مؤتمر الخليج الثاني للمياه

البحرين ٥ - ٩ نوفمبر ١٩٩٤

الماء في الخليج،
نحو إدارة متكاملة

وثائق المؤتمر

المجلد الأول - الاوراق العربية
المجلد الثاني - الاوراق الانجليزية

جمعية علوم وتقنية المياه

ص . ب : ٢٠٠١٨ ، المنامة ، البحرين
هاتف : ٥٢٢٠١٠ (٠٩٧٣) ، فاكس : ٥٣٣٠٣٥ (٠٩٧٣)

VOLUME1 - ARABIC PAPERS
VOLUME 2 - ENGLISH PAPERS

وثائق المؤتمر
PROCEEDINGS

المجلد الأول - الاوراق العربية
المجلد الثاني - الاوراق الانجليزية

تم طباعة هذه الوثائق بدعم من شركة
أي بي بي أرسكون - البحرين

فهرس المؤتمر الثاني

المجلد (1)

الجلسة الأولى – الأوراق الرئيسية	**1**
- **حماية الموارد المائية في تشريعات دول مجلس التعاون والقانون الدولي** د. عبدالعزيز عبدالهادي	2
الجلسة الثانية – وسائل وأساليب إدارة المرافق والمنشآت المائية	**20**
- **إمدادات المياه في عمان: الإدارة والمشاكل والسياسات البديلة** د. محمد أحمد بن عوف / د. عصام عبدالماجد	21
- **إدارة حاملة مياه الروس – أم الرضمة في البحرين** د. وليد خليل زباري / أحمد رشاد خاطر	34
- **إدارة المياه في المدن العربية** د. محمد عبدالله الحماد	50
- **الإدارة المتكاملة لموارد المياه** م. سيف بن راشد الشقصي	64
- **مياه الري والخطة القومية لتخضير دولة الكويت** د. صالح المزيني / د. عادل عبدالرحمن إسماعيل	78
- **تطوير خطة بابكو للتقليل من استخدام المياه الجوفية داخل المصفاة** عبدالمجيد زينل – فيصل عبدالرسول الخباز	89
الجلسة الثالثة – والمعالجة ومنع الترسب	**99**
- **المشاكل الناتجة من مواصفات المياه المغذية لوحدة التناضح العكسي** د. محمود صفوت بدير	100
الجلسة الرابعة – التآكل وإزالة الرواسب بالمنشآت المائية	**112**
- **التآكل داخل الشقوق في محطات تحلية مياه البحر بالتناضح العكسي** صالح أحمد الفوزان / عبدالرحمن محمد ابانمي / أنيس الدين مالك / ثابت اللهيبي	113
الجلسة الخامسة – المياه الطبيعية	**124**
- **مشروع دراسة مصادر المياه الجوفية بإمارة أبوظبي** كمال حسين العيدروس	125

- **استخدام منصة تجميع المعلومات لمراقبة آبار المياه الجوفية في المنطقة الشرقية لإمارة أبوظبي** 143
صلاح حسن / عصام هنيدي / راشد النعيمي
- **العينات الصخرية والتصوير البتروفيزيائي وأهميتها في تأسيس البيئة الهيدروجيولوجية لإمارة أبوظبي** 153
فوزي محمد
- **دراسة تحليلية لارتفاع منسوب المياه الجوفية في المناطق السكنية بدولة الكويت** 171
عبدالعزيز جاسم السميط
- **استخدامات الصور الفضائية والموجات الكهرومغناطيسية في كشف وإدارة مصادر المياه** 187
أ.د. مصطفى سيد عبدالرحمن عفيفي

الجلسة السادسة – استعذاب المياه بالتقطير **201**

- **خطط إطالة أعمار المحطات** 202
عبدالحميد عبدالرحمن المنصور / صالح غرم الزهراني
- **الجوانب المتاحة للبحث والدراسة لتطوير التقطير الومضي ذي المراحل المتعددة** 216
محمد بن عبدالكريم الصوفي – محمود محمد سروجي
- **توزيع كلفة الوقود بالمحطات الحرارية المزدوجة** 226
محمد الصوفي – عصام الدين فرج السيد
- **معالجة ومراقبة جودة المياه في الصناعات البتروكيماوية** 233
خالد جمال / إيدي جراي / فاضل الأنصاري

الجلسة السابعة – استعذاب المياه بالتناضح العكسي **241**

- **مجالات زيادة الاعتمادية وخفض تكلفة تحلية مياه البحر باستخدام تقنية التناضح العكسي** 242
د. محمود عبدالجواد / صادق إبراهيم

الجلسة الثامنة – الري الزراعي **259**

- **التقييم الاقتصادي لطرق الري الحديثة في الأراضي المستصلحة في جمهورية مصر العربية** 260
محمد جمال ماضي أبو العزائم / هيثم بيومي حسن
- **أنظمة الري الحديثة وتطبيقاتها في المناطق الجافة وشبه الجافة** 274
سعود بن سالم الحارثي
- **استخدام المياه المالحة للري في المملكة العربية السعودية** 287
د. علي الجلعود
- **مشروع إنشاء مركز الزراعة الملحية بدولة الإمارات العربية المتحدة** 301
أحمد صالح حريري

- **استخدام مخلفات تنقية المياه الملوثة في تحسين خواص المواد الفيزيائية (زيادة الماء المفيد للنبات)** 320
  د. محمد سعيد الشاطر
- **كفاءة بعض أجهزة قياس المياه في أنابيب الري** 328
  د. أحمد إبراهيم العمود / د. حسين محمد أبو غبار

الجلسة التاسعة – مياه الصرف الصحي **340**

- **ماء الصرف الصحي.. جمعه ومعالجته واستصلاحه وإعادة استخدامه** 341
  أمل العرادي

الجلسة العاشرة – مياه الشرب **361**

- **المياه المعدنية الطبيعية المعبأة وخواصها البكتيرية** 362
  بدر أحمد ناشي
- **شبكة إمدادات مياه صلالة – محافظة ظفار** 375
  غالي بن أحمد المسهلي / حامد بن عاشور عبيدون

الجلسة الحادية عشرة – النماذج الرياضية **384**

- **دور النماذج الرياضية في تخطيط وإدارة الموارد المائية الجوفية (عرض لحالة دراسية)** 385
  د. نبيل روفائيل

(١)

الجلسة الأولى
الأوراق الرئيسية

حماية الموارد المائية في تشريعات دول مجلس التعاون والقانون الدولي

د. عبدالعزيز عبدالهادي

" حماية موارد المياه في تشريعات دول مجلس التعاون الخليجي والقانون الدولي "

د. عبدالعزيز عبدالهادي
كلية الحقوق - جامعة الكويت

ملخص البحث

يبدأ البحث بمقدمة توضح الحاجة المتزايدة لموارد المياه لموجهة متطلبات التنمية الاقتصادية ، في الوقت الذي تتناقص فيه هذه الموارد ، الأمر الذي يهدد فرص البقاء للشعوب وتحقيق التنمية المستمرة ، مما قد يؤدي الى نشوء المنازعات والخلافات بين الدول . ونظرا لأن دول مجلس التعاون الخليجي تعاني من ندرة المياه السطحية ، فانها تعتمد الى حد كبير على المياه الجوفية لسد حاجاتها المتزايدة من المياه في الصناعة والزراعة والشرب . ويناقش البحث أهمية المياه الجوفية لدول مجلس التعاون والمخاطر التي يتعرض لها هذا المورد من موارد المياه سواء بسبب الأستهلاك الزائد أو بسبب التعرض لمخاطر التلوث . ثم ينتقل البحث لدراسة التشريعات الوطنية في دول المجلس لحماية المياه الجوفية وتنظيم حفر الآبار . ونظرا لأن مخزون المياه الجوفية في منطقة الخليج العربي يمتد ليشمل جميع دول مجلس التعاون الخليجي مما يحتم وضع سياسة أقليمية مشتركة لادارة المياه الجوفية ، فقد عالج البحث عناصر التنظيم القانوني الدولي للأدارة المشتركة لموارد المياه الجوفية عبر الحدود ، وقد استند البحث في ذلك الى العديد من المعاهدات والاتفاقيات الدولية وغيرها من المواثيق الدولية الصادرة عن الهيئات الدولية . وينتهي البحث بمجموعة من التوصيات المتعلقة بموضوع البحث .

مقدمة

جعل الله الماء أصل الحياة ومنشأها ، حيث يقول سبحانه في محكم كتابه " وجعلنا من الماء كل شئ حي " . والماء هو أحد الموارد الطبيعية الأكثر أهمية ، وهو عنصر أساسي للتنمية والزراعة واقامة المستوطنات البشرية وبقاء الأنسان والحيوان والنبات .

ولقد أدى النمو المتسارع لعدد سكان العالم ، وازدياد مساحة المناطق المزروعة ، وازدياد الصناعات التي تستهلك كميات أكبر من المياه العذبة ، وتزايد الطلب على المياه للأغراض المنزلية ، مع استمرار خسارة المياه العذبة بسبب عرقلة الدورة المائية الطبيعية عن طريق قطع الغابات والتصحر ، اضافة الى تلويث الأنهار والبحيرات والمياه الجوفية ... الى نقص متزايد في المياه العذبة في مناطق عديدة من العالم .

وحيث تنعدم امدادات المياه أو تتضاءل ، تقل فرص البقاء والتنمية المستمرة ، ويصبح السلام بين الدول والشعوب مهددا ، وتنشأ المنازعات والخلافات . ولقد كان التنافس على مصادر المياه عاملا مهما من عوامل التناحر والاقتتال عبر التاريخ داخل الدول وضد بعضها البعض ، خاصة في المناطق الجافة أو تلك التي تعاني من ندرة المياه .

ان عدم كفاية موارد المياه وتناقصها المستمر مع اضطراد وتوسع الأنشطة التي تستهلك كميات متزايدة من المياه سيؤدي ان لم يكن قد حدث ذلك بالفعل الى التوتر وعدم الاستقرار وسيصبح السلام الاجتماعي والأمن القومي والاقليمي معرضا للخطر .

وتشير الدراسات المؤكدة الى أن أفريقيا وآسيا الجنوبية وبعض مناطق العالم العربي وأمريكا الجنوبية والوسطى تعاني من نقص حاد في المياه ، وسيزداد هذا النقص حدة خلال العقود القليلة المقبلة مع النمو السكاني واستعمال كميات متزايدة من الماء لأغراض الري والصناعة ، الا اذا طبقت اجراءات جذرية لحماية موارد المياه والتربة . وقبل نهاية هذا القرن ، سيتجاوز الطلب على المياه ضعف ما هو عليه . وبسبب ترابط مصادر المياه وعدم انحصارها في حدود سياسية ، لن يكون من الممكن تجنب النزاعات الا عن طريق حسن ادارة هذا المورد وخلق بدائل جديدة لهذه الموارد المحدودة .

ولقد أدت الحقائق سالفة الذكر الى اهتمام الدول والهيئات الدولية العالمية منها والاقليمية بحماية موارد المياه وترشيد استهلاكها من خلال وضع الخطط واجراء الدراسات وسن التشريعات وابرام الاتفاقيات والمعاهدات الدولية لحفظ هذا المورد الأساسي للحياة والنمو ، وانشاء الهيئات واللجان والمنظمات للاشراف على ادارة وتنمية وحفظ هذا المورد الهام على المستوى المحلي أو الاقليمي أو الدولي .

فاذا انتقلنا من هذه النظرة الشاملة الى المنطقة التي تقع بها دول مجلس التعاون الخليجي ، لاتضح لنا ندرة موارد المياه السطحية بها كالانهار ، واعتماد هذه الدول الى حد كبير على المياه الجوفية لسد حاجاتها المتزايدة من المياه في الصناعة والزراعة والشرب . وفي الآونه الأخيرة تم استخدام محطات تحلية المياه المالحة للحصول على المياه العذبة ، كذلك تم معالجة مياه المجاري لاستخدامها في الزراعة ، الا أن المياه الجوفية ما زالت تحتفظ بأهمية كبيرة في مجال الزراعة والاستخدامات المنزلية في الريف . ولم تعد تشكل معالجة مياه الصرف مصدرا مؤثرا لتلبية احتياجات المياه الا بقدر ضئيل في الصناعة وري الحدائق .

وسنحاول في هذه الدراسة التركيز على الحماية القانونية لموارد المياه الجوفية في دول مجلس التعاون الخليجي ، وبيان الموقف التشريعي لكل دولة من دول مجلس حماية وحفظ موارد المياه الجوفية على المستوى الوطني . ونظرا لان موارد المياه الجوفية تمتد عبر الحدود السياسية للدول المكونة للمجلس وتشكل موردا مشتركا لهذه الدول جميعا ، فانه سيتعين علينا بيان ما اذا كانت هذه الدول قد حاولت من خلال الآلية التي يشكلها المجلس ادارة وحماية هذا المورد المشترك من الموارد الطبيعية ، لننتهي ببيان القواعد القانونية الدولية المنظمة للمياه الجوفية .

ولهذا ستنقسم الدراسة الى النقاط التالية :-

أولا : المياه الجوفية : أهميتها والمخاطر التي تتعرض لها .
ثانيا : حماية موارد المياه الجوفية في تشريعات دول مجلس التعاون الخليجي .
ثالثا : المبادئ القانونية الدولية المنظمة لحماية المياه الجوفية .

أولا : المياه الجوفية – أهميتها والمخاطر التي تتعرض لها

أدى نمو السكان المتزايد ، واتساع خطط التنمية الاقتصادية ، وبرامج التصنيع الطموحة خاصة في دول العالم الثالث ، وزيادة احتياجات المياه للاغراض المنزلية الى زيادة الطلب على موارد

المياه الجوفية في معظم دول العالم من شمال أفريقيا الى شمال أوروبا ومن آسيا الى شمال وجنوب أمريكا (١) . وفي مناطق عديدة من العالم فان نقص كمية أو تدهور نوعية المياه السطحية أدى بالمزارعين والمحليات الى توسيع استخدامها للمياه الجوفية لمواجهة الحاجات المتزايدة من موارد المياه .

وعلى سبيل المثال فان اسرائيل تعتمد على المياه الجوفية لسد ٣/٢ من أجمالي احتياجاتها من موارد المياه ، وفي الدانمارك والمانيا وهولندا تشكل المياه الجوفية ٤/٣ من أجمالي امدادات المياه . وفي تونس وبلجيكا فان تسعة من كل عشرة أشخاص يعتمدون على المياه الجوفية (٢) .

وتقع دول مجلس التعاون الخليجي في منطقة من أقل (٣) مناطق العالم أمطارا وأكثرها جفافا وارتفاعا في درجات الحرارة ، ومن ثم تكاد تنعدم فيها المياه السطحية العذبة باستثناء بعض الجداول في مناطق المرتفعات في المملكة العربية السعودية وسلطنة عمان ، وبصفة عامة تعتبر المياه العذبة من اندر الموارد الطبيعية في منطقة الخليج (٤) .

وتتكون المصادر الرئيسية للمياه العذبة في منطقة الخليج من : المياه الجوفية ، مياه الأمطار التي يمكن استخدامها لاغراض الشرب والزراعة والصناعة باقامة السدود لحفظها ، وتحلية المياه المالحة من مياه البحار و مياه المجاري المعالجة في المدن الرئيسية وتستخدم لري الحدائق وبعض انواع المزروعات (٥) .

ومع اتساع خطط التنمية الاقتصادية والاجتماعية التي شهدتها المنطقة فقد أسهمت مياه التحلية بقدر كبير في توفير احتياجات الصناعة والاستخدامات المنزلية من المياه العذبة ، ومع ذلك تبقى المياه الجوفية في دول مجلس التعاون ذات أهمية كبيرة أذ تستخدم بشكل رئيسي في الزراعة وفي بعض الصناعات والاستخدامات المنزلية بعد خلطها بالمياه المحلاة ، أما في المناطق الريفية فهي المصدر الوحيد للمياه العذبة .

وفي كل دولة من دول مجلس التعاون يوجد القليل من المياه الجوفية الخاصة بكل دولة من دول المجلس الا أن المخزون الرئيسي من هذه المياه يظل دائما مشتركا بين دولتين أو أكثر من دول المجلس .

وبخصوص المياه (٦) الجوفية يمكن التمييز بين المياه الجوفية السطحية والمياه الجوفية العميقة . وينتشر النوع الأول في كل دول المجلس ويجد مصدره من الامطار القليلة التي تتساقط في الشتاء ، وتتجمع هذه المياه في التكوينات الرسوبية الضحلة ، ولهذا فان كمياتها ليست وفيرة وهي أكثر أنواع المياه الجوفية قابلية للنفاذ والتلوث ، وهي ليست ذات درجة عذوبة عالية نظرا لاحتواء مسام التكوينات التي تختزنها على بعض الاملاح خاصة تلك التي توجد قرب السواحل ، كما أن عملية الأشراب الملحي تزيد من ملوحتها .

أما النوع الثاني من المياه الجوفية فهو المياه الجوفية العميقة وتتكون أساسا من مياه الأمطار التي تتسرب الى باطن الأرض وتغزي مخزون الطبقات الحاملة للمياه المكونة من الصخور الجيرية مما يجعلها تخزن كميات هائلة من المياه ، كما أنه تمتد فوقها ومن تحتها طبقات من تكوينات صخرية صماء لا تسمح بنفاذ الماء المختزن الى أعلى او الى أسفل . والجدير بالذكر ان طبقات التكوينات الجيرية الايوسينية الحاملة للماء هذه تمتد تحت سطح الأرض في شكل حوض ارتوازي . وتعرف هذه الطبقات باسماء مختلفة هي الأسماء الجيولوجية التي تطلق على التكوينات التي تتألف منها وهي : طبقة علاة ، طبقة خير و طبقة أم رضمه . وتمثل هذه التكوينات المصدر الرئيسي للمياه الجوفية في

منطقة دول مجلس التعاون الخليجي . فمستودع علاة يمتد الى الجنوب الغربي من دولة قطر ، بينما يمتد مخزون أم الرضمه الى جميع دول المجلس وحوض الربع الخالي ويبلغ سمكه من ١٨-٢٢٠ متر قرب الساحل .

وقد أدت النهضة العمرانية التي شهدتها دول مجلس التعاون الخليجي ، وكذلك برامج التنمية الاقتصادية والاجتماعية الطموحة الى تصاعد استخراج و استغلال المياه الجوفية بمعدل يفوق معدلات تجديد وتغذية واعادة تخزين المياه الجوفية مما يشكل خطرا على توازن المياه الجوفية ويهدد نوعيتها وكميتها .

وقد أسهم تدهور الغطاء النباتي ، واستئصال الحراج ، والرعي الكثيف وضعف الجهود لبناء المدرجات والسدود الى انخفاض نسبة تجديد المياه الجوفية .

ويترتب على المعدلات العالية لضخ المياه الجوفية ، وعشوائية حفر الآبار ، وغياب التشريعات والارشادات الواجب اتباعها بهذا الخصوص الى تناقص حجم وضغط المياه الجوفية مما أدى الى ازدياد مخاطر الاشراب الملحي للمياه الجوفية ، وتغيير نوعيتها وبالتالي عدم صلاحيتها للاستخدام في الأغراض المختلفة . ولا تتوفر حتى الآن بيانات دقيقة عن معدلات ضخ واستهلاك وتجديد المياه الجوفية في مجلس التعاون الخليجي ، الا أن بعض المعلومات المتوفرة تشير بما لا يدع مجالا للشك بازدياد معدلات الضخ عن التجديد .

ففي دولة الأمارات العربية المتحدة (٧) يشير تقرير أعدته وزارة الزراعة الى ان عدد الآبار المستعملة يزيد عن ألف بئر منتجه مما يستنزف كميات هائلة من المياه الجوفية ، كما ان عمق الآبار قد ازداد من ٤٠-٥٠ قدما الى ما يزيد عن ٤٠٠ قدم في غضون خمس سنوات فقط ، وانخفض ضخ المياه في هذه الفترة من ١٥-٢٠ ألف جالون يوميا الى ٥-٦ آلاف جالون يوميا . وتجاوزت نسبة الملوحة في بعضها ١٧٠٠ جزء في المليون مما يفوق المعدلات والمعايير التي نصت عليها مواصفات منظمة الصحة العالمية .

وتشير احصائية (٨) عن حجم مصادر المياه العذبة في دول مجلس التعاون الخليجي عام ١٩٨٥ الى مايلي :-

١-	المياه الجوفية	٨٤٤ر٢٤٤	مليون جالون	أمبراطوري
٢ -	المياه المحلاة	٢٧١ر٤٠٤	،،	،،
٣ -	المياه السطحية	٢٨٤ر١٤١	،،	،،
٤ -	مياه الصرف المعالجة	٥٨ر٢٤٤	،،	،،
	المجموع	١ر٤٨٣ر٥٨٣		

ويلاحظ على هذه الاحصائية أن المياه الجوفية تمثل المصدر الأول لانتاج المياه العذبة في دول مجلس التعاون الخليجي ، وتمثل ٥٧٪ من مجموع المياه المنتجة ، وأن المياه السطحية تمثل ١٩٪ من مجموع انتاج المياه ، وانتاج المياه المحلاة تمثل ٢ر١٨٪ ومياه الصرف تمثل ٤٪ .

بالنسبة لدولة البحرين :

تشير الاحصائية الى ان مصادر المياه العذبة تتوزع كالتالي :-

١-	المياه الجوفية	٥٨ر٥٧٤	مليون جالون	أمبراطوري
٢ -	المياه المحلاة	١٢ر٧٧٥	،، ،،	،،
٣ -	المياه المعالجة	٧ر٩٣٤	،، ،،	،،
	المجمـوع	٧٩ر٢٨٣		

ويتضح من الاحصائية أن ٧٤٪ من مجموع المياه المنتجة في دولـة البحريـن يـأتي مـن الميـاه الجوفية .

بالنسبة لدولة الكويت :

تشير الاحصائية الى ان مصادر المياه العذبة تتوزع كالتالي :-

١-	المياه الجوفية العذبة	٢٥٤ر-	مليون جالون	أمبراطوري
٢-	المياه الجوفية الصليبية	١٦ر١٧٠	،، ،،	،،
٣ -	المياه المحلاة	٨٦ر٠٢٩	،، ،،	،،
٤ -	المياه المعالجة	٨ر٠٣٤	،، ،،	،،
٥ -	مصادر أخرى	٢٥ر٥٥٠	،، ،،	،،
	المجمـوع	١٣٦ر٠٤٦		

وتكشف هذه الاحصائية اعتماد الكويت الكبير على المياه المحلاة التي تكون ٦٣٪ من مجمـوع المياه المنتجة ، أما المياه الجوفية العذبة فلا تمثل الا ٢ر٠٪ .

بالنسبة للمملكة العربية السعودية :

تشير الاحصائية الى ان انتاج المياه العذبة تتوزع كالتالي :-

١-	المياه الجوفية	٧٥٠ر٠٣٠	مليون جالون	أمبراطوري
٢ -	المياه المحلاة	١٣١ر٥٢٧	،، ،،	،،
٣ -	المياه الجارية	٢٤٨ر٩٢٣	،، ،،	،،
	المجمـوع	١ر١٦٠ر٩١٦		

نخرج من هذه الاحصائية ان ٦٥٪ من مجموع المياه العذبة التي تنتجها المملكة تأتي من المياه الجوفية ، وتمثل المياه الجاريـة ٢١٪ ، الميـاه المحـلاة ١١٪ والميـاه المعالجـة ٣٪ . كذلـك يلاحـظ أن انتاج المياه في السعودية يعادل ٧٨٪ من مجموع المياه الناتجة في كل دول مجلس التعـاون الخليجـي ، وان ما تستخرجه المملكة من المياه الجوفية يعادل ٨٩٪ من مجموع المياه الجوفية المستخرجة من كـل دول المجلس .

بالنسبة لدولة قطر :

تشير الاحصائية الى ان مصادر انتاج المياه العذبة تتوزع كالتالي :-

١-	المياه الجوفية	١٦ر٦١٦	مليون جالون	أمبراطوري
٢ -	المياه الجوفية المالحة	١ر٧٥٢	،، ،،	،،
٣ -	المياه المحلاة	١٩ر٠٣	،، ،،	،،
٤ -	المياه المعالجة	٢ر٦٣١	،، ،،	،،
	المجمـوع	٤٠ر١٩٦		

ونخرج من هذه الاحصائية ان المياه الجوفية والمياه المحلاة يكونان ٩١٪ من مجموع المياه المنتجة بنسبة ٥٠٪ بالنسبة للمياه المحلاة و ٤١٪ بالنسبة للمياه الجوفية .

بالنسبة لسلطنة عمان :

تشير الاحصائية الى ان مصادر انتاج المياه العذبة تتوزع كالتالي :-

١-	المياه الجوفية	١ر٥٥٤	مليون جالون	أمبراطوري
٢ -	المياه المحلاة	٤ر٣٨٠	"	"
٣ -	المياه الجارية	٣٥ر٢١٨	"	"
	المجمـوع	٤١ر١٥٢		

ونخرج من هذه الاحصائية الى ان المياه الجارية تكون ٨٥٪ من مجموع مصادر المياه في السلطنة (*) .

وفضلا عن استنزاف مخزون المياه الجوفية في دول مجلس التعاون الخليجي ، فان المياه الجوفية تتعرض أيضا لمخاطر التلوث الصناعي والزراعي والملوثات البيولوجية الصادرة عن الصرف الصحي غير المعالج ، وفضلات الصناعات الغذائية والتلوث الناتج عن عمليات استخراج وتكرير النفط واستخدام المبيدات .

والحقيقة ان الادارة السليمة لموارد المياه الجوفية في دول مجلس التعاون الخليجي والحفاظ عليها كما ونوعا ، وحمايتها من مخاطر التلوث باشكاله المختلفة يتطلب العديد من التدابير التشريعية والادارية ، وخلق الآليات المناسبة لتحقيق هذا الهدف ليس فقط على مستوى كل من دول المجلس بل أيضا على المستوى الاقليمي ، فالى أي حد نجحت دول المجلس في ذلك .

ثانيا : تشريعات دول مجلس التعاون الخليجي لحفظ وحماية المياه الجوفية

على حد المعلومات المتوفرة لدينا لا يوجد حتى الآن في معظم دول المجلس الخليجي أية تشريعات حديثة لتنظيم استخراج واستهلاك وحماية موارد المياه الجوفية باستثناء دولتي قطر والبحرين .

أ - **القانون القطري رقم ١ لسنة ١٩٨٨ لتنظيم حفر آبار المياه الجوفية (٩) .**

تضمن هذا التشريع العديد من الاحكام والتي ندرسها فيما يلي :-

١ - التعاريف الواردة في القانون : تضمنت المادة الأولى من القانون مجموعة من التعريفات الضرورية لفهم المصطلحات الواردة في نصوص القانون وتشمل : تعريف " الاستخراج " ، " المياه الجوفية " ، " البئر " ، " مقاول الحفر " ، " جهاز الحفر " ، " رخصة مزاولة الحفر " ، " رخصة الحفر " ، " الطبقة المنتجة " و أخيرا " المواصفات " .

ويقصد " بالاستخراج " رفع المياه الجوفية الى سطح الأرض باية وسيلة من الوسائل المؤدية لذلك .

ويقصد " بالمياه الجوفية " المياه الموجودة تحت سطح الأرض ويمكن استخراجها بواسطة الآبار .

ويقصد "بالبئر" أي حفرة أو خندق أو ثقب يتم احداثه في الارض بآلة أو جهاز للوصول الى المياه الجوفية واستخراجها .
اما "مقاول الحفر" فهو كل شخص طبيعي أو معنوي يزاول حفر الآبار بقصد استخراج المياه الجوفية سواء بمفرده أو مع آخرين يستخدمهم أو يشاركهم لتحقيق الغرض المذكور .
"جهاز الحفر" هو الجهاز او الآلة المستخدمة في حفر أو ثقب أو تفتيت أو نسف جزء من الارض بغرض الوصول الى المياه الجوفية مهما كان الغرض الذي اعدت أصلا من أجله ، أو العمق الذي تصل اليه أو القطر الذي تعمل به أو الساحة التي تشغلها .
"رخصة الحفر" هي الرخصة الصادرة من وزارة الكهرباء والماء لمالك الأرض أو المزرعة أو من في حكمه بحفر بئر للمياه أو تعميقه أو تنظيفه أو تغيير مواصفاته .
"الطبقة المنتجة" الطبقة المصرح لحامل رخصة الحفر الوصول اليها لاستخراج المياه حسب العمق المنصوص عليه في رخصة الحفر .
أما "المواصفات" فهي المواصفات التي تضعها الأدارة المختصة لحفر أو تعميق أو تنظيف البئر ، ولموقعها وعقدها وقطرها ، ولنوع المضخة وقوتها وكمية التدفق القصوى المسموح بها .

٢ - المبادئ الأساسية التي يقوم عليها القانون :

١- مبدأ ملكية الدولة لجميع المياه الجوفية : نصت المادة الثامنة عشر على اعتبار المياه الجوفية على اختلاف أنواعها الموجودة في الطبقات المنتجة والتي تستخرج بحفر الآبار ملكا للدولة .
ويكتسب هذا المبدأ أهمية كبيرة نظرا لأن ملكية الدولة للمياه الجوفية لا تقتصر فقط على طبقات المياه الجوفية التي تقع تحت الأراضي أو المساحات المملوكة للدولة بل أيضا تلك التي تقع الأراضي المملوكة ملكية خاصة للأفراد أو الهيئات والشركات الخاصة . وترتيبا على ذلك لا يجوز لأي مالك لمساحة من الأرض أو مزرعة استخراج المياه الجوفية الواقعة أسفلها دون الحصول على ترخيص بذلك من الجهة التي حددها القانون .

٢ -حق الدولة في تنظيم استخراج واستعمال المياه الجوفية : يترتب على تقرير مبدأ ملكية الدولة لجميع المياه الجوفية حقها في تنظيم استخراج واستعمال المياه الجوفية ولقد حدد القانون مجموعة من القواعد التي يتعين مراعاتها :-

- فلا يجوز حفر بئر جديدة لاستخراج المياه الجوفية في أية منطقة بالبلاد سواء للزراعة أو الشرب أو الصناعة أو لأي غرض آخر ، أو اجراء أي تغيير في بئر أو تعميقها أو تنظيفها أو التعديل في أي جهاز مرتبط بها بغرض الزيادة في كميات المياه المسموح بسحبها من الطبقة المنتجة ، الا بعد الحصول من وزارة الكهرباء والماء على رخصة حفر ، وعلى أن يقوم بالحفر مقاول مرخص له بذلك قانونا (م١١ ، م٢ من القانون) .
- تقوم ادارة الكهرباء والمياه بتحديد المساحة المسموح بريها في كل مزرعة وعدد الآبار اللازمة لريها ومواصفاتها (م١٥) .
- تتولى هذه الأدارة الأشراف على عمليات حفر الآبار وتعميقها وتنظيفها وتغيير مواصفاتها وتركيب المضخات وعدادات المياه واجراء الاختبارات والتحاليل اللازمة لها (م١٥).

لوزير الكهرباء والماء الحق في ايقاف سحب المياه الجوفية في أي وقت ، واصدار التعليمات واتخاذ الاجراءات التي يراها ضرورية لمنع تدهور نوعية المياه الجوفية وترشيد استغلالها وعدم اهدار شئ منها (م١٧) .
٣ - رخص الحفر : حظرت المادة الحادية عشر من القانون حفر أية بئر جديدة في أية منطقة بالبلاد لاستخراج المياه الجوفية سواء للزراعة أو الشرب أو الصناعة أو لأي غرض آخر ، أو

اجراء أية تعديلات في بئر أو تعميقها أو تنظيفها بغرض زيادة كميات المياه المسموح بسحبها من الطبقة المنتجة ، الا بعد الحصول من الوزارة على رخصة الحفر .

ويحدد بقرار من وزير الكهرباء والماء شروط الحصول على رخصة الحفر ، ومدتها وشروط تجديدها والبيانات التي يشملها طلب الحصول عليها أو طلب تجديدها كما يتضمن القرار تحديد نموذج الرخصة وطلب تجديدها (م٣) .

ويلتزم المرخص له في حفر بئر بتنفيذ التخطيط والتصميمات والمواصفات الفنية التي تحددها الأدارة المختصة ، وعلى وجه الخصوص ما يتعلق بها بالموقع والقطر ونوع المضخة وقوتها ، كما يلتزم بتركيب عدادات مياه بالمواصفات التي تحددها الأدارة المذكورة لقياس مقدار المنصرف من البئر . ولا يجوز للمرخص له تجاوز كمية التدفق القصوى المصرح بها أو المساحة المسموح بريها وعدد الآبار اللازمة لها . كما لا يجوز مخالفة نظام الري وطرق نقل وتوزيع المياه (م١٣) .

ويلتزم المرخص له بالاحتفاظ برخصة الحفر في موقع العمل وتسليم نسخة منها مصدقا عليها لمقاول الحفر . ولمندوب الوزارة الاطلاع على الرخصة للتأكد من صلاحيتها ، سواء خلال مدة الحفر أو بعدها .

٤- رخصة مزاولة الحفر : يحظر القانون على أي شخص طبيعي أو معنوي القيام بحفر الآبار الا اذا كان حائزا على رخصة مزاولة مهنة حفر الآبار . وقد أراد المشرع بذلك تجنب قيام من لا دراية له أو خبرة بأسس ومواصفات حفر الآبار بممارسة هذا العمل الأمد الذي قد يؤثر سلبا على المياه الجوفية في منطقة الحفر . هذا فضلا عن اخضاع عملية حفر الآبار لرقابة واشراف الدولة ، مما يتيح لها التحكم في تحديد مواقع الآبار وكميات المياه المستخرجة . ولهذا نصت المادة الثانية على أن يقوم بالحفر مقاول مرخص له بذلك .

وقد حصرت المادة الخامسة من القانون منح تراخيص مزاولة الحفر لثلاث شركات فقط من بين الشركات التي تتوافر فيها الشروط التي يحددها الوزير المختص .

وتلزم المادة السادسة مقاول الحفر قبل البدء في العمل ، ابرام عقد مع صاحب البئر ، وأن يتضمن العقد بيانا برخصة الحفر الصادرة لصاحب البئر ورقمها ، وأن يوقع العقد من الطرفين . وتعتبر الشروط الفنية الواردة في رخصة العقد جزءا لا يتجزأ من أي اتفاق يتم بين مقاول الحفر وصاحب البئر حتى لو لم يرد لها ذكر فيه . ويلتزم مقاول الحفر بتنفيذ التخطيط والتصميمات الواردة برخصة حفر البئر .

وطبقا للمادة الثامنة يتعين على مقاول الحفر أخذ عينات للحفر كل ثلاثة أمتار أثناء الحفر وكلما تغيرت نوعية ولون التربة ، وحفظ هذه العينات في أكياس وتسليمها الى الأدارة المختصة أولا بأول ، موضحا على عبواتها تاريخ أخذ العينة وموقع البئر وأسمه ورقمه وعمق الحفر .

وللوزير حق ايقاف المقاول عن متى اتضح أن اجراءات الحفر تخالف اشتراطات رخصة الحفر الممنوحة (م٩) .

٥ - العقوبات المقررة لمخالفة القانون : يعاقب القانون بالحبس مدة لا تقل عن ثلاثة شهور وبغرامة لاتقل عن عشرة آلاف ريال ولا تزيد على خمسين ألف ريال أو باحدى هاتين العقوبتين كل مقاول يزاول الحفر قبل الحصول على رخصة مزاولة حفر أو بعد انتهاء مدة الرخصة الممنوحة له .

ويتمتع بصفة الضبطية القضائية لضبط المخالفات المنصوص عليها في القانون موظفو وزارة الزراعة الذي يندبهم الوزير المختص لمباشرة هذا العمل . ويكون لهم حق دخول أي أرض أو مزرعة أو منشأة للتحقق من تنفيذ أحكام القانون .

ب – القانون البحريني بشأن تنظيم استعمال المياه الجوفية :

اهتمت دولة البحرين بتنظيم استعمال المياه الجوفية ، فأصدرت المرسوم بقانون رقم ١٢ لسنة (١٠) وسنقوم بدراسة هذا التشريع في النقاط التالية :

أولا : التعاريف الواردة في القانون : تضمن القانون في مادته الأولى مجموعة من التعاريف التي تتعلق بالمسائل التي ينظمها القانون .

فالمادة الأولى الفقرة الأولى تعرف المقصود " بالبئر " فهو أي بئر أو ثقب أو بناء لتنظيم الماء أو تحويلة ، أو أية واسطة لاستخراج الماء أو رفعه أو دفعه ، أو أية طريقة للحصول على الماء ورفعه ونقله واستعماله لغرض الزراعة والصناعة والسياحة .

وتعرف م ٢/١ المقصود " بأكمال البئر " وهو القيام بالتجهيزات النهائية للبئر بما في ذلك سد وطمس أي جزء من البئر ويكون هذا الجزء أبعد من المنطقة التي يستخرج منها الماء .

وتعرف م ٣/١ المقصود " بتغليف البئر " وهو القيام بتبطين جدران البئر من الداخل لمنع تسرب المياه من البئر الى أية منطقة مسامية أو من أي تشقق في الطبقات التي يمر فيها البئر .

وأخيرا تعرف م ٤/١ " طبقة أم الرضمة " فهي الطبقة الحاملة للمياه الجوفية والتي تلي طبقة العلات ثم طبقة الخبر .

ثانيا : الأحكام الموضوعية لتنظيم حفر الآبار وتنظيم استعمال المياه :

تضمن القانون في مواده تنظيم المسائل المتعلقة بحفر الآبار واستخراج المياه الجوفية :

١ – عدم جواز حفر الآبار الا بترخيص : حظرت المادة الثانية من القانون حفر أي بئر جديد أو اجراء أي تغيير أو تعديل في بئر موجود أو في أي جهاز مرتبط به يترتب عليه توسيع محيط أو عمق البئر ، أو يزيد القوة المستخدمة لسحب المياه منه الا بعد الحصول على ترخيص من وزير التجارة والزراعة . ويتولى مكتب مصادر المياه تلقي طلبات الحصول على ترخيص .

٢ – تحديد مناطق حفر الآبار والطبقات التي يتم استخراج المياه منها :

خول القانون اللائحة التنفيذية تحديد المناطق التي يسمح فيها بحفر الآبار وتلك التي لا يسمح فيها بذلك . وكذلك الطبقات التي يتم استخراج المياه منها . وبهذا الخصوص حددت المادة الثالثة طبقة أم الرضمة فقط لاستخراج المياه المستخدمة في أغراض الصناعة والسياحة .

٣ – الجهة المسئولة عن حفر الآبار :

طبقا للمادة السادسة من القانون يتولى مكتب مصادر المياه جميع عمليات حفر وانشاء البئر حتى يصبح صالحا للاستعمال ، كما يقوم بسد وطمس البئر في الحالات التي ينص عليها القانون . ويتحمل صاحب البئر النفقات المترتبة على ذلك .

وقد أجازت الفقرة الثانية من المادة تكليف صاحب البئر بالقيام بذلك تحت اشراف ورقابة المكتب .

وتجيز المادة التاسعة لمكتب مصادر المياه الغاء الترخيص اذا رأى أن اجراءات حفر البحر تتعارض أو من الممكن أن تتعارض مع أوضاع المياه الجوفية .

٤ – تحديد مساحات دنيا من الأراضي الزراعية كشرط للترخيص بالآبار :

رغبة في تحقيق الاقتصاد في استخراج واستعمال المياه الجوفية ، نصت المادة السابعة بعدم جواز منح تراخيص للآبار المخصصة لأغراض الزراعة الا اذا كانت المساحة التي تستفيد من

مياهها لا تقل عن الحد الادنى للمساحات التي يحددها الوزير المختص بعد موافقة مجلس الوزراء .

وترخص المادة الثامنة للوزير المختص في حالة عدم توفر المساحة المطلوبة الزام الملاك المتجاورين بالاشتراك في بئر واحد وتوزع النفقات عليهم بنسبة المساحة المملوكة لكل منهم .

٥ - تركيب أجهزة لقياس تدفق وكميات المياه المستخرجة :

تلزم المادة العاشرة من القانون مكتب مصادر المياه بوضع ألاجهزة اللازمة على كل بئر لقياس تدفق المياه أو لحساب كمية المياه المستخرجة منه ، أو أية أجهزة أخرى يراها ضرورية لتنظيم استخدام المياه . ويستوى في ذلك الآبار الموجودة قبل أو بعد نفاذ هذا القانون . ويتحمل صاحب البئر ثمن نفقات تركيب وصيانة واصلاح هذه الأجهزة ، كما يتعين عليه اتخاذ الترتيبات اللازمة للمحافظة على هذه الأجهزة .

وبهذا الخصوص نشير الى القرار (١٠) لسنة ١٩٨٢ الصادر عن وزير التجارة والزراعة والذي يلزم ملاك الآبار الارتوازية بتركيب عدادات مياه على آبارهم على أن يتم تركيب هذه العدادات مجانا وعلى حساب الدولة وبواسطة ادارة الزراعة بوزارة التجارة والزراعة ويعاقب من يمتنع عن تنفيذ هذا القرار بالعقوبات الواردة في القانون محل الدراسة .

٦ - العقوبات المقررة لمخالفة أحكام القانون :

تنص المادة ٢٠ من القانون على معاقبة كل من خالف أحكام القانون أو القرارات المنفذة له بغرامة لا تقل عن مائتي دينار ولا تتجاوز خمسمائة دينار وبالحبس مدة لا تزيد على ستة أشهر أو باحدى هاتين العقوبتين . ويعاقب القانون على المشروع في ارتكاب أية مخالفة من المخالفات المنصوص عليها بغرامة لا تتجاوز مائتي دينار .

وتخول المادة التاسعة عشر موظفي مكتب مصادر المياه الذين يصدر بندبهم قرار من وزير التجارة والزراعة حق الدخول الى أي مكان توجد فيه آبار مرخصة أو يعتقد أن فيه آبارا غير مرخصة لضبط المخالفات وتحرير محاضر عنها واحالتها لجهة الاختصاص .

ومما لاشك فيه ان هذا التشريع يسهم الى حد كبير في تدعيم سلطة الدولة بشأن تنظيم حفر الآبار والاشراف على استخراج واستعمال المياه الجوفية في دولة البحرين خاصة بعد تزايد معدلات استخراج واستهلاك المياه الجوفية خلال الفترة الأخيرة . كذلك يسهم هذا القانون في وضع الضوابط العلمية والفنية لعملية حفر الآبار الأمر الذي ينعكس بشكل ايجابي على نوعية المياه الجوفية ، هذا فضلا عن السيطرة على كميات المياه المستخرجة والأغراض المستخدمة فيها .

ومن المأمول فيه أن تحذو بقية دول مجلس التعاون حذو دولتي قطر والبحرين ، وأن تنظر في اصدار التشريعات اللازمة لحفظ المياه الجوفية الكائنة في أقطارها كما ونوعا .

ثالثا : قواعد القانون الدولي وحماية وحفظ موارد المياه الجوفية

المياه الجوفية شأنها شأن المياه السطحية تجهل الحدود السياسية والجغرافية بين الدول ، وعادة ما تضم منطقة حوض المياه الجوفية دولتين أو أكثر . ولقد ثبت علميا أن الأستهلاك غير الرشيد لموارد المياه الجوفية في اقليم دولة من الدول الواقعة في الحوض المشترك يؤثر كما ونوعا في استخدامات الدول الأخرى للمياه الجوفية المشتركة . كذلك فان تلويث المياه الجوفية الواقعة تحت سيادة دولة من الدول يؤدي بالتالي الى تلويث المياه الجوفية الواقعة تحت أقاليم الدول الأخرى المشتركة في الحوض المائي الجوفي .

وهكذا ففي شمال شرق أفريقيا فان حوض المياه الجوفية المشتركة يضم كل من ليبيا ومصر والسودان وتشاد . وفي منطقة الجزيرة العربية فان حوض المياه الجوفية يقع تحت سيادة كل من المملكة العربية السعودية وقطر والأمارات وعمان والأردن .

وهذه الطبيعة الدولية أو " عبر الحدود " لأحواض المياه الجوفية تفرض ضرورة العمل المشترك ، أو التعاون الدولي لتحقيق ادارة سلمية ومتكاملة لموارد المياه الجوفية . فاستمرار خضوع هذا المورد المشترك للسياسات الانفرادية والأنانية سيضر بمصالح بقية الأطراف الأخرى ، وفي المستقبل المنظور ستؤدي زيادة الطلب على موارد المياه الى تأجيج التنافس وامكانية التناحر حول استغلال هذه الموارد المشتركة .

واذا كانت القواعد الدولية المنظمة لاستعمال واستهلاك المياه السطحية كالانهار والبحيرات قد شهدت تطورا كبيرا ، وتبلورت بشأنها القواعد والمبادئ التي تحكم استهلاكها والمحافظة على نوعيتها من مخاطر التلوث ، فان الأمر على عكس ذلك بالنسبة لموارد المياه الجوفية حيث لم يحرز القانون الدولي العرفي أو الاتفاقي تقدما كبيرا في شأن تنظيم وحماية هذا المورد من موارد المياه . وعلى حد علمنا فان الاتفاقيات الدولية التي تعالج بشكل خاص تنظيم وادارة المياه الجوفية ما زالت قليلة العدد أو حتى نادرة الوجود ، هذا وان كانت بعض الاتفاقيات الدولية الحديثة المبرمة لتنظيم مجاري المياه السطحية قد أشارت بشكل صريح عندما تعرضت لتعريف موارد المياه الخاضعة لأحكام الاتفاقية الى " موارد المياه الجوفية " باعتبارها عنصرا من عناصر المياه الخاضعة للتنظيم .

ومع ذلك سنحاول طرح مجموعة من المبادئ والقواعد التي يمكن ان تحكم أي تنظيم دولي أو ادارة دولية سليمة ومتكاملة لموارد المياه الجوفية . وسننطلق في طرح هذا التصور من العديد من المعاهدات والاتفاقيات الدولية الثنائية ومتعددة الأطراف التي أبرمت لتنظيم استغلال وحماية الأنهار والبحيرات الدولية ، خاصة الاتفاقية الأخيرة لمنظمة الأمم المتحدة بشأن مجاري المياه الدولية ، وكذلك المبادئ والتوصيات التي أقرتها المؤتمرات الدولية لحماية البيئة ، والمبادئ التوجيهية الصادرة عن المنظمات الدولية بشأن استغلال وادارة الموارد الطبيعية المتقاسمة ، وأحكام المحاكم الدولية ذات الصلة وكتابات فقهاء وشراح القانون الدولي .

ولهذا سنقسم هذا الموضوع الى نقطتين نشير في الأولى الى الوثائق الدولية محل الدراسة ، لننتهي في الثانية الى عناصر التنظيم القانوني الدولي للمياه الجوفية المشتركة بين دولتين أو أكثر .

أولا : <u>الوثائق الدولية :</u>

يمكن الاستناد في طرح تصور قانوني لتنظيم المياه الجوفية على المستوى الدولي على الوثائق :

١ - <u>المعاهدات والاتفاقيات :</u>

يمكن الاشارة الى اتفاقية الأمم المتحدة لحماية واستعمال مجاري الأنهار الممتدة عبر الحدود والبحيرات الدولية لسنة ١٩٩٢.

وفي اطار المعاهدات والاتفاقيات الدولية الثنائية يمكن الاشارة الى معاهدة ١١ يناير سنة ١٩٠٩ المبرمة بين الولايات المتحدة وكندا بشأن الحدود ، والمعاهدة الألمانية الدانماركية لسنة ١٩٢٢ بشأن المياه الحدودية ، والمعاهدة الفرنسية الألمانية لسنة ١٩٢٥ ، والمعاهدة النمساوية المجرية لسنة ١٩٥٦ ، والاتفاقية الأرجنتينية الشيلية لسنة ١٩٧١ ، والمعاهدة الألمانية الهولندية لسنة ١٩٦٠ ، واتفاقية حماية بحيرة كونستانسي لسنة ١٩٦٠ ومعاهدة كراتشي بشأن نهر الأندوس .

٢ - الاعلانات والمبادئ التوجيهية :

يمكن الأشارة الى اعلان استكهولم الصادر عن مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة سنة ١٩٧٢ ، وكذلك الأعلان الصادر عن مؤتمر البيئة والتنمية في ريودي جانيرو سنة ١٩٩٢ ومبادئ السلوك في ميدان البيئة لارشاد الدول في حفظ وتنسيق واستغلال الموارد الطبيعية التي تتقاسمها دولتان أو أكثر لسنة ١٩٧٨ ، والميثاق العالمي للطبيعة الذي وافقت عليه الجمعية العامة للأمم المتحدة لسنة ١٩٨٢ ، والاستراتيجية العالمية لصون الطبيعة الصادرة عن الاتحاد الدولي لصون الطبيعة ، وميثاق الحقوق والواجبات الاقتصادية لسنة ١٩٧٤ وتوصيات مؤتمر الامم المتحدة بشأن المياه لسنة ١٩٧٧ .

٣ - أحكام المحاكم الدولية :

من الاحكام ذات الصلة بموضوع الدراسة يمكن الاشارة الى الحكم الصادر من محكمة العدل الدولية في قضية مضيق كورفو ، قضية مصنع الصهر بتريل ، والحكم التحكيمي الصادر في قضية البحيرة لانو ، وقضية الجرف القاري .

٤ - الأعمال الصادرة عن جمعيات القانون :

يمكن بهذا الخصوص الاشارة الى القواعد التي وضعتها جمعية القانون الدولي والمسمى بقواعد هلسنكس لسنة ١٩٦٦ ، ولقد أهتمت الجمعية بالمياه الجوفية فوافقت في سنة ١٩٨٦ على قواعد سيول للمياه الدولية الجوفية ، والتقرير الذي أعده معهد القانون الدولي سنة ١٩٧٩ بشأن تلوث الأنهار والبحيرات في ضوء احكام القانون الدولي .

ثانيا : عناصر التنظيم القانوني للمياه الجوفية :

من خلال دراسة الوثائق الدولية سالفة الذكر يمكن هنا الاشارة الى عناصر التنظيم القانوني الدولي فيما يلي :-

١ - تعريف المياه الجوفية الدولية :

عرفت اتفاقية الامم المتحدة المياه الجوفية (١٢) بأنها المياه الجوفية التي تعبر أو تتواجد بمنطقة الحدود بين دولتين أو أكثر (١٣) ، ويعرفها مشروع المعاهدة بشأن المياه الجوفية المعد من قبل المركز الدولي للموارد عبر الحدود بانها المياه التي توجد في الطبقات الارضية شبه السطحية ذات التكوين الجيولوجي الحامل للمياه والتي تتقاطع مع الحدود المشتركة لدولتين أو أكثر .

٢ - الأثر العابر للحدود :

وهو بالنسبة للمياه الجوفية ينحصر في عنصرين :

الأول : هو قيام دولة بالسحب من المياه الجوفية المشتركة بمعدل أكثر من معدل اعادة تخزين وشحن الطبقة الحاملة للمياه بشكل يضر بنوعية المياه كما أو نوعا وبالتالي يؤثر بمصالح الدول الأخرى . أما الثاني : أي تأثير ذات مغزى على حالة المياه الجوفية عبر الحدود ناتج عن النشاط الانساني والذي يوجد مصدره بشكل كامل أو جزئي داخل منطقة تقع تحت أختصاص دولة ويحدث أثره الضار في دولة أخرى . ويشمل هذا الأثر أمن وصحة الانسان ، الحياة البرية أو البحرية أو أية تكوينات طبيعية وكذلك الجوانب الاقتصادية والاجتماعية .

٣ - فكرة الأدارة المتكاملة لموارد المياه الجوفية المشتركة :

تأخذ هذه الفكرة في الاعتبار الوحدة الجغرافية (١٤) والطبيعية لمنطقة أو حوض المياه الجوفية المشتركة ، وكذلك الاعتماد البيئي المتبادل لموارد المياه وفكرة التضامن الدولي . وتقوم هذه الفكرة على الادارة المشتركة والمفصلة لموارد المياه من قبل الدول المعنية بشكل يتجاوز اعتبارات السيادة المطلقة والضيقة لكل دولة ، وبهدف تحقيق الاستغلال المتساوي والمعقول

والعادل والامثل لهذا المورد وحمايتة من مخاطر التلوث مع الاحترام في الوقت ذاته لفكرة الوحدة الطبيعية والبيئية لحوض المياه الجوفية المشتركة .
والواقع ان الادارة المتكاملة ستسمح بتجنب استخدامات المياه المتعارضة ، والاضرار بالمصالح المتبادلة للمستعملين ، وتجنب المنازعات التي يمكن ان تنشأ بسبب ذلك وترشيد استخدامات المياه بشكل يتلائم مع نقص وندرة موارد المياه مع تزايد الطلب عليه .
وفي هذا المعنى يؤكد الميثاق العالمي (١٥) للطبيعة الذي وافقت عليه الجمعية العامة للامم المتحدة سنة ١٩٨٢ : بان تدهور النظم الطبيعية نتيجة للاستهلاك المفرط وسوء استخدام الموارد الطبيعية فضلا عن الاخفاق في وضع نظام اقتصادي مناسب فيما بين الشعوب والدول يؤدي الى أنهيار الهياكل الاقتصادية والاجتماعية والسياسية للحضارة " .
كما يؤكد الميثاق بان " التنافس على الموارد النادرة يوجد المنازعات ، بينما يسير حفظ الطبيعة والموارد الطبيعية في اتجاه العدالة ويسهم في المحافظة على السلم ... " .

٤- الاساس القانوني الذي تقوم عليه فكرة الادارة المتكاملة لموارد المياه الجوفية :

هناك اجماع من كتاب وشراح القانون الدولي على وجود قاعدة عرفية دولية مفادها سيادة الدولة وحريتها في ممارسة كافة الانشطة على اقليمها الوطني بشرط عدم الاضرار بمصالح الدول الاخرى . ولقد تأكد هذا المبدأ في العديد من الوثائق الدولية ، واحكام المحاكم سواء الوطنية أو الدولية ، وكذلك في العديد من الاتفاقيات والمعاهدات الدولية :

فالمبدأ - ٢١- من اعلان استكهولم (١٦) الصادر عن مؤتمر الامم المتحدة للبيئة ينص :
" للدول ، وفقا لميثاق الامم المتحدة ومبادىء القانون الدولي ، حق السيادة في استغلال مواردها طبقا لسياساتها البيئية الخاصة ، وهي تتحمل مسئولية ضمان ان الانشطة التي تضطلع بها داخل حدود سلطتها او تحت رقابتها لا تضر ببيئة دول اخرى أو ببيئة مناطق تقع خارج حدود الولاية الوطنية " .

وقد نص المبدأ ٣ /٢ من مبادىء السلوك في ميدان البيئة (١٧) لارشاد الدول في حفظ وتنسيق استغلال الموارد الطبيعية التي تتقاسمها دولتان أو اكثر ، والتي اقرها مجلس ادارة برنامج الامم المتحدة للبيئة في مايو ١٩٧٨ ، على ان المبدأ السابق ينطبق على الموارد الطبيعية المتقاسمة بين دولتين أو أكثر ومن بين هذه الموارد ، موارد المياه الجوفية المشتركة .

كذلك ينص الميثاق العالمي للطبيعة على واجب الدول :
" في ضمان عدم اضرار الانشطة الواقعة داخل حدود ولايتها أو سيطرتها بالنظم الطبيعية الواقعة في دول اخرى أو في المناطق الخارجة عن حدود ولايتها الوطنية " .

كذلك تأكد هذا المبدأ في العديد من الاحكام الصادرة من القضاء الدوا ي ، نذكر منها الحكم الصادر من محكمة العدل الدولية في قضية مضيق كورفو ، والقرار التحكيمي الصادر عن محكمة التحكيم الصادر في قضية مصنع الصهر بتريل بين كندا والولايات المتحدة ، والقرار التحكيمي الصادر في قضية البحيرة لانو Lac Lanoux .

٥- ضرورة التعاون الدولي لادارة موارد المياه الجوفية :

لا يتصور ادارة موارد المياه الجوفية المشتركة ادارة سلمية وعادلة دون قيام التعاون (١٨) الدولي بين الدول المشتركة في هذه المياه :

أ - تأكيد مبدأ التعاون الدولي :

وقد أشارت العديد من الوثائق والاتفاقيات والقرارات الدولية على أهمية التعاون الدولي لحسن ادارة الموارد الطبيعية المشتركة ومن بينها موارد المياه الجوفية التي تتقاسمها دولتين أو أكثر .

فالمبدأ الاول من مجموعة مبادىء السلوك التي يتعين على الدول مراعاتها في حفظ وتنسيق استغلال الموارد الطبيعية التي تتقاسمها دولتان أو اكثر ينص على :

" من اللازم للدول ان تتعاون في ميدان البيئة في حفظ وتنسيق استغلال الموارد الطبيعية التي تتقاسمها دولتان أو اكثر . وبناء على ذلك فان من اللازم ان تتعاون الدول من اجل مراقبة ومنع وخفض أو القضاء على الاثار البيئية السلبية التي قد تنجم عن استغلال الموارد الطبيعية المتقاسمة تمشيا مع مفهوم الاستغلال العادل لمثل هذه الموارد . ويتعين ان يحدث هذا التعاون على قدم المساواة مع الاخذ في الاعتبار سيادة وحقوق ومصالح الدول المعنية " .

ولقد تأكد هذا المبدأ في اعلان استكهولم بشأن البيئة البشرية (المبدأ رقم - ٢٢ -) وفي الميثاق العالمي للطبيعة (المبدأ ٢١/ م) ، وفي ميثاق الحقوق والواجبات الاقتصادية للدول الصادر عن الجمعية العامة للأمم المتحدة سنة ١٩٧٤ (١٩) .

كذلك تنص اتفاقية الامم المتحدة بشأن حماية واستعمال المجاري الدولية للمياه والبحيرات الدولية لسنة ١٩٩٢ في مادتها الثانية على واجب الدول المطلة على مجرى المياه ، أو الواقعة في منطقة المياه الجوفية المشتركة ان تتعاون على اسس من المساواة والمعاملة بالمثل ، وعلى وجه الخصوص من خلال الاتفاقيات الثنائية ومتعددة الاطراف لتنمية السياسات المتجانسة ، والبرامج والاستراتيجيات لمنع او السيطرة او خفض الاثار عبر الحدود الناشئة عن استغلال او استعمال المياه التي تقع عبر الحدود المشتركة لدولتين أو أكثر .

ب - أسس وصور التعاون الدولي لادارة وحماية موارد المياه الجوفية عبر الحدود :

حددت المواثيق والاتفاقيات الدولية أسس وأشكال التعاون (٢٠) الدولي لحماية المياه الجوفية عبر الحدود وتتلخص فيما يلي :-

١ - الأسس التي يقوم عليها التعاون :

التزام كل دولة أن تتجنب وأن تقلل الى أدنى حد ممكن الآثار السلبية لاستغلال المياه الجوفية المشتركة خارج حدودها الأقليمية ، عندما يكون هذا الاستغلال يتسبب في ضرر لدولة شريكة أخرى عند استغلال هذا المورد ، أو يهدد الحفاظ على هذا المورد ، أو يعرض صحة سكان دولة أخرى لاخطر أو يهدد مصالحها الاقتصادية .

- التزام كل دولة بادارة موارد المياه الجوفية بشكل لا يضر بحاجات الاجيال القادمة .
- التزام كل دولة باستخدام المياه الجوفية بشكل يتفق مع الاستغلال الرشيد والسليم بيئيا .
- أن يتم استغلال موارد المياه بشكل متساو وعادل ومعقول .
- اتخاذ التدابير لمنع أو السيطرة أو خفض تلويث المياه الجوفية المشتركة .
- مبدأ الملوث - الدافع

ج – المعايير التي يتم على أساسها اقتسام موارد المياه الجوفية :

مبدأ المساواة في الحقوق بين الدول المشتركة في استخدام موارد المياه الجوفية لا يعني أن تتساوى هذه الدول في الحصول على نفس الكمية من المياه . فهناك عدة معايير ينبغي مراعاتها وهي :-

- فكرة توازن المصالح بين الدول المشتركة في المياه الجوفية المشتركة .
- جغرافية الحوض المائي الجوفي ، ومساحة هذا الحوض التي تقع في كل دولة .
- الاستخدام السابق والحالي للمياه الجوفية المشتركة .
- عدد السكان المستفيدين من المياه الجوفية .
- امكانية اشباع حاجات الدول المشتركة في الحوض المائي دون الحاق أضرار جدية للدول الأخرى .
- ضرورة تجنب تبديد موارد المياه الجوفية .
- وجود موارد مياه أخرى متاحة لبعض دول الحوض .
- امكانية تقديم تعويضات لدولة لحل منازعات استخدام المياه .

د – صور وأشكال التعاون الممكنه :

- ابرام اتفاقيات ثنائية أو متعددة الأطراف لتنظيم اقتسام موارد المياه وحمايتها .
- تبادل المعلومات بين الدول بشأن نوعية المياه الجوفية عبر الحدود ، كذلك بشأن أية تدابير تؤثر في تلك المياه من ناحية الكمية أو النوعية .
- وضع التدابير المشتركة بشأن حدود الضخ من المياه الجوفية ، وتحديد مواقع الآبار وعددها .
- الدخول في مشاورات بين الدول المعنية للتنسيق بالنسبة للقضايا المتعلقة باستخدام وحماية المياه الجوفية .
- اقامة برامج لتقييم ورصد المياه الجوفية المشتركة .
- اجراء البحوث المشتركة لتنمية التقنيات لمنع أو السيطرة أو خفض الآثار عابرة الحدود ، ولايجاد الطرق الخاصة بتحسين نوعية المياه ، وتقييم درجة سمية المواد الخطرة وتحسين المعرفة بشأن الآثار البيئية للملوثات .

٦ – اقامة أنظمة للتحذير والانذار :

وتهدف هذه الأنظمة الى اخطار كل دولة من الدول المستخدمة للمياه الجوفية المشتركة بأي خطر حال أو محتمل على الصحة العامة يتعلق بتلوث المياه الجوفية عبر الحدود ، أو بأي تدهور آخر في نوعية المياه الجوفية .

٧ – اقامة نظام للمسئولية الدولية عن الأضرار والتعويض عنها :

نصت العديد من الوثائق والاتفاقيات الدولية على ضرورة اقامة نظام للمسئولية الدولية عن الأضرار التي تنشأ من استخدام واستهلاك المياه الجوفية المشتركة .

فالمبدأ – ١٢ – من مجموعة مبادئ السلوك في حفظ وتنسيق استغلال الموارد الطبيعية التي تتقاسمها دولتان أو أكثر ينص :

" ينبغي على الدول أن تتعاون في مزيد من تطوير القانون الدولي المتعلق بالمسئولية والتعويض لضحايا القانون والأضرار بالبيئة الناجم عن استغلال الموارد الطبيعية المتقاسمة الحادث للمناطق التي تقع خارج ولايتها القضائية " .

ونجد ذات المعنى في المبدأ – ٢٢ – من اعلان استكهولم :
" على الدول أن تتعاون في زيادة تطوير القانون الدولي فيما يتعلق بالمسئولية وبتعويض ضحايا التلوث والأضرار البيئية الأخرى التي تتسبب فيها أنشطة يضطلع بها داخل حدود سلطة هذه الدول أو تحت رقابتها لمناطق واقعة خارج حدود سلطتها " .

٨ – <u>اقامة نظام لحل المنازعات المتعلقة باستخدام المياه الجوفية المشتركة :</u>
ويقوم أي نظام لحل المنازعات بشأن المياه الجوفية المشتركة على التفاوض والمساعي الحميدة والوساطة والتوفيق . أو عرض النزاع على محكمة تحكيم دولية أو احالته الى محكمة العدل الدولية للنظر فيه .

٩ – <u>انشاء هيئة أو لجنة دولية للاشراف على ادارة موارد المياه الجوفية المشتركة :</u>
ويدخل في اختصاص هذه الهيئة أو اللجنة ما يلي :-
- تنفيذ المهام التي يعهد بها اليها من قبل الدول التي تتقاسم موارد المياه الجوفية عبر الحدود .
- وضع برامج مشتركة تتعلق بتحسين نوعية المياه الجوفية ، وتحديد الكميات المستخرجة منها .
- جمع وتوثيق المعلومات بشأن مصادر تلوث المياه الجوفية ، ووضع برامج لمنع أو خفض هذه الملوثات .
- اجراء الدراسات والبحوث بشأن الاستخدامات الحالية والمستقبلية للمياه الجوفية في ضوء التوسع السكاني وخطط التنمية الاقتصادية والاجتماعية لتقييم تأثير التنمية الحالية والمحتملة على المياه الجوفية عبر الحدود .
- حصر موارد المياه الجوفية عبر الحدود ، وجمع المعلومات بشأن معدلات اعادة شحن وتخزين المياه الجوفية .

<u>التوصيات :</u>

يمكن أن نخرج من هذه الدراسة المختصرة بالتوصيات التالية :-

١ – تمثل موارد المياه الجوفية العذبة في دول مجلس التعاون أحد أهم موارد انتاج المياه العذبة في دول مجلس التعاون الخليجي ونظرا للاستهلاك المتزايد لهذا المورد خاصة في السنوات الأخيرة ، فانه يتعين على دول المجلس سواء على المستوى الوطني أو الاقليمي وضع سياسة مائية لترشيد استهلاك المياه وادارتها بشكل أكثر كفاءة حفاظا على كميتها ونوعيتها .

٢ – يتعين على دول المجلس اجراء الدراسات المشتركة للخروج بتقييم دقيق لاحتياطي المياه الجوفية في المنطقة ، وبيان معدلات الاستنزاف والتجديد ومن ثم وضع البرامج المشتركة للحفاظ على نوعية المياه الجوفية وكمياتها .

٣ – تعاني معظم دول مجلس التعاون الخليجي من نقص التشريعات المنظمة لحفر الآبار واستخراج واستهلاك المياه الجوفية ، ومن ثم يتعين على دول المنطقة الأسراع بوضع تشريعات حديثة لتنظيم هذه المسألة .

٤ – نظرا لأن مخزون المياه الجوفية في المنطقة يمتد الى جميع دول مجلس التعاون الخليجي ، فانه يتعين على دول المجلس التعاون على المستوى الأقليمي سواء من خلال آليات مجلس التعاون أو من خلال ابرام اتفاقية دولية لتنظيم الأدارة المشتركة والرشيدة لهذا المورد الطبيعي الحيوي .

٥ – ازاء الاستهلاك المتصاعد لموارد المياه الجوفية لمواجهة متطلبات التنمية الاقتصادية ، فانه يتعين على دول المجلس النظر في زيادة مواردها المائية من المصادر الأخرى .

٦ – لحماية موارد المياه الجوفية من التلوث ، يتعين على دول المجلس تعديل تشريعاتها البيئية السارية أو وضع تشريعات جديدة لحماية المياه الجوفية من مخاطر التلوث بأشكاله المختلفة .

الهوامش

(١) Transboundary Waters : The Bellagio Draft Treaty : International Transboundary Resources Center, University of New Mexico, P. 664

(٢) المرجع السابق صـ ٧٤ .

(٣) الطيب محمد جباره : الوضع البيئي في دول مجلس التعاون الخليجي ومقترحات التعاون في مجال العمل البيئي : المكتب الأقليمي لغرب آسيا . برنامج الأمم المتحدة للبيئة – البحرين ١٩٨٧ .

(٤) راجع في توزيع المناطق الجافة في العالم :
David Thomas : Arid Zone Geomorphology, Belhaven - Halsted Press, London, 1989, P. 3

(٥) تعزيز قدرات بلدان غربي آسيا على حماية البيئة والتنظيم المؤسس ، الأمم المتحدة – اللجنة الاقتصادية لغرب آسيا ، نوفمبر سنة ١٩٨٥.

(٦) الطيب محمد جباره ، المرجع السابق صـ ٢٠ وما بعدها .

(٧) راجع ملف البيئة والسلام يوم البيئة العالمي ٥ يونيو سنة ١٩٨٦ . برنامج الأمم المتحدة للبيئة – المكتب الأقليمي في غرب آسيا ، وعلى الخصوص ملف : الماء : أزمة موارد أم أزمة ادارة .

(٨) هذه الاحصائية مستقاه من : د. محمود طه أبو العلا : جغرافية شبه جزيرة العرب ، الجزء الأول – القاهرة سنة ١٩٨٦ صـ ٥٩ وما بعدها .

(٩) راجع نص هذا التشريع في النشرة القانونية لمجلس التعاون لدول الخليج العربية " الأمانة العامة " العدد – ٢٥ – ١٩٨٨/١٠/١١ . الرياض صـ ٦٧ – ٧٣ .

(١٠) راجع الجريدة الرسمية لدولة البحرين ، العدد ١٥٨ – ٧ أكتوبر سنة ١٩٨٢ صـ ٣ .

(١١) المرجع المشار اليه في هامش – ١ – صـ ٦٦٤ .

(١٢) United Nations : "Convention on the Protection and Use " of Transboundary Watercourses and International Lakes International Legal Materials, Vol. 31, 1992

(١٣) المادة الأولى من الاتفاقية المشار اليها في المرجع السابق .

(١٣) Utton : The Development of International Ground Water Law, Natural Resource Journal, 1982 / 95

(١٤) P. Dupuy : La gestion integree des Bassins Hydrographiques internationaux et le droit international positif " in "la protection de l'environnement dans les regions frontieres OCDE, Paris, 1979, P. 175 ets

(١٥) الميثاق العالمي للطبيعة ، وافقت عليه الجمعية العامة للأمم المتحدة بموجب القرار رقم ٧/٣٧ بتاريخ ٢٨ أكتوبر سنة ١٩٨٢ .

(١٦) الأعلان الخاص بالبيئة البشرية الصادر عن مؤتمر الأمم المتحدة عن البيئة البشرية ، ١٦ يونيو سنة ١٩٧٢ .

(١٧) راجع نص هذه المبادئ في : برنامج الأمم المتحدة ، المبادئ التوجيهية والقواعد للقانون البيئي ، رقم – ٢ – الصادر عن مجلس ادارة برنامج الأمم المتحدة للبيئة في ١٩ مايو سنة ١٩٧٨ .

(١٨) وافقت الجمعية العامة للأمم المتحدة على هذا الميثاق بموجب قرارها رقم ٣٢٨١ د – ٢٩ ، سنة ١٩٧٤ .

(١٩) P. Dupuy : Propositions normatives et institutionnelles pour une gestion integree des Bassinso Hydrographiques internationaux " Op. cit., P. 146 et s

راجع كذلك المرجع المشار اليه في الهامش رقم –١– .

(٢)

الجلسة الثانية
وسائل وأساليب إدارة المرافق والمنشآت المائية

إمدادات المياه في عمان: الإدارة والمشاكل والسياسات البديلة

د. محمد أحمد بن عوف / د. عصام عبدالماجد

إمدادات المياه في عمان: الإدارة والمشاكل والسياسات البديلة

بقلم

د. محمد أحمد عثمان بن عوف [١] و د. عصام محمد عبد الماجد [٢]

(١) محاضر، قسم الإقتصاد الزراعي والدراسات الريفية، كلية الزراعة، جامعة السلطان قابوس، مسقط، سلطنة عمان.

(٢) أستاذ مساعد، قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة السلطان قابوس، مسقط، سلطنة عمان.

الخلاصة:

عمان دولة ذات مناخ جاف وتتجاوز فيها إستخدامات المياه التغذية السنوية. كما وأن هنالك إحتمالات قليلة للحصول على مصادر جديدة للمياه. وتعمل حكومة السلطنة لزيادة إمدادات المياه متبعة خطط لترشيد الإستهلاك ورفع كفاءة الإدارة. هذه الورقة تنشد خطط مرنة للمياه تتماشى مع الإمداد والإستهلاك المتغيرين. ولابد من تفاعل المجتمع لإنجاح إدارة المياه. من المقترح التركيز على الأمن الغذائي بدلا عن الإكتفاء الذاتي من الغذاء. وربما أمكن اللجوء والإعتماد على إستيراد الغذاء في المستقبل القريب وذلك لرفع الضغط عن مصادر المياه المجهدة حاليا.إن تعليم وتثقيف المجتمع وإدارة وإستحداث تعريفة لمياه الري من الطرق المقترحة كبدائل للخطط الشاملة والمتكاملة لإدارة المياه.

١- مقدمة:

الأرض والماء مصادر أساسية ورئيسية للإنسان. وتعتمد بدرجة كبيرة على الموقع المحلي. ورغم أن الماء يمكن تحويله بدرجة ما غير أن هذا التحويل تسيطر عليه عوامل وظروف طبيعية وإقتصادية ومجتمعية وسياسية وقانونية. إن الإستخدام الجيد لمصادر المياه القليلة يتطلب حكمة ودراية بإمدادات المياه وتخطيط الإستخدام وذلك بتكاتف الجهود والعوامل الهندسية والزراعية والإقتصادية والمؤسسية والمجتمعية والتى تحتاج إلى أن يتم تكاملها للإستخدام الأفضل لمصادر المياه.

يزداد إستخدام المياه في عمان بصفة مستمرة رغم شح مواردها. ويعاني إستخدام الماء الرى والإستخدام العام والإستخدام المنزلي والصناعي من تفاقم مشاكل المياه كما ونوعا. توجد هنالك تحديات مرتبطة بنضوب المياه الجوفية في المناطق الرئيسة المكتظة بالسكان، وفي مناطق الإنتاج الزراعي بالسلطنة (مثل سهل الباطنة وبعض المناطق الأخرى، أنظر شكل ١). وكرد فعل لهذه التحديات قامت الحكومة منذ أواسط السبعينات بدراسات مكثفة للمخزون الجوفي، وأتبعت الخطط المبرمجة لزيادة إمدادات المياه والمحافظة عليها وترشيد الإستهلاك.

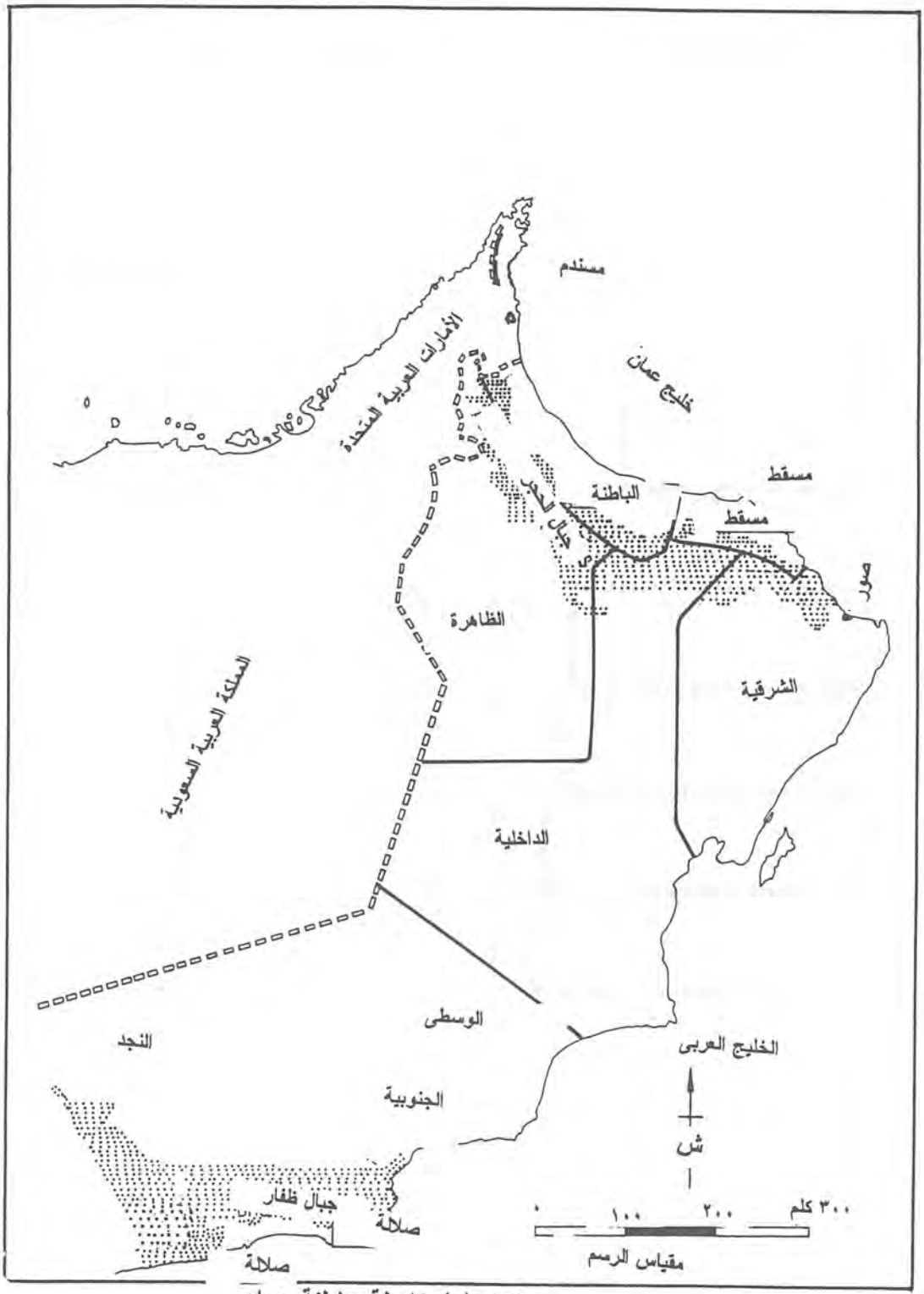
من أهم أهداف هذه الورقة وصف مصادر المياه بعمان وطرق إستخدامها وتحديد المشاكل النابعة من إستخدام مصادر المياه وشحها. كما وقد تم فى هذه الورقة عرض خطط الحكومة وبرامجها في مضمار إدارة المياه والمحافظة عليها قد تمت معالجتها، واقترحت الورقة بعض الخطط البديلة لإدارة المياه.

٢- مصادر المياه واستخداماتها:

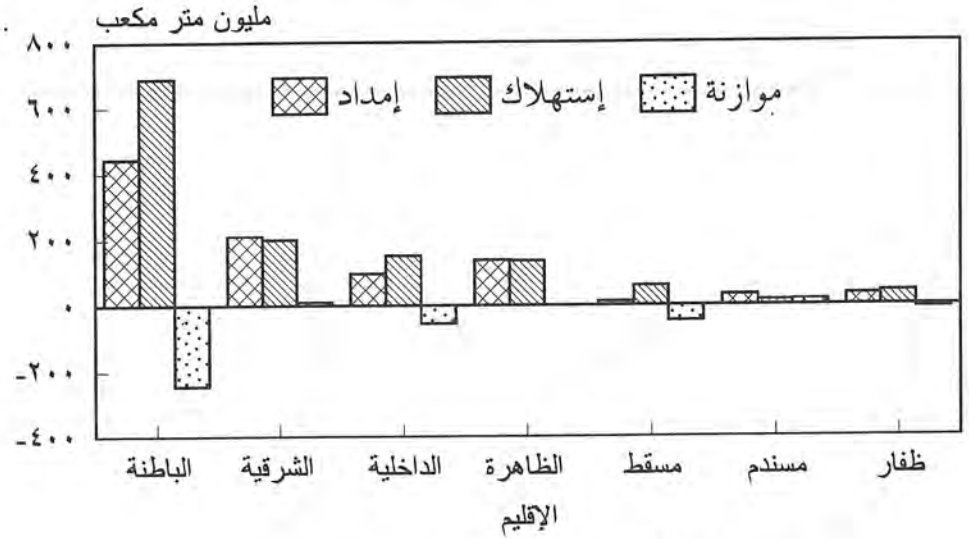
دولة عمان ذات مناخ جاف وتعتمد على مياه الأمطار لتغذية المياه الجوفية للحصول على المياه العذبة. والمخزون الجوفى يعد أكبر مصدر للمياه. ويأتى جزء من مياه الشرب من محطات التحلية. وتوجد خزانات جوفية محتوية على مياه عضوية غير متجددة فى بعض المناطق مثل منطقة النجد فى إقليم ظفار. تقل الأمطار وتتفاوت بصورة كبيرة عبر أرجاء السلطنة المختلفة، ويمكن الإشارة إليها على أنها غير منتظمة ولايعول عليها. فى مناطق محدودة من سلسلة جبال ظفار هنالك فصل خريف منتظم (مونسون)، و تتساقط أمطار متفاوتة عبر سلسلة جبال الحجر فى شمال عمان (أنظر شكل رقم ١). وقدر المتوسط السنوى للأمطار بحوالى ٥١٧٨ مليون متر مكعب منها ٢٨ بالمئة تفقد كجريان سطحى و٤٨ بالمائة تتبخر بفعل حرارة الجو، مسجلة ما يقدر بحوالى ٢٤ بالمائة لتغذية المخزون الجوفى والذى يصل إلى ١٢٤٠ مليون متر مكعب {١}.

توجد محطات للتحلية تم إنشاؤها للمساعدة فى الحصول على إمدادات مياه الشرب فىمنطقة مسقط الكبرى وبعض المناطق الأخرى. إن الإكتشافات التى تمت مؤخرا للمخزون الجوفى فى منطقة النجد أوضحت أن المخزون يصل إلى ٥،٠٠٠ مليون متر مكعب. وقدرت وزارة موارد المياه الإستخدام السنوى بحوالى ١٠٠ مليون متر مكعب لرى منطقة تقدر بحوالى ٢٥٠٠ فدان {٢}. يوضح الشكل ٢ الإمداد والإستخدام السنوى للمياه لمناطق وأقاليم السلطنة المختلفة. تستخدم معظم المياه لرى المحاصيل وتقارب النسبة ٩٢ بالمائة من الإستهلاك الكلى للمياه. تقدر الكميات المستخدمة للرى أثناء فصل الصيف، الممتد من مايو إلى أغسطس، بحوالى ٩٤ بالمائة من المياه المستخدمة فى الزراعة {٣}. وزاد إستهلاك المياه للزراعةمنذ عام ١٩٧٠ نسبة للطفرة في الإنتاج الزراعي. ولقد نمت وازدادت الرقعة المزروعة كما هو موضح في الشكل ٣. ويتضح النمو المطرد في الإنتاج الزراعي من القفزة في الإنتاج الكلي بما يعادل ٣٢٨ بالمائة في الفترة ما بين ١٩٧٠ و ١٩٩٣ {٤}. وفي خلال هذه المدة قدرت وزارة الزراعة والثروة السمكية أن إنتاجية الفدان قد زادت بما يعادل ثلاثة أضعاف، كما وأن أعداد الثروة الحيوانية ارتفعت من ٢١٤ الف رأس إلى ١ر٤ مليون رأس أي ما يعادل سبعة أضعاف {٥}.

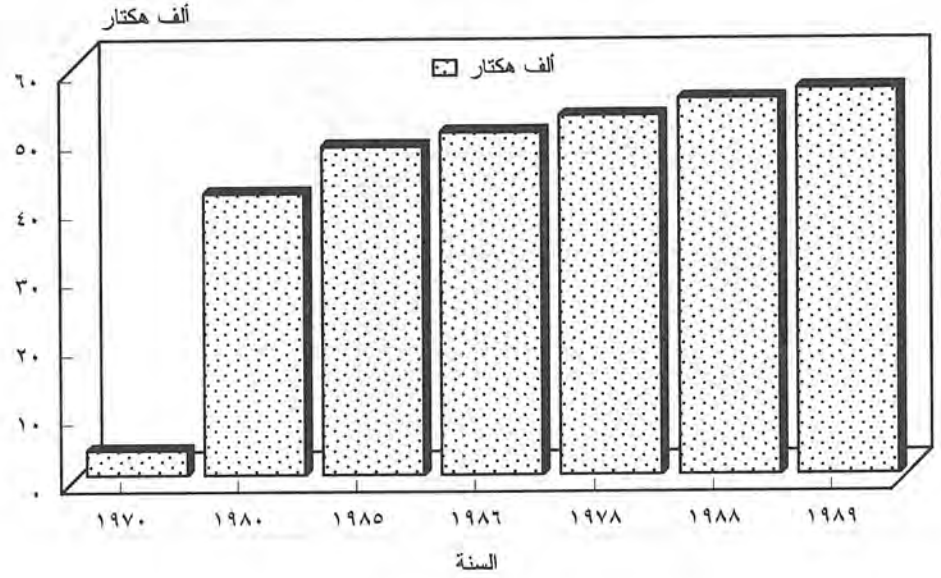
زاد الإستهلاك المنزلي للمياه بصورة كبيرة خلال العقدين الماضيين. ولقد تم مد أنابيب المياه لمعظم مناطق الحضر بعد أن كانت غير متوفرة قبل ١٩٧٠. وقدر مقدار إستهلاك المياه النقية حاليا بحوالي ٧٠ مليون متر مكعب، ومن المتوقع أن يزداد الإستهلاك إلى ٢٦٣ مليون متر مكعب بحلول ٢٠١٠ {٦}. وهذا نتيجة للزيادة في الدخل وتحسن مستوى المعيشة وللأعداد المتزايدة من السكان.



شكل (١) خارطة سلطنة عمان



شكل ٢ الإمداد والإستهلاك للماء بعمان



شكل ٣ المساحة المزروعة بعمان

هنالك نوعان من نظم الري المستخدمة في عمان وهما نظـام الأفـلاج والآبـار. إن نظـام الأفـلاج نظـام قديم للري بالجاذبية الأرضية ونظام القنوات من الينابيع والآبار السطحية. ويخضع نظام الري بالأفلاج، عبر مجتمع القرية، لأسلوب إدارة منضبط وجيد التنظيم. وتوزيع المياه يعتمد على نظام الحقوق المكتسبة والتي يمكن الحصول عليها بالإرث أو بالبيع في الأحيان النادرة. ويقدر الحصول على مياه الري بواسطة الأفلاج بحوالي ٧٠ بالمائة من جملة المياه المستخدمة فى الزراعة والتى تروى ٥٥ بالمائة من جملة المساحة المزروعة {٧}. وتوجد الآبار المس تخدمة للرى فى جميع مناطق السلطنة وخاصة منطقة الباطنة.

٣- السياسات الحالية:

إنتبهت الحكومة بصورة جلية إلى أهمية توفيرالمياه للزراعة والإستهلاك المنزلى. وقد بدأت العديد من السياسات والبرامج لزيادة إمدادات الميـاه وتحسين وترشيد الإستخدام والمحافظة عليها خلال العقدين المنصرمين. وهذه البرامج ذات طبيعة تقانية ومؤسسية. والعمل التقاني لترفيع إدارة المياه يحتوي على تقليل فقد وهدر المياه في الإستخدامات العديدة بالإضافة لزيادة المخزون الجوفي عبر إنشاء السدود الجوفية (إنظر جدول رقم ١) واستغلال المياه بإنشاء محطات التحلية. أما البناء المؤسسي فقد كان أحد إهتمامات وزارات الحكومة ومؤسساتها لترشيد إدارة مصادر المياه واستخدامها. قبل ١٩٧٥ كان هنـالك العديد من الوحدات الحكومية التى تشرف على المياه حسب المكان ونوع الإستخدام. فقد كانت وزارة الزراعة والثروة السمكية تقوم بالإشراف على مياه الري، ووزارة الكهرباء والمياه بالإشراف على المياه النقية، ويشرف وزير الدولة بظفار على مشاريع المياه في الإقليم الجنوبى، وتقوم لجنة تنمية مسندم بالإشراف على مشاريع المياه بمسندم. في سبتمبر من عام ١٩٧٥ تم إنشاء مجلس موارد المياه تحت قيادة صاحب الجلالة سلطان عمان ليقرر، كجهاز مركزى، السياسات والبرامج المتعلقة بالمياه ويتم تطبيق قراراته عبر الوزارات والمؤسسات الحكومية المختلفة.

جدول (١) السدود الجوفية في سلطنة عمان {٨}

السد	أ	ب	ج	د	هـ	و	ز	ح	ط	ى
وادي الخوض	١٩٨٥	١١٠	١٦٧٤	١٤	٥١٠٠	٨	٥	٥٣	٦ر٢	١١ ,٥٥
وادي صلاحي	١٩٨٦	١٢٦	٥٥٤	٨ر٨	٩٠٦٢	٥ر٤	٣	٢٧	٥ر٢	٠ر٠
وادي قريات	١٩٨٦	١٣١	٤٢٧	٥ر٨	١٦٣٠	٣ر٥	٣	٣٢	١٨ر٠	١٢٥ر٠
وادي الجزي	١٩٨٩	١٢٨	٨١٢	٦ر٦	١٢٣٤	٢٠ر٤	٦	١٢٩	٢٥ر١	٥ر٤
وادي تنوف	١٩٨٩	١٦٠	١٥٧	٥	١٣٥	١٤ر٨	٣	٣٦	١٢ر٠	٧ر٠
سد الغول	١٩٨٩	١٦٤	١٧٣	٤ر٨	٤١٥	٧ر٦	٤	٤٥	١٦ر٠	٤٥ر٠
الوادي الكبير	١٩٩١	١٤٨	٧٥٣	٨ر٣	٢٦٣٥	٥ر٩	٦	٥٩	٧ر٠	٥ر٠
وادي المعاويل	١٩٩١	١٢٠	٥٦٦	٧ر٥	٧٥٠٠	٨ر٣	٦	٣٨	٢ر٥	١٠
وادي الفليج	١٩٩١	١٤١	٦٨٠	٢ر٢	٥٣٠	٧	٤	٢٩ر٥	١٩ر٠	٧ر٠
وادي صحنوت	١٩٩١	١٥٠	٢٥٨	٦ر٥	٢٣٥٥	٢٢ر٨	-	-	١ر١	٦ر٤

مفتاح:

أ- سنة إنشاء السد
ب- متوسط الأمطار السنوي (ملم)
ج- مساحة السد السطحية (كيلومتر مربع)
د- طول السد (م)
هـ- إرتفاع السد (م)
و- عرض السد للجزء العلوي (م)
ز- أقصى عرض تحتي للسد (م)
ح- مساحة بحيرة السد (كيلومتر مربع)
ط- التخزين السنوي للسد (مليون متر مكعب)
- غير متوفرة.

من أهم مهام هذا المجلس التنسيق لإستخدام المياه لضمان توازن الإمداد مع الإستهلاك. لقد أنشئت الهيئة العامة لموارد المياه فى ديسمبر ١٩٧٩ برئاسة وزير الكهرباء والمياه لمساعدة مجلس موارد المياه للقيام بواجباته. وفى عام ١٩٨٥ أنشئت وزارة البيئة وموارد المياه لإعادة تنظيم مناشط إدارة المياه، ولقد تم تحويل قسم موارد المياه من وزارة الزراعة والثروة السمكية إلى الوزارة الجديدة. وقد قاد التدنى الكبير فى تواجد المياه للإستخدامات المختلفة، وتدنى نوعية المياه أدتى إلى إصدار المرسوم السلطانى فى نوفمبر ١٩٨٨ والذى اعتبر المياه ثروة قومية. أعتبر هذا المرسوم هاما لمعاجة التدنى المستمر للمخزون الجوفى ولنوعية المياه. ويعتبر ساحل الباطنة من أكثر المناطق تأثرا نسبة لتسرب مياه البحر للخزان الجوفى نتيجة لنضوب ونقصان المياه الجوفية {٩}. فى عام ١٩٨٩ تم تكوين اللجنة القومية لترشيد موارد المياه فى ساحل الباطنة بمرسوم سلطانى. وقبل إنقضاء عام ١٩٨٩ تم إنشاء وزارة موارد المياه لتؤازر فى مهام المجالس السابقة والمؤسسات ذات الصلة بإدارة موارد المياه.

بدأت وزارة موارد المياه فى العديد من المشاريع والبرامج المائية. ومن أهداف هذه البرامج: (١) تقويم المياه المتاحة، (٢) زيادة إمدادات المياه، (٣) تقليل إستهلاك المياه عبر ترشيد الإستهلاك. ولتحقيق الهدف الأول، المتعلق بتقويم مصادر المياه، تم إستضافة العديد من بيوتات الخبرة العالمية لعمل قائمة لموارد المياه ومشاريع إدارة المياه التى يمكن تنفيذها {١٠، ١١}. ولقد تم التعاقد مع خبراء المياه الأجانب من قبل عدة جهات مختصة بالمياه للمساعدة فى دراسة مصادر المياه وتنمية سياسات مختلفة للإدارة المثلى للمياه. وبدءا من ١٩٩٠ قامت وزارة المياه بعمل حصر للآبار بالسلطنة. وقد تم تسجيل ١٦٧٠٠٠ بئرا وتم تجميع البيانات المتعلقة بعمق البئر والمنسوب الجوفى للمياه وخصائص المياه ونوعية وكمية المياه المستخرجة مع العديد من البيانات ذات الصلة {١٢}. إن سياسات زيادة إمدادات المياه فى السلطنة تركز على ثلاث محاور تتعلق بإستخدام المياه وتحليتها وإعادة إستخدام و إستصلاح الفضلات والمخلفات السائلة. أما أنماط إستخدام المياه فقد تم التعرف عليها من حقيقة أن الدفق الكبير للوادى، الذى يتبع دورة عاصفة، يمكن حجزه لزيادة المخزون بالتسرب للخزان الجوفى. ويقدر الفاقد السنوى من المياه السطحية للبحر بحوالى ١٢٠ مليون متر مكعب {١٣}. أما تحلية المياه فقد بدأت فى السلطنة فى عام ١٩٧٦ عندما تم إنشاء وحدة فى منطقة العاصمة لتغذية الإستهلاك المنزلى. وحاليا حوالى ٨٠ بالمائة من

إستهلاك المياه النقية بمنطقة العاصمة يتم الحصول عليه من وحدات التحلية. وتم إنشاء العديد من وحدات التحلية الصغيرة عبر مناطق عديدة من الدولة. أما المصدر الثالث للمياه فهو من إعادة إستخدام وإستصلاح المياه من الفضلات والمخلفات السائلة. وهنالك العديد من محطات معالجة الأوساخ فى منطقة العاصمة بصورة عامة ويقدر دفقها اليومى بحوالى ٢٨٤٠٠ متر مكعب. يعطى الجدول رقم ٢ التفاصيل المتعلقة بمحطات معالجة الأوساخ والفضلات السائلة فى السلطنة، كما ويعطى الجدول أحجام المياه المستصلحة والمستخدمة لأغراض الرى. ويوضح الجدول أيضا مواقع محطات المعالجة وحجم المحطة والدفق الحقيقى للعام ١٩٩٣ مع متوسط مواصفات الماء الخارج بتحديد كمية الأكسجين الكيموحيوى والمواد العالقة ومركب الأمونيا والذتروجين {١٤، ١٥، ١٦}. إعادة إستخدام هذه المياه محدد لرى مساحات الأرض المستخدمة للزينة والحدائق العامة والترفيه والنوافير فى منطقة العاصمة. كما وتتم معالجة الأوساخ الناتجة فى كل محطة بوحدات الهضم اللاهوائى ويتم إستخلاص المياه منها ومن ثم فإن الأوساخ المتوازنة يتم إستخدامها كسماد طبيعى أو لإستصلاح التربة.

جدول رقم (٢) محطات معالجة الفضلات السائلة فى منطقة مسقط {١٧}

اسم المحطة	الدفق التصميمى متر مكعب/يوم	الدفق الحقيقى متر مكعب/يوم	تشريعات* ملجم/لتر (أ)	(ب)	(ج)	إعادة الإستخدام+ متر مكعب/يوم
العامرات	٦٠٠	٦٠٠	٢٠	٢٠	–	–
الأنصب	١٢٠٠٠	٥٤٠٠	١٠	١٠	١	٥٠٠٠–٢٠٠٠
العينات	٦٠	١٠٠	١٠	١٠	١	–
الخوض	١٢٠٠	٧٠٠	٢٠	٣٠	–	–
بوشر	٤٠٠	٤٠٠	١٠	١٠	١	–
دار سيت	١٠٨٠٠	١١٥٠٠	١٠	١٠	١	١١٥٠٠–٨٠٠٠
جبرو	٧٠	١٠٠	١٠	١٠	١	٥٠
المعبيلة	١٩٢٠	٧٠٠	١٠	١٠	١	–
شاطئ القرم	١٣٥٠	٨٠٠	١٠	١٠	١	٨٠٠
المجموع	٢٨٤٠٠	٢٠٣٠٠				١٧٣٥٠–١٠٨٥٠

مفتاح:

* مواصفات التصميم للأكسجين الكيموحيوى (أ)، والمواد الصلبة (ب)، والأمونيا-نتروجين (ج). كل القياسات بوحدة مليجرام على لتر.

\+ المياه المستصلحة والمعاد إستخدامها للرى.

إن السياسات المتبعة للمحافظة على المياه تعتمد على طريقتين {١٨} . أولى هاتين الطريقتين هى تقليل فقد الماء من جراء توزيع المياه، والثانية تتعلق بتحديد حفر الآبار. وكما ذكر آنفا فهنالك طريقتان رئيسان لنظم الرى فى عمان ألا وهما: نظام الأفلاج ونظام الرى بالآبار. أما نظام الرى بالأفلاج فهى طريقة قديمة يرجع تاريخها على ما يربو على الثمانية قرون . ونسبيا ينفق مجتمع الأفلاج القليل جدا من الإستثمارات على نظام توزيع المياه إلى الحقول والمزارع. وقد قامت الحكومة بعمل برنامج ضخم للصيانة والمحافظة على نظام الأفلاج معتمدة على الدراسات التى تمت فى هذا المجال {١٩}. ومن أهم أهداف هذا البرنامج المحافظة على هذا النظام الكفؤ لإستنباط عيون الماء، كما ويهدف أيضا لتقليل الفاقد المائى عبر التسرب ومن خلال شقوق القنوات. وعبر برنامج دعم المزارعين شجعت الحكومة على إستخدام نظم الرى الحديثة للمحافظة على المياه وتقليل الفاقد من مشاريع المضخات المستخدمة للقنوات التقليدية المفتوحة ونظام الأحواض لرى المزروعات. يوصف نظام الرى الحديث بأنه نظام يعتمد على الرش أو التنقيط أو الرى الفقاعى. هنالك دعم للمزارعين الذين يقبلون إدخال نظام الرى الحديث، ويقدر هذا الدعم بحوالى ٢٥– ٧٥ بالمائة من تكلفة النظام مقدرة إعتمادا على مساحة الحقل. فبالنسبة للحقول ذات مساحة ١٠ فدان (٢ر٤ هكتار) أو أقل فإن الدعم يصل الى ٧٥ بالمائة من تكلفة النظام. أما بالنسبة

للحقول ذات المساحة ما بين ١٠ إلى ٥٠ فدان (٢ر٤ – ٢١ هكتار) فيصل الدعم إلى ٥٠ بالمائة. ويصل الدعم إلى ٢٥ بالمائة من التكلفة للحقول ذات المساحة الأكثر من ٥٠ فدانا. وصلت تقديرات توفير مياه الرى عند إستخدام نظم الرى الحديثة إلى ما يربو على ٥٠ بالمائة فوق الطرق التقليدية {٢٠}. ولقد تم البدء منع حفر الآبار منذ ١٩٩٠ ماعدا فى الحالات التى تسمح بها السلطات وتحت ضوابط صارمة. كما وأنه غير مسموح بتعميق أى من الآبار الموجودة إلا بعد الحصول علىتصريح من وزارة موارد المياه. ويتم الحصول على هذا التصريح عندما تكون البئر مستخدمة للإستهلاك المنزلى، كما وأن هنالك تحديد بعدم حفر الآبار فى دائرة قطرها ٥ر٣ كيلومتر من أى فلج {٢١}.

لقد قامت وزارة موارد المياه بتوصيل أجهزة قياس للآبار لحصر كمية المياه التى تم ضخها. وفى مرحلة متأخرة ربما كان هنالك تحديد لكمية المياه التى يمكن ضخها إعتمادا على توصيات وزارة الزراعة والثروة السمكية. وتؤسس الوزارة توصياتها على المحاصيل التى يمكن زراعتها وإحتياجاتها من الماء. وكمرحلة متكاملة للمحافظة على المياه وإدارتها فقد قامت وزارة موارد المياه بحملة تثقيفية وتنبيهية للمجتمع تم فيها إستخدام وسائل الإعلام المختلفة والملصقات والمحاضرات ومقررات المدارس لتوجيه رسالة المحافظة على المياه وترشيد إستهلاكها، كما وقد ركزت الحملة على الواعظ الدينى والأخلاقى والقومى.

٤- الطلب المستقبلى على المياه:

يتضح جليا عدم التوازن الحادث حاليا بين إمدادات المياه وإستهلاكها فى شح المياه ونضوب معين المخزون الجوفى، والتدنى فى نوعية المياه، وتسرب مياه البحر، ومن المتوقع حدوث توازن بين الإمداد والإستهلاك لمياه الرى بحلول عام ٢٠١٠، غير أن إستهلاك مياه الشرب من المتوقع أن يزيد بما يربو على الثلاثة أضعاف (أنظر جدول رقم ٣).

جدول (٣) تقديرات إستهلاك الماء الحالية والمستقبلة فى عمان

الإقليم	الزراعة مليون متر مكعب/عام		المياه النقية مليون متر مكعب/عام	
	١٩٩٠	٢٠١٠	١٩٩٠	٢٠١٠
الباطنة والعاصمة	٦٩٧	(تتماشى	٥٥ر٨	١٦٧ر٩
الظاهرة	١١٦	والإمداد)	٣ر٧	١٢
الداخلية	١٩٨		٣ر٢	١٤ر٦
الشرقية	٢٢٤		٤ر٣	٢٩
مسندم	٢٣		٠ر٦	٥ر٨
ظفار	٣٨		١٠ر٤	٣٤ر٦
المجموع	١٢٧٨		٧٨	٢٦٣ر٩

من المتوقع أن يزيد المتطلب على مصادر المياه، رغم قلتها، للزراعة والإستهلاك المنزلى والتجارى والصناعى بصورة متطردة. وهنالك العديد من العوامل التى تزيد من إستهلاك الماء مما يفاقم من مشاكل شح مصادره فى السلطنة. ومن المتوقع أيضا زيادة إحتياجات مياه الرى. وهذا يتأتى من جراء زيادة الإستهلاك للمنتجات الزراعية الخاصة بالإستهلاك البشرى، والحيوانى. هنالك العديد من العوامل التى تقود إلى زيادة الإستهلاك للمنتجات الزراعية ومنها زيادة السكان فى عمان وزيادة إستخدام المحاصيل الزراعية لتغذية السكان والثروة الحيوانية. أوضحت نتائج حملة تعداد السكان فى عام ١٩٩٣ أن العدد الكلى للسكان ٢٠١٧٥٩١ منهم ٧٤ بالمائة مواطنين

عمانيين و٢٦ بالمائة غير عمانيين. يوضح الجدول رقم ٤ تعداد السكان والأسر لكل إقليم. وكملاحظة عامة فإن إستهلاك المنتجات الغذائية سيزداد باطراد تماشيا مع إزدياد معدل الدخل وإرتفاع فرص مستويات التعليم. كما وأن الزيادة فى الإنتاج الزراعى فى مناطق جديدة سوف يقود إلى زيادة إستهلاك المياه للزراعة كما هو الحال فى منطقة النجد.

جدول رقم (٤) تقديرات السكان {٢٣}

الإقليم	عدد الأسر	العدد الكلى للسكان
مسقط	٩٢٢٩٨	٦٢٢٥٠٦
الباطنة	٦٨٣٧٣	٥٣٨٧٦٣
مسندم	٤٠٢٧	٢٧٦٦٩
الظاهرة	٢١١٧٠	١٦٩٧١٠
الداخلية	٢٧٣١١	٢٢٠٤٠٣
الشرقية	٣٥٩٤٣	٢٤٧٥٥١
الوسطى	٢٣٨٤	١٦١٠١
ظفار	٢٢٨٥١	١٧٤٨٨٨
المجموع	٢٧٤٣٥٧	٢٠١٧٥٩١

٥- طبيعة مشاكل المياه

إن النقص فى المياه وإنخفاض المنسوب الجوفى وزيادة الملوحة كلها مشاكل تقود إلى زيادة التكلفة للمنتجات المروية نسبة لزيادة الطاقة المطلوبة لرفع وتوزيع المياه. قد يؤدى الضخ العالى للمياه الجوفية العذبة إلى تسرب المياه المالحة من البحر، فى المناطق الساحلية، الشئ الذى يؤدى إلى تلوث الخزان الجوفى بالماء المالح. وبما أن الماء النقى ذو كثافة أقل فإنه يطفو فوق المياه المالحة فى الخزانات الجوفية. وهذا الوضع يزداد سواءا عندما تكون التربة متأثرة بالأملاح. وإن هذه الظاهرة متواجدة بكثرة عبر سهل الباطنة. نجد فى بعض المناطق أن تعدى المياه المالحة جعل الآبار غير صالحة الإستهلاك البشرى وفى النهاية لرى المحاصيل. أوضحت الدراسات أن الملوحة زادت بحوالى ٣٨ بالمائة فى ٢٧٠ بئرا جرى مسحها فى ساحل الباطنة. وقد يقود إستخدام الأسمدة والمبيدات الحشرية والعشبية وغيرها من المواد الكيميائية إلى تلوث المياه الجوفية. وقد زاد إستخدام الأسمدة الكيميائية من لاشئ قبل السبعينات إلى متوسط يقدر بحوالى ١٥٠٠٠ طن فى ١٩٩٠ {٢٥}. قد يشكل التلوث من بعض المواد مخاطر وخيمة للإنسان فمثلا التلوث بالنترات قد يؤدى للإصابة بمرض الولدان الزرق لدى الأطفال الرضع. وقد زاد إستخدام مبيدات الحشرات والآفات خلال العقدين الأخيرين بالسلطنة. هذا ويبلغ الدعم الحكومى للإسمدة والمبيدات ما يعادل ٥٠ بالمائة من سعرها فى السوق {٢٦}.

٦- بعض السياسات البديلة لمعالجة مشاكل المياه

يمكن زيادة المياه الموجودة عبر إستخدام العديد من التقانات. ومن المهم بمكان معرفة إمكانية إستخدام المجتمع لمصادر المياه وتوزيعها بين أعضائه. وقد يقود عدم التحكم فى إستغلال المياه إلى فخ إجتماعى بحيث أن كل عضو فى المجتمع يعمل على زيادة حصته دونما التفكير فى إحتياجات المجتمع ككل. هنالك القليل من الحوافز للمحافظة على المياه المستخدمة فى الزراعة، المستهلك الرئيسى. ومن الممكن الإدعاء أن تعريفة المياه وفرصة التكلفة البديلة غير كافية كحوافز لتشجيع المستهلك للإستثمار فى تكنلوجيا المياه، أو للحصول على مهارة إدارية مناسبة للمحافظة على المياه. وإن التكلفة المتدنية لمياه الرى، مقرونة بفقدان حساب تكلفة الفرص البديلة، وفشل السوق التقليدى، تبقى كلها عوائق للتحفيز للمحافظة على المياه.

هنالك بعض الحقائق التى يجب أخذها كخلفية لأى سياسة مائية بالسلطنة. الأولى تتعلق بأن ما يربو على ٩٠ بالمائة من المياه العذبة مستخدم فى السلطنة للرى. وأن أكثر إستخدام للمياه يتم فى فترة الصيف، من مايو الى أغسطس، ما يعلو على ٩٠ بالمائة. والحقيقة الثانية أن نظاما إستخلاص المياه هما الأفلاج والآبار. والحقيقة الثالثة أن الإفراط فى الإستهلاك قد حدث حاليا فى معظم مناحى إستخدامات المياه كما هو الحال فى سهل الباطنة.
وانطلاقا من هذه الحقائق فإن السياسات الحالية للحكومة، لزيادة المصادر المائية والمحافظة والمراقبة لها، من المستحسن تشجيعها لتستمر ما فتئت تثبت أنها مناسبة إقتصاديا.

من الأهمية بمكان الوصول الى كيفية زيادة تفاعل المجتمع المعنى بإدارة المياه. ومن المهم ألا يكون الباعث هو مشاركة المجتمع فقط ولا بد من وضع تأكيدات على قيامهم على إدارة مصادر المياه. إن نظام الأفلاج للرى يعتمد على إدارة المجتمع. ولا توجد إدارة مجتمع عندما يستخدم نظام المضخات للرى. وقد حدث شح حقيقى للمياه فى مناطق كثر فيها إستخدام المضخات. ومن المقترح أن يكون دور الحكومة هو إعطاء المجتمع بيئة ومناخ مناسب مما يمكن معه الحصول على المعلومات، وطرق العمل، ووضع الأطر القانونية، وتحقيق التنظيم للمستهلكين، ليتمكنوا من إدارة المصادر المائية ويمكن أن تقوم الدولة بدعم الإصلاحات الكبيرة.

إن الدراسات السابقة المتعلقة بتقويم وإدارة موارد المياه قد تمت بواسطة بيوت خبرة أجنبية. غير أن عمان تحتاج الى بناء كادر وطنى من الخبراء فى مجال موارد المياه للقيام بعمل البحوث وإدارة ومراقبة الأنشطة المتعلقة بالمياه على المدى الطويل. ومن المستحسن العمل على تقليل الإعتماد على العمالة الوافدة من المناطق الغنية بالمياه والتى ربما كانت تنقصها الخلفية الزراعية. ومن الصعوبة بمكان حتى توصيل الرسائل الأرشادية لهذه القوى العاملة لا سيما وهنالك حواجز اللغة ومستوى التعليم المتدنى فى بعض الأحيان.

ولا يوصى بالمناداة بإستراتيجية الإكتفاء الذاتى من الغذاء إذا ما كانت تعنى وضع طلب أكبر على مصادر المياه، بل بإستراتيجية للأمن الغذائى لا تضع عبئا أكبلر على مصادر المياه، ويمكن معها تزويد السكان بكميات الغذاء المناسبة من مصادر محلية أو من السوق العالمى مستخدمين عائدات الثروة النفطية. ومن الأجدر الإعتماد على المواد الغذائية المستوردة، على الأقل، فى المستقبل القصير والمتوسط، وذلك لرفع الضغط عن مصادر المياه المنهكة حاليا لتستعيد الخزانات الجوفية منسوبها مما يحسن من النوع ويعوق تسرب المياه من البحر. هذه السياسة يمكن الإعتماد فيها على عائدات النفط أملا فى تنمية التكنولوجيا مستقبلا للحصول على طرق زهيدة الثمن لتحلية مياه البحر، أو تحسين درجة مقاومة النباتات للأملاح، أو باستحداث طرق أكثر كفاءة للرى. وطرق التحلية المتاحة تكلف من ٣٠ الى ٤٠ ضعف إستخراج المياه من الآبار {٢٧}.

ومن الأجدر إتباع منهاج شامل ومتكامل يعترف بعدم وجود حل واحد لمشكلة المياه. كما ولا بد أن يتعرف هذا المنهاج على الإمداد والإستهلاك لإدارة مصادر المياه. ويمكن الزيادة النسبية المياه عبر العديد من أنماط التقانة، بعض منها تم العمل به(أو من المتوقع أن يعمل به) فى السلطنة كما ورد ذكره فى الجزء الثالث من هذه الورقة. ويمكن تغيير إستهلاك الماء عبر أساليب حفظ الماء، وتغيير نظم الرى، وترفيع إستغلال المياه من الإستخدامات الأدنى قيمة إلى تلك الأعلى قيمة إقتصادية. ولقد كتب كينث باولدنج فى ١٩٨٠ أن هنالك ثلاث آليات أساسية لتنظيم إستخدام المصادر الطبيعية الا وهى: الثمن والشرطة والموعظة {٢٨}. ولقد تم العمل بالوعظ والإرشاد وتبليغ الرسالة إلى كل المعنيين فى موضوع شح المياه فى السلطنة. ومن الواجب التركيز كثيرا على المعتقدات الدينية والنواحى الأخلاقية والأعراف والتقاليد فى توصيل الرسالة للمجتمع. كما وأنه من الأجدى التركيز على تفاعل المجتمع وإدراكه لمسئولياته تجاه إدارة المياه. ومن الممكن إستخدام وسائل الإعلام والمناهج الدراسية ودور العبادة وكل المناشط الإجتماعية كوسائل لتبليغ الرسالات عبر منافذ وأطر عدة.

تحتاج النظم الإدارية للتحكم فى إستهلاك المياه إلى عزيمة سياسية ونظرة ثاقبة الشئ الذى لا ينقص عمان. ومن الخطط الممكنة منع إستخدام المياه لرى المحاصيل ذات القيمة المتدنية، ومنع رى المحاصيل الموسمية فى فترة الصيف، وتحديد زراعة بعض المحاصيل فى مناطق معينة. يمكن تطبيق هذه السياسات فى إطار لا يؤثر على الحقوق المكتسبة للمزارعين وإعتمادهم على الزراعة فى معيشتهم. ويمكن إستخدام الدعم الحكومى كحافز لخطط

تقليل زراعة محاصيل الأشجار أو تخفيض أعدادها. كما ولا بد من عدم تشجيع النمو الأفقى للأراضى لإنتاج المحاصيل فى الأراضى الهامشية. ويمكن تحديد كمية المياه المستخرجة لمنع إستنزاف المياه خاصة وأن وزارة موارد المياه تقوم بوضع أجهزة قياس لتقدير إنتاجية الآبار. كما ويمكن إستخدام التعويض لترك الأراضى بورا ومن ثم المحافظة على المياه.

عامة يعتبر الماء عالميا بأنه مورد مجانى ولا توجد قيمة تدفع لإستخراجه من مظانه الطبيعية. ومن المقترح إستخدام تعريفة الماء كدعامة أخرى لإستراتيجية إدارة إستخدام المياه، ومن المناسب محاولة استعمال إشارة الثمن كوسيلة لإستخدام المياه. وبما أن الماء يعتبر سلعة قومية فعليه فإن تثمين المياه ينبغى أن يخضع لبعض القيم. وفى حالة السلطنة فإن نظام تعريفة الماء وتثمينه يمكن أن يكون فعالا للتخفيض والإقتصاد فى إستهلاك المياه فى الزراعة، ومن المقترح العمل على تثمين نظام الرى بالآبار بإعتبار أن الدفق الطبيعى للأفلاج يجعلها ذاتية التنظيم. ولإيجاد نظام تثمين ما لا بد من جمع المعلومات المتعلقة بتقديرات منحنى إستهلاك المياه فى المناطق المختلفة. يمكن تقدير الثمن الهامشي لإستخدام المصدر من منحنى الإستهلاك . والثمن الأقل للحصول على المياه طريقة أخرى يمكن إستخدامها لتقدير القيمة التي يمكن أن يدفعها المستخدم . ولابد من عمل أنموذج تحليلى قبل القيام بوضع النظام موضع التنفيذ. ويمكن أن تكون هنالك كمية من المياه يسمح بسحبها مجانا قبل وضع ثمن على الإستهلاك. والأموال المتحصل عليها يمكن إستخدامها لزيادة إمداد المياه أو تنمية طرق أكثر كفاءة للإستخدام والتوزيع. لكي تعمل إقتراحات السياسات المتنوعة هذه فلابد من القيام ببعض الإجراءات الخاصة منها إنشاء وحدة معلومات مناسبة لإمدادات المياه وأنماط الإستخدام المتوقعة. ووضع وتحديد سياسات واضحة المعالم وطرق التنفيذ وأنماط التحكم. ومن المستحسن إتخاذ خطوات جادة لإستخدام موارد المياه الشحيحة قبل أن يتم القضاء عليها نهائيا.

٧- الخلاصة والمقترحات:

عمان بلاد جافة المناخ وتعتمد إعتمادا كبيرا على الأمطار للحصول على المياه النقية وزيادة المخزون الجوفي. إن الزيادة المطردة في تعداد السكان، ورفع مستوى المعيشة، وإستخدام التكنولوجيا الجديدة في الزراعة أثرت كثيرا في نضوب معين وتقليل موارد المياه في بعض المناطق بالسلطنة. وقد لوحظ تسرب مياه البحر وزيادة الملوحة ونضوب المخزون الجوفي. وإن الحكومة حادبة لوقف التدني في حالة المياه. وقد تم القيام بالعديد من الإصلاحات المؤسسية والتقانة خلال العقدين الأخيرين للمحافظة على موارد المياه. وتعتبر وزارة موارد المياه الجهة الحكومية المسؤولة عن التحكم في موارد المياه. وتركزت إستراتيجيات الحكومة لزيادة موارد المياه على تقليل إستغلال المياه والتحلية وإعادة إستخدام واستصلاح الفضلات السائلة. من منظور جانب الإستخدام فإن السياسات المقترحة نادت بالمحافظة على المياه عبر إستخدام طرق ري حديثة، وإعادة إستخدام المياه، وتعليم المجتمع.

ركزت هذه الورقة على أهمية وجود سياسة شاملة ومتكاملة للمياه توافق الحالات المتغيرة للإمداد والإستخدام. وإن الإستراتيجية المقترحة لا تدعو فقط إلى مشاركة المجتمع المحلى فى برامج إدارة المياه بل أنها تدعو إلى تفاعل مطرد عند استحداث وتطبيق هذه السياسات. إن بناء كادر وطني عماني في مجال بحوث وإدارة المياه من الأوجه الضرورية لنجاح الإستراتيجية. ويرى أن إستراتجية للأمن الغذائى التى لا تضع عبئا إضافيا على الموارد المائية الشحيحة حاليا تعتبر بديلا أفضل من سياسة الإكتفاء الذاتى. ويمكن زيادة الغذاء المحلى بزيادة الإستيراد واستخدام عائد النفط. ومن المقترح استخدام طرق إدارة للتحكم فى إستخدام الماء وتحديده لرى المحاصيل ذات العائد الأعلى وتقليل المساحات المزروعة أثناء فترة الصيف. ولا بد من منع إستخدام الأراضى الهامشية بغية المحافظة على المياه المتاحة لإستخدامها فى زراعة أراضى أكثر إنتاجية.

وتقترح الورقة وضع سياسة لتثمين مياه الرى. ويمكن وضع قيمة متنامية للمياه المستخدمة. وهذا النظام مقترح لتثمين المياه المستخلصة بواسطة المضخات. يمكن لنظام التثمين إستخدام برنامج وزارة موارد المياه المتعلق بوضع أجهزة قياس للآبار. تدعو الحالات المتغيرة لإمدادات المياه واستهلاكها للمناداة بالبحث المستمر والمراقبة للموارد المائية. ولا بد من تسهيل عملية الحصول على المعلومات المتوفرة عن موارد المياه واستخدامها ومشاكلها

للباحثين وواضعى القرار والجمهور بصورة عامة وذلك بغية زيادة الفهم وإيجاد بدائل مناسبة لإدارة المياه والمحافظة عليها.

٨- المراجع والمصادر

١ - Japan International Co-operation Agency, The Study on a Master Plan for Agricutural Development, Muscat, Sultanate of Oman, November 1990.

٢- صحيفة الوطن اليومية، كلمة معالى وزير موارد المياه فى مجلس الشورى، مسقط، ٢٨ مارس ١٩٩٤.

٣- صحيفة الوطن اليومية: {٢}.

٤- وزارة الزراعة والثروة السمكية، ملخص كلمة معالى وزير الزراعة والثروة السمكية لمجلس الشورى، ١ مارس ١٩٩٤، وزارة الزراعة والثروة السمكية، مسقط، سلطنة عمان.

٥- وزارة الزراعة والثروة السمكية: {٤}.

٦- وزارة البلديات الإقليمية والبيئة، الإستراتيجية القومية للبيئة، وزارة البلديات الإقليمية والبيئة، مسقط، سلطنة عمان، ١٩٩٢.

٧ - Dulton, R. W., Modernizing Falaj Irrigation Systems, A Proposal for Dhahira Action Research Centre, 1986 - 1990, Centre for Overseas Research and Development, University of Durham, U. K., September 1984.

٨- Abdel-Magid, I.M. and Abdel-Rahman, H.A., Water Conservation in Oman, Water International Journal, Vol. 18(2), June 1993, p. 95 - 102.

٩- وزارة الثقافة، عمان ٩٠، وزارة الثقافة، مسقط، سلطنة عمان، ١٩٩٠.

١٠- وزارة الثقافة، عمان ٩٢، وزارة الثقافة، مسقط، سلطنة عمان، ١٩٩٢.

١١- Hunting Technical Services, Pre-feasibility Study to Investigate Alternative Means of Establishing Commercial Farming in Interior of Oman, A Report Submitted to the Ministry of Agriculture, Sultanate of Oman, Muscat, Oct. 1976

١٢- وزارة الثقافة: {٩}.

١٣- عبد الماجد: {١٣}.

١٤- وزارة الصحة، مقررات المؤتمر الإقليمى لإعادة إستخدام المياه المنعقد فى مسقط فى الفترة ما بين ٢٦ -٢٩ أبريل ١٩٩٢، وزارة الصحة، مسقط، سلطنة عمان.

١٥- بلدية مسقط، الإدارة العامة للشئون الفنية، إتصلات شخصية، عمان، ١٩٩٣.

١٦- Rowe, D.R., and Abdel-Magid, I.M., Wastewater Reclamation and Reuse, Lewis Publishers, Inc., Chelsea, 1994, under publication.

١٧- رو: {١٦}

١٨ - Japan International Cooperation Agency: Op. Cit. [1]

١٩ - Dulton: Op. Cit. [7]

٢٠ - عبد الملجد: {١٢}

٢١- وزارة الثقافة: {٧}

٢٢- وزارة البلديات الإقليمية والبيئة: {٦}

٢٣- صحيفة الوطن اليومية، نتائج التعداد السكانى، مسقط، سلطنة عمان، الثلاثاء ٢٨ ديسمبر ١٩٩٣.

٢٤- صحيفة الوطن اليومية: {٢}.

٢٥ - Japan International Co-operation Agency: Op. Cit. [1]

٢٦ - وزارة الزراعة والثروة السمكية: {٤}.

٢٧- وزارة الزراعة والثروة السمكية، الخطة القطاعية للزراعة، وزارة الزراعة والثروة السمكية، مسقط، سلطنة عمان، غير محددة التاريخ.

٢٨- صحيفة عمان ديلى أوبسيرفر، محادثات الشرق الأوسط للمياه، دار جريدة عمان للإعلام، مسقط، ٢٠

أبريل ١٩٩٤.
٢٩ - Boulding, K. E., The Implication of Improved Water Allocation Policy, in Western Water Resources; Coming Problems and Policy Alternatives, Compiler Marvin, Duncan, Westview Press, 1980.

إدارة حاملة مياه الروس – أم الرضمة في البحرين

د. وليد خليل زباري / أحمد رشاد خاطر

إدارة حاملة مياه الروس–أم الرضمة في البحرين

د. وليد خليل الزباري

أستاذ الهيدروجيولوجيا المساعد، جامعة الخليج العربي، ص.ب. 26671، المنامة، البحرين

د. أحمد رشاد خاطر

رئيس بحوث المياه، مركز البحرين للدراسات و البحوث، ص.ب. 496، المنامة، البحرين

الخلاصة

تعتمد دولة البحرين على مياه شبه مالحة (8–15 جم/لتر) تتواجد في تكويني الروس–أم الرضمة على هيئة عدسة مائية محدودة الأمتداد كمصدر لتغذية محطة رأس أبوجرجور للتحلية بالتناضح العكسي، فمنذ العام 1984 يتم سحب حوالي 24 مليون متر مكعب سنوياً من هذا الخزان بواسطة حقل آبار يقع على الساحل الشرقي لجزيرة البحرين. وتم الإعتماد في إدارة مياه الخزان لتغذية محطة التحلية على نموذج رياضي رقمي بُني في عام 1983، حيث تمت معايرته وتحديثه بواسطة المطابقة التاريخية للقياسات الحقلية الفعلية الناجمة من تشغيل الخزان للفترة من 1984 إلى 1992، ومن ثم تم إستخدامه في التنبؤ بالتغيرات المستقبلية قيد محددين رئيسيين يشترط الوفاء بهما معاً لإستمرارية الإستغلال: 1) أن لا تتعدى مستويات الملوحة المتزايدة في مياه حقل الآبار حدود ملوحة مياه البحر (45 جم/لتر)، و 2) أن تكون الضغوط البيزومترية المصاحبة للإستغلال أعلى من منسوب الصفر البيزومتري شمال حقل آبار التغذية وذلك لمنع إنعكاس الإنحدار الهيدروليكي وما يترتب عليه من فقدان المياه العذبة نسبياً من خزان الدمام العلوي. وأتضح من مخرجات النموذج أن الحدود الزمنية لإستغلال الخزان لأغراض التحلية هي بحلول العام 2007، والذي يبدأ بعده الهبوط في الضغوط البيزومترية بتعدي الحد المسموح به، الأمر الذي يترتب عليه فقدان المياه من خزان الدمام. وتوصي الدراسة ببناء نموذج رياضي جديد يعبر بصورة أفضل عن الأبعاد الهندسية وتوزيع الخواص الهيدروليكيةبالخزان وذلك بما يسمح بإختبار سلوك الخزان تحت سيناريوهات وخيارات التطوير المختلفة للمساعدة في إدارة الخزان، مثل تعديل التصميم الحالي لحقل الآبار والشحن الإصطناعي للخزان.

مقدمة

أدت أنشطة التنمية المتسارعة، ممثلة بالتوسع العمراني و الزراعي و الصناعي، إلى تنامي الطلب على المياه ليتعدى ما هو متاح من موارد طبيعية محدودة في دولة البحرين. ولقد أدى ذلك إلى الأستنزاف المتواصل لموارد المياه الجوفية لتعويض العجز في الموازنة المائية الأمر الذي ترتب عليه تدهور نوعية المياه الجوفية وفقدان أكثر من نصف الحجم الأصلي للخزان الجوفي بتكوينات الدمام (Zubari et al, 1993)، وهو الخزان الجوفي الرئيسي والمورد الطبيعي الوحيد بدولة البحرين. وفي إطار جهود المواءمة بين المتاح من موارد وتزايد الطلب على المياه فلقد أدخلت تحلية المياه في البلاد منذ 1975 بهدف تقليل السحب من الخزان الجوفي ومواكبة الطلب على المياه بالقطاع المنزلي من حيث النوعية والكم.

وتمثل مياه البحر المصدر الرئيسي لتغذية محطات التحلية بدول الخليج العربي، إلا أنه إضافة لذلك فإن دولة البحرين تستخدم المياه الجوفية بحاملة مياه الروس-أم الرضمة والتي تتراوح ملوحتها ما بين 8 إلى 15 جم/لتر كمصدر للتحلية. ومنذ العام 1984 يتم سحب حوالي 24 مليون متر مكعب سنوياً من هذا المصدر بواسطة حقل آبار يقع على الساحل الشرقي لجزيرة البحرين لتغذية محطة رأس أبوجرجور للتحلية بالتناضح العكسي (شكل 1)، والتي تمتلك طاقة أنتاجية تصل إلى حوالي 17 مليون متر مكعب سنوياً. و يرجى من هذا الأستخدام تحقيق هدفين رئيسيين: الأول هو خفض الضغوط البيزومترية في حاملة مياه الروس-أم الرضمة لتقليل تسرب مياهها وتلويثها لمياه خزان الدمام العذبة نسبياً، والثاني هو تقليل خطر إغلاق محطات التحلية في حالة حدوث تسرب نفطي في مياه الخليج العربي (كما حدث في حرب الخليج الأولى والثانية). إضافة إلى ذلك فإن تحلية مثل هذه المياه والتي تنخفض ملوحتها نسبياً عن مياه البحر يبدو أجدى إقتصادياً من تحلية مياه البحر التقليدية (Dannish and Al-Ansari, 1991).

وتعتمد إدارة هذا الإستغلال و إقتصاديات إستمراريته أساساً على ما يصاحب عملية الإستغلال من زيادة في ملوحة مياه الروس-أم الرضمة والتغير في فرق الضغوط البيزومترية بين نطق الإستغلال وما يعلوها من مياه عذبة بتكوين الدمام.

ولقد تم قبل إنشاء حقل الآبار وتشغيله لتغذية محطة التحلية في عام 1984 عمل دراسات هيدروجيولوجية إستكشافية في خلال الفترة من 1978 إلى 1983 (GDC, 1980; 1983)، وشملت هذه الدراسات أيضاً على نموذج رياضي رقمي بُني للتعرف على سلوك الخزان الجوفي وإمكانية إستغلاله لهذا الغرض عن طريق التنبؤ بالتغير في ملوحة حقل التغذية (GDC, 1983). وحيث أن تطبيق هذا النموذج قد تم قبل الشروع في إستغلال الخزان الجوفي كمصدر لمياه التحلية بمحطة رأس أبوجرجور فلم يكن من الممكن معايرة النموذج من خلال المطابقة التاريخية تحت ظروف تشغيل الخزان، الأمر الذي جعل التنبؤ بسلوك الخزان تحت ظروف السحب

المستمر في ذلك الوقت ينطوي على درجة كبيرة من عدم التأكد، ومن ثم عبرت نتائج الدراسة عن سلوك الخزان بمساحة عريضة من التغيرات المحتملة تحت أفضل وأسوأ الظروف كما هو مبين في شكل (2)، وبالتالي فإن قرار تشغيل حقل التغذية للمحطة بُني على أساس أسوأ الإحتمالات والتي بينت أن العمر الإفتراضي للحقل في تغذية محطة التحلية هو 22 سنة تصبح بعدها ملوحة مياه التغذية في مستوى ملوحة مياه البحر.

ولقد تم في السنوات التسع الماضية (1984-1993) جمع كماً جيداً من القياسات الحقلية والبيانات الفعلية الناجمة من تشغيل الخزان وإستغلال مياهه كمصدر للتحلية، وتم إستخدام هذه البيانات في التعرف على سلوك الخزان ومعايرة النموذج الرياضي و إدخال التعديلات على معاملاته بما يسمح معه بإستخدام النموذج بثقة كافية للتنبؤ بالتغيرات المستقبلية في سلوك الخزان تحت ظروف التشغيل المستمر ومن ثم تحديد العمر الإقتصادي لحقل التغذية على أساس محددات الإستغلال.

الخصائص الهيدرولوجية للنظام المائي

تتواجد المياه الجوفية المالحة في صخور تكويني الروس-أم الرضمة (حجر جيري دولوميتي) على هيئة خزان جوفي عدسي (شكل 3). في المنطقة الوسطى لجزيرة البحرين، وحيث تنكشف صخور تكوين الروس، يكون الخزان غير محصور ويمثل مستوى سطح الماء الحر حده الأعلى. وتشكل طبقات الطين الصفحي والأنهيدرايت التابعة للجزء العلوي لتكوين الروس، والتي تعمل كطبقات شبه حاصرة، حد الخزان العلوي عند الأطراف. أما بالنسبة للحد السفلي للعدسة فيؤخذ عند مستوى ملوحة حوالي 15 جم/لتر، ويقع على عمق حوالي 180 متر تحت سطح البحر، حيث تزداد الملوحة بعد ذلك لتصل إلى حوالي 100 جم/لتر. أما عن الخواص الهيدروليكية لصخور الخزان، فإن قيم الناقلية المقاسة على درجة عالية من عدم التجانس حيث تتراوح ما بين 110 إلى 50000 متر مربع في اليوم (GDC, 1980; 1983). ويعكس هذا المدى الكبير طبيعة صخور الخزان المتشققة والمحتوية على تجاويف صخرية بسبب عوامل الإذابة، وخصوصاً في النطاق الكارستي وسط تكوين أم الرضمة كما هو مبين في شكل (3). وتبلغ القيمة المتوسطة لمعامل التخزين حوالي 0.0002 في الأجزاء المحصورة من الخزان في حين أن معامل الإنتاجية النوعي للأجزاء الحرة من الخزان حسب في حدود 0.2.

1) مستويات السحب من الخزان

بدأ تشغيل حقل الآبار لتغذية محطة رأس أبوجرجور للتناضح العكسي في الربع الأخير من عام 1984، ويتكون الحقل من 15 بئر إنتاجي بطاقة إنتاجية كلية تصل إلى 29 مليون متر مكعب في السنة. ولقد صممت الآبار في الحقل لتنتج من النطاقات الوسطى والعليا من تكوين أم الرضمة على عمق 75-145 متر تحت سطح البحر (شكل 3). ويبلغ متوسط السحب الحالي من الحقل حوالي 24 مليون متر مكعب في السنة (جدول 1)، ومن

المتوقع أن تزداد معدلات السحب بسبب الزيادة المتوقعة في ملوحة المياه المنتجة من الحقل للمحافظة على معدل الإنتاج للمحطة والذي يبلغ حوالي 17 مليون متر مكعب في السنة.

جدول (1): معدلات السحب السنوية لحقل تغذية محطة رأس أبو جرجور للتحلية، مليون متر مكعب.

السنة	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
الكمية	2.9	27.10	24.50	23.71	22.56	21.67	22.61	23.64	27.02	25.08

2) المستويات البيزومترية للخزان

تمت مراقبة المستويات البيزومترية في الخزان منذ عام 1984 خلال شبكة مراقبة مكونة من 15 بئر رصد. ويبين شكل (4-أ) مواقع هذه الآبار بينما يبين شكل (4-ب) المستويات البيزومترية المقاسة فيها. قبل بدأ السحب من الحقل كانت المستويات البيزومترية في الخزان تشكل سطحاً شبه مستوي عند منسوب يتراوح ما بين 5 إلى 5.3 متر فوق سطح البحر. ولقد أدى السحب من خلال حقل الآبار إلى حدوث هبوط بهذا السطح، حيث تتراوح قيم المستويات البيزومترية في الخزان ما بين 2 و 2.7 متر فوق سطح البحر.

وهناك ثلاثة ظواهر بارزة يمكن تحديدها بتحليل هيدروجرافات مناسيب آبار الرصد: الأولى، أنه بالرغم من أن هذه الآبار تختلف في مواقعها و مسافاتها من حقل السحب إلا أن الهبوط في المستويات البيزومترية قد حصل بطريقة شبه فورية وبتفاوت لا يزيد عن شهرين منذ بداية السحب، والثانية أن نمط ومعدل الهبوط في معظم الآبار متشابه بدرجة كبيرة على الرغم من إختلاف مواقع آبار المراقبة من الحقل، وتدل هاتين الظاهرتين على أن التدفق في الخزان الجوفي تجاه حقل السحب يحدث في النطاق المتشقق ذو الناقلية العالية والمتواجد في وسط تكوين أم الرضمة. أما الظاهرة الثالثة فهي أنه لا توجد أية دلائل على إستقرار أو تناقص معدل الهبوط في المستويات البيزومترية في الخزان والذي يعزز ويؤكد الطبيعة الهيدرولوجية المغلقة للخزان، الأمر الذي يجعل إنحسار مياه الخزان شبه المالحة يتم بصورة منتظمة، وبذلك فإن المركبة السائدة لحركة سريان المياه نحو حقل آبار السحب هي المركبة الأفقية. ويشكل ذلك أفضل الظروف لإستغلال مياه الخزان حيث أنه يقلل من إحتمالات التغير المفاجيء في ملوحة الخزان في الإتجاه الرأسي أسفل حقل آبار السحب.

3) نوعية المياه المنتجة من الخزان

حيث أن معدلات تغير نوعية المياه الجوفية المصاحبة لعملية الإستغلال تمثل العامل الرئيسي في تحديد عمر حقل الآبار في تغذية محطة التحلية، فإنه يتم تحليل نوعية المياه المنتجة من حقل الآبار تحليلاً كيميائياً متكاملاً كل شهر. ويبين جدول (2) المتوسط السنوي لتراكيز العناصر الأساسية بالإضافة إلى كمية الأملاح الذائبة الكلية منذ بداية تشغيل الحقل وحتى الآن (1993). وتأتي نتائج التحليلات للتغير في ملوحة المياه المنتجة بواسطة

الحقل في توافق مع الإستنتاج السابق، حيث يتضح أنه خلال الفترة منذ بداية السحب وحتى العام 1993 لم تحدث أية تغيرات جوهرية في تراكيز الأملاح الذائبة الكلية أو العناصر الأخرى لمياه حقل الآبار وتكاد تتساوى ملوحة المياه في عام 1985 مع ملوحة المياه المقاسة في عام 1993. ويمكن تفسير التذبذب الطفيف في ملوحة المياه في السنوات الأخرى كنتيجة مباشرة للتذبذب في مستويات السحب من الحقل.

جدول (2): المتوسط السنوي لكمية الأملاح الذائبة الكلية والعناصر الأساسية في المياه المنتجة، جم/لتر.

HCO_3	SO_4	Cl	Mg	Ca	Na+K	TDS	السنة
0.18	0.60	6.73	0.30	0.62	3.38	012.8	1985
0.19	0.65	6.57	0.29	0.61	3.26	12.64	1986
0.19	0.61	6.52	0.28	0.62	3.29	13.06	1987
0.19	0.60	6.51	0.29	0.61	3.35	12.35	1988
0.19	0.59	6.66	0.30	0.64	3.39	12.62	1989
0.20	0.58	6.71	0.30	0.63	3.20	12.67	1990
0.21	0.55	6.86	0.30	0.64	3.48	12.96	1991
0.22	0.54	6.79	0.29	0.65	3.49	13.08	1992
0.21	0.56	6.65	0.28	0.65	3.42	12.78	1993

النموذج الرياضي لمحاكاة النظام المائي

تم بناء النموذج الرياضي بواسطة GDC في عام 1983 لمحاكاة حركة الأملاح في الخزان الجوفي تحت ظروف التشغيل وللتنبؤ بالتغيرات الملحية لمدة عشرين سنة في المياه المنتجة بواسطة حقل آبار السحب. ولقد تم تقسيم الخزان الجوفي إلى 7 نطاقات (6 نطاقات لأم الرضمة إضافة لخزان الروس) للسماح بتمثيل التغيرات الرأسية للملوحة والبيزومترية والمعاملات الهيدروليكية رأسياً في النموذج. ويتم حساب معدلات تدفق المياه بين هذه النطاقات تحت تأثير كل من إنحدارات الكثافة وإنحدارات المستويات البيزومترية ومن ثم يتم حساب الملوحة بإستخدام طريقة خلية الأختلاط (Mixing Cell Method) في كل نطاق، وهكذا يتم محاكاة سلوك الخزان مع السحب من الحقل وحركة المياه ذات التراكيز الملحية المختلفة في الخزان.

1) وصف النموذج

يمثل شكل (5-أ) النموذج الإعتباري (Conceptual Model) المستخدم في بناء النموذج الرياضي. ويتم محاكاة التدفق الرأسي بين النطاقات السبعة عن طريق أسطح تسرب تفصل بينها. ويحد النطاقات السبعة من الأسفل خزان العرومة العالي الملوحة والذي يُمثل كنطاق مائي ثابت البيزومترية يستقبل أو يعطي المياه إلى النطاق الأول لخزان أم الرضمة خلال نطاق شبه حاصر يفصل بينهما. أما من الأعلى، فيحد هذه النطاقات خزان الدمام والذي يُمثل أيضاً كنطاق مائي ثابت البيزومترية يستقبل أو يعطي المياه إلى نطاق الروس خلال نطاق شبه حاصر يفصل بينهما.

وتم بناء النموذج الرياضي المستخدم، والمبين في شكل (5-ب)، على أساس نموذج مبسط للمساعدة في تحديد أبعاد وحدود النموذج الهيدروليكية من خلال تمثيل الخزان الجوفي كنطاق مائي واحد يحتوي على مياه ثابتة الكثافة ومحصور بين طبقتين شبه حاصرتين تفصل أعلاه عن خزان الدمام وأسفله عن خزان العرومة. وصُمم هذا النموذج ليغطي معظم المنطقة الشمالية للخزان بإفتراض تماثل هيدروجيولوجية الخزان ومعدلات السحب وبالتالي سلوك الخزان حول الخط الشرقي-الغربي المار بمنتصف حقل آبار السحب. ولذلك فإن الحد الجنوبي للنموذج هو محور تماثل، وبالتالي فهو حد عدم تدفق (no-flow boundary). وتم تعريف الحدود الشمالية والشرقية والغربية كذلك كحدود عدم تدفق بإفتراض أن تدفق المياه من هذه الحدود معدوم طبيعياً. وبعد تشغيل النموذج المبسط تم تحديد المستويات المائية التي سوف تنتج من جراء السحب وبالتالي تحديد مسارات التدفق في الخزان تجاه حقل الأنتاج. وبناءً على ذلك تم إنشاء النموذج الرياضي بإختيار مسارين للتدفق، الأول يمثل التدفق إلى منتصف حقل السحب (مسار-1) والثاني يمثل التدفق إلى الطرف الشمالي له (مسار-2) على النحو المبين في الشكل (5-ب). ويحتوي المسار-1 على 23 خلية، بينما يحتوي المسار-2 على 20 خلية. وتم إعتبار الحدود الجانبية لهذين المسارين، والتي تمثل حدود عدم تدفق، بأنها ثابتة مع الوقت.

2) تحديث المعايرة

سبق العمل في معايرة النموذج الرياضي مرحلة تشخيصية تم فيها مقارنة مخرجات تطبيق النموذج بدراسة العام 1983 السابقة مع التأثيرات الفعلية التي تم رصدها والتي تشمل التغير في الضغوط المائية بالخزان والتغير في مستويات الملوحة و تركيز العناصر الرئيسية في المياه المنتجة. وعليه تم البدأ في إجراء عملية المعايرة وذلك على خطوتين رئيسيتين: 1) تعديل القيم الأبتدائية (initial conditions) للملوحة والضغوط المائية في الخزان من واقع البيانات المتاحة قبل إنشاء حقل آبار السحب، و 2) تعديل المعاملات الهيدروليكية للنموذج من خلال المطابقة التاريخية لبيانات فترة التشغيل (1984-1992) مع إختبار حساسية مخرجات النموذج والتي أظهرت تأثراً كبيراً للتغير في قيم المسامية ومعامل التخزين.

ولقد أسفرت عملية المعايرة وتحديث النموذج في الخروج بمجموعة من المعاملات الهيدروليكية والتي تعطي أفضل مواءمة بين مخرجات النموذج والتأثيرات الفعلية خلال فترة التشغيل. وتُعزى بعض الأختلافات المتواجدة بين القيم المحسوبة والتأثيرات المقاسة في بعض مناطق الخزان إلى: 1) التركيب الأصلي لإنشاء النموذج من حيث تعريف الشروط الحدودية وتقسيم الخلايا، و 2) إفتراضات النموذج من حيث التجانس في التوزيع الأفقي للمعاملات الهيدروليكية.

ويبين شكل (6) مقارنة بين المستويات البيزومترية المحسوبة بواسطة النموذج بعد الإنتهاء من عملية المعايرة له والمستويات البيزومترية المقاسة في الخزان، بينما يبين شكل (7) مقارنة بين ملوحة المياه وتركيز العناصر الأساسية المحسوبة بواسطة النموذج المعاير وتلك المقاسة في المياه المنتجة من حقل الآبار.

إدارة النظام المائي

بعد معايرة النموذج الرياضي لمحكاة حاملة مياه الروس- أم الرضمة تم إستخدام النموذج في إدارة النظام المائي وتحديد مدى عمر إستغلال المياه المالحة لأغراض التحلية وذلك من خلال التنبؤ بالتغيرات المستقبلية قيد محددين رئيسيين يشترط الوفاء بهما معاً لأستمرارية الأستغلال. المحدد الأول يختص بمتطلبات عملية التحلية وإقتصادياتها وهو ألا تتعدى مستويات الملوحة المتزايدة في مياه حقل الآبار، والمصاحبة لعملية الأستغلال، حدود ملوحة مياه البحر (45 جم/لتر). أما المحدد الثاني فيعنى بالتحكم في هبوط الضغوط البيزومترية بخزان الروس، والمصاحب لعملية الأستغلال، وذلك لمنع إنعكاس الإنحدار الهيدروليكي ومايترتب عليه من فقدان المياه العذبة من الخزان العلوي بتكوينات الدمام. وقد تم التعبير عن ذلك بأن تكون الضغوط المائية المصاحبة للأستغلال أعلى دائماً من مستوى منسوب الصفر البيزومتري في جميع المواضع شمال حقل الآبار.

وبتشغيل النموذج للتنبؤ بالتغيرات المستقبلية تحت هذين المحددين فإن عمر إستغلال حاملة مياه الروس- أم الرضمة لأغراض التحلية يتحدد بالفترة الزمنية التي سوف تستمر فيها عملية الأستغلال دون الأخلال بأي من هذين المحددين. ويتضح من مخرجات النموذج للتنبؤ بالتغيرات المستقبلية أن الحدود الزمنية لعدم الأخلال بأي من محددي الأستغلال هو العام 2007، والذي يبدأ بعده المحدد الثاني والخاص بالتحكم في هبوط الضغوط البيزومترية بتعدي القيم المسموح بها رغم إستمرارية المحدد الأول في الوفاء بشروط مستويات الملوحة المصاحبة لعملية الأستغلال. ويتضح ذلك من العرض التالي لمخرجات التنبؤ بالتغيرات المستقبلية في مستوى الملوحة بحقل الآبار ومعدلات السحب المناظرة لذلك، بالأضافة إلى التنبؤ بالتغيرات في الضغوط البيزومترية في الطبقات الرئيسية المنتجة للمياه بالخزان وذلك للفترة الممتدة من 1993 وحتى العام 2012.

