عينات المياه من شبكة مدينة الرياض



شكل (٢) مواقع جمع عينات المياه من شبكة محافظة عنيزة



شكل (٣) مواقع جمع عينات المياه من شبكة مدينة حائل

جدول (1) تركيزات النترات والأملاح الذائبة

في شبكات المياه بمدينة الرياض ومحافظة عنيزة ومدينة حائل ، وفي المصادر التي تغذيها

المدينة أو المحافظة	الخصائص	التركيزات في مصادر المياه (ملجم / لتر)			التركيزات في الشبكة (ملجم / لتر)		
		المتوسط	أعلى قيمة	أدنى قيمة	المتوسط	أعلى قيمة	أدنى قيمة
الرياض	النترات	4.1	6.8	1.7	3.8	15	2.8
	الأملاح الذائبة	549	1040	188	367	886	280
عنيزة	النترات	41	105	24	32	70	21
	الأملاح الذائبة	856	1656	424	677	1242	410
حائل*	النترات	33			33	35	31
	الأملاح الذائبة	664			672	682	664

* يغذي المدينة مصدر واحد للمياه فقط

- **شبكة محافظة عنيزة :**

يوضح الجدول (1) متوسط التركيزات للنترات والأملاح الذائبة في المصادر وللشبكة ككل ، وذلك للمقارنة العامة مع شبكات مدينتي الرياض وحائل . وحيث أن شبكة المياه في محافظة عنيزة عبارة عن عدد من الشبكات التي يغذي كل منها مصدر مختلف عن الأخر ، فقد تم دراسة كل شبكة على حده وربطها مع مصادر تغذيتها . ويوضح الجدول (2) طبيعة وتفاوت مصادر تغذية المياه بمحافظة عنيزة والأحياء التي تغذيها ، وكذلك تراكيز النترات في كل شبكة والمصدر الذي يغذيها. ويمكن تقسيم شبكة مياه عنيزة إلى ثلاث أجزاء وفق التالي :

1. الأحياء التي تتغذى بالمياه من محطة التنقية :

بلغ متوسط تركيز النترات في المياه الداخلة إلى الشبكة للأحياء التي تغذيها محطة عنيزة (أحياء القادسية والجامعيين والشفا) 23.7 ملجم / لتر ، بينما بلغ متوسط التركيز في الشبكة 21.6 ملجم / لتر وأعلى تركيز 22.5 ملجم / لتر . وتقع هذه التركيزات في حدود المواصفات المسموح بها.

2. الأحياء التي يغذيها خليط من مياه المحطة ومياه الآبار :

تتغذى الشبكة في أحياء مشرف ومشرفه ووسط المدينة والبديعة والسلام بخليط من مياه محطة التنقية وبعض الآبار في تلك الأحياء . ويتراوح تركيز النترات في مياه الآبار بين 37.4 و 104.5 ملجم / لتر . وقد بلغ متوسط تركيز النترات في مياه الشبكة 37.2 ملجم / لتر وأعلى قيمة 68.7 ملجم / لتر . علماً بأن عدد 4 عينات من مياه الشبكة في هذه الأحياء قد تجاوز تركيز النترات فيها الحد الأقصى المسموح به في مياه الشرب (45 ملجم / لتر) . وغالباً يرجع ذلك إلى أن بعض الآبار التي تغذي هذه الأحياء يتجاوز تركيز النترات فيها هذه الحدود ، مما يجعل تركيز النترات حتى بعد الخلط مع مياه المحطة يتجاوز الحدود المسموح بها ، كما هو الحال في أحياء مشرف ومشرفه ووسط المدينة والبديعة ، انظر الجدولين (1) و (2) .

3. الأحياء التي تتغذى بالمياه من الآبار مباشرة :

تتغذى الشبكة في أحياء الصالحية والروغاني والسحيمية والسليمانية والروضة بالمياه من عدد من الآبار الواقعة في تلك الأحياء أو قربها. ويتراوح تركيز النترات في مياه تلك الآبار مابين 28.1 و34.5 ملجم / لتر . وقد بلغ متوسط تركيز النترات في شبكة تلك الأحياء 28.7 ملجم / لتر وأعلى قيمة 69.8 ملجم / لتر . حيث تم تجاوز الحدود المسموح بها للنترات في عينة واحدة فقط في هذه الأحياء ، وهي القيمة القصوى المذكورة سابقاً ، وتقع في حي الروغاني . علماً بأن البئر الذي يغذي هذا الحي بلغ تركيز النترات فيه 28.1 ملجم / لتر ، مما يوحي بإحتمال تلوث مياه الشبكة في هذا الحي بالنترات من مصادر خارجية .

ويوضح الجدول (1) أن تركيزات الأملاح الذائبة في شبكة مدينة عنيزة تقع في المتوسط في حدود متوسط التركيزات في المصادر ، علماً بأن مياه المصادر للشبكة ، خصوصاً مياه الآبار ، تميل إلى التركيزات العالية بالنسبة للأملاح الذائبة والنترات ، حيث بلغ أعلى تركيز تم تسجيله للأملاح الذائبة في المصادر 1656 ملجم / لتر ، وهو أعلى من الحدود المقبولة. وتجدر الإشارة إلى أن غالبية الآبار المغذية للشبكات مباشرة أو التي

الحي	مصدر التغذية	تركيز النترات في المصدر (ملجم / لتر)	تركيز النترات في عينات الشبكة (ملجم / لتر)			عدد العينات من الشبكة
			المتوسط	أعلى قيمة	أدنى قيمة	
الصالحية	بئر	31.6	33.1	35.6	32.2	5
الروغاني	بئر	28.1	37.2	69.8	27.9	5
السحيمية	بئر	31.9	31.0	32.0	30.3	5
السليمانية	بئر	29.3	29.8	31.7	28.2	5
الروضة	بئر	34.5	33.9	34.9	33.4	5
القادسية الجامعين الشفا	محطة التنقية	23.7	21.6	22.5	20.9	15
مشرف مشرفة وسط المدينة	آبار + محطة التنقية	البئر (1) = 37.4 البئر (2) = 104.5 المحطة = 23.7	41.0	58.9	21.1	15
البديعة	بئر+ محطة التنقية	البئر = 67.7 المحطة = 23.7	32.2	68.7	20.7	5
حي السلام	بئر+ محطة التنقية	البئر = 39.8 المحطة = 23.7	30.7	35.0	29.1	5

جدول (2) تراكيز النترات في شبكة المياه بمحافظة عنيزة والمصادر التي تغذيها

تخلط مع مياه محطة التنقية ، والتي تحتوي مياهها على تركيزات عالية من النترات والأملاح الذائبة ، هي من الآبار السطحية التي تتراوح أعماقها بين 20-180 متر وتقع في مناطق زراعية أو سكنية ، مما يدل على احتمال تلوث هذه المصادر من النشاطات الزراعية ومياه الصرف [17] .

- **شبكة مدينة حائل :**

بمقارنة تركيزات النترات في عينة مصدر الماء وعينات شبكة التوزيع ، جدول (1) ، يتضح أن تركيز النترات في المصدر بلغ 33 ملجم / لتر ، كما أن متوسط تركيز النترات في الشبكة أيضاً بلغ 33 ملجم / لتر وأعلى تركيز للنترات في مياه الشبكة بلغ 35 ملجم / لتر . وتدل هذه النتائج على أن تركيزات النترات في الشبكة تتساوى تماماً مع تركيزها في مصدر الماء ، وهي اقل من الحد الأقصى المسموح به في مياه الشرب (45 ملجم / لتر) .

ويوضح الجدول (1) أيضاً أن تركيزات الأملاح الذائبة في شبكة التوزيع تقع ضمن التركيزات في مصدر الماء ، مما يدل على عدم وجود أية تغيرات على جودة المياه بالنسبة للنترات والأملاح الذائبة ، كما أن تركيزات الأملاح الذائبة تقع في الحدود المقبولة لمياه الشرب .

الاستنتاجات والتوصيات :

بناءاً على قياس تركيزات النترات والأملاح الذائبة في عدد (200) عينة من مياه شبكات التوزيع في مدينة الرياض ومحافظة عنيزة ومدينة حائل ، وكذلك التعرف على المصادر التي تغذيها وتركيزات هذين العنصرين فيها يمكن استنتاج التالي :

- تتغذى شبكة المياه بمدينة الرياض بالمياه من خمس محطات تعالج مياه جوفية بالإضافة إلى مياه التحلية القادمة من الجبيل والتي تخلط بالمياه الناتجة عن محطة سادسة تعالج مياه جوفية . وبلغ متوسط وأعلى تركيز للنترات في المصادر (4.1 ملجم / لتر & 6.8 ملجم / لتر) وفي الشبكة (1.7 ملجم / لتر & 15 ملجم / لتر) كما بلغ متوسط وأعلى تركيز للأملاح الذائبة في المصادر (549 ملجم / لتر & 1040 ملجم / لتر) وفي الشبكة (367 ملجم / لتر & 886 ملجم / لتر) . ودل ذلك على أن تركيزات النترات والأملاح الذائبة في شبكة الرياض تقع في حدود المواصفات المطلوبة لمياه الشرب .

- يمكن تقسيم نظام توزيع المياه بمحافظة عنيزة إلى عدد من الشبكات تغذي كل منها واحدة أو أكثر من الأحياء. حيث تأخذ بعض الأحياء مياهها من محطة تنقية للمياه الجوفية ، وبعضها يغذيها خليط من مياه المحطة ومياه الآبار ، وبعضها تغذيها مياه آبار دون معالجة. وقد بلغ متوسط وأعلى تركيز للنترات في المصادر مجتمعة (41 ملجم / لتر & 105 ملجم / لتر) وفي الشبكات (32 ملجم / لتر & 70 ملجم / لتر) . كما بلغ متوسط وأعلى تركيز للأملاح الذائبة في المصادر مجتمعة (856 ملجم / لتر & 1656 ملجم /لتر) وفي الشبكة (677 ملجم / لتر & 1242 ملجم /لتر). وقد تجاوز تركيز النترات والأملاح الذائبة في بعض الشبكات الحدود المسموح بها في المواصفات والذي عكس غالباً تركيزها في المصادر والتي تميل إلى التركيزات العالية لهذين العنصرين . كما أن تركيز النترات في الشبكة لأحد الأحياء تجاوز التركيز الموجود في المصدر المغذي لهذه الشبكة ، مما يدل على احتمال تلوث مياه الشبكة في ذلك الحي بمياه من مصادر خارج الشبكة .

- يغذي شبكة المياه بمدينة حائل مصدر واحد للمياه وهو محطة تنقية تعالج مياه جوفية . وقد بلغ تركيز النترات في المصدر 33 ملجم / لتر ، كما بلغ متوسط وأعلى تركيز للنترات في الشبكة (33 ملجم / لتر & 35 ملجم / لتر) وبلغ تركيز الأملاح الذائبة في مياه المصدر 664 ملجم / لتر كما بلغ متوسط وأعلى تركيز للأملاح الذائبة في الشبكة (672 ملجم / لتر & 682 ملجم / لتر) . علماً بأن جميع هذه التركيزات تقع في حدود المواصفات المطلوبة ، وأن تركيزات العنصرين في الشبكة تقع في حدود ما هو موجود في مياه المصدر.

وعلى ضوء النتائج المتحصل عليها فإنه يوصى بالتالي :

١. الاهتمام بنوعية المياه في شبكات التوزيع والتأكد من سلامة الأنابيب لتفادي نقاط تسربات قد تؤثر على جودة المياه في الشبكة .

٢. إعادة النظر في تشغيل الآبار التي تغذي مباشرة الأحياء السكنية بمحافظة عنيزة نظراً لعدم مناسبة مياهها من حيث ارتفاع تراكيز النترات ومجموع الأملاح الذائبة .

شكر

يشكر المؤلفون مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية على دعمها الدراسة تحت منحة رقم أ ت ١٥-١٥ . كما يشكرون مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض ومصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة القصيم ووزارة الزراعة والمياه على تسهيل مهمة الفريق البحثي في إجراء الدراسة .

المراجع

1. W.H.O., 1978, Nitrates, Nitrites and N-Nitroso Compounds. World Health Organization, Geneva, Environmental Health Criteria 5.

2. Guidelines for Canadian Drinking Water Quality, 1980, Quebec, Canadian Ministry of Supply and Services (Supporting document).

3. Nitrates in Water Supplies, 1974, Report by International Standing Committee on Water Quality and Treatment. Aqua, 1: 5-24.

4. Nolan, B.T., 1999, Nitrate Behavior in Groundwater of the Southeastern USA. J. Environ. Qual. 28:1518-1527.

5. Weil, R.R., Weismiller, R.A., and R.S. Turner, 1990, Nitrate Contamination of Groundwater Under Irrigated Coastal Plain Soils. J. Environ. Qual., 19: 441-448.

6. Duke, H.R., Smika, D.E., and D.F. Heermann, 1978, Groundwater Contamination by Fertilizer Nitrogen. J. Irrigation & Drainage Dvn., Am. Soc. Civil Engrs. 104, IR3, 283-291.

7. Chakravarty, S., 1989, Nitrates in Groundwater. J. Water Resources, 163:109-110.

8. Petrovic, A.M., 1990, The Fate of Nitrogenous Fertilizers Applied to Turfgrass. J. Environ. Qual. 19:1-14.

9. Burkart, M.R., and D.W, Kolpin, 1993, Hydrologic and Land-use Factors Associated with Herbicides and Nitrate in Near-Surface Aquifers. J. Environ. Qual. 22:646-656.

10. Oakes, D.B., and C.P. Young, 1981, The Effects of Farming Practices on Groundwater Quality in the United Kingdom. The Science of the Total Environment, 21:17-30.

11. Milburn, P., Richards, J.E., Gratley, C., Pollock, T., O' Neil, H., and H. Baily, 1990, Nitrate Leaching from Systematically Tiled Potato Fields in New Brunswick, Canada. J. Environ. Qual. 19:448-454.

12. Donoso, G., Carcino, J., and A. Magri, 1999, Effects of Agricultural Activities on Water Pollution with Nitrates and Pesticides in the Central Valley of Chile. Wat. Sci. Tech. 39 (3):49-60.

13. Pekny, V., Skorepa, J., and J. Vrba, 1989, Impact of Nitrogen Fertilizers on Groundwater Quality – Some Examples from Czechoslovakia. Journal of Contaminant Hydrology, 4: 51-67.

14. Robertson, W.D., Cherry, J.A., and E.A. Sudicky, 1991, Groundwater Contamination from Two Small Septic Systems on Sand Aquifers. Groundwater, 29 (1): 82-92.

15. Tindall, J.A., Lull, K.J., and N.G. Gaggiani, 1994, Effects of Land Disposal of Municipal Sewage Sludge on Fate of Nitrates in Soil, Streambed Sediment, and Water Quality. Journal of Hydrology, 163:147-185.

16. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1998, 20th ed., APHA, AWWA, WEF.

17 . العبدالعالي ، ع . و الزحيلي ، ع . و الزرعة ، ع . و مجاهد خان ، 1423 هـ ، تراكيز النترات وطرق إزالتها من مياه الشرب في المنطقة الوسطى من المملكة العربية السعودية ، التقرير الفني الثاني ، مشروع البحث رقم أت – 15 – 15 ، مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية .

الوضع المائي في مدينة جدة وارتفاع المياه الجوفية في الجزء الشمالي

احـــمد بن سالم باصـــمد
قسم جيولوجيا المياه – هيئة المساحة الجيولوجية السعودية
ص.ب. ٥٤١٤١ جدة ٢١٥١٤ – المملكة العربية السعودية
E-mail: basamed.sa@sgs.org.sa

الخلاصة :

تعتبر مدينة جدة من اكبر المدن في المملكة العربية السعودية. شهدت توسعاً رأسيا وأفقياً نتج عنه عدم مواكبة قطاعات بعض الخدمات لهذا النمو ودون الأخذ بعين الاعتبار للوضع الجيولوجي والهيدروجيولوجي لموقع المدينة مما نتج عنة تغيير في طبوغرافية ومسارات الأودية القادمة من شرق مدينة جدة التي تصرف مائها إلى الغرب باتجاه البحر الأحمر. كما أدت الزيادة في عدد السكان في المدينة إلى زيادة في استهلاك المياه من المصادر المختلفة وبالتالي إلى زيادة في معدلات التصريف.

إن وجود تسربات المياه من المصادر المختلفة ووصولها إلى خزان المياه الجوفية قد أخل بالتوازن الطبيعي المتوقع لمنسوب المياه الجوفية وقللت من الفرق في منسوب المياه بين فصل التغذية والانحسار وبقي معدل متوسط التذبذب السنوي في المدينة تقريباً $\pm$ ٠,١٢م.

كذلك دلت الدراسة على وجود ارتفاع عام لمستوى المياه الجوفية في المدينة ما بين عام ١٩٩٨ و ٢٠٠٢م وبمتوسط ٠,٤١م ، أي بمعدل متوسط ارتفاع ٠,١م في السنة. ناتج من التسربات لشبكات مياه الشرب والترشيح لحفر البيارات وشبكات التصريف والأمطار والإسراف في ري الحدائق والتسربات من الخزانات الأرضية والانسيابات من الأودية والتأثيرات الهيدروجيولوجية في المنطقة.

هذه الدراسة أشارت إلى ضرورة صيانة شبكات الصرف الحالية وعمل شبكات إضافية للصرف في المدينة خصوصاً في الأحياء السكنية الغير مغطاة ، وتطويرها لتستوعب الزيادة المتوقعة في كميات الصرف الصحي وإلغاء حفر البيارات. واختيار موقع مناسب للتخلص من مياه الصرف الصحي بعد معالجتها بدلا من الموقع الحالي شرق جدة على أن يكون خارج الحوض وذلك لمنع انسياب المياه إلى المدينة مرة أخرى ، إلى جانب نشر الوعي والترشيد لعدم استنزاف المياه سوء في أعمال الري أو الاستخدامات المنزلية وذلك للتقليل من كميات الصرف لهذه المياه.

مقدمة :

تقع مدينة جدة في حوض مستقل تماماً عن الأحواض المحيط بها ويعرف بحوض وادي بني مالك والواقع بين حوض وادي فاطمة جنوباً وحوض وادي خليص شمالاً- شكل رقم (١) - ويتميز بمناخ صحراوي حار وشديد الرطوبة ، وتعتبر الأمطار قليلة جداً ومتذبذبة من حيث كميتها وأوقات سقوطها وهي أمطار شتوية .

وتتميز مدينة جدة بنهضة عمرانية خلال الحقبة الأخيرة - شكل رقم (٢) - حيث يبلغ النطاق العمراني لمدينة جدة في الوقت الحالي ١٢٠٠كم^{٢} ،وعدد السكان حوالي ٢،٢٠٠،٠٠٠ نسمة ويزداد عدد السكان بمعدل ٤%سنوياً تقريباً [١].

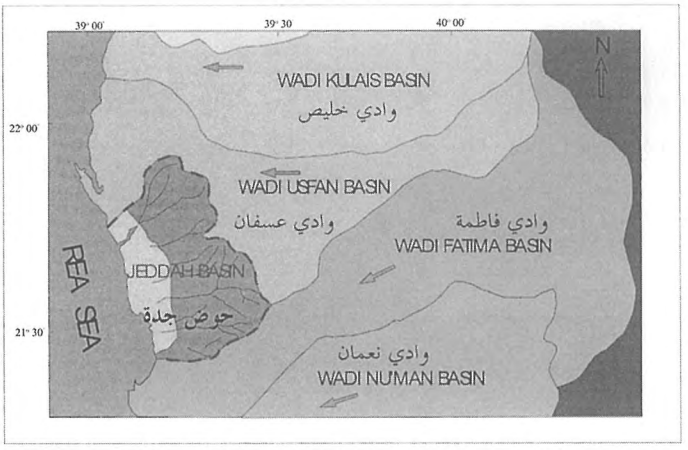
لقد أدي زيادة عدد السكان والمساحة العمرانية إلى زيادة في استهلاك المياه سواء من مصادر تحلية مياه البحر أو مياه الآبار ومن ثم يتم تصريفها من قبل المواطنين إلى خزانات جمع أو آبار تصريف (بيارات شعبية، للمياه الآسنة (مياه الفضلات)) الأمر الذي أدي إلى رفع درجة إشباع التربة بالمياه الجوفية.

إن وجود تسربات المياه من المصادر المختلفة ووصولها إلى خزان المياه الجوفية قد أخل بالتوازن الطبيعي المتوقع لمنسوب المياه الجوفية وقللت من الفرق في منسوب المياه بين فصل التغذية والانحسار، نتج عنه ارتفاع منسوب المياه الجوفية بشكل عام في كثير من المناطق لاسيما في الأجزاء الشمالية من المدينة (والمتميز بكثافة سكانية)، كما أن عدم وجود شبكات متكاملة للصرف الصحي في معظم أحياء مدينة جدة واستخدام حفر الامتصاص (البيارات) أدى إلى تلوث هذه المياه وساعد في رفع منسوب المياه الجوفية في المدينة إلى جانب العوامل الأخرى.

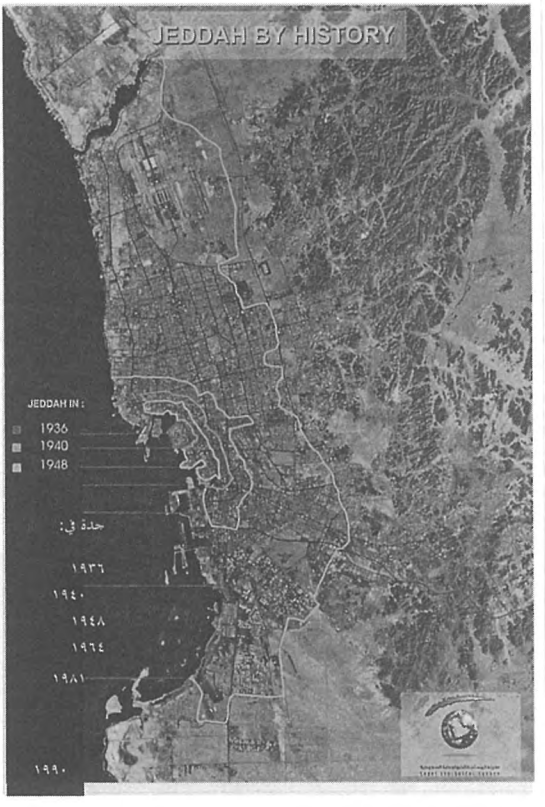
ويتضمن هذا البحث على دراسة الوضع المائي في مدينة جدة من خلال عمل مقارنة للبيانات والقياسات الحقلية لمستويات المياه الجوفية لكلا من عام ١٩٩٨ إلى ٢٠٠٢ م والمسجلة من عدد ١١٨ بئر تقريبا موزعة بالمدينة. بالإضافة إلى حصر العوامل المسببة في ارتفاع المياه الجوفية في المدينة وتحديد نطاقات خطورة ارتفاع منسوب المياه الجوفية في مدينة جدة. وتحديد الاتجاه العام لحركة الجريان للمياه الجوفية .

الخصائص العامة للحوض المائي لمدينة جدة:

يقع حوض جدة في الجزء الغربي من الدرع العربي على شاطئ البحر الأحمر ما بين دائرتي عرض ١٥ ٢١^{o} شمالاً و٢٢^{o} شمالاً وما بين خطي طول ٣٩^{o} شرقاً و ٣٠ ٣٩^{o} شرقاً ويغطي مساحة ١٧٦٠كم^{٢}. ويتراوح ارتفاع الحوض ما بين صفر عند سطح البحر و ٤٠٠م عند الجزء الشرقي من الحوض. وينحدر بشكل واضح من الشرق إلى الغرب حتى طريق المدينة المنورة وبأرض شبة منبسطة إلى البحر الأحمر.وتوجد بعض الانخفاضات والارتفاعات عن مستوي سطح البحر في بعض المناطق غرب طريق المدينة المنورة، مما نتج عنها تغيير في طبوغرافية ومسارات الأودية القادمة من شرق مدينة جدة التي تصرف مائها إلي الغرب باتجاه البحر الأحمر.



شكل رقم (١) : موقع حوض جدة المائي بين الأودية المحيطة



شكل رقم (٢) : توسع مدينة جدة عبر التاريخ (١٩٣٦ – ١٩٩٨)

ويـــنقسم حوض جـــدة إلى ثلاث أحواض فرعية (شكل رقم (٣)) على حسب جهة جريان المياه السطحية [٢] كما يلي:

١) يغطي الحوض الفرعي الشمالي مساحة ٦٧٥كم^{٢} وتفيض المياه فيه إلى وادي الكراع (شرم أبحر).

٢) يغطي الحوض الفرعي الأوسط مساحة ٦٥٠كم^{٢} وتفيض المياه فيه إلى بحيرة قصر السلام.

٣) يغطي الحوض الفرعي الجنوبي مساحة ٤٣٥كم^{٢} وتفيض المياه فيه إلى بحيرة الأربعين.

ويمكن تقسيم المتكونات الحاملة للمياه الجوفية على الحوض إلى ثلاثة مجموعات هي:

- الرسوبيات الوديانية – Wadi deposits (تتكون من رمال ناعمة وطين وحصى).
- الرسوبيات البحرية – Marine deposits (تتكون من رسوبيات كلسية بحرية ورواسب من الشعب المرجانية).
- الصخور السلسية البلوتينية – Silicic plutonic rocks (تتكون من صخور الدرع العربي حيث تمثل صخور الديورايت والغرانوديورايت والغرانيت) [٣].

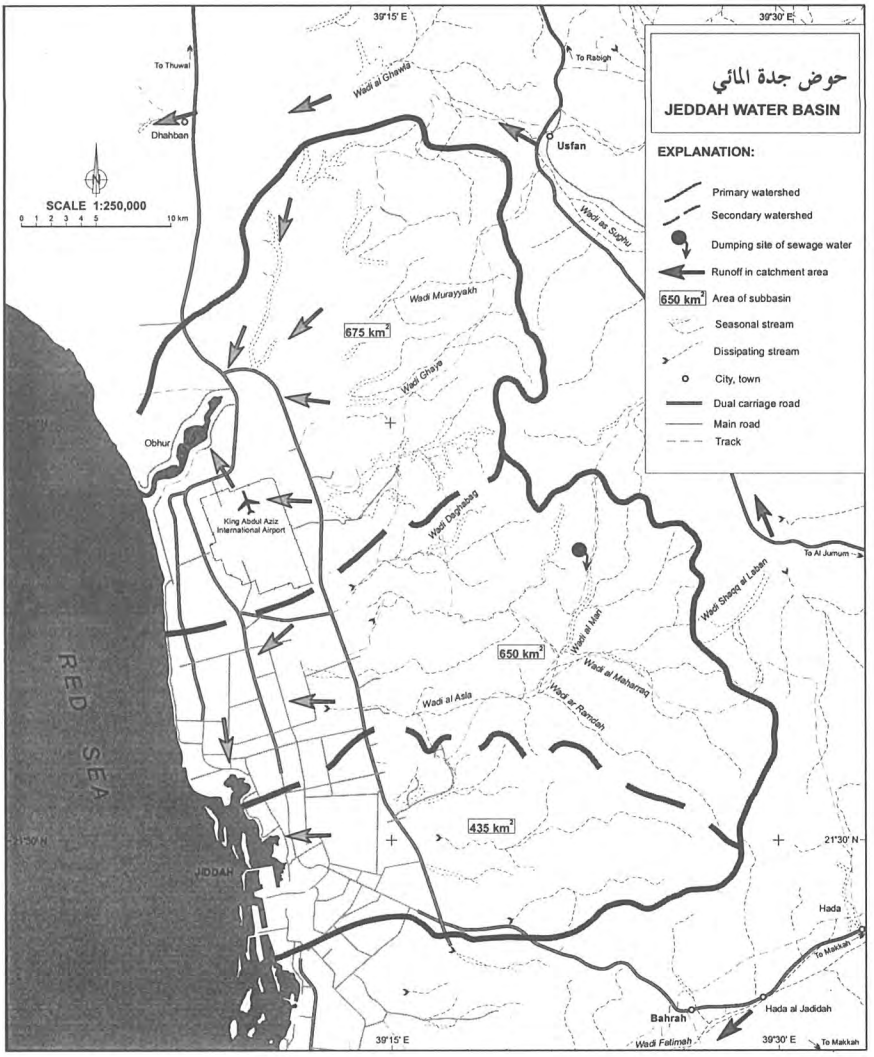
الوضع المائي في مدينة جدة :

لقد أدت تسربات المياه المختلفة ووصولها إلي خزان المياه الجوفية إلى تذبذب وخلل بالتوازن الطبيعي المتوقع لمنسوب المياه الجوفية ،ففي الأحـــوال العادية يرتفع منسوب المياه بعد فصل الأمطار وحصول التغذية المباشرة وينخفض خلال فصل الصيف . إلا أن وجود تسربات مياه من المصادر المختلفة قللت من الفرق في منسوب المياه بين فصل التغذية وألإنحسار وبقي معدل متوسط التذبذب السنوي في المدينة تقريباً $\pm$ ٠,١٢م وذلك ما بين عام ١٩٩٨ و٢٠٠٢ م.

