تقديم

تعتبر المنطقة العربية منطقة عجز وانكشاف مائي مستمر، نسبة للموقع الجغرافي لمعظم الدول العربية والتي يسودها الجفاف شبه الكامل باستثناء بعض المناطق الشمالية المحيطة بجنوب البحر الأبيض المتوسط والمناطق المستفيدة من جريان الأنهار الكبرى التي تنبع من المناطق المجاورة لعدد كبير من الدول العربية.

ونظراً للتزايد الديمغرافي وتحسن المستوى المعيشي في العديد من الدول العربية، فإن الطلب على المياه في تزايد مستمر، خاصة في السنوات الأخيرة، التي شهدت العديد من موجات الجفاف. وبما أن الكميات المتاحة من المياه السطحية لا تغطي الطلب المتزايد على المياه، سواء للشرب أو للأغراض الزراعية والصناعية، كما أن المياه الجوفية تحيط بها العديد من المحددات والمتمثلة في ضعف التغذية وانعدامها في بعض الأحيان نتيجة لضعف تساقط الأمطار وطبيعة المكونات الجيولوجية للخزانات الجوفية والتي تشكل حاجزاً للتسرب العميق والنفاذية.

وقد أدى هذا الوضع إلى انخفاض مستوى سقف الخزانات الجوفية وبالتالي رفع تكاليف الضخ، بالإضافة إلى تدهور نوعية المياه الجوفية بسبب التلوث المستمر، خاصة بالنسبة للخزانات ذات العمق المنخفض.فأصبحت هذه الوضعية تشكل خطراً حقيقياً على النشاط الزراعي بصفة عامة والزراعة المروية بصفة خاصة.

ومن منطلق الحفاظ على القطاع الزراعي مما لحق به من جراء الاستغلال غير المرشد للموارد المائية الجوفية، قامت المنظمة العربية للتنمية الزراعية بإعداد هذه الدراسة، والتي تهدف إلى تقييم الوضع الحالي للمياه الجوفية في المنطقة العربية، للخروج ببرنامج عمل مستقبلي يسمح بالاستغلال الامثل لتلك المياه والحفاظ على المياه السطحية المتجددة، وبالتالي دعم القطاع الزراعي، خاصة المروي منه.

والمنظمة إذ تقدم هذه الوثيقة لخدمة متخذي القرار والتنفيذيين والمسؤولين عن قطاع المياه بالدول العربية، نأمل أن يجدوا فيها ما يعينهم على بلورة المشروعات واتخاذ الإجراءات الكفيلة بتعظيم الاستفادة المياه الجوفية في المنطقة.

ومن جهتها، فان المنظمة العربية للتنمية الزراعية ستعمل جاهدة لدعم جهود دولها الأعضاء لتحقيق أمنها المائي والغذائي.

والله ولي التوفيق.

الدكتور سالم اللوزي
المدير العام

المحتويات

رقم الصفحة

تقديم	1
المحتويات	3
موجز الدراسة	7
الباب الأول: الموارد المائية في الوطن العربي:	13
1-1 الأوضاع الهيدرولوجية	14
1-1-1 الأمطار	14
1-1-2 المياه السطحية	16
1-2 الأوضاع الهيدروجيولوجية	18
1-2-1 الأحواض الجوفية	18
1-2-1-1 الإقليم الأوسط (إقليم وادي النيل)	19
1-2-1-2 إقليم المغرب العربي	28
1-2-1-3 إقليم المشرق العربي	36
1-2-1-4 إقليم شبه الجزيرة العربية	40
1-2-2 الخصائص الهيدروليكية	45
1-2-3 الموازنة المائية الجوفية	50
1-2-3-1 الموارد المائية الجوفية المتاحة	50
1-2-3-2 الاستغلال الحالي للمياه الجوفية	50
الباب الثاني: استخدامات المياه الجوفية في الوطن العربي:	56
2-1 الموارد المائية العربية المتاحة	56
2-2 الوضع الراهن لاستخدامات المياه الجوفية	59
2-2-1 المملكة الأردنية الهاشمية	59
2-2-2 دولة الإمارات العربية المتحدة	54
2-2-3 الجمهورية التونسية	61
2-2-4 الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية	62
2-2-5 المملكة العربية السعودية	63
2-2-6 الجمهورية العربية السورية	64
2-2-7 سلطنة عمان	66
2-2-8 دولة قطر	66
2-2-9 الجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية العظمى	67
2-3 الخطط والسياسات المتبعة في إدارة الموارد المائية	68
2-3-1 المملكة الأردنية الهاشمية	69
2-3-2 دولة الإمارات العربية المتحدة	72
2-3-3 الجمهورية التونسية	73
2-3-4 الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية	73
2-3-5 المملكة العربية السعودية	74
2-3-6 الجمهورية العربية السورية	76

2-3-7 سلطنة عمان	76
2-3-8 دولة قطر	79
2-3-9 الجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية العظمى	79
4-2 المشاكل والمعوقات التي تواجه الاستخدام	82
2-4-1 المعوقات الطبيعية	82
2-4-1-1 العوامل المناخية	82
2-4-1-2 نوعية المياه الجوفية	82
2-4-1-3 المصادر الأرضية	83
2-4-2 المعوقات الفنية والتكنولوجية	83
2-4-2-1 ضعف خدمات البحوث والإرشاد	83
2-4-2-2 مشاكل فنية متنوعة	83
2-4-3 معوقات مؤسسية وتشريعية	84
2-4-4 المعوقات الاجتماعية	85
2-4-5 المعوقات الاقتصادية	85
5-2 الآثار السلبية لتنمية المياه الجوفية	86
2-5-1 انخفاض مناسيب المياه وإنضاب المخزون	86
2-5-2 تدهور نوعية المياه	88
2-5-3 انخفاض معدلات تدفق مياه العيون والينابيع	89
2-5-4 الآثار البيئية	89
الباب الثالث: إدارة أحواض المياه الجوفية المشتركة:	91
1-3 الجوانب الفنية	91
3-1-1 التوزيع المكاني للخواص الهيدروليكية	91
3-1-2 التأثيرات الإقليمية للخواص الهيدروليكية	92
3-1-3 تحوير نظام تدفق وسريان الماء الجوفي	92
3-1-4 تحوير المنسوب البيزومتري	93
3-1-5 تدهور نوعية المياه	87
3-1-6 التعرض للتلوث	87
2-3 خصوصية إدارة الأحواض الجوفية المشتركة	93
3-3 متطلبات الإدارة المائية الرشيدة للأحواض المشتركة	94
4-3 الجوانب الاجتماعية والاقتصادية	95
5-3 الترتيبات المؤسسية	96
6-3 الأبعاد القانونية والأخلاقية لاستعمال المياه الجوفية	97
الباب الرابع: ترشيد استخدام المياه الجوفية في الزراعة العربية:	100
1-4 إعادة تقييم المياه الجوفية	100
4-1-1 مبررات أجراء الدراسة	100
4-1-2 المتطلبات العامة للدراسة/الخلفية والأهداف	101
4-1-2-1 دراسة الاستشعار عن بعد وإعداد خريطة وحصر الأراضي	102
4-1-2-2 مسح الآبار وسحب المياه الجوفية	102
4-1-2-3 تحديد ميكانيكية التغذية	103
4-1-2-4 المسح الجيوفيزيائي	103

4-1-2-5 حفر واختبار آبار المراقبة	104
4-1-2-6 تأسيس نظام معلومات مياه جوفية	104
4-1-2-7 التطبيق الأولي لنموذج تدفق المياه الجوفية	105
4-1-2-8 تقييم الأحواض المائية الجوفية الضحلة المحتملة	106
4-2 تطوير الرصد الجوي والمائي وجدولة الري الآلية	106
4-2-1 محطات الأرصاد الجوية المائية الآلية	107
4-2-2 استخدام الرصد الجوي المائي في إدارة المياه الجوفية	108
4-2-2-1 حساب المقننات المائية للمحاصيل	109
4-2-2-2 تخطيط المزارع وتصميم أنظمة الري بالرش	111
4-2-3 تنمية برنامج حاسوب لجدولة الري	114
4-2-4 النظام الآلي لإدارة المياه (جدولة الري الآلية)	119
4-3 الإجراءات الإدارية والفنية	120
4-3-1 إدارة الطلب لترشيد الاستهلاك	120
4-3-1-1 الإدارة المائية المتكاملة لاستدامة التنمية	120
4-3-1-2 الإمداد المائي المستديم، < الطلب على المياه	121
4-3-1-3 تسعير المياه لاسترجاع تكاليف إتاحتها للمستهلك	123
4-3-1-4 الميزة المقارنة للمحاصيل الزراعية	123
4-3-1-5 الرفع من إنتاجية المياه الجوفية	124
4-3-1-6 نماذج وأنماط التنمية الاقتصادية وتكاملها	125
4-3-2 الإجراءات الوقائية والعلاجية	126
4-3-2-1 التحكم في السحب ضمن حدود آمنة	126
4-3-2-2 تجنب ظاهرة المصدر المائي المشاع	127
4-3-2-3 حماية المياه الجوفية من التلوث	128
4-3-2-4 تفادي تملح المحيط الزراعي	129
4-3-2-5 تخفيف الضغط على موارد المياه الجوفية	130
4-3-2-6 التوسع في الاعتماد على المياه المحملة مع السلع Virtual Water	131
4-4 الري بالمياه المالحة	132
4-4-1 تصنيف المياه المالحة وصلاحيتها للري	132
4-4-2 إدارة مياه الري تحت الظروف المالحة	134
4-4-2-1 تخيط المزارع وتصميم أنظمة الري	134
4-4-2-2 الاحتياجات المائية وجدولة الري	137
4-4-2-3 مقاومة المحاصيل للملوحة	139
4-4-2-4 تقنيات الري بالمياه المخلوطة والري التناوبي والري الثنائي	140
4-4-2-5 عمليات الزراعة والري المحسنة	141
4-5 إعادة استخدام مياه الصرف الصحي والزراعي	143
4-6 التغذية الاصطناعية	145
4-6-1 طريق التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية	146
4-6-1-1 أحواض التسرب	146
4-6-1-2 خنادق الترشيح	146
4-6-1-3 آبار التغذية	146
4-6-2 المعوقات والمشاكل ومعالجتها	147

4-6-3 تقانات التغذية الاصطناعية في المنطقة العربية	147
4-6-3-1 تجربة المملكة العربية السعودية	148
4-6-3-2 تجربة دولة الإمارات العربية المتحدة	148
4-6-3-3 التجربة التونسية	149
4-6-3-4 التجربة المغربية	149
4-6-3-5 تجربة دولة قطر	151
4-7 تطوير البحث والإرشاد الزراعي في الوطن العربي	154
الملاحق	160
المراجع	168
الملخص الإنجليزي	172
الملخص الفرنسي	179
فريق الدراسة	185

موجز الدراسة

نظراً للأهمية الكبيرة لهذا الموضوع فقد استهدفت المنظمة إعداد هذه الدراسة ضمن خطة عملها لعام 2004 للتعرف على السبل السائدة في استخدام المياه الجوفية في الزراعة العربية ووضع رؤية مستقبلية لترشيد الاستخدام.

وتحقيقاً لتلك الأهداف اعتمدت هذه الدراسة على قدر واسع من المصادر والمراجع والتي من أهمها الأوراق القطرية لتسع من الدول العربية التي تم إعدادها في إطار هذه الدراسة والتي تحتوي على أربعة أبواب رئيسية.

تناول الباب الأول الموارد المائية في الوطن العربي والتي تقع معظم أجزائه في المنطقة الجافة وبالرغم

من أن متوسط كمية هطول الأمطار في الوطن العربي يقدر بنحو 2282 مليار م^3/السنة فإن العالم العربي يتسم بندرة موارده المائية إذ أن 67%من إجمالي المساحة تتلقى هطولاً مطرياً لا يتعدى الـ 100 ملم/السنة فقط و 18%تتلقى هطولاً مطرياً بمعدل الـ 300 ملم/السنة. يترافق ذلك مع معدلات عالية من البخر– نتح الكامن الذي يتراوح ما بين 800 – 3000 ملم/السنة.

وبالرغم من أن مساحة الوطن العربي تشكل 10%من مساحة اليابسة إلا أنها تتلقى هطولاً مطرياً لا يتعدى 2% من إجمالي أمطار اليابسة.

هياكل التصريف الطبيعي تعكس حالة الظروف البيئية السائدة في الوطن العربي حيث تفتقر معظم أقطار الوطن العربي إلى شبكات هيدروغرافية كبيرة ومستديمة الجريان عدا خارج حدوده. الأودية الموسمية المنتشرة في حزام السافنا وجبال لبنان، جبال الأطلس، وشبه الجزيرة العربية رغم محدودية مواردها المائية إلا أن لها أهمية هيدرولوجية واقتصادية بالغة خاصة في الأقاليم الجافة حيث الزراعات التقليدية والمراعي بجانب تغذيتها للمياه الجوفية في لحقيات الأودية، أن جملة المياه السطحية العربية المتاحة تقدر بحوالي 205 مليار م^3/السنة يأتي 70% منها من خارج الدول العربية حيث يشوب وضعها الكثير من المحاذير بينما قدر الطلب على المياه السطحية للزراعة بحوالي 296.6 مليار م^3/السنة ولنفس الفترة بعجز يقدر بحوالي 53%. الوضع المتدني للموارد المائية السطحية من حيث الكميات المتوفرة وتحت الظروف المناخية غير المواتية والنزاعات الدولية حول المياه المشتركة وانتشارها فيمساحات محددة يضع عبئاً كبيراً على موارد المياه الجوفية في تأمين الاحتياجات المائية العربية لأغراض الري والشرب، والصناعة.

يمكن حصر المجموعات الهيدروجيولوجية الرئيسية في الوطن العربي في ست مجموعات تضم كل مجموعةمنها طبقة أو عدة طبقات مائية تكون غالباً على اتصال هيدروليكي فيما بينها ويمكن التمييز بين نوعين من الطبقات المائية في الطبقات المتجددة والطبقات غير المتجددة. الطبقات المتجددة يكون امتدادها غالباًمحدوداً ومناطق التغذية قريبة من مناطق الصرف وأعماقها قليلة أو متوسطة وتتسم بحساسيتها لتغيرات الأمطار وهي عرضه للجفاف. تنتشر هذه الطبقات على طول سواحل البحر الأبيض المتوسط، جبال الأطلس، وفي لحقيات الأودية في حزام السافنا وشبه الجزيرة العربية.

الطبقات المائية ذات الموارد غير المتجددة تتسم ببعد مناطق التغذية من مناطق الصرف، امتدادها الجغرافي الواسع وسماكة طبقاتها، ومخزونها الجوفي الكبير، وتتواجد المياه في الغالب تحت ضغوط قد تؤدي إلى تدفق ذاتي من الآبار وتعود تغذيتها إلى فترات مطيرة سابقة (مياه أحفورية) ومن أهمها طبقات الحجر الرملي النوبي، طبقة القاري المتداخلة، طبقات البادية السورية – الأردنية – العراقية، وتكوينات الساق، الدمام، الوسيع، وأم الرضمة وهي أحواض في غالبها مشتركة بين الأقطار العربية ويبلغ سمكها في بعض الأحيان 4000 متر.

تتميز طبقات الحجر الرملي النوبي بعذوبة مياهها (أقل من 1ع/ليتر في الغالب)، خواصها الهيدرولوجية الممتازة، والإنتاجية العالية للآبار، بينما تتنوع مياه طبقة القاري المتداخلة حيث تتراوح الملوحة ما بين 5,-7 غ/ليتر) وكذلك الحال بالنسبة لأحواض المشرق العربي وشبه الجزيرة العربية .

تتسم الأحواض الجوفية الكبيرة، غير المتجددة، بتواجدها في المناطق الصحراوية بعيداً عن التجمعات السكانية مما استوجب نقلها لمسافات بعيدة كحالة النهر الصناعي العظيم في ليبيا، كما تتسم بضعف الدراسات الدقيقة لتحديد الأبعاد، كميات المخزون، والسحب الآمن.

بالرغم من عدم وجود تقديرات دقيقة حول الحجم الكلي للمخزون المائي الجوفي في الوطن العربي إلا أنه وفق التقديرات المتاحة للمنظمة فهو يبلغ حوالي 7723 مليار م^3 منها 83% في الإقليم الأوسط، 12% في المغرب العربي، 4.7% في الجزيرة العربية، 3% في المشرق العربي. وفي حين أن التغذية السنوية من رشح الأمطار ومياه الأودية والأنهار تقدر بحوالي 42 مليار م^3 في المتوسط والمتاح منها حوالي 35 مليار م^3/السنة، يقدر توزيع هذه الموارد بحوالي 42.8% في المغرب العربي، وحوالي 25% في الإقليم الأوسط، وحوالي 18.8% في المشرق العربي، وحوالي 13.4% في الجزيرة العربية.

وتتمثل مشكلة موارد المياه الجوفية المتاحة في ضعف التغذية السنوية بسبب ضعف وتغير الهطول المطري، ارتفاع البخر – نتح، تدهور الغطاء النباتي مما أدى إلى رفع سرعة السيول وإضعاف نفاذية التربة، وتعرضها للتلوث نتيجة الراجع من مياه الري والمياه الصناعية بجانب توزيع هذه الموارد إقليمياً، قطرياً، ومحلياً.

بدأ استثمار مياه الطبقات المائية الجوفية العليا قبل الميلاد باستخدام تقنية الأفلاج التي برع العرب في إدارتها وصيانتها ومن ثم انتشرت هذه التقنية في مناطق واسعة من الوطن العربي، وحديثاً تم استثمار الطبقات المائية العميقة بدأ مع بداية النصف الثاني من القرن الماضي لضرورات الأمن الغذائي وذلك بحفر الآبار العميقة في الوادي الجديد بمصر ومشروع النهر الصناعي العظيم في ليبيا، وانتشرت في الجزيرة العربية ثم المغرب العربي.

انعكاس هذه الاستثمارات على الوضع الهيدروجيولوجي والهيدروكيمائي للطبقات المائية العميقة يتعلق بالضاغط المائي أو المستويات البيزومترية فقد لوحظ هبوط محسوس في مناسيب المياه بالطبقات المائية الرملية العائدة للحقبة الأولى والثانية في الجزيرة العربية، كما لوحظ تبدلات في المناسيب وفي نوعية المياه الجوفية في الوادي الجديد. لقد أدى الاستغلال المكثف للمياه الجوفية في المنطقة العربية إلى التأثير على التوازن الطبيعي للطبقات الحاملة للمياه كماً ونوعاً.

وقد أسفر هذا الضخ الزائد عن انخفاض مستويات المياه الجوفية وتدهور نوعية المياه بفعل تغلغل مياه البحر المجاورة للأحواض الساحلية، تملح التربة، وجفاف مياه معظم الافلاج والعيون في شبه الجزيرة العربية، والمشرق والمغرب العربيين، زيادة كلفة ضخ المياه بجانب الآثار البيئية السالبة علماً بأن معدلات تغذية المياه الجوفية غير مفهومة فهماً كاملاً في معظم المناطق.

تبلغ جملة الموارد المائية الجوفية المستغلة في الوطن العربي حوالي 31 مليار م^3/السنة تشكل نسبة 89% من الموارد الجوفية المتاحة (35 مليار) وهي نسبة عالية تتطلب ضرورة إدارة كل من العرض والطلب مع تسوية استعمالات المتاح لتأجيل الاستدامة، هذا وقد فاق معدل السحب معدل التغذية بعدة مرات في بعض الدول. وعليه فان وضع المياه الجوفية أصبح حرجاً في العديد من الدول العربية الشيء الذي

يتطلب ترشيد استخدامها وحمايتها كما يتطلب السعي لإيجاد مصادر بديلة.

اهتم الباب الثاني باستخدامات المياه في الوطن العربي، الخطط والسياسات المتبعة، المشاكل والمعوقات التي تواجه الاستخدام والآثار السلبية لتنمية المياه الجوفية.

تحصل الزراعة المروية على قدر كبير من موارد المياه في العالم العربي، حيث تستحوذ في المتوسط على 88%، مقابل 6.9% للاستخدام المنزلي و 5.1% للقطاع الصناعي وبلغ فيها وضع المياه درجة الأزمة وسيزداد الطلب بالزيادة السكانية للعالم العربي والذي يتوقع أن تصل إلى 735 مليون نسمة بحلول عام 2030. وفي شبه الجزيرة العربية وبعض دول المغرب والمشرق العربيين فاق السحب من المياه الجوفية معدلات التغذية السنوية مما أدى إلى هبوط منسوب المياه، تدهور نوعية المياه تغلغل مياه البحر، توقف ظاهرة التدفق الذاتي، وجفاف الينابيع مما يتطلب تدخلاً حاسماً وسريعاً.

* فاقت معدلات السحب الحالية من المياه الجوفية في بعض الدول العربية معدلات التغذية السنوية حيث وصلت إلى 190% في الأردن، 130% في سلطنة عمان، 128% في ليبيا، 133% في السعودية، 120% في دولة الامارات. والجدير بالذكر أن الخزانات الضحلة تعرضت لاستنزاف أكثر من الخزانات العميقة في بعض الأقطار كما هو الحال في تونس، سورية والأردن.

* اهتمت الدول العربية عموماً بوضع استراتيجيات وسياسات وخطط، وبرامج لاستغلال المياه الجوفية وإنشاء شبكات الرصد واستخدام التقانات الحديثة في جمع وتحليل المعلومات الخاصة بموارد واستخدامات المياه الجوفية ووضع سناريوهات مستقبلية قائمة على النماذج الرياضية للخزانات الجوفية، كما اهتمت بوضع التشريعات التي تضبط استغلال المياه الجوفية وسعت لتوحيد المؤسسات الوطنية العاملة في مجال تقييم واستغلال المياه الجوفية.

* سعت الدول العربية التي تعاني عجزاً مائياً لزيادة التغذية للمياه الجوفية باستخدام تقنية السدود الاعتراضية وحفائر ترابية وضبط استغلال المياه الجوفية، ترشيد استخدام المياه الجوفية لأغراض الري، وحماية مصادر المياه الجوفية من التلوث والاستفادة من مياه الصرف الصحي والزراعي المعالجة في أغراض الري.

* تتمثل المشاكل والمعوقات التي تواجه استخدام المياه الجوفية منها المعوقات الطبيعية التي تتمثل في تذبذب معدلات الأمطار وما يصاحبها من ضعف في التغذية السنوية للأحواض وتدهور نوعية المياه الجوفية وتملح التربة بالإضافة للمعوقات الفنية والتقنية المتمثلة في ضعف خدمات البحوث والإرشاد، ندرة المؤسسات التعليمية المتخصصة، عدم توفر القدرات الفنية لتركيب وصيانة أجهزة الري الحديثة، ضعف تأهيل المزارع، ضعف التنسيق بين الجهات المعنية بتقييم موارد المياه الجوفية والجهات الحكومية والأهلية المستغلة للمياه، بجانب النمو السكاني وما يتبعه من تزايد الطلب على المياه ومشاكل الحيازات الزراعية، ارتفاع تكلفة إنشاء وصيانة نظم الري الحديثة وضعف دعم الحكومات مع ضعف الاستثمار وسياسات التسويق.

* الآثار السلبية لتنمية موارد المياه الجوفية تتمثل في انخفاض مناسيب المياه وإنضاب المخزون في

العديد من الدول العربية، تدهور نوعية المياه وتداخل مياه البحر المالحة في المناطق الساحلية، انخفاض معدلات تدفق العيون والينابيع واختفاء ظاهرة التدفق الذاتي في الكثير من الأحواض الكبيرة، بجانب تملح الأراضي الزراعية والغدق خاصة في ظل انعدام أنظمة صرف فعالة تحت نظام الري الدائم كما في دلتا النيل في مصر.

أما الباب الثالث فقد خصص لإدارة أحواض المياه الجوفية المشتركة وهي الحوض النوبي المشترك بين ليبيا، تشاد، مصر، والسودان، والحوض الرسوبي القاري بين الجزائر، تونس، وليبيا، وحوض الساق بين الأردن، السعودية، ودول الخليج، حوض الحجر الرملي في سيناء والنجف المشترك بين مصر وفلسطين والتي تحتوي في الغالب على مياه غير متجددة مما يحتم إدارتها بصورة فعالة وعادلة بين الدول المشاركة والتي تحدد دولها اتفاقات لإدارتها وهي في طور الدراسة.

حددت الدراسة متطلبات الإدارة المشتركة في خمسة جوانب رئيسية:

* الجوانب الفنية وتشمل التوزيع المكاني للخواص الهيدرولوكية وتأثراتها الإقليمية، تحوير نظام تدفق وسريان الماء الجوفي، تحوير المنسوب البيزومتري، تدهور نوعي للمياه وتعرضها للتلوث.
* إستراتيجية إدارة الأحواض المشتركة تتطلب تخصصات وخبرات متعددة، اقتصار السحب على معدلات التغذية السنوية أو الاتفاق على السحب من المخزون بالكميات والأولويات المتفق عليها والتركيز على ضمان تحقيق مباديء تواصل التنمية المستدامة للمورد المائي.
* تتطلب الإدارة المائية الرشيدة للأحواض المشتركة توفر قاعدة معلومات موحدة وشاملة ضمن نموذج تصوري للحوض المائي في صورته الشمولية بتوفير الأساس المتين لدعم التنمية الرشيدة للحوض وتبني سياسات استثمارية تجنب المخاطر وتتفادى السلبيات. ويجب دعم النموذج التصوري بشبكة رصد متكامل على جانبي الحدود المشتركة لتتبع المعايير والمؤشرات الهيدرولوجية مثل معدلات الأمطار، بخر – نتح، المناسيب البيزومترية، الجريان السطحي ومعدلات الضخ لتكوين منظور كمي حول النظام المائي مع ضرورة تبادل المعلومات بين الدول المشاركة.
* ضرورة الاهتمام بالجوانب الاجتماعية والاقتصادية في إدارة الأحواض المشتركة في ظل توفر التقنيات المتقدمة، تحرير التجارة وسياسات تشجيع الصادر والتي قد تؤدي إلى الضغط المتزايد على الأحواض وما يرافق ذلك من مخاطر السحب غير المخطط الذي يقود للإنضباب والتدهور البيئي ما يحد من القدرة على دعم الأنشطة الاقتصادية القائمة حالياً وخاصة في المناطق المعرضة للمنافسة وفي ظل عدم وجود تكافؤ اقتصادي أو اختلاف في الفرص التنموية بين دول الحوض وكما يجب وضع إطار تشريعي وتحديد دقيق لحقوق الملكية على المستوى الإقليمي مع تحفيز سياسات ترشيد استخدام المياه الجوفية.
* ضرورة وضع ترتيبات مؤسسية تكون قادرة على تطبيق إدارة أنظمة المياه المحلية، القطرية، والإقليمية وبصورة فاعلة بمشاركة المستفيدين مع ضرورة إنشاء إدارات مشتركة لإدارة الأحواض الإقليمية.

* أهمية معالجة الأبعاد القانونية والأخلاقية لاستعمال المياه الجوفية في ظل ارتباط ملكية المياه الجوفية بملكية الأرض وفي ظل اعتبار المياه الجوفية موروثاً مشاعاً وحق كل إنسان وحيوان وكائن حي في أرواء ظمأه تعتبر هذه المفاهيم القانونية والأخلاقية السائدة على المستوى الإقليمي ذات أهمية قصوى في إدارة المصدر لارتباطها بمفاهيم دينية، ولكونها مصدراً للتوتر بين المجموعات المتباينة وضرورة التوافق الاجتماعي وتبني القرارات السياسية الملائمة لإدارة المياه المشتركة في ضوء الوضع المائي القائم وتكاليف تنميته وتطويره والرفع من كفاءة استعماله وبين الحاجة إلى التنظيم العام لقطاع المياه بجميع أبعاده الاجتماعية والبيئية.

يعتبر الباب الربع ترشيد استخدام المياه الجوفية في الزراعة العربية محور هذه الدراسة، ويشتمل على عدة محاور أهمها إعادة تقييم المياه الجوفية، تطوير الرصد الجوي والمائي، الإجراءات الإدارية والفنية المفروض إتباعها، الري بالمياه المالحة، إعادة استخدام مياه الصرف الصحي والزراعي. والتغذية الاصطناعية للخزانات الجوفية، وتطوير البحث والإرشاد الزراعي في الوطن العربي.

* ونظراً لاستنزاف مياه الأحواض الجوفية وتدهور نوعية المياه وتمشياً مع توصيات البرنامج الهيدرولوجي العالمي فقد رأت المنظمة العربية للتنمية الزراعية أنه من المهم إجراء دراسة فنية لاستقصاء الوضع الحالي لموارد المياه الجوفية في الدول العربية وذلك بتطبيق أحدث تقنات الهيدروجيولوجيا وتأسيس نظام معلومات مياه جوفية شامل يعمل كأداة تخطيط قوية لتحقيق التنمية الاجتماعية والاقتصادية وضمان الاستخدام المستدام لهذا المورد الهام.

* تطوير الرصد الجوي والمائي لمواكبة التغيرات المناخية والاستخدام غير المرشد لمياه الري يتطلب التوسع في إنشاء محطات الأرصاد الجوية المائية الآلية وتحديث شبكات رصد المياه الجوفية، وحساب المقننات المائية للري، تخطيط المزارع وتعميم أنظمة الري المستحدثة، استخدام جدولة الري الآلية.

* إتباع الإجراءات الإدارية والفنية اللازمة لإدارة الطلب لترشيد الاستغلال فيتطلب ذلك إتباع نظم الإدارة المائية المتكاملة لاستدامة التنمية، إتباع الإجراءات الوقائية والعلاجية وذلك عن طريق التحكم في السحب ضمن حدود آمنة وتجنب المصدر المائي المشاع، حماية المياه الجوفية من التلوث، تخفيف الضغط على موارد المياه الجوفية بالتوسع في الاعتماد على المياه المحملة مع السلع.

* الري بالمياه المالحة يتطلب تصنيف المياه المالحة وصلاحيتها للري واختيار المحصول الملائم، إدارة مياه الري تحت الظروف المالحة، تخطيط المزارع وتصميم أنظمة الري واختيار تقنيات الري المناسبة للري بالمياه المخلوطة والري التناوبي والري الثنائي، وتطبيق تقنيات الزراعة والري المحسنة.

* إعادة استخدام مياه الصرف الصحي والزراعي والصناعي يتطلب معالجتها أولاً لتفادي تلوث التربة واستخدامها في ري نباتات مختارة ضمن شروط الأمان الفني والصحي والبيئي وتطبق هذه التقنية حالياً في الكثير من الدول العربية لتخفيف الضغط على الموارد المائية التقليدية.