1) المستويات الملحية

يمثل جدول (3) وشكل (8) المستويات الملحية المتوقعة للمياه المنتجة بواسطة حقل الآبار. وتأتي مستويات الملوحة التي تم التنبؤ بها بعد معايرة النموذج بصفة عامة أقل من مثيلاتها التي تنبأت بها الدراسة السابقة في العام 1983، إضافة إلى أن المدى الواسع للتوقعات والذي عكس مقدار عدم الثقة في الدراسة السابقة قد أُزيل وتم إستبداله بالتوقعات المستقبلية للنموذج المعاير. وتدل التوقعات المستقبلية على أن ملوحة المياه المنتجة بواسطة الحقل ستصل إلى 28 جم/لتر بحلول العام 2007، بينما تنبأت الدراسة السابقة الوصول لهذا المستوى في العام 1999. وفي حين أن التنبؤ بمستويات الملوحة تحت أسوأ الظروف كما جاء بالدراسة السابقة يجعل من

الوصول إلى حدود ملوحة مياه البحر في حقل الآبار سبباً في إيقاف عملية الأستغلال بحلول العام 2006، فإن التوقعات المستقبلية للنموذج المعاير تدل على أن مستويات الملوحة المصاحبة للأستغلال سوف تظل أقل من حدود مياه البحر حيث تصل في العام 2012 إلى 33 جم/لتر، وبذلك فإن التغير في مستويات الملوحة تحت ظروف التشغيل الحالي لاتشكل عائقاً لعملية الأستغلال خلال فترة التنبؤ.

جدول (3): المستويات الملحية المتوقعة للمياه المنتجة بواسطة حقل الآبار للفترة 1993–2012، جم/لتر.

السنة	الملوحة	السنة	الملوحة
1993	13.86-15.07	2003	20.39-24.40
1994	14.33-15.83	2004	21.18-25.39
1995	14.85-16.65	2005	21.98-26.38
1996	15.43-17.53	2006	22.77-27.36
1997	16.04-18.46	2007	23.57-28.33
1998	16.70-19.42	2008	24.36-29.31
1999	17.39-20.40	2009	25.13-30.27
2000	18.11-21.40	2010	25.90-31.23
2001	18.85-22.40	2011	26.65-32.18
2002	19.61-23.40	1012	27.38-33.13

2) معدلات السحب المستقبلية

يعبر عن معدلات السحب من حقل الآبار في النموذج كدالة في مستويات الملوحة وتحكمها علاقة خطية بين معدل الإستعاضة لمحطة التحلية وملوحة مياه المأخذ للمحافظة على معدل إنتاج ونوعية ثابتين للمياه المنتجة من المحطة، ولذلك فإن الزيادة في ملوحة مياه المأخذ للمحطة ستؤدي إلى زيادة في كميات المياه المسحوبة بواسطة الآبار. ويبين جدول (4) معدلات السحب المتوقعة مع الزيادة في ملوحة المياه المنتجة من حقل الآبار، وكما ذكر سابقاً فإن الطاقة الإنتاجية الكلية لحقل آبار التغذية تصل إلى 29 مليون متر مكعب في السنة، مما يعني أنه يجب توسعة حقل الآبار مع بداية العام 1997 للحصول على معدلات السحب المطلوبة.

جدول (4): معدلات السحب المتوقعة لحقل آبار التغذية للفترة 1993–2012، مليون متر مكعب.

السنة	معدل السحب	السنة	معدل السحب
1993	27.30-27.72	2003	30.37-32.64
1994	27.49-28.05	2004	30.81-33.29
1995	27.70-28.41	2005	31.27-33.97
1996	27.94-28.82	2006	31.75-34.67
1997	28.22-29.26	2007	32.24-35.39
1998	28.51-29.75	2008	32.74-36.14
1999	28.84-30.27	2009	33.27-36.92
2000	29.19-30.82	2010	33.79-37.73
2001	29.56-31.40	2011	34.32-38.57
2002	29.96-32.00	1012	34.86-39.44

3) المستويات المائية

تم التنبؤ بالتغيرات في المستويات المائية للنطاقات المنتجة الرئيسية بالخزان، وهي نطاقات أم الرضمة-5 وأم الرضمة-6 والروس، للفترة من 1993 وحتى 2012. وتبين الأشكال (9-أ)، (9-ب)، و(9-ج) هذه التوقعات على هيئة خرائط كنتورية للسنوات (1997، 2002، 2007، و 2012). ويبين شكل (9-أ) أن مستوى الصفر البيزومتري للنطاق المنتج الرئيسي، وهو إم الرضمة-5، سوف يتقدم إلى حقل الآبار بحلول العام 1997، وسوف يحصل هذا في النطاقات العليا أم الرضمة-6 والروس بحلول العام 2002 كما هو مبين في الشكلين (9-ب) و (9-ج)، على التوالي. وسوف يسود هذا المستوى منطقة حقل الآبار كلية في السابعة نطاقات بحلول العام 2007، وأن إستمرار السحب بعد هذا العام سوف يؤدي إلى حركة هذا المستوى إلى شمال الحقل كما هو مبين في الخرائط الكنتورية للعام 2012 للنطاقات الثلاثة. وهذا التحرك سوف يتعارض مع محدد إدارة الإستغلال للخزان والموضوع لمنع التسرب الرأسي للمياه العذبة نسبياً من خزان الدمام إلى خزان الروس- أم الرضمة.

النتائج و التوصيات

تشير نتائج الدراسة إلى:

1- تعتمد إدارة إستغلال المياه المالحة بحاملة مياه الروس-أم الرضمة على مايصاحب عملية الأستغلال من زيادة في ملوحة المياه بحقل الآبار والتغير في فرق الضغوط البيزومترية بين نطق السحب ومايعلوها من مياه عذبة بتكوينات الدمام.

2- يتضح من مخرجات النموذج للتنبؤ بالتغيرات المستقبلية بعد إعادة معايرته أن الحدود الزمنية لإستغلال حاملة مياه الروس- أم الرضمة لأغراض التحلية هي بحلول العام 2007، والذي يبدأ بعده الهبوط في الضغوط البيزومترية بتعدي الحدود المسموح بها، الأمر الذي يترتب عليه فقدان المياه العذبة من الخزان العلوي بتكوينات الدمام.

3- ضرورة تكرار المباحث الهيدرولوجية وأعمال النمذجة للخزان بصفة دورية لتحقيق وتحديث التنبؤ بالتغيرات المستقبلية وذلك مع توفر البيانات المقاسة عن التأثيرات الفعلية لعملية الإستغلال.

4- يوصى بتصميم برنامج إستكشافي للمنطقة الشرقية من الخزان بما يتيح التقييم الكامل لإحتياطي المياه شبه المالحة بالخزان وإمكانات التوسع في إستغلالها، مع ضرورة تعديل شبكة المراقبة الحالية للخزان بما يسمح ورصد بعض المناطق الأساسية والهامة في خزان الروس- أم الرضمة.

5- نظراً لعدم المرونة الكافية بالنموذج الرياضي الحالي لمحاكاة خزان الروس-أم الرضمة، فإنه يوصى بإنشاء نموذج رياضي جديد يعبر بصورة أفضل عن الأبعاد الهندسية وتوزيع الخواص الهيدروليكية بالخزان وذلك بما يسمح بإختبار سلوك الخزان تحت سيناريوهات التنمية المختلفة.

6- من أجل إطالة وتعظيم العمر الإقتصادي لإستغلال خزان الروس- أم الرضمة فإن الدراسة الحالية تطرح عدداً من الخيارات لإدارة الخزان والتي يتطلب الأمر دراستها قبل الشروع في تنفيذها. ويمكن تقسيم هذه الخيارات إلى مجموعتين رئيسيتين: (أ) تعديل التصميم الحالي لحقل الآبار ويشمل ذلك عمق الآبار وعددها وتوزيعها وإعادة جدولة برامج التشغيل، و (ب) الشحن الإصطناعي للخزان عن طريق حقن مياه الأمطار ومياه الصرف الصحي المعالجة. والجدير بالذكر أن إنشاء النموذج الرياضي الجديد والمشار إليه في التوصية السابقة شرط أساسي لدراسة وتقييم هذه الخيارات.

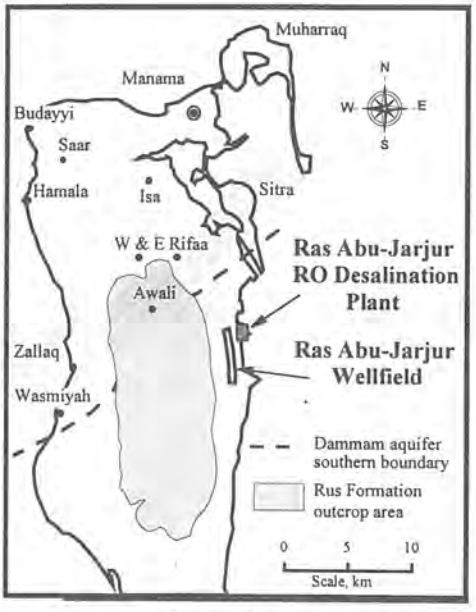
المراجع

Dannish, S.A., and Al-Ansari, M.A., 1991, MSF vs RO - An economical comparison study, Proc. IDA World Conference on Desalination and Water Reuse, August 25-29, 1991, Washington, DC.

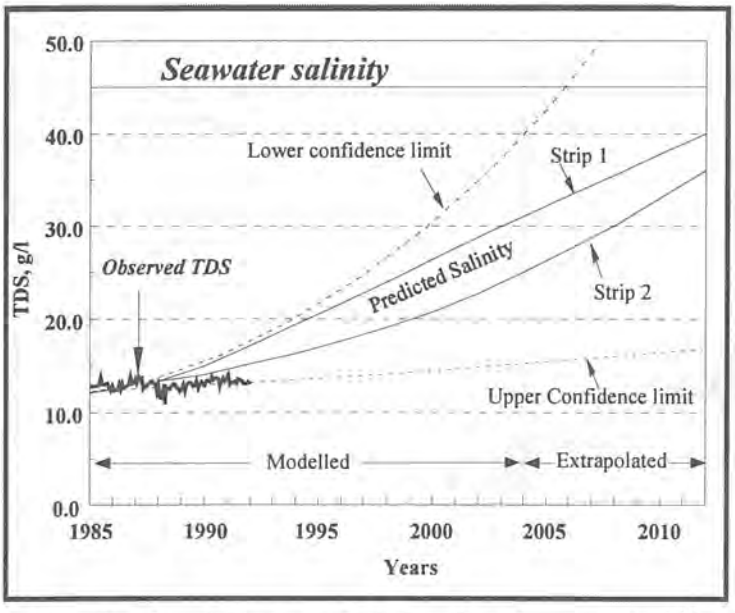
GDC, 1980, Umm Er Radhuma Study, Bahrain Assignment, Ministry Com.& Agr., Bahrain.

____, 1983, Project 25/81, Reverse Osmosis Desalination. Ministry of WP&W, Bahrain.

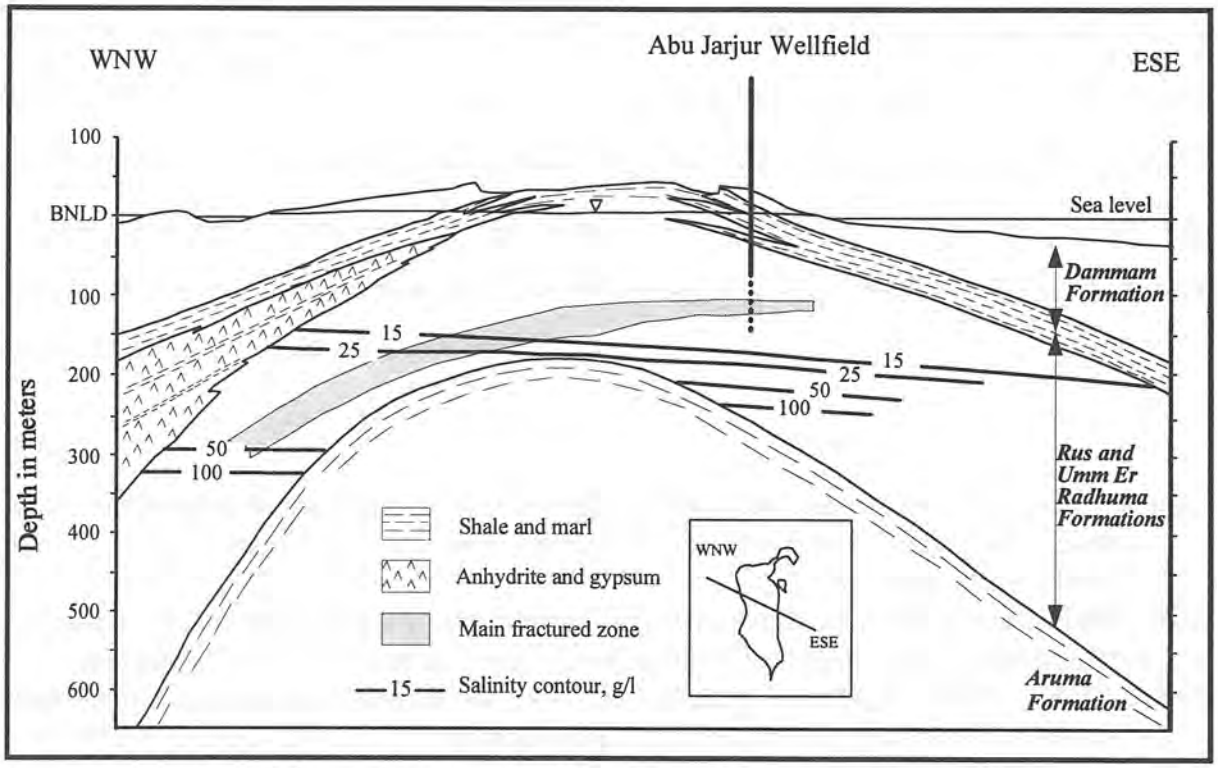
Zubari, W.K., Aman, A.M., and Madani, I.M., 1993, Development impacts on groundwater resources in Bahrain, *Water Resources Development*, Vol. 9, No. 3, pp. 263-279.



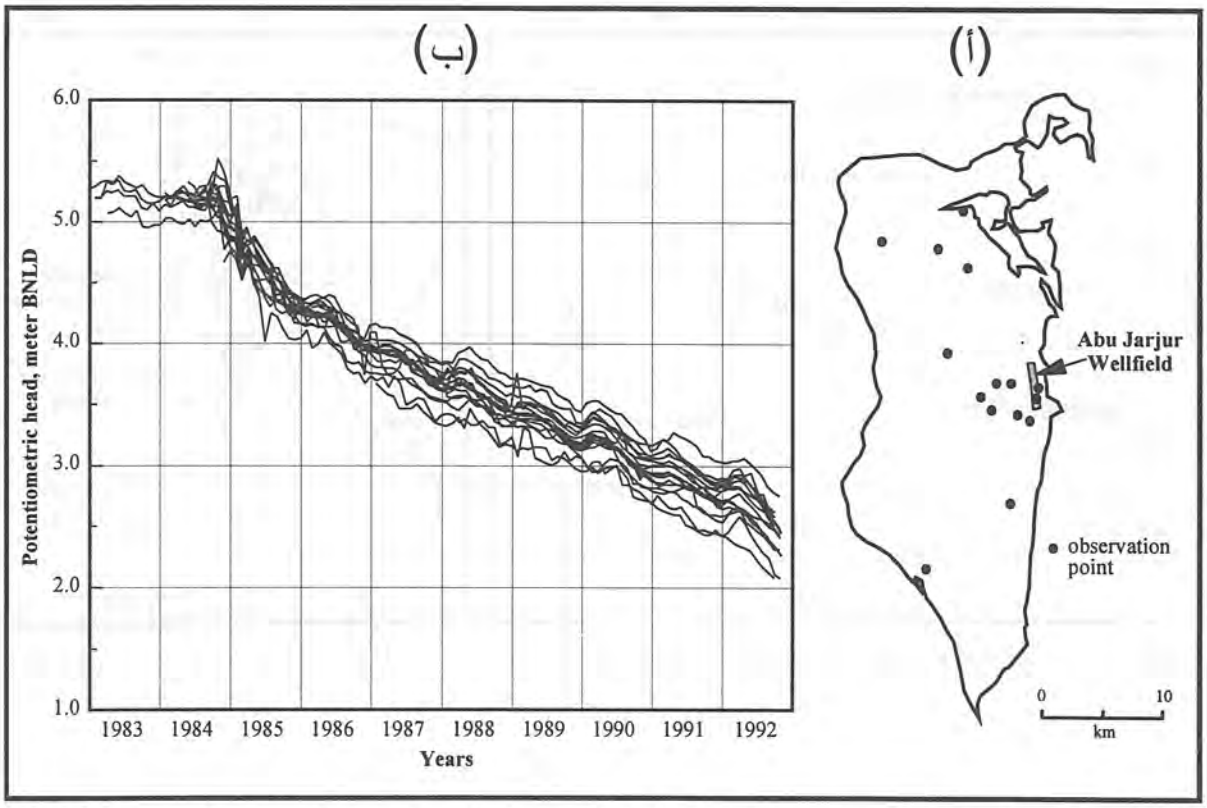
شكل(1): موقع محطة التحلية وحقل آبار رأس أبو جرجور.



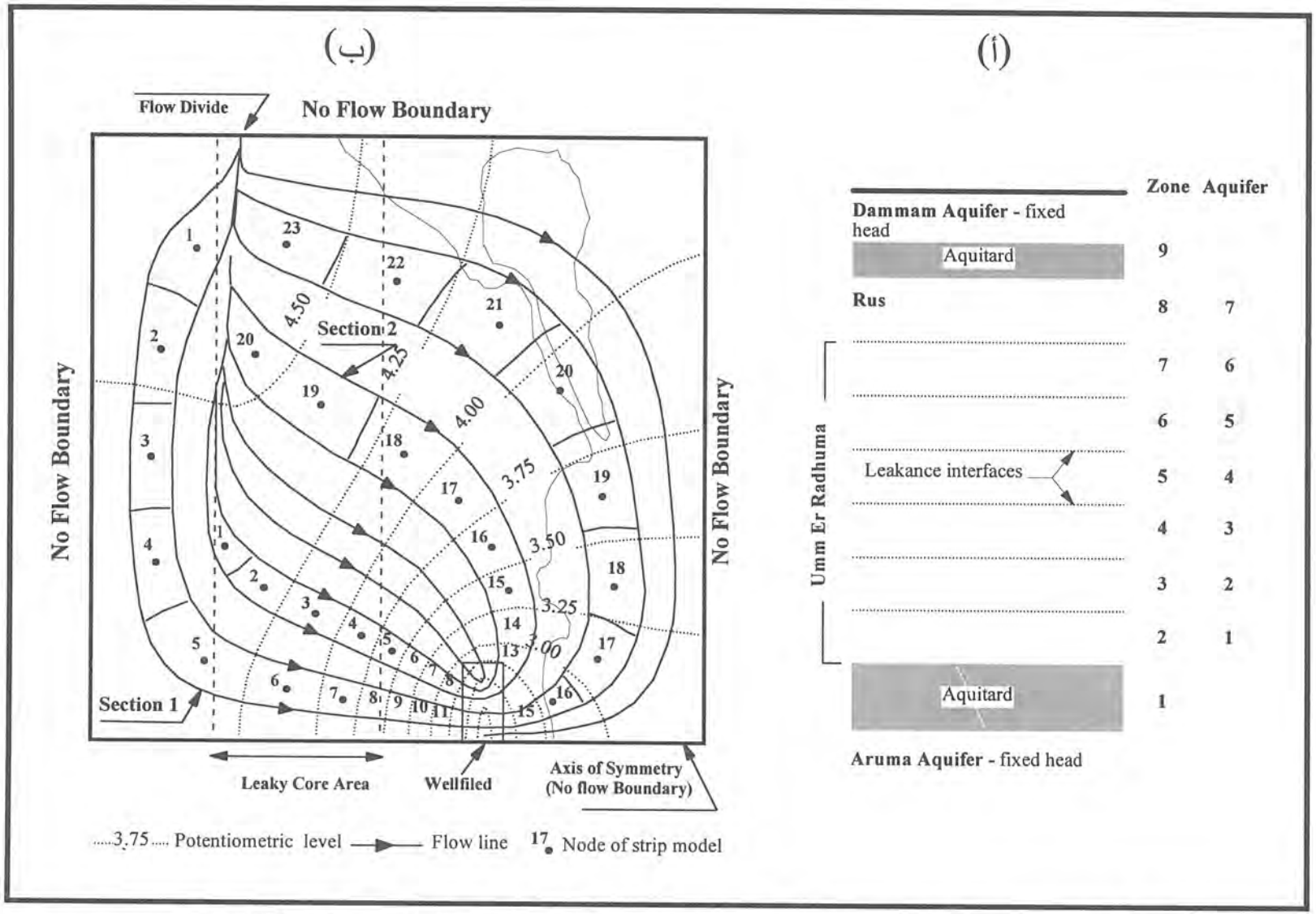
شكل(2): مستويات الملوحة المتوقعة بواسطة النموذج غير المعاير في العام 1983.



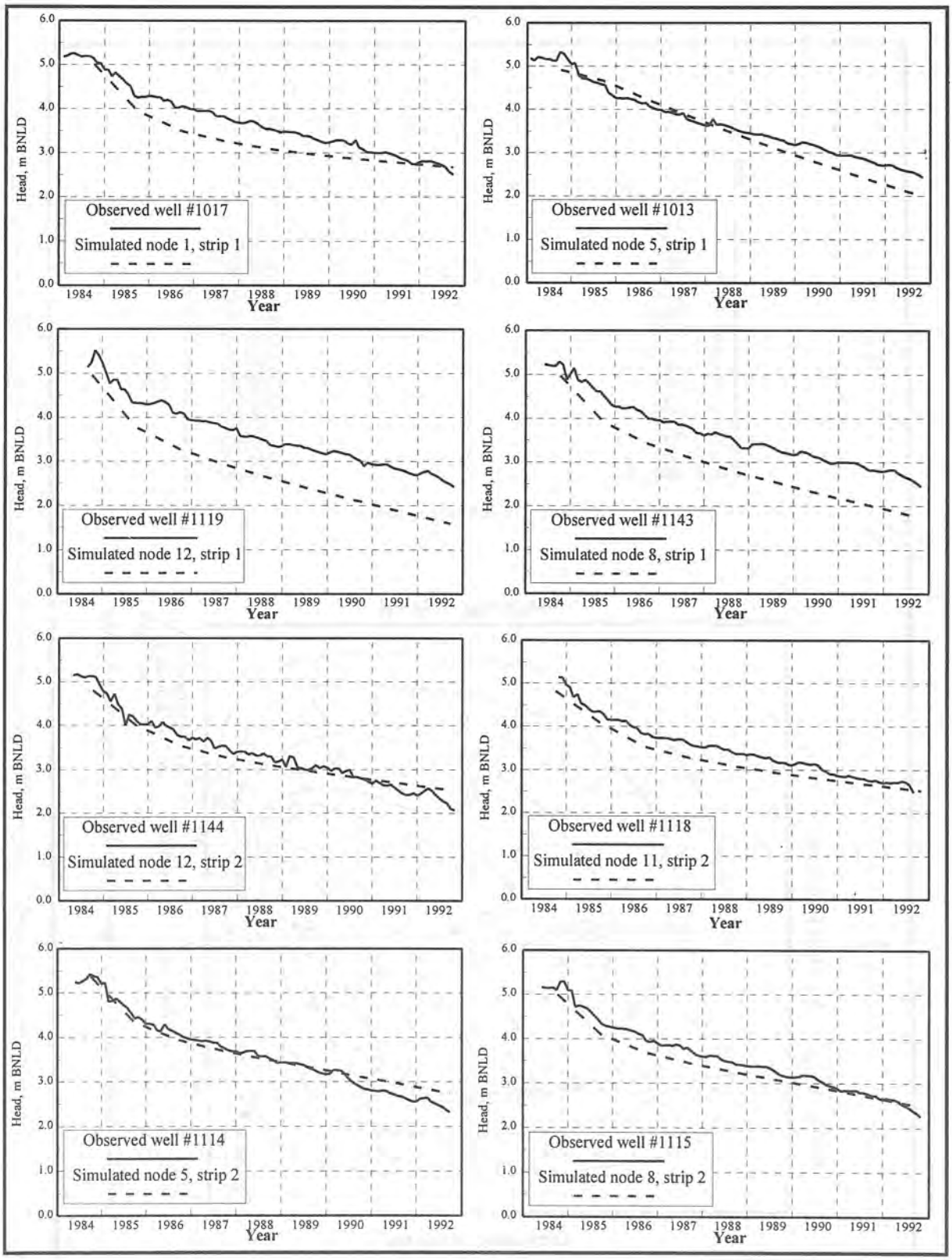
شكل(3): قطاع هيدروجيولوجي يبين النظام المائي لخزان الروس-أم الرضمة.



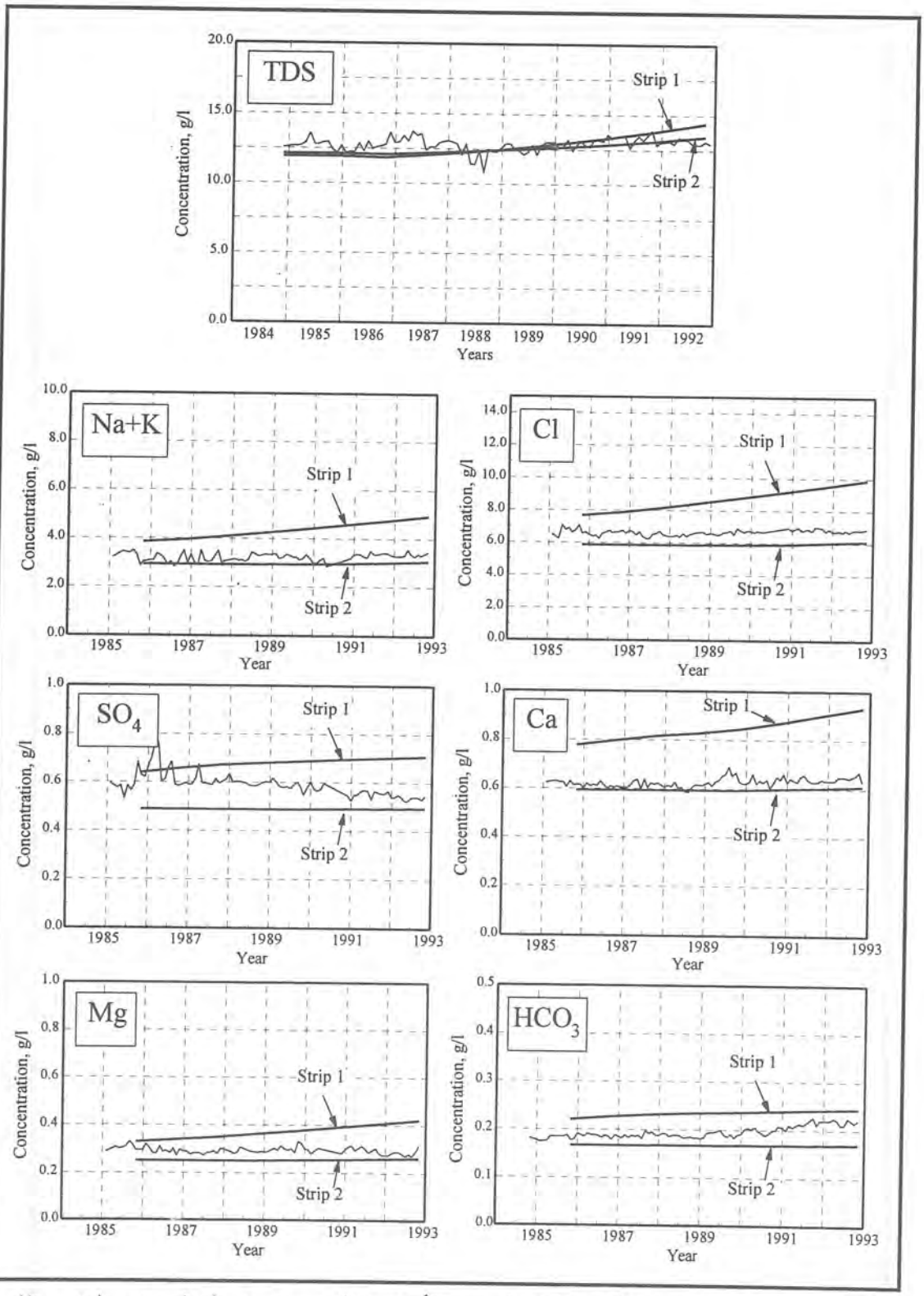
شكل(4): أ) شبكة مراقبة المستويات البيزومترية لخزان الروس-أم الرضمة، ب) المستويات البيزومترية المقاسة في آبار الرصد.



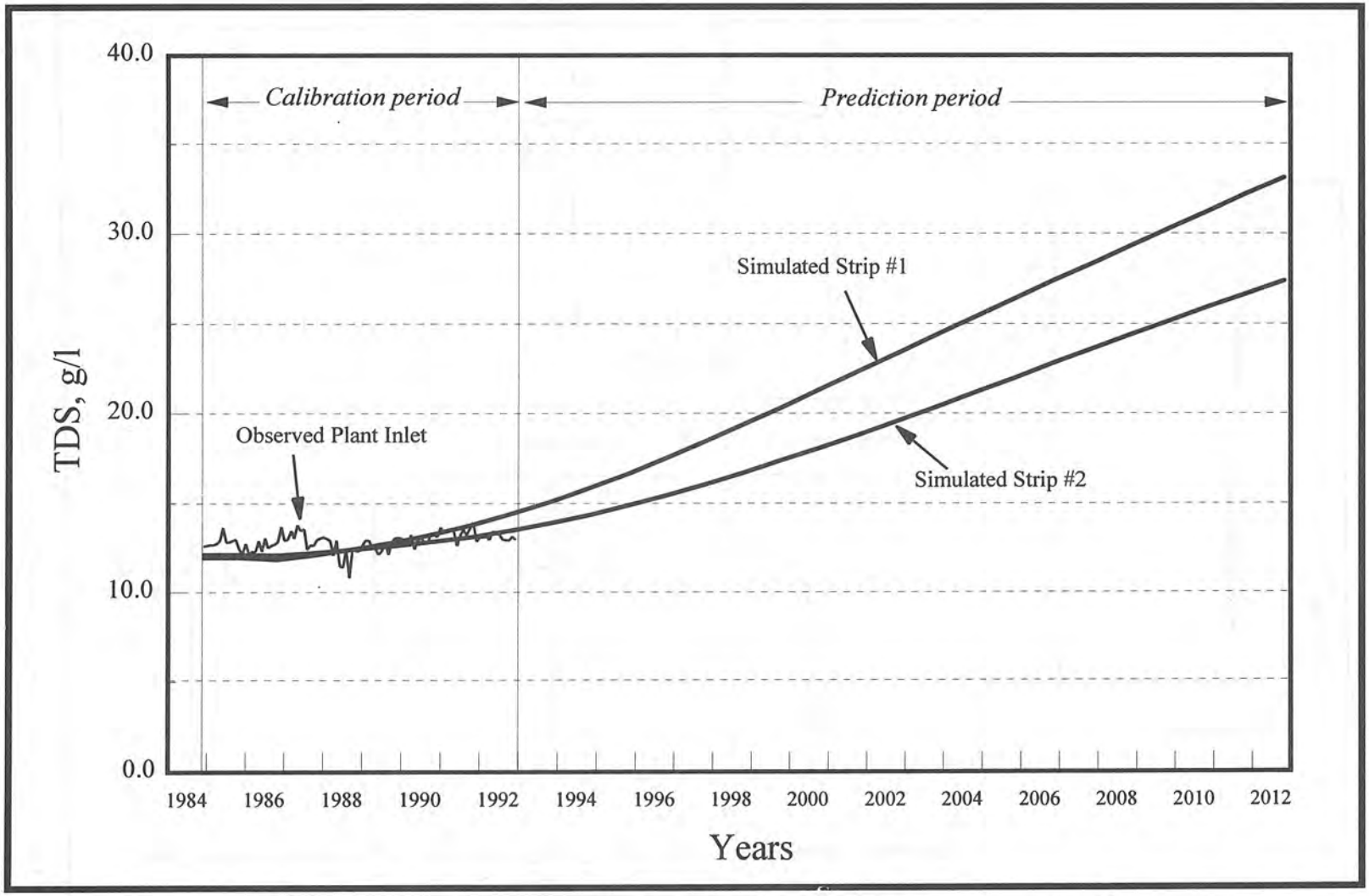
شكل(5): أ) النموذج الإعتباري المستخدم في بناء النموذج الرياضي، ب) أبعاد النموذج الرياضي و شروطه الحدودية.



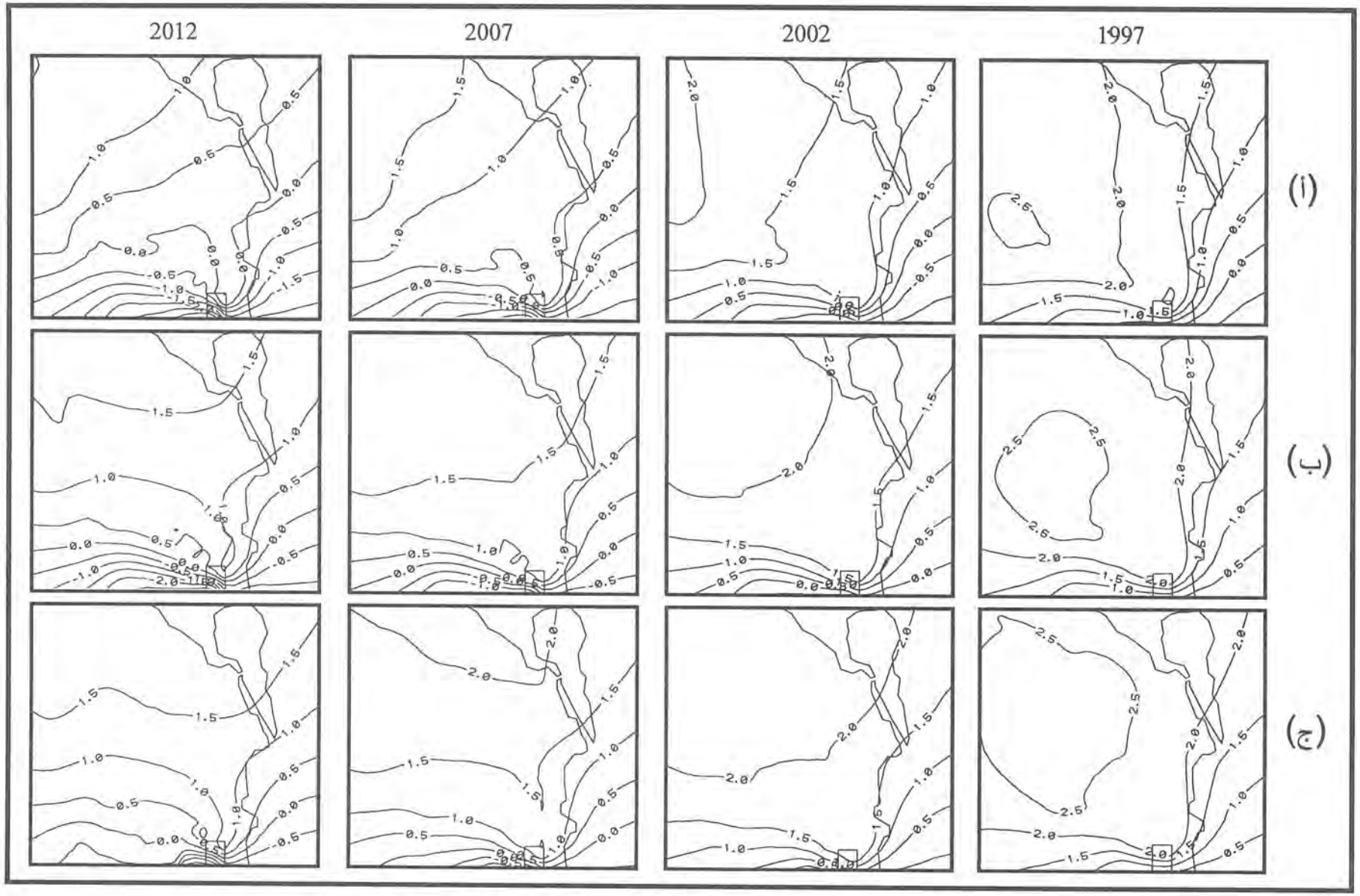
شكل(6): مقارنة بين المستويات البيزومترية المحسوبة بواسطة النموذج المعاير و المستويات البيزومترية المقاسة في الخزان.



شكل(7): مقارنة بين ملوحة المياه وتركيز العناصر الأساسية المحسوبة بواسطة النموذج المعاير وتلك المقاسة في المياه المنتجة من حقل آبار التغذية لمحطة التحلية.



شكل(8): مستويات الملوحة المتوقعة للمياه المنتجة بواسطة حقل الآبار للفترة 1993 إلى 2012.



شكل(9): المستويات البيزومترية المتوقعة للنطق أ) أم الرضمة–5، ب) أم الرضمة–6، ج) الروس.

إدارة المياه في المدن العربية

د. محمد عبدالله الحماد

ادارة المياه في المدن العربية

اعداد

د. محمد عبد الله الحماد

مدير عام المعهد العربي لإنماء المدن

بحث مقدم الى :

مؤتمر الخليج الثاني للمياه

" الماء في الخليج ... نحو ادارة متكاملة "

٥ ـ ٩ نوفمبر ١٩٩٤م

البحرين

المعهد العربي لإنماء المدن

الرياض ١٤١٤هـ (١٩٩٤م)

مقدمة :

يقول خبراء تنمية الموارد المائية إن أكبر مشكلة ستواجه العالم في القرن الحادي والعشرين هي قلة المياه لسد احتياجات السكان والزراعة والصناعة وغير ذلك ، ويستندون في قولهم الى مقارنة نمو عدد السكان الحالي بالمصادر المائية المتاحة والكامنة التي يمكن تنميتها في المستقبل ... ويشير هؤلاء الخبراء أيضا أنه اذا ظل معدل استهلاك الفرد من المياه على ماهو عليه ستكون أزمة المياه أكبر أزمة ستجابه العالم في القرن الحادي والعشرين ، واذا ارتفع معدل الاستهلاك فان العالم سيشهد في القرن الحادي والعشرين أكبر كارثة عرفتها الانسانية وسيؤثر النقص الشديد في الزراعة والصناعة والاستهلاك المنزلي وغير ذلك من النشاطات التي تحتاج الى المياه .

والجدير بالذكر أن المسألة لا تتعلق فقط بالنقص في المياه بل أيضا بتلوث المياه السطحية والجوفية وغيرها من المياه ، وتشير بعض الدراسات المتوفرة أنه اذا استمر التلوث الحمضي بصورته الراهنة فان معظم المياه السطحية والجوفية ومياه الأمطار ستتلوث تلوثا يتزايد باستمرار مما يؤدي الى أن تصبح مصادر المياه المتوفرة غير صالحة للاستعمال .

ان الطريق ليس بمسدود ، بل هناك فرص كثيرة لحل المشكلة ، ويكمن هذا الحل من ناحية في الاستفادة المثلى من المياه المتوفرة والتي تكمن في باطن الأرض ويمكن جعلها متاحة أو التي يمكن تحليتها أو اكتسابها من مياه الصرف الصحي المعالجة .

استهلاك المياه في العالم العربي :

الوضع الحالي :

حوالي ٦٥٪ من المياه المستهلكة في العالم العربي تذهب الى الزراعة في حين تصل هذه النسبة الى حوالي ١٠٪ لمياه الشرب والاستعمالات المنزلية الأخرى ، وكذا ري الحدائق المنزلية ... الخ ، وتستهلك الصناعة فقط حوالي ٤٪ ، وهناك كمية من المياه تعادل حوالي ٥ر٢١٪ وتستثمر في أغراض أخرى كري الحدائق وللترفيه أو أنها مياه مهدرة .

وتجدر الإشارة الى أن كمية المياه المستخدمة في الشرب والأغراض المنزلية مرتفعة جدا وتعادل حوالي ١٠ مليارات أمتار مكعبة في العام الواحد تقريباويستهلك الشخص في العالم العربي في اليوم ١٤٣ لترا من المياه للشرب وللأغراض الأخرى المنزلية بحيث يكون معدل استهلاك الفرد اليومي في المدن أكبر بحوالي ٦٠٪ ،

ويعني هذا أن استهلاك الفرد في المدن في اليوم حوالي ٢٢٥ ـ ٢٣٠ لترا ، وأوضحت التجارب أنه كلما ابتعدنا عن العاصمة والمدن الكبرى كلما قل استهلاك الفرد من المياه في اليوم ، وهذا يعني أن التحضر والنزوح من الريف الى المدن يؤدي الى زيادة كمية المياه التي يستهلكها النازحون ... أما بخصوص كميات المياه المستثمرة في الزراعة فإنها ضئيلة جدا بالمقارنة الى الأوضاع السائدة في الوطن العربي من نواحي اعتماده على موارد غذائية من الخارج بنسبة كبيرة حيث يصل نصيب الفرد من المياه للزراعة حوالي ٦٦٥ مترا مكعبا في كل عام ، أما استثمار المياه في الصناعة فانه يعتبر أيضا ضئيلا جدا حيث يصل نصيب الفرد منها حوالي ٢٢ مترا مكعبا في العام واذا أضفنا الى ذلك موارد المياه المتاحة ولكن غير المستعملة بالوطن العربي والتي تقدر بحوالي ١٦٠ مليار متر مكعب في العام ، اضافة الى ٣٦ مليار متر مكعب في كل عام مهدرة ، يتضح جليا سوء استخدام موارد المياه بالوطن العربي كنتيجة طبيعية لغياب التخصيص في استثمارات المياه وعدم اعطاء قضية التكامل بين أقطار الوطن العربي الإهتمام الجاد وخاصة في الإنتاج الزراعي بهدف الإعتماد على الذات وخصوصا مع توافر الإمكانات المائية والبشرية والمالية على الأقل في الوقت الحاضر .

والجدير بالذكر أن الدراسات العديدة المتوفرة عن مصادر المياه والمعالم الهيدروجيولوجية تشير الى وجود كمية كافية من المياه في الوطن العربي على الأقل لعدد غير قليل من السنوات ، فالمصادر المائية في الوطن العربي تتمثل في الأنهار ، وأحواض المياه الجوفية العميقة والسطحية وبعضها لم تتحدد معالمها الهيدروجيولوجية وبعضها الآخر يفتقر الى الإدارة المائية السليمة لإستثماره ، وكذلك في أحواض جميع مياه الأمطار التي مازالت كميات كبيرة منها تضيع في البحر أو التبخر ، وذلك لتدني كفاءة وسائل حصرها وتجميعها ، هذا بالإضافة الى محدودية اعادة استثمار مياه الصرف الصحي والزراعي الذي يمكن أن تشكل كمياته الضخمة موردا مائيا هاما اذا دعمت وسائل معالجته ، واضافة لذلك فان الهدر الأكبر الذي نعاني منه حاليا والمتمثل في تلوث المياه بالمخلفات الصناعية والزراعية والآدمية كنتيجة لفقدان الوعي لدى الجماهير العربية يشكل أعباء مالية ضخمة في سبيل معالجتها وأضرارا جسيمة على صحة المواطن العربي ، وهذه الأوضاع في مجموعها تشكل المعوقات الرئيسية للتنمية بالوطن العربي .

التطورات المستقبلية :

يتأثر استهلاك المياه في أية دولة من الدول بزيادة عدد السكان وزيادة استهلاك الفرد من المياه في اليوم ، لذا يولي خبراء تنمية المصادر المائية أهمية خاصة الى نمو السكان ويستنتجون من ذلك كمية المياه الإضافية التي يجب توفيرها في المستقبل اعتمادا على زيادة عدد السكان .

وفي الوطن العربي يلاحظ أن عدد السكان سيرتفع في مطلع القرن الحادي والعشرين فسيرتفع عدد سكان العالم العربي كله الذي كان يقدر في عام ١٩٩٠ بحوالي ٢٢٥ر٥٤٦ مليون نسمة الى حوالي ٧٥٧ر٩٠٧ مليون نسمة في عام ٢٠٣٠ ، ويعني ذلك أن عدد السكان سيتضاعف ثلاث مرات في غضون أربعة عقود ، وهذه الزيادة المذهلة ستأتي حتما بتحديات تتعلق باستهلاك المياه ولابد من التفكير في الحلول الممكنة .. واذا ظل استهلاك الفرد من المياه على المعدل الذي هو عليه الآن فإن كمية المياه المستهلكة ستتضاعف كثيرا في مجالات مياه الشرب والإستعمالات المنزلية فقط ، وسترتفع كمية المياه المطلوبة من ١٠ مليارات أمتار مكعبة الى ٣٠ أو ٤٠ مليار متر مكعب .. واذا انطلقنا من أن استهلاك الفرد من المياه للأغراض المنزلية والشرب سيظل ١٤٣ لترا في اليوم ، سيترتب على ذلك ارتفاعا هائلا يمكن التنبؤ بمقداره اذا نظرنا الى نمو السكان في الدول العربية .

وبالنسبة للمدن سيكون للتطورات المستقبلية بخصوص الحاجة الى المياه أثر كبير وخاصة اذا أخذنا بعين الاعتبار أن اتجاه النمو الحالي للسكان يشير الى أن ٧٥٪على الأقل من سكان العالم العربي سيعيشون في مطلع هذا القرن في المدن ، وفي عام ٢٠٣٠ سترتفع كمية المياه المطلوبة للشرب والإستهلاك المنزلي الى حوالي ٣٠ ـ ٤٠ مليار متر مكعب وهذا يؤدي الى استهلاك ٢٢ر٥ ـ ٣٠ مليار متر مكعب من هذه المياه في المدن وذلك اذا لم يتغير معدل استهلاك الفرد من المياه ، واذا زاد هذا المعدل سترتفع كمية المياه المطلوبة للإستهلاك المنزلي والشرب .

والسؤال الذي يجب الإجابة عليه هو هل سيكون في استطاعة المدن العربية توفير هذه الكمية الهائلة من المياه للإستهلاك المنزلي والشرب ؟ وهل سيكون في استطاعتها أن توفر أيضا كمية المياه المطلوبة للصناعة والإستهلاكات العديدة الأخرى والتي لانستطيع تقديرها وذلك لإعتمادها على التطور الصناعي والتجاري الذي ستشهده المدن العربية ؟

مما لا شك فيه أن مشكلة توفير المياه ستكون في المستقبل في المدن العربية من المشاكل الأساسية التي لابد أن نبدأ من الآن في البحث لها عن الحلول المناسبة ، وهذه الحلول لايمكن الحصول عليها إلا بعد دراسة مصادر المياه المتوفرة في العالم العربي والتي تعتبر من ناحية متاحة ومن ناحية أخرى كامنة ويمكن تطويرها واستغلالها واخراجها الى حيز الوجود .

معالجة مياه الصرف .

لايوجد على ظهر هذه المعمورة مستوطن بشري لاينتج مياه صرف يجب التخلص منها ، وفي منتصف القرن التاسع عشر عندما بدأ ادخال شبكة مياه الشرب بدأت كثير من المدن في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية تتخلص من مياه الصرف فيها بالإستفادة منها في ري المزارع ، ولكن مع الزمن بدأت هذه العادة تختفي وبأت المدن تلجأ الى صب مياه الصرف في الأنهار والبحيرات والبحار وفي أماكن بعيدة عن المدن ، ولكن هذه الطريقة بدأت تشكل خطرا كبيرا من حيث تلويثها للبيئة ونشر كثير من الأمراض ، مع العلم أن مياه البحيرات والأنهار تستعمل كمياه للشرب ، وفي حالة التخلص من مياه الصرف على مساحة من الأرض فإن ذلك يؤدي الى تلويث التربة وتلويث المياه الجوفية نتيجة لتسرب مياه الصرف اليها .. اضافة الى ذلك تصبح المنطقة التي تستعمل كمطمر لمياه الصرف مرتعا للحشرات الضارة مثل الذباب والبعوض .

وأوضحت التجارب أن التخلص من مياه الصرف بالطريقة العشوائية لا يمكن قبولها وأنه من الضروري البحث عن أساليب أسلم لحل مشكلة مياه الصرف ، وهنا ظهرت تكنولوجيا معالجة مياه الصرف التي مكنت من تنقية مياه الصرف والحصول على مياه صالحة للري ، وكذلك الحصول على وحل يعتبر سمادا نافعا .

وفي العقدين الأخيرين من هذا القرن زاد استعمال مياه الصرف المعالجة في الري وخاصة المناطق الشبه الجافة في الدول الصناعية والدول النامية ، وحدث هذا للأسباب التالية :

١] قلة المصادر المائية المتوفرة التي يمكن أن تكون بديلا لمياه الصرف مع العلم أن المناطق الجافة أو الشبه الجافة لا تعاني فقط من قلة الأمطار بل إن المياه الجوفية المتوفرة لديها محدودة وفي كثير من الأحيان تكون هذه المياه مالحة ، وتفتقر هذه المناطق في الغالب أيضا الى المياه السطحية مثل الأنهار والبحيرات .

٢] تحوي مياه الصرف أمونيا وعناصر أخرى تغذي الزراعة .

٣] قلة الأضرار والمخاطر الصحية وغيرها الكامنة في مياه الصرف وذلك نتيجة لإمكانية معالجة مياه الصرف معالجة تقضي على الميكروبات الضارة الموجودة في هذه المياه .

٤] إن تكاليف معالجة مياه الصرف عالية جدا ، لذا لابد من القيام بكل الخطوات الممكنة لخفض هذه التكاليف ، والإستفادة من مياه الصرف في الري والإستفادة من الوحل المتبقي من عملية معالجة مياه الصرف كسماد يعتبران خطوتان تقللان من هذه التكاليف لأن الدخل من الإستفادة من مياه الصرف والوحل في الزراعة والتشجير يقلل التكاليف .

يتم انتاج مياه الصرف بوسطة المنازل في صورة المياه التي تستعمل في غسل المواد الغذائية الطازجة قبل أكلها أو قبل طبخها وفي غسل الملابس وفي الإستعمال وقضاء الحاجة ... الخ .. وفي الدول النامية لا تتوفر شبكة مياه الصرف للجزء الأكبر من السكان وخاصة للقاطنين في المناطق الريفية ، وهذه المناطق التي لاتتوفر بها شبكة الصرف الصحي تنتج مايسمى بالنفايات البلدية [البراز] ، والنفايات المنزلية السائلة منفصلة بعضها عن بعض ، ولكن في المدن وخاصة الكبرى منها يوجد عدد كبير من المنازل التي ترتبط بشبكة مياه الصرف ، ويمكن الإستفادة من مياه الصرف المستوعبة في هذه الشبكة في الري بعد معالجتها بطريقة اقتصادية ، بحيث يتم ري وتسميد المحاصيل بالمغذيات الموجودة في مياه الصرف ، والإستفادة من مياه الصرف بهذه الصورة تمكن أيضا من حماية البيئة من مخلفات الصرف الصحي .. وأوضحت التجارب أنه اذا كانت هناك ادارة سليمة يؤدي استعمال مياه الصرف في الزراعة الى زيادة المحاصيل دون ظهور أية أخطار صحية .

واذا كان استعمال مياه الصرف يؤدي حاليا الى ظهور بعض الأمراض ذات العلاقة بالمواد البرازية فإن ذلك يعود أولا وقبل كل شيء الى عدم معالجة هذه المياه المعالجة السليمة .

والجدير بالذكر أن تكنولوجيا معالجة مياه الصرف وصلت الآن الى مرحلة تمكن من تصميم وانتاج منشآت تعالج مياه الصرف الى درجة نقاوة تصل الى نقاوة مياه الشرب ، ناهيك عن استعمالها في الري .. كما أن بعض الحكومات حذرت من التشجيع في استعمال مياه الصرف والسبب في ذلك يعود لأسباب تتعلق بالمخاطر الصحية التي يمكن أن تكون كامنة في مياه الصرف ، ولكن الجهات التي تستعمل مياه الصرف لا تتبع عادة مثل هذا التحذير وهذه الجهات تكمن في المزارعين وأصحاب الحدائق التجارية [المشاتل] التي تنتج الزهور والنباتات للبيع .

واذا نظرنا الى تركيب مياه الصرف المعالجة نجد أنها تتكون من ٩ر٩٩٪ من المياه وحوالي ١ر٪ من مواد أخرى [مواد صلبة عالقة في الماء ومواد غروية ومذابة .

إن معدل انتاج مياه الصرف في المدن العربية للفرد يتراوح مابين ٨٠ الى ٢٠٠ لتر في اليوم الواحد بحيث ينتج الفرد في السنة كمية من مياه الصرف تتراوح مابين ٣٠ ـ ٧٠ مترا مكعبا ، وهذه الكمية كافية لري مساحة قدرها ما بين ١٥ ـ ٣٥ مترا مربعا ... وهذا يعني أن مدينة يبلغ عدد سكانها مليون نسمة تنتج كمية من مياه الصرف التي تكفي لري مابين ١٥٠٠ ـ ٣٥٠٠ هيكتار .

والجدير بالذكر أن المواد الغروية وغيرها التي توجد في مياه الصرف تحوي مغذيات للنباتات [مثل النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والنحاس والحديد والزنك] ، ولكن اذا تمت معالجة المياه تنخفض كمية النيتروجين والفوسفور ، بينما تظل كمية البوتاسيوم على نفس المستوى اعتمادا على أسلوب المعالجة المستعمل .

الملوثات والمواد السامة في مياه الصرف :

ان مياه الصرف لا تحوي فقط عناصر تغذي النباتات بل أيضا ملوثات ومواد سامة ، وهذه الملوثات هي الكائنات الممرضة والموجودة في المواد البرازية [الفيروس والبكتيريا والحيوانات والدودة المعوية] التي توجد في المياه المستعملة بكميات متفاوتة ... وهناك نقطة أخرى لابد من الإشارة اليها هي أن مياه الصرف ـ وخاصة اذا كانت تحوي مياه صرف من المصانع ـ تحوي عادة عناصر ملوثة وسامة وتضر بالإنسان والحيوان والنبات والبيئة ، وهذه المواد الضارة التي قد توجد في مياه الصرف هي المعادن الثقيلة و [البورون] ، وهو عنصر لافلزي ينتج عن استعمال المطهرات الكيماوية ... الخ ، واذا كانت نوعية مياه الصرف تطابق تلك التي توصي بها منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة ، فإنه في حالة مياه الري يمكن استعمال مياه الصرف المعالجة في ري المزارع دون أي تردد .. وفيما يتعلق بمياه الصرف المنزلية فإن نوعيتها الطبيعية والكيماوية غالبا ماتكون مناسبة لري المحاصيل الزراعية .

والجدير بالذكر أن أفضل وسيلة للحصول على مياه صرف معالجة ومناسبة للري في المدن هي عدم خلط مياه الصرف من المنازل بمياه الصرف من المصانع والورش ، ويذكر في هذا الصدد أن أكبر مشكلة تواجه المدن العربية بشأن الحصول على مياه صرف تناسب الري هي أن الورش ومحطات بيع البترول غالبا ما تصب مخلفاتها الزيتية التي تحوي

نسبة كبيرة من المعادن الثقيلة في مياه الصرف ، وقد بدأت البلديات تدرك هذه المشكلة وأصدرت قوانين ولوائح محلية تمنع صب المخلفات الصناعية والزيتية في شبكة مياه الصرف إلا أن كثيرا من الجهات لاتلتزم بهذا المنع وترمي مخلفاتها الزيتية في المجاري مرتكبة بذلك المخالفة وحسب رأينا يمكن حل هذه المشكلة باتخاذ الخطوتين التاليتين :

١] توعية مكثفة تظهر للجميع أن عدم صب المخلفات الصناعية والبترولية في شبكة مياه الصرف يخدم المصلحة العامة .

٢] تشديد العقوبات المفروضة على مرتكبي جريمة صب المخلفات الصناعية والبترولية في شبكة مياه الصرف الصحي .

دور المدينة العربية في ادارة المياه :

تختلف الدول العربية في ادارة المياه فيها ، وفيما يتعلق بمياه الشرب والإستعمالات المنزلية وغيرها في المدن فإن بعض الدول تسند ادارتها الى المدن والبعض الآخر الى هيئة مركزية ، وأوضحت التجارب أنه من الأفضل اسناد هذه المهمة للبلدية لأنها تعتبر من الخدمات المحلية الأساسية ، كما أن تفتيش المياه للتأكد من سلامتها وخلوها من الميكروبات الممرضة وغيرها من العناصر الضارة يتم في اطار تفتيش المواد الغذائية ، ويضاف الى ذلك أن معالجة مياه الصرف واستعمالها لأغراض عديدة يتم بواسطة ادارة بلدية .

وفيما يلي نذكر المجالات التي يجب أن تسند الى البلديات :

١] معالجة مياه الصرف وادارة استعمال مياه الصرف المعالجة ، ويذكر في هذا الصدد أن هذه الإدارة متبعة في كل المدن التي تقوم بمعالجة مياه الصرف فيها ، ويأتي هذا لأن شبكة المجاري تابعة للبلديات ، كما تقوم البلديات بتفريغ البالوعات وتتولى أيضا ادارة منشآت الصرف الصحي .

وتستعمل البلديات العربية حاليا مياه الصرف في التشجير وليس لأغراض أخرى ، وفي الغالب نجد في المدن العربية نشاطات تشجير واسعة النطاق تستوعب كل مياه الصرف المعالجة بل وتكون في حاجة الى كميات اضافية من المياه ، وهذا يعني أن الإستفادة من مياه الصرف المعالجة لا تترك أية فرصة للإستفادة من هذه المياه لأغراض أخرى وأي توسع في هذه المعالجة يمكن قبوله والإستفادة منه الإستفادة المناسبة .

وبما أن معالجة مياه الصرف عملية لابد من القيام بها مهما كان الثمن لأسباب بيئية ، فاننا نرى أن يفكر أيضا في الإستفادة من هذه المياه بطريقة اقتصادية مناسبة ستشمل في المستقبل أيضا استعمالها في الري وذلك بعد معالجتها تلك المعالجة التي تؤهلها للري في المزارع التي تنتج ثمرات تؤكل .

٢] تحلية مياه البحر .. ويذكر في هذا الصدد أن انتاج المياه المحلاة يمكن أن يتم بواسطة البلدية في حالة المدن الساحلية وخاصة الكبرى منها والتي يمكن أن تكون لها منشآتها الخاصة لتحلية المياه .. أما في حالة المدن الغير الساحلية التي تمد اليها المياه من أقرب مواقع ساحلية لها فإن الإنتاج يجب أن يتم بواسطة جهاز حكومي مركزي ، وهنا فقد يستحسن انشاء منشآت كبيرة لتحلية المياه بحيث تكون في استطاعة كل منشأة أن تمد عدة مدن غير ساحلية بالمياه .

٣] حفر الآبار للحصول على مياه الشرب في المدن ، وتختلف الدول العربية في ادارتها لحفر الآبار ، فبعضها يسند هذه المهمة الى جهاز مركزي والأخرى تتبع أسلوبا لا مركزيا بحيث تتولى البلدية هذه المهمة التي تشمل :

- حفر آبار يقوم به القطاع الخاص والأفراد بغرض الإستفادة من المياه اقتصاديا بالبيع أوالاستعمال في الري في مزارع ملاك الآبار .. وهنا يجب أن يتم حفر البئر فقط بعد الحصول على ترخيص من البلدية وعلى البلدية ألا تعطي مثل هذا الترخيص إلا بعد أن توافق الهيئة المركزية المسئولة عن الدراسات الهيدروجيولوجية على الحفر أي بعد أن تقرر هذه الهيئة أن المنطقة صالحة لحفر البئر ... اضافة الى ذلك يجب أن تأخذ البلدية برأي وزارة البيئة التي يجب أن تقر بأن المياه الجوفية في المنطقة التي يحفر فيها البئر غير ملوثة ، ويجب أيضا أن تقوم البلدية بتفتيش البئر وأخذ عينات من مائه بين حين وآخر .
- حفر الآبار التي تغذي شبكة مياه الشرب في المدينة بواسطة البلدية إلا اذا كانت المنطقة التي تحفر فيها الآبار بعيدة عن المدينة ومنتمية الى وحدة جغرافية ادارية أخرى [أي اذا كانت تقع خارج حدود المدينة] ، وهنا تتولى البلدية تنقية المياه التي تدخل في شبكة مياه الشرب .
- تقوم البلدية بتنقية المياه السطحية المستعملة في المنازل وخاصة لك التي تدخل في شبكة مياه الشرب .
- تقوم البلدية بإنشاء خزانات لجمع مياه الأمطار في المدينة [حصاد المطر] والإستفادة منها في الشرب والإستعمالات المنزلية وغير ذلك بعد معالجتها المعالجة المناسبة .

وبصفة عامة يجب أن تقوم البلديات العربية بكل الخطوات المذكورة بالتعاون الوثيق مع كل الهيئات المركزية التي لها دور مباشر أو غير مباشر في تنمية موارد المياه .

وفيما يتعلق بحماية مياه المدينة من التلوث فإن على البلدية القيام بكل الخطوات اللازمة لتحقيق هذه الحماية ، وهنا يجب على البلدية أن تقوم بمايلي :

١] حل مشكلة النفايات بطريقة مناسبة لاتؤدي الى تلوث المياه السطحية والجوفية .

٢] حل مشكلة الصرف الصحي بطريقة مناسبة لا تؤدي الى تلوث المياه السطحية والجوفية .

٣] المساهمة في حل مشكلة تلوث الجو .

وبخصوص الإستفادة المثلى من المياه تجدر الإشارة الى أن بعض الدراسات تشير الى أن " حجم الفواقد في المياه المستثمرة حاليا في الوطن العربي يفوق بمراحل مايمكن تنميته من موارد مائية جديدة في حدود المعايير الإقتصادية المقبولة ، ولذلك يكون التركيز بالتالي على محور ترشيد استخدامات المياه في جميع المجالات هو أحد أهم المداخل الإقتصادية السليمة للتنمية المتواصلة ، ومع قناعتنا بحقيقة أن الدول العربية جميعها وعلى كل مستوياتها ، لم تتوان في استخدام كافة وسائل الإعلام والتوعية والإرشاد لحث المواطنين على المحافظة على المياه ... الا أننا مازلنا بعيدين عن تلمس آثارايجابية في تطبيق هذه الوسائل ، سواء لعدم كفاءة التطبيق ، أو أنها ضلت طريقها المؤثر في زحمة المشاكل الإقتصادية والإجتماعية والسياسية .

ورغم أنه لاتوجد احصاءات دقيقة بخصوص المياه التي تهدر إلا أن بعض الآراء تشير الى امكانية توفير ٣٠٪ من المياه المستعملة اذا تمت الإستفادة من المياه بطريقة مثلى تتفادى الهدر والتبذير ، ولذلك فإنه من الممكن ادخار كمية من المياه قدرها حوالي ٩٫٧١٨٫٠٠٠٫٠٠٠ لتر من المياه في اليوم علما بأن عدد سكان الوطن العربي حوالي ٢٢٦ مليون نسمة ، واستهلاك الفرد من المياه في اليوم حوالي ١٤٣ لترا في اليوم في الإستهلاك المنزلي ، ويضاف الى ذلك كميات أخرى من المياه التي يمكن ادخارها في مجال الصناعة .

ويستنتج مما ذكر أن الإستثمار في ترشيد استعمال المياه يجب أن تكون له أولوية خاصة في سياسة تنمية موارد المياه بحيث تشمل الخطوات التي يقام بها هنا مايلي :

١] وضع قوانين واضحة لاستعمالات المياه المختلفة ، وهذا يحتم أن تكتفي الصناعة والزراعة فقط بكميات معينة من المياه في انتاجها ، وفي حالة الزيادة في الإنتاج الصناعي أو التوسع في الزراعة ، وكانت هناك حاجة الى زيادة كمية المياه المستعملة يجب أن تكون هناك موافقة من الجهة التي تقوم بادارة المياه .

٢] أن تحدد للمياه المستعملة في الصناعة والزراعة أسعار معينة .

٣] أن تلتزم المصانع والمزارع بمعالجة مياه الصرف التي تنتجها والتي تستفيد من هذه المياه مرة أخرى أي أن تقوم بتدوير المياه المستعملة ، ويذكر في هذا الصدد أن مثل هذا التدوير متبع اليوم في بعض المصانع في الدول العربية ، ويجب تشجيعه وتطويره بهدف أن يشمل جميع المياه المستعملة في المصانع .

٤] أن يزاد سعر المياه للإستعمال المنزلي ، بحيث يكون هذا السعر منخفضا نسبيا الى استهلاك معين وأن يرتفع السعر بعد تجاوز هذا الحد بحيث يزداد السعر كلما زاد التجاوز ، ويتطلب الأخذ بهذا المبدأ أن يحدد لكل فرد كمية من المياه التي يحتاج اليها يوميا بالفعل في الشرب والإستهلاك المنزلي ويكون سعر هذه الكمية منخفضا نسبيا وأن يرتفع السعر بعد أن يتجاوز الفرد هذا الحد .

٥] إرشاد المواطنين فيما يتعلق بحسن استعمال المياه باتخاذ الخطوات التالية :

- معالجة موضوع حسن استعمال المياه والإستفادة المثلى منها في المدارس ، ويجب ألا تقتصر هذه المعالجة على حث الطلبة والتلاميذ على استعمال المياه بطريقة مناسبة ، بل ويجب أن يؤخذ استعمال المياه السليم كأمثلة في المواد المختلفة مثل الرياضيات ، فعلى سبيل المثال : " هناك عائلة مكونة من خمسة أفراد والحاجة الحقيقية لكل فرد ١٣٥ لترا من المياه في اليوم ولكن الاستعمال الحالي لكل فرد ١٥٠ لترا .. كم لترا يهدره كل فرد من العائلة في اليوم وفي السنة ؟ وكم لترا من المياه يهدره جميع أفراد العائلة في اليوم وفي السنة ؟ .

  ومما لاشك فيه أن استيعاب موضوع الإستفادة المثلى من المياه في الدروس بهذه الصورة يمكن الطلاب والتلاميذ من فهم الموضوع وأهميته ، وبما أنه عليهم أن يذاكروا الدروس فإن مذاكرتهم لها تعني غرس سلوك سليم بخصوص استعمال المياه في أنفسهم .
- اصدار كتيبات - وغير ذلك - تعلم الناس كيف يحسنون استعمال المياه ، وماهي الخطوات التي يجب أن يقوموا بها في حالة ملاحظتهم أن [الحنفية] لاتغلق بإحكام مما يؤدي الى تساقط قطرات من المياه منها .
- حث السكان على جمع مياه المطبخ منفصلة عن غيرها واستعمالها في ري حدائقهم المنزلية .
- موضوعات ارشادية عن حسن استعمال المياه في وسائل الإعلام المختلفة .

ان الإرشاد عملية صعبة وخاصة اذا كان الهدف تغيير سلوك متأصل في نفوس الناس ، ولكن القيام به ضروري وكلما تم القيام به مبكرا كلما كان النجاح أضمن ، فمرحلة الألف ميل تبدأ بخطوة ، واذا تم غرس حسن استعمال المياه في نفوس التلاميذ من البداية فإن ذلك يكون أحسن وأكثر نفعا .

وفيما يتعلق بحماية المياه من التلوث فإن على البلدية أن تقوم بكل الخطوات التي ذكرناها اضافة الى الخطوات التالية :

١] اصدار أوامر محلية تمنع إلقاء الزيوت القديمة من السيارات والمصانع في شبكة المجاري ، علما بأن هذه الزيوت تصعب من معالجة مياه الصرف وتجعل المياه المعالجة متضمنة معادن ثقيلة وملوثات أخرى ، كما أن هذه الزيوت تؤثر سلبيا على منشآت معالجة مياه الصرف كما أثبت التجارب .

٢] حماية المياه الموجودة في خزانات المياه فوق أسطح المنازل .. ويذكر في هذا الصدد أن معظم المنازل في المدن العربية تجمع مياه الشرب والإستعمالات المنزلية التي تستعملها في خزانات فوق أسطح المنازل ، وذلك لإمكانية انقطاع الإمداد بالمياه في أوقات معينة .. واذا لم تنظف هذه الخزانات بصفة دورية بعناية فائقة فإنها تتلوث وتتكون فيها الطحالب وتصبح مرتعا للكائنات الحية المائية الدقيقة ، واذا كانت الخزانات مفتوحة وغير مغلقة فإن المياه الموجودة فيها تصبح عرضة لتلوث أكثر وقد تسقط فيها الحيوانات وتموت فيها مما يجعل المياه خطرة على صحة الإنسان للغاية ، ولحل هذه المشكلة نقترح :

× وضع معايير ومواصفات معينة للخزانات بحيث تشمل هذه المعايير والمواصفات مايلي :
- ألا تصنع الخزانات من مادة تصدأ [كالحديد] .
- أن تنظف الخزانات تنظيفا دوريا .
- أن يسهل تنظيف الخزانات ، وهذا يتطلب أن تكون الخزانات مصممة بطريقة تجعل التنظيف سهلا وميسورا .
- أن تقوم البلدية بالتفتيش على خزانات المياه من وقت الى آخر وحسب الحاجة .
- أن تستبدل الخزانات بعد عمر افتراضي معين ، بحيث يتم الإستبدال قبل هذا العمر الإفتراضي اذا اتضح أن ذلك ضروري .

× تحسين ضخ المياه الى المنازل مما يؤدي الى توفر المياه مباشرة من مصادرها بصفة مستمرة وهذا يؤدي الى الإستغناء عن الخزانات ، ويذكر أنه حيث يمكن

الحصول على المياه مباشرة من شبكة مياه الشرب فإن الناس يستغنون عن الخزانات التي تشوه المنظر العام لأسطح المنازل وتكلف كثيرا ويمكن أن تؤدي الى تلوث المياه التي تصل الى المنازل منها .

الإستنتاجات والتوصيات :

نستنتج من هذه الدراسة أن تنمية موارد المياه تتطلب القيام بخطوات عملية وفنية وادارية وقانونية عديدة ، وأن كثيرا من هذه الخطوات لا تتعلق بتنمية موارد المياه مباشرة ، فحل مشكلة التلوث الحمضي ومشكلة مياه الصرف أو النفايات لا يقع في اطار اختصاصات الجهة المسئولة عن تنمية موارد المياه ، ولكن بما أن حل هذه المشكلة مهم جدا لتنمية موارد المياه ، فإنه يجب على الجهة المسئولة عن تنمية موارد المياه أن تهتم بالموضوع وأن تحث على حل المشكلة .

وبصفة عامة فإن تنمية موارد المياه تشمل الأبعاد التالية :

١] دراسة وضع موارد المياه المستغلة حاليا من حيث :
- أنواع الموارد المتوفرة والتي تستغل حاليا .
- أساليب الإستغلال .
- الأغراض التي من أجلها تستغل هذه المياه .
- كمية المياه المستهلكة من كل مصدر أو مورد .
- تكاليف أستغلال هذه الموارد وكيف تسدد هذه التكاليف .

٢] تحديد الإحتياجات المائية في المستقبل مع مراعاة نمو عدد السكان والتوسع الزراعي والصناعي .

٣] دراسة موارد المياه الكامنة والتي لم تستغل بعد من حيث كمياتها ونوعية مياهها وتكاليف استخراجها وتنميتها .

٤] ترشيد وتوجيه استعمال المياه ونوعية السكان فيما يتعلق بذلك .

٥] ألا يتم التوسع الزراعي إلا بعد الأخذ بعين الإعتبار احتياجات هذا التوسع الى المياه .

٦] ألا يتم التوسع الصناعي إلا بعد الأخذ بعين الإعتبار احتياجات هذا التوسع الى المياه .

٧] ألا يتم التوسع في التشجير إلا بعد تحديد احتياجات هذا التوسع .

٨] أن يراعى التوسع الحضري مطالب هذا التوسع الى مياه الشرب .... الخ .

وختاما تجدر الإشارة الى أن تنمية موارد المياه تتطلب ادارة قوية تتوفر لها كل الآلات والمعدات والقوى البشرية التي بدونها لا يمكن تحقيق أهداف هذه التنمية .

المراجع العربية :

[١] المنظمة العربية للتنمية الزراعية ـ برنامج الأمن الغذائي ، الجزء الثاني ، الموارد الطبيعية ، الخرطوم ١٩٨٠م .

[٢] مركز الدراسات السياسية والإستراتيجية ـ أزمة المياه في الشرق الأوسط وأفريقيا ، مجلة السياسة الدولية [قسم خاص ، الأهرام ، العدد ١٠٤] القاهرة ١٩٩١م .

[٣] المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ، الإعتبارات البيئية في التوطين القبلي في الوطن العربي ، تونس ١٩٨٨م .

[٤] المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ، الإجتماع الرابع للجنة العربية ـ البرنامج الهيدرولوجي ١٩٨٨م تونس .

المراجع الانجليزية :

1. Troeh, Frederick: Soil and Water Conservation. 2nd ed. New Jersey, New Jersey: Prentice-Hall, 1991.

2. Robert Chambers: Managing Camel Irrigation.- University Press, 1988.

3. Irrigation induced water quality problems.- National Academy Press, 1989.

4. Thomas, George and Roger King., eds: Advances in Water Treatment and Environmental Management.- Elsevier Applied Science Publishers, 1991.

5. Thanls, N.C. and Asit K. Biswas., ed: Environmentally Sound Water Management.- Delhi: Oxford University Press, 1990.

6. Environmental Impoications of Water Development for Developing Coun tries. WATER SUPPLY MANAGEMENT, Vol. 2, No. 4. pp. 283-300

7. Abu-Zaid, M.: Groundwater in Upper Egypt. Egypt, Water Research Centre, 1979.

8. El-Gohary, F: Water Quantity Changes in River Nile and Impact of Waste Discharge.- Egypt: National Research Centre, 1981

9. Marguglio, B.W.: Environmental Management Systems.- New York: Marcel Dekker, 1991

10. Hansen, P.E. et als., eds: Introduction to Environmental Management. New York: Elsevier, 1991.

11. Guidelines for Safe use of Wasterwater and Excreter in Agriculture and Acquaculture. Prepared by Duncan Mara and Sandy Cairncross.- Geneva: WHO, 1989.

12. Reuse of Sewage Effluent. (In: Proceedings of the International Sympo sium , organised by the Institution of Civil Engineers, London, October 30-31, 1984. London: Thomas Telford).

الإدارة المتكاملة لموارد المياه

م. سيف بن راشد الشقصي

الإدارة المتكاملة لموارد المياه

إعداد : م.سيف بن راشد بن سيف الشقصي
وزارة موارد المياه
سلطنة عمان

ملخص الورقة :

تتسم الإدارة الفعالة لموارد المياه بإستغلال وتنمية وإدارة هذه الموارد بما يحقق أهداف التنمية الإقتصادية والإجتماعية والمحافظة عليها من الإستنزاف والتلوث . والمقومات الرئيسية لهذه الإدارة تتمثل في قوى عاملة مدربة وجهاز إداري مقتدر وقاعدة بيانات وافية وسياسات مائية متوافقة مع أعراف وعادات ومثل وتراث المجتمع وتشريعات مناسبة تحمي هذه الثروة الوطنية وحقوق المتعاملين فيها وبرامج توعية للمواطنين بمشاكل المياه وخطورتها وشرح سياسات الدولة في هذا المجال . وتوازن هذه المكونات وترابطها وتناسقها في إطار متكامل يحافظ على هذا المورد ويحقق أهداف التنمية بشكل عام هو ما ترمي إليه الإدارة المتكاملة لموارد المياه .

وتعرض هذه الورقة تجربة سلطنة عمان في هذا المجال من إنشاء وزارة متخصصة لموارد المياه كإطار إداري لتقييم وإدارة هذا المورد . كما تشير إلى جهود الوزارة في إنشاء قاعدة قوية ومركز معلومات لتجميع ونشر المعلومات المتعلقة بالمياه ومتابعة ما يستجد في عالم تقنيات المياه ووضعها في متناول المتخصصين بالوزارة والجهات المعنية الأخرى . وتتناول الورقة كذلك السياسات المائية بالسلطنة والتي تشمل ترشيد إستخدامات المياه وتحديد إستخراجها وتنميتها من خلال إقامة سدود التغذية وسدود الحماية من الفيضانات وتطوير وصيانة الأفلاج وحقول الآبار وكذلك نشاطات حماية موارد المياه . وتعرض الورقة أيضاً زيادة المنطقة في مجال سن التشريعات المائية وتطبيقها . وتشير كذلك إلى الأنشطة المتعلقة بتوعية المواطنين بأهمية ترشيد إستخدامات المياه والمحافظة عليها .

أولاً : المقدمة :

لا تخفى أهمية الماء على أحد ، وأثره كعنصر حيوي وأساسي في إدامة الحياة وإستمرار التنمية اللازمة لإقامة حضارة إنسانية ، منذ بدء الخليقة وإلى أن يرث الله الأرض ومن عليها . ودعونا نستذكر معاً قول الله عز وجل في محكم التنزيل « **وجعلنا من الماء كل شيء حي** » صدق الله العظيم .

ومنذ الأزل يعتبر الماء من الركائز الأساسية التي تعتمد عليها الحياة ونظراً لأهميتها ووجوب ترشيدها فقد نهى الرسول عليه الصلاة والسلام عن الإسراف في الماء حتى في الوضوء ، « **فعن عبدالله بن عمر رضي الله عنه ، أن النبي صلى الله عليه وسلم قد مر بسعد وهو يتوضأ ، فقال له : ما هذا السرف يا سعد ؟ ، فقال سعد : وهل في الماء سرف ؟ ، قال : نعم ولو كنت على نهر جار .** »

وقد إهتمت سلطنة عمان منذ بداية نهضتها بالمياه واعتبرتها ثروة وطنية ،يجب المحافظة عليها وقد سنت بذلك القوانين والأنظمة التى تحكم إستخدام المياه وتنظم استعمالها وهذا الاهتمام نابع من اهتمام عاهل البلاد المفدى نفسه وقد نص في إحدى خطبه حاثا جميع المواطنين على المحافظة على المياه حيث قال:" إن المياه ثروة وطنية ينبغي المحافظة عليها والعمل على تنميتها وتطوير مصادرها . وهي نعمة كبرى من نعم الله التي يجب شكرها وعدم الإسراف في إستخدامها " .

وقد تطرقت هذه الورقة إلى الوضع المائي في السلطنة بشكل موجز وأساليب الترشيد المختلفة والطرق المتبعة لتعزيز الموارد المائية .

ثانياً : الوضع المائي في السلطنة :

إن الموقع الجغرافي للسلطنة يدخل ضمن حزام المناطق الجافة أو شبه الجافة التي تتصف بإرتفاع في درجة الحرارة صيفاً يصاحبه إرتفاع في معدل التبخر وقلة في معدل الأمطار التي تعتبر المصدر الرئيسي للمياه في السلطنة . حيث يبلغ متوسط هطولها ١٠٠ ملم/سنوياً يذهب ٨٠٪ منها بالتبخر ، ويفقد ٥٪ تقريباً إلى البحر ، ويبقى حوالي ١٥٪ للتغذية الجوفية .

وفي ضوء هذا الواقع ، فإن الكميات المستهلكة من المياه أعلى بكثير من كميات التعويض ، وقد أدى ذلك إلى الإخلال بمعدل التوازن المائي وتملح المياه نتيجة السحب الزائد . كما حدث في بعض مناطق السلطنة وخاصة في سهل الباطنة حيث يبلغ معدل التغذية السنوية في تلك المنطقة ٤٤٢م م٣ في حين يبلغ معدل الإستهلاك السنوي لكافة الأغراض ٦٨٨م م٣ وعليه فإن العجز المائي يبلغ ٢٤٦م م٣ سنوياً . وكذلك في سهل صلالة بمحافظة ظفار حيث إرتفع معدل الإستهلاك من ١٧ م م٣ عام ١٩٧٥م إلى ٤٠م م٣ عام ١٩٩١م ، مما أدى إلى إنخفاض مناسيب المياه وتأثر بعض الآبار بالملوحة ، نتيجة حلول مياه البحر محل الكميات المستخرجة حيث بلغ العجز المائي ثمانية ملايين م٣ سنوياً . كما أدى الإستنزاف الجائر للمياه في بعض المناطق الأخرى إلى جفاف بعض الآبار والأفلاج ، مما كان له تأثير واضح على تدني الإنتاج . وهذا ما أشارت إليه بعض نتائج الدراسات التي قامت بها الوزارة . ففي منطقة الظاهرة على سبيل المثال زادت كمية الإستخراج حوالي ٤٠٪ عن كمية التغذية السنوية .

ويؤكد حقيقة هبوط مناسيب المياه ، إرتفاع عدد طلبات تصاريح حفر الآبار وخاصة تعميق الآبار التي تقدم بها المواطنون من مختلف ولايات ومناطق السلطنة خلال الفترة من عام ١٩٩١م إلى عام ١٩٩٣م حيث بلغت في مجملها ٩٠٩١ طلباً تمت الموافقة على تلبية ٦٣٦٥ طلباً منها بعد التأكد من الحاجة إليها في ضوء ضوابط محددة ضمن لائحة تنظيم وتسجيل الآبار(ملحق رقم ١) ، وهذا يدعونا إلى الإهتمام باستخدام طرق الري الحديثة للمحافظة على المياه من الإستنزاف والهدر .

وتبلغ الإحتياجات الزراعية من المياه في السلطنة أوجها في شهور الصيف (مايو وحتى أغسطس). حيث يتراوح معدل الإحتياج حوالي ١٠٠ م م٣ شهرياً وهذا الرقم يشكل نسبة ٩٤٪ من مجموع كميات المياه المستخدمة .

ولذلك فإن من عوامل نجاح وإستمرارية التنمية ، التكيف حسب الظروف مع الموارد المائية للمحافظة على التوازن المطلوب . وقد أدرك أجدادنا هذه الحقيقة منذ مئات السنين فرشدوا الإستهلاك بإتباع نظام معين للري الزراعي من مياه الأفلاج وتحديد نوعية المزروعات حسب وفرة أوقلة الأمطار وأصبح نهجهم هذا تراثاً نعتز به يصلح لأن يكون منطلقاً مناسباً للمحافظة علي الموارد المائية . حيث حققوا بالحكمة توازناً يتفق مع معطيات واقعهم وظروفهم وإكتفاءً ذاتياً في الماء والغذاء .

ثالثاً : ترشيد موارد المياه :

١- لائحة تنظيم وتسجيل الآبار :

لقد حظى موضوع المياه منذ السنوات الأولى للنهضة المباركة لسلطنة عمان بإعتبارها عماد التنمية الشاملة . ففي عام ١٩٧٥م صدر المرسوم السلطاني رقم ٧٥/٤٥ القاضي بتشكيل مجلس موارد المياه ، من ضمن اختصاصاته تقديم خدمات إستشارية لمجلس التنمية في كل ما يتعلق بمصادر المياه . ثم صدر عدد من المراسيم السلطانية تتعلق بتطوير مجالس وهيئات المياه المتعاقبة واختصاصاتها وبضمنها المرسوم السلطاني رقم ٨٨/٨٢ باعتبار المياه ثروة وطنية عامة تقوم الدولة بتوجيه استغلالها بما يخدم الخطط الزراعية والإنمائية في البلاد . وفي ١٠ أكتوبر عام ١٩٨٩م صدر المرسوم السلطاني رقم ٨٩/١٠٠ القاضي بإنشاء وزارة موارد المياه .

دأبت هذه الوزارة منذ الوهلة الأولى لإنشائها على تقييم وإدارة موارد المياه ولكي تدير المياه إدارة مثلى فقد أصدرت لائحة تنظيم وتسجيل الآبار وذلك في سنة ١٩٩٠م والتي نصت على ضرورة تسجيل الآبار القائمة . وضمن هذا المفهوم فقد أنجزت الوزارة تسجيل الآبار بالسلطنة في عام ١٩٩٠م كما نصت اللائحة على ضرورة الحصول على تصريح من الوزارة لإنشاء أو تطوير أو زيادة سعة أو صيانة أو استبدال أو اختبار إنتاجية بئر أو تركيب مضخة عليها ، مع التوضيح بأن للوزارة الحق في الموافقة أو منع التصاريح حسب الحاجة والوضع المائي في المنطقة كما أنها لا تمنح تصاريح آبار في الأراضي البيضاء . وتنص اللائحة كذلك على تسجيل المقاولين لدى الوزارة والحصول على شهادة ممارسة أعمال ، وهذا من شأنه أن يجعل من حفر أي بئر أو إجراء أي أعمال عليها دون تصريح من الوزارة مخالفة يعاقب عليها القانون وبذلك تضبط عملية حفر الآبار أو توسيعها أو تعميقها أو أي عمل آخر وهذا ينطبق أيضاً على الافلاج مما يتيح للوزارة السيطرة على الامر وردم أي آبار غير قانونية وجعل المواطنين لا يقدمون على حفر الآبار إلا بتصريح مما يقلل من كمية الآبار المحفورة وبالتالي يساهم في ترشيد إستهلاك المياه والمحافظة عليها .الملحق رقم(٢) يشير إلى إرشادات سياسة تصاريح الآبار .

٢- الآبار المركزية :

إن إنشاء الآبار المركزية من أهم سبل ترشيد موارد المياه لما له من مرونه كبيرة في التحكم في توزيع المياه إلى المزارع والمستفيدين المعنيين لأغراض الزراعة والإستخدامات الأخرى ، كما تيسر تركيب نظم الري الحديثة عليها لما توفره من ضغوط تناسب مختلف الانظمة الحديثة وتخفض من تكلفة تركيب مضخات وملحقات الأنظمة على مستوى المزرعة . وقد أعدت الوزارة دراسة تنفيذية لتطبيق هذا الأسلوب كأحد الخيارات المطروحة لترشيد إستخدامات المياه وإدارة مواردها بدءاً بمنطقة النجد .

٣- العدادات :

تقوم الوزارة حالياً بإجراء دراسة تجريبية في ولاية بركاء بتركيب عدادات في ٢٨ مزرعة ذات مساحات متفاوتة لتقييم الجدوى الفنية والإقتصادية للمشروع . وقد بلغ عدد العدادات التي ركبت (١١٢) عداداً من ماركات عالمية مختلفة وتهدف هذه الدراسة إلى :

١- تقييم درجة صلاحية ودقة أنواع مختلفة من العدادات تحت ظروف التشغيل ونوعية المياه السائدة في منطقة الباطنة .

٢- مراقبة كميات المياه الكلية المستخرجة وكفاءة الري الحقلي للوقوف على مدى الحاجة إلى ترشيد إستخدام المياه في هذه المنطقة .

٣- تقييم مدى تقبل مستخدمي المياه لتجربة تركيب العدادات .

٤- التوعية :

لتحقيق أهداف الترشيد وجدت الوزارة أنه لا بد من نشر وتوسيع قاعدة التوعية بين المواطنين ، فاستحدثت دائرة التوعية بالوزارة التى تقوم بهذه المهمة من خلال وسائل الإعلام المحلية المختلفة من إذاعة وتلفزيون وصحافة . وكما تقوم بالإتصال المباشر عن طريق المحاضرات والمسابقات في المدارس والأندية وجمعيات المرأة بالولايات . كما تصدر بعض المطبوعات والأفلام الوثائقية الخاصة بالمياه . وقد أدخلت مواضيع عن المياه وترشيدها في المناهج الدراسية وذلك لزيادة وعي الشباب في المحافظة على المياه وإدراك أهميتها .

٥- التركيب المحصولي :

إن التحول من المحاصيل الدائمة وبصفة خاصة الأنواع المتدنية الإنتاجية إلى المحاصيل الموسمية في مناطق الشح المائي يوفر كميات كبيرة من مياه الري . الجدير بالذكر أن هذا التحول يؤدي أيضاً إلى زيادة دخل المزارعين وبهذا يتوفر الحافز الإقتصادي لعملية التحول . كما أن إدخال سلالات من المحاصيل المقاومة للجفاف والملوحة يساعد على رفع كفاءة إستخدام الموارد المائية المتاحة .

رابعاً : تعزيز الموارد المائية :

إلى جانب الطرق المتبعة لترشيد موارد المياه فإن الوزارة تقوم بجهود كبيرة في تعزيز الموارد المائية وذلك بإقامة سدود التغذية الجوفية والحصاد المائي وتحسين أداء الأفلاج وإيجاد مصادر مائية غير تقليدية ، وفيما يلي شرحاً مختصراً لهذه الطرق :

١- سدود التغذية الجوفية :

لقد تم إنشاء ١٤ سداً للتغذية الجوفية في مختلف مناطق السلطنة . وتعد الوزارة في الوقت الراهن خططاً لتنفيذ عدد من مشاريع السدود في بعض مناطق السلطنة حسب الجدوى الفنية والإقتصادية وفي حدود الإمكانات المالية المتاحة. ويجري العمل حالياً في تنفيذ سدود تغذية جوفية في كل من وادي الحواسنة - بني عمر ، ووادي عاهن وكذلك إقامة عدد من السدود التخزينية في الجبل الأخضر. وتواصل الوزارة في الوقت الراهن إجراء دراسة تفصيلية لإقامة سبعة سدود صغيرة في الجبل الأخضر منها سدان للتغذية الجوفية وخمسة سدود تخزينية كما تقوم بدراسة إمكانية إقامة سدود تغذية جوفية وهياكل مائية في محافظة مسندم.

٢- الحصاد المائي :

تقوم الوزارة الآن بتنفيذ ٢٩ سداً تخزينياً في الجبل الأخضر وتتراوح أحجامها ما بين (٣٠٠-١٠,٠٠٠) متر مكعباً . كما تقوم بدراسة جدوى إقامة منشآت مائية في منطقة مسندم.

٣- تحسين أداء الأفلاج :

وجدت الأفلاج في سلطنة عمان منذ أمد بعيد وهناك أفلاج تم بناؤها قبل ظهور الإسلام منها علي سبيل المثال لا الحصر فلج " الملكي " في ولاية إزكي وكان يعرف بإسم " جرنان " ، كما أن وجود مدينة إزكي ومدينتي منح وسمائل كان مرتبطاً بوجود الأفلاج التي تم بناؤها منذ ما يزيد على ١٥٠٠عام . وقد تجلت عبقرية العماني القديم في طرق حفر وبناء الأفلاج والتي وصلت أعماقها إلى عشرات الأمتار للوصول إلى المياه الجوفية في باطن الأرض وإخراجها إلى سطح الأرض عن طريق القنوات دون الحاجة إلى إستخدام رافعات ميكانيكية ومن ثم استخدامها للري وللأغراض الأخرى . وقد كان العمل يتم يدوياً وبالطرق البدائية وربما إستغرق العمل في إنشاء الفلج عشرات السنين . والأفلاج بجانب أنها مورد مستديم للمياه فإنها شاهد على حضارة العماني القديم ، يوم أن كانت معظم البلدان الصحراوية تعتمد على مياه الأمطار .

وتعتمد الأراضي الزراعية في عمان على الري بالأفلاج بنسبة حوالي ٥٠-٦٠٪ من إجمالي موارد المياه المتوفرة ويبلغ عدد الأفلاج في السلطنة حوالي ٤٣٠٠ . وتنقسم الأفلاج إلى ثلاثة أنواع رئيسية أفلاج داؤدية وأفلاج غيلية وأفلاج عينية .

ولعدم توفر صيانة دورية للأفلاج وتأثير العوامل الطبيعية فقد إنهارت أسقف بعض هذه الأفلاج وتسربت الرمال والأتربة إليها ، مما أدى إلى موت كثير من الأفلاج وإنخفاض التصرف المائي لأفلاج أخرى .

ومع بزوغ عصر النهضة المباركة في أوائل السبعينات قامت الحكومة الرشيدة بجهود كبيرة في المحافظة على هذا التراث القيم فبدأت في وضع خطط للصيانة والتطوير وذلك من خلال :

أ- أصلاح الأفلاج وزيادة كفاءتها المائية .

ب- تنمية وتطوير المصدر المائي للأفلاج .

ج- حفر الآبار المساعدة للأفلاج .

د- الاستغلال الأمثل لمياه الأفلاج من خلال إدخال نظم الري الحديث .

ففي الخطة الخمسية الاولى ١٩٧٦م - ١٩٨٠م كانت مساعدة الأفلاج تتم عن طريق الدعم المباشر للأهالي دون شروط فنية ولكن خلال الخطط الخمسية التالية فقد تم وضع مواصفات فنية من قبل مهندسين متخصصين مع الإشراف التام على تنفيذ أعمال الصيانة والاصلاح والتطوير بواسطة مهندسي الحكومة . وقد تم خلال الفترة ١٩٨٠ - ١٩٩٣م إصلاح حوالى ١٥٠٠ فلج بطول كلي مقداره ٩٠٠ كيلو متر ، منها ١٤٨ فلج خلال عام ١٩٩٣م (ملحق ٣) .

وقد وضعت الحكومة ضمن برامج الإصلاح حفر آبار مساعدة وذلك بإنشاء الآبار الإنتاجية سواء الجوفية أو المفتوحة وتزويدها بالمضخات المناسبة وتوصيل مياهها خلال خطوط انابيب إلى الأفلاج وقد أستفاد العديد من الأفلاج من مياه الآبار حيث تم حفر عدد ١٣٢ بئراً مساعدة مزودة بعدد ١٣٦ مضخة في مناطق مختلفة من السلطنة خلال الفترة ١٩٨٠ - ١٩٩٣م .

وقد شرعت الوزارة بدراسة إمكانية تطوير نظام الري من الأفلاج وفق الأساليب الحديثة بما يحقق أقصى فائدة ممكنة للمزارع ، ويتناسب مع الوضع المائي ومع أهمية الأفلاج كمورد مائي وتراث عماني عريق يحقق توازناً مقبولاً بين الأصالة والمعاصرة . باستخدام نظم الري الحديثة لزيادة كفاءة إستخدامات المياه .

وتقوم الوزارة بقياس تدفقات الأفلاج وقد بلغ عدد أجهزة قياس تدفقات الأفلاج حتى الآن ٥١ جهازاً حديثاً للمراقبة و٤٥١ جهازاً يدوياً آخر لإجراء قياسات شهرية لعدد ٥٠٢ فلج لمتابعة مناسيب مياهها ونوعيتها .

٤- المصادر المائية غير التقليدية :

١- التحلية :

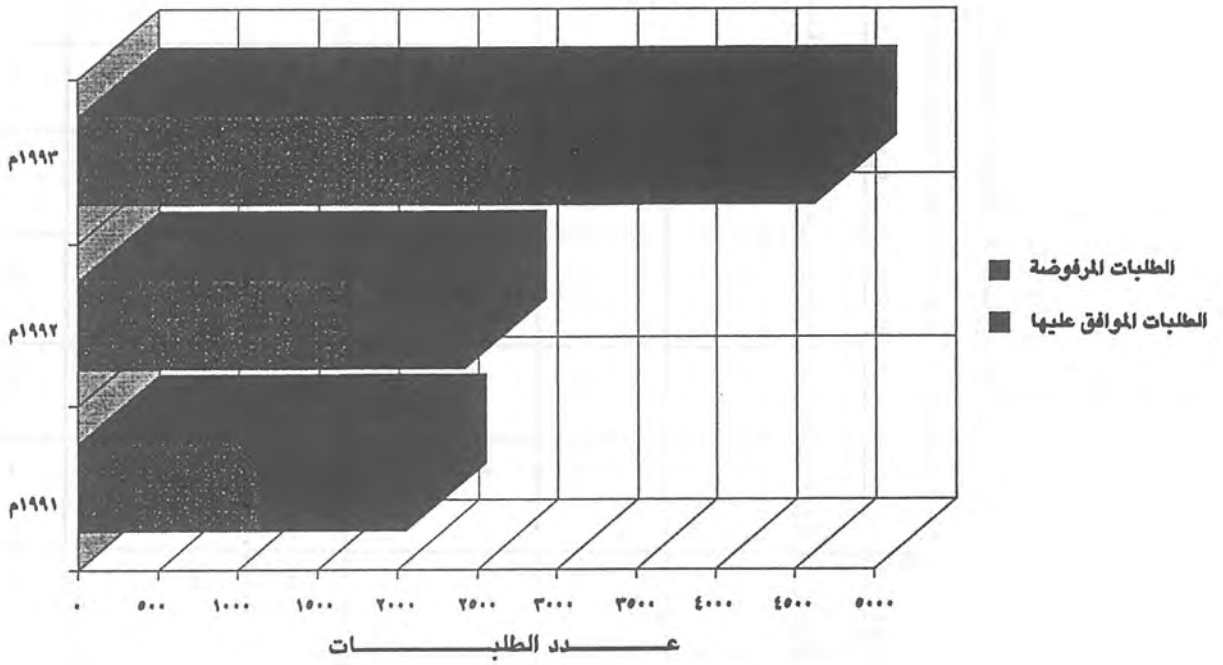
تعتبر التحلية الملجأ الأخير خاصة للمناطق الساحلية حيث لا يوجد بديل آخر . وتكلفة تحلية المياه ليست فقط تكلفة الطاقة المستخدمة فيها بل تشمل التكلفة الإنشائية وما يتعلق بها من معدات الضخ والخلط والتخزين والنقل وكذا التكلفة المرتفعة للتشغيل والصيانة . ولذا لا بد من إحداث طفرة في تكنولوجيا التحلية تقلل هذه التكاليف بدرجة مقبولة .

وقد تبنت السلطنة مشروع إنشاء مركز لبحوث وتطوير تكنولوجيا التحلية في الشرق الأوسط والذي حظى بتأييد المشاركين في إجتماع لجنة المياه المنبثقة عن مؤتمر السلام في إجتماعها الأخير الذي عقد بمسقط هذا العام .

٢- المياه المعالجة :

أدى التطور السريع للمدن العمانية إلى زيادة الطلب بصورة كبيرة على المياه لري الحدائق العامة والمنتزهات والأشجار على جانبي الطرق الأمر الذي حتم الإستفادة من مياه الصرف الصحي المتوفرة في هذه المدن بعد معالجتها للإيفاء بنسبة كبيرة من هذا الطلب . وتبلغ كميات مياه الصرف المعالجة بمسقط في الوقت الراهن حوالي ٢٠ ألف متراً مكعباً في اليوم تكفي لتلبية حوالي ٨٠٪ من هذه الإحتياجات . إلا أن خطط التنمية ترمي إلى زيادة هذه الكميات إلى حوالي ٥٠ ألف متراً مكعباً في اليوم . والجدير بالذكر بأن أي كميات زائدة من مياه الصرف المعالجة يمكن الإستفادة بها في إعادة تغذية خزان المياه الجوفية في المناطق الساحلية للمساعدة في إيقاف أو إبطاء تداخل مياه البحر .

طلبات تصاريح حفر الآبار خلال الفترة من ١٩٩١ م إلى ١٩٩٣ م



العدد الإجمالي للطلبات الموافق عليها ٦٣٦٥ طلباً

العدد الإجمالي للطلبات المرفوضة ٢٧٢٦ طلباً

الملحق رقم (٢)

ارشادات لسياسة تصاريح الآبار

		احرامات الافلاج ٣ر٥ كم			المناطق ذات العجز			المناطق المفتوحة		
م	الغرض من التصريح	بئر جديدة	بئر بديله	تعميق بئر	بئر جديدة	بئر بديلة	تعميق بئر	بئر جديدة	بئر بديلة	تعميق بئر
١	زيادة رقعة زراعية أو زراعة أراضي بيضاء	لا	لا	لا	لا	لا	لا	نعم	نعم	نعم
٢	المحافظة على المزارع القائمة (الأشجار الفاكهة والنخيل)	لا	نعم	نعم	لا	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم
٣	المحافظة على المزارع القائمة (للمحاصيل الأخرى)	لا	لا الا حالة الفشل الانشائي	لا	لا	لا الا حالة الفشل الانشائي	لا	لا	نعم	نعم
٤	تعزيز فلج (داخل احراماته)	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم
٥	تعزيز فلج (في احرامات فلج اخر)	نعم (بعد موافقة وكيل الفلج الأخر	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم
٦	الامدادات العامة (وزارة الكهرباء والمياه) وللمساجد والمدارس والمستشفيات	نعم بعد موافقة وكيل الفلج الأخر	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم

٧	الامدادات الخاصة للأفراض المنزليه وسقاية الحيوانات (في حدود المدن والقرى وتوفر مصادر المياه الأخرى)	لا	نعم	نعم	لا	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم
٨	الامدادات الخاصة للأفراض المنزلية وسقاية الحيوانات (خارج المدن والقرى على بعد كيلومترات من أقرب مصدر مياه)	لا نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	
٩	التصنيع الزراعي (غير زراعة الأعلاف)	لا نعم	نعم	لا	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	
١٠	التشجير والزينة	لا نعم للاشجار	نعم للأشجار فقط	لا فقط	نعم للأشجار	نعم للأشجار فقط	نعم فقط	نعم	نعم	
١١	المناطق الصناعية	تعالج بواسطة المديرية العامة لادارة موارد المياه								
١٢	الصناعات الفردية	لا	لا	لا	لا	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم
١٣	الاستكشافات والمراقبة	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم
١٤	بيع المياه	لا لا	لا	لا إلا في حالة عدم توفر مصدر أخر للمشترين	لا	لا	نعم إلا في حالة عدم توفر مصدر أخر للمشترين	نعم	نعم	

تنبيه هام

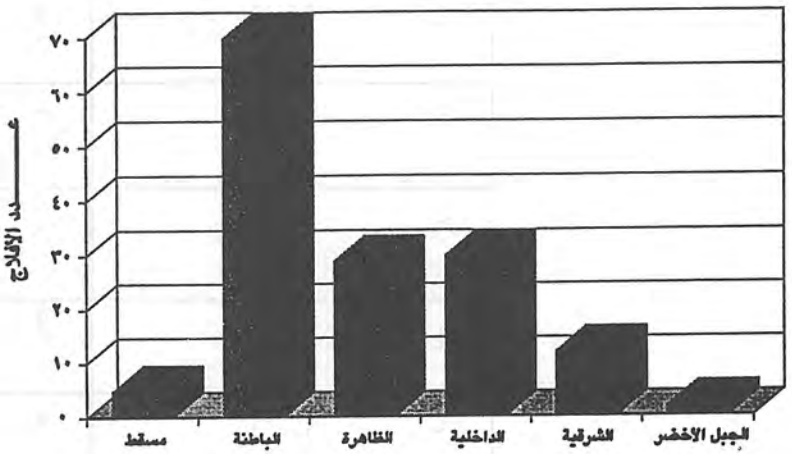
لاتوجد مناطق مفتوحة في الوقت الحاضر وعندما توجد مثل هذه المناطق سيتم الاعلان عنها بقرار وزاري وحتى ذلك الوقت تعتبر جميع المناطق مناطق مجز .

ملحوظـــــه

في الفئة (٨) " تعني عبارة على بعد كيلومترات" مايلي :-

١٠ كيلومترات للطرق المعبدة — ٣ كيلومترات للطرق الترابية الجيدة في المناطق النائية — ١ كيلو متر للطرق الترابية الرديئة في المناطق النائية

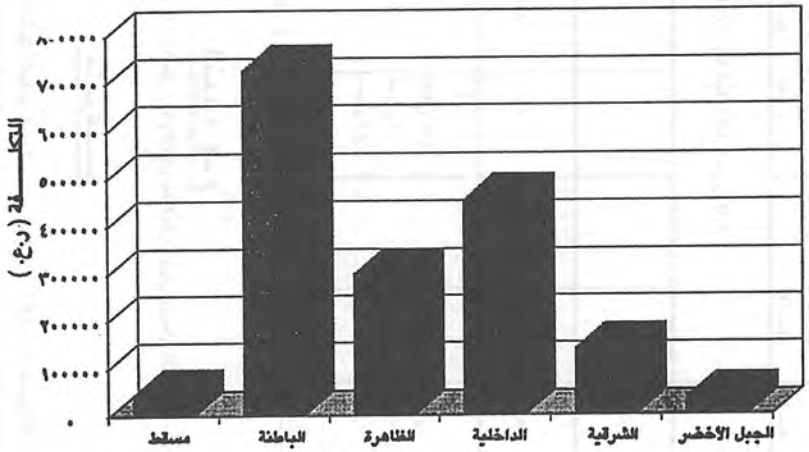
مشروعات الأفلاج التي تم تنفيذها * (عدد الأفلاج)



إجمالي عدد الأفلاج التي تم تنفيذها
١٤٨ فلجاً

* حتى ١٩٩٣/١٢/٣١م

مشروعات الأفلاج التي تم تنفيذها * (التكلفة)



التكلفة الإجمالية للأفلاج التي تم تنفيذها
١٧١٢٨٨٦ ر.ع.

* حتى ١٩٩٣/١٢/٣١م

المراجع :

١- بيان معالي حامد بن سعيد العوفي وزير موارد المياه . أمام مجلس الشورى الموقر - ٢٧مارس١٩٩٤م . سلطنة عمان

٢- لائحة تنظيم وتسجيل الآبار الصادرة في ١٩٩٠م . وزارة موارد المياه . سلطنة عمان

٣- الأفلاج في سلطنة عمان . المديرية الامة لإدارة موارد المياه . وزارة موارد المياه . سلطنة عمان . ١٩٩٤

مياه الري والخطة القومية لتخضير دولة الكويت

د. صالح المزيني / د. عادل عبدالرحمن إسماعيل

مياه الري والخطة القومية لتخضير دولة الكويت

الدكتور/ صالح محمد المزيني - معهد الكويت للأبحاث العلمية
المهنـدس/ عـادل عبدالرحمـن اسماعيل - وزارة الأشغـال العامة

الخـلاصـة :

اهتمت دولة الكويت منذ أوائل الستينات باستخدام مياه المجاري الخام في الزراعة وتحريج المناطق الـ البلاد ، بهدف تعمير الأراضي وتطويرها زراعيا ٠

ونظرا لتوسع الأعمال الزراعية والتجميلية في البلاد فقد اتجهت الأنظار نحو الاهتمام باستخدام مياه المعالجة الثلاثية في ري المزروعات وتشجير المناطق النائية والطرق السريعة ، لذا تم وضع خطة قومية إسـ لتخضير البلاد وتجميلها ٠

لذلك تم وضع خطة على مرحلتين إحداهما تشجير المناطق لمسار الوفود الرسمية من مطار الكويـ وحتى قصر المؤتمرات ، والمرحلة الثانية تشجير المناطق التي تحيط بمناطق مسار الوفود الرسمية ٠ وسوف في هذا المشروع ثلاثة جهات حكومية لكل واحدة منها مسؤولياتها الخاصة عند تنفيذ هذا المشروع الحيوي

لذا تهدف هذه الورقة إلى إلقاء الضوء على أهمية الاستفادة من مياه المعالجة الثلاثية لري المزروعات المناطق السكنية ، وكذلك توضيح أهمية استعمال المياه في المجالات التنموية ، وسد النقص الذي تواجهه الـ المياه لري المزروعات ٠

أولا : المقدمة :

اهتمت دولة الكويت منذ أوائل الستينات باستخدام مياه المجاري في الزراعة وري المزروعات ، وهذا الاهتمام أصبح واضحا وجليا في مناطق التحريج المخصصة من قبل الدولة ، حيث يتم تفريغ حمولة ناقلات مياه المجاري الخام في المناطق النائية من البلاد ، وكان الهدف هو الاستفادة قدر الامكان من المواد العضوية والغير عضوية في هذا النوع من المياه لتعمير الأراضي الصحراوية وتطويرها زراعيا ٠

ونظرا لتوسع أعمال الزراعة التجميلية في دولة الكويت في السنوات الأخيرة وقلة الأمطار التي تتساقط خلال العام وقلة مصادر المياه وفقر التربة الزراعية في مناطق كثيرة من الدولة ، لذا اتجهت الأنظار نحو الاهتمام باستعمال مياه المجاري لري المزروعات الغير مثمرة بدلا من تصريف هذه المياه المعالجة إلى المسطحات المائية حيث أنها تتمتع بمستوى جيد من المعالجة ، ولهذا اعتبرت كأحد المصادر الرئيسية لمياه الري في الخطة القومية لتخضير وتجميل البلاد لكون هذه المياه تحتوي على مواد عضوية محفزة لنمو النباتات ٠ وتبين أن أفضل استعمال لمياه المجاري الصحية المعالجة هو في استصلاح الأراضي وريها ، كما أن درجة ري الأراضي بمياه المجاري تختلف حسب نوعية التربة ونوعية الأشجار الغير مثمرة ، لذا يتطلب الأمر أن تستوفي المياه الصحية المعالجة الاشتراطات الصحية المطلوبة للمحافظة على البيئة منعا للتلوث ٠

فالغرض الأساسي من هذه الورقة هو توضيح نظام الصرف الصحي في دولة الكويت والخطط المستقبلية لاستعمالات مياه المجاري المعالجة لمشاريع الزراعات التجميلية والتحريج ، كما تتناول الورقة إهتمام الدولة بتطوير طرق معالجة مياه المجاري على أساس إنتاجية أفضل لاستعمالها في الزراعات التجميلية وحماية المسطحات المائية من التلوث ٠

ثانيا : كميات مياه المجاري المعالجة ثلاثيا :

توجد حاليا بالكويت أربعة محطات رئيسية لمعالجة مياه المجاري الصحية وهي : محطة العارضية ، محطة الرقة ، محطة الجهراء ومحطة جزيرة فيلكا وجميع هذه المحطات تقوم بمعالجة مياه المجاري عدا محطة جزيرة فيلكا المتوقفة عمليا في الوقت الحاضر لعمليات الصيانة ، وتتم معالجة مياه المجاري بهذه المحطات على عدة مراحل ، وتتمثل في الطرق الطبيعية ، البيولوجية والكيميائية ويتم تنقيتها على ثلاثة مراحل وتعرف بالمعالجة الثلاثية ، ويبين الجدول رقم (١) بيان تفصيلي لكميات مياه المجاري المعالجة ثلاثيا من محطات التنقية بلغت الكميات المنتجة من مياه المعالجة من محطة الرقة عام ١٩٩٤ حوالي ٦٦ر٠٠٠/- متر مكعب باليوم والمنتظر أن تزداد الكمية المنتجة في عام ١٩٩٥ لتصل لأكثر من ١٠٠ر٠٠٠/-متر مكعب باليوم ، أما محطة العارضية وهي أكبر المحطات وأقدمها فقد بلغت كمية المياه المنتجة حوالي ١٠٠ر٠٠٠ متر مكعب باليوم عام ١٩٩٤ ، وستبلغ

طاقتها في عام ١٩٩٥ حوالي ١٨٠ر٠٠٠ متر مكعب باليوم وهي الطاقة الاستيعابية للمحطة ، ونظرا لقدم المحطة وعدم قدرتها على استيعاب كميات كبيرة فسوف يتم إلغاء المحطة وبناء محطة جديدة في منطقة الصليبية وستبلغ طاقتها حوالي ٢٠٠ ألف متر مكعب وأما طاقتها التصميمية فتصل إلى ٢٤٥ ألف متر مكعب في عام ١٩٩٨ وأما محطة الجهراء فهي من المحطات الرئيسية وتخدم المناطق الشمالية من البلاد وبلغت كمية المياه المعالجة في عام ١٩٩٤ حوالي -/٤٢ر٠٠٠ متر مكعب باليوم ، والتوقعات توضح بأن المياه المنتجة في عام ١٩٩٥ ستبلغ حوالي -/٦٥ر٠٠٠ متر مكعب باليوم وذلك بعد أعمال التجديد والتحديث والتوسعة ، لهذا يوضح الجدول رقم (١) بأن كميات المياه المنتجة والمعالجة في عام ١٩٩٤ فقدرت بحوالي -/٢٠٨ر٠٠٠ متر مكعب باليوم وعام ١٩٩٥ ستصبح حوالي -/٣٤٥ر٠٠٠ متر مكعب باليوم ٣/ ٠ لذلك فإن التوقعات تشير إلى أن كميات المياه المنتجة آخذة في الزيادة وهذا شيء مهم وملفت للنظر بالنسبة لدولة الكويت لأنها تعاني من نقص المياه الصالحة للزراعة ، ونظرا لوجود هذا المورد المائي فإن الأنظار تتجه إليه لاستغلاله في المجالات الزراعية وري الأشجار الغير مثمرة وتخضير البلاد على نطاق أوسع بدلا من إلقائها في البحـر ٠

ثالثا : الكميات المطلوبة من مياه مشاريع التخضير :

يتم حاليا ضخ المياه المعالجة ثلاثيا إلى مركز التحكم والمعلومات في الصليبية من محطات المعالجة الثلاثة : الرقة ، العارضية والجهراء كما يستغل جزء من مياه محطة الرقة المعالجة في ري المناطق الزراعية والتحريج بالقرى الساحلية ومركز الفنطاس ومشاريع تجميل طريق السفر السريع ٠ أما مركز التحكم والمعلومات فهو عبارة عن موقع يضم بين جوانبه خزانات عملاقة لها القدرة على تخزين المياه المعالجة والتي يعاد ضخها إلى مزارع الصليبية وتقدر كمية المياه المطلوبة يوميا لري المشروعات الزراعية حاليا بحوالي ١٢٩ر٤٠٠ متر مكعب في اليوم في حين أن كميات مياه المجاري المعالجة ثلاثيا والمنتجة يوميا فتقدر بحوالي -/٢٠٨ر٠٠٠ متر مكعب ، كما هو مبين في الجدول رقم (٢) ، وتشكل المزارع في منطقة الصليبية أكبر مستهلك لهذه المياه وتعتبر المزرعتان Z1 , Z3 أكبر مستخدم للمياه المعالجة حيث تروي مساحات كبيرة من المحاصيل وغيرها بهذه النوعية من المياه ، وتبلغ كمية مياه الري المستهلكة بحوالي -/١٠٩ر٠٠٠ متر مكعب في اليوم ، ويأتي مركز غرب الفنطاس في المرتبة الثانية في الاستفادة من المياه ويقدر المستهلك منها بحوالي -/١٠ر٠٠٠ متر مكعب في اليوم لري مناطق التحريج وعلى جانبي الطريق السفر السريع ، وبمقارنة إجمالي مياه المجاري الصحية المعالجة ثلاثيا والمرتبطة بري المشروعات التي تقدر بحوالي -/١٢١ر٤٠٠ متر مكعب في اليوم ، مع إجمالي إنتاج محطات المعالجة للمياه فتقدر بحوالي -/٢٠٨ر٠٠٠متر مكعب باليوم ، فإن هنالك -/٧٨،٦٠٠ متر مكعب يوميا من المياه المتوفرة والمتاحة لان تستغل في التوسعات الزراعية التجميلية في البلاد وهذه الكمية آخذة في الزيادة ، حيث أنها سوف تبلغ في عام ١٩٩٥ حوالي -/٢١٥،٦٠٠متر مكعب باليوم ، لذا تم التنسيق بين وزارات الدولة لوضع برنامج استراتيجي لاستغلال مياه المجاري المعالجة في مشروعات الزراعات التجميلية والتحريج في دولة الكويت ٣/ ٠

جـــدول (١)

كميات مياه المجاري المعالجة ثلاثيا في الكويت

إسم محطة تنقية المجاري		عام ١٩٩٤	عام ١٩٩٥
١	محطة تنقية الرقة	٦٦ ألف متر مكعب	١٠٠ ألف متر مكعب
٢	محطة تنقية العارضية	١٠٠ ألف متر مكعب	١٨٠ ألف متر مكعب
٣	محطة تنقية الجهراء	٤٢ ألف متر مكعب	٦٥ ألف متر مكعب
المجمـوع الاجمالـي		٢٠٨ ألف متر مكعب	٣٤٥ ألف متر مكعب

المصدر : (تقرير عن وزارة الأشغال ، ١٩٩٤) .

جـدول (٢)

كميات مياه المجاري الصحية المعالجة ثلاثيا للزراعة

محطات التنقية	المناطق المخدومة	المساحة (هكتار)	التصرفات المستخدمة في اليوم	جملة التصرفات في اليوم
الرقة	تحريج جانبي طريق السفر (المرحلة الأولى)	٢٠٠	١ر٧ مليون جالون ٧ر٧ ألف متر مكعب	
	مركز غرب الفنطاس	١٥٠	٢ر٢ مليون جالون ١٠ ألف متر مكعب	٣ر٩ مليون جالون ١٧ر٧ ألف متر مكعب
العارضية	المزرعة رقم Z١ بالصليبية	٨١٠	١٢ مليون جالون ٥٤ر٥ ألف متر مكعب	
	المزرعة رقم Z٣ بالصليبية	٨١٠	١٢ مليون جالون ٥٤ر٥ ألف متر مكعب	
	حديقة الحيوان الجزء الأول	١٠٠	٠ر٤ مليون جالون ١ر٨ ألف متر مكعب	
	محطة التجارب الزراعية بالعارضية	٥	٠ر٢ مليون جالون ٠ر٩ ألف متر مكعب	٢٤ر٦ مليون جالون ١١١ر٧ ألف متر مكعب
الجهراء	---	--	---	---
المجموع الاجمالي		٢٠٧٥		٢٨ر٥ مليون جالون في اليوم ١٢٩ر٤ ألف متر مكعب في اليوم

المصدر : (تقرير عن وزارة الأشغال العامة ، ١٩٩٢)

رابعا : المشروعات الآنية والمستقبلية من المخطط الهيكلي لاستعمال مياه المعالجة

نتيجة للحاجة الحالية لتنفيذ المخطط الهيكلي الشامل من حيث تزويد الطرق السريعة والمواقع المختلفة من البلاد بهدف تجميلها من المزروعات التجميلية فقد دعت الحاجة لاستعمال مياه المجاري المعالجة ثلاثيا كأحد المصادر الرئيسية كمياه ري المزروعات في الخطة القومية للتخضير وتجميل مناطق البلاد لكون مياه المجاري متوفرة بكميات كبيرة وذات نقاوة جيدة ، وتحتوي على نسبة من الأملاح والمواد العضوية والتي لها فائدة جيدة لنمو النباتات والأشجار الغير مثمرة ١٪ ، ٢٪ ، ٤٪ .

لذا اعتمد مشروع الخطة القومية للبلاد على استغلال مياه المجاري المعالجة ثلاثيا كأحد الموارد المائية الهامة لري النباتات والمزروعات الأخرى ، وتشتمل هذه المرحلة من المخطط الهيكلي لاستعمالات مياه المجاري الصحية المعالجة ثلاثيا على تزويد الطرق والمواقع التالية : -

١- **مسار الوفود الرئيسية :** طريق السريع من مطار الكويت الدولي حتى تقاطعه مع قصر المؤتمرات .

٢- **المناطق المحيطة بمسار الوفود الرسمية :** وتتضمن الطرق السريعة التي تحيط بالمنطقة وهي عبارة عن طرق سريعة وطرق لم تشملها المرحلة الأولى من المخطط الهيكلي لتجميل الطرق ، ويبين الشكل رقم (١) الطرق السريعة التي ستشملها أعمال الزراعة التجميلية عن طريق ريها بالمياه المعالجة الثلاثية .

هذا وقد قدر إجمالي كمية المياه لسد إحتياجات المرحلة الآنية بحوالي -٪١٤ر٤٤٥ متر مكعب في اليوم (-٪٠٠٠ر٣٢٠٠ جالون في اليوم) وتتضمن إحتياجات مسار الوفود الرسمية والتي تقدر بحوالي -٪٦٢٠٠ متر مكعب في اليوم (-٪٠٠٠ر١٠٠٠ جالون في اليوم) وجميع هذه الاحتياجات سيتم تزويدها من المياه المعالجة الناتجة من المحطة الجنوبية من منطقة الرقة ٣٪ .

خامسا : التكلفة الاجمالية لخطط تجميل الطرق السريعة :

تم دراسة المخطط المعد للمشروعات الآنية والمستقبلية من المخطط الهيكلي لتخضير دولة الكويت ، كما ورد ذلك في الفصل الرابع من الورقة ، وتم إعداد التكاليف التقديرية الخاصة بكل مرحلة وهما مسار الوفود الرئيسية والمناطق المحيطة بمسار الوفود الرسمية متضمنا إستعمالات مياه المجاري الصحية المعالجة ثلاثيا مع تكاليف التصميم والاشراف على تنفيذ جميع مسارات هذه المرحلة .

لقد قدرت تكاليف إنجاز مسار الوفود الرئيسية والتي تتضمن توصيل المياه المعالجة للزراعات التجميلية بحوالي -/٠٠٠ر٧١٥ر٤ دينارا كويتيا ، في حين تبلغ التكاليف التقديرية لانجاز المرحلة الآنية بحوالي -/٠٠٠ر٠٠٠ر١٠ دينارا كويتيا /٣/ ٠

وسوف تساهم في هذا المشروع ثلاثة جهات حكومية وكل واحدة منها لها مسؤولياتها وهذه الجهات هي :

* **وزارة الأشغال العامة :** وتقوم بإيصال الخطوط الرئيسية لمياه المجاري المعالجة ثلاثيا إلى المخطط الهيكلي للدولة مع تزويد الخطوط بكل ما يحتاجه من ملحقات من المحطات إلى مواقع الزراعات التجميلية التابعة للهيئة ٠

* **وزارة الكهرباء والماء :** وتقوم بإنشاء خزانات مياه الري وملحقاتها وغرف الضخ اللازمة لهذه المواقع مع تزويدها بالتيار الكهربائي ٠

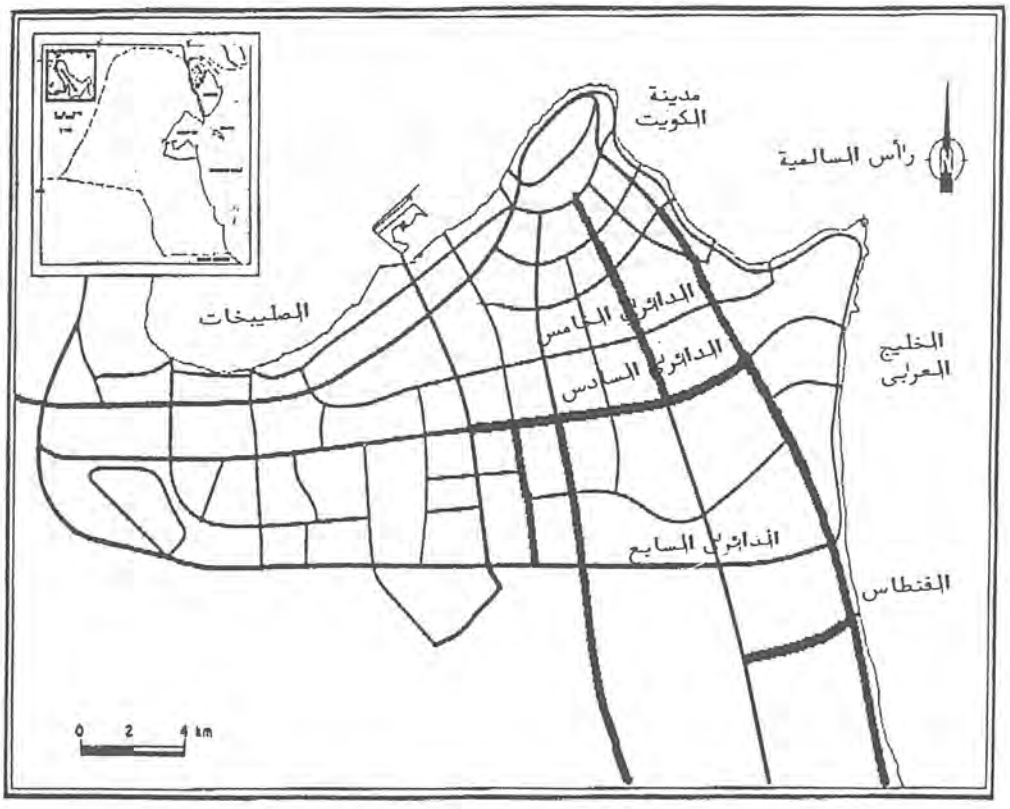
* **الهيئة العامة لشؤون الزراعة والثروة السمكية :** وتقوم بتزويد المواقع بشبكات الري الفرعية المطلوبة للتشجير والمواقع وما تحتاجه من أعمال ميكانيكية وكهربائية داخل غرف المضخات ، واختيار أنواع المزروعات التجميلية للعمال ٠

سادسا : المرحلة البعيدة المدى للمخطط الهيكلي :

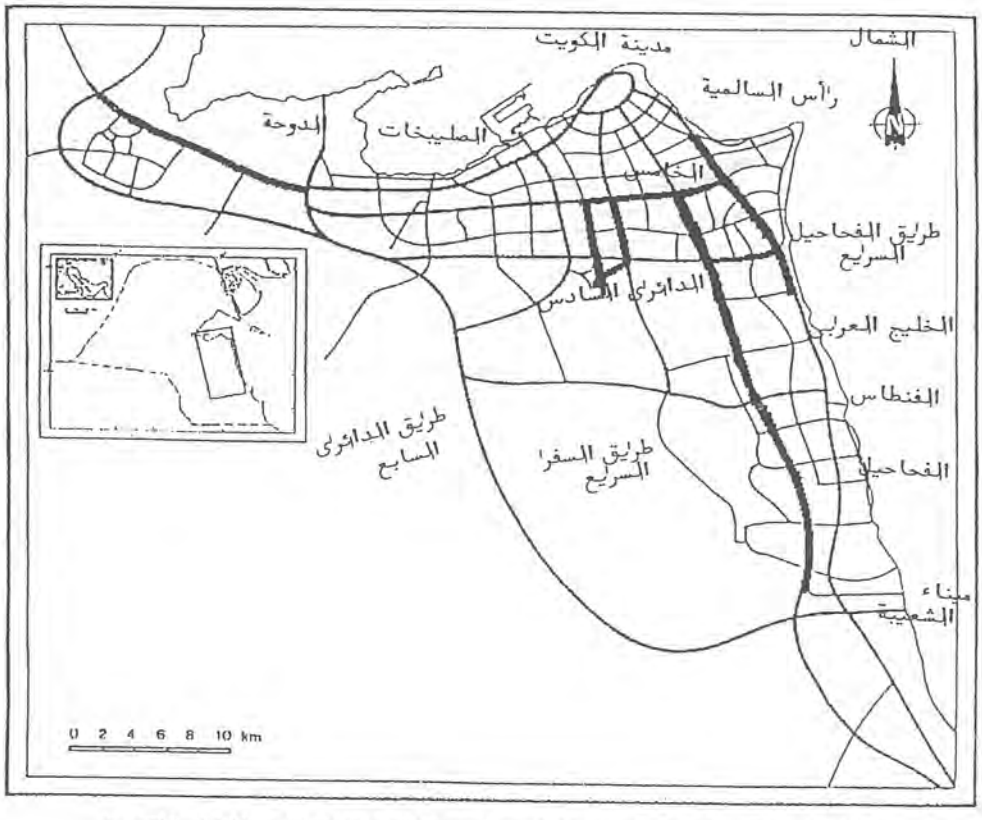
وتشتمل الخطة من الهيكل التنظيمي لدولة الكويت على استخدام مياه المجاري المعالجة ثلاثيا في ري وتخريج وتجميل جانبي الطرق والمواقع في جنوب مدينة الكويت وغربها ، وأعدت ثلاثة مراحل للمشروعات المقترحة لتغذيتها من مياه المجاري الصحية المعالجة ثلاثيا من محطات التنقية بالرقة والعارضية والجهراء وهذه المراحل كالتالي :

١- المرحلة الأولى من عام ١٩٩٢ وحتى عام ١٩٩٥ ، كما هو مبين في شكل (٢) ٠
٢- المرحلة الثانية من عام ١٩٩٥ وحتى عام ٢٠٠٠ ، كما هو مبين في شكل (٣) ٠
٣- المرحلة الثالثة من عام ٢٠٠٠ وحتى عام ٢٠١٠ ، كما هو مبين في شكل (٤) ٠

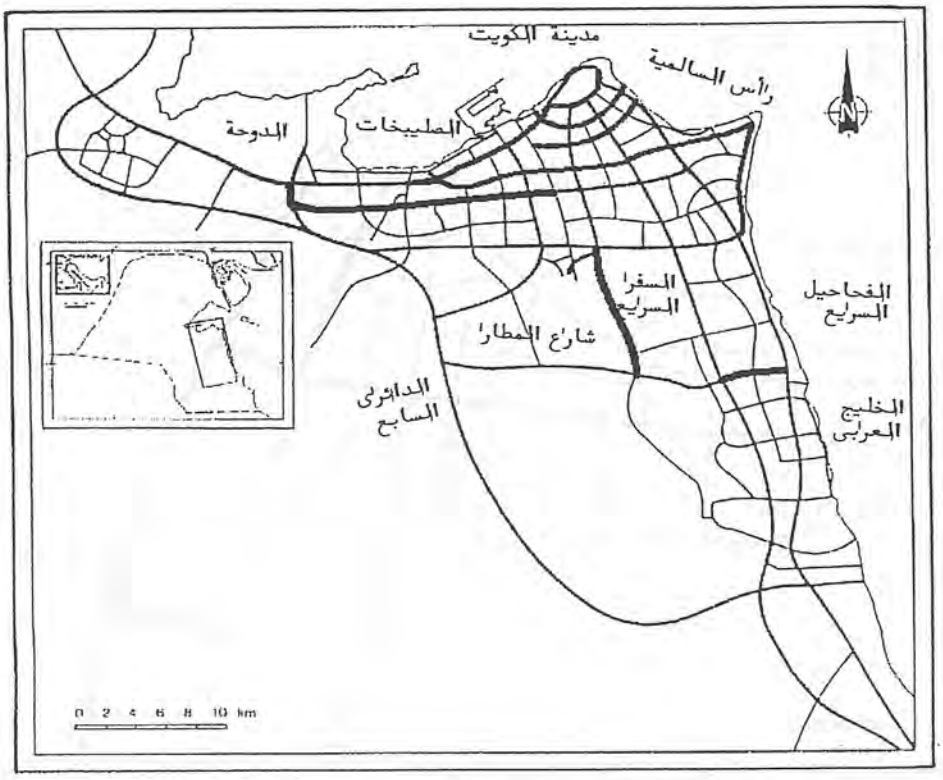
وجدول (٣) يبين إحتياجات المياه من محطات المعالجة لاستخدامها في مشاريع التحريج والزراعة التجميلية في المواقع الجديدة والتي تكون ضمن الخطة القومية لتخضير البلاد ٠



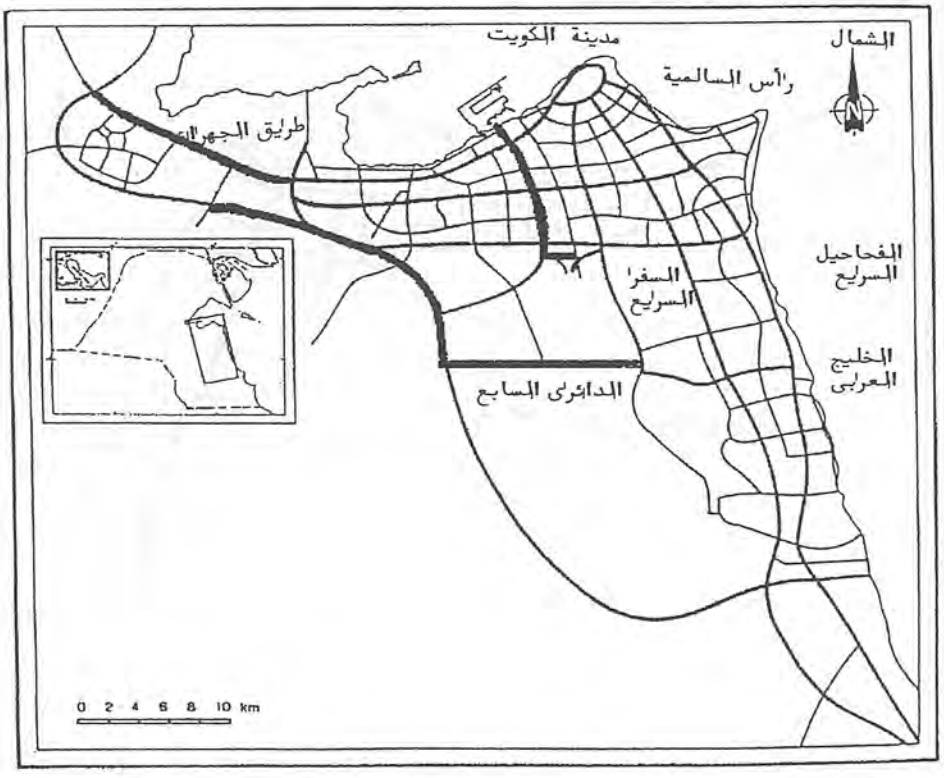
شكل رقم (١) : الطرق السريعة التى ستشملها أعمال الزراعات التجميلية



شكل رقم (٢) : استخدام مياه المجارى الصحية المعالجة ثلاثيا لرى المناطق المقترحة للزراعة فى المرحلة الأولى من عام ١٩٩٢ - ١٩٩٥ .



شكل رقم (٣) : إعادة استخدام مياه المجارى المعالجة ثلاثيا فى رى المناطق المقترحة
خلال المرحلة الثانية من عام ١٩٩٥ - ٢٠٠٠ .



شكل رقم (٤) : إعادة استخدام مياه المجارى المعالجة ثلاثيا فى رى المناطق المقترحة
خلال المرحلة الثانية من عام ٢٠٠٠ - ٢٠١٠ .

جـــدول (٣)

إحتياجات المياه لري أعمال التحريج والزراعة التجميلية
ضمن الخطة القومية للتخضير

المرحلة	الأعـوام	مساحة الأرض (هكتار)	الاحتياجات المائية (متر مكعب/اليوم)
الأولـى	١٩٩٢ - ١٩٩٥	٣٥٨٧	-/١٩٩ر٠٠٠
الثانية	١٩٩٠ - ٢٠٠٠	١٥٧٥	-/٨٠ر٠٠٠
الثالثة	٢٠٠٠ - ٢٠١٠	٢٠٦٠	-/١٠٣ر٠٠٠

سابعا : الاستنتاجات :

تشير النتائج التي تم التوصل إليها إلى أن مياه المجاري المعالجة ثلاثيا مطابقة للمعايير الدولية التي تتناسب مع استخدامها في مجال التشجير الغير مثمر وتحريج مناطق كثيرة في البلاد ، والمياه المعالجة غنية بالمواد والعناصر التي من الممكن أن يستفيد منها النبات خاصة المواد العضوية ، وتشير الدراسات أنه من الممكن الاستفادة من المياه المعالجة في ري المزروعات في المناطق المقترحة بالمخطط الهيكلي الشامل للبلاد ٠

لقد قدر إجمالي كمية المياه لري المرحلة الآنية بحوالي -/١٤ر٤٤٥ متر مكعب في اليوم بتكلفة قدرها حوالي -/١٠ر٠٠٠٠٠٠ مليون دينارا كويتيا ، في حين أن المرحلة الثانية تقدر إجمالي كمية المياه لسد إحتياجات هذه المرحلة بحوالي -/٦٢٠٠ متر مكعب في اليوم وبتكلفة حوالي -/٤ر٧١٥ر٠٠٠ دينارا كويتيا ، وكمية مياه الري والتكاليف تغطي المزروعات التجميلية وتشجير الأشجار والخدمات المتعلقة بتجميل وتنفيذ الخطة ٠

المـــراجـــــع

١- القاضي ، أحمد حمدي ، " إستعمالات مياه الصرف المعالجة في الري الزراعي " ، الهيئة العامة لشؤون الزراعة - مؤسسة الكويت للتقدم العلمي ، ٢٢ - ١٩٩٤/٣/٢٣ .

٢- الهيئة العامة لشؤون الزراعة والثروة السمكية ، " مياه المجاري المعالجة ثلاثيا لري الزراعات التجميلية في دولة الكويت " ، ندوة المياه المعالجة - مؤسسة الكويت للتقدم العلمي ، ٢٢ - ١٩٩٤/٣/٢٣ .

٣- وزارة الأشغال العامة ، " مشروع الاستفادة من مياه المجاري الصحية المعالجة ثلاثيا " ، دولـة الكويـــت ، (١٩٩٢) .

٤- مجلس حماية البيئة ، " ملاحظات مجلس حماية البيئة حول استخدامات مياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الزراعة في دولة الكويت " ، حلقة نقاشية - مؤسسة الكويت للتقدم العلمي ، ٢٢ - ١٩٩٤/٣/٢٣.

٥- المزيني ، صالح محمد ، " مجالات الاستفادة من المياه المعالجة " ، مؤتمر الخليج الأول للمياه - دبي/ دولة الامارات العربية المتحدة ، (١٩٩٢) .

٦- المزيني ، صالح محمد ، " إستخدامات مياه المعالجة ثلاثيا في دولة الكويت " ، حلقة نقاشية حول إستخدامات مياه الصرف الصحي المعالجة في الكويت - مؤسسة الكويت للتقدم العلمي ، ٢٢ -١٩٩٤/٣/٢٣ .

تطوير خطة بابكو للتقليل من استخدام المياه الجوفية داخل المصفاة

عبدالمجيد زينل — مراقب المرافق
فيصل عبدالرسول الخباز — مهندس أول للعمليات

شركة نفط البحرين ش م ب (مقفلة)

خلاصة

بدأت مصفاة البحرين عمليات الانتاج في عام ١٩٣٦ وكانت المصفاة تعتمد على مصادرها من المياه آنذاك على الآبار الموجودة في المنطقة (ب) في البديع. ومع تركيب وحدات انتاج اضافية ازداد الطلب على المياه مما تطلب حفر المزيد من الآبار في المنطقة (ب) والمنطقة (ج) من المصفاة بغرض تلبية الاحتياجات المتزايدة. وعلاوة على ذلك أدى اهتمام الشركة الى استخراج المياه من تحت الأرض الى انشاء وحدات لتحلية مياه البحر وبذلك تم الاستغناء عن استخدام الآبار الموجودة في البديع خلال عام ١٩٧٩. وفي اطار التزام شركة بابكو بالترشيد والمحافظة على المياه في المنطقة (ب) تمت الموافقة على مشروع قيمته ١١ مليون دولار امريكي لتوفير المياه المحلية للمصفاة عن طريق تحلية مياه البحر والاستغناء تدريجيا عن استخراج المياه من الخزانات الجوفية في المنطقة (ب) نظرا للضغط الكبير على استخراج المياه في جميع انحاء البلاد.

مقدمة

قامت مصفاة البحرين بانتاج مياه تغذية الغلايات بنفسها فيما قامت بتركيب اول غلاية في عام ١٩٣٦. وتم توفير المياه لهذا الغرض من محطة تحلية المياه التي تم بناؤها في المصفاة والتي كانت بدورها تحصل على امدادات المياه من آبار المنطقة "ب" في البديع التي كانت تعالج ويجرى تحليتها واستخدامها كمياه لتغذية الغلايات. ويعتبر هذا الخزان الأرضي امتدادا للطبقات الجيلوجية الموجودة تحت المملكة العربية السعودية.

ويعتبر الخزان الأرضي "ب" الخزان الوحيد الذي يتم استخراج المياه منه للاستخدامات المحلية في الوقت الحاضر.

وقد شهدت مصفاة البحرين توسعات متلاحقة منذ عام ١٩٣٦ . ففي عام ١٩٧٣ تم انشاء وحدة رئيسية لزيت الوقود ذو نسبة الكبريت المنخفض والتي تعتبر من الوحدات الرئيسية الخاصة بتغذية المياه الاستهلاكية للغلايات. ولتلبية الاحتياجات المتزايدة لمياه تغذية الغلايات قامت شركة بابكو بانشاء محطتين لتحلية مياه البحر طاقة كل منهما ٤٥٠،٠٠٠ جالون امريكي يوميا وذلك بدلا من زيادة طاقة محطة معالجة المياه وذلك في اطار خطتها الداعية الى التخفيض من عمليات استخراج المياه من المنطقة "ب".

لقد بدأت نوعية المياه الجوفية في البحرين بالتدهور وذلك بسبب تسرب مياه البحر اليها والتي نتجت عن الانخفاض المضطرد في العلو الهيدرولي للخزان الجوفي.

وفي عام ١٩٧٩ انشأت شركة بابكو ثالث محطة لتحلية مياه البحر بطاقة بلغت ٩٠٠،٠٠٠ جالون امريكي يوميا وذلك كجزء من مشروع استهدف تركيز وتجميع عمليات توليد الطاقة والبخار وبهذا اصبحت محطة معالجة المياه مضمونة مما ادى الى الاستغناء عن استخدام آبار البديع واغلاقها.

استخراج المياه الجوفية (آبار المصفاة)

كانت عمليات استخراج المياه في عام ١٩٨٦ وفقا للسجلات كما يلي :

المنطقة "ب" = ٥٠٠ جالون في الدقيقة
المنطقة "ج" = ١٥٠٠ جالون في الدقيقة

اما في الوقت الحاضر فهي كما يلي :

المنطقة "ب" = ٣٠٠ جالون في الدقيقة
المنطقة "ج" = ١٣٠٠ جالون في الدقيقة

وكان لاستمرار عملية الاستخراج المتزايد للمياه آثار ضارة على نوعية المياه الجوفية وخصوصا في الخزانات الأرضية في المنطقة (ب). وقد تم التوقف عن استخدام البئر رقم (١١) في عام ١٩٦٨ عندما بدأت تؤثر وتتأثر بالبئر رقم (١٠) وكان معدل الملوحة فيه آنذاك ١٣،٠٠٠ جزء في المليون. اما بالنسبة للبئر رقم (١٣) فكان دائما من اكثر الآبار ملوحة ضمن آبار المنطقة (ب) وتم اغلاقه في عام ١٩٧١ وذلك بسبب ارتفاع نسبة الملوحة فيه حيث وصلت الى ١٧،٠٠٠ جزء في المليون.

وفي مارس ١٩٦١ تم اجراء دراسة خاصة بعلوم المياه اثبتت ان مصدر تسرب الملوحة الى المياه في المنطقة (ب) كان من الجزء الجنوبي – الشرقي وان هذه الآبار الواقعة في الجنوب – الشرقي ستصبح اكثر الآبار المتضررة في البداية. ومع ذلك فانه ونتيجة التأثير المتبادل فان النوعية العامة لمياه المنطقة (ب) قد استمرت في التدهور تماما كما هو الحال بالنسبة للآبار المنفردة. وكان سبب تسرب الملوحة بعد ذلك الى مياه المنطقة (ب) هو معدلات الاستنزاف العالية لآبار المصفاة وبسبب هبوط معدل الميلان الهيدروليكي للخزان الأرضي. وقد اظهرت معدلات الملوحة في الآبار (١٠) ، (١١) ، (١٢) ، (١٣) ،(٤٢) و (٤٤) بين عام ١٩٤٦ وعام ١٩٦٠ زيادة بلغ معدلها ٢٠٠ جزء في المليون سنويا. ولو افترضنا اساسا ان ٧،٠٠٠ جزء في المليون كمعدل للملوحة في منطقة (ب) في عام ١٩٦٠ فان الملوحة المتوقعة في عام ١٩٩٥ ستصبح ١٤،٠٠٠ جزء في المليون وهذا الأساس يشبه ويماثل المعدلات الحالية التي تم قياسها. (انظر الاشكال ١ ،٢ ، ٣ و٤).

آبار منطقة (ب) الحالية في المصفاة

شهدت الفترة الأخيرة تدهورا ملحوظا في نوعية مياه البئرين (٤٢) و (٤٤) في المنطقة (ب) الأمر الذي يشكل مشكلة على درجة كبيرة من الخطورة لأن هذين البئرين يزودان المصفاة بالمياه الحلوة . وللحصول على مياه الشرب ، يتم خلط مياه المنطقة (ب) بمياه التقطير المبخرة وذلك بنسبة ٥/٩٥ تقريبا. وتتراوح معدلات الملوحة في هذين البئرين ما بين ١١،٠٠٠ – ١٢،٠٠٠ جزء في المليون ولكن الأهم من ذلك هو تفاقم التغيرات الأخيرة.

ووفقا لمعايير منظمة الصحة العالمية الخاصة بمياه الشرب فان أعلى معدلات الملوحة المطلوبة هو ٣٣٠ جزءا في المليون وأعلى معدل مسموح به هو ٩٨٨ جزء في المليون. ولذلك فانه مع ازدياد ملوحة مياه البئرين (٤٢) و (٤٤) فان استخدام هذه المياه لأغراض الخلط تصبح مقبولة بشكل أقل. واذا ما استمرت نوعية مياه البئرين في التدهور بالمعدلات الحالية فانهما سيأخذان نفس المنحنى الخاص بالبئرين (١٠) و (١٢) وذلك قبل ان يتم اغلاقهما.