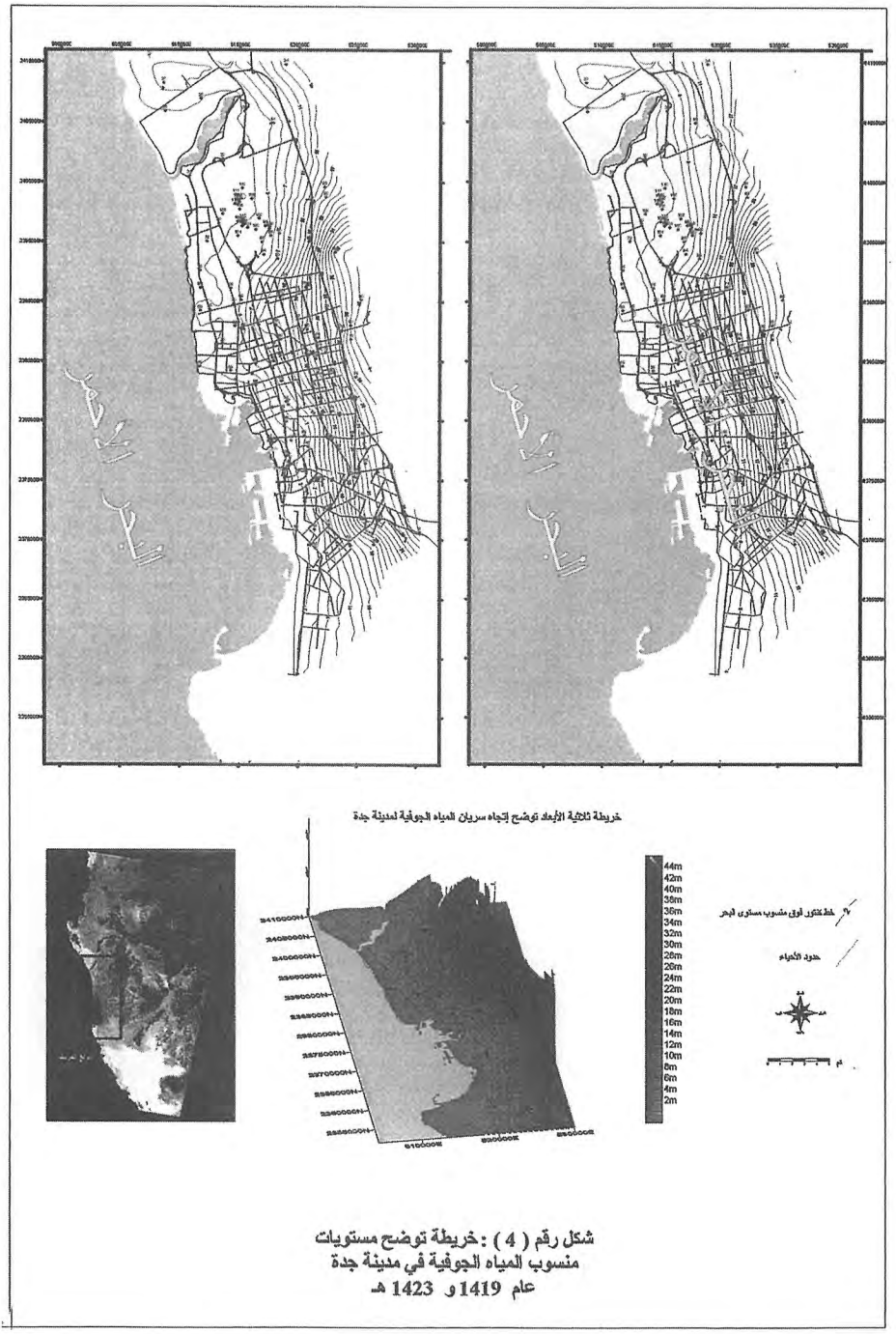
إن التذبذبات في مستوي المياه الجوفية يعكس التبدلات في مخزون المياه الجوفية ويشير إلى كمية التغير الحقيقي في مخزون الطبقات المائية وحركة المياه الجوفية. ومعرفة المناطق التي تتضمن مستويات المياه العالية والمنخفضة تسهل التنبؤ بمستقبل المياه الجوفية بإظهار سرعة تغير مخزون المياه الجوفية مع الزمن. حيث لوحظ تأثير المد والجزر على مستوي المياه الجوفية وذلك في المنطقة الواقعة بين طريق المدينة وشارع الأمير سلطان شمال شارع حراء وذلك أثناء حفر أحد المقاولين حفرة لوضع خزان مائي في إحدى المباني الخاصة، حيث أن منسوب المياه في داخل الحفره ينخفض ليلاً بشكل كبير بينما في النهار أحيانا لا تستطيع اكثر من مضخة نزح المياه من الحفره بينما في الليل يتم نزحها بسهولة .وهذه إشارة إلى أن المنطقة متأثرة بالمد والجزر الواقع من تداخل مياه البحر.

ومن خلال رسم الخريطة الكنتورية لمستويات المياه الجوفية في مدينة جدة – شكل رقم (٤) – نلاحظ التالي:

– يشكل الاتجاه العام للجريان في المدينة من الشرق إلى الغرب. ونلاحظ أن خطوط تساوي المناسيب تكون شبه منتظمة ومتوازية في الجزء الواقع من الشرق إلى طريق المدينة.



شكل رقم (٣) : حوض جدة المائي



شكل رقم (4) : خريطة توضح مستويات منسوب المياه الجوفية في مدينة جدة عام 1419 و 1423 هـ

- تعتبر المنطقة الواقعة بين طريق المدينة والبحر منطقة متأثره بالكتل الصخرية الكلسية والشعاب المرجانية الممتدة على طول الساحل والتي تلعب دور بارز في تغيير حركة اتجاه السريان للمياه الجوفية إلى البحر و تمثل منطقة تذبذب في حركة المياه ويتضح ذلك من خط التساوي الكنتوري ١ م.
- يوجد تغير ملحوظ في مستوى المياه الجوفية بين عام ١٩٩٨ و ٢٠٠٢م يوضح ارتفاع المياه الجوفية في المدينة وذلك بمتوسط ٠,٤١م أي بمعدل متوسط ارتفاع ٠,١م في السنة.

إن وجود تذبذب في حركة المياه الجوفية إضافة إلى تغير في الميل الهيدروليكي من موقع إلى أخر يعزى إلى اختلاف ووجود طبقات متبادلة من الطبقات المنفذة والشبة منفذه وطبقات الوادي القديم [٤] و [٥]، إضافة إلى تأثر المدينة بتصريف الأودية الواقعة في الشرق لاسيما في الجزء الشمالي منها ، والتي تقع أيضا تحت تأثير شرم أبحر وتداخل مياه البحر على طول الساحل في مدينة جدة . ويعتبر غرب طريق المدينة والممتد من الشمال إلى الجنوب والتي يحدها ساحل البحر من الغرب منطقة واقعة تحت تذبذب مستوي مياه مرتفعه يتراوح عمقها من سطح الأرض في معظم أجزائه إلى اقل من ٢,٥ م وبالتحديد في معظم الأحياء المنتشرة من وسط المدينة إلى شمالها كما هو موضح في الشكل رقم (٥) ، والذي يمثل خريطة نطاقات معدل خطورة ارتفاع المياه الجوفية في مدينة جدة لعام ١٩٩٨ و٢٠٠٢م . ومنها نلاحظ زيادة معل الخطورة في ٢٠٠٢م عما كانت علية المدينة في ١٩٩٨م ، حيث تشكل المناطق الخطرة ٦١ % (والتي تغطي مساحة ٩١٥كم٢) من مساحة المدينة ، حيث كانت في عام ١٩٩٨م حوالي ٥٦ % . أي بمعدل زيادة سنوية حوالي ١,٢٥ % في السنة وبمساحة ١٨,٧٥كم^{٢}.

والجدير بالذكر هنا أن ظاهرة ارتفاع منسوب المياه الجوفية في مدينة جدة هي ظاهره شملت كافة الأحياء في المدينة ، خصوصاً في الجزء الشمالي منها والتي ترتفع إلى درجة ظهورها على السطح (خصوصاً في المناطق المنخفضة ، حيث ظهرت تجمعات سطحية للمياه في ١٢ حي داخل المدينة وهي حي السلامة والمروه والصفا والخالدية والفيصلية والربوه والزهه والروضة والمحمدية والرحاب والبوادي والعزيزية [٥] ، إضافة إلى داخل مطار الملك عبد العزيز) وتعتبر بعض هذه المناطق مناطق ردم ولها نفاذية عالية نتيجة لوجود رواسب وديانية مدفونة وتكوينات عميقة من الحجر الجيري.

أسباب ارتفاع مستوى المياه الجوفية في مدينة جدة :

يمكن حصر اسباب ارتفاع مستويات المياه الجوفية في مدينة جدة كالتالي..

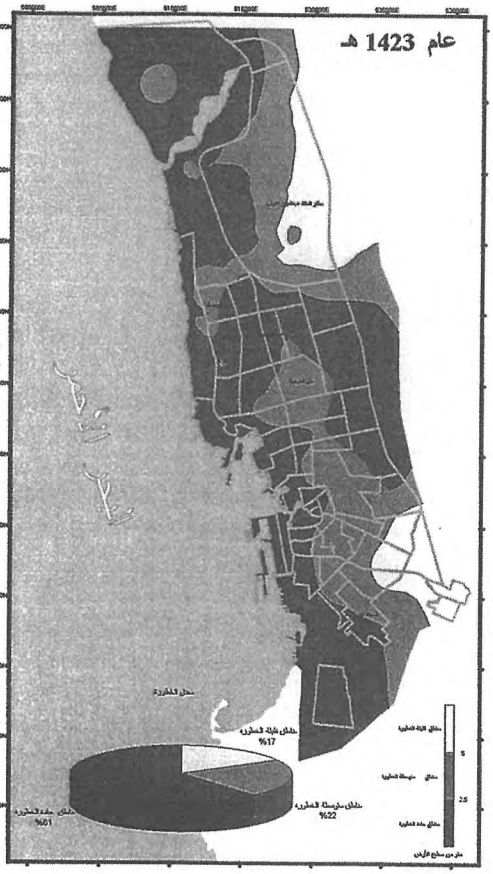
١ – التسرب من شبكات مياه الشرب Leakage from water supply system:

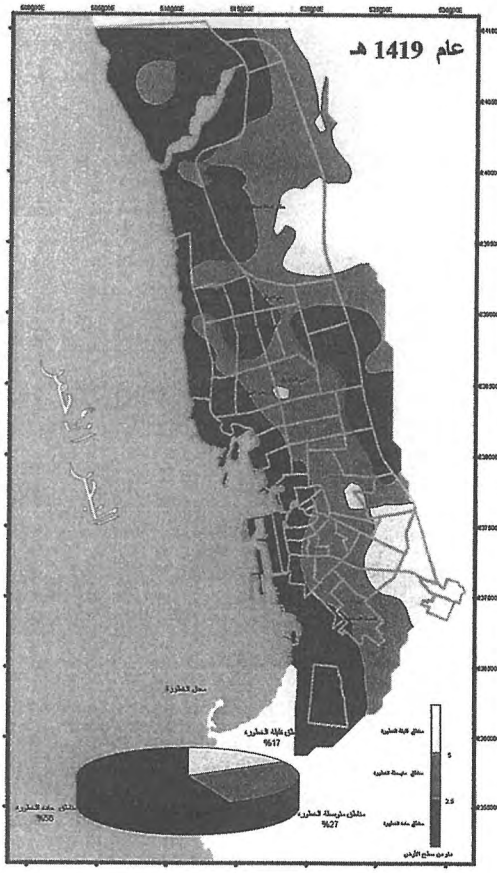
عادة ما يحدث تسرب مياه الشرب (من الشبكات المختلفة في مدينة جدة) نتيجة الى الضغط العالي في خطوط التوزيع ووجود فتحات وتكسر للمواسير.

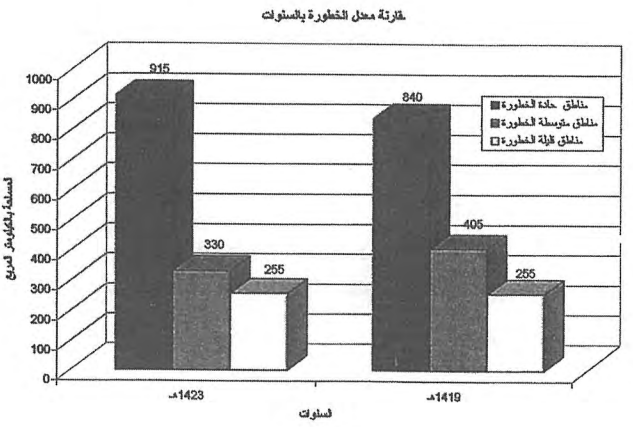
يبلغ معدل الإمداد اليومي لمدينة جدة حوالي ٧٥٠٠٠٠ م^{٣} ، يوزع منه حوالي ٨٥% خلال الشبكات. ويبلغ معدل التسرب من هذه الشبكات حوالي ٣٠% [٥] (حوالي ٢٢٥٠٠٠ م^{٣}/يوم).

٢ – الترشيح من حفر الصرف (البيارات) Exfiltration from cesspools:

تستخدم البيارات للتّخلّص من مياه الصّرف في ظل غياب شبكات الصرف الصحي . وتغذّي بذلك التّربة والمنطقة المحيطة بها ، وجزء منها يتم نقله بواسطة الوايتات إلى المرمى في الأودية شرق المدينة (توجد







شكل رقم (5) : خريطة توضح نطاقات
معدل خطورة ارتفاع منسوب المياه الجوفية في مدينة جدة
عام 1419 و 1423 هـ

حالياً بحيرة مكونه من مياه الصرف تصل سعتها حوالي ٢٠ مليون م^{٣} ، يتسرب مائها إلى باطن الأرض [٦]. وتقدر كمية مياه الصرف بحوالي ٨٥ % [٧] من استهلاك الماء الكلي , أي حوالي ٤٤٦٢٥٠ م^{٣} /يوم ، يتسرب منها خلال البيارات حوالي ٢٠ % ، أي حوالي ٨٩٢٥٠ م^{٣}/يوم.

٣ – شبكات الصرف الصحي Drainage network:

تغطي شبكات الصرف الصحي في مدينة جدة حوالي ٢٠% [٧] من المناطق السكنية. وتقوم محطات معالجة مياه الصرف بمعالجة حوالي ٣٢٠٠٠٠ م^{٣}/يومياً ، ومن ثم تصريفها إلى البحر .

٤ – التغذية من الأمطار Recharge from rainfall:

يعتبر موسم سقوط الأمطار في مدينة جدة بين شهري نوفمبر وإبريل . وتبلغ القيمة العظمى للمعدل الشهري ١٥مم (من محطة J134) و ٣٩مم (من محطة ٤١٠٢٤). ويبلغ المعدّل السّنويّ العامّ للمطر في مدينة جدة حوالي ٥٠ ملّيمتر / سنة في الشّمال وفي الجنوب ٦٥ ملّيمتر / سنة ، ويصل إلى ٧٠ ملّيمتر على الحدود الشّرقيّة للحوض [٢] . ويبلغ متوسط الحجم السّنويّ المتوسّط لمعدّل سقوط الأمطار على جدة حوالي ١،٢٧٥،٠٠٠م^{٣} [٧]. جزء بسيط منه ينساب الى داخل الارض بسبب الكثافة السكانية والطرق الاسفلتيه في المدينة. ومن خلال عمل مقارنة لمستويات المياه الجوفية في الجزء الشمالي من المدينة قبل وبعد موسم الأمطار (ما بين عام ١٩٩٨ و ١٩٩٩م) وجد أن التذبذب في المنطقة حوالي ±٠,١٦م ، وبمتوسط ارتفاع سنوي ٠,٣٧م [٢] .

٥ – الإفراط في الري Excess landscape irrigation:

تقدر المساحة الخضراء في مدينة جدة بحوالي ٩٣٠٠٠٠٠ م^{٢} تستهلك ما مقداره حوالي ٢٦٣٠٠ م^{٣}/يوم ، وعادة ما يتسرب جزء كبير من هذه المياه إلى داخل الأرض لاسيما وان الري يتم ليلاً حيث يكون التبخر منخفضاً.

٦ – التسرب من خزانات مياه الشرب الأرضية leakage from underground storage tanks:

عادة ما يتم استخدام خزانات خرسانية تعتبر غير كافية للاحتفاظ بالمياه ، وعادة ما تحتوي على تشققات تسرب المياه منها. وفي إحدى الدراسات على مدينة الرياض تم تقدير منسوب المياه المرتفع بسبب تسرب مياه الشرب من المواسير الرئيسية وخزانات التخزين تحت الأرض بحوالي ٣مم/يوم [٨] .

٧ – التصريف من الأودية الشرقية subsurface inflow from the eastern wadis:

من خلال الخرائط الطبوغرافية والصور الحديثة للأقمار الصناعية تم رسم الحوض المائي لمدينة جدة وتحديد اتجاهات سريان الأودية داخل حوض مياه جدة والتي تصرف مائها نحو المدينة لاسيما في فترات سقوط الأمطار إلى جانب كمية مياه الصرف التي يتم إلقائها في أحد الأودية شرق الحوض والتي تقدر بحوالي ٣٣٠٠٠ م^{٣}/يومياً [٧] .

٨ – التأثيرات الهيدروجيولوجية Hydrogeological influence:

تلعب الخصائص الهيدروجيولوجية دور مهم في زيادة منسوب المياه الجوفية . حيث تعتبر وجود طبقات من الطين خصوصاً في المناطق الجنوبية والشمالية من جدة عوائق تمنع حدوث تسربات عميقة وتكون مياه ضحلة تساعد في رفع منسوب المياه الجوفية . كذلك الامر بالنسبة للصخور الكربونيه في المناطق الغربية من المدينة.

التوصيات:

- عمل شبكات مختلفة مثل شبكات الصرف الصحي (وإلغاء حفر البيارات) وشبكات تصريف مياه الأمطار والسيول وعمل صيانة دوريه لها . ، وعلى ان يتم تطويرها لتستوعب الزيادة المتوقعة في كميات الصرف الصحي.
- نقل موقع بحيرة الصرف الصحي الحالي (وغيرها من مرامي النفايات) الى مواقع اخرى خارج الحوض المائي لمدينة جدة ، مع الأخذ في عين الإعتبار توفير محطات المعالجة اللأزمة والتي تستوعب كمية الصرف الصحي وابار مراقبة لمنع التسربات منها.
- إصلاح ومراقبة التسربات من الشبكات وخزانات المياه المختلفة.
- عمل شبكة من الآبار موزعة داخل مدينة جدة مزودة بمضخات لسحب المياه وتخفيض المنسوب إلى المستويات المطلوبة – تعمل بشكل أوتوماتيكيا.
- وقف اعمال الري العشوائي للمزروعات في الحدائق والطرق ومراقبة نوعية المياه فيها.
- نشر الوعي بمخاطر الملوثات المختلفة والترشيد في استهلاك المياه بين السكان.

المراجع :

[١] Committee of sewage water projects in Jeddah city, Saudi Arabia, 1416H.

[٢]Basamed, A. S., 2001. Hydrochemical study and bacteriological effect on groundwater in the northern part of Jeddah district. M.Sc. Thesis, Faculty of Earth Sciences, King Abdul Aziz University, Jeddah, Saudi Arabia.

[٣] Shorbaji, H., 1997. General Analysis for Jeddah Water Basin: Deputy Ministry for Mineral Resources, Bureau de Rech. Geol. et Min. (BRGM), Jeddah, Saudi Arabia, In Press.

[٤] Abu-Rizaiza, O. S., 1416 H. Groundwater rise problem in North Jeddah, Final Rep., (in Arabic) Water and Sanitary Drainage Department of Makkah Province, 2 vol.

[٥] Abu-Rizaiza, O. S., 1417 H. Groundwater rise problem in South Jeddah, Final Rep., (in Arabic) Water and Sanitary Drainage Department of Makkah Province.

[٦] Jeddah municipality. 2002. Groundwater rise problem in Jeddah district. Rep., (in Arabic).

[٧] Bayumi, T.H., Alyamani, M.S., Subyani, A.M., Aldakheel, A. M. and Alahmadi, M. E., 2000. Final report of Analytical study of flood problems and groundwater rise in the Jeddah district. Pro. No.: 606/418 KAU., Jeddah, Saudi Arabia.

[٨] Rushton, K. R., and Al-Othman, A. a. R., 1994. Control of rising groundwater levels in Riyadh, Saudi Arabia. In: Wilkinson, W. B. (Ed.) Proceedings of groundwater problems in urban areas int. conference, Institute of Civil Engineers, London: 299-309.

استعمال المياه المعبأة في مقر السكن والعمل بمدينة الرياض

د. وليـــد بن محـــمد زاهـــد

قسم الهندسة المدنية – كلية الهندسة – جامعة الملك سعود – ص.ب ٨٠٠ – الرياض ١١٤٢١

ملخص البحث: من الملاحظ أن هناك نمو في استهلاك المياه المعبأة بالمملكة العربية السعودية، فقد ازداد عدد مصانع مياه الشرب المعبأة خلال خمس سنوات بنسبة ١٧٠% من ١٥ مصنع في عام ١٩٩٤م إلى ٤١ مصنع في عام ١٩٩٩م. ولكن لا توجد حالياً إحصاءات أو دراسات عن مدى استعمال سكان المملكة أو مدنها للمياه المعبأة في أماكن السكن والعمل ودواعي الاستعمال. يهدف هذا البحث إلى دراسة أنماط استعمال سكان مدينة الرياض للمياه المعبأة في المنزل وأماكن العمل للأغراض المختلفة وأسباب الاستعمال ومدى تأثره بمستوى الدخل، والتعرف على مرئيات المستهلكين عن جودة المياه المعبأة. تضمن البحث إعداد استبيان لتحقيق هذه الأهداف، وتحليل معلومات الاستبيانات التي تم تجميعها من حوالي ٦٠ حي سكني بمدينة الرياض في عام ١٤٢٢هـ.

بينت النتائج أن غالبية من شملهم البحث، بنسب تراوحت بين ٧٠% إلى ٩٠% حسب نوعية الاستعمال، تستعمل المياه المعبأة بشكل مستمر أو متقطع في أماكن السكن والعمل لأغراض الشرب والطبخ. كما بينت النتائج أن نسبة كبيرة ممن يستعملون المياه المعبأة تستعملها باستمرار، وأن هذه النسبة كانت أعلى في فئات الدخل المرتفعة مقارنة بفئات الدخل الأقل. ومن المؤسف أن جودة وخدمة المياه البلدية باتت موضع شك حينما تبين أن التخوف من وجود ملوثات ومصادفة طعم أو رائحة في المياه البلدية وعدم توفر المياه البلدية بانتظام كانت من أهم دوافع استعمال المياه المعبأة في المنزل والعمل. على الرغم من ذلك فان حوالي اثنين من كل خمسة ممن شملهم الاستبيان صادفوا شوائب أو طعم غير مقبول في المياه المعبأة مرة واحدة على الأقل خلال فترة استعمالهم لها.

المفاتيح: المياه المعبأة – أنماط استعمال المياه المعبأة – أسباب استعمال المياه المعبأة – جودة المياه المعبأة

١- مقدمة

تُعرّف جمعية مياه الشرب المعبأة العالمية [١] مياه الشرب المعبأة بأنها أي مياه صالحة للاستهلاك الآدمي توضع في عبوات محكمة الغلق ولا تحتوي على مواد مضافة ماعدا الفلورايد والمواد المُطهرة أو المُعقمة والتي يمكن إضافتها بكميات محددة وآمنة. وعادة ما يستعمل الناس المياه المعبأة لأنهم يفضلون طعمها ورائحتها أو لسهولة تناولها والحصول عليها أو لعدم قناعتهم بسلامة المياه البلدية وتأثرهم بالوسائل الدعائية والتسويقية التي تقوم بها بعض الجهات المنتجة للمياه المعبأة وذلك طبقاً لدراسة أجريت في الولايات المتحدة الأمريكية [٢]. كما أشارت الدراسة إلى أن حوالي نصف الشعب الأمريكي يشرب المياه المعبأة، ٣٣% منهم يشربها بانتظام. ولكن الدراسة كشفت أن المياه المعبأة ليست بالضرورة أكثر نقاوة أو أمنا من المياه البلدية، فحوالي ثلث الأصناف التي تم فحصها احتوت مياه عبوة واحدة منها على الأقل ملوثات بمستويات أعلى من المسموح به في مواصفات مياه الشرب المعبأة. وفي دراسة أخرى شملت أكثر من ٢٨٠٠ شخص في ١٤ مدينة أمريكية أجريت في بداية عام ٢٠٠٠م [٣]، عزى ٦٥% من الأفراد طعم المياه المعبأة و ٥٥% السهولة في الحصول عليها كأسباب رئيسة في إقبالهم على شرب المياه المعبأة، بينما أشار أكثر من ٣٣% إلى أن ثقتهم في معالجة المياه المعبأة ومصدرها من الأسباب التي تدفعهم إلى شرب المياه المعبأة. وقد أشارت الإحصاءات أن متوسط الاستهلاك السنوي للمواطن الأمريكي من المياه المعبأة ازداد من حوالي ٢٤ لتر في عام ١٩٨٨م إلى ما يزيد على ٥٠ لتر في عام ١٩٩٨م [٤].

وفي المملكة العربية السعودية ازداد عدد مصانع مياه الشرب المعبأة خلال خمس سنوات بنسبة ١٧٠% من ١٥ مصنع في عام ١٩٩٤م إلى ٤١ مصنع في عام ١٩٩٩م بطاقة إنتاجية تقدر بحوالي ٣٤٧٨ مليون لتر في السنة [٥]، كما توجد في الأسواق عدة أصناف مستوردة. وتتوفر المياه المعبأة في عبوات بلاستيكية مختلفة الأحجام يعاد تعبئة بعضها كالعبوات الكبيرة الحجم (حوالي ١٩ لتر) وبعضها يستعمل لمرة واحدة وهذه تشمل العبوات الصغيرة الحجم في الغالب. وهناك عدد من الدراسات والأبحاث عن جودة المياه المعبأة المنتجة في المملكة والمستوردة [٦، ٧، ٨]، ولكن لا توجد حالياً إحصاءات أو دراسات عن مدى استعمال سكان المملكة أو مدنها للمياه المعبأة ودواعي الاستعمال وعن معدلات الاستهلاك.

تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على أنماط استعمال سكان مدينة الرياض للمياه المعبأة في المنزل والعمل للأغراض المختلفة كالشرب والطبخ ودوافع هذا الاستعمال، وعلى مرئيات المستهلكين عن مظهر وطعم المياه المعبأة وذلك عن طريق إجراء مسح استبياني على عينة من سكان المدينة. كما تهدف الدراسة إلى دراسة العلاقة المحتملة بين مستوى الدخل والاستعمال الدائم للمياه المعبأة في الأغراض المختلفة.

٢- مادة الدراسة ومنهجيتها

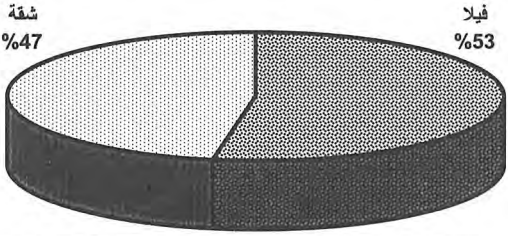
تم إعداد استبيان يتضمن أسئلة عن نوعية السكن، ومستوى الدخل، وأنماط استعمال المياه المعبأة في المنزل وأماكن العمل للأغراض المختلفة وأسباب الاستعمال، ومدى مصادفة وجود طعم غير مقبول أو شوائب في المياه المعبأة. ويبين جدول-١ محتوى الاستبيان الذي تم توزيع ما يزيد على ألف نسخة منه بشكل عشوائي في حوالي ٦٠ حي سكني بمدينة الرياض، مثلت أحياء ذات مستويات معيشة متفاوتة وتغطي جغرافياً مناطق وسط وشمال وجنوب وشرق وغرب الرياض، وذلك خلال النصف الأول لعام ١٤٢٢ هـ. وقد تراوح معدل عدد الاستبيانات الموزعة بين ١٠ إلى ٢٥ استبيان للحي حسب حجم الأحياء السكنية من حيث عدد السكان والمساكن.

جدول-١: استبيان – استعمال مياه الشرب المعبأة بمدينة الرياض

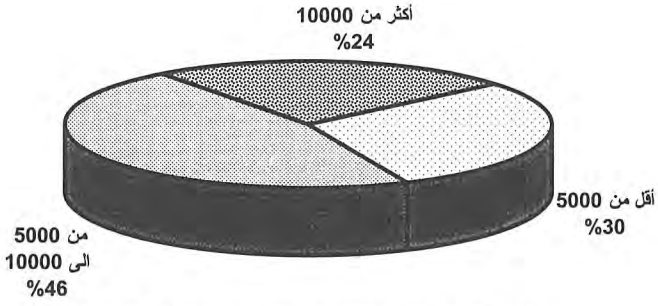
• اسم الحي الذي تسكنه:
• نوعية السكن: ف فيلا ف شقة
• مستوى الدخل الشهري (ريال سعودي): ف أقل من ٥٠٠٠ ف من ٥٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠ ف أكثر من ١٠٠٠٠
• هل تستعمل مياه الشرب المعبأة في المنزل حالياً: - لأغراض الشرب: ف لا ف أحياناً ف باستمرار (بانتظام) - للطبخ : ف لا ف أحياناً ف باستمرار (بانتظام)
• إذا كانت إجابتك للسؤال السابق بـــ "أحياناً" أو "باستمرار"، فما سبب استعمالك للمياه المعبأة (يمكنك اختيار أكثر من إجابة): ف وجود طعم أو رائحة لمياه الشبكة العامة (مياه البلدية) ف تخوفك من وجود ملوثات في مياه الشبكة ف عدم توفر مياه الشبكة بانتظام ف معرفتك/اعتقادك بعدم نظافة خزانات المياه في المنزل ف سهولة الحصول على المياه المعبأة
• هل تستعمل مياه الشرب المعبأة في مقر عملك (المكتب) حالياً: - للشرب: ف لا ف أحياناً ف باستمرار (بانتظام) - لعمل الشاي والقهوة : ف لا ف أحياناً ف باستمرار (بانتظام)
• إذا كانت إجابتك للسؤال السابق بـــ "أحياناً" أو "باستمرار"، فما سبب استعمالك للمياه المعبأة (يمكنك اختيار أكثر من إجابة): ف وجود طعم أو رائحة لمياه الشبكة العامة (مياه البلدية) ف تخوفك من وجود ملوثات في مياه الشبكة ف عدم توفر مياه الشبكة بانتظام ف معرفتك/اعتقادك بعدم نظافة خزانات المياه في مقر العمل ف سهولة الحصول على المياه المعبأة
• هل صادفت من خلال استعمالك للمياه المعبأة وجود مواد عالقة أو شوائب أو طعم غير مقبول (اذكر عدد مرات التكرار): ف ولا مرة ف مرة واحدة ف مرتان ف أكثر من مرتين

٣- النتائج والمناقشة

تم استيفاء ٥٤٢ استبيان أو ما يعادل حوالي ٥٢% من عدد الاستبيانات الموزعة، وتم استبعاد ٢٠ استبيان لعدم اكتمال أو وضوح المعلومات المطلوبة. كما تفاوت عدد الاستبيانات المستلمة من الأحياء المختلفة بين ٣ إلى ٢٠ استبيان للحي نظراً لتفاوت الاهتمام والتجاوب تجاه الدراسة علاوة على اختلاف عدد الاستبيانات الموزعة من حي إلى أخر كما أشير إلى ذلك سابقاً. ويبين شكل ١ أن حوالي ٥٣% ممن شملهم المسح يسكنون الفلل و٤٧% منهم يقطنون في شقق. كما يبين شكل ٢ أن ٣٠% منهم يقل دخلهم الشهري عن ٥٠٠٠ ريال، و ٤٦% يتراوح دخلهم بين ٥٠٠٠ و ١٠٠٠٠ ريال، و ٢٤% يزيد دخلهم على ١٠٠٠٠ ريال.



شكل-1: توزيع الذين شملهم المسح حسب نوعية السكن



شكل-2: توزيع الذين شملهم المسح حسب مستوى الدخل الشهري

٣،١ استعمال المياه المعبأة في المترل وأسبابه

تبين الأشكال ٣ و ٤ النسب المئوية لأنماط الاعتماد على المياه المعبأة لأغراض الشرب والطبخ في المترل على الترتيب. وكما هو واضح من شكل ٣ فان ٦٤% و ٢٤% ممن شملهم المسح يستعمل المياه المعبأة بشكل دائم (أو مستمر) وبشكل غير منتظم على التوالي لأغراض الشرب بما في ذلك عمل الشاي والقهوة، بينما تعتمد النسبة المتبقية (١٢%) على المياه البلدية. وبالتالي فان حوالي ثلاثة ارباع (٧٣%) الذين يستعملون المياه المعبأة في المترل لأغراض الشرب يعتمدوا عليها بشكل دائم. أما فيما يتعلق بالاستعمال لأغراض الطبخ فنلاحظ من شكل ٤ أن ٣٩% يستعمل المياه المعبأة بشكل مستمر، و ٣٤% يستعملها بشكل غير منتظم، بينما يعتمد ٢٧% على المياه البلدية. وذلك يدل أن أكثر من نصف (٥٣%) المستعملين للمياه المعبأة لأغراض الطبخ يعتمد عليها بشكل دائم. وبشكل عام فان ٨٨% من المستهلكين يستعمل المياه المعبأة في المترل لأغراض الشرب، و ٧٣% يستعملها لأغراض الطبخ.