* التغذية الاصطناعية للخزانات الجوفية، من مياه الأمطار والجريان السطحي وعن طريق الرشح من شواطيء الأنهار وعن طريق أحواض التسرب، خنادق الترشيح، وآبار التغذية تمارس في الكثير من دول العالم ، تستخدم أحواض التسرب لتغذية الطبقات الضحلة والحرة ذات النفاذية العالية وكذلك تقنية خنادق الترشيح. تقنية آبار التغذية تمكن من تغذية الطبقات المراد تغذيتها بغض النظر من وجود طبقات كتيمة من عدمها إلا أنها معقدة نسبياً. من أكبر معوقات التغذية الاصطناعية للأحواض الجوفية هو توفير المياه اللازمة للشحن والتي يستعاض عنها في بعض المناطق بالمياه المعالجة. أما مشاكلها الفنية فتتمثل في دخول الهواء مع الماء الشيء الذي يعيق عملية الترشيح، ترسب الأملاح نتيجة التفاعلات الكيميائية، والتلوث الجرثومي. هذا وقد مارست العديد من الدول العربية عمليات التغذية الاصطناعية عن طريق إنشاء السدود الاعتراضية والتحويلية.

* ترشيد البحث والإرشاد الزراعي في الوطن العربي يتطلب تطوير مراكز البحوث الزراعية والمائية واختيار المحاصيل الملائمة ومقننات الري والطرق الزراعية الأخرى، نشر ثقافة المياه وترشيد استغلالها والمحافظة عليها وسط المزارعين والفئات ذات الصلة، دعم الحكومات لأنظمة الري الحديثة كوسيلة فعالة لترشيد استخدام المياه الجوفية في الري، رفع قدرات الفنيين، والمزارعين عن طريق التدريب، التوعية والزيارات المتبادلة.

الباب الأول
الموارد المائية في الوطن العربي

تقديم:

يواجه قطاع لمياه عموماً بالدول العربية مجموعة من التحديات، أهمها تنامي الطلب علي المياه وبعجلة متسارعة، إذ تشير الدراسات بأنه وفي ظل معدل الاستخدام الحالي للفرد العربي من المياه فإن جملة المياه المستخدمة حتى عام 2010 من المتوقع أن تصبح حوالي 287 مليار م^3/السنة وذلك بعجز مائي يقدر بحوالي 40 مليار م^3 سنوياً. هذا وسينقص نصيب الفرد من المياه في الدول العربية من 970 م^3/السنة (2001) إلى 640م^3 بحلول عام (2010) وإلى 425 م^3 عام (2025). يشكل تدني كفاءة الاستخدام الحالي للمياه في الزراعة العربية تحدياً وهو ما تم التأكيد عليه. هذا بالإضافة إلى تدهور نوعية المياه والتقلبات المناخية. إن توفير الاحتياجات المائية المستقبلية يعتمد إلى حد كبير على حسن استخدام الموارد المائية المتاحة وحمايتها من الفقد والتدهور.

ورد في إعلان القاهرة لمبادئ التعاون العربي في استخدام وتنمية وحماية الموارد المائية العربية في عام 1997 ما يلي:

(تعزيز التعاون العربي في مجال المحافظة على نوعية المياه والتأكيد على البعد البيئي في السياسات الزراعية والمائية، واتخاذ كافة الإجراءات والتدابير لحماية وصيانة الموارد المائية والأرضية التي تحقق أهداف التنمية الزراعية والريفية المستدامة، وتلبي الاحتياجات الحالية وتطلعات الأجيال القادمة).

مصطلح قدرة المياه استعمل طويلاً عالمياً كمؤشر وحيد لندرة المياه أي كمية الموارد المائية معبرة بعدد السكان مع تحديد النسب 1000، 2000، 500 م^3 للفرد/السنة إذا ما تفاوتت شكلت عائقاً للتنمية الاقتصادية والحماية البيئية. هذا المؤشر لا يأخذ في الاعتبار استخدام المياه للأغراض الزراعية والتي تمثل ما يقارب 90% من الاحتياجات الكلية في المناطق القاحلة ذات الاقتصاد الزراعي. لذا فأن تقييم الضغط البشري على الموارد المائية هو عنصر هام ويتمثل في السحب حسب المورد. وعرف ضغط المياه بأنه نسبة المياه المسحوبة إلى المياه المتاحة على أساس سنوي حيث اعتبرت النسبة التي تقل عن 10%دليلاً على وجود مشاكل قليلة في إدارة موارد المياه وما بين 10%-20%تدل على أن المتاح في طريقه ليصبح عاملاً محدداً وأنه يحتاج لاستثمارات هامة في المستقبل وأن السحب الذي يتجاوز 20% يدل على أنه من الضرورة إدارة كل من العرض والطلب مع تسوية استعمالات المتاح لتأجيل الاستدامة.

يتسم الوطن العربي بضعف الموارد المائية والتي تنقسم إلى مصادر تقليدية ومصادر غير تقليدية، تتمثل المصادر التقليدية في مياه الأمطار، الأنهار، والمياه الجوفية بينما تتمثل المصادر غير التقليدية في المياه العادمة (الصرف الصحي، الزراعي، والصناعي) المعالجة ومياه البحر المحلاة.

نظراً للتداخل الكبير بين المياه السطحية والجوفية واستكمالا للدورة الهيدرولوجية تتطرق هذه الدراسة لمياه الأمطار والأنهار بشكل عام مع التركيز على المياه الجوفية موضوع الدراسة.

1-1 الأوضاع الهيدرولوجية:

1-1-1 الأمطار:

يسود المناخ الجاف والصحراوي في الجزء الأعظم من أراضي الوطن العربي باستثناء بعض القطاعات الساحلية التي تتميز بمناخ البحر الأبيض المتوسط والمناطق الاستوائية.

الموقع الجغرافي والوضع التضاريسي يتحكمان في سيطرة المناخ الصحراوي المتمثل في الحرارة العالية والجفاف، وعدم الانتظام في كميات الأمطار وتعرضه للرياح الصحراوية الحارة والجافة إضافة إلي وجود فصلين رئيسين هما الصيف والشتاء.

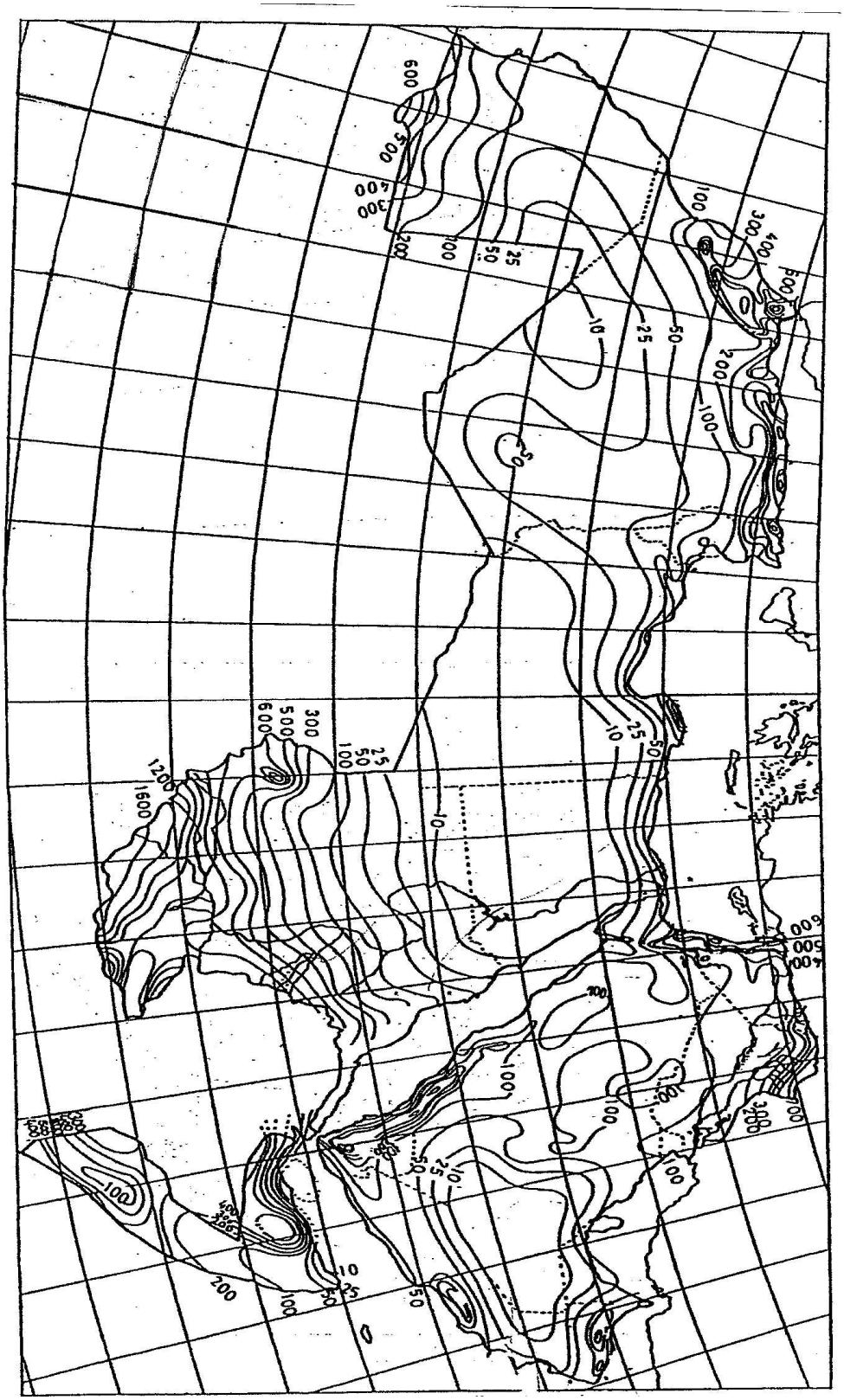
يتسم العالم العربي بوجود الصحاري الكبرى في شمال أفريقيا وشبه الجزيرة العربية والتي تتميز بالمفارقة الكبيرة في درجات الحرارة صيفاً وشتاءاً وليلاً ونهاراً وتسجل أعلى درجات الحرارة بما يزيد عن 45 درجة مئوية بينما تصل درجة الحرارة المطلقة إلى – 19 درجة مئوية.

تتحكم المنخفضات الجوية والجبهات الهوائية في تقلبات الجو العربي وأهمها منخفضات البحر الأبيض المتوسط، والمنخفضات الحرارية الموسمية شمال غرب القارة الهندية، وفي القارة الأفريقية.

تهطل الأمطار الصيفية في جنوب شبه الجزيرة العربية، السودان، الصومال، وموريتانيا ويصل أعلى معدل لها إلى 1000ملم/السنة في جنوب السودان، بينما تتمتع مناطق البحر الأبيض المتوسط بأمطار شتائية تزيد عن 1500ملم/السنة في جبال لبنان وتتضاءل شرقاً لتصل لأقل من 50 ملم/السنة في بادية الشام. في شبه الجزيرة العربية تهطل الأمطار رغم قلتها في فصول الصيف، الشتاء، والربيع ولا يتجاوز معدلها إلـ 100ملم/السنة في معظم المناطق عدا المرتفعات الجنوبية حيث تصل إلى 500 ملم/السنة و1000ملم/السنة في منطقة آب. أما في خليج عمان فيتراوح مابين 100-120ملم/السنة. في المغرب العربي حيث جبال الأطلس تتراوح معدلات الأمطار ما بين 600 و 1000 ملم/السنة أما في مصر والجماهيرية الليبية فإن معدل الأمطار يتراوح ما بين 100-200 ملم وتهطل في شريط ساحلي ضيق أما في شمال غرب الجماهيرية والجبل الأخضر يتراوح معدلها السنوي ما بين 200-600 ملم/السنة، شكل رقم (1-1). ويتأثر البخر-نتح بمعدلات الأمطار ودرجات الحرارة و كميات الإشعاع وسرعة الرياح. في ساحل البحر الأبيض المتوسط تتراوح معدلات البخر-نتح ما بين 2.5 ملم/اليوم شتاءاً و11.5 ملم/اليومصيفاً ويصل معدلها السنوي لحوالي 800 ملم/السنة بينما يتراوح معدلها السنوي في شبه الجزيرة العربية والصحراء الكبرى ما بين -3000 2000 ملم/السنة. باستعراض الموازنة المائية (الفرق بين الهطول المطري والبخر- نتح) نجد أن الموازنة المائية في غالبية الدول العربيةسالبة مما يوضح أن المنطقة العربية تعاني عجزاً في الميزان المائي السنوي.

تعتبر مياه الأمطار المصدر الرئيسي للزراعات المطرية والجريان السطحي وتغذية الخزانات الجوفية، ومن السمات الأخرى الهامة للهاطل المطري في المنطقة العربية هو ظاهرة التذبذب والتغيرات الكبيرة في معدلات الهطول من سنة لأخرى وما يصاحب ذلك من فترات الجفاف ومشاكل زراعية ورعوية كما أن التذبذب قد يعني حدوث موجات من الفيضانات المدمرة ذات الآثار البيئية والاجتماعية غير المواتية.

شكل رقم (1-1)
متوسط الهطول المطري في الوطن العربي بالملم



ينقسم الوطن العربي وفق التوزيع الهيدروغرافي إلى أربعة أقاليم هي شبه الجزيرة العربية والمشرق

العربي والمغرب العربي والإقليم الأوسط. تشير الدراسات إلى أن متوسط كمية هطول الأمطار في الوطن العربي يقدر بنحو 2,282 مليار م^3/السنة ، جدول رقم (1-1) ورغم هذا فإن العالم العربي يتسم بندرة موارده المائية إذ أن 67%من إجمالي المساحة تتلقى هطولاً مطرياً لا يتعدى 100ملم/السنة وهي غير كافية لإنتاج محاصيل بعلية أو مراعي غنية في حين تتلقى 18% فقط من جملة المساحةهطولاً مطرياً يتعدى الـ 300ملم/السنة وهي أقاليم المشرق العربي والمغرب العربي والإقليم والأوسط، وهي تعتبر أكثرا لمناطق استقرارا زراعياً ومصدراً رئيسياً للمحاصيل الغذائية والإستراتيجية كما أن تقنية حصاد المياه تساهم في الري التكميلي وتوفر مياه الشرب للإنسان والحيوان.

بالرغم من أن مساحة العالم العربي تشكل 10%من إجمالي مساحة اليابسة إلا أنها تتلقى هطولاً مطرياً لا يتعدى الـ 2% من إجمالي أمطار اليابسة.

جدول رقم (1-1)
نصيب أقاليم الوطن العربي من الأمطار السنوية

الإقليم	كمية الأمطار مليار م3/السنة	النسبة المئوية
شبه الجزيرة العربية	212	9,2
المشرق العربي	178	7,8
المغرب العربي	588	25,7
الإقليم الأوسط	1,304	57,3
الإجمالي	**2,282**	**100**

المصدر: المنظمة العربية للتنمية الزراعية 1997.

2-1-1 المياه السطحية:

هياكل التصريف الطبيعي تعكس حالة الظروف البيئية القاحلة السائدة في الوطن العربي، حيث تفتقر معظم أقطار الوطن العربي إلى شبكات هيدروغرافية كبيرة ومستديمة الجريان عدا خارج حدوده، هذا بالإضافة لعدد كبير من الأنهار الصغيرة مثل أنهار الأردن، لبنان، وتشمل الأنهار المشتركة نهر النيل ونهري دجلة والفرات ونهري شبيلي وجوبا بالإضافة لنهر السنغال، وتقدر نسبة المياه العربية الدولية المشتركة بحوالي 54% من نهر النيل، 39.8% من نهري دجلة والفرات، 6.5% من نهري شبيلي وجوبا، و0.7% من نهر السنغال.

في مقابل العدد المحدود من الأنهار دائمة الجريان تنتشر في أنحاء الوطن العربي شبكات من الأودية الموسمية متباينة في كثافتها وتصريفها تبعاً لطبوغرافية المنطقة ونوع التربة والبيئة وكمية الهطول السنوي، تنتشر هذه الأودية في مناطق جبال لبنان وجبال الأطلس وشبه الجزيرة العربية وفي حزام السافنا. بالرغم من مواردها المائية المحدودة إلا أن للوديان أهمية هيدرولوجية واقتصادية بالغة خاصة في الأقاليم الجافة حيث

تشكل الوديان شريان الحياة الريفية حيث التجمعات السكانية، الثروة الحيوانية، والزراعات التقليدية كما تساهم في تغذية المياه الجوفية جدول رقم (1-2).

جدول رقم (1-2)
نسبة المياه السطحية الدولية في الأقطار العربية

الإقليم	تصريف داخلي مليار م^3	تصريف خارج الحدود مليار م^3	المجموع مليار م^3
الإقليم الأوسط (مصر- السودان- الصومال- جيبوتي)	**86**	**75**	**161**
المشرق العربي(سوريا- العراق-الأردن- لبنان- فلسطين)	**45**	**81×**	**126**
المغرب العربي(الجزائر-تونس-المغرب- ليبيا- موريتانيا)	**51**	**5**	**56**
شبه الجزيرة العربية(السعودية-الكويت- الإمارات- قطر-البحرين- اليمن- عمان)	**9××**	**-**	**9**
الإجمالي	**191**	**161**	**352**

المصدر: المنظمة العربية للتنمية الزراعية 1997.
× يعتمد الوارد على تقسيم إيراد نهري دجلة والفرات بتوقيع اتفاقية بين تركيا، سوريا، العراق.
×× معظم تصريف شبه الجزيرة العربية من الأودية الموسمية.

تمثل الينابيع والأفلاج مصادر مياه سطحية تقليدية مهمة ورخيصة وتنتشر في المشرق العربي وشبه الجزيرة العربية وتستغل بصورة أساسية لأغراض الري.

إن جملة المياه السطحية العربية المتاحة تقدر بحوالي 205 مليارم^{3}سنوياً وفي المتوسط العام تأتي 70% من خارج الدول العربية حيث يشوب وضعها الكثير من المحاذير أهمها عدم التوصل إلى اتفاقيات مع دول المنبع لتحديد التوزيع المنصف والمعقول لهذه الموارد وفق اللوائح والقوانين الدولية. هذا ويعتبر مقترح الأمم المتحدة لقانون اتفاقية استخدام المجاري المائية الدولية للإغراض غير الملاحية (21/مايو/1997) منصفاً، ومن مميزاته وجوب تبادل المعلومات والبيانات المائية المتشاطئة وضرورة الإخطار المسبق من دول المنبع عن عزمها لتنفيذ منشآت مائية تسبب أضرارا لدول أخرى متشاطئة، وأهمها أن لكل الدول المتشاطئة حقوق أصيلة في هذه المياه الدولية المشتركة. من السمات الرئيسية للمياه العربية السطحية أنها موزعة وبنسبة 37% في إقليم المشرق العربي، 4.8% في شبه الجزيرة العربية، 38.5% في الإقليم الأوسط، وحوالي 19.7% في المغرب العربي.

تستغل المياه السطحية أساساً لأغراض الري ويحظى قطاع الزراعة بحوالي 88% من جملة

الاستثمارات المائية، حيث بلغت جملة المياه السطحية المستثمرة لأغراض الري عام 1985 حوالي 139.8مليار م^3/السنة بنسبة استرداد قدرها 68% من المياه السطحية المتاحة (205 مليار م^3/السنة) بينما بلغ حجم الطلب للأغراض الزراعية لنفس السنة حوالي 296.6 مليار م^3/السنة وبعجز يقدر بحوالي 53% (أكساد 1990) حيث يغطي جزء يسير من هذا العجز بمصادر مياه جوفية ومياه صرف معالجة.

إن الوضع المتدني للموارد المائية السطحية من حيث الكميات المتوفرة وتحت الظروف المناخية غير المواتية والنزاعات الدولية حول المياه المشتركة وانتشارها في مساحات محدودة يضع عبئاً كبيراً على موارد المياه الجوفية والتي يعول عليها كثيراً في تأمين الاحتياجات المائية العربية الكبيرة لأغراض الري والشرب والصناعة.

2-1 الأوضاع الهيدروجيولوجية:

1-2-1 الأحواض الجوفية:

لقد قطعت أقطار الوطن العربي تقدماً ملموساً في مجال التعرف على مواردها المائية الجوفية حيث تركزت الدراسات على استكشاف الطبقات المائية الجوفية من حيث انتشارها وإمكانياتها المائية وأعماقها ونوعية مياهها كما أقامت شبكات الرصد لمراقبة المناسيب ونوعياتها الكيمائية وتقدير كميات المياه الجوفية المتوافرة. وبالرغم من المصاعب التي تتمثل في الشروط الجيولوجية والانتشار الواسع للطبقات وعدم تجانس الأوساط الحاملة للمياه، إضافة إلى ظروف التغذية المرتبطة بالأمطار والتي بدورها عرضه لتبدلات كثيرة مما ينعكس سلباً على حساب الموازنة المائية للطبقات المائية الجوفية.

هذا ويمكن حصر المجموعات الهيدروجيولوجية الرئيسية في الوطن العربي في ست مجموعات تضم كل منها طبقة مائية واحدةأو عدة طبقات مائية تكون غالباً على اتصال هيدروليكي فيما بينها وهذه المجموعات هي:

- مجموعة الصخور البلورية القديمة (ما قبل الكامبري).
- مجموعة الصخور الرملية القارية العائدة للحقبة الأولى.
- مجموعة الصخور الرملية القارية العائدة للحقبتين الثانية والثالثة.
- مجموعة الصخور الكربوناتية العائدة للحقبتين الثانية والثالثة.
- مجموعة الصخور الحطامية العائدة للحقبتين الثالثة والرابعة الحديثة.
- مجموعة الصخور البازلتية

ويمكن التمييز بين نوعين من الطبقات المائية:

- الطبقات المائية ذات الموارد المتجددة وهي الطبقات التي تردها تغذية سنوية أو شبه منتظمة من مياه الأمطار أو الأنهار لتعويض المستثمر بشكل كلي أو جزئي وفق الظروف المناخية السائدة في أماكن تكشفات هذه الطبقات والتي يكون امتدادها عامة محدوداً ومناطق التغذية قريبة من مناطق الصرف

وأعماقها قليلة أو متوسطة كما وأنها تتسم بحساسيتها لتغيرات الأمطار وهي عرضه للجفاف.

أمكن عن طريق تقنيات النظائر البيئية والمشعة تحديد انتشار هذه الطبقات على طول سواحل البحر الأبيض المتوسط الشرقية والجنوبية وجبال الأطلس في المغرب والتي تتميز بهطول مطري يتراوح وسطياً ما بين 400-600 ملم/السنة، وطبقات المياه المنتشرة في السهول الساحلية وكذلك لحقيات الأنهار الدائمة الجريان والأودية الموسمية المنتشرة في شبه الجزيرة العربية وحزام السافنا. وذلك اعتماداً على نتائج دراسات النظائر التي قام بها المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة والوكالة الدولية للطاقة الذرية العالمية.

- الطبقات المائية ذات الموارد غير المتجددة وهي الطبقات التي لا تردها تغذية سنوية منتظمة أو حديثة لتعويض الفاقد نتيجة الاستثمار وتتسم هذه الطبقات ببعد مناطق الصرف عن مناطق التغذية بالإضافة لامتدادها الجغرافي الواسع ومخزونها الجوفي الكبير وتواجد المياه تحت ضغوط قد تكون كبيرة إلى درجة تؤدي إلى تدفق ذاتي من الآبار ولعشرات الأمتار وهذه هي الصفة الدائمة لمعظم طبقات الوطن العربي، شكل رقم (1-2).

أظهرت دراسات النظائر أن تغذية مثل هذه الأحواض تعود إلى فترات مطيرة سابقة 5000 أو 2000 أو 40000 سنة. ومن أهم هذه الطبقات تلك المعروفة باسم الحجر الرملي النوبي Continental Intercalaire والتي تمتد بين السودان ومصر وليبيا وتشاد وكذلك طبقة القاري المتداخلة التي تمتد بين تونس والجزائر وجنوباً حتى الصحراء الكبرى. وفي المشرق العربي هنالك الطبقات المنتشرة في البادية السورية والعراقية والأردنية، وكذلك طبقات الدمام وأم الرضمة والوسيع والساق في شبه الجزيرة العربية وهي أحواض مشتركة في غالبها بين الأقطار العربية.

هذه الطبقات المائية العميقة والمشتركة لم تحظ بدراسات دقيقة لتحديد كميات المخزون عدا جمهورية مصر وتونس والجزائر.

1-2-1-1 الإقليم الأوسط (إقليم وادي النيل):

يمتد من حدود السودان الجنوبية وحتى البحر الأبيض المتوسط في الشمال ويحده من الشرق البحر الأحمر ومن الغرب جبال تبيستي والكفرة وجبال الهاروج.

تنتشر في هذا الإقليم مجموعات من الطبقات الحاملة للمياه الجوفية وهي مجموعة الصخور الحطامية، الرملية القارية، الكاربوناتية، والصخور البلورية. ونظراً للامتداد الواسع لهذا الإقليم وتباين خواصه الهيدروجيولوجية.

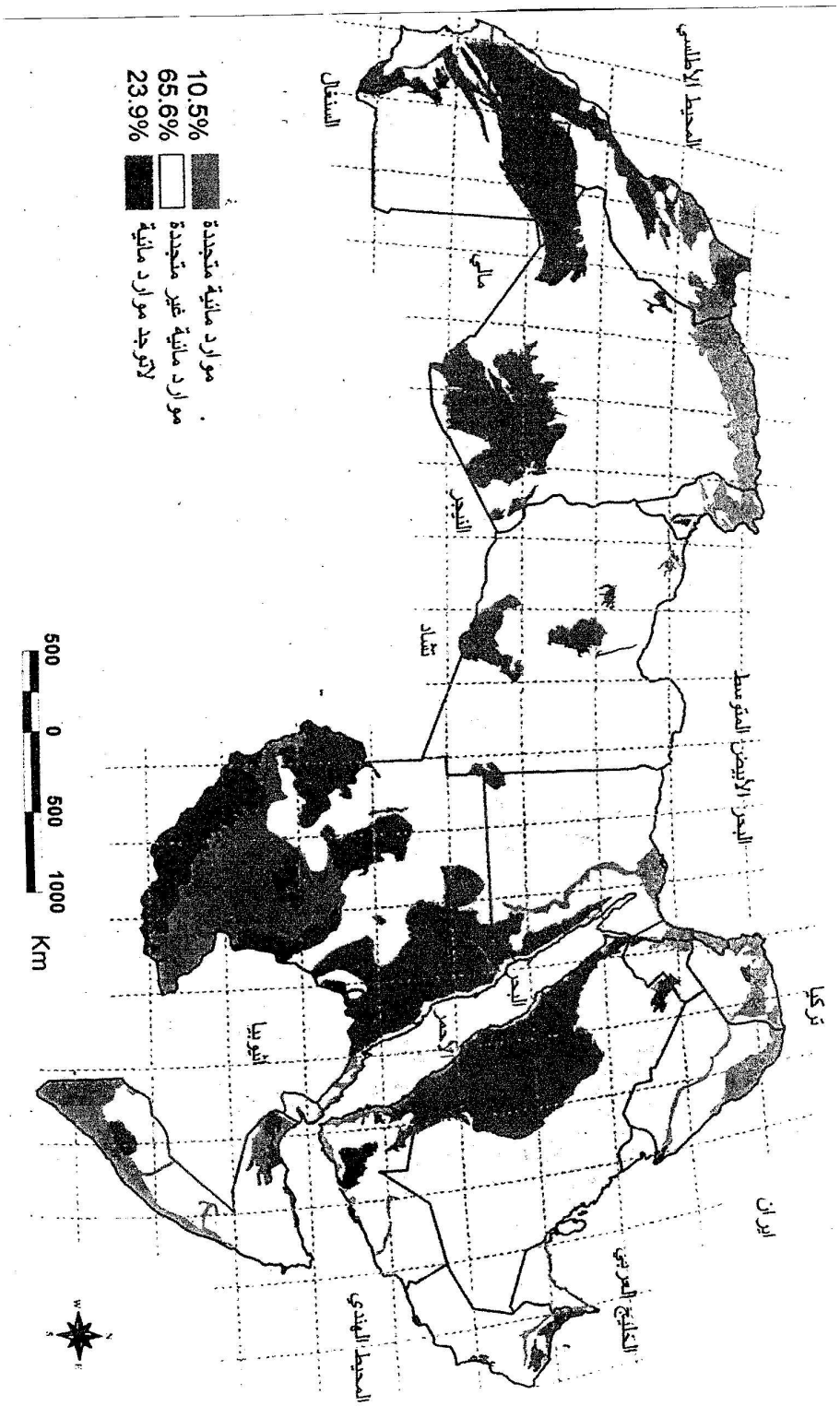
يمكن تقسيمه إلى خمسة مناطق رئيسية هي:

- منطقة دلتا النيل والأحواض الساحلية.
- منطقة البحر الأحمر وسيناء.
- منطقة غرب النيل.
- منطقة أم روابة وبحر العرب.

- منطقة هضبة الحبشة والقرن الإفريقي.

شكل رقم (1-2)

الموارد المائية الجوفية المتجددة وغير المتجددة في الوطن العربي



منطقة دلتا نهر النيل والأحواض الساحلية:

تشمل الطبقة المائية المنتشرة في سرير النهر والدلتا إضافة إلى الأحواض الساحلية الممتدة حتى الجبل الأخضر في ليبيا. تتكون الطبقة المائية في سرير النهر من توضعات رباعية ورسوبيات تعود إلى أعلى الحقبة الثلاثية وهي عبارة عن رمال وحصى وتتراوح سماكتها ما بين عدة أمتار و300 متر وهي في الغالب على اتصال هيدروليكي مع طبقات الحجر الرملي النوبي التي تقع أسفلها وخاصة عن طريق الفوالق، شكل رقم (1-3). تعتبر ملوحة المياه متوسطة أي أقل من 1.5غ/لتر وتستثمر لأغراض الشرب والري، أما في الدلتا فإن الطبقة المائية تتكون من رسوبيات تعود لأعلى الحقبة الرابعة وتزداد سماكتها باتجاه الشمال من 200متر بالقاهرة إلى 1000متر على طول الشاطئ، وتصل ملوحتها إلى 1غ/لتر وتتغذى الطبقة بالرشح من مياه الري، في حين تتغذى المناطق الساحلية بتداخل مياه البحر. تشير دراسات أكساد (1984) إلى أن مخزون هذه الطبقة يصل إلى 300 مليار م^3 والتغذية حوالي 2.6 مليار م^3/السنة والفاقد 1-2 مليارم^3/السنة.