عمليات المراقبة

تقوم شركة بابكو في الوقت الحاضر بمراقبة مستويات الملوحة اسبوعيا كما تقوم بمتابعة مستويات الملوحة وقابلية التوصيل والصلابة شهريا.

الانظمة الحالية للمياه المحلية ومياه الشرب

هناك نظامان لتزويد المياه للأغراض الخاصة باستعمالات العمال والموظفين:

أ) **النظام المحلي (المنطقة ب)**

يتم توريد هذه المياه من البئرين (٤٢) و (٤٤) للاستخدام اليومي لموظفي الشركة وتوجد المضخات الخاصة بهذا النظام في الطرف الشمالي من المصفاة فيما يتم استخراج المياه من الخزان الأرضي في المنطقة (ب). وتتميز هذه المياه بصلابتها وملوحتها فضلا عن تسببها في التآكل ولذلك فهي غير صالحة للشرب.

الاستهلاك الحالي للمياه المحلية

يعتبر استهلاك المياه المحلية ثابتا تقريبا طوال اليوم حيث يبلغ معدل حوالي ٤٣٢،٠٠٠ جالون امريكي في اليوم تقريبا (٣٠٠ جالون في الدقيقة) .

ب) مياه الشرب

ان مياه الشرب هي خليط نسبته ٥/٩٥ من مياه المنطقة (ب) ومياه التقطير.

ويتم استخدام هذه المياه للأغراض التالية:

- نوافير وحنفيات الشرب ، المطبخ ، مختبر مراقبة الجودة واستخدامات العيادة الطبية.

وعلى مدى الأعوام الماضية ظهرت العديد من المشاكل بالنسبة لنظامي المياه واستمرت هذه المشاكل حتى انتهت بورود شكاوي حول نوعية وكمية المياه .

وبناء على ذلك عهدت شركة بابكو لأحدى المكاتب الاستشارية باجراء دراسة على نظامي المياه وتقديم توصيات لحل هذه المشاكل على المدى القصير والطويل. وبالاضافة الى ذلك فان هدف شركة بابكو على المدى الطويل هو الاستغناء عن مياه الآبار و انشاء نظام توزيع موحد لتلبية الاحتياجات المحلية واحتياجات الشرب الأمر الذي سوف يؤدي الى الاستغناء عن عملية استخراج المياه من خزان المنطقة (ب) للمساعدة على تخفيض التزايد الكبير في استخراج المياه في جميع ارجاء البلاد.

ونتيجة لذلك تمت الموافقة على مشروع قيمته ١١ مليون دولار امريكي لخدمة انظمة المياه المحلية ومياه الشرب معا.

الطلب المستقبلي على المياه

- الطلب المستقبلي على مياه الشرب

لقد لوحظ وجود استهلاك لمياه الشرب طوال العام يتزايد بمعدلات ثابتة حسبما ورد في البحث الذي تم اجراؤه خلال عام ١٩٨٩.

وقد تم الاتفاق على تطبيق زيادة مناسبة على كميات المياه المحلية تحسبا لأية زيادة فورية متوقعة في الاستهلاك بمجرد توافر المياه المقطرة بسهولة داخل المصفاة . وعلى الرغم من صعوبة تقدير تلك الزيادة فقد اقترح تطبيق العامل رقم (٢) على عنصر مياه الشرب والذي يعتبر نسبة محافظة بدرجة كافية وذلك تحسبا لهذه الزيادة.

وعليه فان الاستهلاك الفردي لمياه الشرب مستقبلا يساوي ٠،٠٠٦٩ × ٢= ٠،٠١٣٨ جالون في الدقيقة للشخص الواحد .

الانظمة المستقبلية للتزويد بالمياه

- مفهوم التصميم

بسبب الأمور التالية:

- الحالة السيئة لنظام المياه المحلي غير المعالجة.
- قلة مياه التقطير الأضافية من المحطة الحالية.
- الطاقة المحدودة لنظام مياه الشرب حاليا.

فقد تقرر انشاء محطة تحلية جديدة ونظام جديد موحد لمياه الشرب والمياه المحلية لتوفير مياه الشرب لجميع المرافق المحلية داخل المصفاة. وستسمح عدادات الاستهلاك بعملية المراقبة والاشراف الفعال على استعمالات المياه. وحيثما يكون ممكنا فانه سيتم حماية نظام التزويد بالمياه من حرارة الشمس عن طريق دفن الأنابيب وعزلها.

ان التصميم يعتمد على الحقن الكيماوي فقط من أجل الحصول على نوعية المياه المطلوبة وبعد ذلك يمكن التوقف عن عملية الاستخراج في المنطقة (ب) وذلك انسجاما مع الهدف القومي للتقليل من عمليات الاستخراج من الخزان الأرضي (ب).

وقد تمت دراســـة العديد من الخيارات لمحطات تحليـة مياه البحـر مثل:

- الومض متعدد المراحـل (MSF).
- المخزون متعدد الآثار (MES).
- الضغط الحراري عن طريق اعـادة التسخين (RTC).
- عملية التناضخ العكسي (RO).
- ضغط البخار بالتفريغ (VVC).

ومن بين جميع هذه الخيارات اثبتت عملية الضغط الحراري عن طريق اعـادة التسخين بعد الاستفسار عنها من حيث التكاليف المالية انها من اكثر العمليات المجديـة اقتصاديـا من جميع النواحي . وتستطيع الوحـدة انتاج ٣٠٠ جـالون فـي الدقيقـة مـن الميـاه ذات النوعيـة فائقـة الجودة. أما اساس هذا الاختيار فهو كما يلي:

- انتاج مايقارب من ١٨٠ جالون من المياه في الدقيقـة ، وهـو معـدل الاستهلاك لأغراض الاستعمالات المحليـة.

- دعم قـدرات محطات التحلية الحاليـــة وذلـك مـن خـــلال انتـاج ١٢٠ جـالون في الدقيقة من المياه ذات النوعية فائقة الجودة.

- تلبية طلبات استهلاك المياه المحلية في اوقات الذروة التي تبلغ ٣٠٠ جالون في الدقيقة.

نوعيـــة المنتـوج

ان اساس نوعيـــة التصميم المستخدم هو معايير منظمـــة الصحـة العالمية لعام ١٩٨٤. وتبلغ درجـــة حرارة الماء (١٢٠-١٣٠ درجة فهرنهايت) ، ونظـرا لنقص كميـــة العناصر المعدنية فيه فانه غير مستساغ للشرب وبل ويعتبر ضارا للمعادن والخرسانة ولذلك فانه من الضـروري جدا اجراء عملية تنقيـة للماء.

الاستهلاك/الطلب

يقدر معدل الدفق التصميمي بـ ١٨٠ جالونا في الدقيقة وذلك على اساس القاعدة التالية:

عدد الأشخاص في المكاتب والمحطة

بالاضافة الى مقاولي الانشاء (فترة ذروة الاغلاق للصيانة الشاملة)

لاجمالي ما يعادل حوالي ٣،٠٠٠ شخص.

معدل الاستهلاك للشخص الواحد ٨٥ جالونا/للفرد/يوميا

معدل الطلب الاستهلاكي $\frac{٨٥ \times ٣،٠٠٠}{٢٤ \times ٦٠}$ = ١٧٧ جالون للدقيقة الواحدة

(١٨٠ جالون للدقيقة الواحدة تقريبا)

وقد صمم نظام الضخ والتوزيع لمعدل دفق في اوقات الذروة يبلغ ١٨٠×١،٧= ٣٠٠ جالون للدقيقة الواحدة.

ملحوظة: ان عامل الذروة البالغ ١،٧ هو مقبول عالميا.

نظام التوزيع

سيتم توزيع المياه المحلية من خلال نظام دائري من شبكة الانابيب الرئيسية بعدادات تقيس الدفق والتي ستكون عبارة عن عدادات من النوع القوي. وقد اظهرت دراسة اجريت خلال مرحلة التصميم التفصيلي تجميع نقاط الاستهلاك بالاضافة الى اعداد ومواقع ونقاط القياس بالعدادات لأماكن الدفق.

ان النتيجة ستوازن تكاليف الاستثمار وتسهل من الادارة التشغيلية مقابل درجة المراقبة والتحكم التي تعتبر مناسبة ومقبولة. وقد اظهرت مراجعة اولية اساسا لتقدير التكلفة وهو ٣٠ موقعا للدفق منفصلة ومزودة بعدادات.

اختيـــار مواد الانابيب

الانابيب الرئيسيـــة للضخ والتوزيع (٣ بوصة او اكثر)

تم دراســـة البدائل التاليـــة:

- اسمنت اسبستي.
- انابيب بلاستيكيـــة من الزجاج المسلح.
- انابيب للملوحة متعددة الفنيل.
- الفـولاذ المجلفن.
- الحديد القابل للطرق (الاسمنت المبطن).

وبعد دراســـة المواد المذكـورة تم اختيـــار الحديد القابل للطرق على أســاس انـه مـن اكثـر المواد المناسبـة لهذا الغرض حيث سيتم استخـدام ماء التقطيـر المركز كيماويا.

برج الميـــاه المرتفع

يقـوم برج المياه المرتفع الذي تم اختيـاره بالوظائف الثلاث التاليـة:

- موازنة تدفقات مضخات الاسالة مقابل الطلب على نظـام المياه.

- توفير كمية صغيرة من التخزين المرتفـع فـي حالـة حدوث عطـل فـي المحطـة او أي عطـل آخر في نظام المياه.

- التحكم في ضغط اسالـــة المياه. وفي هذه الحالـة فان قمة الاستهلاك في نظام التوزيع ستكون دائمـا بين ٢٠ الى ٢٨ مترا (٢٨-٤٠ رطـلا للبوصة المربعة الواحدة للغـرام) بدون وجود احتمال زيادة في الضغط والتي قد تتسبب في انفجارات متكـررة في الأنابيب والتركيبات.

حجم البرج في أعلى مستوى الماء = ٦٥،٠٠٠ جالون امريكي

حجم البرج في اسفـل مستوى الماء = ٢٠،٠٠٠ جالون امريكي.

تخـزين المياه الموجودة

خـلال فترة الاغـلاق السنوي التي تستمر ١٤ يوما في محطـة التحليـة الجديدة وعندما يتوافر فقط ٢٠ جالون امريكي في الدقيقـة من الطاقـة المتزايدة لمحطـات التحليـة الحاليـة فقد تم استخدام معدل الطلب وهو ١٨٠ جالون امريكي في الدقيقة من اجل قياس حجـم تخزيـن الميـاه الموجودة:

$$\frac{(١٨٠-٢٠) \times ٦٠ \times ٢٤ \times ١٤}{٤٢} = ٧٦،٠٠٠ \text{ برميل.}$$

(ان هذا الرقم لايأخـذ بعين الاعتبـار ذروة الطلب والتي تبلغ ٣٠٠ جالون امريكي في الدقيقـة الواحـدة).

وتـم اختيـار قـدرة تصميميـة قدرهـا ٨٠،٠٠٠ برميـل وذلـك من اجل مضاهـاة الصهريجيـن الحاليين المخصصين للتحلية بواسطة التبخر بسعـة ٨٠،٠٠٠ برميل لكل منهما.

تنفيـذ المشروع

سيتم تشغيـل الوحـدة الجديدة التي تعمل بالضغط الحراري باعادة التسخين قبل نهايـة عام ١٩٩٤. ومن الجدير بالذكـر ان صهريج تخزين المياه الموجودة (٨٠،٠٠٠ برميل) تعمل الآن لتوفر المياه المبخرة للمصفاة بالموازاة مع الصهاريج الأخرى.

ومن المتوقع أن يكون تاريخ استكمـال المشروع بكاملـه في النصف الأول من عـام ١٩٩٥ حيث سيقـوم بخـدمة النظـام الموحـد للميـاه المحليـة وميـاه الشـرب وبعد ذلك سيتم التوقف عن استخـراج الميـاه من المنطقـة (ب).

(٣)

الجلسة الثالثة
المعالجة ومنع الترسب

المشاكل الناتجة من مواصفات المياه المغذية لوحدة التناضخ العكسي

د. محمود صفوت بدير

المشاكل الناتجة من مواصفات المياه المغذية لوحدة التناضح العكسى

دكتور كيميائى/ محمود صفوت محمود بدير

مدير قطاع الإيثيلين

شركة البتروكيماويات المصرية

الخـــــــــلاصـــــة:

مع بدء تشغيل وحدات المجمع فشلت المحاولات الأولية لتشغيل وحدة التناضح العكسى نظرا لعدم مطابقة المياه الخام للمواصفات وذلك بسبب خروج معامل التتريب SDI عن المواصفات المطلوبة. تم البدء فى إجراء عدة محاولات للتوصل إلى أسباب المشكلة تم خلالها إعادة تجهيز خطوط التغذية وتطهيرها من أى ملوثات أو خلافه تلا ذلك تعديل نظام المعالجة الإبتدائى شاملا مصدر التغذية الرئيسى ووحدة الترويق ووحدات الترشيح الرملى إنتهت بإستخدام مواد كيماوية خاصة (مساعد ترشيح) أدت إلى تحسين مواصفات المياه الخام تم على إثرها تشغيل الوحدة بنجاح. مع إستمرار تشغيل الوحدة تم التعرض للتوقف مرة أخرى ولعدة مرات كنتيجة لتذبذب معامل التتريب وذلك بسبب تداخل تأثير جرعات الكلور المتبقى اللازم للمحافظة على المحتوى البيولوجى المطلوب مع معدلات العكارة تم على أثرها مراجعة كافة المعاملات المؤثرة على معامل التتريب وتأثير مساعد الترشيح كان نتيجتها حصر الأسباب المؤدية لذلك ووضع برنامج متكامل لمواجهة كافة التغيرات تم بعدها تشغيل الوحدة بحمد الله بنجاح وحتى الآن.

مقـدمـــــة:

تعتمد شركة البتروكيماويات المصرية فى تغذيتها بالمياه الخام على ترعة النوبارية والتى تمثل آخر تفريعات نهر النيل من الجانب الغربى لدلتا النيل. وكنتيجة للمسار الخاص للترعة من حيث إختلاف نوعيات الأراضى المارة بها وما يصاحبها من إرتفاع ملوحة التربة بإختلاف أنواع الكبريتات والكلوريدات علاوة على أنظمة الرى والصرف المتبعة. فقد زادت محتويات المياه من الأملاح بمختلف الأنواع حتى وصلت إلى حوالى ١٥٠٠ جزء فى المليون(فى حين تصل إلى ٣٠٠ جزء فى المليون داخل دلتا النيل) علاوة على المحتوى المتزايد من الملوثات البيولوجية.(منحنى رقم <١>).

ونظرا لإحتياج عمليات التصنيع المختلفة بالمجمع إلى مياه عمليات ذات ملوحة متوسطة منخفضة بحد أقصى ٣٠٠ جزء فى المليون فقد إستلزم ذلك ضرورة تواجد وحدة إزالة ملوحة وسيطة لتلبية متطلبات التشغيل حيث تم تركيب وحدة التناضح العكسى موضوع البحث.

موضـــوع المشـكلة:

بوصول المواصفات الكيميائية للمياه المعالجة إلى القيم المنصوص عليها فى تعليمات التشغيل من حيث قيم العكارة ونسبة الكلورين الحر المتبقى ونسبة الحامضيه ما عدا قيم معامل التتريب SDI حيث كانت متذبذبة وتميل إلى الحد الأقصى المخالف فقد صاحب ذلك مراحل إعداد الوحدة للتشغيل إعتقادا أن فترة الوصول إلى معامل التتريب المطابق لن يكون ذات مشكلة وبالفعل تم إعداد الوحدة لبدء التشغيل إستنفذت خلالها كافة الحلول الظاهرية السريعة لتحسين قيم معامل التتريب دون جدوى مما أدى فى النهاية إلى إيقاف الوحدة وحفظ الأغشية الأسموزية كيميائيا بدأت معها الدراسات والمحاولات التطبيقية بحثا عن حل للمشكلة.

الوحـــدة موضـــوع البحث:

أولا : تعتمد الوحدة فى تشغيلها على وحدة معالجة إبتدائية شكل رقم (١) يتم تغذيتها بالمياه الخام من ترعة النوبارية بعد إتمام حجز الأعشاب والشوائب وحقن جرعة الكلورين الأولية وتحتوى وحدة المعالجة الإبتدائية على

* مروق خرسانى دائرى مزود بقلاب داخلى بطئ السرعات مع نظام متكامل لكسح الطينه.
* نظام حقن كيماويات خاص يتناسب مع كميات المياه الداخلة للمروق ويعتمد على مادة الشبه ومساعد ترويق.
* نظام ترشيح متكامل يعتمد على إثنين مرشح متعدد الطبقات من الرمل والزلط والكربون.
* تسهيلات لتخزين مياه بسعة تغطى تشغيل وحدة التناضح لمدة ساعة واحدة.

ثانيـــا : يتم تدفيع المياه المرشحة إلى وحدة التناضح العكسى والمفترض فيها مطابقتها للمواصفات من حيث:

درجة العكارة * جرعة الكلورين المتبقى * معامل التـتريب SDI

ثالثـــا : مع وصول المياه المرشحة للوحدة بالضغط المناسب يتم ضبط حامضيتها بنظام حقن خاص مزود بـأجهزة تحكم تضمن ثبات الحامضيه مع تغير كميات التغذية.

رابعـــا : يلى ذلك مرور المياه بمرشحات ميكرونيه دقيقه ذات مسام لا تزيد عن ٥ ميكرون للتأكد من خلو المياه من أى شوائب قد تؤثر على الأغشية الأسموزيه.

خامســا : مع إعداد المياه من حيث المواصفات الكيميائية والضغط الإبتدائى المفروض يتم تدفيع المياه بإستخدام مضخات عالية الضغط إلى الأغشية الأسموزية حيث يتم الحصول على المياه المنتجة بالمواصفات المطلوبة.شكل رقم(٢).

المواصفـــات الخاصـــة بالوحـــدة:

أ- مكونـــات الوحـــدة الرئيسيـــة:

عدد الخطوط الإنتاجية	٢ خط.
عدد وحدات المرشحات الميكرونية لكل خط	٣٧
عدد الأوعية الأسموزية بالمرحلة الأولى للخط الواحد	١١
عدد الأوعية الأسموزية بالمرحلة الثانية للخط الواحد	٥
عدد الأغشية بكل وعاء	٦
نوعية الأغشية الأسموزية	Spiral wound cellulose acetate

ب - أحوال تشغيل الوحدة (لكل خط):

ضغط التشغيل	٢٨ كجم/سم^{٢}
معدل الإستخلاص	٧٥٪
كمية مياه التغذية	١٢٧ م^{٣}/الساعة
كمية المياه المنتجة	٩٥ م^{٣}/الساعة
كمية المياه المركزة الأملاح	٣٢ م^{٣}/الساعة
معدل إنتقال الأملاح	١٠٪

ج – إنتاجية الوحدة :

كمية المياه المغذية للوحدة	٢٥٤ م^{٣} / الساعة
كمية المياه المنتجة	١٩٠ م^{٣} / الساعة
كمية المياه المركزة الأملاح	٦٤ م^{٣} / الساعة

د – مواصفات المياه الخام المرشحة المغذية للوحدة:

معدل العكارة	١ معامل عكارة حد أقصى
معامل التتريب SDI	٤ حد أقصى
كلورين حر متبقى	٠.٥– ١ جزء فى المليون
الحامضيه	٥ – ٦
الحرارة	١٥ – ٤٠° مئوية

هـ – معامل التتريب:

التعريف : معدل إنسداد ورق ترشيح ذات المساميه ٤٥, ميكرون عند مرور المياه من خلاله بضغط ١ر٢ كجم/سم^{٢}

$$\text{معامل التتريب SDI} = \left(١ - \frac{\text{ز}_{١}}{\text{ز}_{٢}}\right) \times \frac{١٠٠}{١٥}$$

ز١ = الزمن اللازم لتجميع ٥٠٠ مل مياه مرشحة من خلال ورقة الترشيح.

ز٢ = الزمن اللازم لتجميع ٥٠٠ مل مياه مرشحة تالية من خلال نفس ورقة الترشيح المستخدمة.

الخطوات التى تم إتخاذها لحل المشكلة بدءا من مأخذ المياه على ترعة النوبارية :

أ – مأخذ المياه :

كنتيجة لوجود مأخذ المياه فى نهاية ترعة النوبارية وبالقرب من مرسى وسائل النقل النهرية فقد ترتب عليها تزايد معدلات الأطماء وما يصاحبها من ملوثات مصاحبة لتحرك وسائل النقل النهرية أمام المأخذ والتى تسبب فى العموم تذبذب دائم لمكونات المياه الخام على مدى ٢٤ ساعة ويتضح ذلك من خلال متوسطات التحاليل فى كل من نسبة المواد المعلقةوالكلوريدات والكبريتات ونسبة الأملاح الذائبة (جدول رقم <١>).

وبناء على ذلك تم تنفيذ الخطوات الآتية :

١- تنفيذ عملية تطهير كاملة للطينة من منطقة المأخذ ووضع نظام لتكرار ذلك على مدى العام وبفترات متقاربة.

٢ – إجراء عملية تعقيم شاملة بعد كل تطهير من منطقة المأخذ وحتى دخول المياه إلى المروق بإستخدام محلول الهيبوكلوريت المركز.

٣- تعديل وتأمين نظام حقن الكلور بإستبدال الإسطوانات ذات السعة ٥٠ ك بإسطوانات كبيرة سعة واحد طن لضمان إستمرار حقن الكلور بصفة مستمرة دون توقف كنتيجة لطول فترات التشغيل بالمقارنة بحالة التشغيل بالإسطوانات الصغيرة.

٤- وضع نظام حذر لمتابعة نسبة المواد المعلقة والكلور المتبقى الحر كل ساعة للوقوف على حالة المياه الخام أولا بأول وتعديل جرعات الكيماويات تبعا لذلك بالإشتراك مع القائمين على تشغيل المروق للحيلولة دون التأثير على مواصفات المياه الناتجة من المروق.

ب – مروق المياه :

كنتيجة لإرتباط المروق بظروف تشغيل المأخذ مباشرة فقد ترتب على ذلك إتخاذ الخطوات الآتية :

١- إجراء تطهير دورى للمروق بالكامل فى نفس توقيتات تطهير المأخذ للتخلص من المواد المعلقة المترسبة فى قاع المروق وعلى جانبيه والتى يصعب التخلص منها ضمن أعمال كسح الطينة.

٢- إجراء عملية تعقيم كاملة لقاع وجدران المروق للقضاء على أى تجمعات بيولوجية.

٣- كنتيجة للتذبذب الدائم فى محتويات المياه من المواد المعلقة. فقد أدى ذلك إلى صعوبة الإستمرار فى الحصول على مياه ذات عكارة ثابتة وعلى ذلك تم تجربة النوعيات المختلفة لمواد الترويق وإتضح إمتياز الشبة السائلة لما لها من قدرة على تجميع وترسيب المواد المعلقة.بسرعة وكفاءة علاوة على قدرتها على مقاومة التغير فى مواصفات المياه وبعد التأكد من نجاح التجربة معمليا وتطبيقيا. تم تعديل نظام الحقن ليتواكب مع نظام حقن الشبة السائلة.

٤- إضافة نظام تعويضى لحقن الكلور بالمروق فى منطقة دخول المياه مع نظام حقن محلول الهيبوكلوريت كبديل فى حالات الطوارئ وذلك للتغلب على مشكلة طول المسافة من المأخذ وحتى المروق (٢ كيلو متر) علاوة على إمكانية تعويض جرعات المأخذ فى حالة أى عجز أو حيود أو أثناء أى أعمال صيانة فى نظام حقن الكلور بالمأخذ.

٥- تعديل توقيت ونظام كسح الطينة بصورة تسمح بتواجد كم معين مناسب من الطينه يسمح بإستمرار الترسيب وعدم فورانها لأعلى فى حالة زيادة حجمها.

ج - المرشحات الرملية :

* مع إستكمال كافة التعديلات والإجراءات اللازمة للتطهير فى كلا من المأخذ والمروق أمكن الحصول على مياه ذات مواصفات مستمرة مطابقة للمواصفات.
* بمتابعة حالة المياه بعد إجراء عملية الترشيح الرملى بإستخدام المرشحات الرملية المتعددة الطبقات أمكن الحصول على مياه مطابقة للمواصفات بل أفضل بكثير فيما عدا معامل التتريب SDI والذى إستمر خارج المواصفات ومن هنا بدأت أعمال التعديل والتطوير فى نظام الترشيح بغرض الحصول على معامل التتريب المطابق وذلك على النحو التالى:

١- نظرا لصعوبة تداول جوانب المشكلة من خلال النتائج المباشرة لتشغيل المرشحات الرملية. فقد تم تصميم وتصنيع مرشح رملى مصغر (Pilot) وتم ملؤه بالتناسب بنفس نوعيات الرمل والزلط والكربون.

٢- تم زيادة كميات الأحجام الخاصة بالرمل مع تعديل سماحية نسبة الحيود عن المواصفات من ١٠٪ إلى ٢٪ بحد أقصى للأصغر أو الأكبر عن حجم الرمل ومن ٥٪ إلى ١٪ بحد أقصى للأصغر أو الأكبر عن حجم الزلط لضمان إنسجام حبيبات الرمل أو الزلط لكل حجم معين مع إجراء تعديل هندسى لتوزيعات أقطار الرمل والزلط على النحو الآتى:

	قبل التعديل	بعد التعديل
قطر ذرة الرمل (مم)	,٤ - ,٦	,٥ - ,٧
الكمية	٣٠ ٪	٤٠٪
نسبة السماحية للقطر أقل أو أكبر	١٠٪ حد أقصى	٢٪ حد أقصى

	قبل التعديل	بعد التعديل
قطر الزلط (مم)	٢ -٣,٤	٢ -٣
	٣,٤-٦	٣-٦
	٦-١٢,٥	٦ -١٢
	١٢,٥-٢٥,٤	١٣,٥-٢٥
	١٥-٣٠	١٥ -٣١,٥
الكمية	٦٠٪ من كل نوع	٥٠٪ من كل نوع
الأنتراسيت (مم)	,٩	,٩
(الكربون)	١٠٪	١٠٪

٣- تمت تجربة المرشح الرملى المصغر بإستخدام المياه المنتجة من المروق بعد تعبئة وتنظيم الرمل والزلط بالنظام المعدل وكانت كافة النتائج مطابقة ما عدا معدل التتريب الذى إستمر خارج المواصفات .

٤- نظرا لكون وحدة التناضح العكسى بالمجمع الأولى على مستوى جمهورية مصر العربية التى تعتمد على مياه ترعة كمياه خام للتغذية. كان من الصعب التعرف على حل لمثل تلك المشكلة من خلال تجارب سابقة شبيهة سوى وحدات صغيرة تعتمد على مياه الآبار فى قطاع التنقيب عن البترول وبالرغم من ذلك كان هناك إتصال علمى كانت ملامحه كالآتى:

المياه الخام المستخدمة	مياه آبار
الأيونات التى تسبب مشاكل لوحدة التناضح	غالبا حديد ويتم علاجها بالطرق التقليدية والتىتشمل التهوية والأكسدة والترسيب والترشيح.
نوعية وسيط الترشيح	رمل المنجنيز الأخضر-زلط-فحم كربون.
نسبة المواد المعلقة قبل الترشيح	مرتفعة جدا.
نسبة المواد المعلقة بعد الترشيح	منعدمة.
معامل التتريب	أقل من ١.

وكمحاولة لحل المشكلة إستفادة بتلك التجربة. تم تعبئة المرشح المصغر بنفس نوعيات الموادالمالئة وبنفس التناسب الحجمى مع إستخدام المياه المروقة بالمجمع ولكن دون جدوى.

٥- نظرا لأهمية عامل الزمن وطول فترة توقف الوحدة وضرورة تشغيلها لإستيفاء النواحى التعاقدية تم تجربة تشغيل الوحدة بإستخدام مياه الشرب ولكن معامل التتريب أظهر عدم المطابقة للمياه بدون ترشيح وبترشيح.

استخدام مساعد الترويق كمساعد ترشيح وبداية حل المشكلة:

١- كان لإستخدام كميات بسيطة جدا من مادة كيميائية راتنجية تسمى مساعد الترويق السبب الرئيسى وراء إكتشاف الوسيلة الأمثل لتحسين معامل التتريب. حيث كانت هذه النوعية من المواد التى يلزم إستخدامها فى فترات السدة الشتوية حيث تسوء حالة المياه ويصعب ترويقها بإستخدام الشبة منفردة. وأثناء تلك الفترة تم تجربة إستخدام جرعات بسيطة منها داخل المرشحات الرملية وبدأت معها تذبذب قيم معامل التتريب. تلا ذلك عدة تجارب نظرا لإستحالة تجربة أداء تلك المادة معمليا وذلك لإستخدامها كمساعد ترشيح وتم التوصل فى النهاية وبعد فترة زمنية كبيرة لإضافة مساعد الترشيح مع المياه المغذية للمرشح الرملى وبجرعات بسيطة جدا تم الحصول على أثرها على نتائج مرضية ومطابقة للمواصفات من حيث معامل التتريب تم على أثرها الإستعداد لبدء تشغيل وحدة التناضح والحمد لله تم التشغيل بنجاح.

٢- بدأت المشكلة تظهر من جديد مع تغيير مواصفات المياه الناتجة من المروق وقد كان السبب الرئيسى فى معظم الحالات تذبذب نسبة الكلورين المتبقى أو إرتفاع نسبة المواد المعلقة وغالبا ما تكون خلال الفترات التى تلى الغسيل العكسى للمرشحات الرملية أو فى الفترات التى تلى توقف المروق لأى سبب أو فى حالة تغير مواصفات مياه الترعة للأسباب التى تم ذكرها من قبل.

٣- نتيجة لنجاح تجربة تشغيل الوحدة بعد إستخدام مساعد الترشيح ثم تعرضها للتوقف مرة أخرى تم توجيه البحث إلى دراسة العلاقة بين نسبة الكلور الحر المتبقى ونسبة المواد المعلقة ومكوناتها ومعامل التتريب وبالفعل تم التوصل إلى عدة ملامح لحل المشكلة وجميعها تدور حول:

أ – ضرورة التأكد من إنخفاض معدلات أيونات الألومنيوم المتبقى فى المياه كنتيجة لإستخدام الشبة وذلك بعد الترويق إلى الحد الأدنى.

ب- المحافظة على حامضيه المياه بحيث لا تزيد عن ٧.

ج- الكلور الحر المتبقى لا يزيد عن الحد المسموح حيث أتضح أن الزيادة فى الجرعة تسبب زيادة فى نسبة العكارة وبالتالى معامل التتريب.

د- المحتوى البيولوجى أقل ما يمكن.

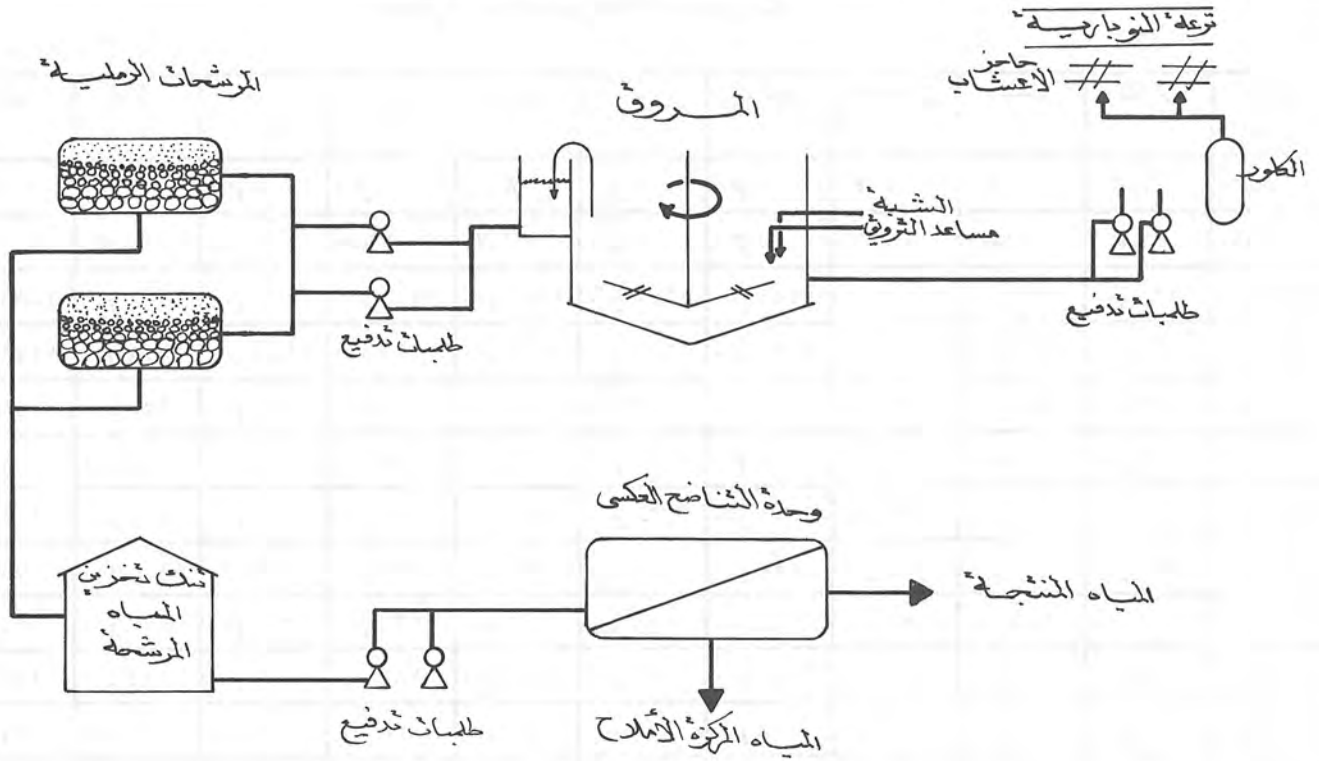
٤- وبتقييم الملامح المشار إليها تم التوصل إلى نظام كامل لضبط هذه المتغيرات مع إتباع كافة تعليمات التشغيل وبحذر شديد.

وبناءا على ذلك تم بنجاح تشغيل الوحدة وحتى الآن.

تحاليل مياه ترعة النوبارية

التحليل	الشهر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
الحامضية	اعلى	٨و٣٠	٨و٣٠	٨و٣٠	٨و٣١	٨و٤٠	٨و٤٠	٨و٥٠	٨و٤٠	٨و٣٠	٨و٣٠	٨و٣٠	٨و٣٠
	ادنى	٧و٢٠	٧و٥٠	٧و٤٠	٧و٥٠	٧و٧٠	٧و٤٠	٧و٣٠	٧و٢٠	٧و٨٠	٧و٤٠	٧و٤٠	٧و٤٠
معامل التوصيل	اعلى	٢٨٨١و٠٠	٢٥٧٦و٠٠	٢٤٨٠و٠٠	٢٢٨٨و٠٠	٢١٧٠و٠٠	١٦٤٨و٠٠	١٤٥٩و٠٠	١٢٨٥و٠٠	٩٢٣و٠٠	١٦٣٠و٠٠	١٨٦١و٠٠	١٩٣٣و٠٠
	ادنى	١٤٤١و٠٠	١٠٤٠و٠٠	١٢٠١و٠٠	١٦١٠و٠٠	١٣٠٧و٠٠	٦٨٠و٠٠	١٠٣١و٠٠	١٠٣٣و٠٠	٨٥٣و٠٠	١٠١٠و٠٠	١٣٧٥و٠٠	١٢٥٤و٠٠
المواد المعلقة	اعلى	٤٨و٠٠	١٥٠و٠٠	٢٦٠و٠٠	٨٦و٠٠	١٣٩و٠٠	٣١٢و٠٠	٧٦و٠٠	٩٧و٠٠	٥٣٠و٠٠	١١٦و٠٠	٩٦و٠٠	١٦٠و٠٠
	ادنى	٥٠و٥	٤و٠٠	٥و٠٠	٢٩و٠٠	١٠و٠٠	١٤و٠٠	٨و٨٠	١٧و٠٠	٥و٨٠	١٢و٠٠	٤و١٠	١٢و٠٠
العسر الكلى	اعلى	٢٧٢و٠٠	٤٠٠و٠٠	٣٨٩و٠٠	٤٣٦و٠٠	٤٨٠و٠٠	٣٢٠و٠٠	٣١٢و٠٠	٢٩٢و٠٠	٢٢٨و٠٠	٣٠٨و٠٠	٣٦٠و٠٠	٣٤٤و٠٠
	ادنى	١٧٦و٠٠	٢٠٤و٠٠	١٨٩و٠٠	٢٩٦و٠٠	٢٨٠و٠٠	١٨٤و٠٠	٢٢٤و٠٠	٢٤٤و٠٠	١٧٦و٠٠	٢٦٠و٠٠	٣٠٤و٠٠	٢٥٦و٠٠
عسر الكالسيوم	اعلى	٢٩٦و٠٠	٣٧٢و٠٠	٣٣٥و٠٠	٣٢٤و٠٠	١٩٦و٠٠	١٨٨و٠٠	٢٠٠و٠٠	١٧٦و٠٠	١٤٠و٠٠	١٨١٢و٠٠	٢٢٦و٠٠	١٩٢و٠٠
	ادنى	١٤٤و٠٠	١٤٤و٠٠	١٤٢و٠٠	١٨٦و٠٠	١٥٦و٠٠	٩٦و٠٠	١٠٠و٠٠	١٤٤و٠٠	١١٦و٠٠	١٢٠و٠٠	١٥٦و٠٠	١٥٢و٠٠
القاعدية الجزئية	اعلى	١٤و٠٠	٦و٠٠	٧و٠٠	٨و٠٠	١٠و٠٠	١٢و٠٠	٨و٠٠	٦و٠٠	٨و٠٠	٢٠و٠٠	٦و٠٠	٦و٠٠
	ادنى	NIL	NIL	NIL	NIL	٢و٠٠	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL
القاعدية الكلية	اعلى	١٨٠و٠٠	١٧٠و٠٠	١٦٥و٠٠	١٨٠و٠٠	١٦٢و٠٠	١٥٦و٠٠	١٦٠و٠٠	١٧٠و٠٠	١٩٠و٠٠	١٨٥و٠٠	١٩٦و٠٠	١٧٠و٠٠
	ادنى	١٤٦و٠٠	١٤٠و٠٠	١٣٥و٠٠	١٣٠و٠٠	١٤٠و٠٠	١٢٠و٠٠	١٤٠و٠٠	١٤٦و٠٠	١٤٠و٠٠	١٢٠و٠٠	١٤٤و٠٠	١٣٨و٠٠
الكلوريدات	اعلى	٤٨٣ز٠٠	٣٨٧و٠٠	٣٢٠و٠٠	٣٥٥و٠٠	٣٦٠و٠٠	٣١٦و٠٠	٢٨٧و٠٠	٢٥٤و٠٠	١٩٠و٠٠	٢٦٣و٠٠	٣١٩و٠٠	٣١١و٠٠
	ادنى	١٨٩و٠٠	١٧٩و٠٠	١٨٠و٠٠	٢٦٢و٠٠	١٧٧و٠٠	١٠٦و٠٠	١٧٦و٠٠	١٧٩و٠٠	١٢٨و٠٠	١٨٠و٠٠	٢٤١و٠٠	١٦٦و٠٠
الكبريتات	اعلى	٧٠٣و٠٠	٥٣٧و٠٠	٤٥٠و٠٠	٦٤٢و٠٠	٥١٨و٠٠	٤٢٦و٠٠	٤٩٤و٠٠	٤٦٠و٠٠	٢٧٧و٠٠	٤٢٦و٠٠	٤٨٥و٠٠	٤٨٠و٠٠
	ادنى	٢٢٣و٠٠	٢٩٦و٠٠	٢١٠و٠٠	٢٤٤و٠٠	٢٢٢و٠٠	١٧٦و٠٠	١٨٥و٠٠	٢٧٢و٠٠	١٥٦و٠٠	١٩٨و٠٠	١٧٠و٠٠	١٩٩و٠٠

جدول رقم ١

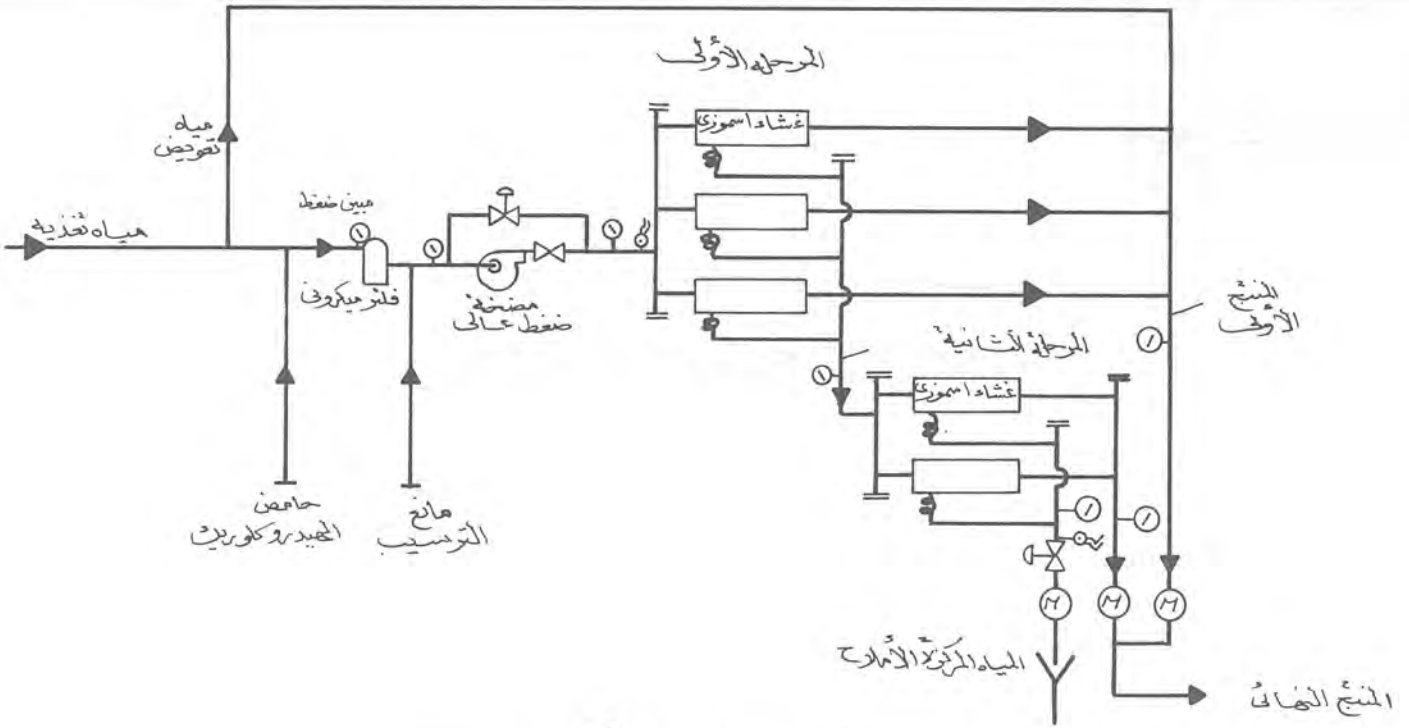


وحدة المعالجة الابتدائية

شكل رقم (١)

شركة البترو كيماويات المصرية	
قطاع الهندسة ومكتب المشروع	
رقم الرسم	PE.M.03

٩٤/٥/٤

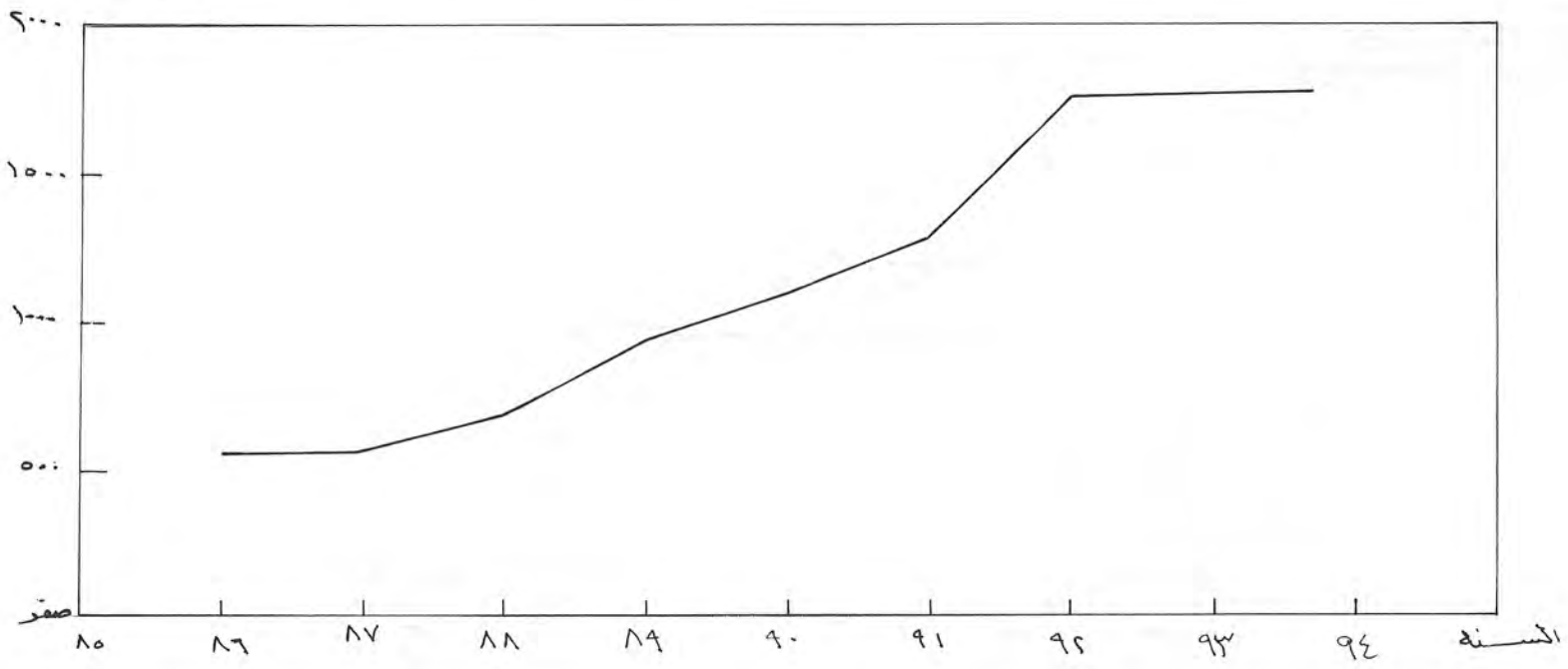


وحدة التناضح العكسى

شكل رقم (٢)

شركة البتروكيماويات المصرية		
قطاع الهندسة ومكتب المشروع		
		رسم
		مراجعة
		اعتماد
	PE.M.01 رقم الرسم	مقياس الرسم —

٩٤/٥/٤



معدل تزايد نسبة الأملاح الذائبة

منحنى رقم (١)

شركة البتروكيماويات المصرية	
قطاع التصميم ومكتب الرسم	
مصمم	
مراجعة	
اعتماد	
مقياس رسم —	لوحة رقم PE.M.02
	تسجيل

٩٤/٥/٤

(٤)

الجلسة الرابعة
التآكل وإزالة الرواسب بالمنشآت المائية

التآكل داخل الشقوق في محطات تحلية مياه البحر بالتناضخ العكسي

صالح أحمد الفوزان / عبدالرحمن محمد ابانمي / أنيس الدين مالك / ثابت اللهيبي

التآكل داخل الشقوق في محطات تحلية مياه البحر بالتناضح العكسي

صالح أحمد الفوزان و عبدالرحمن محمد ابانمي وانيس الدين مالك و ثابت اللهيبي

المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة، مركز الابحاث والتطوير، ص.ب 8134، الجبيل 31951، المملكة العربية السعودية،

فاكس: " 1615-361 (3) 966 " .

الخـــلاصـــــة :

إن التاكل داخل الشقوق في محطات تحلية مياه البحر بالتناضح العكسي يعتبر من المشاكل الرئيسة التي تواجه تلك المحطات. فالتاكل داخل الشقوق هو احد انواع التاكل الموضعي الذي ترجع إليه العديد من الاخفاقات التي تحدث في هذه المحطات، وينتج هذا النوع من التاكل نتيجة الاختلاف الناتج في تراكيز الاوكسيجين وشوارد الكلوريد وشوارد الهيدروجين وشوارد المعدن بين المحلول داخل الشق والمحلول خارجه مما يؤدي إلى نشوء خلية التهوية والخلية التركيزية.

وتستخدم العديد من السبائك في محطات التناضح العكسي وخصوصا في انابيب الضغط العالي التي يتعرض اغلبها للتاكل. وقد استحدثت سبائك جديدة لمحاولة التغلب على التاكل داخل الشقوق في محطات التحلية.

تناقش هذه الورقة تاثير بعض الاضافات السبائكية لتحسين مقاومة السبائك للتاكل داخل الشقوق والتاثيرعلى بعض الخواص الاخرى لها.

وكما تقدم مسحا شاملا للسبائك المستخدمة في بعض محطات تحلية مياه البحر بالتناضح العكسي وتقويم تلك السبائك من خلال ادائها ودراسة العوامل المؤدية إلى إخفاق تلك السبائك. وكما وتناقش الورقة عددا من النتائج المستخلصة من دراسات عدة عن سلوكية بعض السبائك عالية المقاومه للتاكل داخل الشقوق تحت ظروف مختلفة ومدى إمكانية إستخدامها في محطات تحلية مياه البحر بالتناضح العكسي.

المقـــدمـــة :

تستخدم العديد من الطرق لتحلية مياه البحر ومن هذه الطرق التحلية بالتناضح العكسي والتي تعتبر من الطرق الحديثه التي بدأت في التطبيق العملي اوائل الستينات الميلادية لتحلية مياه الابار. ومن ثم تطورت حتى اصبحت تطبق على مياه البحر إ بتداءا من السبعينات الميلادية. وتستخدم هذه الطريقة في انتاج حوالي 32.6٪ و 25.11٪ و 24.5٪ من المجموع الكلي لمياه البحر المحلاة على المستوى العالمي وفي المملكة العربية السعودية وفي دول الخليج العربي على التوالي. وتعتمد هذه الطريقة على فصل الماء العذب عن المحلول الملحي المضغوط من خلال غشاء شبه نفاذ. وتتكون محطة التحلية بالتناضح العكسي من ثلاث وحدات رئيسيه: وحدة المعالجة الاولية ووحدة التحلية ووحدة المعالجة النهائية.
ولإختلاف الضغوط المستعملة في هذه الوحدات فان مواد البناء تختلف من وحدة إلى اخرى. فتستخدم المواد البلاستيكيه في بناء وحدتي المعالجة الاوليه والنهائيةحيث الضغوط المنخفضة والتي لاتزيد عن 20-50 رطل على البوصة المربعة . بينما تتطلب وحدة التحلية ضغطا عاليا مابين 800-1200 رطل على البوصة المربعة مما يتطلب إستعمال مواد تتحمل هذه الضغوط كالفولاذ المقاوم للصدأ. ويعتبر التاكل من المشاكل التي تعاني منها هذه المحطات نظرا لعدوانية البيئه المستخدمة وخصوصا في وحدة الضغط العالي. وبجانب التاكل العام والتاكل بالنقر فإن التاكل داخل الشقوق كثير الحدوث في ربطات ووصلات الانابيب او في المسامات الحادثة في اللحام التي قد تؤدي الى إخفاق ذلك الجزء [1&2]. ويفضل إستخدام المواد البلاستيكية او السبائك عالية المقومة للتاكل خصوصا في الوحدات التي تسبق حاويات الاغشية التي قد تسبب نواتج التاكل في انسداد تلك الاغشية.
وسوف يتم التركيز في هذه الورقة على دراسة التاكل داخل الشقوق من خلال مناقشة تاثير الاضافات السبائكية على مقاومة سبائك الفولاذ المقاوم للصدأ وسبائك الفولاذ عالية المحتوى السبائكي للتاكل داخل الشقوق في محطات تحلية مياه البحر بالتناضح العكسي. وسيلقاء الضوء على التاكل داخل الشقوق في تلك المحطات والاسباب المؤدية الى إخفاق بعض سبائك التشييد نتيجة هذا النوع من التاكل.

تاثير الاضافات السبائكيه على التاكل داخل الشقوق :

يضاف للفولاذ عناصر سبائكية وذلك لتحسين مقاومته للتاكل وتحسين خواصه الميكانيكية، ومن اهم العناصر المضافة الكروم والنيكل والموليبدنيم وغيرها. وهذه الاضافات تتواجد في التركيب البنائي لسبائك الفولاذ المقاوم للصدأ في واحده او اكثر من الصور الاتية [3-5]:
1) اما ان تذوب كليا في الحديد اي انها تكون محلولا جامدا عند درجة حرارة الجو العادي مثل النحاس والسليكون.
2) ان تتحد كيميائيا مع الكربون لتكون مركب كربيدي مثل الكروم والمنجنيزو التنجستن والموليبدنيم، حيث تتحد مع المركبات السمنتيه في الفولاذ مكونة كربيدات بسيطة او مع الحديد مثل النيتروجين مكونا نيتريدات الحديد.
3) تتحد مع الاوكسجين عندما يكون الفولاذ في حالته السائلة مكوننا اكاسيد يحتفظ بها الفولاذ عند تجمده مثل الالمنيوم والسيليكون.

4) تظل في صورة منفردة او متحدة مع الحديد او اي عنصر اخر من العناصر السبائكية مثل الرصاص او الكربون الجرافيتي.

والعناصر المضافة قد يكون لها تاثير في خواص السبيكة الميكانيكية او مقاومتها للتاكل او كلاهما. فنجد ان الكروم هو العنصر السبائكي الاساسي في كثير من الفولاذ المقاوم للصدأ الذي يكون بتفاعله مع الاوكسجين طبقة رقيقة من اكسيد الكروم على السطح الخارجي للسبيكة، وهذه الطبقه تقاوم معظم الاوساط التاكلية. واما النيكل والموليبدينم فهما لايدخلان في تركيب الطبقة الاوكسيدية ولكن يحفزان الكروم على تكوينها وتحسين خواص تلك الطبقة. اما النيكل فانه ايضا يرفع من امكانية التشكيل والتصنيع كما يعمل على تثبيت التركيب الاوستونيتي ويزيد المتانه وكذلك مقاومة التاكل الاجهادي التي تزداد بارتفاع محتوى النيكل في السبيكة. واما الكربون والموليبدينم والالمنيوم والتيتانيم والنحاس فتلعب دورا في تحسين الخواص الميكانيكية للسبيكة. ولتقليل التاكل على حدود الحبيبات الناتجة من ترسب كربيد الكروم على حدود الحبيبات اثناء عملية الحام، فانه يضاف بعض المثبتات مثل التيتانيم والنايبيوم التي لها قابلية اكبر من الكروم للتفاعل مع الكربون وتكوين كربيدات ثابتة. ويعمل الكبريت والسلينوم على تحسين التشكيل الالي. وكما وان النيكل والنيتروجين والمنجنيز والكربون من العناصر المثبتة للاوستونيت. واما التيتانيوم والفانديوم والموليبدنيم والنايبيوم فانها تساعد على تكوين حبيبات دقيقه وهذا يؤدي لزيادة الصلاده وتحسين مقاومة التاكل داخل الشقوق. ويوضح الشكل(1) العلاقه بين فرق الجهد الحرج للتاكل داخل الشقوق مع قطر الحبيبة. وكمانلاحظ انه كلما زاد القطر قل فرق الجهد الحرج مما يعني ضعف مقاومة السبيكة للتاكل داخل الشقوق[6].

والكروم والنيكل والموليبدنيم فانها تحسن عموما من مقاومة السبيكة للتاكل بالنقر وداخل الشقوق وذلك برفع قيمة فرق جهد النقر الحرج في الاتجاه الموجب. ولوحظ ان الموليبدينم والكروم اكثر فعالية من النيكل في ذلك[8،7]. كما وجد ان مقاومة السبيكة للتاكل داخل الشقوق ذات علاقة طردية مع فرق جهد الحفر وتركيز الكروم والموليبدينم في السبيكة[9]. ولزيادة المقاومة لابد ان يكون تركيز الكروم اعلى مايمكن في السبيكة. ومن المعلوم ان ميكانيكية التسريع للتاكل بالنقر والتاكل داخل الشقوق واحده ولكن ميكانيكية بدء التاكل داخل الشقوق اسرع. وفرق الجهد الحرج للتاكل بالنقر لا يمكن تطبيقه بشكل مباشر على التاكل داخل الشقوق ولكن يمكن القول انه كلما زادت مقاومة السبيكة للتاكل بالنقر ـ زاد فرق الجهد الحرج للتاكل بالنقر ـ زادت المقاومة للتاكل داخل الشقوق[8]. وعند دراسة قيمة درجة الحرارة الحرجة لبدء التاكل داخل الشقوق (CCT) وجد انها تتاثر بنسب الكروم والموليبدنيم في السبيكة حسب المعادلة الاتية[10] :

$$CCT(C) = - (20 + 5) + 11x \% Mo + 3.5 x (\% Cr-18) \qquad (1)$$

كما ولوحظ ان زيادة نسبة الموليبدنيم تقلل من عمق الحفر الناتج من التاكل داخل الشقوق. ويقل تاثير الموليبدنيم بدرجة كبيرة عندما تحتوى السبيكة على 20٪ او اقل من الكروم[11]. ووجد ان نسبة الموليبدنيم في الفولاذ الاوستونيتي يجب ان تتراوح بين 6-8٪ لمقاومة التاكل داخل الشقوق. واما الفولاذ الفريتي فانه يجب ان يحوي على 25٪ كروم و3.5٪ موليبدنيم للغرض نفسه[12]. ونسبة الموليبدنيم ذات علاقة عكسية مع درجة الحموضة للمحلول الحرج

لبدء التاكل داخل الشقوق[8]. ووجد ان النيكل يقلل من معدل التاكل داخل الشقوق في مرحلة التعجيل كماهو الحال بالنسبة للموليبدنيم[13].
واما مقاومة السبيكة 316 S.S للتاكل داخل الشقوق فإنها تزداد بنقص نسبة الكبريت في السبيكة[14]. واضافة مقدار اقل من 0.1٪ من المنجنيز تحسن من مقاومة السبيكة وتقلل من مفعول الكبريت[14،15]. واما إضافة 0.2٪ من المنجنيز فإنها تحسن من مقاومة بدء التاكل داخل الشقوق على ان تحوي السبيكة على الاقل 1.5٪ موليبدنيم[15]. وقد لوحظ ان إضافة اكثر من 2٪ من المنجنيز لا تؤثر على مقاومة بدء التاكل داخل الشقوق وإضافة اقل من0.5٪ له تاثير ايجابي على التاكل بالنقر لسبائك الفولاذالمحتوية على الكروم والنيكل[16].
وعند دراسة تاثير النحاس على التاكل داخل الشقوق اضيف بنسبة تتراوح من الصفر إلى 1.5٪ الى سبيكة تحوي 20٪كروم و25٪نيكل و4.5٪موليبدنيم. ومن النتائج المستحصل عليها من هذه الدراسه لم يلاحظ اي تاثير على مقاومة السبيكة للتاكل داخل الشقوق[17]. ومن دراسة اخرى لوحظ تاثيرات سلبية على التاكل داخل الشقوق وذلك عند تحطم الطبقة الواقية وربما يرجع ذلك لتكون الخلية الجلفنية[11].
وفي دراسة لإيجاد تاثير النايبيوم على السبيكة انكونيل 625 وجد ان إضافة 2.53٪ من النايبيوم على السبيكة الطروقة المعالجة حراريا وحوالي 1.6٪ الى السبيكة المصبوبة تعطي اعلى مقاومة للتاكل داخل الشقوق للسبيكة انكونيل 625 [18].
واما بالنسبه للنيتروجين فإن إضافة حتى 0.1٪ لم يكن لها تاثير على مقاومة التاكل داخل الشقوق. ويبدأ الاثر الايجابي للنيتروجين في تحسين مقاومة السبيكة 316و904 عند زيادة التركيز الى اكثر من 0.2٪ [13].

السبائك في محطات التحلية بالتناضح العكسي :

التاكل داخل الشقوق من المشاكل الظاهرة في محطات التحلية بالتناضح العكسي خصوصا في الوصلات والاجزاء الملحومة في انابيب الضغط العالي. فبإلقاء نظرة عامة على السبائك المستخدمة في تشييد انابيب الضغط العالي نجد ان السبيكة 316L S.S قد استخدمت في تشييد اول محطة على الساحل الغربي وكان ذلك في عام 1978 م في جدة. وفي عام 1983م بدء تشغيل محطة البرك واستخدمت نفس السبيكة في تشييد تلك الانابيب. واستخدمت السبيكة 317L S.S في تشيد ثلاث محطات هى املج في عام 1986م وضبا وحقل في عام 1989م. وشييدت انابيب الضغط العالي لمحطة جدة-1 بالسبيكه SMO 254 وكان ذلك في عام 1989م.
وعن سلوكية تلك السبائك في تلك المحطات نجد ان السبيكه 316L S.S ظهرت بصورتين مختلفتين. فنجد انها قد اظهرت مقاومه للتاكل داخل الشقوق في محطة البرك بينما في محطة جدة كان الوضع مختلفا للغاية اذ ظهر التاكل داخل الشقوق في اجزاء كثيرة من المحطة. واما السبيكة 317L S.S فقد ظهر عليها التاكل داخل الشقوق في محطة املج وحقل بينما اظهرت مقاومة في محطة ضبا، ولم تظهر اي مشاكل تاكل في محطة جدة-1.
واستخدمت السبيكة 316L في تشييد خمس محطات اخرى منها ثلاث في مالطا وواحدة في الكويت والخامسة في اسبانيا وجميعها قد تاثرت بالتاكل داخل الشقوق [19]. واما السبيكة 904L فقد ابدت مقاومة في محطتين واحدة في البحرين والاخرى في الكويت [19،20].

واما سبيكة الفولاذ المزدوج 2205 فقد ظهر عليها مشاكل التاكل داخل الشقوق في ثلاث محطات [19]. واما السبيكة 254 فقد استخدمت في عدد من المحطات وقد اظهرت مقاومة لهذا النوع من التاكل في بيئات التحلية بالتناضح العكسي [19،21].

ولمحاولة فهم هذه التناقضات في سلوكية بعض السبائك وتقصي اسباب إخفاق بعضها بينما الاخر يقاوم في نفس البيئة. ولمحاولة تحديد الاختيار الامثل لسبائك التشييد ستناقش بعض النتائج المعملية المتحصل عليها من دراسات عن هذه الظاهرة. فالجدول (1) الى الجدول (3) تبين نتائج غمر عدد من السبائك في مياه البحر المصفاة وعلى درجة حرارة 30 م وبسرعة تدفق حوالي 0.1 م/ثانية. وقد تم جمع هذه النتائج من مرجعين مختلفين [11،22] ومن الملاحظ وجود بعض الاختلاف في النتائج بينهما رغم تماثل الظروف الاختبارية بينهما. وربما يرجع السبب في ذلك إلى مدى حساسية هذا النوع من التاكل للتغييرات الطفيفة في مؤثرات التاكل داخل الشقوق.

فالجدول (1) يوضح مقاومة السبائك ذات التركيب الاستونيتي، ونجد انها جميعا قد تاثرت وبدرجة متفاوتة بإستثناء السبيكة C-276 وانكونيل 625. وبرغم احتوى بعض السبائك على نسب اعلى من 6٪ من الموليبدنيم الا انها قد تاثرت. ولتلافي التاكل داخل الشقوق للفولاذ الاوستونيتي يجب إحتوائه على نسبه من 8٪ او اكثر من الموليبدنيم وعلى ان يكون محتوى الكروم اعلى من20٪.

ومن الجدول (2) نجد ان الفولاذ الفريتي يقاوم التاكل داخل الشقوق عند إحتوائه على نسبة 28.5٪ كروم و3.8٪ موليبدنيم. ويظهر التاكل داخل الشقوق عند تخفيظ نسبة الكروم إلى 25.3٪ بعمق حفر اقل من 0.01مم. واما تاثير الموليبدنيم فيظهر في التقليل من عمق الاختراق الناتج من التاكل داخل الشقوق في سبائك Monit و SC-1 و 26-1S و EB-26-1 إذ ان محتوى الكروم متقارب ومحتوى الموليبدنيم 3.8 و2.94 و0.96 و1٪ على التوالي وكان عمق الحفر صفر و0.05 و0.3 و0.46 على التوالي. وقد يكون لإحتواء السبيكة 26-1S على التيتانيوم سببا في التقليل من عمق الاختراق مقارنة بالسبيكة EB-26-1 رغم إحتوائهما على نفس النسب من الكروم والموليبدنيم.

والفولاذ المزدوج الذي يعتمد في تركيبة البنائي على الوجهين الفريتي والاوستونيتي فيراعى في هذه السبائك تقليل نسبة الكروم لخفض الوجه الفريتي ويجب ان تكون نسبة الفريت والاوستونيت 60 و 40٪ على التوالي.

ويوضح الجدول (3) مقاومة الفولاذ المزدوج، ويلاحظ ان رفع نسبة الموليبدنيم يزيد من مقاومة هذه السبائك للتاكل داخل الشقوق.

ومن عدد من الدراسات [23–28] نجد ان قابلية السبيكة 316L عاليه جدا للتاكل داخل الشقوق. ومن هنا فتاثر هذه السبيكة في محطات التحليه بالتناضح العكسي امر وارد. ولكن قد يكون إختيارها مناسب لانابيب المياه المنتجة وذلك لما ابدته من مقاومة عند إنخفاض تركيز ايونات الكلوريد. وبناء على النتائج المعملية فالسبيكة 317L اظهرت مقاومة ضعيفه للتاكل داخل الشقوق برغم زيادة الموليبدنيم بها. واما سلوكية سبائك الفولاذ عالية المحتوى السبائكي مثل السبيكه 904L او السبيكه 254 SMO فمقاومة هذه السبائك جيده للتاكل داخل الشقوق ولكن إمكانية حدوثه ممكنة. والصيانة والتشغيل الجيدة للمنشأه قد يؤدي إلى تطويل عمر هذه السبائك.

واوضحت دراسة سلوكية التاكل داخل الشقوق للسبيكة 316L S.S ان زمن بدأ التاكل داخل الشقوق كان 56 و 106 و230ساعة عند شد نوع الشق (الوزده عديدة الشقوق) بقوة 75 و 48 و24 رطل في البوصة على التوالي [28]. ومن المعلوم ان الافراط في شد الوصلات قد يعجل في تكون هذا النوع من التاكل، فقد يصل مقدار الشد في بعض المحطات إلى قيم عالية مما يؤدي إلى التعجيل في تاكل ذلك الجزء خصوصا عند ترك المنشأة في فترات التوقف او حتى في اثناء التشغيل. وقد يتبادر للذهن ان فترة التوقف ليست طويلة (يوم او اكثر) ولكن التفاعلات الكهروكيميائية والتغير في محلول الشق في هذه الفترة الوجيزة مستمر لا يتوقف. والمشكلة في التاكل داخل الشقوق انه عند بدأ تشغيل المحطة فإن المحلول داخل الشق لا يرجع الى ما كان عليه في السابق انما يستمر على ما وصل اليه. ومن هنا فإن عدد مرات التوقف البسيطة للمحطة وترك المنشأة بدون تنظيف في تلك الفترة قد يعجل من تدهور السبائك في تلك المحطات. ومن اهم العوامل التي قد تؤدي إلى تلافي هذا النوع من التاكل في الوصلات هو تنظيف ماتحتها، وعدد مرات التنظيف تختلف على حسب نوع السبيكة فمثلا السبيكة 316 s.s تحتاج لعدد مرات تنظيف اكثر من ما تحتاج اليه السبيكة 254 SMO . ويرجع السبب في ذلك ان تراكيز الهيدروجين والكلوريد في محلول الشق الحرج بالنسبة للسبيكة 316 اقل منها للسبيكة 254 SMO، مما يعني الوصول الى تركيز المحلول الحرج بالنسبه للسبيكة 316 اسرع من السبيكة الاخرى.

وعند إختيار سبائك التشييد فإن المنظور الاقتصادي مهم جدا. فالتكلفة الابتدائية ليست هى ما ينظر اليه ولكن يضاف اليها العمر الافتراضي لهذه السبيكة والذي يحدده مقاومتها للتاكل وكذلك تكلفة الصيانة لهذه السبيكة. فالسبائك 654 SMO او انكونيل 625 او هستولوي C-276 وغيرها لها مقاومة عالية جدا للتاكل عامة وخصوصا التاكل داخل الشقوق في بيئات كثيرة ولكن تكلفة هذه السبائك باهظة جدا ويوضح الجدول (4) تكلفة بعض السبائك مقارنة بتكلفة السبيكه 316L S.S . واما سبائك الفولاذ المقاوم للصدأ 304 و 316 و317 فتلك السبائك ذات تكلفة قليلة مقارنة بما سبق من السبائك ولكن لما لهذه السبائك من قابلية عالية للتاكل داخل الشقوق فقد يؤدي إلى إستبدال الانابيب اكثر من مرة خلال العمر التشغيلي للمحطة وكذلك عدد مرات التوقف التي تسببها تدهور هذه السبائك للمحطة وتعطيل خط الانتاج مما يؤدي إلى رفع التكلفة الكلية لهذه السبائك. واما السبائك 254 SMO او 904L S.S او AL-6X وغيرها فمقاومتها وتكلفتها مقبولة جدا، ومن هنا فهذه السبائك قد تكون الإختيار الامثل في تشييد محطات تحلية مياه البحر بالتناضح العكسي وخصوصا سبيكة 254 SMO التي اعطت سلوكية جيدة في محطات تحلية مياه البحر العاملة بالتناضح العكسي.

والفهم الكامل لميكانيكية التاكل والعوامل المؤثرة عليه من قبل المصممين والعاملين في صيانة وتشغيل المنشأة قد يؤدي لتلافي العديد من المشاكل الناتجة عن التاكل. فنقطة الدفاع الاولى تتمثل في التصميم الذي يفضل فيه تلافي تكوين الشقوق والاختيار الامثل للمواد وطرق تلحيم الوصلات والسبائك المستخدمة في الانشاء. ويجب دراسة إمكانية فصل الحاويات كي يكون بالامكان عزل اي حاوية اثناء التشغيل ودون الحاجه لإيقاف خط الانتاج كليا او جزئيا. وذلك لوقف اي حاوية يبدأ ظهور نواتج التاكل من تحت الوصلة وذلك لفكها وتنظيفها. وهذه الطريقة ستؤدي الى تطويل عمر السبائك والتقليل من هذه الظاهرة. واما حسن الصيانة والتشغيل فتلعب دورا كبير في التقليل او الحد من هذه الظاهرة. ومما سبق عن تاثير فتحة فجوة الشق ومدى تاثيرها فيجب الحرص على مقدار شد الوصلات. ويفضل إستخدام مفتاح العزم عند ربطها

وتحديد مقدار العزم بدرجة تحدد عدم التسرب وعدم الافراط في الشد. وكما وان زيادة عدد مرات الصيانة وفك الوصلات وغسلها بمياه محلاة إحدى العوامل التي قد تقلل من هذه الظاهرة.مع مراعات عدم ترك المنشأة في فترات التوقف بدون غسلها بمياه محلاة وتجفيفها مهما قلت فترة التوقف، وذلك لسهولة بدء التاكل في حالة السكون.

التوصيـــــات :

1= يتاثر التاكل داخل الشقوق بالعديد من العوامل وهى ذات حساسية مفرطة للمتغيرات الطفيفة التي قد تحدث في ظل الظروف العملية او المعملية. ومن هنا فالحرص الشديد لابد ان يتخذ خصوصا عند التقصي المعملي او الميداني عن التاكل داخل الشقوق.

2= لتلافي او التقليل من هذا النوع من التاكل في محطات تحلية مياه البحر بالتناضح العكسي لابد من اتخاذ بعض الاجرءات من قبل المصممين والعاملين في حقل التشغيل والصيانة.

2-ا= فمن الجانب التصميمي فينبغي الاهتمام بالاتي:

1) تلافي تكوين الشقوق قدر الامكان.
2) إستخدام طرق اللحام المناسبة و يجب ان تكون مواد الحشو السبائكيه ذات فرق جهد اعلى من السبيكة الملحومة.
3) إستخدام سبائك ذات مقاومة جيده للتاكل داخل الشقوق مثل 254 SMO أو 904L S.S او AL-6X.
4) إستخدام سبائك ذات فرق جهد اعلى من سبائك التشييد للبراغي والصواميل والورد.
5) دراسة إمكانية عزل اي حاوية للاغشية عن بقية الحاويات دون الحاجة لإيقاف خط الانتاج كليا او جزئيا.

2-ب= ومن جانب التشغيل والصيانة فيجب الاهتمام بالاتي :

1) محاولة التقليل من عدد التوقفات البسيطة وعدم ترك المنشاءة خلالها بدون تنظيف.
2) الاهتمام بفك الوصلات وتنظيف ماتحتها.
3) إستخدام مفتاح العزم في ربط الوصلات وعدم الافراط في الشد.
4) عدم تجاوز الحدود التصميميه في حقن المواد الكيميائية او زيادة الضغط.
5) فك الوصلات التي يبدأ ظهور نواتج التاكل عليها وعدم التريث الى فترات التوقف الدورية.

المـــراجـــــــــع :

(1): Landrum R.J., Designing for Corrosion Control, 2nd ed.,1992, NACE Publication, p.66.

(2): Beavers J.A., Koch G.H. and Berry W.E., MCIC Report 86-50, 1986.

(3): Van Vlack, Element of Materials Science and Engineering, 5th ed., 1985.
(4): Gilchrist J.D., Extrachtion Metallurgy, 2nd ed, 1982.
(5): Avner H.S., Introduction to Physical Metallurgy, 2nd ed., 1974.
(6): Dayal R.K., Parvathavrthini N. and Gnanamorthy J.B., Br Corros.J., Vol. 18,no. 4, 1983.
(7): Bandy R. and Cahoon J.R., Corrosion, Vol. 33, 1977, p. 204.
(8): Szklarska-Smialowska Z., Br.Corros. J., Vol. 10, no. 1, 1975.
(9): Pessail N. and Nurminen J.I., Corrosion, Vol. 30, 1974, p.381.
(10): Brigham R.J. and Tozer E.W., Corrosion, Vol. 32, 1976, p. 274.
(11): Streicher A.M., Corrosion/83, paper no. 70, NACE, 1983.
(12): Hack P.H., Corrosion/82, paper no.65, NACE, 1982.
(13): Oldfield J.W., Corrosion, Vol. 46, no. 7, 1990, p.574.
(14): Oldfield J.W., B. Electrochem, 3(6) November december, pp.597604, 1987.
(15): Kain R.M., Lee T.S. and Oldfield J.W., Electrochemical Techniques for Corrosion Engineering, NACE Publication, 1986, p. 261.
(16): Brigham R.J. and Tozer, Corrosion, Vol. 30, 1974, p. 161.
(17): Dundas H.J. and Bond A.P., Corrosion/81, NACE, 1980.
(18): Davies-Smith L.R., Lane J.D. and Riley T., Br. Corros. J., Vol. 22, no. 2, 1987.
(19): Nordstrom J. and Olsson J., Proc. IDA World Conference, Vol. I, Yokohama, 1993.
(20): Hassan A.M. and Malik A.U., Desalination, 74(1989), pp. 157-170.
(21): Hassan A.M. et al., Proc. IDA World conference, Washington, USA,1991.
(22): Kian R.M., OTEC Report, ANL/OTEC-BCM-022, 1981.
(23): Malik A.U. and Al-Fozan Saleh, Proc. IDA World Conference, Yokohama, 1993.
(24): Kain R.M., Corrosion, Vol. 40, no 6, 1984, pp. 313-321.
(25): Kain R.M., Journal of Testing and Evaluation, Vol. 18, no. 5, 1990,pp. 309-318.
(26): Oldfield J.W. and Sutton W.H., Br. Corros. J., Vol. 15, no. 1, 1980, p. 31.
(27): Kain R.M. and Lee T.S., American Society for Testing and Materials, 1985, pp.299-323.
(28): Malik A.U. and AlFozan Saleh, Crevice Corosion Behavior of 316L S.S in Arabian Gulf Seawater, RDC Reports, Techical Report No. SWCC (RDC) - 26, 1993.

جدول (1) : مقاومة التاكل داخل الشقوق للسبائك ذات التركيب الاوستونيتي

السبيكة	مدة الغمر (يوم)	قوة الشد (رطل في البوصة)	الأوجه المؤثرة	اعمق حفر (مم)
Hast C-276	*30	75	0	0
Inconel 625	*30	75	0	0
Haynes 20 Mod	*30	75	2	0.46
	**30	75	2	0.39
	**60	75	2	0.8
	**60	25	1	0.5
A.L-6X	*30	75	4	0.65
	**30	75	2	0.23
	**60	75	5	0.34
	**60	25	1	0.02
254 SMO	*30	75	5	0.51
	**30	75	2	0.19
	**60	25	0	0
904L	*30	75	5	0.74
	**30	75	3	0.37
	**60	25	0	0
317LM	*30	75	6	1.07
316 S.S	*30	75	6	1.93

جدول (2) : مقاومة التاكل داخل الشقوق لبعض السبائك ذات التركيب الفريتي

السبيكة	مدة الغمر (يوم)	قوة الشد (رطل في البوصة)	الأوجه المؤثرة	اعمق حفر (مم)
29 - 4C	*30	75	0	0
	**30	75	0	0
	**90	75	0	0
Monit	*30	75	0	0
	**30	75	0	0
	**90	75	3	0.01
Crucible SC-1	*30	75	1	0.05
	**30	75	4	0.04
	**90	75	6	0.05
26 - 1S	*30	75	4	0.3
EB 26-1	**30	75	4	0.46

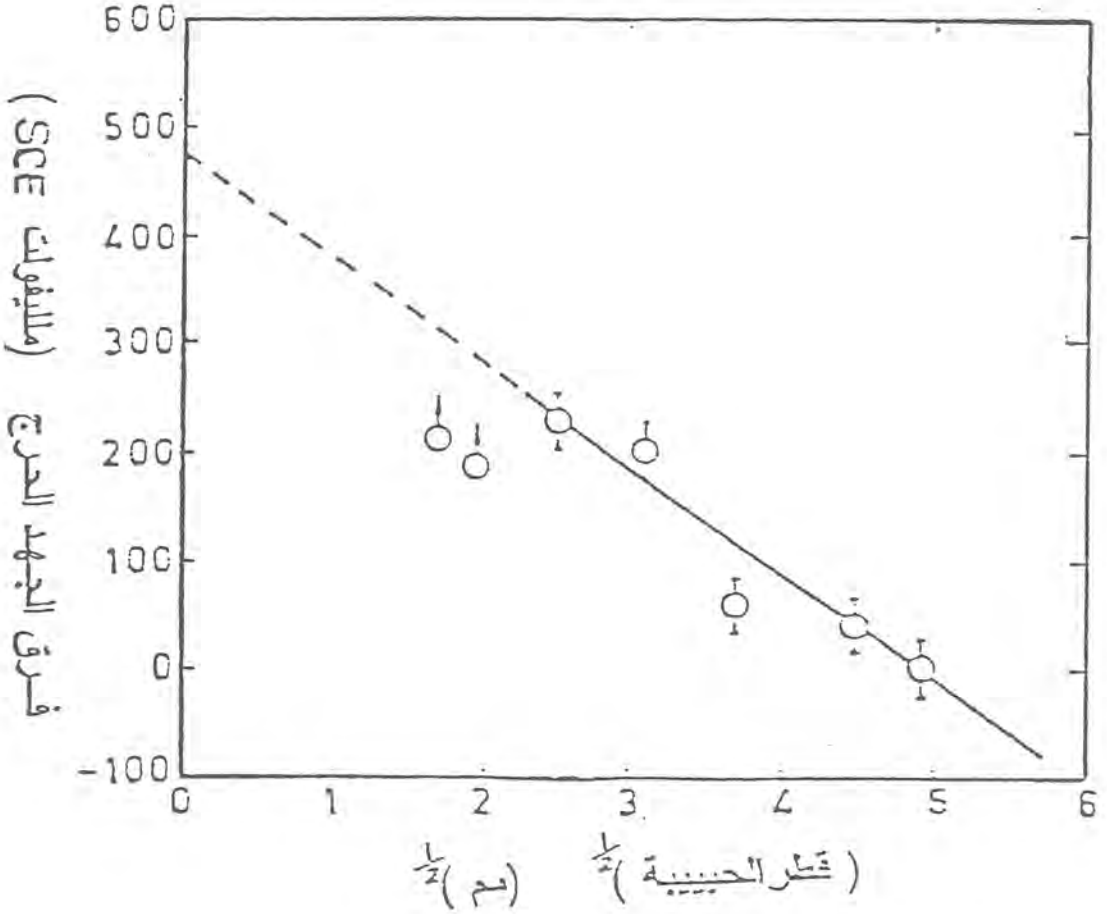
* مرجع رقم 11 ** مرجع رقم 22

جدول (3): مقاومة التاكل داخل الشقوق للسبائك ذات التركيب المزدوج.

السبيكة	مدة الغمر (يوم)	قوة الشد (رطل في البوصة)	الأوجه المؤثرة	اعمق حفر (مم)
Ferralium-255	*30	75	2	0.08
	**30	75	1	0.09
	**60	25	0	0
44 LN	*30	75	6	3.35
Type 329	**30	75	6	إختراق كامل للعينة ذات السماكة1.5 مم

جدول(4) : تكلفة بعض البائك بالنسبة لتكلفة سبيكة الفولاذ المقاوم للصدأ 316 إل

السبيكة	نسبة التكلفة بالنسبة للسبيكة 316 إل
316L	1
904L	2.27-2.45
254 SMO	2.7
AL-6X	3.5
20Cb-3	4.03
645 SMO	6.72
C-276	7.7



شكل (1) : العلاقة بين قطر الحبيبه وفرق الجهد.

(٥)

الجلسة الخامسة
المياه الطبيعية

مشروع دراسة مصادر المياه الجوفية بإمارة أبوظبي

كمال حسين العيدروس

مشروع دراسة مصادر المياه الجوفية بامارة أبوظبي

اعداد : كمال العيدروس

شركة الحفر الوطنية

ملخص :-

بدأت الدراسة الجيوهيدرولوجية لتقييم مصادرالمياه الجوفية بامارة أبوظبي عام ١٩٨٨ , وقد كانت الدراسة تحت عنوان مشروع دارسة مصادر المياه الجوفية وقد قامت بالدراسة كل من شركة الحفر الوطنية بأبوظبي وهيئة المساحةالجيولوجية الامريكية بالولايات المتحدة الأمريكية,استخدمت في هذه الدراسة تقنيات متعددة وخاصة فيما يخص حفر الآبار مثل الاعتماد على القوائم والتسجيلات البتروفيزيائية وقوائم الاحصاءات السيزمية وتأمين بناء الآبار والاحصاءات الخاصة باكتشافات آبار البترول (قياسات السرعة المساحية) . كان برنامج المشروع يتضمن حفر ١٦٥ بئرا لعمل الدراسات والقوائم البتروفيزيائية التي تماستخلاصها و نتائج التحليلات منها بعد حفر الآبار واختبارها هيدرولكيا, وقد تم تأسيس شبكات تحكم في مستوى مياه الآبار و الأرصاد , كما تم اعداد أكثر من خمسين تقريرا عمليا لهذا الغرض .

مقدمة :

ان امارة أبوظبي هي أكبر الامارات السبع التي تتكون منها دولة الامارات العربية المتحدة وتقع الى الساحل الشمال الشرقي من شبه الجزيرة العربية وجنوب الخليج العربي وتبلغ مساحة الامارات العربية تبلغ حوالي ٨٣,٦٠٠ كيلومتر مربع وتبلغ مساحة امارة أبوظبي حوالي ٦٧,٠٠٠ كيلومتر مربع . امارة أبوظبي ذات طقس صحرواي (شكل ١) وعليه فإن المياه السطحية الصالحة لشرب غير متوفرة كما أن المياه الجوفية الطبيعية قليلة التغذية لقلة الامطار . وقد تم عمل تقييم لهذه الموارد الجوفية في مشروع دراسة مصادر المياه الجوفية لتقييم وتطوير مصادرالمياه في هذه الإمارة المتطورة وقد تم تنفيذ هذا المشروع بواسطة شركة الحفر الوطنية وهي احدى شركات ادنوك وهيئة المساحة الجيولوجية الامريكية من الولايات المتحدة الامريكية . ان مشروع شركة الحفر الوطنية والهيئة الجيولوجية الأمريكية هو مشروع تعاوني مشترك و ذو صفة حكومية من الجانبين . ان عرض الهيئة الأمريكية لشركة الحفر الوطنية تضمن امدادها بالخبرة الاستشارية في المجالات الإدارية وهي خبرة ذات مستوى تدريبي عالي والهيئة الأمريكية هي واحدة

من أكثر الجهات الحكومية خبرة في مجال المياه ويعمل بها حوالي (٥٠٠٠) عالم مهمتهم نشر وتطويرالوعي العلمي للعاملين بمجالات تطوير مصادر موارد المياه .لقد استفادت شركة الحفر الوطنية من خبرات هيئة المساحة في مجالات البحث وتطوير الموارد المائية في المناطق الجافة والصحراوية إضافة الى إعداد الإحصاءات والقوائم الهيدرولوجية في المناطق الصحرواية . ان مركزادارة مشروع دراسة مصادر المياه الجوفية بمدينة العين وتتكون القوى العاملة فيه من حوالي (٥٥) شخصا نصفهم من العلماء والمهندسين والنصف الآخر من العاملين في مجالات الادارة والمجالات الفنية الأخرى .

ان الغرض من هذا التقرير اعطاء فكرة حديثة واضحة عن مشروع دراسة مصادر المياه الجوفية الذي بداء عام ١٩٨٨ ومقررا له ان ينتهي في ديسمبر من عام ١٩٩٥م . وكان المشروع يتضمن اعمال حفر واختبار ١٦٥ بئرا وتحديد مصادر المياه العذبة والمالحة بإمارة أبوظبي ,وكانت المرحلة الأولى للمشروع من عام ١٩٨٨-١٩٩٤ خاصة بحفر واختبار وتحديد مصادرالمياه في مساحة ١٦٨٠٠ كيلومتر مربع هي مساحة منطقة العين . ومساحة ١٤٧٠٠ كيلومتر مربع هي لمنطقة ليوا (شكل١).

تم اعداد التقارير الخاصة بهذه المناطق بواسطة (مادي) ١٩٩٣ و (آيمس) وآخرين عام ١٩٩٤م.المرحلة الثانية تبدأ عام ١٩٩٤م وهدفها مسح المناطق الغربية فى الإمارة.

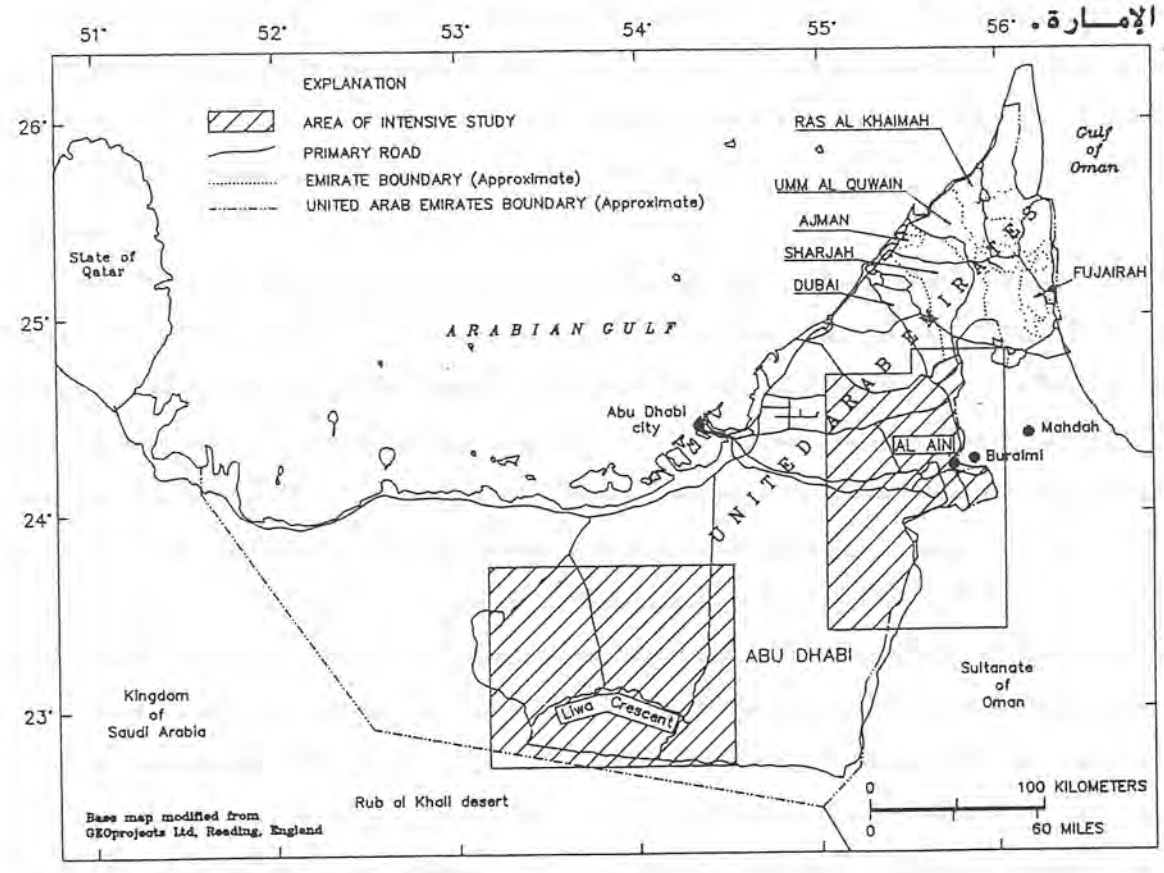


Figure 1. United Arab Emirates and locations of areas within Abu Dhabi Emirate.

اساليب البحث :

كانت استراتيجية المشروع تتركز أساسا على تأمين شبكة احصاءات ومعلومات متكاملة ومن ثم اجراء سلسلة من العمليات بغرض بناء قاعدة بيانات ومعلوماتية يعتمد عليها. وقبل البدأ في عمليات الحفر تم إعداد معلومات متكاملة عن طريق عمليات مسح جيولوجي وتحليل صور الاقمار الصناعية وعمل مسح الكترومغناطيسي لتحديد الأعماق وأنواع التكوينات الطبيعية بالمنطقة . تم حفر كل وعمل له السجل البتروفيزيائي ثم غلف وشيد بالفلاتر الداخلية للبئر بعد الحفر وبعد ذلك تم تطوير العمل بإجراء الاختبارات اللازمة بخصوص انتاجية البئر والخواص الكيميائية كما تم تحديد الموقع والمستوى السطحي لكل بئر .وتم استخدام المعلومات من هذه العملية لتجهيز المواقع الهيدرولوكية المائية والمواقع الهيدروجيولوجية والخرائط والرسوم البيانية الخاصة بمستويات المياه الجوفية ومخططات وقوائم نوعية المياه , وفقا لذلك تم تقدير مخزون المياه الجوفية من المياه العذبة والمالحة وتم عمل توثيق لهذه التقارير.

الجيولوجيا والجيوفيزياء :

لقد تم اعداد دراسات جيولوجية وجيوفيزيائية لدعم المعلومات الهيدرولوجية للمشروع , هذه الدراسات الجيولوجية والجيوفيزيائية صممت لتقديم تحاليل وإحصاءات جيوهيدرولوجية أساسية للمشروع مع التركيز على مسائل مثل :-

(أ) المكونات , النسيج ,الاستراتجرافية,الهندسة وتوزيع الوحدات الجيولوجية للمصادر المائية في منطقة الدراسة .(ب) التركيبة الطبيعية والعوائق المؤثرة على الأعمال الهيدرولوجية (ج) العوامل الجيومورفية والإستراتجرافية المؤثرة على تدفق المياه الجوفية واستخراجها تضمنت أعمال المشروع سلسلة من العمليات الخاصة بدراسة السطح وتحت سطح الأرض وتم تأمين خرائط جيولوجية من عدة مصادر تتضمن تكملة المعلومات المتوفرة وخرائط خاصة (Photointer pretive) لوحدات مختارة إضافة للأعمال الحقليةأو الميدانية . عموما فإن عمليات تجهيز خرائط السطح كانت محدودة نسبة لطبيعة المنطقة ذات التضاريس غير المجزأة وذات السطح المنخفض عموما, كما يغلب طابع عدم وجود صخور أو مرتفعات.وقد كان التركيز على مخططات الآبار مهتمين بشكل خاص بالقوائم الخاصة بوصف الوحدات الصخرية والتسجيلات الفيزيائية تم كذلك عمل برنامج جيوفيزيائي ضخم للمساعدة في توفير البيانات اللازمة لعمليات الحفر هذا الجهد تركز في توفير بيانات مساحية كهرومغناطيسية للسطح وإعادة تحليل المعلومات والبيانات التي توفرت من خلال دراسات سيزمية سابقة .لقد تم انجاز الخرائط الجيولوجية لإمارة أبوظبي عن طريق الآتي:-

(١) إعادة تكملة البيانات والمعلومات الجيولوجية السابقة من المصادر المنشورة وغير المنشورة .

(٢) تحضير خرائط جيولوجية بمقياس رسم ٢٠ ٠٠٠ : ١ ملونة بواسطة الوسائل الجوية وأخرى بمقياس رسم ٢٠ ٠٠٠ : ١ للقمر الصناعي لاندسات.

(٣) مختارات من البيانات الجيولوجية الميدانية بواسطة المسح الإجتيازي .

(٤) استخدام نظام (GIS) لتحليل وترقيم الخرائط الجيولوجية والجغرافية للخرائط ذات المقاييس المختلفة.بالإضافة الى قوائم البتروفيزياء إعتمدت ثلاث طرق رئيسية أخرى الى جانب المعلومات وهي :

(أ) المسح الكهرومغناطيسي للسطح

(ب) إعادة تحليل االبيانات السيزمية للمواد السطحية من الدراسات السابقة .

(ج) إعتماد نتائج الدراسات السيزمية والنتائج المساحية وغيرها من المعلومات المتوفرة لبعض الابار السابقة .

حصر الابار واستخدامات المياه :

ان البيانات الخاصة بأبار واستخدامات المياه هامة للغاية لتحليل النظم الهيدرولوجية . ان كميات المياه المستخرجة ومستويات المياه تقدم معلومات هامة حول المساحات المائية ونظام الصرف للمياه عموما,كما أن تقدير كمية المياه الجوفية الموجودة والمياه المطلوبة مستقبلا أيضا ذا أهمية قصوى لدراسة مصادر المياه الجوفية , كما أن تقديرات نوعية المياه الجوفية ومستوى هذه المياه ومعدلات الضخ استخدمت لغرض الدراسة وذلك مماتوفر من معلومات من الإدارة الخاصة بمشروع المياه الجوفية وإحصاءات من مصادر أخرى .

ثم تم بعد ذلك عمل قوائم جرد للآبار. وقد تمت زيارة بعض الآبارالمختارة في منطقة العين وليوا لتحديد المستويات المركاتوزية ومناسيب وعينات المياه. لقد تمت وفقا لهذا البرنامج زيارة أكثر من (٥٠٠) موقع كما تم معاينة حوالي ٢٠٠ بئرا بالعين و١٠٠ بئرا بمنطقة ليوا كما تم معاينة ١٠٠ بئرا أخرى في باقي الإمارة. كما تم تأمين وثائق ومعدلات الضخ من آبار أخرى تابعة لدائرة الماء والكهرباء أما بقية المعلومات التي لم تكن متوفرة فقد تم تقديرها وفقا لطريقة حسابات الاستيفاء وحسابات الاستيفاء الزائدة ولم تكن تتوفر معلومات شاملة

احصائيات استعمال الميـــاه في الإمارة . وقد استعملت عـدة طرق فنيـة لحساب استعمالات المياه من هذه الطرق ما كان يعتمد على استهلاك الكهرباء , أو تعـــدادالسكان أو نوع النشاطات الصناعية كما اعتمدت حسابات استهـلاك الميـاه أيضا على حساب توزيع المياه بالتناكر أو حسابات توزيع المياه المحلاه وكذلك حسابات الري بالمناطق الزراعية .

الحفر , قوائم البتروفيزياء و تشييد الآبار:

كانت حسابات المشروع وبرنامجه تعتمد على مســاحة المناطق وطبيعة سـمك وعمـق الآبار وتقدير إنتاج الطبقة الحاوية للمياه من الماء في هـذه الآبار وقد كانت تقديرات تدفق المياه السطحية وكمية المياه المنتجة ونوعية المياه مرتبطة جزء الى الاستراتيجرافيا وآخر الى الـــتركيبة الجيولوجية.لقد تم التخطيط لحفر ١٦٥ بئرا وذلك حتى ديسمبر ١٩٩٤ . ويوضح الجدول أدناه مواقع تم اختيارها في إمـارة أبوظبي للابار التي حفرت حتى مارس ١٩٩٤ .

المنطقة	المساحة (كلم مربع)	عدد المواقع
العين	١٦٨٠٠	١٢٤
لـيوا	١٤٧٠٠	١٨
المنطقة الغربية	٣٥٥٠٠	٢٣

وقد كانت الأفضلية لمنطقة العين نسبة لتعداد المنطقة و احتياجاتهاالمتزايدة للمياه الجوفية وتعقيد الهيدروجيولوجيا فيها. ففي هذه المنطقة تم تحديد ٦٠ حقلا لآبار البلدية و ٦٨٤ منطقة زراعية , وقد قام المشروع بعمل مسح شامل لمصادر الميـــاه الجوفية في هذه المناطق هذا كما تم حفر آبار في مناطق قاعدية وأخرى تميزت بوجـــود صدوع وطيات وترسبات جيرية واضحة المعالم محاطة بمرتفعات من الرمال.

لقد كان اختيار مواقع حفر الآبار قد وضع بحيث يعطي الوضع الأمثل حتي ولو لم يكن بشكل منتظم من حيث تغطية المناطق بإمـــارة أبوظبي (أنظر الشكل ٢) .

كما أن هذا الإختيار تم وفقا لعوامل أخرى مثل الأوضـاع الـتقريبية للمقـاطع الـموجودة في الـخرائط الســيزمية والمسح الإلكترومغناطيسي والآبار فعليا فقد كان الوضع التقريبي في المخططات السيزمية يساعد في التوافق بين قـوائم البتروفيزيـاء والعلامـات السيزمية أما المسح الإلكترومغناطيسي فقد كان يوضح وجود كميات بقايا القنوات الحفرية والوضع التقريبي للآبار الموجودة فعلياوالتي تسمح بأخذ البيانات الخاصة بمستوى الآبار أو تغيير نوعية المياه كان حفـر الآبار غالبا بعمق (٣٠٠) متر برغم أن بعض هذه الآبار قـد تم حفره الى (٦٠٠) متر أو أكثـر لمقارنة عينات أعمق , أيضا تم حفـــر أعماق أخرى قليلة العمق لحوالي (١٥٠) متـــر لأغراض الكشف عن

مسطحات المياه بهذه الآبار , إن عمق الآبار عموما يزيد عن قاعدة المادة الرسوبية الطينية أو الغرينية . معظم الآبار تم اكمالها في مستوى النفاذ الكامل أو النفاذ القليل بالصخور ولكن كلها صممت للتوغل بالحفر الى داخل أعماق تسمح باعطاء انتاج مائي جيد وقد تم الحصول على تسجيلات البتروفيزياء لمعظم الآبار لتحديد مستويات الليثولوجيه وهيدروليك ومستوى التوغل في التكوينات

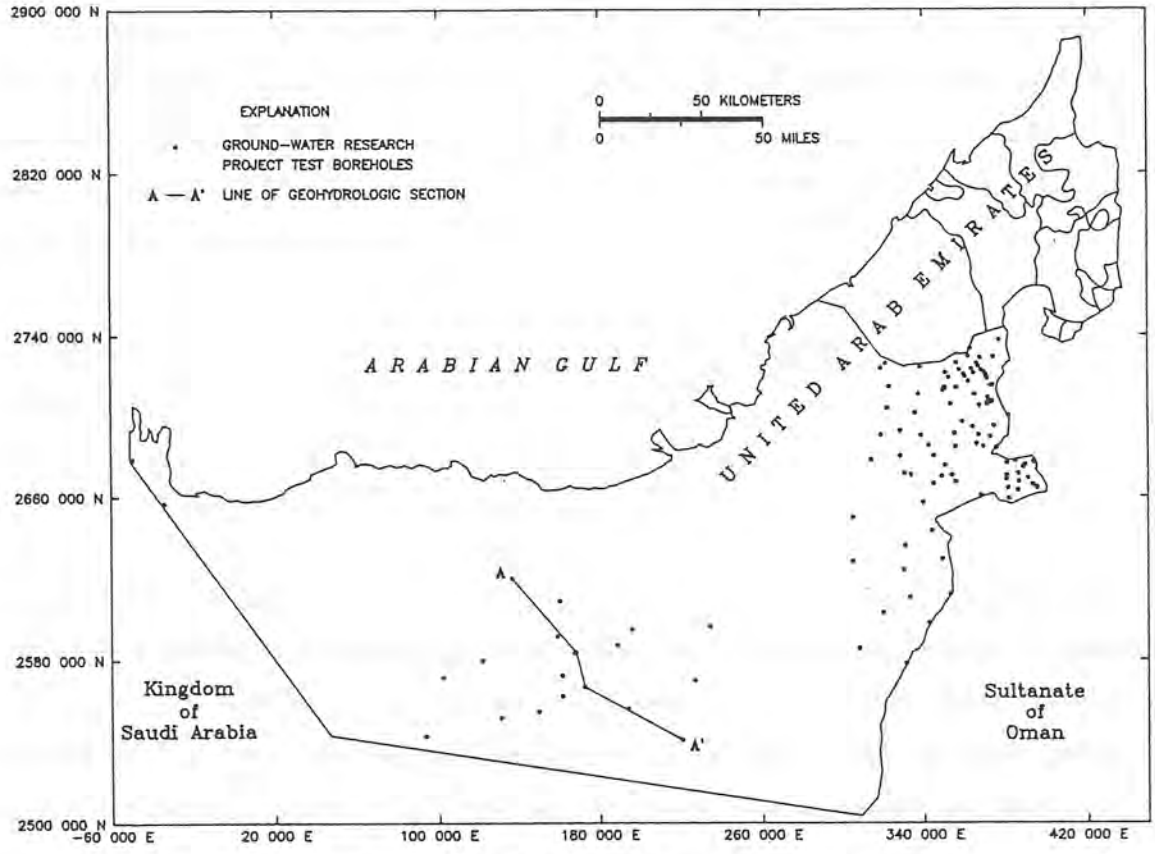


Figure 2. Locations of NDC–USGS Ground–Water research Project test boreholes, March 1994.

, كان المستوى العام للتسجيلات البتروفيزيائية لكل بئر يتكون من :-

(١) الية قياس قطر البئر (caliper) (٢) الجهد التلقائي (٣) أشعة جاما الطبيعية (٤) المقاومة المزدوجة (٥)المقاومة المكبرة (٦) النيترون المسامي والكثافة المسامية (٧) العامل الإلكتروني (٨) الصوتيات .

هذه الطرق القياسية ساعدت في جمع بيانات عن مصادر المياه وطبقاتهاونوعيةالمياه .

بالإضافة لكل التقنيات المذكورة مثل التسجيلات المثالية التي تم الحصول عليها من ابار الإختبار للمشروع تم أيضا استعمال تسجيلات اشعة (جاما) والتسجيلات الجيوكيميائية (GLT) التي تعد بواسطة شلمبرجير فقد تم الإستفادة من جهاز

التسجيلات الجيوكيميائية لفحص منسوب الطين ودرجة تشبعه بالمياه لتحديد مستويات النفاذ , كما أتاح هذا الجهاز معرفة مستويات التركيز للألمنيوم, السيلكون, الكالسيوم ,الحديد ,الكبريت ,البوتاسيوم واليورانيوم وايضاامكانية معرفة وجود الثوريوم بواسطة التسجيلات الكيمائية .

إن معرفة كميات هذه المعادن أتاح أيضا مقارنتها بالتحليل الكيميائي للتكويناتالصخرية بالمنطقة ودرجة تركيز هذه المواد التي تم قياسها ضمنت لجداول مقارنة للمعادن المتوقع وجودها . هذه المعادن تم إحصاءها من تحليلات سابقة لبعض عينات الحفر ومن تسجيلات الابار وتحليلات المعادن بواسطة التحليل الفوتوكهربائي كمعلومات اضافية أخرى,نتائج مجمل هذه المعطيات كان نتيجة حساب الإحتمالات المتواصلة للكميات في الخزانات المائية بواسطة الدراسات المعدنية وقوائم وصف الصخور مستخدمين القوائم المثالية (قارن بين دراسة ال (١٤) عنصر مع (٨) عناصر في شكل (٣)).

ان التسجيلات البتروفيزيائية يتم تحليلها بالموقع لتحديد عمق المياه ,عمق وسُمك الطبقات الصخريةالنفاذة و كمية المياه التي يمكن ضخها وكمية الإنتاج , أما عمق الطبقة النفاذه المطلوبة يتم التعرف عليها بواسطة اختبارات وتسجيلات الصوت .ان النفاذية في المواد الكلسية غالباماتكون محتوية على طبقات طينية ففي منطقة العين ذات المسطحات المائية القريبة أثبتت تسجيلات الصوت تقدما أفضل من تسجيلات قوائم الجاما وتسجيلات نصف القطر للبئر (caliper) . أماغالبية الطبقات الحاوية للمياه ذات النفاذية مثل المواد الرملية أو الحصى فقد اعتمد في قياسها على تسجيلات المقاومة, اما في منطقة ليوا فقد كانت مكونات مناطقهارملية فقد كان من الافضل استخدام التسجيلات الكهروضوئية وتسجيلات المسامية وذلك لاحتساب الطبقة الحاوية .استخدم مهندسو المشروع وصف نواتج الحفر (cutting) وذلك للتاكيد المزدوج وفقا لقوائم احتساب المقاومة خاصة في المناطق ذات المقاومة العالية في هذه المناطق تم استخدام قوائم الصوت لتقييم مكونات الطين اذا كانت هذه المناطق مقاومة وذات طبيعة بها مكونات ذات نفاذية قليلة يتم تصنيفها كمناطق ذات نفاذية كما يستخدم تسجيل نصف قطر البئر لقياس النفاذية .

ويتم تجميع حسابات النفاذية وذلك لعمل التغليف الداخلي وغيرها من أعمال إكمال البئر. لم تتم عمليات الحفرالتي قام بها المشروع في حوالي ١٠ بالمائة من الآبار لأسباب سياسية أو صعوبات اثناء الحفر أو وجود كميات المياه القليلة كماأن مجموعة من الآبار التي حفرت في مناطق ذات صخور جيرية تم إكمالها فقط كحفر مفتوحة ,أما بقية الآبار فقد تم إكمالهامع تدعيمها بأغلفة حديدية ذات قطربقياس ٣٢,٤ سم غيرالقابل للصدأ مع فلاتر وتنتهي بوضع حشوة الحصا (gravel-packed)

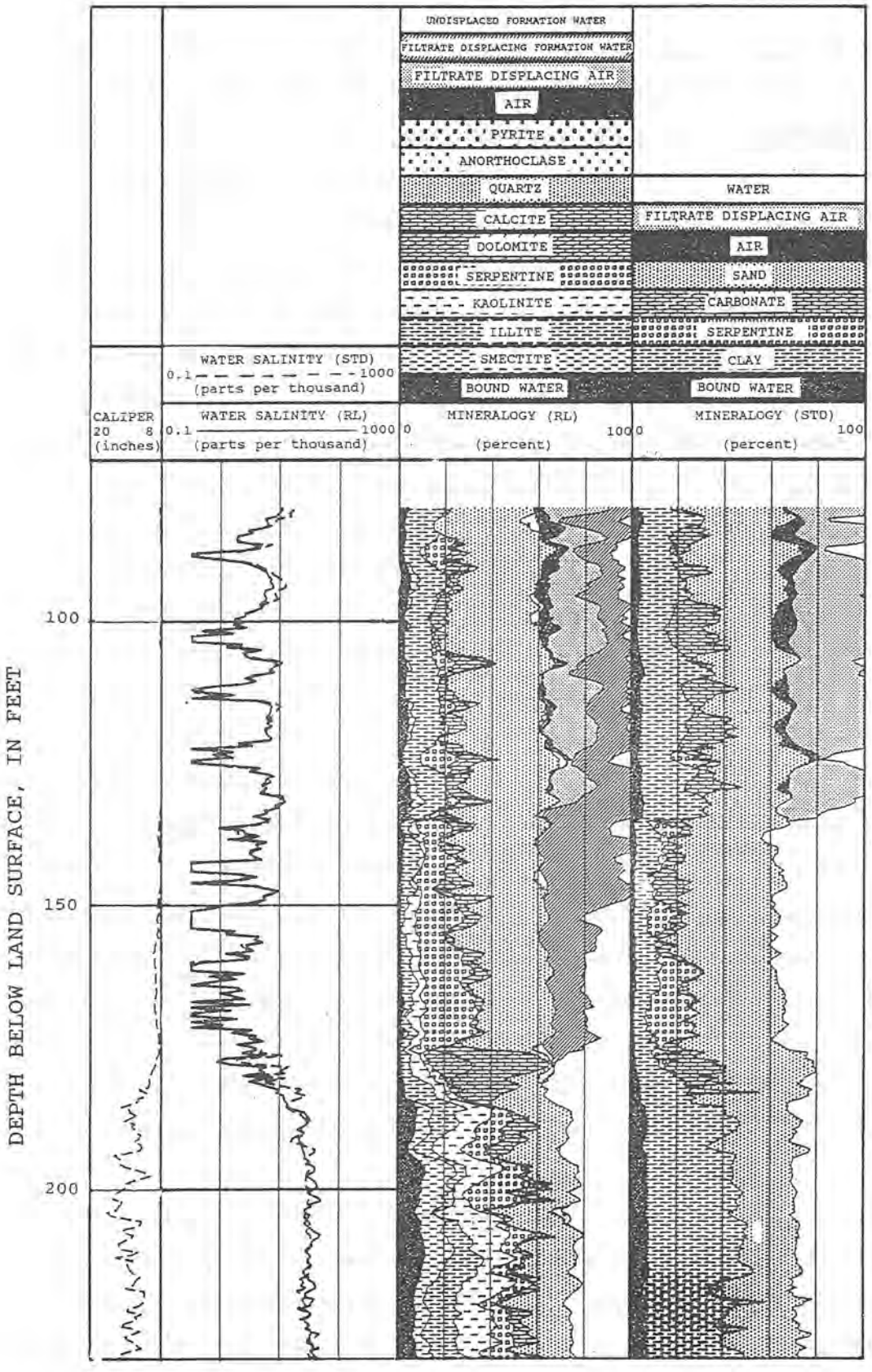


Figure 3. Computer-interpreted properties from research logging (RL) and from a standard (STD) suite of logs for a test borehole in Al Ain area.

وقد ظهرت بعض الصعوبات اثناء البناء والتشيد والتطوير النهائي لآبار ليوا مثلا كان الرمل الناعم سببا في انحسار بعض الآبار ولمجابهة هذه المشكلة تم علاجها بواسطة تغليف جدران الابار الداخلية بنوع مخصوص من النايلون وقد تم تحسين بعض الآبار التي تقع في مناطق متميزة بطابع جيري بنسبة ٢٥ بالمائة عن طريق التحميص في حالات أخرى استعمل الطين المنثور في تطوير انتاج هذه الآبـــار بمعدل ٢٥ بالمائة .

إختبار الآبـــار :

في الآبار المكتملة تم اختبار الإنتاج , ونوعية ومستوىالمياه لجميع الابار هذه المعلومات تم إدخالها الى جهاز الكمبيوتر الخاص بالمشروع وتم كذلك إدراجها في تقارير إدارية منفصلة وقد كانت اختبارات الإنتاج مكونة من ٣ الى ٤ مراحل لحساب كفاءة الآبار و حوالي ٣٠٠ دقيقة مستمرة من الضخ المستمر لحساب المقدرة والإنفاذ والكمية للمسطح المائي .

تم تجميع عينات مياه من معظم الآبار لعمـــل الإختبارات والتحليلات الخاصة بالمكونات الكيميائية الرئيسية وذلك لتحديد المصـادر المختلفة للميـاه العذبـة والمالحة والمكونات الفرعية ومتابعة المعادن ومدى تأثير ذلك من الناحية الصحيـة للمستهلك ومن آبـــار أخـرى قليلة جمعت عينات لمعرفة عمر هـذه الميـاه ومصادر انتاجها , وقد تم قياس منسوب المياه بصفة شهرية وذلك لإستعمال البيانات في وضع خرائط لمناسيب المياه .

جهـــاز المعلومـــات الجغرافي :

لقد تم تجميع المعلومات الجغرافية بواسطة المشروع عن طريق جهاز مـعلومات جغـرافي وذلك لعمل خرائط معلوماتية تحتوي على كل من المعلومات الجغرافية والهيدروليكية , لقد كانت هذه أول الخطوات لتكوين جهاز المعلومات الجغرافي (GIS) في إمارة أبوظبي وقام المشروع بتجميع المعلومات الجغرافية الوثائقية وكذلك الهيدروليكية مع الصور التي تم التقاطهـابالأقمار الصناعية , ثم تحديد ومسح النقاط بواسطة جهاز خاص هو جهاز تحديد المواقع على الكرة الأرضية بواسطة الاقمار الصناعية (GPS) هذه المتابعات والنقاط احتوت على أركان الحـدود للإمارة وتقاطعات الطرق وتم وفقا لذلك احتساب اللازم لعمل خريطة أساسية بالإستعانة بصورة أقمار صناعية بمقياس (٢٥٠ ٠٠٠ : ١) وجهاز كمبيوتر , لقد تم تصميم هذه الخريطة الشاملة على معلومات هامة مثل شبكة المواصلات وحدات الفيزوغرافيا الوحدات الجيولوجية التغيرات الأرضية والآبار , مستويات المياه الجوفية , الطبوغرافيا,ارتفاع قاعدة المسطحات المائية , مستويـات المياه الجوفية العذبـة والمالحة . لقد كان جهاز المعلومات الجغرافية (GIS) هو مفتـاح لعمل عدة خرائط توضح عدد من الإحصاءات بواسطة المعلومات التي تم تجميعهامـثلا الإحصاءات الخاصة بكميـة المياه

المالحة ثم طرحها من إحصاءات قائمة المياه الأجمالية ومنها تم التوصل لعمل خريطة لطبقة الميـــاه العذبة وكميتها مع المناطق المزروعة أو غير المزروعة .

نموذج الميـاه الجـوفية :

تم تصميم نموذج رقمي لتدفق المياه الجوفية بمنطقة العين و علاقة هذا التدفق مع التطوير في استخدام المياه للأغراض البلدية وأغـراض الزراعة تم تصميم النموذج أساسا لتقدير كمية المياه خلال الخزان المائي الموجود بالمنطقة والمقاومة النسبية لهذا المسطح، تم وضع النموذج الجيولوجي بالولايات المتحدة للمقارنة تم تمثيل المسطح المائي كطبقة واحدة وتمت تغطيته ٥,٤٢٧ خلية (شكل ٤) هذه الخلاياتغطي الكبرى منها (٤٨) كلم مربع في زوايا النموذج والأصغر (٤) كلم مربع قرب العين حيث تقل مستوى المياه بسبب الضخ .

ويقع النموذج على بعد ٢٥ درجة شمال شرق وتم رسم الخطوط التي تمثل النمـــوذج تقريبا موازية لمواقع الأودية والمنخفضات والمجاري بالمنطقة والتي تتحكم فى الإتجاه الأقصى للنفاذ فى المسطح المائـــى .

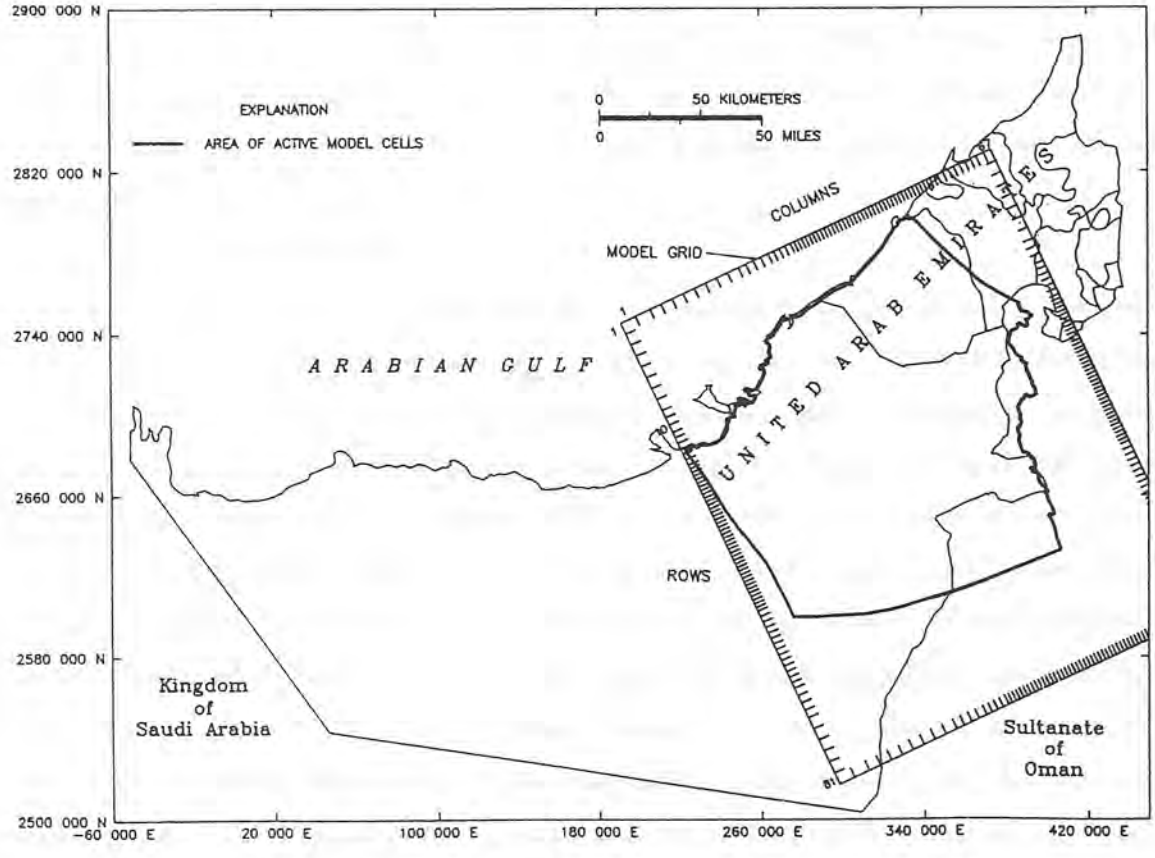


Figure 4. Model grid for simulation of ground-water flow in Al Ain aquifer.

ان قدرة الإنفاذ تتكون من الرأس ومعدل الإنفاذ , إعادة التعبئة والصرف في كل خلية كما أن شروط الحدود للتوقف المحدد في ذلك الرأس فانها بعيدة نسبيا من

مركز التقاطعات .والنموذج صمم لايضاح مدى دقة اجهزة قياس مقادير التوقف في مسافات مناسبة حتى تماثلت المخططات الأولية مع المخططات النهائية لقد تم أيضاح العمق التقريبي والأشكال المخروطية الناتجة عن الضخ ويستمر استخدام هذا النموذج كمصدر رئيسي لمراقبة التغييرات في الجريان الناتجة عن حفر آبار جديدة في منطقة العين .

نتائج الدراسة :-

إن دراسة الجيوهيدروليك للمياه الجوفية بإمارة أبوظبي طورت طرق خاصة وتقنيات حفر الآبار ,ترجمة تسجيلات البتروفيزياء ,تحديد المعلومات السيزمية البترولية , بناء الآبار , وتحديد إحصاءات سرعة التوقف بالإرتباط مع الإكتشافات البترولية . لقد استخدمت الدراسة احصاءات لعدد ١٦٥ تجربة إختبار وذلك لتحديد وتحديث الإطار العام للهيدرولوجيا والخرائط الموضحة لمناطق المياه الجوفية العذبة والمالحة , تأسيس شبكة هيدرولوجي ومترولوجيا , خرائط مشتركة توضح منسوب المياه .

هذه المعلومات استخدمت في معية قوائم جرد المياه لتطوير مخزون الهيدروليك والتشكيل الخاص بالمياه الجوفية وذلك لتحديد مصادر المياه الناضبة

الإطار العام لنظام الهيدرولوجيا :

استخدمت عدة مصادر للمعلومات لتحديد النظام الهيدروجيولوجي منها نتائج الحفر , قوائم البتروفيزياء , عينات نوعية المياه ,وقياسات مستوى المياه يوضح الشكل (٥) مثالا من نظام الجيوهيدروليك في منطقة ليوا أوضحت الدراسة أن منطقة ليوا يتكون خزانها أساسا من تربة رملية ومقاطع من السبخه وأن منطقة العين تتكون أساسا من تربة غرينية تراكمت نتيجة انتقالها من جبال عـُمان .

هذه المسطحات المائية متصلة بمواصفات الإقليم بإمارة أبوظبي .أما المناطق الدنيا فتتكون من أحجار طينية وصخور ذات تركيبة من الكربون والمارل . سطح هذه التكوينات يضع المخطط الأساسي لنظام تدفق المياه الجوفية في منطقة ليوا والمناطق الأخرى في إمارة أبوظبي.

شبكة المراقبة الهيدرولوجية والمترولوجية :

تم تجميع المعلومات الخاصة بمنسوبالمياه الجوفية , و نوعية المياه ومعلومات الارصاد (المترولوجي) وذلك بهدف تخزين المعلومات والإحصاءات الهيدرولوجية ليتم بعد ذلك تحديد وتقييم المياه الجوفية بإمارة أبوظبي هذه الشبكة تتكون من حوالي ٥٠ منصة لجمع المعلومات إحصائية تسمى (DCP's) والمعلومات الخاصة بمنسوب مياه الآبار الذي كان يقاس على فترات لحوالي ٢٠٠ بئرا يدويا. ولكن في منتصف عام ١٩٩٤ تم تجميع كل المعلومات الإحصائية اوتوماتيكيا بواسطة (DCP) والواقعة في معظمها بمنطقة العين وليوا . ان التجميع الدوري للمعلومات الخاصة بالآبار كان يتم

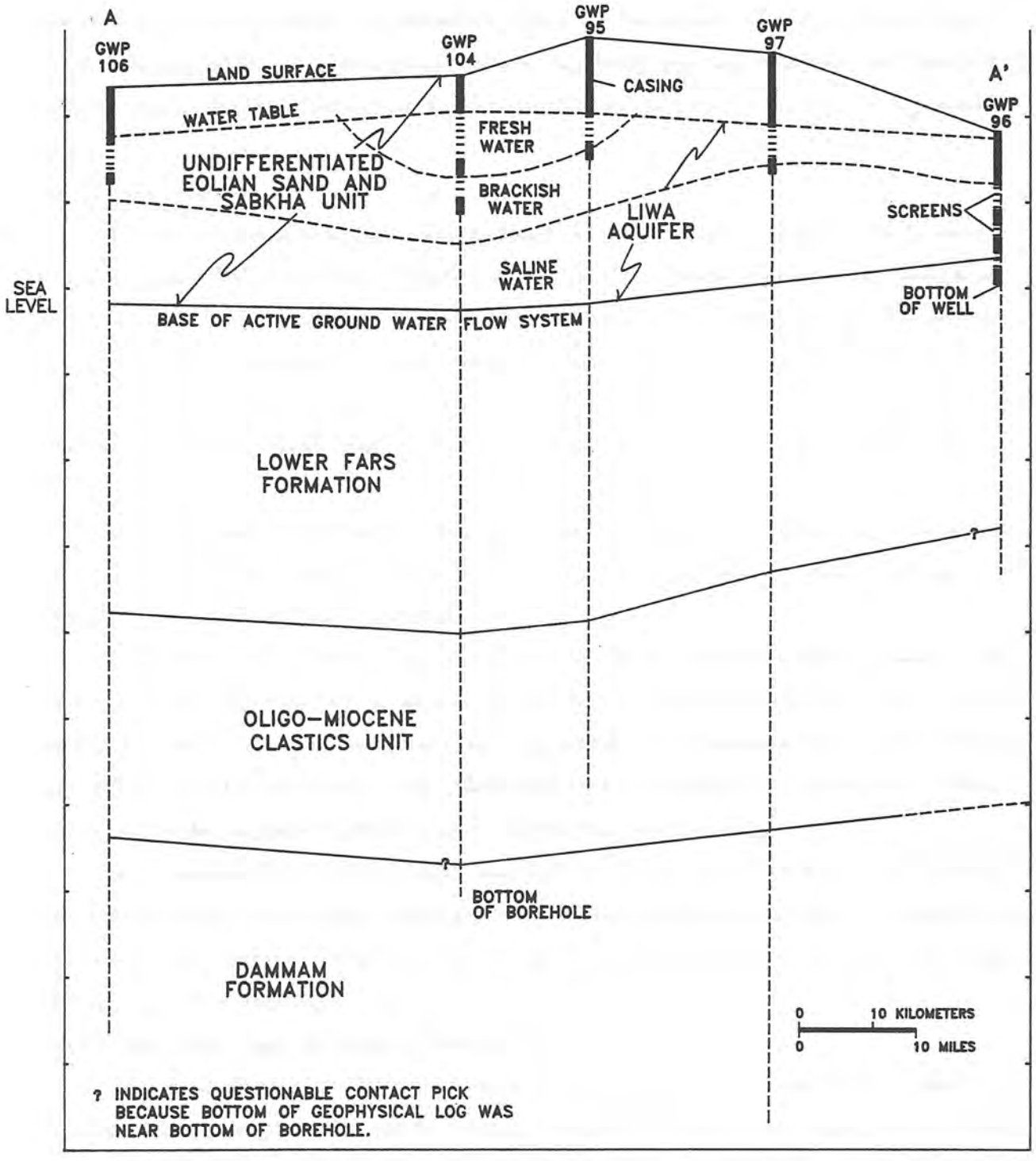


Figure 5. Geohydrologic section in the Liwa Cresent area (see fig. 2 for line of section).

عن طريق المشروع للآبار التي لم تكن داخلة ضمـــن نظـــام المعلومات الإحصائية ويصف الآبار المختارة للبلدية والزراعة و الواقع في منطقة العين وليوا ايضا. شكل (٦).

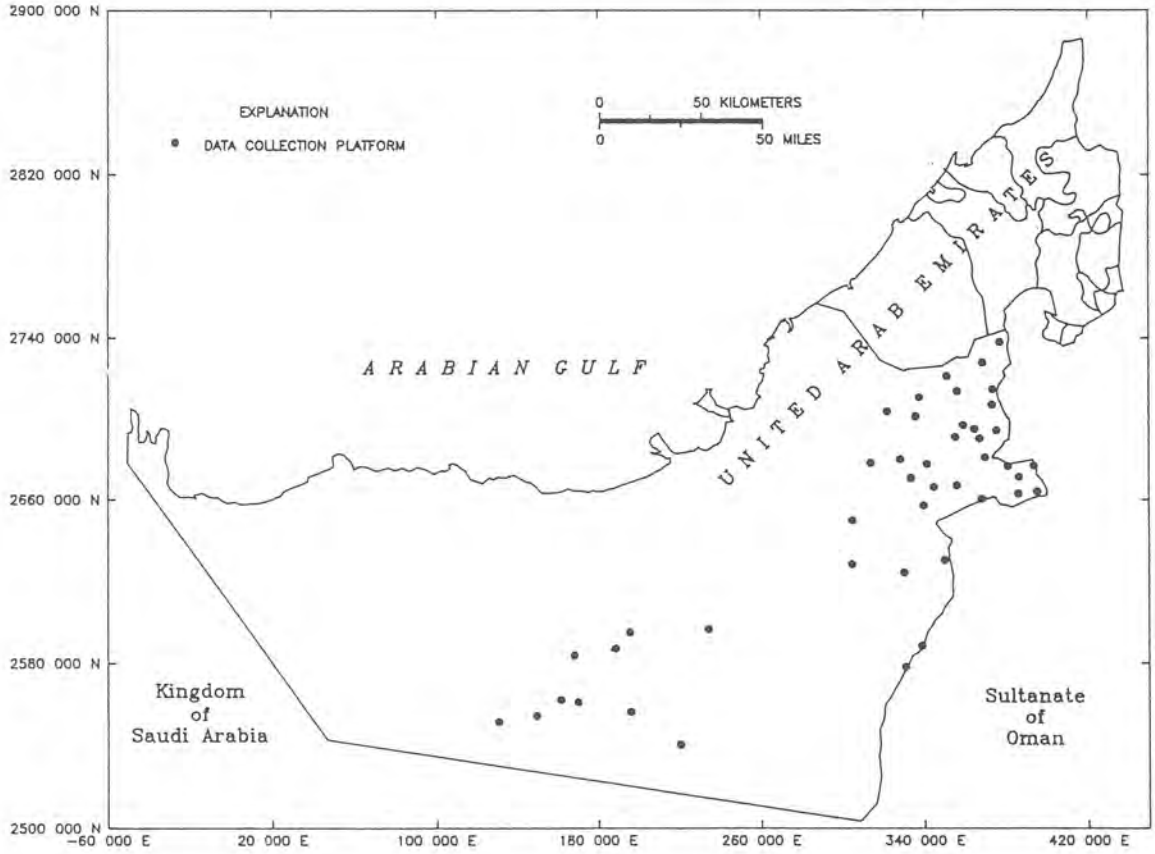


Figure 6. Locations of NDC–USGS Ground–Water research Project data collection platforms, 1994.

شكل (٦) يوضح مواقع منصات جمع المعلومات التابعة للمشروع حتى ١٩٩٤

هذه المعلومات الإحصائية يتم تجميعها وحفظها باستمرار باستخدام نظام تيلمترى الأقمار الصناعية . فقد أدى القمر الصناعي الأوروبي (ميتوسات) دورا في ترتيب المعلومات المرسلة من منصات جمع المعلومات الإحصائية في مواقع المراقبة على الابار ويتم إرسالها لمركز الحاسب الالي بالمشروع عن طريق محطة استقبال الاقمار بالمانيا شكل(٧) .

المعلومات المرسلة من منصة جمع المعلومات المركبة على الابار خلال القمر الصناعي ميتوسات الى مركز استقبال في المانيايقوم بترتيب المعلومات وارسالها مرة أخرى عن طريق محطة أرضية هذه المحطة الأرضية تقوم باستقبال المعلومات مرة واحدة يوميا بين منتصف الليل والثامنة صباحا في مقر الشركة.

منصة جمع المعلومات المقامة على كل بئرتكون عادة مزودة بكشافات (مجسات) هيدرولوجية و مترولوجية , وتقوم المنصة باستخدام المجس الهيدرولوجي في قياس مستويات المياه ودرجة حرارتها ودرجة الملوحة أما المجس المترولوجي فيقيس درجة حرارة الهواء , الرطوبة وسرعة الرياح وكمية الامطار لكل يوم على حدا وذلك باستخدام اجهزة خاصة لكل من المجسين .

مناسيب ونوعيات المياه .

لقد استخدمت المعلومات المجمعة بواسطة المشروع لتأسيس نظام معلومات يشتمل على قياس مناسيب ونوعيات المياه في المسطحات المائية على مستوىالإمارة وقد استخدمت خرائط مناسيب المياه لتحديد المناطق ذات المخزون المنخفض من المياه وكذلك اتجاه تحرك المياه الجوفية مثلا كان وجود منخفضات مخروطية بؤرية حول الآبار بمنطقة العين يدل على أن الإتجاه العام لجريان المياه الجوفية من الشرق الى الغرب قد تأثر لحد كبير بمعدل الضخ وان هذا المسطح يتعرض لضغط متوسط . أما بالنسبة لمنطقة ليوا فان معدلات المياه والجريان الجنوبية قد تأثرت كثيرا بمعدلات الضخ بحيث ان التوقف في اتجاه الجنوب للواحات انخفض بشكل ملحوظ أما المنطقة الغربية فقد كان معدل المياه و مستوياتها فوق السطح .

نتائج أبحاث المشورع للآبار أدى لإكتشاف مسطحين مائيين جوفيين للماء القوي واحد بمنطقة العين والآخر في ليوا وتم تصميم خريطة توضح توزيع مسطحات المياه العذبة ثم اضافتها الى المخطط الرئيسي لنوعية المياه باستعمال التسجيلات شكل (٧) يوضح منصة جدع المعلومات الهيدرولوجية والارصاد الجوي وطريقة عملها البتروفيزيائية وكانت النتيجة إعادة ترسيم خرائط ذات بعد ثلاثي لمخزون المياه الجوفية بالإمارة ثم أن وجود الديتريوم والأكسجين (١٨) لتغذية وتطوير المياه يدل على أن إعادة التعبئة الذاتية ممكنه وأن معظم الأمطار تتبخر قبل الوصول لقاعدة المياه الجوفية .

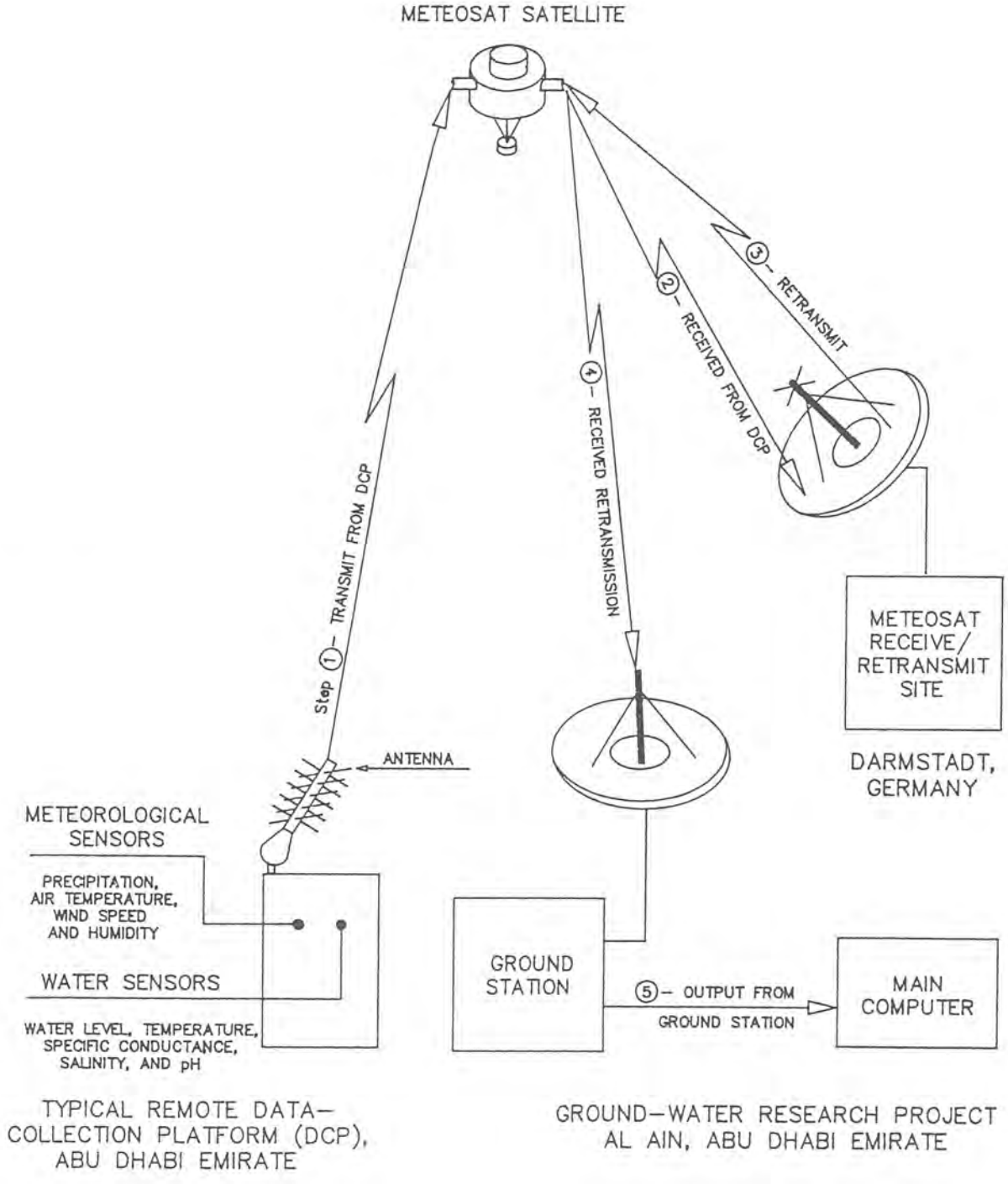


Figure 7. Automated data–collection system used to monitor ground–water levels and other hydrologic and meteorologic conditions.

احتياطيات المياه الجوفية :

ان المياه الجوفية مصدر قابل للنضوب في المناطق ذات المناخ الصحراوي وذلك لأن اعادة تعبئة هذه المصادر بواسطة الأمطار ضعيف لذا فان معرفة حجم مخزون المياه هام للغاية للتخطيط للتقنية الزراعية وتطويرها و توسيعها ولإدارة وتوزيع المياه في الإمارة . لذا فانه تم تقدير كميات المياه المخزونة من المياه العذبة والمالحة في الإمارة بواسطة المعلومات التي توفرت لدى المشروع من الآبار التابعة له والآبار الأخرى والتي تشمل بيانات الملوحة وحجم الناتج المائي وسمك التشبع والتركيز .

المناطق ذات المياه العذبةوالمخلوطة والمالحة تم تحديدها على أنها ذات تركيز يحتوي على مواد ذائبة (T.D.S) أقل من ١٥٠٠ ومن ١٥٠٠ الى ١٥ ٠٠٠ وأكثر من ١٥٠٠٠مليجرام في الليتر وفي القرب من العين وليوا توجد مناطق تتكون من عدة مئات من الكيلومترات ذات مياه عذبة ففي كل موقع من هذين الموقعين توجد مياه بسمك ٣٠ متر تطفو على بركة ضخمة من المياه غير العذبة والتي بدورها تطفو فوق مياه مالحة ومنذ منتصف عام ١٩٩٤ فان العمل في المشروع طور تقديرات معقولة لمخزون المياه العذبة والمالحة في إمارة أبوظبي بنسبة ١٠٪ و ٥٠٪ على التوالي ونودالإشارة هنا أنه ليس من المنظور تكنولوجيا أو إقتصاديا سحب الكثير من المياه الجوفية .

ان الإحتمالات لمخزون مياه كافي لمدة طويلة من الميـاه الجوفيـة هـو الشغل الشاغل لمراعات التطور في إدارة مخزون المياه الجوفية في إمارة أبوظبي ,ان سحب كل المياه العذبة عن طريق حفر الآبار لا يبدو مجديا إلا إذا كانت الرغبة فيه لمجرد تطوير نسبة التركيز ضمن لوائح منظمة الصحة العالمية لمياه الشرب واذا تم سحب كل المياه العذبة فان نوعية المياه الصالحة ستنضب, على كل حال فان هناك كميات كبيرة من المياه متوفرة لمعظم أغراض الرى واذا كان من الممكن سحب كل المياه العذبة كان ذلك يمكن أن يستمر لعدة آلاف من السنين وهذا الحساب تم وضعه بناءا على التقديرات للمياه المخزونة والذي تم عام ١٩٩٢ وفقا لمعدلات سحب المياه آنذاك

ان النموذج الرقمي للعين وتحليلات التدفق في ليوا استعملا مع احصاءات جرد المياه لتقدير المياه الجوفية الداخلة والخارجة وقد تم رصد أنه في كلا المنطقتين كان الماء الخارج أكثر بكثير من الماء الداخل والنتيجة الحتمية لذالـك هي الإنخفاض المستر لمستوى المياه العذبة.

ان المحافظة على المياه الجوفية من التسرب هام جدا للمستقبل بمراعاة الاقتصاد في استخدام هذه المياه اليوم .

التقـــارير :

لقد تم إعداد أربعة وثلاثون تقريرا وبحثا في الفترة من عام ١٩٨٧ وحتى ابريل عام ١٩٩٤ والتي تلخص مختلف نشاطات مشروع المياه الجوفية . وتراوحت عدد صفحات هذه التقارير من صفحة واحدة كملخص لاجتماع علمي ذات مدلول وحتى ال ٣١٥ صفحة الخاصة بتقرير مشروع المياه الجوفية .

خمسة من هذه التقارير تم تجميعه الى مجموعة (المراجع المختارة) وكما يوضح اسم المشروع (مشروع أبحاث المياه الجوفية) فان معظم التقارير تتعلق بالمياه الجوفية .....

أنواع المنشورات	العدد
ملخصات الندوات العلمية	٨
منشورات الندوات لعلمية	٣
التقارير الإدارية لشركة الحفر الوطنية (NDC)	١٢
التقارير الإدارية لهيئة المساحة الامريكية (USGS)	٣
المنشورات والدوريات (الأوراق البيضاء)	٨
المجمـــوع	٣٤

بالاضافة الى ذلك هناك حوالي ٢٢ تقرير سوف تكون جاهزة في ابريل ١٩٩٤ تضم ٥ اوراق عمل لمؤتمر الخليج الثاني للمياه المنعقد في البحرين وكما هو واضحان التقارير العلمية هي احد اهداف مشروع دراسة مصادر المياه الجوفية .

SELECTED REFERENCES

Imes, J.I., Hutchinson, C.B., Signor, D.C., Tamayo, J.M., and Mohamed, F.A., 1994, Ground-water resources of the Liwa Crescent area, Abu Dhabi Emirate: U.S. Geological Administrative Report, 127 p.

Maddy, D.V., Editor, 1993, Ground-water resources of Al Ain area, Abu Dhabi Emirate: U.S. Geological Survey Administrative Report 93-001, 332 p.

National Drilling Company, 1991, Report of geohydrologic conditions at Shabak well field near Al Ain, Abu Dhabi Emirate: NDC Administrative Report, 40 p.

Tadros, Sultan, and Huneidi, Isam, 1994, Falajes of Al Ain area, Abu Dhabi Emirate: NDC Administrative Report 94-02, 22 p.

Tamayo, J.M., 1993, Ground-water level changes in selected well fields near Al Ain, Abu Dhabi Emirate: NDC Administrative Report 93-02, 28 p.

استخدام منصة تجميع المعلومات لمراقبة آبار المياه الجوفية في المنطقة الشرقية لإمارة أبوظبي

صلاح حسن / عصام هنيدي / راشد النعيمي

إستخدام منصة تجميع المعلومات لمراقبة آبار المياه الجوفية في المنطقة الشرقية لإمارة أبوظبي

إعداد : صلاح حسن ، عصام هنيدي و راشد النعيمي

الخلاصة :

نتيجة للتوسع الهائل في الرقعة الخضراء والإمتداد العمراني اللذان أديا الى إزدياد الطلب على المياه الجوفية العذبة ونسبة لقلة الأمطار وشح التغذية الجوفية لزم الإهتمام بحماية مصادر المياه الجوفية وحسن إدارتها وذلك بالمتابعة الدقيقة في التغيرات في أحوال المياه الجوفية (هيدرولوجية) وعناصر الإرصاد الجوي .

إستناداً على ذلك قامت شركة الحفر الوطنية بالتعاون مع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية بتصميم وتركيب شبكة رصد معلومات لأحوال المياه الجوفية ولرصد الأحوال الجوية في المنطقة الشرقية التي تبلغ مساحتها ١٦٨٠٠ كيلومتر مربع وفي منطقة ليوا التي تبلغ مساحتها ١٤٧٠٠ كيلومتر مربع لإمارة أبوظبي . تتكون شبكة المراقبة من ٤٣ محطة في عام ١٩٩٣ موزعة بين المنطقتين ، تحتوي المحطة على منصة تجميع معلومات Data Collection Platform (DCP) عن التغيرات في أحوال المياه الجوفية (هيدرولوجية) وعناصر الأرصاد الجوية ، إن الغرض من هذه المنصات هو تجميع المعلومات وتخزينها ثم إرسالها عن طريق الأقمار الصناعية (Metosat) الى مقر شركة الحفر الوطنية في مدينة العين حيث تحفظ في حاسب آلي متطور ، تستخدم المعلومات المجمعة من المنصات لتأسيس قاعدة بيانات يمكن الإستفادة منها في التخطيط لإدارة وحماية موارد المياه الجوفية في دولة الإمارات العربية المتحدة.