ويبين شكل-٥ التوزيع النسبي لأسباب استعمال المياه المعبأة في المترل لأغراض الشرب والطبخ. ويلاحظ أن تخوف المستهلك من وجود ملوثات وتغير طعم أو رائحة مياه الشبكة كانت من أكثر الأسباب ذكراً حيث أنها مثلت، على التوالي، ٤٢% و ٢٣% من مجموع الأسباب. ويأتي انقطاع المياه البلدية في المرتبة الثالثة للأسباب (١٦%)، ويلي ذلك معرفة أو اعتقاد المستهلك بعدم نظافة الخزانات المترلية (١٤%)، ومن ثم سهولة الحصول على المياه المعبأة (٥%). وبالتالي فانه يمكن اعتبار انخفاض الثقة في جودة مياه الشبكة (ممثلة في وجود طعم أو رائحة في مياه الشبكة والتخوف من وجود ملوثات في المياه) وفي توفر خدمة المياه (ممثلة في عدم توفر المياه البلدية بانتظام) السبب الرئيس لاستعمال المياه المعبأة لأغراض الشرب والطبخ في المترل حيث أنها شكلت ما نسبته ٨١% من أسباب الاستعمال.

من المعروف أن مياه الشبكات قد تتغير بعض خصائصها نتيجة المواد التي تتعرض لها أو تنتقل إليها من البيئة المحيطة من خزانات وأنابيب قبل أن تصل إلى صنبور المستهلك بينما تكون احتمالية تلوث المياه المعبأة ضئيلة لأنها توضع في عبوات محكمة الغلق. ففي دراسة أجريت بمدينة الرياض [٩] لقياس تركيزات بعض العناصر المعدنية الثقيلة في ٣٢٠ عينة ماء من داخل المنازل تبين أن ٣٤% من العينات تجاوز تركيز الحديد فيها الحدود المسموح بها بالمواصفات السعودية لمياه الشرب مقارنة بـــ ٢٣% في حالة النحاس و ٣% في حالة الرصاص، بينما لم يتجاوز أي من العينات المواصفات المحددة للكروم والزنك والكادميوم. وقد أشارت الدراسة أن تآكل الأنابيب في الشبكات العامة والشبكات المترلية يعد المصدر الرئيس لبعض المعادن في مياه الشرب بمدينة الرياض. وفي دراسة أخري أجريت لتقييم جودة مياه شبكة مياه مدينة الرياض [١٠]، بينت نتائج قياسات عدد محدد من المعايير الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لعينات ماء أخذت من ٢٨ موقع في الشبكة أن مياه الشبكة ذات جودة عالية ومطابقة للمواصفات السعودية فيما عدا تجاوز تركيز الحديد في عينات موقعين فقط التركيز الأقصى المسموح به.

٣،١،١ علاقة استعمال المياه المعبأة في المترل بمستوى الدخل

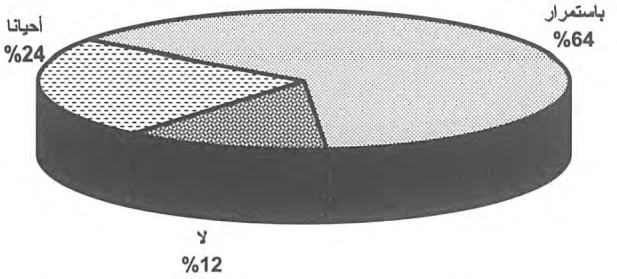
لمعرفة ما إذا كان مستوى الدخل يؤثر في الاعتماد على المياه المعبأة، فقد تم حساب نسبة المستخدمين للمياه المعبأة بانتظام لكل فئة من مستويات الدخل كما هو موضح في شكل-٦. ويمكن ملاحظة أن نسبة مستخدمي المياه المعبأة لأغراض الشرب أو الطبخ تزداد بارتفاع مستوى الدخل. فحوالي ٥٥% من ذي الدخل "أقل من ٥٠٠٠ ريال" يستعمل المياه المعبأة دوما

لأغراض الشرب، بينما بلغت النسبة ٦٦% لمستوى الدخل "بين ٥٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠ريال" و ٧١% لمستوى الدخل "أكثر من ١٠٠٠٠ ريال". وبالنسبة لأغراض الطبخ فقد بلغت نسبة المستخدمين بشكل دائم ٣٥% و ٣٩% و ٤٤% لنفس مستويات الدخل السابقة على الترتيب.

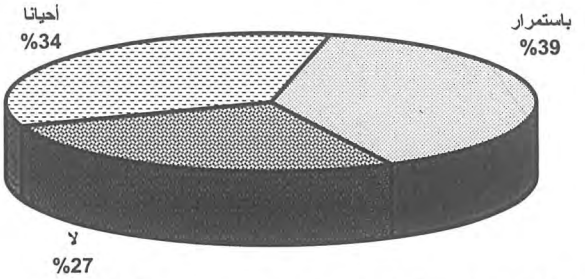
٣،٢ استعمال المياه المعبأة في أماكن العمل وأسبابه

يتبين من النتائج الموضحة في شكل-٧ أن ٩١% ممن شملهم المسح يستعمل المياه المعبأة كماء شرب في مقر العمل، في حين أن ٩% يستعمل المياه البلدية. حوالي ثلاث أرباع (٧٦%) الذين يستعملوا المياه المعبأة للشرب يعتمدوا عليها بشكل دائم. أما بالنسبة لعمل الشاي والقهوة، كما هو موضح في شكل-٨، فحوالي ٨١% ممن شملهم البحث يستعمل المياه المعبأة، ٦٠% منهم يستعملها بشكل دائم. ويعتمد ١٩% ممن شملهم المسح على المياه البلدية.

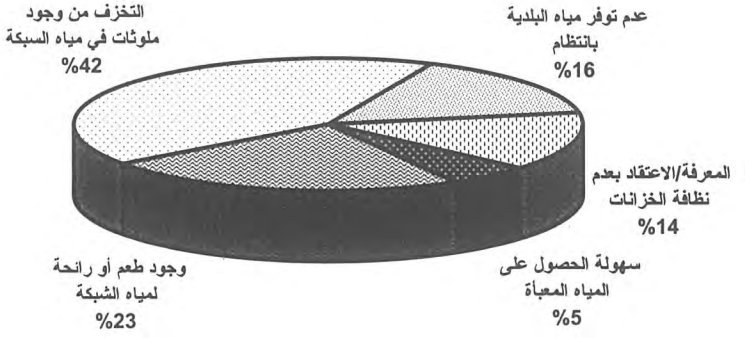
ويوضح شكل-٩ التوزيع النسبي لأسباب هذا الاعتماد الكبير على المياه المعبأة في مقر العمل. ويعد التخوف من وجود ملوثات في الشبكة من أكثر الأسباب أهمية حيث أنه مثل ٣٢% من مجموع الأسباب، ومن ثم المعرفة أو الاعتقاد بعدم نظافة



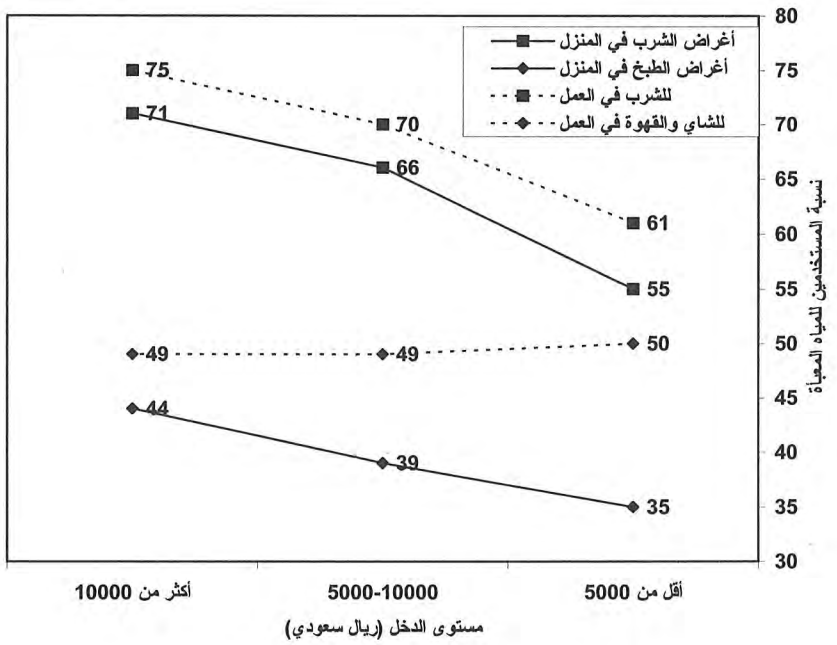
شكل-3: النسب المئوية لأنماط استعمال مياه الشرب المعبأة لأغراض الشرب في المنزل



شكل-4: النسب المئوية لأنماط استعمال مياه الشرب المعبأة لأغراض الطبخ في المنزل



شكل-5: التوزيع النسبي لأسباب استعمال مياه الشرب المعبأة في المنزل



شكل-6: علاقة نسبة مستعملي المياه المعبأة بشكل دائم بمستوى الدخل

خزانات المياه في العمل بنسبة ٢٥%، ويليهما مصادفة طعم أو رائحة في المياه البلدية بنسبة ١٦%. أما سهولة الحصول على المياه المعبأة وعدم توفر مياه الشبكة بانتظام فاحتلتا المرتبة الرابعة والخامسة من حيث الأهمية بنسبة تكرار ١٥% و ١٢% على التوالي. ويلاحظ هنا أن انخفاض الثقة في جودة المياه البلدية وتوفر الخدمة تشكل نسبة ٦٠% من أسباب استعمال المياه المعبأة في العمل، في حين أنها شكلت ٨١% بالنسبة للاستعمال في المترل. ويعد تخوف المستهلك من وجود ملوثات في المياه البلدية ووجود رائحة أو طعم في المياه وكذلك معرفته أو اعتقاده بعدم نظافة خزانات المياه والتي تشكل في مجموعها نسبة ٧٣% و ٧٩% من أسباب استعمال المياه المعبأة في العمل والمترل على الترتيب، دلالة غير مباشرة على إدراك المستهلك ووعيه بأهمية سلامة مياه الشرب وخلوها من الملوثات الضارة بالصحة.

٣،٢،١ علاقة استعمال المياه المعبأة في العمل بمستوى الدخل

يبين شكل-٦ علاقة الاستعمال الدائم للمياه المعبأة للشرب ولعمل الشاي والقهوة في مقر العمل بمستوى الدخل. في ضوء هذه النتائج يتضح أن نسبة مستخدمي المياه لغرض الشرب تزداد بارتفاع مستوى الدخل. ٦١% من فئة الدخل الأولى (أقل من ٥٠٠٠ ريال)، و ٧٠% من فئة الدخل الثانية (ما بين ٥٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠ ريال)، و ٧٥% من فئة الدخل الثالثة (أكثر من ١٠٠٠٠ ريال) يستخدمون المياه لغرض الشرب. في حين أن نسبة مستخدمي المياه لعمل الشاي والقهوة لا تتأثر بمستوى الدخل حيث تراوحت النسبة ما بين ٤٩% إلى ٥٠% لفئات الدخل المختلفة. ومن المحتمل أن يكون وجود عامل مسئول عن توفير الشاي والقهوة في معظم أماكن العمل السبب وراء عدم تأثر عدد المستخدمين للمياه المعبأة لهذا الغرض بمستوى الدخل.

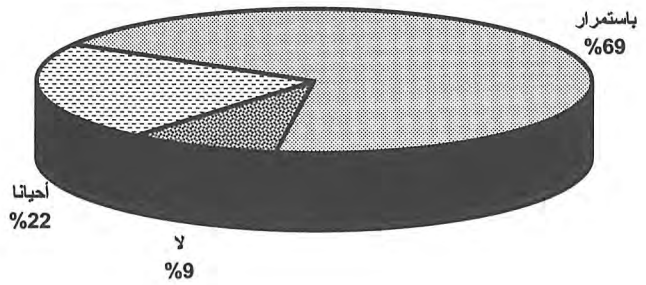
٣،٣ مرئيات المستهلكين حول جودة المياه المعبأة

بينت النتائج الموضحة في شكل-١٠ أن ٦٣% ممن شملهم المسح لم يلاحظ وجود شوائب أو طعم غريب في المياه المعبأة خلال فترة استعمالهم لها، في حين أن ١٦%، و٧%، و١٤% منهم لاحظ وجود ذلك مرة واحدة ومرتين وأكثر من مرتين على التوالي. ويدل ذلك على أن حوالي ثلاثة من كل خمسة مستهلكين لديهم انطباع جيد عن جودة المياه المعبأة حيث أنهم لم يصادفوا وجود عوالق أو رائحة في المياه المعبأة. هذه الملاحظات تعكس نتائج بعض الدراسات والأبحاث ذات العلاقة. فقد اهتمت دراسة حديثة أجريت بالمملكة العربية السعودية بقياس ١٤ معيار من معايير الجودة الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لمياه عدد من أصناف المياه المعبأة المنتجة محليا والمستوردة [٨]، وأوضحت القياسات مطابقة مستويات المعايير لمواصفات مياه الشرب المعبأة الصادرة عن عدد من الهيئات المحلية والدولية فيما عدا ثلاثة معايير في بعض الأصناف. وفي دراسة أخرى أجريت في دولة الكويت [١١]، تم فحص عدد من أصناف المياه المعبأة معظمها منتج في دول الخليج العربي ومقارنة جودتها بجودة المياه البلدية بالكويت. بينت الدراسة أن تركيز بعض المعادن في بعض الأصناف أعلى من تركيزها في المياه البلدية على الرغم من مطابقة جودة جميع الأصناف لإرشادات منظمة الصحة العالمية الخاصة بمياه الشرب غير المعبأة.

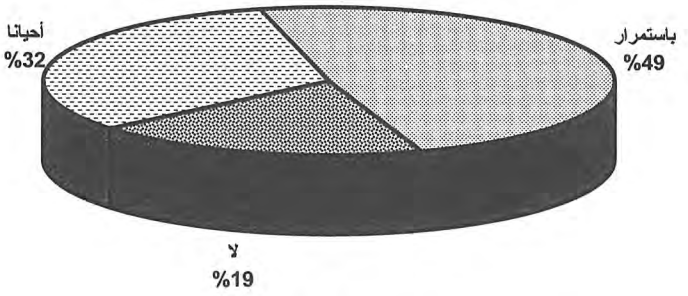
٤- الخلاصة والاستنتاجات

تضمن البحث تحليل معلومات ٥٤٢ استبيان تم تجميعها من حوالي ٦٠ حي سكني بمدينة الرياض خلال النصف الأول من عام ١٤٢٢هـ بغرض دراسة أنماط استعمال سكان المدينة للمياه المعبأة في أماكن السكن والعمل للأغراض المختلفة وأسباب هذا الاستعمال. بينت النتائج أن نسبة كبيرة من شملهم البحث تراوحت بين ٧٣% إلى ٩١% تستعمل المياه المعبأة في أماكن السكن والعمل لأغراض الشرب والطبخ، كما أن نسبة كبيرة ممن يستعملون المياه المعبأة تراوحت بين ٥٣% إلى ٧٦% تستعملها بشكل دائم أو مستمر. ويمكن تلخيص أهم الاستنتاجات فيما يلي:

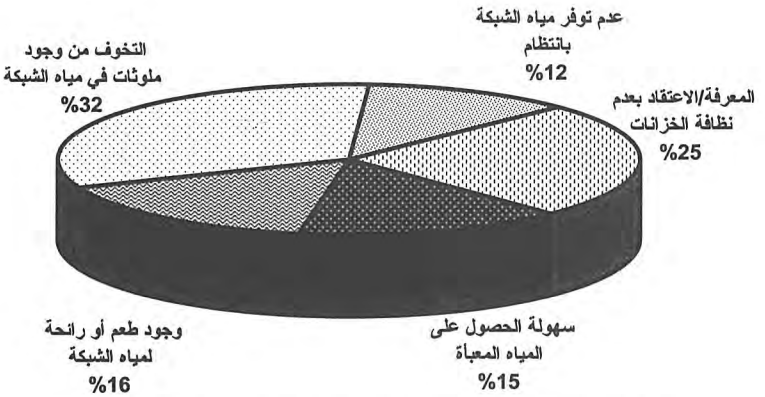
- ٨٨% و ٧٣% ممن شملهم المسح يستعمل المياه المعبأة في المنزل لأغراض الشرب والطبخ على الترتيب، بينما تعتمد النسبة المتبقية على المياه البلدية. ٧٣% و ٥٣% ممن يستعملوا المياه المعبأة يعتمدوا دائماً عليها لنفس الأغراض السابقة على الترتيب.



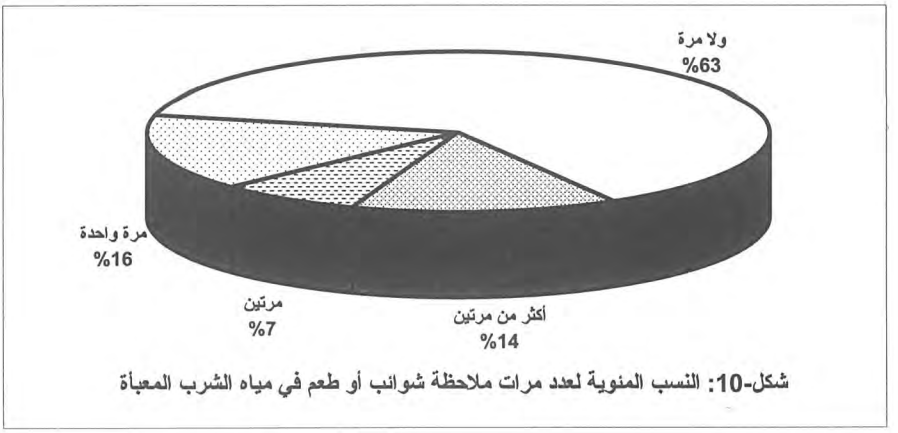
شكل-7: النسب المئوية لأنماط استعمال مياه الشرب المعبأة لأغراض الشرب في العمل



شكل-8: النسب المئوية لأنماط استعمال مياه الشرب المعبأة للشاي والقهوة في العمل



شكل-9: التوزيع النسبي لأسباب استعمال مياه الشرب المعبأة في العمل



شكل-10: النسب المئوية لعدد مرات ملاحظة شوائب أو طعم في مياه الشرب المعبأة

- ٩١% و ٨١% ممن شملهم المسح يستعمل المياه المعبأة لغرض الشرب ولعمل الشاي والقهوة في مقر العمل على التوالي. ٧٦% و ٦٠% من الذين يستعملوا المياه المعبأة في العمل للشرب ولعمل الشاي والقهوة على التوالي يعتمدوا عليها بشكل دائم.

- يعد انخفاض الثقة في جودة المياه البلدية (ممثلة في التخوف من وجود ملوثات ومصادفة طعم أو رائحة في المياه البلدية) وكذلك انخفاض الثقة في خدمة المياه (ممثلة في عدم توفر المياه بانتظام) من أهم أسباب استعمال المياه المعبأة في المنزل حيث أنها شكلت ٦٥% و ١٦% من مجموع الأسباب على الترتيب، أو ما مجموعه ٨١%. أما بالنسبة إلى الاستعمال في مقر العمل، فان عدم الثقة في جودة المياه البلدية والمعرفة أو الاعتقاد بعدم نظافة خزانات المياه كانت أكثر الأسباب تكراراً حيث أنها شكلت ٤٨% و ٢٥% من مجموع الأسباب على التوالي، أو ما مجموعه ٧٣%. على الرغم من ذلك فان حوالي اثنين من كل خمسة ممن شملهم الاستبيان صادفوا وجود شوائب أو طعم في المياه المعبأة مرة واحدة على الأقل خلال فترة استعمالهم لها.

- وجود علاقة طردية بين مستوى الدخل ونسبة مستخدمي المياه المعبأة بشكل منتظم لغرض الشرب في أماكن العمل ولأغراض الشرب والطبخ في المنزل، بينما لم تتأثر نسبة مستخدمي المياه المعبأة لعمل الشاي والقهوة في العمل بمستوى الدخل.

المراجع

[١] International Bottled Water Association, 2000, "The IBWA model code", www.bottledwater.org/public/indreg.html.

[٢] U.S. Natural Resources Defense Council, 1999, "Bottled water: pure drink or pure hype", A report to the Food and Drug Administration, www.nrdc.org/nrdcpro/bw/bwintx.htm.

[٣] International Bottled Water Association, 2000, "U.S. bottled water market: per capita consumption by region", www.bottledwater.org/public/percapita.html.

[٤] Yankelovich Partners, 2001, "Survey: America's poor drinking habits contradict knowledge of health risks", www.bottledwater.org/public/InfoForRepNatFactSheettest.html.

[٥] إدارة الإحصاء الصناعي، وزارة الصناعة والكهرباء ، ١٩٩٨م، دليل المصانع السعودية – الجزء الأول، مرامر للنشر، الرياض، المملكة العربية السعودية.

[٦] Alabdula'aly, A. I. And Khan, M. A., 1995, "Microbiological quality of bottled water in Saudi Arabia", *J. Environ. Sci. Health.* A30(10):2229-2241.

[٧] Alabdula'aly, A. I. And Khan, M. A., 1999, "Chemical composition of bottled water in Saudi Arabia", *Environmental Monitoring and Assessment,* 54:173-189.

[٨] زاهد، و. م.، ١٤٢٣ هـ، جودة مياه الشرب المعبأة المحلية والمستوردة بالمملكة العربية السعودية، قبلت للنشر في مجلة جامعة الملك عبد العزيز – العلوم الهندسية.

[٩] Al-Rehaili, A., and Misbahudin, M., 1995, Levels of trace metals in Riyadh drinking water at consumer taps, *J. King Saud Univ.* Vol. 7, *Eng. Sci.*, (1), pp. 1-23.

[١٠] الرميح، د. س.، ١٤١٨هـ، جودة مياه الشرب في شبكة مياه مدينة الرياض، مشروع لنيل درجة بكالوريوس العلوم في الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود

[١١] Al-Fraij, K. M., Abd-Elaleem, M. K., and Ajmy, H., 1999, Comparative study of potable and bottled mineral water available in the state of Kuwait, *Proceedings of the 4th Gulf Water Conference*, Bahrain, pp. 823-840.

إدارة الموارد المائية في دول مجلس التعاون:

الاحتياجات والاستراتيجيات

الدكتور إبراهيم محمد الفقي

إدارة الموارد المائية في دول مجلس التعاون:الاحتياجات والاستراتيجيات

إعداد

د. إبراهيم بن محمد علي الفقي

أستاذ الجغرافيا السياسية المساعد

معهد الدراسات الدبلوماسية-وزارة الخارجية

ص.ب.٧٥٠٣٥

الرياض ١١٥٧٨

ملخص الدراسة

أدى ظهور النفط والبدء في تنفيذ خطط تنموية طموحة، إلى استنزاف الموارد المائية التقليدية في دول مجلس التعاون. مما دفع بهذه الدول، لتلبية احتياجاتها المائية المتنامية، إلى وضع حلول تهدف إلى توفير موارد مائية جديدة تواكب النمو الاقتصادي والاجتماعي في دول المجلس. ومن أمثلة تلك الموارد استغلال المياه الجوفية العميقة وإعذاب مياه البحر ، و إعادة استخدام مياه الصرف الصحي والصناعي والزراعي المعالجة. وعلى الرغم من أن تلك الموارد المائية غير التقليدية، لبّت جزءا من احتياجات دول مجلس التعاون من المياه في القطاعات المنزلية والصناعية والزراعية، إلا أن هذه الموارد تتصف بكمياتها المحدودة، وارتفاع تكاليف إنتاجها، وتعرضها للاستنزاف الجائر، نتيجة للخلل الواضح في التوازن ما بين حجم الموارد المائية والطلب عليها، والنمو السكاني، وارتفاع مستوى المعيشة، وازدياد معدلات التحضر ،مما أثر على جميع أوجه التنمية الاجتماعية والاقتصادية. أضف إلى ذلك تدفق الوافدين بأعداد كبيرة لتلبية متطلبات التنمية في القطاعات الاقتصادية المختلفة، وتبني معظم دول مجلس التعاون لسياسات سكانية تشجع النمو السكاني، وتشجيع بعض دوله للزراعة و توسع هذا القطاع على حساب موارد المياه المحدودة ، والتوسع العمراني، وازدياد متطلبات القطاع المنزلي للمياه بمعدلات كبيرة. وقد أدت تلك السياسات على موارد المياه من خلال ارتفاع معدلات الطلب على المياه التي تفوقت على معدلات تنمية الموارد المائية في دول مجلس التعاون ، وتفاقم العجز الغذائي ، والافتقار إلى سياسات وخطط مائية شاملة لتقييم وتطوير إدارة الموارد المائية، وضعف مؤسسات الإدارة المائية، وضعف التنسيق، و ضعف القدرات البشرية، وغياب إدارة مائية متكاملة للموارد المائية، وكذلك خطط وطنية تهدف- على المدى البعيد- إلى المحافظة على موارد المياه المحدودة لتلبية الاحتياجات المائية في القطاعات التنموية المختلفة في دول مجلس التعاون من أجل تنمية مستدامة، إلى ظهور الحاجة إلى تبني استراتيجيات مائية واضحة.

مفاتيح الكلمات : الموارد المائية –استراتيجيات –دول مجلس التعاون-استنزاف-معوقات

أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى:

١- تقييم الأوضاع الحالية للموارد المائية في دول مجلس التعاون وتحديد المعوقات التنظيمية والقانونية والاقتصادية والاجتماعية لادارة الموارد المائية المتاحة.

٢- تحديد المقومات الاستراتيجية للإدارة المائية المتكاملة في دول مجلس التعاون.

ويتم تحقيق ذلك من خلال التساؤلات التالية:

تساؤلات الدراسة

١-هل يؤدي تقييم الأوضاع الحالية و تحديد المعوقات التنظيمية والقانونية والاقتصادية والاجتماعية للموارد المائية إلى تحقيق مفهوم الإدارة المتكاملة للموارد المائية في دول مجلس التعاون؟

٢-هل يؤدي تحديد المقومات الاستراتيجية لادارة الموارد المائية المتكاملة في دول مجلس التعاون إلى تحقيق الاستخدام الأمثل لهذه الموارد؟

منهج الدراسة

تعتمد الدراسة على استخدام المنهج الاستقرائي التحليلي من خلال عدة أساليب مثل الأسلوب الوصفي لدراسة الموارد المائية في دول مجلس التعاون والأسلوب التحليلي المقارن للمقارنة بين احتياجات دول المجلس من المياه حاليا ومستقبلا بالإضافة إلى دراسة وتحليل المعوقات التنظيمية والقانونية والاقتصادية والاجتماعية وتحديد المقومات الاستراتيجية للإدارة المائية المتكاملة في دول مجلس التعاون

وتعتمد الدراسة على المصادر والمراجع المحلية منها والأجنبية كما تتناول الخاتمة بعض الملاحظات وأهم النتائج والتوصيات.

أولا: العوامل المؤدية الى زيادة استنزاف الموارد المائية

تحتاج موارد المياه إلى إدارة متكاملة ذات كفاءة عالية بهدف المحافظة على الموارد المائية ليس فقط لمواجهة الاحتياجات الحالية لهذه الموارد ، بل لتأمين الاحتياجات المستقبلية للمياه لأطول فترة ممكنة . وهناك عدد من العوامل التي تدفع بالكثير من الدول و المؤسسات الإقليمية و الوطنية إلى البحث عن أفضل السبل و الوسائل لادارة مواردها المائية ومن أهم هذه العوامل :

١- محدودية الموارد المائية وزيادة عدد السكان .

٢- التكلفة الاقتصادية للمياه .

٣- المحافظة على البيئة .

٤- التنمية الاجتماعية للسكان (التحضر) .

٥- السياسات الزراعية لدول مجلس التعاون .

وسوف يناقش الباحث كلا من هذه العوامل على حدة كما يلي:

١- محدودية الموارد المائية وزيادة عدد السكان

على الرغم من مساحة شبة الجزيرة العربية الشاسعة و البالغة نحو ٣،١١ مليون كم٢ ، إلا أن هذه المنطقة يغلب عليها المناخ الصحراوي الجاف وتفتقر الى الموارد المائية الضخمة مثل الأنهار مما يجعل اعتماد السكان، في الغالب، على موارد المياه الجوفية السطحية منها و العميقة و التي تمتاز بمحدودية كمية مياهها نظرا لتذبذب الأمطار من حيث الكمية و الفصلية والموقع ،بالإضافة إلى مياه محطات التحلية. يبلغ معدل النمو السكاني في دول مجلس التعاون زهاء ٧،٣% مما يعد من أعلى معدلات

النمو السكاني في العالم وهذا النمو يشكل ضغطا على الموارد المائية حيث أنه من المتوقع أن يصل الطلب على المياه إلى أكثر من ٣٥ مليار م٣ في عام ٢٠٢٠م في الوقت الذي تعاني هذه الدول حاليا من عجز مائي يصل إلى نحو ٧،١٥ مليار م٣. وهذا يعني زيادة الضغط على الموارد المائية المتاحة من خلال استنزاف المياه الجوفية والتوسع في بناء محطات التحلية وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي والزراعي والصناعي المعالجة(سعدي،٢٠٠٠)

٣-زيادة الاعتماد على محطات التحلية

شجعت عائدات النفط وأسعار الطاقة الرخيصة إلى زيادة الاعتماد على التوسع في إنشاء محطات التحلية لتصبح مصدر مياه رئيسي لمقابلة التوسع في استخدامات المياه وخاصة في القطاع المنزلي،ولقد أدت هذه العوامل مع محدودية الموارد المائية الطبيعية، إلى زيادة الاعتماد على محطات التحلية.بل ومن المتوقع أن يزداد هذا الاعتماد مستقبلا مع زيادة الاستثمار في تقنية محطات التحلية خاصة وان محطات التحلية تعد الوسيلة الأسرع لمواجهة الطلب المتزايد على المياه في دول مجلس التعاون، وتعد محطات التحلية من المنشآت ذات التكلفة العالية سواء من حيث القيمة أو تكاليف الإنشاء أو الصيانة. ومن المتوقع أن تزيد هذه التكلفة في المستقبل لعدة أسباب منها زيادة تكاليف الإنشاء والصيانة وقطع الغيار و إنشاء شبكات النقل والتوزيع

٤-التنمية الاجتماعية للسكان (التحضر في دول مجلس التعاون)

من العوامل التي أدت إلى تفاقم مشكلة المياه ، معدلات النمو السكاني المرتفع في دول مجلس التعاون والذي يفوق معدلات النمو السكاني العالمي واتجاه معظم سكان دول المجلس نحو سكنى المدن التي تحولت وظائفها من مناطق لتجمع السكان وممارسة أنشطة اجتماعية إلى مدن ذات وظائف اقتصادية ،تحولت أنشطتها نحو التنمية الاقتصادية والصناعية والخدمية،عوامل أدت إلى تفاقم مشكلة المياه كما سبق ذكرها. كما انعكست زيادة الدخل من البترول على الحكومات التي توسعت في الإنفاق على مرافق البنية الأساسية والتي تشمل تحسين مستوى الخدمات في قطاع المياه والصرف الصحي في المدن التي أصبحت تتوفر فيها فرص العمل وتوفر الخدمات مما أخل بالتوازن بين الريف والمدن لصالح الأخيرة وبالتالي زيادة معدلات التحضر بمعدلات مرتفعة والتي تصل إلى ٨٠%،٩٠% كما هو في البحرين والكويت على الترتيب(الرياض،٢٠٠١)

٥-السياسات الزراعية لدول مجلس التعاون

منذ إنشاء المجلس، تبنت دول مجلس التعاون، تحقيق الأمن الغذائي والوصول إلى نوع من الاكتفاء الذاتي وتحقيق التكامل الزراعي بين دوله طبقا لاستراتيجية موحدة تعتمد على الاستخدام الأمثل للموارد المائية المتاحة في دوله من خلال إعداد سياسة زراعية لها تتمثل في النهوض بالقطاع الزراعي وعدم الاعتماد كليا على الاستيراد الذي أخذ يتزايد بنسبة عالية خاصة فيما يتعلق بالمواد الغذائية. وقد أدت السياسات الزراعية المتبعة لدى دول مجلس التعاون بهدف تحقيق الاكتفاء الذاتي من المواد الغذائية إلى تشجيع دول المجلس نحو التوسع في القطاع الزراعي وما يمثله هذا التوسع من زيادة الاحتياجات المائية والمتمثلة في استنزاف الموارد المائية الجوفية العميقة غير المتجددة. أضف إلى ذلك أن وسائل الري التقليدية وزراعة محاصيل تستهلك كميات ضخمة من المياه في دول المجلس دون النظر إلى محدودية الموارد المائية وما تمثله السياسات الزراعية المتبعة من أخطار على الموارد المائية بالإضافة إلى أن تطوير الموارد المائية لم يرافقها أية إجراءات لخفض استهلاك المياه.ومن المتوقع،في حال عدم مراجعة أو تغيير السياسات الزراعية والسياسات السكانية الحالية، وعدم اتخاذ خطوات جذرية تهدف إلى المحافظة على الموارد المائية في دول مجلس التعاون،أن يكون توفير الموارد المائية كما ونوعا ،أحد المعوقات الرئيسية للتنمية الاقتصادية والاجتماعية في تلك الدول.ومع ازدياد دخل دول مجلس التعاون بعد الطفرة البترولية،أخذت هذه الدول على عاتقها توفير الخدمات الأساسية بشكل عام والموارد المائية بشكل خاص،وذلك من خلال تمويل و إدارة الموارد المائية. وقد ترتب على ذلك صرف مبالغ كبيرة للاستثمار في هذا القطاع.وعلى الرغم من ذلك، إلا أن دول مجلس التعاون أصبحت خلال الفترة الحالية تعاني من نقص في

الموارد المالية نتيجة لتذبذب الإيرادات الحكومية ، وظهور الحاجة إلى توظيف استثمارات مالية ضخمة في قطاع الموارد المائية، والتوجه نحو خفض تدخل الحكومة في الأنشطة الاقتصادية المختلفة، والرغبة في إتاحة الفرصة للقطاع الخاص لممارسة دور اكبر في الأنشطة الاقتصادية، ومنها قطاع الموارد المائية، وعجز الحكومات عن توفير استثمارات مالية ضخمة في هذا القطاع ، فان على الحكومات التوجه بسرعة لسد العجز في خدمات قطاع الموارد المائية،نحو خصخصة قطاع المياه مع ما يتطلبه هذا التحول من تحديد الواجبات والمسئوليات بين الأطراف المسئولة من المستثمرين والمستهلكين والحكومات وتحفيز الاستثمار في هذا القطاع وتوفير التقنية والخبرة اللازمة والتمويل.