أما بالنسبة للسهل الساحلي الممتد من الإسكندرية وحتى السلوم غرباً فتتوافر فيه عدة طبقات مائية أهمها طبقة الحجر الكلسي الذي يقع إلى الشرق من الدلتا وتبلغ سماكته حوالي 40 متراً وتشكل المياه العذبة طبقة رقيقة تعوم على المياه المالحة الناتجة عن طغيان مياه البحر. وفي العريش تتواجد طبقات الكثبان الرملية وتحتوي على طبقة رقيقة من المياه الجوفية تكون على عمق قليل يصل حوالي (2م) وتستثمر بواسطة الخنادق، أما في اللحقيات الندية التي يبلغ سمكها 30متراً والعمق للماء يصل حوالي 10 أمتار بالقرب من الشاطي و30متراً بالداخل، أما الطبقات الكلسية الرملية ذات السحنة البحرية تبلغ سماكتها 40 متراً وتمتد لمسافة 15كم من الشاطئ، وتتغذى هذه الطبقات من رشح الأمطار وتتراوح الملوحة ما بين 3-5غ/لتر.

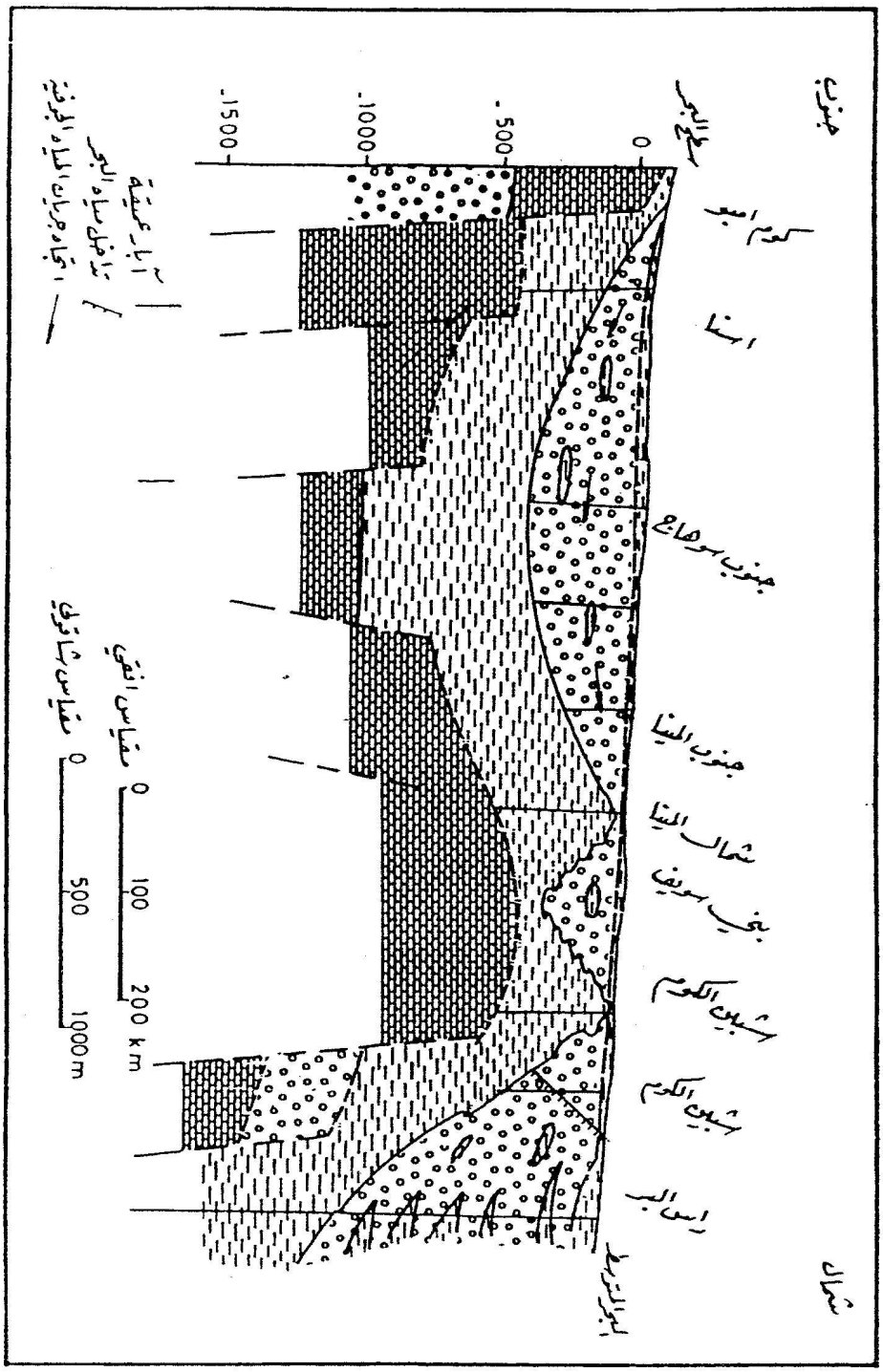
منطقة البحر الأحمر وسيناء:

تتميز هذه المنطقة بانتشار صخور الركيزة البلورية التي تمتد على طول ساحل البحر الأحمر وهي بصورة عامة فقيرة بالمياه الجوفية والتي تتوافر فقط في التكسرات ومناطق التعرية والوديان وتعتبر طبقة الرباعي اللحقية أهم طبقة مائية بالمنطقة. تعتمد التغذية على مياه الجريان السطحي وتتراوح ملوحتها ما بين 7-7.5غ/لتر.

الطبقة المائية في وادي القاع في غرب سيناء تتجاوز سماكتها 100متر وتتغذى من المياه السطحية ويصل العمق للماء 70متراً في الطبقة الحرة أما ملوحتها فتصل إلى 1.5 غ/لتر.

من الطبقات المائية الهامة في سيناء طبقة الحجر الرملي النوبي حيث التدفق الذاتي لبعض الآبار أما المنسوب البيزومتري فيقع في بعض الآبار على عمق 120 متراً وتتراوح الملوحة ما بين 1-10غ/لتر وتتم تغذية هذه الطبقة من تكشفات الحجر الرملي في كل من سيناء والصحراء الشرقية. يقدر مخزون هذه الطبقة بحوالي 100مليار م^3 ومياهها بشكل عام أحفورية ولا يستبعد وجود تغذية من مياه الأمطار التي تبلغ 100ملم/السنة جنوب سيناء وحركة المياه الجوفية عموماً نحو الشمال ويتم صرف المياه من خلال ينابيع عيون موسى ووادي عربة. المنسوب البيزومتري وسط شبه جزيرة سيناء يقع على عمق 200 متر وقد يتناقص إلى 100 متر في الشمال وتتراوح الملوحة ما بين 1.5 غ/لترفي وسط وجنوب سيناء وتزداد شمالاً وغرباً لتتجاوز الـ 5 غ/لتر.

شكل رقم (1-3)
مقطع هيدرجيولوجي في وادي النيل وأحواض الدلتا



المصدر: الخريطة الهيدروجيولوجية لمصر 1988.

منطقة غرب النيل:

وتشمل الصحراء الغربية في مصر والصحراء الليبية والنوبية والمناطق شبه الجافة الممتدة شمالاً حتى البحر الأبيض المتوسط وجنوباً حتى خط العرض 100 شمالاً. تتميز هذه المنطقة بتواجد طبقة مائية واسعة الامتداد وعالية الإنتاجية وهي طبقة الحجر الرملي النوبي إضافة إلى سحنات كربوناتية متوسطة تنتشر في الصحراء الغربية في مصر وفي الجبل الأخضر في ليبيا.

يغطي حوض الحجر الرملي النوبي مساحة 2 مليون كم^2 موزعة على مصر، السودان، ليبيا، وتشاد وتعتبر أهم الأحواض الجوفية في الشمال الإفريقي والوطن العربي من حيث ضخامة حجمة ومخزونة وإنتاجيته العالية وجودة مياهه، وقد يصل سمك طبقاته الحاملة للمياه الجوفية إلى 5000 متر داخل مصر و 3000 متر م^3 في ليبيا والسودان. يقدر مخزونها من المياه الجوفية بحوالي 150,000 مليار م^3 (Hease etal 1987) منها 75000 مليار م^3 داخل مصر وحدها و،25000 مليار م^3 بالسودان (إسكندر 1996). تدل اختبارات النظائر المشعة التي أجريت على أن عمر المياه بالحوض تتراوح بين 10000 و 33000 سنة أما المناطق القريبة من نهر النيل تحتوي على مياه حديثة (أقل من 50 سنة) متسربة من النيل.

تتحرك المياه الجوفية داخل الحوض عموماً نحو الشمال الشرقي استجابة لانحدار هيدروليكي في ذلك الاتجاه حيث يفرغ الحوض مياهه في السبخات والمنخفضات المحيطة بخليج سرت في ليبيا ومنخفض القطارة في مصر. يتكون الحوض النوبي من عدة أحواض متصلة هيدرولوكياً هي حوض الكفرة، حوض الداخلة، والهضاب النوبية والمصرية، شكل رقم (1-4).

حوض الكفرة:

تتكون الطبقة المائية في حوض الكفرة من الرمل والحجر الرملي الخشن أو الناعم القاري المنشأ وتتناوب معه طبقات غضارية وتزيد سماكة الطبقة عن 3000 متر في حين تزيد سماكة الطبقات المشبعة عن الـ 1000متر. ويبلغ سمك الطبقات الرملية المتداخلة مع الغضار في حوض سرير 900 متر حيث تشكل طبقة مائية عليا تتميز بعذوبة مياهها، ويتغير الوضع الهيدروجيولوجي شمالاً حيث تسود طبقة كربوناتية يتبعها تغير هيدروكيمائي من مياه قليلة الملوحة إلى مياه شبه مالحة أو مالحة.

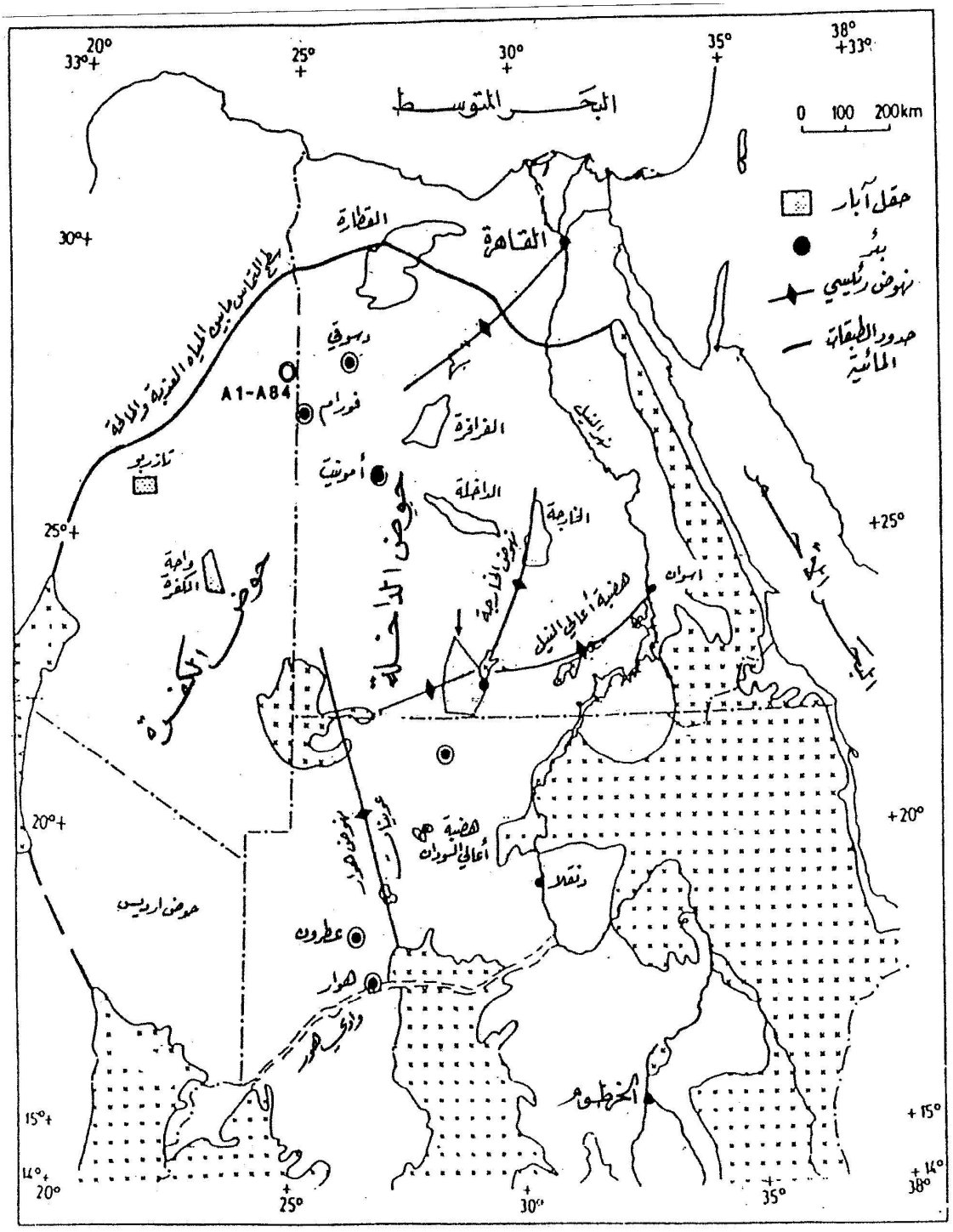
تتأثر الحركة المائية الإقليمية بالوضع الرسوبي وكذلك بالوضع البنيوي لحوض الكفرة حيث أن جزء من حركة المياه الجوفية تتجه شمالاً من تشاد والسودان عبر الكفرة إلى حوض السرير أما الاتجاه الإقليمي الآخر يتجه نحو الشمال الشرقي باتجاه مصر ويعزى ذلك إلى وجود طبقات محدودة النفاذية ترجع للحقب القديمة Paleozoic بمنطقة جبل الحواديش.

دلت الدراسات أن الفرق الضاغط الهيدروليكي ما بين جنوب وشمال الحوض يصل إلى 400 متر.

واتجاه الحركة من الجنوب للشمال والشمال الشرقي ومعظم الآبار المحفورة تعطي تصاريف مرتفعة يتراوح مابين 135-300 م^3/الساعة (سالم 1985).

شكل رقم (1-4)

تقسيم حول الحجر الرملي النوبي في غربي النيل



المصدر: حسب Hesse وغيره 1987.

تشير نتائج دراسات الكربون المشع C14 إلى أن عمر المياه في الكفرة يتراوح ما بين 10000و33000 سنة وتتراوح الملوحة ما بين 0.18-0.3 ومعظمها مياه أحفورية إلا أن هنالك تغذية محدودة جداً من تسرب مياه الأمطار ومن السودان إذا ما قورنت بحجم الخزان الجوفي وما يتم السحب منه من مياه أما الصرف الطبيعي فيتم بالواحات، السبخات، والمنخفضات في كل من ليبيا ومصر.

حوض الداخلة:

يتكون الجزء الجنوبي من الحوض من طبقات رملية قارية تتداخل معها تشكيلات إقليمية ذات ناقلية مائية ضعيفة وهي عبارة عن طبقات رقيقة من الغضار الصفيحي ويتراوح سمكها ما بين 1000-2400 متر. ويفصل الغضار الحوض إلى عدة طبقات مائية محصورة إلا أنها على المستوى الإقليمي تشكل وحدة هيدروديناميكية واحدة تتجه مياهها نحو الشمال الشرقي مع تدرج هيدروليكي يصل إلى 0.5 م/كم، شكل رقم (1-5).

تتبدل ملوحة المياه الجوفية في طبقة الحجر الرملي النوبي عمودياً وأفقياً وتتحول تدريجياً من مياه عذبة في الجنوب والجنوب الغربي إلى مياه مالحة في أقصى الشمال. ففي جنوب خط العرض 25 درجة شمالاً تكون الملوحة أقل من 1غ/لتر كما أنها تتناقص مع العمق ففي الداخلة والخارجة تكون الملوحة 0.6غ/لتر في الطبقات العليا وتصبح 0.2غ/لتر في المستويات السفلى. وعلى العكس من ذلك لوحظ في منطقة سيوة ومنخفض القطارة وجود مياه عذبة (0.5غ/لتر) تطفو على مياه مالحة تزيد عن 10غ/لتر.

دلت دراسات النظائر أن مياه حوض الداخلة مياهه قديمة وقدرت الدراسات حجم المخزون بحوالي 50000 مليارم^3 وتم تقدير ذلك باعتبار المسامية الفاعلة في حدود 7% والسماكة العظمى للطبقة تزيد عن 3500متر.

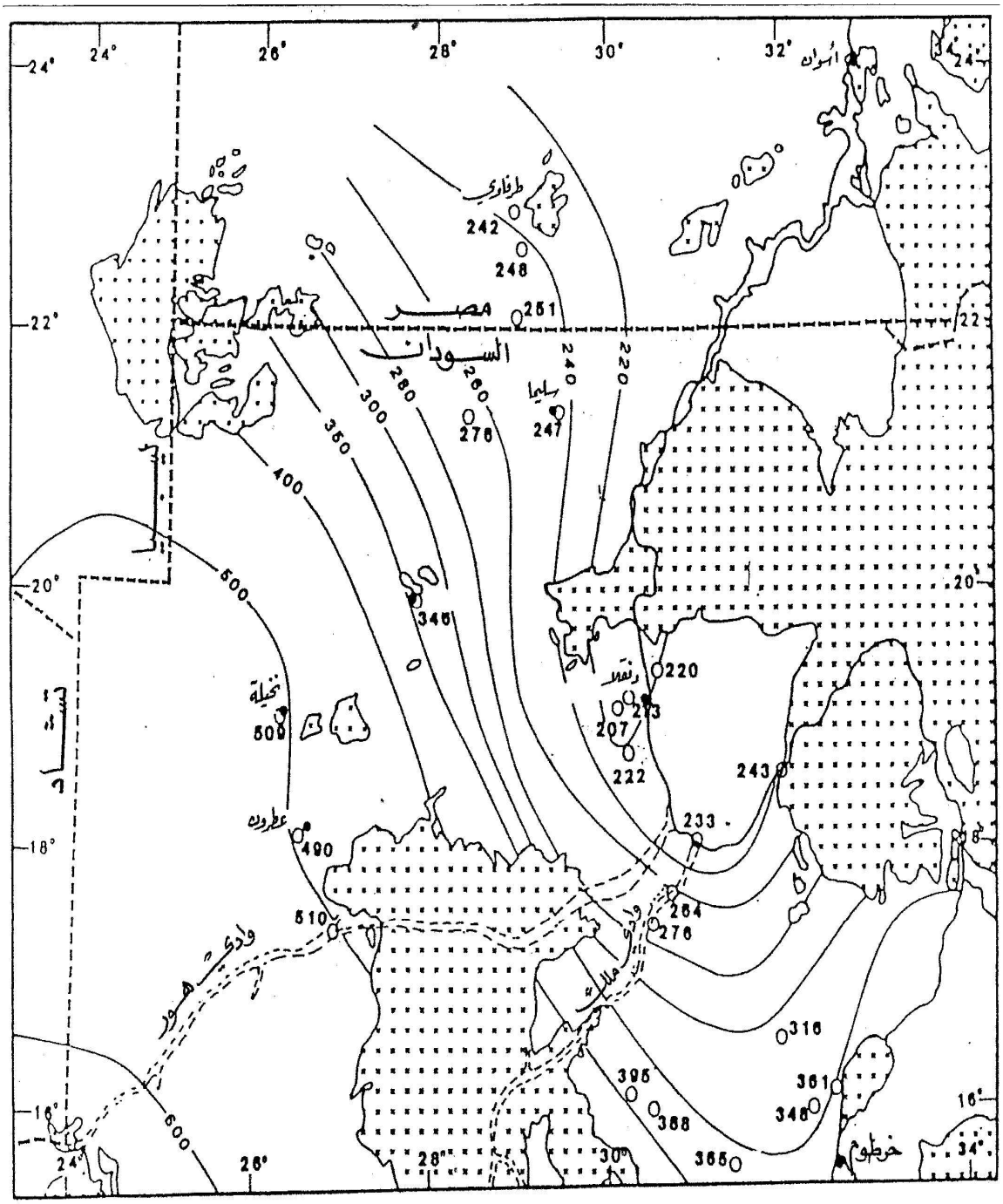
منطقة الهضاب النوبية المصرية:

وتشمل الأجزاء الجنوبية والشرقية من حوض الحجر الرملي النوبي حيث أدت حركات النهوض على طول محاور تكتونية إلى تشكيل هضاب ومرتفعات في المقعر الأساسي كان لها تأثير واضح على طبقة الترسيب القاري الذي كان دورياً تتدرج فيه الرسوبيات من رملية في الأسفل إلى قارية في الأعلى وفي أحواض ضحلة نسبياً. أهم محاور النهوض التكتونية هي محور هور في السودان ومحاور العوينات وأسوان والخارجة والقاهرة في مصر إلا أنها لا تمنع الاتصال الهيدروليكي للأحواض الفرعية.

أهم هذه الأحواض في السودان (إسكندر1989) هي:

- حوض الصحراء النوبية.
- حوض النيل النوبي.
- حوض القضارف.
- حوض أم كدادة.
- حوض النهود.
- أحواض النيل الأعلى.

شكل رقم (1-5)
سطح المياه الجوفية في شمال السودان – حوض الداخلة



المصدر: Hesse وغيره 1987.

استنادا إلى الأبحاث التي أجريت في مصر والسودان أمكن تقسيم طبقات الحجر الرملي النوبي المتوضعة في هذه الأحواض إلى تكوينات وهى:

- اللقية وهور والكبابيش وألتي.

وتتكون من طبقات رملية وطبقات غضارية مع بعض الطبقات الكلسية. يتراوح العمق للماء في بعض الأحواض الجنوبية والغربية ما بين 2-100متر وتصل إنتاجية البئر إلى 500م^3/الساعة.

تحتوي معظم الأحواض على مياه أحفورية مع وجود تغذية من تسربات من مياه الأمطار (100-500ملم/السنة) أما الحوض النيلي النوبي فيتغذى سنوياً من مياه النيل خلال فترة الفيضان لتعويض الفاقد نتيجة الاستثمار الحالي والبالغ حوالي (700 مليون م^3/السنة).

يقدر مخزون الأحواض المائية في السودان بحوالي 25000 مليار م^3 بينما تقدر التغذية السنوية في حدود 1.5مليار م^3/السنة بينما السحب الحالي في حدود 1.2مليار م^3/السنة.

حركة المياه الجوفية في الغالب من الجنوب الغربي باتجاه الشمال الشرقي أما الصرف فيتم عن طريق الآبار والبخر-نتح خاصة في مناطق الواحات حيث تظهر المياه الجوفية فوق سطح الأرض بفعل التعرية. تتراوح الملوحة ما بين 0.2-1.0غ/لتر وتزداد الملوحة في الأحواض الجنوبية وبعيداً عن مصادر التغذية.

في مصر يمكن تمييز حوضين رئيسيين في مناطق النهوض التكتوني، يقع الأول شمال أسوان والثاني شمال نهوض القاهرة-البحرية وكلاهما يعتبر أحواض ثانوية من حيث الإنتاجية. حوض أسوان تغلب عليه السحنة الغضارية ويليها الحجر الكلسي بسماكة تصل إلى 500 متر، أما معظم رسوبيات هذا الحوض فترجع إلى الكريتاس الأسفل وإلى الشمال من القاهرة تعود ترسبات الحجر الرملي إلى المايوسين وتعلوها طبقات سميكة من الغضار والحجر الكلسي تصل سماكتها إلى 5000 متر.

منطقة أم روابة وبحر العرب:

وتشمل صخور القاعدة والسهول اللحقية وخاصة رسوبيات أم روابة وتمتد في أواسط وجنوب السودان. تشكل رسوبيات أم روابة طبقات مائية هامة وتغطي مساحة 500000 كم^2 ويرجع تكوينها إلى نهاية الحقبة الثالثة حيث تكونت في منخفضات أو أحواض تكتونية (Grabens) مثل تكوين:

بارا، النيل الأزرق، البقارة، وحوض السدود وتمثل الامتداد الشمالي للأخدود الإفريقي العظيم.

تتميز صخورأم روابة بعدم التجانس والتغيرات السريعة أفقياً وعمودياً ومصدرها الصخور النوبية وصخور القاعدة، حيث توجد أهم الطبقات الرملية ذات النفاذية العالية في الشمال بينما تسود الرواسب الطينية الكتيمة في الجنوب وهي مناطق المستنقعات.

تتراوح الأعماق لسطح المياه الجوفية ما بين 5-130متراً وأحياناً تكون الطبقات المائية فيها محصورة كما هو الحال في حوض بارا حيث التدفق الذاتي للآبار، في جنوب السودان ترتفع مناسيب المياه الجوفية في مناطق الصرف وتختلط مع المياه السطحية مكونة مستنقعات شاسعة المساحة.

يقدر المخزون الجوفي بحوالي 1000مليارم^3 معظمها مياه قديمة وتحد الأوضاع الهيدروكيمائية من استغلالها حيث تتراوح الملوحة ما بين 0.15-3غ/لتر في المناطق الشمالية وتصل لأكثر من 10غ/لتر في المناطق الجنوبية.

منطقة هضبة الحبشة والقرن الأفريقي:

تغطي الصخور البلورية جزءاً كبيراً من هضبة الحبشة وتتكون في الغالب من البازلت ومن صخور متحولة تشمل الشيست، أما الصخور الرسوبية فتقع على أطراف الهضبة وإلى الجنوب منها في الصومال وفي السهول الساحلية في جيبوتي ومقديشو.

ترتفع الهضبة 1000متراً فوق سطح البحر ومناخها مداري ويزيد معدل الأمطار السنوية في بعضها من 1500 ملم/السنة والتي تشكل منابع النيل الأزرق وفي منطقة الأوقادين حيث يتراوح المعدل المطري ما بين 200-500 ملم/السنة.

تشكل الصخور البازلتية طبقة مائية رئيسية أما إنتاجيتها فمتوسطة إلى ضعيفة وقد ترتفع الإنتاجية في مناطق التشقق والتصدع التكتوني وأهمها منطقة الحوض الإنهدامي الذي ينحرف عن البحر الأحمر باتجاه الشمال الغربي-الجنوب الشرقي ويتم صرف المياه الجوفية على الإنكسارات الإنهدامية وما يجاورها من أحزمة تصدع، وتغذي هذه الينابيع بحيرات عذبة على جانب كبير من الأهمية.

يلعب تنوع الصخور البركانية دوراً هيدروجيولوجياً في أجزاء من المنطقة. ويلاحظ في الأراضي الصومالية وجود وحدتين مائيتين متميزتين هما الوحدة الكلسية-الدولوميتية والوحدة المارلية.

تتميز المنطقة بتغيرات جيولوجية تؤثر على إنتاجية ونوعية واستمرارية الطبقات المائية ومعظمها طبقات مالحة أو متوسطة الملوحة خاصة مادة الفلوريت. أما الطبقة اللحقية وهي واسعة الامتداد في مجاري الأنهار الرئيسية وهي متوسطة الإنتاجية وخاصة عندما تتحسن شروط تغذيتها من الهطول المطري والجريان السطحي إلا أن وجود المواد الغضارية يقلل من نفاذيتها.

2-1-2-1 إقليم المغرب العربي:

يمثل هذا الإقليم المنطقة المحصورة ما بين الحدود الشمالية للصحراء الكبرى جنوباً والبحر الأبيض المتوسط شمالاً والمحيط الأطلسي غرباً ويمتد عبر تونس، الجزائر، وأجزاء من المغرب، موريتانيا، والجماهيرية الليبية ويمكن تقسيمه هيدروجيولوجياً إلى ثلاث وحدات رئيسية هي السهول الساحلية الأطلسية، منطقة الأطلسي الصحراوي والصحراء الكبرى.

منطقة السهول الساحلية الأطلسية:

تشمل السهول السفلى والعليا كما تشمل بعض المرتفعات الجبلية المكونة من صخور بلورية قديمة تعود للحقبة الأولى ويتراوح الهطول المطري ما بين 200-600 ملم/السنة. من الناحية الهيدروجيولوجية تعتبر من أغنى المناطق في المغرب بالمياه الجوفية حيث تتوافر فيها الخزانات المائية الأكثر امتدادا وإنتاجية في التشكيلات الجيولوجية الحديثة كما في الطبقات المائية العميقة في الحجر الكلسي وتتغذى الطبقات الضحلة

من مياه الأمطار المتسربة عبر الرسوبيات الرملية السطحية ومن ثم تغذي الطبقات العميقة. نوعية المياه متوسطة الملوحة (2-6غ/لتر) وتزداد الملوحة باقتراب سطح الماء من سطح الأرض حيث تصل حوالي (10غ/لتر).

أما منطقة الأطلس فيبلغ معدل الهطول المطري فيها 1000-2000ملم/السنة وتتواجد المياه الجوفية في الطبقات العليا من الصخور القرانيتية وهي مناطق ضعيفة وتتعدد الأحواض المائية في هذا الإقليم.

منطقة الأطلسي الصحراوي:

تمتد من المحيط الأطلسي في الغرب (أغادير) وحتى تونس وتتميز بانحدارها الشديد نحو الصحراء وتتكون بصورة رئيسية من الحجر الرملي ويتراوح معدل الأمطار ما بين100-300 ملم/السنة وتغذي الطبقات العميقة الممتدة عبر الصحراء الكبرى وتتوافر في المنطقة شبكة كثيفة من الوديان كما تتوافر طبقات مائية تنتشر في سهول سوس، شتوكا ... الخ.

تتكون الطبقات المائية المتعددة من تشكيلات قارية، حصوية، حجر كلسي، وحجر رملي ويتراوح عمق سطح الماء ما بين 5-100متراً وحركة المياه الجوفية عموماً من الشرق للغرب.تقدر سماكة الطبقة المائية الحرة بما يقارب الـ 100متر أما تبدلات المنسوب فتتراوح ما بين 1-3 متر ويشكل سرير وادي سوس المصرف الطبيعي الرئيسي لهذه الطبقة المائية ويصل تصريف الوادي إلى 8.8 م^3/الثانية في فصل الجفاف ولا تتجاوز ملوحة هذه الطبقة 1.3غ/لتر.

تتوافر في السهل عدة طبقات مائية عميقة متصلة فيما بينها وتتكون من صخور الحقبة الأولى وتتغذى الطبقات العميقة من المناطق الجبلية المجاورة.

إقليم الصحراء الكبرى:

يشمل المناطق الصحراوية الممتدة من المحيط الأطلسي في موريتانيا وجنوب المغرب غرباً وحتى أواسط الجماهيرية الليبية شرقاً ويشمل في الجنوب هضبة تشاد وصحاري النيجر ومالي. يمكن التمييز بين الصحاري الرملية (العرق) وتعرف بالعرق الشرقي والعرق الغربي والصحاري الحجرية (الحمادة). تعد الصحراء الكبرى من أكثر مناطق العالم جفافاً وأقلها أمطاراً ويتراوح المعدل السنوي ما بين 10-100 ملم/السنة وتنتهي الأودية المنسابة من أعالي الأطلسي الصحراوي في الجزائ،ر والمغرب في الصحراء.