المقدمة :

أسست شبكة رصد المعلومات عن أحوال المياه الجوفية (الهيدرولوجية) وعناصر الأرصاد الجوية كجزء من برنامج تعاون مشترك بين شركة الحفر الوطنية (أبوظبي) وهيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية لتأسيس قاعدة بيانات بغرض الإستفادة منها في تقييم مصادر المياه الجوفية لإمارة أبوظبي .

أنشأ البرنامج منصات تجميع المعلومات (DCP's) في المنطقة الشرقية وليوا في الفترة ما بين ١٩٩١و١٩٩٤ لتوفير معلومات عن أحوال المياه الجوفية كمستوى سطح المياه ودرجة حرارة المياه ودرجة الملوحة وعن الأرصاد الجوية كمعدلات الحرارة وكمية الأمطار (مادي ١٩٩٣).

الموقع الجغرافي :

تحد دولة الإمارات العربية المتحدة (شكل ١) من الشمال الخليج العربي ومن الشرق سلطنة عمان وخليج عمان ومن الجنوب الغربي المملكة العربية السعودية ، وتبلغ مساحة الإمارات العربية المتحدة ٨٣٦٠٠ كيلومتر مربع ، وتعتبر مدينتي أبوظبي والعين أكبر مدن الدولة مقارنة بالتعداد السكاني . تقع دولة الإمارات العربية المتحدة في مناطق صحراوية ذات مناخ شبه مداري يقع تحت تأثير مناخ الخليج العربي والخليج الهندي وفي المناطق الساحلية منها درجتي الحرارة والرطوبة عالية جداً في فصل الصيف أما المناطق الداخلية تتميز بدرجة حرارة تتراوح ما بين ٤ درجة مئوية في شهر يناير و ٤٩ درجة مئوية في شهر يونيو و يوليو وترتفع الى أعلى معدل لها في شهر سبتمبر في حين تكون الرطوبة معتدلة (سكاتشل ١٩٧٨م) .

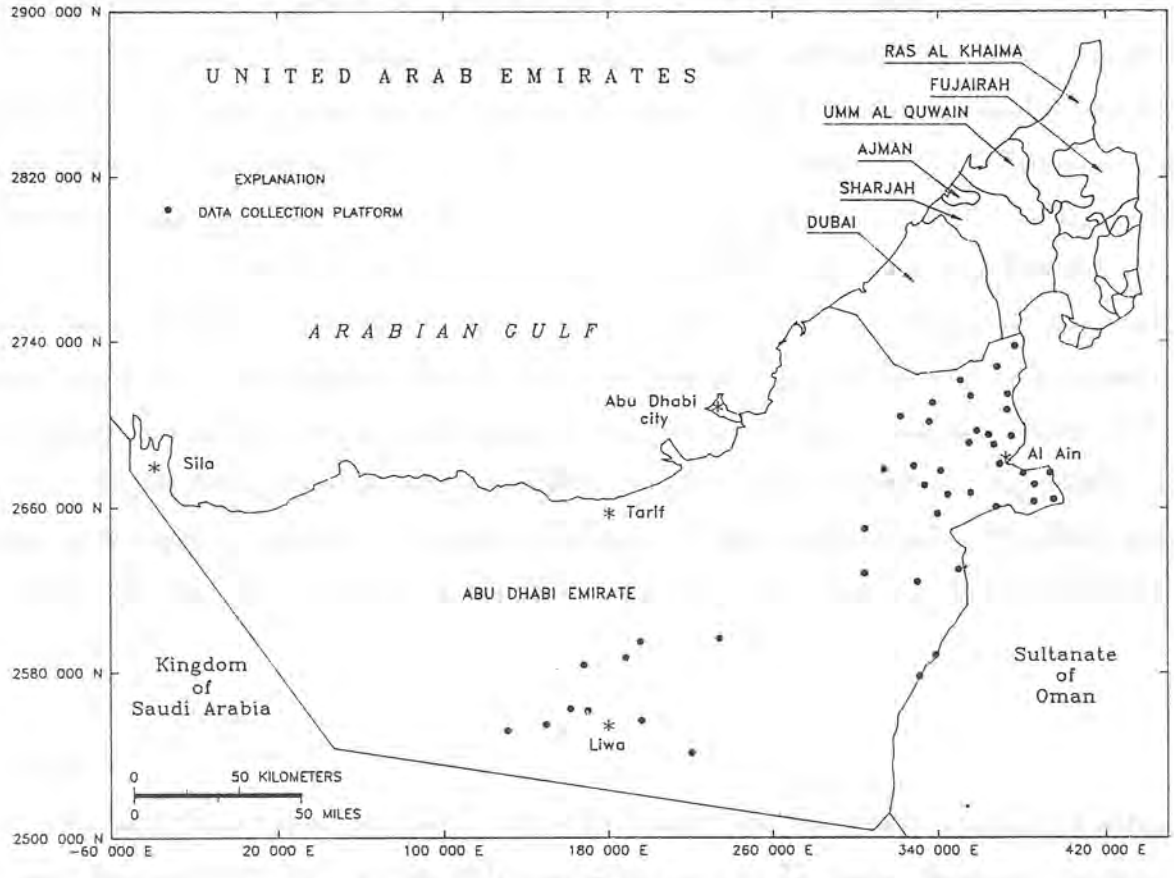


Figure 1. Locations of NDC–USGS Ground–Water Research Project data collection platforms, in Abu Dhabi Emirate, 1994.

الأهداف والمحتوى :

إن الهدف من إستخدام منصة تجميع المعلومات هو تسهيل عملية المتابعة اليومية من المناطق الصحراوية النائية لمستويات المياه ودرجة الملوحة والأحوال الجوية كمعدلات درجة الحرارة والأمطار وسرعة وإتجاه الرياح وتستعمل للإستفادة في إنجاز أهداف مشروع دراسة مصادر المياه الجوفية .

هذه الورقة تناقش عملية جمع وتخزين المعلومات المتعلقة أحوال المياه الجوفية وعناصر الأرصاد الجوية بواسطة منصة تجميع المعلومات (DCP's) للإستفادة منها في تقييم مصادر المياه الجوفية والتحكم في إستغلالها ، وكذلك أجهزة الإحساس (Sensors) المتصلة بهذه المحطة مع تحليل مبدئي وعرض للبيانات في شكل جداول ورسوم بيانية .

منصة تجميع المعلومات

منصة تجميع المعلومات (شكل ٢) عبارة عن جهاز حاسب آلي متطور يمثل تكنلوجيا متقدمة في هذا المجال يستطيع العمل تحت أقصى الظروف المناخية حيث درجة الحرارة تتراوح ما بين ٢٥ - ٦٥ درجة مئوية والرطوبة النسبية ما بين صفر و ٩٥ في المائة والإرتفاع الى ٢٠٠٠ قدم من مستوى سطح البحر (سينيرجتك ١٩٨٧) يوضع هذا الجهاز داخل صندوق فولاذي لحمايته من التقلبات الجوية ويركب على بئر المراقبة ويوصل بأجهزة كشف على الأحوال الجوفية (الهيدرولوجية) وعناصر الأرصاد الجوية لتجمع وتخزن ثم ترسل المعلومات عن طريق القمر صناعي (Metosat) . ومن أجل ذلك تحدد رئاسة وكالة الفضاء الأوروبية (European Space Agency) أقنية

Figure 2. Operational Data Collection Platform near Al Ain.

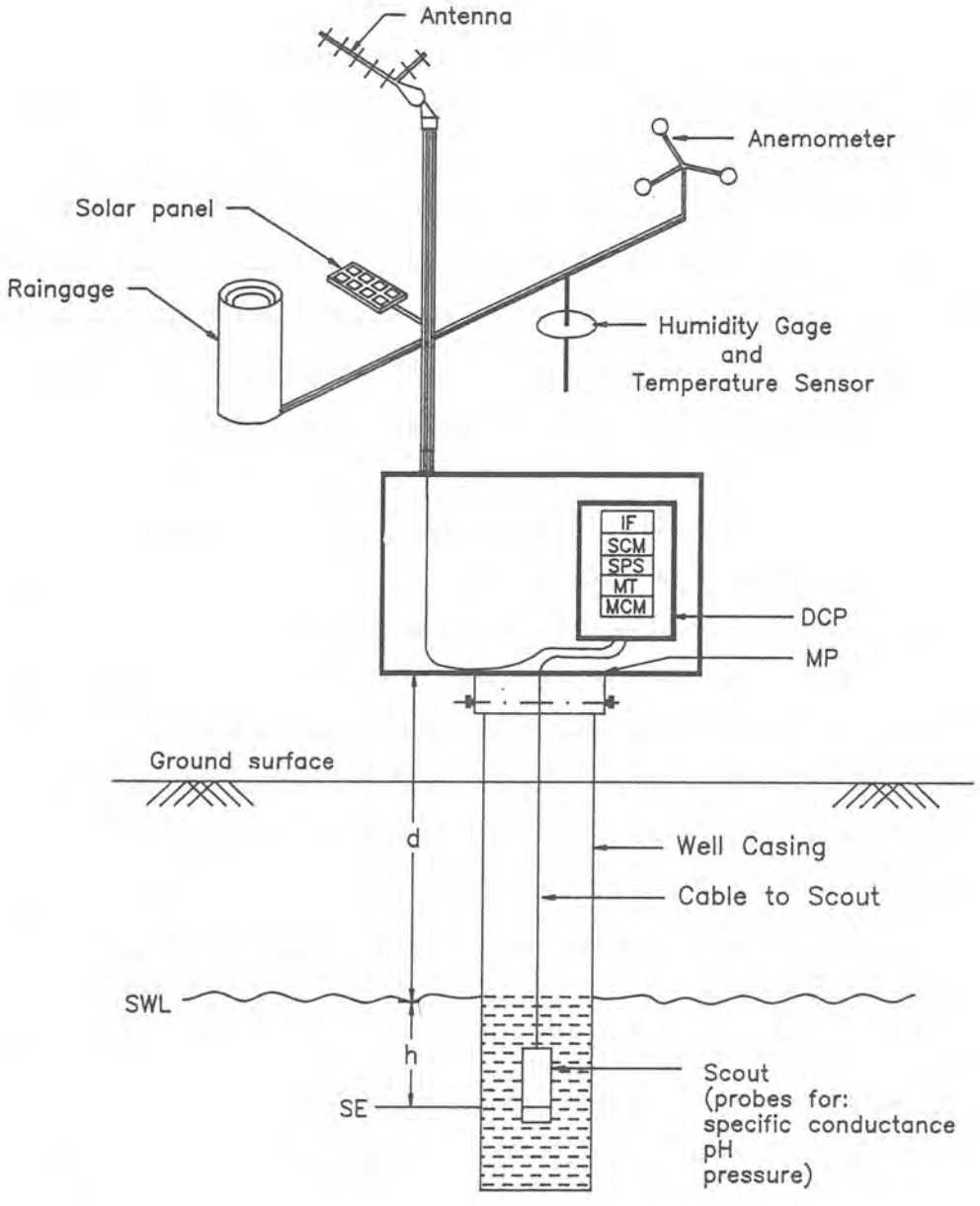
وأرقام الإتصال ومواقيت البث . ومن مميزات هذا الجهاز المراقبة المستمرة للمعلومات والسرعة الفائقة للبث حيث يستغرق بث المعلومات من كل منصة وإستقبالها في مقر الشركة في مدينة العين من ١٠ الى ١٥ ثانية تقريباً . ويعتبر هذا الجهاز عملي في مجال المراقبة حيث يمكن بواسطته مراقبة التغيرات المستمرة في الخزانات الجوفية مما يعطي معلومات كافية عن كمية المياه المسحوبة وتظهر فائدته في مراقبة أحوال المياه الجوفية وعناصر الأرصاد الجوية في المناطق الصحراوية النائية التي يصعب الوصول اليها .

توزيع المنصات :

تتكون شبكة منصات تجميع المعلومات من ٤٣ منصة (شكل ١) موزعة في المنطقة الشرقية ومنطقة ليوا حيث تم تركيب هذه المنصات لإنجاز أهداف متعددة كتأسيس خط قاعدي لمستوى المياه لتغطية المنطقة الشرقية ومنطقة ليوا ولمراقبة مستوى سطح المياه الجوفية بالحقول التي يكثر منها السحب وأيضا للمراقبة المستمرة للمناطق ذات التغيرات في مستوى سطح المياه الجوفية ودرجة الملوحة . ويعاد توزيع هذه المنصات بين فترة وأخرى لمواكبة التغيرات في أحوال المياه الجوفية وعناصر الأرصاد الجوي .

مكونات المنصة :

تتكون المنصة من خمسة حجرات وضعت داخل صندوق إرتفاعه ٥٨ سم وعرضه ٣٠ سم وطوله ٣٦ سم مصنوع من الفولاذ (شكل ٣،٢) ومقاوم للصدأ ، والحجرة الأولى هي حجرة التحكم الرئيسية (Master Control Module) وهي عبارة عن حاسب آلي متطور يحتوي على ذاكرة للتخزين قصيرة المدى (٢٠ كيلوبايت) وأخرى مستديمة (٤ كيلوبايت) تساعد على تشغيل الحاسب الآلي بأقل طاقة ممكنة وذلك حفاظا على إستهلاك البطاريات . يمكن الإستفادة من هذه المنصة في المناطق النائية وإرسال المعلومات عن طريق خط تليفون أو راديو كما يمكن برمجة حجرة التحكم الرئيسية عن بعد . وتقوم وحدة التحكم الرئيسية بتحويل وتكثيف المعلومات المرصودة بأجهزة الكشف الى وحدات هندسية من خلال مجموعة من العمليات الرياضية . وكذلك الحاق الوقت لهذه القراءات من الساعة الداخلية وثم بثها بشكل وحجم منسق ، إن حجرة التحكم الرئيسية مزودة بساعة ميقات مع منبه تستعمل لإلحاق الوقت بالمعلومات المرصودة ولتشغيل الحاسب الآلي عند اللزوم . والحجرة الثانية هي حجرة تزويد الطاقة (Power Supply) وهي عبارة عن بطارية ذات جهد ١٢ فولت ، و تيار كهربائي ٨ أمبير قابلة للشحن . تشحن البطارية عن طريق توصيلها بجهاز شحن



Static Water Level (SWL)
Measuring Point Elevation (MP)
Water Head above Scout (h)
Scout Elevation (SE)
Depth of water table below MP (d)

DCP – Data Collection Platform
IF – Interface Module
SCM – Serial Communications Module
SPS – Solar Power Supply
MT – Meteosat Transmitter
MCM – Master Control Module

$SWL = MP - d$
$SWL = SE + h$

Figure 3. Schematic of DCP hydrological and meterological station.

يعمل بالطاقة الشمسية . ونظرا لوجود المواقع في مناطق نائية يصعب وصول التيار الكهربائي لها تخزن الطاقة المولدة في بطاريات هلامية الشكل تستعمل في تزويد جهاز الحاسب الآلي بالطاقة المطلوبة لتشغيله وأيضا تحتوي هذه الحجرة على منظم الجهد الكهربائي (Voltage) يعمل على تنظيم الطاقة وتحتوي أيضا على ألواح شمسية مركبة على أنبوبة هوائية (قرن إستشعار) تقوم بشحن البطاريات . أما الحجرة الثالثة فهو جهاز الإرسال (Metosat Transmitter) ذو تردد فوق عالي يغطي من ٤٠,٧٠١٠ -٤٠٢,٠٩٨٢ MHz على خطوات ١,٥ KHz والحجرة الرابعة هي حجرة إتصالات (Seriel Communication) يمكن توصيلها بحوالي ٣٧ جهاز كشف مختلف ، ونتائج هذه الأجهزة يمكن أن تكون قراءة في شكل أرقام أو إشارات ترددية والحجرة الخامسة هي الحجرة البينية (Interface Module) وقد زودت بطاقة قدرها ٥ فولت لإستخدامها في رصد قراءة أجهزة كشف عناصر الأرصاد الجوية وتحويلها الى حجرة التحكم الرئيسية وهي بدورها تقوم بتخزينها وبثها.

أجهزة الكشف للمياه الجوفية (هيدرولوجية) والأرصاد الجوية :

أجهزة الكشف (Sensors) للمياه الجوفية هي عبارة عن جهاز الكاشف (SCOUT) موصل بحجرة التحكم بمنصة تجميع المعلومات (DCP) ومزود بأجهزة كشف لأحوال المياه الجوفية (الهيدرولوجية) وهي بدورها تقوم بقياس مستوى سطح المياه ودرجة الحرارة والأس الهيدروجيني والموصلية النوعية والأكسجين المذاب ومن إرتفاع معين ومحدد يعلق الكاشف داخل البئر بواسطة حبل من الأسلاك المعزولة الى عمق ٢٠ قدم تحت مستوى سطح المياه (شكل ٣) وهذا الجهاز مزود بأجهزة ضغط منخفض وأجهزة ضغط مرتفع تصل الى ٣٠٠ قدم (هيدرولاب ١٩٨٨) أما أجهزة الكشف لعناصر الأرصاد الجوية فهي أجهزة منفصلة وموصلة بالحجرة البينية تقوم برصد القراءات وتحويلها الى حجرة التحكم الرئيسية في منصة تجميع المعلومات للتخزين والبث وتقوم بقياس كل من معدل درجة حرارة الجو وسرعة وإتجاه الرياح ومعدل الأمطار والرطوبة النسبية .(شكل ٤) يظهر احدى المحطات العاملة ضمن شبكة المراقبة التي انشئت من قبل مشروع مراقبة مصادر المياة الجوفية.

إرسال المعلومات عن طريق القمر الصناعي :

تقوم منصات تجميع المعلومات المركبة فوق الآبار ببث المعلومات الى القمر الصناعي (شكل ٥) المتمركز في وضع مداري فوق خط الإستواء وخط جرينتش الذي يقوم بإرسالها الى مركز الإستقبال بألمانيا (وكالة الفضاء الأوروبية ١٩٨١م) بعد معالجة المعلومات يتم إرسالها مرة أخرى بواسطة القمر الصناعي الى المحطة الأرضية بدولة الإمارات العربية المتحدة بإمارة أبوظبي بمقر شركة الحفر الوطنية بالعين ومحطة الإستقبال مزودة بحاسب آلي متطور يقوم تلقائيا برصد وتخزين المعلومات المرسلة بين منتصف الليل والساعة الثامنة صباحاً .

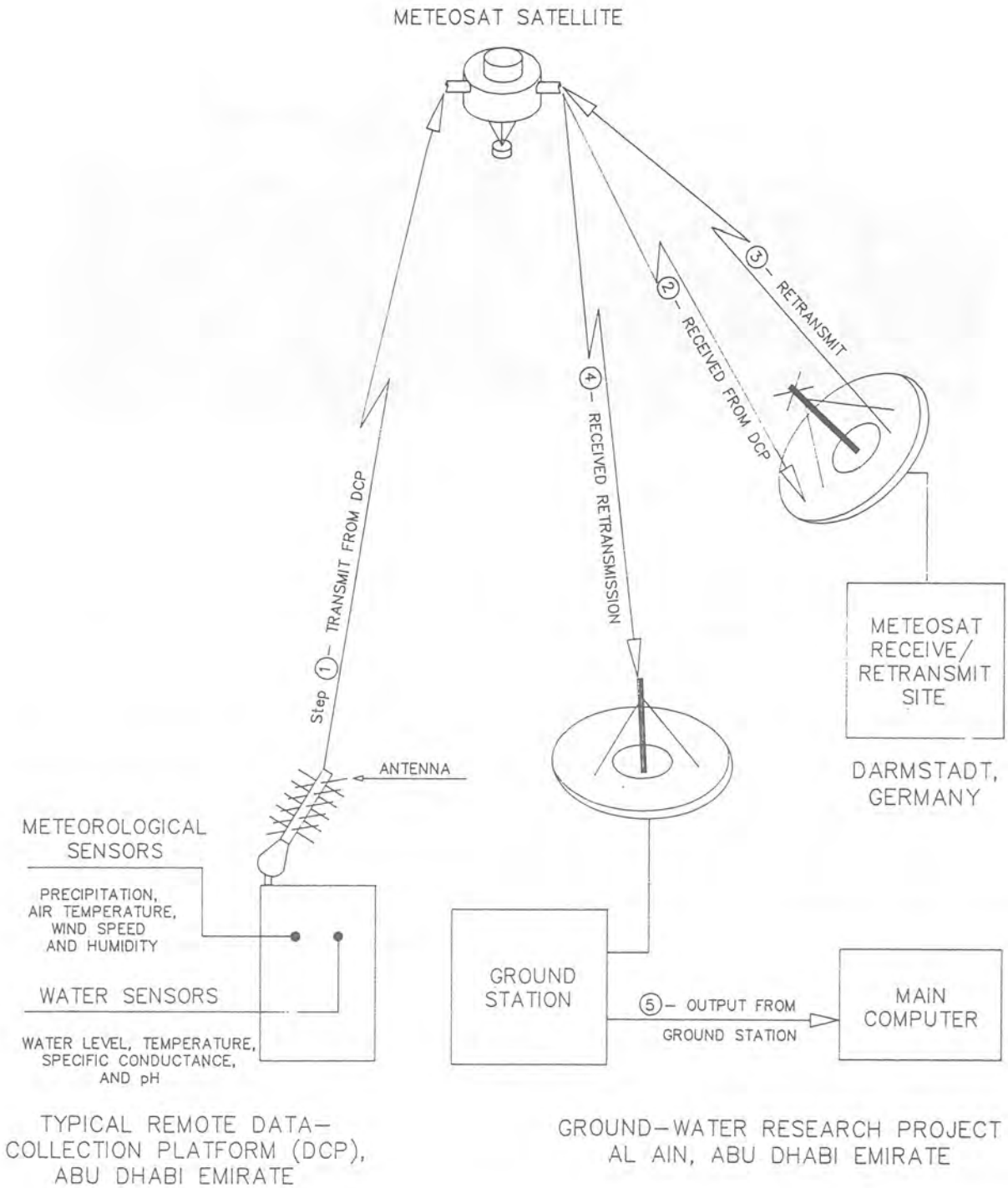


Figure 5. Automated data-collection system used to monitor ground-water levels and other hydrologic and meteorologic conditions.

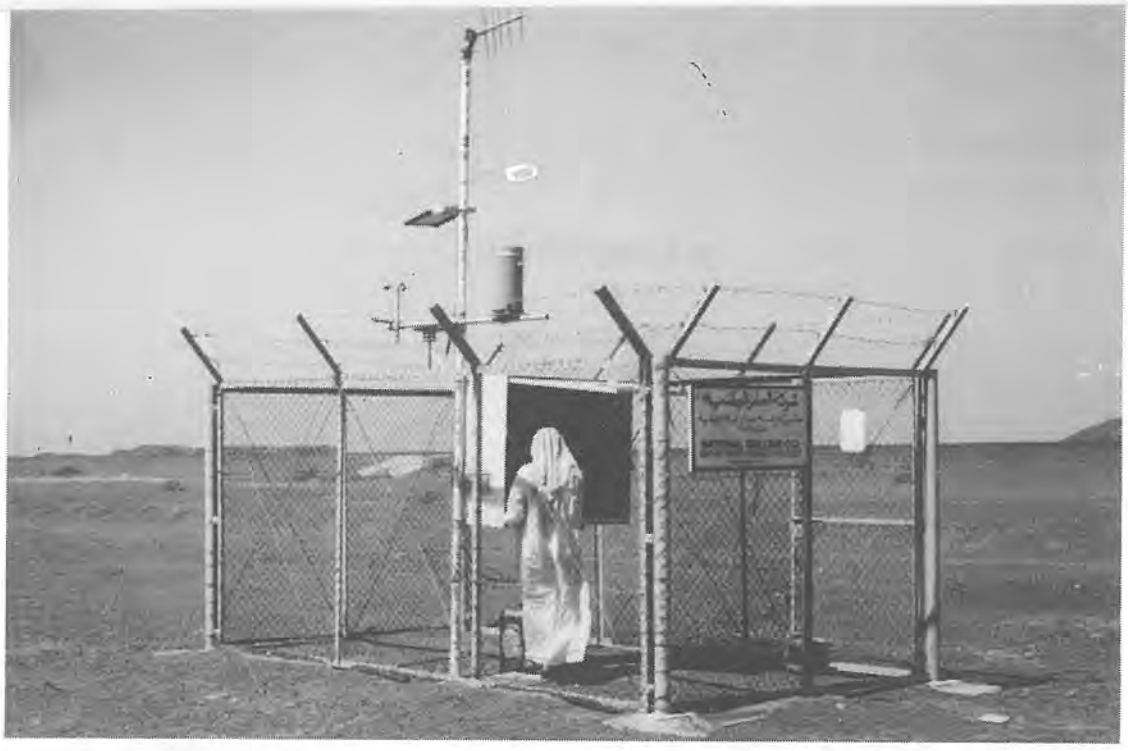
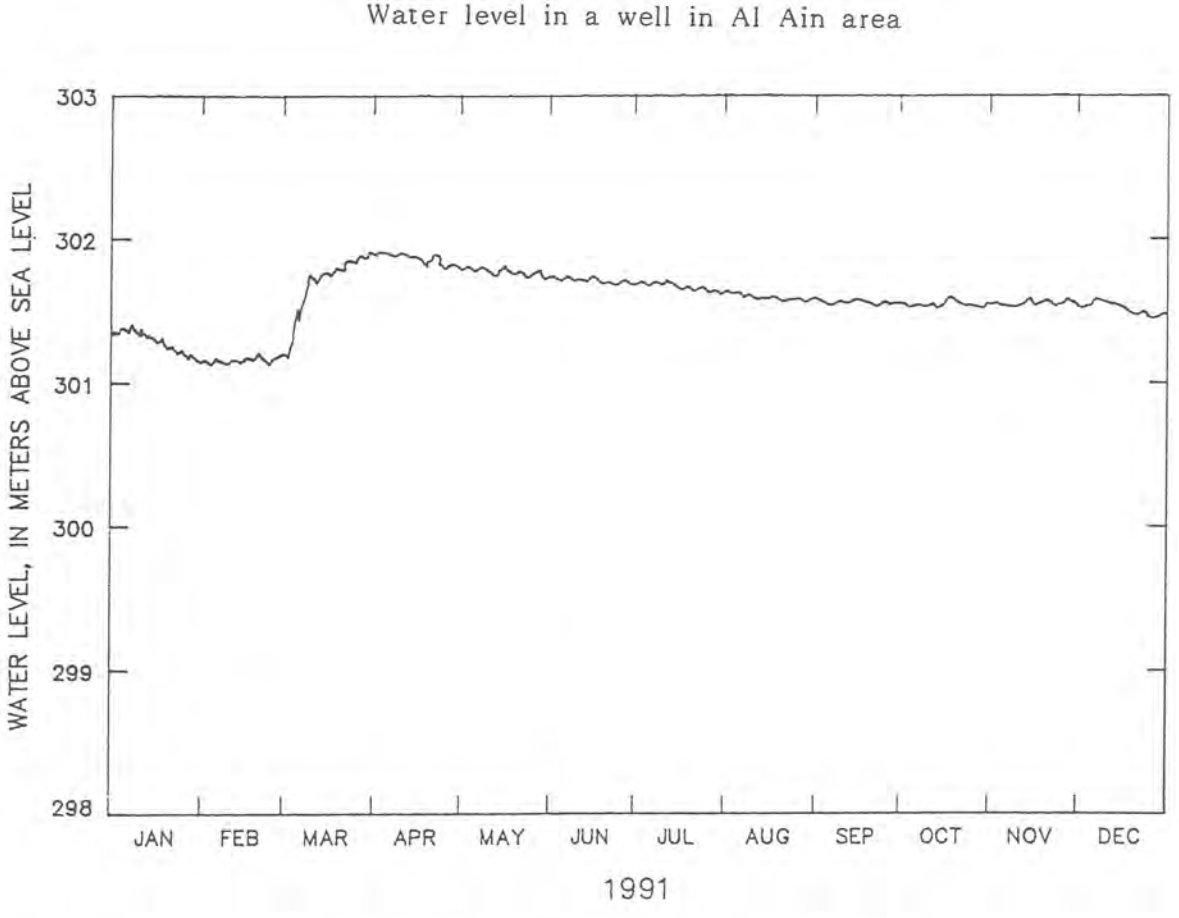


Figure 4. Hydrological and meterological monitoring station near Al Ain.

هنالك ثلاث حالات لإرسال المعلومات،الحالة الأولى هي زمن ذاتي (Self-Time) وهي عبارة عن إرسال المعلومات في فترات زمنية منتظمة تحكمها الساعة الداخلية لمنصة تجميع المعلومات (DCP's) . والحالة الثانية الإستجواب (Interrogate) وهي إرسال المعلومات عند إستقبال الإشارة . والحالة الثالثة هي الإنذار (Alert) وهي إرسال معلومات قليلة عند تجاوز إحدى القراءات المستوى المسموح به . الحالة الأولى (زمن ذاتي) والحالة الثانية (الإستجواب) محددة بدقيقة واحدة للإرسال بينما فترة الإرسال في الحالة الثالثة (الإنذار) محدودة بـ ١٠ ثواني لتقليل تداخل البيانات للقنوات المختلفة ، علما بأن الحالة الأولى (زمن ذاتي) هي المستعملة في مشروع مصادر المياه الجوفية بإمارة أبوظبي .

جمع المعلومات من المنصات مع التحليل والعرض :

كانت عملية جمع المعلومات عن أحوال المياه الجوفية وعناصر الأرصاد الجوية في الماضي تتم بطريقة بدائية وتحفظ داخل ملفات وهذه الطريقة غير عملية من حيث الزمن ودقة طريقة حفظها من التلف. لذا قامت شركة الحفر الوطنية بتطوير طريقة جمع المعلومات بإدخال نظام المنصات لتوفير الزمن الكافي وحفظ المعلومات بطريقة سليمة لضمانها وسلامتها من التلف في حاسب آلي متطور ويمكن إجراء عدة تحاليل للمعلومات للإستفادة منها في أغراض متعددة (شكل ٦) يوضح رسم بياني لدرجة الحرارة ومستوى سطح المياه تم رسمه بناءا على المعلومات التي حصل عليها من منصة تجميع المعلومات (هنيدي وصلاح ١٩٩٤) .



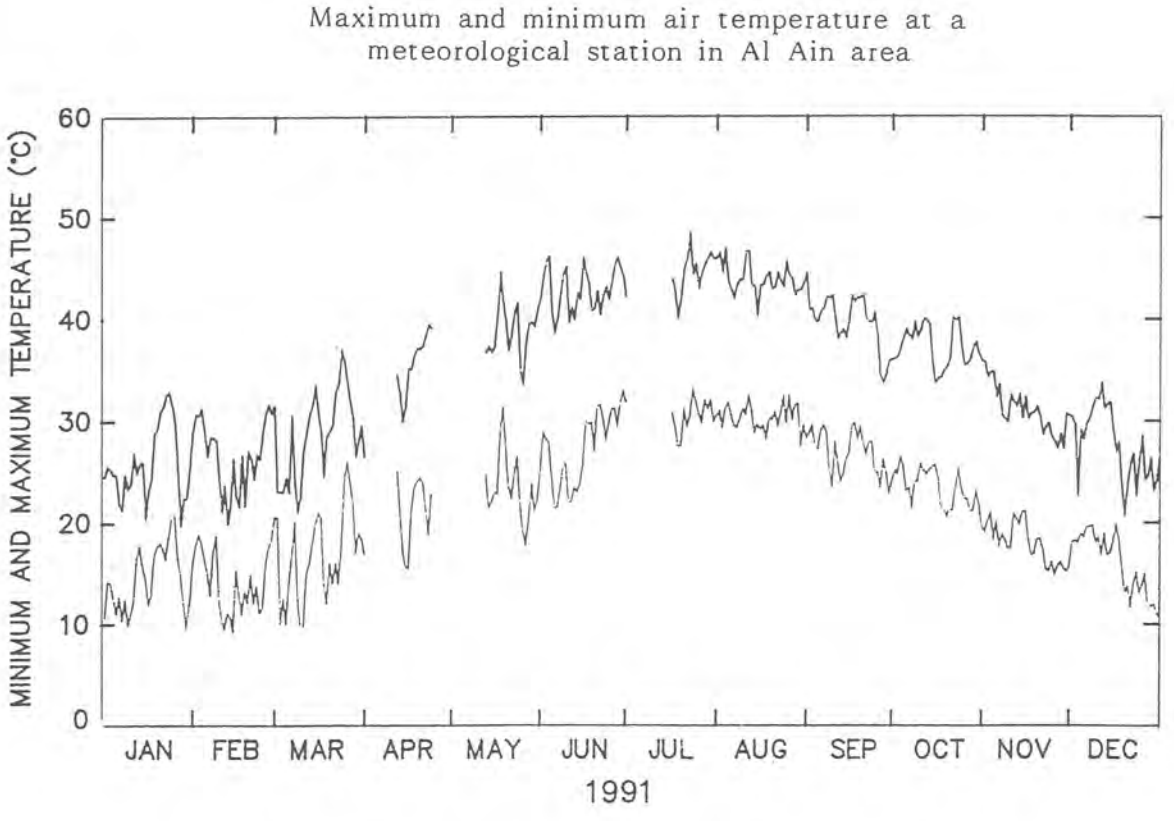


Figure 6. Example plots of data collected using DCP's in the Emirate of Abu Dhabi.

إستعمالات أخرى لمنصة تجميع المعلومات (DCP's) :

يمكن إستخدام منصة تجميع المعلومات حينما تزود بأجهزة الكشف المناسبة لمراقبة عوامل البيئة والمناخ والأرصاد الجوي والمياه الجوفية والتلوث في الهواء والمناطق الساحلية ويمكن جمع المعلومات من منصة مراقبة التلوث عن ثاني أكسيد الكبريت وأكسيد النتروجين وأول أكسيد الكربون مثالا كمراقبة ناتج الهواء من مصانع ومحطات توليد الكهرباء ويمكن أيضا تجميع المعلومات من المنصات الساحلية عندما تزود بأجهزة كشف عن زمن وإرتفاع موجات سطح البحر ودرجة حرارة البحر ، ومنصة تجميع المعلومات من الخزانات والسدود تعمل بصورة دقيقة بإرسال إشارة إنذار عند حدوث فيضانات أو تغير ملحوظ في درجة الملوحة.

كما يمكن تجميع المعلومات من منصات المناخ والأرصاد الجوي عندما تزود بأجهزة كشف عن عدد ساعات الشمس وسرعة إتجاه الرياح ومعدل درجة الحرارة ومعدل كمية الأمطار والضغط الجوي والرطوبة النسبية والإشعاع فوق البنفسجي ويمكن الإستفادة من هذه المعلومات في مجال الدراسات والأبحاث العلمية المختلفة .

وبشكل عام يمكن مراقبة أي عامل اذا توفرت أجهزة الكشف المناسبة المتصلة بجهاز تجميع المعلومات . ويبقى الإستعمال الأمثل لهذا الجهاز في مراقبة العوامل ذات التغيير البطيء وكذلك المواقع النائية صعبة الوصول .

المراجع :

١- وكالة الفضاء الأوروبية ١٩٨١م ، نظام تجميع المعلومات ميتوسات ، نظام دليل مجلد ١٠ درامستاد ألمانيا .

٢- تقرير إداري عن معلومات المياه الجوفية والأرصاد الجوية لمنطقة العين (عصام ، صلاح ، أسامة ١٩٩٤م) .

٣- دليل تشغيل السكاوت ١٩٨٨م (أريستن تكساس) .

٤- تقرير إداري لهيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية موارد المياه الجوفية بالعين ١٩٩٣م (ديفيد مادي) .

٥- علم البيئة لدولة الإمارات العربية المتحدة ١٩٨٩م (ج-ي ساتشل)

٦- دليل حجرة التحكم الرئيسية (سنجرتك ١٩٨٧م) رقم ب ٣٤٠١ كتاب الدليل الفني ف.ي.و وثيقة رقم ٠٣٤٠١-٩٤١٠٢ بولدر كلامادور .

العينات الصخرية والتصوير البتروفيزيائي وأهميتها في تأسيس البيئة الهيدروجيولوجية لإمـــارة أبوظبي

إعداد : مهندس ، فوزي محمد / شركة الحفر الوطنية .

الخلاصة :

يستخدم التصوير البتروفيزيائي مع العينات الصخرية المستخلصة من الحفر بصورة شاملة في وضع تصاميم آبار المياه وتشخيص جيولوجية الطبقات التحتية في إمارة أبوظبي .

يتم بواسطة التصوير البتروفيزيائي في الحقول تحديد مستوى الماء , وتحديد الطبقات ذات المسامية والنفاذية وأيضا حساب نسبة الملوحة بالإضافة الى تحديد أماكن وضع الفلاتر ومواسير التغليف في البئر (حيث توضع الفلاتر بالطبقات الحاملة للمياه). يتم التحليل التفصيلي للتصوير البتروفيزيائي بمساعدة برامج تعمل بالحاسوب مثال برنامج (لوجان ٢ - LOGAN 2) . وبرامج أخرى طورت بواسطة شركة شلمبرجر لمعرفة حدود ومقارنة الطبقات التحتية وأيضا حساب كمية الهواء ، الماء ، الكربونيت، المتبخرات، الرمل، السربنتين بالإضافة الى حساب كمية الأملاح المذابة.

المقدمة :

تم عام ١٩٨٨ تأسيس مشروع دراسة مصادر المياه الجوفية بالتعاون بين شركة الحفر الوطنية والهيئة الأمريكية للمسح الجيولوجي وذلك لغرض تقييم المياه العذبة والمياه شبه المالحة في إمارة أبوظبي ، شملت المرحلة الأولى عام ١٩٨٨-١٩٩٣م دراسة منطقتي العين و ليوا (تقرير مادي ١٩٩٣ وآيمز ١٩٩٤). وضعت المرحلة الثانية لعامي (١٩٩٤ - ١٩٩٥) لتغطية ما تبقى من المرحلة الأولى في إمارة أبوظبي.

يشمل برنامج المشروع بين عام ١٩٨٨-١٩٩٤م حفر وفحص ما مجموعه ١٦٥ بئراً أختبارية يجرى عليها تحليل العينات الصخرية وتصويراً بتروفيزيائياً لتحديد الطبقات الحاملة للمياه .

الغرض من التقرير ومداه :

الغرض من هذا التقرير هو وصف الوسائل التقنية وأهميتها في تأسيس البيئة الهيدروجيولوجية لإمارة أبوظبي وأيضا وصف الدور الأساسي لتحليل العينات الصخرية المستخرجة من الحفر والتصوير البتروفيزيائي للآبار لمعرفة هيدروجيولوجية المنطقة تحت الدراسة .

يلخص هذا التقرير المفاهيم والطرق التقنية المستخدمة بواسطة الكادر الفني للمشروع في تجميع وتحليل العينات الصخرية المستخرجة أثناء الحفر وأيضا طرق ترجمة وتحليل التصوير البتروفيزيائي بإستثناء العمليات الحسابية المعقدة .
وبصورة أخرى يعطي التقرير صورة عامة عن جيولوجية المنطقة .

الموقع والمناخ لمنطقة الدراسة :

إمارة أبوظبي، أكبر الإمارات السبع التي تكون دولة الإمارات العربية المتحدة ، تقع على الساحل الشمالي الشرقي لشبه الجزيرة العربية . تبلغ مساحة إمارة أبوظبي (شكل ١) ٦٧,٠٠٠ كلم٢ ، وتمتاز بالمناخ الصحراوي وندرة المصادر السطحية للمياه العذبة ، وكذلك محدودية التغذية لمصادر المياه الجوفية ، ولذلك تمت دراسة ومسح مصادر المياه الجوفية في مساحة تبلغ ١٦,٨٠٠ كلم٢ بمنطقة العين ومساحة ١٤,٧٠٠ كلم٢ بمنطقة ليوا .

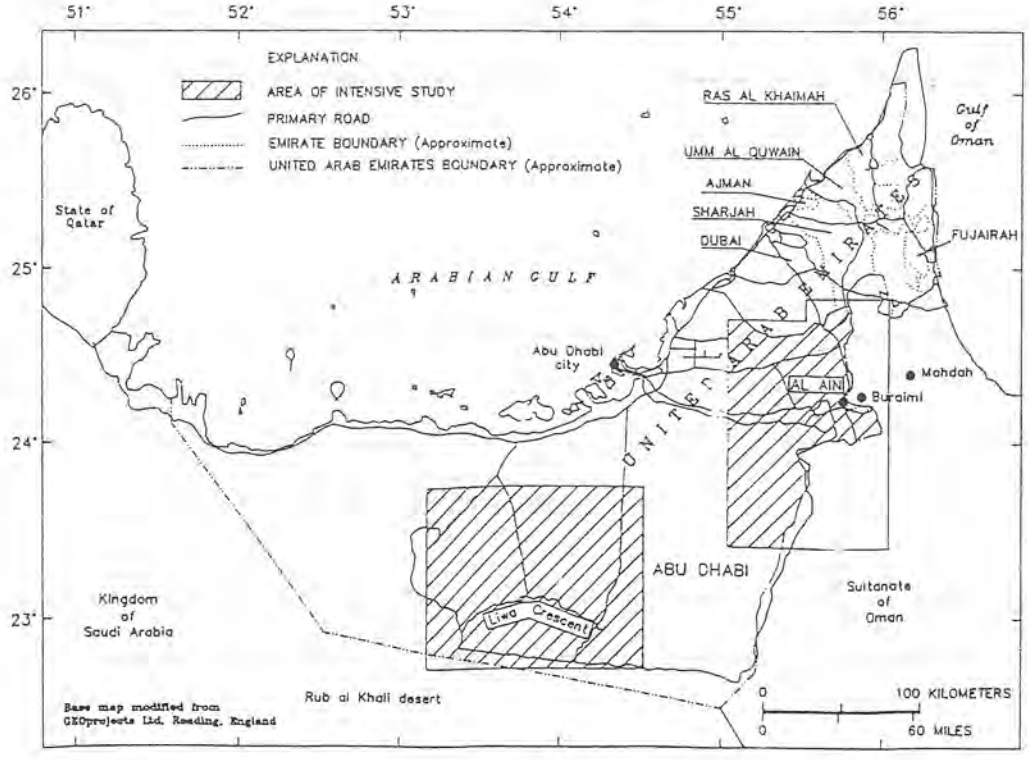


Figure 1. United Arab Emirates and locations of areas within Abu Dhabi Emirate.

الطبقات الأرضية :

تعتبر صخور العصر الطباشيري (Cretaceous) أقدم الصخور التي تمتاز بوجود مكامن هيدرولوجية للمياه . قام المشروع بدراسة مصادر المياه الجوفية بحفر آبار إختبارية تتراوح أعماقها بين ٤١ الى ٨٩٤ مترا وأجريت عليها التحاليل اللآزمة للعينات الصخرية المأخوذة أثناء الحفر والتصوير البتروفيزيائي لمعرفة الحدود الترسبية وتواصل التعرية وأخيرا لمعرفة البيئة الهيدروجيولوجية .

تترتب الوحدات الليثولوجية الصخرية من الأقدم الى الأحدث (أكبر عمراً الى الأصغر عمراً) تكويني الكحلة و السمسمة (من الطباشيري الأعلى) ، تكاوين أم الرضومة ، الراس و الدمام (من الباليوسين و الآيوسين) ، وطبقة الأسمري (أليجوسين) ، تكويني الفارس السفلي والعلوي (المايوسين)، الصخور الرسوبية ما بعد تكوين الفارس ، والترسيبات الغرينية ، الريحية والسبخة (من الحقبة الرابعة - Quaternary) .

(جدول ١) يوضح عينات الصخور وسمكها وقيم أشعة جاما المأخوذة من التسجيل البتروفيزيائي ومدى كمية المياه لهذه الوحدات الصخرية .

العينات الصخرية المأخوذة أثناء الحفر :

يتم أخذ العينات الصخرية أثناء الحفر على أعماق منسقة من الطبقات التحتية أو حسب طلب الجيولوجي المسئول ، تعطي هذه العينات صورة كاملة عن الوحدات الطبقية التحتية وتكويناتها الصخرية . ففي بداية المشروع كانت العينات تؤخذ على مسافة خمسة أقدام للمائة قدم الأولى ثم تؤخذ كل عشرة أقدام حتى العمق النهائي للبئر, باتباع الإجراءات التالية :-

١- إيقاف الحفر بعد كل عشرة أقدام .
٢- دوران سائل الحفر للتأكد من نظافة الجزء المحفور من البئر .
٣- بعد ذلك يستمر الحفر للعشرة أقدام التالية .

باتباع الإجراءات أعلاه يمكن التأكد من أن العينة الصخرية المأخوذة تمثل تقريبا العمق الذي أخذت منه ، وباستمرارية دوران سائل الحفر حتى بعد إيقاف الحفر يمكن التأكد من نظافة جوانب البئر الداخلية من اللواصق .

Table 1. Lithology, thickness, gamma radiation, and hydrological potential for consolidated rocks and Quaternary deposits in Abu Dhabi Emirate (API, American Petroleum Institute unit).

PERIOD/ EPOCH/AGE	FORMATION OR UNIT NAME	MAJOR LITHOLOGIES	APPROXIMATE RANGE IN THICKNESS (meters)	APPROXIMATE RANGE IN GAMMA RADIATION (APD)	HYDROLOGICAL POTENTIAL
QUATERNARY	Alluvium and undifferentiated eolian and sabkha deposits	Gravel, sand, silt, clay, evaporitic minerals	3 - 130	18 - 55	Present the main fresh ground-water aquifer in Abu Dhabi Emirate.
PLIOCENE	Post-Fars sedimentary rocks	Conglomerate, sandstone, siltstone, mudstone, claystone	0 - 315	1 - 11	Known to yield relatively fresh ground-water in eastern Abu Dhabi Emirate.
MIOCENE	Upper Fars Formation	Conglomerate, sandstone, siltstone, mudstone, limestone, marl	22 - 685	3 - 28	Upper miocene clastics are known to yield water in the Emirate of Abu Dhabi.
	Lower Fars Formation	Gypsum, anhydrite, claystone, shale, limestone		0 - 66	Not known to yield water in eastern Abu Dhabi Emirate. However, Oligo-miocene clastics do bear some hydrological potential in western Abu Dhabi Emirate.
OLIGOCENE	Asmari Formation	Marl, limestone, shale	0 - 260	15 - 135	Not known to yield water in the eastern part of Abu Dhabi Emirate.
EOCENE TO PALEOCENE	Dammam Formation	Limestone, marl, shale, evaporite	61 - 488	5 - 55	In western Abu Dhabi Emirate, the Dammam and Umm er Radhuma Formations have good hydrological potential but poor water quality.
	Rus Formation		140	2 - 50	
	Umm er Radhuma Formation		305 - 610	10 - 60	
UPPER CRETACEOUS	Simsima Formation	Limestone, dolomite	365	7 - 15	Presents reasonably fresh ground-water aquifer near the outcrops north of Al Ain area.
	Qahlah Formation	Conglomerate, sandstone, siltstone, shale	140	18 - 35	Expected to be part of the Simsima limestone aquifer.

لزيادة معدل سرعة الحفر وللتأكد من أن العينات المأخوذة تمثل تقريبا الأعماق التي أخذت منها وأيضا للتأكد من نظافة البئر من اللواصق ، تم تعديل الإجراءات الى التالي :-

١- تؤخذ العينات على مسافة ١٠ أقدام عمق أثناء الحفر .
٢- استمرارية الحفر بمواسير حفر طول ٣٠ قدم .
٣- استمرارية دوران سائل الحفر بعد إضافة مواسير حفر جديدة ..

يتم أخذ العينات بواسطة غربال الطين الهزاز المصمم لهذا الغرض في الآبار التي يتم تحديدها من أجل تحاليل الطبقات الأرضية العميقة ، كما تؤخذ العينات من مجرى الحفر في الآبار الإختبارية الضحلة بواسطة مصفى بلاستيكي صغير .

يتم غسيل ونشر العينات المأخوذة من الحفر وتوصف بعد أن تجفف في الهواء وتوضع في أكياس قماش صغيرة مصممة لهذا الغرض موضح عليها رقم البئر والعمق التي أخذت منه العينة .

يتم وصف العينات في الحقول وفي المعمل على نموذج وصف خاص صمم خصيصا بواسطة المشروع لهذا الغرض . تتم مراجعة الإستمارة في المكتب ويتم إدخالها في إستمارة إدخال المعلومات في قاعدة البيانات للحاسوب الخاص بمشروع دراسة المصادر الجوفية .

في بعض الأحيان تؤخذ عينات بواسطة التفجير من أجل إجراء تحليل مفصل للطبقات التحتية ، يتم تحليل هذه العينات المأخوذة بالتفجير بواسطة شركة روبرتسون في المملكة المتحدة ، ليجرى عليها تحاليل للحفريات ، ونوعية الصخور والمسامية ، وتحلل بالأشعة تحت الحمراء والأشعة السينية لمعرفة نوعية المعادن والعناصر المكونة للصخور أو ما يسمى جيوكيميائية الصخور .

التصوير البتروفيزيائي :

وضع برنامج شامل للتصوير البتروفيزيائي على الآبار لمعرفة المعلومات الجيولوجية والهيدروجيولوجية لإمارة أبوظبي . حتى مارس ١٩٩٤ قام مشروع دراسة مصادر المياه الجوفية بإجراء التصوير البتروفيزيائي على ما مجموعه ١٠١ بئرا إختباريا .

مجموعة التسجيلات القياسية المستخدمة في المشروع :

منطقة الآبار الإختبارية للمشروع يتم تصويرها بتروفيزيائيا بواسطة شركة شلمبرجر فرع الشرق الأوسط بمعدل تكاليف يبلغ ١٧,٠٠٠ دولار أمريكي على المؤلفة الواحدة . (جدول ٢) يوضح وظائف واستعمالات التصوير البتروفيزيائي .
تحتوي مؤلفة مجموعة التسجيلات القياسية المستخدمة في المشروع على الآتي :-

١- تسجيل الجهد التلقائي (Spontaneous Potential).
٢- تسجيل الحث الكهربائي (ضحل ، عميق) - (Dual Induction).
٣- المقاومة الدقيقة (Microresistivity).
٤- النيوترون المعادل (Neutron Porosity).
٥- تسجيل كثافة المعادل (Bulk Density).
٦- التصوير الصوتي المعادل (Sonic).
٧- تسجيل نصف قطر البئر (Caliper).
٨- تسجيل أشعة جاما (Gamma Ray).
٩- تسجيل الفوتواليكتريك (Photoelectric).

يستخرج من قوائم تسجيلات التصوير البتروفيزيائي نسبة ملوحة المياه ، المسامية وحجم التكوينات الليثولوجية الصخرية . بالإضافة الى مجموعة التسجيلات القياسية أعلاه إستخرج من أربعة آبار إختبارية منتقاة بواسطة المشروع في منطقة العين نوعين من التسجيلات الخاصة وهي :
التسجيل الطبقي لأشعة جاما المسمى بأداة التصوير الجيوكيميائي (GIT) وتسجيل التفتت الحراري الزمني (TDT) .

يستخدم التصوير الجيوكيميائي (GIT) في معرفة حجم الطفل (Clay) ونوعية المعادن والعناصر وأيضا يستخدم لقياس النفاذية . ويشمل تسجيل التصوير الجيوكيميائي (GIT) على تحديد نوعية المعادن والعناصر مثل المونيوم ، سيلكون ، كالسيوم ، حديد ، كبريت ، بوتاسيوم ، يورانيوم ، ثوريوم .

تمت مقارنة قياسات كميات هذه العناصر مع المجموع المحسوب لكيميائية الصخور من العينات المأخوذة بالتفجير مقارنة مع المعلومات الجيولوجية المتاحة. أعطت نتيجة هذه البحوث التفصيلية للتصوير البتروفيزيائي تسجيل ١٤ عنصراً مقارنة بـ ٨ عناصر نموذجية معالجة بواسطة الحاسوب (شكل ٢) .

Table 2. Types of geophysical logs and their function, purpose, and use -- Continued

Type of log	Function	Purpose and use
Compensated sonic	Measures acoustic-energy travel velocity through fluids and surrounding rocks.	Identifies lithology and measures porosity. Can be used in conjunction with neutron and density logs for porosity and lithology determinations. Useful in determining water levels.
Caliper	Measures borehole diameter	Useful in evaluating borehole-diameter effects on other logs and correlating stratigraphic units. Indicates presence of mud cake, which is usually an indicator of permeability.
Gamma ray	Records total (naturally occurring) gamma radiation within a selected energy range.	Most extensively used nuclear log in ground-water studies. Useful for identification of lithology and stratigraphic correlation. Can be used in cased wells.
Photoelectric factor	Measures effective area that a single target presents to an incoming particle for a nuclear reaction to take place.	Identifies lithology. Useful in identifying calcareous and evaporitic lithologies. Can also be used in picking formational boundaries
Water salinity	Measures connate and apparent salinities from resistivity, porosity and formation temperature.	Used in estimating formation water quality.
Lithologic units and volumes	A computer processed interpreted log produced by using standard suite of logs as well as lithological data.	Useful in identifying lithologies, defining formational contacts, and correlating geological formations.

Table 2. Types of geophysical logs and their function, purpose, and use (modified from Jorgensen and Petricola, 1993)

Type of log	Function	Purpose and use
Spontaneous potential (SP)	Records potentials (voltages) that develop from chemical activities of fluids in the borehole and adjacent rocks	Used to estimate formation water quality, locate zones of permeability, identify clay layers, and estimate clay content.
Dual induction, medium and deep or resistivity.	Measures deep and medium resistivities of the formation.	Defines bedding boundaries and assists in stratigraphic correlation. Qualitatively indicates mud invasion, a function of permeability. Can be used to estimate formation water quality.
Micro-resistivity	Measures resistivity of a thin section (2 to 5 centimeters) at the borehole wall.	Indicates presence or absence of mud filtrate, thus indicates permeability. Provides high resolution of thin lithologic layers. Can be used to estimate formation water quality when used in conjunction with deep-resistivity measurements.
Compensated neutron	Provides a record of neutron interactions that occur in the vicinity of a borehole. Interactions are related to quantity of hydrogen (principally water) present.	Measurement of porosity, water content, and material characteristics, which allow lithology determinations (in conjunction with density and sonic logs). Useful in determining water levels. Can be used in cased holes.
Compensated density (gamma-gamma)	Measures radiation received at a detector from a gamma source in the same probe.	Gamma-radiation attenuation is proportional to the bulk density of rocks. Gives information on density and lithology and allows porosity analysis.

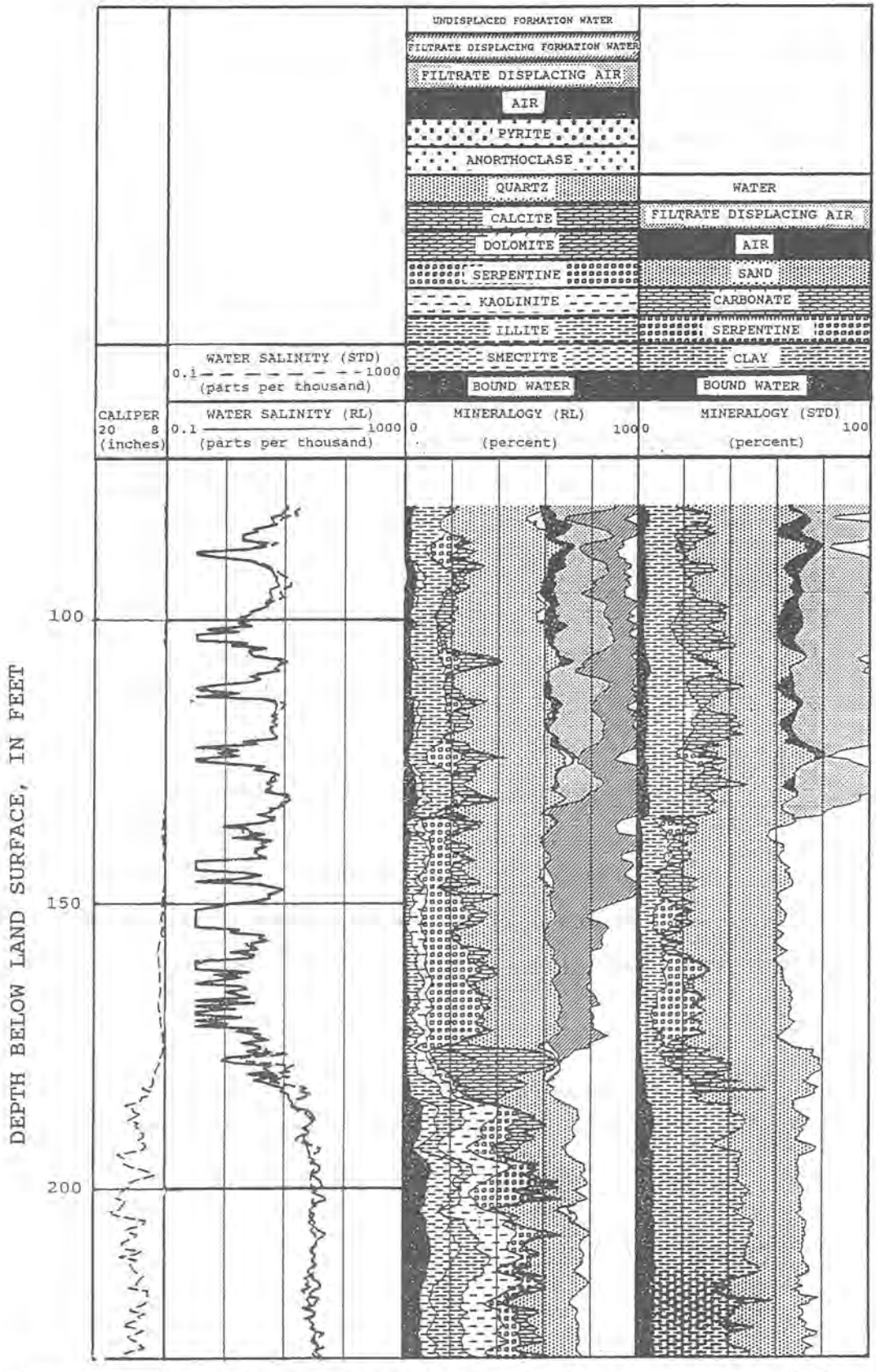


Figure 2. Computer-interpreted properties from research logging (RL) and from a standard (STD) suite off logs for a test borehole in Al Ain area.

إستعمالات التصوير البتروفيزيائي :

تستعمل قوائم التصوير البتروفيزيائي في مشروع دراسة مصادر المياه الجوفية للدراسات الجيولوجية حيث يستخدم مع العينات الصخرية لتحديد نوعية الصخر والتكوينات الجيولوجية وسمك التكوينات، وأيضا تستعمل في مقارنة التكوينات التحتية للآبار .

يستخدم التصوير البتروفيزيائي أيضا في مقارنة معلومات المقاومة المأخوذة من المسح الكهرومغناطيسي العابر (Transient Electromagnetic) لتحديد فواصل التكوينات والطبقات. وأيضا التسجيل التأليفي الزلزالي (Acoustic Impedance) الذي يعتمد على السجل الصوتي وسجل الكثافة .

(شكل ٣) يوضح التصوير البتروفيزيائي لبئر من آبار المشروع بمنطقة ليوا، حيث يوضح التصوير مستوى الماء ، وفواصل التكوينات الصخرية .

تحديد مستوى الماء الثابت :

يفضل تحديد مستوى الماء الثابت في البئر عندما يكون مليئا بطين الحفر ، حيث يساعد تمديد مستوى الماء الثابت من التصوير البتروفيزيائي في تحديد أماكن وضع الفلاتر ومواسير التغليف للبئر .

يمكن تحديد مستوى الماء الثابت من سجلات التصوير الصوتي ، السجل النيتروني للمسامية ، سجلات المقاومة . مثلا إن القيمة ٢٢٥ (ميكرو ثانية / قدم) من سجل التصوير الصوتي تمثل القيمة النموذجية للمواد الشبه مشبعة (جدول ٣) . وأيضا قلة المسامية يمكن الدلالة عليها من التصوير البتروفيزيائي ، وبالتالي يمكن الدلالة على المواد الغير مشبعة .

إن التغيير الفجائي في مسار منحنى أي من تحليلات التصوير البتروفيزيائي أعلاه يدل على مستوى الماء بالتكوينات الصخرية ، ويستدل عليه أيضا بوجود الهواء في المسامات في التكوينات الغير مشبعة التي يستدل عليها بالمقاومة العالية من سجل الحث الكهربائي .

(الجدول ٣) يوضح نموذج لسرعة التصوير الصوتي المعوض بالمايكروثانية في القدم بمنطقة العين (السيد جورجنسن،باتريكولا ١٩٩٣) .

المـــادة	السرعة (مايكروثانية / قدم)
تكوينات شبه مشبعة	أكبر من ٢٢٥
الطفل (Clay)	١٧٠ - ٢٢٥
ماء أو طين ماء عذب	١٩٠
رمل ، حصى	٥٠ - ١٣٠
حجر جيري ، مارل (طفل كربوني)	٤٥ - ٧٠
دلومايت ، حجر رملي ، أنهيدرات أو جبس	٤٥ - ٦٠

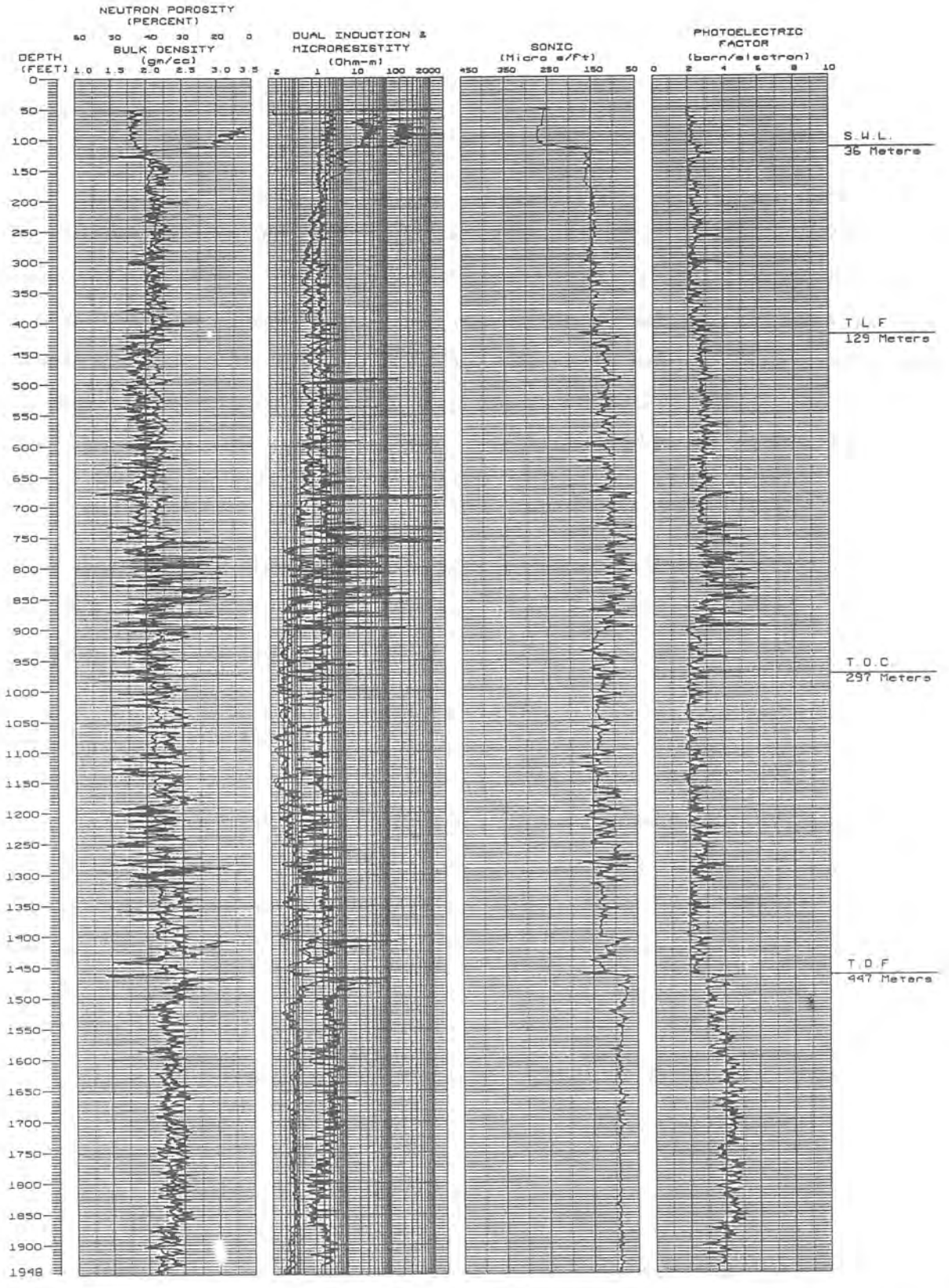


Figure. 3. Suite of petrophysical logs used to pick static water level and define formational boundaries in a borehole in the Liwa Cresent area. (S.W.L., Static Water Level; T.L.F., Top of Lower Fars Formation; T.O.C., Top of Oligo-miocene Clastic Unit; T.D.F., Top of Dammam Formation).

تحديد الطبقات ذو النفاذية :

يدل كل من : (سجل المقاومة ، التصوير الصوتي ، تسجيل نصف قطر البئر) على النفاذية . يمكن الإستدلال على النفاذية تحت مستوى الماء الثابت بالفصل بين منحنى المقاومة والجهد الكهربائي مع سجل أشعة جاما ، وسجل التصوير الصوتي . إن مواد التكوينات الحاملة للمياه كالرمل والحصى ذات النفاذية توضح عادة بخطوط متفاصلة على منحنيات سير تسجيلات المقاومة . تحدد النفاذية بنسبة محتوى الطفل (أو المواد اللاحمة) حيث تتناسب النفاذية مع نسبة الطفلة أي بمعنى آخر كلما زادت نسبة الطفلة كلما قلت النفاذية . تمتاز الطفلة بقيم عالية لأشعة جاما وقيم عالية للسرعة تتراوح بين ١٧٠ - ٢٢٥ مايكروثانية / قدم .

يوضح تسرب سائل الحفر داخل التكوينات ذات النفاذية العالية على رسم نصف قطر البئر (Caliper) بتخانة سمك طين الحفر (Mudcake) والعكس صحيح في حالة التكوينات ذات المسامية القليلة .

إستنتاج نوعية المياه :

تمثل نوعية المياه بالطبقات الحاملة لها أهمية قصوى بالنسبة للهيدرولوجيين قبل الشروع في رسم تصميم للبئر ، حيث يتم إستنتاج الموصلية الكهربائية للمياه والنفاذية للتكوينات الحاملة لها من التصوير البتروفيزيائي للبئر ، ومن ثم رسم الهيكل التصميمي للبئر . أي أن التكوينات ذات النفاذية العالية ونسبة الملوحة القليلة هي التي يتم تغليفها بالفلاتر .

تستعمل في التصوير البتروفيزيائي أربعة طرق لإستنتاج نوعية المياه كما يلي :-

* طريقة سجل الجهد الذاتي أو التلقائي (السيد جورجنسن ١٩٩١) .
(Spontaneous Potential Method)
* طريقة تراكيب سجل المسامية مع المقاومة (جورجنسن ١٩٨٩) .
(Porosity - Resistivity Cross Plot Method)
* طريقة المقاومة الدقيقة .
(Microresistivity Method)
* طريقة دليل المادة اللاحمة .
(Cementation Exponent Method)

طريقة الجهد الذاتي لا تعمل بكفاءة في المواد الغنية بالطفلة والترسيبات الغرينية والمواد الأفيوليتية (Ophiolitic Sediments) ، وذلك بسبب تناقض القيم المأخوذة منها . أما محدودية طريقة المسامية مع المقاومة الدقيقة في منطقة الدراسة يرجع الى تواجد الطفلة في معظم التكوينات الصخرية . أثبتت طريقة المقاومة الدقيقة وطريقة دليل المادة اللاحمة أنها أنجح الطرق لإستنتاج نوعية المياه من التصوير البتروفيزيائي في إمارة أبوظبي . تستخدم في طريقة المقاومة الدقيقة المعادلة التالية لإستنتاج كمية الأملاح المذابة في الماء بالملجم / لتر :-

$$TDS\ (mg/l) = \frac{0.67\ (840{,}000)\ Ri.}{(T_{mf}+7)(R_{mf})\ Rt} \qquad (١)$$

حيث :

(TDS) تمثل كمية الأملاح المذابة بالملجم / لتر .
(Ri) تمثل مقاومة حد الترسب لسائل الحفر .
(Tmf) تمثل درجة حرارة طين الحفر المصفى .
(Rmf) تمثل مقاومة طين الحفر المصفى .
(Rt) تمثل المقاومة الحقيقية .

أما طريقة دليل المادة اللاحمة تستخدم في حالة معرفة أس المادة اللاحمة حيث ترتبط مع حالة التعرج في المجرى بين الحبيبات وسمك المجرى المتعرج ، وهي عبارة عن منحنى ناتج عن تراكيب المسامية مع المقاومة ، وتستخدم المعادلة أدناه :-

$$R_w = (Rt)(M) \qquad (٢)$$

حيث :

(Rt) تمثل المقاومة الكلية للماء والتكوينات الصخرية والنسيج .
(Rw) تمثل المقاومة للماء المحسوبة إعتمادا على درجة حرارة الموقع أو الطبقة .

ترجمة الليثولوجيا الصخرية وإستنتاج المعالم الجيوهيدروجيولوجية :

يمكن التعرف على أنواع الصخور مثال الحجر الجيري ، الحجر الرملي الدولومايت ، الطفل الصفائحي (Shale) ، المتبخرات (Evaporite) بمنحنيات وجداول أعدت بواسطة شركة شلمبرجر . يتم إختيار الجدول أو المنحنى حسب هدف قارىء السجل البتروفيزيائي .

تتضمن أكثر الجداول إستعمالا ، التسجيل النيتروني والمسامية مع تسجيل الكثافة والفوتواليكتريك مع الكثافة وأيضا التصوير الصوتي مع الكثافة ، وأيضا جدول (M - N) للتعرف على المعادن.

للتعرف على الصخور الرئيسية مثل الحجر الجيري ، الرملي ، المتبخرات يستعمل جدول النيترون - المسامية مع الكثافة و الفوتواليكتريك . أما الصخور الملحية جبس ، انهيدرايت ، سيلفايت ، ملح تورونا يمكن تصنيفها بواسطة جدول التصوير الصوتي العابر مع الكثافة وجدول (M - N) للتعرف على المعادن .

إم (M) تعني منحنى التصوير الصوتي مع الكثافة .
أن (N) تعني منحنى السجل النيتروني والمسامية مع الكثافة .

المواد أو الطبقات الهشة نسبة للقيمة العالية للزمن العابر على هذه المواد .
نسبة الى خاصية الطفلة وتأثيرها على الخاصيات الجيوهيدرولوجية مثل النفاذية وسعة الإنتاجية . ثم وضع برنامج لوقايتها بواسطة الحاسوب لتحديد حجم الطفل .

يعتمد هذا البرنامج على الفرق بين مسامية الطفل محسوبة من السجل النيتروني ومسامية الطفل محسوبة من سجل الكثافة من سجل الكثافة (السيد جورجنسن والسيد باتريكولا ١٩٩٣) .

الخاصيات الجيوهيدرولوجية التي يمكن إستنتاجها من برنامج (لوجان٢) ، تحتوي على حجم الطفلة ، حجم الماء (الحرة غير ملتصقة) .

حجم المياه الراجعة (اللاصقة) ، حجم النسيج (Matrix) التكويني ، مجموع المسامية ، وتسمية التشبع ، النفاذية ، سعة الإنتاجية ، إمتطاطية النسيج ، سعة التخزين ، الموصلية الهيدروكلورية ، والمنقولية ، كل القيم المطلوبة لبرنامج لوقان ، تؤخذ من قراءة رسومات التصوير البتروفيزيائي ، أن تستخرج من جداول مطبوعة.

للتعرف على الليثولوجي يعتمد على قيم كثافة النسيج التي تستخرج من المراجع أو تمدد تجريبيا بواسطة برنامج (لوجان٢) موضحة لقائمة ٤ أدناه :

التصنيف الليثولوجي	الكثافة جرام/سم٣
حصى ، (آفيوليت)	٢,٩ - ٣,١
أنهيدرايت	٢,٩٨
رمل أفيوليت	٣ - ٢,٨٥
دلوميت ماجنيزايت	٢,٨٥
رمل أفيوليت و جيري	٢,٨٥ - ٢,٨
رمال ناعمة سلتية	٢,٦ - ٢,٧٥
حجر جيري	٢,٧١
طفل	٢,٣ - ٢,٤٥
جبس	٢,٣٥

البيئة الهيدرولوجية :-

أسست معرفة البيئة الهيدرولوجية لإمارة أبوظبي إعتمادا على ترجمة وقراءة التصوير البتروفيزيائي وتحليل ووصف العينات الصخرية من الآبار حيث يتم تفصيل حدود التكوينات أو الطبقات الأرضية مثال ، تم حفر بئر في منطقة ليوا بعمق ٦١٥ متر لتحديد تواصل الطبقات والتكوينات التي وجدت تتفاوت في العمر من طبقات عهد المايوسين الى العهد الأخير (Quaternary) (شكل ٤) ترتيب من الأكبر الى الأصغر : الدمام ، اليقوسين مايوسين ، الفارس السفلي ، رمل وسبخة .

حدد الفاصل فوق تكوينات الدمام من التصوير البتروفيزيائي على المعابر التالية :

* نقصان محدد في الزمن العابر كما موضح في التصوير الصوتي نسبة الى القيمة العالية لمصادر قوة الصخور من تكوينات الدمام من الصخور التي فوقها.
* زيادة في قيم الفوتواليكتريك كما هي موضحة في تسجيل الفوتواليكتريك نسبة الى المحتوى العالي للمواد الجيرية في هذه التكوينات .
* عكس خط سير خطوط تسجيلات النيترون ، مسامية والكثافة , نسبة الى التغيير الرئيسي في تركيبة التكوينات من صخور رضيخية (Clastic) فوق صخور تكوينات الدمام الجيرمية .

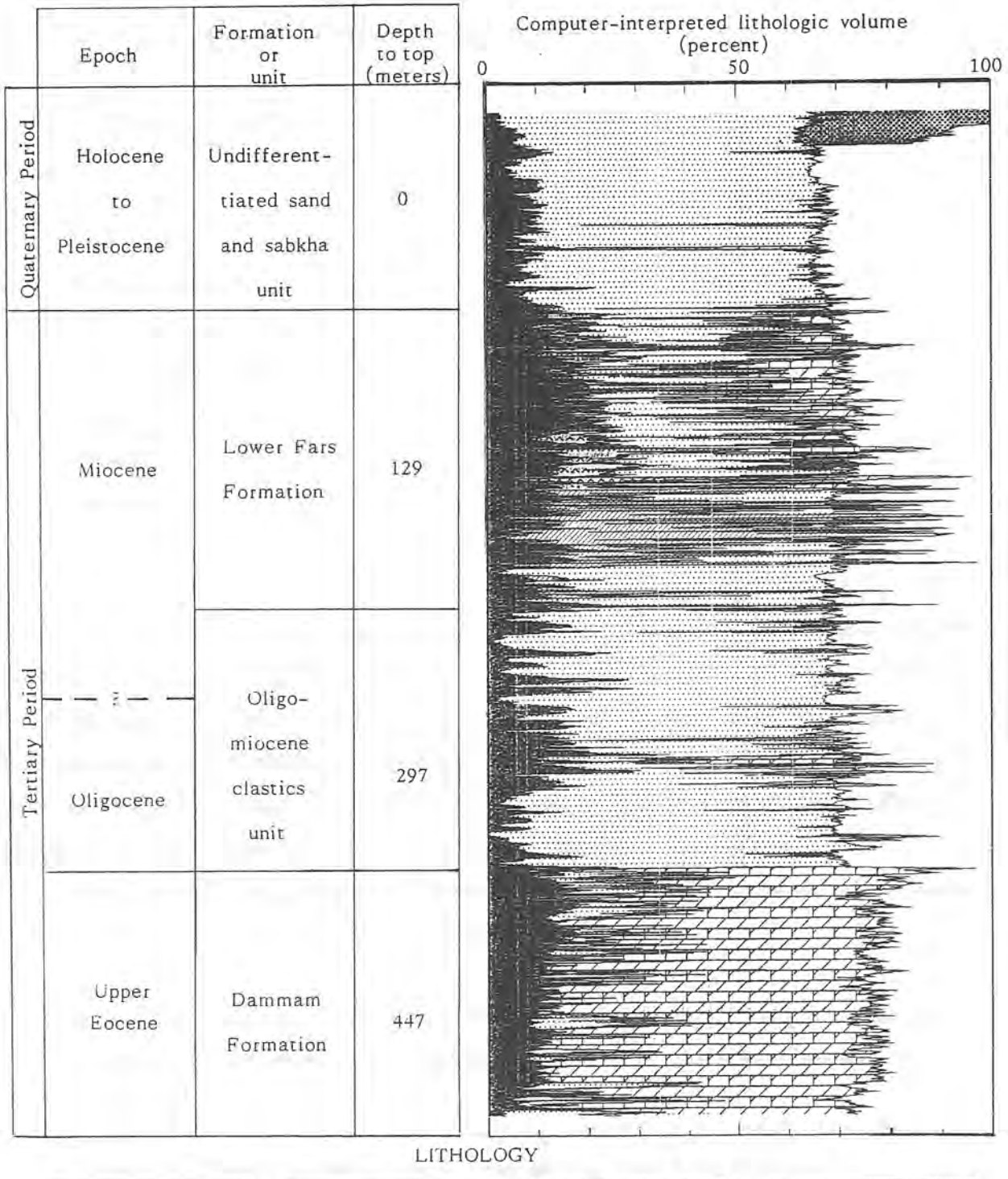


Figure 4. . Lithostratigraphy for a borehole in the Liwa Crescent area.

أعمق طبقات الجبس وأنهيدرايت ثم التعرف عليها بوسطة شركة بترول أبوظبي للعمليات البرية عام (١٩٦٥) بين صخور الفارس السفلي وصخور النيفوسين مايوسين الرضخية نسبة لكثرة تواجد الصخور التبخرية (evaporite) في صخور الفارس السفلي .

تم تحديد المفاصل فوق تكوينات الفارس السفلي إعتمادا على التغيير في خطوط التصوير البتروفيزيائي في تسجيلات النيترون ومسامية مع تسجيلات الكثافة, الكثافة , نسبة الى التغير الرئيسي في التصنيف الليثولوجي من صخور رضحية من الحقبة الأخيرة (Quaternary) الى صخور ملحية في تكوينات الفارس السفلي.

REFERENCES

Abu Dhabi Company for Onshore Oil Operations, 1965, Final well completion report on Mb-44 (Bu Hasa): Abu Dhabi, Abu Dhabi Company for Onshore Oil Operations report No. 2525.

Imes J.I., Hutchinson C.B., Signor D.C., Tamayo J.M., and Mohamed F.A., 1994, Ground-water resources of the Liwa Crescent area, Abu Dhabi Emirate: U.S. Geological Survey Administrative Report, 131 p.

Jorgensen D.G., Petriccla M., 1993, Petrophysical analysis of geophysical logs National Drilling Company - U.S. Geological Survey Ground-Water Research Project for Abu Dhabi Emirate, United Arab Emirates, U.S. Geological Survey Open-File Report 93-085, 58 p.

Maddy D.V., Editor, 1993, Ground-water resources of Al Ain area, Abu Dhabi Emirate: U.S. Geological Survey Administrative Report 93-001, 332 p.

Jorgensen, D.G., 1989, Using geophysical logs to estimate porosity, water resistivity, and intrinsic permeability: U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2321, 24 p.

Jorgensen, D.G., 1991, Estimating geohydrologic properties from borehole geophysical logs: Ground Water Monitoring Review, Summer, p. 123-129.

دراسة تحليلية لارتفاع منسوب المياه الجوفية في المناطق السكنية بدولة الكويت

عبدالعزيز جاسم السميط

دراسة تحليلية لارتفاع منسوب المياه الجوفية في المناطق السكنية بدولة الكويت

عبدالعزيز جاسم السميط
نائب رئيس الدائرة لمشاريع المياه الجوفية
وزارة الكهرباء والماء – دولة الكويت

ملخص :

تشمل الدراسه الحاليه تقييم الاثر الهيدرولوجى فى المناطق السكنيه فى الكويت والذى كان بسبب توقف عملية شحن المياه الجوفيه بواسطة الرى وكذلك توقف عمليات سحب المياه الجوفيه فى المواقع الانشائيه فى وسط المدينه منذ اوائل اغسطس ١٩٩٠ .

وقد تم فى هذا المجال تحليل وتقييم سجلات منسوب المياه لعدد ٩٦ بئر مراقبه ، وتم عمل خرائط كنتوريه توضح مدى التغير فى مناسيب المياه فى الفتره ما بين يوليو ١٩٨٥ – يوليو ١٩٩٠ وفى الفتره ما بين اغسطس ١٩٩٠ – يوليو ١٩٩١ .

وقد لوحظ ارتفاع فى منسوب المياه الجوفيه ضمن المنطقه التى تاثرت هيدروليكيا بعمليات سحب المياه الجوفيه فى المواقع الانشائيه فى الجزء الشمالى اثناء الاحتلال العراقى الغاشم بسبب توقف سحب المياه الجوفيه بينما انخفض منسوب المياه فى باقى المناطق بسبب توقف امداد المستهلكين بالمياه قليلة الملوحه بالرغم من استمرار وامداد المستهلكين بالمياه العذبه .

وقد تم حساب مقدار الانخفاض فى مستوى المياه فى المناطق الداخليه ما بين ٢٥ – ٨٠ سم وبمعدل حوالى ٤٠ سم وقد تميزت هذه المناطق سابقا بارتفاع منسوب المياه فيها . وفى المناطق المنخفضه القريبه من الساحل حيث كان متوسط ارتفاع منسوب المياه فيها بحدود ١٠ سم ، انخفض منسوب المياه فيها ما بين صفر – ٢٥ سم بمعدل انخفاض حوالى ١٠ سم .

يتبين من هذه الدراسه ان التسرب من المياه الجوفيه قليلة الملوحه المستخدمه فى اغراض الرى هو احد العوامل الرئيسيه المسببه فى ارتفاع مناسيب المياه فى المناطق السكنيه فى الكويت ، بالاضافه الى التسرب الناتج من شبكات المياه وشبكات المجارى الصحيه .

١ - مقدمه :

منذ اوائل اغسطس ١٩٩٠ وخلال فترة الاحتلال العراقى الغاشم تناقصت عمليات شحن المكمن بالمياه قليلة الملوحه فى مدينه الكويت وضواحيها المستخدمه لاغراض الرى . بالاضافه الى توقف عمليات سحب المياه الجوفيه فى المواقع الانشائيه وآثارهذه التغيرات على معدلات الشحن والسحب والتغير فى مناسيب ضغط الماء ، فقد تأثرت طبيعة نظام المكمن المائى فى هذه المناطق .

وعلى ضوء ما سبق ذكره فان شكل وحجم التغير الناتج فى منسوب المياه فى المناطق السكنيه فى الكويت قد تم بحثه وتقييمه فى هذا التقرير المختصر مع بعض المعلومات الهيدرولوجيه الاساسيه الخاصه بالموضوع .

كما تم تحليل وتقييم المعلومات المتعلقه بمناسيب المياه منذ عام ١٩٨٥وهذه المعلومات مأخوذه من آبار المراقبه وعددها ٩٦ بئرا .

٢ - الاطار الهيدرولوجى :

فى منطقة الدراسه تتراوح سماكة المكمن الجوفى الرئيسى ما بين ١٠٠ - ١٥٠ قدم فى القسم العلوى للصخور المشبعه فى مجموعة الكويت . وكعامل رئيسى من عوامل شحن المكمن الجوفى نجد ان العنصر البشرى هو المصدر الرئيسى فى شحن المياه الجوفيه اثناء عمليات الرى ، بالاضافه الى التسرب الناتج من شبكات المياه والمجارى فى المناطق المختلفه . ونتيجه لذلك فان ارتفاع منسوب المياه الجوفيه يتم عن طريق جريان المياه الافقى من اتجاه الجنوب وعن طريق جريان المياه الرأسى المنبثق من الطبقات اسفل المكمن .

والمياه الجوفيه التى تنساب باتجاه البحر هى مياه غير ارتوازيه موجوده فى اقصى القسم العلوى لمكمن مجموعة الكويت وشبه ارتوازيه فى القسم السفلى منه واخيرا تصرف المياه الى البحر عن طريق التسرب ، كما يفقد بعض منها عن طريق التبخير الذى يحدث فى الاراضى المنخفضه على طول ساحل البحر عندما يكون منسوب المياه اقل من ٢ متر من سطح

الارض ، كما أن بعض المياه تفقد من مخزون المكمن من خلال شبكات تصريف الامطار وكذلك اثناء ضخ المياه فى المواقع الانشائيه .

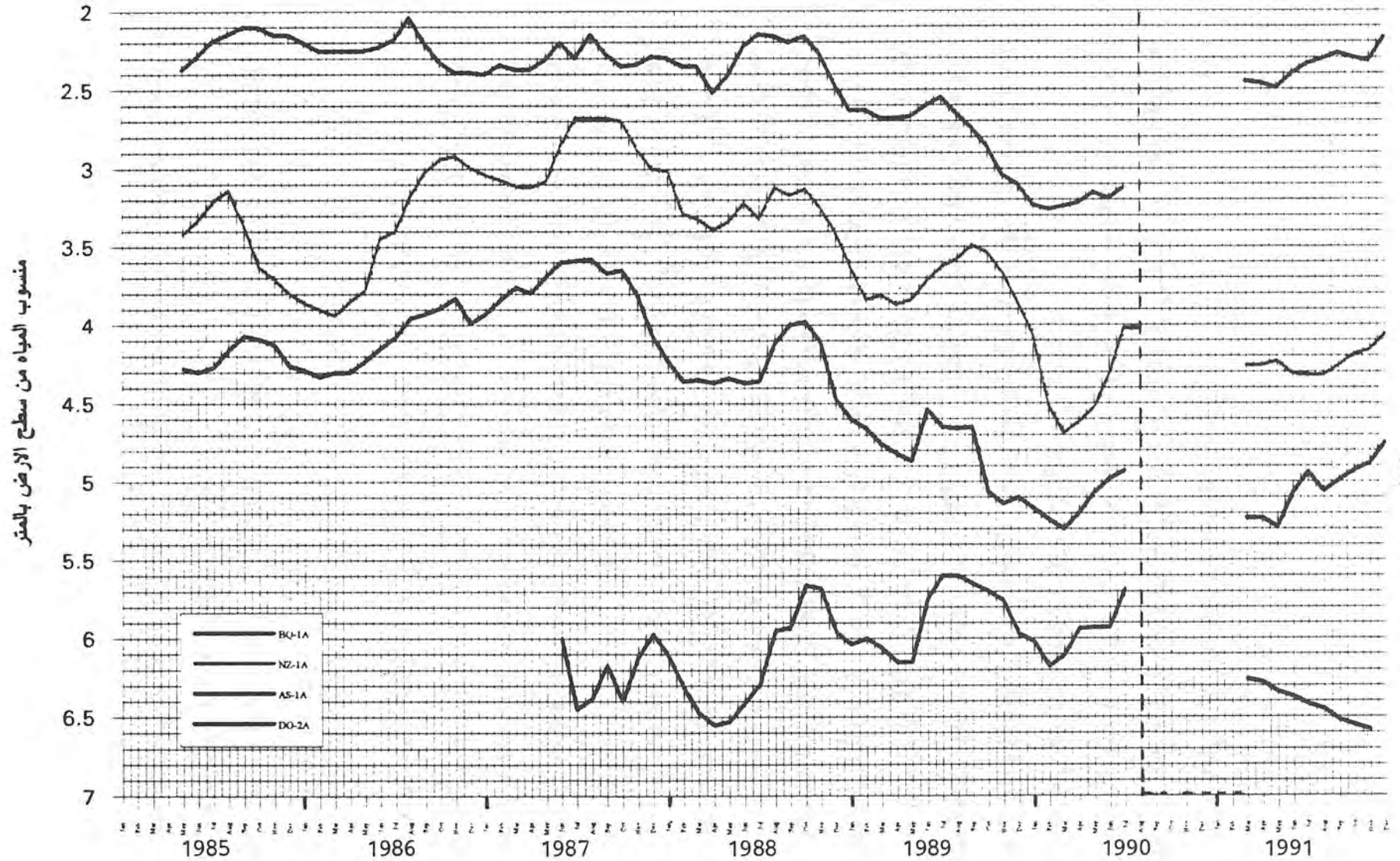
لذا فان نظام هذا المكمن الجوفى المتعدد الطبقات يمكن اعتباره كخزان جوفى متكامل ويتأثر بعامل الزمان والمكان .

٣ – مناسيب المياه خلال الفتره من ١٩٨٥ الى اغسطس ١٩٩٠ :

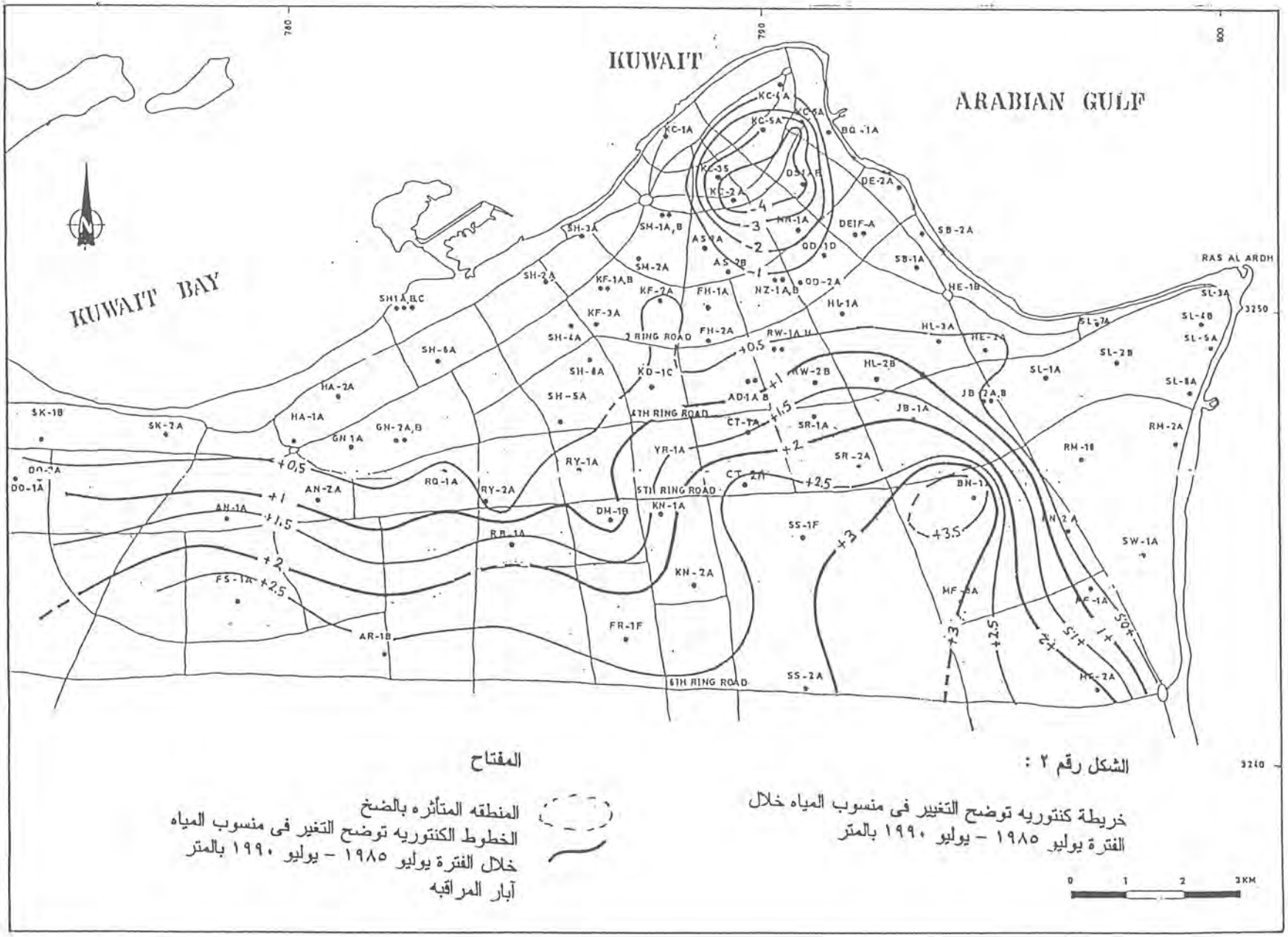
يمكن تحليل مناسيب المياه خلال هذه الفتره الى مرحلتين ، المرحله الاولى تغطى سجلات مناسيب الآبار خلال هذه الفتره الى ما قبل أواخر عام ١٩٨٧ وهذه الفتره تتميز بتأثير العامل الانسانى باستخدام المياه قليلة الملوحه والذى أدى بدوره الى ارتفاع منسوب المياه الجوفيه فى معظم منطقة الدراسه . والمرحله الثانيه وهى الفتره ما بين (أواخر ١٩٨٧ – يوليو ١٩٩٠) وبالاضافه الى تأثير استخدامات المياه قليلة الملوحه على ارتفاع منسوب المياه الجوفيه ، فان هناك تأثير فى حركة المياه الجوفيه نتيجة لسحب المياه الجوفيه فى المواقع الانشائيه ، خصوصا المواقع التابعه لوزارة الاشغال على الطريق الدائرى الاول فى وسط المدينه . وكنتيجه لهذه التأثيرات فقد انخفض منسوب المياه الجوفيه فى الجزء الشمالى ، بينما ظلت مرتفعه فى الاجزاء المتبقيه فى منطقة الدراسه كما هو موضح فى الشكل (رقم ١) .

وتوضح الخريطه الكنتوريه شكل (رقم ٢) التغيرات التى حدثت فى مناسيب المياه خلال هذه الفتره (يوليو ١٩٨٥ – يوليو ١٩٩٠) وتحدد الاشارات السالبه والموجه للخطوط الكنتوريه الزياده والنقص فى مناسيب المياه . وتبين الخريطه ايضا مخروط الانخفاض الذى يمثل المنطقة التى تقع تحت التأثير الهيدروليكى الناتج من الضخ .

وبسبب تأثير طبقة الجتش والطبقات شبه المنفذه التى لها نفاذيه ضعيفه امتد مخروط الانخفاض الى مساحه كبيره تصل الى الدائرى الرابع فى الشمال ويغطى جزءا من الشاميه وكيفان والقادسيه فى الغرب ، والدعيه والشعب فى الشرق .



الشكل رقم ١ يوضح التنبذب فى مناسيب المياه للآبار : بنيد القار ١ أ ، النزهه ١ أ ، عبدالله السالم ١ أ ، الدوحه ٢ أ ، المتأثرة باستخدام كل من المياه الجوفيه قليلة الملوحه وسحب المياه الجوفيه فى المواقع الانشائيه فى أواخر ١٩٨٧ وأغسطس ١٩٩٠ وكذلك أثر توقف استخدام المياه الجوفيه وسحبها على مناسيب المياه من أغسطس ١٩٩٠ وحتى يوليو ١٩٩١



الشكل رقم ٢ :

خريطة كنتوريه توضح التغيير فى منسوب المياه خلال الفترة يوليو ١٩٨٥ – يوليو ١٩٩٠ بالمتر

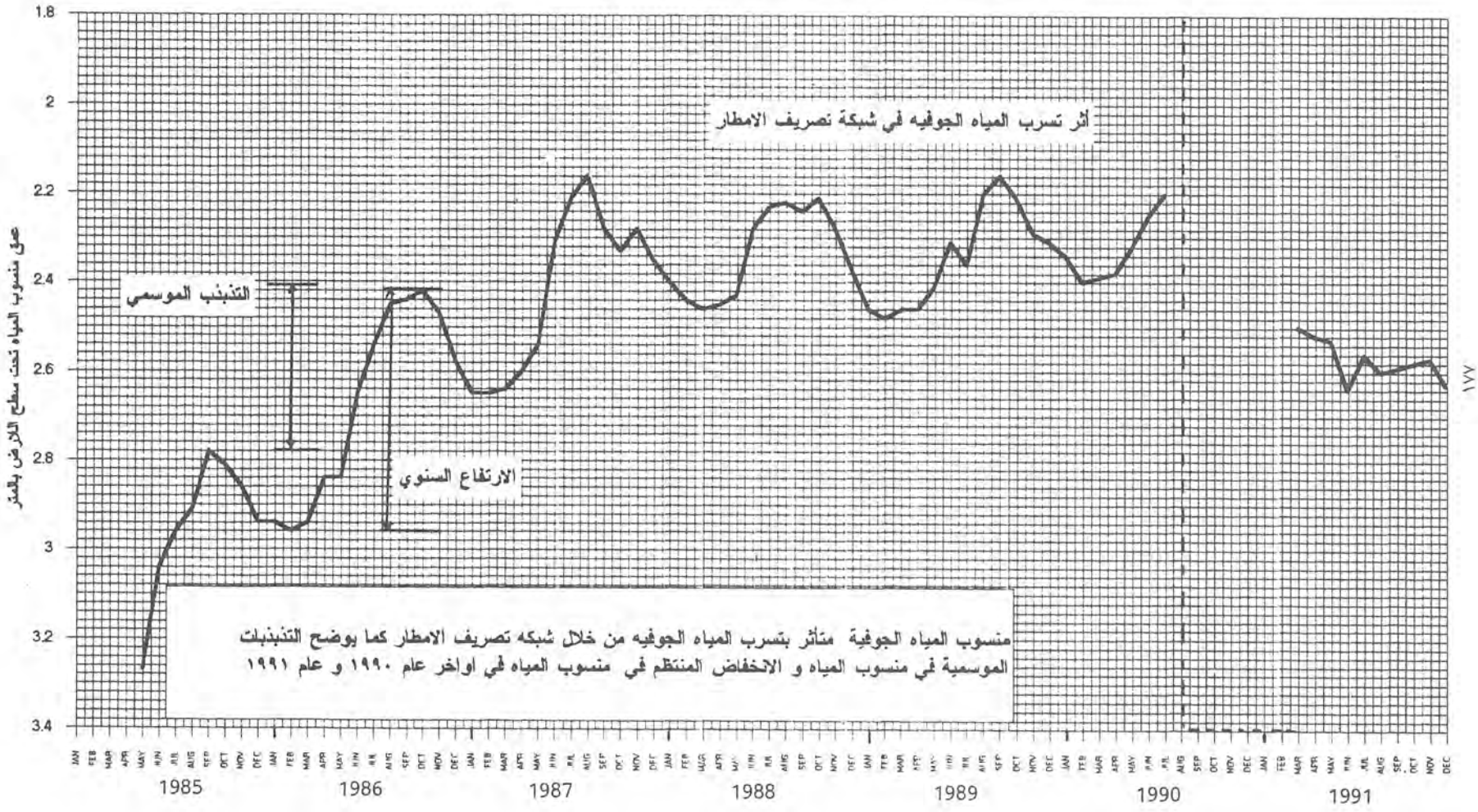
خلال هذه الفتره فان قيم الارتفاع والانخفاض فى منسوب المياه الجوفيه تبدو متناسقه مع التغيرات الموسميه التى تصادف التغيرات فى كميات المياه التى تزود المدينه بها . (انظر شكل ١ وشكل ٣) وتبين سجلات مناسيب المياه ايضا قيم عاليه نسبيه لكلتا التغيرات الموسميه فى مناسيب المياه والارتفاع السنوى للمياه ويتراوح ما بين ٣٠ - ١٠٠ سم و ٢٥ - ٧٥ سم على التوالى فى المناطق التى يقع منسوب المياه فيها على عمق اكثر من ٣ متر وحيث تستعمل كميات كبيره من المياه الجوفيه قليلة الملوحه فى اغراض الرى كما فى (جنوب غرب بيان ، السره ، اليرموك . . . الخ) وكلتا القيم لمناسيب المياه خصوصا الارتفاع السنوى تبدو منخفضه فى المناطق المنخفضه كالشويخ والجيوان والدسمه والدعيه حيث يكون مستوى سطح الماء الجوفى على عمق اقل من مترين .

ان ظروف مستوى المياه الجوفيه الثابته نسبيا فى هذه المناطق غالبا يرجع الى التوازن بين ما يحدثه العامل البشرى باستخدام المياه الجوفيه وفقدان المياه الجوفيه من عمليات التبخير وتسريبها فى شبكات صرف مياه الامطار وفى البحر ايضا .

ان توزيع الخطوط الكنتوريه فى الاجزاء الشرقيه (الشكل ٢) وكما هو واضح فى آبار المراقبه أرقام JB - 2A , B , BN - 2A , MF - 1A يتبين ان جزءا من المياه الجوفيه ينساب شرقا من الجابريه ومشرف وهى تصرف غالبا فى شبكة صرف الامطار المشيده لطريق الفحاحيل السريع بين المسيله والشعب .

وفى مونوجرام مناسيب المياه فى بئر المراقبه فى الجابريه رقم JB - 2B يوضح ظروفا مماثله لجريان المياه الجوفيه كما هو موضح فى الشكل (رقم ٣) . وكما هو واضح فى هذا الشكل فان التغيرات فى مناسيب المياه تبدو تقريبا ثابته وأن الزياده فى ارتفاع منسوب المياه السنوى هو ما بين صفر - ٨ سم خلال العام ١٩٨٨ - ١٩٩٠ ، وبمقارنة السنوات السابقه يتضح أن هناك توازن نسبى فى مخزون المكمن . ومن ناحيه اخرى يلاحظ أن النقصان التدريجى فى الزياده السنويه والملاحظ قبل تلك الفتره كان (٣٥ سم فى عام ١٩٨٥ ، ٢٠ سم فى عام ١٩٨٧) وهو الذى يمكن تفسيره بتأثير عامل التبخير .

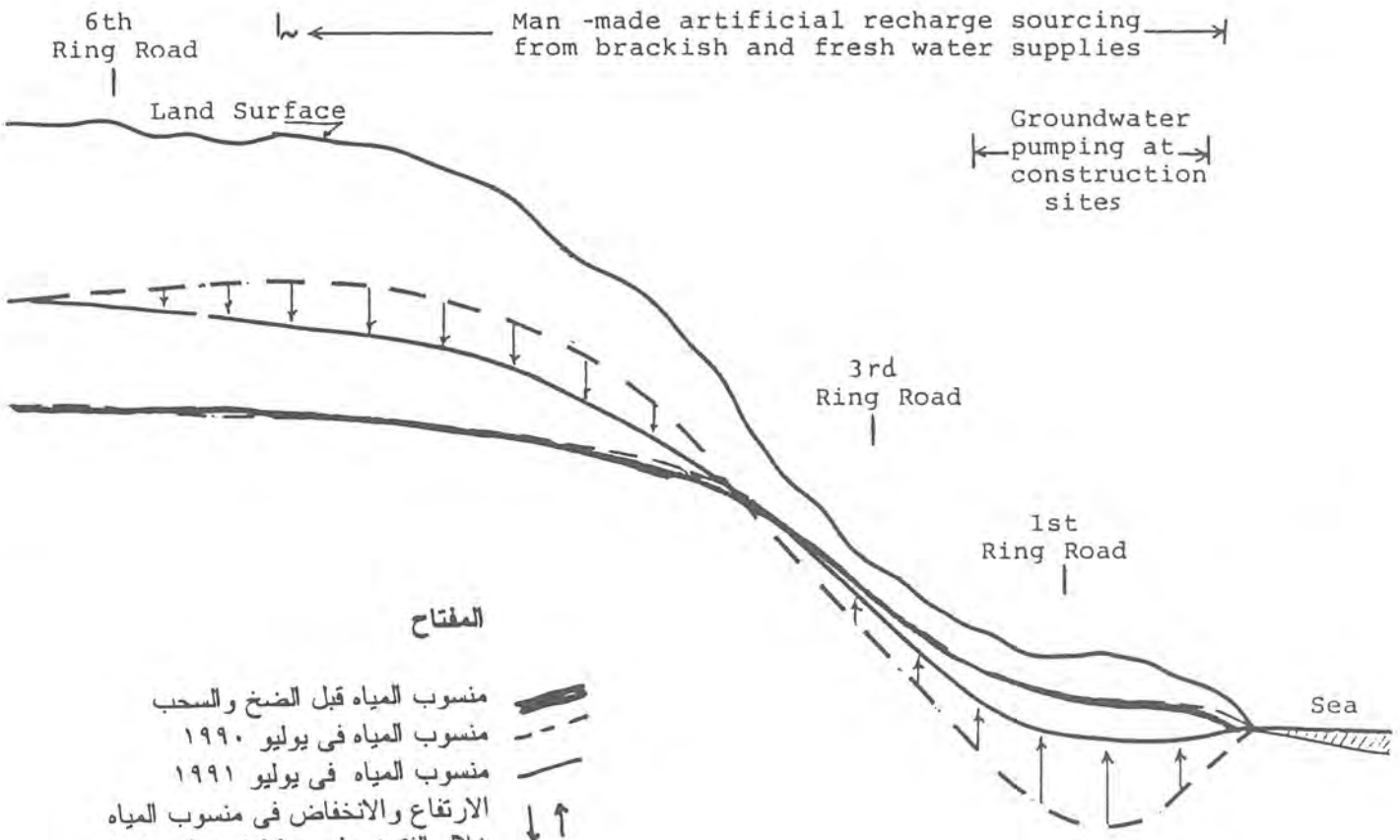
الشكل رقم ٣ منسوب المياه الجوفيه لبئر المراقبة (الجابريه ٢ ب)



٤ – مناسيب المياه فى الفتره ما بين اغسطس ١٩٩٠ – يوليو ١٩٩١ :

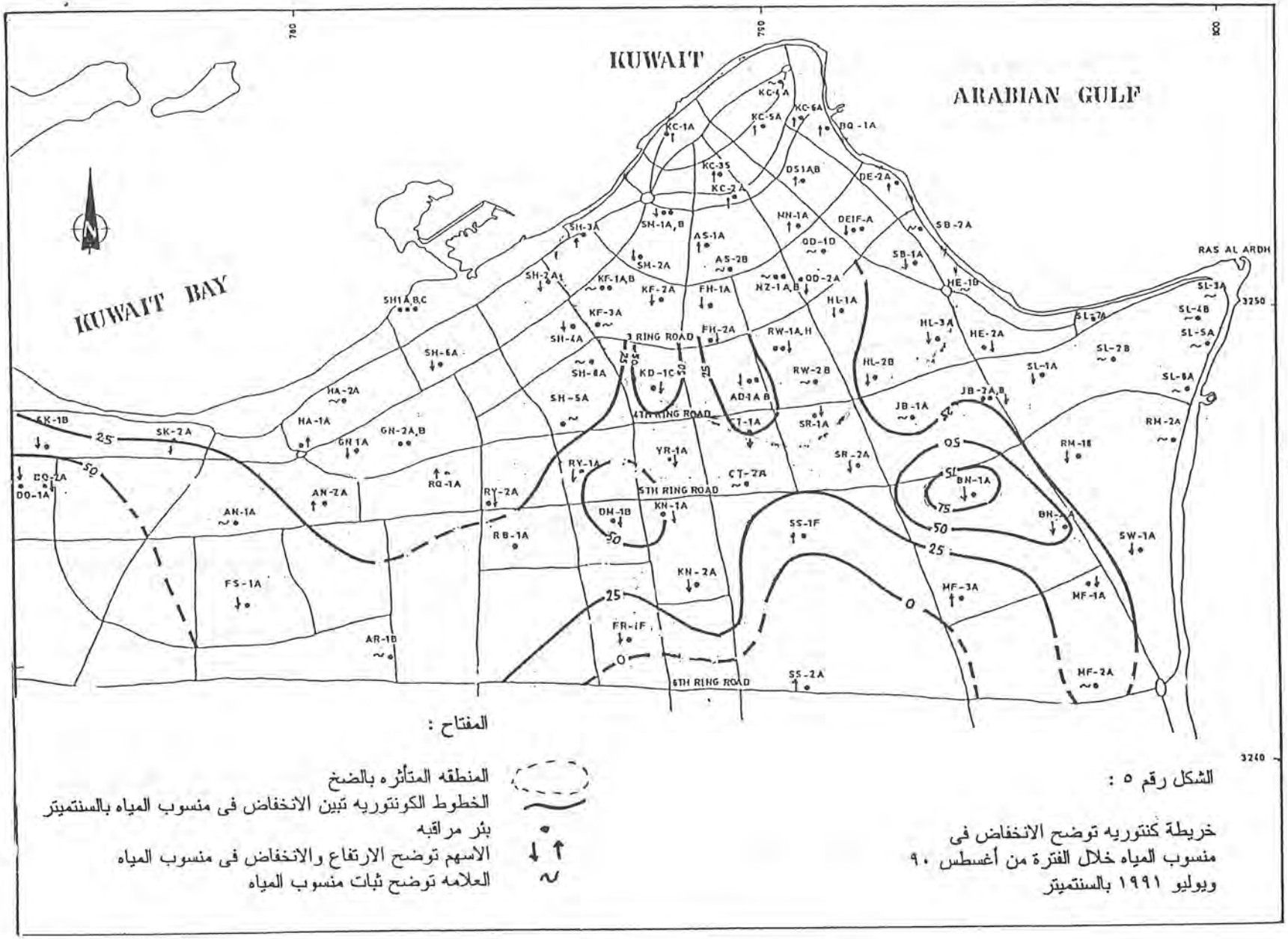
خلال هذه الفتره الزمنيه كانت امدادات المياه الجوفيه قليلة الملوحه بمعدل يومى ٢٥ – ٨٥ مليون جالون امبراطورى فى اليوم بمتوسط حوالى ٥٥ مليون جالون امبراطورى قد توقفت وتوقف ايضا سحب المياه الجوفيه فى المواقع الانشائيه فى المدينه بعد العدوان العراقى الغاشم على الكويت ، ووفقا للبيانات المقدمه من قسم الاحصاء بوزارة الكهرباء والماء تم انتاج المياه العذبه بمعدل متوسط حوالى ١١٠ مليون جالون امبراطورى فى اليوم فى الفتره ما بين اغسطس – ديسمبر ١٩٩٠ . وفى اواخر فبراير ١٩٩١ كان هناك شبه توقف فى انتاج المياه العذبه وتبعا لبرامج اعادة البناء فى الكويت عاد الانتاج بمعدلات متزايده حتى وصل معدل انتاج المياه العذبه بمتوسط يومى ٧ , ١٦ مليون جالون امبراطورى فى اليوم خلال شهر مارس ١٩٩١ ووصل بعد ذلك الى ١ , ٩٣ مليون جالون امبراطورى فى يونيو ١٩٩١ ، وكنتيجه لانخفاض استخدامات المياه وتوقف عمليات الضخ فى مواقع الانشاءات فقد ارتفع منسوب المياه الجوفى فى الجزء الشمالى وانخفض فى بقية اجزاء منطقة الدراسه والتغيرات الناتجه عن ذلك موضحه فى الشكل (رقم ٤) وفقا لقطاع نظرى يقطع الجزء المركزى لمنطقة الدراسه فى الاتجاه الجنوبى الشمالى .

ان انخفاض منسوب المياه الناتج عن توقف استخدامات المياه محسوب تقريبا فى المنطقه التى تقع خارج التأثير الهيدروليكى الناتج من عمليات ضخ سابقه . ومقدار هذا الانخفاض لكل بئر تم حسابه على اساس الفرق بين منسوب المياه الحقيقى المسجل فى شهر يوليو ١٩٩١ وبين المنسوب المتوقع حدوثه فى نفس الفتره لو لم تتوقف استخدامات المياه فى المنطقه ، والقيم المحسوبه موضحه على الخريطه الكنتوريه فى الشكل (رقم ٥) مع علامات تبين اتجاهات التغيرات السائده فى مناسيب المياه . كما تشير الى أن حجم انخفاض مناسيب المياه عاليه نسبيا وتتراوح ما بين ٢٥ – ٨٠ سم بمتوسط ٤٠ سم فى المناطق التى تميزت سابقا بمعدلات عاليه نسبيا وتغيرات موسميه فى زيادة مناسيب المياه .



الشكل رقم ٤ :

قطاع تخيلى يوضح مناسيب المياه من يوليو
١٩٩٠ - يوليو ١٩٩١
ومنسوب المياه قبل تأثير الضخ والسحب



المفتاح :

المنطقه المتأثره بالضخ

الخطوط الكونتوريه تبين الانخفاض فى منسوب المياه بالسنتميتر

بئر مراقبه

الأسهم توضح الارتفاع والانخفاض فى منسوب المياه

العلامه توضح ثبات منسوب المياه

الشكل رقم ٥ :

خريطة كنتوريه توضح الانخفاض فى منسوب المياه خلال الفترة من أغسطس ٩٠ ويوليو ١٩٩١ بالسنتميتر

ويشير الانخفاض الى اقل من ٢٥ سم فى الاراضى المنخفضه الساحليه حيث كانت هذه المناطق تشهد ارتفاعا سنويا فى منسوب المياه يعادل ١٠ سم .

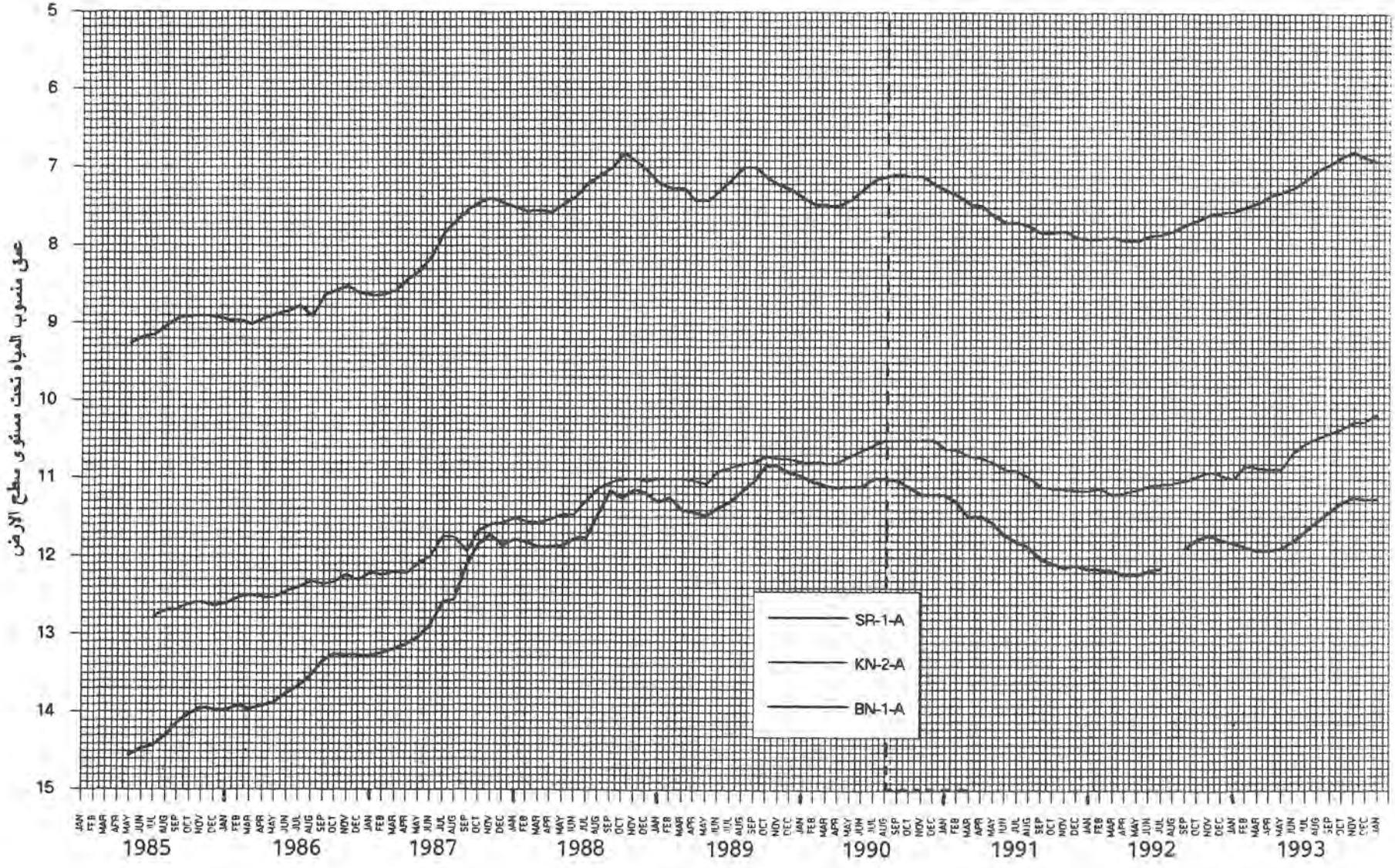
وتوضح الخريطه الكنتوريه ان جريان المياه الجوفيه لم يتأثر من التغير فى مخزون المكمن فى الجزء الجنوبى فى الفروانيه وجنوب السره .

وبسبب حقن المياه الجوفيه بواسطة مياه البحر بالتسرب فان مستوى الماء الجوفى وصل تقريبا الى مستوى ثابت على طول الساحل خاصه فى منطقة بنيد القار وشمال غرب الدسمه .

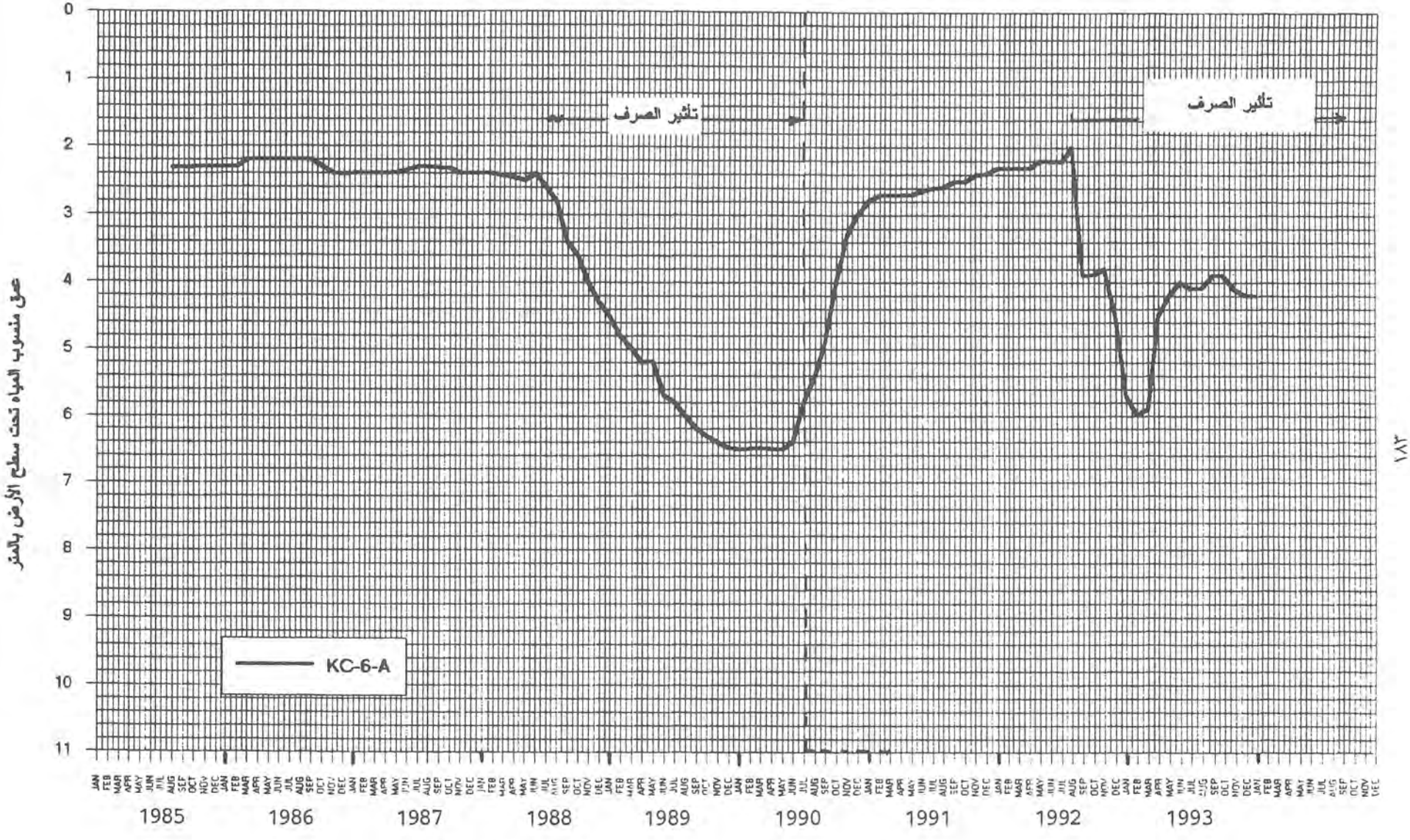
فى الجزء الشمالى لمنطقة الدراسه حيث انخفض منسوب المياه الجوفيه نتيجه لسحب المياه الجوفيه من مواقع الانشاءات قبل اغسطس ١٩٩٠ ، تشير السجلات الى ارتفاع فى منسوب المياه الجوفيه اثناء الاحتلال بمعدل تقريبا متوافقا مع معدلات الانخفاض السابقه ومقدار الارتفاع فى منسوب المياه المسجل حوالى ٤ متر أو أكثر فى المناطق المحيطه بمواقع الضخ فى وسط المدينه .

والانخفاض الملحوظ فى منسوب المياه الجوفيه فى أواخر ١٩٩٠ وفى عام ١٩٩١ قد بدأ بالارتفاع فى عام ١٩٩٢ كما هو موضح فى الشكل رقم (٦) . ومن ناحية اخرى نلاحظ انخفاضا واضحا فى مستوى منسوب المياه الجوفيه فى مناطق السحب حول مواقع الانشاءات وخاصه على امتداد الطريق الدائرى الاول فى اواخر عام ١٩٩٢ كما هو موضح فى الشكل رقم (٧) .

ويوضح الشكل رقم (٨) معدلات استهلاك المياه العذبه والمياه الجوفيه قليلة الملوحه فى الفتره ما بين ١٩٨٥ - ١٩٩٢ . وبمقارنة العلاقه بين استخدامات المياه وارتفاع منسوب المياه الجوفيه يبين الشكل رقم (٩) ان ارتفاع منسوب المياه الجوفيه يأخذ نمطا معينا حتى عام ١٩٨٦ ثم تغير النمط الى الزياده المطرده فى ارتفاع منسوب المياه الجوفيه عند تطبيق نظام امداد المياه الجوفيه للمستهلكين يوميا عام ١٩٨٧ ، وهذا يدل دلاله واضحه على ان استخدام المياه الجوفيه بصوره غير رشيده هو احد العوامل الرئيسيه المسببه فى ارتفاع مناسيب المياه الجوفيه .

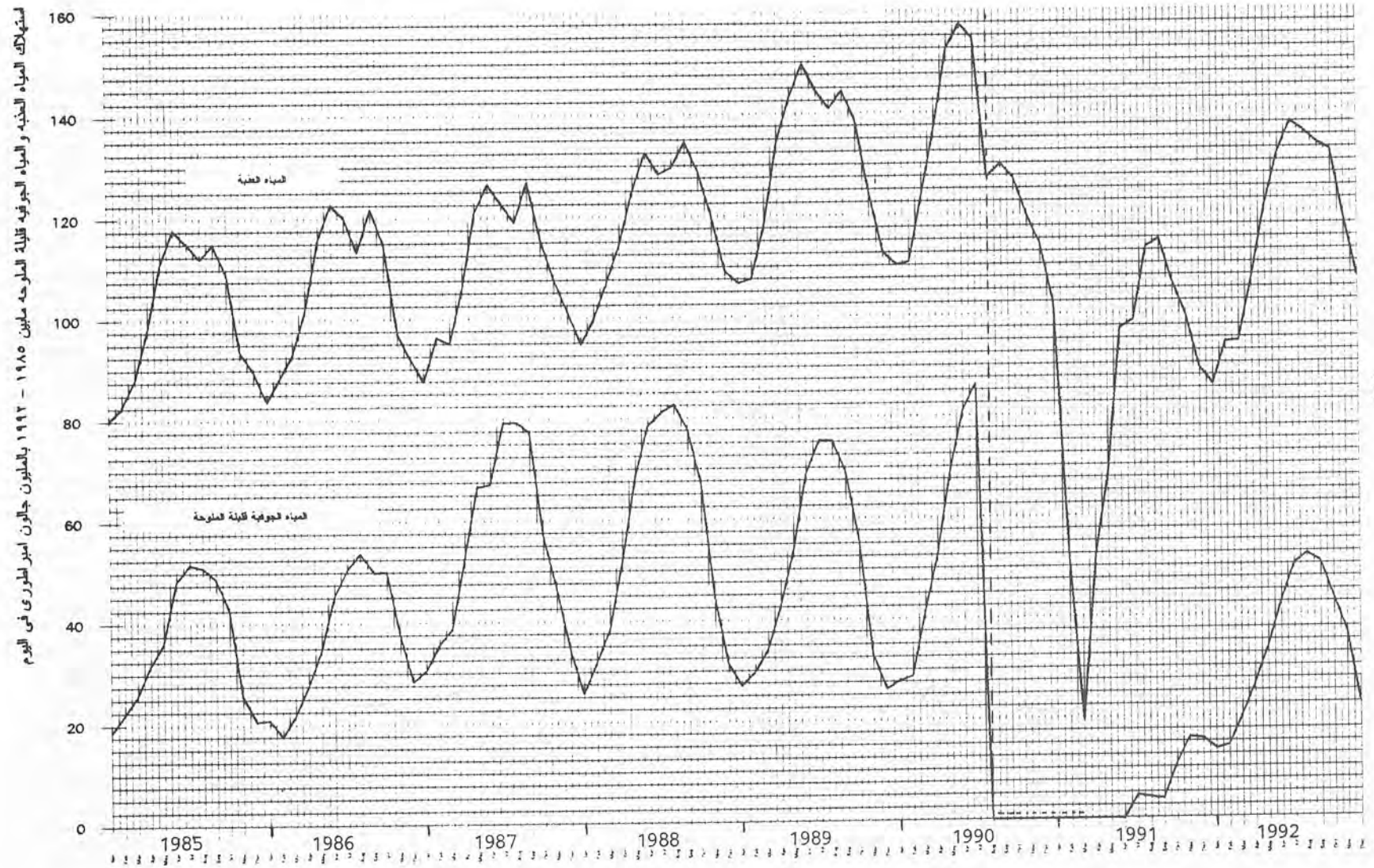


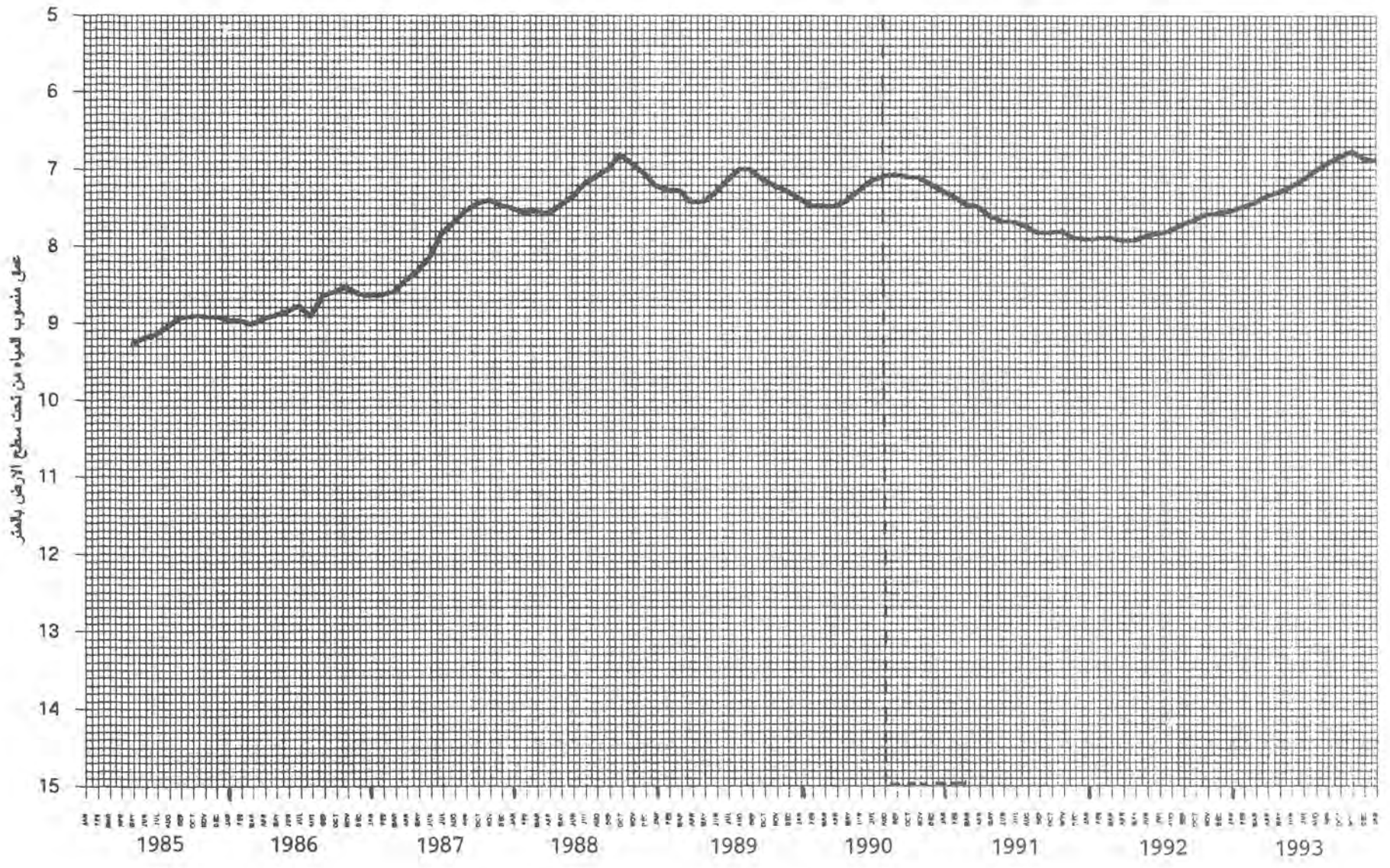
الشكل رقم ٦ يوضح منسوب المياه لآبار المراقبة : بيان ١ أ ، خيطان ٢ أ ، السره ١ أ



الشكل رقم ٧ يوضح أثر سحب المياه الجوفيه فى المواقع الانشائيه وتوقفه على منسوب المياه لبئر العراقيه ٦ / فى مدينة الكويت

الشكل رقم (٨) استهلاك المياه العذبه والمياه الجوفيه قليلة الملوحه بالمليون جالون امـــبراطورى فى الفتره
ما بين ١٩٨٥ - ١٩٩٢





الشكل رقم ٩ سجل منسوب المياه الجوفيه للبئر رقم ١ A فى العمره

الاستنتاجات والتوصيات

ان اعادة تزويد الكويت بالمياه قليلة الملوحه بالسرعه المطلوبه بعد التحرير قد اعترتها عقبات منها انتشار الذخيره والالغام فى حقول الانتاج وتدمير بعض الآبار ومحطات التحويل والشبكات الكهربائيه التى تغذى الآبار بالكهرباء ، ويشير كتاب الاحصاء السنوى التابع لوزارة الكهرباء والماء أن كمية استهلاك المياه قليلة الملوحه لشهر اغسطس عام ١٩٩١ ٥ , ٤ مليون جالون امبراطورى فى اليوم مقارنة بكمية قدرها ٢ , ٨٦ جالون امبراطورى فى اليوم لشهر يوليو عام ١٩٩٠ .

ان معظم هذه المياه كانت تستغل لرى الحدائق وللاستعمال المنزلى وأن كميات كثيره منها تتسرب الى باطن الارض وبعضها يفقد عن طريق التبخير . ويقدر ما يتسرب الى باطن الارض من المياه المستغله فى الزراعه التقليديه فى حدود ٧٠٪ وهذا التسرب الذى يزداد بنسب تصاعديه بمرور الوقت يزيد من المخزون الجوفى للمياه والذى بدوره يرفع منسوب المياه .

ان مشكلة ارتفاع مناسيب المياه الجوفيه فى الكويت وضواحيها يمكن التغلب عليها بتخفيض منسوب المياه عن طريق نزف المياه من الخزان الجوفى من آبار متوسطه العمق بشرط أن لا تحدث هذه الآبار آثارا سلبيه على اساسات المبانى والمنشآت القائمه .

وللحد من ارتفاع منسوب المياه الجوفيه نوصى باتباع ما يلى : -

١ - تخفيض عدد ومدة فترات توزيع المياه قليلة الملوحه للمستهلكين .

٢ - تطبيق نظم التقنيات الحديثه فى الرى .

٣ - عمل حمله اعلاميه فى الاعلام المقروء والمسموع لارشاد المواطنين وحثهم على المحافظه على المياه وترشيد الاستهلاك وعدم هدر المياه واشعارهم بالمبالغ الباهظه التى تتحملها الدوله فى ايصال خدمة المياه لهم بسهوله ويسر .

استخدامات الصور الفضائية والموجات الكهرومغناطيسية في كشف وإدارة مصادر المياه

أ.د. مصطفى سيد عبدالرحمن عفيفي

بسم الله الرحمن الرحيم

استخدامات الصور الفضائية والموجات الكهرومغناطيسية في كشف وادارة مصادر المياه

أ. د. مصطفى سيد عبدالرحمن عفيفى
كلية الهندسة - جامعة الملك سعود
ص.ب. ٨٠٠ الرياض ١١٤٢١
المملكة العربية السعودية

ت: 4676733 فاكس: 4676757

خلاصة:

يتعرض هذا البحث لحصر مختصر للتقانات المختلفة المستخدمة فى التعرف على متغيرات مصادر المياه العذبة والمالحة باستخدام التوابع الأرضية وطائرات المراقبة وكذلك الأبحاث الأرضية والتى تمكن من التعرف على هذه المصادر ومن ثم تنظيم ادارتها. تنقسم التقانات المختلفة الى التصوير الفضائى والجوى بالأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء وأشعة الميكروويف الكهرومغناطيسية, وكذلك أشعة الموجات الراديوية للأبحاث الأرضية - مع ذكر أمثلة عملية لكل من هذه. وتقترح فى النهاية البدأ فى برنامج محلى للتخطيط والتجارب بما يناسب البيئة المحلية لدول الخليج - خاصة فيما يتعلق بكشف وادارة المياه الجوفية والينابيع. علما بأن الاحصائيات العالمية تحدد نسبة المخزون الجوفى للمياه العذبة ب 22٪ - بالمقارنة الى تواجد 1٪ فقط من هذه المياه فى الأنهار والبحيرات السطحية (و 77٪ فى القطبين المتجمدين), مما يؤكد ضرورة الاهتمام باكتشافات وادارة المياه الجوفية.

مقدمة:

ان كشف وادارة مصادر المياه لمن أهم الواجبات العامة والتى تحدد كثيرا من جوانب الاقتصاد. فان التنبه الى أخطار تلوث المياه الاقليمية والعالمية بالبحار يكون جانبا كبيرا من الحرص على الثروات السمكية والبحرية - الى جانب الحفاظ على النقاء البيئى والصحة العالمية. وتقوم بهذه المهمة منذ السبعينات مجموعة كبيرة من التوابع الأرضية الأمريكية والأوربية واليابانية المذكورة فى المراجع رقم 4 (1982), 5 (1974), 6, 7 (1977) و 10, 11, 12 (1992). كما أن حصر مصادر المياه العذبة فى الأنهار والبحيرات ومصادر الينابيع البرية والبحرية- ومراقبة معدلات استهلاكها لمن أهم مصادر ترشيد التخطيط الاقتصادى.

ونتابع بهذا الخصوص ماذكر فى المراجع رقم 1, 2 (1956), 4, 14, 15،16, 17, 18, 20, 21 (1982), و 10, 11, 12 (1992).

زد على ذلك فان مراقبة الرى والصرف على المستوى الاقليمى ضرورى لسلامة التخطيط وترشيد استخدامات المياه العذبة - خاصة فى دول الخليج التى لايتوافر فيها الكثير من المصادر السطحية للمياه العذبة. وان الغرض من هذا البحث هو عرض التقانات الممكنة لكشف وادارة مصادر المياه والتى طبقت فعلا فى كثير من بلدان العالم , بغية انتقاء مايمكن استخدامه وتطويره على صعيد دول الخليج والتى هى فى حاجة ملحة لمثل هذا التطبيق بما يناسب احتياجاتها ويساعد على استمرارية التطور الاجتماعى بها.

تطبيقات الموجات الراديوية للبحث عن المياه الجوفية:

استخدمت الموجات الراديوية فى الخمسينات والستينات للبحث عن أعماق تواجد المياه فى صحراء سيناء بمصر. ونشير فى هذا الصدد لأبحاث المرحوم الدكتور السعيد فى المراجع 1, 2, 3 (1956-1982). وقد نجحت قياسات التداخلات الكهرومغناطيسية الأرضية عند الترددات 300 - 2250 كيلوهرتز, باستخدام هوائيات موضعية على سطح الأرض, فى تحديد أعماق تواجد المياه, والتى تنبأت هذه القياسات بتواجدها على عمق 835 متر فى "خبرة" (بسيناء), وعلى عمق 885 متر فى "النخيل" (بسيناء أيضا). وقد كانت نتيجة الحفر الفعلى لتواجد هذه

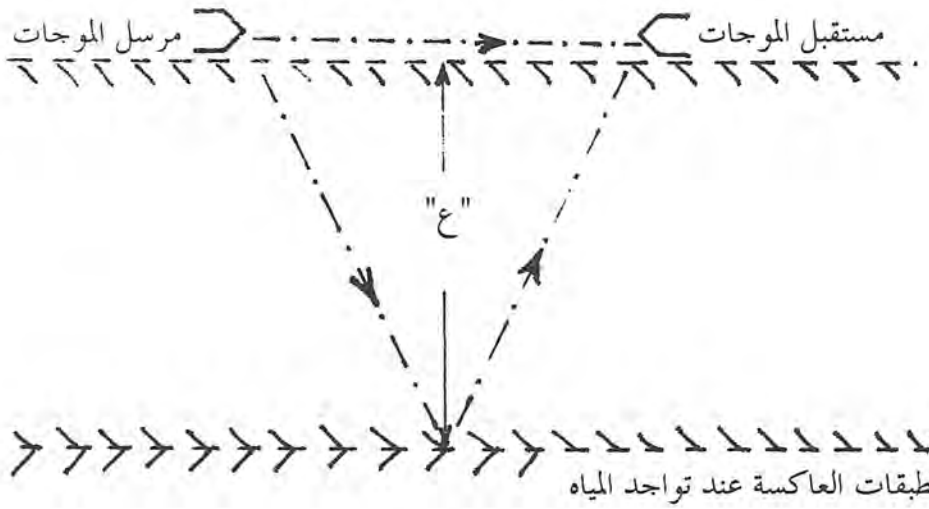
المياه فى "خبرة" هو 790 متر, وفى "النخيل" هو 875 متر.

ان استخدام القياسات الراديوية هذه يعتمد على الخبرة بطبيعة المنطقة من الناحية التكوينية, ويلزم لذلك عمل قياسات مبدئية بنفس الأجهزة للتعرف على مكونات الطبقات الأرضية التى تفصل تواجد المياه عن سطح الأرض.

وتتلخص طريقة القياس هذه, كما هو موضح بشكل (1), فى معرفة مقدار التداخل (عند مستقبل الموجات) بين الشعاعين - الأفقى, الذى يتبع سطح الأرض, والآخر المنعكس, عند سطح الماء. ومنه يمكن حساب عمق سطح الماء العاكس "ع". ويتعرف على مقدار التداخل هذا بتغيير التردد للموجات المستخدمة - أو تثبيت هذا التردد و تحريك الهوائى, المستقبل للموجات, أفقيا على سطح الأرض - حيث يتعرف على التداخل من تغير المسافة بين الهوائى المرسل والهوائى المستقبل.

ان الانعكاسات الناتجة عن تواجد المياه الجوفية تختلف تماما عن الانعكاسات التى يمكن أن تتواجد من الطبقات النفطية, عند هذه الترددات, نظرا لاختلافالسماحية الكهربائية تماما للوسطين (المائى أو النفطى). ان الخبرات الحالية فى القيام بمثل هذه القياسات تمكننا من الحصول على نتائج أدق من النتائج المذكورة سابقا, وذلك لتواجد أجهزة رقمية حديثة تسهل من هذه القياسات بدرجة كبيرة. وهذه يمكنها ارسال نبضات قصيرة متتابعة والكشف عن التغير الزمنى لمردودها, مما ييسر قياسات التداخلات المرغوبة والتى تحدد عمق الانعكاسات. ويقترح (لاحقا بهذا البحث) تطوير هذا الأداء بدول الخليج بعد دراسة احتياجات التطوير هذه. وانه ليتضح من هذه النتائج مقدرة تطوير استخدامات الموجات الراديوة فى الكشف عن أعماق تواجد المياه الجوفية فى مناطق محددة.

انه من الصعب تطبيق هذه الطريقة فى البحث عن تواجد المياه الجوفية فى مساحات شاسعة, نظرا لاستخدام هذه الأجهزة الأرضية. ان البحث عن مصادر معينةفى مساحات شاسعة يلزمه استخدام الطائرات. أما اذا كان البحث على مستوى الأقطار فان استخدام التوابع الأرضية يكون أفضل بكثير. وفى كلا الحالتين يلزم استخدام ترددات أعلى وتقانات مختلفة. مما يتضح فى الفصول التالية من هذا البحث.



شكل (1) طريقة قياس تداخل الموجات الراديوية للتعرف على عمق المياه.

تطبيقات الطيف المرئى والأشعة تحت الحمراء:

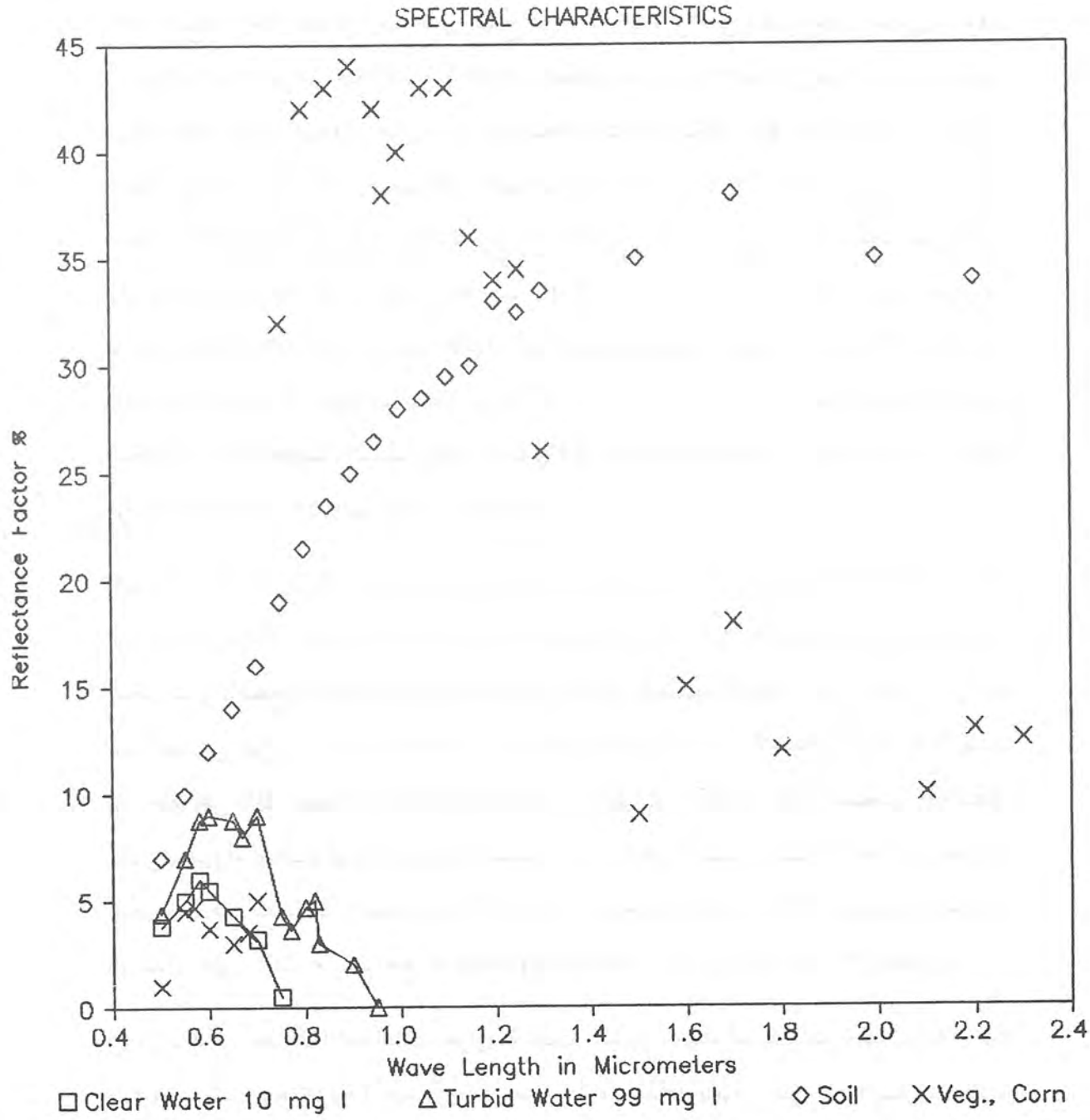
ان دقة معرفة كميات المخزون من المياه لهو شرط لازم لاتخاذ القرارات الصحيحة لاستخدام هذه المياه فى الاحتياجات المنزلية والصناعية والزراعية. ويلزم تنفيذ هذه القرارات متابعة وادارة مستمرة, مما يحتم تواجد أجهزة لاحصاء استخدامات هذا المخزون, والتعرف المستمر على الامكانيات المستقبلية لتجديده. وفى هذا المجال يمكن الاستشعار عن بعد (بشقيه الضوئى والكهرومغناطيسى) من سرعة الاحصاء والتنبؤ المستقبلى المطلوبة. وذلك باستخدام التوابع الأرضية للمراقبة والاحصاء على مجال واسع, والطائرات لاستكشافات أدق, والأبحاث الأرضية (التى شرحت فى الفصل السابق) للكشف المحلى والاستخراج الموضعى. ونوضح فى هذا الفصل تطبيقات الطيف المرئى والأشعة تحت الحمراء, والتى تستخدم, أساسا من التوابع الأرضية لادارة المياه السطحية ومراقبة السواحل والمياه الاقليمية, بما فيها من ينابيع أرضية وساحلية – نظرا لعدم مقدرة هذه الأشعة على اختراق سطح الأرض. ونترك للفصل التالى تفصيلات استخدام الطيف الكهرومغناطيسى.