ثانيا – الموارد المائية في دول مجلس التعاون

تستمد دول مجلس التعاون مواردها المائية من عدة مصادر هي المياه الجوفية العميقة غير المتجددة ، والمياه الجوفية المتجددة ،ومياه الأمطار،ومياه محطات التحلية ،ومياه الصرف الصحي والزراعي والصناعي المعالجة. وتمتاز المياه الجوفية العميقة بضعف تعويضها وارتفاع درجة حرارتها واختلاطها بعدد من العناصر الكيماوية مما يستلزم بالضرورة معالجتها وتبريدها حتى تصبح صالحة للاستخدام البشري .أما المصدر الرابع لموارد المياه في دول مجلس التعاون وهي محطات التحلية فتتميز بتكلفتها العالية. وتنتج هذه الدول أكثر من ٥٨% من إنتاج العالم من المياه المحلاة وقد ارتفع إنتاج دول مجلس التعاون من المياه المحلاة في عام ١٩٩٨م إلى ٧،٩١٦,٥٦٨ مليون م٣/يوم ويتم إنتاج هذه الكمية بواسطة ٥٣٢ وحدة تحلية لمياه البحر (الفريج وآخرون،٢٠٠١ :٢٠٦) ويتراوح كفاءة إنتاج محطات التحلية ما بين ٧٠%-٨٥% من الطاقة المصممة لهذه المحطات وقد بلغ إنتاج المحطات في عام ١٩٩٢م نحو ١,٦٢٨ مليون م٣/اليوم ويتوقف تكاليف المتر المكعب من محطات التحلية على العمليات المستخدمة في اعذاب المياه والتي تتراوح ما بين دولار و٣,٥ دولار للمتر المكعب مقارنة بالمياه القليلة العذوبة والتي يتراوح سعر المتر المكعب ما بين٠,٤-١,٥ دولار للمتر المكعب ويتوقف تكلفة إنتاج المتر المكعب من مياه محطات التحلية على عدد من المتغيرات منها حجم المحطة وسعر الطاقة المستخدمة حيث يقل سعر المتر المكعب كلما زادت طاقة المحطة وتقل تكلفة إنتاج المتر المكعب من مياه التحلية في دول الخليج مقارنة بالدول الأخرى نتيجة لانخفاض سعر الطاقة المستخدمة في إنتاج المياه ففي السعودية يتراوح سعر المتر المكعب ما بين ٠,٤٨-٢,٢ دولار ، وفي الامارات١-١,٤٥ دولار وفي قطر ١,١٤-١,٦٤ دولار وفي البحرين ٠,٥٦دولار ويصل سعر المتر المكعب في فلوريدا ما بين ٢,٠٦-٢,٦٠ دولار وفي مالطا ١,١٨ دولار وفي جزر الكناري ١,٦٢ دولار.أما المصدر الخامس فهو المياه الجوفية قليلة العذوبة، إلا أنها تحتاج إلى معالجة نظرا لنسبة الملوحة إلا أنها أقل تكلفة من مياه البحر المحلاة ويتراوح سعر المتر المكعب ما بين ٠,٣-٠,٦٥ دولار للمتر المكعب.وتتوقف هذه التكلفة أيضا على حجم المحطة ونسبة تركيز الأملاح والمواد العضوية. وتشكل محطات التحلية واعذاب المياه الجوفية قليلة العذوبة مشكلة بيئية تتمثل في التخلص من الأملاح وتأثيراتها البيئية الضارة.(Abdulrazzak,2000)

تبلغ عدد التكوينات الرسوبية الحاملة للمياه في دول المجلس٣٠ تكوينا تتراوح أعماقها بين الضحلة والمتوسطة والعميقة وتختلف كمية المياه من تكوين لآخر وكذلك نوعية المياه التي تتراوح ما بين العذبة والمالحة كما تمتد هذه الطبقات بين عدد من الدول متجاوزة الحدود السياسية بين دول المجلس . وقد انخفضت كميات المياه المختزنة في التكوينات الجيولوجية الحاملة للمياه في دول المجلس من ٥٠٠,٠٠٠مليون م٣ عام ١٩٨٤ م إلى ٣٨٩,١٣٠ مليون م٣ في عام ١٩٩٦ م أي أن نسبة الانخفاض في كمية المياه تصل إلى ٤٢ % (المقرن ،٢٠٠٠ :٦).

ثالثا– المعوقات التي تواجه الموارد المائية في دول مجلس التعاون

١. التكلفة العالية للمنشآت المائية و إنتاج المياه

تلبي محطات التحلية الاحتياجات المائية لمعظم دول مجلس التعاون بعد المياه الجوفية.ولقد أدى ذلك إلى زيادة اعتماد هذه الدول على محطات التحلية خاصة بعد التدهور الذي تعرضت له المياه الجوفية، كما ونوعا، من جراء الإسراف في سحبها . وتستخدم مياه محطات لتحلية في دول مجلس التعاون بصورة رئيسية في تزويد السكان بمياه الشرب . وعلى الرغم من التكلفة العالية لانتاج المياه من هذه المحطات ، إلا أن الوضع القائم يشير إلى اتجاه معظم دول المجلس نحو الاعتماد، بل زيادة الاعتماد على محطات التحلية في المستقبل القريب والبعيد نتيجة لتزايد السكان ومعدلات التحضر والنمو الاقتصادي في عدد من القطاعات التنموية الأخرى . وعلى الرغم مما توفره محطات التحلية من مياه صالحة للشرب، إلا أن هذا المورد المائي تكتنفه بعض الصعوبات منها محدودية كمية المياه المنتجة من محطات التحلية، والتكلفة العالية للإنتاج والصيانة وقطع الغيار، وتوفر المختصين لتشغيل وصيانة المحطات وتدريب العاملين فيها.بالإضافة إلى أن هذه المحطات تحتاج إلى توفير الأمن والحماية لها ضد التخريب أو أثناء الحروب والأزمات مما يشكل عبئا متزايدا على الجهات الأمنية المختصة . وتشير دراسة إلى أن العلاقة بين تطور إنتاج مياه محطات التحلية وتزايد السكان ليست العلاقة الوحيدة التي تؤدي إلى زيادة إنتاج هذه المحطات ، بل إن هناك عوامل بشرية أخرى مثل ارتفاع مستوى المعيشة والنمو الاقتصادي في القطاعات العمرانية والصناعية والزراعية (المديهيم ، ١٤١٢ :٦٢) وتتجه الموارد المائية من محطات التحلية في دول مجلس التعاون نحو الارتفاع في الإنتاج والاستهلاك معا وهذا يرجع لعدد من العوامل يمكن إيجازها فيما يلي:

- تعدد الأنشطة المرتبطة بالمياه في المجالات الصناعية والاستخدام المنزلي.
- تناقص موارد المياه الجوفية العميقة غير المتجددة، والتي تعرضت طبقاتها وكمياتها المحدودة وضعف تغذيتها بمياه جديدة إلى الاستنزاف، في معظم دول مجلس التعاون مما دفع بهذه الدول للاتجاه نحو بناء المزيد من محطات التحلية لمواجهة الطلب المتزايد على المياه.
- تزايد الطلب على مياه التحلية لمواصفاتها العالية المناسبة للاستخدامات المتنوعة .
- مستوى الصناعات المتقدمة في دول مجلس التعاون والتي تتطلب مياها عالية النقاء لا تتوفر إلا في المياه المنتجة من محطات التحلية .
- البيئة الصحراوية الجافة التي تسود دول مجلس التعاون وتذبذب سقوط الأمطار بها من حيث الكمية والفصلية والموقع.
- تزايد السكان وارتفاع مستوى المعيشة وتغير نمط الحياة في السكن .

٢. تزايد السكان

يتزايد سكان دول المجلس بمعدلات مرتفعة نتيجة لعدة عوامل مثل الهجرة الداخلية والخارجية وتحسن الظروف الصحية وارتفاع نسبة التحضر وزيادة الدخول وارتفاع مستوى المعيشة بين السكان وتوفر الشبكات المائية. ومن المعروف أن مثل هذه العوامل تؤدي إلى زيادة الطلب على المياه بما لا يتناسب مع محدودية الموارد المائية أو ما يقابلها من استهلاك مرتفع ، يدفع بهذه الدول إلى مشاكل مائية تؤثر على مستوى التنمية الاقتصادية والاجتماعية فيها .ومن المتوقع في حال تزايد السكان عن معدله الحالي أن يزداد بالتالي الضغط على موارد المياه في دول المجلس حيث يتوقع أن يزداد عدد السكان من ٣٩,٦٤١,٠٠٠ نسمة في عام ٢٠٠٠م إلى ٥٠,٣٤٧,٠٠٠ نسمة في عام ٢٠١٠م مما يرفع من استهلاك المياه في القطاع المنزلي والصناعي من ٥,٠٦٤ مليون م٣ في عام ٢٠٠٠م إلى ٦,٤٣٥ مليون م٣ عام ٢٠١٠ م (Al-Alawi&Abdulrazzak,1994:186) وتشير آخر إحصائيات الأمم المتحدة للسكان إلى أنه من المتوقع أن يصل

عدد سكان دول مجلس التعاون إلى نحو ٥٧ مليون نسمة بحلول عام ٢٠٢٥ م إضافة إلى تزايد العمالة الوافدة والتي تتراوح ما بين ٢٥% -٨٥% من أعداد السكان (الزباري ، ٢٠٠٠ :٢-٥) كما تشهد دول المجلس ارتفاعا ملحوظا في النمو السكاني فقد بلغ معدل زيادة السكان السنوي في دول المجلس في عام ١٩٩٥ م إلى ٣,٧٣ % وهو من أعلى معدلات زيادة السكان في العالم (المقرن ،٢٠٠٠ :١٦).وفي حال استمرار نمو السكان بالمعدلات الحالية واستمرار نمط استخداماتهم للمياه بصورته الحالية فان الطلب على المياه سيرتفع تباعا وقد يصل إلى نحو ٤٩ مليار م٣ في عام ٢٠٢٥م (الزباري ،٢٠٠٠ :٢)

٣. ارتفاع معدلات استهلاك الفرد من المياه

يعد استهلاك الفرد من المياه في دول مجلس التعاون الأعلى بين دول العالم على الرغم من ضآلة نصيب الفرد على المستوى العالمي . فمعدل استهلاكه يقع ما بين ٥٠٠- ٦٠٠ لتر / اليوم وهذا الاستهلاك المرتفع يرجع الى عدة عوامل سبق ذكرها . ويشير (Bushnak, 1989) إلى أن القطاع المنزلي في الخليج سينمو بمعدل ١٠%-١٥ % في العقود المقبلة بينما ينمو استهلاك المياه في القطاع الصناعي ب ٥% أما القطاع الزراعي فمن المتوقع أن ينمو عدة مرات .ويتوقع مستقبلا أن تنخفض حصة الفرد من المياه في بعض دول مجلس التعاون نتيجة لتزايد السكان السريع والذي يقابله تناقص في كمية الموارد المائية المتاحة ، ففي عمان سيتناقص نصيب الفرد من المياه من ١٣٣٣ م٣ عام ١٩٩٠ م إلى ٤٢١ م٣ في عام ٢٠٢٥ م وفي الإمارات سيتناقص من ١٨٩ م٣ إلى ١١٣ م٣ وفي السعودية سينخفض نصيب الفرد من المياه من ١٥٦ م٣ إلى ٤٩ م٣ للفترة نفسها (شلبي و الجلعود ، ٢٠٠٠ :١١)

٤. تزايد الطلب على المياه

يصل معدل السحب السنوي من المياه الجوفية العميقة في دول مجلس التعاون بنحو ٢١ مليار م٣ بينما تبلغ التغذية السنوية لهذه الخزانات بنحو ٦,٢ مليار م٣ أي أن هناك عجزا سنويا مقداره ١٥ مليار م٣ تتقاسمها دول المجلس على النحو التالي : البحرين ١٠٠ مليون م٣ ، الكويت ٢٠٠ مليون م٣، عمان ٢٤٠ مليون م٣ ، قطر ١٤٠ مليون م٣ ، السعودية ١٣,٥٥٨ مليون م٣ ، الإمارات ١,٤٩٥ مليون م٣ . وتبلغ كمية المياه المستخدمة في دول مجلس التعاون لجميع الاستخدامات حوالي ٢٦ مليار م٣ / السنة يستخدم القطاع الزراعي ما نسبته ٨٥ % بينما يستخدم القطاع المنزلي ١٣,٧ % أما القطاع الصناعي فنسبة استخدامه للمياه ١,٥ % وتأتي كمية المياه المستخدمة من المياه الجوفية بنسبة ٩٣ % وتليها محطات التحلية بنسبة ٥ % والمتبقي وقدره ١,٨ % من مياه الصرف الصحي المعالجة (الزباري ، ٢٠٠٠ : ٣-٥) فالقطاع المنزلي من المتوقع أن يزداد استهلاكه من ٢,٧ مليار م٣ عام ١٩٩٠م إلى ٤,٣ ،١٠,٢ مليار م٣ في عام ٢٠٠٠م،٢٠٢٥م على الترتيب وذلك نتيجة لزيادة عدد السكان وتحسن مستوى المعيشة ومن المتوقع أيضا حدوث نقص في مياه القطاع المنزلي نتيجة لزيادة الطلب على المياه مع محدودية الموارد المائية ما لم يتم تحقيق إدارة متكاملة تشمل استخدام وسائل لترشيد المياه و إدارة مثلى للمياه واستخدام المياه الجوفية العميقة في القطاع المنزلي والصناعي ،أما إذا استمرت معدلات الاستهلاك على الوتيرة نفسها ، فان معظم دول مجلس التعاون ستتجه نحو استنزاف مواردها المائية الجوفية وبناء محطات تحلية مياه البحر وما يعنيه ذلك من زيادة الاستثمارات المالية في هذا القطاع وبناء المزيد من محطات معالجة مياه الصرف لمعالجة الاستهلاك المتزايد من المياه في القطاع المنزلي مما سيضع عدة عراقيل مالية خاصة وأن بعض دول مجلس التعاون تعاني من معوقات مالية(Abdulrazzik , 2002)

٥. ارتفاع دعم أسعار مياه التحلية على المستهلكين

من الجدير بالذكر هنا أن معظم حكومات دول مجلس التعاون تتولى عملية الاستثمار في مجال توفير المياه لسكان دولها ودعم هذا القطاع بمبالغ طائلة. وهذا الدعم يمكن في حال توظيفه إلى التوسع في توفير موارد مياه أخرى وتنميتها

(Bushnak,1989:7). ويختلف سعر بيع المياه من دولة لأخرى من دول مجلس التعاون طبقا لعدة عوامل منها، سياسة الدولة في تسعير المياه، ونوعية المياه، وفئات المستهلكين، ومصدر المياه (تحلية، مياه جوفية،). فالمملكة تسعر المياه للمستهلك باستخدام نظم الشرائح بينما تستخدم البحرين أسعارا خاصة بنوعية المياه (مياه محلاة ،مياه غير محلاة) أما عمان فتضع أسعار المياه طبقا للفئات المستهلكة (منازل ، دوائر حكومية ، شركات تجارية وصناعية).أما قطر فأسعار المياه تتم طبقا لخدمات التوصيل (بشبكة مائية ،صهاريج) ونوعية المياه ، والمستخدمين (فلل ،شقق ،محلات). والكويت تضع تسعيرة للمياه طبقا لنوعية المياه والمستخدمين ومصدر المياه (تحلية ، آبار). أما الإمارات فتضع سعرا موحدا للمستهلكين وبأي كمية(٢٣٠ فلس) (النشرة الاقتصادية ،١٩٩٥: ٢٤٨-٢٥٢) فبينما تبلغ تكلفة إنتاج ١٠٠٠ جالون من مياه التحلية ٢٠ درهما ، يدفع المستهلك ٥٠ درهما كمبلغ مقطوع بغض النظر عن كمية المياه المستهلكة (المجذوب ،١٩٩٩ :١٥٣) وفي المملكة يباع المتر المكعب من مياه البحر المحلاة بريالين بينما تبلغ تكلفة إنتاجه ما يعادل ٥,٦ ريالات أي أن الدولة تتحمل الفرق بين تكلفة إنتاج المتر المكعب وسعر البيع (مركز فقيه للأبحاث والتطوير _ التقرير السنوي لعامي ١٤١٨-١٤١٩هـ :٢٤).

٦. ارتفاع استهلاك المياه في القطاعات المترلية والزراعية والصناعية

تلعب العوامل المناخية مثل الحرارة والرطوبة وتساقط الأمطار وكل من الموقع الجغرافي والفلكي لأي منطقة جغرافية دورا بارزا في معدلات استهلاك المياه ، فالمناطق الحارة الجافة والرطبة يزداد فيها معدل استهلاك الفرد للمياه مقارنة بالمناطق الباردة أو ذات المناخ المعتدل . كما يزداد استهلاك الفرد للمياه من وقت لآخر في السنة ، حيث يزداد صيفا ويقل شتاء ، كما يختلف استهلاكه من ساعات الذروة إلى الساعات الدنيا في اليوم الواحد كما يختلف استهلاكه في اليوم العادي عن أيام العطلات (العزيزي ، ١٩٨٦ : ٢٩ —٣٠). كما أدى ارتفاع مستوى المعيشة وارتفاع الدخل والتحضر وتزايد السكان إلى ارتفاع معدلات الاستهلاك المترلي للمياه . ويظهر هذا الاختلاف في التباين الواضح في نصيب الفرد في دول المجلس من دولة لأخرى. فعلى سبيل المثال تبلغ حصة الفرد البحريني ١٩٩ م٣ / السنة بينما ترتفع حصة الفرد في عمان إلى ٨٩٩ م٣ / السنة (البيئة والتنمية ، ٢٠٠٠ :٤٩).

ومن المتوقع ارتفاع استهلاك المياه في دول المجلس خاصة وأن السكان في هذه الدول قد ارتفع عددهم من ١٠,٣ مليون نسمة في عام ١٩٧٠ م إلى ٢١,١ مليون نسمة في عام ١٩٩٠ م وإلى ٢٧,٧ مليون نسمة عام ٢٠٠٠ م ويتوقع أن يرتفع عدد السكان في عام٢٠١٠ م إلى أكثر من ٥٠مليون نسمة وإلى نحو ٥٧ مليون نسمة بحلول عام ٢٠٢٥م (الزباري،٢٠٠٠ :٢).

وتعاني موارد المياه الجوفية العميقة في دول مجلس التعاون من أن عملية التعويض للمياه المسحوبة تعتبر ضعيفة مما يجعل من عملية السحب الجائر عملية محفوفة بالمخاطر ، بالإضافة إلى أن كمية المياه المسحوبة تفوق كثيرا معدلات التعويض الطبيعية مما أدى إلى انخفاض مستويات المياه الجوفية العميقة . أضف إلى ذلك أن البيانات المتوفرة عن المياه الجوفية مثل كمياتها واحتياطاتها وقدرة السحب المأمون منها هي بيانات غير موثقة مقارنة بالبيانات المتوفرة عن موارد المياه السطحية(البيئة والتنمية ، ٢٠٠٠ :٤٩).

٧. تعدد الجهات المسئولة عن الموارد المائية

أدى تعدد الجهات المسئولة عن الموارد المائية في دول المجلس إلى ضعف إدارة الموارد المائية وتضارب السياسات المائية والتداخل في القرارات وعدم وجود آلية تسهم في المحافظة على الموارد المائية .

ففي الكويت تتولى إدارة الموارد المائية المؤسسات التالية:

١- الهيئة العامة لشئون الزراعة والثروة السمكية وتتحدد مسئوليتها في تصميم وتقييم أنظمة الري في المزارع وفحص أدوات الري ومتطلبات المحاصيل والإشراف على نوعية وكمية المياه الجوفية والتخطيط للموارد المائية.

٢- وزارة الكهرباء والمياه وهي مسئولة عن الدراسات والتنمية والبحث والإشراف ومنح الرخص لحفر واستخدام المياه الجوفية.

٣- وزارة الأشغال العامة وهي مسئولة عن شبكات الصرف الصحي ومعالجة المياه العادمة وتوزيع المياه المعالجة للمزارع والحدائق العامة.

٤- معهد الكويت للأبحاث العلمية ويتولى مسئولية الأبحاث المتعلقة بالموارد المائية.

٥- الهيئة العامة للبيئة ويتولى مسئولية الإشراف على نوعية الموارد المائية(Aquastat,2002)

٦- وزارة التخطيط تخطيط ووضع السياسات المائية.(إسماعيل ،١٩٩٥ : ٥٣ —٥٤)

أما سلطنة عمان فقد وحدت إدارة مواردها المائية بإنشاء وزارة الموارد المائية والتي من مسئولياتها وضع السياسة المائية وتنمية و إدارة الموارد المائية الوطنية وكذلك وضع الأنظمة ومواصفات آبار المياه و إدارة وصيانة السدود و الأفلاج(Escwa , 1997:24). بينما تتولى وزارة الزراعة والثروة السمكية مسئولية الري.

وتتقاسم المسئولية عن الموارد المائية في دولة قطر كل من:

١- وزارة الكهرباء والمياه مع قسم شبكة المياه.

٢- ووزارة الشئون البلدية والزراعة مع كل من إدارة الزراعة والأبحاث المائية وقسم الصرف الصحي و إدارة البيئة.

٣- المجلس الأعلى للتخطيط.

٤- وزارة الطاقة والصناعة.

وتختص إدارة الزراعة والأبحاث المائية بتنظيم حفر الآبار واستخدام المياه الجوفية ، كما أنشأت وزارة الشئون البلدية والزراعة هيئة المزارع والآبار وهي مسئولة عن تنفيذ قوانين المياه الجوفية مثل إصدار أوامر السماح بالحفر وتعديل الآبار(Aquastat,2002).

ويتولى تخطيط و إدارة قطاع المياه في المملكة أربع جهات رئيسية تقوم بتخطيط وتنمية وتوزيع و صيانة وإنشاء البنية الأساسية للموارد المائية.

١- تتولى وزارة المياه وهي الوزارة التي أنشئت حديثا في المملكة، والتي تتكون من جهاز مركزي وفروع الوزارة السبعة والتي كانت تسمى سابقا مصالح المياه والصرف الصحي وأقسام المياه في وزارة الشئون البلدية والقروية وأقسام المياه في البلديات والمجمعات القروية، البحث عن الموارد المائية وتوفير مياه الشرب وتنمية و إدارة المياه وتخطيط الأنشطة الزراعية ودعمها و إصدار التعليمات الخاصة بالمياه وحفر الآبار و تنمية وحفظ الموارد المائية والقيام بالدراسات الجيولوجية والهيدرولوجية واستغلال استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة وحفر الآبار وإنشاء السدود وتجهيز خطة المياه الوطنية.وإنشاء شبكات مياه الشرب في المدن والقرى والتي لا تتواجد بها إدارة بلدية أو مصلحة للمياه،وتشغيل وصيانة برامج المياه والتي تشمل إدارة موارد المياه في المزارع.

٢- المؤسسة العامة لتحلية مياه البحر وهي مسئولة عن بناء وتشغيل وصيانة محطات تحلية مياه البحر وصيانة محطات التحلية ومرافق الإنتاج .

٣- وزارة الشئون البلدية والقروية وتتولى بناء شبكات مياه الشرب وتشغيلها وصيانتها وتوصيل المياه الى المنازل.(Aquastat,2002)

٤- وزارة التخطيط ويقع على كاهلها التخطيط والتنسيق بين الأنشطة المتعلقة بالمياه بين الوزارات خلال الخطط الخمسية التنموية (Escwa,1997:31).

وفي دولة الإمارات تهتم خمس إدارات بالموارد المائية في الدولة منها إدارتان اتحاديتان هما وزارة الكهرباء والماء ووزارة الزراعة والثروة السمكية وثلاث إدارات محلية تتبع كل من أبو ظبي ودبي والشارقة . (المجذوب ، ١٩٩٩ :١٥٣)

١- وزارة الزراعة والثروة السمكية وتتولى مسئولية تنمية و إدارة موارد المياه للزراعة وتتولى إدارة المياه والتربة في الوزارة الري الزراعة والتخطيط والبحث و إدارة الموارد المائية الجوفية بالإضافة الى نوعية المياه ودرجة ملوحة التربة الناجمة عن الري وكذلك بناء السدود والتحكم بالفيضانات.

٢- وزارة الكهرباء والمياه مسئولة عن إمدادات مياه الشرب والتي تشمل حفر الآبار ، بناء وتشغيل محطات تحلية مياه البحر ، تشغيل وصيانة الآبار، التزود بالمياه والتخطيط.

٣- مصلحة الموارد المائية العامة وهي مصلحة اتحادية مسئولة عن إدارة المياه والتنسيق مع المصالح الأخرى ذات العلاقة ومسئولة عن وضع الأنظمة الخاصة بالمياه في الإمارات وتشمل تسجيل شركات حفر الآبار وإصدار رخص حفر الآبار.

٤- إدارات المياه في الحكومات المحلية مثل إمارة أبوظبي ودبي والشارقة وهي مسئولة عن إمدادات مياه الشرب في هذه الإمارات.

٥- الوكالة الاتحادية للبيئة ومسئولة عن إدارة وتنظيم ومكافحة تلوث المياه(Aquastat,2002).

وفي البحرين يتولى المسئولية العليا للموارد المائية ، المجلس البحريني الأعلى للموارد المائية ومن مهامه:

١- رسم السياسة المائية للبحرين.

٢- حماية الموارد المائية في البحرين وتنميتها.

٣- تنظيم وتنسيق استخدامات المياه في القطاعات المستخدمة للمياه.

٤- حل المشكلات التي تعيق تطبيق السياسات المائية.

أما الجهة الأخرى المسئولة فهي وزارة الأشغال والزراعة والتي تقوم بصفة الاستشارة للمجلس من خلال الإدارات العامة(Aquastat,2002).

ويعتقد الباحث أن وجود هذا العدد من الإدارات المسئولة عن قطاع المياه يؤدي إلى تشتيت الجهود الرامية إلى المحافظة على الموارد المائية نتيجة لتوزيع المسئوليات والسلطات،بل إن هناك حاجة ملحة لتوحيد هذه الهيئات في هيئة واحدة تكون مسئولة عن البحث والتنمية والمحافظة على الموارد المائية وتوزيعها في جميع أنحاء الدولة .

رابعا- النتائج والخاتمة

١-تتوافق الأوضاع المائية لدول مجلس التعاون من حيث وقوع هذه الدول في منطقة صحراوية جافة يندر بها سقوط الأمطار وتذبذبها من حيث الكمية والفصلية.كما تتوحد دول المجلس مائيا من خلال توحد التكوينات الجيولوجية الحاملة للمياه التي تظهر في جميع دول المجلس .

٢-تتوزع الموارد المائية في هذه الدول من خلال وجود دول تعتمد (ولكن بدرجات متفاوتة) على المياه الجوفية العميقة والمياه الجوفية السطحية ومياه السدود ومياه محطات التحلية ومياه الصرف الصحي والصناعي المعالجة ومياه الأمطار وهذا المورد الأخير تظهر درجة الاعتماد عليه في كل من المملكة العربية السعودية وسلطنة عمان حيث تسقط الأمطار في الجنوب الغربي من المملكة في المناطق الجبلية من عسير وفي عمان على سواحل خليج عمان . ويعتمد التنوع في الموارد المائيه بل يمتد

ليشمل درجة الاعتماد على هذه الموارد من دولة لأخرى ، إلا أن هذه الدول تعتمد على المياه الجوفية العميقة بصورة رئيسية في تلبية متطلباتها من المياه خاصة في القطاع الزراعي الذي يعتبر المستهلك الرئيسي للمياه في دول مجلس التعاون .

٣-اتجاه دول المجلس نحو الاهتمام والاعتماد على محطات التحلية بهدف الاستجابة للطلب المتزايد على مياه الشرب نتيجة لتزايد السكان وضمان أمنها المائي خاصة وأن هناك صعوبات عديدة تقف عائقا أمام المشروعات المائية الإقليمية المشتركة التي طرحت في الآونة الأخيرة والتي من أبرزها أنبوب السلام التركي ونقل المياه بالناقلات. إلا أن هذه الدول تتفق جميعها على رفض مثل هذه المشاريع لعدة عوامل منها التوتر في العلاقات العربية- العربية وتخوفها من سيطرة الدول غير العربية على مواردها المائية وقرارها السياسي.