تغطي الصخور البلورية مساحة كبيرة من هذا الإقليم. من الناحية الهيدروجيولوجية ويمكن تقسيم هذا الإقليم إلى عدد من الأحواض الجوفية الضخمة التي تمتد ما بين مناطق نهوض السطحية الأفريقية، (شكل 6-1) وهي من الغرب للشرق:

- حوض طرفاية-الداخلة.
- حوض نواكشوط.
- حوض السنغال.

- حوض تندوف.
- حوض تاودني.
- حوض العرق الكبير.
- حوض النيجر.
- حوض مرزق.
- حوض حمادة الحمراء.
- حوض سهل الجفارة.

حوض طرفاية-الداخلة:

حوض رسوبي يطلق عليه ساقية الحمراء ووادي الذهب ويشغل الحوض مساحة 90000 كم^2 ويمتد على الساحل الأطلسي لمسافة 800 كم ولا يتجاوز معدل الأمطار فيه 100ملم/السنة كما تنعدم فيه شبكات هيدروغرافية باستثناء وادي ساقية الحمراء.

يتكون الحوض من رسوبيات الترياس وحتى العصر الحديث وبسماكة تصل لـ 4000 متر وتغلب عليه السحنة الرملية وتتوافر بالحوض عدة طبقات مائية أهمها طبقة الكريتاس الأسفل الرملية والتي يتجاوز سمكها 200متر ومياهها مضغوطة حارة وكبريتية ونوعيتها مقبولة في الجنوب وتزداد الملوحة شمالاً لتصل ل8غ/لتر في العيون. نجد في الحوض طبقة مائية حرة تصل إنتاجية آبارها إلى 30 لتر/الثانية تستثمر لمد مدينة العيون بالمياه.

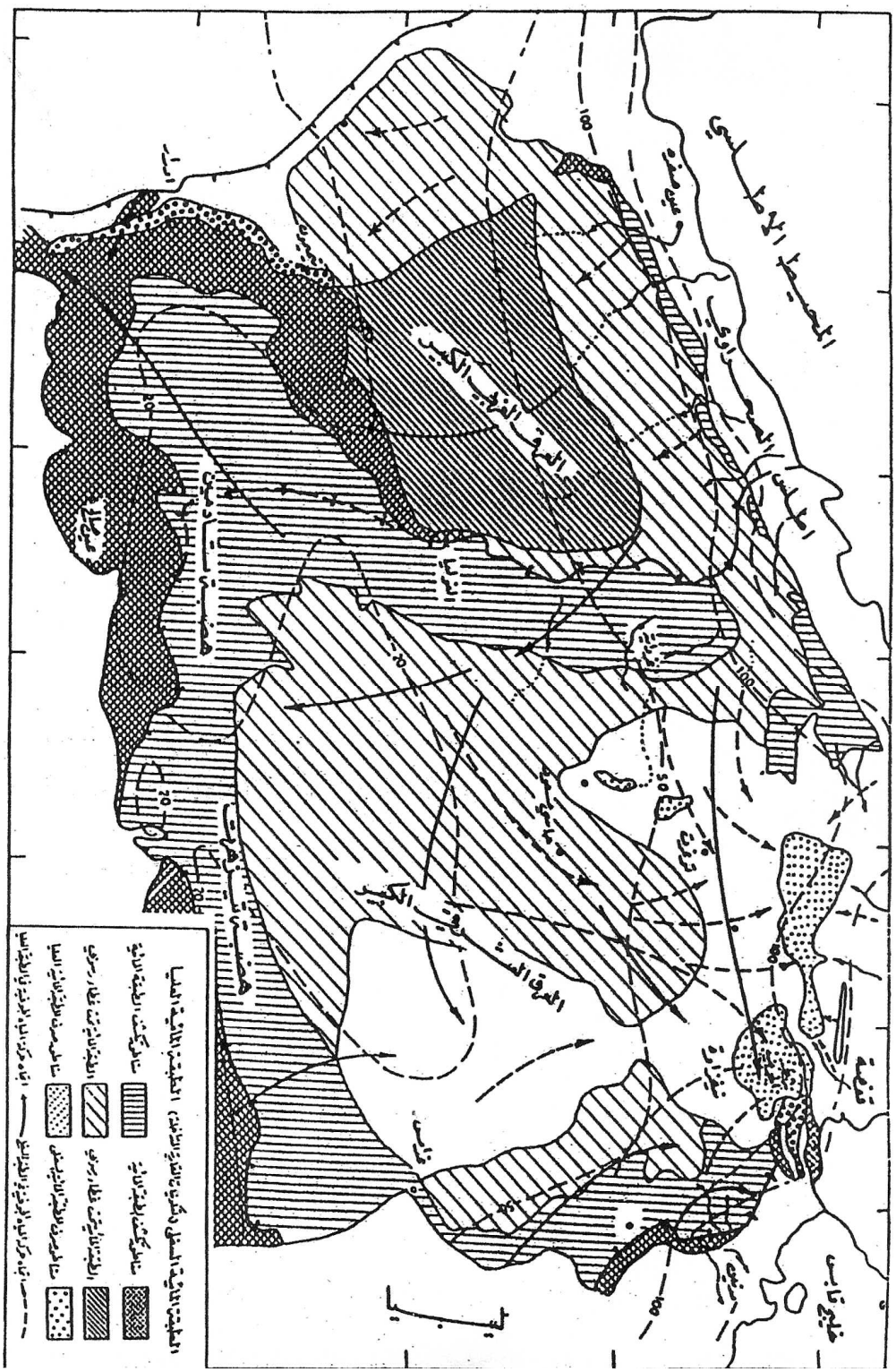
حوض نواكشوط:

يحتوي على رسوبيات سميكة نظراً لكونه حوضاً إنهدامياً تتجاوز سماكة رسوبياته 4000 متر Continental Terminal ويتكون من عدة تكوينات جيولوجية حيث يمكن التمييز بين التشكيلة القارية العليا وتكوينات الأيوسين. التشكيلة القارية العليا تتكون من رمال أو حجر رملي غضاري غير متجانس تتراوح سماكته ما بين 100-200متراً ويغطي معظم حوض نواكشوط ويشكل طبقة مائية حرة ويقدر التصريف النوعي لهذه الطبقة ما بين 30م^3/اليوم/متر و50م^3/اليوم/متر.

يعاني الحوض من تغلغل مياه البحر في المناطق التي ينخفض فيها منسوب المياه تحت سطح البحر (12 متر) ومياه الطبقة الحرة أحفورية تعود إلى (8000-10000سنة) وتتقدم مياه البحر المالحة سريعاً نحو الشرق نتيجة الاستثمار الكثيف لهذه الطبقة في منطقة إنديدني. المناطق التي لم تتعرض لطغيان البحر مياهها مقبولة (2غ/لتر).

أما الطبقة المائية الثانية منها (تكوين الأيوسين) وتقع تحت التكوينات القارية في الجزء الجنوبي من الحوض وتعتبر امتدادا لحوض السنغال وتشكل طبقة مائية جيدة.

شكل رقم (1-6)
النظم المائية في الصحراء الكبرى (الجزائر – تونس)



المصدر: اليونسكو 1972.

حوض السنغال:

تتوافر في الحوض عدة أنواع من الطبقات المائية تشمل الرسوبيات القارية العليا وتنتشر على ضفاف نهر السنغال وتغطي مناطق جنوب موريتانيا. الطبقة المائية المكونة من الكثبان الساحلية تصل سماكتها إلى 100متر وتتبدل الإنتاجية حسب مورفولوجية المنطقة المتوضعة فوق الصخور القاعدية. أما الطبقة المائية الأخرى فهي الرمال والحجر الرملي وتعتبر أهم الأحواض في السنغال وتتراوح سماكتها ما بين 200و250متر ومياهها حبيسة وتصل إنتاجيتها إلى 150-200 م^3/اليوم.

حوض تندوف:

وهو عبارة عن مقعر ضخم يمتد جنوب جبال الأنتي أطلسي وتنتشر في الحوض بعض الوديان كما تنتشر عدة تكوينات حاملة للماء أهمها الطبقة المائية الحرة في طبقات الكامبريان وطبقة حبيسة في الحجر الرملي العائد إلى الديفونيان ويتراوح تصريف الآبار ما بين 0.2-0.3 لتر/الثانية والنوعية متوسطة في حدود 1.2غ/لتر. أما الطبقة المائية في الحجر الكلسي فمياهها مالحة تصل ل10غ/لتر وتشكل سحنة تندف الصرف الطبيعي لطبقة المايوسين الحرة التي تتراوح ما بين (1-5غ/لتر).

حوض تاودني:

يشمل مساحة كبيرة من الصحراء الغربية من الصحراء ويشمل تكوينات صخور القاعدة، التكوينات الرسوبية القديمة، والتكوينات الرسوبية الحديثة.

التشكيلة القارية المتداخلة Continental Intercalaire التي تغطي مساحة شاسعة وتتكون من رسوبيات قارية رملية وحجر رملي تتراوح سماكتها ما بين 900-1000متر أما التكوينات القارية العليا Continental Terminal فهي عبارة عن حجر رملي ورمال وغضار تتراوح سماكتها ما بين عدة أمتار و1000متر.

تحتوي صخور القاعدة البلورية على المياه في مناطق التكسرات ويتراوح عمق المياه ما بين عدة سنتميترات و100 متر في حين يتراوح تصريف الآبار فيها ما بين 0.08-1.1لتر/الثانية أما الملوحة فتقل عن 0.5غ/لتر في مناطق التغذية وتزيد لتصل 4-30غ/لتر في بعض المواقع.تحتوي طبقات الباليوزويك الرملية على طبقة مائية هامة وتتكون من عدة مستويات مائية وتتراوح مناسيب المياه فيها ما بين 10-25متراً ولا تتجاوز تصاريف الآبار فيها 1.5لتر/الثانية وملوحة المياه من 1إلى17غ/لتر.

تتميز الطبقة المائية في التشكيلة القارية المتداخلة تتميز بمخزونها الكبير ويتراوح العمق للماء ما بين 50-90متراً وتصل تصاريف آبارها إلى 5 لتر/الثانية والملوحة غالبًا تكون منخفضة.

تعتبر الطبقة المائية في التكوينات الرملية القارية العليا طبقة مائية ممتدة تتصل هيدروليكياً مع مياه نهر النيجر كما تتغذى من مياه الأمطار ويقع سطح المياه الجوفية على عمق 40متراً أما ملوحتها فتتراوح ما بين 0.08-1غ/لتر وقد تصل إلى 3.5غ/لتر بالقرب من نهر النيجر.

حوض العرق الكبير:

تنتشر في الحوض مجموعتين رسوبيتين هم Continental Intercalaire & Terminal Complex تفصلهما طبقات غضارية وتبخرية ويقسم الحوض إلى طبقتين مائيتين ويقسم محدب مزاب هذه الطبقة إلى حوضين هما الغربي والشرقي. تشير الدراسات على أن تغذية المياه الجوفية خلال الفترات المطيرة للحقب الرابع والتغذية الحالية تتم من الأحواض المجاورة، المجاري المائية نتيجة رشح مياه الأمطار.

أما بالنسبة لاتجاه الجريان فهو يتطابق في الجزء الغربي من الحوض مع اتجاه الجريان القاري المتداخل إذ أن معظم المياه تلتقي مع مياه هذا الأخير أما في الجزء الشرقي فالحركة تتجه نحو شطوط مروان وملغيغ في الجزائر وشبه الجريد في تونس.

يتم الصرف عن طريق الينابيع المتواجدة في المنخفضات وقد جف بعضها نتيجة لانخفاض منسوب المياه الجوفية كما يتم الصرف بفعل الضخ أو بفعل التبخر عندما يكون الغطاء الرسوبي قليل السماكة. تتراوح الملوحة في هذا الجزء ما بين 3-4غ/لتر وتقل لـ 2غ/لتربمناطق التغذية وتزداد شمالاً لتصل لـ 8 غ/لتر.

الدراسة التفصيلية لليونسكو (1972) ومعايرة النموذج الرياضي (1985) قسمت الحوض إلى تشكيلات قارية متداخلة ومركب مائي علوي، تتوافر في الرسوبيات الرملية والغضارية، التشكيلات القارية المتداخلة، طبقة مائية تمتد على كامل الصحراء الشمالية وتتميز بامتدادها الواسع (أكثر من 600000 كم^2) وسماكتها الكبيرة (250 متر) وقد تصل إلى 1000متر في مركز الحوض وهي طبقة متجانسة تشكل خزاناً متصلاً رغم وجود طبقات ذات مستويات مختلفة. رغم أن مياهها أحفورية إلا أن هنالك تغذية حالية تأتي من مياه الأمطار وتقدر بـ 8 م^3/الثانية أو من رشح مياه السيول المنحدرة من الأطلسي الصحراوي وتقدر وسطياً ب12م^3/الثانية وكذلك من السيول المنسابة في هضبة تادميت وتقدر بـ 3م^3/الثانية أما حركة المياه الجوفية فهي من الشمال باتجاه الجنوب والجنوب الغربي وهنالك حركة مركبة أخرى نحو الشاطي التونسي.

والصرف للنظام الإقليمي الشمالي يتم في السبخات الممتدة غرب خليج قابس. أما النظام المائي الجنوبي فيتجه نحو منخفض التوات كما يتم صرف المياه بواسطة الأفلاج (والبالغ عددها أكثر من 270) وتصل تصاريفها إلى 3م^3/الثانية أما السحب من الآبار فيقارب 4م^3/الثانية ويشير جفاف الأفلاج (300 فلج) إلى تغيرات طويلة الأمد في النظام المائي الإقليمي المغذي للأفلاج.

الطبقة المائية حرة في الأطراف وتصبح حبيسة في مركز الحوض كما ترتفع حرارة مياهها. ودلت الدراسات على وجود اتصال هيدروليكي بين هذه الطبقة وطبقة المركب القاري التي تعلوها. تزداد الملوحة من مناطق التغذية باتجاه الجنوب الشرقي وهنالك طبقة واسعة ذات مياه عذبة (0.5غ/لتر) بالقرب من العرق الغربي ولا تتجاوز الملوحة في الحوض 2غ/لتر.

يمثل المركب المائي العلوي طبقة مائية متعددة المستويات تتراوح أعمارها ما بين الكريتاس الأعلى والثلاثي وهذه المستويات على اتصال فيما بينها.

تغطي هذه الطبقة مساحة 350000 كم^2 وهي غير متجانسة وتشكل التوضعات الغضارية-التبخرية قاعدة كتيمة للطبقة المائية وفي أطراف الحوض تكون الطبقة حرة وتغدو حبيسة في مركزه.

تقدر الموارد المائية القابلة للاستثمار في الصحراء الجزائرية من طبقات القاري المتداخلة والمركب تقدر بحوالي 2.2 مليار م^3/السنة، وفي تونس تقدر بحوالي 656 مليون م^3/السنة وهي تشكل 63% من الموارد القابلة للاستثمار من الطبقات المائية العميقة في تونس.

حوض النيجر:

وبمثل المنطقة التي تقع جنوب كتلة الادرار المكونة من صخور القاعدة ويتميز هذا الحوض بسماكة رسوبياته (عدة آلاف من الأمتار) والتي تعود لمختلف العصور.

تنتشر التشكيلة القارية المتداخلة أيضا في حوض النيجر وتحتوي على عدة مستويات مائية وسماكتها تتراوح ما بين 500-700متر (BRGM, 1975) ترتفع قريباً من سطح الأرض وتشكل طبقات مائية تتراوح ما بين حرة وتصبح حبيسة عندما تتجه إلى مستويات عميقة تصل أحياناً إلى 1000 متر وتتراوح إنتاجية الطبقة ما بين 1-150م^3/الساعة أما ملوحتها فهي ما بين 0.6-3غ/لتر.

أما المركب المائي العلوي فيحتوي على عدة مستويات مائية هي:

- الطبقة المائية الحرة التي تتراوح مناسيبها ما بين 20-90متر وإنتاجيتها تتفاوت من2-30 م^3/الساعة ومياهها غالباً ما تكون عذبة 0.1غ/لتر.
- الطبقات المائية في الرمال الوسطى والعليا وتتراوح سماكتها ما بين 20-100م واتجاه الحركة فيها من الشمال للجنوب وملوحتها في حدود 0.2غ/لتر. تنتشر التكوينات القارية العليا في الجزء الشمالي الشرقي من حوض النيجر وتشكل مورداً مائياً مهماً.
- حوض كانيم المكون غالباً من الحجر الرملي يغطي مساحة 1,500كم^2 ويبلغ تصريف الآبار فيها حوالي 1000م^3/اليوم.

حوض مرزق:

يشمل المنطقة المحصورة ما بين خط عرض 160 وخط عرض 280شمالاً وما بين جبال الدرار وهضبة التيبستي ويغطي مساحة 300000 كم^2 في الأراضي الليبية وهي منطقة شديدة الجفاف يتراوح معدل الأمطار فيها ما بين 10-20 ملم/السنة وتشتمل على خزانين جوفيين رئيسيين هما الخزان الجوفي الأسفل والخزان الجوفي الأعلى.

يتكون الخزان الجوفي الأسفل من الحجر الرملي العائد إلى الباليوزويك مع تداخلات غضارية تمتد عبر تشاد، الجزائر، والنيجر حيث يتكشف وينحدر شمالاً في حوض مرزق وتعود وتتكشف ثانية في الأطراف الشمالية وتتراوح سماكة طبقاتها ما بين 200-2000م.

المياه في حوض مرزق حبيسة ومضغوطة باستثناء أطراف الحوض واتجاه حركة المياه جنوب غرب-شمال شرق حيث يتدرج المنسوب البيزومتري ما بين 700 متر في أقصى الجنوب الغربي ويصل إلى 250 متر بالقرب من منخفض الهون الإنهدامي. تشكل السحنات المتواجدة على طول الشاطيء والآبار الاستثمارية مناطق الصرف وقد يتم الصرف عبر طبقات الكريتاس الأسفل التي تعلوها والتي تشكل الطبقة المائية

الرئيسية في حوض حمادة الحمراء نظراً لوجود اتصال هيدروليكي مع هذه الطبقات.

دلت الدراسات الأيزوتوبية على ندرة التغذية الحديثة لمياه هذه الطبقات على الرغم من تكشفاتها الواسعة وتم تقدير عمر مياهها ما بين 4100 - 13800 سنة مع قيم أحدث في أواسط الحوض ونوعية مياهها جيدة حيث لا تتجاوز الملوحة الكلية 1غ/لتر وقد تتناقص إلى 0.15غ/لتر.

يشتمل الخزان الجوفي الأعلى على الرسوبيات القارية التي تعود إلى التريـاس والجوراس والكريتاس الأسفل والتي تعرف بالمجموعة النوبية وتتكون من طبقات من الغضار والحجر الرملي والرمال ويتجاوز سمك الطبقة المشبعة 1000متر مع تناقص نحو الأطراف إلى 200-300متر. يعلو هذا الخزان طبقات الباليوزويك وتفصله عنها طبقات غضارية سميكة تعود إلى الدور الكربوني والخزان النوبي العلوي وهو ليس متجانس.

تتجه حركة المياه الجوفية في الخزان الجوفي الأعلى كما في الأسفل من الجنوب الغربي للشمال الشرقي. تشكل مناطق المنخفضات والسبخات المنتشرة في وادي مرزق، العجل، ووادي عتبة مناطق الصرف الطبيعية. تدل نتائج دراسات النظائر على وجود تغذية حديثة من أمطار مرتفعات تيبستحار. يتميز هذا الخزان بنوعية مياهه الجيدة حيث تتراوح الملوحة الكلية ما بين0.16-0.48غ/لتر غير أن الآبار القليلة العمق تعطي أحياناً ملوحة عالية تتراوح مابين (1-4 غ/لتر).

حوض حمادة الحمراء:

وهو المنطقة الممتدة ما بين جبل نفوسة في الشمال وجبل فزان في الجنوب الليبي وتتكون أساساً من صخور كلسية حمراء تعود للباليوسين ولا يتجاوز معدل الهطول المطري في الحمراء 10ملم/السنة في حين أنه قد يصل إلى 100-300ملم/السنة في جبل نفوسة حيث تتركز المجاري المائية.

جيولوجياً يمكن التمييز ما بين الصخور القاعدية التي تتكشف في كل من جبل فزان وجبل نفوسة أما في هضبة حمادة الحمرا فإن صخور الباليوزويك تزداد سماكتها نظراً لكونها شكل مقصراً ترسبياً في هذه الحقب، من الناحية الهيدروجيولوجية فإن الطبقات المائية المنتشرة في حوض مرزق تستمر لتشكل أهم الطبقات المائية في حوض حمادة الحمراء وتشمل طبقات الباليوزويك والحجر الرملي النوبي غير أن مختلف هذه الطبقات هي على اتصال هيدروليكي من الجنوب وحتى الشمال.

تلعب مياه الباليوزويك دوراً رئيسياً في تغذية الطبقات المائية الكلسية في الكريتاس الأسفل والأعلى، إذ أن طبقات الدور الكربوني والديفوني الكتيمة تختفي في بعض المواقع. ويتم صرف مياه طبقات الباليوزويك عن طريق نيلين رئيسيين عبر تاورغة (63 مليون م^3/السنة) وعين وادي كعم (11 مليون م^3/السنة).

الطبقات المائية في تكوينات الكريتاس الأسفل وتعرف في ليبيا بتشكيلة قليلة تتكون من حجر رملي ذو حبيبات ناعمة مع تداخلات غضارية ويعتبر أهم الطبقات المائية في المنطقة وتتم تغذية هذه الطبقة من خلال حركة رأسية كمياه الباليوزويك أو من التساقط المطري. يتم استثمار مياه هذه الطبقات بواسطة آبار تحفر

لعمق 700-1000متر وتكون في بعض الأحيان ذات تدفق ذاتي وتتجه حركة المياه من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي أما ملوحة المياه فتتراوح ما بين 1-2غ/لتر.

طبقة ميزدة، ذات التكوين الكريتاسي الأعلى، تنتشر جنوب جبل نفوسة في مركز حوض حمادة الحمراء، يصل سمكها ما بين 100-300متر ومياهها بصورة عامة حبيسة وتتم تغذيتها بالرشح المباشر من مياه الأمطار وتتراوح نوعية مياهها ما بين 1.2غ/لتر في الشرق و4غ/لتر في الحمادة.

حوض سهل الجفارة:

ويقع في الجزء الشمالي الغربي من الجماهيرية الليبية ويمتد من جبل نفوسة حتى البحر الأبيض المتوسط ويعتبر هذا السهل من أهم المناطق الزراعية في ليبيا ويمتد من خليج قابس في تونس إلى مدينة طرابلس في ليبيا حيث يتراوح معدل الهطول المطري ما بين 100و300 ملم/السنة وينتج عنه جريان سطحي مثل وادي المجانين (13.7 مليون م^3/السنة).تنتشر في هذا السهل الكثير من العوالق ويشكل حوضاً ترسبياً تتراكم فيه رسوبيات تعود لأزمان جيولوجية مختلفة بدءاً من الترياس وحتى الرباعي.

تطلق تسمية الخزان المائي الرباعي للطبقة المائية الضحلة وتتكون من سهول رملية وغضارية يتراوح سمك خزانها ما بين 30-150 متر بينما تبلغ سماكة الطبقة المشبعة ما بين 10-90متراً وتتجه حركة المياه الجوفية من الجنوب للشمال والخزان من النوع غير المضغوط ومختلف مستوياته هي على اتصال هيدروليكي فيما بينها.تتم تغذية الخزان المائي الرباعي من الهطول المطري والجريان السطحي حيث يبلغ معدل الأمطار في السهل الساحلي 347 ملم/السنة. تتراوح إنتاجية الآبار ما بين 20-60م3/الساعة بينما تتراوح ملوحة المياه ما بين 1-2غ /لتر. يتم استغلال مياه هذا الحوض في أغراض الشرب والزراعة حيث أدى الضخ المكثف إلى هبوط منسوب المياه الجوفية بمقدار 5أمتار/السنة مما أدى إلى تداخل مياه البحر ولمسافة 2-5 كم من الساحل.

طبقة المايوسين الأسفل تنتشر في الجزء الغربي من أوسط سهل الجفاوة وتتكون من صخور كلسية تقع على عمق 250-390 متر بينما سماكة الطبقة الحاملة للمياه في حدود 80 متراً. تتغذى هذه الطبقة من طبقة الترياس الكلسية وتبلغ الملوحة الكلية 2.5-4غ/لتر وتتجاوز 6غ/لتر في الجزء الغربي.

يحتوي الخزان الترياسي على طبقتين مائيتين هما تكوين الحجر الرملي والحجر الكلسي ويصل سمكها إلى 350متراً ويبلغ متوسط إنتاجية الآبار ما بين 70و110م^3/الساعة أما نوعية المياه فتتراوح ما بين 2و4غ/لتر.

3-1-2-1 إقليم المشرق العربي:

ويمتد شرقي البحر الأبيض المتوسط وتحده من الشمال والشرق سلسلة جبال زاغروس وطوروس، ويشمل في جزئه الجنوبي شبه جزيرة سيناء وهضبة الحمادة ونهوض الرطبة.

ويتكون من سلاسل جبلية أهمها جبال لبنان والجبال التدمرية وهضاب كهضبة حلب في الشمال والحمادة في الجنوب وبقية المناطق عبارة عن سهول واسعة الامتداد.

تنتشر في الإقليم رسوبيات الحقبتين الثانية والثالثة ويمكن تصنيفها هيدروجيولوجياً إلى أربعة مجموعات:

- مجموعة الصخور الكربوناتية (الحقبتين الثانية والثالثة) وهي أهم الصخور الحاملة للماء في الإقليم.
- مجموعة الصخور الحطامية (الحقبتين الثالثة والرابعة) تلي المجموعة الأولى من حيث الأهمية.
- مجموعة الصخور البركانية وتكون ذات أهمية محلية.
- مجموعة الصخور الرملية (الحقبة الأولى) وتتواجد بجنوب الأردن.

يمكن تقسيم الإقليم إلى ثلاثة وحدات هيدروجيولوجية هي: المنطقة الغربية، المنطقة الوسطى، ومنطقة دجلة والفرات، شكل رقم (1-7).

المنطقة الوسطى:

وهي المنطقة المحصورة ما بين سلسلة جبال لبنان الشرقية في الغرب ونهر الفرات في الشرق ويطلق عليها بادية الشام وتتميز بوقوعها في حزام المنطقة الجافة وشبه الجافة وتندر فيها المياه الجوفية المتجددة باستثناء الطبقات اللحقية كما في وادي دقق ذو الإنتاجية العالية ويقع هذا السهل على سفوح جبال لبنان الشرقية ويتكون من الحصى والكونقلوميرا والحجر الكلسي الجيري وطبقاته على اتصال هايدروليكي مع كل من نهري بردي والأعوج.

تمتد السلسة التدمرية شمال هذا السهل بشقيها الشمالي والجنوبي ويفصل بينهما منخفض الدوة. تتكون السلسة من طبقات كربوناتية وينتشر فيها الكارست بنسب متفاوته والجريان فيها يتبع نظاماً تشققياً واضحاً يحدده نظام الطيات والقوى التكتونية وحركة المياه الجوفية تنتقل عبر هذا النظام لتغذي ينابيع كارستية أو طبقات لحقية يتم صرف فائض مياهها في منخفضات صحراوية (سبخات تدمر) وتكون المياه في بعض الأحيان مضغوطة ومجموع أملاحها 1غ/لتر وأحياناً تقل حتى0.35غ/لتر وتغذيتها الجوفية محدودة وتعود مياهها إلى عصور مطيرة.

تتوافر في سهل الدوة عدة طبقات مائية حرة ومضغوطة أهمها الطبقات الحطامية المتواجدة في جنوب سهل الدوة، نوعية مياهها متوسطة وتزداد الملوحة لتصل إلى 5غ/لتر في منخفض الدوة الشمالي. وفي هضبة حلب تتوافر المياه الجوفية في الصخور الحوارية والمارلية والكلسية التي تعود للأيوسين وتتواجد المياه في الأجزاء العليا من هذه التشكيلات الكلسية خاصة في مناطق التشقق أو التي تعرضت للحت والتعرية وتتم تغذيتها عن طريق رشح مياه الهطول والجريان السطحي.

أما الجزء الجنوبي من المنطقة الوسطى عبارة عن منطقة تسود فيها طبقات من الحجر الكلسي والمارلي وهي طبقات ضعيفة ويشغل حوض الحمادة جزءاً فيها وهو عبارة عن حوض رسوبي يمتد بين مرتفعي الرطبة والأردن وتزداد سماكته باتجاه وادي السرحان ونظام التشقق فيه يكون موازياً لمحور حايل-الرطبة، وتتجه حركة المياه الجوفية في منطقة الرطبة نحو وادي الصواب ووادي المياه في شرق سوريا وكذلك تتجه غرباً في الطبقات العميقة المسماة تكوين عرمة، حيث يتم صرفها، كما توجد بوادي السرحان

بعض الآبار المتدفقة والتي تشير لوجود حركة عميقة للمياه الجوفية، شكل رقم (1-8).

وإلى الغرب من هضبة الحمادة تمتد هضبة الجولان-حوران البركانية من جنوب غرب سوريا وحتى الأردن والسعودية وتحتوي على ثلاثة مجموعات بازلتية تعود للميوسين وحتى الرباعي. ويعتبر بازلت الرباعي من أكثر الصخور نفوذية ويشغل مساحة كبيرة جنوب سوريا (حوران) وتكون حركة المياه الجوفية في منطقة التغذية(جبل العرب) في إتجاه الجنوب.

المنطقة الغربية:

تشمل هذه المنطقة مرتفعات شرقي البحر الأبيض المتوسط بجبالها الكلسية عالية الأمطار وهي عبارة عن سلسلتين جبليتين يفصل بينهما الحوض الإنهدامي للبحر الميت وسهل البقاع والغاب وتتكون السلسلة الجبلية من الصخور الكربوناتية العائدة للحقب الثاني.ونظراً للهطول العالي للأمطار (500-1,500ملم/السنة) فقد انتشرت فيها المظاهر الكارستية التي تنفجر منها ينابيع ضخمة التصريف تغذي أنهار العاصي، الليطاني، الأردن، وأنهار بردى والأعوج في سوريا.

هنالك نظام صرف أخر باتجاه الغرب حيث تتفجر العديد من الينابيع الساحلية في كل من سوريا ولبنان منها نبع الفيجة الذي يغذي مدينة دمشق بمياه الصرف ويبلغ ومتوسط تصرفه 8.9م^3/الثانية ونبع بانياس بجبال لبنان الشرقية بتصرف قدره 9م^3/الثانية.

تتميز مياه الطبقات بنوعيتها الجيدة حيث لا تتجاوز ملوحتها 0.5غ/لتر، وتستثمر مياه الينابيع لتأمين مياه الشرب أما الأنهار التي تتغذى من الجريان السطحي والجوفي فتستخدم في الزراعة. ونظراً لتوفر مصادر تغذية عالية للأحواض البينية والإنهدامية فقد تتشكل فيها مناطق صرف مستنقعية وتعتبر هذه الأحواض من أغنى المناطق الزراعية في الوطن العربي.