من المعروف أن قدر الانعكاسات من أسطح المياه يختلف تماما عن قدر الانعكاسات من المكونات الأرضية الأخرى, خاصة قرب طيف الأشعة تحت الحمراء. كما هو موضح بالمراجع 7 (1977), 8 (1990), 9 (1980). ولذلك يسهل تمييز أسطح المياه على الكرة الأرضية

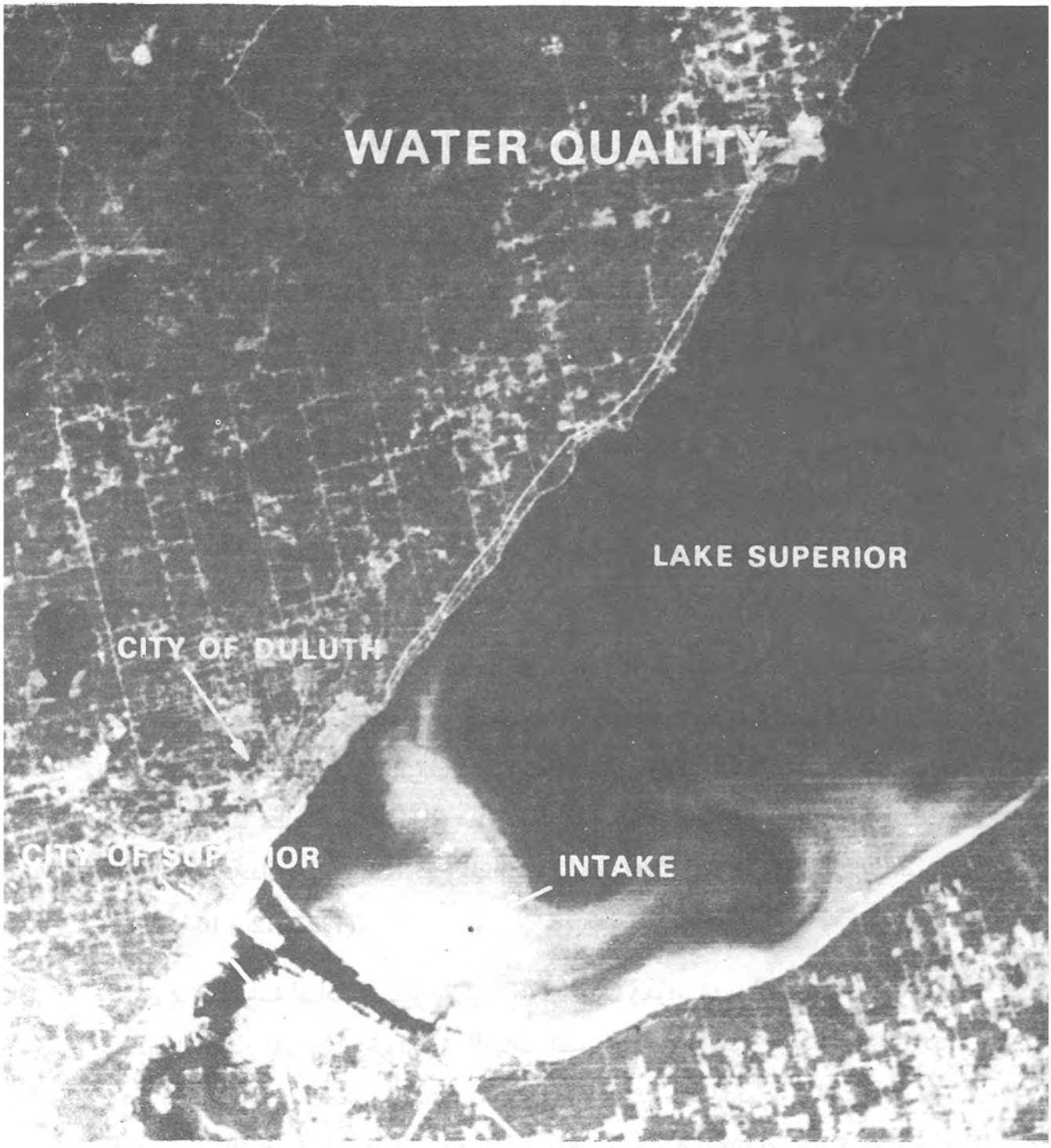
باستخدام الاستشعار عن بعد من التوابع الأرضية وطائرات المسح الجوى باستخدامات اشعاعات الطيف المرئى والأشعة تحت الحمراء. ويوضح شكل (2) هذه الظاهرة, حيث يلاحظ انخفاض المردود الاشعاعى للمياه اذاقورن بالمردود الاشعاعى للمزروعات أو المكونات الترابية الأرضية. كما يتضح من هذا الشكل أيضا التغير الناتج عن صفاء المياه أو عن وجود معكرات بها. وقد أثبتت الدراسات فى المراجع المذكورة أن قدر المعكرات يزيد الانعكاس من الموجات المرئية زيادة خطية. ولكن زيادة الانعكاس من هذه المعكرات بالنسبة للأشعة تحت الحمراء لايزيد خطيا مع زيادة المعكرات - فيما عدا الطيف المتواجد بين 0.6 - 0.7 ميكرومتر, حيث تكون العلاقة متميزة وقريبة من الخطية. ويوضح شكل (3) صورة من صور لاندسات من القناة رقم (5), وهى القناة القريبة من وسط الحمراء (1.55 - 1.75 ميكرومتر) وقد ظهر جليا بها تواجد المعكرات الناتجة من رواسب الأنهار التى تصب بها. ومن الطريف أن شركة المياه التى تخدم المدينة القريبة قد خططت مسبقا لتواجد مصدر الحصول على المياه وسط الجزء العكر من البحيرة - لأن التخطيط والتنفيذ تم قبل الحصول على الصورة الفضائية - وكان الناس يشكون من تغير طعم المياه دون علم بالرواسب الرفيعة التى تلوثها.

كما يجدر بالذكر فى هذا الصدد أن الانعكاس من المياه (ومنها الصافية) لايتأثر بمكونات قاع البحيرات الترابية أو الصخرية, اذا زاد عمق المياه عن 30 سم. كما أنه يجدر بالذكر أيضا أن تمييز البحيرات والأسطح المائية يمكن التعرف عليها من الصور الفضائية بكفاءة تصل 100٪ اذا زادت مساحتها عن حوالى "دونم" (Hectar). وتقل كفاءة التعرف على الأسطح المائية كلما قلت مساحتها عن ذلك, نتيجة لتواجد ظل للجبال, وفى الغابات, وكذلك ظل السحب - والذى يمكن بسهولة اخطاء تمييز البحيرات الصغيرة منه. (ولهذا السبب يفضلاستخدام موجات الميكروويف فى التطبيقات الحديثة حيث لاتتأثر هذه بالسحب والظلال, كما سيوضح لاحقا). ويستدل على ذلك من المراجع 4 (1982),10 (1992), 12 (1992), و 23 (1988).

ويجدر بالذكر أيضا أن الاشعاعات الحرارية تحت الحمراء, عند الطيف المتواجد بين 8 - 14 ميكرومتر, تستخدم بجدارة لرصد درجات حرارة المياه. وبذلك يتعرف على سير التيارات المائية وتواجد الينابيع ومصارف المياه العذبة عند الشواطىء - مما يتضح من المراجع المذكورة, خاصة رقم 21 (1982), حيث أمكن استخدام الطائرات لحصر مصارف المياه والينابيع العذبة البحرية على الشواطىء الجنوبية لايطاليا. وتم التعرف على خمسة أضعاف الينابيع المعروفة وقتئذ عن طريق



شكل (٣) المردود الاشعاعي للمياه والمكونات الارضية والخضرة .



شكل (٣) بحيرة سوبيريور بالولايات المتحدة الأمريكية, عند القناة (٥) للاندسات, وتظهر بها واضحة آثار عكارة صرف النهر, عند مدخل مياه الشرب.

هذا البرنامج. والسبب فى هذه المقدرة لهذه الأطياف الحراريةهو قلة تأثير الطبقات الجوية عليها.

ومع تقدم التصوير بأطياف متعددة من أقمار لاندسات أمكن استخدام الفحوص الجيولوجية لهذه الأطياف من التعرف على احتماليات تواجد المياه الجوفية, وتقدير أحجام تواجدها بطرق مماثلة للتحديد الجيولوجى لتواجد النفط. ومن أبرز التجارب فى هذا المضمار ماذكر فى المرجع رقم 14 (1982) من تجربة الهند لدراسة المياه الجوفية فى مقاطعة "جوجارات" (Gujarat). وقد استخدم فى ذلك بكثرة ماتنتجه القنوات 5, 7 للتابع لاندسات, من تفصيلات جغرافية عند خلطها بمقادير معينة. وجدير بالذكر أن هذه القنوات تحتوى على الأشعة تحت الحمراء (1.55 - 2.35 ميكرومتر) والحمراء. وحيث استعين بخرائط فضائية بألوان صناعية, ومطابقة هذه بخرائط عادية بمقياس رسم 1 : 250000 , ثم تحديد مايظهر من مجارى صناعية لأماكن احتمالية تواجد المياه الجوفية, واستخدمت بعد ذلك مجسات كهربائية, فى شبكة مترامية الأطراف يبعد فيها كل مجس عن الآخر مسافة حوالى كيلومتر, لمعرفة التوصيل الكهربائى للتربة الجوفية (بطريقة الصدى الكهربائى الرأسى VES), حيث يستدل بطريقة شبه مؤكدة عن تواجد المياه الجوفية.

وتستخدم قنوات الأشعة الحمراء أيضا للتعرف على كميات الرطوبة المتواجدة فى التربة السطحية والتى يستدل منها على استهلاك مياه الرى وخلافه. ولم تنجح هذه الطريقة للتعرف على المياه المتواجدة فى الأراضى المزروعة, نظرا لتأثير تواجد النباتات. ولكن يمكن الاعتماد على هذه القنوات فى تقدير نسبية كمية البخر الى محتوات التربة السطحية من المياه. وقد ثبت أفضلية الاعتماد على ترددات الميكروويف الكهرومغناطيسية فى هذا المجال, كما هو موضح فى مراجع 4 (1982), 10 و 12 (1992).

وبطرق مماثلة لدراسة أطياف الصور الحرارية أمكن أيضا (بدراسات متكاملة) توقع تواجد مصادر المياه من الدراسات الجيولوجية لأطياف الصور الكهرومغناطيسية - بدقة أعلى من دقة دراسة الأطياف الحرارية للصور الفضائية - نظرا لاختراقات الموجات الكهرومغناطيسية لسطح الأرض, ولو الى أعماق محدودة (كما هو موضح فى مرجع 4 (1982)). ويذكر فى هذا الصدد اختيار المنظمة الأوربية (EUMETSAT) استخدام الموجات الكهرومغناطيسية فى أقمار استكشافاتها الأرضية (ERS-1), الذى أطلق فى سنة 1991, والمنشورة فى المراجع 10 , 11 و 12 (1992).

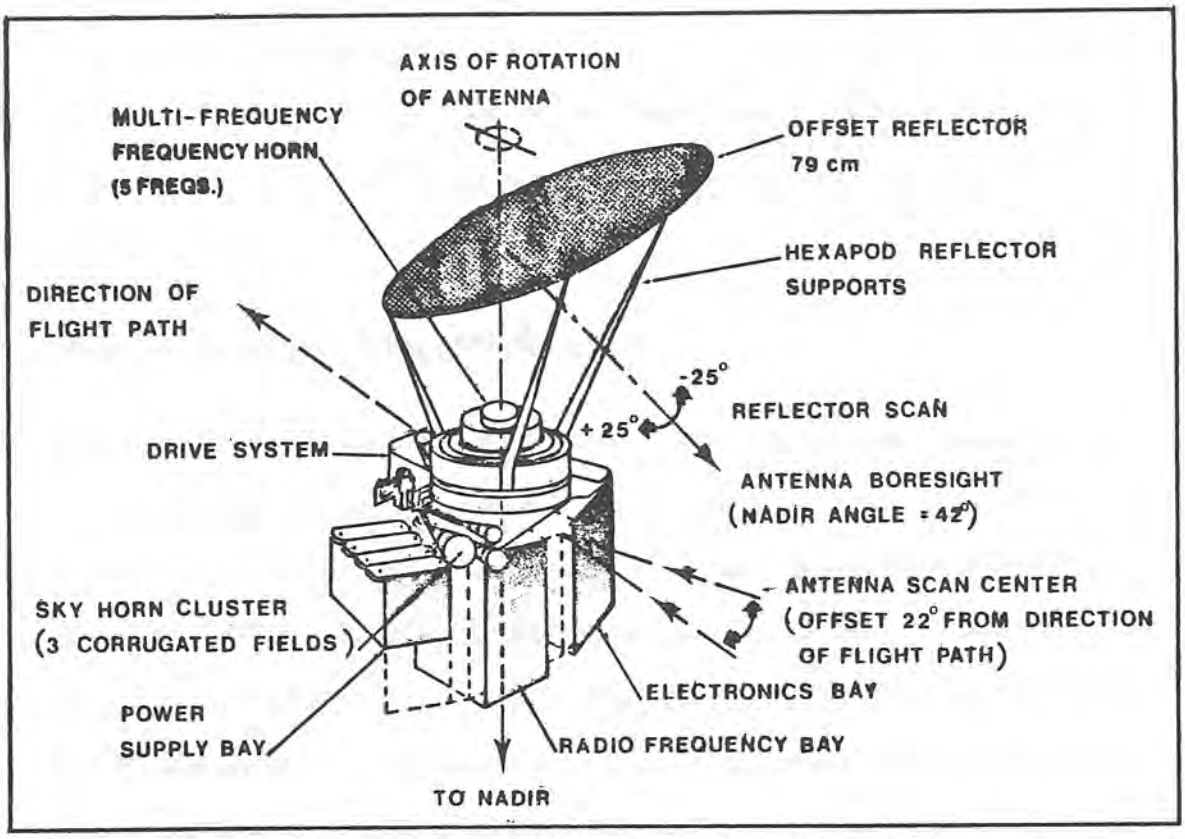
ويجدر بالذكر أنه أمكن التوصل الى طرق حديثة لتحليل أطياف الأشعة الضوئية والحرارية بواسطة

الحاسوب, لتقليل الاعتماد على التعرف على متغيراتها من مراقبة عرض هذه الصور على الشاشة والذى يستغرق وقتا وجهدا كبيرا. ويمكن من هذه الطرق الحاسوبية أيضا معرفة نسبية المكونات الدقيقة لمحتويات هذه الصور, كما هو موضح فى مراجع رقم 8 (1990), 13 (1992) و 22 (1995).

تطبيقات الميكروويف الكهرومغناطيسية:

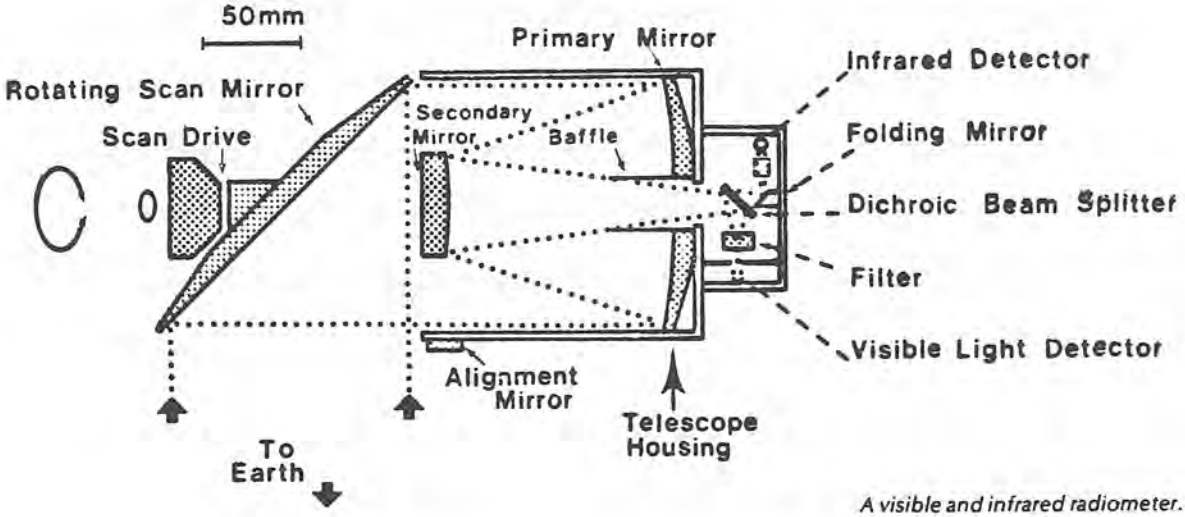
اتضح جليا فى الحقبة الأخيرة الفائدة الكبيرة من استخدامات الميكروويف, بشقيها الراديوى والرادارى فى الاستشعار عن بعد, خاصة فيما يتعلق بتحسس المياه الجوفية والتعرف على أنواع النباتات, وكذلك أبحاث البحار والأمطار وخلافه. ونذكر بهذا الخصوص المراجع 4 (1982) و 10, 11, 12 (1992). وقد اتضح ذلك جليا فى التصميمات الحديثة لأقمار الاستشعار الأوربية التى بدأت ب (ERS-1) الذى ذكر سابقا, والقمر اليابانى (MOS-1) الذى أطلق فى 1987. كما أن معظم الأبحاث المذكورة قد حددت الاحتياج الى تطبيقات الميكروويف الى جانب المجسات الضوئية والحرارية لدقة مراقبة وادارة الثروات الأرضية, خاصة الثروات المائية. وقد تميزت تطبيقات الميكروويف بحساسية أعلى من حساسية تطبيقات الأشعة الضوئية والحرارية, الى جانب عدم تأثرها بتواجد السحب, التى تعوق كثيرا من تحليلات الصور الضوئية والحرارية. الا أن أجهزة الميكروويف أكبر كثيرا فى الحجم من الأجهزة الضوئية والحرارية. ويوضح شكل (4) المكونات الأساسية لكل من المجسات الراديوية الكهرومغناطيسية والضوئية الحرارية. ومن عيوب المجسات الراديوية الكهرومغناطيسية كبر مسافات التمييز الأرضية التى تبلغ عشرات الأمتار للأجهزة المحمولة على الطائرات وتزيد عن الكيلومتر للأجهزة الفضائية. ويختفى هذا العيب عند استخدام التصوير الرادارى التحليلى الذى يستخدم حركة المركبة فى معالجة الاشارات مما يقلل بكثير مسافات التمييز الأرضية. وجدير بالذكر أن قدرة التمييز للأجهزة الضوئية والحرارية الفضائية تبلغ من 10 – 30 مترا.

كذلك فانه يمكن معالجة الصور الرادارية لتحقيق بعد ثالث فى الهندسة الفراغية, كما هو موضح فى المرجع رقم 23 (1988), بطرق رقمية يمكن تطويرها, حيث أنها أسهل من الطرق التى يستخدمها تابع التصوير الضوئى والحرارى (SPOT) الفرنسى, بتصوير أماكن معينة من زوايا مختلفة.



The Scanning Multifrequency Microwave Radiometer (SMMR) carried on Seasat and Nimbus-7.

شكل (٤) أ – مجس للميكروويف متعدد الطيف (SMMR).



A visible and infrared radiometer.

شكل (٤) ب – مجس للأشعة المرئية وتحت الحمراء (MSS).

تستخدم ترددات الميكروويف, بين 1 جيجاهرتز و 10 جيجاهرتز, فى تحسس تواجد المياه والنباتات والتصوير الرادارى الجوى والفضائى, كما هو موضح فى المرجع رقم 4 (1982). وتتخصص الترددات 1-2 جيجاهرتز فى الكشف عن مصادر المياه ومراقبة تغيراتها. أما الترددات 2-4 جيجاهرتز فتستخدم للتعرف على النباتات واستنتاجات تشبع الأراضى (خاصة الزراعية منها) بالمياه, مما هو مفيد فى تقديرات انتاجها الزراعى, وتقديرات الرى والصرف. أما الترددات 5-10 جيجاهرتز فتستخدم فى التصوير الرادارى ورسم الخرائط. وقد خصص مرجع 4 (1982) الترددات 1.225 و 2.45 و 5 جيجاهرتز لتطبيقات تواجد المياه وادارة المحاصيل الزراعية والرى والصرف.

كما أن ترددات الميكروويف بين 10 و 100 جيجاهرتز تستخدم فى أبحاث التغيرات الجوية ومراقبة الأمطار وقياسات الأوزون وخلافه.

يتضح مما سبق سهولة استحدام أطياف الصور الضوئية والحرارية والراديوية والرادارية الكهرومغناطيسية لمراقبة وادارة مصادر المياه فى الترع والبحيرات المفتوحة. فان الأبحاث الأخيرة أثبتت مدى سهولة التعرف على أنواع المياه المختلفة و مصادر الثروات السمكية بها. أضف الى ذلك فان هذه الدراسات تمكن أيضا من تحديد نوعيات الأعماق المتواجدة بها هذه المصادر. كما أن اضافة دقة تحديد الصور المساحية من الأقمار الصناعية تمكن من تحديد تغير منسوب المياه بهذه المصادر وتكعيب زيادة ونقصان كميات مخزونها من المياه. وأقرب الأمثلة على ذلك ماذكر فى مرجع 16 (1982) و 17 (1982). من استخدام صور لاندسات فى تقدير مخزون مياه بحيرة السد العالى فى مصر ومطابقة ذلك لأحسن التقديرات الأرضية, وكذلك تقدير سرعة التغيرات فى شواطىء البحر الأبيض المصرية.

خاتمة:

يتضح من الحقائق السابقة أن الاستشعار عن بعد, بشقيه المرئى (بما فيه من استخدامات الاشعاعات الحرارية) والراديوى (بما فيه من الاستخدامات الرادارية) يكمل بعضها البعض للحصول على معرفة دقيقة للمتغيرات البيئية على المستويات القطرية والعالمية - خاصة فيما يتعلق بكشف وادارة مصادر المياه. وانه بخصوص مياه التربة فان الاشعاعات الحرارية والراديوية لازمة لكشف مخزونها. وتفوق الرادوية الحرارية فى مقدرتها على التعرف الى أعماق أكثر. ونظرا لاحتياجات دول الخليج الى كشف المياه الجوفية, الى جانب مراقبة متغيرات المياه بالشواطىء الطويلة, فان برنامجا ذو شقين, لادارة مصادر المياه هذه, يمكن أن يختصر فيما يلى:

١- عمل تحليلات مستمرة لمتغيرات صور التوابع الأرضية بالمنطقة, وبالاستعانة بمراكز الاستشعار عن بعد, بطرق معالجة حديثة تتفق مع طبيعة متغيرات المنطقة. حيث أن الطرق المتواجدة حاليا نابعة من طبيعة متغيرات أخرى.

٢-أ- انشاء برنامج لاستخدام الطرق الحرارية والراديوية للكشف عن المياه الجوفية - وينابيعها البرية والبحرية. ويستلزم هذا عمل جسات محلية بأجهزة مستحدثة, تتفق مع طبيعة المنطقة. فمثلا تجربة الهند وايطاليا فى هذا المضمار طورت على مدى سنين عدة لتتفق مع طبيعة الأرض المتواجدة هناك, والتى تختلف طبيعتها تماما عن طبيعة منطقة الخليج.

٢-ب-انشاء شبكة معلومات للمياه بالخليج, تنتشر فيها مجسات تحسس متغيرات المياه, ومستويات وكميات الصرف المختلفة, من ساحلية وداخلية. ترسل هذه المجسات اشارات التغير عبر أحد التوابع الفضائية العربية لمركز معلومات لمصادر المياه. وتستخدم هذه المجسات مايستحدث من أجهزة دقيقة لتحديد المتغيرات (والتى يمكن أن يكون من ضمنها أيضا أجهزة GPS وهو النظام العالمى لتحديد المواقع بدقة).

وبذلك يمكن عمل تصور مترابط لمتغيرات المياه مما يمكن من ادارة مصادرها بدقة.

REFERENCES

[1] El-Said, M.A.H.,"Geophysical Prospection of Underground Water in the Desert by Means of Electromagnetic Interference Fringes", Proceedings of the IRE, Vol 44, No 1, pp. 24-30, January 1956.

[2] El-Said, M.A.H., "A New Method for the Measurement of the Average Dielectric Constant of the Underground Medium on Site", IRE Transaction on Antennas and Propagation, Vol AP-4, No 4, pp. 601-604, October 1956.

[3] Mahmoud, S.F., Ibrahim, E.A., and El-Said, M.A.H., "On the Electromagnetic Interference Fringes Method in Geophysical Prospecting Applications", IEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol GE-20, No 2, pp. 180-187, April 1982.

[4] Afifi, M.S., and Tomiyasu, K., "Image Resolution and Accuracy of Measurements with Microwave Sensors in Low Earth and Geosynchronous Orbits", The First Thematic Conference, Remote Sensing of Arid and Semi-Arid Lands, pp. 485-495, Cairo, Egypt, January 1982.

[5] Austin, R.W., "Optical Aspects of Oceanography", Academic Press, New York, pp.317-343, 1974.

[6] Deschamps, Y., Secomte, P., and Viollier, M., "Remote Sensing of Ocean Color and Detection of Chlorophyll Content", 11th Int. Symp. on Remote Sensing of Envir., Ann Arbor, Mich., April 25-29, 1977.

[7] Bartolucci, L.A., Robinson, B.F., and Silva, L.F., "Field Measurements of the Spectral Response of Natural Waters", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing XLIII (5), pp. 595-598, 1977.

[8] Al-Malik, M.A., and Afifi, M.S., "Linear Analysis and Interpretation for Categories in Landsat Images", Modeling and Simulation Conference, University of Pittsburgh, Pennsylvania, Vol 21, No 2, pp 941-945, May 1990.

[9] Fraysse, G., "Remote Sensing Application in Agreculture and Hydrology", Proceedings of Advanced Seminar held at the Joint Research Center of the Commission of the European Communities in the Framework of the ISPRA Cources / ISPRA (VARESE)/ Italy, A.A. Balkema / Rotterdam / 1980.

[10]Haefner, H., and Pampaloni, P., "Water Resources", Int. J. Remote Sensing, Vol 13, Nos 6 & 7, pp 1277-1303, April-May 1992.

[11]Allan, T.D., "The Marine Environment", Int. J. Remote Sensing, Vol 13, Nos 6 & 7, pp 1261-1276, April-May 1992.

[12]Lust, R., "Remote Sensing from Space: the European Space Agency's Achievements and Current Programms", Int. J. Remote Sensing, Vol 13, Nos 6 & 7, pp 1023-1034, April-May 1992.

[13]Quarmby, N.A., Townshend, J.R.G., Settle, J.J., White, K.H., Milnes, M., Hindle, T.L., and Silleos, N., "Linear Mixture Modelling Applied to AVHRR Data for Crop Area Estimation", Int. J. Remote Sensing, Vol 13, No 3, pp

415-425, February 1992.

[14]Rao, K.R., "Assessment and Management of Water Resources from Satellite Derived data - Indian Example", International Symposium on Remote Sensing of Environment, First Thematic Conference, Remote Sensing Arid and Semi-Arid Lands, Cairo, Egypt, pp 363-368, January 1982.

[15]Jarman, J.W., McKim, H.L., and Cotter, D.M., "Hydrologic Data Collection Using Satellite Systems", International Symposium on Remote Sensing of Environment, First Thematic Conference, Remote Sensing Arid and Semi-Arid Lands, Cairo, Egypt, pp 369-373, January 1982.

[16]Mancy, K.H., Smith, S.E., and Latif, A.F.A., "Monitoring of Water Quality and Environmental Changes in the Aswan High Dam Reservoir from Landsat Imagery", International Symposium on Remote Sensing of Environment, First Thematic Conference, Remote Sensing Arid and Semi-Arid Lands, Cairo, Egypt, pp 375-387, January 1982.

[17]Klemas, V., and Abdel-Kader, A.M.F., "Remote Sensing of Coastal Processes with Emphasis on the Nile Delta", International Symposium on Remote Sensing of Environment, First Thematic Conference, Remote Sensing Arid and Semi-Arid Lands, Cairo, Egypt, pp 389-415, January 1982.

[18]Rogers, R.H., Lyzenga, D.R., and Wilson, C.L., "Mapping Water Depth and Land Features in the Coastal Zone by Digital Processing of Landsat-MSS Data", A Summary at International Symposium on Remote Sensing of Environment, First Thematic Conference, Remote Sensing Arid and Semi-Arid Lands, Cairo, Egypt, pp 425-426, January 1982.

[19]Molen Sorensen, B., Sturm, B., and Tassan, S., "Some Results from Experiments on Remote sensing of water quality and Oil Pollution in the Mediterranean Sea", International Symposium on Remote Sensing of Environment, First Thematic Conference, Remote Sensing Arid and Semi-Arid Lands, Cairo, Egypt, pp 417-424, January 1982.

[20]Wall, S.L., Thomas, R.W., Brown, C.E., Eriksson, M., and Bauer, E.H., "A Landsat-Based Inventory Procedure for the Estimation of Irregated Land in Arid Areas", International Symposium on Remote Sensing of Environment, First Thematic Conference, Remote Sensing Arid and Semi-Arid Lands, Cairo, Egypt, pp 523-532, January 1982.

[21]Marino, C.M., Annoni, A., and Tonilli, "Fresh Water Springs Detection and Discharge Evaluation Using Thermal I.R. Surveys Along Sea Shores in Areas Affected by Poor Precipitations", International Symposium on Remote Sensing of Environment, First Thematic Conference, Remote Sensing Arid and Semi-Arid Lands, Cairo, Egypt, pp 635-642, January 1982.

[22]Afifi, M.S., "Processing of Landsat Images and Management of Earth Resources", Proposed for the Fourth Saudi Engineering Conference, King AbdulAziz University, Jeddah, 15-18 January 1995.

[23]Afifi, M.S., Al-Lahaidan, F.A., and Green R., "On Processing of Data for Three Dimensional Multibeam Synthetic Aperture Radar", 19th Pittsburgh Con on Modeling and Simulation, pp 1077-1082, U.S.A., May 5-6, 1988.

(٦)

الجلسة السادسة
إستعذاب الماء بالتقطير

خطط إطالة أعمار المحطات

عبدالحميد عبدالرحمن المنصور / صالح غرم الزهراني

خطط إطالة أعمار المحطات

إعداد

عبدالحميد بن عبدالرحمن المنصور (١)

صالح غرم الزهراني (٢)

(١) مدير التشغيل والصيانه بالمنطقة الشرقيه (٢) مدير محطات الجبيل .

الادارة العامة للتشغيل والصيانه , المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحه

فاكس ٨٩٤٤٠١٤(٩٦٦٣) الخبر – المملكة العربية السعودية .

مقدمه :

من المعلوم ان دول الخليج العربي قد استثمرت مبالغ طائله خلال السنوات الخمسه عشر الماضيه لبناء محطات تحلية المياه وتوليد الطاقه الكهربائيه والاجهزه والمعدات المرافقه لها ، وحيث ان هذه المحطات تخضع اثناء تشغيلها لظروف غير عاديه من حيث تعامل معداتها واجهزتها مع مياه البحر عاليه الملوحه ودرجات الحراره المرتفعه فان هذه الظروف تعجل من هرم المعدات وانظمة المحطه الميكانيكيه والكهربائيه والالكترونيه والخرسانيه وتؤثر على كمية ونوعية الانتاج – كذلك فان التقدم التكنولوجي السريع في مجالات الصناعه بصفه عامه والالكترونيات بصفه خاصه قد ادى الى توقف انتاج العديد من قطع الغيار لكثير من الانظمه الالكترونيه المستخدمه في هذه المحطات بسبب تقادمها الزمني الامر الذي تسبب في حدوث ارباكات كثيره في خطط صيانة المعدات نتيجة اعتذار الشركات المصنعه عن امكانية توفير قطع الغيار المطلوبه بحجة ايقاف تصنيع الانظمة التي مضى على تصنيعها اكثر من خمسة عشر سنه ،

ولتفادي مثل هذه الظروف الصعبه التي تهدد بتوقف تشغيل المعدات بين الحين والاخر فقد اصبح من الضروري مواجهة ذلك بوضع خطط طويله الامد للمحافظه على اداء هذه المحطات بكفاءه عاليه خلال عمرها الافتراضي مع البحث في امكانية اطالة العمر التشغيلي لها اقتصاديا لما بعد عمرها الافتراضي ، مثل هذه الخطط ترتكز على عاملين رئيسيين هما :-

اولا :- استبدال كافة الانظمة المتقادمه بالمحطات والتي لم يعد بالامكان توفير قطع غيار لها من الشركات المصنعه وذلك قبل الوصول الى مرحلة ايقاف التصنيع .

ثانيا:- اعادة رفع كفاءة المعدات الرئيسيه بالمحطه واستبدال الاجزاء التالفه منها وتلك التي تعرضت لمعدلات تآكل او نحت قريبه من الحد الاقصى المسموح به مع تبني سياسة تجديد المعدات عند انتهاء العمل الافتراضي لها .

هذا وتقترح هذه الورقه وضع خطط سنويه يحدد فيها اجزاء المحطات الواجب اعادة بناءها خلال فترة كل خطة مقرونه بالمبالغ الماليه التقديريه المطلوب توفيرها خلال مراحل العمل .

وستخلص الورقه الى ان تبني مثل هذه السياسات سيسهم بشكل ايجابي وفعال في المحافظه على استمرارية انتاج المياه وتوليد الكهرباء للجهات المستفيده على النحو المطلوب كما ان اطالة اعمار المحطات القائمه الى مابعد عمرها الافتراضي سيؤدي الى توفير مبالغ ماليه كبيره مقارنه بتكاليف بناء محطات جديده عند انتهاء العمل الافتراضي للمحطات القائمه حاليا .

الظواهر السلبيه المترتبه على تقادم المحطات

١ – عدم توفر قطع غيـار للعديـد مـن الانظمـه والمعـدات بسـبب توقـف تصنيعهـا مـن قبل الشركات المصنعه ٠

٢ – ارتفاع نسبة تكرار اعطال المعدات والانظمه ٠

٣ – ظهور تآكل في اجزاء كثيره من معدات المحطه (انابيب – غلايات – وحدات تحليه ٠٠٠ وخلافه) بمعدلات تقترب من الحدود القصوى المسموح بها من قبل المصنعين ٠

٤ – حدوث نحت بالعديد من المرافق مثل الانابيب المقواه بالالياف الزجاجيه (FRP) وريش التربينات والصمامات ٠

٥ – تشقق المنشآت الخرسانيه لبعض قواعد المعدات والمباني نتيجة تآكل الحديد الخرساني وهبوط المباني والطرق بسبب ضعف التربه وارتفاع مستوى المياه الجوفيه ٠

النتائج السلبيه المترتبه على تقادم المحطات :

١ – تدني كفاءة المعدات وعدم وثوقيتها مما يؤدي الى تاثر الانتاج بدرجه كبيره مع عدم امكانية ضمان جودة الانتاج ٠

٢ – ارتفاع تكاليف تشغيل وصيانة المعدات والانظمه والمباني داخل المحطات مما يهدد بعدم اقتصادية الانتاج ٠

٣ – تأثر المعدلات الحراريه لمعدات القوى مثل الغلايات والتربينات مما يقلل من قيمة معامل انتقال الحراره ويؤدي في النهايه الى رفع تكلفة الانتاج ٠

٤ – ارتفاع معدلات التلوث من عادم الغلايات ٠

ولتلافي وصول اوضاع المحطات لمستويات متدنيه من الوثوقيه وحتى لاتواجه الادارات المسئوله عن الانتاج قرارات مكلفه لاصلاح الاوضاع تحت ضغوط ضيق الوقت المتاحه للتخطيط لمثل هذه الاعمال ا لطارئه فانه من المتعين ان يتم وضع خطط مسبقه التصميم الغرض تبني هدف اطالة عمر المحطه و المحافظه على استمرار تشغيل المحطه بوثوقيه عاليه مع محاولة تحسين كفاءة المعدات والانظمه ما امكن ذلك مع تطوير اساليب ووسائل التشغيل والصيانه بما يحقق سلامة تشغيل المعدات – وهذا كله سيؤدي في نهاية الامر الى تحقيق الاهداف التاليه :-

١ – الوثوقيه في تشغيل المعدات وتحقيق اعلى كفاءه انتاجيه اقتصاديه ٠

٢ – المحافظه على جودة الانتاج ونوعيته ٠

٣ – زيادة المعدلات الحراريه سواء لوحدات التحليه او المحطات القوى ٠

٤ – تدعيم واستمرار تطوير عمليات التشغيل والصيانه ٠

٥ – خفض معدل التلوث البيئي الناتج عن المحطات ٠

وتعتمد درجة النجاح في تحقيق اهداف الخطه بكفاءه واقتصاديه عاليه على مدى التعاون والجهود المبذوله من قبل كافة الادارات والاقسام المعنيه لتلبية متطلبات الخطه بدءا من توفير المخصصات الماليه اللازمه لتوفير مواد وعماله فنيه مدربه تدريبا جيدا وجهاز اشرافي فني للاشراف على تنفيذ الاعمال المطلوبه ٠

ويتوجب على الجهات التي تخطط لسياسة اطالة الاعمار تحديد الانظمه اللازم البدء بها ويتبع لهذا الغرض عاملين اساسين هما :-

١ – اسلوب تقييم جودة المعدات حسب حراجتها ٠

٢ – تحديد الانظمة المطلوب استبدالها ٠

وسنتناول فيما يلي هذين العاملين بالتفصيل

اولا :- اسلوب تقييم درجة حراجة المعدات وجودتها

في هذا البرنامج يتم تصنيف جزئيات اقسام المحطه الى :-

أ - عناصر حرجه تتسبب في توقف الانتاج بشكل فوري في حالة حدوث اي عيوب او مشاكل بها ٠

ب - عناصر مؤثره تتسبب في خفض الانتاج مع استمرار التشغيل وتحمل مبالغ اضافيه في سبيل ذلك ٠

ويبين الجدول التالي مثال لكيفيه تصنيف اقسام المحطه الى العناصر المذكوره عاليه ٠

الجـــــزء	العناصر الحرجـــه	العناصر المؤثـــره
١ - الغلايـــه	اسطوانة البخار- مجمعات المحمص - مجمعات وانابيب المياه الساخنه والبخار	انابيب المحمص - انابيب اعادة التسخين - المرسبات -معدات مناوله الرماد
٢ - التربيـــن	العمود الدوار - الصمامات قفص البخار	الريش - غطاء التربين والاكتاف
٣ - المولد الكهربي	عمود الاداره - لفات الملف - عزل الملف	منظم الضغط - اجهزة الحث للتيار المستمر
٤ - وحدات التحليه ووحدات الخدمه الرئيسيه	هياكل مداخل وتصريف المياه- اجهزة خلخلة الضغط - الكابلات الكهربائيه - انظمة التحكم الحرجه - المحولات الكهربائيه الرئيسيه+	- المضخات - نازع الهواء - المبادلات الحراريه - قواطع التيار المساعده - انظمة الحقن الكيميائي ٠

وبعد تحديد العناصر الحرجه والعناصر المؤثره والتي لها دور رئيسي في تحسين الانتاجيه المتاحه يتم تقييم المرافق المساعده بالمحطه وقد وضعت منظمة (EPRI) ثلاث مستويات لعملية التقييم متوقفه على الميزانيه المتاحه اواحتياجات الخطه وهذه المستويات الثلاثه هي:-

١ - المستوى الاول هو استخدام سجلات المحطه والبيانات الخاصه بالتصميم واسلوب التشغيل .

٢ - المستويين الثاني والثالث يمثلان تقييم اكثر تفصيلا لكل معدة على حده من خلال عمل اختبارات اضافيه في موقع العمل وتحليلات مختبريه على كل معده ونظام ضمن اقسام المحطه .

ومن المقترح اتباع ثلاثة مراحل لتقييم جودة المعدات وتحديد درجة صلاحيتها للاستمرار في الخدمه بعد انقضاء العمر الافتراضي . والمراحل الثلاثه هي :-

المرحله الاولى : يتم فيها تحديد مايلي :-

- البيانات التصميميه لكل معده .
- التاريخ التشغيلي لها من واقع سجلات المعدات .
- الخبره العمليه لتقييم مميزات وعيوب المعده .
- مدى اهمية المعده في النظام التشغيلي .
- التلفيات الفعليه التي حدثت للمعده اثناء عمرها التشغيلي .

ويربط نتائج البيانات السابقه مع برامج التشغيل الحاليه والمتوقعه للمعده يمكن تقدير العمل المتبقي لصلاحية تشغيل تلك المعده .

المرحله الثانيه :- عمل اختبارات غير تحطيميه واختبارات تحليل الاجهاد للمعده للتوصل الى الفتره الفعليه المتبقيه على صلاحية تشغيل المعده وجدير بالذكر ان تكاليف الاعمال في هذه المرحله اعلى من مثيلاتها من المرحله الاولى الا انه من الضروري تنفيذها حتى يمكن وضع خطه الاستبدال على النحو الصحيح .

المرحله الثالثه :- التوسع في اخذ عينات للمعده لعمل تحاليل مختبريه اضافيه للتأكد من فترة العمل المتبقيه للمعده .

ثانيا :- تحديد الانظمه المطلوب استبدالها

كما اوضحنا سابقا فان الانظمه الالكترونيه للتحكم والامان والسلامه بالمحطات تعتبر من الانظمه الحرجه التي يمكن ان تهدد بتوقف تشغيل المعدات والانتاج بين الحين والاخر - ولذلك فانه من الضروري العمل على بقاء مثل هذه الانظمه بكفاءه تشغيليه عاليه ومستمره - ونظرا لعدم امكانية توفير قطع غيار على المدى البعيد للاسباب التي ذكرت بعاليه فاصبح من الضروري اتباع سياسة استبدال الانظمه القديمه بانظمه تكنولوجيه حديثه .

تتمثل مراحل خطة الاستبدال فيما يلي :-

١ - مرحلة تسجيل بيانات الانظمه وقطع الغيار الخاصه بها بالتصنيف الاتي:-
   - بنود او قطع غيار توقف انتاجها لتقادمها .
   - بنود ذات تكلفه عاليه .
   - بنود ذات مشاكل مزمنه .
   - بنود ذات كفاءه تشغيليه منخفضه .
   - بنود عاديه .
٢ - مرحلة تقييم الانظمه وقطع الغيار حسب الاولويات الاتيه:-
   - بنود حرجه تؤثر كليا على نظم الامان والسلامه والانتاج .
   - بنود عاديه تؤثر جزئيا على الانتاج .
   - بنود احتياطيه ورقابيه .

٣ – مرحلة اعداد خطة الاستبدال وتشمل مايلي :–

أ – الاختيارات المتاحه :

– استبدال النظام الحالي بآخر جديد ٠

– عمل تجديدات مرحليه للنظام ٠

– تحديث لوحات التحكم ٠

– استبدال قطع الغيار التالفه في النظام ٠

– استبدال مجموعات صغيره متكامله في النظام باخرى جديده ٠

ب – تقييم الاختيارات المتاحه حسب الاسس الاتيه :–

– تغيير فوري للانظمه الحرجه ٠

– استبدال انظمه او قطع غيار خلال العمره السنويه للوحده ككل ٠

– استبدال قطع غيار تالفه باخرى جديده خلال اي فترة توقف للوحده ٠

ج – اعداد المواصفات الفنيه للنظام الجديد :

لاستبدال النظام الاساسي للتحكم بنظام تكنولوجي حديث يسمى (DISTRIBUTION CONTROL SYSTEM) (DCS)بكل من محطات القوى الكهربائيه ووحدات التحليه – بالاضافه الى اعداد المواصفات الفنيه لمتطلبات بقية الاختيارات المذكوره في الفقره (أ) عاليه ٠

د – تنفيذ خطة الاستبدال حسب الاولويه التاليه :–

– محطات القوى الكهربائيه(غلايات – مولدات كهربائيه – تربينات) ٠

– وحدات التحليه ٠

– الوحدات المساعدة ومحطات الخدمه ٠

– اجهزة رقابيه عاديه لاتؤثر على الانتاج ٠

خيار تعزيز القدره الانتاجيه بمعدات جديده (REPOWERING)

معلوم ان عملية تقادم الغلايات هي اكبر عامل وراء انخفاض نسبة التواجد (AVAILABILITY) لمحطات القوى الكهربائيه ، وفي المقابل فان العنفات البخاريه جيدة الصيانه يمكن ان تعمل لفتره تقارب الخمسين عاما فان هذا الامر يجعل الغلايات من اهم اجزاء المحطه المرشحه للتغير الكامل بعد انقضاء العمر الافتراضي وبدء ظهور مشاكل رئيسيه بها مثل انخفاض الكفاءه وزيادة التلوث الجوي ونقصان القدره الانتاجيه هذا اضافه للارتفاع المتوقع على الطاقه الكهربائيه فان اكثر الخيارات المتبعه في صناعة الطاقه الكهربائيه هي تبني سياسة تعزيز القدره الانتاجيه بواسطة تغيير الغلايات بمولد بخار من عادم عنفات غازيه (GAS TURBINE /GENERATOR AND HEAT -RECOVERY STEAM GENERATOR)

كما انه توجد انظمة بديله للنظام اعلاه الا انه يعتبر من اكثرها اقتصاديه في حالة الرغبه في تغيير الغلايه بالكامل لما يوفره من قدره على سرعة مواجهة تغيير الاحمال ومرونة التشغيل المبدئي ، الوثوقيه العاليه وقلة العادم وارتفاع الكفاءه ، ويمكن ان ترتفع نسبة الكفاءه الحراريه للمحطه بشكل عام لنسبة تقارب ٢٠٪ خلاف الزياده في القدره الانتاجيه التي قد تصل لثلاثة اضعاف حسب التصميم الذي يتم تبنيه وتتراوح قدرة العنفات الغازيه حاليا بين ٤٠ الى ١٦٠٠ ميغاوات .

ويستدعي الامر عادة اجراء تغيير لنظام التحكم وكذلك صيانه شامله للعنفات البخاريه واعادة لف للمولد الكهربائي ، ومع هذا فان عملية اختيار تصاميم تعزيز القدره الانتاجيه يجب ان تخضع لدراسه كل حاله على حده لارتباطها بظروف المحطه والاوضاع الماليه المتاحه .

وفي مجال وحدات التحليه فان الخبرات محدوده في هذا المجال وان كانت المبادلات الحراريه ، والمضخات واجهزة التفريغ تعد من اهم الاجزاء المرشحه للاستبدال الكامل .

استعراض اداء بعض المحطات :-

ولبيان الفائده التي ظهرت بالمحطات العامله نتيجة تنفيذ برنامج اطالة عمر المحطات القائمه سنستعرض الان بعض حالات الدراسه التي تمت على بعض المحطات .

الحاله (A) (يرجع الى الشكل رقم ١)

محطة تعمل بالفحم لانتاج (٤٠٠) ميجاوات منذ عام ١٩٥٠م عند معدل تواجد ٧٠٪ وبعد تنفيذ بعض التعديلات عليها عام ١٩٩٠-١٩٩١م ضمن برنامج اطالة عمر المحطه ارتفع معدل التواجد الى ٨٥٪ وشملت التعديلات توسعة نظام التحكم وتطوير المسخنات الحراريه واستبدال انابيب محمص الغلايه وتوسعة نظام اعادة التسخين وتحديث نظام التحكم وادى ذلك الى تحسن معدل انتقال الحراره بمقدار ٧٪ وخفض تكاليف الصيانه بمعدل ٥٠٪ .

الحاله (B) (يرجع الى الشكل رقم ٢)

محطة تعمل بالفحم منذ عام ١٩٥٤م لانتاج ١٥٠ ميجاوات ويرغب المسئولين في اطالة عمر المحطه الى مابعد عام ٢٠١٠م .
كان معدل التواجد قبل اي تعديلات ٥٠-٦٠٪ وبعد تنفيذ التعديلات تحسن معدل التواجد الى ٧٥-٨٠٪ كما تحسنت كفاءة المحطه بشكل ملحوظ .

الحاله (c) (يرجع الى الشكلين رقمي ٣ ، ٤)

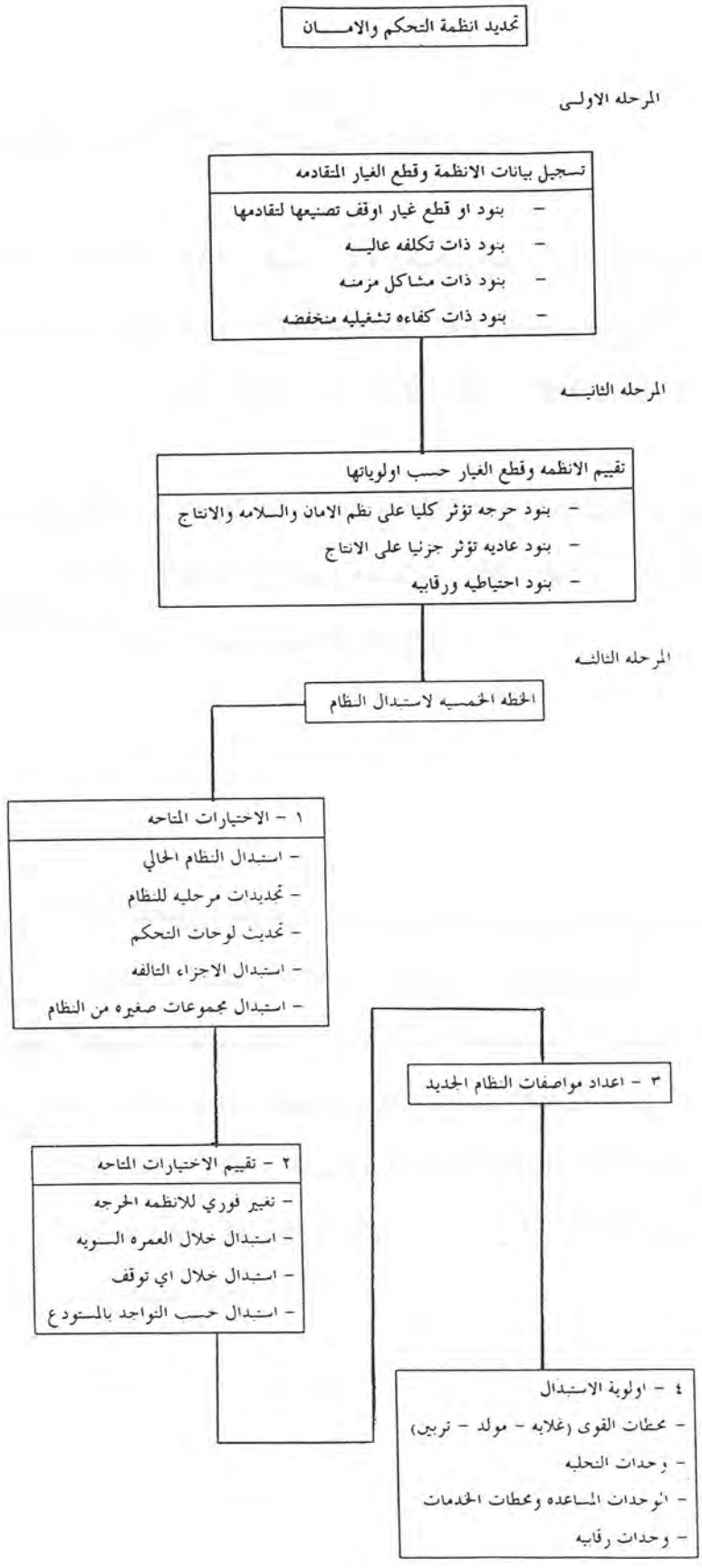
محطه تعمل بالفحم منذ عام ١٩٥٠م بقدره ١١٢ميجاوات ومحطه اخرى تعمل بنفس النظام منذ عام ١٩٦٠م لانتاج ٤٠٠ميجاوات ،بعد تنفيذ برنامج اطالة عمر كلا المحطتين تحسن معدل انتقال الحراره بمقدار ٥٪ بالاضافه الى خفض عدد مرات ايقاف المحطه ،

ومن واقع الخبره التي اكتسبت نتيجة تنفيذ برنامج اطالة عمر المحطات تأكد حدوث تحسن في معدل التواجد بالمحطات بالاضافه الى تحسن معدلات انتقال الحراره ورفع الكفاءه الكليه للمحطات بعد التعديلات التي تطلبها تنفيذ البرنامج ،

الخلاصه :-

ان معظم محطات التحليه والقوى الكهربائيه في المنطقه ستشهد ضغوط مع بداية القرن القادم للبدء في عمليات استبدال وتحديث العديد من الانظمه والمعدات ،

وحتى يمكن للجهات القائمه على ادارة هذه المحطات من الاعداد السليم لهذه المرحله فانه من الانسب القيام بوضع خطط مسبقه ومرحليه لاطالة عمر اجزاء المحطات وتعزيز القدرات الانتاجيه بها ، وحاول معدى الورقه تلخيص اهم عناصر مثل هذه الخطط والتي تحتاج لدراسه وضع كل محطه على حده والى البداء في توفير المخصصات الماليه اللازمه لتبني هذه الخطط ،،


تحديد انظمة التحكم والامـــان
المرحله الاولـى
تسجيل بيانات الانظمة وقطع الغيار المتقادمه
- بنود او قطع غيار اوقف تصنيعها لتقادمها
- بنود ذات تكلفه عاليـه
- بنود ذات مشاكل مزمنه
- بنود ذات كفاءه تشغيليه منخفضه
المرحله الثانيـه
تقييم الانظمه وقطع الغيار حسب اولوياتها
- بنود حرجه تؤثر كليا على نظم الامان والسلامه والانتاج
- بنود عاديه تؤثر جزئيا على الانتاج
- بنود احتياطيه ورقابيه
المرحله الثالثه
الخطه الخمسيه لاستبدال النظام
١ - الاختيارات المتاحه
- استبدال النظام الحالي
- تجديدات مرحليه للنظام
- تحديث لوحات التحكم
- استبدال الاجزاء التالفه
- استبدال مجموعات صغيره من النظام
٢ - تقييم الاختيارات المتاحه
- تغيير فوري للانظمه الحرجه
- استبدال خلال العمره السويه
- استبدال خلال اي توقف
- استبدال حسب التواجد بالمستودع
٣ - اعداد مواصفات النظام الجديد
٤ - اولوية الاستبدال
- محطات القوى (غلايه - مولد - تربين)
- وحدات التحليه
- الوحدات المساعده ومحطات الخدمات
- وحدات رقابيه

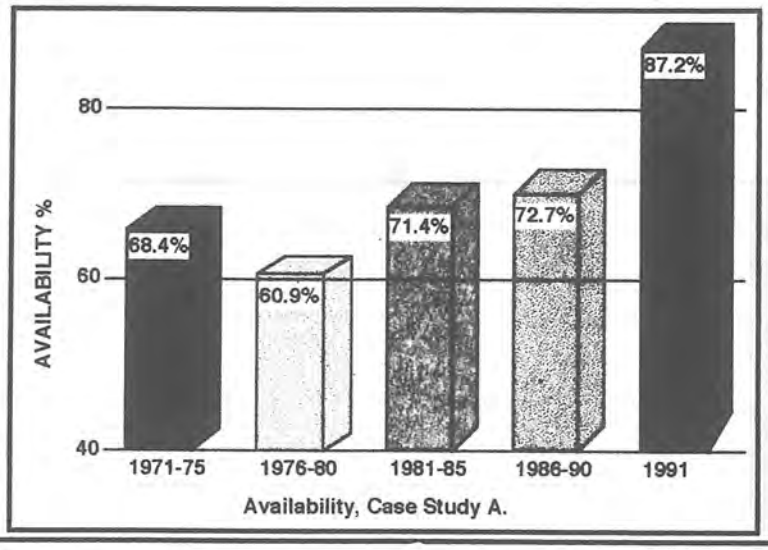


Figure (1)

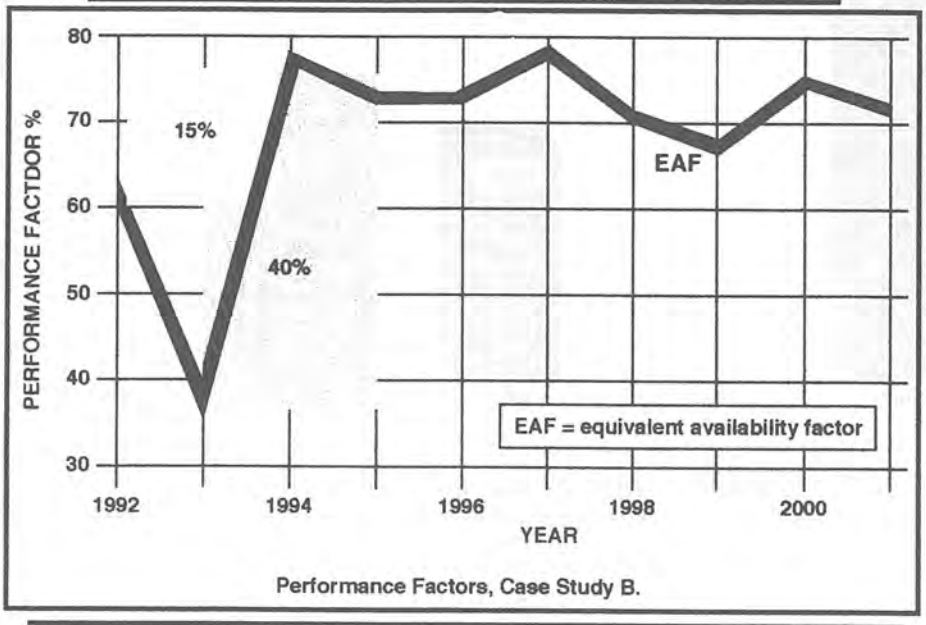


Figure (2)

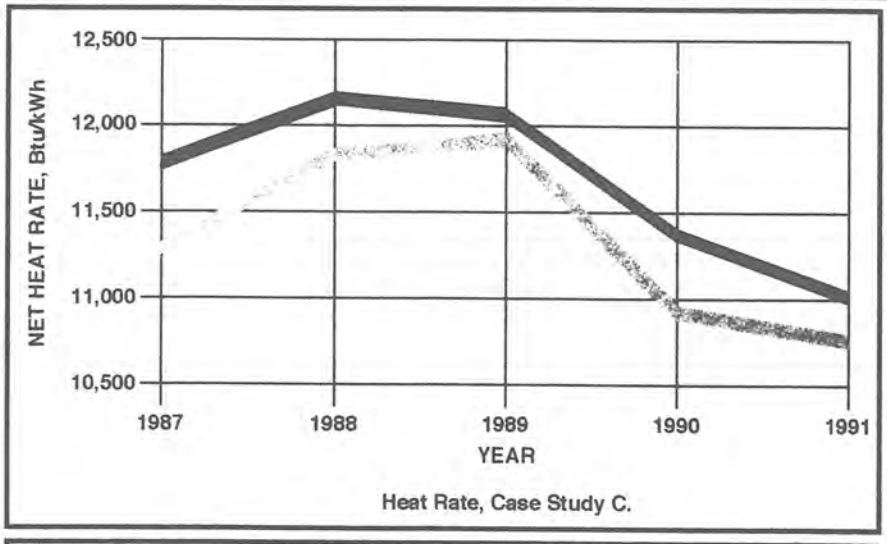


Figure (3)

REFERENCE TO : LIFE EXTENSION: The Benfits Are Real
BY: Robert G. Presnak & Brock H. Yee, Sargent & Lundy
PUBLICATION: Power Engineering
DATE: Decmber 1993

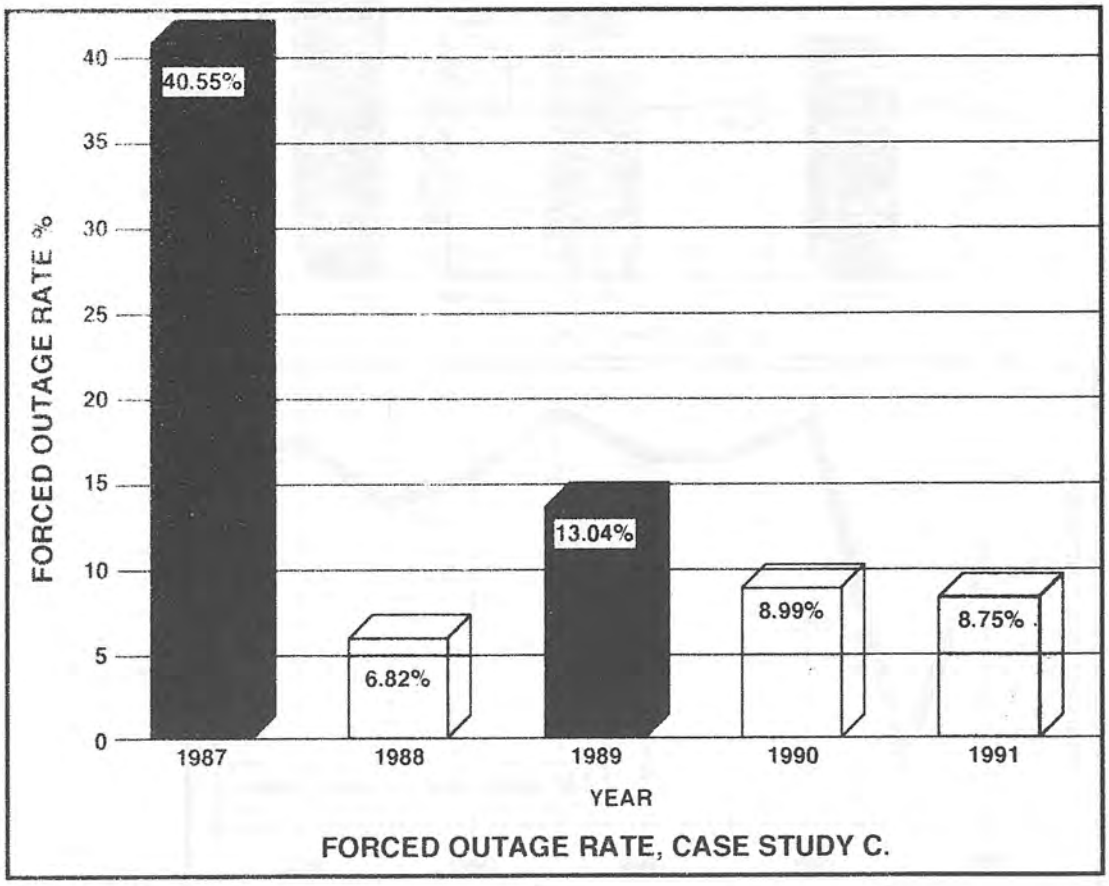


Figure (4)

REFERENCE TO :	LIFE EXTENSION: The Benfits Are Real BY: Robert G. Presnak & Brock H. Yee, Sargent & Lundy PUBLICATION: Power Engineering DATE: Decmber 1993

الجوانب المتاحة للبحث والدراسة

لتطوير التقطير الومضي ذي المراحل المتعددة

محمد بن عبدالكريم الصوفي – محمود محمد سروجي

الجوانب المتاحة للبحث والدراسة لتطوير
التقطير الومضي ذى المراحل المتعددة

إعداد
محمد عبدالكريم الصوفي ، عصام الدين فرج السيد
مركز أبحاث التحلية ، المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة
ص.ب ٨٠٣٤ الجبيل ٣١٩٥١ ، المملكه العربيه السعوديه
هاتف ٣٦١١٥١٧(٩٦٦٣) ، فاكس ٣٦١١٦١٥(٩٦٦٣)

الخلاصة

تطرح هذة الورقة سبع جوانب جديرة بالعناية والبحث والدراسة لتطوير التقطير الومضي ذي المراحل المتعددة فعلى رأس هذه القائمة يأتي بحث ودراسة وتحقيق خفض بآثار الترسبات وتآكل سبائك ومعادن تصنيع المقطرات والأجزاء التابعة لها وخاصة المضخات والصمامات . ويلي ذلك بحث ودراسة إمكانات تحسين المعامل الكمي لإستعذاب ماء البحر . وذلك بتحسين كفائة التبادل الحراري وبعدها تأتي الإشارة لبحث ودراسة سبل رفع إمكانات المراقبة والتحكم الالي وزيادة السعة الإنتاجية للمقطرة الواحدة . وتوفر مرونة إنتاجية وخاصة في ظل الترابط الإنتاجي للماء مع الكهرباء وسبل دمج طرق الإعذاب الأخرى دمجا تكامليا مع التقطير الومضي .

المقدمة

تعتمد من بعد الله سبحانه وتعالى دول مجلس التعاون الخليجية على إستعذاب ماء البحر لسد العجز الهائل كما ونوعا بمصادرها الطبيعية للماء الصالح للإستخدام البشري. والمتوقع أن تربو السعة المركبة لمحطات إستعذاب ماء البحر مع نهاية هذا العقد الأخير من القرن العشرين بعد ميلاد سيدنا المسيح عليه السلام إلى ما سيتجاوز ستة بلايين لتر ماء مستعذب من البحر يوميا . وسيكون جل هذا الإنتاج بإستخدام التقطير الومضي ذى المراحل المتعددة والمرتبطة بإنتاج الكهرباء بالعنفات وخاصة البخارية منها . إذ المتوقع أن حجم التقطير الومضي سيتجاوز خمسة بلايين لتر ماء مستعذب من البحر يوميا .

ولقد تنامى التقطير الومضي بسرعة بعد ظهوره الذي كان على شواطئ الخليج قبل حوالي أربعين سنة ولا يعد ظهور هذا النظام لإستعذاب ماء البحر على شواطئ الخليج سوى أن يكون تطورا

طبعيا إرتبط بالطفرة النفطية الأولى والتي جائت بعد الحرب العالمية (الثانية) وما تلى تلك الحرب من نمو متسارع كان إعادة البناء الدعامة الرئيسة ، والجذرة الأولى لنشاط صناعي عالمي .

العرض

لقد حقق التقطير الومضي ومنذ ظهوره قبل أربعة عقود رواجا هائلا وقد واكب هذا الرواج المتزايد أو بالأحرى كان نتيجة لعوامل إقتصادية وتقنية . فازدياد إنتاج النفط تطلب توفر الماء بنوعية جيدة للاغراض الصناعية أولا والحياتية تبعا لذلك النمو . أما رواج التقطير الومضي فقد إرتبط أساسا بجانب تقني هام جدا . فلقد حقق التقطير الومضي الإنتقال بعملية التبخير بعيدا عن سطح التبادل الحراري، وكان لإنتقال التبخير بهذا النظام أثر على صناعة إستعذاب ماء البحر، إذ خفف ذلك من سلبيات ترسب الأملاح وتسدد مسارات المحلول الملحي وحتى المسارات الأخرى في بعض الحالات الخالصة .

وبدأ التقطير الومضي من حيث وصلت التقنية بسبل منع ترسب الأملاح في ذلك الوقت المبكر من عمر المقطرات الومضية، إذ إعتمدت على أحد أسلوبين هما الإحتواء لبعض شوارد الأملاح الداخلة بعمليات الترسب الملحي أو بإزالة شوارد الأملاح بالتفاعل الكيميائي ولما كانت المقطرات الأولى تعمل بمعزل عن إنتاج الكهرباء أو أن الترابط الإنتاجي لم يكن قد تحددت معالمه فإن رفع الحد الحراري الأعلى لزيادة المعامل الكمي لإستعذاب ماء البحر كان أمرا في غاية الأهمية وحيث أن إزالة شوارد أملاح الرواسب قد كان السبيل نحو رفع الحد الحراري الأعلى ، فقد لقي نمط المعالجة بالتفاعل الكيميائي بالحامض المركز رواجا خلال العقدين الأولين من عمر المقطرات الومضية .

ولقد واكب نمط إحتواء شوارد الأملاح نمط المعالجة الحامضية إلا أنه كان لنمط إحتواء شوارد الأملاح جانبين سلبيين ساعدا على رواج المعالجة الحامضية في بادي الأمر. وكان هذان الجانبان هما تكون الرواسب والعوالق على سطوح التبادل الحراري من جهة وعدم إمكانية رفع الحد الحراري الأعلى إلا إلى حدود الثبات الكيميائي للمادة المستخدمة لإحتواء الرواسب . وكان هذا الحد الحراري الأعلى هو حوالي ٩٠ درجة مئوية . ورغم هذه المحدودية بالحد الحراري الأعلى للمعالجة ذات الأثر القلوي بالإحتواء إلا أن تفاقم الوضع الناتج عن تآكل المعادن وإزدياد التسربات من المقطرات ، قد أدى إلى الإبتعاد عن المعالجة الحامضية نحو نمط الإحتواء . وتلى ذلك ظهور مواد منع الترسب ذات الثبات الكيميائي والإحتواء حتى ١١٠درجة مئوية وزيادة إضافة الى إدخال نمط الكشط الالي بالكرات الاسفنجية لأنابيب التبادل الحراري . وقد أسهم ماسبق بإطالة الأمد بين كل مرتين لغسل الأنابيب بالحامض كما هو مبين بالشكل رقم ١ . ولقد كان من أهم دواعي تطوير أنماط لمنع الترسب الفاعلة عند درجات حرارة مرتفعة (أي ١١٠ فما فوق) هو الإستفادة القصوى من حرارة البخار المنتج لتسخين المحلول الملحي . ولكن بروز المحطات المزدوجة لإنتاج الماء والكهرباء أفقد الجري وراء

الأنماط الفاعلة عند درجات حرارة مرتفعة قاعدته الأساس وهو كما سلف ذكره الإستفادة القصوى من طاقة البخار وبذلك تحولت الأنظار عن البحث والدراسة للإتيان بمواد عضوية التركيب للإحتواء تكون فاعلة الأداء عند درجات حرارة أعلى فأعلى . وتبعا لذلك إتجهت الأنظار نحو تصميم مقطرات ذات حد حراري مفرد لربطها بالغالب بالعنفات البخارية ذات الضغط الخلفي المرتفع . وقد كان ذلك ذو جدوى إقتصادي واضح للحفاظ على معدلات إنتاجية ثابتة لكل من الماء والكهرباء إذ أن التصاميم السابقة كانت تستلزم مرافق ومعدات لاتعمل بكامل طاقتها على الدوام . فالتصاميم بحدود حرارية عليا متعددة وربط تلك المقطرات بعنفات إستقطاعية كان يتطلب توفر المعدات القادرة على الإستجابة لتلك المتغيرات، أي أن المعدات لاتستخدم دائما بكامل قدراتها الإنتاجية ، بل بواحدة من تلك الحدود حين وبحد آخر حين آخر . إضافة إلى أن المقطرات ذات الحدود المتعددة كانت ترتبط بعنفات صممت بحيث يتم خفض إنتاج الكهرباء عند الحاجة لزيادة إنتاج الماء ونظرا للطبيعة المناخية للمنطقة فقد كان ذلك غير ذي مردود إيجابي ، إذ أن تزايد الطلب على كل من الماء والكهرباء يأتيان متزامنين بفصل الصيف وليس ذلك فحسب بل أن هذا التواكب في التزايد على الطلب كان مواكبا لتدني الكفائة الحرارية لمعدات الماء والكهرباء .

ورغم أن مسببات الترسبات وكذلك تآكل معادن وسبائك تصنيع أوعية التقطير الومضي آخذه بالإضمحلال وعوامل نشوئها بالإنعدام (راجع الشكلين ٢و٢أ) فإن هناك مجالا رحبا بهذين الجانبين يستحقان مزيدا من الدراسة والبحث والتطوير وخاصة إذا ماتم النظر إلى كامل المقطرات والأجهزة والمعدات التابعة لها . سواءا كانت تلك المعدات ضمن أوعية التقطير أو خارجها . فمن الأجزاء الداخلية التي يمكن دراسة سبل تحسينها وخفض معدلات تآكلها وترسب الأملاح بها وحواليها يمكن ذكر مانعات الرذاذ وفتحات مرور المحلول الملحي بين المراحل الومضية ومن الأجزاء الخارجية الجديرة بالعناية تأتي المضخات والصمامات ونافثات البخار لطرد الهواء والخلخلة ومكثفاتها .

هذا وقد شهدت المقطرات الومضية عبر عقود عمرها الأربع تزايدا هائلا بالسعات الإنتاجية للمقطرة الواحدة من واحد مليون إلى ما يصل حتى خمسين مليون لتر مستعذب من ماء البحر بالمقطرة الواحدة . كما وقد تزايد عدد المقطرات بالموقع الواحد من ٢-٦ مقطرات إلى ١٠-٤٠ فأكثر وخير مثال على ذلك موقع محطات الجبيل التي تعمل بها حاليا ٤٦ مقطرة سعة كل واحدة منها يزيد على ٢٠ مليون لتر مستعذب يوميا .

وجدير بالإشارة هنا أن تزايد السعات الإنتاجية للمقطرة الواحدة يتطلب تحسينات بنوعية سبائك المعدات والمقطرات وطرق تصنيعها ولقد واجهت المقطرات الأكبر سعة عبر العقد الماضي صعوبات عدة بسبب نوعية بعض السبائك وطرق صبها وخاصة تلك المستخدمة بالمضخات والصمامات ونافثات البخار لطرد الهواء والخلخلة ومكثفاتها ويتوقع أن تتزايد السعة الإنتاجية للمقطرة الواحدة إلى الضعف خلال العقد القادم كما هو مبين بالشكل رقم ٣ وذلك إذا ما إستمر التزايد على الطلب .

ولكى تتحقق هذه الزياده فقد تقوم الحاجة للوصول الى علاقات رياضية عامة وتصاميم قياسية.ويمكن تحقيق ذلك عبر عدة مسارات أهمها الاستفادة من الخبرات العملية المكتسبة وصياغة وتعريف تلك الخبرات بما يمكن الدارسين والباحثين لابتكار نماذج رياضية للمناظرة . وبالرجوع إلى العلاقات المتوفرة وتطويرها وذلك عبر تعابير افضل رياضياً لواقع عمليات إستعذاب الماء بالتقطير الومضي . ومن الجوانب التي يلزم إيجاد تعابير وعلاقات رياضية أفضل هو أنماط إنسياب خليط الماء والبخار والغازات . وكذلك تحديد القيم الحرارية الحركية وإدخال الجانب الاقتصادي عليها بالرجوع إلى فهم وتطبيق أفضل للقانون الثاني وخاصة لاغراض التصميم والتقيم ورفع الكفاءة الانتاجية .

كما يلزم بحث ودراسة ماسلف ليس لبناء مرافق إنتاج الماء والكهرباء أو نظم إنتاج الماء المختلفة كلاً على حده لغرض الربط بين تلك المرافق الانتاجية ، بل لوضع علاقات ونماذج رياضية متكاملة للانتاج المشترك والمتكامل سواءاً لمنتجى الماء والكهرباء أو لدمج السبل المختلفة لاستعذاب ماء البحر .

وتجدر الاشاره إلى إزدياد درجة العول والتواجد والموثوقية الانتاجية للتقطير الومضي فمنذ البدأ ونتيجة لنقل عملية البخر بعيدا عن سطح التبادل الحراري تهيأ لهذه الطريقة درجة من ثقة المصممين وأهم من ذلك ثقة المنتجين ولقد كان لهذه الثقة المتزايدة عبر التجربة وتبعا للوصول إلى حلول مرضية الصعوبات الترسب والتآكل دورا في بناء مزيد من هذه المقطرات وبسعات إنتاجية متصاعدة وبإستخدام مواد ومعادن وسبائك أنفس فأنفس . لإستخدام سبائك الفولاذ الأبيض للتبطين وحتى للأنابيب في بعض الأجزاء من المقطرات الومضيات ذات السعات الإنتاجية الأكبر وأستخدام أنابيب مسبوكة من النحاس والنيكل . ذلك فقد إستخدمت لعدد من المقطرات كما ويتم إستخدام سبائك التيتانيوم للأنابيب لبعض الأجزاء بالغالب وفي حالات نادرة لكامل أنابيب المقطرات ورغم هذا التزايد بإستخدام السبائك عبر السنوات فقد أدى بناء مزيد من المقطرات وبسعات إنتاجية أكبر إلى خفض الكلف الإنشائية عبر العقدين الماضيين (راجع الشكل رقم ٤) .

ومن المفترض أن يضع الدارسون والباحثون وشركات التصميم والبناء نصب أعينهم الحاجة الماسة لخفض كلف نفقات التشغيل والصيانة فالمتوقع أن تحسين الاداء وتوفر العلاقات والانماط الرياضية لاغراض التصميم والتقييم هي التى ستهيء لخفض كلف التشغيل والصيانة واطالة عمر المقطرات والذى تحقق حتى قدر يستحق الاشادة به كما هو مبين بالشكلين (١أ)و(١٢أ) .

ويتطلب بناء مقطرات أكبر فأكبر إمكانات أخرى مثل تحسين المعامل الكمي لإستعذاب ماء البحر والذي يمكن أن يتحقق بتحسين كفائة التبادل الحراري وقد يتطلب ذلك الإتيان بسبائك مستحدثة ، كما وأن الحاجة قائمة لتحسين سبائك تقاوم التآكل والحمل الآلي وخاصة للمضخات إضافة إلى ماسبق فإن المجال لازال رحبا لتطوير نظم المراقبة والتحكم الآليين وقد يكون ذلك لزاما للمقطرات الأكبر سعة وكذلك للإنتاج المزدوج للماء والكهرباء ، هذا وقد يخدم التحسين النوعي لنظم المراقبة والتحكم ويهيأ

السبيل نحو تصاميم أكثر مرونة إنتاجية علما بأن تطوير نظم المراقبة والتحكم هي الطريق الوحيد نحو دمج سبل الإستعذاب وتحقيق التكامل الإنتاجي بإستخدام طرق إستعذاب مختلفة .

ويجب أن تكون الغاية الأساس للبحوث والدراسات هو تطوير سبل الإنتاج أملا بخفض تكاليف إستعذاب ماء البحر الذي لم يعد أمام المنطقة سواه بديلا منطقيا بالمستقبل المنظور .

مقترحات عامة

ويمكن الان وبعد العرض السابق سرد أولويات الدراسات للبحوث اللازمة كي يتحقق للتقطير الومضي مزيدا من الإزدهار والإستمرار كأفضل الطرق المتاحة .

أولا : الترسبات الملحية

ما زال المجال رحبا أمام دراسات وأبحاث مجدية لخفض مسببات ترسبات الأملاح إذ أن ماتحقق حتى الآن قد كان لايجاد حلول لمنع الترسبات الملحية بأنابيب التبادل الحراري والتي كانت الشغل الشاغل للدارسين والباحثين والمصممين والمشغلين على حد سواء عبر العقود الأربع الماضية. والآن وبعد أن تم حل معظم تلك المعضلة فإن هناك ضرورة لإجراء دراسات وبحوث وتجارب عملية للحد من مسببات الترسبات بالأجزاء الأخرى وخاصة الغرف الومضية ومانعات الرذاذ .

ثانيا : التآكل

لقد حلت غالب صعوبات تآكل معادن وسبائك بناء المقطرات ذاتها ومع ذلك فما زال هناك جانبان جديران بالبحث والدراسة هما :-

أ - الإتيان بسبائك ومعادن وطرق إنتاج المعدات المساندة والملحقة بالمقطرات كالمضخات والصمامات .

ب - إمكانية إستخدام سبائك مستحدثة ذات كلف رأس مالية أدنى ودون التضحية بما تم تحقيقه .

ثالثاً : المعامل الكلي

وقد يكون مناسبا هنا البدأ بما سبق ذكره حول البحث والدراسة لإيجاد سبائك مستحدثة قد تخدم بناء المقطرات ذات الكلفة الإنتاجية الأقل وبالإضافة إلى ذلك فهناك إمكانات لدراسة وبحث قدرة بعض السبائك المستحدثة في رفع المعامل الكمي لأداء المقطرات وخاصة من حيث تحسين التبادل الحراري والذي يكاد أن يكون الجانب السلبي الوحيد للتقطير الومضي .

رابعاً : المقطرات العملاقة

ما دامت العقود الأربع الماضية قد حققت الصعود بالسعة الإنتاجية للمقطرة الواحدة من واحد إلى خمسين مليون لتر ماء يوميا فإن على الجهات البحثية البدأ بوضع الأسس التي ستهيئ للسعة الانتاجية الصعود إلى ما سيتجاوز ضعف السعة الحالية للمقطرة الواحدة خلال العقد القادم وقد إعتمد هذا المقترح على الشكل رقم ٤ والمبين لتزايد السعة الانتاجية للمقطرة الواحدة .

هذا وقد يتطلب ذلك تطوير العلاقات والنماذج والانماط الرياضية اللازمة لوضع مواصفات وعلاقات قياسية للاحجام والاجزاء والمعدات اللازمة لبناء المقطرات ذات السعات الانتاجية العملاقة . ولتحسين التصاميم وإطالت أعمار المقطرات وخفض كلف التصميم والبناء والتشغيل والصيانة .

خامسا : المراقبة والتحكم الالى

إن إزدياد السعة الإنتاجية للمقطرة الومضية ذات المراحل المتعددة عبر العقود الأربع الماضية من واحد إلى خمسين مليون لتر ماء بحر مستعذب يوميا ، يتطلب توفير سبل مراقبة وتحكم أكثر دقة وخاصة أن فقدان إنتاج المقطرة الواحدة بات يمثل جزءاً هاما من المتطلبات الحضرية . ولذلك فإن دراسة وبحث وتوفير مزيد من سبل المراقبة والتحكم الآلى ولكن دون أن يؤدي ذلك إلى تعقيد تشغيلي أو بإمكانات صيانتها أو أن يكون ذو أثر سلبي على ما تم تحقيقه من خفض لكلف تركيب هذه المقطرات .

سادسا :- المرونة الانتاجية

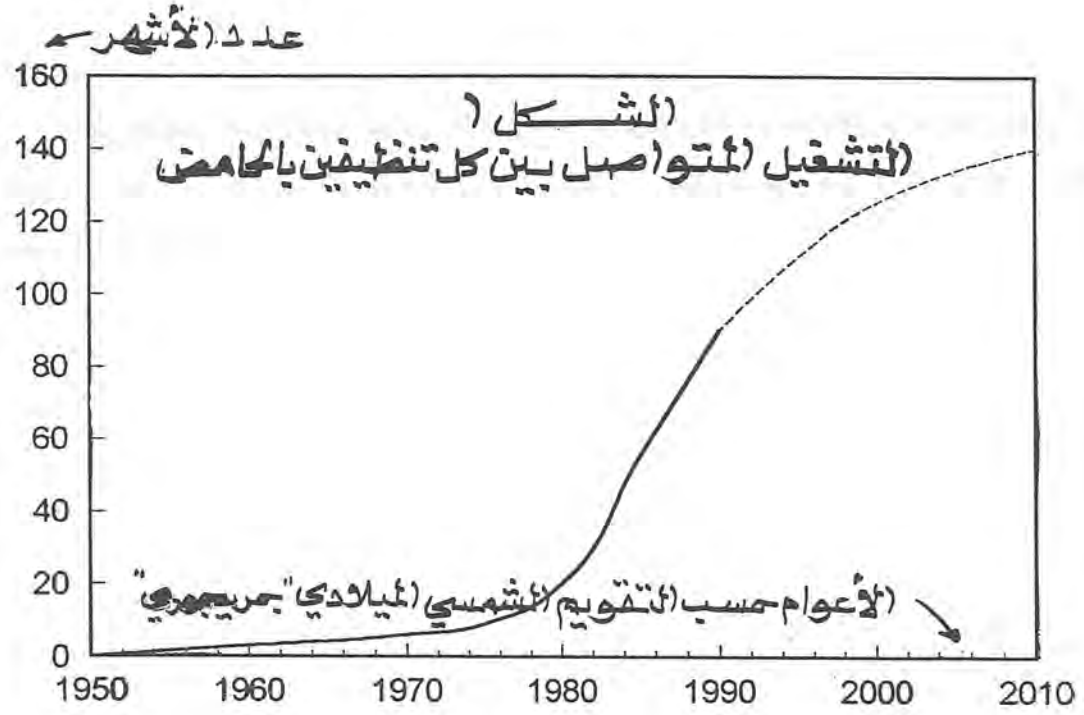
إن ربط إنتاج الماء بالكهرباء بالمقطرات الومضية والعنفات يؤدي إلى خفض درجة المرونة الإنتاجية حسب التصاميم المتوفرة حاليا . لذا فإن الدراسات والأبحاث يجب أن تتجه نحو تطوير التصاميم للمقطرات والعنفات حتى يكون بوسع التصاميم المستقبلية القدرة على الاستجابة لخفض أحد المنتجين سواء بالتواكب أو التوحد عن خفض الطلب على المنتج الاخر .

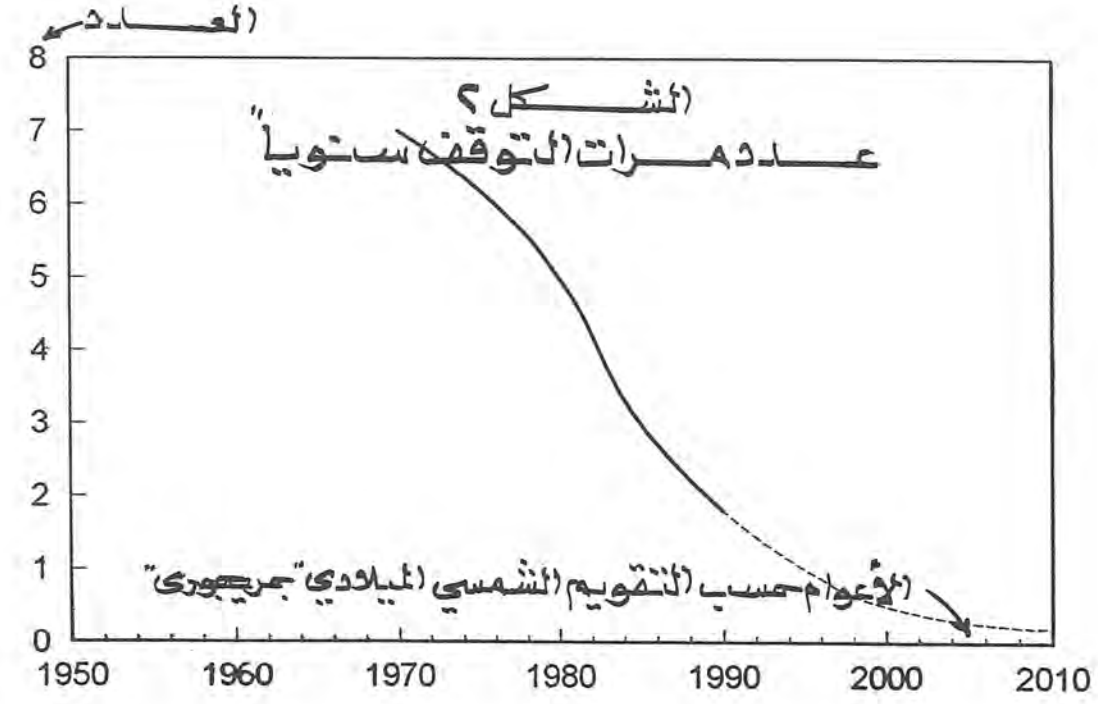
سابعا :- الدمج بين طرق الانتاج

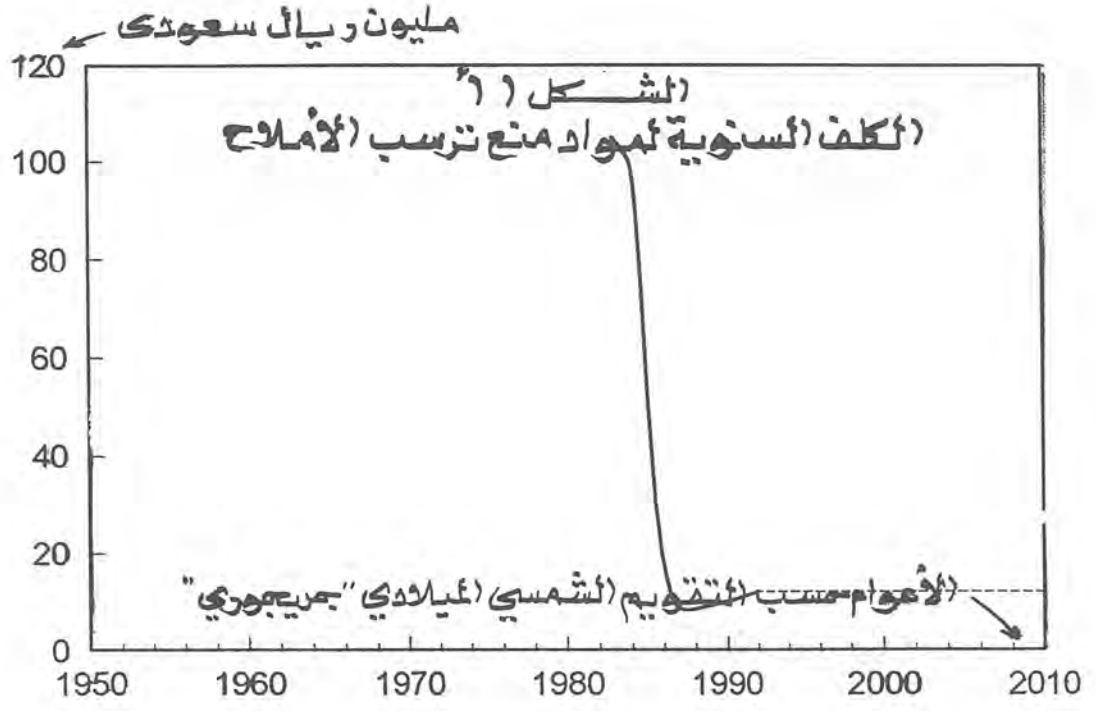
كما سلف أن تم الربط بين جانبين من جوانب التطوير يمكن الان تكرار ذلك بين طرق الانتاج وقد يكون ذلك إمتدادا منطقيا للربط بين إنتاج الماء والكهرباء وكذلك بالمرونة الإنتاجية المرادة . والاهم من هذا وذاك هو مدى قدرة الدراسات والأبحاث على الاتيان بأنماط للدمج تحقق إنتاجية متوازنة سهلة وميسرة بشرط أن يكون في ذلك خفض للكلفة، إما بالاستفادة القصوى من الماء الوارد أو برفع المعامل الكمي الكلي لإنتاج الماء أو عبر خفض الكلف الانشائية والتشغيل والصيانة .

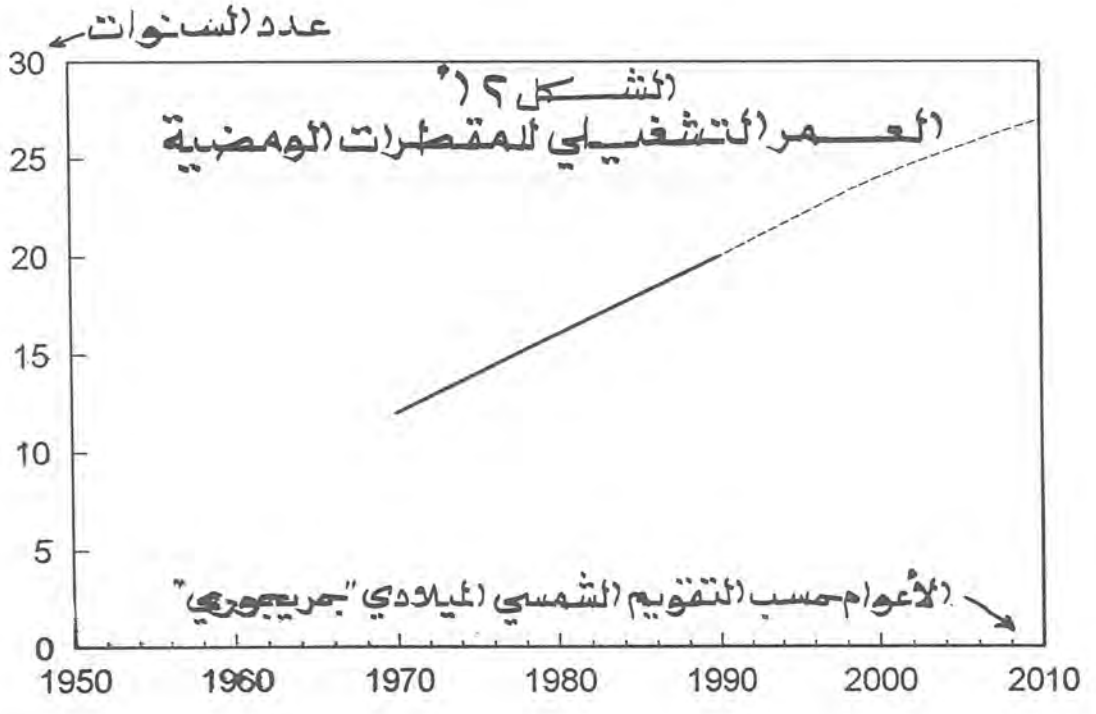
خاتمـــــة

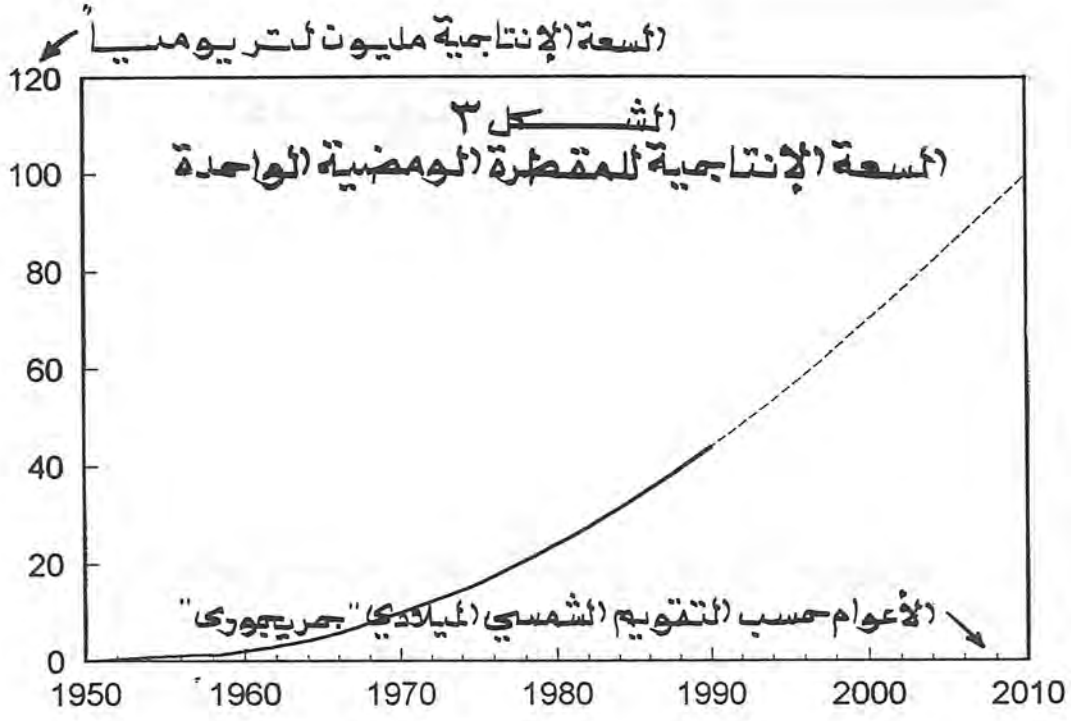
على صانعي القرار بدول مجلس التعاون دعم البحوث والدراسات لتطوير مرافق إنتاج الماء والكهرباء . كما وأن على مراكز البحث أن تعمل ضمن ترابط وتنسيق كي لا يتكرر العمل وتذهب الجهود هباءا منثورا .


عدد الأشهر
160
140
120
100
80
60
40
20
0
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010
الشكل ١
التشغيل المتواصل بين كل تنظيفين بالحامض
الأعوام حسب التقويم الشمسي الميلادي "جريجوري"

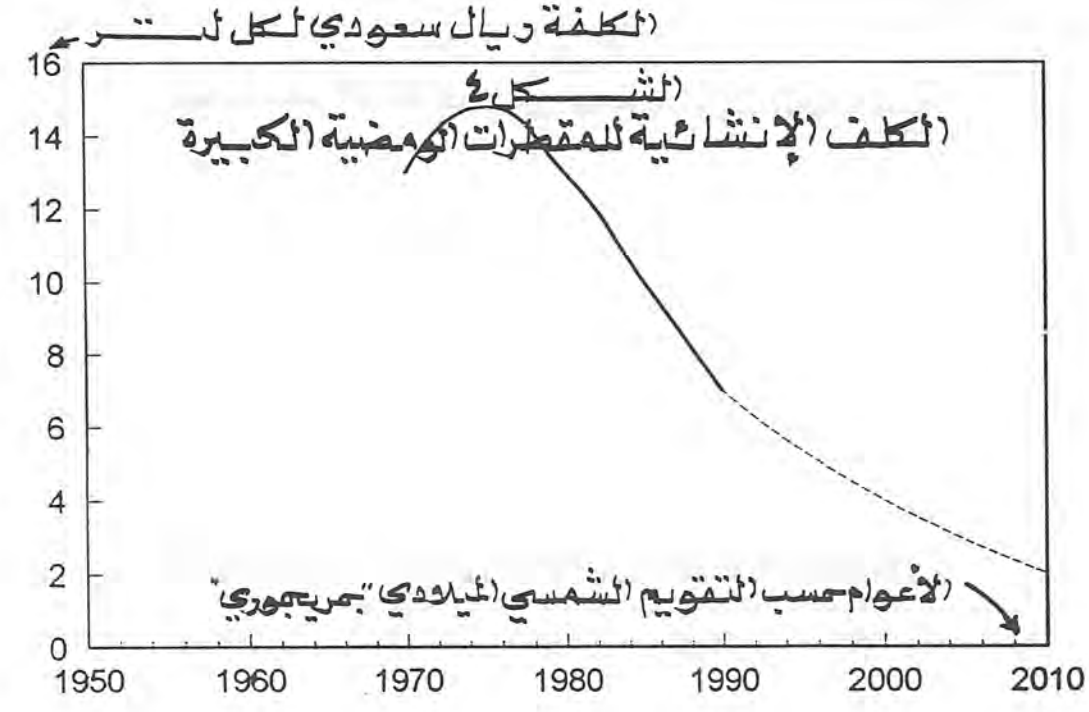

العدد
8
7
6
5
4
3
2
1
0
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010
الشكل ٢
عدد مرات التوقف سنوياً
الأعوام حسب التقويم الشمسي الميلادي "جريجوري"


مليون ريال سعودى
120
100
80
60
40
20
0
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010
(الشكل (١
(الكلف (السنوية لمواد منع ترسب (الأملاح
(الأعوام حسب (التقويم (الشمسي (الميلادي "جريجوري"


عدد (السنوات
30
25
20
15
10
5
0
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010
(الشكل ٢ (
(العمر (التشغيلي للمقطرات (الومضية
(الأعوام حسب (التقويم (الشمسي (الميلادي "جريجوري"



الشكل ٣
السعة الإنتاجية للمقطرة الومضية الواحدة



الشكل ٤
الكلف الإنشائية للمقطرات الومضية الكبيرة

توزيع كلفة الوقود بالمحطات الحراريه المزدوجة

اعداد

محمد بن عبدالكريم الصوفى (١) و محمود محمد سروجي (٢)

(١) مستشار أبحاث إنتاج الماء والكهرباء (٢) مهندس أخصائي قوى
المؤسسه العامة لتحلية المياه المالحة – ص ب ١٥٠٠٢ – الخبر – المملكة العربية السعودية

الخلاصة

تقارن هذه الورقة ثلاث طرق لتوزيع كلفة الوقود بين الماء والكهرباء بالانتاج المشترك من المحطات الحرارية التى تشتمل على العنفات البخارية والمقطرات الومضية ذات المراحل المتعددة. وتهدف هذه المقارنة لبيان أن الفرضيات التى تأخذ بأسس إحتساب كلفة الوقود تؤدي إلى تقارب نتائج أساليب متباعدة بأسسها التقنية والمعادلات العلمية المستخدمة بهذه الاساليب الثلاث. إن الغرض الاساس من بيان تقارب نتائج هذه الاساليب هو للدلالة على درجة العول الممكن أن تصل إليها النتائج بصرف النظر عن صعوبة الاسس أو سهولتها.

ومن ذلك يتم التوصية باستخدام واحدة من هذه الطرق الثلاث. ويعتمد الاسلوب المقترح على إيجاد القيمة الاقتصادية للوقود ليس حسب القانون الثانى للحرارة الحركية بل بإستخدام القانون الاول مع مراعاة القيمة الاقتصادية.

المقدمة

إن توزيع كلفة الوقود بين منتجين هما الماء والكهرباء هو أمر غير سهل. ومع ذلك فإن هناك طرقا تقليدية لحساب النسب التى يتم بها التوزيع. ولكن يهدف هذا البحث بعرض أسلوبين سبق تطويرهما. إذ يعتمد أحدهما على توزيع الوفر الناشئ من الانتاج المزدوج. وتم تطوير هذا الاسلوب على أساس حسابات الوفر مقارنة بكميات الوقود اللازمة للحصول على ذات القدر من المنتجين بمرافق غير ذات صلة [١].

كما ويستعرض هذا البحث أسلوبا آخر تم تطويره إعتمادا على القانون الثانى للحرارة الحركية بخلاف الاسلوب الاول الذى اعتمد على القانون الاول. ومن أهم ميزات إستخدام القانون الثانى هو الاخذ بالحسبان القيمة الاقتصادية للطاقة[٢]. حيث أن القانون الاول يأخذ بالحسبان القيمة الحرارية فقط.

البحث

يعتمد الاسلوب المقترح بهذا البحث على القانون الاول أساسا. ورغم اعتماده على القانون الاول والذى كما سبق ذكره يتخذ من القيمة الحرارية أساسا فإنه يدخل الجانب الاقتصادى على البحث. وذلك ضمن فرضيات الحساب. ومما يجدر بالذكر أن كلا الاسلوبين السابقين الاول والثانى يعتمدان فى الوصول إلى النتائج على عدد من الفرضيات أيضا.

فالاسلوب الاول يفترض أربعة أمور أساس:-

أولها تحديد الانماط الانتاجية.
ثانيها إستخدام النتائج الفعلية لتلك الانماط.
ثالثها مقارنة الطاقة اللازمة للانتاج المشترك والطاقة اللازمة للانتاج المفرد.
ورابعها توزيع الوفر الناتج عن الانتاج المشترك بين المنتجين حسب نسب الطاقة اللازمة للانتاج المفرد لكل من الماء والكهرباء.

أما الاسلوب الثانى والمعتمد على القانون الثانى فيستند إلى عدد من الافتراضات أهمها تحديد الانماط الانتاجية والقيم الفعلية للطاقة والمنشآت.

ويعتمد الاسلوب المقترح بهذا البحث أساسا على أنه وتبعا لتحديد أنماط الانتاج المزدوج فإن هناك نقطة محددة لتناسب الكميات المنتجة من الماء والكهرباء. وعليه فيأخذ المقترح هذه النقطة على أنها نقطة التناسب المثلى. أى أن الحيد عن هذه النقطة بالتناسب ستكون لصالح أحد المنتجين على حساب الآخر.

وبناء على قياس درجة الحيد يمكن توزيع كلفة الوقود. ولقد اعتمد البحث فى قياس درجة الحيد على كفاءة الانماط الانتاجية. ويجدر بالذكر هنا أن كفاءة انتاج الكهرباء تقاس بمعامل نوعى. وذلك تبعا لكون عمليات انتاج الكهرباء تعتمد على تحويل لصور الطاقة. فبالاجزاء الرئيسة الثلاث لمحطة القوى الكهربائيه البخارية يتم تحويل الطاقة من صورة لاخرى. إذ يتم تحويل الطاقة الكامنة بالتركيب الكيميائى للوقود إلى طاقة حرارية بالاحتراق. وليتم بعد ذلك بالعنفات البخارية تحويل هذه الطاقة الحرارية إلى طاقة حركية. وأخيرا يتم تحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية عبر ملفات أسلاك المولد الكهربائي. ويبلغ معامل الكفاءة النوعية لانتاج الكهرباء في هذا النمط لتحويلات الطاقة الى حوالى الثلث.

أما كفاءة انتاج الماء فانه يقاس بمعامل كمى. إذ يتم الربط بين كمية البخار اللازمة للتقطير وكمية الماء المعذب (بضم الميم وسكون العين وفتح الذال). إذ أن عمليات التقطير لاتعتمد على تحويل الطاقة بل على استغلال قدرة الطاق وامكانات التبادل الحرارى.

ولقد اعتمد البحث على حسابات الطاقة ومعاملات الكفاءة الانتاجية والقيمة الاقتصادية لمرافق الانتاج. اذ كما سبق ذكره فالاسلوب المقترح يستند الى أن التوازن بتوزيع كلفة الوقود يتحقق عند النقطة المثلى لتناسب كميات المنتجين. وأن الحيد هو الذى يؤدى الى زيادة حصة الوقود على أحد المنتجين مقارنة بالمنتج الآخر. أما كلف مرافق الانتاج فانها تدخل بحسابات الحيد من حيث اعتبار أن التوازن هو عند النقطة المثلى لتناسب كميات المنتجين. وأن الحيد يؤدى الى تغير بالكلف الانشائية والتشغيلية لمرافق الانتاج. لذا فقد أدخل هذا التغيير على حسابات الحيد وذلك لتعديل نسب توزيع الطاقة وبقيمه الاقتصادية.

ولبيان جدوى الاسلوب المقترح فقد تم عرض نتائج هذا الاسلوب ومقارنته بالاسلوبين الاولين كما هو بالاشكال ١-٤. وتبين هذه الاشكال أن الاسلوب المقترح والذى يتطلب الحساب مرة واحدة للقيم الاقتصادية للمرفق الانتاجي المزدوج وبفرضيات أساس هى مبدأ الحيد عن نقطة التوازن التى يمكن تحديدها لمرة واحدة أيضا إذ أنها ترتبط بالانماط الانتاجية. وحيث أن مبدأ الحيد يتطلب معرفة العاملين السابقين وهما نقطة التوازن والقيمة الانشائية للمرافق فان التوزيع يتم استنادا الى درجة الحيد حسب الكميات المنتجة .

العرض

يبين الشكل رقم ١ النسبة المستحقة على الماء من كامل الوقود حسب معدلات أو بالاحرى النسب الانتاجية للماء والكهرباء من مرفق مزدوج. وذلك استنادا على القانون الاول والنتائج الفعلية [١].

ويبين الشكل رقم٢ القدر المستحق على الماء من قيمة الوقود وذلك استنادا للقانون الثانى ولمرفق انتاجى محدد [٢].

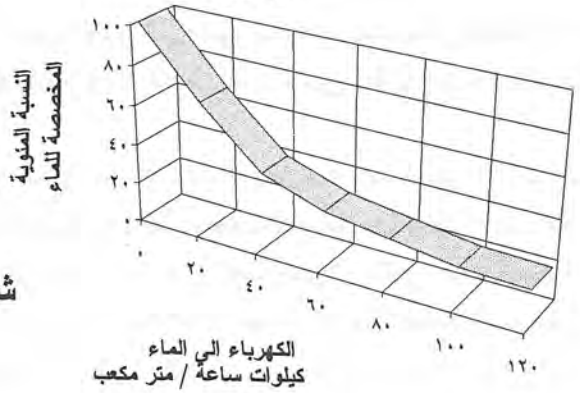
كما ويبين الشكل رقم٣ القدر المستحق على الماء من قيمة الوقود حسب المعدلات أو النسب الانتاجية (كما بالشكل رقم١) لاى مرفق مزدوج. وذلك حسب المعادلات التى تم استنباطها بناءا على مبدأ الحيد عن نقطة التوازن.

ويبين الشكل رقم٤ القدر المستحق على الماء من قيمة الوقود حسب المعدلات أو النسب الانتاجية (للاسلوبين الاول والاسلوب المقترح) ومدى توافق نتائج هذين الاسلوبين وعدم تفواتهما عن نتائج نسبة محددة لمرفق محدد حسب الاسلوب الثانى والمعتمد على القانون الثانى اى على مبدأ القيمة الاقتصادية للطاقة.

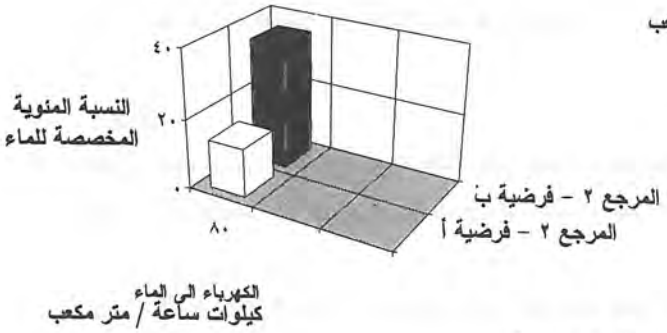
الخاتمة

إن التوافق الظاهر بالشكل رقم٤ يعنى أن الاسلوب الذى تم تطويره بهذا البحث يمكن الاخذ به كأسلوب يسهل استخدامه من قبل العاملين بمرافق الانتاج.

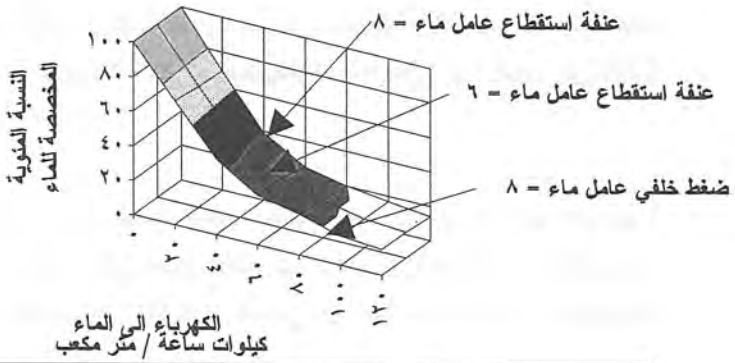
شكل ١ – محطات الاستعذاب المزدوجة
المرجع [١]



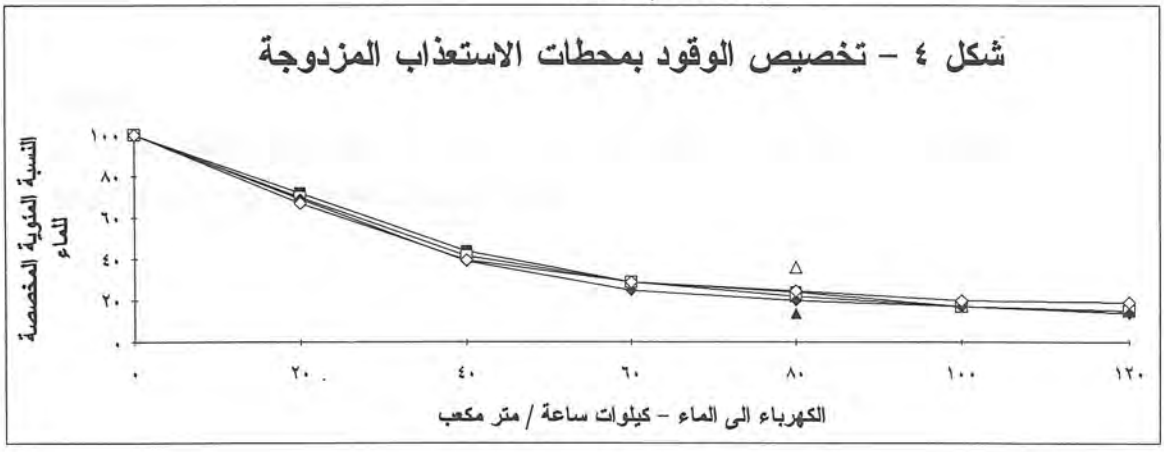
شكل ٢ – محطة استعذاب مزدوجة



شكل ٣ – محطات الاستعذاب المزدوجة



شكل ٤ – تخصيص الوقود بمحطات الاستعذاب المزدوجة



شكر وتقدير

يعبر معدا البحث عن شكرهما وتقديرهما للمؤسسه العامة لتحلية المياه المالحة بالمملكة العربية السعودية ويخصان بالذكر من منسوبى المؤسسه من كان له دور باخراج هذا العمل.

كما ولايسعهما الا أن يقدما الشكر للدكتور على النشار الذى يتعرض هذا البحث الى جانب من أعماله الهامة بمجال تحديد الكلف الانتاجية.

المراجع

[١] الصوفى، محمد بن عبدالكريم

أ – "كلف الوقود والمواد الكيميائية لاستعذاب ماء البحر بالمحطات المزدوجة" محاضر المؤتمر العربى الثالث للطاقة، الجزائر العاصمة – أيار،١٩٨٥م.

ب – "حالة البخار وكلفة الوقود لاستعذاب ماء البحر"، محاضر الندوة الاولى للكهرباء بالدول سريعة النمو، الرياض – المملكة العربية السعودية – آذار،١٩٨٧م.

ج – " كلف الانتاج المزدوج للماء والكهرباء"، محاضر المؤتمر العالمى الخامس للتحلية وإعادة استخدام المياه، واشنطن العاصمة – الولايات المتحدة الامريكية – آب١٩٩١م.

[٢] النشار، على

أ – "توزيع كلف الانتاج بين الماء والكهرباء بمحطة أم النار الغربية المزدوجة باستخدام القانون الثانى للحرارة الحركية"، مجلة التحلية العالمية، كانون الثانى ١٩٨٩م.

ب – "تحديد كلفة انتاج الماء بمحطة أم النار باستخدام القانون الثانى للحرارة الحركية"، محاضر مؤتمر التحلية واعادة استخدام المياه السادس، يوكوهاما – اليابان – تشرين الثانى، ١٩٩٣م.

الملحق رقم أ

إن الغرض من وضع هذا الملحق هو عرض المعادلات الاساس التى اعتمد عليها البحث والعلاقات المستنتجة.

(١) ط = ك ب * (ح ب – ح ر)* م ن

حيث ط هى الطاقة الكهربائية المنتجة،
و ك ب هي كتلة البخار المستقطع،
و ح ب هى درجة حرارة البخار الوارد الى العنفة،
و ح ر هى درجة حرارة البخار المستنفذ أو الرجيع،
و م ن هى المعامل النوعى لكفاءة الاداء لانتاج الكهرباء.

(٢) م م = ك م ÷ ك ب

حيث م م هى المعامل الكمى لاستعذاب ماء البحر،
و ك م هى كمية ماء البحر المستعذب.

ويمكن التوزيع على أساس أن جزء من البخار يخدم انتاج أحد الاثنين أى الماء أو الكهرباء دون الآخر أو أن كامل البخار يخدم الانتاج المزدوج. ورمز لذلك بالحرف (دال) من كلمة مزدوج حيث:-

د = ١ عندما يكون كامل البخار يخدم الغرض المزدوج.

أو د < ١ عندما يكون جزء من البخار يخدم غرض انتاج الماء فقط

أو د > ١ عندما يكون جزء من البخار يخدم غرض انتاج الكهرباء فقط

وهكذا يمكن حساب مقدار الحيد (ح) حسب قيمة "د"

بحيث تكون قيمة ح = صفرا عندما تكون د = ١
وأن تكون قيمة ح > ١ عندما تكون د < ١
أو أن تكون قيمة ح < ١ عندما تكون د > ١

ومن ذلك يمكن تحديد حصة انتاج الماء من قيمة الوقود بافتراض ح م كحصة الماء من قيمة الوقود على النحو التالي:-

الحالة الاولى: الحيد السالب حيث د < ١

ح م = {د * (ر ÷ ب)} + (١ -د)

حيث ر هى درجة حرارة البخار الخارج من العنفة الى سخان المقطرة

و ب هى درجة حرارة البخار الداخل الى العنفة.

الحالة الثانية : عدم الحيد عن التوازن حيث د= ١

ح م =ر ÷ ب

الحالة الثالثة : الحيد الموجب حيث د> ١

ح م = { (١ ÷ د)*(ر ÷ ب) }

معالجة ومراقبة جودة المياه في الصناعات البتروكيماوية

خالد جمال / إيدي جراي / فاضل الأنصاري

مجمع شركة الخليج لصناعة البتروكيماويات
البحرين
معالجة ومراقبة جودة المياه فى الصناعات البتروكيماوية

اعداد : السيد / خالد محمد جمال — مشرف دورية بقسم المرافق – دائرة العمليات
السيد / ايدي جراى — مستشار بقسم المرافق – دائرة العمليات

تقديم : السيد / فاضل الانصاري — مراقب قسم المرافق – دائرة العمليات

١- المقدمة :

تنتج الشركة الخليج لصناعة البتروكيماويات أكثر من ١٢٠٠ طن يوميا من كل من مادتي النشادر والكحول الميثيلي (الميثانول) واللتان يتم تصديرهما الى الأسواق العالمية، حيث تعتبران مادتا خام اساسيتان تدخلان فى صناعة الاسمدة الكيماوية وكذلك فى مضيفات الوقود ومجموعة متنوعة من المنتجات المصنعة.

والمواد الخام المستخدمة فى تصنيع الميثانول هى الغاز الطبيعي والبخار المحمص (Superheated Steam) ، بينما لانتاج النشادر يستخدم الغاز الطبيعي والنتروجين والبخار المحمص أيضا ، ولهذا يعتبر الماء من المواد الخام الرئيسية فى صناعة البتروكيماويات حيث يستخدم فى صور ونوعيات متعددة .

ان شركة الخليج لصناعة البتروكيماويات كبقية الشركات الرئيسية الأخرى فى البحرين تتمتع بالاكتفاء الذاتي فى احتياجاتها من المياه حيث يتم سحب المياه مباشرة من البحر ، مما لا يشكل عبئا على موارد البحرين المحدودة من المياه العذبة . فمياة البحر تعتبر العصب الرئيسي فى صناعة المياه فى الشركة ومنها يتم انتاج المياه العذبة والتى تستخدم فى شتى المجالات مثل مياه الشرب ومياه التبريد والمياه اللازمة للاطفاء . هذا ويتم تقطير المياه بواسطة وحدتي تقطير تعملان بنظام المراحل الوميضيه المتعددة (Multi stage flash units) .

ومن المياه العذبة يتم انتاج مياه خالية المعادن وذلك لاستخامها فى انتاج البخار المحمص الذى ينتج بواسطة مرجلين ذا ضغط عالى(١١٠ بار ودرجة حرارة ٥٠٠م) والمتكثف من هذا البخار يعاد تنقيته واستخدامه مرة أخرى كطريقة اقتصادية حديثة وذلك للمحافظة على المياه من جهه ، وللمحافظة على البيئة من التلوث من جهة اخرى حيث يحتوى هذا البخار المتكثف على كمية من المواد الكيماوية المتخلفة من التصنيع .

وهكذا نرى ان للمياه دورا هاما وكبيرا فى صناعة البتروكيماويات وهده الورقة تشرح بايجاز المنظومة المتكاملة لشبكات المياه فى المجمع مع وصف المعالجات اللازمة لكل نوع ووسائل المراقبة المتبعة للتأكد من مواصفات الماء القياسية اللازمة لكل حالة .
حيث تحتوى الورقه المعده على الاجزاء الآتيه :-

١- منظومة مياه البحر
٢- وحدات تحلية مياه البحر
٣- مياه الخدمات ومنظومة مياه الاطفاء
٤- دائرة مياه التبريد العدبة
٥- مياه الشرب

٦- وحدات انتاج المياه خالية الاملاح
٧- وحدات انتاج البخار
٨- معالجة مياه الصرف الصحي

٢- **النظام المتكامل للمياه :**

يعتبر ماء البحر هو العمود الفقري لهذا النظام ، حيث يتم ضخه الى المجمع وتستخدم اساسا فى تبريد مياه التبريد العذبة ذو الدائرة المقفلة ، كذلك مكثفات التربينات البخارية ومكثفات تبريد النشادر. كما تقوم مياه البحر بتبريد وتغذية وحدات تحلية المياه والتى تعتبر مصدر جميع المياه العذبة بالمجمع ويتم تخزين المياه العذبة فى خزان مرحلى حيث يتم عمل المعالجات اللازمة لانتاج كلا من مياه الشرب ، ومياه الاطفاء ولتعويض دائرة مياه التبريد العذبه المقفلة .

كذلك فانه لتغذية وحدات انتاج بخار الضغط العالى يتم معالجة جزء من المياه المحلاة فى وحدة انتاج المياه خالية المعادن لانتاج مياه ذو درجة نقاوة عالية تتفق والمواصفات الصارمة اللازمة لهذه النظم . كذلك فانه بعد مرور البخار بالوحدات الانتاجية يتم تكثيف البخار الغير مستهلك واعادته الى وحدة انتاج المياه خالية المعادن لمعالجته واعادة استخدامه مرة اخرى .

أما عن مياه الصرف فانه يتم معالجة الصرف الصحي بيولوجيا ويتحد مع صرف المصنع ، فى حين يتم تجميع كل من مياه غسيل المعدات ومياه الصرف السطحي فى خزان لمعالجته قبل الصرف الى البحر .

٣- **منظومة مياه البحر :**

أ- حاجز الزيت :

يتم حماية مأخذ ماء البحر بواسطة حاجز للزيت شبه دائرى صمم لمنع دخول أى من الزيوت أو الاجسام الطافية الى المجمع ، ويتكون حاجز الزيت من مجموعة أذرع تم توصيلها بقاع البحر بشبكة شديدة التحمل لمنع مرور الاجسام المعلقة فى ماء البحر كما جهزت نقاط تثبيت الاذرع عند حدوث المد والجزر وضمان الاحكام .

ب- مأخذ مياه البحر :

تدخل مياه البحر خلال ثلاثة بوابات تحكم تعمل كهربائيا وتمر خلال ثلاثة مجموعات من الشباك المائلة كل مجموعة تتكون من شبكتين الاولى قياس فتحاتها ١٤٠ مم والثانية ٤٠ مم . بعد ذلك تمر المياه فى حوضين ترسيب متوازيين وذلك بسرعة متوسطها ١ متر/ ثانية ولمسافة ٢٧ مترا مما يسمح بترسيب أى رمل معلق . ويتم كشط الرمل المترسب بواسطة كواشط متحركة الى بداية الاحواض حيث يتم ضخها مختلطا ببعض الماء. بعد ذلك تمر المياه خلال ثلاثة شبكات متحركة متوازية ذو فتحات ٢ مم ومنها الى مضخات مياه البحر.

ج- معالجة مياه البحر :

يتم حقن كلور الى منظومة مياه البحر بصفة مستمرة وذلك من أجل قتل الكائنات المجهرية والطحالب .
كما يتم الحقن ايضا على شكل صدمات وبتركيز عال ولفترات قصيرة لقتل أى بكتيريا أو طحالب أو صدفيات والتى لم تتأثر بالحقن المستمر وبدأت تنمو فى الاسطح الداخلية للمنظومة .

يحتوى غاز الكلور المسال على ٩٩٫٨ ٪ كلور ، وبسبب أخطار تسرب الكلور فان معدات الحقن تم تصميمها لتعمل تحت تفريغ بحيث تمنع تسرب غاز الكلور الى الجو المحيط .

يمتاز الكلور بأنه مبيد لمجموعة كبيرة من الاحياء فى غالبية صور أطوارها ولكن ومن المعروف ان بعض الكائنات الحية من الممكن أن تتأقلم مع المحيط السام الناتج من الحقن المستمر للكلور ، وللتغلب على ذلك يتم غالبا اضافة مبيد اضافي آخر، وسوف يساعد ذلك على منع نمو الرخويات والحيوانات البحرية القشرية والديدان فى منظومة مياه البحر كما يوقف أى نمو بدأ فعلا . والمهم فى هذا ان حدوث اضطراب فى عملية حقن الكلور يسمح ببداية نمو الاحياء البحرية حيث ان كفائة الكلور لازالة هذا النمو ليست عالية بسبب عدم قدرته على التغلغل .

ومنذ بداية التشغيل لمصانع شركة الخليج لصناعة البتروكيماويات – البحرين فان حقن الكلور قد استخدم بنجاح للتغلب على النمو البحرى ويتم الحقن المستمر قبل الشباك المتحركة وذلك بمعدل ١,٥ – ١ جزء فى المليون ، أما الحقن الصدمى فيتم بعد مأخذ وحدات تحلية المياه وذلك بمعدل ٢,٥ – ٣ جزء فى المليون لمدة ٢٠ دقيقة يوميا .
كذلك يتم حقن مبيد آخر يسمى جلوتار الدهايد وذلك بصفة مستمرة بعد مأخذ وحدات التحلية كما هو الحال مع الحقن الصدمي .

٤- وحدات تحلية مياه البحر :

أ- وصف عام

يوجد وحدتين من نوع (المراحل الوميضيه المتعدده) تعمل عند درجة حرارة (TBT) ١٠٠ م وبانتاجيه ١٥٠ طن / ساعة (٠,٨ مليون جالون فى اليوم) من الماء المقطر ذو توصيليه اقل من ١٠ ميكروموز.
وتتكون من ١٨ مرحلة من وحدات السريان المتقاطع مركبة بشكل صف واحد مع مبادلات حرارية ذو مسارين وتنقسم هذه المرحله الى قسم استرجاع الحراره ويتكون من ١٥ مرحلة ، وقسم طرد الحراره ويتكون من ٣ مراحل كذلك فانه توجد منظومة متكاملة لحقن الكيماويات والتنظيف الكيميائي .

ب- المعالجة الكيميائية

يتم اضافة مانع تكون القشور لمنع الترسبات فى انابيب المبادل الحرارى وذلك بصفة مستمرة الى مياه التعويض وبتركيز يتراوح بين ١,٥ – ٨ جزء فى المليون اعتمادا على درجة حرارة المحلول الملحى . ومانع تكون القشور عبارة عن بوليمر صناعى من محلول مائى ، المادة الفعالة فيه هى مجموعة الكربوكسيليك المتعددة . وهذه المادة تتسبب فى تداعى القشور بسبب تدخلها فى طريقة التكوين البللورى واضعاف الروابط بين البلورات . وتصبح القشور المتكونة سهلة الازالة بالتنظيف بالحامض ، ويعتبر اداء مانع القشور جيد عند تركيزات اعلى من الحد الادنى اما الاضافات الزائدة فانها لاتضر المصنع ، ولكن تعتبر تكلفة زائدة .

كذلك يتم اضافة سلفيت الصوديوم لازالة اى اكسجين متبقي بعد نزع الهواء فتكون الاضافة بحيث يكون
السلفيت المتبقي فى حوالى واحد جزء فى المليون .

ج- التنظيف بالحامض

لقد اتضح من خبراتنا أنه بعد تشغيل وحدة التحلية لفترة تتراوح بين ٣ و ٤ شهور فانها تحتاج الى التنظيف بالحامض حيث يستهلك حوالى ٧٥٠ – ٨٥٠ كجم من حامض الهيدروكلوريك والذى يتم معادلته بعد الانتهاء وقبل التخلص منه فى البحر .

هذا وقد تم الوصول الى تحسن اخر عند استخدام طريقة التنظيف الميكانيكى اثناء التشغيل ومن المأمول .

ان ذلك سوف يقلل تكرار التنظيف بالحامض .

٥- مياه الخدمات ومنظومة مياه الاطفاء

أ- وصف عام

تمد مياه الخدمات جميع نقاط الخدمات بالمجمع والتى تستخدم فى غسل المعدات وفى عمليات التنظيف والرى.

يتم تخزين مياه الخدمات والاطفاء فى خزان سعة ٢٠٠ متر مكعب يسمى خزان المياه المتسربة ويتم المحافظة على مستواه من مياه وحدة التحلية .

ويتم الحفاظ على ضغط كل من مياه الخدمات ومياه الاطفاء كل على حدة بواسطة مضخات مخصصة لذلك وفى أوقات انخفاض الطلب يتم اعادة تدوير الماء الى خزان المياه المتسربة .

وتشتمل منظومة مياه الاطفاء على مضختان تعمل احداهما باستمرار ومضختين بمحركين كهربائيين ، ومضختين بمحركين ديزل بطاقة ٦٣٠ متر مكعب فى الساعة لكل مضخة . هذا وتوجد شبكة اطفاء واسعة تغطي كل المجمع ومشتملة على رشاشات وانظمة لتغطية خزانات المنتجات بالماء . بالاضافة الى ذلك مدافع الماء ومصادر مياه الاطفاء الموضوعة على مسافات ٣٠ متر .

وعند زيادة الاحتياج من مياه الاطفاء عن طاقة المضخات المستمرة وانخفاض الضغط الى ٤,٥ بار فان مضخات الحريق تعمل تلقائيا طبقا لاختيار مسبق . ويوجد خزان المياه المحلاة بسعة ٤٠٠٠ طن ويعتبر المصدر الاعتيادى لمياه الاطفاء كما يتوفر أيضا ٨٠٠٠ طن آخرين من خزانات المياه خالية المعادن وعند نفاذ هذه الكميات فبالامكان استخدام مياه البحر لسد احتياجات مياه الاطفاء . هذا ويتم التحكم فى ضغط شبكة مياه الاطفاء عند ١٢ بار بواسطة صمام تحكم للضغط والذى يعيد الماء الى خزان المياه المتسربة .

ب- المعالجة الكيميائية

يتم حقن مانع تآكل الدوائر المفتوحة بتركيز ١٤٠ جزء فى المليون من شبكة الاطفاء ، وحيث أن شبكة الاطفاء تشتمل على خط راجع الى خزان المياه المتسربة والذى يغذى أيضا شبكة مياه الخدمات ، فبالتالى فانه تتم معالجة كل من شبكتي مياه الاطفاء والخدمات . هذا ولا يتم عمل أى معالجة آخرى ولم تظهر اى مشاكل تآكل فى الشبكتين .

٦- دائرة مياه التبريد العذبة

أ- وصف عام

يصل حجم هذه الدائرة المقفلة الى ٣٠٠٠ متر مكعب لخدمة المجمع كله. وتستخدم هذه الدائرة ٤ مضخات تدوير ، طاقة كل منها ٤٥٠٠ متر مكعب فى الساعة حيث تعمل ثلاث مضخات والمضخة الرابعة احتياطيه ويتم الحفاظ على ضغط السحب فى الدائرة بواسطة خزان عمود تمدد حيث يتم الحفاظ على مستواه تلقائيا باضافة المياه العذبة ، واذا انخفض المستوى فى الخزان تتوقف المضخات تلقائيا .

ويتم التخلص من الحرارة المنقولة بواسطة مياه التبريد العذبة فى ٩ مبادلات حرارية بواسطة مياه البحر بمعدل سريان يصل الى ١٠٠٠ طن / الساعة ، ويتم حماية المبادلات الحرارية والمعرضة للترسيبات بمرشحات ذات تنظيف ذاتى آلي .

ب- المعالجة الكيميائية

يتم معالجة هذه الدائرة المقفلة بواسطة مانع تآكل فوسفات ذات التكافؤ المتعدد بحقنة بتركيز ١٤٠ جزء من المليون ، ولم تظهر أى علامات تأكل فى الدائرة .

٧- مياه الشرب

أ- وصف الوحدة

يتم تحضير مياه الشرب بمعالجة مياه مقطرة خام من وحدة التحلية . حيث يتم ملئ خزان مياه الشراب (١٠٠ متر مكعب) ويتم التوزيع على المجمع بواسطة مضخة ينظم ضغطها خزان به هواء مضغوط لتقليل معدل تغيرات الضغط . ويتم عمل شحنة مرة كل يوم . وتقوم هذه المنظومة بامداد المجمع بمياه الشرب وتغذية رشاشات الماء لاغراض السلامة العديدة والموضوعة فى الوحدات المختلفة .

ب- المعالجة الكيميائية

تستخدم ثلاثة كيماويات لمعالجة الماء المقطر والذى تكون توصيلته مبدئيا ٦ ميكروموز واس أيدروجينى ٦ ويتم اضافة كلوريد كالسيوم بمعدل ٦٠ - ٧٥ جزء فى المليون وبيكربونات الصوديوم بمعدل ٨٥ - ١٥٠ جزء فى المليون ويتم ملئ خزان مياه الشرب بالماء بمنظم لمعدل السريان . وفى نفس الوقت يتم حقن هيبوكلورات الكالسيوم للحصول على كلور حر حوالى ١,٥ جزء فى المليون بعد الحقن ثم يتم امرار المياه المعالجة خلال مرشح كربونى نشط والذى يخفض مستوى الكلور الى اقل من ١ جزء فى المليون.

وتكون تحاليل مياه الشرب مطابقة للتحاليل التالية:

لمظهر		نقى
الاس الايدروجيين	٨	
التوصيلية	٥٠٠	ميكروموز
المواد الصلبة المذابة	٢٥٠	ملجم / كجم
كبريتيد الهيدروجين	صفر	" "
حديد	٠,٠٤	" "
كالسيوم	٦٥	" "
ماغنسيوم	١,٨	" "
كبريتات	صفر	" "
كلوريد	٧٢	" "
نترات	صفر	" "
فلوريد	٠,٥٥	" "
أمونيا	صفر	" "
صوديوم	٦٠	" "
سيليكا	٠,٧	" "
كربونات	٤,٠	" "
بيكربونات	١١٠,٠	" "
كلور متبقي	٠,١	" "

يتم مراقبة انتاج مياه الشراب بواسطة المختبر و كذلك ترسل عينات من مختلف مخارج مياه الشرب شهريا الى اداره الصحة العامة بالبحرين كجهة محايدة للتحليل .

٨- وحدات انتاج المياه خاليه الاملاح:

أ- وصف الوحدة

تتكون هذه الوحدة من خطين انتاجين يعملان آليا وبطاقة ٢١٠ متر مكعب فى الساعة لكل وحدة . وتتكون الوحدة من كاتيون وآنيون قوى القاعدة لازالة السليكا كذلك خزان الطبقه المختلطه
(mixed bed). وعادة يكون احد الخطين فى التشغيل والآخر احتياطي بعد ان يتم غسله وتنشيط مكوناته .

ويوضع فوق مادة الكاتيون مادة مصنعة متعادلة تستخدم كمرشح كما تسمح باستخدام سريان تنشيط متعاكس اكثر فعالية بدون اضطراب طبقة الكاتيون وتستخدم هذه المادة أيضا فى وحدات الآنيون ولكن فقط أثناء سريان التنشيط المتعاكس وتبقى الشحنة المشاركة فى وحدة الآنيون الاحتياطية ثم تنقل الى الوحدة المستهلكة فورا قبل التنشيط .

فى عام ١٩٨٩ تم اضافة وحدتين من الطبقة المختلطة (Mixed bed) وذلك لزيادة طاقة الوحدة .

عادة تقوم الوحدة بمعالجة خليط من المياه المحلاه ومتكثف العمليات بينما يوجه متكثف التوربين الى خزان المياه خاليه الاملاح مباشره.

اما متكثف العمليات والذى يكون متلامس مع غازات العمليات فانه يحتوى على ملوثات متنوعة مثل النشادر والميثانول ومواد متطايرة اخرى . ويمرر هذا المتكثف خلال مزيل الغازات (Condensate Stripper)حيث يتم تسخين الماء المتساقط بالبخار مزيلا الغازات المذابة وطردها الى الجو . ثم يتم تبريد المتكثف المزال منه الغازات ويمرر خلال مرشحات كربونية نشيطة لازالة اى مواد عضوية متبقية قبل ادخاله الى خزان التبادل الايونى هذا ويتم مراقبة العملية كلها بواسطة اجهزة مراقبة على المعدات ووحدات الكاتيون والانيون يمكنها ان تنقى حوالى ١٥٠٠٠متر مكعب من ماء ذو توصيلية حوالى ١٨ ميكروموز اما الطبقة المختلطة فحوالى ١٥٠٠٠٠متر مكعب .

هذا وتكون مواصفات المياه خالية الاملاح المنتجة كاللاتى:

الاس الايدروجينى	٦,٥	
التوصيلية	اقل من ٠,١	ميكروموز
السليكا	اقل ٠,٠١	جزء فى المليون

ونظرا لاهمية انخفاض تركيز السليكا فانه يتم افراغ المياه تلقائيا اذا زادت قيمة السليكا عن ٠,٠٢ جزء فى المليون . ويحدث ذلك أيضا اذا زادت توصيلية الماء عن ٠,٢ ميكروموز.

ب- المعالجة الكيميائية

يتم تنشيط الكاتيون بحامض الكبريتيك والانيون بالصودا الكاوية .وبعد عملية التنشيط يتم معادلة الماء الناتج وذلك فى حوض التعادل الى اس هيدروجينى قدره ٧ قبل أن يتم صرفه الى مخرج مياه البحر . هذا ويتم تنشيط الكاتيون والانيون كل ثلاثة أيام بينما خزان الطبقة المختلطة مرة واحدة كل شهر . ويصل الاستهلاك السنوى لحامض الكبريتيك ٦٠ طن بينما الصودا الكاوية ٨٥ طن .

٩- وحدة انتاج البخار

أ- وصف الوحدة

ينتج المجمع حوالى ٣٥٠ طن / ساعة بخار تحت ضغط ١١٠ بار ودرجة حرارة ٥٠٠ درجة مئوية . وينتج حوالى ثلث هده الكمية فى مراجل المرافق بينما تنتج الكمية المتبقية عند تبريد غاز العمليات فى كل من مصنعى الامونيا والميثانول وتتم التغذية بواسطة المياه خالية الاملاح والتى يتم المحافظة على كمية السليكا بها الى أقل من ٠,٠٢ جزء من المليون لحماية محمصات البخار وريش التوربينات من الترسب عليها .

هذا ويتم تسخين مياه التغذية فى جهاز مزيل الهواء (Deaerator) لطرد الاكسجين المسبب للتأكل ثم يتم معالجتها قبل التغذية للمراجل وكذلك فى المراجل نفسها .

ب- المعالجة الكيميائية

بعد ازالة الهواء فانه يتم حقن مياه التغذية بالهيدرازين لازالة ما تبقى من اكسجين مع الحفاظ على هيدرازين متبقى بتركز ٠,١ - ٠,٣ جزء فى المليون ، والذى يضمن عدم وجود اكسجين .

كذلك يتم حقن ثلاثي فوسفات الصوديوم الى خزان البخار (STEAM DRUM) بتركيز ٢ - ٣ جزء فى المليون وأس ايدروجيني ٩ - ٩,٥ ان النوعية عالية الجودة للمياه عديمة الاملاح والمراقبة الدائمة لمتغيرات مياه الغلايات لم يؤدي الى حدوث اى ترسبات او تآكل او انفجار لاى ماسورة بالغلايات خلال سنوات التشغيل التسع السابقة .

وهذا الجدول يبين مواصفات المياه المستخدمة :

مياه التغذية

التوصيلية	٣-٦	ميكزرموز
الاس الايدروجيني	٨,٥ - ٩,٥	
هيدرازين	٠,١ - ٠,٣	جزء فى المليون

مياه الغلايات

التوصيلية	١٥ - ٢٥	ميكزوموز
الاس الايدروجيني	٩,٠ - ٩,٥	
السليكا	٠,٢-١,٠	جزء من المليون
هيدرازين	٠,٠٥ - ٠,١	جزء من المليون
الفوسفات	٢ - ٥	جزء من المليون
الحديد	اقل من ٠,٠٢	جزء من المليون

١٠- معالجة مياه الصرف

أ- وصف الوحدة

تتكون مياه الصرف من الصرف الصحى و الصرف من المصانع الانتاجية فيتم ضخ مياه الصرف بمعدل ٢٥-٣٥ م٣/يوم الى وحدة المعالجة البيولوجية .

اما مياه صرف المصانع فانها من الممكن ان تحتوى على مواد ملوثة مثل الامونيا والميثانول والزيت . فيتم امرارها خلال فاصل الزيت والماء ذو اللوح المائل الذى يمتاز بكفائته ثم تجمع فى حوض حيث تنفصل المواد المتطايرة ويتم كذلك فصل الزيت . هذا ويتم عمل تحاليل دورية لمحتويات الحوض للتأكد من ان النفايات يمكن طردها للبحر بسلام .

ب- وحدة معالجة الصرف الصحي

بالنسبة لمياه الصرف الصحي فانه بعد التصفية وازالة اى حبيبات صلبة والتقطيع لقطع صغيرة يتم ادخاله الى حوض الاكسدة حيث يتم امرار هواء من موزعات مغمورة فيها وذلك لتغذية البكتيريا التى تعيش فيها وتتغذى على الفضلات وبذلك يتم التخلص من هذه الفضلات .

ويتم فصل الاحياء المتجمعة من المياه المعالجة فى حوض الترسيب حيث يعاد مرة اخرى الى حوض الاكسدة بواسطة رافع هوائي . اما المياه المروقة فانها تفيض من حوض الترسيب محتوية على مواد صلبة معلقة اقل من ٢٠ مليجرام / لتر والاكسجين البيوكيميائي المحتاج لمدة ٥ ايام حوالى ٢٥ مليجرام / لتر ، وعداد كوليفورم (عداد البكتريا الضارة) اقل من ١٠٠٠٠ كول / ١٠٠ ملليتر .

وتنتقل مياه الصرف الصحي المعالجة ذاتيا الى حوض مياه الصرف قبل الطرد الى مياه البحر .

ج- مراقبة الجودة

لا تحتاج هذه الوحدة عادة الى معالجات كيماوية ولكن الى مراقبة كل من مخرج الصرف الصحى ومياه الصراف للتأكد من مطابقتها للمواصفات التالية :

مخرج الصرف الصحي

الاكسجين البيوكيميائي (BOD5)	اقل من ٥٠	ملجم / لتر
المواد الصلبة المعلقة	اقل من ٣٠	ملجم / لتر
بكتريا القولون الكلية (Total coliforms)	اقل من ١٠٠٠	كول / ١٠٠ ملليلتر
بكتريا القولون الغائطية (Faecal coliforms)	اقل من ٣	جزء فى المليون

مخرج مياه الصرف

الامونيا الكلية	اقل من ٣	جزء فى المليون
الميثانول	اقل من ٥	جزء فى المليون
درجة الحرارة	اقل من ٤٢	درجة مئوية
الكلور	اقل من ٣.	جزء فى المليون
الاس الايدروجينى	٨	

١١- دعم المختبر

ان غالبية المتغيرات النوعية التى نوقشت فى هذه المقالة يتم مراقبتها بواسطة اجهزة تحليل مركبة على المعدات المختلفة والتى يتم اختبارها وصيانتها دوريا طبقا لبرنامج صيانة وقائية .

ويعتبر اداء المختبر رئيسى ورقابى فعال . حيث يتم اخذ العينات على أساس نظام النوبات وعلى مدار ٢٤ ساعة وبعد التحليل يتم اجراء الصيانات المطلوبة وضبط العمليات الانتاجية . كما يمكن ان يتم اخذ عينات واجراء تحاليل اضافية حسب الاحتياج وحسب حساسية التغير المطلوب .