٤-تتجه دول المجلس نحو إعادة النظر في استخدام مياه الصرف الصحي والصناعي المعالجة والتوسع في استخدامها وتغطية جزء من احتياجاتها في ري المزروعات والحدائق وحماية البيئة .

٥-تتفق نظرة دول المجلس على أن الموارد المائية تمثل أهمية استراتيجية نظرا لمحدودية الموارد المائية والتي تشكل هاجسا أمنيا لمستقبل الأجيال القادمة في هذه الدول خاصة وأن هذه الدول تعاني من النمو السكاني المتزايد واستمرار معدل استهلاك المياه في النمو والذي يعد عاليا بكل المقاييس .

٦-من المتوقع أن يؤدي الطلب المتزايد والسريع في القطاعات الاقتصادية المختلفة في المستقبل القريب، إلى زيادة الضغط على موارد المياه المحدودة في دول المجلس . وفي حال غياب سياسات ترشيدية فاعلة ، فان هذه القطاعات الاقتصادية ستتعرض إلى نقص في إمدادات المياه وهزات اجتماعية واقتصادية خطيرة. وهذه السياسات الترشيدية يجب أن تحتوي في مبادئها الأساسية على خفض فقدان المياه ، استخدام تقنيات لخفض استهلاك المياه ، واستخدام المياه المعالجة كبدائل متاحة ، استخدام المياه القليلة العذوبة ، وإنشاء أنظمة ثنائية لتوزيع واستخدام المياه في المنازل والمجمعات السكنية الكبيرة .

٧-في القطاع الزراعي ، والذي يعد المستهلك الأول للمياه في دول مجلس التعاون ، على دول المجلس تبني سياسات قصيرة وطويلة الأجل تهدف إلى إدارة احتياطات المياه الجوفية ، و إعادة استخدام مياه الصرف المعالجة ، وتحديد الإنتاج الزراعي ومساحته ونوعية المحصول وخاصة القمح ، وتحسين كفاءة الري ، ووضع خطط مستقبلية لتنمية موارد المياه، وإدخال تقنيات وأساليب تسهم في خفض كميات المياه المستخدمة في الزراعة مثل تحسين وسائل الري السطحي ، استخدام الري بالتنقيط ، مكافحة التسرب و إصلاح الكسور ، و إعادة استخدام مياه الصرف الصحي والصناعي والزراعي في ري المزروعات ، و إيقاف الضخ الجائر من الطبقات الجوفية الحاملة للمياه والذي يؤدي إلى تلوث المياه واختلاط مياه الطبقات الجوفية المختلفة وزيادة ملوحتها ، وعدم ري الأراضي الزراعية بأكثر من حاجتها للمياه ، ووضع أنظمة وقواعد صارمة تمنع حفر الآبار بصورة غير قانونية أو السحب الجائر للمياه.

٨-في القطاع المنزلي ، يعد الإسراف في استخدامات المياه في المدن والمراكز الحضرية التي لا تتوفر بها وسائل الصرف الصحي للمياه ووسائل معالجتها خطرا على الصحة العامة والطرق والأبنية ، ومن هنا يجب الاهتمام بإنشاء محطات الصرف الصحي في هذه المدن بهدف الاستفادة من المياه المهدرة عن طريق الاستفادة منها بمعالجتها والاستفادة منها بعد ذلك في ري الحدائق وحماية الموارد المائية من خطر التلوث بهذه المياه.

٩-تحتوي الطبقات الجيولوجية الحاملة للمياه في دول مجلس التعاون على تكوينات مائية ذات ملوحة قليلة وعالية ويمكن الاستفادة منها بعد خلطها بمياه عذبة أو مياه الصرف الصحي والصناعي المعالجة في ري نوعية معينة من المزروعات تتحمل الملوحة أو ري الحدائق أو الزراعة على الطرقات أو استخدامها في داخل المنازل حيث يتم إنشاء نظامين لتوزيع المياه أحدهما مخصص لمياه الشرب والآخر يستخدم المياه المعالجة لصناديق الطرد وري الحدائق المنزلية.

١٠-تغطي محطات التحلية الجزء الأكبر من استخدامات المياه في القطاع المترلي في دول مجلس التعاون ، ويمكن خفض استخدام المياه في هذا القطاع من خلال استخدام الأجهزة والوسائل التي تخفض من استهلاكها بالإضافة إلى جعل المحافظة على المياه في هذا القطاع، خيارا استراتيجيا ، وذلك من خلال صيانة وتنمية ودعم صناعة محطات التحلية بدعم الأبحاث العلمية بهدف خفض تكاليف إنتاج مياه محطات التحلية وطرق خفض استهلاك المياه في هذا القطاع .

١١-وفي القطاع الصناعي الذي أصبح مستهلكا ضخما للمياه في دول مجلس التعاون على الرغم من حداثته وضآلة حصته المائية من إجمالي الموارد المائية المتاحة في دول المجلس ، إلا أن تبني سياسات ترشيدية في هذا القطاع تعد مطلبا ملحا ، وان إعادة استخدام مياه الصرف الصحي والصناعي المعالجة يعد خيارا إستراتيجيا مهما ، يسهم بصورة فاعلة في خفض استهلاك المياه في هذا القطاع وذلك باستخدام المياه المعالجة في عمليات التصنيع والتبريد . كما يستلزم الأمر إعادة النظر في المشروعات الصناعية القائمة ومدى ملاءمتها للموارد المائية الشحيحة في منطقة الخليج واستهلاكها للمياه ودراسة تصميمات المصانع المقامة أو التي قيد الإنشاء وقدرة هذه الصناعات على إعادة استخدام مياه الصرف الصحي والصناعي المعالجة.

١٢- يعتبر تغيير سلوكيات الأفراد والمجتمعات عملية صعبة ومحفوفة بالمخاطر وقلما تؤتي ثمارها ، إلا أن تغيير سلوكيات مجتمع ما، هي عملية ضرورية تهدف إلى المحافظة على المياه وتنمية مصدرها . ويعد التعليم والتدريب أحد الوسائل المتبعة التي تؤثر في سلوكيات الأفراد (الأطفال ، الطلاب ، النساء) والمجتمعات (دولة ، مدينة ، مجمعات سكنية) نحو المحافظة على الموارد المائية والاهتمام بها . ومن المهم جدا أن يقوم المهتمون بالمحافظة على الموارد المائية برفع درجة اهتمام العامة والخاصة بأهمية المحافظة على الموارد المائية من خلال عدد من أنشطة استخدامات المياه مثال ذلك الحملات الوطنية لترشيد المياه أو الندوات الخاصة والأنشطة الاجتماعية والاقتصادية والتي تزود مستخدمي المياه بمبادئ استخدامات المياه ووسائل المحافظة عليها وخطورة الإسراف في استخدامات المياه.

خامسا- التوصيات

- إنشاء مركز خليجي يهتم بدراسة الموارد المائية في دول مجلس التعاون وتنميتها وجمع الإحصائيات والبيانات والمعلومات المائية عن دول المجلس وتوفيرها للباحثين والمختصين في دول المجلس .
- إنشاء لجنة وزارية عليا في مجلس التعاون تسعى لتحقيق التعاون بين دول المجلس في مجال المياه من خلال التنسيق بين الجهات الحكومية في دول المجلس في مجال تنمية الموارد المائية والمحافظة عليها.
- توحيد الجهات الحكومية المسئولة عن الموارد المائية في كل دولة بدلا من تشتيت الجهود وضياع المسئوليات بين الإدارات والوزارات المختلفة.
- توحيد الأنظمة والتشريعات الخاصة بالموارد المائية بين دول المجلس .
- وضع استراتيجية مائية موحدة لدول مجلس التعاون تهدف إلى البحث عن موارد مائية جديدة والمحافظة على الموارد الحالية وتنميتها والاستخدام الأمثل لهذه الموارد .
- مواصلة عقد الندوات والمؤتمرات المتخصصة بالموارد المائية في دول المجلس.
- تكثيف حملات التوعية المائية التي تهدف إلى ترشيد استخدامات المياه في دول المجلس والتي تركز على إيضاح الصورة القائمة التي تنتج عن الهدر المائي في القطاعات التنموية المختلفة .

المراجع العربية والأجنبية

المراجع العربية

- " أزمة المياه تشتد فأين الإدارة الرشيدة ؟ "(٢٠٠٠) البيئة والتنمية المجلد الخامس العدد ٢٥ أبريل ٢٠٠٠ م ص٥٠
- "أجهزة الخدمات لم تعد قادرة على الوفاء .. بل عاجزة.." الرياض(٢٠٠١) ٢٥سبتمبر ٢٠٠١م.
- الزباري،وليد خليل(٢٠٠٠)"خيارات السياسات المائية في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية " في الندوة الأولى لترشيد استخدام المياه وتنمية مصادرها ، الرياض ١٤-١٨ إبريل ٢٠٠٠م.
- سعدي ،علوة (٢٠٠٠)"أقل من مائة ملليمتر من الأمطار سنويا وحوالي ٨٦ نسمة العام ٢٠٢٠م" البيان ٥/٤/٢٠٠٠م.
- شلبي ، محمد نبيل ،الجلعود ،علي عبدالله(٢٠٠٠) " الاستفادة من الميزة النسبية البيئية في ترشيد استخدام مياه الري " ورقة مقدمة إلى الندوة الأولى لترشيد استخدام المياه وتنمية مصدرها . الرياض : وزارة الزراعة والمياه ٩-١٣ محرم ١٤٢١هـ ١٤-١٨ إبريل ٢٠٠٠ م.
- العزيزي ، علي عبد العزيز .(١٩٨٦)" ترشيد استهلاك المياه " عالم الصناعة العدد٢٤ السنة ١٢ صفر ١٤٠٧ هـ أكتوبر ١٩٨٦ م ص ٢٩-١٣.
- الفريج،خليفة محمد،العدواني،عبدالله عوض, والرمح موسى خالد."مسار تحلية مياه البحر بدولة الكويت" في مؤتمر الخليج الخامس للمياه ٢٤-٢٨ مارس ٢٠٠١م.الدوحة : ٢٠٠١م، ص ٢٠٣-٢١٨
- المجذوب ، طارق . (١٩٩٩)المياه ومتطلبات الأمن المستقبلي في الدول العربية : دراسة في دبلوماسية المياه . الرياض : أكاديمية نايف العربية للعلوم الأمنية . ١٩٩٩ م.
- مجلس التعاون لدول الخليج العربية_الأمانة العامة(١٩٩٥) النشرة الاقتصادية العدد العاشر.
- المقرن عبد الطيف إبراهيم (٢٠٠٠)" مصادر المياه والتحديات المائية التي تواجهها دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية " ورقة مقدمة للندوة الأولى لترشيد استخدام المياه وتنمية مصادرها . الرياض . وزارة الزراعة والمياه ٩-١٣ محرم ١٤٢١ الموافق ١٤-١٨ إبريل ٢٠٠٠ م.
- المديهيم ، خالد ناصر .(١٤٢١هـ) تحلية مياه البحر في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية : دراسة جغرافية تحليلية . الرياض : جامعة الملك سعود ١٤١٢هـ.
- مركز فقيه للأبحاث والتطوير(١٤١٩هـ) _ التقرير السنوي لعامي ١٤١٨- ١٤١٩هـ.

المراجع الأجنبية

- Alalawi, Jamil & Abdulrazzak, Mohammed., (1994)" Water in the Arabian Peninsula: Problems and Perspectives " in Peter Rogers and Peter Lydon ed. Book. Water in the Arab World : Perspectives and Prognoses , Harvard University Press, 1994.
- Bushnak , Adil(1989) " Water supply challenge in the Gulf Region " A paper presented in 4th world congress on desalination & water reuse ,Kuwait 4-8 Nov ,1989.
- ESCWA.(1997) Water Legislation In Selected ESCWA Member Countries , 1997.
- file://A:\ Abdulrazzak, Mohammed (2000)"The future of freshwater resources in the Arabian Peninsula"2000.

INFORMATION SYSTEM OF WATER AND AGRICULTURE.FILE://A:\AQUASTAT-FAO`S

دراسة النترات في مصادر مياه الشرب بمناطق الرياض والقصيم وحائل

الدكتور عبدالرحمن إبراهيم العبدالعال، عبدالله الرحيلي، عبدالله الزرعه، مجاهد خان

دراسة النترات في مصادر مياه الشرب
بمناطق الرياض والقصيم وحائل

عبدالرحمن العبدالعالي * ،عبدالله الرحيلي ** ، عبدالله الزرعه* ، مجاهد خان *

*مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

ص. ب 6086 الرياض 11442

بريد إليكتروني : abdulaly@kacst.edu.sa

** كلية الهندسة – جامعة الملك سعود

ملخص

تحتوي المياه الجوفية على تراكيز متفاوتة للنترات سواء من مصادر طبيعية أو بسبب النشاطات البشرية . ويعتبر استخدام الأسمدة في العمليات الزراعية ومياه الصرف الصحي من بيارات المنازل أهم مصادر تلوث المياه الجوفية بالنترات . قامت مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية بدعم مشروع بحثي يهدف إلى تحديد تراكيز النترات في مصادر مياه الشرب بمناطق الرياض والقصيم وحائل وربطها بالتكوينات الجيولوجية واستخدامات الأراضي حول الآبار المستخدمة للشرب . كما تتضمن الدراسة التعرف على كفاءة محطات التنقية في المناطق الثلاث في إزالة النترات وكذلك التعرف على التغيرات الموسمية للنترات في آبار مختارة وتحديد مستويات النترات في شبكات توزيع المياه في ثلاث مدن وإجراء تجارب لإزالة النترات باستخدام الراتنجات. وتهدف هذه الورقة إلى تقديم عرض موجز بما تم إنجازه والتوصل إليه في هذا المشروع البحثي ، علماً بأن المشروع مازال مستمراً . ولقد أوضحت نتائج الدراسة أن مستويات النترات في مياه 348 بئر تتراوح ما بين 2.4 إلى 884 ملجم / لتر . وأن المستويات العالية التركيز للنترات مرتبطة بالطبقات الحاملة للمياه السطحية وغير المحصورة ، كما أن مستويات النترات في ناتج محطات التنقية تقع في المدى 1.2 إلى 45.2 ملجم / لتر .

مفاتيح كلمات : مياه الشرب ،المياه الجوفية ، النترات ، محطات تنقية .

مقدمه:

لقد شهدت المملكة العربية السعودية في العقود الأخيرة زيادة في النمو الاقتصادي والسكاني واكبه زيادة في الطلب على المياه سواء للأغراض الزراعية أو البلدية أو الصناعية. وتعتمد المملكة بشكل رئيس في توفير المياه على مصادر غير متجددة من طبقات حاملة للمياه تختلف نوعيتها وجودتها من منطقة إلى أخرى ، وقد يصل عمر المياه في بعضها إلى ما يزيد عن 20,000 سنة [1]. كما قابل زيادة الطلب على المياه زيادة في الاعتماد على الطرق غير التقليدية في الحصول على المياه مثل تحلية مياه البحر. إلا أن المياه الجوفية تعتبر المصدر الرئيسي لكثير من المدن السعودية للأغراض البلدية والزراعية والصناعية . إن من أهم الخطوات التي يجب أن تتخذ للمحافظة على هذه المصادر المحدودة هي المحافظة عليها من التلوث ، وتعتبر دراسة نوعية المياه ومراقبة التغير فيها من أهم الإجراءات التي يجب أن تتخذ لتحديد مصادر التلوث والحد منها إن وجدت.

ويعتبر النترات أحد أكثر الملوثات الكيميائية الموجودة في العالم والتي تهدد المياه الجوفية [2] .فلزيادة تركيز النترات في مياه الشرب عن الحد المسموح به آثار صحية خطيرة على الأطفال الرضع وقد يكون قاتلاً. ويبدو أن الحموضة المنخفضة في الجهاز الهضمي للرضيع تؤدي إلى نمو بكتيريا تقوم باختزال النترات وتحويلها إلى نيتريت والذي ينتقل إلى الدم. وللنتريت شراهة عالية للهيموجلوبين مقارنة بالأكسجين وبذلك يحل النتيريت مكان الأكسجين في الدم، مكونا الميثيموجلوبين. وبذلك فإن الجسم يحرم من الأوكسجين الضروري له وفي الحالات الشديدة يؤدي ذلك إلى اختناق المصاب حتى الموت، ولأن نقص الأوكسجين في الدم يؤدي إلى أن يصبح الجسم مائل إلى الزرقة ، فإن التسمم بالنترات يطلق عليه متوالية "الطفل الأزرق" أو ميثيموجلوبنيميا. وقد حددت وكالة حماية البيئة الأمريكية ومنظمة الصحة العالمية والهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس الحد الأقصى المسموح به لتركيز النترات لمياه الشرب بـ 45 ملجم/لتر [3 - 5].

ويعتبر أهم مصادر تلوث المياه بالنترات بالإضافة إلى المصادر الطبيعية النشاطات الزراعية المتنامية التي واكبها زيادة في استخدام كميات كبيرة من الأسمدة النيتروجينية والأسمدة العضوية ، وكذلك زيادة الاعتماد على نظام البيارات في التخلص من مياه الصرف الصحي حيث أن كمية المياه التي يتم جمعها في شبكات الصرف الصحي تمثل حوالي 36 % فقط من متوسط الإمداد الإجمالي اليومي لمياه الشرب في المملكة [6] .

وفي دراسة لجودة المياه في عدد من الآبار التي تخدم ست مدن مختارة في المملكة العربية السعودية وُجد أن أربعة من تلك المدن تحتوي مياهها على مستويات نترات تتجاوز الحد الأقصى المسموح به [7]. وفي دراسة أخرى أجريت على المياه الجوفية المالحة في وادي الرمة بالمملكة العربية السعودية تم جمع عينات مياه من عدد 100 بئر تقع على طول شريطين ضيقين شمال وجنوب الوادي [8] ، وقد وجدت الدراسة أن تراكيز النترات عالية وتتراوح بين 37 – 570 ملجم/لتر .وفي دراسة عام 1989م تم جمع عينات من 387 بئر في المملكة ووجد أن 7.8% من تلك العينات تجاوز النترات فيها الحد الأقصى المسموح به [9].

تهدف هذه الورقة إلى استعراض موجز لدراسة شاملة تجري حالياً لتحديد تركيز النترات في آبار مياه الشرب وفي مياه شبكات التوزيع في المنطقة الوسطى من المملكة العربية السعودية (الرياض، القصيم، حائل) ، مع دراسة كفاءة محطات المعالجة في إزالة النترات والتعرف على التغيرات الموسمية للنترات في المصادر وارتباط تركيزها في المصادر مع استخدامات الأراضي والتكوينات الجيولوجية [10].

خطة البحث

بدأ العمل في المشروع البحثي في محرم ١٤٢١هـ لتحقيق الأهداف التالية :

1 . جمع عينات من جميع الآبار العاملة والمستخدمة لأغراض الشرب وقت زيارة المواقع لتحديد مستويات النترات في المياه.

2 . تقييم كفاءة المحطات في إزالة النترات من المياه المغذية لتلك المحطات وذلك بجمع عينات من مواقع مختلفة من محطات التنقية العاملة في مناطق الرياض والقصيم وحائل .

3 . تقييم مستويات النترات ومدى التغير في التركيز خلال مرور المياه في ثلاث شبكات مياه مختارة (مدينة الرياض ، محافظة عنيزة ومدينة حائل) .

4 . دراسة التغيرات الموسمية لتركيز النترات في بعض الآبار المختارة .

5 . إجراء تجارب لإزالة النترات باستخدام الراتنجات .

وقد تم قياس درجة الحرارة ، العكارة ، الموصلية ، الرقم الهيدروجيني وقت جمع العينات كما تم إجراء التحاليل في المختبر لمجموع الأملاح الذائبة ، العسر الكلي ، القلوية ، الكلوريدات ، الكبريتات ، النترات ، الحديد والمنجنيز باستخدام الطرق القياسية [11] . وقد تم استخدام الكروموتجراف الأيوني (Dionex Dx-300) في تحليل النترات ، الكبريتات والكلوريدات .

النتائج والمناقشة :

نوعية مياه الآبار بشكل عام .

يوضح الشكل (1-3) التحليل التكراري (frequency analysis) لتركيزات النترات في عينات آبار منطقة الرياض ، القصيم وحائل ويوضح الجدول (1) مدى تفاوت تركيز النترات ، مجموع الأملاح الذائبة. العسر الكلي في مياه آبار منطقة الرياض والقصيم وحائل ومن دراسة نتائج التحاليل والمعلومات المتوفرة عن الآبار يتضح التالي:

1- أن 10 % من عينات المياه من آبار منطقة الرياض تجاوز تركيز النترات فيها الحد الأقصى المسموح به وكذلك 30 % من عينات آبار منطقة القصيم و 17 % من عينات آبار منطقة حائل .

2- يلاحظ ارتفاع تركيز النترات في بعض آبار كل من منطقتي القصيم وحائل حيث وجد أن تركيزه في 4 آبار في النبهانية بمنطقة القصيم يتراوح ما بين 401 إلى 884 ملجم / لتر . وحسب المعلومات المتوفرة عن تلك الآبار فإنها سطحية وتقل أعماقها عن 40 متراً . أما في منطقة حائل فقد وجد أن تركيز النترات في أحد الآبار 808 ملجم / لتر في حين أن تركيز النترات في بقية الآبار يتراوح بين 4.9 إلى 152 ملجم / لتر .

3- أن التركيزات العالية للنترات مرتبطة بالآبار السطحية ذات الأعماق المنخفضة وذلك نظراً لقابلية أيون النترات الشديدة للذوبان في الماء فإنه يتحرك مع المياه الجوفية بنفس سرعتها دون تحول (Transformation) أو تعطل (Retardation) هذا بالإضافة إلى أن الخزانات المائية الطبيعية الضحلة تتميز بوفرة الأكسجين (well Oxygenated) مما يجعل أيون النترات أكثر الأيونات الذائبة ثباتاً. مع ملاحظة أن هناك عدد قليل من

الآبار ذات الأعماق الكبيرة في كلا من الرياض والقصيم لوحظ فيها ارتفاع تركيز النترات مما يشير إلى احتمال وجود خلل في تغليف البئر مما أدى إلى وصول مياه ذات مستوى مرتفع من النترات واختلاطها بالمياه العميقة.

4- أن غالبية الآبار تقع في مناطق ذات استخدامات زراعية وسكنية.

جدول (1) مدى تراكيز النترات ، ومجموع الأملاح الذائبة والعسر الكلي لعينات آبار منطقة الرياض ، القصيم ، حائل وعدد العينات التي تجاوزت الحد المسموح به

المنطقة	عدد الآبار	الخاصية	التركيز ملجم / لتر			عدد الآبار التي تجاوزت الحد المسموح به	النسبة %
			أدنى	أقصى	المتوسط		
الرياض	200	النترات	2.5	243.4	18.48	20	10
		مجموع الأملاح الذائبة	326	4638	1506.5	144	72
		العسر الكلي	163	2300	687.8	144	72
القصيم	108	النترات	3.0	884.4	60	33	30
		مجموع الأملاح الذائبة	308	1128	1127.7	38	35
		العسر الكلي	168	2400	463	33	30
حائل	40	النترات.	4.9	808	51.3	7	17
		مجموع الأملاح الذائبة	228	5758	1181	11	27
		العسر الكلي	140	3140	447	10	25

الآبار المستخدمة للشرب بدون تنقية :

يوضح الجدول (2) عدد الآبار التي جمع منها عينات ويتم استخدامها مباشرة (بدون تنقية) وتتجاوز المواصفات في كلاً من منطقة الرياض، القصيم ، حائل ومن ذلك يلاحظ التالي :

1- بلغ عدد الآبار في منطقة الرياض التي تستخدم مباشرة بدون تنقية 77 بئر . وجد أن 22 % من تلك الآبار يتجاوز تركيز النترات فيها الحدود المسموح بها حيث بلغ حدود التركيز ما بين 45.7 إلى 243.4 ملجم / لتر . كما أن 63.6% من تلك الآبار يتجاوز تركيز مجموع الأملاح الذائبة فيها الحدود المسموح بها حيث يبلغ حدود التركيز مابين 1008 إلى 4638 ملجم / لتر و 66.2 % من الآبار يتجاوز تراكيز العسر الكلي فيها الحدود المسموح بها حيث يبلغ حدود التركيز ما بين 500 إلى 2300 ملجم / لتر .

2- بلغ عدد الآبار في منطقة القصيم التي تستخدم مباشرة 62 بئراً . 20.9 % منها يتجاوز تراكيز النترات فيها الحدود المسموح بها ويتراوح التركيز به ما بين 48.7 إلى 884.4 ملجم / لتر و 30.6 % من الآبار تجاوز تركيز مجموع الأملاح الذائبة الحد المسموح بها ويتراوح التركيز بها ما بين 1024 إلى 4664 ملجم / لتر و27.4 % تجاوزت الحد المسموح بها للعسر الكلي ويتراوح التركيز بها ما بين 524 إلى 2400 ملجم / لتر .

3- بلغ عدد الآبار في منطقة حائل التي تستخدم مباشرة 36 بئر 19 % منها تجاوزت الحد المسموح به للنترات ويتراوح التركيز بها ما بين 46.2 إلى 808.5 ملجم / لتر و27.5 % منها تجاوزت الحد المسموح بـه لتركيز مجموع

الأملاح الذائبة ويتراوح التركيز بها مابين 112.0 إلى 5758 ملجم / لتر و25 % منها تجاوزت الحد المسموح به للعسر الكلي ويتراوح التركيز بها ما بين 584 إلى 3140 ملجم / لتر .

جدول (2) الآبار التي تجاوزت الحد المسموح به لتركيز النترات ، ومجموع الأملاح الذائبة ، والعسر الكلي ويتم استخدامها مباشرة بدون تنقية

	الخاصية	عدد الآبار	حدود التركيز في عينات مياه الآبار ملجم/لتر
الرياض	النترات	17	243.4 – 45.7
	مجموع الأملاح الذائبة	49	4638 - 1008
	العسر الكلي	51	2300 - 500
القصيم	النترات	13	884.4 – 48.7
	مجموع الأملاح الذائبة	19	4664 – 1024
	العسر الكلي	17	2400 – 524
حائل	النترات	7	808.5 – 46.2
	مجموع الأملاح الذائبة	11	5758 – 1120
	العسر الكلي	10	3140 - 584

علاقة النترات بالطبقات الحاملة للمياه :

تعتمد آبار مناطق الدراسة على عدة متكونات حاملة للمياه منها متكونات رئيسية وأخرى ثانوية وبأعماق مختلفة وبعضها متكونات محصورة وأخرى غير محصورة ، فمن أهم المتكونات التي تعتمد عليها المنطقة الوسطى من المملكة متكون الساق ، الوسيع ، المنجور ، البياض ، الوجيد ، كما تعتمد على مجموعة من الحقول السطحية ولا تتوفر معلومات عن جميع الآبار التي تم جمع العينات منها سواء عن المتكون أو عمق البئر ويوضح الجدول (3) أدنى وأعلى ومتوسط تركيز النترات وعلاقته مع التكوينات الجيولوجية للعينات التي تم جمعها من الآبار ويتوفر معلومات عنها ومن ذلك يستنتج التالي :

1- أن التراكيز العالية نسبياً للنترات مرتبطة بالتكوينات غير المحصورة والحقول السطحية ويلاحظ ذلك في متكون الساق حيث يزيد تركيز النترات في الجزء غير المحصور مقارنة بالجزء المحصور منه .

2- أن أغلب الآبار التي يتجاوز تركيز النترات فيها الحد المسموح به صنفت على أنها تعتمد على حقول سطحية .

3- بعض الآبار التي تعتمد على متكونات محصورة وعميقة مثل متكون الساق أظهرت تركيزات عالية للنترات مما يدل على وجد خلل في تغليف البئر كما أن بعضها لا تتوفر معلومات عن أعماقها للتأكد من المعلومات المتوفرة عن المتكون .

كفاءة محطات التنقية في إزالة النترات

تم تقييم كفاءة محطات التنقية العاملة في مناطق الدراسة(الرياض، القصيم ، حائل) وعددها 18 محطة ، حيث أظهرت النتائج أن تركيز النترات في الماء الخام المغذي لمحطات التنقية يتراوح ما بين 2.9 إلى 84.8 ملجم/لتر ووجد أن التركيز في ناتج المحطات النهائي يتراوح ما بين 1.2 إلى 45.2 ملجم/لتر بنسبة إزالة تصل إلى 69.2 % .

جدول رقم (3) مدى تركيز النترات وعلاقته بالمتكونات الجيولوجية

المتكون	عدد الآبار	أدنى تركيز	أعلى تركيز	المتوسط
رواسب	21	12.8	808.5	77.86
رواسب + طبقات	17	4.6	18.8	12.76
البياض	10	8.0	68.2	27
البياض + الوسيع	32	3.9	14.6	8.6
الوسيع	10	4.8	12.8	9.21
العرب	8	9.6	64.2	21.36
أم رضمة+ النحور	6	2.5	50.8	23.6
المنجور	47	3.5	16.5	5.7
وحيد	4	2.4	26.7	15.5
الساق	46	3	142.6	20.0

تركيز النترات في شبكات المياه :

لدراسة تركيز النترات في شبكات المياه فقد تم جمع عينات من 92 نقطة في شبكة مدينة الرياض و 65 نقطة من شبكة محافظة عنيزة و40 نقطة من شبكة التوزيع في مدينة حائل . ووجد أن تراكيز النترات لشبكة مدينة الرياض لم تتجاوز الحد المسموح به أما في محافظة عنيزة فإن الأحياء التي تغذي بمياه محطة التنقية فإن التراكيز للنترات أيضاً لم تتجاوز الحد المسموح به في حين أن الأحياء التي تغذي بخليط من مياه الآبار ومحطة المعالجة وجد أن 4 عينات من أصل 25 عينة تجاوز فيها تركيز النترات الحد المسموح به ويرجع ذلك إلا أن بعض الآبار المغذية للشبكة تجاوز تركيز النترات بها الحد الأقصى المسموح به ، أما تلك الأحياء التي تغذى بمياه الآبار فقط فقد تم جمع 25 عينة من الشبكة ووجد أن عينة واحدة فقط تجاوزت الحد المسموح به مع أن الآبار المغذية للشبكة لم يتجاوز التركيز بها الحد الأقصى المسموح به مما يدل على وجود مصادر خارجية تسببت في زيادة تركيز النترات. وفي مدينة حائل فقد تم جمع 40 عينة من الشبكة ووجد أن جميع التراكيز لم تتجاوز الحد الأقصى المسموح به .

التغيرات الموسمية للنترات :

ولدراسة التغيرات الموسمية فقد تم اختيار 4 آبار في منطقة الرياض و5 في منطقة القصيم وقد روعي أن تكون ذات أعماق وتراكيز مختلفة كما روعي تنوع استخدامات الأراضي في المناطق المحيطة بالآبار فتم اختيار آبار تقع في مناطق سكنية وأخرى

في مناطق زراعية وبدأ جمع عينات المياه منها بتاريخ 1422/4/25هـ (2001/6/16م) وتدل النتائج الأولية إلى أنه لم يحدث تغير في تركيز النترات في أغلب الآبار . وحيث أن فترة جمع العينات لم يتخللها هطول أمطار فإن جمع العينات ما زال مستمراً وسوف يتضح – إن شاء الله – لاحقاً مدى تأثير هطول الأمطار على تركيز النترات .