منطقة دجلة والفرات:

وهي المنطقة الممتدة ما بين نهر الفرات في الغرب وسفوح جبال زاغروس في الشرق وتشمل الأحواض الصبابة لنهري دجلة والفرات وروافدهما.

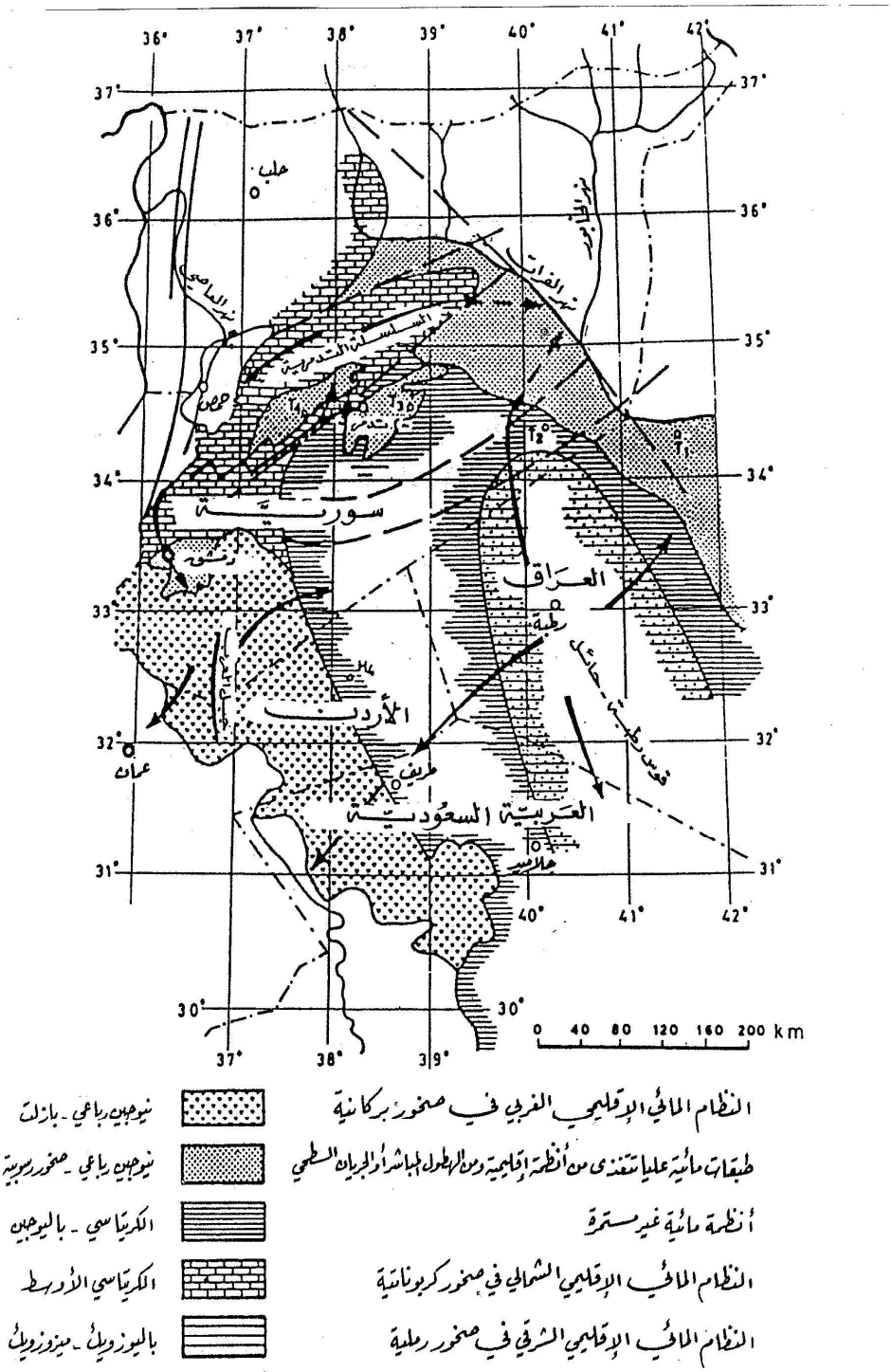
تتوافر المياه الجوفية في مجموعتين رئيسيتين من الصخور هما:

- مجموعة الصخور الكربوناتية العائدة للحقبين الثاني والثالث.
- مجموعة الصخور الحطامية العائدة للحقبين الثالث والرابع.

تنتشر الصخور الكربوناتية في جبال زاغروس وتتلقى المنطقة أمطار غزيرة (800-1,200 ملم/السنة) ويقتصر استغلال المياه الجوفية فيها على العيون والكاريز بالدرجة الأولى نظراً لانتشارها الواسع حيث توجد بها نصف ينابيع العراق وتتراوح الملوحة ما بين 0.2-1غ/لتر، أما الآبار الإنتاجية فتقع في أسرة الوديان.

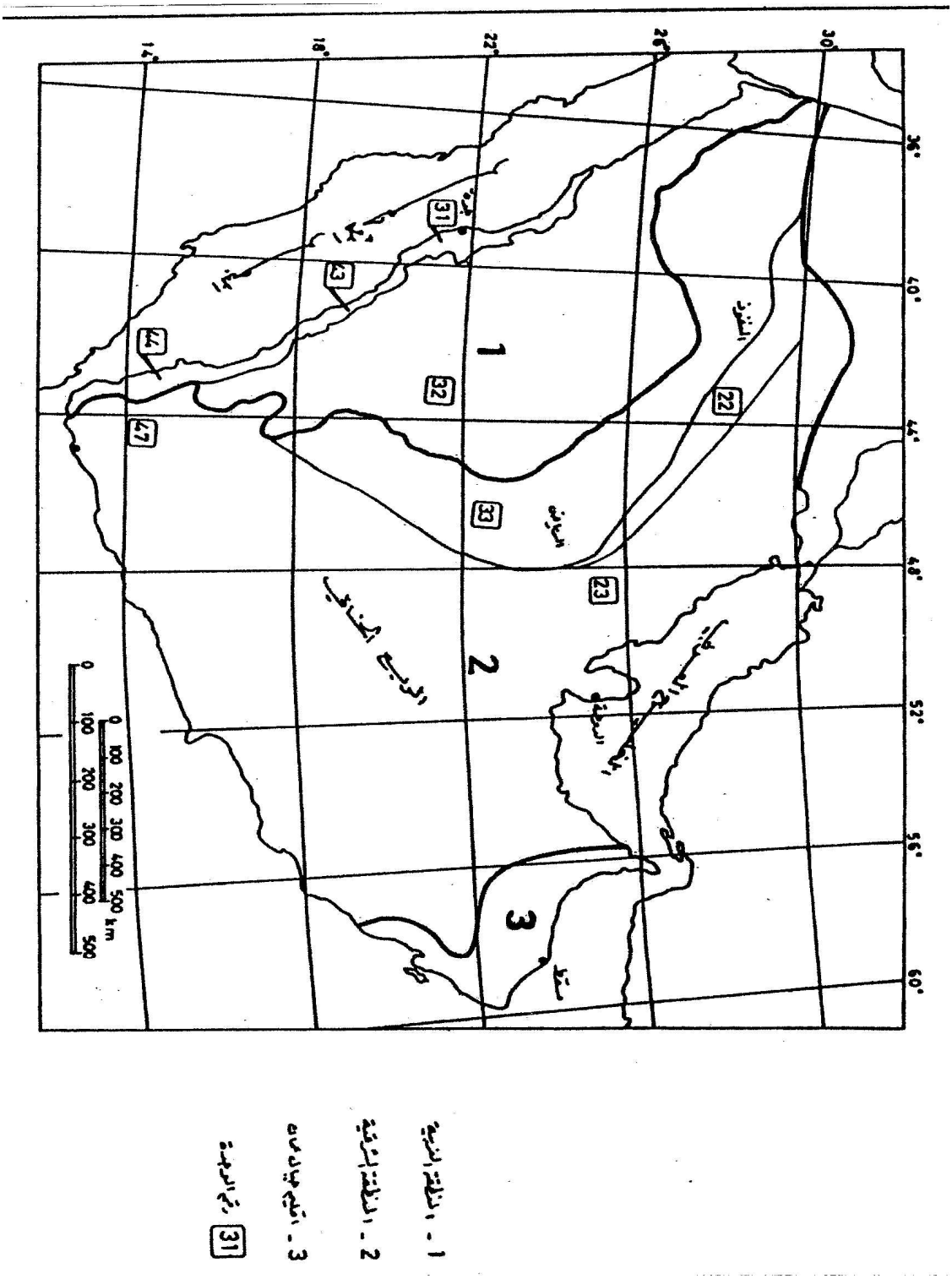
شكل رقم (1-7)

الأنظمة الإقليمية لحركة المياه الجوفية في المشرق العربي



المصدر: د. جان خوري 1982.

شكل رقم (1-8)
إقليم شبه الجزيرة العربية



أهم الطبقات المائية هي التي تنتمي إلى مجموعة الصخور الكربوناتية التي تمتد على شكل شريط ضيق 10-30 كم متاخمة للحدود السورية التركية وينفجر منها نبع رأس العين بتصرف 40م^3/الثانية ويكون المصدر الرئيسي لنهر الخابور ويقدر الوارد السنوي للطبقة في حدود 1600 مليون م^3/السنة.

أما المياه الجوفية المتوافرة في مجموعة الصخور الحطامية فأهم طبقاتها تنتشر شمالي نهوض بنيوي يتمثل في جبل عبد العزيز في سوريا وجبل سنجار في العراق.

أهم الأحواض هي حوض الرد وربيعة وهي عبارة عن رسوبيات من الحصى والرمل تعرف بتشكيلة البختياري والتي تصل سماكتها لـ 4000 متر وتعتبر أهم الأحواض الجوفية في العراق التي تتوافر فيها المياه وبنوعيات جيدة وتبعد المنطقة عن مصادر المياه السطحية وتتراوح الأملاح ما بين 0.3-1غ/لتر أما إنتاجية الآبار فتتراوح ما بين 8-25 لتر/الثانية.

تغطي السهول اللحقية ما بين نهري دجلة والفرات في مساحة 100000كم^2 وتحتوي على تكوينات الفارس والبختياري والفرات وتستغل على نطاق ضيق لتوفر المياه السطحية وازدياد ملوحة المياه الجوفية والتي تتراوح ما بين 3-20غ/لتر وإنتاجية الآبار ضعيفة ولا تتعدى 3لتر/الثانية. كما تنتشر في سرير النهر (الفرات) طبقة مائية تتميز بمياهها العذبة وخاصة في أعالي النهر وتستغل في الزراعة وساهم صرف مياه الري في تملح المياه الجوفية.

4-1-2-1 إقليم شبه الجزيرة العربية:

يحتل هذا الإقليم الجزء المستعرض للصفيحة العربية ويقع على هضبة ثابتة من صخور القاعدة ويتكشف على طول سواحل البحر الأحمر ليشكل الحدود الغربية والجنوبية لهذا الإقليم مكوناً ما يسمى بالدرع الغربي أما حدوده الشمالية والشرقية فتتمثل بالجبال العمانية وسفوح جبال زاغروس ومنخفض الفرات والسلسة التدمرية.

تحيط الرسوبيات بالدرع العربي من الجهات الوسطى والجنوبية والشمالية وتمتد ما بين الحقبتين الأولى والحديثة ويبلغ سمكها نحو 5500 متر وتزداد سماكة الرسوبيات في اتجاه الشرق والشمال الشرقي.

يمكن من ناحية هيدروجيولوجية إجمال صخور الإقليم في المجموعات التالية:

- مجموعة الصخور الرملية القارية.
- مجموعة الصخور الكربوناتية.
- بالإضافة لمجموعات الصخور البركانية ومجموعة الصخور الحطامية العائدة للحقبتين الثالثة والرابعة.

كما يمكن تقسيم الإقليم إلى ثلاثة مناطق هيدروجيولوجية شكل رقم (1-8) وهي:

المنطقة الغربية:

وتتكون من تكشفات الركيزة البلورية والصخور البركانية في غرب المملكة العربية السعودية وفي شطري اليمن بالإضافة إلى السهول الساحلية على طول شواطئ البحر الأحمر في سهول تهامة وجيزان.

تمتد الطبقات اللحقية على طول الأودية الموسمية وتتغذى من مياه الأمطار التي تزداد من 20ملم/السنة

في الشمال إلى 500ملم/السنة وفي الجنوب، وتتجه نحو 90 وادياً من المرتفعات الغربية إلى ساحل البحر الأحمر وتقدر كميات السيول بنحو 1265مليون م^3 أي بنسبة 62% من سيول المملكة العربية السعودية (عمان، 1983). أما أودية الناحية الشرقية (بيشة ونجران وتربة) تقدر كميات سيولها بـ 490 مليون م^3/السنة تشكل نسبة 24% من سيول المملكة ولا يختزن السهل الساحلي في الشمال كميات كبيرة من المياه نظراً لضيقه إضافة إلى تأثر مياهه بمياه البحر أما في الجنوب فإن السهل يحتوي على كميات أكبر من المياه حيث تستغل بكثافة لأغراض الري مما أدى لتداخل مياه البحر وازدياد الملوحة مع انخفاض في المنسوب يتراوح ما بين 2-7 متر/السنة في معظم المناطق.

المنطقة الشرقية:

وهي المنطقة التي تقع إلى الشرق من الدرع العربي وتتميز من الوجهة الهيدروجيولوجية بأنظمتها المائية الإقليمية ذات الامتداد الواسع وهي عبارة عن نظامين الأول يتمثل بالطبقات الرملية القارية ومن التكوينات المعروفة بتكوين الساق وتبوك والوسيع في منطقة الرياض وتكوين المنجور والبياض أما النظام الثاني فيتمثل بمجموعة كربوناتية تشمل تكوينات أم الرضمة والدمام.

يعتبر تكوين الساق (الكامبري) من أهم المستويات المائية التي تتضمنها مجموعة الصخور الرملية القارية ويمتد على مساحة 1200 كم على محاذاة الدرع العربي اعتبارا من الأراضي الأردنية شمالاً وباتجاه أراضي المملكة العربية السعودية شرقاً وجنوباً، حيث تبلغ مساحة تكشفاته 65,000 كم^2. يتألف هذا الحوض من الأحجار الرملية المتجانسة ويمتاز بوفرة مياهه وعذوبتها، حيث وصلت إنتاجية الآبار المحصورة إلى أكثر من 100لتر/الثانية بعضها ارتوازية (تدفقية) ترتفع مياهها أحياناً إلى حوالي 120متراً فوق سطح الأرض في منطقة القصيم.

تقدر سماكة التكوين بحوالي 600 متراً وتتراوح أعماق الآبار ما بين 150-1,500 متراً ومياهه جيدة تتراوح ملوحتها ما بين 0.50-1.5غ/لتر يقابل هذا التكوين الذي ينتشر أساساً في الشمال تكوين الوجيد الذي يتواجد في الأجزاء الجنوبية من المملكة العربية السعودية ويعود للكامبري والأوردوفيس وتتراوح سماكته ما بين 400-430 متراً ومياه هذا التكوين عذبة وآباره عادة متدفقة وتتراوح تصاريفها ما بين 5-40 لتر/الثانية وقد تصل إلى 80 لتر/الثانية وتتراوح ملوحة مياهه ما بين 0.7-1غ/لتر أما مستوى المياه الجوفية فتكون غالباً ما بين 90-100متر ودرجة حرارة مياهه ما بين 29-55درجة مئوية.

يعقب تكوين الساق تكوين تبوك (أوردوفيس-ديفوني) ويتكون من الأحجار الرملية ويشابه الساق في معظم خصائصه الهيدروجيولوجية وتمتد تكشفاته من جنوب الأردن إلى جنوب القضيم في المملكة العربية السعودية وتصل سماكته إلى 1070 متراً في بلدة تبوك. أما مجموعة الصخور الرملية العائدة للحقب الثاني فتحتوي على ثلاثة مستويات مائية هامة هي تكوين المنجور (الكريتاس العلوي) وتكوين البياض (الكريتاس الأسفل) وتكوين الوسيع (الكريتاس الأوسط) وتتكشف هذه المستويات في أواسط الجزيرة العربية وفي مساحات محدودة نسبياً. يبلغ متوسط سماكة تكوين المنجور 360 متراً ويتواجد على أعماق 1200-1400 متراً.

يتكون المنجور أساساً من الأحجار الرملية ومياهه في بعض الأحيان تدفقية وآباره تنتج 40-55 لتر/الثانية في منطقة الرياض ونوعية المياه تتراوح ما بين 0.4-1.2غ/لتر وقد تصل إلى 5.8غ/لتر بالقرب من الهوار (عمان، 1983).

أما تكوين البياض والوسيع فيشكلان وحدة هيدروجيولوجية رملية قارية المنشأ في مناطق التكشف وتبلغ أقصى سماكة للتكوين 625 متراً في الجنوب وتتناقص بإتجاه الشمال وهو تكوين مرتفع الإنتاجية تصل تصاريف آباره إلى 40 لتر/الثانية وتتراوح ملوحته ما بين 1.5و6غ/لتر. أما تكوين الوسيع فتبلغ سماكته 200 متر وتتراوح إنتاجية آباره ما بين 50-60 لترا/الثانية ومستوى الماء الساكن 185متراً تحت سطح الأرض وينتج الوسيع في منطقة الهفوف ما بين 130-170لتر/الثانية ويعطي مياه متدفقة.

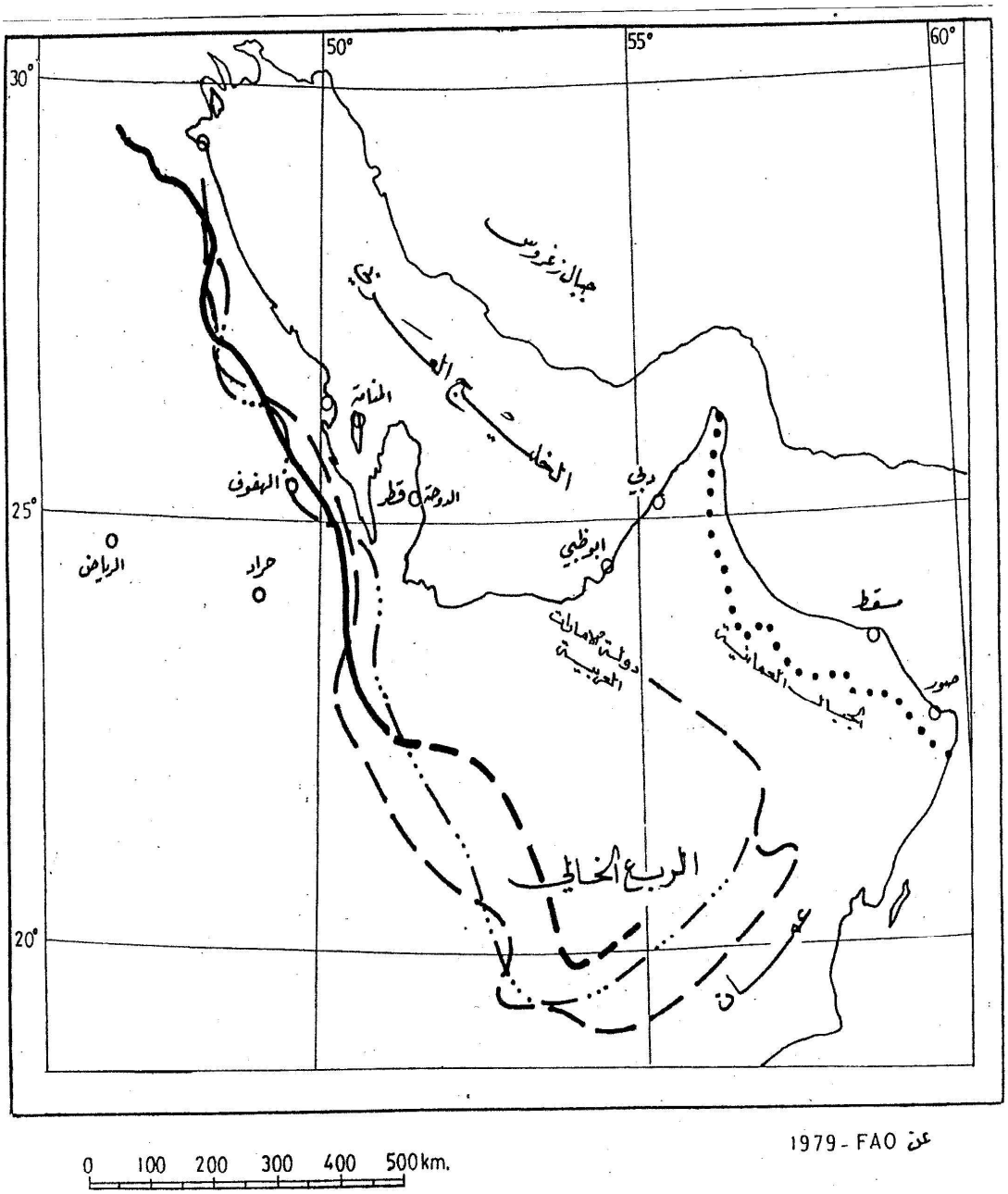
تعتبر تكوينات الساق وتبوك والوجيد والمنجور من الطبقات المائية التي ليس لها نظام هيدروديناميكي واضح المعالم كما وأن مناطق صرفها غير معروفة ومواردها غير متجددة إلا بمقدار ضئيل. حركة مياه تكوين الوسيع والبياض تتجه من أواسط شبهالجزيرة العربية شرقاً وشمالاً باتجاه سواحل الكويت وقطر والبحرين، وفي منطقة الربع الخالي فتتجه حركة المياه الجوفية نحو دولة الإمارات العربية المتحدة وتتم تغذية مياه التكوينين عن طريق رشح مياه الأمطار ومياه الوديان كما تصرف مياه الوسيع والبياض في الخليج العربي والسبخات المنتشرة على سواحل الخليج، شكل رقم (1-9).

تعود مجموعة الصخور الكربوناتية إلى الحقبين الثاني والثالث وتحتوي على العديد من المستويات المائية أهمها تكوين أم الرضمة (الباليوسين) وتكوين الدمام (الأيوسين). يتمتع تكوين أم الرضمة بأهمية هيدروجيولوجية بالغة ويمتد على مساحات واسعة من الإقليم ويتكشف في ظفار وحضرموت وشرق اليمن ثم يختفي تحت رمال الربع الخالي والمناطق الشرقية والشمالية الشرقية من المملكة العربية السعودية وصحراء عمان وظفار ودولة الإمارات ويعود التكشف ثانية في العراق والأردن وسوريا.

تتكون أم الرضمة من الأحجار الجيرية والدولوميت ويحتوي على شقوق وتجاويف مما أدى إلى ارتفاع نسبة نفاذيته ويبلغ أقصى سمك له حوالي700متراً. يتوقف إنتاج طبقة أم الرضمة على مدى تجانس الطبقة والشقوق الموجودة ودرجة الانحلال عبر هذه الشقوق حيث تتراوح إنتاجية الآبار ما بين 10و100لتر/الثانية أما مستوى المياه فيرتفع إلى أكثر من 10أمتار فوق سطح الأرض وينخفض إلى عمق 12متراً في منطقة وادي المياه في المملكة العربية السعودية وبالقرب من مناطق التكشف نوعية المياه جيدة (أقل من 1غ/لتر) وتسوء نوعيتها كلما اتجهنا شرقاً أو شمالاً (4-120غ/لتر).

مياه أم الرضمة المضغوطة على اتصال هيدروليكي مع الطبقات التي تعلوها وهي تكوين الدمام والنوجين. أما التغذية الجوفية فتتم عن طريق رشح مياه الأمطار والأودية ويتكشف تكوين الدمام في مناطق متفرقة حول الساحل وجنوب قطر وفي مناطق الربع الخالي وتمتد تكشفاته حتى العراق ويبلغ سمكه قرب الدمام 32.5 متر. تتميز طبقة الدمام بكونها تحتوي على شقوق تزيد من نفاذيتها وتضخ طبقة الخبر نحو 7-22 لتر/الثانية من عمق 200-300 متر في منطقة الهفوف وتتراوح ملوحة مياه الدمام بين متوسطة وعالية وتبلغ في الغرب نحو 1غ/لتر وتتجاوز 6غ/لتر على طول المناطق الساحلية.

شكل رقم (1-9)
نظام الصرف في شبه الجزيرة العربية



يستغل تكوين الدمام في المنطقة الشرقية من السعودية والبحرين استغلالا واسعاً لأغراض الزراعة والشرب وتشير الدراسات إلى وجود تغذية من رشح مياه الأمطار، شكل رقم (1-10). أما التكوين الثالث ذو الأهمية في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية فهو تكوين النيوجين وينقسم إلى ثلاثة طبقات هي: الهفوف (حصى وحجر رملي وغضار) وسمكه 30-100 متر، والدمام ويتكون من المارلي وسمكه 30-100 متر، والهيدرويك ويتألف من الحجر الكلسي والكلسي الرملي ويبلغ سمكه حوالي 9 أمتار.

تبلغ سماكة تكوين النيوجين 120متر وقد تصل إلى 200 متر في وادي المياه ويعتبر من التكوينات عالية الإنتاجية ومعظم مياه العيون والآبار في الإحساء تتدفق من تشققات الصخور الكلسية وتتراوح تصاريف الآبار ما بين 10-30 لترا/الثانية وقد تصل إلى 50 لتر/الثانية وطبقاته مضغوطة في الغالب وتتراوح تصاريف العيون في منطقة الهفوف ما بين 3-1700 لتر/الثانية أما نوعية المياه فتتراوح ما بين 1-5غ/لتر وتتغذى تكوينات النيوجين من الطبقة التحتية (تكوينات أم الرضمة والدمام) كما توجد تغذية مباشرة في حدود 328 مليون م^3/السنة.

هنالك أيضاً مجموعة الصخور الحطامية التي تعود إلى الرباعي في أسرة الوديان مثل وادي الدواسر ووادي السرحان على الحدود السعودية الأردنية ووادي حضرموت ووادي بنا في اليمن. تشكل الطبقات المنتشرة في هذه الأودية أهمية كبيرة في شطري اليمن لفقرها المائي.

منطقة جبال عمان:

تتكون السلاسل الجبلية من صخور الأفيوليت وصخور متحولة وكلسية وطبقات لحقية تمتد في سهل الباطنة في شرق سلطنة عمان والسهول الغربية الممتدة من رأس الخيمة شمالاً وحتى شواطئ المحيط الهندي في الجنوب حيث توجد طبقات ضعيفة الإنتاجية باستثناء مناطق السفوح، حيث تتواجد الشقوق والتكسرات وتتغذى من مياه السيول وأهمها سهل الحصى في دولة الأمارات وسهول المنطقة الغربية في سلطنة عمان.

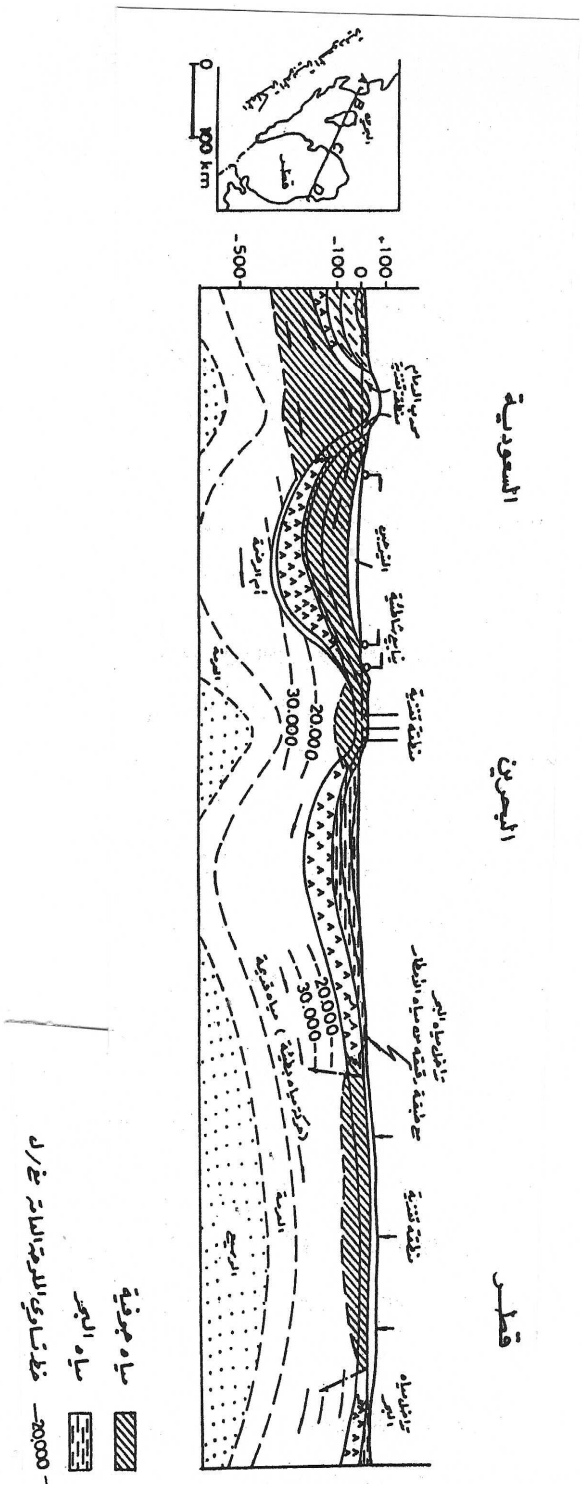
1-2-2 الخصائص الهيدروليكية:

وتشتمل على الناقلية، النفاذية، ومعامل التخزين للطبقات الحاملة للمياه الجوفية وتؤثر على كميات المخزون، التغذية، إنتاجية الآبار كما تؤثر على حركة الملوثات وتتأثر المعاملات الهيدروليكية بعدة عوامل منها:

- الوضع الليثولوجي من حيث حجم الحبيبات وتجانسها وتماسكها وتداخل الطبقات الرملية والغضارية بجانب سمك الطبقات الحاملة للمياه الجوفية.
- القوى التكتونية المؤثرة على الكتلة الرملية وخلق أنظمة تشققيه.
- الوضع الهيدروديناميكي وموقع الطبقات المائية من مناطق تكشفها وحتى أواسط الأحواض الرسوبية حيث تصبح محصورة ومضغوطة.

شكل رقم (1-10)

مقطع هيدروجيولوجي إقليمي



المصدر : دراسة الدمام - المركز العربي 1986.