(٧)

الجلسة السابعة
إستعذاب الماء بالتناضح العكسي

مجالات زيادة الاعتمادية وخفض تكلفة تحلية مياه البحر باستخدام تقنية التناضح العكسي

د. محمود عبدالجواد / صادق إبراهيم

مجالات زيادة الاعتمادية وخفض تكلفة تحلية مياه البحر باستخدام تقنية التناضح العكسي

د . محمود عبدالجواد و صادق ابراهيم

دائرة تحلية المياه - ادارة موارد المياه
معهد الكويت للابحاث العلمية
ص . ب : ٢٤٨٨٥ - الصفاة ١٣١٠٩
الكويت

الملخص

احرزت تحلية مياه البحر باستخدام تقنية التناضح العكسي قبولا مضطردا كطريقة اقتصادية معتمدة تنافس التقطير الفجائي المتعدد المراحل . ورغم التطور المتواصل لهذه التقنية ، فما زالت هناك مجالات عديدة تحتاج إلى بحث وتطوير بهدف زيادة الاعتمادية وخفض تكلفة المياه المنتجة باستخدام هذه التقنية .

تناقش هذه الورقة مراحل التطور التي وصلت إليها تطبيقات تقنية التناضح العكسي وكذلك مجالات التطور الممكنه التي تؤدي إلى خفض تكلفة المياه المنتجة كالمجالات المتعلقة بالمعالجة الاولية لمياه البحر المغذية للوحدات باستخدام طرق حديثة في المعالجة لزيادة كفاءة تشغيل وتحسين اداءاغشية حديثة قادرة على انتاج مياه عذبه صالحة للشرب من خلال مرحلة واحدة ، وكذلك خفض استهلاك الطاقة عن طريق استخدام طرق اكثر كفاءة لاسترجاع الطاقة .
وتعرض الورقة بيانات تقنية واقتصادية لتوضيح مجالات زيادة الاعتمادية على تقنية تحلية مياه البحر بالتناضح العكسي وخفض التكلفة الرأسمالية والتشغيلية لها .

المقدمة

ان تطور تقنيات تحلية المياه بالتقطير الفجائي متعدد المراحل قد وصل إلى ذروته مع نهاية حقبة الستينات عندما بدأت تقنية التناضح العكسي بالانتشار لتحلية مياه قليلة الملوحة ، ومع بداية الثمانينات بدأت تقنية التناضح العكسي لتحلية مياه البحر بالتطور المضطرد الذي انعكس على انتشار استخدام هذه التقنية إلى ما وصلت إليه الان .

فعند تقييم تقنيات تحلية المياه المعتمدة حاليا في العالم نجد ان حوالي نصف مجموع السعات ما زال باستخدام تقنية التطاير الفجائي متعدد المراحل وان حوالي ثلثها قد اصبح باستخدام تقنية التناضح العكسي (مرجع ١) . ورغم ان حوالي ٧٠ ٪ من مجمل سعات التحلية المركبة موجود في منطقة الخليج (حوالي ٥٠ ٪ تطاير فجائي متعدد المراحل و ٢٠ ٪ تناضح عكسي) ، نجد ان معظم الوحدات القائمة في الولايات المتحدة الامريكية تعتمد على تقنية التناضح العكسي (مرجع ٢) ان الهدف الاساسي لاجراء اعمال البحث والتطوير على تقنية التناضح العكسي هو الوصول إلى :

أ - افضل تصميم باقل تكلفة . ب - تشغيل الوحدات باقل عماله والحد من الصيانة .

ج - انتاج افضل نوعية مياه تحلية باقل تكلفة .

وبذلك يمكن تحقيق القاعدة الثلاثية المثلى لافضل مشروع وهي : التصميم الامثل ، والتركيب الجيد للمعدات ، وتشغيلها باعلى مردود اقتصادي .

وتناقش هذه الورقة امكانيات تحسين اقتصاديات تقنية التناضح العكسي لتحلية مياه البحر من خلال محاولة تحديد ملامح التكلفة ومجالات خفضها وامكانيات التطوير المستقبلية لتصميم وتركيب وتشغيل المعدات بهدف زيادة الاعتمادية وخفض التكلفة .

تكلفة تحلية مياه البحر بالتناضح العكسي

ان الجزء الاكبر لتكلفة انتاج المياه يتعلق بالتالي :

أ) الموقع :

- نوعية مياه البحر المغذية للوحدة (الملوحة ودرجة الحرارة) .
- نوعية المياه المزمع انتاجها من الوحدات .
- ظروف الوحدة التشغيلية (نسبة استخلاص المياه من الاغشية والوقت المتاح للانتاج) .
- تكلفة المعدات والنقل والتركيب .
- نفقات التشغيل (الطاقة ، الكيماويات ، اجور العمال ....الخ) .
- معايير اقتصادية (نسبة الفوائد على رأس المال ، معدلات الخصم ، وتوزيع التكلفة على عمر الوحدة .. الخ) .

ب) الوحدة :

- حجم الوحدة المطلوبة .
- تصميم الوحدة ومكوناتها ونظام الاغشية ... الخ .
- متطلبات الطاقة واستعادة المهدور منها مع مياه الصرف .
- نوعية الاغشية وعمرها الافتراضي .

جرت العادة على احتساب التكاليف المترتبة على انتاج المياه المحلاة باستخدام هذه التقنية من شقين

أ - التكلفة الرأسمالية والتي تقسم بدورها إلى شقين الاول منها يتعلق بالتكلفة المباشرة وتشمل : تكلفة الارض ، تطوير الموقع ، تركيب المعدات ، انجاز المرافق ...الخ اما الشق الثاني فيتعلق بالتكلفة غير المباشرة وتشمل : قيمة الفائدة على رأس المال ، التصميم ، الاعمال الهندسية ، تقييم

وادارة الموقع ، الاشراف .... الخ . ويعبر عادة عن قيمة التكلفة الرأسمالية بوحدة نقدية لكل وحدة سعة في اليوم ، فمثلا (دولار لكل متر مكعب يوميا) . والجدول رقم ١ يبين تكلفة معدات التناضح العكسي لتحلية مياه البحر خاصة في منطقة الخليج ، على انها حوالي ١.٥٠ دولار امريكي لكل مترمكعب يوميا

جدول رقم ١ : تكلفة معدات تحلية مياه البحر بالتناضح العكسي

الموقع	دولار امريكي لكل متر مكعب	المرجع
مالطا	٩٦٠	٣
جدة	١١٤٤	٣
الخليج العربي	٩٣١	٤
الخليج العربي	١.٤٠	٥
محطة الدوحة	١٢٢٤	٦
شمال افريقيا	٩٩٧	٧
الولايات المتحدة	١.٤٨	٨
المعدل	١.٤٩	

ب- التكلفة التشغيلية والموضحة بنودها في الجدول رقم ٢ والذي يبين تكلفة انتاج المتر المكعب من المياه باستخدام هذه التقنية على اساس سعة الوحدة ستة ملايين جالون امبراطوري يوميا ، و منه يتضح ان قيمة المتر المكعب تبلغ حوالي ١.٥ دولار امريكي (مرجع ٦) .

جدول رقم ٢ : تكلفة وحدة المياه المنتجة من تحلية مياه البحر

بالتناضح العكسي سعة ٦ مليون جالون امبراطوري في اليوم (مرجع ٦)

بنود التكلفة	دولار امريكي
١ - التكلفة الرأسمالية	
- الاغشية (مليون دولار)	١١,٩٩٢
- معدات التحلية (مليون دولار)	٤١,٠٠
(وتشمل الاعمال المدنية والماخذ والمعدات المساعدة)	
- استهلاك المعدات (دولار / مترمكعب)	٠,٥٣٦
٢ - التكلفة التشغيلية	
- الطاقة	٠,٣٩
- الكيماويات	٠,٠٥
- العمالة	٠,١٠
- المرشحات	٠,٠٤
- تبديل الاغشية	٠,١٨٢
- قطع غيار	٠,١
- صيانة	٠,٠٥
تكلفة المتر المكعب	١,٤٤٨

ان التكلفة الحقيقية لوحدة المياه المنتجة بهذه الطريقة تظهر جليا من عقود الشركات التي تشتري وحدات التحلية وتشرف على تشغيلها وبيع المياه المنتجة للمستهلك على اساس اسعار السوق الحرة ، والتي لا يعقل انها تضطلع بهذه المهمة بدون ربح معقول ، حيث تبلغ ١,٣٣٦ دولار امريكي لكل متر مكعب (مرجع ٩) .

ويبين الجدول رقم ٣ ملامح معدل تكلفة انتاج المياه باستخدام تقنية التناضح العكسي ، ومنه يتبين ان تكلفة المتر مكعب من مياه التحلية تبلغ ١,٤٥ دولار امريكي موزعة حسب النسب التي تم تحديدها من نتائج ٢٥ ورقة علمية خاصة بالموضوع مبينة بالشكل رقم (١) (مرجع ١٠) .

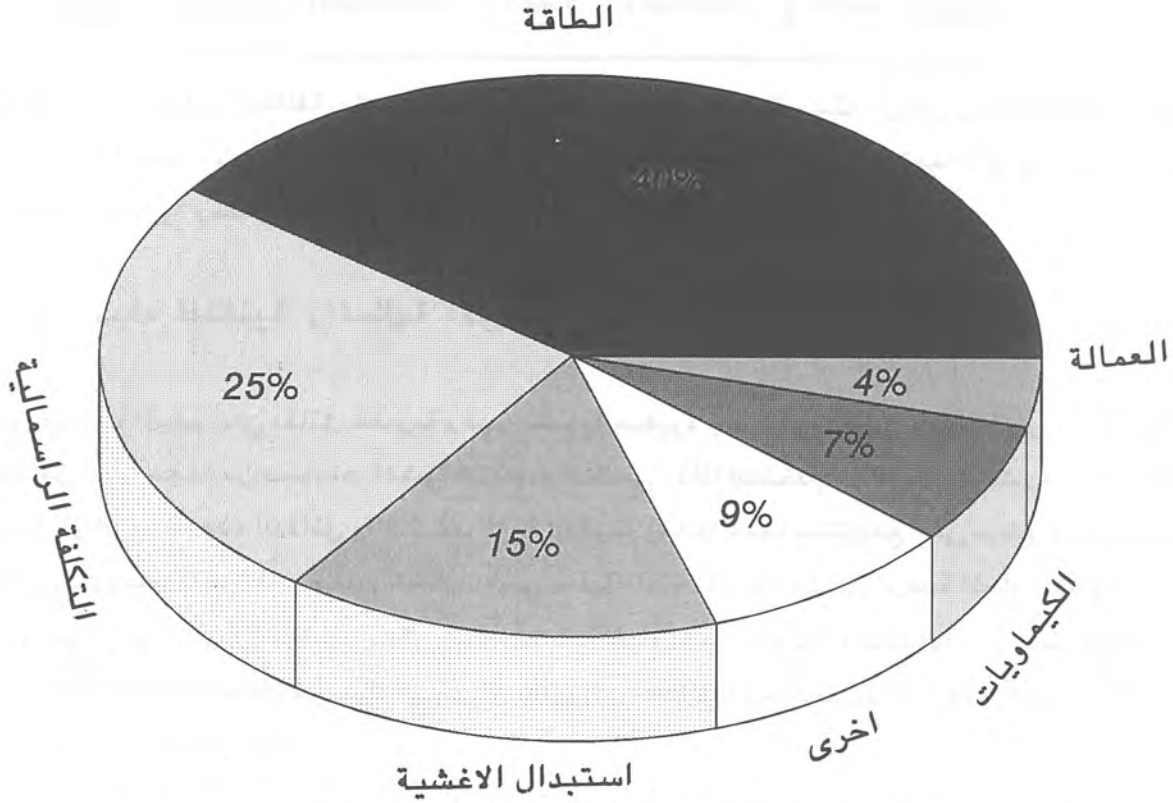
جدول رقم ٣ : معدل تكلفة انتاج المياه باستخدام
تقنية التناضح العكسي لتحلية مياه البحر (مرجع ١٠)

بنود التكلفة	دولار امريكي/متر مكعب
التكلفة الراسمالية	٠,٣٦
الطاقة	٠,٥٨
استبدال الاغشية	٠,٢٢
الكيماويات	٠,١٠
العمالة	٠,٠٦
غيرها	٠,١٣
المجموع	١,٤٥

وقد بنيت هذه التكلفة على اساس نوعية مياه تغذية في حدود ٤٥٠٠٠ ملجم باللتر ودرجة حرارة ٢٥° م وسعة ستة ملايين جالون امبراطوري يوميا واستخدام نظام لاسترجاع الطاقة .

ان نظام تحلية مياه البحر بالتناضح العكسي يشمل مكونات اساسية اهمها :-

- مآخذ مياه البحر بما فيها مضخات سحب المياه وخطوط التغذية .
- نظام المعالجة الاولية .
  ويمكن الاستعاضة عن البندين السابقين باستخدام آبار شاطئية اذا سمحت المكونات الجيولوجية للشاطىء بذلك .
- معدات التحلية وتشمل الاغشية ومضخات الضغط العالي ، والمضخات الاخرى المساعدة .
- نظام استرجاع الطاقة .
- نظام معالجة المياه المنتجة وتعديل درجة القلوية والحموضة للماء .



الشكل رقم ١ : النسبة المئوية لمكونات تكلفة انتاج الماء باستخدام التناضح العكسي لتحلية مياه البحر (مرجع ١٠)

- نظام التخلص من مياه الصرف المالحة المركزة ويشمل مضخات وخطوط الصرف .
- خزانات المياه المنتجة وتشمل مضخات وخطوط .

ومن الجدير بالملاحظة ان التكاليف غير المباشرة تشكل نسبة عالية من التكلفة الكلية للوحدة ، حيث بينت نتائج تحليل عطاء تم طرحه مؤخرا من قبل معهد الكويت للابحاث العلمية لتوريد وتركيب وحدة تحلية مياه بحر بالتناضح العكسي بسعة ١٠٠٠ متر مكعب في اليوم ، ان التكاليف غيرالمباشرة تشكل حوالي ثلث القيمة الكلية للوحدة المطلوبة ، وهناك مجال واضح لخفض هذه النسبة خاصة في الوحدات التي اصبحت مواصفاتها متفق عليها من قبل الجميع .

امكانيات التطوير المستقبلية لزيادة الاعتمادية وخفض التكلفة

هناك مجالات لخفض التكلفة يمكن تحقيقها من خلال جميع البنود السابقة ، وعلى وجه الخصوص اعتماد بدائل تم تطويعها من خلال اعمال البحث والتطوير وثبت نجاح تطبيقاتها ، وفيما يلي مجالات محدودة لزيادة الاعتمادية وخفض التكلفة :

١) مياه التغذية والمعالجة الاولية

تحتوي مياه البحر على دقائق عضوية وغير عضوية صغيرة جدا لا ترى غالبا بالعين المجردة ، إلا أن هذه الدقائق اكبر حجما من مسامات اغشية التناضح العكسي ، فاذا استخدم ماء البحر مباشرة ودون معالجة فعالة لازالة معظم هذه الدقائق والكائنات الحية الدقيقة ، فانها حتما ستتجمع على سطح غشاء التحلية وتؤدي تدريجيا إلى خفض مقدار فعاليته في تحلية المياه المالحة ، وتردي نوعية المياه المنتجة ، وهذا بدوره يؤدي إلى ضرورة توقيف متكرر لوحدة تحلية المياه لغسل الاغشية وتنظيفها ، ان تنظيف الاغشية من تراكمات المواد العالقة في مياه البحر لن يؤدي إلى اعادة تنشيط كامل لفعالية هذه الاغشية وبالتالي فان فعاليتها تتناقص بشكل متسارع .

ولذلك تعتبر المعالجة الاولية الفعالة لمياه البحر من اهم عوامل نجاح أو فشل تحلية المياه بالتناضح العكسي ، ورغم وضوح الاسباب السلبية لغياب المعالجة الجيدة ، وكذلك النتائج الخطيرة التي تترتب على عدم اعطاء هذا الجانب من عملية التحلية الاهتمام اللازم عند وضع المواصفات الفنية أو عند التنفيذ ، فما زالت هذه الصناعة وبعد مرور اكثر من ١٥ عاما على استخدامها لتحلية مياه بحر وبسعات كبيرة نسبيا ، تعاني من عدم انتشارها على نطاق واسع ، رغم بساطة تقنيتها ومرونة تشغيل وحداتها وصيانتها وقلة تكاليفها الرأسمالية والتشغيلية خاصة انخفاض استهلاكها للطاقة وذلك بسبب قصور المعالجات الاولية المتاحة .

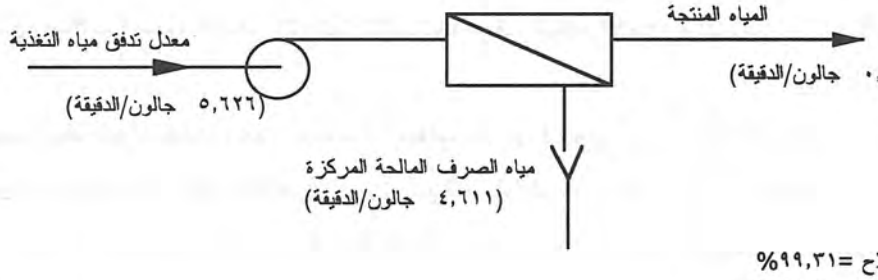
وتنحصر تقنيات المعالجة الاولية المتاحة بمعالجات تقليدية مكونة من وحدات عديدة تشمل مآخذ سحب المياه السطحية ومرشحات لازالة الشوائب كبيرة الحجم ، ونظام للتعقيم ومضخات مساعدة ونظام حقن مركبات التكتيل وتجميعها وخفض درجة الاس الهيدروجيني للماء ، ومرشحات رملية أو ثنائية مكونة من رمل وفحم لازالة المكونات المتكتلة ، وخزانات لتجميع المياه المرشحة ، ونظام لازالة الكلور المتبقي في المياه المرشحة ، واخيرا مضخات اخرى مساعدة لضخ المياه المعالجة إلى مرشحات خرطوشية ومن ثم إلى نظام التحلية بالتناضح العكسي ، اضف إلى ذلك ضرورة وجود نظام متشعب لجمع وتحليل عينات وتحديد مدى صلاحية مياه البحر المعالجة للاستخدام في نظام الاغشية الخاص بالوحدة .

ومهما بلغت دقة مواصفات وحدة المعالجة التقليدية بهدف ضمان فعالية المعالجة ، فان لهذا النظام مثالب تقنية تبرز عند حدوث تغير جوهري في نوعية مياه البحر مثل ازدياد ملحوظ في تركيز العوالق غير العضوية أو العضوية أو الكائنات الحية الدقيقة وغيرها ، حيث يصبح من الضروري تعديل معايير التشغيل مثل تركيز مركبات التكتيل و / أو سرعة دوران محركات تجميع العوالق لتتلائم مع المتغيرات الطارئة على نوعية المياه والتي غالبا لا تنجح في التخلص من الشوائب بسرعة معقولة ، خاصة اذا كانت تلك الشوائب عضوية .

ومن التقنيات الواعدة للتغلب على المصاعب والتكلفة المرتفعة المصاحبة لنظام المعالجة التقليدية ، استخدام آبار شاطئية تعطي مياه بحر مرشحة طبيعيا تكاد تخلو من الشوائب التي تؤثر على اداء و فاعلية اغشية التناضح العكسي المستخدمة في التحلية ، والاهم من ذلك انها تعطي مياها بدرجة حرارة ثابتة تقريبا طوال العام ، مما يتيح التحكم بانتاجية الاغشية التي تتأثر زيادة ونقصانا بارتفاع وانخفاض درجة حرارة مياه التغذية .

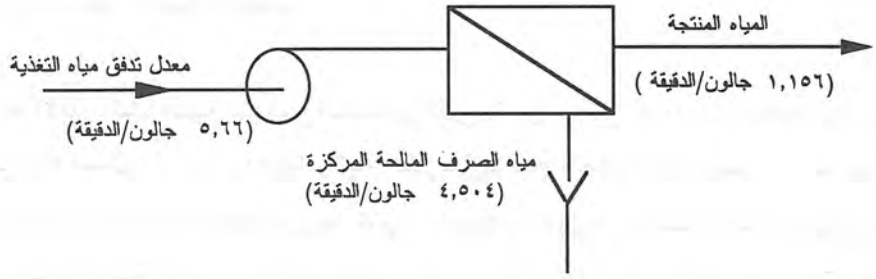
ان استخدام الآبار الشاطئية سيتيح التخلص تقريبا من جميع المعدات وانظمة حقن الكيماويات والحاجة إلى المباني والاعمال المدنية والميكانيكية اللازمة لنظام المعالجة التقليدية ، ويؤدي إلى زيادة انتاجية الوحدات ورفع درجة اعتماديتها إلى حد كبير ، كما هو مبين في الشكل رقم ٢ الذي يوضح مقارنة نتائج و تشغيل وحدتي تناضح عكسي متساويتين في السعة (٥٧٠٠ لتر / اليوم) وتستخدمان نفس النوع من الاغشية (B10, model 644OT) وتعملان تحت نفس الظروف التشغيلية في دولة الكويت ، حيث تمت تغذية احداهما بمياه معالجة تقليديا وعدلت النتائج على اساس درجة حرارة مياه بئر الشاطىء المغذية للوحدة الاخرى ، والجدول رقم ٤ يبين تأثير استخدام آبار الشاطىء على تكلفة انتاج المياه باستخدام وحدات تناضح عكسي كبيرة (٥ مليون جالون يوميا) ومنه يتضح امكانية خفض تكلفتها بمقدار الثلث تقريبا (مرجع ١٠) .

نظام التناضح العكسي الذي تمت تغذيته بمياه بحر بعد معالجته تقليديا



فصل الاملاح =٩٩,٣١%
كمية المياه المنتجة =١٧,٥٠%
الوقت المتاح =٨٦%

نظام التناضح العكسي الذي تمت تغذيته بمياه بحر من بئر شاطئي



فصل الاملاح =٩٩,٧٨%
كمية المياه المنتجة =٢٠,٤٢%
الوقت المتاح =٩٨ %

الشكل رقم ٢ ٠ التوازن الكمي لاداء وحدتي تناضح عكسي متماثلتين في المعدات و ظروف التشغيل و مختلفتين في مياه التغذية المعالجة

جدول رقم ٤ : مقارنة تكلفة وحدة المياه المنتجة بالتناضح العكسي
باستخدام مياه سطحية معالجة تقليديا وآبار شاطئية في دولة الكويت

بنود التكلفة	نظام المياه السطحية المعالجة تقليديا فلس/متر مياه منتجة	نظام بئر الشاطىء فلس/متر مياه منتجة
١ . التكاليف الثابتة	١٢١ . ٣٤٦	٨٦ . ١٧٧
أ) استهلاك المعدات	٨٤ . ٣٤٦	٤٩ . ١٧٧
- مضخات التغذية	. . ٦٩٧	-
- نظام التعقيم بالكلور	. . . ٨٦	-
- نظام المآخذ	٢ . ٢٧٣	-
- نظام الصرف	٢ . ٢٧٣	١ . ٩٤٩
- المعالجة الاولية	٧٩ . . ١٧	-
- بئر الشاطىء	-	٤٧ . ٢٢٨
ب) استبدال الاغشية	٣٧	٣٧ . . . .
٢ . التكلفة التشغيلية	١٤٢ . . ٣٤	٩٧ . ٢١٩
أ) الطاقة الكهربائية	٥٥ . ١٠٤	٣١ . ٤٦٩
ب) الكيماويات	١٤ . ٨٥٠	-
ج) المرشحات	١١ . . ٨٠	٤ . ٧٥٠
د) العمالة	٤٦	٤٦ . . . .
هـ) الصيانة وقطع الغيار	١٥	١٥ . . . .
مجموع التكلفة	٢٦٣ . ٢٨٠	١٨٣ . ٢٩٦

ملاحظة : ١ دولار امريكي = ٣٠٠ فلس كويتي

وحيث ان امكانية توفر الآبار الشاطئية الجيدة تختلف من موقع لآخر ، فان هناك مواقع على الشاطىء لا تسمح جيولوجية تربتها / صخورها الحصول على نوعية / كمية مناسبة من المياه لتغذية وحدات التحلية بالتناضح العكسي . وفي مثل هذه المواقع لا مفر من الاعتماد على معالجات تقليدية لمياه البحر السطحية والقبول بالصعوبات الفنية وزيادة التكلفة ، أو دراسة امكانية استخدام تقنيات اخرى بديلة وتطوير ادائها مثل المرشحات الدقيقة / المجهرية .

تعتمد تقنية المرشحات الدقيقة / المجهرية على ضغط الماء ودفعه من خلال مسامات في اغشية المرشحات ، وتنفصل العوالق والشوائب الغير مرغوب بها عن الماء حسب حجمها ، ولها القدرة على فصل الجزيئات (حجمها اكبر من ١ . . . - ٠ . ٥ ميكرميتر) التي لا يمكن رؤيتها إلا من خلال ميكروسكوب بصري فعال جدا أو الكتروني ، واستخدمت هذه التقنية على نطاق واسع في الصناعة لفصل مواد تبرر التكاليف المترتبة على استخدام المرشحات الدقيقة / المجهرية ، خاصة تكلفة استبدال الاغشية التي كانت وحتى وقت قريب تعتبر مرتفعة نسبيا ، وحيث ان صناعة هذه الاغشية

اصبحت غير مكلفة في الوقت الحاضر نتيجة امكانية تصنيعها من مواد رخيصة الثمن ، فان فوائد استخدام تقنيتها والحاجة الماسة إلى طريقة معتمدة لازالة الشوائب العالقة بمياه البحر ، اصبحت تحتم اختبار جدواها الفنية والاقتصادية لمعالجة مياه البحر المغذية لوحدات التناضح العكسي .

ويجري حاليا في معهد الكويت للابحاث العلمية اختبار تقنية متطورة من هذه المرشحات التي تعمل بدون حاجة إلى سعة احتياطية لاستخدامها عند الحاجة لغسل الاغشية وتنظيفها ، فالتجارب جارية لاستخدام نظام يقوم على ازالة وطرد الشوائب المتجمعة على اغشية المرشحات بشكل مستمر ، مما يتيح الغاء الوحدات الاحتياطية وبالتالي خفض تكلفة المعالجة وما يترتب عليها من اطالة عمر اغشية التناضح العكسي وخفض فترات التوقف عن الانتاج ، وجميعها عوامل تؤدي إلى خفض تكلفة انتاج مياه الشرب المنشودة .

مما سبق يتضح ان المعالجة الاولية لمياه البحر قبل تغذيتها إلى وحدات التناضح العكسي ، لها اثر كبير على زيادة اعتمادية هذه التقنية وخفض تكلفة الانتاج ، ولذلك يجب اعطاء هذا الجانب اهمية كبيرة للاستمرار في البحث عن وسيلة معتمدة لمعالجة مياه التغذية وباقل التكاليف .

٢) اغشية التناضح العكسي

من الجدول رقم ٢ يتبين ان تكلفة الاغشية تمثل حوالي ٢٢.٥ ٪ من التكلفة الراسمالية لوحدات تحلية مياه البحر بالتناضح العكسي ، كما ان تكلفة استبدال اغشية نظام التناضح العكسي المكون من مرحلتين تمثل حوالي ١٥ ٪ من التكلفة الكلية لانتاج المياه بهذه الطريقة (شكل رقم ١) .

ان صناعة اغشية التناضح العكسي لها تخصصها المميز ، والمتوفر منها تجاريا في الاسواق يمثل افضل الحلول الوسطية للاغشية المثالية التي يرغب مستخدموا هذه التقنية الحصول عليها .

وقد اثبتت ممارسات عديدة وفي مواقع مختلفة ان الاغشية المتوفرة تؤدي الغرض في ازالة الاملاح واعطاء كميات كبيرة من المياه المحلاة ، و يمكن خفض تكلفة انتاج المياه ، من خلال الجزء المتعلق بالاغشية ، من جانبين :

أ) خفض سعر الاغشية :

ان الاغشية كأية سلعة محكومة بقانون العرض والطلب ، فسعرها مرتبط بالكميات المتوفرة والكميات المطلوبة مع وجود حاجة مستمرة تؤدي إلى تزايد الطلب عليها مع زيادة الثقة باعتمادية تقنيتها ، فكلما ازدادت ثقة المستهلك بسلعة ما ، ازداد الطلب عليها وانخفض سعرها .

ان تزايد استخدام تقنية التناضح العكسي يرتكز على أسس فنية واقتصادية اصبحت واضحة للكثير من مستخدمي هذه التقنية خاصة في الولايات المتحدة الامريكية ودول الخليج العربية ، وقد صاحب هذا التزايد باستخدام تقنية التناضح العكسي استمرار تناقص كبير في مبيعات وحدات التحلية بالتطاير الفجائي متعدد المراحل (مرجع ١) ، مما يدل على ازدياد الثقة بتقنية التناضح العكسي وامكانية الاعتماد على هذه التقنية لتحلية مياه البحر تحت الظروف التشغيلية القاسية (لمياه الخليج) وبدرجة عالية من الكفاءة التشغيلية باستخدام مرحلة واحدة لانتاج مياه شرب مطابقة للمواصفات العالمية .

ولذلك فان من المحتم ازدياد استخدام هذه التقنية نتيجة انخفاض تكاليفها الراسمالية والجارية ، وازدياد ثقة المستهلك بقدرتها على تلبية الطلب على المياه ، مما سيؤدي بالضرورة إلى زيادة كمية الاغشية المنتجة ، وزيادة اعمال البحث والتطوير من قبل المنتج لانتاجها بالجملة وباقل التكاليف وباستخدام مواد اقل كلفة ، وبالتالي فان سعر الاغشية سينخفض مع اضطراد الطلب عليها وازدياد اهتمام المنتج بتوفيرها باسعار منافسة .

ب) تحسين اداء تقنية المرحلة الواحدة :

ان استخدام مرحلة واحدة لتحلية مياه الخليج المعروفة بظروفها التشغيلية القاسية قد ثبتت جدواها الفنية ، مما يؤكد امكانية استخدام تقنية التناضح العكسي لتحلية مياه كافة البحار الاخرى في العالم . وقد اثبتت الدراسات ان خفض التكاليف الراسمالية نتيجة استخدام مرحلة واحدة في الكويت يصل إلى حوالي ١١ ٪ ، وان خفض تكلفة المياه المنتجة منها يصل إلى حوالي ٢٢ ٪ (مرجع ١١) .

كما يشمل تحسين الاداء زيادة الانتاجية من وحدة التحلية بمقدار ما تسمح به ظروف التشغيل بدون حدوث ترسبات كيماوية على الاغشية أو حدوث أي تأثير اخر مضر بالاغشية أو المعدات ، فمثلا يمكن رفع الانتاجية بامرار المحلول الملحي المركز وهو محتفظ بضغطه العالي في اغشية اضافية للحصول على كميات اخرى من مياه التحلية بتكلفة بسطية جدا ، خاصة اذا امكن انجاز ذلك بدون اضافات كيماوية مقاومة لحدوث الترسبات الكيماوية ، وإلا فان اضافة تلك المواد امر لا يمكن تجنبه عند زيادة تركيز بعض الاملاح في مياه الصرف إلى حد قريب من درجة التشبع .

ان مبدأ امرار المحلول الملحي المركز الناتج عن عملية التحلية في اغشية اضافية باستخدام الضغط العالي الذي اكتسبه عند بداية دخوله على الاغشية الاساسية ، قد استخدم نفسه لتطوير الاغشية الشعرية المجوفة المعروفة الان باسم اغشية التوأم (Twin) (مرجع ١٢) .

وهناك احتمال اخر للحصول على أعلى مردود لاستخدام المرحلة الواحدة وذلك بربط وحدات تحلية مياه البحر بالتناضح العكسي بوحدات متوفرة للتطاير الفجائي متعدد المراحل وهو ما يعرف باسم (Hybridization) ، حيث يمكن استغلال مياه التبريد الزائدة عن حاجة وحدات التطاير الفجائي كمياه تغذية لوحدات التناضح العكسي

ومن اهم فوائد هذا الترابط :

* خفض التكاليف الراسمالية .
* خفض تكاليف مآخذ المياه .
* الاستغناء عن اضافة مياه قليلة الملوحة لتحسين الطعم .
* امكانية الاستمرار باستخدام اغشية التناضح العكسي لفترات اطول من العمر الافتراضي نظرا لعدم الحاجة للتقيد بنسب منخفضة جدا من الاملاح في المياه المنتجة منها .
* ان استخدام التناضح العكسي بشكل متقطع دون ان يؤثر على اداء المعدات ، يتيح استغلال الطاقة الكهربائية عند توفرها خلال ساعات الطلب الدنيا على الطاقة .
* عند خلط المياه المنتجة من التناضح العكسي بالمياه الساخنة المنتجة من التطايرالفجائي سيؤدي إلى خفض درجة حرارتها إلى حد مقبول يتيح استخدامها بشكل مباشر كما يؤدي إلى الحد من هجومية المياه على مواد معدات وانابيب الشبكات المائية .
* الحد من مشاكل تشغيل نظام المعالجة الاولية لمياه البحر السطحية اثناء فترات برودة المياه في فصل الشتاء .
* خفض مقدار الطاقة اللازمة للتحلية بالتناضح العكسي نتيجة رفع درجة حرارة مياه التغذية .
* رفع كفاءة نظام معالجة مياه التقطير للحد من هجوميتها لمواد الشبكات والمعدات ، حيث ان حموضة المياه المنتجة من وحدات التناضح العكسي تساعد على ذوبان مركبات زيادة القلوية في المياه .

وقد اوضحت دراسة عن اقتصاديات هذا الربط (مرجع ١٣) ، ان قيمة خفض تكلفة انتاج المياه باستخدام مرحلة واحدة للتناضح العكسي ، مقارنة باستخدام مرحلتين ، انها بين ١٠ - ١٥ ٪ تشمل الاستغناء عن معدات واغشية المرحلة الثابتة ، وزيادة انتاجية الوحدة دون التقيد بنوعية المياه المنتجة ، ووفر في تكاليف مآخذ مياه وحدة التناضح العكسي ، وخفض في تكاليف استبدال الاغشية ، بالاضافة إلى خفض استهلاك الطاقة اللازمة لتحلية المياه .

٣) عامل السعة والتكلفة

ان زيادة سعة وحدات التناضح العكسي مرتبط بحجم مضخات الضغط العالي ، وتوجد حاليا وحدات تتراوح سعاتها مابين عدة مئات من الامتار المكعبة /باليوم واكثر من ١٠٠ الف متر مكعب في اليوم ،

وكلما زادت سعة الوحدات انخفضت التكاليف الراسمالية ، نظرا لامكانية توفير العديد من المعدات والانظمة المساعدة مثل المضخات الاحتياطية وانظمة المراقبة والتحكم وغسل وتنظيف الاغشية بالاضافة إلى عامل زيادة اقتصادية الوحدة كلما ازدادت سعتها ، مثلها مثل جميع معدات التصنيع الكيماوية (مرجع ١٠) .

ومن جهة اخرى هناك خفض مؤكد مع زيادة سعة وحدات التحلية ، خاصة في جزء تكاليف العمالة والصيانة ، حيث ان نفس العمالة اللازمة لتشغيل وصيانة وحدة متوسطة الحجم ، تحتاجها وحدة تبلغ سعتها اضعاف تلك الوحدة تقريبا .

٤) تقنين الطاقة الفعلية اللازمة لانتاج المياه

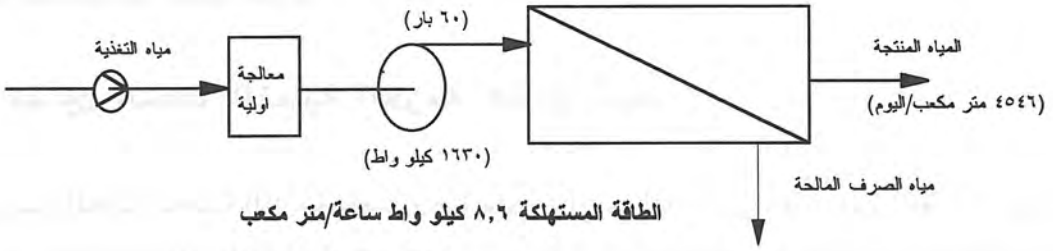
نظريا فان الطاقة الفعلية اللازمة لفصل وحدة ماء من اي محلول ملحي تعادل فرق الطاقة الحرة للماء الخالي من الاملاح والماء المالح المراد تحليته (مرجع ١٤) ، ومع اختلاف ملوحة مياه التغذية ، فان اقل طاقة لازمة لتحلية متر مكعب من الماء لا تصل إلى كيلو واط واحد ساعة ، معبرا عنها بوحدة الطاقة الكهربائية .
إلا انه اثناء التطبيق الفعلي لعملية التحلية يحدث فقدان للطاقة نتيجة حدوث عمليات غير متوازنة ، ومقاومة الاغشية ، وعدم توفر مضخات ذات كفاءة مثالية ، وفقدان حرارة ... الخ ، ولذلك فان اقل طاقة لازمة لتحلية المتر مكعب من الماء عمليا تبلغ ٢ إلى ٢,٥ كيلو واط ساعة في ظل افضل الظروف المتاحة للحد من فقدان الطاقة .

وفي دراسة مقارنة اجرتها وكالة الطاقة النووية لتقنيات تحلية مياه البحر المتوفرة تجاريا ،خلصت الوكالة إلى ان تقنية التناضح العكسي تحتاج عمليا إلى ٥ – ٧ كيلو واط ساعة/متر مكعب وتلتها تقنية التقطير متعددة المؤثرات (٤,٥ – ١٢,٥ كيلو واط ساعة/متر مكعب) واخيرا تقنية التقطير بالتطاير الفجائي (١٢ – ٢٤ كيلو واط ساعة/متر مكعب) (مرجع ٧) .

ورغم ان الطاقة اللازمة لتحلية وحدة الماء بالتناضح العكسي تعتبر اقل من الطاقة اللازمة لتحلية نفس مياه التغذية بالطرق الاخرى ، إلا انه من الواضح ان مجالات خفض تكلفة استهلاك الطاقة مازالت مفتوحة وممكنه من خلال تحسين كفاءة المضخات وكذلك معدات استرجاع الطاقة المهدورة مع مياه الصرف المالحة المركزة ، فلو امكن استرجاع معظم الطاقة المهدورة فان بالامكان الاقتراب كثيرا من الارقام العملية المتوقعة لتحلية مياه البحر بالتناضح العكسي .

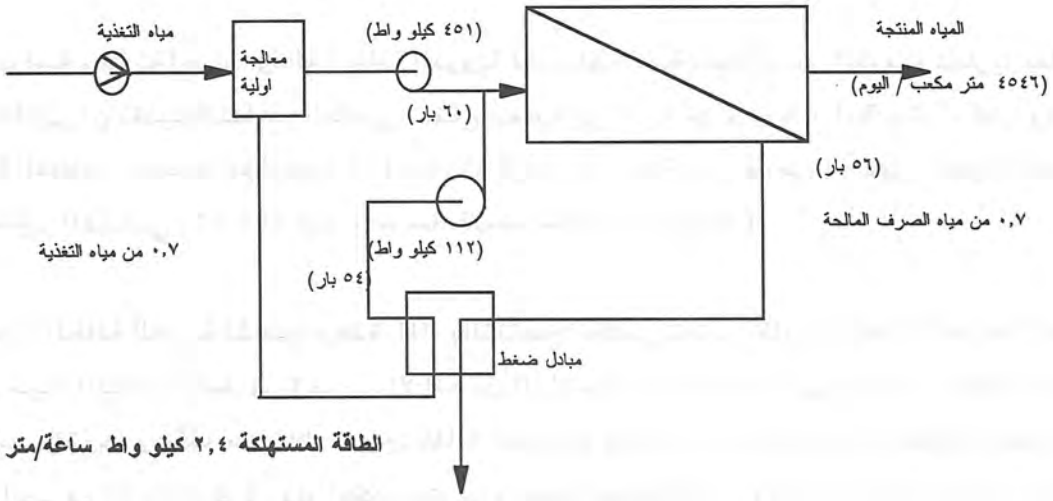
الشكل رقم ٣ يبين اثر استرجاع الطاقة الكلي تقريبا ، فعلى الرغم من احتساب كفاءة مضخة الضغط العالي ٠,٧٥ ، وكفاءة جهاز استرجاع الطاقة ٠,٩٠ ، فقد اوضحت الحسابات انه يمكن خفض الطاقة اللازمة لتحلية المياه بالتناضح العكسي من ٨,٦ إلى ٢,٤ كيلو واط ساعة/متر مكعب ، واذا لاحظنا

نظام تناضح عكسي بدون جهاز استرجاع الطاقة المهدورة



الطاقة المستهلكة ٨,٦ كيلو واط ساعة/متر مكعب

نظام تناضح عكسي مع جهاز استرجاع الطاقة المهدورة



الطاقة المستهلكة ٢,٤ كيلو واط ساعة/متر مكعب

شكل رقم ٣ ٠ خفض استهلاك طاقة انتاج المياه باسترجاع الطاقة المهدورة مع مياه الصرف المالحة

بان تكلفة الطاقة تمثل اعلى جزء من التكلفة الكلية لانتاج مياه التحلية (شكل رقم ١) فان متابعة اجراء اعمال البحث والتطوير لخفض استهلاك الطاقة وايجاد معدات ذات كفاءة اعلى ، لها مردود اقتصادي كبير جدا واثره في الاقتصاد القومي لدول الخليج واضح على الزمن الطويل .

٥) تطوير نظام التشغيل الالي

رغم ان تقنية تحلية المياه بالتناضح العكسي لا تحتاج إلى عمالة كبيرة لتشغيلها ، فان تطوير نظام آلي سيوفر الايدي العاملة اللازمة لنظام نوبات تشغيل الوحدات وسيغطي تكاليفه خلال فترة قصيرة نسبيا . ويحتاج الامر إلى تطوير اجهزة قياس اكثر حساسية خاصة لقياس درجة ملوحة مياه البحر والمحلول الملحي المركز ، وقياس معامل الانسداد اليا باعتمادية اعلى من المتوفر حاليا ، وكذلك قياس تراكيز ضئيلة جدا من الكلور في مياه التغذية ، .... الخ .

كما يجب تطوير برامج حاسب آلي لتعكس ظروف التشغيل بدقة اعلى لتتعرف على مكامن الخطأ في معايير التشغيل وتعمل على تعديلها دون الحاجة لوقف الانتاج اذا امكن ذلك .

خلاصة

مما لا شك فيه ان التقنية الحالية للتناضح العكسي لها القدرة على تحلية مياه البحر بفاعلية مناسبة تعتمد بدورها على فاعلية نظام المعالجة الاولية لمياه التغذية التي مازالت بحاجة إلى تطوير لرفع كفاءة ادائها وزيادة اعتماديتها ، أو ايجاد وسائل بديلة للحصول على مياه تغذية ذات نوعية مناسبة لاغشية التناضح العكسي المتوفرة حاليا في الاسواق .

وهناك مجالات عديدة اخرى لزيادة اعتمادية نظام تحلية مياه البحر بالتناضح العكسي خاصة في مجال تصميم الوحدة للاستفادة القصوى من الضغط العالي لمياه التغذية ، وربط الوحدات بتقنيات اخرى تزيد من انتاجيتها وترفع من كفاءة ادائها ، وتقنين استهلاك الطاقة إلى اقصى حدود الاستفادة من الطاقة المهدورة مع مياه الصرف المالحة المركزة مع زيادة كفاءة المضخات ومعدات استرجاع الطاقة المهدورة ،

واخيرا ايجاد نظم تشغيل الية وتطوير اجهزة قياس مناسبة لضمان التشغيل الآلي باعلى كفاءة واقل تكاليف خاصة فيما يتعلق بتوفير ملحوظ باجور الايدي العاملة .

ورغم بساطة النظام وادائه في تحلية المياه بكفاءة عالية في وضعه الحالي ، ما زالت هناك مجالات عديدة لتحسين هذا الاداء من خلال اجراء اعمال ابحاث وتطوير حول النقاط الموضحة اعلاه ، ولذلك يجب التفكير جديا بدعم الابحاث معنويا وماديا .

معنويا ، يجب اعطاء موضوع الجدوى الفنية والاقتصادية دعما لا حدود له من قبل متخذي القرار ، على ان يكون اختيار التقنيات في المستقبل على اسس فنية واقتصادية ، اذ لا يعقل ان يتم صرف بلايين الدولارات على شراء معدات دون تبرير واضح مبني على اسس مفاضلة بين التقنيات المتوفرة تجاريا لاداء نفس الغرض وباقل تكلفة ممكنة في النفقات الراسمالية والجارية .

اما ماديا ، فان اجراء اعمال بحث وتطوير بحاجة إلى اموال قليلة جدا اذا ما قيست بقيمة الاستثمارات في تقنيات التحلية . ولو خصصت نسبة ضئيلة من هذه الاستثمارات ، ١ ٪ مثلا لهذا الغرض ، ستؤدي بالتاكيد إلى توفير مبالغ باهظة على المدى الطويل .

و تقدر قيمة الاستثمارات العالمية في تقنيات التحلية بحوالي ٣٥ بليون دولار امريكي (معدلة حسب قيمة الدولار لعام ١٩٩٤) ، منها حوالي ٢٥ بليون دولار مستثمرة في وحدات تحلية حرارية والباقي (حوالي ١٠ بليون دولار) مستثمرة في وحدات غير حرارية معظمها لتحلية المياه بالتناضح العكسي (مرجع ٢) .

وقد كان لابحاث مكتب تحلية المياه (Office OF Saline Water) التابع لوزارة الداخلية الامريكية (تأسس سنة ١٩٥٢ واغلق سنة ١٩٧٢) اليد الطولي في تطوير وابراز اهم معالم التحلية المعروفة الان ، حيث انفق هذا المكتب حوالي ٢٥٠ مليون دولار على شكل منح بعقود مع جامعات ومراكز ابحاث ومؤسسات صناعية وافراد وغير ذلك لتشجيع ابحاث تحلية المياه ، وهذا المبلغ يشكل اقل من ١ ٪ من قيمة المبالغ المستثمرة في هذا القطاع الحيوي ، وبعد مرور اكثر من عشرين عاما على غلق هذا المكتب لم تجد تقنيات تحلية المياه الدعم والتشجيع المناسب لاهميتها خاصة في دول تعتمد على هذه التقنيات للحصول على مياه الشرب .

ان عدم ظهور اكتشافات جديدة أو تطوير تقنيات واعدة في مجال التحلية يعود بالتأكيد إلى عدم الاهتمام باقتصاديات التحلية بدرجة أولى وعدم الاهتمام بتطوير خبرات وطنية فنية قادرة في هذا المجال ، بالاضافة إلى ضعف الامكانيات المادية والبحثية المتخصصة للقيام بابحاث التحلية وتطوير تقنياتها .

References

1. Wagnick, K. IDA Worldwide Desalting Plants Inventor. 1992.

2. Middle East Multi-lateral Working Group on Water Resources. Worldwide Desalination Research and Technology Survey. The Ministry of Foreign Affairs - Sultanate of Oman. April 1994.

3. Leitner, G.F. Total Water Costs on a Standard Basis for Three Large Operating Seawater RO Plants. Proc. of the Twelfth International Symposium on Desalination and Water Re-use. Malta, 15-18 April, 1991. 1:39-48.

4. Leitner, G.F. Costs of Seawater Desalination in Real Terms, 1979 through 1989, and Projection for 1999. Proc. of the Fourth World Congress on Desalination and Water Re-use. Kuwait, November 4-8, 1989. 4:201-213.

5. Wade, N.M. Technical and Economic Evaluation of Distillation and Reverse Osmosis Desalination Processes. Proc. of the Arabian Gulf Regional Water Desalination Symposium, U.A.E., November 15-17, 1992. 2:637-660.

6. Darwish, M.A., M. Abdel-Jawad and G.S. Aly. Technical and Economical Comparison between Large Capacity MSF and RO Desalting Plants. Proc. of the Fourth World Congress on Desalination and Water Re-use. Kuwait, Nov. 4-8, 1989. 4:281-304.

7. International Atomic Energy Agency (IAEA). Technical and Economic Evaluation of Potable Water Production through Desalination of Seawater by Using Nuclear Energy and Other Means. IAEA. Sept. 1992.

8. Zimmermann, Z. The Water Factory. Proc. of the NWSIA 1992 Biennial Conference. Newport Beach, CA, August 23-27, 1992. 2:371-379.

9. Johnson, W.E. The Story of Freeze Desalting. Desalination and Water Re-use. J. Volume 3/4. P. 20-27.

10. Abdelhalim, M.M. and M.M. Abdel-Jawad. Feasibility of Reducing Desalted Water Cost by Reverse Osmosis. Proc. of the NWSIA 1990 Biennial Conference. Florida, August 19-23, 1990. 1:295-318.

11. Jawad, M.A. Seawater Desalination by Reverse Osmosis - Phase II - Final Report. Kuwait Institute for Scientific Research (KISR). Report # 3508, Vol. I. October 1991.

12. Permasep Engineering Manual (PEM). Twin Modules-Bulletin: 301. E.I. Du Pont De Nemours & Co.

13. Awerbuch, L.,M. Sherman, S. Randal and V. VanDerMast. Hybrid Desalting System. Proc. of the Fourth World Congress on Desalination and Water Re-use. Kuwait, Nov. 4-8, 1989. 4:189-197.

14. Silver, R.S. Fresh Water from the Sea. Meeting of Institution of Mechanical Engineers. 1964.

(٨)

الجلسة الثامنة
الـــري الـــزراعـــي

التقييم الاقتصادي لطرق الري الحديثة في الأراضي المستصلحة في جمهورية مصر العربية

محمد جمال ماضي أبو العزائم / هيثم بيومي حسن

التقييم الاقتصادي لطرق الري الحديثة في الأراضي المستصلحة في جمهورية مصر العربية

Economic Evaluation of Modern Irrigation Methods in Reclaimed Iands in Arab Republic of Egypt

محمد جمال ماضي أبو العزائم – استاذ باحث مساعد
قسم الاقتصاد الزراعي – المركز القومي للبحوث

هيثم بيومي حسن – مدرس مساعد
قسم الاقتصاد الزراعي – المركز القومي للبحوث

ملخص البحث : تتضمن الدراسة اجراء التقييم الاقتصادي لطريقتي الري بالرش الثابت والتنقيط لبعض المحاصيل بمنطقة البستان غرب النوبارية والتي تمثل الأراضي المستصلحة الحديثة والتي تعمل الدولة على تنميتها .

وتشتمل معايير التقييم الاقتصادي صافي العائد للفدان ، وأربحية الجنيه المنفق على الري ، وصافي العائد على تكلفة الانتاج . وتبلغ المعايير السابقة باستخدام طريقة الري بالتنقيط لأشجار الفاكهة نحو ٣٢٥١,٦ جنيه ، و ١٤,١ و ٣,٣ على الترتيب ، مما يعني أن أربحية الجنيه المنفق على الري تبلغ نحو ١٤,١ جنيه لكل جنيه منفق على الري بالتنقيط للفدان لأشجار الفاكهة ، كما أن صافي العائد على تكلفة الأنتاج يبلغ نحو ٣,٣ جنيه لكل جنيه منفق على التكاليف الأنتاجية للفدان لاشجار الفاكهة .

بينما تبلغ المعايير السابقة باستخدام طريقة الري بالرش الثابت للخضر نحو ١٠٥٨,٩ جنيه ، ٩,٦ و ٢,٣ على الترتيب . كما بلغت باستخدام طريقة الري بالرش الثابت للمحاصيل الحقلية نحو ٦٤٨,٩ جنيه ، و ٤,٨ و ١,٩ على الترتيب . مما يعني أفضلية طريقة الري بالتنقيط لأشجار الفاكهة من حيث الكفاءة الاقتصادية بالمقارنة بطريقة الري بالرش الثابت للمحاصيل الحقلية والخضر وكذلك أفضلية طريقة الري بالرش الثابت للخضر اقتصاديا بالمقارنة بطريقة الري بالرش الثابت للمحاصيل الحقلية .

Economic Evaluation of Modern Irrigation Methods in Reclaimed Lands in Arab Republic of Egypt

The main objective of the research representing in studying the ecenomic evaluation of fixed sprinkler system and drip irrigation of different crops in Bustan area of west Nubaria region, in newly reclaimed lands. The meaures of economic evaluation included net benefit per feddan, net benefit on irrigation cost and net return on production cost.

The results of research shows that the previous measures of economic evaluation by using drip irrigation for fruit crops and fixed sprinkler system for both vegetable crops and field crops reached about 3251.6 Egyptian pounds (L.E.), 14.7, 3.3 L.E. 1058.5, 9.6,2.3, L.E. 648.9, 4.8, 1.9 respectively. The previous results shows that the drip irrigation for fruit crops is more efficiency from economic side compared with using fixed sprinkler system for both vegetable crops and field crops. the way of using fixed sprinkler system for vegetable crops is also more economic than using the same way for field crops.

مقدمة : تبلغ الرقعة الأرضية بجمهورية مصر العربية نحو ٢٤٤ مليون فدان تنقسم الى أراضي وادي و دلتا النيل وتقدر مساحتها بنحو ٨ مليون فدان والصحراء الغربية وتقدر مساحتها بنحو ٢٦٠ مليون فدان ، والصحراء الشرقية وتبلغ مساحتها نحو ٦٠ مليون فدان ، وشبه جزيرة سيناء وتقدر مساحتها بنحو ١٦ مليون فدان . مما يعني أن الصحراء تمثل نحو ٩٦٪ من أجمالي مساحة الجمهورية . وتعتبر الأراضي المستصلحة الامتداد الطبيعي للتوسع الزراعي الأفقي المستهدف في مصر لمواجهة الزيادة السكانية المستمرة مع الثبات النسبي للمساحة المنزرعة ، حيث زاد عدد السكان من نحو ٢٥,٦ مليون نسمه في عام ١٩٦٠ الى نحو ٥٥,٦ مليون نسمه في عام ١٩٩٠ بينما زادت المساحة المنزرعة من نحو ٥,٨٤ مليون فدان الى نحو ٦,٢ مليون فدان خلال نفس الفترة ، ويوضح الجدول رقم (١) ضآلة متوسط نصيب الفرد من المساحة المنزرعة في مصر بالمقارنة بالدول الأخرى .

ويمثل تنمية الموارد المائية الركيزة الأساسية للتنمية الزراعية المستهدفة حيث من المتوقع أن تشهد السنوات القادمة طلبا متزايدا على المياه لمواجهة الاحتياجات المائية المختلفة (١) .

وتشير الدراسات الى ان أجمالي المعروض من المياه في عام ٢٠٠٠ سيبلغ نحو ٨٣,٤ مليار متر مكعب سنويا بينما يبلغ أجمالي المطلوب نحو ٩٥,٢ مليار متر مكعب وبالتالي يكون هناك عجز متوقع قدره ١١,٨ مليار متر مكعب سنويا كما هو مبين في الجدول رقم (٢) . وقد أوضحت الدراسات ارتفاع مقننات استهلاك المياه المستخدمة في الزراعة لعدة عوامل من أهمها استخدام أساليب الري التقليدية ، وتخلف سياسة الموارد المائية المتبعة في المجتمع ورخص ثمن المياه التي تعطى تقريبا بدون ثمن ، وانخفاض الوعي العام بأهمية المحافظة على المياه وترشيد استخدامها (٣) .

وقد بلغت جملة المساحات المستصلحة خلال الخطط المختلفة نحو ١,٤ مليون فدان وهذه المساحات تعادل نحو ٣٧٪ من المستهدف من تلك الخطط ويرجع نسبة انخفاض المنفذ في خطة استصلاح الأراضي الى المشاكل والمعوقات المائية والبشرية والرأسمالية والأدارية مما يستلزم معه وضع خطة فعالة للتغلب على هذه المحددات (٤) . وقد تراوحت نسبة عدم رضا الزراع عن مستوى المعيشة بالأراضي المستصلحة من نحو ٤٢٪ الى نحو ٦٨٪ وفقا لمختلف الفئات الأجتماعية التي تمتلك هذه الأراضي للعديد من المعوقات التي تواجه الحياه في الأراضي المستصلحة خاصة فيما يتعلق بالمشاكل المائية (٥) . وتتوقف أمكانية تحقيق التنمية الأفقية المستهدفة على البدء والجدية في تنفيذ اجراءات ترشيد استخدام المياه باتباع وسائل متعددة من أهمها الاهتمام باساليب الري الحديثة مثل الري بالرش والري بالتنقيط في الأراضي المستصلحة (٦) .

<u>هدف البحث :</u> يتناول البحث دراسة التقييم الاقتصادي لنظامي الري بالرش والتنقيط في الأراضي المستصلحة الحديثة وفقا للتراكيب المحصولية الشائعة في هذه الأراضي باستخدام

جدول رقم (١)

متوسط نصيب الفرد من الأراضى المنزرعة فى مصر وغيرها من الدول الأخرى بالهكتار

الدولة	عدد السكان (مليون فرد)	مساحة الأراضى المنزرعة (مليون هكتار)	متوسط ما يخص الفرد بالهكتار
مصر	٥٥	٢,٨	٠,٠٥١
الكاميرون	١٠,٤	٧	٠,٦٧٣
أثيوبيا	٤٦	١٣,٩	٠,٣٠٢
نيجيريا	١٠٢	٣١,٣	٠,٣٠٧
أنجولا	٩,٢	٣,٥	٠,٣٨
زامبيا	٧,٢	٥,٢	٠,٧٢
كوبـا	١٠,٢	٣,٣	٠,٣٢
المكسيك	٦٢,٦	٢٤,٨	٠,٣٩٦
البرازيل	١٤١,٣	٧٦,٨	٠,٥٤٣
كولومبيا	٣٠	٥,٣	٠,١٧٦
الصين	١٠٨٤	٩٨	٠,٠٩
الهند	٧٨٦	١٦٩	٠,٢١٥
أندونيسيا	١٧٢	٢١,٣	٠,١٢٤
باكستان	١٠٥	٢٠,٧	٠,١٩٧
الفلبين	٥٧	٨	٠,١٤
تركيا	٥١,٣	٢٧	٠,٥٣٦
بلغاريا	٩	٤,١	٠,٤٦
فرنسا	٥٥,٦	١٩	٠,٣٤
ألمانيا الغربية	٦١,١	٧,٥	٠,١٢٣
رومانيا	٢٣	١٠,٧	٠,٤٦٥
بولندا	٣٧,٧	١٤,٨	٠,٣٩٢

المصدر : مجلس الشورى – لجنةالإنتاج الزراعى والرى واستصلاح الأراضى – التقرير النهائى عن موضوع استصلاح الأراضى ونظم التصرف فى الأراضى الجديدة – ١٩٩١ – ص ٦.

جدول رقم (٢)

الموازنةالمائية المصرية لعام ٢٠٠٠

الموارد المائية المتاحة حق عام ٢٠٠٠	الكمية بالمليار متر مكعب	الإحتياجات المائية حتى عام ٢٠٠٠	الكمية بالمليار متر مكعب	الميزان المائى بالمليار متر مكعب
الموارد المائية الحالية		الإحتياجات الإستهلاكية الحالية		
مياه النيل	٥٥,٥	الزراعة	٤٩,٧	
مياه صرف من الوجه القبلى	١,٨	مياه الشرب	٣,٣	
مياه صرف من الوجه البحرى	٢,٥	مياه الصناعة	٢,٢	
مياه جوفية من الوجه القبلى	١,٣	الاحتياجات غير الاستهلاكية الآخرى	٤,٠	
مياه جوفية من وجه بحرى	١,٦			
مياه أمطار	١,٢			
مياه صرف معادة	٢,٣			
إجمالى الموارد الحالية	٦٦,٢	إجمالى الاحتياجات	٥٩,٢	فائض (٧)
الموارد المائية المستقبلية		الإحتياجات المائية المستقبلية		
مشروعات أعالى النيل	٩,٥	الزراعة	٢١,٧	
إعادة استخدام مياه الصرف	٥,٨	مياه الشرب	٣,٥	
التوسع فى استخدام المياه الجوفية بالدلتا والصعيد	١,٩	مياه الصناعة	١,٨	
		الاحتياجات غير الاستهلاكية الأخرى	٤,٠	
إجمالى الموارد المستقبلية	١٧,٢	إجمالى الاحتياجات المستقبلية	٣٦	
إجمالى المعروض المائى حتى عام ٢٠٠٠	٨٣,٤	إجمالى المطلوب المائى حتى عام ٢٠٠٠	٩٥,٢	عجز (١١,٨)

المصدر : وزارة الرى – مركز البحوث الزراعية – توصيات مؤتمر البحث العلمى فى مجال الرى والموارد المائية وأهميته لتنفيذ مشروعات الخطة – ١٩٨٤.

معايير صافي العائد للفدان ، وأربحية الجنيه المنفق على الري ، وصافي العائد على تكلفة الأنتاج .

مصادر البيانات والطريقة البحثية : اعتمدت الدراسة على البيانات المتحصل عليها باستخدام استمارة استبيان لمنطقة البستان وكذلك البيانات المنشورة في مختلف الجهات الرسمية مثل مجلس الشورى ، ومعهد التخطيط القومي و نقابة المهندسين ، والمركز القومي للبحوث الاجتماعية والجنائية ، وكليتي الزراعة بجامعة القاهرة وعين شمس ، والجمعية المصرية للأقتصاد السياسي . وقد تم استخدام أسلوب تحليل التباين لاختبار المعنوية لطرق الري الحديثة المستخدمة في منطقة الدراسة لمختلف المحاصيل المنزرعة بعينة البحث .

منطقة وعينة البحث : تم اختيار منطقة البستان والتي تقع في منطقة غرب النوبارية لاجراء البحث الميداني موضع الدراسة حيث أنها تقع بمنطقة غرب الدلتا التي تمثل نحو ٤٨,٣٪ من أجمالي الأراضي المستصلحة على مستوى الجمهورية خلال الفترة (١٩٥٢ - ١٩٩٠) ، وتقع منطقة البستان جنوب ترعة النوبارية التي تستمد ماءها من الرياح البحيري حيث يتبع طرق الري الحديثة في هذه المنطقة مثل الري بالرش والري بالتنقيط . وتبلغ جملة مساحة منطقة البستان نحو ٧٥ ألف فدان ، وبلغت جملة المساحة المستصلحة والموزعة نحو ٢٣,٣ ألف ، تتضمن قرى توفيق الحكيم ، متولي الشعراوي ، وعباس العقاد ، و ١١ قرية أخرى بمساحات تبلغ ٢٠٣٥ ، ١٩٧٠ ، ١٨٧٠ و ١٧٤٢٥ فدان تمثل نحو ٨,٧٪ ، ٨,٥٪ ، ٨٪ و ٧٤,٨٪ من أجمالي المساحة المستصلحة والموزعة . ويتبع كل قرية جمعية تعاونية زراعية تساهم في امداد زراع كل قرية بمستلزمات الأنتاج اللازمة للزراعة من تقاوي ومبيدات وغيرها من مستلزمات الأنتاج بالاضافة الى تأجير الآلات الزراعية اللازمة لاجراء مختلف العمليات الزراعية . وتشمل هذه الجمعيات الزراعية احد عشر جمعية لفئة الخريجين فقط والجمعيات الأخرى يمثل اعضاؤها مختلف الأنماط الحيازية الاجتماعية الثلاثة وهم خريجون ومنتفعون وفئات أخرى . وبناء على ذلك تم اختيار القرى الثلاث التابعة للجمعيات الأخيرة وهي قرى توفيق الحكيم ومتولي الشعراوي وعباس العقاد على التوالي كما تم اختيار عينة عشوائية طبقية من ١٠٠ مشاهدة ممثلة للانماط الاجتماعية الثلاثة . ويوضح الجدول رقم (٣) ان أجمالي عدد الحائزين من الفئات الاجتماعية الثلاثة بخلاف المستثمرين بلغ نحو ٣٩٣٦ حائز ، وبلغ عدد المنتفعون والخريجون والفئات الأخرى نحو ٥٩٤ ، ٣٢٠٧ و ١٣٥ حائز يمثلون نحو ١٥,١٪ ، ٨١,٥٪ و ٣,٤٪ من أجمالي عدد الحائزين . مما يعني أن فئة الخريجون تمثل النسبة الأساسية لعدد الحائزين بالاراضي المستصلحة والموزعة بمنطقة البستان .

وفيما يتعلق بالفئات الاجتماعية الثلاث المذكورة ، فان فئة المنتفعين يقصد بها صغار الزراع النازحين من مختلف مناطق الجمهورية الى منطقة البستان سواء كانوا ملاكا زراعيين يملكون بعضا من الاراضي في المناطق التي نزحوا منها أو عمال زراعيون لا يمتلكون أي أرض زراعية . وتشمل فئة الخريجين مختلف الأفراد الحاصلين على مؤهلات عليا أو متوسطة وتتضمن الفئات الأخرى الموظفين الذين تقدموا باستقالتهم عند استلامهم الأراضي الزراعية أو الموظفين المحالين على المعاش ، وكذلك المسرحين من الجيش أو الشرطة . وقد تم اختيار كل فئة مذكورة بناء على بعض الشروط التي اعلنتها وزارة الزراعة واستصلاح

جدول رقم (٣)

عدد الحائزين من الفئات الإجتماعية المختلفة بمنطقة البستان غرب النوبارية

القرى	الفئات الإجتماعية					
	منتفعون	٪	خريجون	٪	الفئات الأخرى	٪
توفيق الحكيم	١٦٨	٢٨,٢	٧٥	٢,٣	٤٨	٣٥,٦
متولى الشعراوى	٢٢٧	٣٨,٢	٥٤	١,٧	٣١	٢٣,٠
عباس العقار	١٩٩	٣٣,٥	١٠٣	٣,٢	٥٣	٣٩,٢
أخرى		--	٢٩٧٥	٩٢,٨	٣	٢,٢
الإجمالى	٥٩٤	١٠٠	٣٢٠٧	١٠٠	١٣٥	١٠٠

المصدر : وزارة الزراعة – إدارة شئون التعاون بمنطقة البستان غرب النوبارية – ١٩٩٠.

الأراضي ، ويبلغ متوسط المساحات المستصلحة الموزعة على كل فئة من الفئات المذكورة نحو ٥,٥ – ١٠ ، ١٠ – ٢٥ فدانا لكل من المنتفعين والخريجين والفئات الأخرى على الترتيب .

طرق الري المستخدمة في عينة البحث : تشمل طرق الري المستخدمة في عينة الدراسة طريقتي الري بالرش الثابت والري بالتنقيط وتتماشى هاتين الطريقتين مع الاتجاهات الحديثة المستخدمة في ري مختلف المحاصيل الحقلية والبستانية والتي تستهدف معالجة عيوب الري بالغمر في الأراضي القديمة . ويمثل نظام الري بالغمر النظام السائد في أكثر من ٩٠٪ من الأراضي المنزرعة في مصر ويتميز هذا النظام بأنه أقل تكلفة من حيث المصروفات الاستثمارية اللازمة لانشاء شبكة ري اذا ما قورن بتكاليف نظم الري الأخرى ، ويتصف نظام الري بالغمر بسهولة التشغيل والتنفيذ ويؤخذ عليه زيادة كمية المياه المستخدمة في الري وانخفاض كفاءة النظام المستخدمة بالمقارنة بالطرق الأخرى ، كما أن المساقى الحقلية اللازمة لمرور المياه بين الاحواض والقطع تشغل مساحة تقدر بحوالي ١٠٪ ، ويلزم مع تطبيق هذا النظام وجود شبكة للصرف بتكلفة أكبر بالمقارنة بالنظم الأخرى (٧) ، ويعتبر نظام الري بالغمر من أقل النظم من حيث الكفاءة النسبية لاستخدام المياه ، حيث تبلغ الكفاءة النسبية لاستخدام المياه في نظم الري السطحي بالمساقى الترابية ، والري السطحي بالمساقى المبطنة ، والري بالرش ، والري بالتنقيط نحو ٤٥–٦٠٪ ، ٥٥–٧٠٪ ، ٧٠–٧٥٪ و ٨٥–٩٠٪ على الترتيب (٨) وترتكز فكرة الري بالرش على تساقط المياه وذلك عن طريق دفع المياه تحت ضغط من خلال فتحات أو رشاشات الى الجو في صورة رذاذ ينتشر ثم تسقط على هيئة قطرات فوق سطح الأرض لتصل الى منطقة الجذور حتى يحصل النبات على المستوى الرطوبي المطلوب (٩) . وتشمل النظم المختلفة للري بالرش نظم الري الثابتة ، ونصف المتنقلة والمتنقلة (١٠) .

التقييم الاقتصادي لطرق الري الحديثة المستخدمة بالدراسة : تستهدف الدراسة اجراء التقييم الاقتصادي لطريقتي الري بالرش الثابت والري بالتنقيط لمختلف المحاصيل موضع الدراسة باستخدام معايير صافي العائد للفدان ، وأربحية الجنيه المنفق على الري ، وصافي العائد على تكلفة الأنتاج . وتقاس قيمة صافي العائد للفدان بحساب قيمة اجمالي العائد للفدان مطروحا منه قيمة التكاليف الكلية للفدان ويقدر أربحية الجنيه المنفق على الري بحساب قيمة صافي العائد للفدان مقسوما على تكلفة الري ، ويحسب صافي العائد على تكلفة الأنتاج بقياس قيمة صافي العائد للفدان مقسوما على قيمة التكاليف الكلية للفدان وكلما ارتفعت قيمة هذا المعيار كلما دل ذلك على ارتفاع أربحية الجنيه المنفق في الانتاج الزراعي وتحقيق الكفاءة الاقتصادية المستهدفة . ويوضح الجدول رقم (٤) أن صافي العائد للفدان ، وأربحية الجنيه المنفق على الري ، وصافي العائد على تكلفة الانتاج باستخدام طريقة الري بالتنقيط لاشجار الفاكهة يبلغ نحو ٣٢٥١,٦ جنيه ، ١٤,١ و ٣,٣ على الترتيب ، مما يعني أن أربحية الجنيه المنفق على الري تبلغ ١٤،١ جنيه لكل جنيه منفق على الري بالتنقيط للفدان لاشجار الفاكهة ، كما أن صافي العائد على تكلفة الانتاج يبلغ ٣,٣ جنيه لكل جنيه منفق على التكاليف الأنتاجية للفدان لاشجار الفاكهة ، وتبلغ المعايير السابقة باستخدام طريقة الري بالرش الثابت للخضر نحو ١٠٥٨,٥ جنيه ، ٩,٦ و ٢,٣ على الترتيب ، كما بلغت باستخدام طريقة الري بالرش الثابت

جدول رقم (٤)

معايير التقييم الإقتصادى لبعض المحاصيل الحقلية والبستانية بمنطقةالبستان بغرب النوبارية بإستخدام طريقتى الرى بالرش الثابت والرى بالتنقيط

المحصول	تكلفة الرى (١)	تكلفة الزرعة	التكاليف الكلية	اجمالى العائد للفدان	صافى العائد للفدان بالجنيه	أربحية الجنيه المنفق على الرى	صافى العائد على تكلفة الانتاج
المحاصيل الحقلية (الرى بالرش الثابت							
شعير	١١٥,٨	١١٤	٢٥٩,٨	٧٥٠	٤٩٠,٦	٤,٢	١,٩
برسيم حجازى	٢٨٤	١٧٤	٤٥٨	١٢١٠	٧٥٢	٢,٦	١,٦
قمح	١١٧,٣	١٩٠	٣٠٧,٣	١٠٥٠	٧٤٣,٧	٦,٣	٢,٤
فول سودانى	١٢٧,٤	٣٠٠	٤٢٧,٤	١٠٠٠	٥٧٢,٦	٥,٠٠	١,٣
ذره	١١٤,٢	١٩٩	٣١٣,٢	١٠٠٠	٦٨٦,٨	٦,٠	٢,٢
المتوسط	١٥١,٧	٢٠١,٤	٣٥٣,٢	١٢٥٢,٥	٦٤٨,٩	٤,٨	١,٩
الخضر (الرى بالرش الثابت)							
بازلا	٨١,٥	٢٨١	٣٦٢,٥	١٢٥٠	٨٨٧,٥	١٠,٩	٢,٤
طماطم	١٣١,٣	٤٨٩	٦٢٠,٣	٢٠٠٠	١٣٧٩,٧	١٠,٥	٢,٢
بصل	١٠٧,٠	٢٢٦	٣٣٣	١٤٠٠	١٠٦٧	١٠,٠٠	٣,٢
بطاطس	١١٠,٧	٨٤٢	٩٥٢,٧	٢٢٠٠	١٢٤٧,٣	١١,٣	١,٣
بطيخ لب	١٣٠	١٥٩	٢٨٩	١٠٠٠	٧١١	٥,٥	٢,٥
المتوسط	١١٢,١	٣٩٩,٤	٥١١,٥	١٥٧٠	١٠٥٨,٥	٩,٦	٢,٣
الفاكهة (الرى بالتنقيط)							
موالح	٢٤٠,٥	٤١٩,٥	٦٦٠	٣٦٠٠	٢٩٤٠	١٢,٢	٤,٥
زيتون	٢٢١,٥	٤٥٠	٦٧١,٥	٢٨٠٠	٢١٢٨,٥	٩,٦	٣,٢
تفاح	٢٣٢,٢	١٢٢٩,٥	١٤٦١,٧	٦٠٠٠	٤٥٣٨,٣	١٩,٥	٣,١
عنب	٢١٦,٨	٧٠٠	٩١٦,٨	٣٠٠٠	٢٠٨٣,٢	٩,٦	٢,٣
خوخ	٢٣٢,٢	١٢٠٠	١٤٣٢,٢	٦٠٠٠	٤٥٦٧,٨	١٩,٧	٣,٢
المتوسط	٢٢٨,٦	٧٩٩,٨	١٠٢٨,٤	٤٢٨٠	٣٢٥١,٨	١٤,١	٣,٣

(١) حسبت تكلفة الرى بالرش الثابت لكل من المحاصيل الحقلية والخضر من الجدول رقم (٦) ، كما حسبت تكلفة الرى بالتنقيط لأشجار الفاكهة من الجدول رقم (٧).

للمحاصيل الحقلية نحو ٦٤٨,٩ جنيه ، ٤,٨ و ١,٩ على الترتيب . مما يعني أفضلية طريقة الري بالتنقيط لأشجار الفاكهة من حيث الكفاءة الاقتصادية بالمقارنة بطريقة الري بالرش الثابت للمحاصيل الحقلية والخضر ، وكذلك أفضلية طريقة الري بالرش الثابت للخضر اقتصاديا بالمقارنة بطريقة الري بالرش الثابت للمحاصيل الحقلية .

ويوضح الجدول رقم (٥) معنوية الفروق باستخدام تحليل التباين لصافي العائد للفدان وأربحية الجنيه المنفق على الري ، وصافي العائد على تكلفة الأنتاج لطريقتي الري المدروسة وتتضمن الري بالرش الثابت للمحاصيل الحقلية والخضر ، والري بالتنقيط لأشجار الفاكهة .

ويوضح الجدول رقم (٦) حساب قيمة تكلفة الري لمختلف المحاصيل موضع الدراسة باستخدام طريقة الري بالرش الثابت والتي تحسب باستخدام المعادلة التالية :

أجمالي قيمة تكلفة الري للفدان = قيمة تكلفة رفع المياه + قيمة الصيانة لشبكة الري + ٥٪ من تكلفة النظام المستخدم في الري ، وتقدر قيمة تكلفة رفع المياه بحساب الاحتياجات المائية بالمتر المكعب للمحاصيل موضع الدراسة مضروبا في تكلفة رفع المتر المكعب من المياه والتي تقدر بنحو ٠,٠١٢ جنيه . ويوضح الجدول رقم (٧) أجمالي تكلفة الري باستخدام طريقة الري بالتنقيط للمحاصيل البستانية المدروسة والتي تحسب باستخدام المعادلة التالية :

أجمالي قيمة تكلفة المياه للفدان = قيمة تكلفة رفع المياه + قيمة الصيانة لشبكة الري + ٧٪ من تكلفة النظام المستخدم في الري ويوضح الجدول السابق ان تكلفة نظام الري بالتنقيط في العنب ، التفاح ، الخوخ ، الزيتون والموالح يبلغ ١٧٦٤ جنيه ، ١٩٨٤ جنيه ، ٢٠١٠ جنيه و ٢٢٣٠ جنيه على الترتيب .

توصيات البحث : تعاني جمهورية مصر العربية من ضآلة نصيب الفرد من المساحة المنزرعة بالمقارنة بالدول الأخرى وذلك للزيادة السكانية المستمرة مع الثبات النسبي للمساحة المنزرعة مما يقتضي العمل على تنمية الأراضي المستصلحة الحديثة .

ويمثل تنمية الموارد المائية الركيزة الأساسية للتنمية الزراعية الأفقية حيث أنه من المتوقع أن تشهد السنوات القادمة طلبا متزايدا على المياه لمواجهة الاحتياجات المائية المختلفة . مما يستلزم أستخدام أساليب الري الحديثة في الأراضي المستصلحة مثل الري بالرش والري بالتنقيط لارتفاع متوسط أربحية الجنيه المنفق على الري لمختلفة المحاصيل الحقلية والبستانية حيث يبلغ متوسط أربحية الجنيه المنفق على الري لمختلف المحاصيل الحقلية والبستانية من نحو ٤,٨ جنيه الى نحو ١٤,١ جنيه لكل جنيه منفق على الري باستخدام طريقتي الري بالرش والتنقيط وفقا لنتائج الدراسة . وفي مجال المقارنة بين طريقتي الري بالرش والتنقيط في الأراضي المستصلحة توصي الدراسة باستخدام طريقة الري بالتنقيط لأشجار الفاكهة لارتفاع كفاءتها الاقتصادية بالمقارنة بطريقة الري بالرش الثابت للمحاصيل الحقلية والخضر . وكذلك استخدام طريقة الري بالرش الثابت للخضر لأفضليتها اقتصاديا بالمقارنة بطريقة الري بالرش الثابت للمحاصيل الحقلية .

جدول رقم (٥)

تحليل التباين لصافى العائد للفدان بالجنيه وأربحية الجنيه المنفق على الرى وصافى العائد على تكلفة الإنتاج للمحاصيل الحقلية والبستانية والخضر محل الدراسة.

البيان	مصادر الاختلاف	درجات الحرية	مجموع مربع الانحرافات	متوسط مربع الإنحرافات	قيمة (ف) المحسوبة
صافى العائد للفدان	بين المعالجات(١)	٢	١٩٥٨٤٨٠٤,١	٩٧٩٢٤٠٢,١	**١٨,٢
	داخل المعالجات(٢)	١٢	٦٤٥٢٢١٥,٥	٥٣٧٦٨٤,٦	
	المجموع	١٤	٢٦٠٣٧٠١٩,٥	--	--
أربحية الجنيه المنفق على الرى	بين المعالجات	٢	٢١٦,٣	١٠٨,٢	**٩,٦
	داخل المعالجات	١٢	١٣٥,٩	١١,٣	
	المجموع	١٢	٣٥٢,٢	--	--
صافى العائد على تكلفة الإنتاج	بين المعالجات	٢	٤,٩٧	٢,٥	*٥,٨
	داخل المعالجات	١٢	٥,٢	٠,٤	
	المجموع	١٤	١٠,١٧	--	--

(١) Between Treatments

(٢) Within Treatments

(**) معنوى على مستوى ٠,٠١

(*) معنوى على مستوى ٠,٠٥

جدول رقم (٦)

تكلفة الرى بالرش الثابت لبعض المحاصيل الحقلية والخضر بمنطقة البستان غرب النوبارية بالجنيه

المحصول	الإحتياجات المائية بالمتر المكعب	مدة بقاء المحصول بالشهر	قيمة تكلفة رفع المياه (١)	تكلفة الصيانة (٢)	٥٪ من تكلفة النظام المستخدم	إجمالى تكلفة الرى
المحاصيل الحقلية						
شعير	١١١٢	٦	١٣,٣	٣٥,٠	٦٧,٥	١١٥,٨
برسيم حجازى	٦٥٨٥	١٢	٧٩,٠٠	٧٠,٠	١٣٥	٢٨٤,٠
قمح	١٢٣١	٦	١٤,٨	٣٥,٠	٦٧,٥	١١٧,٣
فول سودانى	٣٤٩٥	٥	٤١,٩	٢٩,٢	٥٦,٣	١٢٧,٤
ذره	٢٤٣١	٥	٢٩,٢	٢٩,٢	٥٦,٣	١١٤,٢
الخضر						
بازلا	١١٠٥	٤	١٣,٢	٢٣,٣	٤٥,٠	٨١,٥
طماطم	٢٣٩٨	٦	٢٨,٨	٣٥,٠	٦٧,٥	١٣١,٣
بصل	١٧٨٩	٥	٢١,٥	٢٩,٢	٥٦,٣	١٠٧,٠
بطاطس	٢١٠٠	٥	٢٥,٢	٢٩,٢	٥٦,٣	١١٠,٧
بطيخ	٢٢٩٠	٦	٢٧,٥	٣٥,٠	٦٧,٥	١٣٠,٠

(١) حسبت قيمة تكلفة المياه على اساس أن قيمة تكلفة رفع المتر المكعب من المياه

تبلغ نحو ٠,٠١٢ جنيه.

(٢) تبلغ تكاليف الصيانة السنوية للفدان نحو ٧٠ جنيه.

(٣) تبلغ تكاليف تنفيذ نظام الرى بالرش الثابت نحو ٢٧٠٠ جنيه.

جدول رقم (٧)

تكلفة الرى بالتنقيط لبعض محاصيل الفاكهة بمنطقة البستان غرب النوبارية بالجنيه

المحصول	الإحتياجات المائية بالمتر المكعب	مدة بقاء المحصول بالشهر	قيمة تكلفة رفع المياه (١)	تكلفة الصيانة (٢)	٧٪ من تكلفة النظام المستخدم	إجمالى تكلفة الرى
موالح	١٢٠٠	سنة	١٤,٤	٧٠	١٥٦,١٠	٢٤٠,٥
زيتون	٩٠٠	سنة	١٠,٨	٧٠	١٤٠,٧	٢٢١,٥
تفاح	١٩٤٥	سنة	٢٣,٣	٧٠	١٣٨,٩	٢٣٢,٢
عنب	١٩٤٥	سنة	٢٣,٣	٧٠	١٢٣,٥	٢١٦,٨
خوخ	١٩٤٥	سنة	٢٣,٣	٧٠	١٣٨,٩	٢٣٢,٢

(١) تكلفة رفع المتر المكعب من المياه = ٠,٠١٢ جنيه
(٢) تكلفة الصيانة السنوية لشبكات الرى للفدان = ٧٠ جنيه.
(٣) تكلفة النظام للفاكهة كما يلى :

$$\text{أ- الموالح} = \frac{٧ \times ٢٢٣٠}{١٠٠} = ١٥٦,١٠$$

$$\text{ب- الزيتون} = \frac{٧ \times ٢٠١٠}{١٠٠} = ١٤٠,٧$$

$$\text{حـ- التفاح والخوخ} = \frac{٧ \times ١٩٨٤}{١٠٠} = ١٣٨,٩$$

$$\text{د - العنب} = \frac{٧ \times ١٧٦٤}{١٠٠} = ١٢٣,٥$$

المـراجـع *

١- مجلس الشورى – لجنة الأنتاج الزراعي والري واستصلاح الأراضي – التقرير النهائي عن موضوع استراتيجية التنمية الزراعية في مصر في التسعينات – ١٩٩٣ – ص ٤٧ .

٢- غنيم غنيم عبدالعظيم وعبدالباري السيد عبدالنور – تعظيم العائد من مياه الري – المؤتمر الهندسي العربي العشرون – الاستغلال الأمثل للثروات الطبيعية بالوطن العربي – نقابة المهندسين بالتعاون مع اتحاد المهندسين العرب القاهرة – ٢٧ – ٢٩ مارس ١٩٩٤.

٣- المركز القومي للبحوث الاجتماعية والجنائية – مستقبل القرية المصرية – هدر موارد الأرض والمياه – دراسة استطلاعية لأربع قوى مصرية بمحافظتي الدقهلية والمنيا – ١٩٩٣ – ص ١٣١.

٤- عثمان عفاف زكي – دراسة اقتصادية للاستخدام الأمثل لاراضي الاستصلاح في جمهورية مصر العربية – رسالة دكتوراه – جامعة عين شمس كلية الزراعة – قسم الاقتصاد الزراعي – ١٩٩٢ – ص ١.

٥- عبدالعزيز محمود علاء – أثر أنواع الحائزين على الكفاءة الانتاجية في الاراضي الجديدة في مصر – رسالة دكتوراه – جامعة القاهرة كلية الزراعة بالفيوم – قسم الاقتصاد الزراعي – ١٩٩٢ – ص ١٧٥.

٦- أبو العينين سهير – ورقة عمل رقم (٣٠) حول مستقبل الزراعة في مصر – معهد التخطيط القومي – مركز الاساليب التخطيطية – ١٩٨٥.

٧- مجلس الشورى – لجنة الانتاج الزراعي والري واستصلاح الأراضي – الموارد المائية واستخداماتها – ١٩٩٠ – ص ٢٧.

٨- كمال أحمد – تقييم مشروعات الري في مصر – الجمعية المصرية الاقتصاد السياسي ١٩٨٥.

٩- عطا الله نبيل حليم – الكفاءة الأقتصادية لنظم الري الحديثة – بحث دبلوم معهد التخطيط القومي – ١٩٩١ – ص ٢٧.

١٠-عبدالله محمد سمير – الأسس التكنولوجية لاستزراع الأراضي الرملية وطرق الري الحديث – مكتبة الأنجلو المصرية – ١٩٨٩ ص ٦٢.

١١-مجلس الشورى – لجنة الانتاج الزراعي والري واستصلاح الأراضي – التقرير النهائي عن موضوع استصلاح الأراضي ونظم التصرف في الأراضي الجديدة – ١٩٩١ – ص ٦.

١٢-وزارة الري – مركز البحوث الزراعية – توصيات مؤتمر البحث العلمي في مجال الري والموارد المائية وأهميته لتنفيذ مشروعات الخطة – ١٩٨٤.

١٣-وزارة الزراعة – ادارة شئون التعاون بمنطقة البستان غرب النوبارية – ١٩٩٠.

---

* المراجع أرقام ١١ , ١٢ , ١٣ خاصة بمراجع جداول البحث

أنظمة الري الحديثة وتطبيقاتها في المناطق الجافة وشبه الجافة

سعود بن سالم الحارثي

انظمــة الرى الحديــثة وتطبيقاتها
فى المناطق الجافة وشبه الجافــة

مهندس / سـعـود بن سـالم الحارثى
وزارة الزراعة والثروه السمكية
سلطنة عمـــــان

الملخـــص:-

ان ترشيد مياه الرى يعتبر امر حيــوى وضرورى للحفاظ على الثروه المائيه من الاسراف او الاهدار باعتبار ان الثروه المائيهمحدوده وتتأثر بـالظروف المناخيـه. ولذلك فـان الامر يتطلـب استخدام الميـاه بكفـاءه عاليـه ، وان طـرق الــرى بالغمــر التقليديه ما لم يحسن ادارتها واستخدامها بكفـاءة فانهـا تـؤدى الـى الكثير مـن السلبيات ، وهـذا لا يتناسـب مـع ظروف وحالة المياه فى كثير من بلدان العالم وخاصة دول الخليــج ، ولذلك فان استخدام انظمة الرى الحديثه يعتبر امر حيوى وضرورى للحفاظ على الثروه المائيه وخاصة اذا كانت مياه الرى تعتمد آبـار جوفيه .ومع تطــور العلوم التقنيه والتكنولوجيه تعددت اناع انظمــة الـرى الحديثـه الا ان اختيـار الانظمـه الحديثـه والتـى تتناسـب مـع الظـروف لالطبيعيـه والمناخيه والاجتماعيه والبيئيه يعتمد فى المقام الاول على الصــول الفنيه والتقنيه ودراسـات الجـدوى الاقتصاديـه ، كمـا يرجع اختيـارالمواد المصنع منها الانظمه الى المعـايير والمواصفـات القياسيه خاصـة فيمـا يخـص القدره علـى التحمل والتشغيل تحت الظروف الطبيعيه .

الميـــــــــــاه :-

ان قضايا المياه الان اصبحت ملحه فى جميع انحاء العالم خاصة بعد زيادة الطلب على استخدامها بسبب الزيـاده فى تعداد السكان وارتقاء الوعى الصحى والاجتماعىللشعوب.

ان الماء هو عصب الحياة وعليه تعتمد الشعوب فى توفير الغذاء للانسان والكلأ للحيوان وتتأثر حيـاة ورفاهيـة الشـعوب بقدر اعتمادها على المياه

وفى البلاد التى تعتمد على الامطار وحدها باعتبارها المصـــدر الوحيد للميـاه تصبـح موضوعـات توفير الأمـن المـائي والغذائي من أهم القضايا التي توليها الدول اهتمامات خاصة لأنها تمس الحياة .

ولذا اهتمت سلطنة عمان بقضايا وأمور المياه باعتبر أن المياه محدوده في عمان وان شدة الطلب على استخدامها قد أدى الى نزف وتدهور في نوعية المياه خاصة في مناطق ساحل الباطنة الخصبة والتي تمد السلطنة بأكبر انتاج زراعي .

ونظرا لعدم انتظام سقوط الأمطار واختلاف معدلاتها في المناطق المختلفة مع زيادة معدلات ضخ المياه أن تأثر الاتزان المائي مما نتج عنه هبوط في مناسيب المياه الجوفية وتدهور في نوعيتها حيث زادت الملوحة في بعض المناطق وخاصة ساحل الباطنة مما يؤدي أيضا الي تدهور في خصوبة التربة .

ولامكان التصدي لنزف واهدار المياه يصبح موضوع ترشيد المياه واستخدام مياه الري بكفاءة عاليه أمر حيوي وبالغ الأهمية خاصة أن الزراعة تستخدم أكثر من ٩٤٪ من المياه (على وجه التقريب) .

واذا نظرنا الي الطرق التقليدية المتبعة في الري عن طريق غمر الأراضي الزراعية بالمياه وبدون انتظام يؤدي الى استخدام المياه في الري بكفاءة متدنية علاوة أيضا على الحصول على انتاجية متدنية واهدار في مستلزمات الانتاج الأخرى خاصة أن الاعتقاد الخاطيء والشائع بين المزارعين هو أنه كلما أمكن ري المزروعات بكميات وفيرة من المياه وباستمرار فان ذلك يؤدي الى زيادة الانتاج , والحقيقة أن المطلوب في عمليات الري هو اعطاء النبات احتياجاته المائية وبانتظام آخذا في الاعتبار الخواص الفيزيائية والكيماوية للتربة والظروف المناخية والبيئية والاجتماعية .

ان الدعوة الخاصة بترشيد المياه واستخدام مياه الري بكفاءة لن تتحقق كاملة بدون توفير الوسيلة التي تسهم في الضبط والتحكم في توزيع مياه الري بما يضمن اعطاء النبات احتياجاته المائية , ولذلك لجأت كثير من الدول التي تعاني من نقص في مواردها المائية الى ادخال أنظمة الري الحديثة باعتبارها تقنية ناجحة في استخدام مياه الري .

وبتقدم العلوم والتكنولوجيا تعددت الأنواع من هذه النظم وتنوعت المكونات منها حيث تم تصنيعها من مواد مختلفة وطبقا لمواصفات متعددة . وكأي صناعة فانه ينتج منها الأصناف الجيدة وغير الجيدة , وما يناسب المناطق الجافة وشبه الجافة علاوة على كفاءة الأداء والعمر الافتراضي لهذه المكونات تحت ظروف التشغيل المختلفة .

ولذلك قامت وزارة الزراعة والثروة السمكية ممثلة في المديرية العامة لشئون الري بوضع المواصفات الفنية والقياسية والتصميمات النموذجية لأنظمة الري الحديثة المختلفة والتي تناسب المزارع في السلطنة .

ولامكان خلق الوعي المائي عند المواطنين وحثهم على اتباع أسلوب الادارة والتشغيل أقامت الوزارة العديد من الندوات وكذلك المعارض المتنقلة في المنناطق لعرض أحدث التقنيات المطبقة في مجالات المياه والري ادراكا منها بأهمية دور

التكنولوجيا في التنمية الزراعية وجذب وحث المواطنين على ادخال هذه الأنظمة بمزارعهم خاصة بعد أن أقرت الحكومة الرشيدة دعم تكاليف أنظمة الري الحديثة وملحقاتها من المضخات التي تناسب تشغيل هذه النظم وفق شرائح الدعم التي بلغت تحمل الحكومة النسبة الأكبر من الدعم والتي وصلت الى ٧٥٪ من اجمالي التكلفة للمزارع التي لا تزيد المساحة المنزرعة فيها عن ١٠ أفدنة , ٥٠٪ للمساحات المنزرعة بين ٥٠ - ١٠٠ فدان وذلك بغرض التخفيف عن كاهل المزارعين في تحمل كل التكاليف وحتى يمكن مساعدة أكبر عدد ممكن من المزارعين لادخال هذه الأنظمة لتحقيق برامج التنمية وتحويل الزراعة التقليدية الى زراعة تعتمد على أساليب التقنية الحديثة بما يحقق كفاءة عالية في استخدام الري وترشيد في استخدام مستلزمات الانتاج .

أولا : نظام الري بالتنقيط :-

يستخدم في ري محاصيل الخضار والشتلات وأشجار الزينة , حيث تتميز الزراعات التي تروى بهذا النظام بالكثافة الانتاجية العالية سواء في الحقول أو في المشاتل , ويجب ألا تتعدى نوعية مياه الري المستخدمة في هذا النظام عن ٣٠٠٠ ميكروموز / سنتيمتر .

مكونات النظام :-

• المنقطات :-

وهي مصنعة من مادة البلاستيك ويوجد منها أنواع عديدة أهمها التي تعطي تصرفات ثابتة عند اختلاف ضغوط التشغيل , وان أنسب ضغط تشغيل لها هو ١,٦ بار , ويمكن أن تعطي تصرفات من ٢ - ٨ لتر/ الساعة يختار منها التصرف المناسب حسب التصميم .

وفي العادة يتم تثبيت المنقطات على الفرعيات على أبعاد متساوية , وبالنسبة لظروف التربة فان أنسب المسافات البينية هي ٥٠ سنتيمتر , وفي حالة أشجار الزينة أو الشجيرات الصغيرة يمكن وضع أكثر من منقط داخل حوض الشجرة على شكل دائري بحيث لا يتجاوز عدد المنقطات في معظم الأحيان عن ٦ منقطات وفق الاحتياجات المائية الفعلية .

ومن المعروف والثابت علميا بأن المنقطات يمكن أن تتعرض للانسداد عند استخدام مياه ذات ملوحة عالية أو وجود شوائب في المياه أو فطريات عند فتحاتها , لذلك المداومة على نظافتها يصبح أمرا ضروريا بالرغم من وجود فلتر مع مجموعة الأجهزة والمعدات الملحقة بالمضخة .

وللحصول على ضغط التشغيل المناسب للمنقطات فانه يجب تركيب محبس لتنظيم الضغوط عند مجموعة المحابس المخصصة لأنظمة الري بالتنقيط حيث يعمل هذا المحبس على تثبيت الضغط على شبكة التنقيط مهما اختلف ضغط تشغيل المضخة , لامكان تشغيل النظام بكفاءة .

* خطوط الفرعيات :-

وهي أنابيب من البلاستيك المرن , وتتراوح أقطارها من ١٣ الى ٢٠ مم , ويتوقف اختيار الأقطار المناسبة على التصميم . وفي العادة تثبت المنقطات على هذه الفرعيات كل ٥٠ سنتيمتر وتوضع على امتداد الحقل فوق سطح الأرض , وهي مصنعة من مادة (البولي ايثلين) والمقاومة للعوامل الجوية . ويتوقف عمر استخدام هذه الأنابيب على الجودة ونوعها ودرجة تحملها للعوامل الجوية وخاصة أشعة الشمس , ولذا يفضل بعد انتهاء موسم الحصاد أن يتم جمع الفرعيات وتخزينها في مكان مظلم لحين اعادة تركيبها عند بدء زراعة جديدة , وبهذا الأسلوب يمكن المحافظة على الفرعيات من التلف والمحافظة على عمرها الافتراضي .

والمسافات البينية بين خطوط الفرعيات تتراوح بين ٠ر١ متر , ٠ر٣ متر , اذ تتوقف على نوعية الخضار المنزرع . ففي حالة البصل والبامية , على سبيل المثال , تكون المسافات أقل ما يمكن أي حوالي ٠ر١ متر , بينما تصل الى ٠ر٣ أمتار في حالة ري الجح والشمام .

يعتبر نظام الري بالتنقيط من النظم التي تعمل بكفاءة عالية , اذ تتراوح كفاءته بين ٨٥ - ٩٠ ٪ , ويتوقف ذلك على التصميم وأسس الادارة والتشغيل .

يتم تصميم نظام الري بالتنقيط على أساس أن يعطي المنقط الواحد تصرفا قدره ٤ لتر / الساعة تحت شغط تشغيل قدره ٦ر١ بار , وقد اختيرت المنقطات من الأنواع التي تعطي تصرفا ثابتا تقريبا مهما اختلف ضغط التشغيل , وذلك بهدف الحصول على انتظام وتجانس في تصرفات المنقطات على خطوط الفرعيات مما يوفر حصص متساوية من المياه والسماد للنباتات داخل كل قطعة .

وفي المزارع التي تقل فيها الخصوبة وبها شحة في المياه يتم تصميم خطوط الفرعيات على أبعاد ٥ر١ والمنقطات على مسافات كل ٥٠ سنتيمتر , وبهذه الأبعاد يمكن الحصول على مسح رطوبي مناسب على امتداد خطوط الفرعيات . وفي حالة زراعة البطيخ أو الشمام فانه يكتفى بوضع خطوط الفرعيات كل ٠ر٣ متر حتى تتاح لأوراق النبات الامتداد . ويجب الأخذ في الاعتبار أن توضع خطوط الفرعيات في وضع عمودي على اتجاه الرياح السائدة في المنطقة . تعتمد

الفترة الزمنية اللازمة لتشغيل نظام الري بالتنقيط على نظام جدولة الري الذي يعتمد على نوعية المحاصيل ودرجة نموها والظروف المناخية وخواص التربة الطبيعية والكيميائية ونوعية المياه . وفي حالة اذا ما كانت مياه الري المستخدمة أكثر من ١٥٠٠ ميكرموز / سنتيمتر أن تضاف كميات مياه لأغراض الغسيل مع الري .

ثانيا :- نظام الري بالرش :-

ويستخدم هذا النظام في ري المحاصيل الحقلية والأعلاف وبعض أنواع الخضار , ويمكن زراعة الأراضي تحت هذا النظام بدون تسوية , وتتميز الزراعة تحت هذا النظام بالكثافة العالية الانتاجية .

يستخدم هذا النظام في ري المحاصيل الحقلية والأعلاف وبعض محاصيل الخضار , ووظيفة هذا النظام هو اطلاق المياه من خلال رشاشات تعمل تحت ضغوط متوسطة وتحويلها الى رزاز ينتشر في دائرة كاملة أو جزء من دائرة , حيث تثبت الرشاشات على أبعاد متساوية وتعمل تحت ضغوط تشغيل وتصرفات ثابتة لكي تعطي نسبة تداخل مائية بين ٥٠ ,٦٥٪ , ويتوقف ذلك على اتجاه الريح وسرعته . والرشاشات مزودة عادة بفتحتين , وتمتاز بأن تأثيرها يتلاءم مع أغلب المتطلبات , كما أنه يحقق درجة عالية من انتظام توزيع المياه لغالبية أنواع التربة الرملية السائدة في المزارع وعلى ألا يزيد فيها معدل سقوط الرذاذ المطري على التربة عن معدل نفاذية المياه داخلها حتى يمكن تجنب جريان المياه على سطح التربة . وتصنع هذه الرشاشات في العادة من سبائك البرونز , وتتميز بقوة التحمل وعدم التأثر بالعوامل الجوية أو التآكل بفعل المياه .

وهناك نوعان من نظام الري بالرش الموصى باستخدامها , وهما :-

النوع الأول : نظام الري بالرش باستخدام أنابيب الألومنيوم :-

أ) نظام الري بالرش المتنقل (الألومنيوم) :

هو عبارة عن وحدات من أنابيب الألومنيوم بطول ٦ر أمتار , حيث يتم توصيلها ببعضها عن طريق وصلات من النوع سريع الفك والتركيب يدويا , وفي العادة توضع أنابيب الألومنيوم فوق الأرض ويتم نقلها وتحريكها حسب جدولة الري في المزرعة . ويعتبر هذا النظام اقتصادي , اذ يمكن من خلال خطين ري مساحة المزرعة . ويتطلب هذا النظام توفير عمالة لنقل خطوط الأنابيب بعد اتمام عمليات الري في كل قطعة .

ب) نظام الري بالرش الثابت (الألومنيوم) :

في المناطق التي يتعذر فيها وجود عمالة لنقل وتحريك الخطوط يتم وضع نظام الري بطريقة ثابتة أثناء فترة نمو المحاصيل على أن يمكن فكه وتركيبه عند حرث الأرض وكذلك عند الحصاد . ويعتبر هذا النظام أكثر كلفة بالمقارنة بالنظام المتنقل الا أنه لا يحتاج الى عمالة كثيرة مما يجعل تكاليف الادارة والتشغيل والصيانة أقل عن مثيله المتنقل .

وفي العادة تصنع الأنابيب من سبائك الألومنيوم الجيدة التي تتحمل ضغوط التشغيل ونوعية المياه المستخدمة ولذلك لابد أن تتوفر فيها مستوى المواصفات الدولية في التصنيع والاختبارات , وأهمها :

- أن تكون الأنابيب بأطوال منتظمة تتحمل النقل والتركيب وتكون ملساء منتظمة القطر خالية من الشوائب أو عيوب الصناعة .
- أن تكون وصلاتها سهلة وسريعة الفك والتركيب ومن النوع المحكم بحيث لا تتسرب فيها المياه أثناء التشغيل .
- أن تزود بفتحات على مسافات ثابتة لتركيب الرشاشات عليها .
- أن تكون خفيفة الوزن لسهولة حملها ونقلها .
- أن تكون مقاومة للصدأ من تأثير الأملاح الموجودة بالمياه والتربة .

النوع الثاني : نظام الري بالرش باستخدام أنابيب البلاستيك :

في هذا النظام تستبدل أنابيب الألومنيوم التي يتم وضعها فوق الأرض بأنابيب بلاستيكية تدفن على عمق ٧٠ سنتيمتر في باطن التربة , حيث يثبت فيها حامل الرشاش على نفس المسافات . ويعتبر هذا النظام من النوع الثابت ويتطلب الحرص التام في المحافظة على الرشاشات أثناء حرث الأرض وعند الحصاد . ويعتبر هذا النظام أقل كلفة عن مثيله المستخدم فيه أنابيب الألومنيوم , كما يفضل هذا النظام في حالة وجود ملوحة عالية في التربة أو المياه .

تم تصميم نظام الري بالرش على أساس أن يعطي الرشاش تصرفا قدره ٦ جالونات / الدقيقة تحت ضغط قدره ٢ر٧ بار , وذلك من خلال فتحتين صغيرتين قطر كل منها ٢ر٤ , ٣ر٩ مليمتر , ويتحرك الرشاش بطريقة دائرية بطيئة بفعل ضغط المياه لتوزيع المياه بانتظام في دائرة كاملة . وبتثبيت الرشاشات على أبعاد ١٢ متر x ١٢ متر فان هذا التصميم يكافئ عمق مطري منتظم قدره حوالي ٥ر٩ مليمتر وأن معامل الانتظام فيه لا يقل عن ٨٥٪ . وفي العادة يحتاج الفدان الواحد الى عدد ٢٨ رشاش . وتعتمد الفترة الزمنية اللازمة لتشغيل النظام لأغراض الري على نظام جدولة الري الذي يعتمد على درجة نمو النبات والظروف المناخية وخواص التربة الطبيعية والكيمائية ونوعية مياه

وتعتمد فترة تشغيل النظام على أنواع وعمر الأشجار والظروف المناخية وخواص التربة الطبيعية والكميائية ونوعية المياه ووفق نظام جدولة الري .

ولامكان الحصول على توزيع رطوبي جيد في أحواض الأشجار فلابد أن يتم تجهيز حوض كل شجرة بعمل دائرتين من التربة داخلهما مجرى مائي دائري . وهذا التنظيم يؤمن السلامة لساق الشجرة من وصول المياه اليها والتي تسبب عنها العفن بفعل تكون الفطريات عليها .

كما يراعى في تجهيز المجرى المائي الدائري أن تكون الحافة الخارجية للمجرى أعلى من منسوب الأرض الزراعية حتى يمكن تجنب انزلاق الأملاح المتكونة على الحدود الخارجية للتربة المبتلة بفعل الأمطار غير الغزيرة .

وتستخدم أنابيب البلاستيك المدفونة في نقل مياه الري عبر شبكة الخطوط الرئيسية والفرعية الى المحبس الذي يتحكم في المياه عند كل مجموعة من الأشجار.

تقدر كفاءة نظام الري بالنافورة بين ٨٠ الى ٨٥٪ ويتوقف ذلك على التصميم وأسس الادارة والتشغيل .

الادارة والتشغيل والصيانة :-

روعي في تصميم شبكة الري أن تكون الأنابيب المكونة لها من خطوط رئيسية وفرعية مدفونة تحت الأرض للمحافظة عليها من الاشعاع الشمسي الذي يؤثر على درجة تحملها للضغوط وعمرها الافتراضي , ولذلك تم وضع الخطوط الرئيسية على عمق ٧٠ سنتيمتر والخطوط الفرعية على بعد ٥٠ سنتيمتر من سطح الأرض حتى يمكن حمايتها وعدم تعرضها للكسر عند استخدام الميكنة في عملية حرث التربة .

ونظرا لأن توزيع المياه داخل شبكة الري في المزرعة يعتمد أساسا على توفير ضغوط التشغيل المناسبة لكل نظام من أنظمة الري الحديثة زودت الشبكة بمجموعة من المحابس التي تتحكم في توزيع الضغوط لكل قسم .

ولامكان الحصول على ادارة وتشغيل أنظمة الري بكفاءة عالية لابد أن يراعى التقيد بنظام جدولة الري الذي يتم بواسطته توزيع المياه على النبات وفق احتياجاته المائية ويتمشى مع التصرف الآمن الذي يمكن أن يضخ من مصدر المياه , وذلك من خلال المحابس التي تتحكم في تصرف المياه وفق التركيب المحصولي الموجود بالمزرعة ومساحة كل

قسم بها والتصميم والمخطط الهندسي للمزرعة . ولذا يجب التقيد باتباع التعليمات الخاصة بالادارة والتشغيل والصيانة

أولا : جهاز الفلتر (المرشح) :-

في كثير من الأحيان عندما تضخ المياه من الآبار تكون محملة ببعض الشوائب مثل الرمال الناعمة التي قد تؤدي الى انسداد فوهات المنقطات أو النافورات أو الرشاشات , ولذلك يركب جهاز الفلتر (المرشح) المصنوع من الصلب الغير قابل للصدأ عند نهاية مجموعة الأجهزة والمعدات الملحقة بالمضخة , بفرض فصل الشوائب الموجودة في السماد . وهذا الجهاز يعتبر أساسي في حماية شبكة الري من الترسبات . وجهاز الفلتر مزود عند المدخل والمخرج بجهازين لقياس ضغوط المياه وعند حدوث فروق في الضغط بين المدخل والمخرج في حدود ٥ رطل / البوصة المربعة (أي حوالي ثلث الضغط الجوي) فان الأمر يتطلب فتح الجهاز وتنظيفه بواسطة فرشاة للتخلص من الشوائب العالقة . ولابد أن يتم ذلك بصفة دورية على الأقل مرة كل أسبوع أو كل أسبوعين , وهذا يتوقف على تركيز الشوائب العالقة في المياه , وفي الحالات العادية وقبل التشغيل يوميا يمكن فتح محبس التدفق الثلاثي لمدة ٣٠ ثانية على الأقل للتخلص من التراكمات المتواجدة داخل المرشح .

ثانيا : جهاز السماد :-

ولامكان الحصول على سماد نظيف خالي من الترسبات لابد أن يوضع السماد الكيماوي الموصى به في وعاء منفصل مملوء بالماء قبل الاستخدام بيوم على الأقل وبعدها يقلب يدويا حتى يذوب جيدا , ويتم فصل الشوائب الغير مذابة في الماء عن طريق مصفاة للحصول على محلول خالي من الشوائب .

يتم وضع محلول السماد المذاب في الماء في خزان السماد وفق السعة المطلوبة والتركيز الموصى به , ويمكن تحديد تصرف السماد المذاب من خلال المنظم المثبت في الجهاز ليتمشى مع نظام جدولة الري .

ولتشغيل جهاز السماد فان الأمر يتطلب قفل محبس المياه جزئيا والمركب ضمن الأجهزة والمعدات الملحقة بالمضخة بين طرفي أنبوب المدخل وأنبوب المخرج للحصول على فرق ضغط مناسب بين الطرفين يعمل على سحب السماد المذاب في المياه من خزان السماد وفق التصرف المحدد .. وبهذه الطريقة يتم خلط السماد الذائب في المياه مع المياه التي يتم ضخها من البئر , حيث يتم الحصول على تركيز ثابت من السماد في الماء . وباتمام عمليات الري وفق نظام الجدولة فانه يتم توزيع السماد بالتساوي على جميع الزراعات , وبانتظام فترات الري واجراء عمليات التسميد المتجانسة

الري , ويفضل تشغيل النظام قبل شروق الشمس لتقليل الفاقد بالبخر وفي أوقات سكون الرياح حتى يمكن الحصول على توزيع رطوبي متجانس ومنتظم على الأرض الزراعية , كما أن هناك نوع من الأعلاف مثل القت العماني يفضل دائما ريه في المساء , حيث تكون ثغور النبات مقفلة خاصة اذا ما كانت نوعية مياه الري المستعملة تحتوي على نسبة ملوحة عالية نسبيا لضمان عدم تأثره بالرذاذ .

ثالثا : نظام الري بالنافورة :-

استحدثت التقنية الحديثة نظاما جديدا لري الأشجار , حيث توضع نافورة تخرج منها المياه على هيئة مظلة مائية داخل الشجرة بواسطة حامل بلاستيك صغير لتحل محل نظام الري بالتنقيط الذي كان يتبع في ري الأشجار الكاملة النمو ولم يثبت جدواه في المناطق الجافة وشبه الجافة , وبالطبع هذا النظام لا يتعرض كثيرا للانسداد مثلما يحدث للمنقطات نظرا لأن تصرفات النافورات كبيرة وتنساب المياه منها بطريقة مستمرة . ورأس النافورة مزود من الداخل بفلتر صغير من البلاستيك يعمل على حجز الشوائب الدقيقة العالقة في المياه لضمان خروج المياه من النافورة بالشكل وبالكم المصمم عليه النظام .

توجد أنواع من النافورات , فمنها ما يعطي تصرفا ثابتا قدره ٢٤٠ لتر / الساعة تحت ضغوط التشغيل حوالي ٢ر٧ بار , ومنها ما يمكن التحكم فيه لتحديد كمية تصرف المياه عن طريق ضبط أو غلق فوهة النافورة .

ويفضل استخدام النوع الأول ذات التصرف الثابت عند استخدامه في ري أشجار متقاربة الأعمار , حيث يتم توزيع مياه الري على الأشجار بالتساوي . أما اذا اختلفت أنواع وأعمار الأشجار داخل القطعة الواحدة فانه يفضل استخدام النوع الثاني الذي يتم ضبط كمية المياه فيه حسب حالة الأشجار وتنوعها وأعمارها من ناحية النمو , حيث يتراوح تصرف النافورة في هذا النوع بين صفر , ٣٦٠ لتر / الساعة عند ضغط تشغيل يتراوح بين ٤ر٢ , ٧ر٢ بار .

ويعد نظام الري بالنافورة مناسب لكل أنواع أشجار الفاكهة ونخيل التمور والنارجيل , وفي بعض الأحيان يتطلب الأمر وضع عدد ٢ نافورة في حوض كل شجرة عندما تكون التربة من النوع الخشن للحصول على معدلات عالية من كميات المياه للتغلب على تسرب المياه داخل حوض الشجرة والحصول على قطاع رطوبي منتظم بقدر الامكان مع ضرورة عدم الاخلال باعطاء الأشجار مياه أكثر من احتياجاتها المائية , وهذا بالطبع يمكن التحكم فيه عن طريق تحديد فترات التشغيل تحت كل نظام .

فان ذلك يؤدي الى زيادة الانتاجية لأن النبات يحصل على غذائه من الماء والسماد بطريقة ميسرة مما تجعله يقوم بوظائفه الفسيولوجية على الوجه الأكمل .

ثالثا : محابس الغسيل :-

يراعى عند عمل التصميمات لكل مزرعة أن تركب محابس للغسيل عند نهاية خطوط الأنابيب الرئيسية والفرعية بهدف تخليص شبكة الري من الترسبات . اذ يتم فتح هذه المحابس على فترات تتوقف على تركيز المواد العالقة , حيث تخرج منها المياه المحملة بالشوائب باندفاع تحت ضغط المضخة لمدة ٣٠ ثانية على الأقل للتخلص من تراكمات الشوائب داخل شبكة الري . والغرض من ذلك الحد من وجود الشوائب والترسبات التي قد تعمل على انسداد المنقطات أو النافورات أو الرشاشات .

رابعا : محبس الأمان :-

يعمل هذا المحبس على حماية شبكة الري من الضغوط الفجائية التي قد تنجم نتيجة انقطاع التيار الكهربي أو عدم اتباع المزارع لنظام التشغيل الموصى به وقفل محابس التشغيل دون مراعاة لكمية المياه التي تدفعها المضخة , ولذلك يتم ضبط محبس الأمان على ضغوط التشغيل الآمنة . وفي حالة تعرض الشبكة لضغوط أعلى فان المحبس يفتح بطريقة أوتوماتيكية لتخفيف الضغط على شبكة الري .

وما لم يتم تنظيف الشبكة من الترسبات وبالأخص جهاز الفلتر فان ذلك يؤدي الى زيادة الضغط مما يعرض الشبكة والمضخة الى ضغوط قد تؤثر على سلامة الشبكة .

خامسا : المنقطات الخاصة بنظام الري بالتنقيط :-

تتعرض المنقطات في العادة للانسداد في حالة وجود ترسبات أو شوائب داخل شبكة الري أو عند وجود تركيز عالي نسبيا في الملوحة , ولذا يتم تصنيع المنقطات وفق مواصفات مختلفة , فمنها الأنواع التي يجب تغييرها عند تعرضها للانسداد وهي الرخيصة , ومنها الأنواع التي يمكن تنظيفها اما يدويا أو عن طريق الحقن الدوري بالكلورين للتخلص من التكونات العضوية والباكتيرية .

ولامكان المحافظة على المنقطات وأنابيب البوليثيلين من التلف فانه يجب عدم ترك شبكة الري بالتنقيط ممتدة في الحقول بعد الانتهاء من جني المحصول وحتى بداية الموسم الزراعي التالي , اذ أن تركها وتعرضها للاشعاع الشمسي دون تشغيل يعرضها الى التلف . ولذا يجب حفظها في مكان مظلل طوال فترة عدم استخدامها .

سادسا : النافورات :-

يوجد على رأس النافورة فلتر من البلاستيك لحماية النافورة من الانسداد الجزئي الذي قد يؤثر على شكل توزيع المياه , ولذلك يتطلب تنظيفها كلما اقتضى الأمر , أي عند ملاحظة أي تغير في شكل المياه الخارجة من رأس النافورة . ولابد من التأكد من أن حامل النافورة في وضع رأسي وأن أنبوب البوليثيلين الذي يغذيها بالمياه خالي من الالتواءات للمحافظة على تدفق المياه منها . ويجب مراعاة وضع الحامل في حوض الشجرة على بعد لا يقل عن قدم من ساق الشجرة للحصول على توزيع رطوبي أفضل في منطقة الجذور الفعالة .

سابعا : الرشاشات :-

تخرج المياه من الرشاشات من خلال فوهتين صغيرتين على هيئة رذاذ مطري بالقدر وبالشكل المصمم عليه نظام الري بالرش , وتعمل الرشاشات في العادة بقوة دفع الماء عليها وهي لا تحتاج الى استخدام أي زيوت أو شحوم لتسهيل حركتها , ويمكن بسهولة ملاحظة أي انسداد بها لأنه يؤثر على حركة دورانها . ولذا يجب تنظيفها حسب الحاجة .

ان الالتزام بالارشادات الخاصة بالادارة والتشغيل والصيانة وتدريب المزارع عليها يؤدي الى تشغيل شبكة الري بكفاءة عالية وبأمان وفق الأسس التصميمية ونظام جدولة الري .

مزايا استخدام أنظمة الري الحديثة

من المعروف أن أنظمة الري الحديثة لها مزايا عديدة , وهناك جدوى في استخداماتها خاصة في المناطق التي تعاني نقصا في مواردها المائية . واستخدام طرق الري بالغمر ما لم يحسن ادارتها فانها تؤدي الى آثار سلبية , وهناك اعتقاد زيادة الانتاج . وبالطبع هذا اعتقاد خاطيء , اذ أن المطلوب في عمليات الري هو اعطاء النبات احتياجاته المائية , وأنه اذا زادت الرطوبة في التربة عن السعة الحقلية فانه لا ينتفع به النبات .

ولامكان توضيح المزايا باستخدام أنظمة الري الحديثة فانه يجب ذكر الآثار السلبية التي تنتج عن استخدام طرق الري بالغمر ما لم يحسن ادارتها , ويمكن ايجازها في الآتي :

* زيادة الفاقد بالتسرب والبخر في القنوات والسواقي الترابية المستخدمة في نقل وتوزيع مياه الري داخل المزرعة .
* زيادة الفاقد بالتسرب والبخر في مياه الري الحقلي سواء للزراعات المستديمة أو الموسمية .
* زيادة معدلات استخراج المياه الجوفية عن معدلات الاحتياجات المائية , الأمر الذي يؤدي الى استنزاف المخزون الجوفي وتغير في نوعية المياه على المدى الطويل . وهذا يؤدي الى تدهور الانتاجية بشكل كبير .
* عدم انتظام واستواء الرطوبة داخل عمق التربة بسبب بعد أو قرب المساحة المنزرعة من مصدر المياه سواء كانت من فتحة فلج أو بئر .
* احتياج المزرعة لوقت طويل للانتهاء من عملية الري .
* زيادة نمو الحشائش التي تنافس النبات في غذائه من المياه والسماد .
* زيادة العمالة الخاصة باجراء عمليات الري وتجهيز الأرض للزراعة .
* تعذر استخدام الميكنة لاجراء عمليات الخدمات الزراعية .
* عدم تجانس الزراعات بسبب اختلاف حصولها على المياه والسماد .
* يتطلب اجراء عمليات تسوية للجلب والأحواض في الزراعات الحقلية والأشجار .

أما جدوى استخدام أنظمة الري الحديثة ومزايا تطبيقها في مزارع المواطنين ... ويمكن تلخيصها في الآتي :

- الترشيد في استخدامات مياه الري .
- رفع كفاءة الري من ٢ الى ٣ مرات بالمقارنة بالري بالغمر .
- الري الحديث يرشد في مستلزمات الانتاج منها : السماد , الطاقة , العمالة , الخدمة .
- المحافظة على نظافة المزرعة ومنع تلوث المياه .
- يحقق زراعة انتاج عالي بالمقارنة بنظام الري التقليدي بالغمر .
- اعطاء النبات احتياجاته الفعلية من المياه وفي الوقت المناسب مما يؤدي الى زيادة انتاجية النبات مع سهولة تسميد الأرض باذابة السماد في مياه الري .
- يقلل من نمو الحشائش , وبالتالي يقلل من انتشار الأمراض .
- سهولة اجراء العمليات الزراعية من تجهيز الأرض وخلافه .
- الاستخدام الأمثل لمياه الري بتوصيلها الى النبات مباشرة دون فقد نتيجة التسرب أو التبخر .
- يمكن زراعة الأرض المستوية وغير المستوية على حد سواء .
- نظام الري الحديث يعمل على توزيع السماد على المزروعات بالتساوي وبطريقة منتظمة .
- اختصار الزمن الذي يستغرقه العامل في ري المزرعة .

- تقليص العمالة المخصصة للقيام بأعمال الري داخل المزرعة .
- الحد من تدهور نوعية المياه في الآبار بسبب الاستنزاف .

فبالرغم من هذه المزايا فان كثير من المزارعين ينظرون الى التكلفة دون تدقيق النظر في معرفة الفوائد المنظورة والغير منظورة على المدى الطويل باعتبار أن الطرق المستخدمة في الري حاليا تفي بالغرض دون معرفة الآثار السلبية السابق ذكرها التي قد تنشأ من الاستمرار في اتباع طرق الري بالغمر دون اتباع الأصول الفنية في الادارة والتشغيل .

ان الدعوة الخاصة بترشيد مياه الري لن تتحقق كاملة دون توفير الوسيلة التي تسهم في الضبط والتحكم في توزيع مياه الري واعطاء النباتات احتياجاتها المائية بما يضمن تحقيق انتاجية عالية , وبالتالي مردود مجزي للمزارع , لذلك لجأت كثير من الدول التي تعاني من نقص في مواردها المائية الى ادخال أنظمة الري الحديثة لما لها من فوائد عديدة خاصة في ترشيد مستلزمات الانتاج وعلى رأسها المياه وزيادة في الانتاجية الزراعية . ولذلك يجب مراعاة وضع المواصفات القياسية لأنظمة الري المختلفة والتصميمات النموذجية التي تناسب المزارع آخذه في الاعتبار خواص التربة والمياه والظروف المناخية والبيئية علاوة على الحالة الاجتماعية والاقتصادية للمزارع وأنواع الزراعات من خضر وأعلاف ومحاصيل حقلية وأشجار فاكهة ونخيل وغيرها . وطبقا لأنواع المزروعات يتم تحديد أنواع أنظمة الري المختلفة .

استخدام المياه المالحة للري في المملكة العربية السعودية

د. علي الجلعود

إستخدام المياه المالحة للري في المملكة العربية السعودية

علي عبدالله الجلعود
معهد بحوث الموارد الطبيعية والبيئة
مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
صندوق بريد ٦٠٨٦
الرياض ١١٤٤٢

ملخص :

تستهلك الزراعة الجزء الأكبر من المياه ، حيث قدر أنها تستهلك حوالي ٨٠٪ من المياه في العالم ، بينما تصل إلى ٩١٪ من المياه في المملكة العربية السعودية التى تقع ضمن المناطق الجافة وحيث يكون فيها توفر مياه ري جيدة متجددة من أهم معوقات الإنتاج الزراعي. يبدو أن لامكانية إستخدام المياه المالحة في الزراعة مستقبلاً كبيراً على مستوى العالم ، كما أنها لقيت إهتماماً جيداً في المملكة حيث أدخلت وجربت العديد من النباتات المقاومة للملوحة مثل نباتات : الرغل ، الخريزة، والكوشا وبعض أنواع القمح والشعير . تعتبر الادارة الجيدة في إستخدام مياه ري مالحة مثل غسل التربة والصرف وطرق الري المناسبة وإختيار المحاصيل المناسبة والمقاومة للملوحة وإتباع طرق الزراعة المناسبة وإعطاء ري كاف قبل الزراعة وإختيار طريقة إضافة السماد ونوعه من أهم الوسائل التى يجب إتباعها لإنتاج محصول جيد باستخدام مياه مالحة.

USE OF SALINE WATER FOR IRRIGATION IN SAUDI ARABIA

Ali A. Al-Jaloud

Research Institute of Natural Resources and Environment
King Abdulaziz City for Science and Technology
P. O. Box 6086 Riyadh 11442, Saudi Arabia.

ABSTRACT

The major share of available water is directed to agriculture. Agriculture consumes more than 80 % of world water consumption while it is about 91 % in Saudi Arabia. Saudi Arabia is an arid country and the most important factor limiting crop production is the availability of water and its non-renewable resources. The use of saline water for irrigation is being emphasized from specialized agencies and research institutes. Many plant which have been introduced and tested in Saudi Arabia are atriplex, salicornia, kochia, wheat and barley. Adoption of proper management practices such as leaching requirements, adequate drainage, improved irrigation methods, crop selection and suitable planting techniques and fertilizer application are important for efficient management of saline irrigation to achieve higher water use efficiency.

INTRODUCTION

Kingdom of Saudi Arabia is a large country with a total land area of approximately 2.2×10^6 km^2 which comprises 1.4 % of global land area. Water is one of the most important factors limiting crop production in the Kingdom of Saudi Arabia. Inadequate irrigation supplies in some areas make it impossible to improve soil by leaching and thus hinders plant growth.

It is evident that the major share of water resources in the world is directed towards agriculture. Irrigation is the greatest consumer of water accounting for more than 80 % of the total consumption of water by man, while it is estimated to be 91 % in Saudi Arabia. Horning (1972) suggested a world plan for agriculture development with an increase of irrigated land to meet the world demand for food. Food demand is expected to be double in the year 2000 while crop land area is expected to increase by only 10 %. Therefore, availability of water and suitable land for agriculture are considered the main limiting factors.

Use of marginal quality water for irrigation has great potential. Plants, that can withstand high level of soil and water salinity, would offer great opportunities for increased food production. Irrigation water with water having salinity of 3.4×10^4 mg L^{-1} was tested by Epstein and Noorly (1977) with crops such as barley (being highly salt tolerant) on land where salinity had prevented farming in Bodega Bay area of California.

However, Dhir (1976) reported the use of saline water for irrigation containing upto 9600 mg L^{-1} as total salinity (TDS). Al-Mashhady et al. (1983) obtained wheat grain yield ranging from 3331 to 4428 kg ha^{-1} receiving irrigation containing 12,000 mg L^{-1} salinity and from 1215 to 3518 kg ha^{-1} with irrigation water of 16,000 mg L^{-1} salinity.

CLIMATE OF SAUDI ARABIA

Saudi Arabia is characterized by a hot-dry climate and is classified as an arid region occupying about 5 % of the world arid zone (Bashour et al. 1983). The relative humidity is low except along the coastal zone where sometimes it reaches 90 %. The average annual temperature is 33°C in summer and 14°C in winter with a wide seasonal and diurnal variation (48 - 0°C) according to El-Khatib, 1980. The average maximum mean temperature was 22°C and a minimum mean of 8°C in January from 1974 to 1984 for Riyadh region; while in June, the maximum mean temperature was 42°C and the mean minimum of 26°C. The average wind speed ranged from 6 to 25 km hr^{-1} in the Kingdom but in some other areas it reached upto 90 km hr^{-1}. The sunshine measured as total number of bright hours varied with the seasons and the latitude. The seasonal sunshine hours ranged between 6 hours (winter) and 12 hours (summer) in the kingdom. The mean solar radiation was recorded as 550 cal cm^{-2} day^{-1} for the months of July and August; and 325 cal cm^{-2} day^{-1} for the months of December and January in Riyadh region (Water Resources Department, Ministry of Agriculture and Water, 1988).

The rate of pan-evaporation was lower along the coastal and high terrain and higher in the interior mainly due to high level of desert like conditions. The monthly evaporation rates were 540 mm in July at Hail at 988 m elevation, 270 mm in Biljurshi at 2400 m elevation and 310 mm in Qatif at 5 m elevation. However, it averaged around 100 mm per month for all the three stations in January. The rainfall variations between the years are very high and long drought periods have been recorded without any rain.

WATER RESOURCES

There are no perennial streams or rivers in saudi Arabia. The main water sources are underground water aquifers, rainfall and desalination. The detail is given below:

a. Underground water: The quantity and quality of underground water depends on the geological formation of underlying strata , the size of aquifer and the site location. For example, the total dissolve solids varies from 500 to 8000 mg L^{-1} and the flow rate varies from 3 to 158 L S^{-1} depending upon the depth of the reservoir.

The underground water is classified into four hydrogeological zones i.e. confined aquifers, main aquifers, free flowing aquifers and the springs. Agriculture depends mainly on water pumped from the main aquifers. There are in all nine main aquifers according to Noory, 1983 and Water Resources Department,

Ministry of agriculture and Water, 1985. The flow rate and water quality from these resources are presented in Tables 1 and 2.

Table 1. Salient Features of Major Aquifers in Saudi Arabia

Aquifer	Location	Water Quality dS m^{-1}	Discharge L s^{-1}
1. Al-Saq	Central North	1.0 - 1.5	20 - 110
2. Al-Manjur	Central	1.0 - 1.5	60 - 120
3. Al-Wajeed	South	0.5 - 1.5	40 - 80
4. Al-Wasi	Central East	1.5 - 5.0	85 - 110
5. Tabouk	North	1.0 - 6.0	15 - 20
6. Al-Riyadh	North	0.8 - 1.2	25 - 50
7. Um-Er-Rudma	East	1.5 - 3.0	50 - 100
8. Neogene	East	1.5 - 7.0	50 - 100
9. Dammam	East	1.3 - 3.0	5 - 15

Table 2. Chemical Composition of Some Selected Irrigation Waters from Agricultural Areas in the Kingdom

Location	pH	EC dS m^{-1}	TDS	Ca	Mg	K	B	Cl	SO_4
			mg L^{-1}						
Hassa	7.74	2.44	1536	139	49	16	0.55	505	300
W.Dawaser	7.97	2.04	1474	162	28	8	0.30	370	285
Al-Qassim	7.33	0.74	456	44	14	12	0.20	80	135
Harad	7.39	1.92	1330	143	57	8	N.D.	450	230
Al-Kharj	7.06	4.52	4540	450	280	23	N.D.	710	2485
Tabouk	6.95	0.74	418	53	N.D.	4	0.25	98	60

N.D. = Not determined.

b. Rainfall: The rainfall which occurs usually between October and April in most of the Kingdom in highly unpredictable and the seasonal variations are also very high. The mean annual rainfall is 100 mm or less, except in the moutaineous part of the northern region (Asir) where in excess of 500 mm are not uncommon over some small areas.

c. Desalination: There was a tremendous increase in the demand for the water supply over the last decade due to extensive development both at rural and urban levels. In order to meet the growing water needs, construction of desalination plants was inevitable. The quantity of water supplied by the desalination plants increase from 4.6 million US gallons per day (mgd) in 1970 to 540 mgd in 1990. The capacity of the desalination plants at Jubail and Al-Jhobar located on the Arabian Gulf are 240 and 57.5 mgd, respectively. The capacity of desalination plant in Jeddah at the Red Sea is 88.5 mgd.

d. Other sources: There is a potential source of reclaimed waste water for use in the field of agriculture as a supplemental source of irrigation water. The subject of waste water treatment is still in its infancy in the kingdom and requires efficient treatment and management system. The use of treated water should

be encouraged as a supplemental source of irrigation in agriculture and land scape development to meet increasing demand of water.

WATER USE IN THE KINGDOM:

The total water consumed in the country was estimated to be around 18,775 x 10^6 m^3 in 1990 (1411 H.). Out of this 17,125 x 10^6 m^3 was used by agriculture, 1,650 x 10^6 m^3 for domestic and industrial purposes (Ministry of Planning, 1990). It indicated that 91 % of the total used accounted for agriculture and the remaining 9 % was utilized for domestic and industrial purposes. Estimated water consumption in the kingdom is shown in Table 3.

Table 3. Estimated Water Consumption of Crops in 1990

Crops	Irri-ation Method	Culti-[a] vated Area(ha)	Water[b] Consump-tion m^3 ha^{-1} yr^{-1}	Total Water Used 10 x 10^6 yr^{-1}	Per-centage
Wheat	Sprinkler	770,616	9,000	6,935.5	40.5
Barley	Sprinkler	55,771	9,000	501.9	2.9
Forages (alfalfa, Sudan and Rhodes grass)	Sprinkler	200,993	27,220	5,471.0	31.9
Vege-tables (Tomato, Potato, Onion Melon)	Surface	108,914	11,200	1,219.8	7.1
Fruits (Dates, Citrus)	Sprinkler & Trickle	90,943	28,100	2,555.4	14.9
Grain Crops (Sorghum[c], Corn)	Sprinkler	45,043	9,800	441.4	2.7
Total		1,272,280	--	17,125.0	100.0

[a] Source, Department of Economic Studies and Statistics (1994)
[b] Al-Zeid et al. 1987.
[c] Sorghum in Jizan not included.

SOIL TYPES OF THE KINGDOM;

Soil is a source of medium for proper plant production. According to an estimate of Land management Department, Ministry of Agriculture and Water, 1985, there are three extensive areas of sand dunes covering about 40 % of the Kingdom's land. The land has been classified a below:

Land Suitability Class	Area (ha.)
I	157,000
II	8,718,200
III	2,629,500
IV	15,191,000
Total	26,695,700

The land suitable for agriculture consists mainly of alluvial soil developed by the weathering of silt stone, shale and sandstone, and thoroughly mixed by the action of wind and water, or deposited in layer of varying textures. Soil suitable for cultivation contains loamy sand or sandy loam textural classes with predominantly coarse soil. The soil is usually calcareous and in some cases contain gypsum. Different soil types have been developed due to the difference in soil forming processes such as high temperature, aridity and wind erosion. The chemical weathering of the soil occurs at a slow rate due to low rainfall, although some areas contain high level of soluble salts. In general, the soils are low in organic matter (less than 1 %), available phosphorous and available nitrogen, and adequate in potassium. The dominant soil types include Entisols, Inceptisols and Aridisols. The presence of high level of $CaCO_3$ and the coarse texture of soil advocate adoption of special management fertility practices for increased agricultural production. A summary of chemical characteristics of soils from some major agricultural production areas in the Kingdom are presented in Table 4.

Table 4. Summary of Chemical Characteristics of Soils from Some Agricultural Areas in the Kingdom

Location	EC_e dS m^{-1}	pH	$CaCO_3$ %	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn	Class
				mg kg^{-1}						
Hail	3.3	7.7	8.5	8.6	156	1.8	0.5	0.3	1.5	SL
Tabouk	2.0	8.0	9.6	13.5	313	1.3	0.9	0.2	3.1	SL
Harad	1.8	8.9	13.6	1.3	20	1.6	0.3	0.1	0.7	LS
Al-Jouf	5.2	8.7	7.0	0.9	565	1.0	0.2	0.2	0.6	LS
Al-Kharj	2.7	7.7	21.2	5.8	241	4.0	0.7	0.5	4.8	SL
Al-Badaeh	10.8	7.5	14.0	3.5	241	7.5	0.5	1.1	2.0	SL
Hofuf	16.3	7.7	16.8	4.1	310	3.6	0.3	0.5	3.0	SL
Sulayyal	5.5	8.4	7.9	4.6	112	3.0	0.3	1.4	0.5	S

SL = Sandy loam
LS = Loamy sand
S = Sandy

RESEARCH ACCOMPLISHED ON BIO-SALINE AGRICULTURE:

a. Saline Water Irrigation: A pot experiment was conducted by Hussain et al. 1994 to determine the effect of saline water on the establishment of windbreak trees and soil properties. It was noticed that the survival period and the biomass yield of trees decreased significantly with increase in soil salinity resulted from irrigation water salinity. The survival period of Prosopis juliflora was significantly more than Casuarina equisetifolia and Eucalyptus camaldulensis. Soil salinity and sodicity increased significantly with an increase in irrigation water salinity and sodicity. Prosopis juliflora tolerated soil salinity (EC_e) up to 38.3 dS m^{-1} with irrigation water salinity of 13.5 dS m^{-1}, Casuarina equisetifolia up to 27.6 dS m^{-1} with irrigation water salinity of 6.6 dS m^{-1} and Eucalyptus camaldulensis up to 15.2 dS m^{-1} with irrigation water salinity of 2.12 dS m^{-1} for proper establishment provided 15 % excess water is applied as leaching requirement to control soil salinity. The experiment proved the sequence in salt tolerance for different trees as prosopis ~ casuarina ~ eucalyptus. The results suggested that prosopis juliflora should be cultivated as windbreak trees in landscape and sand stabilization projects (Table 5).

Table 5. Effect of Saline Water of Tree Biomass Yield

EC_i	Coarse		Medium		Fine	
dS m^{-1}	EC_e	Yield	EC_e	Yield	EC_e	Yield
A. Casuarina:						
2.1	14.3	16.2 a	12.8	13.7 a	19.7	19.7 a
6.6	36.1	4.76 b	16.7	4.64 b	30.1	8.09 b
13.5	51.6	4.19 bc	23.3	3.87 bc	38.9	2.84 c
18.2	67.7	2.97 cd	35.3	3.13 cd	47.2	1.69 c
28.9	91.4	2.13 d	56.2	2.34 d	58.2	1.39 c
B. Prosopis:						
2.1	16.7	24.3 a	12.8	22.9 a	15.0	26.7 a
6.6	33.5	14.3 b	21.5	17.0 b	27.3	17.1 b
13.5	41.6	5.94 c	33.5	6.25 c	39.7	13.7 c
18.2	58.7	3.71 d	44.9	4.23 d	50.7	7.33 d
28.9	75.3	3.12 d	56.9	3.47 d	74.4	3.96 e
C. Eucalyptus:						
2.1	17.7	21.3 a	13.3	16.0 a	14.6	22.1 a
6.6	33.5	4.32 b	18.4	5.59 b	20.3	3.82 b
13.5	47.3	3.65 bc	32.8	4.80 bc	27.8	3.04 b
18.2	55.8	2.47 cd	44.4	3.56 c	45.6	2.36 b
28.9	75.5	2.00 d	59.6	2.10 d	60.0	1.83 b

Data in a column followed by the same letter do not differ significantly by LSD (P = 0.05).
(Source: Hussain et al. 1994).

Recent research has shown a lot of potential for the reuse of saline drainage water for successful crop production without economical yield losses (Al-Tahir, et al. 1989; Fallatah and Hussain 1988) as shown in Tables 6 and 7.

Table 6. Effect of Irrigation Water Salinity on Greenmatter and Drymatter Yield of Faba Bean (Vicia faba L.) Cultivars.

Water Salinity (TDS)	Greenmatter (G/pot)			Drymatter (g/pot)		
	F-32	F-21	FSLH	F-32	F-21	FSLH
1200	81.5	78.5	84.0	13.2	12.0	13.6
2225	69.5	64.7	71.9	11.3	10.5	11.7
3350	59.5	57.5	57.2	9.6	9.3	9.3
4180	54.2	53.8	51.2	8.8	8.4	8.3
5250	43.9	44.9	37.1	7.1	7.6	6.0
LSD (0.05)[a]	4.96	8.16	9.40	0.80	1.22	1.52

[a]LSD = Least significant difference
F-32 and F-21 are the Egyptian cultivars, whereas FSLH ia a local (AL-Ahsa) cultivar.
(Source: Fallatah and Hussain 1988).

Table 7. Effect of Drainage and Normal Irrigation Waters on Dryweight (mg) of different plant parts of Faba Bean Cultivars.

Charact-eristics	Irrigation Waters						
	Normal		1:1 Mixture		Drainage		Standard error
	Hassa-1	F-32	Hassa-1	F-32	Hassa-1	F-32	
Root	137.6	132.4	123.7	120.4	95.4	78.1	22.2
Stem	98.3	94.7	84.8	81.3	65.2	56.7	18.1
Leaves	201.8	207.8	183.7	154.6	110.7	86.9	6.3

(Source: Al-Tahir et al. 1989)

Similarly, Al-Mashhady et al. (1983) made intensive investigations on the use of highly saline water for irrigation in arid environments with particular reference to wheat and barley. A lot of 5083 wheat and 1146 barley cultivars were collected from different countries and tested for salt tolerance at early stages of plant development. Samples of 365 wheat and 55 barley cultivars were tested up to maturity. Studies of varietal difference on root development and chemical changes in wheat and barley plants were also carried out under salinity stresses. The grain yield of some wheat and barley cultivars in presented in Table 8.

Table 8. Grain Yield of Wheat and Barley (g m^{-2})

Cultivar	1300	12000	16000	20000	24000
Wheat	----------	mg L^{-1}	----------		
Chenab 70	744	275	133	153	99
Madani	573	277	170	109	66
Barley					
Beecher	864	281	210	197	113
BCO Mr. Godiva	363	72	87	65	6

(Source: Al-Mashhady et al. 1986)

b. Salt Tolerant Plants:

There are many salt tolerant range plants which showed promising results. The research done on some plants is summarized below.

Atriplex: It is a salt and drought resistant plant. For example, A. hastata survived in the presence of 25.6 % of NaCl (Flowers et al., 1977). Atriplex is also a drought resistant plant and is recommended as a forage crop in area where irrigation water is in short supply and the rainfall is less than 250 mm per year (Brown, 1977). Similarly, Hyder et al. (1989) studied the performance of atriplex species at different salinity levels in various locations in the Kingdom. In Al-Hofuf, the initial soil salinity (EC_e) was 80 dS m^{-1} and in Al-Qateef 40 dS m^{-1}, while it was not reported from Riyadh and Al-Kharj sites. Plant characteristics are summarized from Al-Qateef region in Table 9.

Table 9. Yield Biomass, Diameter, Protein and Ash Contents of Atriplex Species Grown at Qateef for Plant Age of 6 Months.

Species	Fresh Weight (kg ha^{-1})	Diameter (meter)	Crude Protein	Ash
			%	
A. Nummularia	11024	2.0	19	20
A. Canescens	9721	2.3	16	16
A. Vesicaria	8725	1.9	15	27
A. Undulata	14144	4.0	20	22
A. Leucoclada	7225	2.0	13	16
A. Polycarpa	6221	2.6	12	21
A. Rhagodioides	13725	3.8	17	18
A. Lentiformis	14215	2.9	16	23

Salicornia: Salicornia plants grow in a salty environment such as coastal marshes. The plant are succulent with fleshy stem and small leaves and have a good potential for forage and oil from the seed. A study conducted by Charnoc (1988) at the Environmental Research Laboratory, University of Arizona, USA showed that salicornia can be grown in some coastal lands of the United Arab Emirates with salinity reaching up to 30 % which is about 10 times more than the seawater and can be irrigated with seawater as a fodder crop. It was also calculated that one hectare of salicornia crop could feed up to 20 goats or sheep where as one hectare of forage crop irrigated with good quality can raise 35 goats or sheep (Ministry of agriculture and Water, 1990). It was also suggested that several trials should be made to grow salicornia at different sites in the Kingdom (North of Umm Lojj). Recently, increasing attention is being given to this plant and several trials are under-way for its cultivation in the Kingdom.

Salicornia oil seed (SOS-7) is a salicornia cultivar best suited for sea water irrigation and is estimated to produce 2 - 3 tons ha^{-1} of seeds for oil. The approximate composition of plant is given in Table 10.

Table 10. Nutritional Analysis of SOS-7

Type	Ash	Protein	Fat
---	---	---%---	---
Plant	42 - 52	5.4 - 12.0	ND
Seed	6 - 6.2	22.8 - 35.4	27 - 36
Seed Meal	7.8 - 8.8	38 - 48	6 - 7

ND. Not determined.

Kochia: It is another salt tolerant and drought resistant plant. It is a bushy herb and may be used as a green or dry fodder for livestock (Zahran, 1990). A field experiment was conducted by Zahran (1986) on germination, growth and vegetative yield of Kochia in a salt affected land in the western regions of Saudi Arabia near Bahra (Site midway between Makka and Jeddah). The initial soil salinity (EC_e) was 2.6 dS m^{-1}. Saline artesian water having salinity of 8.3 dS m^{-1} was used for irrigation. The yield was about 55.3 tons ha^{-1}.

FUTURE STUDIES:

The use of saline water as a supplemental source of irrigation is inevitable in arid and semi-arid countries due to inadequate supply of fresh water for irrigation. In order to eliviate the use of saline water for crop production, studies in the following areas need priority.

1. Biosaline research on field and vegetable crops for breeding and screening salt tolerant and drought resistant cultivars.
2. Identify plant growth factors limiting production.
3. Classification of promising crop cultivars for different regions of Saudi Arabia.

MANAGEMENT STRATEGIES FOR SALINE WATER IRRIGATION:

Saline irrigation management means to maximize water use and to minimize deleterious effects for increased crop production. Many strategies are developed to use saline water for irrigation without considerable loss in crop yields (Rhoades 1982, Rhoades 1983, Ayers and Westcot 1985, and Stromberg 1980). Some of the management practices should be followed under saline irrigation. These are:

1. Leaching Requirements: All irrigation waters, surface or sub-surface, contain salts in different amounts and proportions. Accumulation of salts in soils is a common phenomenon under long term irrigation even with less saline water. Therefore, application of leaching requirements is important for sustained irrigated agriculture (USDA 1954).

2. Provision of Adequate Drainage: Oftenly poor drainage is the root cause of resalinization of arable agricultural lands under irrigation and sometimes causes sizable crop yield losses. Also the presence of hardlayer beneath the crop root zone could cause perched water table and create soil-water conditions unfavorable for normal plant growth. Therefore, provision of adequate drainage is a key factor for successful agriculture using saline water irrigation.