إزالة النترات باستخدام الراتنجات .

تم تصميم وتركيب محطة تجريبية لإجراء التجارب لإزالة النترات باستخدام ثلاثة أنواع من الراتنجات . وقد تم اختيار ثلاث آبار في منطقة القصيم ذات مستويات متفاوته من النترات ، الكبريتات ، الكلوريدات ، ومجموع الأملاح الذائبة لعمل تقييم للراتنجات في إزالة النترات . وما زالت تلك التجارب مستمرة وسيتم نشر نتائجها في دراسات قادمة إن شاء الله .

الخلاصة والتوصيات

استعرضت الورقة نتائج تحليل عينات مياه آبار الشرب في مناطق الرياض والقصيم وحائل وقد اتضح أن تركيز النترات تجاوز الحد المسموح به في 10 % ،30 % و 17 % من أبار منطقة الرياض والقصيم وحائل على التوالي . وقد تم تقييم كفاءة محطات تنقية ووجد أن نسبة الإزالة للنترات يصل إلى 69.2 % مما يؤدي إلى خفض تركيز النترات إلى الحد المسموح به ، كما تم جمع عينات من شبكات المياه في كل من مدينة الرياض ومحافظة عنيزة ومدينة حائل ووجد أن العينات لم تتجاوز تركيز النترات المسموح به في أغلب العينات ما عدا عينة واحدة في محافظة عنيزة . وحيث أن عدد من تلك الآبار يتم معالجة مياهها فإنها لا تشكل خطراً على الصحة ، ولكن هناك عدد من تلك الآبار يتم استخدامها مباشرة بدون تنقية .

وبناء على ذلك فإنه يوصى بالمراقبة المستمرة لتركيز النترات سواء في آبار الشرب ومحطات التنقية وشبكات التوزيع . كما أنه من الضروري اتخاذ الخطوات اللازمة حيال تلك الآبار التي تستخدم مباشرة دون تنقية ويتجاوز التركيز فيها الحد المسموح به.

شكر : يشكر المؤلفون مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية على دعمها الدراسة تحت منحة رقم أ ت ١٥-١٥ . كما يشكرون مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض ومصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة القصيم ووزارة الزراعة والمياه على تسهيل مهمة الفريق البحثي في إجراء الدراسة

1. Othman, M.N., 1983 Water and Development in Kingdom of Saudi Arabia, Tihama, 1st ed.

2. Spalding, R.F. and M.E. Exner, 1993, Occurrence of Nitrate in Groundwater. A Review. J. Environ, Qual, 22:392-402.

3. U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1989, National Primary and Secondary Drinking Water Regulations, Proposed Rule, Fed. Reg., 54:22077.

4. World Health Organization (WHO), 1984, Guidelines for Drinking Water Quality, Recommendation, Geneva.

5. Saudi Arabian Standard Organization, 1993, Bottled and Non-Bottled Drinking Water Standards. SSA# 701/1993.

6. Al-Saati, A., and S. Taher, 1996, Damage and Costs Associated with the Use of Cesspools in Saudi Arabia. Proceedings of the Symposium on Wastewater Treatment and Reuse, Nov. 18-20, 1996, College of Engineering, King Saud University, Riyadh, 132-154.

7. Manwaring, J.F., Lee, R.G., and J.W. Hoffbuhr, 1980, Quenching the Thirst for Potable Water in Arid Saudi Arabia. J. AWWA, 72:656-65.

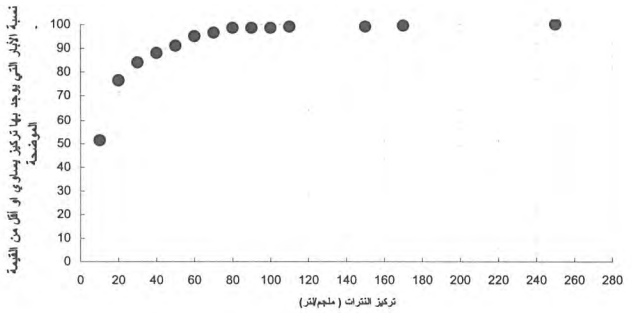
8. Sowayan, A.M. and R. Allayla, 1989, Origin of the Saline Groundwater in Wadi-Ar-Rumah, Saudi Arabia. Groundwater, 27 (4): 481-490.

9. Aljubair, A.K.S., 1991, Nitrate Pollution of Waters from Some Water Wells in Saudi Arabia and Isolation of Denitrifying Bacteria. M.Sc. Thesis, Arab Gulf University, Manama, Bahrain.

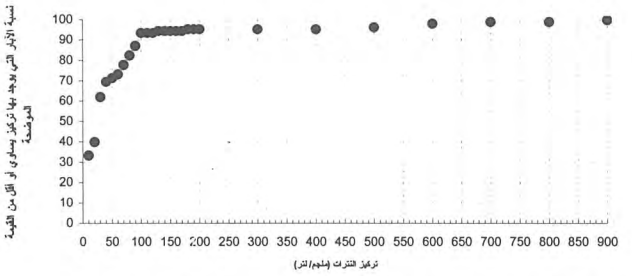
10. Alabdula'aly, A.I., Al-Rehali A., Al-Zarah, A. and M.A. Khan, 2001, Occurrence of Nitrates and Its Removal from Drinking Water of the Central Region of Saudi Arabia, First Technical Report, Project ARP 15-15, King Abdulaziz City for Science and Technology.

11. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 1998, 20th Ed. APHA, AWWA, WEF.

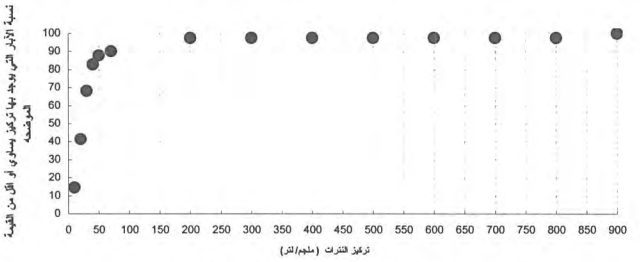
12. Alabdula'aly, A.I., Al-Rehali A., Al-Zarah, A. and M.A. Khan, 2001, Occurrence of Nitrates and Its Removal from Drinking Water of the Central Region of Saudi Arabia, Second Technical Report, Project ARP 15-15, King Abdulaziz City for Science and Technology.



شكل (1) توزيع تركيز النترات في آبار منطقة الرياض [10]



شكل (2) توزيع تركيز النترات في آبار منطقة القصيم [12]



شكل (3) توزيع تركيز النترات في آبار منطقة حائل [12]

مشاكل شبكات المياه في الجمهورية اليمنية

الدكتور فضل علي التربلي، ومحمد بشار المفتي

مشاكل شبكات المياه في الجمهوريه اليمنيه

د. فضل علي التريلي-كلية الهندسه-جامعة صنعاء ص ب: ١٣٧٩٠ صنعاء

د. محمد بشار المفتي-كلية الهندسه المدنيه-جامعة دمشق

الملخص

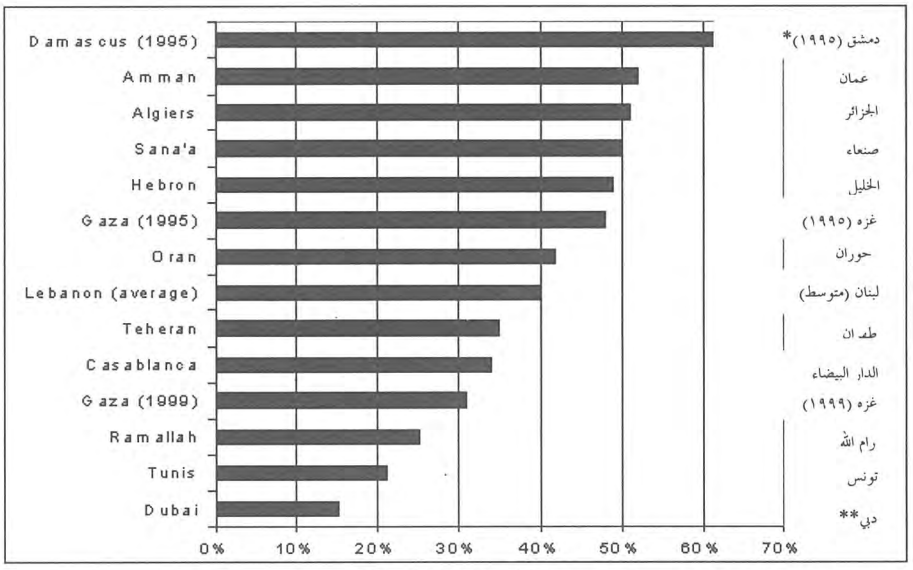
تعاني الجمهوريه اليمنيه من نقص حاد في الموارد المائيه كونها تقع ضمن الحزام اليابس في المنطقه بحسب الدراسات المائيه التي أجريت بهذا الصدد. ونتيجة لذلك، تقوم مؤسسات المياه في معظم أنحاء اليمن باتباع طريقة التحصيص في توزيع مياه الشرب على المشتركين. كما تعاني مؤسسات المياه في اليمن من مشاكل خطرة أدت إلى إعاقة تطويرها وإمكانية تقديم الخدمات المطلوبه، وهذا بدوره أدى الى زيادة نسبة المياه الفاقده في الشبكة وتسبب في خسارة في الكثير من المياه والأموال. ولإصلاح هذا الخلل تبنت المؤسسه العامه للمياه والصرف الصحي اللامركزيه، وأعطت صلاحيات كامله للمؤسسات المحليه والفروع في مختلف محافظات الجمهوريه في إدارة المؤسسات بشكل مستقل، بهدف تقوية واستدامة استخدام المياه. ونظرا لغياب الإطار القانوني والنظام المؤسسي الذي يكفل اتخاذ التدابير اللازمه والقيام بالإدارة الكفوءه لمصادر المياه وعدم قدرة هذه المؤسسات على فرض السياسات المائيه والقوانين اللازمه لتسيير مشاريع المياه. كل هذه الإسباب أغرت بعض المشتركين في شبكة مياه الشرب بإساءة استخدام الشبكه و رفض تسديد قيم فواتير المياه المستهلكه من قبلهم. هذه الأسباب مجتمعه زادت الخساره الماديه وأصبح المردود المادي ضعيفاً مقارنة بالمبالغ المستثمرة في هذه المؤسسات. ومن الجدير بالذكر أن اللامركزيه ساعدت أيضا على تحديد تسعيرة خاصه لكل مؤسسة مياه في مختلف محافظات الجمهورية وذلك حسب الظروف المحلية. يتم في هذه الورقه مناقشة خمسة مشاكل: ندرة المياه وسوء استخدامها، المشاكل الفنية، المشاكل الإدارية، المشاكل المالية، والمشاكل القانونية، حيث تم تصنيفها واعتبارها النقاط الرئيسيه التي يمكن الوقوف عندها وتحليلها في محاولة للوصول إلى صيغ واضحة تساعد مؤسسات المياه في اليمن على تقليل المياه الفاقده. كما يتم التعرض للأسباب التي أدت الى تغيير التعرفه في كل مؤسسة في مختلف محافظات الجمهوريه. تعتبرهذه الورقه خلاصه لنقاش مكثف حول مشكلة المياه الفاقده في اليمن تمت خلال ثماني دورات عقدت في مركز المياه والبيئة في جامعة صنعاء، حضرها العديد من مدراء المؤسسات والمهندسين والإداريين والمحاسبين والمهنيين في مختلف مؤسسات المياه في الجمهوريه اليمنيه. وفي الأخير تم إقتراح عدة توصيات منها وضع سياسه للتعرفه قائمه على أساس من العداله بين مواطني الجمهوريه بحيث تكون متساويه في جميع أنحاء الجمهوريه مع الأخذ في الإعتبار ندرة المياه وطبيعة المناخ، بالإضافه الى التقليل من الفاقد والذي بدوره سيقلل من التعرفه، ثم وضع ضوابط لإستخدامات المياه في المرافق والمنشآت التي تستهلك كميات كبيره من المياه مثل المساجد والمدارس والمعسكرات والمستشفيات وورش غسيل السيارات والمسابح، ثم وضع آليه لإلزام المؤسسات الحكوميه وأصحاب الوجاهات لتسديد فواتير المياه.

مفاتيح كلمات: المياه الفاقده، شبكه، تعرفه، مشاكل، مؤسسات، اليمن

مقدمه

تعد المياه الصالحه للإستخدام البشري سلعه عالية القيمه، يلزم للحصول عليها إنشاء منظومه متكامله تبدأ بحفر وإنشاء الآبار وتزويدها بالمضخات والتجهيزات اللازمه لسحب المياه في حال استخدام المياه الجوفيه، وإنشاء وتجهيز وحماية منشآت جمع وسحب المياه عند استخدام مصادر المياه السطحيه، ويضاف الى ذلك انشاء وتجهيز محطات تنقية المياه والتي تهدف الى تحسين نوعية المياه وجعلها قابله للإستخدام البشري دون حصول آثار جانبيه ضاره، بالإضافة الى شبكات توزيع المياه وملحقاتها التي تقوم بإيصال المياه الى المستهلكين باختلاف أصنافهم. إن إنشاء هذه المنظومه وتشغيلها وصيانتها يتطلب تخصيص وإنفاق رؤس أموال كبيره، تتضمن سعر الطاقه الكهربائيه اللازمه، أسعار المواد الكيميائيه المستخدمه لتنقية المياه، أسعار قطع الغيار، أجور عمال التشغيل والصيانه... هذه الأموال يصعب في كثير من الأحوال الحصول عليها، لذا كان من الأهمية بمكان تشغيل هذه المشاريع بمردود أعظمي، والمحافظه على كل قطرة ماء من الضياع دون الإستفاده منها.

تعرف فواقد المياه من الشبكات بأنها كمية المياه التي تفقد من الشبكه خلال مرور المياه عبرها. تعتبر قلة نسبة الفاقد أحد أهم المؤشرات على كفاءة مؤسسات المياه في إدارة المياه البلديه، فعلى سبيل المثال بلغت في سنة 1991 أدنى نسبة لها 1٪ في سنغافوره بينما بلغت 40% في كلومبيا (بوجوتا) (*World Bank*)، وفي اليمن قد تصل نسبة هذه الفواقد الى حوالى ٥٠٪ أو أكثر من كمية المياه المضخوخه في الشبكه كما هو الحال في صنعاء وتعز وذلك نتيجة لقدم الشبكات والتوصيلات غير القانونيه (الصلوي ونوري، ١٩٩٦). والشكل (١) يعطي فكره عن فواقد شبكات المياه في بعض المدن العربية (World Bank, 2000).



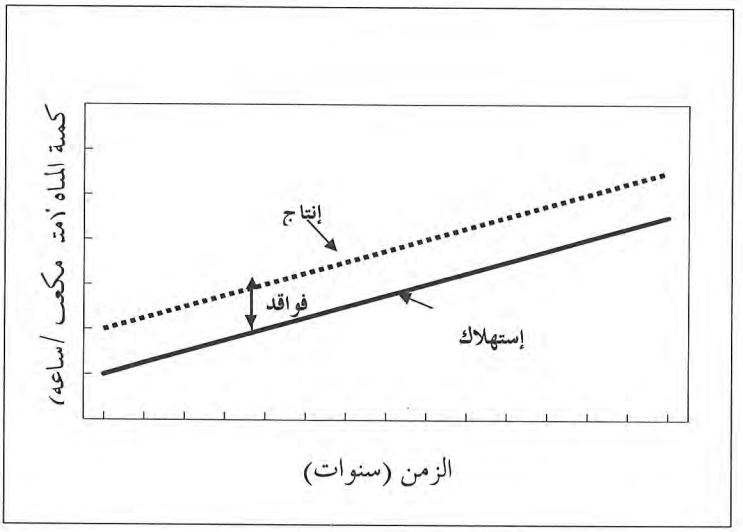
الشكل (١) فواقد شبكات المياه في بعض المدن العربيه (World Bank, 2000).

*الفاقد المرتفع في دمشق في سنة ١٩٩٥ قد تم تقليله.

**الفاقد القليل في دبي بسبب الإستهلاك العالي للفرد والذي أدى بدوره الى تقليل الفاقد المطلق لكل كيلومتر من الشبكه مقارنة بالإستهلاك العالي للشخص.

أثر فواقد المياه من الشبكات على تشغيل وإدارة مؤسسات المياه

يوضح الشكل (٢) مقارنه إفتراضيه بين استهلاك المياه وانتاجها لمدينة ما. يوضح الخط السفلي الإستهلاك المسجل ويلاحظ تزايده مع الزمن، بينما يوضح الخط العلوي الإنتاج المسجل والمطلوب لتغطية الطلب، والمسافه بين الخطين هي كمية الفواقد في شبكة المياه والتي تمثل المياه التي أنتجت لكنها فقدت في الشبكه وبالتالي لم تسجل وحتى لم تُقدر أو تعتبر مستهلكه، وإلا سيحصل عجز في التغذيه يجبر المؤسسه على اتباع اجراءات معينه للتغلب عليه، مثل اللجوء الى سياسة التحصيص في توزيع المياه، أو التقليل من الفواقد. والإجراء الأخير سيجعل كمية المياه المنتجه خلال السنه الواحده على سبيل المثال تكفي المستهلكين لعدد أكبر من السنوات.



الشكل (٢) مثال افتراضي على تعريف الفواقد بفرض استهلاك وإنتاج المياه لمدينة ما.

ويمكن تصنيف الفوائد التي تجنيها مؤسسات المياه نتيجة تقليل الفواقد من الشبكه الى: فوائد اقتصاديه، فوائد ماديه، و فوائد تنظيميه، ويمكن تفصيلها كمايلي (EDI-14):

الفوائد الإقتصاديه

- تأجيل النفقات الإضافيه لأن الإنتاج الحالي يغطي الإحتياج لفتره أطول من الزمن. فكما هو واضح من الشكل (٢) فإن نفقات زيادة الإنتاج في المثال الإفتراضي يمكن تأجيلها حتى سنوات قادمه. في هذه الحاله يمكن استخدام الوفر الذي حققته المؤسسه في أغراض أخرى.
- تخفيض نفقات الإنتاج المرافقه لتقليل كمية المياه التي لا ضرورة لإنتاجها عند التحكم بالفاقد، يرافق ذلك توفير تكاليف التشغيل المصاحبه للإنتاج مثل أسعار الطاقه والمواد الكيميائيه المستخدمه.

- تخفيض حجم محطات الضخ ومحطات التنقيه اللازمه، مما يعني تخفيضا لرأس المال اللازم. بالإضافه إلى أن تقليل كميات المياه المنتجه سيقلل تكاليف تصريفها ومعالجتها.

الفوائد الماديه

- عند التقليل من الفاقد سيتم استغلال المياه المنتجه في زيادة عدد المستفيدين، مما يعني زيادة دخل المؤسسه نتيجة بيع تلك المياه التي كانت ستهدر، الأمر الذي سينعكس بشكل إيجابي على وضعها المالي.

- عند التقليل من الفاقد فإن كلفة التشغيل ورأس المال سيكونان أقل مما سيخفض فوائد القرض اللازم لتغطية الفرق. إضافة الى ذلك، لن يكون هناك استهلاك للأجهزه والمعدات اللازمه لزيادة الإنتاج كونها لم تشترى و لم تركب أصلا.

الفوائد التنظيميه

إن تطويرالمؤسسه لطرق التشغيل والتحكم بالإنتاج والإستهلاك يؤدي الى زيادة المردود المادي الذي بدوره يسهل عملية اختيار العاملين ذوي الكفاءه العاليه، كما يؤدي الى وضع سياسه واضحه للتسويق والوصول الى إداره مبنيه على أساس معلوماتي صحيح يمكن على أساسه التخطيط للنشاطات المستقبليه.

وخلاصة، فإن الحد من الفواقد يزيد الدخل ويقلل تكاليف التشغيل واستهلاك المعدات والتجهيزات مما يؤدي الى زيادة الأرباح. وهذا ينعكس بشكل ايجابي على أداء إدارة الأفراد، مما يمكنها من توفير مرتبات تنافسيه لجذب العاملين ذوي الكفاءات المتميزه والحفاظ عليهم. يضاف الى كل ذلك الحصول على معلومات دقيقه، استقرار ضغط المياه في الشبكه، التقليل من الحاجه للتحصيص، الحد من التلوث اللاحق للمياه في الشبكه، تقليل التغيرات الفصليه في الإستهلاك، دقة المعلومات الإحصائيه عن المستهلكين والإستهلاك. كما أن التكاليف المطلوبه لتغطية برنامج التقليل من المياه الفاقده أقل بكثير من تكاليف إنتاج تلك المياه المفقوده، ناهيك عن المحافظه على المياه التي تعتبر موردا نفيسا نظرا لندرته في اليمن.

أسباب الفواقد

صنفت أسباب الفواقد الى فيزيائيه وإداريه (EDI-14; Niemeyer et al., 1996; *World Bank*) .

وتحصل الفواقد الفيزيائيه نتيجة لمايلي:

التسرب عن طريق الوصلات والمحابس والأنابيب ذات النوعيه الرديئه أو نتيجة لسوء تنفيذ الشبكه وربما عن طريق الأنابيب نتيجة لكسرها أو تآكلها أو لهبوط التربه حولها أو وجود كتل حجريه كبيره بتماس مباشر مع الأنابيب، وقد يكون نتيجة لتآكل الأنابيب من الداخل أو من الخارج، كما قد يكون نتيجة للأحمال المروريه وحركة المواصلات الكثيفه، أو نتيجة لإرتفاع ضغط المياه أكبر من المقاومه التصميميه للأنبوب، أو نتيجة للإغلاق المفاجئ للصمامات أو المضخات والذي يؤدي الى حدوث الصدمه المائيه. كما قد يكون أيضا نتيجة للحفر بجوار الشبكه دون الإنتباه لوجودها أو نتيجة للصقيع وتجمد المياه ضمن الأنابيب، ويمكن أن يكون نتيجة لإنتهاء العمر التصميمي للشبكه وملحقاتها. وكذلك يمكن أن تحصل الفواقد بسبب تشققات في جدران الخزانات أو فيضانها نتيجة لعدم وجود أو تعطل العوامه.

أما الفواقد الإداريه فتحصل نتيجة لمايلي:

- أعطال بسبب العدادات: وهذه إما أن تكون بسبب عدم وجود العدادات واللجوء الى التقدير وبالتالي يتضمن خطأ، أو أن تكون نتيجة لعدم دقة العداد وقلة حساسيته نتيجة لتراكم الرواسب (مثل الحديد والمنجنيز والطمي) التي تحملها المياه داخل العدادات (في حالة العدادات الرطبه)، وربما يكون نتيجة لعدم كفاءة القارئ وعدم تدريبه على قراءة العداد نتيجة لنوعية العداد، أو يمكن أن يكون نتيجة لتسجيله قراءات أقل من الواقع.
- التوصيل غير القانوني من الشبكه: ويكون ذلك عن طريق التوصيل من الشبكه بدون إذن مسبق من المؤسسه أو التوصيل من نقطه قبل العداد أو عن طريق وصله مدفونه في الأرض.
- سوء العلاقه بين المستهلك والمؤسسة: والذي يؤدي الى عدم التبليغ في حالة وجود أي كسور أو توصيلات غير قانونيه أو نتيجة لعدم تجاوب المؤسسه في حال التبليغ.

وضع مؤسسات المياه في اليمن

تم إنشاء المؤسسات المحليه على أساس دراسات إصلاح قطاع المياه والصرف الصحي التي بدأت عام ١٩٩٦م عبر مؤسسة كالرماتن الأمريكيه وكذلك بموجب قرار مجلس الوزراء رقم (٢٣٧) لعام ١٩٩٧ بشأن برنامج سياسات إصلاح قطاع المياه والصرف الصحي (لم ينشر في الجريده الرسميه) وكان إنشاء أول مؤسسه محليه في أمانة العاصمه صنعاء بموجب القرار الجمهوري رقم (٥٣) لعام ٢٠٠٠ (الجريده الرسميه، ٢٠٠٠)، ثم تلى ذلك إنشاء ست مؤسسات محليه في عدن، الحديده، تعز، إب، المكلا، ووادي حضرموت، وبالتالي أصبح عدد المؤسسات المحليه سبع مؤسسات محليه ذات استقلال مالي وإداري، تزاول مهامها بموجب قرارات إنشائها وماتزال بقية الفروع الأخرى تابعه للمؤسسه العامه للمياه والصرف الصحي.

وحاليا تعاني مؤسسات المياه في اليمن من العديد من المشاكل التي تعيقها عن تطوير الخدمات التي تقدمها وتسبب ذلك في هدر المياه ورؤوس الأموال. ويمكن تصنيف هذه المشاكل الى خمسه محاور رئيسيه:

- مشكلة ندرة المياه واستنزاف الموارد المائيه
- مشاكل فنيه
- مشاكل إداريه
- مشاكل ماليه
- مشاكل قانونيه

مشكلة ندرة المياه واستنزاف الموارد المائيه

تصنف اليمن ضمن المناطق شبه القاحله حيث يتراوح الهطول المطري فيها بين ٥٠-٤٠٠ مم سنويا (تختلف من منطقه الى أخرى)، وبذلك يقدر نصيب الفرد بحوالى ١٣٠مترمكعب سنويا من المياه المتجدده بينما يقدر معدل نصيب الفرد في العالم بحوالى ٧٥٠٠ متر مكعب سنويا ونصيب الفرد في دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ١٢٥٠ متر مكعب سنويا (يعتبر خط الفقر ١٠٠٠ متر مكعب للفرد في السنه). ومن ذلك يتضح أن معدل الفرد في اليمن لايتعدى 2% من نصيب الفرد في العالم و11% من نصيب الفرد في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا هذا إضافه لكونها أسفل سلم الدول الواقعه تحت خط الفقر المائي (World Bank, 1997).

بدأت المشكله في اليمن منذ منتصف السبعينات عندما بدأ حفر الآبار العميقه واستخراج المياه بشكل كبير لإستخدامها في الزراعه حيث بلغ عدد الآبار التي تم حفرها أكثر من ٤٥ ألف بئر منها مايقارب خمسه ألاف بئر في صنعاء يستخدم معظمها في الري.. وقد أدى الضخ الجائر الى هبوط منسوب المياه بحيث بلغ ٦ أمتار سنويا في بعض الحالات (Al-Hamdi, 2000 ; الموجي, ١٩٩٦).

وقد قدرت الدراسات (Obadi, (1999 in ESCWA, 2001); Al-Hamdi, 2000; العولقي، ١٩٩٨)كمية المياه المتجدده التي تغذي الأحواض المائيه بمليار مترمكعب سنويا إضافه الى الف وخمسمائة مليون متر مكعب مياه سطحيه يمكن الإستفاده منها. بينما مايتم ضخه من الخزان الجوفي يقارب المليارين وتسعمائه مليون متر مكعب في سنة ١٩٩٠ أي بفارق قدره أربعمائة مليون، بل أن كمية الإستنزاف وصلت إلى سبعمائة مليون متر مكعب في سنة ١٩٩٥م ويتوقع أن تصل الى مليار في سنة ٢٠١٠م. وبهذا القدر من السحب يتوقع أن يجف الحوض الجوفي في المناطق الغربيه من اليمن في خلال ٥٠ سنه. إن هذه الفجوه ليست موزعه بصوره متساويه وانما ظهرت بشكل كبير في بعض الأحواض، مثل أحواض صنعاء و صعده وعمران ورداع وتعز.

ومما يزيد حجم المشكله إيلاما أن لقات والذي له تأثير سلبي على المجتمع اليمني إستهلك من المياه الجوفيه ٦٩٥ مليون متر مكعب في سنة ١٩٩٦ ووصل الى ٧٥٦ مليون متر مكعب في سنة ٢٠٠٠م في جميع المحافظات اليمنيه (خضر،(٢٠٠١ في المؤتمر الوطني بشأن القات، ٢٠٠٢).

وإذا ما أخذنا بعين الإعتبار أن التنميه الفاعله لإدارة الموارد المائيه (والتي تشتمل على الإطار المؤسسي أي الإداره القانونيه الناظمه) تعتبر ذات أهميه عاليه لنمو مستمر لتخفيض الفقر المائي في معظم البلدان الناميه ومع هذا فإن التحديات في قطاع الموارد المائيه أصبحت أكثر تعقيدا وتشبيطا نتيجة للصعود المستمر في ندرة المياه بالإضافه الى تدني التوعيه والمشاكل المتصاعده في الجوانب البيئيه والإجتماعيه والتي أصبحث أكثر تحديا.

وبناء على ذلك فقد ساعدت اللامركزيه في محاولة حل مشاكل المؤسسات والإستقلال المالي مع الأخذ في الإعتبار عند تحديد التعرفه المائيه أن تكون تكلفة المتر المكعب غير متساويه في جميع أنحاء الجمهوريه وذلك نتيجة لإختلاف الظروف الطبيعيه في مختلف مناطق الجمهوريه اليمنيه. وعند مقارنتها مع بعض الدول العربيه والأجنبيه نجد أن التعرفه تعتبر نوعاما عاليه بالنسبه للسعوديه مثلا التي يدفع المستهلك فيها ٠,١٤ دولار للمتر المكعب (للمائة متر مكعب الأولى) (نوري عثمان، ١٩٩٩) وكذلك البحرين التي يدفع المستهلك فيها ٠,٨ دولار (الصوفي، ١٩٩٩) وبعض الدول الأجنبيه. (جداول ١ ، ٢)

جدول ١: تسعيرة المياه للإستهلاك المترلي في المؤسسات المحليه للمياه والصرف الصحي للعام ٢٠٠٢ لمختلف الشرائح ($=١٧٦ ريال يمني) (وزارة الكهرباء والمياه، تواصل شخص).

الشريحه	الفئه	أمانة العاصمه ($)	محافظة عدن ($)	محافظة تعز ($)	محافظة الحديده ($)	محافظة إب ($)	محافظة حضرموت ($)
المترليه والمساجد	١-٥	٠,٢٠	٠,١١	٠,١٧	٠,١١	٠,١١	٠,١١
	٦-١٠	٠,٢٦	٠,١١	٠,٢٣	٠,١١	٠,١١	٠,١١
	١١-٢٠	٠,٤٥	٠,٢٣	٠,٤٣	٠,٢٠	٠,٢٦	٠,٢٦
	٢١-٣٠	٠,٧٥	٠,٣٧	٠,٧٤	٠,٤٠	٠,٤٣	٠,٣٧
	٣١ فأكثر	٠,٩١	٠,٤٥	١,١	٠,٥٧	٠,٥٢	٠,٤٥
حكومي	١-١٠	٠,٩١	٠,٥٤	٠,٥٧	٠,١١	٠,٥٢	٠,٦٨
	١١-٢٠	٠,٩١	٠,٥٤	٠,٥٧	٠,٢٠	٠,٥٢	٠,٦٨
	٢١-٣٠	٠,٩١	٠,٥٤	٠,٧٧	٠,٤٠	٠,٥٢	٠,٦٨
	٣١ فأكثر	٠,٩١	٠,٥٤	١,٠٩	٠,٥٧	٠,٥٢	٠,٦٨
تجاري وصناعي وبناء	١-٥	٠,٩١	٠,٥٤	٠,٤٥	٠,٥٧	٠,٥٢	٠,٦٨
	٦-١٠	٠,٩١	٠,٥٤	٠,٧٧	٠,٥٧	٠,٥٢	٠,٦٨
	١١-٢٠	٠,٩١	٠,٥٤	١,٢٨	٠,٥٧	٠,٥٢	٠,٦٨
	٢١ فأكثر	٠,٩١	٠,٥٤	١,٣٦	٠,٥٧	٠,٥٢	٠,٦٨

جدول ٢: أسعار مياه الشرب في بعض دول العالم (نوري عثمان(١٩٩٩) ; عبدالغفار (١٩٩٩))

البلد	السعر ($ US/م٣)	البلد	السعر ($ US/م٣)
البحرين	0.80	فنلندا	٠,٧٧
السعوديه	٠,١٤	السويد	0.64
المانيا	١,٧١	ايرلندا	0.64
بلجيكا	١,٣١	اسبانيا	0.59
فرنسا	١,٢٧	افريقيا الجنوبيه	0.50
هولندا	١,٢٧	USA	0.46
بريطانيا	١,١٠	كندا	0.41
استراليا	٠,٩٩	النرويج	0.34
ايطاليا	٠,٧٨		

وقد تم الوقوف على العوامل التي على أساسها تم تحديد التعرفه في مؤسسات المياه اليمنيه وكانت كالتالي:

- التكلفه الإستثماريه (تشغيل + صيانه + اهلاك+ توسعات+ مرتبات+الفاقد+الشرائح الفقيره).
- نوعية الطاقه المستخدمه (كهرباء – ديزل) وتكلفتها;
- عمق الآبار;
- العماله;
- جهة القرض;
- عدد المشتركين;
- المناخ.