لم تحظ المعاملات الهيدرولوكية للطبقات الحاملة للمياه الجوفية في الوطن العربي بدراسات وافية ويعزى ذلك للأسباب التالية:

- التغيرات الواضحة في الدورة الترسبية التي تبدأ بصخور رملية خشنة وتنتهي بطبقات غضارية وما يتبعها من تغيرات في المعاملات الهيدروليكية.

- سماكة الطبقات الحاملة للمياه الجوفية والتي قد تصل لعدة آلاف من الأمتار وعدم اختراق الآبار لكامل الطبقة المشبعة بالمياه (Partial Penetration).

- التغير في الطبقة المائية الواحدة من كونها حرة في مناطق التكشف ومضغوطة في أواسط الحوض وما يتبع ذلك من تغير في المعاملات الهيدروليكية، شكل رقم (1-11).

-التداخل بين الطبقات في الموقع الواحد مع اختلاف السحنات في كل طبقة فمثلاً طبقة المارلي تعيق الحركة العمودية للمياه الجوفية وتلعب دور الطبقة شبه الكتيمة Aquitard.

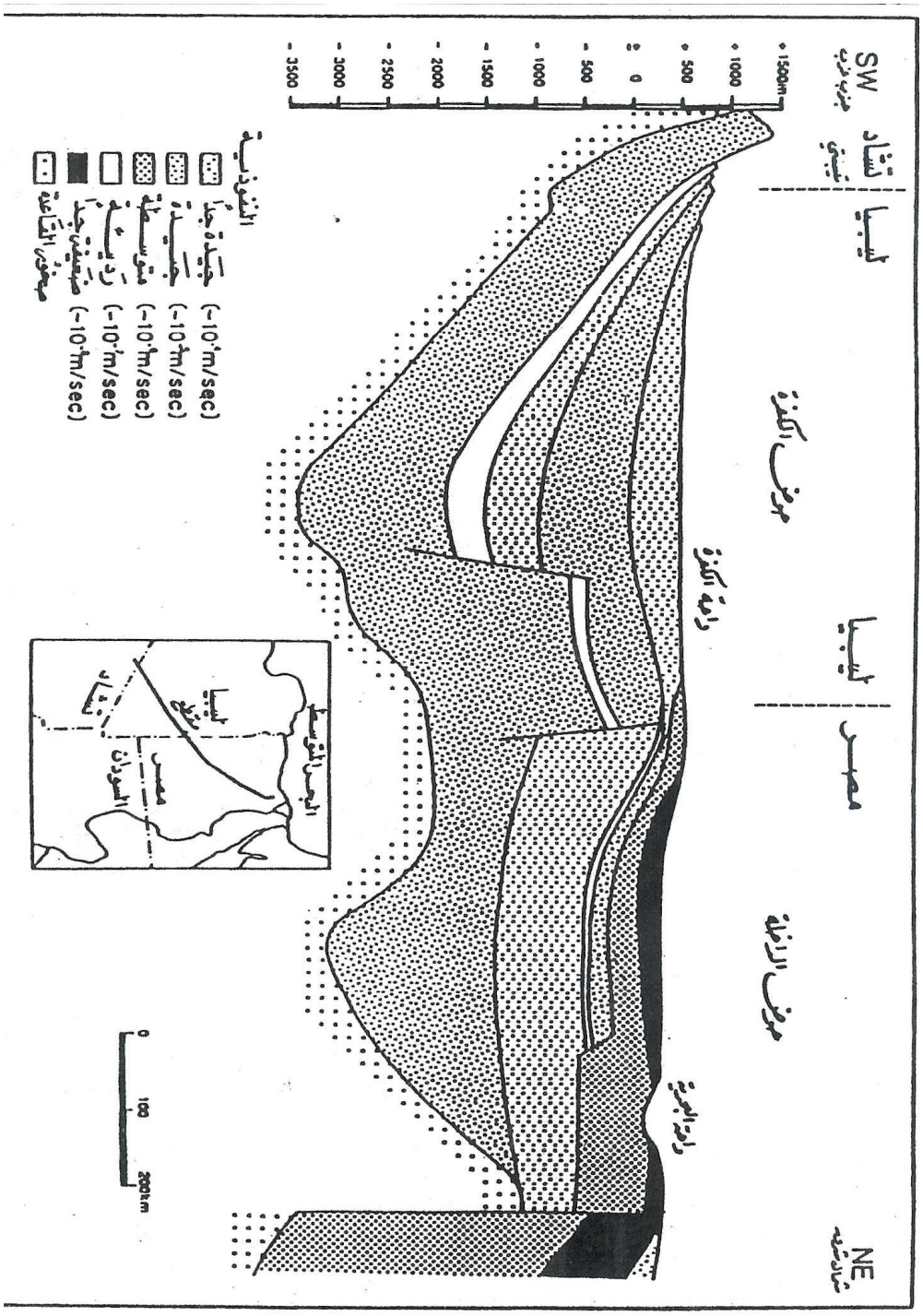
المجموعة المارلية والتي تنتمي للمجموعة الكاربوناتية أقل نفوذية وناقلية للماء وتشمل المجموعة المارلية التي تنتشر على نطاق واسع في المناطق الشرقية من سوريا وفلسطين والأردن، وفي بعض مناطق العراق وشمالي أفريقيا، بينما الصخور الحطامية قليلة التماسك، لذا فإن خصائصها الهيدروليكية متميزة وكذلك الرسوبية اللحقية التي تنتشر في دلتا نهر النيل، أحواض دجلة والفرات، والجزء الأوسط والأدنى من حوض نهري جوبا وشبللي في الصومال. تعتبر الناقلية المائية جيدة بالنسبة لطبقة الميوسين وترتفع قيمتها مع تطور الظواهر الكارستية، أما طبقة الأيوسين فناقليتها المائية منخفضة.الجدول رقم (1-3) يوضح نماذج من المعاملات الهيدروليكية في بعض الأحواض.

جدول رقم(1-3)
المعاملات الهيدروليكية لبعض الأحواض الجوفية

الحوض	القطر	الناقلية م^2/الثانية	النفاذية م/الثانية	عامل التخزين
مرزق	ليبيا	10-3-10-2	-	-
الكفرة	ليبيا	10-4-10-5	-	-
الحمادة	ليبيا	3.6×10-3	-	-
سهل الجفاوة	ليبيا	10-3-10-2 10-2-10-1	5×10-3	-
الداخلة	مصر	10-4-10-5	-	-
لحقيات الأطلس	المغـــــــرب العربي	5×10-2-9.5×10-7	1.9×10-3-5-1×10	1.5×10-1-5-1.4×10
الحوض النوبي	السودان	4.6×10-2	2.7×10-4	5× 10-4
حوض أم روابة	؟؟؟	4.7×10-3	9×10-6	-

المصدر: أكساد 1990.

شكل رقم (1-11)
مقطع يوضح تبدل الناقلية المائية في شمال شرق هضبة تيبستي
وحتى القاهرة في الحجر الرملي النوبي



المصدر: Hesse وغيره 1987.

هذا وقد قامت أكساد بتقدير الناقلية المائية ومعامل التخزين وفق التكوينات الجيولوجية، جدول رقم (1-4).

جدول رقم (1-4)
المعاملات الهيدروليكية للطبقات الحاملة للماء في الوطن العربي

المجموعة الهيدروجيولوجية	المنطقة	الطبقة الحاملة للماء	الناقلية المائية T (م^3/ثا)	معامل التخزين (S)
مجموعة الصخور البركانية العائدة للحقبين الثالث والرابع	إقليم المشرق العربي	باليوجين- نيوجين	4-10×15 5-10×58	
مجموعة الصخور الرملية القارية العائدة للحقب الأول	إقليم شبه الجزيرة العربية	تكوين الساق	3-10×38 4-10×4	4-10×12 4-10×25
		تكوين الوحيد	3-10×21 5-10×57	4-10×4 4-10×2
		تكوين تبوك	4-10×7 4-10×1	5-10×27 5-10×67
مجموعة الصخور الرملية القارية العائدة للحقب الثاني	إقليم شبه الجزيرة العربية	تكوين المنجور	4-10×72 4-10×17	5-10×13
		تكوين البياض	3-10×15 2-10×1	2-10×13 2-10×13
		تكوين الوسيع	3-10×78 4-10×17	4-10×2
		تكوين سكاكا	4-10×28 4-10×3	5-10×98 5-10×67
مجموعة الصخور الرملية القارية العائدة للحقب الثاني	إقليم الصحراء الكبرى	القاري الوسطى	3-10×32 3-10×25 3-10×50 3-10×40	
		الرملي النوبي	3-10×11 5-10×65	
مجموعة الصخور الكربوناتية العائدة للحقبين الثاني والثالث	إقليم شبه الجزيرة العربية والمشرق العربي	تكوين أم الرضمة	3-10×11 5-10×4	4-10×4 5-10×5
		تكوين الدمام	4-10×23 5-10×31	5-10×53
		عجلون	3-10×40 3-10×17	5-10×13
		البلقاء	3-10×30 4-10×70	
		سينومانيان	3-10×46	
		تيرونيان	4-10×96	
		أيوسين	4-10×50 6-10×38	

مجموعة الصخور الحطامية العائدة للحقبين الثالث والرابع	إقليم المشرق العربي	البليوسين	3-10×25	
		البختياري	4-10×58	
			4-10×34	
		رباعي حديث	4-10×87	
			4-10×53	
	إقليم البحر الأبيض المتوسط	البليستوسين	5-10×74	
		والبليوسين	5-10×3	
		أم روابة	4-10×29	
			5-10×13	
		رباعي	3-10×38	
			3-10×42	

المصدر: المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 1997.

1-2-3 الموازنة المائية الجوفية:

1-3-2-1 الموارد المائية الجوفية المتاحة:

أما المياه الجوفية في المنطقة العربية فإنها تتوزع على أحواض مائية جوفية كبيرة منها المتجددة وغير المتجددة ومنها المشتركة بين الدول العربية ومنها الأحواض التي تقع عند حدود كل دولة.

بالرغم من عدم وجود تقديرات دقيقة حول الحجم الكلي للمخزون المائي الجوفي في الدول العربية إلا أنه وفق التقديرات المتاحة للمنظمة فهو يبلغ حوالي 7,733 مليارم^3 منها حوالي 83% في الإقليم الأوسط، 12% في المغرب العربي4.7 % في الجزيرة العربية، 0.3% في المشرق العربي، في حين أن التغذية السنوية لهذه الأحواض المائية تقدر بحوالي 42 مليارم^{3}سنوياً في المتوسط ولكن المتاح منها للاستخدام يبلغ حوالي 35 مليار م^{3}سنوياً وهو ما يعتبر المورد المائي العربي من هذا المصدر. يقدر توزيع هذا المورد بحوالي 42.8% في المغرب العربي، وحوالي 25% في الإقليم الأوسط، وحوالي 18.8% في المشرق العربي وحوالي 13.4% في الجزيرة العربية ، جدول رقم (1-5) يوضح الموارد المائية الجوفية المتاحة والمخزون في الأقطار العربية المختلفة.

مشكلة الموارد المائية الجوفية المتاحة تتمثل في:

- ضعف تجدد المياه الجوفية ويعود ذلك لتدني معدل الساقط المطري السنوي، شدة البخر- نتح الناتج عن شدة الحرارة، وجود طبقة كلسية في بعض الأحواض تمنع نفاذ الطبقات العميقة الحاملة للمياه، تدهور الغطاء النباتي الذي أدى إلى رفع سرعة السيول وإضعاف نفاذية التربة.
-توزيع هذه الموارد إقليمياً، قطرياً، ومحلياً.
- تعرض الموارد المائية في معظم الأحواض للتلوث نتيجة للإفرازات البشرية والزراعية والصناعية.

2-3-2-1 الاستغلال الحالي للمياه الجوفية:

استثمار الطبقات المائية الجوفية العليا في الوطن العربي لأغراض الشرب والزراعة يعد إحدى النشاطات الضاربة في القدم، وقد استخدم العرب في الجزيرة العربية تقنية الأفلاج اعتبارا من الألف الأول

قبل الميلاد وقد اعتمدت حضارة تدمر على استخدام الأفلاج لاستثمار الطبقات المائية الكلسية والحطامية. وقد انتشرت هذه التقنية من المشرق العربي والجزيرة العربية إلى مصر والمغرب العربي حيث حفرت مئات الأفلاج في القرن العاشر والحادي عشر كما استنبط العرب طرق الإدارة وصيانة الأفلاج حيث أمكن المحافظة على جريانها وتصاريفها الرئيسية قد تجاوزت ألألف عام.

بالرغم من أن استثمار الطبقات المائية العميقة بداً مع بداية النصف الثاني من القرن الماضي وبصفة محدودة في الوادي الجديد بمصر وليبيا ألا أن النصف الثاني من القرن الماضي قد شهد توسعاً رهيباً في استغلال المياه العميقة لتحقيق الأمن الغذائي ومقابلة احتياجات مياه الشرب والصناعة. ويعتبر مشروع النهر الصناعي العظيم نموذجاً للاستثمارات المعاصرة للنظم المائية الإقليمية كما انتشرت الآبار في شبه الجزيرة العربية والمغرب العربي والمشرق العربي.

جدول رقم (1-5)

المياه الجوفية المتاحة والمخزون في الأقطار العربية المختلفة

القطر	الموارد المائية الجوفية مليار م^3	
	الموارد المتاحة (الوارد السنوي)	المخزون
المملكة الأردنية الهاشمية	275	12000
دولة الأمارات العربية المتحدة	134	5,000
دولة البحرين	90	-
الجمهورية التونسية	1724	170000
جمهورية الجزائر الديمقراطية	2800	150000
جمهورية جيبوتي	-	-
المملكة العربية السعودية	2338	254050
الجمهورية العربية السورية	2935	-
جمهورية الصومال	3300	-
الجمهورية العراقية	1000	-
سلطنة عمان	1267	-
دولة فلسطين	950	-
دولة قطر	55	2500
دولة الكويت	160	-
جمهورية لبنان	3000	1361
الجماهيرية العربية الليبية	2500	400000

جمهورية مصر العربية	4500	600000
جمهورية السودان	2300	39000
المملكة المغربية	10000	200000
جمهورية موريتانيا الإسلامية	1500	400000
الجمهورية العربية اليمنية	1400	-
الإجمالي	**42228**	**7733900**

المصدر: المنظمة العربية للتنمية الزراعية 1997.

أما انعكاسات هذه الاستثمارات على الوضع الهيدروجيولوجي والهيدروكيمائي للطبقات المائية العميقة فهي في الدرجة الأولى تتعلق بالضاغط المائي أو المستويات البيزومترية فقد لوحظ هبوط محسوس في الطبقات المائية الرملية العائدة للحقبين الأول والثاني في الجزيرة العربية كما لوحظت تبدلات محسوسة في المناسيب وفي نوعية المياه في الوادي الجديد. وقد استخدمت معظم الدول العربية النماذج الرياضية للتنبؤ بمقدار الهبوط تحت تأثير السحب بكميات ثابتة أو متزايدة.

لقد أدى الاستغلال الزائد للمياه الجوفية في المنطقة العربية إلى التأثير على التوازن الطبيعي للطبقات الحاملة للمياه كماً ونوعاً. وقد أسفر هذا الضخ الزائد عن انخفاض مستويات المياه الجوفية وتدهور المياه بفعل تغلغل مياه البحر المجاورة، تملح التربة، جفاف في بعض الأفلاج والعيون، وزيادة كلفة ضخ المياه بجانب الآثار البيئية السلبيةوما زالت معدلات تغذية المياه الجوفية غير مفهومة فهماً كاملاً في معظم المناطق.

يوجد في سهل الجفارة بليبيا أكثر من 40% من السكان وبسبب تنامي الطلب على المياه الجوفية لغايات الإستعمال أدى ذلك لزيادة الضخ من الطبقات المائية نتج عنه هبوط مناسيب المياه بحوالي 24 متراً خلال عشر سنوات مما أدى إلى استنزاف الطبقة المائية في الرباعي استنزافا كاملاً ونجم عن ذلك الطفيان مياه البحر على نطاق واسع مهدداً بذلك مصادر مياه الشرب للمدن الساحلية وقد تراوح معدل الطفيان مابين 0.5-3 كم/السنة ومن المتوقع تلوث المزيد من هذا الخزان وتتراوح ملوحة المياه في هذا السهل بين 1-7غ/لتر، شكل رقم (1-12).

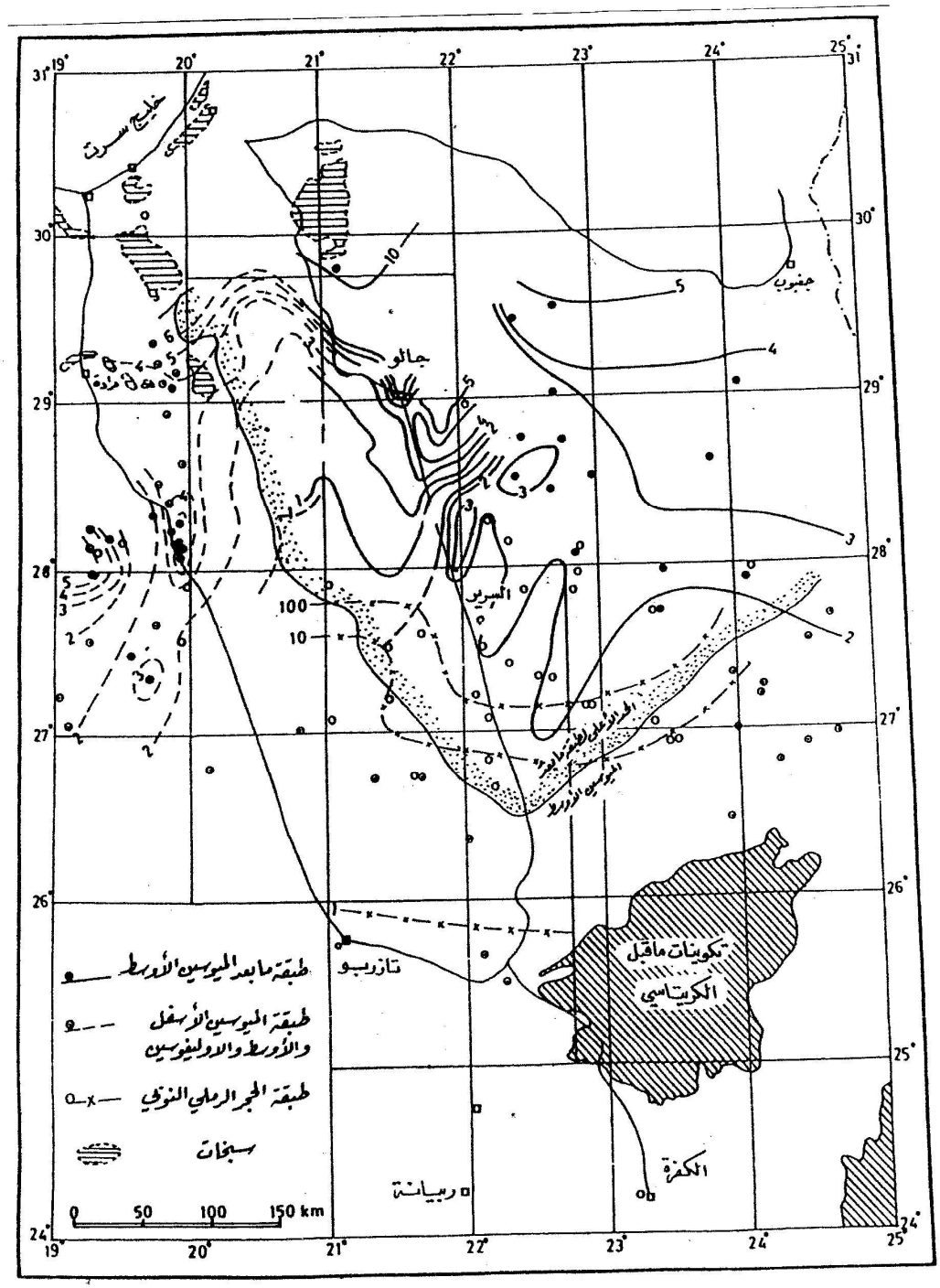
في تونس حيث تشكل المياه الجوفية أكثر من 40% من الموارد المائية فإن هنالك العديد من ظواهر التدهور النوعي للمياه بدأت تسوء بسبب طفيان مياه البحر في المناطق الساحلية (الشمالية والشرقية). كما هو الحال بين مدينتين طبلية ومكنبة حيث هبط المنسوب إلى مستوى 30متراً تحت مستوى البحر بينما كان قبل الاستثمار في مستوى 6-9 متر تحت سطح البحر. وفي موريتانيا اضطرت السلطات إلى هجر آبار حوض أندي الذي يغذي مدينة نواكشوط بمياه الشرب نتيجة تداخل مياه البحر.

يبلغ حجم الاستثمار الحالي من حوض المركب العلوي والتشكيلة القارية 2.2 مليار م^3 /السنة (2002) (1.33 في الجزائر، 0.55 مليار في تونس، 0.34 مليار م^3 في ليبيا). أظهرت نتائج النموذج الرياضي أنه إذا استمر معدل السحب الحالي البالغ 2.2 مليار م^3/السنة فسينتج عنه انخفاض في منسوب المياه الجوفية يتراوح ما بين 30-50متراً في عام 2050 مما ينتج عنه السحب من السبخات وازدياد الملوحة، جفاف

مخارج الحوض، اختفاء ظاهرة التدفق الذاتي وارتفاع عمق السحب من المياه الجوفية وهذا يتطلب تعاون دول الحوض وخفض معدلات السحب الحالية. هذا في الوقت الذي يخطط لزيادة الاستثمارات لحوالي 7.8مليار م^3/السنة بحلول عام 2030.

أما في إقليم الجزيرة العربية فإن النشاط الزراعي ما زال يعتمد بصورة رئيسية على استثمار المياه الجوفية وقد أدى الاستثمار المكثف إلى تداخل مياه البحر وجفاف الكثير من الأفلاج وازدياد الملوحة. ونتيجة الاستثمار المكثف للمياه الجوفية باليمن نتج هبوط واضح في مناسيب المياه الجوفية تراوح ما بين 4-16 متراً في وادي زبير، كما أدى إلى تداخل مياه البحر في سهل تهامة وتدهور نوعية المياه في وادي حضرموت.

شكل رقم (1-12)
الملوحة الكلية للمياه الجوفية في أحواض السريرة والكفرة



المصدر: WRIGHT وغيره 1982.

في المملكة العربية السعودية هبط منسوب المياه الجوفية في بعض المناطق 100 متراً خلال العقد الماضي وفي الكويت توجد ظاهرة انخفاض مناسيب المياه والمقدر بحوالي 5 متر في شمال الكويت وبـ 15 متراً بطبقة مجموعة الكويت وتعاني بقية الطبقة من انخفاض في حدود 20 متراً وإذا استمر الاستخدام بنفس معدله الحالي فربما سيصل انخفاض المنسوب إلى 50 متراً حيث تجف الطبقة عام 2010 ونفس الحال يمكن أن يكون في طبقة الدمام.

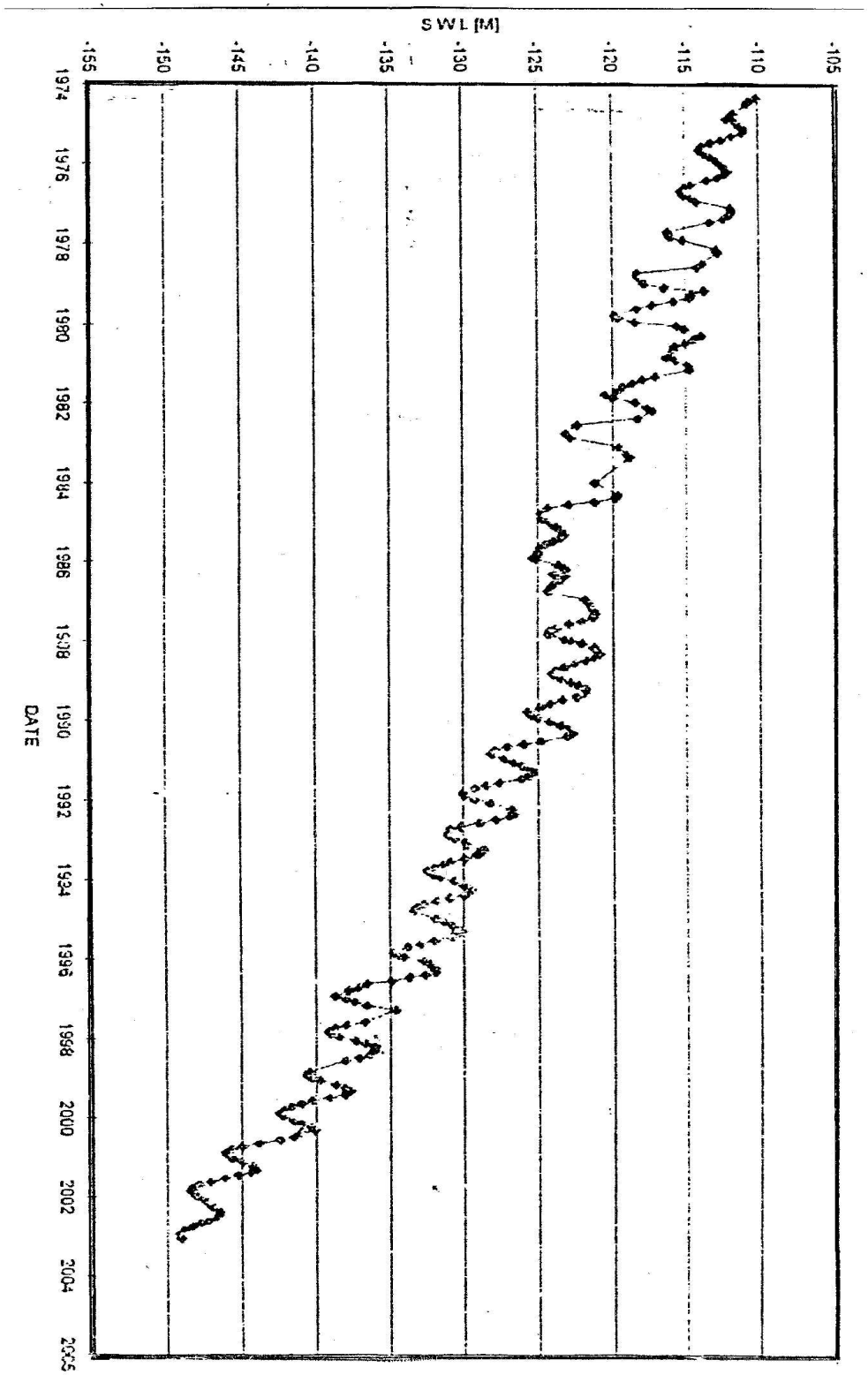
في المملكة الأردنية الهاشمية أدى السحب المتزايد بحوض عمان الزرقاء إلى انخفاض في المنسوب قدره 26 متراً خلال الفترة 1980-2003 كما ازدادت الملوحة من 0.4-3.4غ/لتر خلال نفس الفترة، كما وصل انخفاض المنسوب بحوض اليرموك إلى 40 متراً خلال الفترة 1974-2003، شكل رقم (1-13).

وفي سلطنة عمان حيث بلغ العجز 378مليون م3/السنة توقف 24% من العدد الكلي للأفلاج كما توقفت 67% من أفلاج دولة الأمارات. أما في دولة قطر فقد زاد السحب من المياه الجوفية من 50 مليون م3/السنة عام 1976 إلى 270 مليون م^3/السنة عام 2003 الشئ الذي أدى إلى تملح 70% من الآبار (3غ/لتر).

يتضح مما سبق أن وضع المياه الجوفية أصبح حرجاً في العديد من الدول العربية الشئ الذي يتطلب ترشيد استخدامها وحمايتها كما يتطلب إيجاد مصادر بديلة.

شكل رقم (1-13)

انخفاض منسوب المياه الجوفية بحوض اليرموك (1974-2003)-الأردن



الباب الثاني

استخدامات المياه الجوفية
في الوطن العربي

تمهيد:

إنقضية المياه في الوطن العربي تكتسب أهمية خاصة نظراً لطبيعة الموقع الاستراتيجي للأقطار العربية، حيث تقع منابع حوالي 60% من الموارد المائية السطحية خارج الأراضي العربية، مما يجعلها خاضعة لسيطرة دول غير عربية،وما يزيد الأمر تعقيداً يكمن فيما يعانيه الوطن العربي من فقر مائي سيصل في وقت قريب إلى حد الخطر مع تزايد الكثافة السكانية وعمليات التنمية المتواصلة حيث تتعرض الموارد الطبيعية وخصوصاً المياه إلى ضغوط متزايدة نتيجة لعوامل طبيعية وأخرى بشرية علماً بأن محدودية هذا المورد سيؤدي إلى التصحر ومن ثم تقلص الرقعة الزراعية وبالتالي آلي نقص الإنتاج.

2-1 الموارد المائية العربية المتاحة:

وقد شهدت الزراعة العربية في العقدين الأخيرينتوسعاً كبيراً في المساحات المروية بسبب التراخي في شروط استخراج المياه الجوفية، وقيام معظم المزارعين بتجاوز معدلات الضخ المسموح بها، وحفر الآبار دون ترخيص، وفشل المؤسسات في تطبيق الأنظمة واتخاذ التدابير اللازمة لوقف هذه المخالفات. ونتيجة لذلك كله فقد ازدادت مساحة الأراضي المزروعة تحت الري مما أدى إلى الضخ الجائر للأحواض المائية الجوفية بمعدلات فاقت الحد الآمن للاستخراج نتج عنه انخفاض منسوب المياه في هذه الأحواض وزيادة ملوحة مياه بعضها كما أدى إلى نقص كبير في مياه الينابيع التي كانت مياهها تستغل في ري مزارع صغيرة موزعة في مناطقمختلفة مما كان له دوراً هاماًفي تراجع التنمية الريفية، وتدهور النظم البيئية والتنوع الحيوي القائم على هذه الينابيع. كما أن التجمعات السكانية في غالبية الأقطار تركزت في المرتفعات الجبلية والتي تعد مناطق تغذية للأحواض المائية الجوفية وقدزاد الوضع سوءاً نتيجة الزيادة في مياه الصرف الصحي في تلك المناطق حيث توجد هنالك بعض المؤشرات لتلوث بعض الأحواض المائية ومياه الأودية بها.

كيفية مواجهة مخاطر الشح المتزايد في مصادر المياه العربية والمترافقة مع التزايد السكاني والتي تتطلب مواجهتها بذلالجهود العربية المشتركة سياسياً واقتصادياً وعلمياً، من اجل تحديد الأولويات في توزيع الموارد المائية وترشيد استثمارها، بالإضافة إلى تنمية الوعي البيئي لمخاطر التلوث، وتطوير التقنيات المستخدمة والاعتماد على الأساليب التكنولوجية الحديثة في الري ومعالجة التصحر ومشروعات تكرير وتحلية المياه التي سوف تشهد المرحلة المقبلة تزايداً على استخدامها واستثمارها.