3. Adoption Improved Irrigation Practices: Over-irrigation, in some cases, is another source to keep soil salinity within acceptable limits for optimum production. However, depending upon many factors such as irrigation water quality, crop to be planted, initial soil salinity, water availability and the soil type, water requirements for reclamation of salt affected soil can be determined. Recently Al-Jaloud (1994) and Hussain et al. (1988) developed leaching curves for the reclamation of salt affected soils in Al-Qasseem and Al-Ahsa regions, respectively to determine actual water requirements needs to bring soil salinity within acceptable limits. Besides this, adoption of sprinkler and semi-drip irrigation systems could minimize salt accumulation from saline irrigation.

4. Crop Selection: Selection of suitable crop for cultivation is important especially when saline irrigation is to be practiced. The reduction of crop yield depends on water salinity (EC) and soil salinity (EC_e). The equation used is:

$$\% \text{ Yield} = 100 - b\,(EC_e - a)$$

Where
a = Threshold value
b = Percent of yield reduction per EC_e unit

As an example, if barley grain is grown and irrigated with saline water having EC 10 = 6400 mg L^{-1}, and a is 8 dS m^{-1} and b is 5 dS m^{-1}, the yield reduction will be only 10 % (Maas and Hoffman 1977).

5. Planting Practices: Salts in soils move in the direction of waterflow and exposed evaporative surfaces. Therefore, the patron of salt accumulation is different in furrow irrigation and sloping beds plantation. salt concentration in the center of the bed regularly becomes 5 to 10 times greater than the original concentration in the plough layer (Bernstein 1964). It is recommended that plantation should be done in the lower 2/3 of the furrow or to irrigate only alternate furrows or two rows in a wide bed. Since most of the plants are sensitive at germination stage than at later stages of growth, hence frequent irrigation should be done at germination stage.

6. Fertility Management: All fertilizers contains salts and contribute to increase soil salinity. Therefore, special methods must be followed for fertilization.According to Ayers and Westcot (1985), spreading of 50 kg N ha^{-1} in the form of $(NH_4)_2SO_4$ is not expected to cause salinity problems. For example, if the soil fertility is adequate but the soil salinity is a limiting factor, then any increase in fertilizer application will not improve crop yield or modify crop salt tolerant limits. However, correction of most limiting factors for yield reduction should be done to optimize production.

7. Pre-Planting irrigation: There is a tendency for salts to accumulate during non cropping season on the surface of soils and the magnitude is high in arid climatic conditions. It is recommended that heavy pre-planting irrigation should be applied to leach surface salt in order to improve crop germination.

REFERENCES

Al-Jaloud, A. A. 1994. Water requirements for reclamation of salt affected soils in Al-Qasseem, Saudi Arabia. Arid Soil Research and Rehabilitation 8:187-197.

Al-Mashhady, A. S., M. H. Abdulaziz, H. I. Sayed, M. Ghandorah, N. Y. Abdullah and H. A. Toufeek. 1983. Use of high saline water for irrigation in arid environment. King Abdulaziz City for Science and Technology. Project No. AR-73.

Al-Tahir, O. A., A. A. Al-Noaim and A. A. Al-Jasim. 1989. The effect of drainage water on nodulation, nitrogen fixation and growth of Faba Baen. Sadui Biological Society Proceedings 11:11-18.

Al-Zied, A. A., E. U. Quintana, M. I. Abu-Khate, M. Nimah, F. H. Al-Samarai and I. I. Bashour. 1987. Guide for crop irrigation requirements in the Kingdom of Saudi arabia. Ministry of Agriculture and Water, Riyadh, Saudi Arabia.

Ayers, A. S., and D. W. Westcot. 1985. Water quality for agriculture FAO, Irrigation and Drainage Paper 29.

Bashour, I. I., A. S. Al-Mashhady, J. D. Parasad, T. Miller and M. Mazroa. 1983. Morphology and composition of some soils

under cultivation in saudi Arabia. Geoderma 29:327-340.

Brown, R. R. 1977. Water relations of range plants. In Sosebee. R. E. (ed). Rangeland Plant Physiology, Denver, Colorado, Society for Range Management.

Bernstein, L. 1964. Salt tolerance of plant. U.S.D.A. Information Bulletin No. 283.

Charnock, A. 1988. Plants with taste for salt, New Scientist pp.41-46.

Department of Economic Studies and Statistics. 1994. Statistical data for the year 1992. Ministry of Agriculture and Water, Riyadh, Saudi Arabia.

Dhir, R. D. 1976. Investigations into the use of highly saline waters in an arid environment. I. Salinity and Alkali hazard conditions in soil under cyclic management. Proceeding International Salinity Conference on Managing saline Water for Irrigation, Texas Technical University, Lubbock, TX. pp.608-609.

El-Khatib. 1980. Seven Green Spikes. Ministry of Agriculture and Water, Riyadh, Saudi Arabia.

Epstein, E. and J. Noorly. 1977. Irrigation of a special strain of barley with sea water. Scientific American 235(2) p.44D.A.

Fallatah, O. N. and G. Hussain. 1988. Effect of saline irrigation on germination, growth and drymatter production of Faba Bean. Proceeding Saudi Biological Society 11:11-18.

Horning, H. M. 1972. The role of effective irrigation water management at farmer's field. Water Use Seminar Damascus. FAO Irrigation and Drainage Paper No.13.

Hussain, G., M. H. Badawi and Y. A. Nabulsi. 1988. Water requirements for reclamation of salt affected soils in Al-Ahsa, Saudi Arabia. Arid Soil Research and Rehabilitation 2:29-47.

Hussain, G., M. Sadiq, Y. A. Nabulsi and O. J. Helweg. 1994. Effect of saline water on establishment of windbreak trees. Agricultural Water Management 25:35-43.

Hyder, Z. A., U. G. Bokhari, F. Alyaeesh, M. Al-Noor and A. Rabiah. 1989. Atriplex cultivation in Saudi Arabia. Information Bulletin NAWRC, Riyadh, Saudi Arabia.

Flowers, T. J., P. F.Troke and A. R. Yeo. 1977. The mechanism of salt tolerance Annual Review. Plant Physiology 28:89-121.

Land Management Department. 1985. General Soil Map for the Kingdom of Saudi Arabia. Ministry of Agriculture and Water, Riyadh, Saudi Arabia.

Maas, E. V. and G. J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance: Current assessment. J. Irrigation and Drainage Division., Amer. Soc. Civ. Eng. 103(IR2):115-134.

Ministry of Planning. 1990. Fifth Development Plan (1990-1995).

Ministry of Agriculture and Water. 1990. Animal Resources Department. Personnel Communication.

Noory, M. 1983. Water and the way to development in the Kingdom of Saudi Arabia. First Edition (Arabic), Tihama, Jeddah, Saudi Arabia.

Rhoades, J. D. 1982. Reclamation and management of salt affected soil after drainage. Proceeding First Annual Western Provincial Conference. Rationalization of water and soil research and management. Lethbridge, Alberta, Canada, Nov. 29 - Dec.2.pp.123-197.

Rhoades, J. D. 1983. Using saline water for irrigation. Proceeding International Workshop on Salt Affected Soils of Latin America, International Society of Soil Science. Society of Venezuela Society of soil Science, Makacay Venezuela Oct.23 - 30.

Stromberg, L. K. 1980. Water quality for agriculture, California Fertilizer association, Sacramento, CA p.9.

Water Resources Department. 1985. Water Atlas of Saudi Arabia. Ministry of Agriculture and Water, Riyadh, Saudi Arabia.

Water Resources Department. 1988. Weather Atlas of Saudi Arabia. Ministry of Agriculture and Water, Riyadh, Saudi Arabia.

U. S. Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U. S. Department of Agriculture Handbook No. 60. Washington DC.

Zahran, M. 1990. Establishment of Kochia forage halophytes in salt affected lands of Arab countries. The Second International Conference on Range Management in the Arabian Gulf (KISR), Kuwait, March 3-6.

Zahran, M. 1986. Forage potentialities of Kochia India and K. Scoparia in arid land with particular reference to Saudi Arabia. Arab Gulf Journal of Scientific Research 4(1):53-68.

مشروع إنشاء مركز الزراعة الملحية بدولة الإمارات العربية المتحدة

أحمد صالح حريري

مشروع إنشاء مركز الزراعة الملحية
بدولة الإمارات العربية المتحدة

الأهداف والنشاطات

إعداد وعرض: أحمد صالح حريري
الضابط المسؤول عن مشروع مركز الزراعة الملحية
إدارة العمليات والمشاريع[٣]
البنك الإسلامي للتنمية
جدة - المملكة العربية السعودية

خلاصة :

قرر مجلس المديرين التنفيذيين بالبنك الإسلامي للتنمية في نوفمبر من عام ١٩٩٢م إنشاء مركز الزراعة الملحية تستضيفة دولة الإمارات العربية المتحدة بتكلفة أولية قدرها أربعة ملايين دولار أمريكي ، وسيكون المركز ذا صبغة إقليمية لخدمة دول الخليج العربية وبقية الدول الإسلامية ذات البيئة المماثلة ، ويهدف المشروع الذي سيقام على أرض مساحتها ١٠٠ هكتار إلى التوصل إلى حد معقول من استخدام ونقل تقنية الزراعة للنباتات المتحملة للملوحة من مختلف المصادر في جميع أنحاء العالم والإسهام في استنباط سلالات من المحاصيل والأعلاف وأشجار الغابات والفاكهة المتحملة لتركيزات متفاوتة من الملوحة . كما يهدف المشروع إلى تطوير الإدارة الجيدة لإستخدام موارد المياه ذات التركيزات العالية من الأملاح في المناطق الجافة الرملية وإنشاء نظم ري ملائمة للتربة الرملية الملحية وإجراء التجارب الميدانية لتعميمها على الدول المعنية عن طريق الربط الشبكي مع مراكز البحوث الوطنية في الدول الأعضاء المستفيدة .

Title : **Biosaline Agriculture Center in the United Arab Emirates - Objectives & Activities**

Prepared & submitted by:

Ahmed Saleh Hariri
Officer-in-Charge, Biosaline Agriculture Project
Operations & Projects Department 3
Islamic Development Bank
Jeddah - Saudi Arabia

Abstract:

The Board of Executive Directors of the Islamic Development Bank has approved in November, 1992 the establishment of the Biosaline Agriculture Center to be hosted by the United Arab Emirates. The initial cost of the Center is estimated at US$ 4 million and is designed to be regional in character to serve the countries of the Gulf Cooperation Council and other Islamic Countries with similar environmental conditions. The objective of the Center to be built an area of 100 hectares is to achieve reasonable use and transfer of the biosaline agriculture technology from various sources worldwide, and to develop saline resistant varieties for crops, forages, forest/fruit trees. The project also aims at improving the use of marginal water in the sandy dry areas, and to develop irrigation system suitable for such agricultural practices to be tested in field trials. The end result would be to spread the know-how through networking with National Agriculture Research System (NARS) in the concerned member countries.

A:BAC

مقدمة :

نظراً لتزايد مشكلة المياه وازدياد الطلب على مصادر المياه غير المتجددة ، وحيث أن معظم الدول الأعضاء بالبنك الإسلامي للتنمية تقع في مناطق جافة وشبه جافة وتشرف على سواحل بحار ومحيطات ، فقد برزت الحاجة إلى استخدام مصادر أخرى من المياه مثل المياه المالحة وشديدة الملوحة وكذلك مياه البحار والاستفادة من الأبحاث والتجارب التي قامت بها عدد من المؤسسات البحثية في العديد من دول العالم حيث استخدمت عدد من الدول مياه ذات درجات متفاوتة من الملوحة في الزراعة .

لقد ازداد الاهتمام بمثل هذه المصادر في معاهد البحث المتخصصة في الدول الأعضاء في البنك وغيرها من دول العالم وأحرزت البحوث تقدماً حيث تطورت من مجرد فكرة إلى مجال التجارب المعملية ثم وصلت إلى التطبيق الميداني لإستنباط مجموعة من النباتات المتحملة للملوحة العالية . ونظراً لكون النتائج الأولية مشجعة فقد برزت الحاجة إلى مزيدٍ من التعاون وتبادل الخبرة بين الدول والمعاهد المتخصصة بهدف الاستفادة الكاملة من التقدم الذي أُحرز في هذا المجال .

ولما للدور الجيد الذي لعبته دول الخليج العربية في إنشاء البنك الإسلامي للتنمية فقد درس البنك عدداً من السبل والوسائل التي يستطيع بها القيام بدور أكثر نشاطاً لمساعدة هذه الدول في المجالات التي تحتاج فيه إلى الخبرة والتقنية .

ومن أهم المجالات التي يجب التركيز عليها هو مجال الأبحاث والتنمية الخاصة باستخدام تقنية الزراعة الملحية في المناطق الجافة وشبه الجافة بغرض زيادة الانتاج الزراعي ومكافحة التصحر وتحسين البيئة .

لهذا قام البنك الإسلامي للتنمية بتنظيم حلقة دراسية حول الزراعة الملحية بالتعاون مع مجلس التعاون لدول الخليج العربية والمركز العربي لدراسات المناطق

الجافة والأراضي القاحلة عُقدت في مقر البنك في جدة خلال الفترة ١٣ - ١٥ اكتوبر ١٩٩٠م وقد نوقشت فيها مبادرة البنك لإقامة مركز تجريبي تطبيقي في احدى دول مجلس التعاون الخليجي ، وبعد التشاور مع هذه الدول بادرت دولة الإمارات العربية المتحدة بعرض لإستضافة مقر هذا المركز . وصمم هذا المشروع على هيئة مركز بحيث تكون له الصفة الدولية والشخصية الاعتبارية تستفيد من نتائجه وخدماته جميع دول المنطقة والدول الأعضاء الأخرى في البنك عن طريق نشر المعلومات والخبرة التي أُكتسبت من خلال الأبحاث التطبيقية الميدانية .

خلفية عن الزراعة الملحية :

تعتبر المياه المالحة والأراضي الملحية منذ قرون عده غير صالحة للزراعة وكانت تشكل عقبة حقيقية أمام التوسع الزراعي في العديد من الدول وتؤدي إلى زيادة التصحر وأصبحت الأراضي المنتجة سابقاً متدهورة وغير صالحة . وكانت أكثر المناطق تضرراً بهذه الظاهرة هي المناطق شبه القاحلة والساحلية التي تغطي مساحة كبيرة من أراضي الدول الأعضاء في البنك . أثر الري بالمياه الجوفية على نوعية التربة وتراكم الأملاح لعدم إضافة الاحتياجات الغسلية لقلة موارد المياه ، كما أسهم إدخال الأساليب الحديثة للري للإقتصاد في استهلاك المياه إلى حد كبير في تراكم الأملاح في التربة. [١]

استخدمت عدة طرق علمية لمساعدة النباتات على النمو وسط هذه الظروف الصعبة وأصبح من الممكن بالفعل الاستفادة بشكل جيد من موارد التربة والمياه المالحة والتي تعتبر غير صالحة في الماضي . ويمكن استخدام أصناف من المحاصيل التي تتحمل الملوحة وتطبيق الأسلوب الأمثل للري والسيطرة على درجة الملوحة في محلول التربة ، واستخدام المياه عالية التراكيز من الأملاح استخداماً ملائماً لزيادة الانتاج الزراعي والرقعة الخضراء .

وتم تطوير بعض أصناف النباتات المستخدمة في الغذاء والعلف والوقود بحيث تتحمل درجة ملوحة عالية عن طريق الإدارة الجيدة والحد من تأثير الأملاح الضارة ، ونمت هذه النباتات نمواً جيداً في ظل ظروف وأوضاع محلية ، وتمت تهيئة النبات لتحمل الأملاح بواسطة أساليب الأملاح الحيوية قبل إعادة زراعتها وبدء ريها بالماء المالح ، وطبقت أساليب مستحدثة خاصة على كل مجموعة من هذه الأصناف النباتية .

وتعتبر التربة الرملية أكثر ملائمة لزراعة النباتات المتحملة للملوحة حيث تتسرب المياه خلالها بسرعة ولاتبقى عند مستوى جذور البنات ، أما الأملاح التي تتركز بالتربة فيتم غسلها أثناء فترات الري العادية أو تُغسل أثناء فترة الأمطار السنوية . [٢]

يشير تقرير أعده مجلس العلوم والتقنية للتنمية الدولية إلى أن النباتات المقاومة للملوحة قد تكون بديلاً مناسباً لإنتاج الغذاء في العديد من الدول النامية ، ويمكن استخدام الأراضي الزراعية المالحة دون استعمال إجراء عمليات الاستصلاح بكلفة واستخدامها بشكل جيد بدلاً من زراعة أراضي جديدة حفاظاً على الموارد . ويمكن استخدام المياه الجوفية شديدة الملوحة في ري المحاصيل التقليدية لزراعة نباتات مقاومة للملوحة ، كما يمكن استخدام الآلاف من الكيلومترات من الصحراء الساحلية في الدول النامية باستخدام مياه البحر في ري النباتات المقاومة للملوحة . ويمكن زراعة هذه النباتات باستخدام التربة والماء الذي لايلائم زراعة المحاصيل التقليدية لإنتاج الغذاء والعلف والأخشاب والمواد اللازمة لصناعة الأدوية . [١]

إنشاء مركز الزراعة الملحية :

خلال فترة عامي ٩١ - ١٩٩٢م قام البنك باستشارة عدد من المراكز الزراعية الدولية والخبراء في مجال استخدام المياه المالحة في الزراعة للتباحث في الطريقة

المثلى لنقل تقنية الزراعة الملحية إلى دول المنطقة ، وحيث أنه لايوجد أي مركز بحثي متخصص في هذا المجال في أي من دول العالم ورغبة في نقل هذه التقنية بطريقة نظامية وعلمية فقد قرر مجلس المديرين التنفيذيين بالبنك إنشاء المركز ليكون له شخصية إقليمية مستقلة ذو تطلعات دولية ويصبح مركز خبرة في هذا المجال الحيوي .

١ - **أهداف المركز** :

تتمثل أهداف المركز فيما يلي :

(أ) حيازة وتقييم وانتاج وتوزيع نباتات الشتلات الملائمة للزراعة الملحية .

(ب) استحداث نظم إنتاج وإدارة قابلة للاستدامة ونظماً بيئية سليمة في إطار الري بالمياه المالحة .

(ج) إيجاد القدرة على حيازة وتخزين وتحديث واسترجاع ونشر المعرفة والمعلومات الخاصة بالزراعة الملحية ، بما فيها الاشتراك في الشبكات / الاتصالات وتبادل المعلومات مع المؤسسات التعليمية الدولية والإقليمية والوطنية ذات الصلة .

(د) الاشتراك في التدريب العملي المنتظم على الأساليب المتقدمة في الزراعة الملحية للموظفين المهنيين في المنطقة .

٢ - **فوائد المركز** :

لمعرفة مدى الفوائد المتوقعة من إنشاء المركز حددت الشركة الاستشارية التي قامت بعمل دراسةالجدوى والخطة الشاملة أرقاماً للتكلفة المحتملة والتكلفة السنوية التقديرية للخسائر الناجمعة عن زيادة ملوحة مياه الري في إنتاج المحاصيل ، وتكاليف الضخ السنوية الإضافية الناجمة عن انخفاض مستوى المياه ، وضرورة استخراج المياه من أعماق تنخفض تدريجياً كل عام (جدول رقم ١) .

إن الفائدة التي سيعود بها المركز على المنطقة يتوقع أن تأتي من الاعتماد على التكنولوجيا الحالية والتعجيل باستحداث واستخدام تكنولوجيا جديدة . حيث يتوفر معلومات خاصة تناقش التأثير البيئي للملوحة وتحديد الأولويات الإقليمية ، ووضع مجموعات المعلومات الضرورية (مثل أنواع المحاصيل المختلفة المتحملة للملوحة ، إدارة المحاصيل ، أساليب الري ، وعدد مرات الري للحد من آثار زيادة الملوحة) . يتوقع أن يعمل مركز الزراعة الملحية على زيادة الوعي العام بالمشاكل القائمة وتقديم برامج أكثر فعالية لمعالجتها . وكلما تم الإسراع بتحديد المشاكل واتخاذ الخطوات اللازمة لحلها ، كلما زادت الفوائد التي تعود على المنطقة من الناحية الاقتصادية والبيئية ، وبعد تحديد الأولويات والاشتراك في شبكات المؤسسات التعليمية والبحوث ذات الصلة ، وتدريب الموظفين المهنيين فإنه من المتوقع أن يقوم المركز بتحسين امكانية تطبيق برامج البحوث في المستقبل والإسراع في توزيع المعلومات على المستفيدين .

ولتقييم الفوائد المحتملة من إنشاء المركز وضعت الشركة الاستشارية افتراضات حول النسبة المئوية للتكاليف التي يتم ادخارها في المستقبل بفعل الآثار المحتملة من إنشاء المركز . وافترض عدم ظهور الفوائد قبل مرور عامين على إنشاء المركز وابتداء من العام الثالث . من المفترض أن تبلغ النسبة المتراكمة من الخسائر التي يتم تعويضها ٢٪ في السنة إلى أن تصل إلى ١٥٪ في السنة العاشرة . ومع أنه يمكن اعتبار هذا الرقم كنسبة مئوية صغيرة من إجمالي الخسائر المترتبة على الملوحة ، إلا أن هذه الفوائد تعتبر إضافية بالنسبة لأي خسائر يتم تعويضها من البرامج الحالية .

يصعب تحديد الفوائد الاقتصادية المترتبة على استخدام المياه المرتفعة الملوحة في ري المحاصيل الزراعية ، فمن المتوقع في بداية الأمر أن تأتي المنافع في تحديد الأولويات اللازمة لمعالجة الملوحة ، وتدريب المهنيين والفنيين ووضع المعلومات

المتاحة في برامج لمراقبة الملوحة في المنطقة . ومن المتوقع أن تزداد الفائدة من هذه البرامج مع مرور الوقت ومع ثبوت مصداقية المركز وسمعته . وهناك فائدة أخرى تأتي من البحوث وتنسيق أنشطة البحوث (لتفادي الازدواجية) والنشر السريع لنتائج البحوث ذات الصلة في المنطقة كلها .

يستغرق تحقيق الفوائد المتوقعة من عملية التنسيق والتعاون في مجال البحوث إلى وقتاً أطول . ويفترض أن تظهر اعتباراً من السنة السادسة من عمر المشروع . أما الفوائد المتوقعة من عملية البحوث والتطوير فيفترض أن تتراكم بمعدل ٢٪ في السنة إلى أن يتم تعويض الخسائر لتصل النسبة إلى ٢٠٪ في السنة الخامسة عشرة من عمر المشروع . ولأغراض الدراسة أخذت في الاعتبار الفوائد والتكاليف لفترة ٢٠ سنة من قيام المركز . أما التكاليف التي يتحملها المزارعون من استخدام التكنولوجيا المناسبة للتقليل من آثار الملوحة فإنها لم تؤخذ في الاعتبار . ولهذا ، فإن الفوائد المقدرة يفترض أن تكون صافي تكاليف أي استخدام لهذه التكنولوجيا . وحسبت الفوائد الإجمالية للمركز بحوالي ٤٨ر٥ مليون دولار أمريكي في العام العشرين ، وهي الفوائد التي قدر أن يحققها المشروع في دولة الإمارات العربية لوحدها . (الجدول رقم ٢)

وضع البنك ميزانية تقديرية لتكلفة إنشاء المركز بمبلغ ٤ ملايين دولار أمريكي بالإضافة إلى مبلغ ٢ر٥ مليون دولار أمريكي سنوياً تكلفة التشغيل بعد استكمال الإنشاء . واعتمدت دراسة الجدوى على هذه التكاليف . وتتضمن الجداول ١ و ٢ و ٣ موجزاً للتكاليف والفوائد المقدرة من إنشاء المركز . وتم حساب صافي القيمة الحالية لتكاليف الإنشاء والتشغيل وللفوائد المتوقعة . كما تمت دراسة حساسية الافتراضات الرئيسية .

واستناداً إلى الافتراضات السابقة ، كانت نسبة الفوائد إلى التكاليف ٥ر٤٠ و ٤ر٠٢ باستخدام معدلات خصم تبلغ ٥٪ و ١٠٪ على التوالي . وباستخدام نفس الافتراضات تم حساب معدل العائد الاقتصادي الداخلي حيث بلغ ٣٤ر٣٠٪ . وزيادة تكاليف الإنشاء وتشغيل المركز بنسبة ٢٠٪ قلص هاتين النسبتين إلى ٤ر٥ و ٣ر٣٥ . وبتخفيض فوائد نقل التكنولوجيا الحالية وعمليات البحوث والتطوير المستقبلية إلى نسبة ١٠٪ و ١٥٪ بلغت نسبة الفوائد إلى التكاليف ٣٩ر٤ و ٣ر٣٠ . وبالمثل بلغت النسبتان ٧٤ر٣ و ٥٤ر٢ بتأخير كل الفوائد لمدة خمس سنوات . وفي كل هذه التصورات والافتراضات كانت نسبة المنافع إلى التكاليف أكثر من ١ر٠ مما يؤكد جدوى إنشاء المركز [٣] .

أما فيما يتعلق بالآثار الاقتصادية والاجتماعية والبيئية المترتبة على إنشاء المركز فيصعب حصرها ويمكن تلخيصها في تطوير بدائل للمصادر المائية المحدودة والتقليل من ترك الأراضي الزراعية المتملحة من الزيادة في ملوحة المياه حيث سيتم زراعة أكبر عدد ممكن من المحاصيل والأشجار والأعشاب والتي بدورها ستحد من درجة التصحر .

٣ - طموحات المركز :

من المؤمل أن يصبح هذا المركز مركز خبرة في مجال الزراعة الملحية حيث سيتيح الفرصة للعلماء لتطوير نباتات مقاومة للملوحة وتطبيق التجارب المعملية في الحقل وتعميم النتائج على أكبر عدد من المستفيدين ، وتكون الزراعة الملحية مستقبلاً مجالاً جيداً لترجمة الأبحاث إلى تطبيق حقلي لتوسيع الاستفادة من المياه المالحة في الزراعة .

طريقة عمل المركز وآلية التنفيذ :

لضمان التنفيذ الجيد لمثل هذا المشروع فقد دعى البنك مجموعة من الخبراء الدوليين المختصين في هذا المجال وناقشوا كافة جوانب المشروع وأوصوا بأن تقنية استخدام المياه المالحة في إنتاج المحاصيل يحتاج إلى برنامج رئيسي للبحث والتطوير للتغلب على المشكلات الفنية ولتطبيق المعايير الاقتصادية والبيئية التي تعتبر أساسية للحاضر والمستقبل . كما أوصوا أنه بدلاً من إنشاء معهد آخر يعمل في البحوث الأساسية الأولية ، القيام بإجرائها على أساس التعاقد مع مؤسسات (قائمة) تُختار بعناية وتكون ذات سجل جيد وبارز يشهد بكفاءة الانجاز وباستكمال المهام التي تكلف بها في الفترة المتفق عليها .

كما أوصى الخبراء بتقسيم أنواع المياه المالحة التي ستستخدم في الأبحاث في المركز إلى ثلاثة أنواع :-

* مياه ذات ملوحة عادية ٢٠٠٠ - ٦٠٠٠ جزء في المليون
* مياه ذات ملوحة متوسطة ٦٠٠٠ - ١٥٠٠٠ جزء في المليون
* مياه ذات ملوحة عالية أكثر من ١٥٠٠٠ جزء في المليون

وبذلك فستكون آلية التنفيذ بواسطة الوسائل الثلاثة التالية :

أ - **المركز :**

تبرعت حكومة دولة الإمارات العربية المتحدة بأرض مساحتها ١٠٠ هكتار على بعد ٢٠ كيلومتر جنوب مدينة دبي وسيقام عليها مباني المركز وبعض الحقول التجريبية ومقر شبكة البيانات وقاعدة المعلومات .

ب - الربط الشبكي :

سيوفر الربط الشبكي مدخرات كبيرة لأنه يتطلب عدداً أقل من الموظفين المتفرغين ومن الاستثمارات في المباني والمعدات . ولن تكون هناك حاجة إلا إلى أموال تكميلية لسد النقص في التمويل في مشاريع بحوث وطنية معينة في مراكز البحث والتطوير المشتركة في الشبكة . وفيما يلي قائمة ببعض المراكز العالمية الرئيسية التي يجري فيها بحوث على المياه المالحة :

استراليا
* قسم البستنة في شركة *CSIRO* (جذور التطعيم الزراعية المقاومة للملوحة) - ميربين
* إدارة جنوب استراليا للصناعات الأولية (البستنة المروية وبحوث الغابات) - بوكستون
* الإدارة الفكتورية للزراعة والأغذية (الأعلاف والمحاصيل العلفية التي تحتمل الملوحة) - تاتورا

الهند
* المعهد المركزي لبحوث ملوحة التربة - كارنال .
* مزرعة برنامج المياه المالحة بالكلية الزراعية - باداتلا

باكستان
* مختبر البحوث الملحية (قسم علم النبات ، جامعة كراتشي) كراتشي .
* مركز بحوث الزراعة الملحية - فيصل أباد
* المعهد الدولي لبحوث التشبع بالمياه والملوحة - لاهور

سيريلانكا
* المعهد الدولي لإدارة الري - كولمبو

الولايات المتحدة الأمريكية :

* مختبرات بحوث إدارة المياه - فرزنو - كلفورنيا
* مختبرات الملوحة - رفرسايد كلفورنيا
* قسم الهندسة الزراعية والتربة ، جامعة هاواي - هاوي
* مختبر بحوث البيئة - توسان / أريزونا

الإمارات العربية المتحدة :

* المختبرات المركزية لوزارة الزراعة والثروة السمكية - العين
* المحطات الإقليمية للبحوث والإرشاد الزراعي
* جامعة الإمارات العربية المتحدة ، برنامج زايد الدولي الزراعي والبيئي - العين .

سلطنة عُمان * وزارة الزراعة والثروة السمكية - رميس

الكويت * معهد الكويت للأبحاث العلمية - الكويت

المملكة العربية السعودية :

* مركز البحوث الزراعية - الرياض
* شركة بحار - جدة
* جامعة الملك سعود - الرياض
* جامعة الملك فيصل - الدمام

البحرين * مركز البحوث الزراعية - البحرين

مصر * مركز البحوث الزراعية - الجيزة
* مركز بحوث الماء - القاهرة

تـــونس * مركـز بحـوث اسـتغلال المياه المالحة للـري .

المغـــرب * المعهـد الوطـني للبحـث الزراعي - الربـاط
* معهـد الحسـن الثاني للزراعة والبيطـرة - الربـاط

مـــن المؤمـل أن يتم ربـط المشـروع بهـذه المراكـز بواسـطة شـبكة معلـومات عن طـريق البريـد الالكتروني واسـتخدام الأقمـار الصنـاعية في نقـل وتبـادل المعلـومات التي توصـلت إليهـا هـذه المراكـز ومـا أنجـزه المركـز لتعميمها على الدول المسـتفيدة .

ج - **التعاقد البحثي :**

كمـا ورد سـابقاً سـيقوم المركـز بالتعـاقد مـع بعـض المراكـز المذكـورة أعـلاه للقيـام ببعض الأبحـاث التطبيقية في مجـال معـين والحصـول على النتـائج وتوثيقها وتعميمهـا من خـلال الـربط الشـبكي .

خـاتمـة :

بالنظـر إلى قـلة احتيـاطي الميـاه في منطقـة الخليـج ، فـإنه مـن الضـروري المحافظـة على الموارد الحـالية (على سـبيل المثـال ، عن طـريق تشـجيع إعـادة تغـذية الطبقـات الصخـرية المائيـة وتحسـين فعـالية اسـتخدام الميـاه) لضمـان اسـتمرارية الانتاج الزراعي والحفـاظ على موارد المياه غير المتجـددة .

وإذا لم يتم تحسـين كفـاءة اسـتخدام الميـاه الجـوفية عـن طـريق الإدارة المتكـاملة ، وتحسـين كفـاءة اسـتخدام الميـاه على مسـتوى المزرعـة فـإن هنـاك احتمـالاً أكيـداً بانخفـاض الإنتـاج المتوقـع مـن المحاصيـل الزراعيـة في المسـتقبل . وتعتبر مناطـق الـري السـاحلية ذات أولـوية في هـذا المجـال .

تركز الإهتمام في الماضي والوقت الحاضر على استخدام المياه قليلة الملوحة والعالية الملوحة مثل مياه البحر لأغراض الري . ولكن النتائج لاتزال غير مؤكدة مع إمكانية استخدام المياه المرتفعة الملوحة بنجاح في ري المحاصيل (لإنتاج العلف) فإن من شأن مثل هذا الانجاز التكنولوجي أن يعود بفائدة كبيرة على الانتاج الزراعي لأن الطلب على المياه الجوفية متوسطة الملوحة سينخفض .

إن انخفاض كمية ونوعية المياه الجوفية وتدهورها يمكن أن يتسبب في حدوث اختلال كبير في المجتمعات الريفية ، ويعتمد ذلك على مدى حدة هذا التدهور .

والقضية هي في أساسها تتمثل في الاستخدام الحالي للمياه الجوفية والمحافظة على هذه الموارد لما فيه منفعة الأجيال القادمة والمحافظة على طبيعة المجتمعات الريفية وهيكلها الاجتماعي ، وللحيلولة عن هجر بعض المناطق فإنه من الضروري ضمان وجود الإمدادات الكافية من المياه الجوفية وهذا يعني أنه إيجاد شكل من أشكال المراقبة لاستخدام المياه الجوفية ، وتحديد الأولويات لاستخدامها .

توقع العديد من الخبراء في مراكز البحوث الاستراتيجية أن دول المنطقة ستتنافس على المياه واقتسام الأنهار والمخزون في الطبقات الجوفية ومن المؤمل ، إن شاء الله ، أن يساهم هذا المركز في تخفيف حدة هذا التنافس ورفع مستوى التعاون بين الدول الأعضاء من خلال بدائل عملية لإستمرار التعاون للإستفادة المثلى من الثروات المحدودة المتاحة .

وختاماً ، فإن الحاجة ماسة إلى دعم ومساندة الدول المعنية ومراكز البحث المتخصصة ومؤسسات التمويل الوطنية والإقليمية والدولية لهذا المركز حتى يضطلع بمهامه ويحقق أهدافه إن شاء الله تعالى .

***

المراجع

١ - مجلس البحث الوطني ١٩٩٠م ، الزراعة الملحية - نباتات متحملة للملوحة للدول النامية ، نشرات الأكاديمية الوطنية .

٢ - رفيق أحمد - ١٩٩٠م ، وثيقة مشروع مقدمة للبنك الإسلامي للتنمية ، جامعة كراشي - الباكستان .

٣ - شركة ساجريك الدولية ، ١٩٩٣م ، دراسة الجدوى لإنشاء مركز الزراعة الملحية .

*****
***
*

جـدول رقـم [١]

الخسـائر المتوقعة فـي منطقـة الخـليج للإنتاج الزراعي الناجمة من تدهور المياه الجوفية

السـنة	بمـلايـين الـدولارات الأمـريـكـيـة				
	الخضـروات	الفواكـه	الأعلاف	الضـخ	الاجمـالي
١٩٩٣/٩٢					
١٩٩٤/٩٣	١ر٣٥	١ر٤٢	٠ر٦٤	١ر٨٢	٥ر٢
١٩٩٥/٩٤	٢ر٧٧	٢ر٩٢	١ر٣١	٣ر٦٤	١٠ر٦
١٩٩٦/٩٥	٤ر٢٦	٤ر٤٩	٢ر٠١	٥ر٤٦	١٦ر٢
١٩٩٧/٩٦	٥ر٨٢	٦ر١٥	٢ر٧٦	٧ر٢٨	٢٢ر٠
١٩٩٨/٩٧	٧ر٤٥	٧ر٨٩	٣ر٥٣	٩ر١٠	٢٨ر٠
١٩٩٩/٩٨	٩ر١٤	٩ر٧١	٤ر٣٥	١٠ر٩٢	٣٤ر١
٢٠٠٠/٩٩	١٠ر٩٠	١١ر٦٠	٥ر١٩	١٢ر٧٤	٤٠ر٤
٠١/٢٠٠٠	١٢ر٧٣	١٣ر٥٨	٩ر٠٧	١٤ر٥٦	٤٦ر٩
٠٢/٢٠٠١	١٤ر٦٢	١٥ر٦٣	٦ر٩٩	١٦ر٣٨	٥٣ر٦
٠٣/٢٠٠٢	١٦ر٥٨	١٧ر٧٦	٧ر٩٤	١٨ر٢٠	٦٠ر٥
٠٤/٢٠٠٣	١٨ر٦٠	١٩ر٩٧	٨ر٩٣	٢٠ر٠٢	٦٧ر٥
٠٥/٢٠٠٤	٢٠ر٦٨	٢٢ر٢٥	٩ر٩٥	٢١ر٨٤	٧٤ر٧
٠٦/٢٠٠٥	٢٢ر٨٢	٢٤ر٦٢	١١ر٠٠	٣٣ر٦٦	٨٢ر١
٠٧/٢٠٠٦	٢٥ر٠٣	٢٧ر٠٥	١٢ر٠٨	٢٥ر٤٨	٨٩ر٦
٠٨/٢٠٠٧	٢٧ر٢٩	٢٩ر٥٧	١٣ر٢٠	٢٧ر٣٠	٩٧ر٤
٠٩/٢٠٠٨	٢٩ر٦٢	٣٢ر١٦	١٤ر٣٦	٢٩ر١٢	١٠٥ر٣
١٠/٢٠٠٩	٣٢ر٠٠	٣٤ر٨٢	١٥ر٥٤	٣٠ر٩٤	١١٣ر٣
١١/٢٠١٠	٣٤ر٤٤	٣٧ر٥٦	١٦ر٧٦	٣٢ر٧٦	١٢١ر٥
١٢/٢٠١١	٣٦ر٩٤	٤٠ر٣٨	١٨ر٠١	٣٤ر٥٨	١٢٩ر٩
١٣/٢٠١٢	٣٩ر٥٠	٤٣ر٢٦	١٩ر٣٠	٣٦ر٤٠	١٣٨ر٥

جدول رقم [٢]

الخسائر المتوقعة الناجمة عن الملوحة والمستردة بواسطة المركز في منطقة الخليج

السنة	الخسائر المتوقعة بسبب الملوحة	نسبة خسائر الملوحة المستردة من قبل المركز		القيمة المتوقعة للمنافع الناجمة عن المركز
		عن طريق نقل التقنية الحالية	عن طريق أبحاث التطوير المستقبلي	
١	٥ر٢٢	٠	٠	٠
٢	١٠ر٦٣	٠	٠	٠
٣	١٦ر٢٣	٢	٠	٠ر٣٢
٤	٢٢ر٠١	٤	٠	٠ر٨٨
٥	٢٧ر٩٧	٦	٠	١ر٦٨
٦	٣٤ر١١	٨	٢	٣ر٤١
٧	٤٠ر٤٤	١٠	٤	٥ر٦٦
٨	٤٦ر٩٤	١٢	٦	٨ر٤٥
٩	٥٣ر٦٢	١٤	٨	١١ر٨٠
١٠	٦٠ر٤٨	١٥	١٠	١٥ر١٢
١١	٦٧ر٥١	١٥	١٢	١٨ر٢٣
١٢	٧٤ر٧٢	١٥	١٤	٢١ر٦٧
١٣	٨٢ر١٠	١٥	١٦	٢٥ر٤٥
١٤	٨٩ر٦٥	١٥	١٨	٢٩ر٥٨
١٥	٩٧ر٣٦	١٥	٢٠	٣٤ر٠٨
١٦	١٠٥ر٢٥	١٥	٢٠	٣٦ر٨٤
١٧	١١٣ر٣١	١٥	٢٠	٣٩ر٦٦
١٨	١٢١ر٥٣	١٥	٢٠	٤٢ر٥٣
١٩	١٢٩ر٩١	١٥	٢٠	٤٥ر٤٧
٢٠	١٣٨ر٤٦	١٥	٢٠	٤٨ر٤٦

جدول رقم [٣]

ملخص لتقديرات التكاليف والمنافع من إنشاء مركز الزراعة الملحية لمنطقة الخليج

السنة	تقديرات تكلفة إنشاءوتشغيل المركز مليون دولارأمريكي	تقديرات الخسائر بسبب زيادة الملوحة مليون دولارأمريكي	تقديرات خسائر الملوحة المسترجعة بواسطة المركز مليون دولارأمريكي
١	٤ر٠	٢٢ر٥	--
٢	٢ر٥	١٠ر٦٣	--
٣	٢ر٥	١٦ر٢٣	٠ر٣٤
٤	٢ر٥	٢٢ر٠١	٠ر٩٢
٥	٢ر٥	٢٧ر٩٧	١ر٧٣
٦	٢ر٥	٣٤ر١١	٣ر٤٩
٧	٢ر٥	٤٠ر٤٤	٥ر٧٢
٨	٢ر٥	٤٦ر٩٤	٨ر٤٥
٩	٢ر٥	٥٣ر٦٢	١١ر٦٨
١٠	٢ر٥	٦٠ر٤٨	١٤ر٨٢
١١	٢ر٥	٦٧ر٥١	١٧ر٦٩
١٢	٢ر٥	٧٤ر٧٢	٢٠ر٨٣
١٣	٢ر٥	٨٢ر١٠	٢٤ر٢٤
١٤	٢ر٥	٨٩ر٦٥	٢٧ر٩٢
١٥	٢ر٥	٩٧ر٣٦	٣١ر٨٧
١٦	٢ر٥	١٠٥ر٢٥	٣٤ر١٥
١٧	٢ر٥	١١٣ر٣١	٣٦ر٤٥
١٨	٢ر٥	١٢١ر٥٣	٣٨ر٧٦
١٩	٢ر٥	١٢٩ر٩١	٤١ر١٠
٢٠	٢ر٥	١٣٨ر٤٦	٤٣ر٤٥

تابع/ جدول رقم [٣]

(مليون دولار أمريكي)

	معدل الخصم ٥٪	معدل الخصم ١٠٪
* صافي القيمة الحالية لإنشاء وتشغيل المركز	٣٢ر٥٨	٢٢ر٠٦
* صافي القيمة الحالية لخسائر الملوحة المسترجعة بواسطة المركز	١٧٥ر٩٤	٩١ر١١

نسبة المنفعة/ التكلفة	معدل الخصم ٥٪	معدل الخصم ١٠٪
* افتراضات الحساسية :		
١ - هبوط في مستوى المياه بمعدل ٢ م/ سنة	٥ر٤	٤ر٠٢
٢ - زيادة تكاليف إنشاء وتشغيل المركز	٤ر٥٠	٣ر٣٥
٣ - منافع المركز ونقله للتقنية تقلصت من ٣٥ إلى ٢٥٪ من خسائر الملوحة	٤ر٣٩	٣ر٣٠
٤ - جميع المنافع تأخرت بمقدار خمس سنوات .	٣ر٧٤	٢ر٥٤

***

استخدام مخلفات تنقية المياه الملوثة

في تحسين خواص المواد الفيزيائية (زيادة الماء المفيد للنبات)

د. محمد سعيد الشاطر

إستخدام مخلفات تنقية المياه الملوثة في تحسين الخواص الفيزيائية للتربة (زيادة الماء المفيد للنبات)

*- إسم الباحث : الدكتور محمد سعيد الشاطر

*- جهة العمل : جامعة الملك فيصل - كلية العلوم الزراعية وعلوم الأغذية - قسم الأراضي والمياه .

*- البلد : المملكة العربية السعودية - المنطقة الشرقية - الإحساء

ص . ب "٤٢" المدينة الإحساء - الهفوف الرمز البريدي "٣١٩٨٢"

*- تليفون : ٥٨٠٠٠٠٠ تحويلة ١٥٥٥

*- الملخص :

تعاني مجمل أراضي الوطن العربي ومنطقة الخليج بصورة خاصة من نقص الموارد العذبة وبالتالي يجب العمل للإستفادة من مياه الصرف الصحي وإستعمالها مرة أخرى للأغراض الزراعية المختلفة بعد تنقيتها وتخلصها من الملوثات ، كما ينتج من عمليات التنقية مجموعة من الرواسب العضوية ، والتي يمكن إستخدامها في تحسين الأراضي وزيادة المحتوى الرطوبي المناسب للنبات وهو مايعرف بالماء المفيد والذي يعبر عنه بالمعادلة التالية :

$$RU = (R-HF) \times P \ *$$

ولتقدير الماء المفيد للنبات تم جمع عينات التربة وبصورة متكررة من القطع التجريبية في الحقل والتي أضيفت اليها مجموعة من المصلحات العضوية (مخلفات تنقية المياه الملوثة BL والمخلفات الصلبة للمدن (كمبوست CO) ولقد إستخدمت طريقة الضغط الغشائي Une presse a membrane (La botest) في تقدير الماء المحتجز داخل المكونات الصلبة لعينات التربة ، وتبين أن إضافة مخلفات تنقية المياه الملوثة ومخلفات المدينة قد أعطى نتائج جيدة في تحسين وزيادة كمية المياه الموجودة بين مكونات الطور الصلب من التربة عند درجة السعة الحقلية والتي تقدر بـ "0.33" بار أو مايعادل "PF 2.4" وكذا عند نقطة الذبول والتي تقدر بـ "15" بار أو "FP 4.2" مما إنعكس على زيادة كمية الماء المفيد مع آلية عمل مختلفة لكل من "BL ، CO". كما درس أثر تلك المخلفات العضوية على إغناء ترب المعاملات التجريبية المختلفة بالمادة العضوية وأثر ذلك على تحسين البناء الأرضي واستقراره .

* RU = الماء المفيد بالملي متر .

R = الرطوبة الحجمية عند السعة الحقلية .

HF = الرطوبة الحجمية عند نقطة الذبول .

P = مدى تعمق الجذور (بالدسم) .

1- مقدمة :

ازداد الطلب على إستهلاك المياه للأغراض الزراعية نتيجة التطور الزراعي الذي تعيشه أغلب البلدان العربية ، مما اضطر أغلبها إلى السعي الحثيث للإستفادة من جميع المصادر المائية المتاحة ، وتبدو هنا أهمية الإستفادة من مياه الصرف في تأمين كميات لابأس بها من المياه والتي يمكن إستعمالها مرة أخرى في الأغراض الزراعية المختلفة بعد تنقيتها وتخلصها من الملوثات ، كما ينتج من عمليات التنقية كميات مختلفة من المواد العضوية التي يمكن إستخدامها في تحسين الأراضي وزيادة المحتوى الرطوبي المناسب للنبات . ولقد تبين الدور الهام لنسيج التربة وكذا أهمية المادة العضوية في زيادة الاحتفاظ بالرطوبة{1 -2}، كما إقترح {3}المعادلة التالية لتوضيح دور الطين والمادة العضوية في زيادة الرطوبة :

$$He = 0.34\ A + 0.95\ MO + 10.8$$

حيث أن :

- He = الرطوبة الوزنية عند "PF" يساوى "3" .
- A = نسبة الطين في عينة الأرض الجافة .
- MO = نسبة المادة العضوية بالنسبة لمكونات الأرض الجافة .

كما تختلف نسبة الرطوبة في عينات الأرض عند نقطة الذبول باختلاف المكونات الميكانيكية للأرض ، حيث ذكر {4} القيم التالية :

- 2.5٪ رطوبة في حالة الأرض الرملية .
- 6٪ رطوبة في حالة الأرض الرملية الطينية السلتية .
- 16 ٪ رطوبة فى حالة الأرض السلتيه الطينية .
- 20 ٪ رطوبة في حالة الأرض الطينية السلتية .

ويعطى الماء المفيد للنبات باستخدام المعادلة التالية :

$$RU = (R.HF) \times P$$

حيث أن :

- RU = الماء المفيد للنبات بالملي متر .
- R = الرطوبة الحجمية عند السعة الحقلية .
- HF = الرطوبة الحجمية عند نقطة الذبول .
- P = مدى تعمق الجذور بالدسم .

2- مواد الدراسة :-

2-1 الأرض : يبين الجدول (I) نتائج تحليل عينات الأرض التي إستخدمت في التجارب :

" جدول "1" : نتائج تحليل التربة التي أستخدمت في التجارب "

العمق	٪ للطين	٪ للسلت	٪ للرمل	C٪	N ٪	C/N
0-25سم	20	48	30	1.10	0.12	2.16
25-50سم	25	45	32	0.36	0.05	7.20

2-2المخلفات العضوية : يبين الجدول (II) نتائج المخلفات العضوية التي إستخدمت في التجارب :

" جدول (II) نتائج تحليل المخلفات العضوية "

المخلف العضوي المستخدم	الرمز	PH	P2O5%	C%	N%	C/N
مخلفات مصنع الورق	BL	7.57	2.06	20.86	2.83	7.37
مخلفات مصنع السكر	CO	8.21	0.81	26.72	0.99	26.98
مخلفات مصنع الأعلاف	FM	8.44	0.37	38.70	1.66	23.01

3- تنفيذ التجارب :

يوضح الشكل (1) توزيع المعاملات المختلفةضمن المخطط التجريبي والذي يضم أربع معاملات وبأربع مكررات للمعاملة الواحدة .

FM	T	Co	BL
BL	Co	FM	T
Co	BL	T	FM
T	FM	BL	Co

الشكل (1) المخطط التجريبي

ولقد بلغت مساحة القطعة الواحدة (45) م٢ كما أضيفت كمية الأسمدة العضوية بحيث تحتوي على (200) وحدة من الأزوت /الهكتار وقبل القيام بعمليات الزراعة لمحصول الذرة الصفراء .ولقد جمعت عينات التربة في المعاملات المختلفة وبصورة متكررة لتنفيذ الاختبارات

4- طرق التحليل :

4-1 استخدام جهاز الضغط الغشائي (La botest) في تقدير كمية الماء الموجودة داخل عينات التربة عند درجة السعة الحقلية (0.33 بار) وكذا نقطة الذبول (4.2 بار) .

4-2 تم تقدير الكربون العضوي باستخدام الطريقة الجافة لأكسدة الكربون باستخدام الجهاز (Carmhograph Wohstff 12) ، كما درس تطور البناء الأرضي باستخدام طريقة {5} وبعد المعاملة الأولية بالبنزن لعينات التربة .

5- النتائج والمناقشة :

5-1 قيم الرطوبة عند السعة الحقلية - تبين الجداول (III , IV , V) نتائج المعاملات المختلفة ، ويلاحظ أن قيم الرطوبة عند السعة الحقلية تأخذ بالإرتفاع ضمن مختلف المعاملات خلال مرور الزمن ماعدا معاملة المقارنة (الشاهد) والتي تنخفض بعد مرور (7) أشهر من إضافة المصلحات العضوية مما يبين أهمية الأسمدة العضوية في زيادة كمية الماء عند السعة الحقلية ويرتبط الماء عند السعة الحقلية بصورة أغشية سميكة حول حبيبات التربة أو في داخل الفراغات الشعرية الدقيقة ، ومن المعروف أن هذا الماء يعتبر قابلا لإفادة النبات بسهولة حتى وصول الرطوبة الى درجة الذبول ، وإن كمية الماء الموجودة قد ازدادت بزيادة السطح الكلي للحبيبات حيث أن عمليات التحلل والتدبل للمخلفات العضوية قد زود الأرض بمركبات دبالية والتي أدت إلى زيادة كمية الماء عند السعة الحقلية .

2-5 قيم الرطوبة عند نقطة الذبول :

الجدول (III) متوسط قيم الرطوبة عند السعة الحقلية ونقطة الذبول

بعد مرور شهرين من إضافة المحسنات العضوية

FM	Co	BL	T	المعاملات
27.37	27.58	28.20	26.00	الماء عند السعة الحقلية
10.75	10.55	10.43	10.20	الماء عند نقطة الذبول
16.62	17.03	17.77	15.80	RU
83.10	85.15	88.85	79.00	P x RU

تبين الجداول (III , IV , V) نتائج المعاملات المختلفة ، ويلاحظ أن قيم الرطوبة عند نقطة الذبول قد زادت في جميع المعاملات ماعدا معاملة المقارنة ويتمثل الماء عند نقطة الذبول بكمية الماء الموجودة بصورة أغشية رقيقة جدا حول حبيبات التربة ، وتحتجز بقوة ولاتستطيع جذور النباتات الأستفادة منها وتتحدد كميتة الكلية بناءا على مجموع سطوح الحبيبات الناعمة جدا كما أن عمليات التحلل الحيوى (التمعدن) للمخلفات العضوية قد زود الوسط بغرويات عضوية مما يؤدي الى زيادة السطح النوعي للحبيبات التربة مما انعكس على زيادة الرطوبة عند نقطة الذبول .

الجدول (IV) متوسط قيم الرطوبة عند السعة الحقلية ونقطة الذبول

بعد مرور خمسة أشهر من إضافة المحسنات العضوية

FM	Co	BL	T	المعاملات
28.52	28.00	28.67	26.30	الماء عند السعة الحقلية
10.90	11.00	10.50	10.90	الماء عند نقطة الذبول
17.62	17.00	18.17	15.40	RU
88.10	85.00	90.85	77.00	P x RU

5-3- الماء المفيد للنبات :

اتضح الأثر المفيد للمخلفات العضوية المختلفة على زيادة المخزون المائى المفيد للنبات بعد مرور سبع أشهر فى إضافة تلك المخلفات ، وتم حساب الفرق بين قيم الرطوبة عند ضغط يعادل (0.33) بار، (4.2)بار ويمكننا ترتيب النتائج كما يلى :

$$T < CO < BL < FM$$

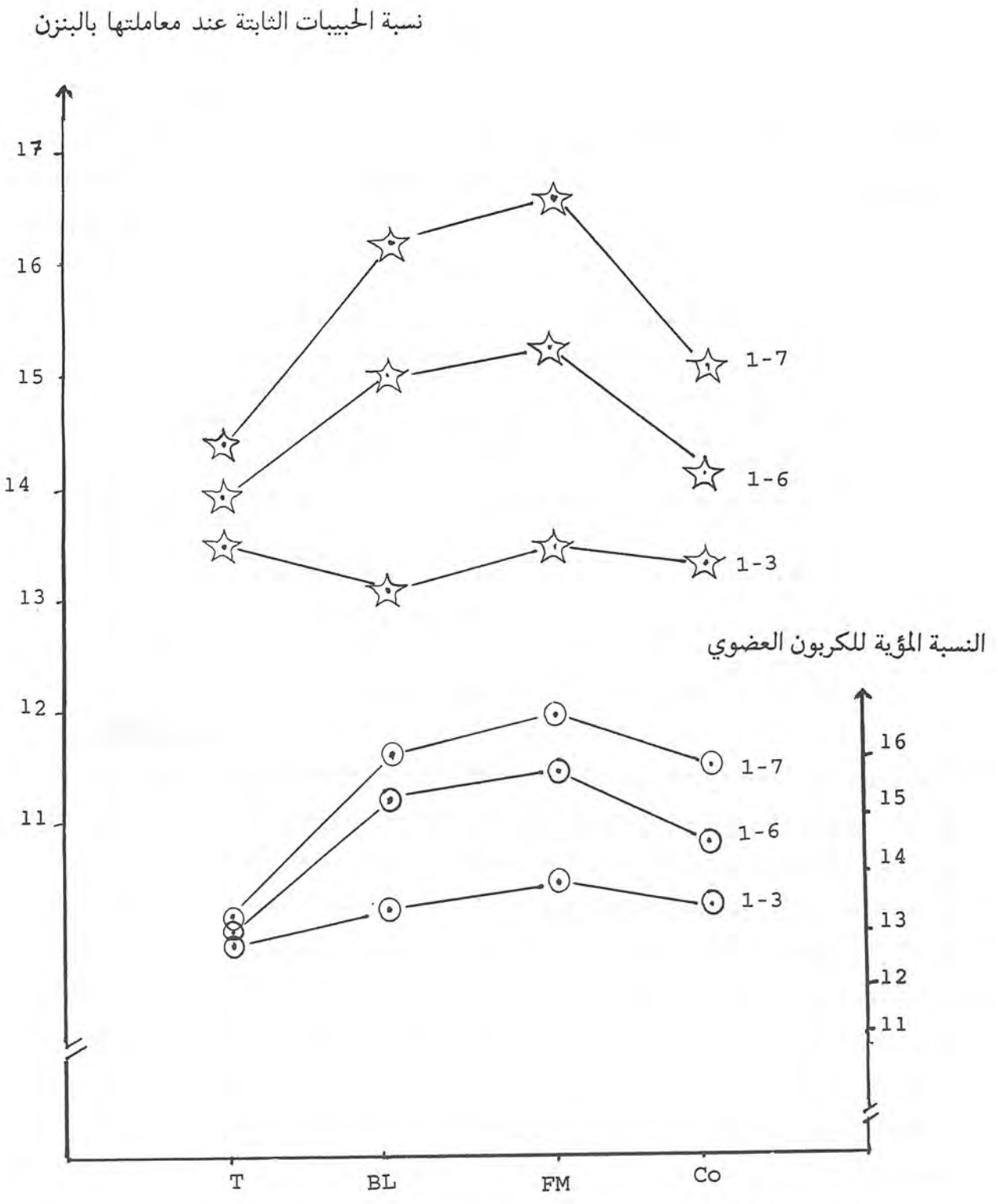
الجدول (V) متوسط قيم الرطوبة عند السعة الحقلية ونقطة الذبول

بعد مرور سبعة اشهر من إضافة المحسنات العضوية.

المعامـــلات	T	BL	Co	FM
المـــاء عنـــد السعـــة الحقليـة	25.05	28.69	28.43	28.81
نقطـــــة الذبـــــول	10.02	11.04	11.20	10.22
RU	15.03	17.65	17.23	17.89
P x RU	75.15	88.25	86.15	89.45

6- المناقشـــة :

لقد تبين من عرض النتائج المختلفة أهمية المواد العضوية عموما في تحسين كمية الماء المفيدة للنباتات والموجودة في عينات التربة مقارنة لمعاملة الشاهد واتضح أن إضافة مخلفات تنقية المياه الملوثة قد أعطت نتائج جيدة في تحسين وزيادة كمية المياه الموجودة بين مكونات الطور الصلب ، بينما تختلف مخلفات المدن الصلبة (الكمبوست) في سلوكها حيث لم يظهر أثرها الواضح في زيادة الماء المفيد إلا بعد مرور سبعة أشهر من موعد إضافتها إلى القطع التجريبية نظرا لطبيعة مكوناتها المختلفة ، والتي تحتوي على مواد عضوية صعبة التحلل وذات (C/N) تزيد عن (26) مقارنة الى المعاملات التى أضيف إليها مخلفات تنقية المياه الملوثة "C/N" تساوى (7.5) فقط ، كما أن استخدام مخلفات فرشة الحيوان المتخمرة قد زود الأرض بمركبات عضوية ذات أثر واضح في زيادة المخزون المائي نتيجة لخضوعها إلى سلسلة من عمليات التحلل والتدبل الحيوي أثناء عمليات تخميرها وقبل إضافتها الى الأرض ، ويتبين من مجمل النتائج أهمية الإستفادة من مخلفات تنقية الصرف الصحي وكذا المياه المنقاة في الأغراض الزراعية المختلفة ، وبعد تخلصها من الملوثات المختلفة وخاصة في مجال ري الأراضي وتحسين المحتوى الرطوبي المناسب للنبات ، وكذا زيادة محتوى التربة من المادة العضوية وأثرها على تحسين البناء الأرضي الشكل (2) مما ينعكس على تحسين الخواص الفيزيائية للأرض وبصورة خاصة البناء الأرضي وكذا تحسين الخواص الحيوية مما ينعكس أيضا على تحسين حالة التغذية المعدنية للنبات بسبب إحتواء مخلفات تنقية المياه الملوثة على كميات هامة من الآزوت والفوسفور ، والبوتاسيوم ، الخ (4,5)



الشكل (2) العلاقة بين تطور الكربون العضوي ونسبة الحبيبات الثابتة عند معاملتها بالبنزن

Utilization of the Sludge of Sewage Water in the Improvement of the Physical Properties of the soil (increase of available water)

Abstract

Most of the land in the Arab world and the Gulf area in particular suffer from the lack of irrigation water. Consequently, there is need for re-use of sewage water for irrigation after purification and removal of contamination. Furthermore the organic residues that result can be used in the improvement of the soil and the increase of available water as expressed by the equation.

$$RU = (R - HF) \times P^*$$

For the determination of available water, repeated samples were collected for the experimental plots in the field and a group of organic soil improvers were added e.g. sludge and compost of municipal waste. The method of membrane press was also used for the estimation of the water in the soil.

The results indicated that the treatments resulted in the increase of water in the soil constituents at field capacity which was measured at 0.33 Bar or 2.4 PF and also at the wilting point measured at 15 Bar or 4.2 PF. This was reflected in the increase of the amount of available water irrespective of the different mechanisms of the treatments. The effect of organic residues in enriching the soil organic matter and in the improvement of soil structure and stability was also studied.

*RU = Available water
R = Field capacity
HF = Wilting point
P = Depth of soil in decimeter

References:

1. Rajput, R.P., and Sastry, P.S.N. (1984). Effect of soil amendments on physico-chemical properties of sandy soil. Indian Journal of Agricultural Research. 18(4): 201-205.

2. Hiroux, G et al. (1984). Composition organique et decomposition dans Le sol de boues mixtesde station d'e upration urbaine. Acad. Agric. de France. No. 1-17-26.

3. Osty, P.L., (1971) Ann Agron 22(4) 541-476.

4. Duchaufour. P.H.,(1983) Pedologie Tomp 2 2 eme edition Masson Paris, France.

5. Paul, E.A. (1984) Dynamics of organic matter in soils. Plant and Soil. 76(1/3) 275-285.

6. Titiolye, E.O., et al.(1985) Evaluation of fertilizer value of organic waste materials in south western Nigeria. Biological Agriculture and Horticulture. 3(1): 25-37.

كفاءة بعض أجهزة قياس المياه في أنابيب الري

د. أحمد إبراهيم العمود / د. حسين محمد أبو غبار

كفاءة بعض أجهزة قياس ألمياه فى أنابيب الري

د. أحمد إبراهيم العمود د. حسين محمد أبو غبار
قسم الهندسة الزراعية ـ كلية الزراعة ـ جامعة الملك سعود
ص.ب : ٢٤٦٠ الرياض ١١٤٥١ ـ المملكة العربية السعودية
تليفون : ٤٦٧٨٥٠٠ –فاكس : ٤٦٧٨٥٠٢

ملخص البحث:

أجريت دراسة على عدد من أجهزة قياس ألمياه ألمستخدمه فى أنابيب الري للتأكد من دقة وكفاءة هذه الاجهزة. وقد تم اختبار نوعين من عدادات المياه التي يكثر استخدامها مع نظم الري وهي العدادات الدفاعية ألمزدوجه (Dry Head Multi-Jet Meters) للأقطار الصغيره والعدادات العنفيه (Turbine Meters) للأقطار المتوسطه والكبيره وقد تضمنت التجارب تسجيل حجم الماء المدون على العداد والزمن المطلوب لملء خزان معلوم الحجم بغرض حساب معدل التصرف الفعلي. وقد أجريت التجارب باستخدام مجموعة من الانابيب ذات أقطار مختلفة. وقد دلت نتائج الأداء للعدادات أن هناك بعض الاختلافات في قراءات هذه الاجهزة تحت ظروف التشغيل المحدده فى التجارب. ووجد أن كفاءة هذه الاجهزة قد تعتمد على عوامل مثل نوع العداد المستخدم ، قطر الانبوب، ضغط التشغيل، نوعية المياه وفترة استخدام جهاز القياس. وفي نهاية البحث أقترح بعض التوصيات لتحسين دقة وكفاءة أجهزة قياس مياه الري.

يزداد استهلاك المياه لأغراض الري كل عام نظراً للتوسع الزراعي المضطرد في المملكة العربية السعودية ، الا أن محدودية مصادر المياه تحتم زيادة كفاءة الأستخدام للمياه المتوفرة . ويمكن للأدارة الجيدة للمياه أن تعمل على توفير المياه بالأضافة الى زيادة الأنتاج . لذا فان قياس المياه في المزارع يعتبر مهماً لمعرفة الكمية المحددة التي تصل الى الحقل . كما يعتبر القياس الدقيق لمياه الري ضروريا للتوزيع الأمثل لمصادر المياه المتوفرة وذلك بمقارنة العرض بالطلب وللمحافظة على أداء ذو كفاءة عالية للآبار والمضخات . وعند تطبيق الكمية المحددة من ماء الري نضمن الحصول على أعلى انتاج ونمنع التأخر في نمو النبات الناتج من انخفاض كمية الري ونقلل من مشاكل الصرف الناتجة عن زيادة الري بالأضافة الى امكانية فحص شبكة الري لتحديد التسربات وتوفير النقد في ادارة المزرعة والتنمية الزراعية [١،٢،٣].

وتستخدم عدادات المياه لإختبار التصاميم الاولية لنظم الرى بالتنقيط والرش بالإضافة إلى إدارة أوجدولة الري وكذلك المراقبة المستمرة لبعض العمليات في النظام لتحديد الحاجة الى الصيانة في نظم الري بالرش أو التنقيط فالأنخفاض التدريجي في معدل التصرف مثلاً قد يعني انسداد المرشحات او المنقطات أو الرشاشات أو انغلاق جزئى فى بعض المحابس أو ضعف فى كفاءة المضخه أو انخفاض الضغط فى جهاز التحكم فى الضغط، ومن ناحية أخرى فزيادة التصرف عن المعدل الطبيعي قد يدل على تسرب في أحد الأنابيب أو إختلاف في أداء الرشاشات أو المنقطات في الشبكة [٤ و ٥].

وتتوفر العديد من الطرق والأجهزة لقياس مياه الري ، ففي القنوات تستخدم طرق مثل الهدارات والمسيلات والفوهات والعدادات . اما في الأنابيب فيستخدم جهاز فنشوري وأنبوب بيتوت والعدادات التي تعتبر الأكثر شيوعا . وتوفر بعض المراجع استعراض شامل لمعظم أنواع أجهزة قياس سريان المياه [٦،٧،٨،٩و ١٠]. وتمثل العدادات العنفيه الأكثر مناسبة لشبكات الرى بالرش ذات الضغط العالى نسبياً والتى تركب غالباً على الأنابيب الفرعيه أو ألأنابيب الحاملة للرشاشات وذالك لتقليل التكلفه نظراً لأن العدادات المستخدمه للأقطار الكبيره تكون عادة مكلفه [١١].

ونظراً لان أكثر نظم الري استخداما في المملكة للمحاصيل الكثيفه الري بالرش وللمحاصيل الخضرية الرى بالتنقيط لذا فان طريقة قياس المياه باستخدام العدادات تعتبر الأكثر استخداما وذلك للدقة والسهولة في حساب كميات المياه المستخدمه، الا ان مثل هذه العدادات قد تحتاج الى معايرة وصيانة دورية بالأضافة الى ان لها كلفة عالية نسبياً [١٢].

بصفة عامة يعتمد إختيار العدادات على القدرة على العمل في نطاق واسع بالإضافة الى متطلبات السعة ، كما ان هناك إعتبارات أخرى لاتقل أهمية مثل الدقة في القياس والحساسية وقدرة التحمل عند ظروف داخلية (كوجود مواد تسبب تآكل أو صداء أو وجود طين أو مواد عالقة أو ذات كثافة عالية) وخارجية (كدرجات الحرارة الغير طبيعية أو ضغط عالي). ويجب أيضاً أخذ تكلفة العداد والصيانة اللازمة بعين الاعتبار عند الإختيار [٩].

وفى المملكة يشيع استخدام نوعين من العدادات، الأول: الدفاعى المزدوج (Multi-Jet) لشبكات مياه المدن والمزارع الصغيرة والبيوت المحميه والثانى: العنفي (Turbine) للحقول الزراعية . ففى العداد الدفاعى المزدوج يكون الجزء المتحرك عبارة عن قرص دوار به مجموعة ريش مركبه على محور رأسى، ويدخل الماء الى القرص الدوار من خلال عدد من الفتحات المماسه حول محيط القرص ويخرج من القرص عبر مجموعة أخرى من الفتحات من الجانب الأخر. وبصفة عامه تعمل مثل هذه العدادات عادة على اظهار معدل السريان وحجم الماء المار من خلال تروس مسننة لنقل الحركة الى جهاز تسجيل مثبت في اعلى العداد [٦،٧]. وضمن العدادات العنفيه تتوفر ايضا أنواع اليكترونية رقمية تقوم فكرتها على بث مجال مغناطيسى بواسطة دوران مروحة العداد لاحداث موجة جيبية . فعندما يثبت العداد تدور المروحة بمعدل يتناسب طردياً مع معدل السريان في الأنبوب ويقوم جهاز الجمع بتكبير النبضات التي تتولد من اللاقط المغناطيسي ويحولها الى الوحدات المناسبة ثم يعرضها بشكل معدل سريان وحجم تجميعي على اللوحة الرقمية [١٣].

والغرض من هذه الدراسة هو اجراء بعض الأختبارات لقياس نوعين من العدادات الأكثر شيوعاً في المناطق الزراعية بالمملكة وهي الدفاعيه المزدوجه والعنفية لقياس دقة وحساسية هذه الأجهزة عند ضغط تشغيل ثابت وأنابيب ذات أقطار متباينة .

طرق ومواد البحث

اجريت تجارب قياس العدادات على مرحلتين ففي المرحلة الاولى تم اختبار العدادات الصغيرة والمتوسطه نسبياً والتي يمكن تركيبها على أنابيب ذات أقطار لاتتجاوز ١٠٢مليمتر (٠٥,١٩,٤،٢٥,٧٥،٣١,٨،٥٠,٢،٦٧,٦،١٠١ملم)، وتحتوي مركبات التجربة ألأولى على مصدر ماء (خزان) مضخة طاردة مركزية وخزان تجميع له حجم ثابت (١،١ متر مكعب) بالأضافة الى شبكة من الأنابيب ذات أقطار مختلفة وأجهزة قياس الضغط ومحابس للتحكم في سريان المياه (شكل١) . وبغرض قياس العدادات التى يتم تركيبها على أنابيب ذات أقطار كبيره (١٥٢,٤و ٢٠٣,٢ ملم) فقد تم ترتيب جهاز اجراء التجارب ليحتوى على مضخة عنفيه

(تربينيه)، محبس تحكم، مقياس ضغط وخزان تصريف مدرج سعته ٨,٦ متر مكعب كما هو موضح فى الشكل (٢).

وقد روعيت عند تركيب وحدات التجربه المتطلبات الأساسية لتقييم وقياس العدادات المقترحة من قبل جمعية أعمال المياه الأمريكية (AWWA) [١٤]. كما أتبعت ايضاً المواصفات المقترحة من قبل الجمعية المذكورة لتركيب العدادات والخاصة بالوضع الأفقي للعداد ومسافات الأنابيب قبل وبعد العداد (١٠ أمثال قطر الأنبوب قبل العداد و ٥ أمثاله بعد الأنبوب) وذالك للتقليل من تأثير اضطراب السريان على القياس.

وقد أجريت القياسات للنوع الدفاعى المزدوج على أربعة عدادات بأقطار مختلفه (١٩,٠٥، ٢٥,٤، ٣١,٧٥و ٣٨,١ملم). أما بالنسبة للعدادات العنفيه فقد أجريت قياسات على تصميمين مختلفين، ألأول: العداد العنفى المغناطيسى الرقمى (ذو التحكم عن بعد) كما فى الشكل (٣) وعلى أقطار أنابيب متفاوته (٥٠,٨٠، ٦٧,٢٠، ١٠١,٦، ١٥٢,٤و ٢٠٣,٢ملم). أما التصميم الثانى فهو المسمى بالعنفى المغنطيسى ويعرف أحياناً بوالتمان وقد أجريت القياسات على القطر ٢٠٣,٢ملم. وتعتبر معظم العدادات المستخدمه فى البحث جديده أو مستعمله لفتره لاتزيد عن عام.

وقد أجريت التجارب بتدوين حجم الماء المسجل على العداد والزمن المنقضى لملىء خزان التصريف وذالك لحساب معدل السريان، وتم اعادة القياسات خمس مرات لايجاد المتوسط للعدادات الدفاعيه المزدوجه والعنفيه عند أقطار أنابيب مختلفه وضغط تشغيل عملى يساوى ٣١٠ كيلوباسكال (٤٥ رطل لكل بوصه مربعه). وحسبت دقة ألعدادات باستخدام العلاقه[١٤]:

$$A = 100\ Qi\ /\ Qt$$

حيث: A= دقة العداد (٪)، Qi = تصرف العداد (l/s) و Qt = ألتصرف ألفعلى (l/s).

وقد قيست درجة الحرارة قبل وبعد كل تجربة ووجد أنها ثابتة تقريباً (٢٢ درجة مئوية للتجارب المعمليه و ٢٨ درجه للتجارب الحقليه) وبمدى لايتجاوز ± ١ ٪ درجة مئوية وبهذا لايكون للزوجة أي تأثير يذكر على النتائج.

وبعد انتهاء التجارب تم فك بعض العدادات وعند فحص الأجزاء الدواره وجد أن بها بعض الرواسب الملحيه.

يحتوى الجدول(١) على نتائج تجارب القياسات ويوضح الجدول بالأضافة الى معدلات التصرف حسابات الدقه فى قراءة العداد كنسبه مئويه من معدل التصرف الفعلى للماء. ويبدو من متوسط النتائج الموضحه فى الجدول لجميع العدادات أنه لاتوجد أى فروق معنويه، ففى جميع الحالات ولفترات قياس متقاربه (short-term tests) نجد أن ألدقه لمتوسط قراءات كل عداد توجد ضمن حدود ± ٥٪ أو أفضل (فى حدود الثقه ٩٥٪ – confidence limit).

والحقيقة أن القراءات المختلفة للقياسات لكل نوع من العدادات ولكل قطر توضح أن هناك تفاوت فى النتائج فللعدادات الدفاعيه المزدوجه نجد أن النسبه المئويه لمتوسط الخطأ تقع ضمن حدود ± ٢٪ أو أفضل بينما تزيد نسبة ألخطأ (ثقل الدقه) فى متوسط العدادات العنفيه المغناطيسيه الرقميه لتصل الى ± ٤,٦٪. أما بالنسبة للعداد العنفى ألمغناطيسى (والتمان) فنجد أن الخطأ لاتتجاوز حدود ±١,٧٪.

وبالنظر الى أداء العدادات على الأقطار المختلفه فيبدو أن النتائج لاتتبع اتجاه معين (trend)، فبينما نجد أن العدادات المركبه على الأنابيب ذات الأقطار الصغيره مثل ٢٥,٤ و ٣٨,١ مليمتر تعطى أفضل نسبة دقه وبحدود ٩٩,٧٪، نجد أيضاً أن العدادات المركبه على الأقطار ١٩,٠٥ و ٣١,٧٥ مليمتر ترتفع فيها نسبة الخطأ لتصل الى أكثر من ٢٪، كما نجد أيضاً ارتفاع فى نسبة الخطأ عند القطر ١٥٢,٤ مليمتر.

وعند مقارنة حدود الدقة المتحصل عليها من التجارب للعدادات المختلفه بالحدود الموصى بها من قبل جمعية أعمال المياه الأمريكيه والتى ترى أنه يجب أن تكون النسبه المئويه للدقه بين ٩٦ و ١٠٢٪ للعدادات الدفاعيه المزدوجه وبين ٩٦ و ١٠٣٪ للعدادات العنفيه، نرى أن جميع العدادات تقع ضمن حدود ألدقه المسموح بها.

وبتقييم العدادات لفحص قابلية التكرار (repeatability) وهى قدرة ثبات قراءات العداد عند التكرار، نجد أن هناك تباين فى نتائج العدادات ولكل قطر، فللعداد الدفاعى المزدوج ذو القطر ٣٨,١ مليمتر، مثلاً، نجد أن القراءات تتراوح بين ٦,٤٠ و ٧,٣٧ ليتر فى الثانيه وبأكبر نسبة خطأ حيث تصل ألى ٩,٦٪ بينما تقل نسبة الخطأ للأقطار الأخرى : ٨,٩٪ (١٩,٠٥ مليمتر)، ٠,٩٪ (٢٥,٤ مليمتر)، ٥,٧٪ (٣١,٧ مليمتر). أما بالنسبة للعدادات العنفيه المغناطيسيه فعند فحص قابلية التكرار للعداد المركب على القطر ١٥٢,٤ مليمتر نجد أن القراءات تتراوح بين ٢٩ و ٣٥ ليتر فى الثانيه وبنسبة خطأ ١٢,٩٪ بينما تقل نسبة الخطأ للأقطار الأخرى كالتالى: ٣٪ (٥٠,٨٠ مليمتر)، ٣,٦٪ (٦٧,٢ مليمتر)، ٢,٨٪ (١٠١,٦ مليمتر)، ٢,٣٪ (٢٠٣,٢ مليمتر). وبالنظر ألى نتائج العداد العنفى المغناطيسى (والتمان)

المركب على قطر ٢٠٣,٢ مليمتر نجد أن القراءات تقع ضمن ٥٩,٦٢ و ٦١,٥١ ليتر فى الثانيه بنسبة خطأ تساوى ٣,٤٪.

ويرجع الأنخفاض فى دقة العدادات الى أسباب عديده لعل أهمها ألتغير فى الخصائص الفيزيائيه والكيميائيه ونوعيه المياه الماره عبر العداد وقلة التزليق (lack of lubrication) للجزء المتحرك والمحتوى على الريش فى العداد. ومصدر أخر للخطأ يحدث عند اجراء التجارب أثناء بداية التشغيل ونهاية التجربه، فعملية التسارع والقصور (acceleration and deceleration) للجزء الدوار قد تعطى معدلين منخفضين عند بداية ونهاية عملية القياس. كذالك ورغم أن التجارب أجريت عند ضغط تشغيل ثابت يساوى ٣١٠ كيلو باسكال (٤٥ رطل لكل بوصه مربعه) الا أن كل عداد قد تكون له معايره عند ضغط معين فيعطى أدق قياس عند ذالك الضغط، وهكذا فالأختلاف عن ضغط المعايره قد يسبب اختلاف فى دقة العداد.

ورغم أن درجة الحرارة فى جميع النتائج المرصوده فى تجارب هذا البحث كانت ثابته تقريباً (± ١ درجه) الاأن ذالك لايقلل من أهمية تأثير درجة الحرارة على أداء العدادات، فمن الثابت أن هناك تأثير مباشر من خلال التمدد الحرارى للأجزاء المتحركة فى العداد وكذالك من خلال التغير فى لزوجة الماء، وقد يصل ألتغير فى معدل ألتصرف للعداد الى ٨٪ لكل عشر درجات [١٥].

ألخلاصه

أجريت تجارب على نوعين من العدادات: الدفاعيه المزدوجه والعنفيه والمستخدمه لأغراض الزراعه وعند أقطار مختلفه وذالك لأختبار دقة القياس فى تلك العدادات. وقد وجد أن متوسط الدقه لجميع العدادات تقع ضمن الحدود الموصى بها من قبل جمعية أعمال المياه الأمريكيه. كما وجد أيضاً أن متوسط ألدقه تتفاوت فهى تزيد فى العداد العنفى عند القطر ١٥٢،٤ مليمتر بينما تقل عند الأقطار الصغيره والمتوسطه للعداد ألدفاعى المزدوج. وهكذا وبناءآ على نتائج هذا البحث يمكن أن نقترح التوصيات العامه ألتاليه:

- يجب التقيد بتعليمات الصانع بشأن مدى درجات الحراره وضغط التشغيل ألمناسب لعمل العداد للحصول على أفضل كفاءة ممكنه.
- تتأثر العدادات بنوعية المياه وبالخصائص الفيزيائيه والكيميائيه لها، لذا وعند تحليل المياه وظهور أى تغير فى تلك الخصائص يجب وضع مرشح قبل جهاز القياس للحمايه.

_ تحتاج العدادات العنفيه والدفاعيه المزدوجه ذات الأجزاء الدواره الى صيانه دوريه تتضمن التنظيف والتزليق (lubrication) لتتغلب على الأحتكاك.

_ يجب عمل اختبارات دوريه للعدادات بمعدل مره كل سنتين على الأكثر كما ينصح بذالك بعض الباحثين [٢]، وقد يحتاج العداد الى معايره جديده.

- لاتعتبر صيانة أو أصلاح العدادات مقبولة إذا كان إختبار الكفاءة أو النسبه المئويه للدقه يعطي قيمة تقل عن ٩٠٪ [14].

References ألمراجع

1. ASCE, 1980. Operation and maintenance of irrigation and drainage systems. American Society of Civil Engineers.

2. Spencer, J.W., 1974. Metering for irrigation for maximum crop yield. Proceedings of the annual technical conference of sprinkler irrigation association.

3. Waterhouse, J., 1982. Water engineering for agriculture. Batsford Academic and Educational Ltd., 400 pp.

4. Replogle, J.A. and G.S. Birth. 1991. Flow. In Instrumentation and Measurement for Enviromental Sciences, 3rd. Ed. by Henry, Z,A. , G.C. Zoerb and G.S. Birth, Editors. Special Publication 05-91 by American Society of Agricultural Engineers.

5. ASME. 1971. Fluid Meters, Their Theory and Applications, 6th. Ed., Edited by Howard S. Bean. Report of ASME Research Committee on Fluid Meters. New York: American Society of Mechanical Engineers.

6. Brain, T.J.S. and R.W.W. Scott. 1982. Survey of Pipeline Flowmeters. J. of Phys. E (Scientific Instruments) 15(10):967-980.

7. Driskell, R.L. 1963. How to select the best flowmeter. Chem. Eng. 70(5) :83-90.

8. USBR (United States Bureau of Reclamation). 1984. Water Measurement Manual, Second Edition (Revised). United States Government Printing Office, Washington, D.C. 327pp.

9. Replogle, J.A., A.J. Clemmens and M.G. Bos. 1992. Measuring Irrigation Water, Ch. 10 In: Management of Farm Irrigation Systems, Edited by: G.J. Hoffman, T.A. Howell and K.H. Solomon. American Society of

Agricultural Engineers, 1040pp.

10. Hayward, A.T.J. 1979. Flowmeters: A basic guid and source book for users. John Wiley and Sons, New York, 179pp.

11. Bralt, V.F., 1986. Field Performance and Evaluation. in: Trickle Irrigation for Crop Production by F.S. Nakayama and D.A. Bucks. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, The Netherlands, pp. 216-240

12. James, L.G. and W.M. Shannon. 1986. Flow Measurement and System Performance. In: Trickle Irrigation for Crop Production, by: F.S. Nakayama and D.A. Bucks. Elsevier Science Publishers, B.V., Amsterdam, The Netherlands, pp. 280-316.

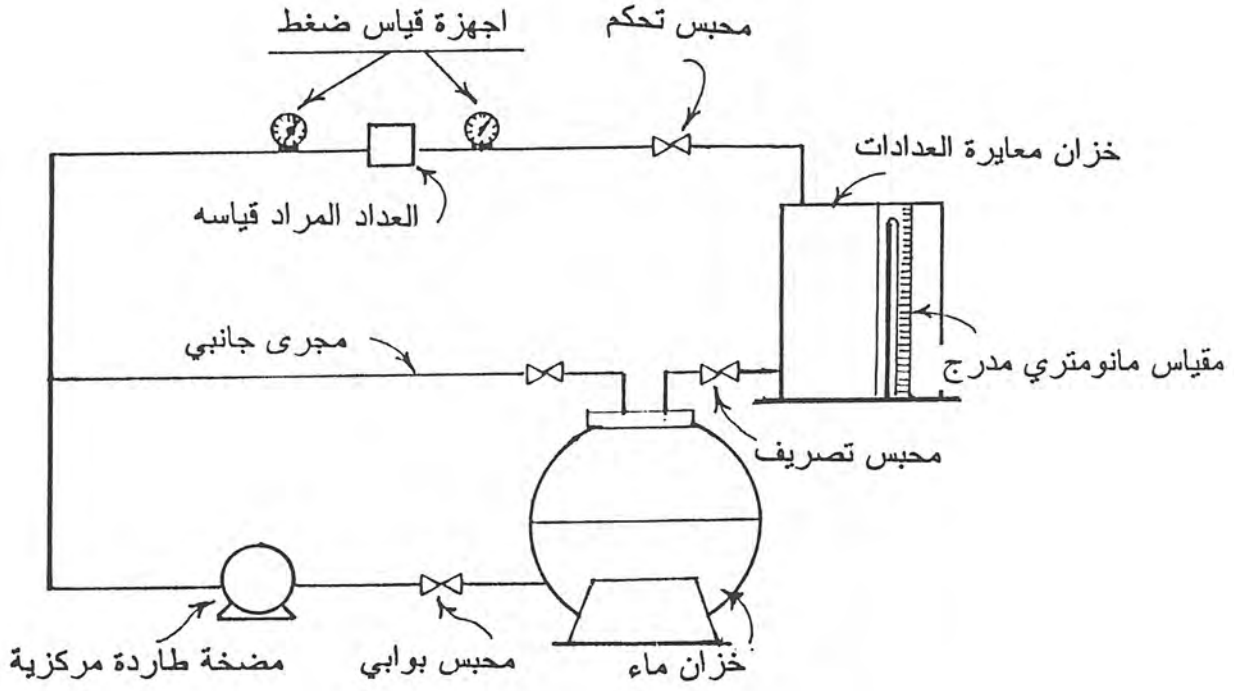
13. GrainLand. 1988. Flowmeter Manual. GrainLand Co., 239 Lincoln Ave., Clay Center, KS 67432, U.S.A., 14pp.

14. AWWA, 1986. Water Meters- Selection, Installation, Testing and Maintenance. Manual M6, 3rd. Ed. American Water Works Association. Denver, Co. U.S.A.

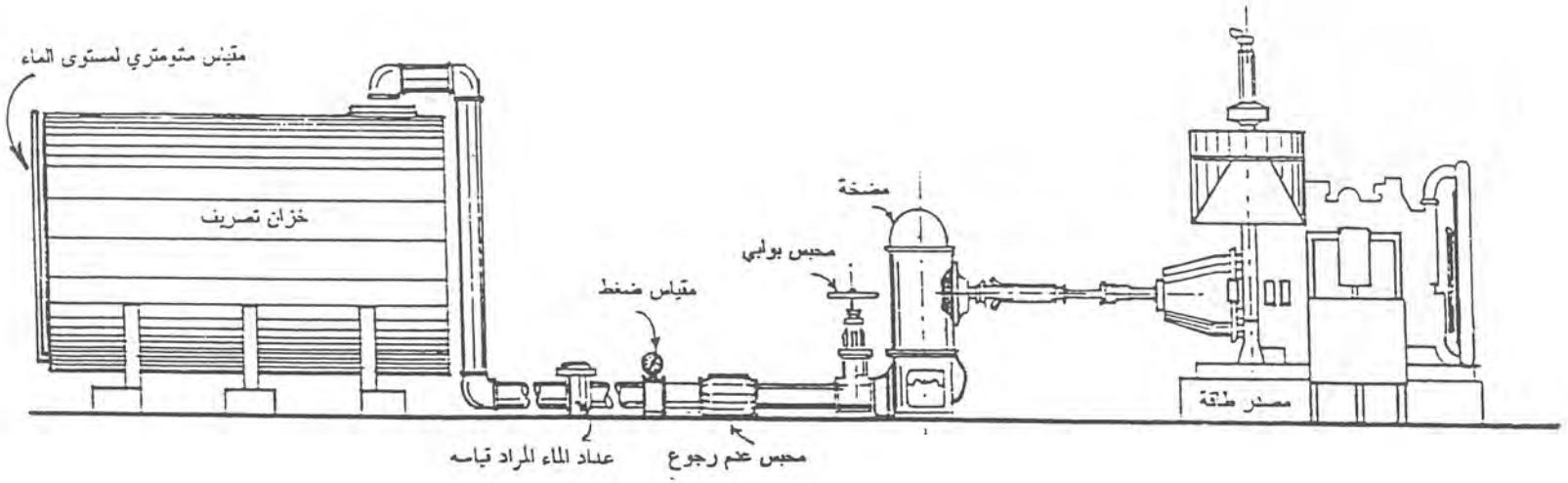
15. Withers, V.R., F.A. Inkley and D.A. Chesters.1971. Flow Characteristic of Turbine Flowmeters. In: Modern Developments in Flow Measurement. Ed. Clayton, C.G., Proceedings of the international conference held in Harwell, 21st-23rd sept. 1971. pp305-320.

جدول (١) نتائج قياسات العدادات

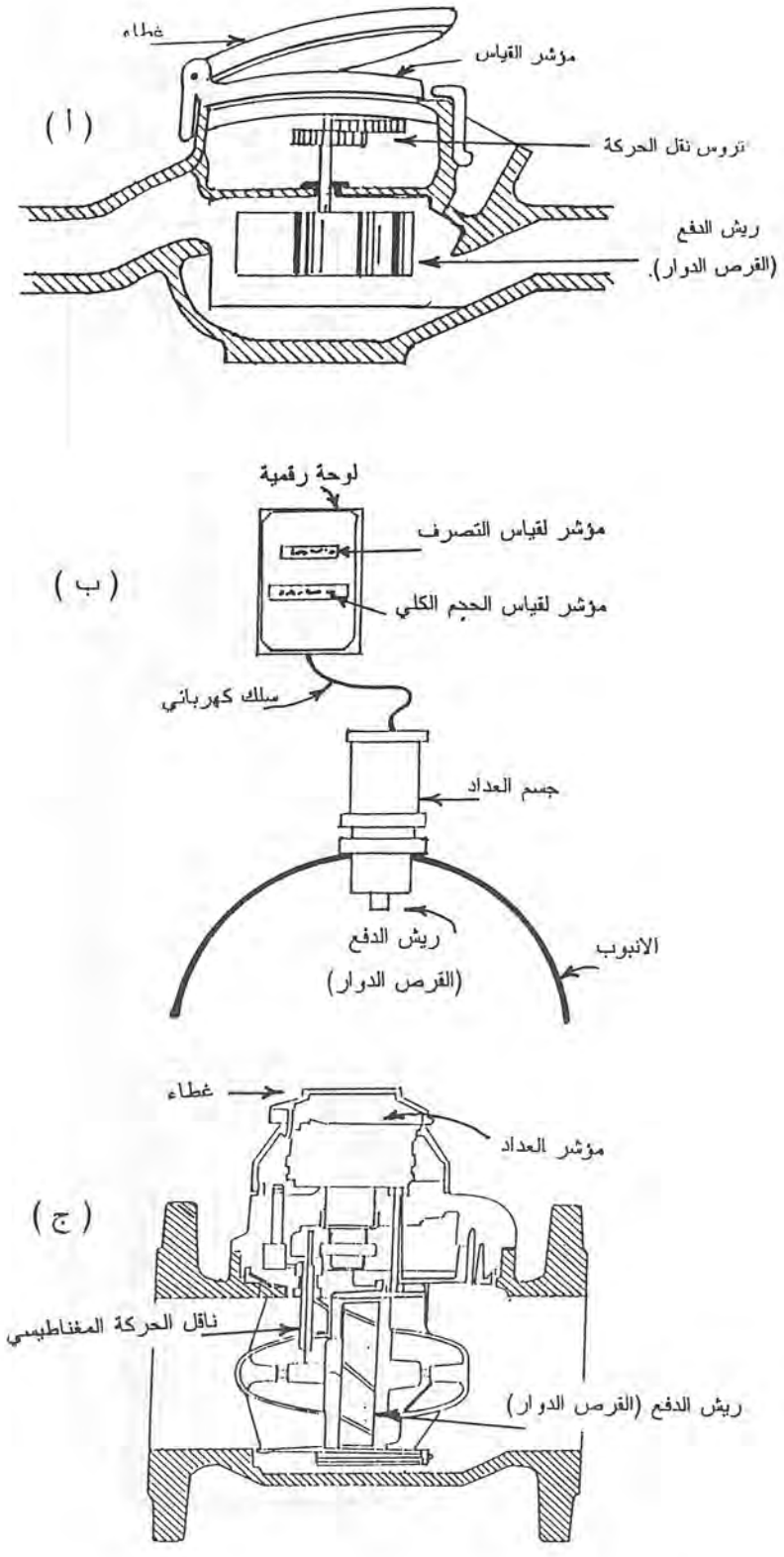
نوع العداد	قطر الأنبوب مم (بوصة)	القراءات												متوسط القراءات		
		قراءة (١)			قراءة (٢)			قراءة (٣)			قراءة (٤)			قراءة (٥)		
		تصرف العداد (لتر/ث)	التصرف الفعلي (لتر/ث)	دقة العداد %	تصرف العداد (لتر/ث)	التصرف الفعلي (لتر/ث)	دقة العداد %	تصرف العداد (لتر/ث)	التصرف الفعلي (لتر/ث)	دقة العداد %	تصرف العداد (لتر/ث)	التصرف الفعلي (لتر/ث)	دقة العداد %	تصرف العداد (لتر/ث)	التصرف الفعلي (لتر/ث)	دقة العداد %	تصرف العداد (لتر/ث)	التصرف الفعلي (لتر/ث)	دقة العداد %
السداسي المزدوج	١٩,٠٥ (٠,٧٥)	١,١٠	١,٢١	٩١,١	١,٢٦	١,٢١	١٠٤,١	١,٢٧	١,٢١	١٠٤,٩	١,٣٠	١,٢١	١٠٧,٤	١,٢٥	١,٢١	١٠٣,٣	١,٢٣٦	١,٢١	١٠٢,١
	٢٥,٤ (١)	٢,٢٤	٢,٢٣	١٠٠,٤	٢,٢١	٢,٢٣	٩٩,١	٢,٢٥	٢,٢٣	١٠٠,٩	٢,٢١	٢,٢٣	٩٩,١	٢,٢١	٢,٢٣	٩٩,١	٢,٢٢٤	٢,٢٣	٩٩,٧
	٣١,٧٥ (١,٢٥)	٣,٢١	٣,٣٤	٩٦,١	٣,٥٣	٣,٣٤	١٠٥,٧	٣,٣٦	٣,٣٤	١٠٠,٦	٣,٤٧	٣,٣٤	١٠٣,٩	٣,٤٧	٣,٣٤	١٠٣,٩	٣,٤٠٨	٣,٣٤	١٠٢,٠
	٣٨,١ (١,٥٠)	٦,٤٠	٧,٠٨	٩٠,٤	٧,٠٠	٧,٠٨	٩٨,٩	٧,٢٨	٧,٠٨	١٠٢,٨	٧,٣٧	٧,٠٨	١٠٤,١	٧,٢٤	٧,٠٨	١٠٢,٣	٧,٠٥٨	٧,٠٨	٩٩,٧
العنفي المغناطيسي الرقمي (ذو التحكم من بعد)	٥٠,٨ (٢)	٨,١٨	٨,٠١	١٠٢,٣	٧,٩٢	٨,٠٠	٩٩,٠	٧,٨٤	٨,٠٠	٩٨,٠	٨,٢٤	٨,٠٠	١٠٣,٠	٧,٩٤	٨,٠٠	٩٩,٣	٨,٠٢٤	٨,٠٠	١٠٠,٣
	٦٧,٢ (٣)	١٠,٥٩	١٠,٥	١٠٠,٩	١٠,٨٨	١٠,٥	١٠٣,٦	١٠,٦٧	١٠,٥	١٠١,٦	١٠,٢٥	١٠,٥	٩٧,٦	١٠,١٨	١٠,٥	٩٧,٠	١٠,٥١	١٠,٥	١٠٠,١
	١٠١,٦ (٤)	١٢,٦٤	١٣,٠	٩٧,٢	١٣,١٨	١٣,٠٠	١٠١,٤	١٢,٦٤	١٣,٠٠	٩٧,٢	١٣,١١	١٣,٠٠	١٠٠,٨	١٣,٢٢	١٣,٠٠	١٠١,٧	١٢,٩٦	١٣,٠٠	٩٩,٧
	١٥٢,٤ (٦)	٣٥,٠٠	٣٣,٣٣	١٠٥	٣٠,٠٠	٣٣,٣٣	٩٠,٠	٣٣,٠٠	٣٣,٣٣	٩٩,٠	٢٩,٠٠	٣٣,٣٣	٨٧,١	٣٢,٠٠	٣٣,٣٣	٩٦,٠	٣١,٨٠	٣٣,٣٣	٩٥,٤
	٢٠٣,٢ (٨)	٥٩,٧٠	٦١,٠٩	٩٧,٧	٦٠,٥٧	٦١,٠٦	٩٩,٢	٦١,٩١	٦١,٧٥	١٠٠,٣	٦١,٥٨	٦٢,٤٠	٩٨,٧	٦٢,٦٥	٦١,٣٤	١٠٢,١	٦١,٢٨	٦١,٥٣	٩٩,٦
العنفي المغناطيسي (والتمان)	٢٠٣,٢ (٨)	٦٠,٤٥	٦١,٠٩	٩٨,٩٥	٦١,٥١	٦١,٠٦	١٠٠,٧	٥٩,٦٢	٦١,٧٥	٩٦,٦	٦٠,٨١	٦٢,٤٠	٩٧,٥	٥٩,٩٢	٦١,٣٤	٩٧,٧	٦٠,٤٦	٦١,٥٣	٩٨,٣



شكل (١) ترتيب مكونات تجربة اختبارات العدادات الصغيره والمتوسطه



شكل (٢) ترتيب مكونات تجربة اختبار العدادات الكبيره



شكل (٣) أنواع العدادات المستخدمه فى التجارب: ا. الدفاعى المزدوج، ب. العنفى المغناطيسى الرقمى ذو التحكم عن بعد، ج. العنفى المغناطيسى (والتمان).

(٩)

الجلسة التاسعة
مياه الصرف الصحي

ماء الصرف الصحي.. جمعه ومعالجته واستصلاحه وإعادة استخدامه

أمل العرادي

ماء الصرف جمعه ومعالجته واستصلاحه واعادة استخدامه

اعداد

أمل عبد المجيد العرادى
وزارة الاشغال والكهرباء والماء
ادارة المجارى
دولة البحرين

الخلاصه :

اعتمدت البحرين من بعد المولى على المصدر الجوفى للماء عبر تاريخها المديد . ولقد ارتبط نموها العمرانى وانشطتها الزراعيه ثم الصناعيه بالماء . ولقد ادى ذلك بالاونه الاخيرة الى تفاقم وضع الماء . اذ قد بلغ حجم استنزاف الماء الجوفى مايقارب ضعف الحد الامن للاستخراج .ولذلك تم وضع خطط وبرامج لوقف الهدر والاستنزاف .ومن سمات الاساس لهذه الخطط والبرامج التوعيه الجماهيريه ثم وضع لوائح الزاميه وتحلية الماء ذى الملوحه المرتفعه واخيرا معالجة مياه الصرف بغرض استصلاح جزء منه لاعادة استخدامه لرى مايمكن ريه به .

ويشمل هذا العرض على مقدمه تاريخيه ومراجعة لمراحل التطور بمجال الصرف والمعالجه واستصلاح الماء لاغراض الرى .ولقد عنى العرض بالجوانب الهامه لسلامة البيئه وصحة الانسان وربطهما بعمليات المعالجة والاستصلاح لما لها من علاقة وثيقه ببعضها وينتهى العرض بوضع توصيتين هما الحاجه للتوجه نحو مزيد من المعالجه والاستصلاح لمياه الصرف والدعوه لتأسيس جمعيه مهنيه تعنى بهذا الشأن على مستوى الدوله والمنطقه .

المقدمـــة :

مع بداية الالف الثانى قبل الميلاد ازداد ازدهار البحرين اذ اصبحت بعد ان كانت غير آهله تقريبا مركزا نشطا يزدهر سكانيا وزراعيا كذلك واستمر ذلك الدور النشط على اوجه حتى اواسط الالف الثانى قبل الميلاد

كما وقد عاودت الاضطلاع بذلك الدور والاهميه كمركز تجارى وسياسى وحافظت على تلك المكانه المرموقه خلال العقود الباقيه من الالف الاول (قبل الميلاد) . الا أن ذكرها تاريخيا بدأ ينحسر مع انحسار الموجهات بين شرق وشمال الخليج . وكذلك لحدوث كساد تلى تلك المواجهات بالعقود الوسطى من الالف الاول (قبل الميلاد) . فالدلائل تؤكد على استمرار محافظة البحرين على ازدهار حتى القرون الاولى بعد ميلاد المسيح عليه السلام .

هذا وقد ارتبط ماسلف كله جملة وتفصيل وبشكل أو اخر بالماء. سواءا كان نضوب الأنهار و البحيرات العذبه بأرض شبه الجزيرة العربية أو وجود الينابيع و المصادر الجيدة للماء على ارض هذه الجزيرة فانها قد وضعت البحرين بمركز متميز على خط التجارة البحرية (وحتى البرية) من الشرق و الجنوب الى الشمال وكذالك الغرب .

وقد يكون من المناسب عرض الشكل (1) والذي يمثل واقع حال المصدر الجوفي للماء على جزيرة المنامة خاصة وكذالك المحرق وغيرهما والمبين عليه قدرات الطبقات المدرة و مقدار الدفع كماكانت حتى أواسط هذا القرن . ولقد ارتبط الازدهار العمراني و السكاني و الزراعي بالثروة المائية كمايمكن استنباط عند مقارنة خطوط الضغط و الدفع بالشكل أو التجمعات السكانية منذ القدم حسب المبين على الشكل (2) فوضع الماء على أرض شبة الجزيرة عامة والبحرين خاصة حدث بها تغيرات تاريخية وأخرى بالآونة الأخيرة . ولقد تمثلت هذة التغيرات الطارئة مؤخرا (وخلال الربع الأخير من هذا القرن) بالاستنزاف الهائل والمريع والذي كان من السلبيات التي بذرتها الثروة النفطية على هذة الأرض .ولكن لم يترك الأمر بدون تدخل من الجهات المعنية بالحفاظ على هذه الثروة النادرة . فقد عمد الى وقف الاستنزاف. وذالك بوضع خطط وبرامج مدروسة. وكان من أهم بواكير هذه الخطط و البرامج مايلي :-

1- التوعية كأسلوب للحد من الاستنزاف و ترشيد الاستخدام .
2- وضع لوائح الزامية للحد من الاستنزاف .
3- تحلية الماء ذي الملوحة المرتفعة نسبيا وحتى ماء البحر ان لزم .
4- معالجة ماء الصرف واستصلاحه بغرض اعادة الاستخدام .

العرض:

لقد ادت الطفرة النفطية وعلى مدى الربع الاخير من هذا القرن الى تحقيق معدلات نمو وازدهار حضاري وعمراني وصناعي وحتى زراعي بكافة دول مجلس التعاون . ولقد كان لدولة البحرين نصيب من ذلك كله , ومع ذلك فقد ابرز هذا التقدم الهائل من بين ثناياه سلبيات وتبعات التقدم والازدهار , ومن بين اهم هذه السلبيات هو ماواكب النمو المتسارع من استنزاف للمصادر الجوفية للماء العذب . فعلى سبيل المثال فان دولة البحرين قد واجهت عبر العقدين الماضيين تصاعداً بالطلب على استخراج الماء الجوفى . اذ قد تجاوز الاستخراج الحد الآمن (والذي تم التوصل اليه فيما بعد عبر الدراسات والمرجعات الرياضية) . حيث ان الاستخراج قد بلغ ان لم يكن قد تجاوز بالفعل 170 بليون لتر سنويا مقارنة بالحد الآمن وهو بحدود 90 بليون لتر سنويا { 3 }.

ان المراد بالصرف والمعالجة هو الاشارة الى الانشطة التي يتولاها قسم الصرف بادارة المجاري بوزارة الاشغال والكهرباء والماء لتوجيه جزء من ماء الصرف (الحضري والقروي) نحو اعادة استخدامه من قبل ادارة الزراعة بوزارة التجارة والزراعة والهيئة البلدية المركزية ، وكذلك بعض المزارع الخاصة حسب ماتراه ادارة الزراعة . كما وان لقسم الصرف دور اخر قد يكون الاس الفاعل لنشاطها , الا وهو الحد من تلوث البيئه . اذ أن الممارسات القديمة كانت تفرض صرف كميات من الماء المبتذل دون معالجة كافية الى البيئه وخاصة البيئة البحرية . وحيث ان دولة البحرين تتكون من ارخبيل يتجاوز عدد جزره الثلاثين (30 وزياده) فان للبيئة البحرية اهمية خاصة بحياة الانسان وكمصدر لرزقه عبر العصور بفضل المولى القدير .

وهكذا فقد تم وضع خطط وبرامج يتولى قسم الصرف القيام على تنفيذها منذ مطلع العقد المنصرم وتدعو هذه البرامج والخطط الى معالجة ماء الصرف من المدن والقرى واستصلاح جزء منه لاعادة استخدامه . هذا ولقد تم تطوير مرافق المعالجة والاستصلاح وتوسعتها عبر عقد من الزمان واهم هذه المرافق واكبرها هو مرفق توبلي للمعالجة والاستصلاح . ويبين الجدول (1) المرافق العامله حاليا بدولة البحرين . ولقد مرت أعمال الصرف والمعالجه والاستصلاح بمراحل عبر الزمن تم خلالها التوسع وتطوير الأساليب والانماط المتبعة . واتسمت هذه المراحل بما يلي :

1- التسريب والترشيح الارضي باستخدام البيارات .
2- بناء شبكات صرف .
3- المعالجة الاولية والثانية قبل توجيه ماء الصرف الي البيئة .
4- استصلاح جزء من ماء الصرف بغرض اعادة الاستخدام .

البيارات (البلاعات) :

لقد عرفت البحرين نظم التسريب والترشيح الارضي من البيارات منذ امد طويل . ولقد مرت هذه النظم عبر مراحل تطور عده كان اخرها البيارات المنزلية المغطاة والمعزولة جزئيا وتلي ذلك ادخال نظم الحبس والتهوية الانبوبية وبالنهاية تم ربط هذه البيارات بالشبكات كمرحله . ويبين الجدولين (2 ،3) بعض جوانب تلك الانشطة {3 }.

شبكات الصرف :

لقد كان لبدايات ادخال شبكات الصرف سلبياتها وخاصة من حيث القاء الماء المبتذل بالبحر دون معالجه كافية . ولقد اقيم العديد من هذه الشبكات خلال العقود الاربع الماضية اى على مدى نصف قرن من الزمان تقريبا . ولقد اقيمت تلك الشبكات لخدمة المدن والحواضر والقرى . ولقد تراوح اتساعها بين تلك التي تخدم 300 وحتى 2500 فرد حسب المناطق {3 } ويمكن الرجوع الى الجداول (1،2،3) للتعرف على تلك الانشطة وقدرات المعالجة الجزئية (الاحادية والثنائية) والشبكات .

المعالجة الجزئية (الاحادية والثنائية) :

لقد تم اقامة عدد من المرافق التي تقوم بمعالجة جزئية لكامل الماء الوارد اليها او جزء منه قبل القاء الماء بالبحر كما فى شكل (3).
وكما هو واضح بالشكل فانه بالامكان اعتبار مرفق توبلي اكبر هذه المرافق واهمها .

الاستصلاح بمرفق توبلي (المعالجة الثلاثية) :

يشمل المرفق الرئيسي لمعالجة ماء الصرف بدولة البحرين اي مرفق توبلي على العناصر الاساسية للمعالجة وذلك لصرف جزء من الماء الوارد اليه الى البحر بما يتفق وتلك المتطلبات . كما وتم توجيه الباقي بعد اجراء عملية الاستصلاح الضرورية لاغراض الري . ولقد تم التوسع بعملية الاستصلاح بهذا المرفق . ويجدر بالذكر ان الماء المستصلح يخدم اغراض ري المزروعات العشبيه والتجميلية لشوارع الميادين , والثمار غير المتناولة دون طبخ . فمن المهم التاكيد عليه هنا ان ري المزوعات يجب ان يقتصر على ذات الثمار التي يتم اكلها بعد الطبخ وليس التي يمكن تناولها وخاصة مايتم تناول اوراقها وجذورها كالبقل والقثاء والفوم والبصل .

ولتأكيد سلامة الماء المستصلح للاغراض المشار اليها سلفا فلقد تم اعداد الشكلين (4ـ5) والذي يظهر بهما وعلى الترتيب معدلات المواد العضوية القابلة للتأكسد ومجمل المواد الصلبة العالقة بالماء .

كمايظهر بالجداول (4 الى 9) بيانات عن المحتويات الاخرى وصفات الماء المستصلح بمرفق توبلي .

عملية نقل وتوزيع المياه المعالجة :

تنقل المياه المعالجه الى خمسة خزانات حيث تستقبل هذه المياه بعد تعقيمها وهي تتواجد في منطقه عذاري والبحير وعالي وبوري ومدينة حمد كماهو مبين في الشكل (6) ، سعة كل خزان 4 الاف متر مكعب وجميع هذه الخزانات خاضعه لأشراف وزارة التجاره والزراعه في تحديد نوع المحصول وافضل الطرق المتبعه في عملية الري , فكما نعلم فانه في بداية مشروع اعادة استخدام مياه الصرف الصحي من قبل وزارة الزراعه والهيئه البلدية غطت مساحة الري475 هكتار, منها 156 هكتار من الاراضي الزراعيه التجريبيه والمقتصره على عملية التشجير وزراعة الاعلاف ثم تم بعد ذلك توصيل حوالي 210 هكتار من المزارع الخاصه والتي يبلغ عددها 105 مزرعه خاصه وايضا تم توصيل هذه المياه المعالجه الى حوالى 70 هكتار من الاراضي التابعه للهيئه البلدية حيث يتم حاليا استخدام 40 الف متر مكعب في اليوم لاغراض الري فقط ويظهر في الشكل (7) معدل استهلاك المياه المعالجه فى السنوات الماضيه

وقبل الولوج الى خاتمة هذا العرض والتوصيات يلزم الاشارة الى الملحق 1 والذي يوجز عمليات انتاج الاوزون المستخدم بعملية الاستصلاح (المعالجة الثلاثية) بمرفق توبلي وكذلك الملحق 2 والذي يسرد التفاعلات والمعادلات الكيميائية والتي تستند اليها عمليات معالجة واستصلاح ماء الصرف قبل اعادة استخدامه .

الخاتمة :

توجد هناك عشر محطات لمعالجة مياه الصرف الصحي في البحرين وهي جميعها تعالج مياه المجاري بطريقة الحمأه المنشطة ACTIVATED SLUDGE ماعدا محطة واحده تعالج مياه الصرف الصحي بطريقة البرك الهوائيه OXIDATION POND وتعتبر محطة توبلي لمعالجة المياه الملوثة TUBLI WATER POLLUTION CONTROL CENTER المحطة الرئيسة من حيث المساحة وكمية المياه المتدفقة اليها حيث كانت تستقبل يوميا 54 الف متر مكعب فى بداية

124 الف متر مكعب فى اليوم وتستقبل المحطة فى الوقت الحاضر 154 الف متر مكعب يوميا من المخلفات المنزلية حيث يتم فصل المواد الصلبة ذات الحجم الكبير كما هو مبين في الشكل(8) ثم ترسل الى احواض التهوية حيث تعتمد المعالجة اعتماد اساسيا على البكتريا والأوكسجين المتوفر حيث يتم أكسدة المواد العضوية المعقدة وتحويلها الى مواد بسيطة التركيب ثم يتم فصل المواد الصلبة عن المواد السائلة وذلك في احواض الترسيب والناتج النهائي لهذه المياه بعد ان يتم فصله عن الحمأه المنشطة القسم الأكبر منه يهدر الى البحر حوالي 100 الف متر مكعب يوميا والقسم الباقي 40 الف متر مكعب يتم تحويله الى احواض الترشيح حيث يعالج بغاز الكلور ثم بغاز الاوزون لأتمام عملية التعقيم ثم تجرى التجارب للتأكد التام من صلاحية الماء المستصلح لاغراض الري .

التوصيات :

1- حتى يتم الحفاظ على الثروة المائيه في البلاد يجب تطوير محطات الصرف الصحي والمحافظة عليها ومن ثم التوسع في استغلال المياه المعالجة في الزراعة وغيرها ، وبذلك يتم الحفاظ على الابار الجوفية وتقليل استهلاك الماء والحفاظ على السواحل البحرية .
2- ومن هذا المنطلق تقوم الحاجة لتأسيس هيئه تقوم على متابعة مايصدر من امور تتعلق بالصرف الصحي واعادة استخدام المياه المعالجة حتى يتسنى للجميع استغلال المعلومات والتقنيات في تخطيط مستقبل الصرف الصحي واستخداماته التوسعية .

المراجع :

1- الشيخه مي علي الخليفة ومايكل رايس (المحرران) (البحرين عبر العصور) 1986م .
2- محمد بن عبد الكريم الصوفي ، (تنمية مصادر الماء) ، وثائق مؤتمر الخليج الاول لماء – دبي 1992م .
3- سامي دانش ومحمد الانصاري ، (ماء الصرف المعالج بدولة البحرين خيارات الاستخدام) ، وثائق المؤتمر العلمي الرابع للتحلية واعادة استخدام المياه ، العاصمة الامريكية واشنطن ، 1991م .
4- دوكان ماراوا سرني كيرن كروس ، اللوائح المنظمة لاستخدام ماء الصرف المعالج والمستصلح لاغراض الري الزراعي . منظمة الصحه العالمية .
5- عبد الجليل زينل وبيج ، (تلوث الماء على شواطئ البحرين بفعل ماء الصرف) ، مركز البحرين للدراسات والبحوث 1980م .
6- توم بانكرات (معالجة الماء المبتذل) لون ودك للنشر هيوستن ، تكساس ، الولايات المتحدة الامريكية 1993م .

شكر وتقدير :
وبالختام تجدر الاشادة بالشكر والتقدير لجهود العاملين بهذه المرافق وبقسم الصرف الصحى لادارة المجاري ومصارف المياه بوزارة الاشغال وسواهم ممن اسهم باخراج هذا العمل ولله الحمد والشكر والسلام .

الملحق 1 :

كيفية انتاج غاز الاوزون :

1- يتم تمرير الهواء الجوى عبر مرشحات الهواء وذلك للتخلص من الاتربة والغبار كما هو مبين بالشكل (9)

2- يبرد الهواء عن طريق المبادلة الحرارية اليه من 120 درجة مئوية الى 30 درجة مئوية ثم يمرر الى المبادلة الثانوية وتخفض الحرارة الى 7 درجات مئوية حيث يتم التخلص من جزء كبير من بخار الماء .

3- يمر الهواء عبر مجففات الهواء التي تحتوي على مادة الالومينا ويتم بذلك التخلص من بخار الماء كليا .

4- بعد تصفية الهواء وتجفيفه يمرر الى جهاز انتاج الاوزون وهو عبارة عن اقطاب كهربائية ذات جهد عالي يصل من 14 الف فولت الى 20 الف فولت حيث يتم تاين غاز الاكسجين عند درجة حراره اقل من 30 درجه مئوية داخل الجهاز فتتحد ثلاث ذرات او كسجين مكونه غاز الاوزون الذي يضخ في الحال الى خزان مياه الصرف الصحي .

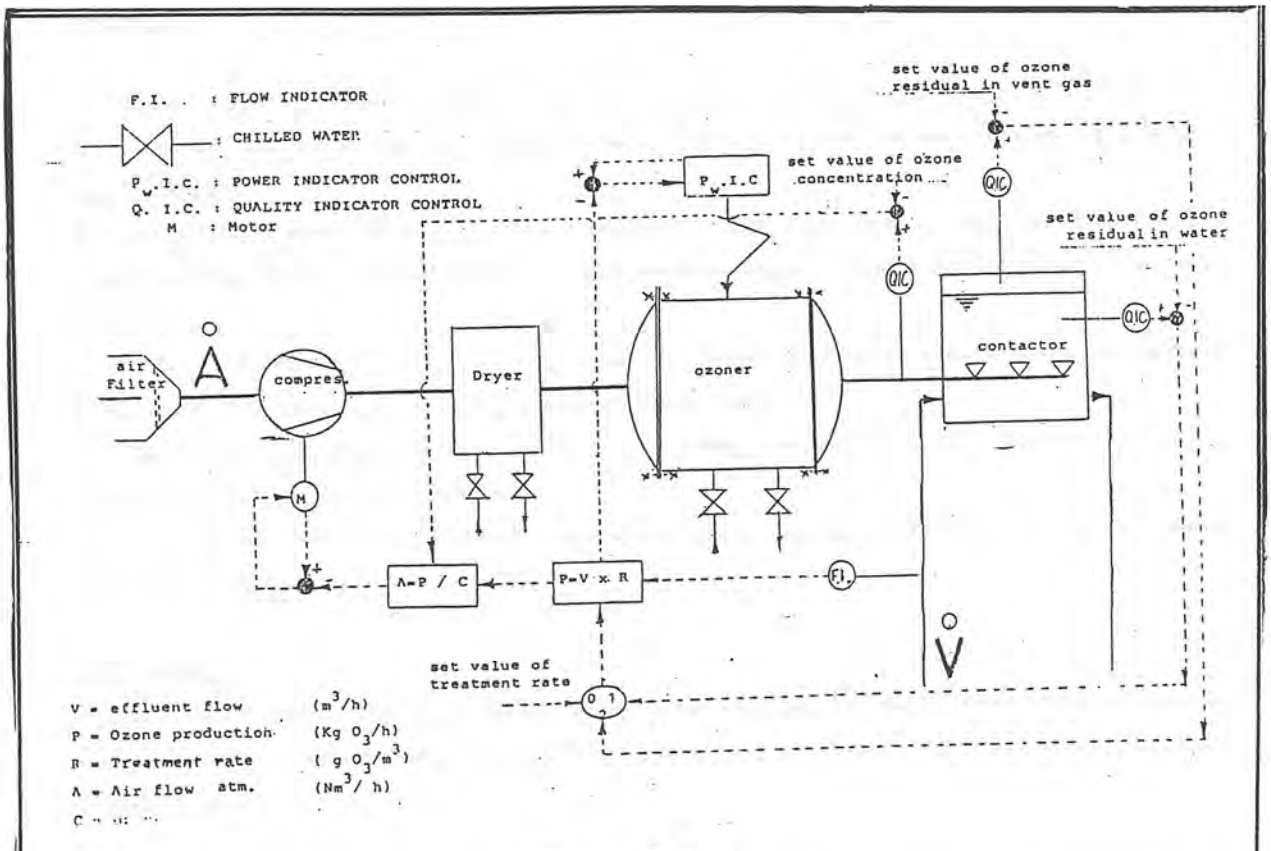


Figure (9)

الملحق 2 :

التفاعلات و المعادلات الكيميائية

1 _ عند استخدام وضخ غاز الكلور في الماء فانه يتفاعل مع الماء كما هو مبين في المعادله التاليه

$$CL2+H2O \Longrightarrow HOCL+H + CL$$

HYPOCHLOROUS ACID

ثم يتم انفصال HYPOCHLOROUS في الماء

$$HOCL \Longrightarrow H + OCL$$

HYPOCHLORITE ION

ولوحظ ان HYPOCHLOROUS ACID لـه تـاثير اقـوى مـن HYPOCHLORITE ION فـي القضاء على الفيروسـات فتركيز 0.5-1 ppm مـن HYPOCHLOROUS ممكـن ان يقضـى علـى 99.9% من الفيروسات في مدة 30 دقيقه ، بينما فـي حالـة ضـخ غـاز الاوزون الـى المـاء بنسـبة تركيز 0.3ppm يتم القضاء على الفيروسات بنسبة 99 9% لمدة دقيقتين وعندما يزداد التركيز الى 4ppm فانه يتم القضاء بنسبة تصل الى 100%-99.9% لفترة 1_ 5 دقائق

2 _ وجد ان زيادة تركيز الكلور المضخ الى المـاء فـي اثنـاء عمليـة التعقيم حيث يتفـاعل الكلـور المتبقي مع المواد العضويه المتواجده في المياه حيث ينتج مركبا عضويـا سـاما يكـون احـد اسـباب مرض السرطان ، اما في حالى ضخ غاز الاوزون فانه يقلل مـن المـواد العضويـه حالـه وجودهـا حيث يفككها الى جزيئات اصغر بواسطة ذرات الاوكسجين .

3 _عند ازدياد تركيز غاز الكلور في الماء المعالج بواسطة غاز الاوزون فـان غـاز الكلـور يقلـل من كفاءة غاز الاوزون

4 _ صفاء ونقاوة المياه المعالجه المستخدمه في الري تعتمد على عدة عوامل :

ا _ مباشره :

_ نسبة تعكر المياه (TURBIDITY) القادمه من احواض الترسيب

_ كمية الاوكسجين و المواد الصلبه الموجوده في احواض التهويه

_ مدة بقاء المياه في احواض الترسيب (RETNTION TIME) .

ب _ غير مباشره :

_ الازدياد الطارئ في كمية تدفق مياه الصرف الصحي

_ مياه الامطار

_ التقلبات الجويه

_ المخلفات الصناعية

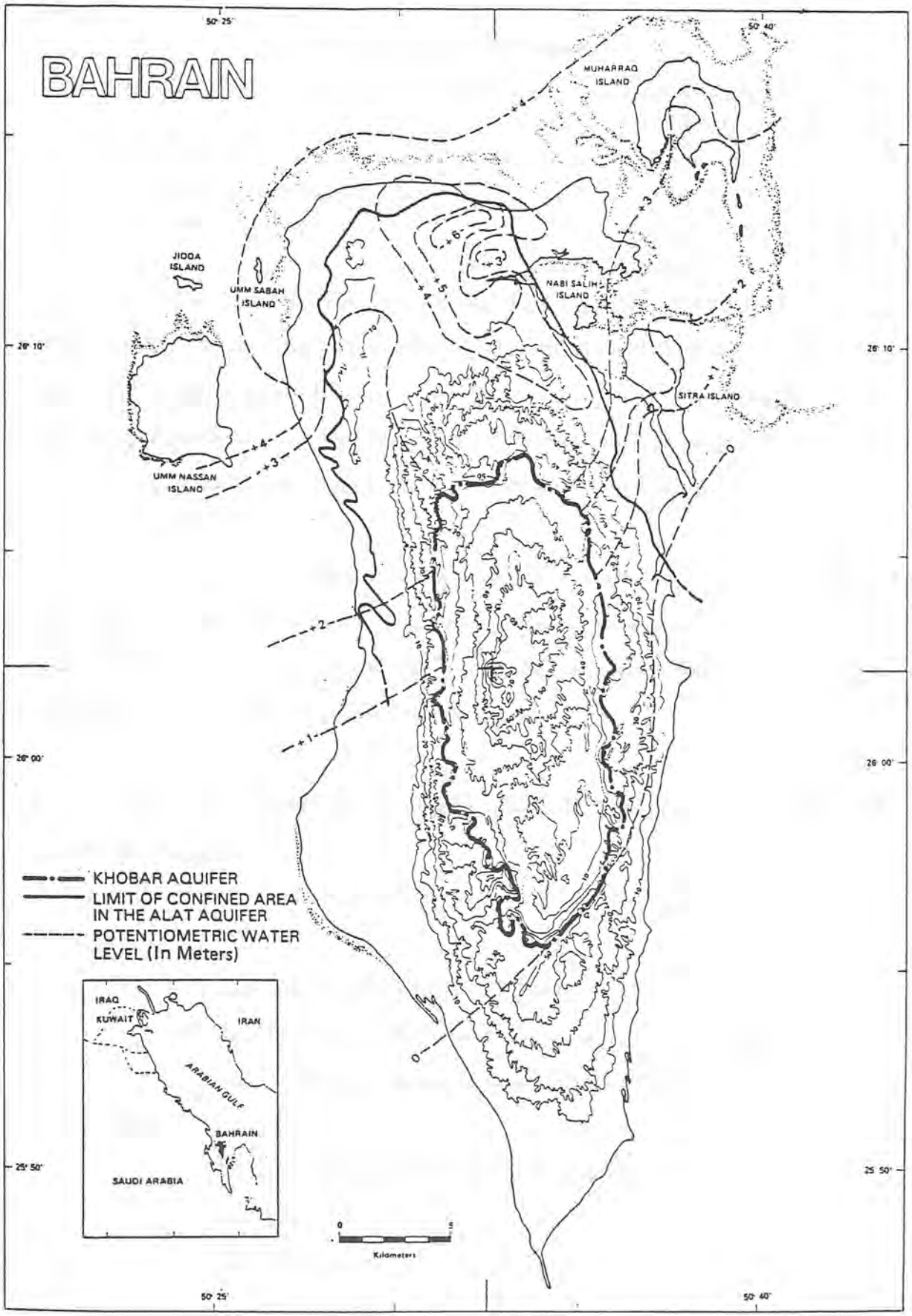

BAHRAIN
MUHARRAQ ISLAND
JIDDA ISLAND
UMM SABAH ISLAND
NABI SALIH ISLAND
SITRA ISLAND
UMM NASSAN ISLAND
50° 25'
50° 40'
26° 10'
26° 00'
25° 50'
KHOBAR AQUIFER
LIMIT OF CONFINED AREA IN THE ALAT AQUIFER
POTENTIOMETRIC WATER LEVEL (In Meters)
IRAQ
KUWAIT
IRAN
ARABIAN GULF
BAHRAIN
SAUDI ARABIA
Kilometers

Figure (1)

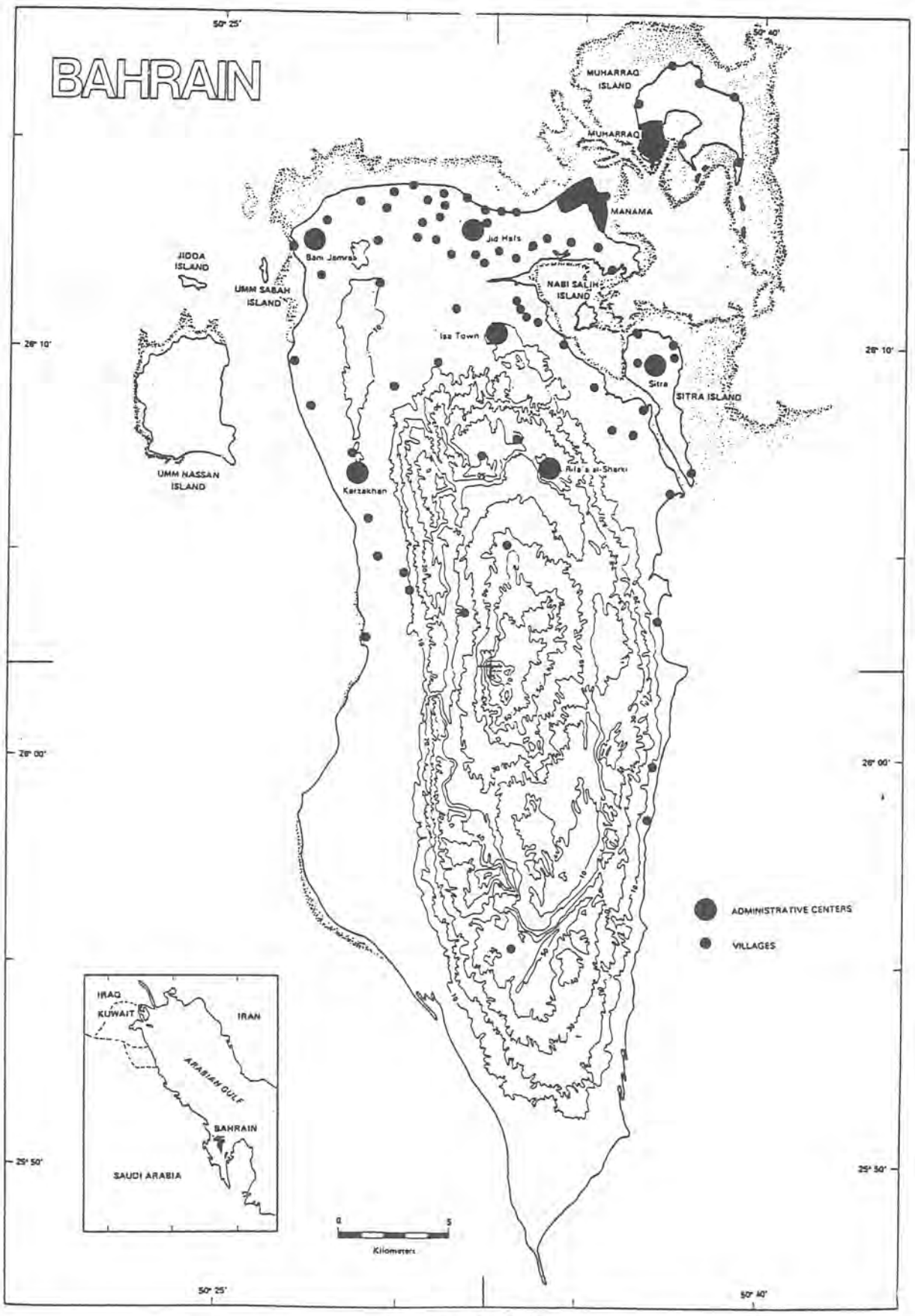

BAHRAIN
MUHARRAQ ISLAND
MUHARRAQ
MANAMA
Jid Hafs
Sami Jamrah
JIDDA ISLAND
UMM SABAH ISLAND
NABI SALIH ISLAND
Isa Town
Sitra
SITRA ISLAND
UMM NASSAN ISLAND
Karzakhan
Ali'a al-Sharki
ADMINISTRATIVE CENTERS
VILLAGES
IRAQ
KUWAIT
IRAN
ARABIAN GULF
BAHRAIN
SAUDI ARABIA
Kilometers
50° 25'
50° 40'
26° 10'
26° 00'
25° 50'

Figure (2)

Table (1) **TREATMENT PLANTS OPERATED BY SDOM OR PREDECESSOR**

PLANT	POPULATION (DESIGN)	FLOW (DESIGN) m3/d	TYPE	DATE	
				COMMISSIONED	DECOMMISSONED
Tubli WPCC	450,000	124,000	EA	1982	
North Sitra	25,000	5800	EA	1985	
Budaiya	8000	2840	EA	1985	1994
Nuwaydirat	6460	1760	OP	1980	
Askar	1250	288	EA	1982	
East Riffa	1000	384	EA	1975	1993
Dumistan	650	130	EA	1985	
Zallaq	500	115	EA	1981	1993
Sitra 76	800	126	EA	1976	1992
Sitra 77	400	64	EA	1977	1993
AGU	1679	504	EA	1986	
Bani Jamrah	1900	462	EA	1981	1988
VIP	100	30	EA	1990	
Jasrah			RBC	1988	
Saffra	2500	576	EA	1975	1986
BDF W.Riffa	2500	576	EA	1975	1986
Jau	1500	408	EA	1988	
South Alba	3000	900	EA	1994	

EA= Extended Aeration Activated Sludge

OP= Oxidation Ponds

RBC= Rotating Biological Contactor.

Table (2)

population on piped sewerage in the urban center of Bahrain

urban center	present population	% of population			
		STP	Sea	soakaway	drain
muharruq/Arad	54000	-	38	27	35
manama	148000	62	<0.5	20	18
Isa Town	27000	100	-	-	-
Riffa'a	28000	22	-	-	-
Hamad T own	20000	100	-	-	-
Est. Total (urban)	277000	52	7	24	17

Table (3)

summary of urban and rural areas served by sewerage

Development type	present population	% of population			
		sewerage to		septic tanks to	
		stp	sea	soakaway	drain
urban centers	277000	52	7	24	17
Rural area	124200	22	3	73	2
Overall totals	401200	43	6	39	12

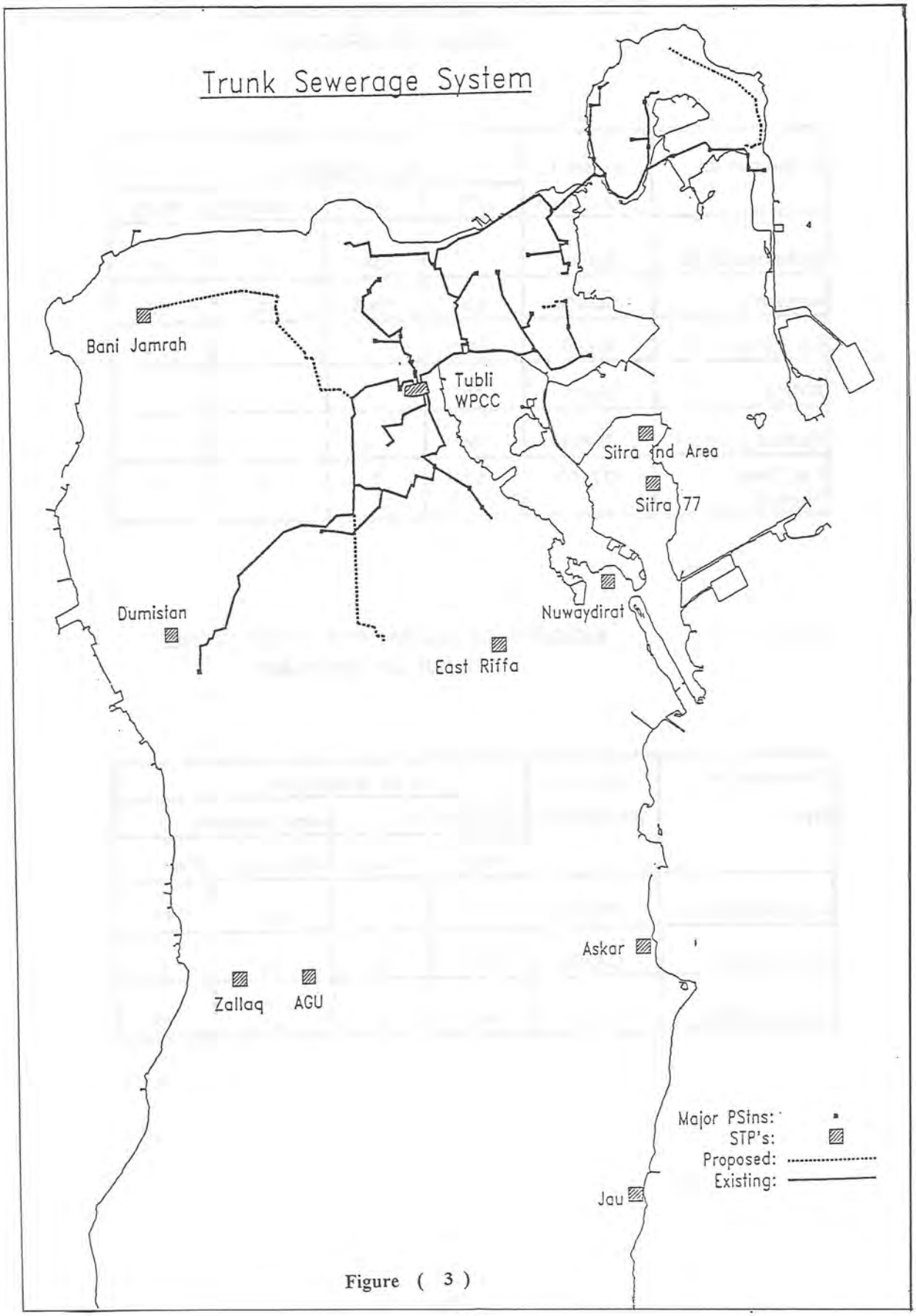
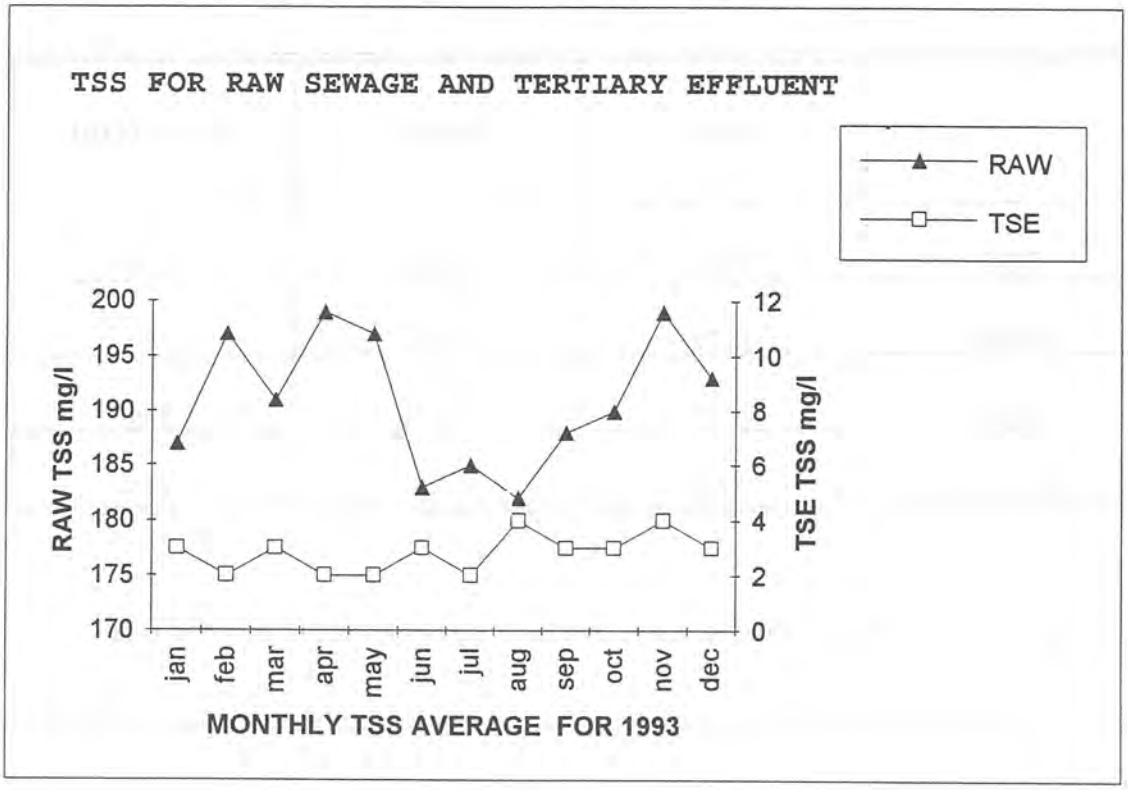

Trunk Sewerage System
Bani Jamrah
Tubli
WPCC
Sitra Ind Area
Sitra 77
Dumistan
Nuwaydirat
East Riffa
Askar
Zallaq
AGU
Jau
Major PStns:
STP's:
Proposed:
Existing:

Figure (3)

TUBLI WATER POLLUTION CONTROL CENTER

REMOVAL OF BOD AND TSS AT TWPCC



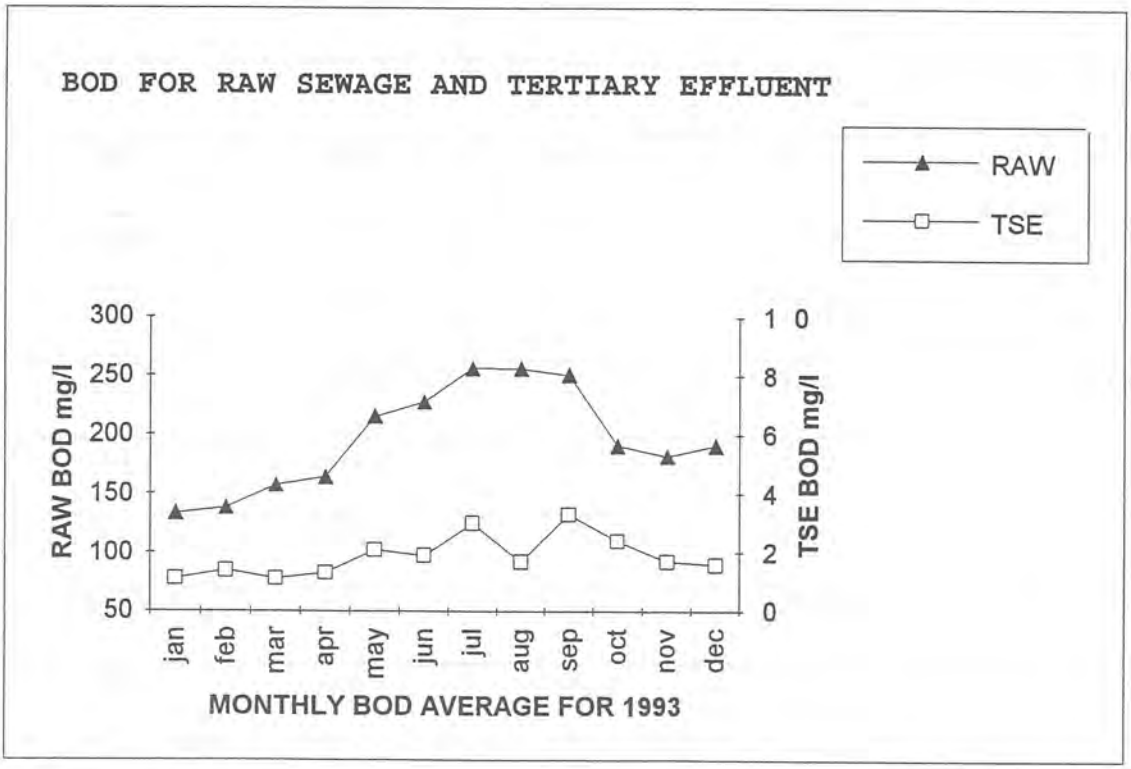


FIGURE (4) (5)

Table (4) Project Quality of Tubli Effluent in (ppm)

	1983	Recent	Year 2000
TDS	5000	3200	2200
Sodium	1170	640	460
Chloride	2250	1150	850
Sulphate	750	520	430

Table (5) Heavy Metal Concentration (ppm) in Secondary Effluent .

Metal	Month			
	Mar . 88	Mar .89	Mar . 90	Sep .90
Cadmium	0.005	0.002	0.001	0.001
Lead	0.01	0.005	0.006	0.001
Chromium	0.01	0.003	0.001	0.001
Copper	0.01	0.005	0.22	0.35
Nickel	0.01	0.01	0.000	0.001
Iron	0.05	0.01	0.000	0.141
Aluminum	0.01	0.01	0.000	0.000
Zinc	0.01	0.005	0.063	0.000
Mercury	0.002	0.0002	0.006	0.004

Table (6) Helminths and Protozoa Found in the rew sewage Tubli and Nuwaidrat works

Parasite	From	Density	Frequency Occurrence (% of all samples)
Helminths			
Strongyloides	ova	Mod-high	High (100 %)
Strecoralis	ova	Moderate	Moderate (100 %)
Hookworm	ova	Moderate	Low (15 %)
Acsaris Iumbricoides	ova	Low	Moderate (40 %)
Trichuris Trichiura	ova	Moderate	V . Low
Enterobius Vermicularis			
Protozoa Giardia Iamblia	Cyst	Moderate	V . Low

Table (7) Parasites in Secondary & Tertiary effluent of Tubli WPCC

Parasite	From	Density distribution (no . of samples) *		
		High	Moderate	Low
S . Strongyloides	Larvae	1	7	2
Hookworm	Ova	1	1	2
T . trichiura	Ova	1	1	2
E . Vermicularis	Ova	-	-	1
A . Iumbricoides	Ova	-	1	-
***S . Stercoralis	Larvae	1	1	4
*** Hookworm	Ova	-	-	1

* Total of 10 samples .