ذكر نوري عثمان (١٩٩٩) عوامل التكلفه بأنها تضم تكلفة كل من: الطاقه، الكهرباء، العمليات، الصيانه، الإهلاك، الإداره، أخرى، إلا أن ندرة المياه لم تدخل في الإعتبار في القيمه بالرغم من أن المورد المائي موردا طبيعيا أو أصل رأسمالي ناضب مثله مثل النفط وعليه لا بد من حساب تكلفة فقدان هذا المورد الطبيعي من أساسه (نوري عثمان، ١٩٩٩; Mann, 1993) وأنه من المفترض أن يشعر المواطن بذلك. ويعتقد المؤلفان أن المواطن في المناطق الحاره يجب ألا يتضرر من المناخ ويجب أن يؤخذ في الإعتبار عند تحديد التعرفه ما فيه صالح المواطن، غير أن بعض الكتاب رأوا أن تختلف الأسعار من فصل الى آخر بل من منطقه الى أخرى داخل المدينه (Mann, 1993) أو داخل الجمهوريه (Boydell, 2000).

ويرى المؤلفان هنا أنه طالما أن المواطنين في جميع أنحاء اليمن يخضعون لنفس الرواتب والضرائب فيجب أن يخضعوا لنفس التعرفه ويمكن تحديدها كمتوسط تكلفه لجميع محافظات الجمهوريه ولا تخصص لكل مؤسسه على حده بل يتم تسويتها من قبل الدولة مركزيا وبالتالي سيكون هناك نوع من التكافل الإجتماعي الذي فيه يغطي المواطنون في المناطق البارده أو التي تتوفر فيها المياه بتكاليف قليله بعض تكاليف المياه عن المواطنين في الناطق الحاره والذين يحتاجون الى المياه بشكل أكبر أو أولئك الذين تزيد عليهم التعرفه نتيجه لندرة المياه وبالتالي زيادة تكلفه إستخراجه.

ومن خلال النقاش مع منتسبي مؤسسات المياه في جميع أنحاء الجمهوريه خلال الدورات التدريبيه تم الوقوف على أسباب الفواقد في شبكات مياه الشرب والمناطق التي تعاني من كل مشكله على حده (انظر المرفق-١) وتم مناقشتها بالتفصيل كما يلي:

المشاكل الفنيه

تعاني مؤسسات المياه في الجمهوريه اليمنيه من العديد من المشاكل الفنيه التي تؤدي بمجملها الى ضياع كميات كبيره من المياه بشكل فواقد لا يمكن الإستفاده منها. ومن هذه المشاكل يمكن استعراض مايلي:

- ضعف القدره على القيام بالصيانة الدوريه الكافيه للشبكه. إن ذلك يؤدي الى حصول انفجارات متكرره للأنابيب وتسرب المياه عبر الوصلات والأنابيب.
- سوء تنفيذ الشبكات وملحقاتها وعدم مطابقتها للمواصفات. ويشمل ذلك استخدام أنابيب ومحابس غير مطابقه للمواصفات، وتمديد الشبكات فوق سطح الأرض أو على أعماق ضحله لا تؤمن لها الحمايه الكافيه من تأثير

حركة المرور وتمديد الشبكات في أراضي زراعيه خاصه تتسبب في الإعتداءات عليها من قبل المواطنين الذين يقومون بكسر الأنابيب بهدف الحصول على المياه لأغراض الزراعه. إضافة الى أن عدم ملاءمة الشبكه للتربه والمياه أو الظروف الجويه قد يؤدي الى تآكل الأنابيب وتكلس المياه داخلها وقد تؤدي إلى انسدادها.

- مرور أنابيب الشبكه ضمن أو قرب حفر الإمتصاص (البيارات) المستخدمه لتصريف مياه الصرف الصحي (وهو الحل المنتشر للصرف الصحي في المناطق التي لم تشملها شبكات الصرف الصحي). إن هذه المشكله تؤدي الى تآكل الأنابيب وانثقابها وتسرب المياه منها. ومما يزيد المشكله تعقيدا أنه نظرا لإستخدام نظام التحصيص فإنه نتيجة لفراغ الشبكه من وقت لآخر قد يؤدي ذلك الى شفط مياه الصرف من التربه المحيطه الى شبكة مياه الشرب عبر الثقوب أو الوصلات، وهذا يشكل خطرا حقيقيًا على الصحه العامه ويهدد بانتشار الأمراض.
- عدم توفر أو فقدان مخططات الشبكه كما نفذت. إن ذلك يؤدي الى إعاقه وتأخير في عملية الصيانه وعدم القدره على التنسيق مع الجهات الأخرى أثناء الحفر بجانب الشبكه مما يؤدي الى كسر الأنابيب وذلك بسبب عدم معرفة المكان الدقيق لمرور الأنابيب وأماكن المحابس.
- ضعف صيانة ومعايرة العدادات، وعدم توفر قطع الغيار اللازمه وبالتالي تراجع حساسية العداد والحصول على قراءات غير صحيحه.

المشاكل الإداريه

- إن العجز الحاد في إمدادات المياه أدى الى استخدام نظام التحصيص حيث يتم تقسيم المدينه الى مناطق تغذى كل منها في يوم أو أيام محدوده من الأسبوع وتقطع عنها المياه في بقية الإسبوع. هذا النظام تسبب في العديد من المشاكل، حيث أن فراغ الأنابيب من المياه وامتلائها جزئيا بالهواء تسبب في سرعة تآكل الأنابيب كما أدى الى أكسدة وترسب بعض المواد المنحله على جدران الأنابيب، كما أن توقف المياه في الأنابيب قد يتسبب في ترسب التربه والمواد العالقه، وتراكم هذه المواد في المحابس والعدادات مما يؤدي الى تلفها.
- عدم تركيب عدادات في بعض المناطق ومحاسبة المستهلكين حسب نظام التقدير وبالتالي يدفع المواطن مبلغا ثابتا مهما كانت كمية المياه التي يستجرها، مما يشجع المواطنين على هدر المياه بل وبيعها للجوار في حالات عديده، واهمال صيانة الشبكات والتجهيزات ضمن المنازل.
- تعطل جزء كبير من العدادات ورفض المواطنين دفع تكلفة تركيب عداد جديد ورفض مؤسسات المياه تركيب عدادات جديده دون قبض ثمنها. إن ذلك يؤدي الى دخول المشتركين في نظام التقدير.
- اخطاء في قراءة العدادات: وهذا يمكن أن ينتج عن جهل القارئ بكيفية قراءة العداد أو عن التلاعب بالعداد وإرجاع القراءه الى الخلف. وذلك يؤدي الى تسجيل كمية أقل للمياه المستهلكه.
- التوصيلات غير القانونيه: وذلك عن طريق تركيب وصلات غير شرعيه تركب من الشبكه، أو التوصيل من نقطه قبل العداد. وبالإضافه الى عدم دفع قيمة تلك المياه ربما تكون التوصيله غير منفذه بشكل فني صحيح مما يؤدي الى تسرب المياه منها وهدر الموارد المائيه الشحيحه أصلا.

المشاكل الماليه

- عدم تسديد الفواتير وتراكم المديونيات. مما تسب في عدم توفر السيوله، وذلك في وجود نظام متراخي للتحصيل، وتراكمها مما أدى الى زيادة صعوبة التحصيل، وتركزت الفواتير غير المسددة لدى الدوائر الحكوميه والمسئولين وأصحاب الوجاهات فقد بلغت المديونيه التراكميه في مؤسسة المياه والصرف الصحي- فرع رداع على سبيل المثال للفتره ١٩٩٨ —٢٠٠١ مايقرب من ١١،٥ مليون ريال يمنى أي ما يعادل ٦٥ ألف دولار في الوقت الذي يبلغ متوسط المبيعات الشهريه ٥ مليون ريال يمني (مؤسسة المياه والصرف الصحي -فرع رداع, تواصل شخصي). كما بلغت المديونيه التراكمه في المؤسسه المحليه بأمانة العاصمه صنعاء منذ إنشاء المؤسسه مبلغ ٦٧٠،٤ مليون ريال أي ما يعادل ٣،٨ مليون دولار في الوقت الذي يبلغ متوسط المبيعات الشهريه ١١٧ مليون ريال يمني (المؤسسه المحليه بصنعاء- تواصل شخصي).
- إن المشاكل الفنيه مثل تآكل الشبكه وفقدان كميات كبيرة من المياه أدى الى دفع شركات المياه للكلفه الزائده اللازمة لإنتاج المياه الضائعه دون قبض ثمنها مما أدى الى زيادة صعوباتها الماليه.
- كما أن المشاكل الإداريه مثل أخطاء القراءات والمحاسبه بنظام التقدير زاد من حجم المشكله ماليا.

أدت المشاكل الماليه لمؤسسات المياه الى عدم توفر السيوله الماليه للازمه لتطوير الخدمات وصيانة التجهيزات والشبكات، بل تأخر أو عدم دفع رواتب ومستحقات العاملين في المؤسسات. يضاف الى ذلك تسرب الخبرات العاليه وعدم تمكن المؤسسات من توظيف العاملين ذوي المؤهلات والخبرات العاليه.

المشاكل القانونيه

- غياب القوانين اللازمه لمنع المخالفات والتعديات على شبكات المياه والمصادر المائيه المستخدمه لتغذيتها.
- غياب القوانين اللازمه لمحاسبة الممتنعين عن تسديد الفواتير.
- في حال وجود القوانين هناك عدم وضوح في آليات التنفيذ، مما يجعل القوانين عديمة الفعاليه عمليا.

التوصيات والمقترحات

من خلال المشاكل السابقة الذكر يوصى بالتالي:

- وضع برامج توعية لترشيد الإستهلاك ومعرفة ندرة المياه في اليمن.
- وضع سياسه للتعرفه قائمه على أساس من العداله بين مواطني الجمهوريه بحيث تكون متساويه في جميع أنحاء الجمهوريه مع الأخذ في الإعتبار ندرة المياه وطبيعة المناخ، وتسوية بقية التكاليف بحيث يتساوى جميع المشتركين في أنحاء الجمهوريه. بالإضافه الى التقليل من الفاقد والذي بدوره سيقلل من التعرفه.
- وضع ضوابط لإستخدامات المياه في المرافق والمنشآت التي تستهلك كميات كبيره من المياه مثل المساجد والمدارس والمعسكرات والمستشفيات وورش غسيل السيارات والمسابح.
- وضع آليه لإلزام المؤسسات الحكوميه وأصحاب الوجاهات لتسديد فواتير المياه
- وضع برامج لإصلاح وصيانة الشبكات لتقليل الفواقد.

- وضع برامج دوريه للكشف على العدادات وصيانتها واستبدال العدادات التالفه.
- إلزام المقاولين بوضع مخططات للشبكات كما نفذت وذلك حتى تسهل عمليات الصيانه والتنسيق مع الجهات الأخرى في معرفة مواقع الأنابيب عند القيام بالحفر لأي أعمال أخرى.
- إنشاء قاعدة معلومات للشبكات المنفذه بحيث يمكن مراقبتها ومتابعة المشاكل الحاصله فيها.
- تعميم العدادات كأسلوب لمعرفة وتحديد كمية المياه المستهلكه. وتدريب القراء وتحديد طريق قراءه مناسب والتفتيش الدوري والمفاجئ على القراء .
- شراء أو استئجار المناطق ذات الملكيه الخاصه التي تقع فيها الشبكات أوالآبار. أو الإتفاق مع المالكين على حلول تضمن عدم الإعتداء على الآبار أو أنابيب شبكة الضخ.
- المراقبه الدوريه لتغيرات كمية المياه التي يستهلكها المشتركون المختلفون، وتحديد أسباب التغيرات المفاجئه.
- إعداد مواصفات للمواد المستخدمه في الشبكات والتجهيزات المستخدمه في المنازل والمرافق. ووضع المواصفات الفنيه الداعمه للإقتصاد في الإستهلاك.
- وضع المعايير لصيانة مشاريع التغذيه بالمياه وتشجيع المشاركه الشعبيه.
- وضع مناطق حمايه حول مصادر المياه المستخدمه لأغراض الشرب واستخدامات السكان، ووضع القوانين والتشريعات اللازمه لها.
- إقامة شبكة رصد يتم تغذيتها بالمعلومات من المختبرات التي تقوم بتحليل عينات المياه ومراقبة مدى حصول التلوث.

المراجع

الجريده الرسميه، العدد الخامس صفحة ١-١١، قرار جمهوري رقم (٥٣) لعام ٢٠٠٠، صادر في شهر ذي الحجه ١٤٢٠ الموافق شهر مارس ٢٠٠٠م.

الصلوي، محمد سعيد و نوري جمال (١٩٩٦) مضامين السياسات المتعلقه باستعمالات مياه الشرب في المناطق الحضريه، دراسه تمطيه لكل من صنعاء وتعز. في: ندوة الإداره المتكامله للموارد المائيه في اليمن٩-١١ ديسمبر، الهيئه العامه للموارد المائيه، البنك الدولي (معهد التنميه الإقتصاديه)، صنعاء ، (١٠٥ صفحه).

العولقي، ناصر عبدالله (١٩٩٨) أزمة المياه واستراتيجية معالجتها في اليمن. الفصل الثالث والثلاثون في: المؤتمر السنوي الثالث ٢٤-٢٦ نوفمبر ١٩٩٨. صفحة ٨١٥، أسيوط، جمهورية مصر العربيه، دار النشر والتوزيع بجامعة أسيوط، (١٠٤٣ صفحه).

الموجي، يوسف علي (١٩٩٦) نظره عامه حول قضايا إدارة الموارد المائيه. في: ندوة الإداره المتكامله للموارد المائيه في اليمن ٩-١١ ديسمبر، الهيئه العامه للموارد المائيه، البنك الدولي (معهد التنميه الإقتصاديه)، صنعاء.

خضر بلم عطروش (٢٠٠١) تأثير القات على الموارد المائيه، المشروع رقم (TCP/YEM/0067(A للمساعده الفنيه لصياغة السياسات المائيه حول القات، منظمة الأغذيه والزراعه للأمم المتحده، صنعاء. في: المؤتمر الوطني بشأن القات (٦-٧ أبريل ٢٠٠٢)، نحو سياسه متكامله للقات في اليمن، دراسه ميدانيه فنيه، النسيم للطباعه والدعايه والإعلان-صنعاء، صفحة ٣٥، (١٢٠ صفحه).

عبد الغفار، عبدالحميد أحمد (١٩٩٩) التحديات المائيه في دولة البحرين (رؤيه إقتصاديه). المياه في الخليج وتحديات القرن الحادي والعشرين. مؤتمر الخليج الرابع للمياه. المجلد العربي. تحرير د. وليد الزباري، المنامه، البحرين صفحة ١١ (٣٠٧ صفحه).

قرار مجلس الوزراء رقم ٢٣٧ لعام ١٩٩٧م بشأن برنامج سياسات إصلاح قطاع المياه والصرف الصحي (لم ينشر في الجريده الرسميه) مكون من خمسه أبواب. يبدأ تنفيذ القرار من ١٩٩٧/١١/١٢ وينتهي بالإنتهاء من تنفيذ السياسات.

مؤسسة المياه والصرف الصحي -فرع رداع (تواصل شخصي).

المؤسسه المحليه بأمانة العاصمه صنعاء (تواصل شخصي).

نوري عثمان، مصطفى (١٩٩٩) أبجديات ترشيد إستهلاك المياه. المياه في الخليج وتحديات القرن الحادي والعشرين. مؤتمر الخليج الرابع للمياه. المجلد العربي. تحرير د. وليد الزباري، المنامه، البحرين، صفحة ٩٥ (٣٠٧ صفحه).

وزارة الكهرباء والمياه- السكرتاريه الفنيه لإصلاح قطاع المياه والصرف الصحي (تواصل شخصي)

Al-Hamdi M. (2000) Competition for Scarce Groundwater in the Sana'a Plain, Yemen. A study on the incentive systems for urban and agricultural water use, PhD thesis. IHE and TU-Delft, The Netherlands.

Boydell, Robert A.(2000)Yemen:"Small systems in Yemen and in the Middle East" In IRC, Community Water supply Management http://www.irc.nl/manage/index.html

Economic Development Institute of The World Bank (EDI-14). Reducing Unaccounted Water. Multimedia Training Materials for Development. Water and Sanitation Series, Participant Manual. Economic Development Institute of the World Bank, Washington D.C.

ESCWA (2001) Case study of Yemen. Current Water Policies and Practices in selected Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA) Member Countries. United Nation, NewYork.

Mann, Patrick C. (1993) Water-utility regulation: rates and cost recovery, Policy Study #155 March www.rppi.org/ps155.html

Niemeyer, R. G.; Gilles K.; Riggers (1996) Reduction of Water losses in Drinking Water Supply Systems in Developing Countries. Research Reports of the Federal Ministry for Exonomic Cooperation and Development. Volume 120. Translated into English by: Michael Burschik. Weltforum Verlag, Germany.

World Bank compilation (2000).

World Bank (1997) Yemen: Towards a Water Strategy, An agenda for Action. Report No. 15718-YEM, The World Bank.

World Bank, Department of Operations Evaluation www.gdrc.org/uem/water/wb-urbanwater.html Managing Urban Water Supply and Sanitation: Operation and Maintenance.

كلمة شكر

يود المؤلفين أن يتقدموا بالشكر الجزيل للأستاذ الدكتور عبدالله صالح بابقي - مدير مركز المياه والبيئه والإستاذ حسين مطهر العنسي – مدير عام التدريب والتنظيم في المؤسسة العامه المياه والصرف الصحي، وذلك لمراجعة هذه الورقه العلميه واعطاء الملاحظات القيمه لإخراجها بشكلها النهائي. كما نتقدم بالشكر الجزيل لجميع مدراء عموم المؤسسات المحليه والفروع ومنتسبيها في جميع أنحاء الجمهوريه وذلك كونهم لم يبخلوا بإعطاء المعلومه الصحيحة والنقاش المثمر أثناء تنفيذ الدورات التدريبيه في مركز المياه والبيئه. كما لا يفوتنا أن نشكر مؤسسة التعاون الفني الألماني (GTZ) التي قامت بتمويل هذه الدورات.

مرفق –١ :أسباب الفاقد ومواقعها في مختلف المؤسسات المحليه للمياه والصرف الصحي والفروع في جميع أنحاء الجمهوريه اليمنيه

المشكله	المؤسسات المحليه والفروع التي تعاني من المشكله				
قدم الشبكات	الجوف	المكلا	حمر	صعده	لحج
	الشحر	بيت الفقيه	ذمار	صنعاء	
	القاعده	تريم	زبيد	عدن	
	القطن	تعز	سيئون	غيل باوزير	
سوء تنفيذ الشبكات : ومنها:	الضالع	صنعاء			
عدم وجود اشراف كافي عند التنفيذ، واستخدام مواد غير مطابقه للمواصفات	المخاء	عدن			
مرور الشبكه بالبارات	المنصوريه				
مرور الشبكه قريبه من سطح الأرض	باجل				
مرور الشبكه في ممتلكات المواطنين	تعز				
عدم توفر غرف للمحابس	حريب				
عدم وجود محابس كافيه لفصل الشبكه عند الصيانه	صعده				
عدم توفر الصيانه الوقائيه للشبكه وأحيانا لايمكن قفل المحابس الرئيسيه عند الصيانه.	المحويت	حمر	صعده	لحج	
	المخاء	ذمار	عتق	مارب	
	المكلا	زبيد	عدن		
الربط العشوائي	المكلا	سيئون	صنعاء	عدن	
عدم توفر الخرائط للشبكه كما نفذت	المنصوريه	تعز	صعده	غيل باوزير	
	الجوف	ذمار	صنعاء	معبر	
	باجل	سيئون	عدن		
عدم التنسيق مع الجهات الخدميه والقيام بالحفر من قبل الجهات الأخرى يؤدي الى كسر مواسير الشبكه	إب	الحديده	تعز	مارب	سيئون
	الجوف	المخاء	حجه	ذمار	
الإنفجارات في التوصيلات المنزليه نتيجة لزيادة الضغط أو أنها غير مطابقة للمواصفات.	المنصوريه	المخاء	تريم	سيئون	لحج
	الجوف	بيت الفقيه	رداع	صعده	
عدم توفر العدادات واستخدام نظام التقدير	الحديده	القاعده	ذمار	عمران	
توقف العدادات نتيجة لعدم توفر قطع الغيار للصيانه أو بسبب وجود مواد عالقه مثل الرمال تخرج من البئر مما يؤدي الى استخدام نظام التقدير	إب	المخاء	المكلا	شبوه	عمران
	الحديده	المنصوريه	مارب	صعده	لحج
	القاعده	باجل	حمر	صنعاء	
	القطن	تعز	رداع	عتق	
	المحويت	حجه	زبيد	عدن	
عودة العدادات الى الخلف عند انطفاء الكهرباء في المناطق المرتفعه أو عند التحصيص	باجل	القاعده			
سرقة المياه عن طريق التلاعب بالعداد أو التوصيل من قبل العداد أو بفتح مثلوث أو توصيله تحت الأرض والتوصيل منها أو الربط عند سحب العداد من قبل المؤسسه بغرض الصيانه أو لكون المشترك لم يسدد وما ينتج عن ذلك من التوصيل بطريقه غير فنيه	إب	المنصوريه	حجه	يريم	غيل باوزير
	الحديده	باجل	المكلا	صنعاء	لحج
	القاعده	بيت الفقيه	حمر	عتق	
	المحويت	تعز	ذمار	عدن	
	المخاء	تريم	صعده	عمران	
عدم تسديد المديونيه	صنعاء	رداع	بيت الفقيه		

مؤتمر الخليج السادس للمياه
بالتزامن مع
الندوة الثانية لترشيد استخدام المياه
بالمملكة العربية السعودية

التقنيات والأدوات الفعالة في ترشيد استعمالات المياه

واقع التربية بترشيد استهلاك المياه في مقررات التربية الوطنية بمدارس التعليم العام بالمملكة العربية السعودية

عبدالرحمن عبدالله المقبول

واقع التوعية بترشيد استهلاك المياه في مقررات التربية الوطنية بمدارس التعليم العام بالمملكة العربية السعودية

إعداد / عبد الرحمن بن عبد الله أحمد المقبول

المملكة العربية السعودية –وزارة المعارف – الإدارة العامة للتعليم بمنطقة الباحة – قسم البحوث التربوية

جوال ٠٥٥٧٧٣٩٧٣ ، هاتف ٠٧٧٢٦١١٣٠ فاكس ٠٧٧٢٧١٠٤٢ ص ب ٥٥٩ الباحة

الملخص :

تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على واقع مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه في مقررات التربية الوطنية بالتعليم العام بالمملكة العربية السعودية ، وقد استخدم الباحث منهج تحليل المحتوى ، فيما كان مجتمع وعينة الدراسة مقررات التربية الوطنية بمراحل التعليم العام البالغة ٩ مقررات ، واستخدم الباحث استمارة جمع المعلومات أداة للدراسة وتحوي على خمسة أبعاد " المطلب الديني والمطلب الوطني والمطلب الحضاري والمطلب الاقتصادي والمطلب البيئي "ويشمل كل بعد مجالات التعليم الثلاثة " المعرفي والمهاري والوجداني " إضافة إلى الأنشطة والوسائل والتقويم المصاحب لكل بعد ، وقد تم تحليل محتوى المقررات التي تدرس في العام الدراسي ١٤٢٣/١٤٢٤هـ واُستخدمت التكرارات والنسب المئوية للإجابة على أسئلة الدراسة وقد توصلت الدراسة إلى عدد من النتائج ومنها :

١- اقتصار محتوى هذه المقررات على ١٧٣ مفهوماً للتوعية بترشيد استهلاك المياه ، إضافة إلى عدم تناسب عدد الأنشطة والوسائل ومرات التقويم مع عدد مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه الواردة .

٢- تباين توزيع مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه بين أبعاد الدراسة في كل مرحلة دراسية دون مبرر ظاهر .

٣- قلة مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه في الجانب الوجداني الذي ركزت عليه توجيهات المادة .

وبناءً على نتائج الدراسة يوصي الباحث بعدد من التوصيات ومنها :

١- أن تشمل الأهداف الجوانب المعرفية والوجدانية والمهارية بصورة متوازنة .

٢- تحقيق ارتباط المحتوى بالأهداف ، وزيادة مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه خاصة في المرحلتين المتوسطة والثانوية.

٣- التركيز على مهارات حل المشكلات ومهارات التفكير الإبداعي خاصة في المرحلتين المتوسطة والثانوية.

٤- تنويع الوسائل التعليمية مع استثمار إمكانيات البيئة المحلية .

٥ -تنويع أساليب التقويم وأدواته ، وشمولها المستويات العليا من التفكير بما يتناسب وطبيعة المرحلة الدراسية .

مقدمة :

الماء سلعة استراتيجية ثمينة ، فأينما وجد الماء وجدت الثروة ويُعد من أنفس وأغلى الموارد التي منحها الله لخلقه وجعل منها كل شيء حي ؛ لذلك توالت التحذيرات على كافة الأصعدة المحلية والإقليمية والدولية من خطورة التعامل البشري الجائر مع هذا المورد ، والمملكة العربية السعودية تصنف ضمن البلدان التي تعاني من ظروف مناخية صحراوية قاسية وتفتقر للموارد المائية بسبب شح الأمطار الذي أدى إلى خلو سطحها من الأنهار دائمة الجريان كما يقل مخزونها من المياه الجوفية ، واستشعاراً لهذه المشكلة وتجاوباً مع هذه الظروف فقد صدر الأمر السامي رقم ١٢٥ في١٤٢٢/٤/٢٥هـ بإنشاء وزارة مستقلة للمياه وإحدى مهماتها " إعداد خطة وطنية شاملة للمياه تحدد السياسات المتعلقة بالمياه وتنمية مصادرها والمحافظة عليها وترشيد استخدامها للأغراض المختلفة " .

مشكلة الدراسة:

لقد مرت دول الخليج العربي بتغيرات كبيرة ، منها حجم السكان وتركيبته وتقدم التعليم ووفرة مالية مصاحبة للطفرة النفطية بين عامي (١٩٧٣-١٩٨٦م) وما صاحب ذلك من التغير في السلوك الاستهلاكي لأفراد المجتمع الذي زاد لدى بعض الأفراد وفي بعض المجالات بدون ضوابط حتى وصل إلى درجة الإسراف ، دون أن يصاحب ذلك توعية من المؤسسات المعنية بذلك سواء كانت تربوية أو إعلامية أو مختصة ، ومع انحسار الوفرة المالية بدأت تتكشف آثار الاستهلاك غير الرشيد في مجمل جوانب الحياة بما فيها استهلاك المياه الذي زاد عن المتوسط العالمي لدى مواطني دول الخليج العربي من ساكني المدن حتى وصل إلى ٣٠٠ لتر يومياً للفرد الواحد ، في ظل ندرة للمياه وضغط متزايد على مواردها المحدودة لكون منطقة الخليج قليلة الأمطار وخالية من الأنهار .. لذا كان لابد من مواجهة ذلك بترشيد استهلاك المياه والتوعية به من خلال عدة قنوات يأتي منها المؤسسات التربوية ، حيث أن التربية وسيلة طيعة للتغيير أو المحافظة حسب توجيهها ، ولوجود بعض القصور في النظم التربوية العربية بما فيها الخليجية حيث يذكر (الجلال ، ١٤١٦ هـ) أن تقرير " مراجعة استراتيجية تطوير التربية العربية " خلص إلى بعض المعاناة ومنها : (التقصير في تكوين الانتماء الوطني ، وإغفال المشكلات الاجتماعية في الدراسات الإنسانية والاجتماعية ، وضعف تنمية الإحساس الوطني بالولاء والانتماء والحرص على المصلحة العامة ، والقصور في تنمية القيم والاتجاهات الإيجابية) ، وحيث أن الجهات المعنية في المملكة لعربية السعودية لمست هذه الإشكالية لذا فقد تقرر تدريس مادة التربية الوطنية من الصف الرابع الابتدائي حتى الصف الثالث الثانوي مادة مستقلة دون أن تكون على حساب مادة أخرى ابتداء من عام ١٤١٧هـ ، وكان من ضمن أهدافها التوعية بترشيد استهلاك المياه لذلك أتت هذه الدراسة للكشف عن واقع مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه ضمن مقررات التربية الوطنية وقد صيغت المشكلة في الأسئلة التالية:

١- ما واقع مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه في مقررات التربية الوطنية بالتعليم العام ؟ وما يصاحبها من أنشطة ووسائل وتقويم ؟

٢- ما واقع مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه في مقررات التربية الوطنية في كل مرحلة من مراحل التعليم العام ؟

٣- ما واقع مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه في مقررات التربية الوطنية في كل بعد من أبعاد الدراسة ؟

٤- ما واقع مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه في مقررات التربية الوطنية في كل مجال تعليمي (معرفي ، مهاري ، وجداني) ؟

أهمية الدراسة :

تتضح أهمية الدراسة من خلال ما يلي :

١- الكشف عن ملائمة كم مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه في مقررات التربية الوطنية .

٢- الكشف عن ملاءمة توزيع مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه بين المجالات التعليمية .

٣- تقدم هذه الدراسة رؤية واضحة للقائمين على إعداد مناهج التربية الوطنية عن مدى مناسبة محتواها للأهداف المراد تحقيقها .

أهداف الدراسة :

١- التعرف على مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه في مقررات التربية الوطنية بالتعليم العام ، وما يصاحبها من أنشطة ووسائل وتقويم .

٢- التعرف على مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه في مقررات التربية الوطنية في كل مرحلة من مراحل التعليم العام.

٣- التعرف على مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه في مقررات التربية الوطنية في كل بعد من أبعاد الدراسة .

٤- التعرف على مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه في مقررات التربية الوطنية في كل مجال تعليمي (معرفي ، مهاري ، وجداني) .