وإذا كان الواقع المائي صعباً في الوطن العربي حيث لا يتجاوز نصيبه من الإجمالي العالمي للأمطار 1.5% في المتوسط بينما تتعدى مساحته 10% من إجمالي يابسة العالم، فإن واقع الحال في المشرق العربي

يبدو أكثر تعقيداً، إذ لا يتعدى نصيبه 0.2% من مجمل المياه المتاحة في العالم العربي، في الوقت الذي ترتفع فيه معدلات الاستهلاك بشكل كبير. فخلال الفترة 1980-1990 تضاعف الطلب على المياه لأغراض الزراعة في دول مجلس التعاون الخليجي ثماني مرات، رغبة منها في تحقيق الاكتفاء الذاتي بالنسبة لبعض المواد الغذائية، كما ازداد الاستهلاك المنزلي بمقدار ثلاثة أمثاله، خلال نفس الفترة، بسبب تحسن مستوى المعيشة.وأهمية موضوع المياه محلياً، بل وإقليمياً، تكمن في الواقع في صلاته المباشرة بجهود التنمية بوجه عام، وبصلاته الوثيقة بالقطاع الزراعي بوجه خاص، والواقع أن سياسات الدعم الحكومي للقطاع الزراعي تعتبر أحد ابرز الأسباب المؤدية إلى مشاكل استنزاف المياه الجوفية. إلا أن تلك الصلات لا تتوقف عند ذلك الحد، بل تمتد لتطال موضوعات عدة، ربما انطوى كل منها على تحد، كالبيئة والموارد الطبيعية وحتى عجز الميزانية العامة للدولة.

وتشير غالبية الدراسات إلىان الوطن العربي يملك مخزوناً ضخماً من الموارد المائية غير المتجددة يعتبر احتياطاً استراتيجياً ويستثمر منه حالياً حوالي 5%. وتقدر كمية المياه المعالجة والمحلاة بنحو 10.9 مليار م^3 سنوياً منها 4.5 مليار م^3 مياه محلاة و6.4 مليار م^3 مياه صرف صحي وزراعي وصناعي. وطبقاً للمؤشر الذي يقضى إلى أن أي بلد يقل فيه متوسط نصيب الفرد فيه من المياه سنوياً عن 1000متراً مكعباً يعتبر بلداً يعاني من ندرة مائية، وعليه فان 13بلداً عربياً تقع ضمن فئة البلدان ذات الندرة المائية. وهذه الندرة في المياه تتفاقم باستمرار بسبب زيادة معدلات النمو السكاني العالي. ويوضح تقرير البنك الدولي لسنة 1993 أن متوسط نصيب الفرد السنوي من الموارد المائية المتجددة والقابلة للتجدد في الوطن العربي سيصل إلى ما دون 667 مترا مكعبا في سنة 2025 بعدما كان 3430 مترا مكعبا في سنة 1960، أي بانخفاض بنسبة 80%. أما معدل موارد المياه المتجددة سنوياً في المنطقة العربية فيبلغ حوالي 350 مليار م^3، وتغطي نسبة 35% منها عن طريق تدفقات الأنهار القادمة من خارج المنطقة، إذ يأتي عن طريق نهر النيل 56 مليار م^3/السنة، وعن طريق نهر الفرات 25 مليار م^3/السنة، وعن طريق نهر دجلة وفروعه 38 مليار متر مكعب. وتحصل الزراعة المروية على نصيب كبير من موارد المياه في العالم العربي، حيث تستحوذ في المتوسط على 88%، مقابل 6.9% للاستخدام المنزلي، و5.1% للقطاع الصناعي. وقد حدد معهد الموارد العالمية منطقة الشرق الأوسط بالمنطقة التي بلغ فيها عجز المياه درجة الأزمة، وأصبحت قضية سياسية بارزة، خاصة على امتداد أحواض الأنهار الدولية.

أما بالنسبة للحاجات المائية المستقبلية فهي مرتبطة بمعدلات الزيادة السكانية في العالم العربي التي أصبحت بين الأعلى في العالم. فمن المتوقع ان تصل إلى 735 مليون نسمة عام 2030 مقابل 221 مليون نسمة عام 1991. ولتضييق الفجوة القائمة بين الموارد المائية المتاحة والحاجات المستقبلية، فلا بد من تبني استراتيجيات وطنية عربية ينبثق عنها مجموعة من السياسات شاملة العديد من الخطط في تنمية مصادر مائية جديدة واستثمار موارد المياه الجوفية وتكون متكاملة مترابطة بما فيها ترشيد استخدامات المياه وحمايتها لتنوير الرأي العام بضرورة الاقتصاد واستخدامها الاستخدام الامثل.

أما بالنسبة لمياه التحلية، فمما لا شك فيه أن معظم الدول العربية هي دول ساحلية مما يعطيها ميزة وجود مصدر للمياه بكميات لا حدود لها يمكن تحليتها والاعتماد عليها كمورد إضافي، بل في بعض الدول

مثل الدول الخليجية كمصدر أساسي للمياه. فعلى سبيل المثال تمثل مياه البحر المحلاة أكثر من 75% من المياه المستخدمة في دول الخليج العربية بينما ترتفع النسبة إلى 95% في دولة الكويت. وتمتاز موارد مياه التحلية عن الموارد الطبيعية بالتالي:

* أصبح بالإمكان اعتبارها مورداً مائياً يعتمد عليه لتوفير المياه العذبة كما هو متبع الآن في منطقة الخليج.
* يمكن إقامتها في مواقع قريبة من مواقع الاستهلاك مما يؤدي إلى توفير إنشاء خطوط نقل مكلفة جداً.
* يمكن اعتبارها ضماناً أكيدا لتلافي نقص الموارد المائية، بغض النظر عن واقع الدورة الهيدرولوجية وتقلباتها.
* تحتاج إلى تكلفة رأسمالية منخفضة لكل وحدة سعة مقارنة بتكلفة إقامة وتشغيل منشآت تقليدية مثل السدود، ولكنها تحتاج إلى تكلفة تشغيلية أعلى بكثير.
* تتألف من معدات ميكانيكية، ولذلك فمن المتوقع ان يستمر تطوير كفاءتها واقتصادياتها.
* لها القدرة على معالجة وتحويل مياه البحر والمياه المالحة الأخرى إلى مياه ذات نوعية ممتازة صالحة للشرب، ولذلك فهي تخلو من عوائق سياسية أو اجتماعية أو قانونية كتلك العوائق التي تتعلق باستغلال الموارد الطبيعية المشتركة مثل الأنهار.
* متوفرة بأحجام متنوعة وتقنيات مختلفة بحيث يمكن استخدام المناسب منها للغرض المطلوب لتلبية احتياجات المياه.
* مناسبة أكثر لعمليات تنظيم تمويل مشاريعها مقارنة بعمليات تمويل المشاريع المائية التقليدية.
* فترة إنشائها اقصر بكثير من فترة إقامة خطوط نقل مياه من مناطق نائية.
* لذا فان على القائمين على تخطيط الموارد المائية في كافة أنحاء العالم أن يأخذوا موارد مياه التحلية في اعتبارهم لتؤدي الأغراض التالية:
* مصدر مائي متكامل قائم بذاته ويمكن استخدامه كذلك كمصدر مياه عذبة إضافي لتكملة موارد المياه التقليدية.
* مورد أساسي للاعتماد عليه في حالات الطوارئ خاصة في مواسم الجفاف وعدم توفر مياه كافية.
* مورد بديل لنقل المياه عبر مسافات طويلة.
* تقنية يعتمد عليها لتحسين ودعم نوعية المياه المتوفرة.
* مصدر مائي لنوعية مياه مناسبة جداً لتطبيقات صناعية وغيرها من الأغراض.
* تقنية مناسبة لمعالجة وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي وإزالة جميع الملوثات ومسببات الأمراض.

2-2 الوضع الراهن لاستخدامات المياه الجوفية :

ولكي تتضح الصورة بخصوص استخدامات المياه الجوفية في الزراعة المروية في الوطن العربي تم الاستعانة بتسعة تقارير قطرية من دول عربية لدراسة الحالة بهدف استخدامها كمرجعية لتحديد البيانات الحديثة عن الاستخدام الراهن لهذا المورد.

1-2-2 المملكة الأردنية الهاشمية:

تتسم مصادر المياه في الأردن بحكم مناخه الجاف وشبه الجاف، بشحها وتذبذبها، حيث يقدر معدل طاقتها السنوية المتجددة والقابلة للتطوير بحوالي 780 مليون م^3، منها حوالي 505 مليون م^3 مياه سطحية و 250 - 300 مليون م^3 مياه جوفية. بالإضافة إلى ذلك يوجد مخزون مائي جوفي عذب غير متجدد يمكن استغلاله بحدود 143 مليون م^3 سنويا. وبلغت كمية المياه المستخدمة من المياه الجوفية ولمختلف الأغراض عام 2002 حوالي 523 مليون م^3 أو ما يعادل 65% من مجموع الاستعمالات. منها حوالي 200 مليون م^3 لأغراض الشرب و 35 مليون متراً مكعباً للاستعمالات الصناعية وحوالي مليون م^3 لاستعمالات المناطق النائية وحوالي 287 مليون م^3 للأغراض الزراعية من خلال 1878 بئراً وحسب سجلات سلطة المياه فإن هنالك حوالي 1214 بئراً توجد لها رخص استخراج وتشكل حوالي 50% من مجموع الآبار العاملة لكافة القطاعات. يبين الجدول رقم (2-1) توزيع استعمالات المياه لعام 2002 تبعا لنوع المصدر المائي وقطاع الاستعمال.

جدول رقم (2-1)
استعمالات المياه لعام 2002 في الأردن (مليون م^3)

القطـاع	مياه سطحية	مياه جوفية متجددة	مياه جوفية غير متجددة	مياه عادمة معالجة	المجموع
الزراعة	157	216.3	71.3	72.4	517
الأغراض المنزلية	50.5	185.4	9.3	---	245
الأغراض الصناعية	2	30.7	4.3	---	37
المناطق النائية	6	1	---	---	7
المجموع	215.2	433.4	85	72.4	806

*** المصدر التقرير السنوي – وزارة المياه والري 2002.**

بلغت كمية المياه المتاحة للري خلال عام 1975 ما مجموعه 354 مليون م^3 منها 178 مليون م^3 من المياه السطحية و74 مليون م^3 من مياه الينابيع و102 مليون م^3 من المياه الجوفية. ويتسم قطاع الزراعة المروية في المرتفعات بوجود نمطين من الزراعة يتمثل الأول بالزراعة التي تعتمد على مصادر المياه السطحية التي تسيل في الأودية وتستعمل من قبل المزارعين على امتداد هذه الأودية (تقدر بنحو 60 مليون م^3/السنة)، وتلك التي تعتمد على مياه الينابيع (وتقدر بنحو 20-30 مليون م^3/السنة) وتسودها الملكيات الصغيرة والزراعات التقليدية إلى حد ما. أما النمط الثاني فيتمثل بالزراعة التي تعتمد على المياه الجوفية التي قدر الاستعمال منها للري بنحو 198.5 مليون م^3/السنة عام 2000، وتسود هذا النمط الملكيات الكبيرة

والتي تمتلك فرصاً وامكانات لإدخال التقنيات الحديثة في الإنتاج والتسويق. وبلغت المساحة المروية في المرتفعات عام 2000 نحو (420) ألف دونم شكلت نحو 55% من إجمالي مساحة الأراضي المروية في المملكة البالغة 769 ألف دونم في ذلك العام. وقد توزعت مساحة الأراضي المروية في المرتفعات على مناطق المملكة المختلفة، إلا أن معظمها تركز في محافظات المفرق والزرقاء وعمان. واستهلكت الزراعة المروية في المرتفعات في العام 2000 نحو 298 مليون م^3 (نحو 700 م^3 للدونم الواحد كمعدل) منها 198.5 مليون م^3 من المياه الجوفية و 88.5 مليون م^3 من المياه السطحية (السيول والينابيع) ونحو (11) مليون م^3 من المياه المعالجة.

لقد بنيت خطة التنمية الزراعية في وادي الأردن على أساس إمكانية توفير نحو 386 مليون م^3 من المياه لري الوادي في عام 2005 و 465 مليون م^3 عام 2010 و428 مليون م^3 في عام 2020، من خلال تنفيذ عدد من المشاريع لتوفير كميات إضافية من المياه لغايات الري، واستعمال كميات متزايدة من مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة والتي ستازيد لتصل حوالى 63 مليون م^3 عام 2005 و 107 مليون م^3 عام 2010 وإلى نحو 144 مليون م^3 عام 2020 حيث ستشكل عندئذ نحو 33.5% من مجموع كمية المياه المخصصة للري في الوادي بالمقارنة مع 23.5% في عام 1998.

ولضمان ديمومة مصادر المياه الجوفية وعلى ضوء معدلات الاستنزاف العالية لهذه المياه فقد قررت الجهات المختصة تخفيض كميات الضخ منها لغايات الاستغلال الزراعي إلى نحو 186 مليون م^3 بحلول عام 2005 و 148 مليون م^3 بحلول عام 2010 وإلى 86 مليون م^3 بحلول عام 2020 في الوقت الذي ستتم فيه زيادة كميات مياه الصرف الصحي المعالجة التي ستخصص للزراعة في هذه المناطق إلى 30 مليون م^3 عام 2005 و 41 مليون م^3 عام 2010 وإلى 61 مليون م^3 عام 2020. أي أن كميات المياه المتاحة للري من مختلف المصادر ستبقى ثابتة حتى عام 2005، ثم تنخفض بنحو 8% بحلول عام 2010 وبنحو 22% بحلول عام 2020، مع تغيير في نوعيتها بسبب زيادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة.

2-2-2 دولة الإمارات العربية المتحدة:

تشكل المياه المستخدمة للزراعة في دولة الإمارات العربية المتحدة على ما يزيد عن 80% من مجموع المياه المستهلكة في قطاع الري والأغراض الأخرى. وتعتبر المياه الجوفية التي تخلفها الأمطار المورد الأول والمصدر الرئيسي للإنتاج الزراعي في دولة الإمارات العربية وتقدر المياه الجوفية المتجددة مابين 130 – 190 مليون م^3 سنويا وتتمثل غالبية المياه الجوفية في الإمارات من مياه الآبار حيث تؤمن احتياجاتها المائية التي يقدر عددها بحوالي 77266 بئراً. وتعتبر المياه المحلاة المصدر الثاني للمياه بالدولة وقد بدأ استخدام عمليات تحلية المياه في عام 1973م بطاقة إنتاجية تعادل 19454 م^3 يوما وقد ازدهرت هذه الصناعة حتى أصبح الإنتاج أكثر من 5 مليون م^3 يوميا من مياه البحر ومن مياه الآبار أكثر من 8 مليون م^3 يوميا والتي تستغل بشكل رئيسي لمياه الشرب والأغراض الصناعية في الدولة - ومازالت الجهات المختصة تحرص على تأمين المياه العذبة للاحتياجات المستقبلية من خلال بناء المزيد من محطات التحلية ذات التقنيات العالية. ويتم استخدام أنظمة الري الحديث في الزراعة المروية وأصبحت تغطي ما يزيد عن 86% من المساحة المزروعة المقدرة بحوالي 270 ألف هكتار ولم تعد الطرق التقليدية تستخدم إلا في بعض

المزارع القديمة ولري بعض أصناف الأعلاف كالبرسيم، ولا زالت البحوث مستمرة لاستخدام التقنيات الحديثة التي من شأنها زيادة كفاءة طرق الري تلك لترشيد استهلاك المياه في المزرعة. وأنظمة الري المستخدمة في القطر بشكل رئيسي هو نظام الري بالتنقيط ونظام الري بالرش والمستخدم في ري المحاصيل المتقاربة والكثيفة كالمحاصيل الحقلية والأعلاف والري بالفقاعات- النوافير (البلر) وهو عبارة عن نظام محسن لنظام ري الأحواض.

2-2-3 الجمهورية التونسية:

تقدر الموارد المائية الجوفية في تونس بحوالي 2145 مليون م^3 و تمثل قرابة 50 % من جملة الموارد المائية القابلة للتجديد والمقدرة بحوالي 4,245 مليون م^3. وتتميز المياه الجوفية بملوحة متفاوتة حسب مصادرها. تستعمل المياه الجوفية العميقة في كل من الزراعة والاستخدامات المنزلية والسياحة والصناعة ويمثل استعمال القطاع الزراعي من المياه الجوفية حوالي 77% من مجموع الاستغلال، علماً بأن هناك منافسة بين القطاعات المختلفة على استغلال المياه الجوفية العذبة في حين تبقى المياه الشبه المالحة للاستعمالات الزراعية. أما المياه الجوفية المالحة ذات ملوحة تفوق 7 غ/لتر فهي تستعمل لغايات الشرب بعد تحليتها وتقدر كمية هذه المياه بعد التحلية بحوالي 58000 م^{3}يومياً وذلك من خلال 4 محطات تحلية بالسواحل الجنوبية وبالجزر. ولقد تطورت المساحات المعدة للري من 60000 هك سنة 1960 إلى 370000 هك سنة 2004. وتبلغ مساحة المناطق المروية بالمياه الجوفية بحوالي 225 ألف هك وتمثل قرابة 60% من جملة المناطق المروية منها 61 % تروى من مياه الآبار السطحية ذات عمق أقل من 50 متر، و 39% تروى من مياه الآبار العميقة ذات عمق يتراوح ما بين 50 و 2700 متر.

ومن بين الإجراءات التي قامت بها مصالح وزارة الفلاحة والبيئة والموارد المائية المعنية بالمناطق المروية من أجل تحسين كفاءة الري مثل إدخال التقنيات الحديثة ذات الكفاءة العالية لتوفير المياه والتي تصل إلى 30%مقارنة بالطرق التقليدية المستعملة سابقاً في الري. وإحكام توزيع المياه بالمناطق المروية وحث المزارعين لزراعة أنواع النباتات التي تتناسب ونوعية التربة والمياه المتوفرة في تلك المناطق. واستعمال تقنيات الري المناسبة حسب نوعية التربة وملاءمتها مع المزروعات. وحث المزارعين على الاقتصاد في مياه الري عبر تشجيعهم لاقتناء هذه التقنيات عن طريق القروض الميسرة والمنح التشجيعية التي تصل إلى 60% من كلفة التجهيزات.وشهد قطاع تجهيز الأراضي الزراعية تطوراً باستخدام المعدات الاقتصادية في مياه الري منذ سنة 1995 ليغطي مساحة حوالي 15 ألف هك في سنة 2000 إلى مساحة تقدر بحوالي 280000 هك من المناطق المروية وهذا يشكل حوالي 75% من المساحات المهيأة للري (370000 هك) وتتوزع المساحات المجهزة بمعدات الاقتصاد في مياه الري كما يلي : 100 ألف هكتار ري سطحي محسن، 100 ألف هكتار ري بالرش و 80 ألف هكتار ري موضعي الذي أصبح يغطي 21% من جملة مساحة الأراضي المروية بينما كانت تغطي فقط حوالي 3% في عام 1995.

2-2-4 الجمهورية الجزائرية الديموقراطية الشعبية:

تعتبر الجزائر من أكبر البلدان العربية مساحة (238 مليون هكتار) إلا أن المساحة الصالحة للزراعة لا

تتعدى 8 مليون هكتار، أي ما يعادل 3.2% من المساحة الإجمالية وتقدر المساحات المروية بحوالي 470 ألف هكتار، حيث تقسم إلى الري الصغير و المتوسط الممتد على مساحة 300 ألف هكتار، و يمثل 64% من المساحة المروية الإجمالية في الجزائر والقسم الثاني المتمثل في المساحات المروية الكبرى يغطي مساحة 170 ألف هكتار، أي ما يعادل 36% من المساحة الإجمالية المروية. تقدر الثروات المائية الجوفية في الجزائر بحوالي 7 مليار م^3 تتوزع إلى منطقتين هما المنطقة الشمالية بحوالي 2 مليار م^3 والمنطقة الجنوبية بحوالي 5 مليار م^3. تبين هذه الأرقام أن الجزائر تعتبر من البلدان التي تعاني من نقص حاد في مواردها المائية، حيث تصنف من طرف برنامج الأمم المتحدة للتنمية ضمن البلدان التي توفر أقل من 1000م^3 في السنة لكل نسمة.

وتجدر الإشارة إلى أن الكميات المتوفرة حاليا لا تتجاوز 5 مليار م^3 في السنة، الامر الذي أدى إلى انخفاض ملحوظ في المساحات المروية من 13 إلى 5,4 هكتار لـ 1000 نسمة في الفترة ما بين 1962 و 1999. كما ان نسبة الضياع في شبكات التوزيع تتراوح ما بين 40% في شبكات الري وأكثر من 50% بالنسبة لشبكات مياه الشرب والصناعة.

وتقدر المصادر المائية الجوفية بحوالي 7 مليار م^3 منها 2.8 متجددة و 4.2 غير متجددة مقسمة إلى شمال البلاد و جنوبه. ففي شمال البلاد تقدر المصادر المائية الجوفية بحوالي 2 مليار م^3 مستغلة بنسبة 90% بواسطة 12000 بئر عميق و 100000 بئر عادي. أما بالنسبة لجنوب البلاد، فإن المياه الجوفية تقدر بحوالي 5 مليار م^3 منها المياه الجوفية المتجددة في الجنوب والمقدرة بحوالي 800 مليون م^3 وغير المتجددة، المقدرة بحوالي 4.2 مليار م^3. وتجدر الإشارة إلى أن الكميات المشار إليها أعلاه موزعة حسب النسب التالية:

70% للري و 19.5% للاستخدامات المنزلية بمقدار 500 م^3 لكل نسمة في السنة في المناطق الشمالية و 90 م^3 في المناطق الجنوبية و10.5% مخصصة للنشاط الصناعي.

تؤكد إحصائيات السنوات الأخيرة بأن كميات المياه الجوفية المستهلكة في العقدين الماضيين تجاوزت قدرات التجديد بحوالي 400 مليون م^3 في السنة نتيجة تكرار سنوات الجفاف المتعاقبة مما أدى إلى عدم توازن بين الكمية المستعملة و قدرات التجديد. وحسب إحصائيات وزارة الري لسنة 1985، فأن عدد الآبار المستغلة كان يقدر بحوالي 5500 بئراً. وفي الفترة ما بين 1990 و 1999 تم إنجاز حفر مايقارب 2000 بئراً في الشمال ساهم بحوالي 1 مليار م^3/السنة مقسمة إلى 852 مليون م^3/السنة مياه شرب و 147 مليون م^3/السنة للري. كما تم إنجاز حفر حوالي 842 بئر في الجنوب بهدف تغطية حاجيات مياه الشرب بمقدار 221 مليون م^3 والسقي بمقدار 505 مليون م^3/السنة.

5-2-2 المملكة العربية السعودية:

يتسم مناخ المملكة بارتفاع درجة الحرارة ومعدل التبخر العالي في جميع مناطق المملكة وذلك للظروف المناخية الحارة والجافة باستثناء منطقة عسير.وتؤثر الظروف المناخية سابقة الذكر تأثيراً كبيراً على الزراعة بصفة عامة بالمملكة فارتفاع درجة الحرارة وقلة الأمطار تحد من التوسع في إنتاج المحاصيل

المختلفة وتتطلب استخدام التقنيات الحديثة في طرق الري والزراعة المروية مما يتسبب في ارتفاع تكاليف الإنتاج.

وتشير بعض التقديرات إلى أن القطاع الزراعي في المملكة يستهلك حوالي 90% من المياه مقابل حوالي 10% لكل من الاستهلاك المنزلي والاستهلاك الصناعي، فقد تزايد معدل استهلاك مياه الري خلال العشرين سنة الأخيرة إلى معدلات خطرة تزيد عن 1,520 بليون م^3/سنة حسب بعض الدراسات ، هذا الاستنزاف المائي أدى إلى زيادة الملوحة في كثير من الآبار الجوفية ناهيك عن خفض هائل في كمية الموارد المائية ، حيث يقدر انخفاض منسوب المياه الجوفية في شمال غرب المملكة مثلا بحوالي 100 متر خلال العقد المنصرم .

والبيانات الخاصة بميزان المياه الوطني جدول رقم (2-2) تشير إلى أن الطلب على المياه في عام 2004/2003 قدر بحوالي 22480 مليون م^3 مقابل 20740 مليون م^3 عام 1999/1998 وتقدر الكميات المطلوبة للقطاع الزراعي بحوالي 19850 مليون م^3 تشكل 88.3٪ من إجمالي الطلب المتوقع على المياه في عام 2004/2003. وفي المقابل نلاحظ أن الموارد المائية المتاحة المتجددة تقدر بـ 9360 مليون م^3 تشكل 41.6%تقريباً من إجمالي الموارد المائية المتاحة في ذلك العام بينما تقدر الموارد المائية المتاحة غير المتجددة بحوالي 13120 مليون م^3 تشكل حوالي 58.4% من إجمالي الموارد المائية المتاحة.

إن التوسع في إنشاء محطات لتحلية مياه البحر المالحة لمواجهة الطلب المتنامي على مياه البحر المحلاة تمثل مصدراً مهماً من المصادر المائية للشرب والتوسع فيها يخفف العبء عن المياه الجوفية فهي في الوقت الحاضر تمثل نسبة 70% من المياه المستخدمة في الأغراض المنزلية في المدن الرئيسة وتمثل50% من المياه المستخدمة للأغراض المنزلية في عموم المملكة. وقد بلغ عدد محطات التحلية حتى عام (2002 م) 30 محطة تنتج 3.45 مليون م^{3}يومياً من المياه المحلاة هذا وقد انتهت المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة مؤخراً من إنشاء عدد من محطات تحلية المياه المالحة . كما أن العمل جاري لاستكمال عدد من المشاريع الأخرى كما بدء الضخ عبر خط أنابيب نظام نقل مياه الشعيبة (جده) ومن جانب آخر تم استكمال خطوط أنابيب الرياض – سدير– الوشم – القصيم ويبلغ إجمالي طول الخط 1200 كيلومتر ويتبع لها 4 محطات ضخ و 23خزاناً سعتها الإجمالية أكثر من 1.3مليون م^3 من المياه . والجدير بالذكر أن مجموع أطوال خطوط الأنابيب أكثر من أربعة آلاف كيلومتر بالإضافة إلى 29 محطة ضخ و 17 محطة خلط سيبلغ إجمالي عدد خزانات المياه 164خزاناً سعتها الاستيعابية أكثر من 9 ملايين م^3 من المياه المحلاة.

جدول رقم (2-2)
ميزان المياه الوطني في المملكة العربية السعودية (مليون م^3/سنة)

البيـــان	تقديرات عام 1999/1998	تقديرات عام 2004/2003
الطلب على المياه:		

الأغراض المنزلية والبلدية	1750	2030
الأغراض الصناعية	450	600
الأغراض الزراعية	18540	19850
إجمالي الطلب	20740	22480
الموارد المائية المتاحة:		
المياه السطحية والجوفية المتجددة (منطقة الدرع العربي)	5000	5000
المياه الجوفية المتجددة (الرصيف القاري)	3000	3000
المياه الجوفية غير القابلة للتجديد (العميقة)	11769	13120
مياه البحر المحلاة	791	1050
مياه الصرف الصحي المعالجة	180	310
إجمالي الموارد المتاحة	20740	22480

المصدر: خطة التنمية السابعة 2004/2003 وزارة الاقتصاد والتخطيط، المملكة العربية السعودية.

وكما هو واضح من المعطيات ان هنالك تنامي في الطلب على الغذاء والماء مع إضطراد نمو عدد السكان في المملكة، وهذا يستلزم زيادة الإنتاج الغذائي أي التوسع الزراعي، ولكن إزاء محدودية الموارد المائية المتاحة، تواجه المملكة تحديا حقيقيا يتمثل بالموازنة بين الأمن المائي والأمن الغذائي، لذا فإنه من الأولويات الاستراتيجية لترسيخ هذه الموازنة هو انتهاج أساليب وتقنيات ترفع من كفاءة استخدام المياه ومن ثم تخفض جوهريا من استنزاف المياه الجوفية القابلة للنضوب، إضافة إلى البحث عن وسائل جديدة وعن مصادر مياه جديدة ومتجددة. وقامت وزارة الزراعة بسن بعض التشريعات التي تخفض كمية المياه مثل منع تصدير القمح والأعلاف والحد من زراعة القمح والشعير.

6-2-2 الجمهورية العربية السورية:

وفي سوريا ورغم الأهمية الكبيرة للموارد المائية ومحدوديتها ومع التأكيد انه سيكون متعذراً الوصول إلى امن غذائي نسبي مرتبط بأمن مائي وبيئي مستدام دون الاستخدام الامثل للموارد المائية، فان كفاءة استعمالاتها من قبل المستثمرين لا تزال متدنية وعند الأخذ بعين الاعتبار أن الزراعة تستهلك ما يقارب 88% من إجمالي الموارد المستثمرة (علماً بأن الزراعة تسهم بحوالي 50% من الناتج القومي الإجمالي)، فان تحسين كفاءة الري الزراعي هي أولى الاستراتيجيات الوطنية لتحقيق الأمن الغذائي عبر الاستغلال الامثل للموارد المائية في الزراعة ووضع المعايير والضوابط اللازمة لهذا الاستغلال.

يستند تحليل الوضع الراهن للاستخدامات المختلفة للموارد المائية لكافة الأغراض، خاصة في قطاع الزراعة والري، إلى بيانات المساحات المروية والى قاعدة المعلومات المكونة بنتائج عمل القائمين على تقييم الموارد المائية ودراستها. غير أن الضعف الأساسي لهذا التحليل يبرز في عدم كفاية قاعدة البيانات المتاحة وتكاملها نتيجة التخلي عن بعض محطات الرصد الهيدرولوجي وأبار المراقبة أو تحويلها إلى إغراض أخرى بفعل ضعف الحفاظ على نظام رصد المياه الجوفية مما عزز النقص في المعلومات المتوفرة عن مقادير المياه الجوفية المتجددة وكذلك الترابط بين المياه السطحية والجوفية.

بلغ متوسط كميات المياه المتاحة للري على المستوى الوطني في نهاية الفترة 1995-2000 بحدود

11570م^3/هـ/سنة انخفض إلى 10476م^3/هـ/سنة عام 2003 ومن المفترض انخفاض هذه الكمية إلى 7500م^3/هـ/سنة عند استكمال التحول إلى تقنيات ري أكثر توفيراً للموارد المائية.