*** Tertiary Effleunt

Table (8)

TUBLI WATER POLLUTION CONTROL CENTER

YEARLY AVERAGE FOR RAW SEWAGE 1993

MONTH	FLOW	TEMP	H2S	PH	COND	TSS	VSS	COD	BOD	NH3
JANUARY	130599	26.2	9.7	7.3	5081	187	135	333	133	17.2
FEBRUARY	171107	25.2	7.7	7.4	5171	197	132	343	138	16.5
MARCH	161496	26.8	10.2	7.3	4935	191	153	420	157	20.9
APRIL	164363	24.4	16.7	7.3	5170	199	154	403	164	22.8
MAY	165137	29.5	15.9	7.3	5039	197	149	388	215	26.4
JUNE	170916	31.8	32.3	7.2	5487	183	148	387	228	23.5
JULY	161917	32.5	25.2	7.3	5435	185	142	389	257	25.4
AUGUST	164022	32.4	28.8	7.4	5539	182	139	372	256	26.2
SEPTEMBER	131562	32.7	22.4	7.4	5607	188	132	388	251	25.1
OCTOBER	122607	31.8	19.9	7.4	5929	190	154	413	191	25.3
NOVEMBER		29.2	12.7	7.4	5470	199	154	404	182	27.7
DECEMBER		27.3	11.8	7.3	4697	193	151	422	191	27.5
MIN	122607	24.4	7.7	7.2	4697	182	132	333	133	16.5
MAX	171107	32.7	32.3	7.4	5929	199	154	422	257	27.7
AVERAGE	154373	29.2	17.8	7.3	5297	191	145	389	197	23.7

Table (9)

TUBLI WATER POLLUTION CONTROL CENTER

YEARLY AVERAGE FOR TSE 1993

MONTH	FLOvv	TEMP	PH	TURBID	COND	TSS	VSS	COD	BOD	NH3	BR-	F.COLI	PARASITE
JANUARY	5907	23.0	7.4	0.2	4850	3	1	36	1.1	0.14	15.6	NIL	0.1
FEBRUARY	15720	23.0	7.5	0.1	5057	2	1	23	1.4	0.05	14.0	1.4	0.1
MARCH	20931	24.2	7.5	0.2	4743	3	1	45	1.1	0.11		0.1	0.3
APRIL	24720	26.5	7.4	0.1	4720	2	1	41	1.3	0.12	18.0	0.2	0.3
MAY	23506	27.8	7.5	0.1	4639	2	1	48	2.1	0.39	15.5	14.2	1.0
JUNE	25214	29.6	7.4	0.1	4873	3	1	43	1.9	0.44	15.6	0.9	0.3
JULY	26682	31.0	7.4	0.1	4895	2	1	40	3.0	1.05	15.2	0.8	1.0
AUGUST	28124	31.6	7.5	0.1	5071	4	1	45	1.7	0.59	15.7	2.2	1.3
SEPTEMBER	27716	31.2	7.5	0.2	5113	3	1	33	3.3	1.46	17.7	0.6	3.1
OCTOBER	26539	29.8	7.5	0.1	5410	3	1	48	2.4	1.47	15.0	8.0	3.0
NOVEMBER	24825	27.1	7.5	0.1	5078	4	2	53	1.7	1.62	14.4	10.0	3.0
DECEMBER	22552	25.0	7.4	0.1	4213	3	1	29	1.6	2.05	11.7	0.6	2.8
MIN	5907	25	7.4	0.1	4213	2	1	23	1.1	0.05	11.7	NIL	0.1
MAX	28124	32	7.5	0.2	5410	4	2	53	3.3	2.05	18.0	14.2	3.1
AVERAGE	22703	29	7.5	0.1	4835	3	1	39	1.9	0.78	15.0	3.5	1.4

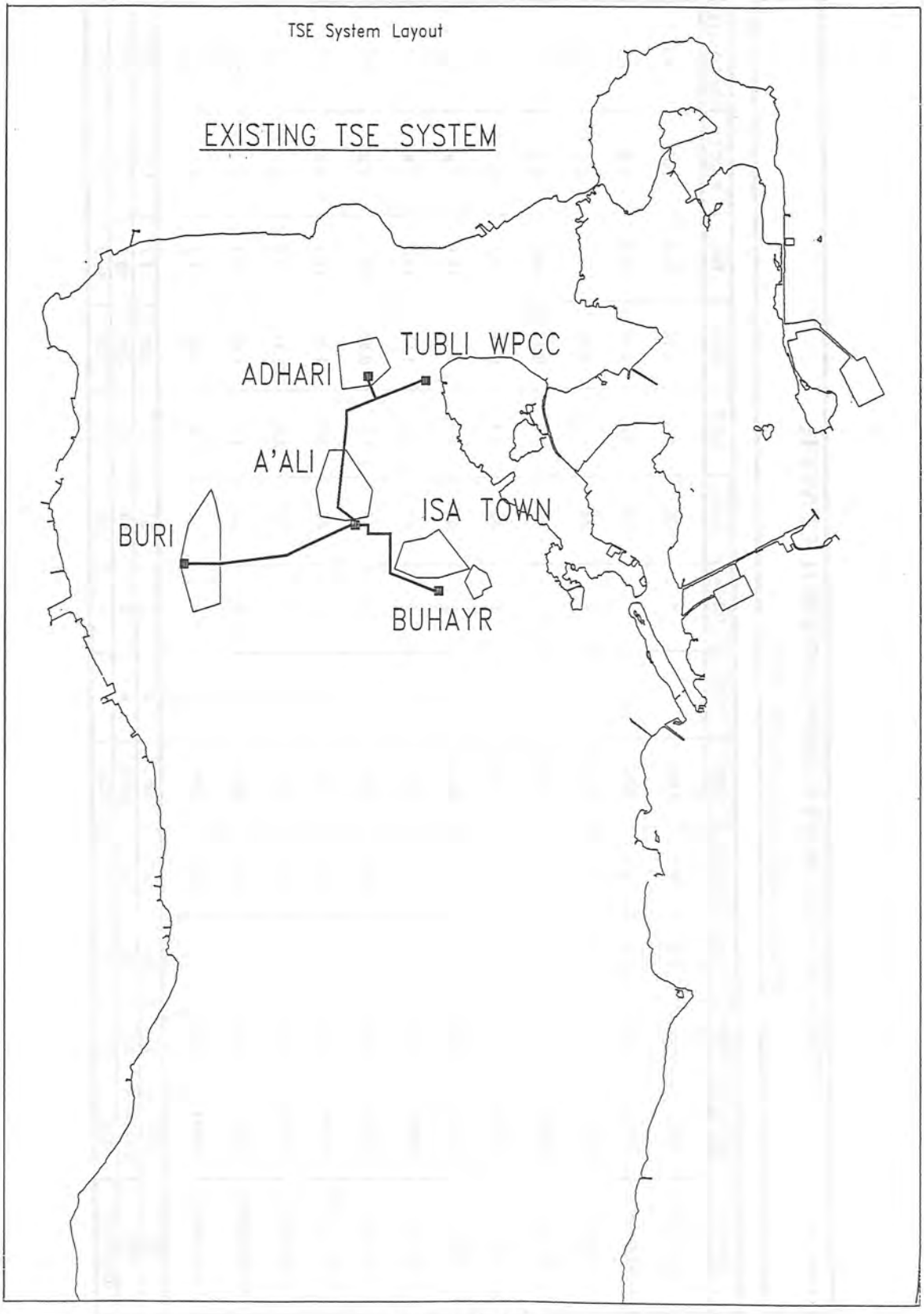

TSE System Layout
EXISTING TSE SYSTEM
TUBLI WPCC
ADHARI
A'ALI
ISA TOWN
BURI
BUHAYR

Figure (6)

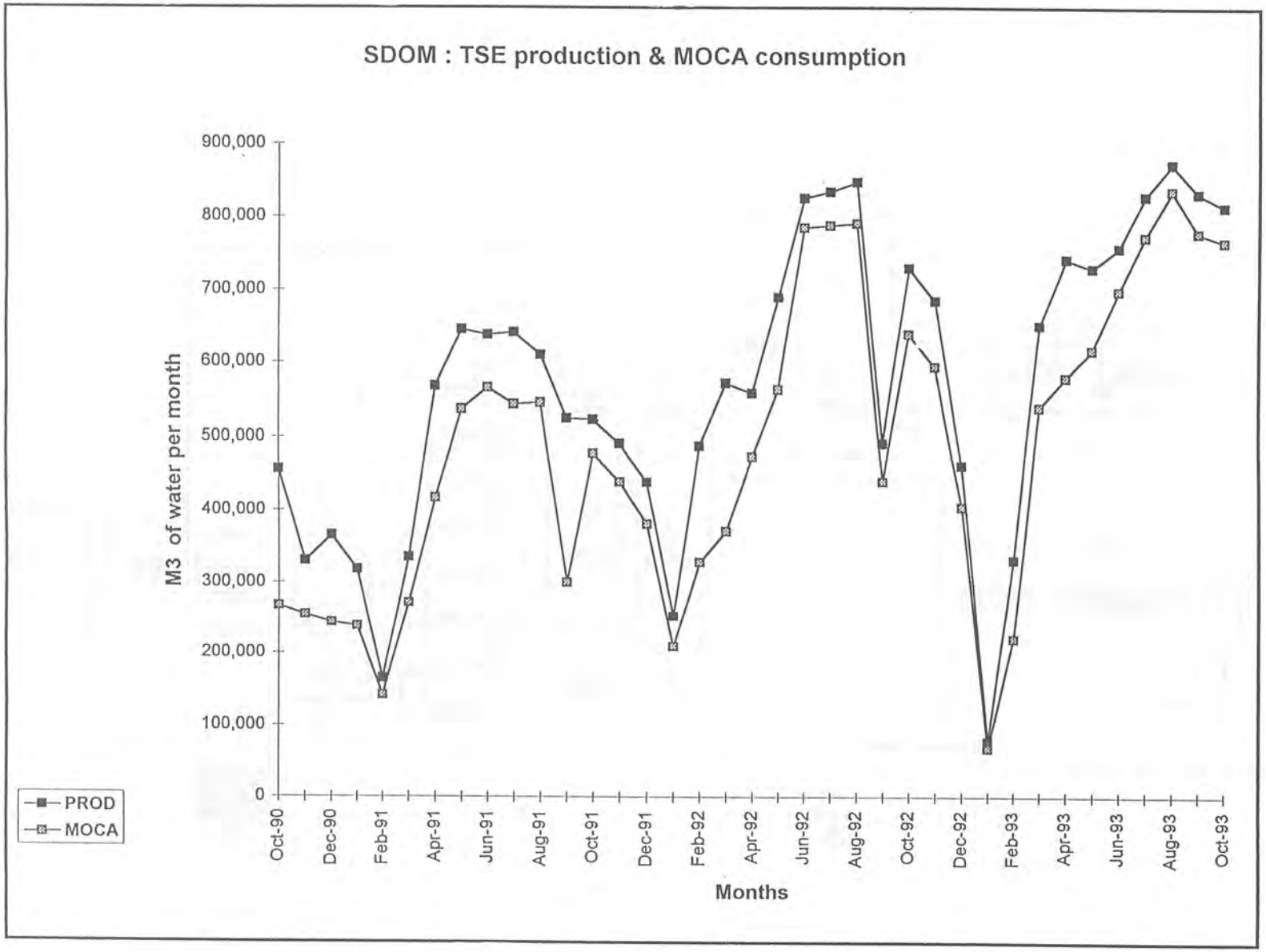
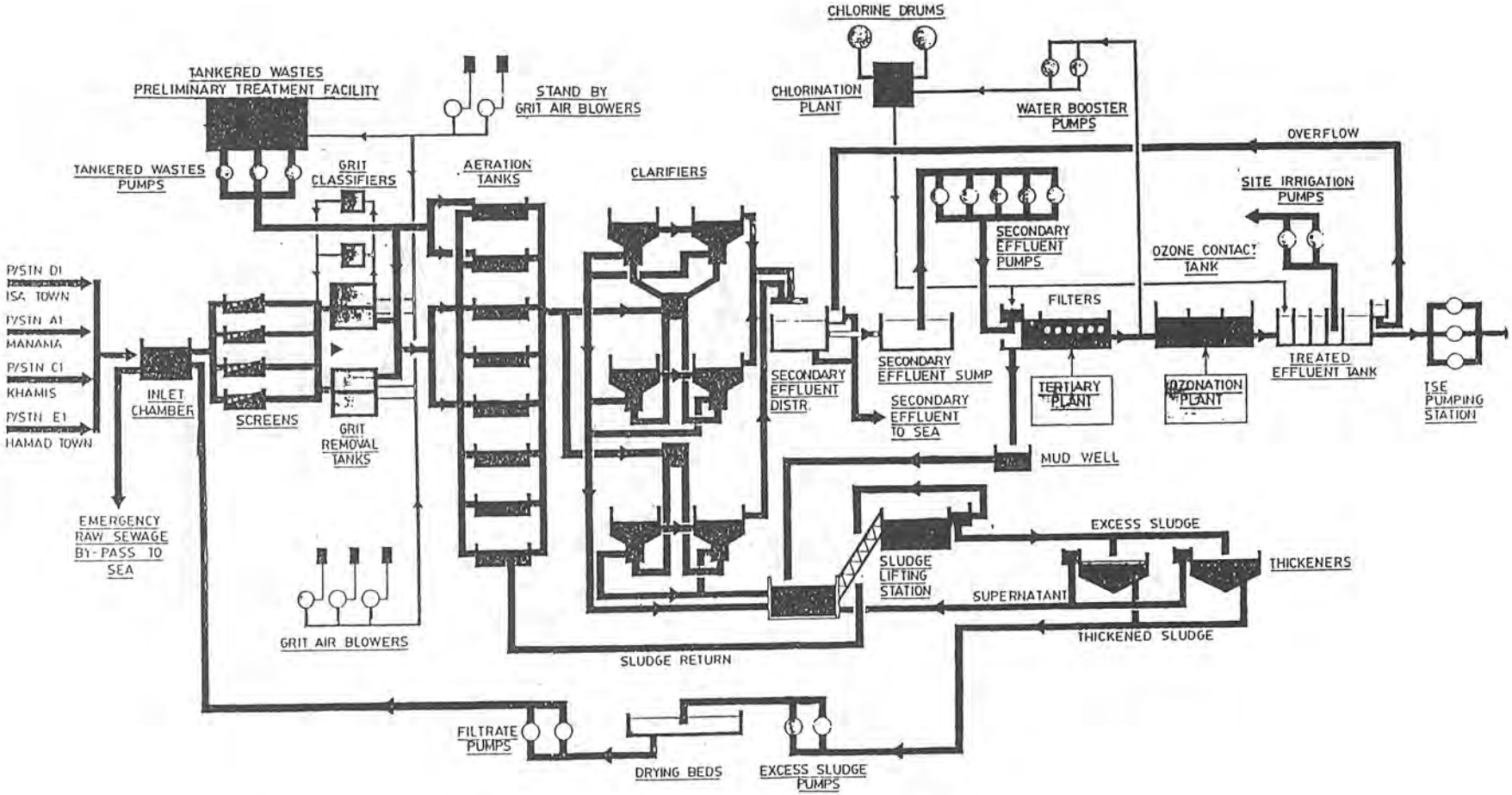

SDOM : TSE production & MOCA consumption
M3 of water per month
900,000
800,000
700,000
600,000
500,000
400,000
300,000
200,000
100,000
0
PROD
MOCA
Oct-90
Dec-90
Feb-91
Apr-91
Jun-91
Aug-91
Oct-91
Dec-91
Feb-92
Apr-92
Jun-92
Aug-92
Oct-92
Dec-92
Feb-93
Apr-93
Jun-93
Aug-93
Oct-93
Months

Figure (7)


CHLORINE DRUMS
TANKERED WASTES
PRELIMINARY TREATMENT FACILITY
STAND BY
GRIT AIR BLOWERS
CHLORINATION
PLANT
WATER BOOSTER
PUMPS
OVERFLOW
TANKERED WASTES
PUMPS
GRIT
CLASSIFIERS
AERATION
TANKS
CLARIFIERS
SITE IRRIGATION
PUMPS
SECONDARY
EFFLUENT
PUMPS
OZONE CONTACT
TANK
P/STN D1
ISA TOWN
P/STN A1
MANAMA
P/STN C1
KHAMIS
P/STN E1
HAMAD TOWN
FILTERS
INLET
CHAMBER
SCREENS
GRIT
REMOVAL
TANKS
SECONDARY
EFFLUENT
DISTR.
SECONDARY
EFFLUENT SUMP
SECONDARY
EFFLUENT
TO SEA
TERTIARY
PLANT
OZONATION
PLANT
TREATED
EFFLUENT TANK
TSE
PUMPING
STATION
MUD WELL
EMERGENCY
RAW SEWAGE
BY-PASS TO
SEA
EXCESS SLUDGE
SLUDGE
LIFTING
STATION
THICKENERS
SUPERNATANT
GRIT AIR BLOWERS
THICKENED SLUDGE
SLUDGE RETURN
FILTRATE
PUMPS
DRYING BEDS
EXCESS SLUDGE
PUMPS

Figures (8)

(١٠)

الجلسة العاشرة
مياه الشـــــــرب

المياه المعدنية الطبيعية المعبأة وخواصها البكتيرية

بدر أحمد ناشي

المياه المعدنية الطبيعية المعبئة وخواصها البكتيريولوجية

بدر أحمد الناشي

طالب دكتوراه بجامعة ستراثكلايد / جلاسكو- إسكتلندا ، مدرس مساعد في قسم علوم الأغذية / كلية العلوم الصحية - الهيئة العامة للتعليم التطبيقي والتدريب - الكويت

* الملخص :

المياه الطبيعية المعدنية - حسب التعريف القانوني - هي منتج غير معالج مستخرج من مصدر في باطن الأرض محمي طبيعيا . وهي تختلف بصورة أساسية عن مياه الينابيع أو مياه الشرب العادية التي تعتمد علي المعالجة لتصبح صالحة للشرب . لذلك وحسب التعريف لابد أن تحتوي المياة الطبيعية المعدنية المعبئة علي البكتيريا الموجودة طبيعيا في بيئة مصدر هذه المياة. وتبقي هذه البكتيريا حية إلي مرحلة التعبئة لأنها لا تخضع لأية معالجات ، أما في مرحلة ما بعد التعبئة في القناني فإن تكاثر هذه البكتيريا يتبع النمو الطبيعي والذي يتأثر بصورة أساسية بظروف التخزين .

ورغم عدم وجود أدلة كافية علي وجود أخطار صحية لهذه البكتيريا إلا أنها أصبحت محط أهتمام وقلق السلطات الصحية في عدة بلدان وخاصة بسبب الإنتشار الواسع والإستهلاك الكبير لهذه المياة في السنوات الأخيرة وبالأخص في الدول الحارة (كدول مجلس التعاون الخليجي) فهناك إستهلاك كبير لهذه المياه بسبب حرارة الجو وإحتياج الإنسان إلي كمية كبيرة من المياه يوميا مما يجعل هذه الدول أسواقا طبيعية للمياه المعبئة والمبردة . هذا الإهتمام المتزايد من قبل الجهات المسئولة عن صحة المستهلك دفع العديد من الباحثين لدراسة هذه المياه من جميع جوانبها الصحية والعوامل المؤثرة في سلامتها .

وتتطرق هذه الورقة إلي التركيب البكتيريولوجي للمياه المعدنية الطبيعية المعبئة سواء الموجود منها طبيعيا (Autochthonous Microflora) أو البكتيريا التي تأتي عن طريق التلوث الخارج (Allochthonous Microflora) . كما تتطرق الورقة إلي العوامل والظروف التي تؤثر في نمو وحياة هذه الميكروبات بعد التعبأة . وإلي بعض الطرق التقليدية المستخدمة حاليا للكشف عن العدد الكلي للبكتيريا الحية ومقارنتها مع بعض الطرق السريعة و الحديثة

وتخلص الورقة إلي أن الزيادة الكبيرة وغير المقبولة للبكتيريا في بعض الحالات تتطلب تقييم موثوق به قبل إستخدامها كشراب بديل للأطفال الرضع والأشخاص الحساسين من البكتيريا .

* المقدمة :

شهدت السنوات العشر الماضية زيادة كبيرة في إستهلاك المياه المعدنية الطبيعية ، فقد تضاعفت مبيعاتها في الأسواق بشكل واسع جداً، وأصبحت تحتل المركز الأول في قائمة المشروبات غير الكحولية .حيث وصل ما أنتج من المياه المعدنية الطبيعية في أوروبا إلي ٢٣ مليار لتر عام ١٩٩٢م ، وفاق معدل الإستهلاك في أربع دول أوروبية أكثر من (١٠٠ لتر) سنوياً لكل نسمة . وزاد إنتاج هذه المياه في إيطاليا مثلا بمعدل ٢٤٪ (Fortuna,E 1993) وإرتفعت مبيعاتها في بريطانيا لتصل إلي ٢٩٧ مليون جنيه إسترليني (Hunter 1993) .

أما في الدول الحارة في الشرق الأوسط ودول الخليج العربي فإن إرتفاع درجات الحرارة إلي أكثر من ٥٠° م في الصيف ، حيث يستهلك الإنسان ما يقارب ٦-٧ لترات من الماء يومياً ، يجعل هذه الدول أسواقاً طبيعيةً للمياه المعبأة والمبردة ، فعلي سبيل المثال فقد وصل معدل إنتاج شركة الروضتين العاملة

في دولة الكويت (ذات عدد السكان القليل) الي (١٨) مليون لتر في السنة .

ويعزي السبب في هذا الإنتشار والإرتفاع العالمي في إنتاج المياه المعدنية الطبيعية إلي القلق والشك الذي يساور المستهلكين في سلامة مياه الشرب العادية العامة من جراء وجود طعم أو رائحة غير مرغوبة ينتج من المواد المضافة مثل الكلور أو الفلورايد ، كما يعزي كذلك إلي ما واكب التطور في هذا العصر من إهتمام بصورة متزايدة بالصحة وإتباع الحمية في التغذية ، والتحول الواضح لدي عموم الناس في عادات الشرب من المرطبات الغازية السكرية أو الكحولية إلي المياه المعدنية بشكلها الطبيعي الجذاب ، بالإضافة إلي الإعتقاد الشائع لدي الناس بأن هذه المياه خالية من الميكروبات وتحتوي فوائد غذائية وصحية عديدة .

وعلي أية حال فإن سرعة إنتشار المياه المعدنية الطبيعية المفاجئ أدي الي جذب إهتمام العديد من مجموعات حماية المستهلك الذين يقلقهم هذا الإنتشار الواسع والمفاجئ لهذه المياه والتي تباع علي أساس أنها نقية وخالية من الميكروبات ، في حين إنها قد تكون أقل نقاءاً من الناحية البكتيرولوجية من ماء الشرب العادي الذي نحصل عليه من الصنبور في البيت (Anon 1991,1989).

إن الغرض من هذه الورقة هو تقديم تقييم مختصر وعام للمحتوي البكتيريولوجي للمياه المعدنية الطبيعية ، والمواصفات القانونية التي تنظمها ، وأهم العوامل التي تؤثر في نمو وحياة هذه الميكروبات بعد التعبأة، وإلي بعض الطرق المستخدمة للكشف عن هذه البكتيريا .

* التعريف :

المياه المعدنية الطبيعية هي مياه صحية في الناحية الميكروبيولوجية ويكون مصدرها في باطن الأرض محمي طبيعيا وتستخرج عن طريق الحفر أو النبع الطبيعي ، وتتميز عن مياه الشرب العادية من خلال عدد من النقاط :-

١- أن لها محتوي محدد ومميز من العناصر والمواد المعدنية ، لا يقل (عادة) عن ١٠٠٠ ملغ / لتر وقد يختلف هذا المحتوي حسب قوانين الدول .

٢- يتم الحصول علي هذه المياه مباشرة من طبقات في باطن الأرض أما بالتدفق الطبيعي أو بالحفر .

٣- تعبأ في قناني خاصة بها قرب مصدرها الطبيعي بطرق صحية ، وتمنع كثير من الدول نقل هذه المياه بخزانات كبيرة للتعبئة في أماكن أخري .

٤- لا تخضع لأية معالجات سوي الفلترة (الترشيح) لإزالة الشوائب العالقة أو إضافة ثاني أكسيد الكربون ، كما أن هذه المياه يجب ألا تعقم بالبسترة أو الأشعة فوق البنفسجية ، ولكنها تعبأ تحت شروط صحية جيدة .

لذلك فمن خواص هذه المياه المهمة أنها (حية / Live) كما يقال أي تحتوي علي بكتيريا وهذا شيء لا يستيدعي الخوف أو الحذر بل قد يكون هو مصدر الفائدة من هذه المياه . كما ينطبق ذلك علي اللبن الرائب (Green , 1985) .

لقد كان من الضروري لكثير من الدول أن تتبني مواصفات محددة للتأكد من نقاء و سلامة هذه المياه بعد التعبأة ، ولذلك يحظر القانون في الدول الأوربية مثلاً إستخدام مصطلح « مياه معدنية طبيعية » إلا عندما يحافظ الماء علي خواصه التي يتمتع بها في مصدره الأصلي أو في النبع ، أما المياه الأخري (المياه المعدنية المصنّعة أو المياه السطحية أو مياه الشرب) فيكون مسموح إخضاعها لمعالجات معينة قبل التعبئة .

ويمكن تقسيم المياة المعدنية الطبيعية إلي قسمين : ساكنة /غير غازية (Still) ، أو غازية / فوارة (Sparkling / Effervescent) وكما هو معروف فإن المياه الغازية تطلق غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) تحت الظروف العادية المحيطة من الحرارة والضغط .

وقد تم تقسيم المياه المعدنية الطبيعية الغازية إلي ثلاث أقسام رئيسية حسب القوانين الأوروبية (E.E.C. Directive 1980) وهي :

١- مياه معدنية طبيعية ومكربنة طبيعيا (Naturally Carbonated Natural Mineral Water): وهي التي يكون محتواها من غاز ثاني أكسيد الكربون بعد التعبئة هو نفسه الموجود بالمصدر .

٢- مياه معدنية طبيعية مضاف لها الغاز من نفس المنبع (Natural Mineral Water Fortified with Gas From the Spring) : حيث يكون محتواها من الغاز (CO_2) بعد التعبئة أكثر من محتوي الماء في المصدر .

٣- مياه معدنية طبيعية مكربنة (Carbonated Natural Mineral Water):وهي مياه أضيف لها غاز(CO_2) من مصدر آخر غير المصدر الذي أستخرجت منه تلك المياه .

* التركيب الميكروبيولوجي للمياه المعدنية الطبيعية .

تحدد القوانين الأوروبيةللمياه المعدنية الطبيعية الأعداد التقريبية الكلية للمستعمرات الميكروبيولوجية في أطباق البيئة الغذائية (الآجار/ أجار) كالآتي : (وهذه الأعدادتعتبر مقياس معياري وليس قيماً عليا للأعداد المسموح بها) :

أ- في المصدر: العدد الكلي للمستعمرات البكتيرية الحية يجب أن لا يزيد عادة عن ٢٠ خلية / مل عند ٢٠ – ٢٢° م بعد ٧٢ ساعة ، و ٥ خلايا /مل عند ٣٧° م بعد ٢٤ ساعة . بحيث تعطي هذه الأعداد دليلاً كافياً علي حماية هذا المصدر من جميع الملوثات.

ب- بعد التعبئة : العدد الكلي للمستعمرات لا يزيد عن ١٠٠ خلية /مل عند ٢٠ – ٢٢° م بعد ٧٢ ساعة ، و ٢٠ خلية /مل عند ٣٧ ° م بعد ٢٤ ساعة وذلك خلال ١٢ ساعة بعد التعبئة والحفظ بدرجة حرارة ٤° م خلال تلك الفترة .

ج -بعد ذلك و إلي مرحلة التسويق يجب ألا يزيد العدد الكلي للمستعمرات عن العدد المتوقع نتيجة الزيادة الطبيعية للنوع والمحتوي البكتريولوجي للماء في المصدر.

كما يجب أن تكون المياه المعدنية الطبيعية في جميع مراحلها من المصدر إلي التسويق خاليا تماما من :

١- الطفيليات والبكتيريا المرضة .

٢- بكتيريا القولون (Coliforms) و عصوي القولون (Escherichia coli) و المكورات السبحية البرازية (Faecal Streptococci) في أي ٢٥٠ مل من العينة المختبرة .

٣- ميكروبات لا هوائية مختزلة للكبريتيات (Sporulated Sulphate- reducing Aeruginosa) في أي ٥٠ مل من العينة المختبرة .

٤- بكتيريا السيدومونص ايروجينوزا(Pseudomonas Aeruginosa) في أي ٢٥٠ مل من العينة المختبرة .

* الحالة الميكروبيولوجية للمياه المعدنية الطبيعية :

أثبتت جميع الدراسات التي أجريت علي التركيب الميكروبيولوجي للمياه المعدنيه الطبيعية التي أخذت من أماكن البيع بأنها تحتوي أعداد كبيرة من البكتيريا القابلة للنمو كمستعمرات ، وبالأخص في المياه غير الغازية ، وكمثال علي ذلك فقد وجد كل من (Hunter & Burge 1987) بأن أعداد

البكتيريا فاق ١٠٠٠ خلية/مل في ١٥ من أصل ٢٩ عينة مياه معدنية بعد تحضين في درجة ٢٢° م لمدة ٧٢ ساعة ، وفي دراسة أخري (Hunter 1990) أجريت علي ٤٤ عينة مياه معدنية طبيعية غير غازية وجد أن ٣١ عينة (٧٠ ٪) تحتوي أعداد أكثر من ١٠٠٠ خلية/مل ، وإن ٢٣ عينة (٥٢٪) تحتوي أعداد أكثر من ١٠٠٠٠٠ خلية/مل ، وإن ٧ عينات (١٦ ٪) تحتوي أكثر من ١٠٠٠٠٠٠ خلية /مل في درجة حرارة ٢٢° م . أما في حرارة ٣٧° م فقد وجد أن ٩ عينات (٢٠ ٪) تحتوي أعداد أكثر من ١٠٠٠ خلية/مل ، وإن ٤ عينات (٩٪) تحتوي أكثر من ١٠٠٠٠٠٠ خلية/مل ، و ٢ عينة (٥٪) أكثر من ١٠٠٠٠٠٠٠ خلية/مل. أنظر جدول (٢) .

وكما أشرنا سابقا فالمياه المعدنية الطبيعية ليست معقمة ولذلك تُظهر العينات التي تأخذ من المصدر مباشرة أعداد قليلة من البكتيريا (٢٠ خلية لكل مللتر) وتزداد أعدادها بصورة سريعة ومفاجئة بعد التعبئة لتصل إلي الذروة (١٠٠٠٠٠ – ١٠٠٠٠٠٠٠ خلية لكل مللتر) بعد ١-٣ أسابيع ثم يتبع ذلك غالبا مرحلة من الثبات النسبي في العدد لمدة ٦ أشهر . وتنقسم البكتيريا الموجودة في المياه المعدنية الطبيعية إلي قسمين :

١- أتوكثونس ميكروفلورا (Autochthonous Microflora) :

وهي تمثل البكتيريا الموجودة طبيعيا في المياه المعدنية الطبيعية وهي كما أشار العديد من الباحثين (Fleet & Mann 1986) تنتمي إلي الأجناس التالية : سيدوموناس (Pseudomonas) ، أسينتوباكتر (Acinetobacter) ، فليفوباكتيريم (Flavobacterium)، موراكسيلا (Moraxella) ،زانثمونص (Xanthomonas) ، سايتوفيجا (Cytophaga) ، وغيرها . وتتميز البكتيريا الطبيعية المجودة في المياه المعدنية بأنها (أوليكوكاربوفليك Oligocarbophilic) بما يعني أنها تستطيع التكاثر بصورة سريعة حتي في تركيز غذائي قليل ودون أن تؤثر علي رائحة أو طعم أو لون الماء كما أنها تستطيع أن تتكيف بصورة سريعة عندما تنتقل من محيط إلي آخر (Hendricks & Morrison 1940) .

وهي صغيرة جدا بالحجم أقل من (0.5 Mm) كما إنها علي شكل مكورات غير منتظمة ولذلك هناك صعوبة للتعرف عليها تحت المايكروسكوب وهذا يفسر كذلك لماذا حتي عندما يكون عددها كبير جدا فإنها لا تعكر الماء . وقد عرف وصنف الباحثون (Schwaller & Schmidt-Lorenz 1980) ١٢٠٠ نوع من البكتيريا من ٤ أنواع مختلفة من المياه المعدنية الطبيعية غير الغازية المنتجة في فرنسا بعد ١ -٣ أسابيع من التعبئة .

كما تتميز البكتيريا الطبيعية الموجودة في المياه المعدنية الطبيعية بأنها سيكروفليك (Psych-rophilic) تنمو بدرجات الحرارة المنخفضة وبشكل ممتاز في درجة حرارة ٢٠° م و لا تنمو بصورة عامة بدرجة حرارة ٣٧ ° م .

٢- ألوكثونوس مايكروفلورا (Allochthonous Microflora) :

قد تحتوي المياه المعدنية الطبيعية بعض أنواع البكتيريا التي دخلت إليها عن طريق التلوث الخارجي أثناء التعبئة ، ومن المعروف إنه من النادر جدا حدوث تلوث للمياه المعدنية الطبيعية بمصدرها في باطن الارض حيث إن القوانين عادة تشترط أن تكون مصادر التلوث المحتملة بعيدة بصورة كافية عن مكامن المياه المعدنية الطبيعية .

وتعتبر الأجهزة والمعدات المستخدمة لضخ المياه أو نقله من مصدره إلي مكان التعبئة والقناني والأغطية من أكثر المصادر إحتمالا لتلويث المياه ، كما إن تعرض الماء للهواء الخارجي أومن خلال العاملين أثناء التعبئة طرق أخري للتلوث .

وقد تم تقسيم البكتيريا الموجودة في المياه المعدنية الطبيعية عن طريق التلوث إلي قسمين :
أ – مؤقتة (Transitory) ، ب – دائمة (Permanent) ، وحيث إن المياه المعدنية الطبيعية تعتبر محيط غير مناسب وغير مشجع للميكروبات بسبب وجود نسبة شحيحة جدا من المواد العضوية اللازمة لبقائها حية ، فإن نسبة كبيرة من الميكروبات الملوثة تموت بسرعة عند دخولها لهذه المياه ، ونسبة أخري تفقد حيويتها ونموها ، ومن النادر أن يكون لها القدرة علي التكاثر ويعتبر وجودها مؤقت أو بشكل عابر ، ولهذا فإن أغلب البكتيريا الملوثة تندرج تحت صنف (المؤقتة) ، وقد أثبتت تجارب أجريت لقياس بقاء ونمو البكتيريا الملوثة في المياه المعدنية الطبيعية (Ducluzeu 1984) أن هذه البكتيريا ومنها (Escherichia coli , Klebsiella aerogenes , Salmonella , Shigella) تموت بسرعة في هذه المياه ، وعدد البكتيريا التي تموت أو تفقد حيويتها في المياه المعدنية الطبيعية غير الغازية يتأثر بعدة عوامل سنتطرق لها بالتفصيل لاحقا .

أما بالنسبة للبكتيريا الملوثة الدائمة فهي غالبا ما تكون البكتيريا القادرة علي البقاء في المياه شحيحة المواد العضوية (Oligotrophic) مثل (Ps. aeruginosa , Ps. cepacia , Ps. fluorescens) وهي تأتي أصلا من الإنسان أو الحيوان وتستطيع أن تنمو بدرجة حرارة ٣٧° م وتبقي حية بدرجة حرارة تصل إلي ٤٢° م ، كما كشفت التحاليل في السنوات الأخيرة إن هذه الأنواع من البكتيريا لها قدرة مميزة علي البقاء والتكاثر في أي نوع من المياه قليل المواد الغذائية بالإضافة إلي مقاومتها القوية لكثير من المطهرات والمضادات الحيوية (Schmidt-Lorenz 1976) ، ومما لا شك فيه إن البكتيريا الملوثة الدائمة أكثر خطورة من منظور الصحة العامة لأنها تستطيع التكاثر في المياه المعدنية ، ولذلك أصبح من الضروري تبني كافة الإحتياطات المناسبة لمنع هذه الملوثات من الوصول إلي مكان تعبئة المياه .

* العوامل التي تؤثر في نمو وحياة البكتيريا بالمياه المعدنية الطبيعية :

ذكرنا آنفا بأن عدد الخلايا البكتيرية الموجودة في المياه المعدنية الطبيعية يكون قليل جدا عندما تكون تحت الأرض ولكن بعد أيام أو أسابيع من التعبئة في القناني المخصصة لها يرتفع العدد بصورة واضحة إلي ما يقارب ١٠٠,٠٠٠ خلية / مل أثناء التخزين في درجة الحرارة العادية وحسب الدراسات والأبحاث التي أجريت في هذا المجال يتضح أن هناك عدة عوامل تسبب هذه الظاهرة منها :

١-زيادة تركيز المواد التي تتغذي عليها البكتيريا (Nutrient Concentration) :

حيث أن البكتيريا الطبيعية في هذه المياه تستطيع النمو في بيئات شحيحة جدا بالمواد الغذائية، لذلك فإن المواد الغذائية البسيطة التي تنتج من موت بعض الخلايا وتحللها أو من المواد العضوية القليلة الناتجة من المواد البلوميرية (Polymers) الصادرة عن المواد البلاستيكية للقنينة (PVC) . وقد أثبتت الدراسات (Bischofberger 1990) أن البكتيريا تنمو في القناني البلاستيكية بأعداد أكثر من الزجاجية إنظر شكل (٢) ، كما إن بقاء البكتيريا الملوثة ممكن أن يتأثر بوضوح بتغير تركيز المواد العضوية والمعدنية . وقد ثبت أن بقاء بعض أنواع البكتيريا الملوثة (ومنها Escherichia coli) زاد بوضوح عند زيادة المحتوي العضوي أو المعدني للمياه المعدنية الطبيعية (Ducluzeau 1984) .

٢- زيادة المساحة السطحية (Surface Area) :

زيادة المساحة السطحية التي تتاح للبكتيريا عندما تكون في القنينة تسمح لمزيد من البكتيريا بالإلتصاق بهذه الأسطح والبدءبالتغذية بصورة أكثر فاعلية من عندما تكون تسبح في بركة كبيرة

من المياه مع قلة الأجسام الصلبة فيها . وقد وجد أن الكثير من الميكروبات المعزولة من هذه المياه لديها أهداب أو شعيرات لاصقة تعمل علي تمكينها من الإلتصاق في الأسطح الصلبة (Costerton J. 1987)، وعلي الرغم من أن البكتيريا الموجودة أصلا في المياه المعدنية الطبيعية تبقى بمستوي قليل من الأعداد في بيئتها الطبيعية ، فإنها تبدأ بالنمو والتكاثر السريع في القنينة عندما يحدث تغير في البيئة المحيطة . وقد أُثبت تأثير زيادة المساحة السطحية من خلال تجربة أجراها (Gonzalez 1987) بأن عدد البكتيريا في القناني سعة (١٠ ملليتر) تزداد إلي أكثر من ١٠٠٠٠٠٠ مل (cfu per ml) بينما الأعداد تصل فقط إلي ١٠٠٠٠٠٠ لكل مل (cfu per ml) في قناني سعة (١ لتر) .

٣- زيادة نسبة الأكسجين (Oxygenation) :

زيادة نسبة الأكسجين في المياه المعدنية الطبيعية أثناء عملية التعبئة تلعب دورا مهما في تشجيع نمو وتكاثر البكتيريا في هذه المياه . وقد أثبتت الأبحاث أن أنواع من البكتيريا (Pseudomonas & Achromobacter) ممكن أن تنمو حتي في تركيز من الأكسجين (O2) أقل من (٠,٥ ٪) ، وحيث أن الأنواع البكتيرية الموجودة في المياه المعدنية الطبيعية تحتاج إلي نسبة بسيطة من عمليات الأيض (Metabolism) فإنها تحتاج إلي نسبة قليلة جدا من الأكسجين (Bissonette 1975) .

٤- زيادة الحرارة (Temperature) :

في درجات الحرارة المنخفضة في مخزون المياه تحت الأرض يكون تكاثر البكتيريا بطيئا ، ولكن بعد التعبئة وخلال فترة التخزين حيث تكون الحرارة عادة أكثر إرتفاعا مما يساعد علي زيادة نسبة نمو البكتيريا بشكل عام .

أما بالنسبة للبكتيريا الملوثة الدائمة (The Permanent contaminating) في المياه المعدنية الطبيعية والتي تأتي أصلا من الإنسان أو الحيوان فإنها تستطيع النمو والتكاثر في درجة حرارة ٣٧ °م ومعروفة أيضا بقدرتها علي البقاء حية بدرجات حرارة مرتفعة إلي ٤٢ °م (Favero 1971). كما أثبتت التجارب (Gonzalez 1987) أن أعداد الخلايا البكتيرية الحية بعد حفظ المياه المعدنية الطبيعية بدرجة حرارة ٢٠ °م كانت أكثر بعشرة أضعاف من المياه التي حفظت بدرجة حرارة ٦ °م، أنظر شكل (١).

*** ومما يجدر الإشارة إليه عند التطرق للعوامل التي تؤثر في نمو وتكاثر البكتيريا في المياه المعدنية الطبيعية تأثير عاملين آخرين هما :**

أ- أثر ثاني أكسيد الكربون (Carbon Dioxide) :

رغم إن أثر ثاني أكسيد الكربون في هذه المياه لم يدرس بصورة دقيقة لكن بعض التقارير والدراسات أشارة إلي أن له أثر سلبي علي نمو وتكاثر البكتيريا حيث أثبتت بعض التجارب أن معدل أعداد البكتيريا في المياه المعدنية (الغازية) تكون قليلة جدا في أكثر الأحيان .

وقد سجلت أثناء حادثة التلوث بالكوليرا التي حدثت في « البرتغال » سنة ١٩٧٤ م عن طريق المياه المعدنية الطبيعية ، بأن المياه المكربنة من نفس المصدر لم تتسبب في هذا التلوث مما يشير إلي إنخفاض قدرة بكتيريا الكوليرا (Vibrio cholerae) للبقاء حية بوجود ثاني أكسيد الكربون (Blake -1977) .

٨- أثر البكتيريا الموجودة طبيعيا في المياه علي البكتيريا الملوثة (Antagonistic or-Competitive Effects of the Indigenous Flora) :

أثبتت بعض الدراسات أن وجود البكتيريا الطبيعية (Indigenous Flora) له أثر سلبي ومضاد علي نمو وتكاثر البكتيريا الملوثة ، فقد زادت فترة بقاء بعض أنواع من البكتيريا (ومنها Escherichia coli) في المياه المعدنية الطبيعية المعقمة (sterilised) عن فترة بقاءها في نفس المياه التي تحتوي البكتيريا الطبيعية ، كما أن إمتلاء هذه المياه بالبكتيريا الطبيعية غير الضارة يعطيها القدرة علي صد الملوثات بسبب وجود خاصية التنا فس (competition) وهذا يوفر حماية طبيعية لهذه المياه (Fleet 1986).

* مراقبة الجودة و طرق الكشف عن البكتيريا :

عند إستعراض تاريخ المياه المعدنية الطبيعية نلاحظ أنه لم تسجل حادثة تفشي مرضية مرتبطة بالمياه المعدنية الطبيعية إلا مرة واحدة وهي إنتشار (مرض الكوليرا) في البرتغال سنة ١٩٧٤ م مما أدي إلي وفاة أكثر من ٤٨ شخص ، وكان ذلك قبل صدور القوانين الحالية الخاصة بالمياه المعدنية في أوروبا . كما برهنت هذه الحادثة إن المياه المعبئة ممكن أن تتلوث ببكتيريا خطيرة من الناحية المرضية ،إضافةالي إن هناك تساؤل وقلق حول الأعداد الكبيرة للبكتيريا الموجودة طبيعيا في المياه المعدنية وإمكانية تسببها ببعض الأمراض . حيث إنه هناك أنواع تم عزلها من هذه المياه تحمل إمكانية التسبب في بعض الأمراض للإنسان ومنها علي سبيل المثال (Ps.cepacia , Aer. hydrophila , Acinetobacter spp.) وعلي الرغم من ذلك لم يتمكن أحد من إثبات بدليل القاطع أن هذه المياه تحتوي علي أخطار صحية كما لم يثبت العكس أيضا (Hunter 1993) .

* طرق مراقبة الجودة :

من وجهة النظر الميكروبيولوجية ، يتم الموافقة علي صلاحية المياه المعدنية الطبيعية كمنتج صالح لشرب الإنسان علي أساس إختيارات تبين خلوها من ميكروبات تدل علي وجود تلوث من فضلات الإنسان أو الحيوان . والميكروبات التي يتم إختيارها لتكون بكتيريا د الة علي التلوث (Indicators) يجب أن تكون متواجدة بعدد أكبر بكثير من البكتيريا الضارة المحتمل وجودها في المياه ، كما يجب أن يكون لها القدرة علي التكاثر بصورة أسرع ومقاومة المطهرات وضغط ظروف البيئة المحيطة ، ويتم إكتشافها بطرق مخبرية سهلة وسريعة . لهذا يتفق العاملين في مجال ميكروبيولوجي المياه علي إختيار كل من (Escherichia coli & Ps. aeruginosa) . وعلي الرغم من أن هناك شك في كفآءة (E.coli) كبكتيريا د الة في المياه المعدنية الطبيعية ، حيث أثبت بعض الباحثين (McFeters 1972) أنها تموت في هذه المياه أسرع من بعض أنواع البكتيريا الممرضة مثل (Salmonella) ، إلا إنها لازالت تعتبر بالإضافة لـ (Ps. aeruginosa) أفضل البدائل الموجودة في هذا المجال .

وأهم الطرق المستخدمة لفحص المحتوي البكتيريولوجي للمياه المعدنية الطبيعية هي :

* تحديد عدد المستعمرات البكتيرية (Colony Count):

حيث تستخدم هذه الطريقة لتقييم المحتوي البكتيري العام للمياه . وهي لا تمثل العدد الكلي للبكتيريا الموجودة فعليا في الماء ولكن التي تستطيع منها أن تنمو في وسط غذائي تحت ظروف معينة لتكوّن مستعمرة يمكن رؤيتها بسهولة (ولهذا فهي دائما أقل من العدد الحقيقي الذي يكشف بطرق أخري).وأغلب البكتيريا القادرة علي النمو في الماء تستطيع أن تنمو في بيئة غذائية في المختبر وبدرجة حرارة ٢٢°م أفضل من أي درجة أعلي (Waite 1984) ، أما البكتيريا التي تنمو أفضل

في درجة حرارة ٣٧° م فإنها عادة تنمو بصورة أبطأ في الماء ، ويحتمل أن تكون قد دخلت إلي الماء عن طريق مصدر خارجي ، ولهذا فيتم قراءة عدد المستعمرات الكلي في درجة حرارة ٢٢°م وكذلك ٣٧° م بصورة منفصلة .

ورغم من أن العدد الكلي للمستعمرات البكتيرية لا يقدم قيمة حقيقية لكشف التلوث الخارجي إلا أن التغير المفاجئ في هذه الأعداد قد يكون علامة مبكرة لوجود تلوث في المصدر .

*** تحديد كمية البكتيريا القولونية (Coliforms & E. coli) :**

تقليديا توجد طريقتان معروفتان عالميا للكشف عن المجموعة القولونية (Coliforms) في الماء .

أ- طريقة الأنبوبة المتكررة وحساب العدد الإحتمالي (Multiple Tube Method - MPN) ، حيث يستغرق الوقت الكلي للفحص ما بين يومين إلي ستة أيام مما يقلل القدرة علي التعامل السريع مع النتائج الإيجابية للإختبارات .

ب- طريقة الترشيح (الفلترة) (Membrane Filtration - MF) ، حيث وفرت هذه الطريقة عامل مهم هو إمكانية فحص عينات كبيرة الحجم من المياه دون التقيد بحدود كما في الطرق الأخري مما يجعل طريقة الترشيح أكثر حساسية في كشف الأعداد القليلة جدا من البكتيريا في المياه .

ج - نظام كوليليرت (Colilert System) : وهو من الطرق الحديثة التي بدأت تُعتمد ضمن الطرق القياسية لفحص المياه حيث تم إعتمادها من مكتب حماية البيئة في الولايات المتحدة (US E.P.A) ، وتتميز هذه الطريقة بعدة إيجابيات أهمها :

١- حساسيتها لبكتيريا القولون (Coliforms & E. coli) التي توجد بكميات قليلة جدا تصل إلي خلية / ١٠٠ مل (1 cfu /100ml)

٢- سرعتها وإختصارها لوقت الفحص الكلي حيث يستغرق من (٤) إلي (٢٤) ساعة حسب تركيز بكتيريا القولون .

٣- عدم إحتياجها لعمل إختبارات إضافية لتأكيد وجود بكتيريا القولون أو (E. coli) .

٤- قدرتها علي عمل الفحص بطريقة (وجود / أو غياب - Present / Absence) البكتيريا أو علي طريقة حساب العدد الإحتمالي (MPN) .

كما تتميز طريقة (Colilert System) بسهولة خطواتها و إمكانية أداءها في موقع أخذ العينة ، حيث كل ما يتطلبه الفحص هو إضافة الماء المراد فحصه إلي الوعاء الذي يحتوي المسحوق وتحضن في درجة الحرارة المناسبة . حيث يبدأ نمو بكتيريا القولون (Coliforms & E. coli) مباشرة بعد التحضين فيتغير لون المحلول من شفاف إلي اللون الأصفر بفضل بكتيريا القولون ، أما في حالة وجود بكتيريا (E. coli) فإن المحلول يعطي إشعاع فلوري تحت مصباح الأشعة فوق البنفسجية .

ويعتبر نظام(Colilert System) الطريقة الوحيدة التي تقاوم تدخل (interference) الأعداد العالية جداً من البكتيريا الطبيعية الموجودة في المياه (Hetrerotrophic bacteria) والتي يعتقد بعض الباحثين بأنها تعرقل مراحل الفحص مما يؤدي الي عدم قدرة الطرق التقليدية علي تمييز وكشف البكتيريا الدالة علي التلوث الخارجي او البكتيريا الممرضة (Edberg 1990) .

وهناك طرق أخري غير تقليدية لم تعتمد ضمن الطرق القياسية لفحص المياه ومنها طريقة قياس مقاومة التيار الكهربائي عبر بيئة غذائية (Impedimetric technique) وطريقة إنبعاث الضوء بيولوجيا (A.T.P bioluminescence) حيث تقيس هذه الطريقة المحتوي الميكروبيولوجي الكلي في المياه المعدنية الطبيعية خلال ٢٠ دقيقة.

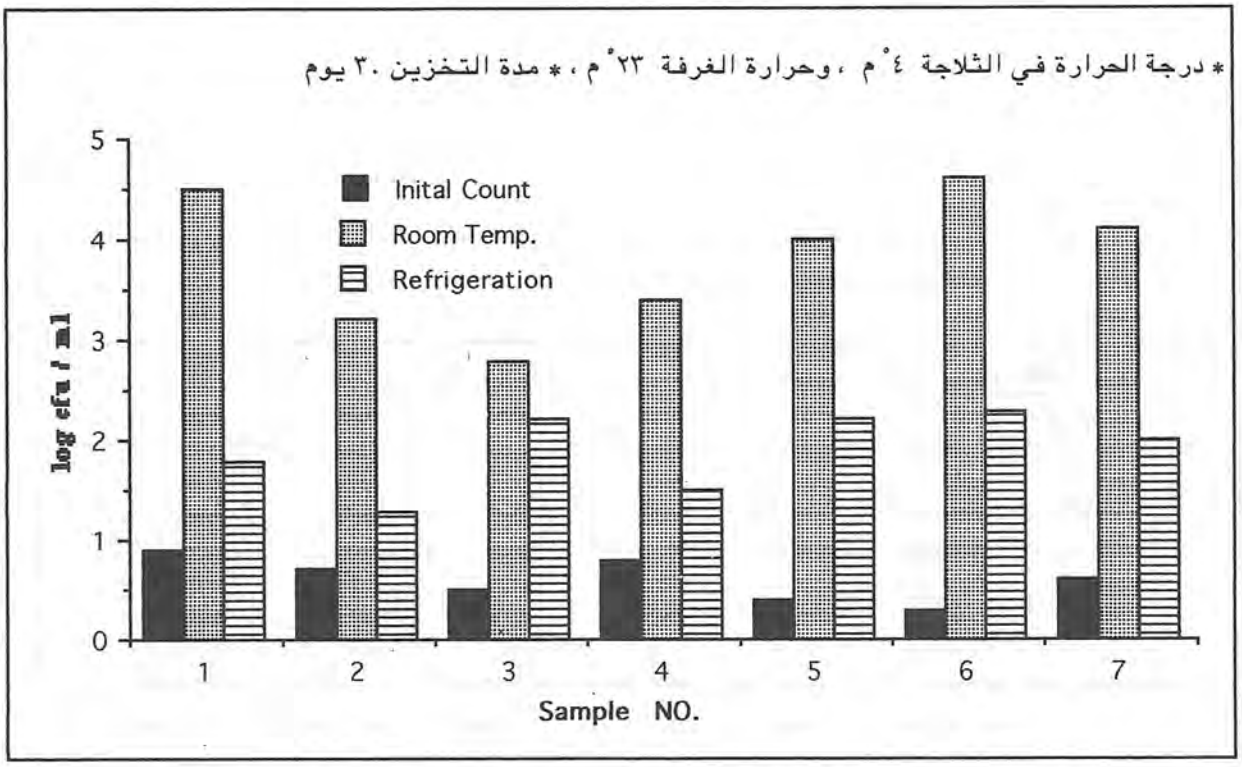
جدول (١) العدد الكلي للخلايا الحية في المياه المعدنية الطبيعية غير الغازية
في درجة حرارة ٢٢°م (عدد المستعمرات /لكل مللتر)

إسم العينة	عدد الخلايا الحية		إسم العينة	عدد الخلايا الحية	
	٢٢°م	٣٧°م		٢٢°م	٣٧°م
S1	15100	2500	E1	2120	320
S2	24800	650	E2	14830	9675
S3	138000	600	U1	11700	360
S4	152000	123000	U2	16500	260
S5	180000	82000	U3	67000	130

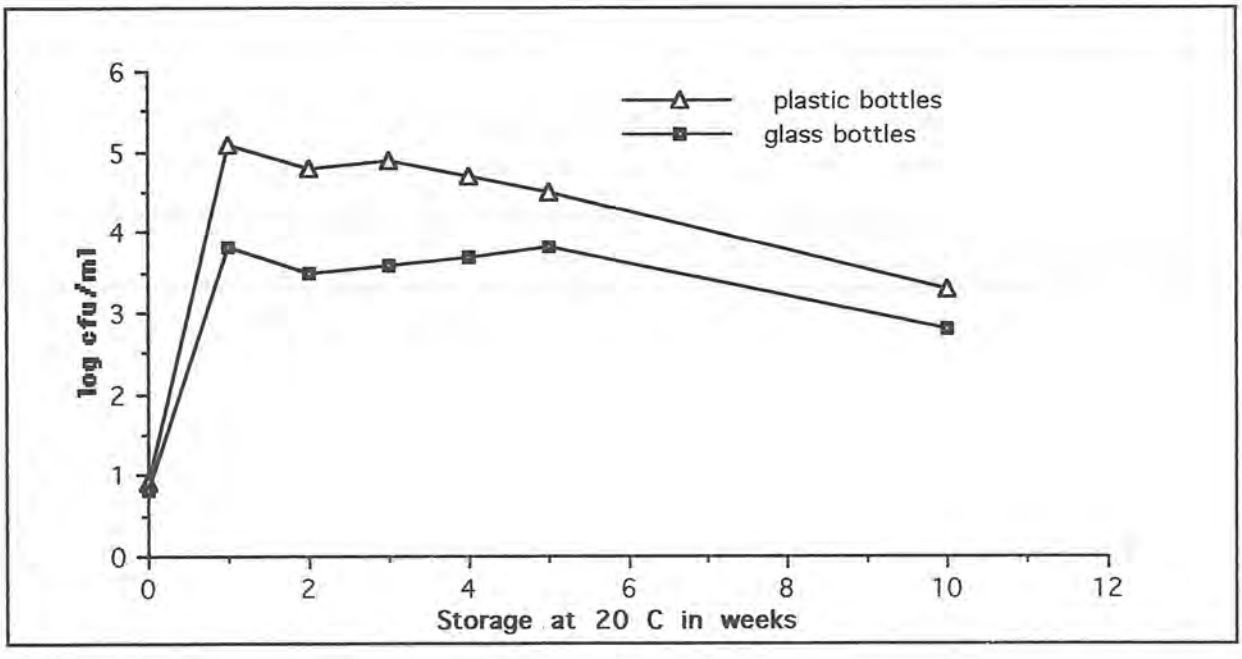
(S) عينات من ماركات منتجة في أسكتلندا ، (E) عينات منتجة في إنجلترا ، (U) عينات منتجة في أوروبا

جدول (٢) للمجموع الكلي للخلايا الحية من دراسات مختلفة علي المياه
المعدنية الطبيعية المعبأة بدرجة حرارة ٢٢°م ، ٣٧°م

المرجع	نوع المياه	درجة الحرارة	عدد العينات	عدد الخلايا الحية				
				0-100	100-1000	1000-10000	10000-100000	100000-1000000
Hunter 1987	ساكنة	22	29	9	5	15		
		37	29	25	1	3		
	غازية	22	29	26	2	1		
		37	29	29				
Warburton 1986	ساكنة	35	49	33	8	8		
Gonzalez 1987	ساكنة	22	28	0	0	4	4	20
Munnoch 1988	ساكنة	22	11	3	2	2	4	
		37	11	8	2	1		
Al-Nashi 1991	ساكنة	25	9	1	0	2	5	1
		37	9	2	5	2		



شكل (١) تأثير التبريد (بالثلاجة) علي العدد الكلي للخلايا البكتيرية الحية في المياه المعدنية الطبيعية المعبأة (عدد المستعمرات / مللتر)



شكل (٢) تأثير نوعية القنينة (زجاجية / بلاستيكية) علي العدد الكلي للخلايا الحية في المياه المعدنيه الطبيعية (غير الغازية) بدرجة حرارة ٢٠° م (Bischofberger 1990)

* الجانب التجريبي :

لمزيد من المعلومات حول المحتوي البكتيرولوجي للمياه المعدنية الطبيعية المعروضة للبيع في الأسواق فقد قمنا بإجراء عدة تجارب بكتيريولوجية علي هذه المياه . حيث تم شراء عدد من قناني المياه المعدنية الطبيعية من دول مختلفة وأخذنا عينات منها لفحصها مخبريا لتحديد أعداد البكتيريا الهوائية التي تنمو علي أطباق الآجار المغذي (Plate Count Agar) فقد أُضيف (١ مل) من الماء المراد فحصه إلي (١٥ مل) من الآجار المذاب ، ومن ثم حفظت في درجات حرارة ٢٢°م لمدة ٧٢ ساعة ، و ٣٧°م لمدة ٢٤ ساعة ، (أنظر جدول – ١)

كما تم إجراء تجارب أخري لتأكيد بعض العوامل التي تؤثر في المحتوي البكتيريولوجي للمياه المعدنية الطبيعية ومنها تأثير مادة القنينة (زجاج / بلاستك) ، مدة التخزين ، درجة الحرارة (حرارة الغرفة ٢٣°م / الثلاجة ٤°م) – أنظر شكل (١) ،تأثير وجود البكتيريا الطبيعية علي مدة بقاء بكتيريا القولون العصوية (E. coli) .

وقد توافقت النتائج مع أغلب ما توصلت اليه الأبحاث التي إطلعنا عليها خلال فترة الماضية – إرجع للجداول والأشكال المعروضة .

* المناقشة والتوصيات :

تحتوي المياه المعدنية الطبيعية علي ميكروبات كما هو الحال في جميع المواد الغذائية الأخري إلا في حالة تعقيمها ، وحيث إن البيئة المحيطة بنا غير معقمة أصلا فإن الميكروبات جزء أساسي منها . والمشكلة التي تواجه المنتجين لهذه المياه والسلطات الصحية والمستهلكين هي في تحديد (المستوي المقبول) من هذه البكتيريا الطبيعية أثناء التسويق ، وهو مالم تجب عليه المواصفات القياسية الحالية .

وعلي الرغم من أن المحتوي البكتيريولوجي الأصلي (في المصدر) قليل ويتوافق مع المواصفات القياسية ، إلا أنه يرتفع بصورة سريعة ومفاجأة بعد التعبئة وأثناء التخزين إلي مستويات تصل إلي أكثر من ١٠٠٠٠٠ إلي ١٠٠٠٠٠٠ خلية لكل ملليتر .

ولهذا وفي ظل المواصفات الحالية فإن الهدف الرئيسي للوصول للجودة المثالية هو إتخاذ كافة الإحتياطات اللازمة لحماية هذه المياه في مصادرها تحت الأرض وأثناء عملية التعبئة ، ومما يكسب هذا الهدف أهمية خاصة هو أن هذه المياه غير مسموح بمعالجتها أو تعقيمها حسب أغلب القوانين.

ويتضح من الدراسات المختلفة إن الجودة الميكروبيولوجية للمياه المعدنية الطبيعية متغيرة ومن الممكن أن تختلف حتي في عينات أخذت من مصدر واحد كنتيجة لظروف وجود أعمال تصليحات في البئر أو إختلاف ظروف التخزين والحفظ .

كما يتضح إن المياه المعدنية الطبيعية (الغازية / Carbonated) تبدو ذات جودة أفضل ، و إن المياه المعدنية الطبيعية الساكنة (Still) تنمو بها أعداد أكبر من البكتيريا في درجة حرارة ٢٢°م ودرجة حرارة ٣٧°م ، مما يدلل علي تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون المضاد للميكروبات في هذه المياه.

أما بالنسبة للجانب الصحي فقد أبدي العديد من الباحثين تخوفهم من إحتمالات وجود أخطار صحية مرتبطة بالمياه المعدنية المعبأة ، إلا أنه لا توجد أدلة كافية تؤيد هذه المخاوف ،وكذلك علي الجانب الآخر فإنه لا توجد أدلة قاطعة علي إن هذه المياه خالية من الأخطار الصحية (Hunter 1993) .

ولذلك لايزال هناك تركيز من المختصين علي أنواع معينة من البكتيريا الموجودة في هذه المياه وعلي رأسها أنواع بكتيريا السيدومونص (Pseudomonas genera)، حيث تجمع بين إنها قد تكون موجودة

طبيعيا في هذه المياه أو تكون مُلوثة من الخارج ، وبعض هذه الأنواع يحمل أضرار صحية ، وقد تسبب أمراض للأشخاص ضعاف المناعة ،ونظراً لإحتمالية أن تكون المياه المعدنية الطبيعية تتضمن هذه البكتيريا الممرضة فقد إقترح بعض الباحثين عدم إعطاء المياه المعدنية الطبيعية إلي الأشخاص ضعاف المناعة والأطفال والمصابين بالإيدز إلا بعد أن تُغلي أولا للتخلص من البكتيريا الموجودة بها (MacGuire & Ball 1992) .

يضاف الي ذلك التساؤلات المثاره حول كفاءة الطرق التقليدية (MPN & MF) المستخدمة حالياً للكشف عن بكتيريا القولون البرازية (feacal coliforms) في ظل وجود عدد كبير من البكتيريا الطبيعية في المياه المعدنية الطبيعية (بعد التعبأة وإلي مرحلة التسويق)، مما يؤدي إلي ضرورة إعتماد الفحص الدوري المتكرر بطرق أخري حديثة وسريعة تتجاوز هذه المشكلة مثل طريقة الكوليليرت (Colilert System) .

ولعله من المناسب في هذا السياق وفي ظل الترويج والحماس التي يطلقه منتجو المياه المعدنية الطبيعية حول نقاء منتجاتهم من جانب ، والشكوك التي تثار حول الآثار الصحية لهذه المياه من جانب آخر ، أن ننصح بإتباع الإرشادات التي إقترحتها جمعية المستهلكين البريطانية (UK Consumers Association) وهي :

١- يجب حفظ قناني المياه المعدنية الطبيعية بعد فتحها مباشرة في الثلاجة ، وتشرب خلال فترة من ثلاثة الي أربعة أيام .

٢- أن لا يتم الشرب بالفم مباشرة من القنينة حيث إن ذلك يسبب تلوث هذه المياه .

٣- إذا أستعملت هذه المياه لتحضير غذاء الأطفال يجب أن تُغلي أولا .

وختاما نقول إن المياه المعدنية الطبيعية التي تخضع للمواصفات القانونية ،بما يعني أنها مستخرجة من مصدر محمي ضد التلوث ، وأستخرجت وعبأة وخزنت بطرق عالية الجودة ، وفحصت لكشف البكتيريا الضارة بطرق ذات كفاءة جيدة فإنها تظل من أفضل البدائل المتوفرة للشرب دون أخطار إو مشاكل صحية واضحة .

* المراجع – References

Anonymous. (1989). "Water worth drinking." Which ? (February): 58-62.

Anonymous. (1991). "Bottled water." Which ? (April): 186-189.

Bischofberger T. , S. K. C., R. Schmitt , Barbel Konig and W. Schmidt-Lorenz. (1990). "The bacterial flora of non-carbonated , natural mineral water from the springs to reservoir and glass and plastic bottles." Int. J. Food Microbiology. 11: 51-72.

Bissonnette, G. K., J.J. Jezeski , C.A. McFeters & D.G. Stuart. (1975). "Influence of environmental stress on enumeration of indicator bacteria from natural waters." App. Microbiology. 29: 186-194.

Blake, P. A., Rosenberg, M.L., Costa, J.B. ,Ferrarra, P.S. , Guimaraes, C.L. and Gangarosa, E.J. (1977). "Cholera in Portugal, 1974 Modes of tranmission." Am. J. Epidemiol. 105: 337-343.

European Community (1980.). "Council Directive No. 80/777/EEC of 15th July 1980 relating to the exploitation and marketing of natural mineral water ." Official Journal of the European Communities,. L229,: 1-10.

Costerton, J. W., Cheng, K.J. , Geesey,G.G. , Ladd, T.I. (1987). "Bacterial biofilms in nature and disease ." Annual Reviews of Microbiology. 41: 435-464.

Ducluzeauu, R., Nicholas, J. L., Galpin, J.V. and Ralbaud, P. (1984). "Influence of autochthonous bacteria on the longevity of Escherichia coli in bottled mineral water ." Sci. Aliment.,. 4: 585-594 .

Edberg, S. C. (1990). Technical assessment of the microbiological health effects of bottled water.

Fleet , G. H., & F.Mann. (1986). "Microbiology of natural mineral water : an overview with data on Australian waters." Food Technology in Australia. 38(3): 106-110.

Fortuna , E. (1993). "Unrivalled growth for natural mineral waters." Soft Drinks Management International. (Sept.): 25-26.

Gonzalez, C., Guierrez, C. and Grande, T. (1987.). "Bacterial flora in bottled uncarbonated mineral drinking water." Can. J. Microbiol.,. 23: 1120-1125.

Green , M. &. T. (1985). The good water guide. London, Rosendale Press.

Hendricks, C. W. &. Morrison, S.M. (1940). "Multiplication and growth of selected enteric in clear mountain stream water." Water Research. 1: 567.

Hunter, P. R. &. S. h. Burge. (1987). "The bacteriological quality of bottled natural mineral waters." Epidem. Inf. 99: 439-443.

Hunter, P. R. (1993). "The microbiology of bottled natural mineral waters." J. App. Bacteriology. 74: 345-452.

MacGuire, F. A. S. & D. j. Ball (1992). Microbiological aspects of bottled natural mineral water.

McFeters, G. A. & Stuart, D.G. (1972 .). "Survival of coliform bacteria in naturalwater: field and laboratory studies with membrane-filter chambers." Applied Microbiology ,. 24: 805-811.

Munnoch, F. A. (1988). Health implications of bottled waters.

Schmidt-Lorenz, W. (1976 .). "Microbiological characteristics of natural mineral water ." Annal Inst Superior di Sanita,. 12.: 93-112.

Schwaller, P. & Schmid-Lorenz, W. (1980.). "Flore microbienne de quatre eaux minerales non-gazeifiees etmises en bouteilles." Zbi. Bakt.Hyg. I.Abt Orig . : 330-47.

Stickler, D. J. (1989). "The microbiology of bottled natural mineral waters." J. R. S. H. 4: 118-124.

Waite , T. D. (1984). Principles of water quality. Orlando, Academic Press.

Warburton, D. W., P.I. Peterken , K.F. Weiss , and M.A. Johnston. (1986). "Microbiological quality of bottled water sold in canada." Can. J. Microbiol. 32: 891-893.

شبكة إمدادات مياه صلالة – محافظة ظفار

غالي بن أحمد المسهلي / حامد بن عاشور عبيدون

شبكة إمدادات مياه صلاله
محافظة ظفار

إعداد

م.غالى بن احمد المسهلى ، م.حامد بن عاشور عبيدون

المديرية العامة للمياه والنقليات ، مكتب وزير الدولة ومحافظ ظفار

ص.ب ٤١٩ صلاله ٢١١ ، سلطنة عمان

هاتف ٢٩١٨١٩ ، فاكس ٢٩.١٧٩

الخلاصة :

تحتوى هذه الورقة على وصف شامل لشبكة إمدادات مياه صلاله ، من حيث (مكوناتها ـ عمليات التشغيل والصيانة ـ ادارتها) ، إضافة الى بيان طبيعة مصدر المياه الذى يغذى هذه الشبكة (كماً ونواعاً) وارتباط ذلك بحجم الإستهلاك الحالي والمتوقع مستقبلاً ، وأخيراً تناقش الورقة مشاكل التشغيل والصيانة والخطوات المتبعة والمقترحة لحلها .

المقدمة :

تقع مدينة صلاله في الجزء الجنوبى من سلطنة عمان وسط سهل ساحلى يطل على بحر العرب من الناحية الجنوبية وتحيط بها جبال ظفار من الناحية الشمالية وتعتبر ثانى أكبر مدن سلطنة عمان بعد مدينة مسقط .

وفق التعداد السكاني الشامل لعام ١٩٩٣م بلغ عدد سكان صلاله وضواحيها ١٢١٧٥٣ نسمه ، كما بلغت كميات المياه المنتجة للأغراض المنزلية لنفس العام ما يعادل (١٠ مليون م٣) علماً بأن معدل النمو بالسلطنة هو (٥ر٣٪) والجدول رقم (١) يوضح تطور الإنتاج خلال الفترة من (١٩٨٤ ـ ١٩٩٣م) وما هو مرتقب حتى عام (٢٠٢٠م) إستناداً على نسبة الزيادة السنوية في الإنتاج (٨ر٥٪) .

تتكون شبكة إمدادات مياه صلاله من حقلى آبار متصلين بخزانين منفصلين وشبكات تتكون من أنابيب بطول (٤٠٠ كم) ممتدة على مساحة قدرها (٣٠٠ كم٢) ـ أنظر الرسم (١) ، (٢) .

تمتد شبكة إمدادات مياه صلاله لمسافة (٣٠ كم) من الشرق الى الغرب (من قصر المعمورة وحتى ميناء ريسوت) وبمسافة (١٠ كم) من شاطىء بحر العرب جنوباً باتجاه سهل صلاله شمالاً ـ الرسم رقم (٣) .

يوجد في الوقت الحاضر (١٥٠٠٠ عداد) مربوط بالشبكة . وقد قسمت شبكة إمدادات مياه المدينة الى (٢٤) قطاع لسهولة صيانتها وللحافظ على ضغط مستمر بالشبكة ، مع وجود خطوط مياه رئيسية متصلة ، وصمامات تخفيض ضغط تم وضعها علي نقاط التغذية بكل

قطاع من خط المياه الرئيسى وذلك للمحافظة علي الضغط المطلوب . كما أن معظم هذه القطاعات قد تم توصيلها ببعض حتى يمكن تغذية أي قطاع من الآخر فى حالة حدوث أي طارىء مع إمكانية فصلها عند الحاجة ، أنظر الرسم رقم (٤) .

في مدينة صلاله يتم تزويد المستهلكين بالمياه بتعرفة محددة للجالون ويسمح باستعمالها للأغراض المنزلية فقط .

جدول رقم (١)
تطور انتاج مياه الإستعمالات المنزلية لمدينة صلاله وضواحيها
خلال الفترة من ١٩٨٤ ـ ١٩٩٣م وما هو مرتقب

م	سنة	انتاج المياه بالمليون م٣	نسبة الزيادة السنوية (٪)	انتاج المياه المرتقب	
				٢٠٠٠	٢٠٢٠
١	١٩٨٤	٥ر٨٤	-	١٤ر٣٣	٤٤ر٢٥
٢	١٩٨٥	٦ر٦٠	١٣		
٣	١٩٨٦	٧ر٠٢	٦ر٣		
٤	١٩٨٧	٧ر٢٤	٣ر١		
٥	١٩٨٨	٧ر٦٦	٥ر٨		
٦	١٩٨٩	٧ر٨٤	٢ر٣		
٧	١٩٩٠	٨ر٤٦	٧ر٩		
٨	١٩٩١	٨ر٨٠	٤ر٠		
٩	١٩٩٢	٩ر١٦	٤ر٠		
١٠	١٩٩٣	١٠ر٢٢	١١ر٦		
	المتوسط السنوى	٧ر٩	٥ر٨		

مصادر المياه المتاحة :

مصدر المياه الوحيد لمدينة صلاله يتم الحصول عليه من حوض مياه صلاله العذبة الواقع شمال المدينة مباشرة . تستخرج المياه في هذا الحقل من الطبقة الصخرية المائية الكارستية غير العميقة المكونة من الأحجار الجيرية التابعة لتكوينات عدونب من العصر الجيولوجي الثالث . وتشكل منطقة المياه لساناً من المياه العذبة ذات موصلية كهربائية تقل عن (٢٠٠٠ ميكروموس /سم) وتمتد في الجزء الشمالي من مدينة صلاله حتى المنطقة أسفل جبال ظفار ، وتغطي مساحة قدرها (٤٥ كم٢) . تحيط بمنطقة المياه العذبة شرقاً وغرباً مناطق مياه مالحة ذات موصلية كهربائية تتراوح بين (٢٠٠٠ ـ ٥٠٠٠) ميكروموس / سم .

تتم عملية التغذية للطبقة الصخرية المائية لسهل صلاله بصورة رئيسية عن طريق سريان المياه الجوفية من الطبقات الصخرية المائية بالجبل والتى تعتمد فى تغذيتها على مياه الأمطار الموسمية خلال الفترة ما بين ٢١ يونيو و ٢١ سبتمبر .

إن المياه الجوفية العذبة فى سهل صلاله ضحلة وتقع بالقرب من البحر وهى بذلك مهددة بتسرب المياه المالحة اليها . هذا وقد تم ملاحظة إزدياد معدلات الملوحة فى الآبار الواقعة حول أطراف منطقة المياه العذبة ، أنظر الجدول رقم (٢) ، وهذا يعنى إنكماش فى مساحة المياه العذبة

جدول رقم (٢)
زيادة نسبة الأملاح في بعض الآبار الموجودة حول حوض المياه العذبة
في سهل صلاله (ميكروموس/سم)

السنة / رمز البئر	١٩٨٧	١٩٨٩	١٩٩١	١٩٩٣
أد/٩٨١٣١٨ أأ		٣٢..	٣٨..	٤...
أد/٩٨٧٤٦١ أأ		٣...	٣٥..	٣٩..
أد/٩٨١٢٧٣ أأ		٤٤..	٥...	٥٦..
أد/٩٨٨٤٩٧ أأ	٣٥..	٤٢..	٥...	٦٤..
أد/٩٨.٤٥١ أأ	٤...	٤٢..	٤٥..	٥...

تجدر الإشارة الى أن حكومة سلطنة عمان ممثلة فى مكتب وزير الدولة ومحافظ ظفار قد قامت بتعيين مستشارين (شركة ديمس آند مور العالمية) لإجراء دراسة وإعداد مخطط رئيسى للمياه ومياه الصرف الصحى لمدينة صلاله حيث تم الإنتهاء من الدراسة وإعتماد التقرير النهائي لهذه الخطة . إن الهدف من هذه الخطة هو حماية وتطوير موارد المياه لمدينة صلاله لتوفير إمدادات مياه طويلة المدى وللتخلص من مياه الصرف الصحى بالطرق السليمة .

يعتقد الإستشارى (شركة ديمس آند مور العالمية) إن إزدياد سحب المياه العذبة من المخزون الجوفي بسهل صلاله خاصة في السنوات الأخيرة أدى الى عجز فى الميزان المائى قدّر بحوالى (٧ر٧ مليون م٣) عام ١٩٩٠م ، أنظر الجدول رقم (٣) ، وفى سبيل تحسين هذا الوضع فقد تضمنت توصيات المخطط الرئيسى والذى أعده الإستشارى عدة إجراءات مهمة وهى :-

١ - نقل مزارع الأعلاف بعيداً عن منطقة المياه الجوفية العذبة مما يقلل من الإستهلاك الزائد للمياه العذبة وما يترتب عليه من مخاطر تداخل مياه البحر حيث تقدر كمية الإستهلاك السنوى لمزارع الأعلاف بحوالى (١١ مليون م٣) .

٢ - استغلال كميات مياه الصرف الصحي المعالجة (على درجة عالية من النقاء) - بعد قيام مشروع الصرف الصحى لمدينة صلاله - والتى تقدر بحوالي (٣ر٥ م٣) عام ٢٠٠٠م لأغراض الرى المختلفة مما يعتبر رافداً إضافياً سوف يوفر استهلاك المياه العذبة التى تستغل حالياً فى ري المزارع الصغيرة والحدائق .أنظر الجدول رقم (٤) .

لقد تمت حماية حقلي آبار صلاله والسعادة بحدود ثابتة عام ١٩٨٨م وذلك بموجب قرار وزارى يعتمد خطة حماية تامة لحقل المياه الرئيسى للمدينة .رسم رقم (٣) .

جدول رقم (٣)

الميزان الهيدرولوجي للمياه الجوفية بسهل صلاله للعام ١٩٩٠م

البيـــــان	مليون م٣ في السنة		ملاحظات
- كمية التغذية الجوفيـة الآتية من الجبل	٣٠ر٧	٣٢ر٤	التغذية
- التغذية المباشرة (الأمطار)	٠ر٦		
- مياه الينابيع المتسربة الى الخزان الجوفى	١ر١		
- كمية المياه الجوفية المستغلة فى الزراعة	٣١ر٧	٤٠ر١	الإستهلاك
- كمية المياه الجوفية المستقلة في الشبكة	٨ر٤		
- تقديرات العجز في الميزان المائى للسهل	٧ر٧		

جدول رقم (٤)

التقديرات المقترح توفيرها من مياه الصرف الصحى المعالجة

السنة	كمية المياه المقدرة يوميا بالمليون (لتر)	كمية المياه المقدرة سنوياً بالمليون (م٣)
٢٠٠٠م	١٤ر٥	٥ر٣
٢٠١٠م	٢٣	٨ر٤
٢٠٢٠	٣٨ر٤	١٤

استخراج المياه وتوزيعها :

تم تخصيص خزانين منفصلين لحقلي آبار صلاله والسعادة ـ الرسم رقم (٢) .

يحتوى حقل آبار صلاله على (١٠) آبار إنتاجية ، ومناسيب المياه الثابتة بها تتراوح بين (١٥ ـ ٣٠) متر تحت سطح الأرض . تم استخدام مضخات غاطسة للآبار تتراوح قدرتها بين (١٨ ـ ٦٠) لتر/ثانية موضوعه في مجموعتين ، تتكون كل مجموعة من (٥) آبار تعمل بنظام التشغيل عن بعد (تليمتري) ، بحيث تعمل مجموعتا المضخات حسب منسوب المياه بالخزان ، وغالباً تظل مجموعة من المضخات في العمل باستمرار وتبدأ الأخرى فى العمل تلقائياً عند زيادة الطلب على المياه .

كما زودت جميع الآبار بتغليف مشرح من حديد غير قابل للصدأ مع حشو من الحصى كوسيلة لتصفية المياه .

بقع خزان مياه حقل آبار صلاله على إرتفاع (٦٢) متر فوق سطح البحر . وسعته (٩١٠٠م٣) ، وهو مقسم الى جزئين لتجنب إنقطاع المياه خلال فترة الصيانة .

يقع حقل آبار مياه السعادة أسفل جبال ظفار وعلى الجانب الشرقى من شارع صلاله/ ثمريت ، وقد تم تزويده ب (٣) آبار إنتاجية .

المضخات الخاصة بهذه الآبار تدار تلقائياً وقدرتها الكلية (١٢٠ لتر /ثانية) . كما تبلغ سعة خزان مياه السعادة (٤٥٥٠ م٣) ويقع على إرتفاع (٧٨) متر فوق سطح البحر .

يتم ضخ المياه في الحقلين ومعالجتها بغاز الكلور قبل إدخالها للخزانات - الرسم (١) .

يتم ضخ المياه الي الخزانات وتقوم هذه الخزانات نسبة لإرتفاعها بتدبير انسياب المياه بالجاذبية الى شبكات التوزيع . رغم إختلاف مناسيب خزانى صلاله والسعادة فقد تم ربط خطوط التغذية من كلا الخزانين بالشبكة الرئيسية عن طريق تركيب أجهزة تنظيم الضغط .

يتم تزويد ميناء ريسوت بالمياه عن طريق محطة تقوية الضخ التى تتلقى المياه من خزان صلاله عن طريق الجاذبية وتقوم بضخها الى خزان سعته (٢٦٠٠ م٣) عند إرتفاع قدره (٦٠ م) فوق سطح البحر .

تم تزويد حقلى آبار صلاله والسعادة ومحطة التعزيز بريسوت بمولدات إحتياطية للمساعدة فى إمداد الطاقة الكهربائية عند إنقطاع الكهرباء أو ضعفها .

جميع أنابيب خطوط النقل الرئيسية مصنوعة من أنابيب حديد مطيل مبطنة بالأسمنت - الجدول رقم (٥/أ) . في حين خطوط التوزيع الرئيسية مصنوعة من حديد مطيل مبطن بالأسمنت إضافة الى أنابيب بلاستيك مقاومة للضغط العالى و أنابيب أسمنت الاسبستوس -الجدول رقم (٥ /ب) .

الجدول رقم (٥/أ)

أنابيب النقل الرئيسية (حديد مطيل)

القطر (ملم)	الأطـــــــوال (م)	
	خزان صلاله	خزان السعادة
٦٠٠	٤٣٩٠	—
٤٥٠	١١٢٠	—
٤٠٠	٥٣٣	—
٢٠٠	٣٣٥	٨٥٠٠
١٥٠	—	١٥٦٠

الجدول رقم (٥/ب)

أنابيب التوزيع الرئيسية

القطر (ملم)	أنواع وأطوال الأنابيب		
	حديد مطيل	بلاستيك	أسبستوس
٦٠٠	٢٦.٩٢ م	—	—
٤٥٠	٢٩٩٢ ,,	—	—
٣٥٠	٩٢٤٥ ,,	—	—
٣٠٠	٢٦٥٠ ,,	٢٤٠٠٠ م	١١٥٠ م
٢٥٠	٢٦٥٠ ,,	١٦٥٢٠ ,,	١٥٠٠ ,,
٢٠٠	٢٠٨٨٥ ,,	٨٤٠٠ ,,	—
١٥٠	١٩٤٠٠ ,,	٦٥٥٠٠ ,,	—
١٠٠	٢٦٢٠٠ ,,	١٤٤١٠٠ ,,	—

أما أنابيب التوصيلات للمنازل فهى من أنابيب بلاستيك وأنابيب حديد مجلفن . وقد تم وضع الحماية الكاثودية لخط المياه الرئيسى وذلك لتحاشى مشاكل الصدأ .

نوعية المعالجة المستخدمة للمياه :

إن المياه المتوفرة في حقلى صلاله والسعادة تعتبر مياه عذبة وبالتالى لا تحتاج الى معالجة باستثناء عملية التعقيم بالكلور ، الذى يتم حقنه فى الخط الرئيسي لكل من الحقلين وبمعدل (٥ر٠) ملجم /لتر . قبل إدخال المياه للخزانات وذلك باستخدام جهاز كلور طـــــراز (بورتاسل) لهذا الغرض .

هذا وقد أوصت وزارة الصحة العمانية بأن لايزيد معدل غاز الكلور المتبقى فى مياه الشرب بالشبكة عن (٥ر٠ ملجم/لتر كحد أعلى وأن لا يقل عن ٢ر٠ ملجم/لتر).

إن معدل الكلور المتبقى فى شبكة التوزيع تتراوح بين (٤و٠ - ٢٥ر٠) ملجم/لتر . ويمثل الجدول رقم (٦) تحليل عينة مياه تم أخذها من موقع على بعد (١٥ كم) من موقع حقن غاز الكلور . ويلاحظ أن الكلور المتبقى هو (٢٥و٠)ملجم /لتر .

جدول رقم (٦)

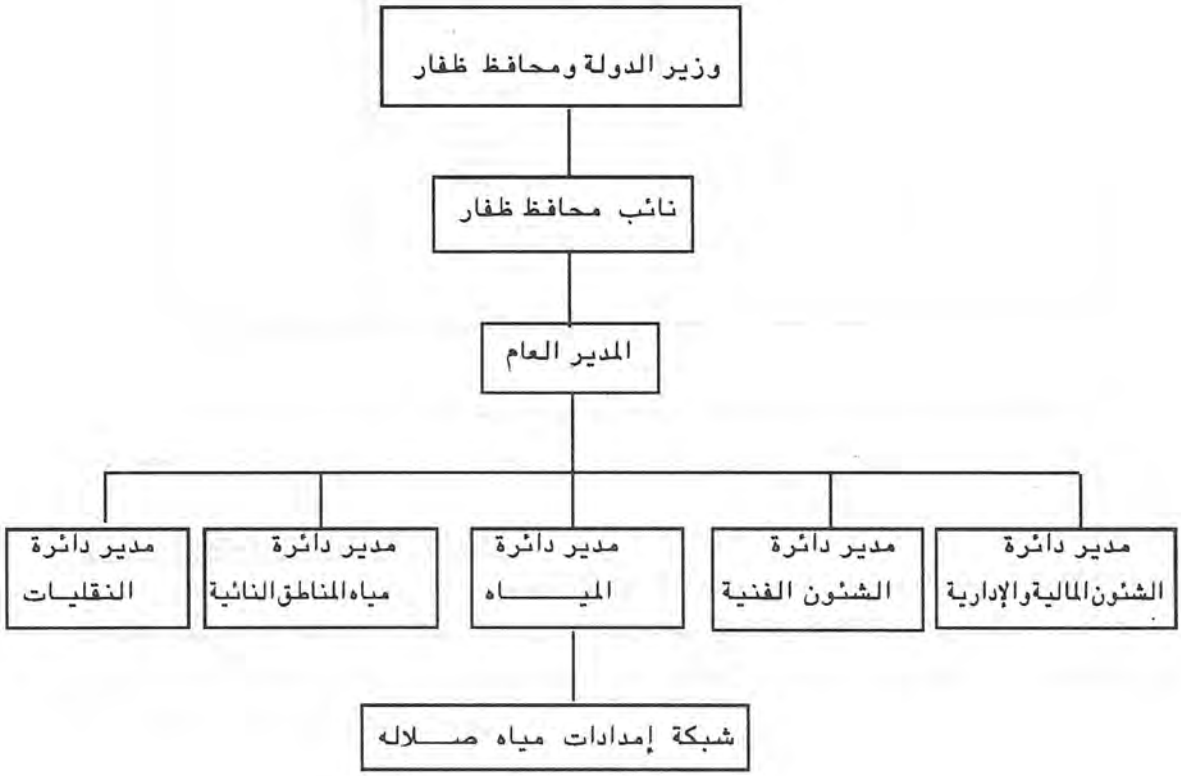
تحليل كيميائي لعينة مياه أخذت من شبكة صلاله (ملجم/لتر)

تاريخ الجمع	١٩٩٤/٤/٣م	الكالسيوم	٦ر٨٧	الصوديوم	٦٠
تاريخ التحليل	١٩٩٤/٤/٣م	المغنيسيوم	٢ر١٧	البوتاسيوم	٢
P.H	٧ر٧ درجه	النيترات	١٣	الحديد	
الأملاح الذائبة	٥٤٠	الكبريت	٢٨	المنغنيز	
اجمالي العسر	٢٢٩٠	الفلورايد	٤٥ر٠	الكلور المتبقي	٢٥ر
اجمالى القلويات	٢٢١	الكلورايد	١٢٤		

ادارة التشغيل والصيانة :

تتبع إدارة تشغيل وصيانة شبكة إمدادات المياه بمحافظة ظفار بما فيها مدينة صلاله لمكتب وزير الدولة ومحافظ ظفار بينما تدار شبكات إمدادات المياه لبقية محافظات ومناطق السلطنة عن طريق وزارة الكهرباء والمياه . (أنظر الهيكل التنظيمي أدناه) .

ادارة التشغيل والصيانة



مشاكل التشغيل والصيانة :

يواجه فريق الصيانة المشاكل التالى ذكرها وبصورة متكررة أثناء عمليات التشغيل والصيانة لشبكة إمدادات مياه صلاله : ـ

١ ـ فشل أنابيب البلاستيك (U P V C) والذى يحدث عند درجة ضغط أقل عما هو وارد بمواصفات الشركة المنتجة لها وقد يعود مثل هذا الفشل الى : ـ

- عيوب في الصناعة ومواد غير مطابقة للمواصفات .
- تلف الأنابيب والتصدعات المجهرية غير المرئية أثناء ترحيل وتخزين المواد .
- وضع الأنابيب تحت سطح الأرض بطريقة غير سليمة ونقص في مواد الحماية الخارجية لها .

٢- فقدان المياه بنسبة تتراوح بين (١٥ ٪ ـ ٢٠٪) ، فمثل هذا الفقدان للمياه من الضرورى أخذه فى الإعتبار ، ليس من الناحية الإقتصادية فقط بل من ناحية المياه كمورد طبيعي هام ، خاصة في منطقة الخليج التي تعانى من نقص شديد في موارد المياه الطبيعية .

تبين من خلال التجربة بأن فقدان المياه له علاقة بما يلى :

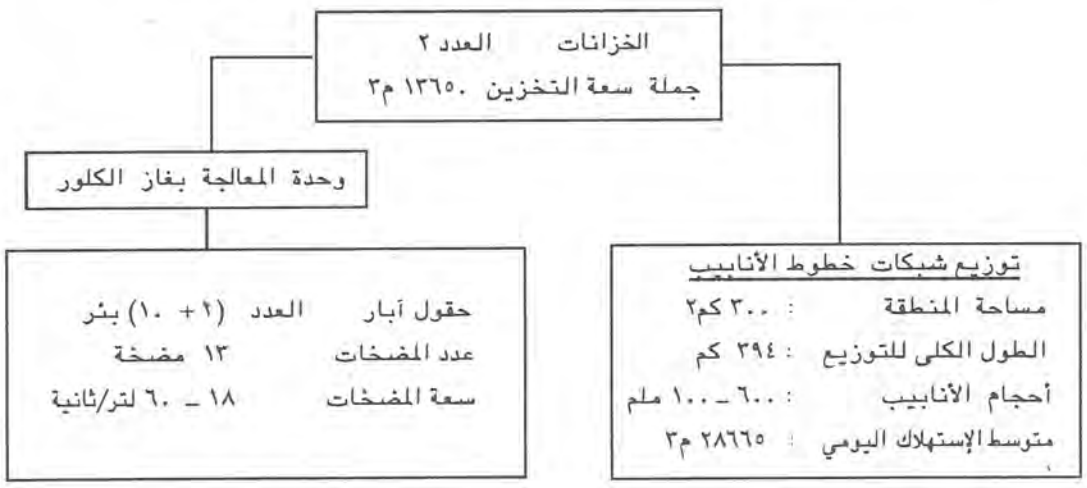
- التلف المتكرر لشبكات الأنابيب .
- خلل بالعدادات .
- تسرب المياه عبر الصمامات ونقاط توصيل الأنابيب وخاصة بين العدادات وتوصيلات المنازل .
- المياه المطلوبة لعملية التنظيف بعد كل عملية اصلاح تلف وذلك لنظافة خط الأنابيب من الرمال والطمى التى تدخل مجرى الأنبوب أثناء الصيانة .
- المياه المستخدمة عن طريق أجهزة إطفاء الحرائق .

حلول لتقليل أعطال الأنابيب :

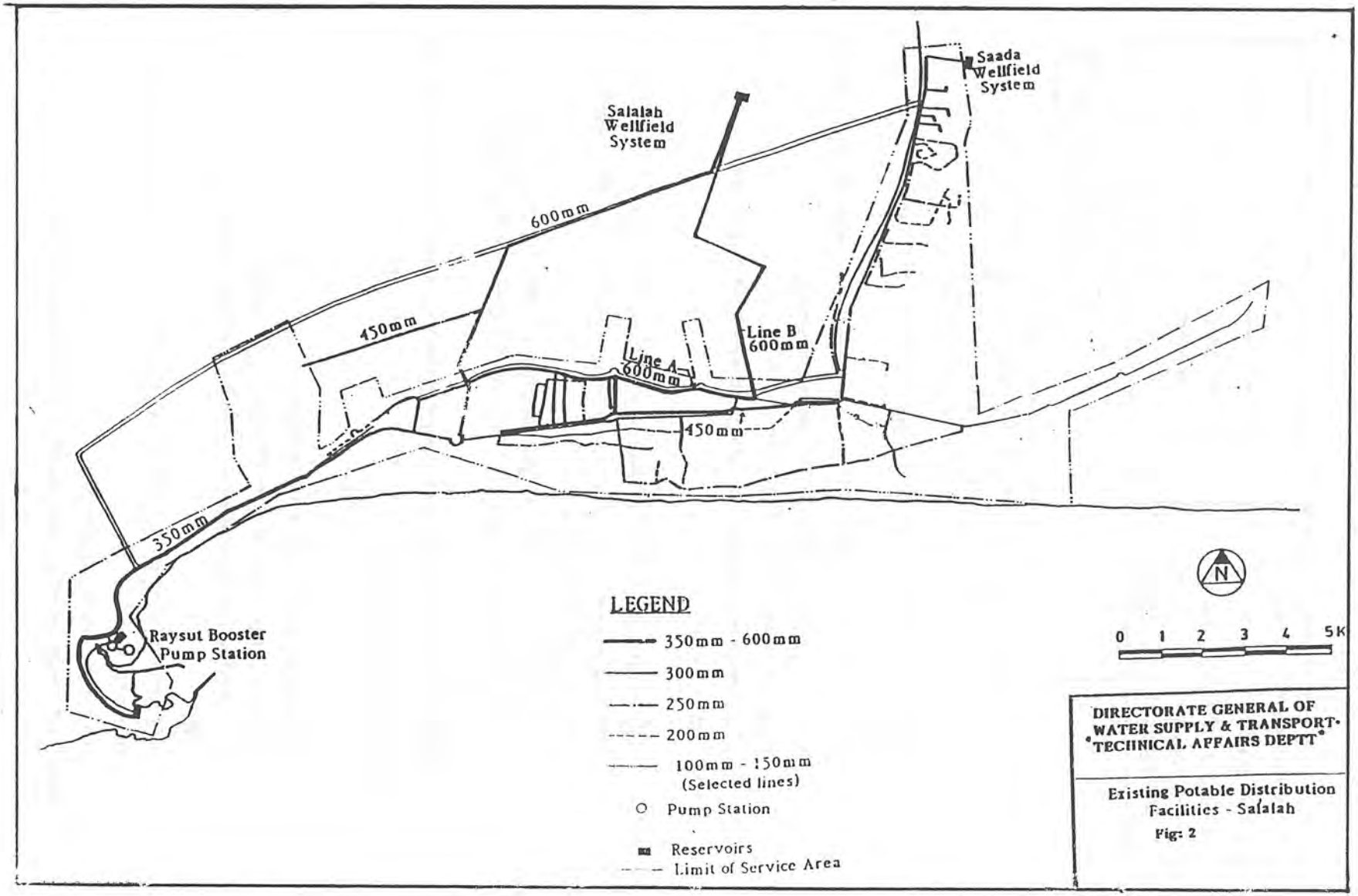
- التمديد السليم للأنابيب وتوفير الحماية المناسبة لها .
- تحسين وسائل الترحيل مع التخزين السليم للأنابيب وذلك لتحاشى ظهور التصدعات الغير مرئية .
- استبدال أنابيب الشبكة بصورة تدريجية بأنابيب قوية تتحمل الضغط العالى .
- استعمال أنابيب حديد مطيل (Dictile Iron) مبطنة بالأسمنت للخطوط الرئيسية لنقل وتوزيع المياه .
- إدخال نظام صمامات التحكم فى شبكات توزيع المياه المصنوعة من أنابيب البلاستيك.
- استعمال أجهزة إنذار توضح في الحال أماكن كسر الأنابيب أو تلفها .

حلول لتقليل فقدان المياه :

- إجراء عمليات صيانة عاجلة للأعطال وذلك لتخفيض كميات المياه المتسربة .
- المحافظة على ضغط منتظم في الأنابيب .
- إجراء صيانة دورية لحنفيات الحريق والصمامات بالشبكة .
- الإستبدال والصيانة المنتظمة لعدادات المياه لتحاشى مرور المياه الى خزانات المنازل دون إحتسابها .
- تركيب عدادات رئيسية لكل قطاع لإمكانية تحديد مواقع فقد المياه .



رسم رقم (١) ـ مكونات شبكة إمدادات مياه صلاله


Saada
Wellfield
System
Salalah
Wellfield
System
600mm
450mm
Line B
600mm
Line A
600mm
450mm
350mm
Raysut Booster
Pump Station
LEGEND
350mm - 600mm
300mm
250mm
200mm
100mm - 150mm
(Selected lines)
Pump Station
Reservoirs
Limit of Service Area
N
0 1 2 3 4 5K
DIRECTORATE GENERAL OF
WATER SUPPLY & TRANSPORT-
TECHNICAL AFFAIRS DEPTT
Existing Potable Distribution
Facilities - Salalah
Fig: 2

(١١)

الجلسة الحادية عشر
النمـــاذج الرياضـــية

دور النماذج الرياضية في تخطيط وإدارة الموارد المائية الجوفية

(عرض لحالة دراسية)

د. نبيل روفائيل

دور النماذج الرياضية في
تخطيط وادارة الموارد المائية الجوفية
(عرض لحالة دراسية)

الدكتور نبيل روفائيل
وكيل ادارة الدراسات المائية
المركز العربي لدراسات المناطق الجافة
والاراضي القاحلة

موجـــز

يشهد العالم العربي اليوم تطورا واسع الخطى في الاعمال التنموية التي تعتمد على استغلال الموارد المائية المتاحة ، كما تعتبر المياه الجوفية المصدر الهام والرئيسي لبعض الاقطار العربية ، وانطلاقا من محدودية هذا المورد في المنطقة العربية الجافة وشبه الجافة ، فقد ظهرت بوادر تدهور في الكمية والنوعية ، لذا من الاهمية العمل على المحافظة على هذا المورد وحسن استغلاله ضمن اطار التنمية الاجتماعية والاقتصادية المطلوبة الحالية والمستقبلية . وكان لابد من التوجه لتقييم هذا المورد الهام كما ونوعا ووضع الخطط الرشيدة لاستثماره وادارته على أسس علمية سليمة تأخذ بعين الاعتبار كافة العوامل المؤثرة سلبا وايجابا .

تطرقت هذه الورقة الى أهمية استخدام تقنية النماذج الرياضية في وضع الخطط الرشيدة للاستخدام الامثل للموارد المائية الجوفية ، كما تناولت الخطوط العريضة لحالة دراسية قام بتنفيذها المركز العربي في الجمهورية العربية السورية ، حيث تشرح الورقة الظروف الهيدروجيولوجية الحدية في منطقة الدراسة ، وتحديد النموذج الاعتباري الممثل لحالة السريان ، والخطوات التي اتخذت لاعداد النموذج الرياضي لحالة عدم الثبات ، وطرق معايرة النموذج ، وتحديد الموازنة المائية . وتطرقت الورقة أيضا الى الاسلوب التي اتخذ لاعداد خطط الاستثمار ، وتقييم نتائج كل خطة على حده من خلال نتائج التنبوء لفترة ثلاثين عاما . كما عرضت دور بنوك المعلومات ونظم المعلومات الجغرافية المتطورة في اعداد ومعالجة المعطيات المطلوبة للنموذج .

وأخير اخلصت الورقة الى أهمية استخدام تقنية النماذج الرياضية في ادارة الموارد المائية وضرورة متابعة المعايرة وفق التغيرات التي تطرأ خلال الاستثمار ضمانا للتمثيل الكامل لمنطقة الدراسة.

مقدمـــــة :

تعتبر ادارة الموارد المائية الجوفية العصب المحرك في تلبية الاغراض التنموية المختلفة بمـردود اقتصـادي امثل مع الحفاظ على ذلك المورد الحيوي الهام بعيدا عن الاستنزاف والتلوث . وتمثل مشاريع المياه نشاطا مستمرا فعالا خلال مراحله المختلفة بدءا بالتخطيط ومن ثم التنفيذ وأخيرا التشغيل والصيانة (شكل 1) .

تتضمن مرحلة التخطيط وضع خطة متكاملة واقعية تكفل تنفيذ المشـروع وتشـغيله وصيانتـه والحفـاظ علـى استمراريته مع تحقيق اهدافه الاقتصادية والاجتماعية وبنفس الوقت عدم الاخلال بالتوازن البيئي للمورد المائي المستثمر ، ولابد في هذه المرحلة من تقويم الواقع الفيزيائي للموارد المائية الذي يتضمنه تقويم الموارد المائية المتاحة للاستثمار وتقويم الاحتياجات المائية . وتعتبردراسة الجانب الاجتماعي والاقتصادي في غاية الاهمية في مرحلة التخطيط ، حيث يتضمن تحديد القوى البشرية والفنية المائية التي يحتاجها المشروع وامكانية تأمينها محليا والعلاقة الناظمة بين تلك القوى البشرية التي ستعمل في المشروع والمؤسسات العاملة في قطاع المياه . أضافة الى وضع النظم والتشريعات المتعلقة باستثمار المياه الجوفية في المشروع ضمن اطار النظم والتشريعات المائية السائدة في الدولة واتخاذ الترتيبات الكفيلة بتطبيقها . وهنالك عنصر هام في هذا المجال يجب أخذه بعين الاعتبار في مرحلة التخطيط وهو تحديد التقنيات اللازمة للمشروع والطاقة اللازمة للتشغيل وامكانية توفرها محليا او استيرادها من الخارج مع ضمان تشغيلها وصيانتها . أما العامل الاخير والهام الذي يجب ابرازه في هذه المرحلة هو التقويم الدقيق لكلفة التنفيذ والتشغيل للمشروع اذا كان مشروعا مائيا بحتا أو للمكون المائي في المشروع ، وذلك لما لـه من أهمية وانعكاسات ايجابية أو سلبية على المردود الاقتصادي .

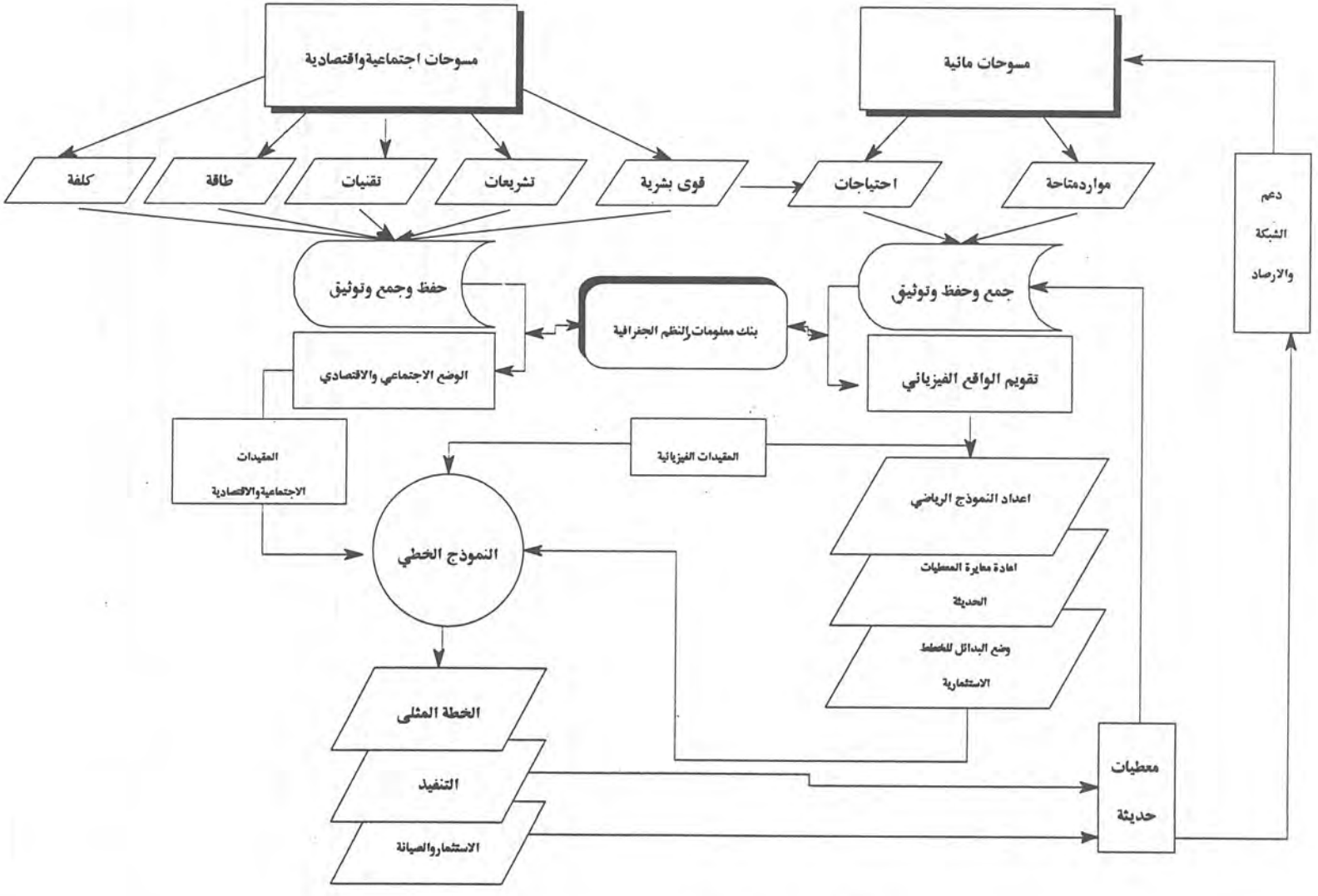
ويستمر نشاط ادارة الموارد المائية بعد مرحلة التخطيط الى مرحلة التنفيذ حيث يتم اختيار وتطبيق التقنيات الملائمة وايجاد الحلول المناسبة للمشكلات التي تعترض التنفيذ والتي لم يتم لحظها في مرحلة التخطيط ومراقبة مطابقة الاعمال التنفيذية مع المخطط واجراء التعديلات اللازمة حسب مقتضيات ومستجدات التنفيذ .

وتأتي أخيرا مرحلة تشغيل المشروع وصيانته وتعتبر من المراحل الهامة لادارة الموارد المائية حتى تتضمن نشاطات مركزة حول المراقبة واعادة المعايرة والتصحيح للشروط الهيدرولوجية الحدية ومدى مطابقتها للتوقعات الموضوعة في مرحلة التخطيط .

تستخدم النماذج لتمثيل الانظمة الفعلية للمياه الجوفية بحيث يمكن التنبؤ بما سيحدث اذا تغيرت الظروف القائمة في الخزان الجوفي . وهكذا فالتنبؤ المبني على دراسات علمية سليمة يوفر الخوض في تجارب مكلفة على النظام الفعلي .

واعداد النماذج الفيزيائية تعتبر مكلفة نسبيا وتحتاج الى تجهيزات مخبرية اضافة الى أن بعضها لايعطي الصورة الحقيقية للواقع وفق شروط استثمارية أو طبيعية متغيرة ضمن نطاق واسع. وبوجود تقنية الحاسب الالي وتطور هذه التقنية بسرعة هائلة مع رخص سعرها ، فقد اتجهت الانظار في دول العالم الصناعية الى استخدام النماذج الرياضية التي تعتمد على الحلول العددية للمعادلات التفاضلية الخاصة التي تمثل النظام المائي القائم في حوض جوفي بسيط أو معقد ، مع الاخذ في الاعتبار تأثير الشروط الهيدروجيولوجية الحدية وتأثير عمليات السحب من الابار أو الضياعات من المياه الجوفية عن طريق التبخر أو نتح النباتات وكذلك عمليات التغذية الطبيعية أو الاصطناعية .

وقد تطورت النماذج الرياضية تطورا سريعا رافق تطور الحاسبات الالية والسعات الكبيرة لها فأصبح بالامكان معالجة مسائل معقدة تنضوي على وجود مجموعة من الطبقات الحاملة للماء ذات علاقة هيدروليكية مع بعضها البعض ونظام سريان معقد ضمن تلك الحوامل اضافة الى امكانية تمثيل مختلف العناصر المؤثرة في النظام المائي الجوفي سلبا أو ايجابا ، اضافة الى تطبيق طرق للحلول العددية للمعادلات التفاضلية دون الاصطدام بعقبات تتعلق بسعات الحاسب واللغات التي تتم وفقها البرمجة .



شكل(1) ادارة استثمار الموارد المائية

حالة دراسية :

نظرا لما يشهده الوطن العربي من خطط تنموية اقتصادية واجتماعية طموحة أدى الى تجاوز معدلات الاستثمار الآمن في كثير من الاحيان لحدود الامكانات الطبيعية للموارد المائية الجوفية المتاحة، فاصبحت الحاجة ماسة لوضع أسس ناظمة لاستثمار وتأمين ادارة رشيدة لهذه الموارد الحيوية التي تحتل الاهمية الاولى في المنطقة العربية الجافة .

وضمن هذا الاطار يقوم المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والاراضي القاحلة (جامعة الدول العربية) بالتركيز على أهمية تطبيق تقنية النماذج الرياضية في تمثيل الانظمة المائية الجوفية المختلفة ، وتحديد الموازنات المائية فيها ، واستخلاص الخطط الاستثمارية الملائمة ، والتنبؤ عن التطورات المستقبلية المتوقعة للموارد المستثمرة وذلك لتلبية الحاجات التنموية المختلفة ضمن الاطار العام للنمو الاقتصادي والاجتماعي المطلوب ، مع الحفاظ على هذا المورد الثمين من التدهور والاستنزاف .

وضمن سلسلة من الانشطة التي يقوم بها المركز العربي في هذا المجال لخدمة الدول العربية، وبناء على طلب من الحكومة السورية قام المركز العربي باعداد نموذج رياضي لمنطقة حوض الصوانة في البادية السورية من أجل تأمين المياه للاغراض الصناعية والانشطة الاجتماعية والزراعية المختلفة في المنطقة ، وقد أعطى المركز اهتماما كبيرا لهذا المشروع ليكون نموذجا متكاملا ملبيا لاحتياجات تخطيط وادارة الموارد المائية في تلك المنطقة الهامة من سورية ، ومثالا تطبيقيا لاستخدام تقنية النماذج الرياضية في استثمار وادارة الموارد المائية للاحواض المائية الجوفية في المناطق الجافة وشبه الجافة [1] ، ومن الجدير بالذكر بان الشركة العامة للفوسفات والمناجم في الجمهورية العربية السورية قد ساهمت في اعداد هذا المشروع وكذلك الشركة السورية العامة للدراسات المائية ، قد قامت باعداد الدراسة الهيدروجيولوجية للمنطقة والتي اعتمد عليها في اعداد النموذج الرياضي .

منطقة الدراسة :

تتصف المنطقة بالانبساط عموما مع ميل باتجاه الشرق ، ويتخللها بعض مجاري الوديان العريضة ضحلة العمق ، يتراوح الارتفاع الطبوغرافي للمنطقة فوق سطح البحر من حوالي 700 متر في الطرف الغربي لها وحتى 500 متر في الطرف الشرقي [1] .

ويترواح متوسط الهطول المطري السنوي في منطقة الدراسة مابين92 مم (محطة السبع بيار) وحتى 136 مم (محطة تدمر) ، ان الصفة المميزة لهطول الامطار هي عدم الانتظام الكبير في توزعها خلال العام ، ودلت التجارب والقياسات المجراة على أن الجريان السطحي يحدث بشكل عام عندما يتجاوز الهطول اليومي 10 مم ، وبعد حدوث الجريان تخزن كل الكمية ضمن الطبقة السطحية للتربة لتضيع بعد ذلك بالتبخر وتكون تغذية المياه الجوفية من الامطار شبه معدومة عمليا .

أظهرت الدراسات السابقة التي أجريت على منطقة المشروع وفي المناطق المتاخمة لها ، والدراسات الهيدروجيولوجية التي أعدت من قبل شركة الدراسات المائية السورية أن الطبقات الرئيسية الحاملة للمياه في المنطقة هي طبقة الكريتاسي الاعلى الكلسية – الدولوميتية وهي تتصف ببنية كثيفة من التشققات التي نتجت عن الاوضاع التكتونية في المنطقة ، كما أظهرت الدراسات أن المياه الجوفية حرة في الجزء الاوسط والغربي ، بينما تصبح حبيسة بالاتجاه نحو الشرق حيث يغوص الحامل المائي في ذلك الاتجاه تحت توضعات شبه كتيمة من النيوجين والباليوجين .

يتصف نظام حركة المياه بالاستقرار عموما حيث لم تلحظ تغيرات واضحة في منسوب سطح المياه خلال فترة الدراسة وتتجه المياه عموما من الطرف الجنوبي لمنطقة الدراسة وباتجاه الشمال والشمال الشرقي نحو سبخة الموح بانحدار هيدروليكي بسيط يتراوح بين 0,00012 وحتى 0,00024 وذلك من منسوب 477,8 متر فوق سطح البحر في الطرف الجنوبي للمنطقة الى منسوب 473,6 مترا في الطرف الشمالي الشرقي منها ، ويزداد الضاغط البيزومتري نحو سبخة الموح في الغرب ، كما يتناقص المنسوب الطبوغرافي لسطح الارض وتصبح مياه الابار ارتوازية متدفقة فوق سطح الارض.

بينت التحاليل الكيميائية لمياه الابار في المنطقة أن الملوحة العامة تتراوح بين 1-2ر1 جرام/ليتر تزداد محليا في بعض الابار بحوالي 7ر2 جرام/ليتر ، أما نوعية المياه فهي كلورية - كبريتاتية مختلطة عموما .

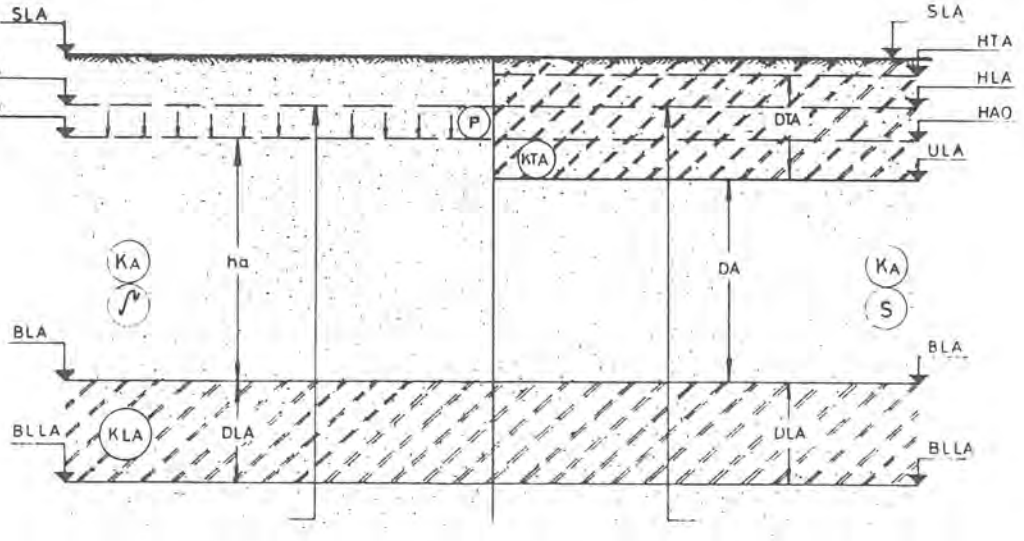
لم تؤكد الدراسات وجود اتصال هيدروليكي بالطبقات الاخرى التي تلي الطبقة الحاملة للمياه ، لذلك لم يدخل عامل التسرب الى الطبقة الحاملة .

أن جفاف المنطقة وعدم وجود علاقة ارتباط بين الهطولات الضعيفة وتغيرات مناسيب المياه الجوفية وعمق المياه الجوفية عن سطح الارض وضيق مناطق انكشاف الطبقة الحاملة للماء ، اضافة الى ماأكدته الدراسات الايزوتوبية عن تحديد عمر المياه ، يتبين أن التغذية من السطح ليست مهمة ، وقد تكون واردة بشكل محدود جدا ومحلي ، ولكن قد يكون لها تأثيرات واضحة في المستقبل لدى تكثيف الاستثمار الصناعي أو الزراعي في المنطقة .

أما بالنسبة للتغذية من حوامل مائية عميقة فلم تكشف الدراسات المنفذة أو الابار المحفورة عن وجود حوامل عميقة تتصل بهذا المعقد ولم تشاهد في الابار التي اخترقت الكريتاسي الاسفل ووصلت الى الجوراسي عن وجود مياه تختلف في مناسيبها أو نوعيتها أو عمرها عن مياه الكريتاسي الاعلى .. الامر الذي يدعو لاعتبار التغذية من حوامل عميقة غير موجودة حاليا .

النموذج الاعتباري (Conceptual Model) :

استنادا للدراسات الهيدروجيولوجية التي أجريت في منطقة المشروع والمناطق المجاورة ، تم وضع نموذج هيدروليكي اعتباري يمثل الحالة الهيدروجيولوجية المعالجة وجميع الشروط الحدودية فيه ، ولحظ مختلف الاوضاع الهيدروليكية القائمة في الخزان والتي يمكن أن تظهر مستقبلا لدى الاستثمار المكثف (شكل 2) .



شكل (2) النموذج الاعتباري - الشروط الحدية الهيدروجيولوجية

التمثيل الهندسي للنموذج :

ان تحديد شكل وعدد المضلعات التي يعتمدها النموذج سواء مضلعات مربعة – مستطيلة – مثلثة – أو متعددة الاضلاع ، واختيار الشبكة المناسبة يختلف من منطقة لاخرى تبعا للاعتبارات المختلفة التي تعتمد اساسا على شكل المنطقة وحدودها ودرجة تجانسها وتوزع المعطيات المتاحة ودقتها [2] . وتبين أن أسلوب المضلعات متعددة الاضلاع هو الامثل . وأعد برنامج على الحاسب من أجل تمثيل المنطقة باستخدام طريقة تايسن (Thiessen method) .

وقد تم تمثيل المنطقة بكاملها ب 111 نقطة كاملة الارتباط ، منها 79 عقدة (مضلعا) تغطي كامل المساحة الداخلية للمنطقة والتي تصل الى 467 كم2 ، وتتراوح مساحاتها الفردية مابين 2 كم2 و 15 كم2 ، وترتبط النقاط الداخلية بـ 32 نقطة حدودية منها 17 نقطة حدودية تربط المنطقة الخارجية على طول الحدود المفتوحة من الطرفين الشرقي والجنوبي للمنطقة ، وهي التي تشكل حدود المنسوب المحكم الخارجي (boundary external head-controlled) . و15 نقطة حدودية تربط المنطقة الخارجية على طول الحدود المغلقة من الطرف الشمالي والغربي للمنطقة ، وهي تشكل حدود التدفق الخارجي المعدوم (external zero-flow boundary) .

أما أسفل المعقد الحامل للماء أسفل الكريتاسي الاعلى فيمثل أيضا في النموذج بمثابة حدود التدفق الداخلي المعدوم (boundary internal zero-flow) ، ومستوى سطح المياه الجوفية في داخل المنطقة ويمثل في النموذج الحدود السطحية الحرة (free surface boundary) ، وكذلك الضاغط البيزومتري في الطبقة الحبيسة (Piezometric head) .

اعداد النموذج الرياضي والحل العددي :

تم وضع المعادلات التفاضلية لحالة عدم الثبات (unsteady state) ، والتي تتضمن الوضع الهيدروجيولوجي الحالي ، والمتوقع مستقبلا من تغذية وخلافه ، ولاعداد الحل العددي لكل مضلع مع ارتباط كل مضلع مع المضلعات المجاورة سواء أكانت داخلية أم حدودية وتم وضع المعادلات التفاضلية في الصيغة التالية :

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(T\frac{\partial H}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(T\frac{\partial H}{\partial y}\right)=-N \qquad (1)$$

حيث :

آ – <u>السريان في الطبقة الحرة :</u>

$$N=-P+\frac{H''-H}{D''}K''-\mu\frac{\partial h}{\partial t}+R \qquad (2)$$

ب - السريان في الطبقة المحصورة :

$$N = -P + \frac{H''-H}{D''} K'' - S \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{H'-H}{D'} K' \qquad (3)$$

تضمنت المعادلات التفاضلية (2 و 3) الشكل الممثل لظروف الهيدروليكية التي يمكن أن تؤثر على حالة السريان غير المستقر للطبقات الحرة والطبقات المحصورة ، لقد تم اختيار طريقة الفروق الضمنية للحل العددي لهذه المعادلات [3] (finite differences-implicit schemes) ، وهذا الأسلوب يعطي استقرارا للحل [4] (unconditionally stable) ، وحيث أن الحل العددي يعتمد على تقسيم المنطقة الى مضلعات وايجاد الموازنة المائية لكل مضلع مع الاخذ بعين الاعتبار تأثير المضلعات المجاورة على المضلع المراد اجراء الحسابات له وبذلك فان الحالة العامة تأخذ الشكل التالي [5] :

$$\sum_i \left[H_i(t+1) - H_a(t+1) \right] \frac{W_{i,a} K_{i,a} D_{i,a}}{L_{i,a}} = A_a P_a(t+1)$$

$$- \frac{A_a K_a''}{D_a''} \left[H_a''(t+1) - H_a(t+1) \right] + \frac{A_a S_a}{\Delta t} \left[H_a(t+1) - H_a(t) \right]$$

$$- A_a K_a'' \frac{\left[H_a'(t+1) - H_a(t+1) \right]}{\left[H_a'(t+1) - UL_a \right]}$$

(4)

معايرة النموذج الرياضي وتشغيله :

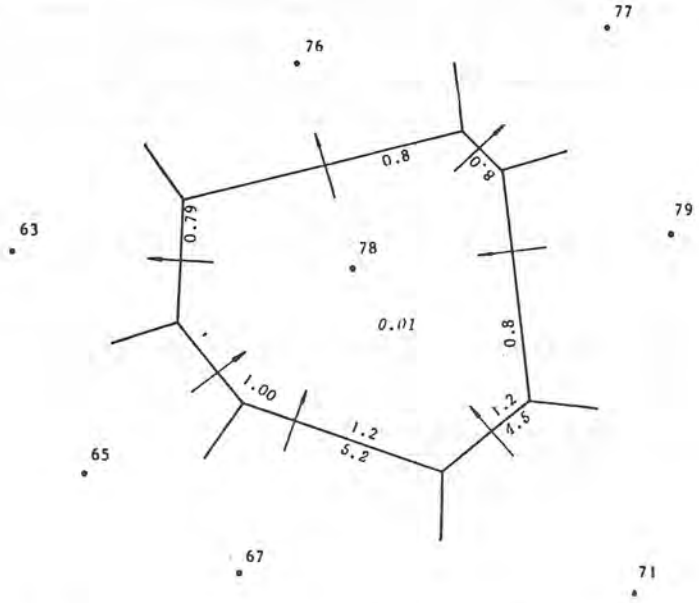
تم اعداد برنامج معايرة للنموذج مستخدما الحل الرياضي للفروق الضمنية (implicit schemes) السالفة الذكر ، كما أجريت له تجارب الحساسية المختلفة ، وقد تم تزويده بالمعطيات الثابتة (جيومترية المضلعات - والشكل العام للطبقات الحاملة للمياه) وكذلك بالمعطيات المتغيرة (المنسوب الاولي للمياه الجوفية للمنطقة - ومنسوب المياه الشهرية لجميع المضلعات الداخلية والخارجية - معدلات الضخ طوال فترة المعايرة) وأخيرا زود النموذج بالمعاملات الهيدروليكية للطبقة الحاملة للمياه والتي تم الحصول عليها من تحليل نتائج تجارب الضخ .

تم تشغيل نموذج المعايرة على المعطيات الحقلية التي تم جمعها خلال الفترة ديسمبر/كانون أول 1988 وديسمبر / كانون أول 1989 ، وبمقارنة مناسيب المياه التي تم حسابها بواسطة النموذج مع المناسيب التي تم رصدها حقليا ، أمكن معايرة قيم المعاملات الهيدروليكية لكل مضلع على حده لايجاد أفضل تطابق بين هذين المنسوبين و(شكل 3) يوضح منسوب المياه في المضلع (78) قبل وبعد المعايرة .

```
   475.      476.      477.      478.      479.      480.      481.      482.
     I---------I---------I---------I---------I---------I---------I---------I
  MONTH
DEC 1988          *
JAN 1989          +*
FEB 1989          + *
MAR 1989          +  *
APR 1989          +   *
MAY 1989          +   *
JUN 1989          +    *
JUL 1989          +    *
AUG 1989          +    *
SEP 1989          +     *
OCT 1989          +     *
NOV 1989          +     *
DEC 1989          +     *
```

COMPT(*)	HIST(+)
476.00	476.00
476.20	476.07
476.34	476.08
476.43	476.10
476.50	476.06
476.55	476.10
476.59	476.07
476.62	476.11
476.65	476.11
476.67	476.07
476.69	476.10
476.70	476.02
476.72	476.03

NODE NO 78 ELEVATIONS (METERS ABOVE SEA LEVEL) VERSUS TIME




```
   475.      476.      477.      478.      479.      480.      481.      482.
     I---------I---------I---------I---------I---------I---------I---------I
  MONTH
DEC 1988          *
JAN 1989          *+
FEB 1989           +
MAR 1989           +
APR 1989           +
MAY 1989           +
JUN 1989           +
JUL 1989           +*
AUG 1989           +*
SEP 1989           +*
OCT 1989           +*
NOV 1989           + *
DEC 1989           + *
```

COMPT(*)	HIST(+)
476.00	476.00
476.03	476.07
476.05	476.08
476.08	476.10
476.10	476.06
476.12	476.10
476.14	476.07
476.15	476.11
476.17	476.11
476.19	476.07
476.20	476.10
476.21	476.02
476.23	476.03

NODE NO 78 ELEVATIONS (METERS ABOVE SEA LEVEL) VERSUS TIME

شكل (3) معايرة المضلع (78)

وبتشغيل البرنامج عدة مرات تم معايرته كوحدة واحدة حيث انه من السهل معايرة كل مضلع على حدة ، ولكن الامر الذي يتطلب دراسة وجهد هو معايرة كل المضلعات مع بعضها في نفس الوقت ، ولهذا لزم تشغيل البرنامج خمسة عشرة مرة لايجاد المعايرة الكاملة للنموذج .

والمعنى الكامل لمعايرة البرنامج هو ايجاد القيم الاقرب للحقيقة والمتعلقة بالمعاملات الهيدروليكية للخزان الجوفي بحيث تعطي الشكل العام لحركة المياه الجوفية وتغيرها مع الزمن وهنا تأتي أهمية كثافة رصد المياه الجوفية بدقة ولفترات طويلة ، حيث انه كلما كانت معايرة البرنامج لفترة اطول كلما كانت النتائج أدق .

ونتيجة المعايرة الكاملة للنموذج تم الحصول على قيم المعاملات الهيدرولوكية لكل مضلع (معامل النفوذية Coefficient of Permeability) ومعامل السريان(Transmissirity Cefficient) ومعامل التخزين (Storage Cofficient) و(شكل 4) يوضح توزع معامل السريان في المنطقة .

خطط الاستثمار :

تم اقتراح ثلاثة خطط للاستثمار ، وتم بحث كل خطة على حده وتقييم نتائجها من خلال دراسة نتائج التنبؤ لفترة ثلاثين عاما قادمة ، سواء للموازنة المائية على مستوى العقدة ، أو على كامل المنطقة الشهرية كانت أم السنوية ، ودراسة عناصر الموازنة التراكمية ومعدلات تغيرها خلال فترة التنبؤ (ثلاثون عاما) ، وكذلك المناسيب والهبوط المتوقع لكل عقدة خلال الفترة المذكورة ، علما بان الهبوطات التي أظهرها النموذج الرياضي ليست هبوطات نقطية أو لبئر ، انما تمثل الهبوط العام في المضلع . وتم تشغيل برنامج التنبؤ لكل خطة على حده .

الخطة الاولى :

تقضي باستمرار الضخ بالمعدلات الحالية (530 الف متر مكعب في العام) وذلك لتقييم الوضع الحالي ، وقد تبين بانه لن يكون هناك أي تغير يذكر وان كمية الضخ الحالية لاتؤثر كثيرا على مخزون وديناميكية الخزان الجوفي .

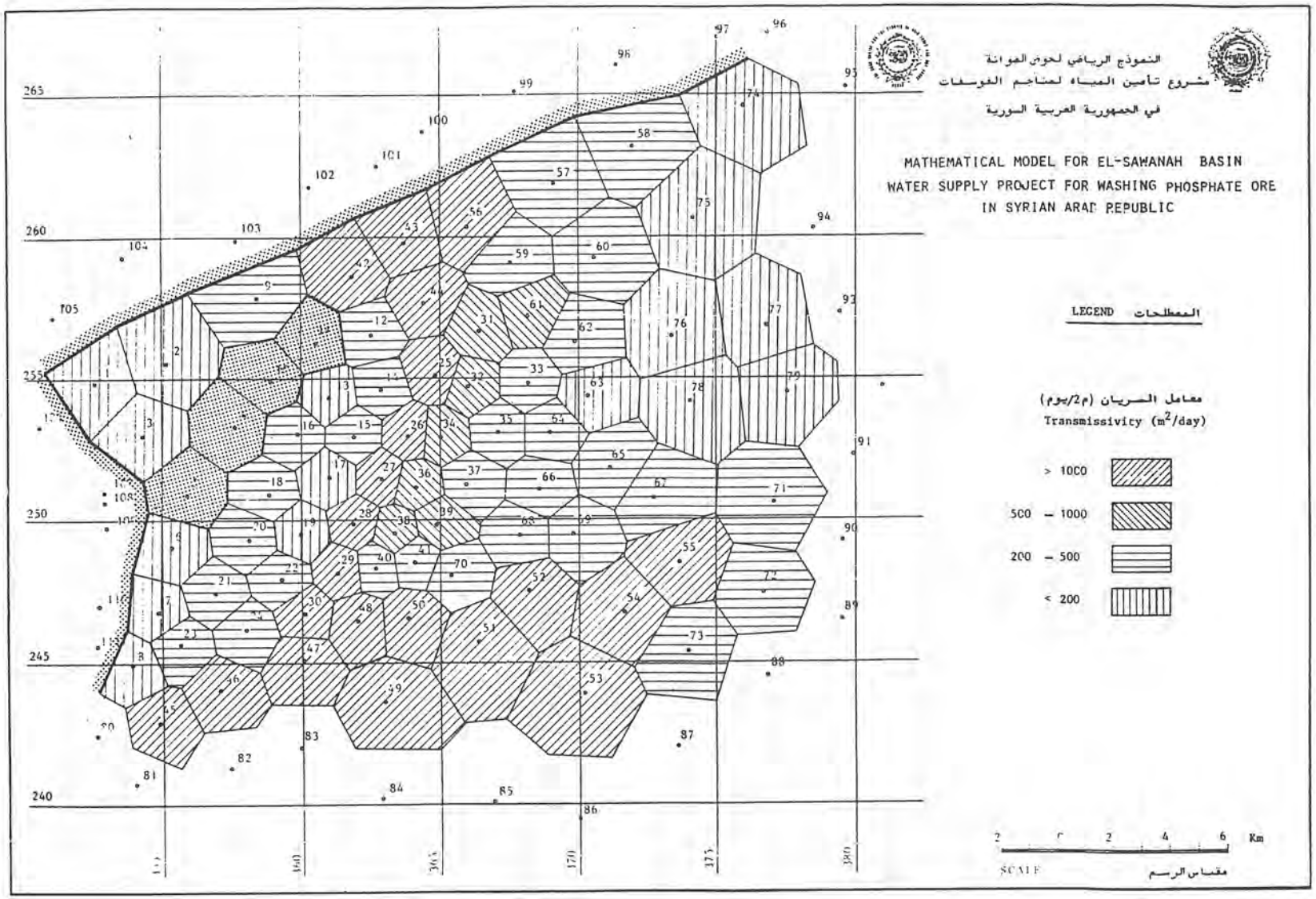
الخطة الثانية :

وهي تقضي بتكثيف الضخ الحالي (530 الف متر مكعب في العام) الى خمسة ملايين متر مكعب سنويا خلال الخمسة أعوام الاولى للخطة ، ومن ثم الاستمرار بالضخ بهذا المعدل الثابت ، وهذا يقترح بأن يتم من خلال زيادة معدلات الضخ الحالية وكذلك حفر آبار جديدة اضافة للابار المستغلة حاليا بحيث يكون تأثير الضخ من الابار الجديدة على الابار الحالية ضعيفا أو شبه معدوم ، واقترحت هذه الخطة لتقييم الوضع في المنطقة في حال ضخ مكثف في المناطق المستثمرة حاليا ، وقد أظهرت النتائج المتوقعة من جراء تنفيذ هذه الخطة بأن أقصى هبوط يصل الى عشرة امتار من المضلعات الثلاثة التي يقترح تكثيف الضخ منها ، الا أن توزيع الهبوط العام غير منتظم .

الخطة الثالثة :

يتم الاستثمار من مواقع الضخ الحالية ومن مواقع جديدة اضافية بحيث توزع هذه المواقع على المناطق التي تتصف بقيم عالية من معامل السريان ومعامل الانتشار ، وفي نفس الوقت تكون أقرب من مواقع الضخ الحالية لسهولة انشاء مراكز تجمع للاستثمار مع مراعاة مواقع الابار التي تم حفرها للاستكشاف اثناء الدراسة الهيدروجيولوجية للمنطقة والتي يمكن ان تستغل مستقبلا في الاستثمار .

أقترح لهذه الخطة معدلات ضخ تتوافق مع متطلبات الشركة العامة للفوسفات والمتطلبات المستقبلية لغسيل الفوسفات ، حيث افترضت الخطة استمرار الضخ الحالي وقيمته 530 الف متر مكعب سنويا ، لمدة ثلاثة أعوام اعتبارا من ديسمبر 1988 ، يتم خلال هذه الفترة حفر آبار وتجهيزها في المواقع الجديدة حيث يباشر في عام 1991 استغلال 15ر2 مليون متر مكعب ويزداد هذا المعدل تدريجيا بحيث يصل في عام 1998 لاستثمار عشرة مليون متر مكعب سنويا ثم يستمر هذا المعدل طوال سنوات الخطة .



شكل (4) توزع معامل السريان

وقد تبين نتيجة تنفيذ هذه الخطة بان الهبوط لم يتجاوز 50ر10 مترا عند نهايتها (عام 2018) و 5ر8 مترا في عام 2008 مع توزع مقبول للهبوط على كامل المنطقة ، فالشكل (5) يوضح توزع الهبوط لخطة الاستثمار (3) لعام 2018 .

وبتقييم خطط الاستثمار المقترحة سالفة الذكر يمكن اعتبار الخطة الثالثة خطة واقعية تتوافق مع الظروف الهيدروجيولوجية لمنطقة الدراسة ، كما أنها تلبي الاحتياجات المستقبلية للشركة العامة للمناجم والفوسفات وبالتالي فقد تم اقتراح تبني هذه الخطة .

النتـــائـــج :

اعتمادا على النتائج التي تم التوصل اليها والتي أوضحت بأن منطقة الدراسة تعتبر منطقة واعدة ومبشرة للاستثمار ، انما تحتاج مواردها المائية الى ادارة رشيدة واستخدام أمثل لها .. ويعتبر النموذج الرياضي الوسيلة الفعالة لهذه الادارة ، فلا تكمن أهمية استخدام النموذج في اعداد خطط الاستثمار انما من أجل المتابعة والتقييم المستمر للتحكم في الاستثمار وكمياته ، وتحديد تأثيراته على المنطقة ، وبذلك لن تحدث أي مفاجآت في الاستثمار من استنزاف وغيره ، وهذا يتطلب اتخاذ عدة اجراءات مستمرة كدعم وتطوير شبكة الارصاد ومتابعة الارصاد الدورية ومن ثم متابعة التقييم المستمر للموارد .

واقترح أن تتم كل ستة أشهر اعادة معايرة النموذج وذلك بمضاهاة قيم منسوب المياه الجوفية التي يتم الحصول عليها من الارصاد الدورية مع القيم التي تم التنبؤ عنها باستخدام نموذج التنبؤ ، واذا كان هناك تفاوتا ملحوظا في المنسوب ، فيتم اجراء اعادة معايرة للنموذج اعتمادا على المعطيات التي تم رصدها خلال هذه الفترة (ستة أشهر) ، وذلك لايجاد قيم أكثر دقة للمعاملات الهيدروليكية للخزان الجوفي ، وخاصة ان معامل التخزين يتغير مع الزمن تحت ظروف استثمار المنطقة ، وبعد اجراء اعادة معايرة ، يتم اعادة تشغيل نموذج التنبؤ بقيم المعاملات التي تمت معايرتها اخيرا ، وبذلك تتم باستمرار متابعة التقييم المستمر بالاستناد الى الاوضاع الحقيقية لخطط الاستثمار فعليا . وبهذا الاسلوب يتم التمثيل الجيد لمنطقة الدراسة واجراء ادارة رشيدة للموارد فيها.

المصطلحات :

SLA منسوب سطح الارض

ULA منسوب السطح العلوي للطبقة المحصورة الحاملة للماء

BLLA منسوب السطح السفلي للطبقة شبه الصماء المغلفة للطبقة الحاملة للماء من الاسفل

HA منسوب سطح المياه الجوفية للطبقة المائيـــــة (الضاغط البيزومتري) = H

HLA منسوب سطح المياه الجوفية للطبقة المسربة الدنيا (الضاغط البيزومتري) = H"

HTA منسوب سطح المياه الجوفية للطبقـــة المســـربـــة العـليـــا = H'

DLA سماكة الطبقة شبه الصماء المغلقـــة للحامـل المائـي مـن الاســـفل

$$DLA = BLA - BLLA = D"$$

DTA سماكة الطبقة شبه النفوذة التي تغلف الطبقـة المائيـــة من الاعلـــى

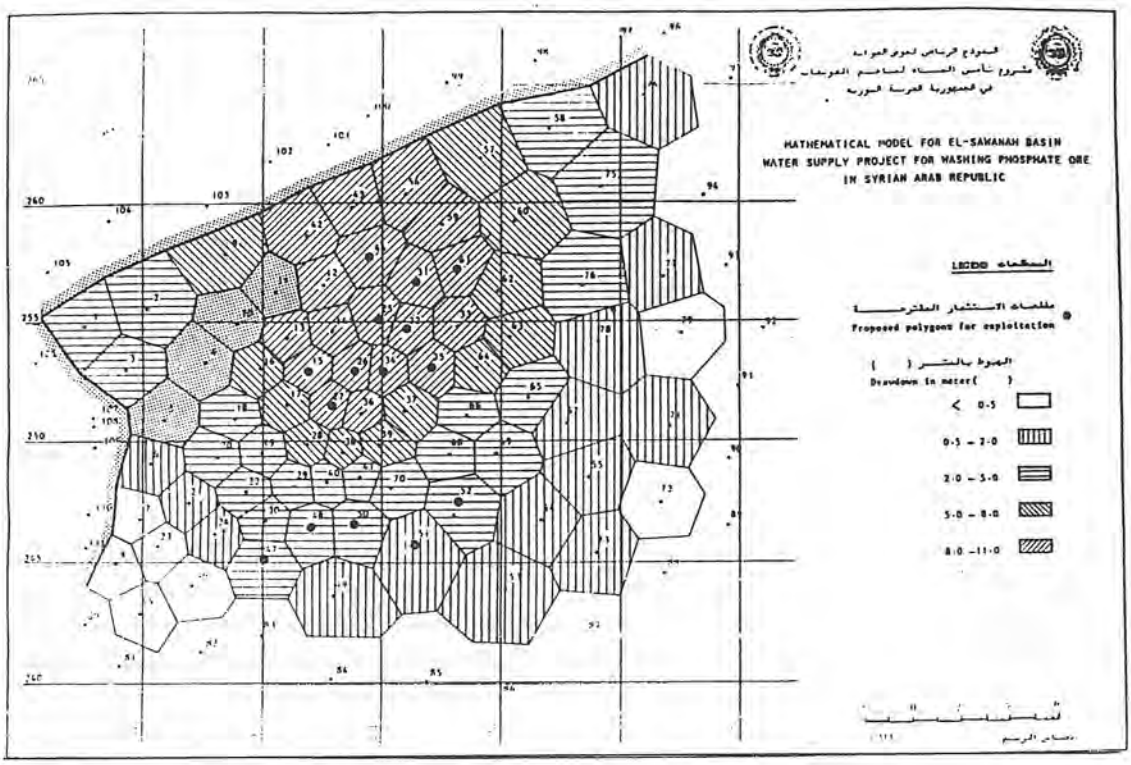
$$DTA = HTA - ULA = D"$$

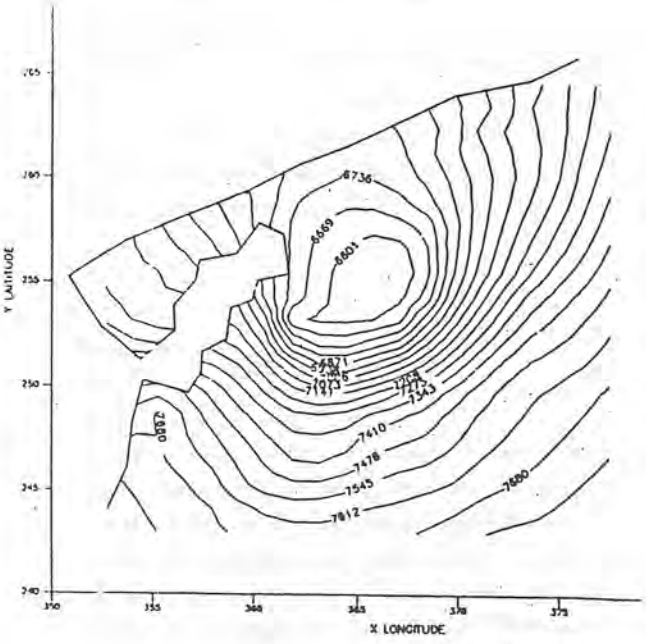
DA سماكة الطبقـــة المائيـــة الحبيســـــــة

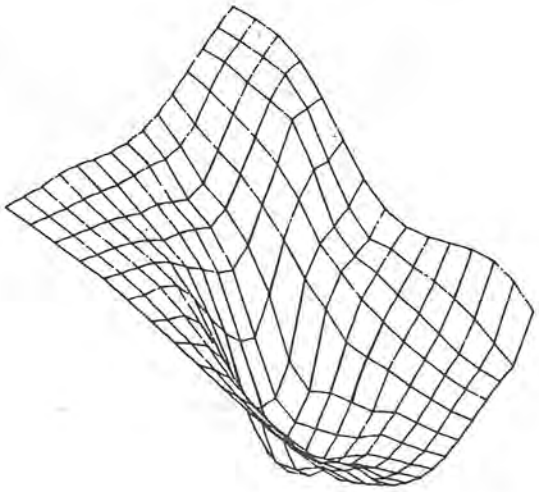
$$DA = ULA - BLA = D$$

سماكة حالـــة الطبقـــة الحـــــــرة

$$DA = HA - BLA = hA$$







COMPUTED WATER LEVEL IN 2018

شكل (5) توزع الهبوط لخطة الاستثمار (3) لعام 2018

KA نفوذية الطبقة المائية = K

T معامل السريان للطبقة الحرة = KhA

معامل السريان للطبقة الحبيسة = KD

PLA نفوذية الطبقة شبه الصماء التي تغلف الطبقة المائية من الاسفل = K'

PTA نفوذية الطبقة شبه الصماء التي تعلو الطبقة المائية الحبيسة = K"

μ عامل التخزين للجزء غير الحبيس من الطبقة الحاملة

S عامل التخزين للجزء الحبيس من الطبقة الحاملة

P كمية الضخ التي تسحب من الطبقة الحاملة

a معامل الانتشار = $\frac{T}{S}$

R معدل التغذية الرأسية لسطح الطبقة الحرة

$W_{i,a}$ طول ضلع المضلع (a) مع الضلع المجاور (i)

$L_{i,a}$ المسافة بين المضلع (a) والمضلع المجاور (i)

A_a مساحة المضلع (a)

Z_a منسوب قاعدة الطبقة الحاملة للمياه لنقطة مركز المضلع (a) حيث $H_a = h_a + Z_a$

المراجع :

1 - مسودة التقرير الهيدروجيولوجي العام - مشروع دراسة تأمين المياه لمناجم الفوسفات في الشرقية - المجلد الاول - الشركة العامة للدراسات المائية - حمص ، 1988 .

2 - Thomas R.G. Groundwater Models, FAO, Rome, Italy, 1973.

3 - Mitchell A.R. Computational Methods in Partial Differetial Equations . John Wiley, 1969.

4 - Richtmyer R.D. and Mooton K.W. Differnce Methods for Initial Value Problems . Iterscience, 1967 .

5 - Rofail N. A Mathematical Model For Water Balance In Data Scace Areas, Proceedings of the International Symposium on The Design of Water Resources Projects With Inadequate Data. Madrid, Spain , 1973 pp 419 - 430 .

The printing of these proceedings
have been sponsored by
ABB ARESCON E.C.

THE SECOND GULF WATER CONFERENCE

BAHRAIN 5TH - 9TH NOVEMBER 1994

Water in the Gulf Region toward integrated management

PROCEEDINGS

VOLUME1 - ARABIC PAPERS
VOLUME 2 - ENGLISH PAPERS

WATER SCIENCES & TECHNOLOGY ASSOCIATION

P.O.BOX 20018, MANAMA, BAHRAIN
TEL.: (0973) 522010, FAX.: (0973) 533035