مصطلحات الدراسة :

الماء : يعتبر الماء المادة الأكثر شيوعاً في الأرض بل إنه أحد الأشياء غير العادية ، وليس هناك أي مادة أخرى يكون بمقدورها فعل كل الأشياء التي يستطيع الماء فعلها فهو مادة استثنائية بسبب خواصه غير العادية ، وهو يغطي ٧٠ % من سطح الأرض ، العذب منه ٣ % وثلاثة أرباعه متجمد .

الوطنية : ذكر (القحطاني ، ١٤١٨هـ تعريف الحقيل للوطنية بأنها " تلك العاطفة القوية التي يحس بها المواطن نحو وطنه العزيز وتلك الربطة الروحية التي تشده إليه " وذكر أن المواطنة الصحيحة هي ما يجب أن يؤديه المواطن من واجبات معينة تجاه وطنه ، والمواطنة مبنية على أمرين هما : الحقوق والواجبات للفرد التي تحكم علاقته مع مجتمعه (ص ص ٢١،٢٢) .

التربية الوطنية : تعني تعليم الطالب ما يحتاجه من معلومات وقيم ومهارات حتى يتمكن من معرفة حقوقه وواجباته التي تقيس قدرات وتصرفات الطالب تجاه مجتمعه ، وبذلك يُعد الطالب لكي يكون مواطناً صالحاً في وطنه .

مفهوم التوعية : معلومة تُكرَس في وعي الإنسان وسلوكه عن طريق عدة وسائل أهمها التربية وهي في هذه الدراسة تتعلق بترشيد استهلاك المياه وكذلك بقية المصطلحات .

مطلب ديني : جانب يُتعبد به الله بطاعة أوامر أو اجتناب نواهي نص عليها الشارع .

مطلب وطني : أمر تملية حاجة الوطن ، ويسهم في حل مشكلاته .

مطلب حضاري : سلوك مرغوب إذا أمتثله الإنسان أو غير مرغوب فيه إذا أجتنبه الإنسان دل على التحضر والوعي الثقافي .

مطلب اقتصادي : دعوة إلى الرشد والتقنين في الاستهلاك وعدم الإفراط .

مطلب بيئي : دعوة للحفاظ على استمرار الدورات الطبيعية دون اضطراب لحفظ الماء نقياً .

المجال المعرفي : وهو المستوى الذي يعني تذكر الحقائق والمفاهيم والقواعد والنظريات وحلول التمـــارين ، وهـــو يمثـــل أدنى مستويات التعليم .

المجال الوجداني : وهو المستوى الذي يصف أنماط السلوك التي تُعد مؤشراً لاكتساب الطالب كل مرغوب فيه من الاتجاهات والاهتمامات والميول والاعتقادات والمباديء ، وأهمية هذا المجال تنبع من توجيه السلوك وتحريكه .

المجال المهاري : وهو المستوى الذي يتعلق بالأداء العملي للمهارات التي يستخدم فيها الطالب فكره وعضلاته عند القيام بها ، وهو يتطلب تظافر الجانب المعرفي والجانب الوجداني ؛ حيث أن إتقان الطالب لأي مهارة يعتمد على إتقانه للمعرفـــة المتعلقـــة بهذه المهارة وعلى نوع التدريب الذي يتلقاه بكيفية أدائها وعلى ميله نحوها وشعوره بالرغبة في القيام بها واقتناعه بأهميتها له ؛ ولذلك يسمى هذا المجال ب " النفس حركي "أي المجال الذي تلتقي فيه الجوانب النفسية بالجوانب الحركية .

طرق الدراسة:

أستخدم الباحث في هذه الدراسة منهج تحليل المحتوى لكونه أنسب المناهج لمثل هذه الدراسات لما يحققه من معرفة اتجاه المادة بطريقة علمية منظمة بعيداً عن الانطباعات الذاتية أو المعالجات العشوائية .

تتعلق هذه الدراسة بمفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه في مقررات التربية الوطنية التي تُدرس للصفوف من الرابع إلى الثالث ثانوي بالمملكة العربية السعودية للعام الدراسي ١٤٢٣/١٤٢٤هـــ .

جدول رقم (١)

مقررات التربية الوطنية بالتعليم العام وتاريخ طباعتها

المرحلة	الابتدائية			المتوسطة			الثانوية		
الصف	الرابع	الخامس	السادس	الأول	الثاني	الثالث	الأول	الثاني	الثالث
تاريخ الطبعة	١٤٢٢هـــ	١٤٢٢هـــ	١٤٢٢هـــ	١٤٢٢هـــ	١٤٢١هـــ	١٤٢٣هـــ	١٤٢٢هـــ	١٤٢٢هـــ	١٤٢٢هـــ

تكونت عينة الدراسة من مقررات التربية الوطنية بالتعليم العام بالمملكة العربية السعودية وهي مجتمع الدراسة أنظر الجدول رقم (١) .

لقد أُستخدمت فئات التحليل التي تحقق الشمولية في تحليل محتوى مقررات التربية الوطنية من مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه سواء كانت تلك المفاهيم تبرز أهمية الماء والحاجة إليه وكيفية استهلاكه أو تحدد مصادره ومجالات استخدامه وهدفها تكريس الحاجة إلى ترشيد المياه في وعي الطلاب وسلوكهم مسخرة في ذلك القيم الدينية والاتجاهات الوطنية والاقتصادية والحضارية والحاجات البيئية ، وقد شملت تلك الفئات خمسة مفاهيم رئيسة عُدت أبعاداً للدراسة وهي (– المطلب الديني – المطلب الوطني – المطلب الحضاري – المطلب الاقتصادي – المطلب البيئي) وقد قُسم كلٍ منا إلى ثلاثة أقسام حسب مجال التعليم الذي تنتمي له وهذه المجالات هي (– المعرفي – المهاري – الوجداني) كما أن فئات التحليل لم

تغفل جوانب مهمة في تدريس هذه المفاهيم وتكون مصاحبة لها ويستخدمها المعلم لتكريس هذه المفاهيم وجعلها جزء من سلوك الطالب وهي (– الأنشطة – الوسائل – التقويم) ، وقد أُخذ في الاعتبار عند تحديد هذه المفاهيم أن تكون الحدود بينها واضحة دون تداخل وأن تبتعد عن العمومية والسعة .

لقد أستخدم الباحث الموضوع (الجملة) وحدة لتحليل المحتوى في هذه الدراسة كونها أفضل وحدات التحليل التي تجيب على أسئلة الدراسة الحالية .

صممت أداة التحليل لهذه الدراسة محتوية على معلومات عن مادة التحليل وعلى المفاهيم الرئيسة التي تمثل فئات التحليل وكذلك بمجالات التعليم التي تمثل عناصر فرعية لكل مفهوم إضافة إلى اشتمالها على ما يصاحب هذه المفاهيم من أنشطة ووسائل وتقويم ؛ ليمكن من خلال هذه الأداة استكمال عناصر التحليل بصورة منظمة وهادفة (أنظر أداة التحليل بالملحق).

أستخدم الباحث في هذه الدراسة التكرار والنسب المئوية .

جدول رقم (٢)

جدول تجميعي لمفاهيم التوعية بترشيد المياه

مفهوم التوعية	مجال التعليم	المرحلة الابتدائية				المرحلة المتوسطة				المرحلة الثانوية				إجمالي المراحل			
		ن مفاهيم التوعية	ت النشاط والوسائل والتقويم المصاحب			ن مفاهيم التوعية	ت النشاط والوسائل والتقويم المصاحب			ن مفاهيم التوعية	ت النشاط والوسائل والتقويم المصاحب			ن مفاهيم التوعية	ت النشاط والوسائل والتقويم المصاحب		
			النشاط	الوسائل	التقويم		النشاط	الوسائل	التقويم		النشاط	الوسائل	التقويم		النشاط	الوسائل	التقويم
مطلب ديني	معرفي	١	–	–	١	١٣	–	–	١	٧	–	–	–	٢١	–	–	٢
	مهاري	–	–	–	–	–	٣	–	–	–	–	–	–	–	٣	–	–
	وجداني	١	–	–	–	١	–	–	–	٣	–	–	١	٥	–	–	١
إجمالي		٢	–	–	١	١٤	٣	–	١	١٠	–	–	١	٢٦	٣	–	٣
مطلب وطني	معرفي	١١	–	–	٣	٧	١	–	١	٧	٢	–	–	٢٥	٣	–	٤
	مهاري	١٠	–	١	٥	٨	١	٢	–	١	٢	–	–	١٩	٣	٣	٥
	وجداني	١	–	–	٣	٢	–	–	١	٤	٢	–	–	٧	٢	–	٤
إجمالي		٢٢	–	١	١١	١٧	٢	٢	٢	١٢	٦	–	–	٥١	٨	٣	١٣
مطلب حضاري	معرفي	–	–	–	–	–	–	–	–	١	–	–	–	١	–	–	–
	مهاري	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	وجداني	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
إجمالي		–	–	–	–	–	–	–	–	١	–	–	–	١	–	–	–
مطلب اقتصادي	معرفي	٢١	١	١	٣	٤	–	–	١	١٤	٤	١	١	٣٩	٥	٢	٥
	مهاري	١٢	١	٣	٤	٢	١	–	١	–	٥	١	١	١٤	٧	٤	٥
	وجداني	٢	–	٠	٥	–	–	–	–	–	–	–	–	٢	–	–	٥
إجمالي		٣٥	٢	٤	١٢	٦	١	–	١	١٤	٩	٢	٢	٥٥	١٢	٦	١٥
مطلب بيئي	معرفي	٣	–	–	–	١٧	١	٢	٢	٢٠	٢	٢	٢	٤٠	٣	٤	٤
	مهاري	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	وجداني	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
إجمالي		٣	–	–	–	١٧	١	٢	٢	٢٠	٢	٢	٢	٤٠	٣	٤	٤

مج = مجموع , ت = تكرار

تحليل النتائج :

١- للإجابة على السؤال الأول : " ما واقع مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه في مقررات التربية الوطنية بمراحل التعليم العام ؟ وما يصاحبها من أنشطة ووسائل وتقويم ؟ " .

يوضح الجدول رقم (٢) التحميعي في حقل إجمالي المراحل ١٧٣ مفهوماً منها ٢٦ مفهوماً في " بعد المطلب الديني " ، ومصحوبة ب ٣ أنشطة في المجال المعرفي و ٣ مرات تقويم وخلا من الوسائل ، فيما حصل بعد " المطلب الوطني"على ٥١ مفهوماً مصحوبة بـ٨ أنشطة ٣ منها في المجال المعرفي و ٣ في المجال المهاري و ٢ في المجال الوجداني ، و٣ وسائل في المجال المهاري وقومت هذه المفاهيم ١٣ مرة ٤ منها في المجال المعرفي و٥ في المجال المهاري و٤ في المجال الوجداني ، أما بعد " المطلب الحضاري " فلم يكن له سواء مفهوماً واحداً ولم يصحب بأنشطة أو وسائل أو تقويم ،وفي بعد" المطلب الاقتصادي " وجد ٥٥مفهوماً ، مصحوبة ب ١٢ نشاطاً موزعة بين المجال المعرفي ٥ أنشطة والمجال المهاري ٧ أنشطة ، و٦ وسائل ٢ في المجال المعرفي و٤ في المجال المهاري وقومت هذه المفاهيم ١٥ مرة موزعة بالتساوي بين المجالات التعليمية بواقع ٥مرات لكل مجال ، وجاء في بعد " المطلب البيئي " ٤٠ مفهوماً ، مصحوبة في المجال المعرفي ب٣ أنشطة و٤ وسائل و٤ مرات تقويم .

جدول رقم (٣)

التكرار والنسب المئوية لمفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه حسب المرحلة الدراسية موزعة على أبعاد الدراسة

المرحلة الدراسية	البعد الديني		البعد الوطني		البعد الحضاري		البعد الاقتصادي		البعد البيئي		إجمالي الأبعاد	
	ت	%	ت	%	ت	%	ت	%	ت	%	ت	%
ابتدائي	٢	٣	٢٢	٣٥	-	-	٣٥	٥٧	٣	٥	٦٢	٣٦
متوسط	١٤	٢٧	١٧	٣١	-	-	٦	١١	١٧	٣١	٥٤	٣١
ثانوي	١٠	١٨	١٢	٢١	١	٢	١٤	٢٥	٢٠	٣٥	٥٧	٣٣
إجمالي	٢٦		٥١		١		٥٥		٤٠		١٧٣	١٠٠

٢- للإجابة على السؤال الثاني : " ما واقع مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه في مقررات التربية الوطنية لكل مرحلة من مراحل التعليم العام ؟

يوضح الجدول رقم (٣) التكرار والنسب المئوية لمفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه حسب المراحل الدراسية موزعة على أبعاد الدراسة ، وفيه ٦٢ مفهوماً بالمرحلة الابتدائية وتمثل ٣٦ % من إجمالي المراحل منها مفهومان في بعد " المطلب الديني " بنسبة ٣ % من إجمالي المرحلة الابتدائية و٢٢ مفهوماً في بعد " المطلب الوطني " بنسبة ٣٥ % من إجمالي المرحلة الابتدائية و٣٥ مفهوماً في بعد " المطلب الاقتصادي " بنسبة ٥٧ % من إجمالي المرحلة الابتدائية و٣ مفاهيم في بعد " المطلب البيئي بنسبة ٥ % من إجمالي المرحلة الابتدائية فيما خلا بعد " المطلب الحضاري " من أي مفهوم ، وكان بالمرحلة المتوسطة ٥٤ مفهوماً وتمثل ٣١ % من إجمالي المراحل منها ١٤ مفهوماً في بعد " المطلب الديني " بنسبة ٢٧ % من إجمالي المرحلة المتوسطة و١٧ مفهوماً في بعد " المطلب الوطني " بنسبة ٣١ % من إجمالي المرحلة المتوسطة و٦ مفاهيم في بعد " المطلب الاقتصادي " بنسبة ١١ % من إجمالي المرحلة المتوسطة و١٧ مفهوماً في بعد " المطلب البيئي " بنسبة ٣١ % من إجمالي المرحلة المتوسطة فيما خلا بعد " المطلب الحضاري " من أي مفهوم ، وجاء في المرحلة الثانوية ٥٧ مفهوماً وتمثل ٣٣ % من إجمالي المراحل منها ١٠ مفاهيم في بعد " المطلب الديني " بنسبة ١٨ % من إجمالي المرحلة الثانوية و١٢ مفهوماً في بعد " المطلب الوطني " بنسبة ٢١ % من إجمالي المرحلة الثانوية ومفهوماً واحداً في بعد " المطلب الحضاري " بنسبة ٢ % من إجمالي المرحلة الثانوية و١٤ مفهوماً في بعد " المطلب الاقتصادي " بنسبة ٢٥ % من إجمالي المرحلة الثانوية و٢٠ مفهوماً في بعد " المطلب البيئي " بنسبة ٣٥ % من إجمالي المرحلة الثانوية .

جدول رقم (٤)

التكرار والنسب المئوية لمفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه حسب أبعاد الدراسة موزعة على مجالات التعليم

أبعاد الدراسة	المجال المعرفي		المجال المهاري		المجال الوجداني		إجمالي البعد	
	ت	%	ت	%	ت	%	ت	%
ديني	٢١	٨١		-	٥	١٩	٢٦	١٥
وطني	٢٥	٤٩	١٩	٣٧	٧	١٤	٥١	٢٩
حضاري	١	١٠٠	-	-	-	-	١	١
اقتصادي	٣٩	٧١	١٤	٢٥	٢	٤	٥٥	٣٢
بيئي	٤٠	١٠٠					٤٠	٢٣
إجمالي	١٢٦		٣٣		١٤		١٧٣	١٠٠

٣ - للإجابة على السؤال الثالث : " ما واقع مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه في مقررات التربية الوطنية لكل بعد ؟ "

يوضح الجدول رقم (٤) التكرار والنسب المئوية لمفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه حسب أبعاد الدراسة موزعة على مجالات التعليم ففي بعد " المطلب الديني " ٢٦ مفهوماً وتمثل ١٥ % من إجمالي المفاهيم الموجودة بكل الأبعاد ، منها ٢١ مفهوماً في المجال المعرفي بنسبة ٨١ % من أجمالي البعد و٥ مفاهيم في المجال الوجداني بنسبة ١٩ % من أجمالي البعد فيما خلا المجال المهاري من أي مفهوم ، أما بعد " المطلب الوطني " فقد كان فيه ٥١ مفهوماً ، وتمثل ٢٩ % من إجمالي المفاهيم الموجودة بكل الأبعاد ، منها ٢٥ مفهوماً في المجال المعرفي بنسبة ٤٩ % من أجمالي البعد و ١٩مفهوماً في المجال المهاري بنسبة ٣٧ % من أجمالي البعد و٧ مفاهيم في المجال الوجداني بنسبة ١٤ % من أجمالي البعد ، فيما جاء في بعد " المطلب الحضاري " مفهوماً واحداً فقط في المجال المعرفي وبمثل أقل من ١ % من إجمالي المفاهيم الموجودة بكل الأبعاد ، وفي بعد " المطلب الاقتصادي " جاء ٥٥ مفهوماً ، وتمثل ٣٢ % من إجمالي المفاهيم الموجودة بكل الأبعاد ، منها ٣٩ مفهوماً في المجال المعرفي بنسبة ٧١ % من أجمالي البعد و ١٤ مفهوماً في المجال المهاري بنسبة ٢٥ % من أجمالي البعد و مفهومان في المجال الوجداني بنسبة ٤ % من أجمالي البعد فيما كان بعد " المطلب البيئي " يحوي على ٤٠ مفهوماً , وتمثل ٢٣ % من إجمالي المفاهيم الموجودة بكل الأبعاد , وتنتمي جميعها إلى المجال المعرفي .

جدول رقم (٥)

التكرار والنسب المئوية لمفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه حسب مجال التعليم موزعة على المراحل الدراسية

مجال التعليم	المرحلة الابتدائية		المرحلة المتوسطة		المرحلة الثانوية		إجمالي المراحل	
	ت	%	ت	%	ت	%	ت	%
معرفي	٣٦	٢٨	٤١	٣٣	٤٩	٣٨	١٢٦	٧٣
مهاري	٢٢	٦٦	١٠	٣١	١	٣	٣٣	١٩
وجداني	٤	٢٨	٣	٢١	٧	٥٠	١٤	٨
إجمالي	٦٢		٥٤		٥٧		١٧٣	١٠٠

٤ – للإجابة على السؤال الرابع : " ما واقع مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه في مقررات التربية الوطنية في كل مجال تعليمي ؟ "

ا)يوضح الجدول رقم (٥) تكرار مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه حسب مجال التعليم موزعة على المراحل الدراسية أن إجمالي المفاهيم في كل المجالات التعليمية بلغ ١٧٣ مفهوماً منها ١٢٦ مفهوماً في المجال المعرفي وتمثل ٧٣ % من إجمالي المفاهيم ، وهي موزعة بين المرحلة الابتدائية بواقع ٣٦ مفهوماً ونسبة ٢٨ % من إجمالي المجال المعرفي و المرحلة المتوسطة ٤١مفهوماً بنسبة ٣٣ % والمرحلة الثانوية ٤٩ مفهوماً بنسبة ٣٨ % ، فيما بلغت مفاهيم المجال المهاري ٣٣ مفهوماً وتمثل ١٩ % من إجمالي المفاهيم ، وهي موزعة بين المرحلة الابتدائية بواقع ٢٢مفهوماً ونسبة ٦٦ % من إجمالي المجال المهاري و المرحلة المتوسطة ١٠مفاهيم بنسبة ٣١ % والمرحلة الثانوية مفهوماً واحداً بنسبة ٣ % ، أما المجال الوجداني فقد بلغت مفاهيمه ١٤ مفهوماً ويمثل ٨ % من إجمالي المفاهيم ، وهي موزعة بين المرحلة الابتدائية بواقع ٤ مفاهيم ونسبة ٢٨ % من إجمالي المجال الوجداني و المرحلة المتوسطة ٣ مفاهيم بنسبة ٢١ % والمرحلة الثانوية ٧ مفاهيم بنسبة ٥٠ % .

جدول رقم (٦)

التكرار والنسب المئوية لمفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه حسب مجال التعليم موزعة على أبعاد الدراسة

مجال التعليم	البعد الديني		البعد الوطني		البعد الحضاري		البعد الاقتصادي		البعد البيئي		إجمالي الأبعاد	
	ت	%	ت	%	ت	%	ت	%	ت	%	ت	%
معرفي	٢١	١٦	٢٥	٢٠	١	١	٣٩	٣١	٤٠	٣٢	١٢٦	٧٣
مهاري	–	–	١٩	٥٨	–	–	١٤	٤٢	–	–	٣٣	١٩
وجداني	٥	٣٦	٧	٥٠	–	–	٢	١٤	–	–	١٤	٨
إجمالي	٢٦		٥١		١		٥٥		٤٠		١٧٣	١٠٠

ب) فيما يوضح الجدول رقم (٦) تكرار مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه حسب مجال التعليم موزعة على أبعاد الدراسة على النحو التالي : حيث جاءت ١٢٦ مفهوماً للجانب المعرفي منها ٢٦ مفهوماً في بعد " المطلب الديني " بنسبة ٢٠ % ، و٢٥ مفهوماً في بعد " المطلب الوطني " بنسبة ١٩ % ، ومفهوماً واحداً في بعد " المطلب الحضاري " بنسبة أقل من ١ % ، و٣٩ مفهوماً في بعد " المطلب الاقتصادي " بنسبة ٣٠ % ، و٤٠ مفهوماً في بعد " المطلب البيئي " بنسبة ٣١ % ، فيما جاءت ٣٣ مفهوماً في الجانب المهاري منها ١٩ مفهوماً في بعد " المطلب الوطني " بنسبة ٥٨ % ، و١٤مفهوماً في بعد " المطلب الاقتصادي " بنسبة ٤٢ % ، وخلت أبعاد " المطلب الديني والحضاري والبيئي من مفاهيم المجال المهاري ، و جاءت ١٤ مفهوماً في الجانب الوجداني منها ٥ مفاهيم في بعد " المطلب الديني بنسبة ٣٦ % ، و٧ مفاهيم في بعد " المطلب الوطني " بنسبة ٥٠ % ، مفهومان في بعد " المطلب الاقتصادي " بنسبة ١٤ % ، وخلت بعدا " المطلب الحضاري والبيئي " من مفاهيم المجال الوجداني .

نتائج الدراسة :

يُعد الترشيد في استهلاك المياه استجابة للنداء الديني كما أنه مؤشراً على المواطنة الصالحة ورمزاً للتحضر وفيه الحفاظ على أهم الثروات إضافة إلى أنه إسهام في حماية أحد عناصر البيئة الحيوية التي لا غنى عنها .. وتجاوباً مع ما تبذله المملكة العربية السعودية في سعيها الحثيث نحو تحقيق الحياة الآمنة والمستقرة لوطنها والحفاظ على مواردها الطبيعية .. ومشاركةً في " مؤتمرالخليج السادس للمياه الذي يعقد في الرياض خلال الفترة من ٥-٩ محرم عام ١٤٢٤هـ تحت مسمى الماء في دول مجلس التعاون من أجل تنمية مستدامة " الذي يتعلق أحد موضوعاته بدور المدارس في ترشيد المياه في المحور الرابع منه " التقنيات والأدوات الفعالة في ترشيد استعمالات المياه " ؛ أتت هذه الدراسة للكشف عن واقع مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه في مقررات التربية الوطنية في مدارس التعليم العام من خلال أداة الدراسة " استمارة جمع المعلومات " المعدة لهذا الغرض وفي ضوء تحليل النتائج تبين ما يلي :

١- اقتصر محتوى مقررات التربية الوطنية في كل المراحل على ١٧٣ مفهوماً للتوعية بترشيد استهلاك المياه كم أن عدد الأنشطة والوسائل والتقويم المصاحبة لا يتناسب وعدد هذه المفاهيم ، حيث بلغ عدد الأنشطة ٢٦ نشاطاً والوسائل ١٣ وسيلة فيما قومت هذه المفاهيم ٤٥ مرة ، ولم يكن هناك تركيزاً على المجال المهاري والوجداني في التقويم باستثناء المطلبين الوطني والاقتصادي وهذا وسابقه لا يتفق والتوجيهات الوزارية لتدريس مادة التربية الوطنية الواردة ضمن التعميم رقم ١٣/٣١٢ في ١٤١٧/٤/٢٧هـ التي حرصت على بناء الأنشطة المحققة للنمو الشامل والمتكامل للطالب وتوفير الوسائل وتوظيفها لخدمة المادة إضافة إلى تقويم المجالين المهاري والوجداني بصورة أكبر .

٢- توزعت مفاهيم التوعية بين المراحل الدراسية بنسب متقاربة ما بين ٣١-٣٦ % مع اختلاف في توزيع مفاهيم كل مرحلة بين الأبعاد حيث كان أعلى نسبة في المفاهيم بالمرحلة الابتدائية في البعد الاقتصادي وبالمرحلة المتوسطة البعد الوطني والبيئي والمرحلة الثانوية البعد البيئي أما أدناها فكان بالنسبة للمرحلة الابتدائية في البعد الديني وفي المرحلة المتوسطة البعد الاقتصادي فيما كان البعد الحضاري أقل الأبعاد في المرحلة الثانوية ، دون أن يكون هناك مبرر لهذا التباين أو أسباب ظاهرة يمكن أن يعزى لها .

٣- جاء الترتيب التنازلي لأبعاد الدراسة حسب تكرار المفاهيم بها على النحو التالي : البعد الاقتصادي ثم الوطني فالبعد البيئي ثم البعد الديني فالبعد الحضاري مع تفاوت ملحوظ بين النسب بين ٣٢ % للبعد الاقتصادي وأقل من ١ % للبعد الحضاري ، وهو لا يتوافق مع أهداف المادة التي كان البعد الديني يأخذ فيها وزناً نسبياً أكبر من الأبعاد الأربعة الأخرى حيث كانت المفاهيم المحققة له لا تمثل إلا ١٥ % من جملة المفاهيم الواردة وبذلك حل البعد الديني رابعاً بين الأبعاد الخمسة ، فيما أُغفل بعد المطلب الحضاري إلا من مفهوم واحد فقط .

٤- جاء ترتيب مجالات التعليم تنازلياً حسب تكرار المفاهيم بها على النحو التالي : المعرفي ١٢٦ مفهوماً بنسبة ٧٣ % والمهاري ٣٣ مفهوماً بنسبة ١٩ % والوجداني ١٤ مفهوماً بنسبة ٨ % وهو لا يتناسب مع التوجيهات الوزارية الواردة ضمن التعميم رقم ١٣/٣١٢ في ١٤١٧/٤/٢٧ هـ التي ركزت بشكل خاص على الأهداف الوجدانية وما يحققها من محتوى بالمادة ، فيما جاء توزيع مفاهيم المجالات التعليمية على أبعاد الدراسة غير متناسب ؛ ففي البعدين الوطني والاقتصادي تركزت فيهما المفاهيم المهارية والوجدانية ، فيما قلت المفاهيم الوجدانية في البعد الديني ، وخلا البعد البيئي من المفاهيم المهارية والوجدانية .

التوصيات :

في ضوء نتائج الدراسة الحالية يقدم الباحث عدداً من التوصيات التي يأمل من خلالها تحقيق التوعية المؤثرة والمكرسة للسلوك الإيجابي نحو ترشيد استهلاك المياه علماً بأن هذه التوصيات تتعلق بالموضوعات التي شملتها الدراسة والمتضمنة مفاهيم التوعية بترشيد استهلاك المياه وهذه التوصيات هي :

في مجال الأهداف

١- أن تُسبق كل وحدة بالأهداف الخاصة بها في المقررات التي خلت منها .

٢- أن تشمل الأهداف الجوانب المعرفية والوجدانية والمهارية بصورة متوازنة ومحققة للأهداف العامة للمادة .

في مجال المادة العلمية " المحتوى "

١- أن يرتبط المحتوى بالأهداف .

٢- التركيز على مهارات حل المشكلات ومهارات التفكير الناقد والإبداعي خاصة في المرحلتين المتوسطة والثانوية .

٣- أن تتضمن كل مرحلة دراسية بالنسبة للمرحلة التي تسبقها معارف ومهارات أكثر تركيباً ، وإحساس أكثر للاتجاهات والقيم ، وتتطلب تحليلاً أدق وعمقاً واتساعاً يتزايد ، وهو ما يكاد يخلو من المقررات الحالية للتربية الوطنية.

٤- تقديم نماذج جيدة من التراث الإسلامي تمثل قدوة حسنة للطلاب .

٥- استخدام أمثلة مناسبة من حيث الوضوح والكم في تفسير المفاهيم .

٦- الموازنة بين المجالات المعرفية والوجدانية والمهارية .

في مجال الأنشطة والوسائل والتقويم

١- التأكيد على أساليب التعلم الذاتي ونشاط الطلاب .

٢- تقديم أنشطة تساعد على تنمية التفكير .

٣- تنويع الوسائل التعليمية مع استثمار إمكانيات البيئة المحلية .

٤- تنويع أساليب التقويم وأدواته ، وشمولها المستويات العليا من التفكير بما يتناسب وطبيعة المرحلة الدراسية .

٥- أن يكون التقويم شاملاً لكافة المفاهيم مستثيراً نشاط الطالب ومتحدياً ومحرراً لقدراته .

المراجع :

١- الجلال ، عبد العزيز عبد الله ، التربية والتنمية ، الدار التربوية للدراسات والاستشارات ، الرياض ، ١٤١٦ هـ .

٢- الحامد ، محمد معجب وآخرون ، المواصفات العامة للكتاب المدرسي ،وزارة المعارف ، الرياض ، ١٤٢١هـ .

٣- العساف ، صالح حمد ، المدخل إلى البحث في العلوم السلوكية ،مكتبة العبيكان ، الرياض ١٤١٦ هـ .

٤- القحطاني ، سالم علي ، التربية الوطنية ، رسالة الخليج العربي ، ع ٦٦ ، س ١٨ ، ١٤١٨هـ .

٥- وزارة الزراعة والمياه ، تحد وإنجاز عبر مائة عام للزراعة والمياه في المملكة العربية السعودية ، الرياض ، ١٤١٩هـ .

٦- وزارة المعارف ، توجيهات خاصة بمادة التربية الوطنية ، تعميم رقم ٣١/٢١٣ في ١٤١٧/٤/٢٧هـ .

الملحق

بسم الله الرحمن الرحيم

اسم المقرر /　　الصف الدراسي /　　تاريخ الطبعة /

استمارة جمع لمفاهيم التوعية بترشيد المياه

مفهوم التوعية	مجال التعليم	التكرار	مج ت	ت النشاط والوسائل والتقويم المصاحب		
				النشاط	الوسائل	التقويم
مطلب ديني	معرفي					
	مهاري					
	وجداني					
إجمالي						
مطلب وطني	معرفي					
	مهاري					
	وجداني					
إجمالي						
مطلب حضاري	معرفي					
	مهاري					
	وجداني					
إجمالي						
مطلب اقتصادي	معرفي					
	مهاري					
	وجداني					
إجمالي						
مطلب بيئي	معرفي					
	مهاري					
	وجداني					
إجمالي						

مج = مجموع / ت= تكرار

الشـــركات الراعيـــة

الشركة السعودية للكهرباء
Saudi Electricity Company

أرامكو السعودية
Saudi Aramco

الإتصالات السعودية
SAUDI TELECOM

الرعـــاة المشـــاركون

جائزة الأمير سلطان بن عبدالعزيز العالمية للمياه
PRINCE SULTAN BIN ABDULAZIZ INTERNATIONAL PRIZE FOR WATER