ازدادت المساحات المروية في الجمهورية العربية السورية خلال الفترة 1990-2002 بوتيرة لتزداد من حوالي 12.3% إلى أكثر من 23.0% من مجمل الأراضي المستثمرة وأدى حفر الآبار (مرخصة وغير مرخصة) بشكل عشوائي إلى استنزاف المياه الجوفية وجفاف الينابيع والأنهار التي كانت تزود شبكات الري النظامية بالمياه . كما لم تعط الأهمية الكافية عموماً لتحديد الاستمرار الآمن للسحب من الخزانات المائية الجوفية في ظل غياب الآليات المائية التطبيقة. ولعب التوسع في استثمار المياه الجوفية بالضخ من الآبار للري دور أساسي في تركيز الزيادة المذكورة على مصادر المياه الجوفية. وجدول رقم (2-3) يوضح تطور المساحات المروية في الجمهورية العربية السورية وفق المصادر المائية المستعملة.

جدول رقم (2-3)
تطور المساحات المروية في الجمهورية العربية السورية
وفق المصادر المائية المستعملة

السنة	مجموع المساحات المستثمرة بوحدة الهكتار	الأراضي المروية بوحدة الهكتار		
		مياه جوفية	مياه سطحية	إجمالي
1990	5626003	341951	351026	692977
2000	5352397	698151	512499	1210650

نتيجة للوضع القائم في مجال استخدام الموارد المائية لأغراض الري والزراعة في الجمهورية العربية السورية فان كفاءة الاستخدام الإجمالية لهذه الموارد في القطاع الزراعي لا تزال دون الحدود الفنية والاقتصادية المقبولة (35-45%)، لذا فان مهام ترشيد استخدام المياه وتحسين آدائها وبناء القدرات البشرية في جميع الجهات المشاركة في العمليات الإنتاجية، وتوعية المستفيدين وصانعي القرار ومشاركتهم في إدارة الموارد المائية بمختلف مصادرها ضرورة وأولوية ملحة في تحسين استخدام الموارد المائية الجوفية والبشرية في القطاع الزراعي لتصبح ذات أولوية مطلقة.

كما يؤدي استمرار ضخ المياه من الآبار إلى استنزاف الموارد المخصصة لمشاريع الري النظامية ويساهم مع مواسم الجفاف المتعاقبة في انخفاض المساحات المروية على حساب المصادر المائية السطحية وتتعذر في كثير من الأحيان إمكانية تأمين الاحتياجات المائية لري المساحات المخطط لريها. ومن الممكن هنا بيان حالة نموذجية لوضع استخدامات الموارد المائية الجوفية على سبيل المثال حوض العاصي الأعلى، وهو الحوض الفرعي الذي يعاني من مشكلة رئيسية تمثل التنافس الشديد بين القطاعات المستهدفة للمياه.

استثمرت المياه الجوفية لأغراض الري الزراعي في أعالي العاصي عام 2002 بواسطة 7443 بئراً

(مرخص وغير مرخص). وقد تزايد الانخفاض الحاد لمنسوب المياه الجوفية منذ خمس سنوات تقريباً بسبب الحفر العشوائي للآبار واستنزاف المياه الجوفية بصورة غير مدروسة. ومع الإشارة إلى ازدياد عدد الآبار في سنوات الجفاف الأخيرة، خصوصاً غير المرخصة منها، نتيجة عدم إطلاق المياه في شبكات أعالي العاصي. اعتمد الفلاحون في منطقة المشروع على هذه الآبار لري أكثر من 16500 هكتار من الأراضي السليخ والمشجرة .

2-2-7 سلطنة عمان:

يقدر التزويد الإجمالي للموارد المائية المتجددة في سلطنة عمان بحوالي 1.3 مليار م^3/السنة بمعدل استرداد قدره بحوالي 70% وحالياً يعادل الإمداد السنوي حوالي 500 م^3/فرد وهو ما يقارب حالة الإجهاد المائي المفرط وفقاً للمؤشرات العالمية. و يشكل الاستخدام الزراعي 90 % من جملة استخدامات المياه الجوفية ويشير الميزان المائي إلى أن الطلب على المياه في مناطق كثيرة يفوق عادة التغذية الطبيعية، وحيثما وجدت هذه الحالة فأن الطلب تتم مقابلته بزيادة بالسحب من الخزانات الجوفية مما يترتب عليه انخفاض مستويات المياه الجوفية. وقد أدى الضخ المفرط في المناطق الساحلية إلى تداخل المياه المالحة مما أدى إلى ترك الكثير من المزارع التي كانت منتجة.

أدى ذلك إلى وجود عجز مائي ولقد أثرت التنمية الزراعية المتسارعة على المياه الجوفية فقد زادت المساحة المحصولية من 45800 هكتار عام 1985 م إلى 72000 هكتار عام 2003 م مما كان له أثاراً سلبية على المخزونات الجوفية، حيث رافق هذا التوسع ضخ كميات كبيرة من مياه الآبار وبمعدلات تزيد عن التصرفات الآمنة للآبار نتيجة ممارسة المزارعين لطرق الري بالغمر، وأدى ذلك إلى عدم التوازن بين معدلات التغذية والاستهلاك الأمر الذي ترك نتائج سلبية على الأحواض المائية، كان أبرزها تداخل مياه البحر مع المياه الجيدة وزيادة ملوحة مياه الآبار، والذي انعكس بدوره على التربة وأدى إلى تملحها ، وبالنظر إلى المساحة المروية بالسلطنة فأن أكثر من 80 % من هذه الأراضي لا زالت تروى بالطرق التقليدية أي الري السطحي مما يستنفذ قدراً أكبر من جملة الموارد المائية المتاحة للري.

2-2-8 دولة قطر:

تعتمد الزراعة في دولة قطر على الري ومصدره الأساسي المياه الجوفية إذ تستخدم 99% من المياه المسحوبة من الحوض الجوفي في ري المزارع ، وهي تمثل حالياً حوالي 90% من إجمالي المياه المستخدمة للري والمصدر الآخر للري وهو مياه الصرف الصحي المعالجة التي تستخدم منها حوالي 30 مليون م^3/سنة لري الأعلاف .

تشير آخر إحصائيات المسح المائي لآبار المزارع بان السحب من الحوض الجوفي زاد من 50 مليون م^3 خلال موسم 1976/75 إلى 270 مليون م^3 في موسم 2001/2000، كما ارتفع عدد الآبار من 660 إلى 3330 خلال نفس الفترة، علماً بان متوسط التغذية تقدر بحوالي 60 مليون م^3/السنة خلال الفترة من 1972/1971 إلى 2001/2000 والتي كان فيها المتوسط السنوي للأمطار 84 ملم.

وقد تسبب السحب الزائد غير المراقب إلى حدوث استنزاف دائم للحوض الجوفي وتراكم العجز حتى

وصل إلى 1900 مليون م^3 من أصل 2500 مليون م^3 مخزون الحوض الجوفي عام 1972. ومن ناحية أخرى فإن السحب الجائر أدى إلى انخفاض منسوب المياه بمعدل 4% سنوياً . وقد تسبب ذلك في تداخل المياه المالحة عرضياً من البحر ورأسياً من مياه الطبقات السفلى وتدهورت نوعية المياه حتى فاق التوصيل الكهربائي 3ds/m في أكثر من 70% من مياه الآبار. وكانت النتيجة الطبيعية لذلك تملح للأراضي وتوقف الزراعة في بعض المزارع خصوصاً تلك القريبة من البحر ، إذ بلغ عدد المزارع المهجورة 313 من أصل 1220 مزرعة . وقد أدى هذا الوضع إلى انخفاض كفاءة استخدام المياه ودرجة اكتفاء ذاتي متدنية في أغلب السلع الغذائية.

وهناك عدة عوامل تسببت في الوضع الراهن لاستخدامات المياه الجوفية أهمها استخدام طرق الري السطحية التقليدية ذات الكفاءة المنخفضة التي تغطي حوالي 75% من المساحة المروية، كما أن التخطيط غير السليم للمزارع والتصميم غير الهندسي لأنظمة الري والأنماط الزراعية غير المناسبة لظروف الأراضي المالحة والقاحلة وعدم توفر الكادر والعمالة الماهرة في المزارع وضعف إدارة المياه على مستوى المزرعة كلها أسباب ساهمت في تراكم العجز المائي للحوض الجوفي الشمالي في دولة قطر.

9-2-2 الجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية العظمى:

بلغت الاستعمالات المنزلية في الجماهيرية الليبية حوالي 529 مليون م^3 في السنة وهو ما يمثل حوالي 10% من إجمالي الاستهلاك. وتمثل المياه الجوفية حوالي 96% من إجمالي المياه المستغلة للأغراض المنزلية. في حين أن الاستعمالات الصناعية محور استهلاكه من المياه في سنة 1998 جدول (2-4) بحوالي 136 مليون م^3 كما قدر إجمالي الاستهلاك خلال سنة 2003 بحوالي 175 مليون م^3، وتصل نسبة ما يتم استهلاكه من المياه للأغراض الصناعية لا يتجاوز 4% من إجمالي الاستهلاك. أما الاستعمالات الزراعية فتتراوح ما بين 3900 إلى 4200 مليون م^3 تغطي الأنشطة الزراعية المختلفة. وتقدر المساحات المروية في مختلف مناطق الجماهيرية بأنها تتراوح ما بين 335 إلى 400 ألف هكتار، منها حوالي 185 ألف هكتار في سهل الجفارة وحده الذي يشكل نسبة 55% من مساحة الأراضي الزراعية. وتستهلك منطقة سهل الجفارة حوالي 44% من المياه المستغلة للأغراض الزراعية، تليها منطقة مرزق بنسبة 22%، ثم منطقة الحمادة الحمراء بنسبة 16% فالكفرة والسرير بـ 15% واقلها بمنطقة الجبل الأخضر 3%.

لقد تم اتخاذ عدة خطوات جادة لتوفير موارد مائية إضافية وحماية الموارد المائية وإدامتها. ويتمثل ذلك في الاستفادة القصوى من موارد المياه السطحية وذلك بإقامة السدود والصهاريج والخزانات الأرضية لحجز وتجميع مياه الأمطار والجريان السطحي حيث يمكن إضافة حوالي 60 مليون م^3 سنوياً من مياه الجريان السطحي (مياه سطحية) بعد الانتهاء من تنفيذ السدود المتعاقد عليها والمقترح تنفيذها ليصل إجمالي ما سيتم حجزه من المياه السطحية حوالي 120 مليون م^3 مكعب سنويا، كما انه بالإمكان زيادة هذه الكمية لتصل إلى حوالي 200 مليون م^3 سنوياً من المياه مستقبلاً إذا تم حجز كل الكمية القابلة للتخزين من مياه الجريان السطحي.

جدول (2-4)
الموازنة المائية للجماهيرية الليبية لسنة 1998

المنطقة المائية	المصادر المائية المتاحة في سنة 1998 (مليون م^3 / سنة)					الاستهلاك في سنة 1998 (مليون م^3/ سنة)				الميزان المائي (مليون متر مكعب/سنة)
	تقليدية		غير تقليدية			الإجمالي	زراعية	حضرية	صناعية	الإجمالي
	جوفية	سطحية	النهر الصناعي	تحلية	مياه الصرف الصحي					
الجبل الأخضر	250 (أ)	16	+ 113 (ب)	5.1	1.82	385.92	80.2	119.30	4.6	204.10	181.82(ف)
الكفرة والسرير	741	2	- 113 (ب)	0.5	1.20	631.70	492.0	30.30	109.4	631.70	-
سهل الجفارة	250 (أ)	26	+ 110 (ب)	-	7.50	393.50	1476.8	188.10	10.1	1675.00	1281.50(ع)
الحمادة الحمراء	400 (أ)	17	-	12.0	4.90	433.90	540.3	56.80	5.1	602.20	168.30(ع)
مرزق	912	-	- 110 (ب)	-	8.76	810.76	746.0	58.06	6.7	810.76	-
الإجمالي	2553	61	0	17.6	24.18	2655.78	3335.3	452.56	135.9	3923.76	1267.98(ع)

المصدر: دراسة الوضع المائي للجماهيرية العظمى (1999)

3-2 الخطط والسياسات المتبعة في إدارة الموارد المائية:

بالرغم من محدودية مصادر التمويل والسيولة المالية والتي تشكل في مجملها إحدى أهم التحديات الرئيسية في تنفيذ سياسات قطاع المياه وإدارتها وتوفير المياه لكافة الأغراض وبنوعية جيدة ضمن المواصفات والمقاييس المطلوبة، إلا أن ذلك لم يحد من طموح القائمين على إدارة الموارد المائية في بعض الأقطار العربية من تحقيق جزء كبير من أهدافهم الطموحة، حيث تم إنشاء شبكات من محطات الرصد لمراقبة الموارد المائية السطحية منها والجوفية من ناحية الكم والنوعية. كذلك تم إدخال الكثير من التقنيات والبرمجيات اللازمة في عمل الدراسات والبحوث العلمية والتطبيقية في مجال الموارد المائية. هذا وقد تنبهت بعض الدول العربية إلى أهمية إدارة الموارد المائية ودورها الحساس في النمو الاقتصادي والاجتماعي لهذه الأقطار حيث تمإفراد محوراً خاصاً لقطاع المياه في الدراسات التي تجريها والخاصة بوضع سيناريوهات مستقبلية متميزة (استشراف المستقبل) لعام 2020 كما هو الحال في مصر والأردن والجزائر.

بالإضافة إلى ما سبق فان بعض الأقطار العربية قامت بوضع استراتيجيات للمياه والتي انبثقت عنها مجموعات من الخطط والسياسات من اجل تنظيم وإدارة قطاع المياه ابتداءً من عملية المراقبة وجمع البيانات واستخلاص النتائج وإدخال التقنيات الحديثة في هذا المجال والتي تتميز بكثرة المدخلات والمخرجات المستخلصة منها. وكذلك يتم عمل الاستقراءات والتوقعات المستقبلية علىضوء الوضع القائم حالياً من خلال إجراء تقييم للبيانات والمعطيات المتوفرة لديها ، وذلك باستخدام البرمجيات ذات التقنيات العالية والشروع بالدراسات بما فيها دراسة الأثر البيئي للمشاريع المائية والزراعية الكبيرة وإعداد النماذج الرياضية والفيزيائية العديدة قبل المباشرة في تنفيذ المشاريع المائية الكبيرة من اجل تحديد الاستثمار الامثل لهذا المورد الهام والحساس. وسوف يتم تحليل وعرض لبعض تجارب الأقطار العربية التي وردت في الأوراق القطرية

والتي تعرضت لهذا المجال.

1-3-2 المملكة الأردنية الهاشمية:

تتعرض المياه الجوفية المتجددة في الأردن منذ سنين إلى استنزاف جائر وصل في حده الأعلى إلى ما يقارب ضعف الاستخراج الأمن المقدر بحوالي 275 مليون م^3 سنويا. لذا وحفاظا على ديمومة هذا المصدر كماً ونوعاً، فان لدى وزارة المياه والري خططا لاستغلال مصادر بديله مثل المياه السطحية المقترح تطويرها (سدود) والمياه المسوس والمياه العادمة المعالجة وغيرها ، وبرامج يجري وضعها حاليا من أجل تخفيض معدلات الاستخراج من المياه الجوفية تدريجيا لتصل إلى حدود الاستخراج الآمن خلال العقد الحالي والتي تشمل ضبط استخراج المياه من الآبار الزراعية ووضع تعرفة تصاعدية للمياه المستخرجة لأغراض الزراعة وشراء بعض الآبار الزراعية والاستمرار في وقف منح تراخيص جديدة لحفر الآبار الزراعية وتوفير مصادر جديدة بديلة عن المياه الجوفية للأغراض المنزلية والبلدية وتقليل الفاقد من شبكات مياه الشرب وتشجيع استعمال المياه العادمة المعالجة لأغراض الزراعة في المناطق المرتفعة وتخفيض استعمال مياه الديسي للأغراض الزراعية والاستمرار في التنقيب عن المياه الجوفية العميقة .

وبناء على ذلك تبنت الوزارة في عام 1997 استراتيجية للمياه في الأردن مبنية على المعطيات والعناصر الرئيسية منها احتياجات المياه لأغراض الاستعمالات المنزلية والزراعية والصناعية ومدى وفرة مصادر المياه السطحية والجوفية المتجددة منها وغير المتجدد. الواقع الحالي لقطاعات المياه الفرعية التي تتنافس على استخدامات المياه واستخدام المصادر المائية المحلية بأقصى طاقتها خلال فترة ذروات الطلب على المياه وندرة وشح الموارد المائية السطحية والجوفية، يرافقها زيادة الطلب على المياه وكلفة التداخلات الهندسية الضرورية الملائمة ما بين مصادر المياه ومنظومة الطلب عليها وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي بعد المعالجة في محطات التنقية، واعتبارها من ضمن المصادر المائية الدائمة واستخدام المياه غير التقليدية ممثلة بالمياه الحدية والمسوس وتحلية مياه البحر بعد إجراء الدراسات والبحوث عليها.

أكدت استراتيجية المياه على التشريعات والتنظيم المؤسسي لتقييم مدى ملاءمتها للظروف والأزمان المتغيرة وأن يعاد النظر في هيكلة المؤسسات بما يتلاءم والاحتياجات المتغيرة كما دعت أيضا إلى تحديث التشريعات وأكدت على التعاون والتنسيق فيما بين الجهات الرسمية ذات العلاقة بتطوير موارد المياه وإدارتها. وفي الموارد المائية المشتركة أكدت على الدفاع عن حقوق المملكة المائية وحمايتها وكذلك احترام نصوص القانون الدولي المتعلق باقتسام المياه وحمايتها والحفاظ عليها . كما ركزت على التعاون الثنائي ومتعدد الأطراف مع الدول المجاورة مع الدعوة إلى التعاون الإقليمي من خلال إقرار ميثاق مياه إقليمي. وأكدت على أهمية توعية الجمهور وتحسين الآداء ووضع المواصفات التي تتعلق بالمعايير الصحية للحفاظ على الصحة العامة. ودعت إلى مشاركة القطاع الخاص ومحاولة استعادة كلفة المرافق والتشغيل والصيانة وبذل الجهود لتشجيع وتعزيز البحث المائي المحلي الذي يهدف إلى تحسين إدارة المياه وتعزيز فهم اقتصاديات الموارد ومواكبة التطورات العلمية والتكنولوجية. وقد انبثق عن هذه الاستراتيجية مجموعة من السياسات المائية التالية:

* سياسة مرافق المياه (وزارة المياه والري 1997) والتي تركز على التخطيط لهذا المورد المحدود

واستعماله بطريقة منصفة مع الأخذ بالاعتبار أولوية الاستعمال المنزلي المعقول والتطور الاجتماعي والاقتصادي المنجز وغيرها من الاستعمالات كالزراعة والصناعة والسياحة.

* سياسة مياه الري (وزارة المياه والري 1998) التي تتناول قطاع شؤون المياه من حيث تطوير مواردها لاستخدامها في الزراعة وإدارة هذه الموارد وضرورة نقل التكنولوجيا وقضايا نوعية المياه والكفاءة واسترداد الكلفة، كما أن سياسة مياه الري تنسجم مع استراتيجية المياه وتتطابق مع أهدافها بعيدة المدى.
* سياسة إدارة المياه الجوفية (وزارة المياه والري 1998) والتي تهدف إلى إدارة الموارد المائية الجوفية بهدف تطويرها وحمايتها وإدارتها واتخاذ الإجراءات اللازمة لتقليص معدلات الاستخراج السنوية من مختلف الخزانات الجوفية المتجددة لتصل إلى طاقتها التوازنية.
* سياسة إدارة مياه الصرف الصحي (وزارة المياه والري 1998) والتي أكدت على اعتبار مياه الصرف الصحي المعالجة مصدرا مائيا لإعادة استعماله لأغراض الري. كما ركزت على توفير مرافق الصرف الصحي لجميع المدن الكبرى والصغرى في المملكة وكذلك التركيز على حماية البيئة والصحة العامة وتحسين الظروف الاجتماعية والاقتصادية في المناطق التي يراد خدمتها بأنظمة الصرف الصحي.

وقد ركزت هذه السياسات على الاعتماد المطلق على المصادر المائية حيثما كان ذلك ممكنا لغايات مياه الشرب لتزويد التجمعات السكانية أولا" والمشاريع الصناعية ثانيا" وللزراعات المروية ثالثا" بالمياه.

أما بالنسبة إلى النصوص القانونية التي تعالج مسائل الانتفاع بالمياه ومختلف الأنشطة المتعلقة بها فيمكن إيجادها في عدد من القوانين والأنظمة أهمها قانون سلطة المياه رقم (18) لسنة 1988 ومن المسائل التي تضمنها في هذا المجال مثل توجيه إنشاء الآبار العامة والخاصة وتنظيمها وترخيص حفر الآبار والحفارات والحفارين وتنظيم استعمال المياه ومنع التبذير فيها وترشيد استهلاكها وعدم جواز استعمال أو استغلال المياه من أي مصدر من المصادر التي لا تقع تحت إدارة أو مسؤولية السلطة فيما يزيد على الحاجات الشخصية والعائلية أو الاستعمالات الخاصة المتعارف عليها أو بما يتجاوز الحقوق المقدرة في المياه بموجب القوانين والأنظمة المعمول بها وملكية العامة لكافة مصادر المياه والموارد المائية الموجودة داخل حدود الأردن سواء السطحية أم الجوفية وكذلك الحال بالنسبة للمياه الإقليمية والنص على تحريم بعض الممارسات والأفعال والمعاقبة عليها مثل تلويث مصدر مائي يقع تحت طائلة مسؤولية السلطة أو حفر بئر جوفي دون ترخيص. ونظام مراقبة المياه الجوفية رقم 926 لسنة 1977م الصادر استنادا " للمادة (68) من قانون تنظيم شؤون المياه يعالج آلية الحفاظ على المصادر المائية ومراقبتها وعدم الإساءة في الانتفاع بها، حيث يعالج المسائل المتعلقة بحفر الآبار المائية والكميات المسموح باستخدامها من المياه الجوفية، وينظم هذه الرخصة من خلال الحصول على تراخيص لهذه الغاية والمسافات التي يجب توافرها بين الآبار في الحوض الواحد وتركيب عدادات على هذه الآبار لمراقبة كميات المياه المستخرجة نظام مراقبة المياه الجوفية رقم 85 لسنة 2002 والذي ركز على الآبار الخاصة وذلك لتحديد الإجراءات التنظيمية لضمان الاستخراج الآمن من الأحواض المائية، والمادة 38 من هذا النظام التي تشدد على مراعاة شروط رخصة استخراج المياه و

الكميات المحددة فيها والمسموح باستخراجها ووضع تسعيره تصاعدية للكميات التي تتجاوز المسموح به. وتقوم سلطة المياه بالتنسيق مع وزارة المياه بإعداد مسودة نظام حماية مصادر المياه الجوفية وذلك من خلال اللجنة العليا لحماية مصادر المياه ممثلة من جميع الوزارات ذات العلاقة والجامعات الأردنية واتحاد المزارعين الأردنيين الذي يهدف إلى حماية مصادر المياه (آبار وينابيع) من خلال نطاقات الحماية والنشاطات المسموح بها في كل نطاق حماية. وقانون حماية البيئة المؤقت رقم 1 لسنة 2002 والذي يتضمن عدداً من المواد بحماية عناصر البيئة وما تشتمل عليه، ومنع تلويثها وتدهورها أو الإقلال من حدته وذلك من خلال وزارة البيئة التي تم استحداثها حيث تهدف الوزارة إلى حماية البيئة وتحسين عناصرها المختلفة وتنفيذ ذلك بالتعاون مع الجهات المختصة وذلك من خلال وضع السياسة العامة لحماية البيئة وإعداد الاستراتيجية الوطنية اللازمة لذلك وتطويرها ووضع الخطط والبرامج لتنفيذها.

اتسمت السياسات المائية التي تبنتها وزارة المياه والري من خلال استراتيجية المياه الوطنية بنوع من الواقعية نظرا لمحدودية الموارد بكافة أنواعها والتي جاءت منسجمة مع الأهداف الرئيسية التي تبنتها هذه الوزارة. ولتحقيق تلك الأهداف انتهجت الوزارة العديد من الوسائل والأساليب التي أدت إلى التحسين في مجالات عديدة وساهمت مساهمة فاعلة في توفير الموارد المائية الجوفية من خلال البرامج والخطط لمجابهة الاستخدام الجائر للمياه الجوفية في الزراعة والاستمرار في تطبيق حظر منح آبار جديدة للأغراض الزراعية وإعداد نظام جديد معدل لنظام مراقبة المياه الجوفية لعام 1977 وتعديل قانون سلطة المياه لمعالجة الثغرات ومواجهة الاحتياجات المتنامية لمرافق المياه. ومن أهم التعديلات توفير الصلاحيات لإزالة الاعتداءات على المياه ومصادر المياه (مثل الآبار) بالطرق الإدارية بالإضافة إلى إحالة المعتدين للقضاء وإعطاء صلاحية الضابطة العدلية لموظفي المياه المختصين بما في ذلك حجز وسائل الاعتداء على المياه مثل الحفارات على ذمة القضايا الجزائية وعلى نفقة المخالفين. وتحقيقاً للغاية التي تسعى إليها الوزارة للمحافظة على مصادر المياه، فقد تم إنشاء وحدة أمن وحماية المياه.

وكذلك التشجيع على إقامة الروابط المؤسسية القائمة بين أجهزة البحث والإرشاد وجمعيات مستخدمي المياه من أجل ترشيد استخدام المياه في الزراعة وحث المزارعين بعمل لجان مشتركة لمتابعة المشاريع الممولة من الدول الصديقة والتي تهدف إلى:

* التطبيق العملي لمفهوم الإدارة المتكاملة لمدخلات الزراعة من خلال الاستخدام الامثل لتلك المدخلات من الناحية البيئية.
* استخدام الأساليب التكنولوجية الحديثة.
* تطبيق نظام الدورة الزراعية و إيجاد زراعات مجدية اقتصاديا.
* استخدام المياه غير التقليدية في الري (مياه المسوس ومياه الصرف الصحي المعالجة).

ومشروع تعزيز إدارة المياه والري في وزارة المياه الجوفية والممول من الوكالة الأمريكية للإنماء الدولي الذي يهدف إلى الدعم الفني والمؤسسي لوزارة المياه والري لتطوير نظام مراقبة المياه الجوفية وعمل قاعدة بيانات معلوماتية مناسبة للآبار الخاصة بما فيها المساحة المروية ونوع المحصول وطريقة الري

والاحتياجات المائية، بالإضافة لذلك تقوية آلية مشاركة مستخدمي المياه في إدارة المياه الجوفية ونشر التوعية وتقديم النصح للمزارعين والإرشاد بالطرق الحديثة للري ونوع المحاصيل وذلك لترشيد استخدام المياه الجوفية.

2-3-2 دولة الإمارات العربية المتحدة:

بخصوص الخطط والبرامج في دولة الإمارات العربية لتنمية المياه الجوفية ولطبيعة المتغيرات وطبيعة العمل الزراعي والتقلبات السلبية التي تحدث للأراضي الزراعية ومدخلات الإنتاج، برزت أهمية البرامج والخطط والبحث العلمي كأسلوب علمي لحل المعوقات واستدامة استخدام المياه الجوفية ووضع الحلول التطبيقية، إضافة إلى نقل التقنيات الحديثة، التي تناسب طبيعة دولة الإمارات. لذا حرص قطاع شؤون المياه والتربة في وزارة الزراعة والثروة السمكية على وضع الخطط والبرامج التي من شأنها ان تساهم في تحقيق التنمية المستدامة لموارد المياه.

وتتمثل الدراسة الفنية في:

* رصد عناصر المناخ والتربة للأغراض الزراعية في (43) محطة أرصاد منتشرة في المناطق الزراعية وتوثيق بيانات الأرصاد في تقارير دورية وسنوية.

* الدراسات المائية والمسوحات الجيوفيزيائية واستكشاف أحواض الأودية.

* رصد مناسيب المياه الجوفية في (111) بئر مراقبة ورصد المياه السطحية في(20) محطة رصد قائمة بالأودية وتوثيق تلك البيانات في سجلات لإصدار تقارير دورية عن أوضاع المياه ومتابعة تحركاتها .

* وبرامج إنشاء وصيانة السدود والمنشآت المائية تتمثل في:

- إعداد الدراسات المائية والمسوحات الطبوغرافية والدراسات الفنية لإنشاء السدود.

- مراقبة السدود والمنشآت المائية برصد البيانات الهندسية والمائية لـ (21) سد وحاجز وحساب كمية المياه التي تحتجزها.

- صيانة السدود والمنشآت المائية.

- تصميم وتطبيق أنظمة الري الحديث ودعم مستلزمات الري الحديث بـ 50% من قبل الجهات المختصة مع توفير التصميم ومخططات شبكات الري والإشراف الفني على تنفيذ تلك الشبكات.

2-3-3 الجمهورية التونسية:

يعتمد البرنامج الوطني للاقتصاد في تونس بخصوص مياه الري على عدة إجراءات متكاملة ذات طابع فني ومؤسساتي واقتصادي ومن هذه الإجراءات تحسين كفاءة شبكات الري الجماعية للحد من فواقد المياه خلال نقلها وتوزيعها وذلك من خلال برامج سنوية لصيانة وتعهد المناطق المروية باعتماد مشاريع تطوير وتحديث لمنظومات الري القديمة. وتحسين كفاءة شبكات الري الخاصة ونسبة التكثيف الزراعي المثمنة

للمياه. وانتهاج سياسة سعرية ملائمة لتأكيد القيمة الاقتصادية للمياه ولتحسين نسبة تغطية تكاليف استغلال وصيانة شبكات الري، ورفع كفاءة العاملين بقطاع الري وإرشاد المزارعين حول التقنيات المقننة لمياه الري.

2-3-4 الجمهورية الجزائرية الديموقراطية الشعبية:

يعتبر الماء العنصر الأساسي للتنمية في الجزائر لذا فان التوجه لدى الجهات ذات العلاقة بقطاع المياه هو القيام بحملات توعية دائمة حول ترشيد استعمال الماء في كل المستويات، و بشتى الطرق الإعلامية. وهنالك رقابة صارمة للمياه المستعملة كما و نوعا بهدف إعطاء الديناميكية اللازمة لهذا النشاط. والعمل على إعادة تنشيط الشرطة المائية المكلفة ميدانيا برقابة كل ما يدور حول العنصر المائي على كل المستويات. كما وتعمل الجهات ذات العلاقة بقطاع المياه على تخفيض نسبة الفاقد من شبكات التوزيع من معدل 45% إلى 20% بهدف توفير حوالي 400 مليون م3 في السنة أي ما يعادل 30% من الكميات المستهلكة حاليا.

ونظراً لما يعانيه القطر الجزائري من صعوبات في قطاع المياه وبناءً على الاستنتاجات من استشراف المستقبل لعام 2010 فقد خلص المسئولون على انه لابد من تطبيق سياسات جديدة وصارمة في مجال حفظ وإدارة الموارد المائية في هذا القطر والبرامج الجارية حالياً تتماشى مع السياسة الجديدة للماء المنبثقة عن ما يسمي بجلسات المياه لتحديد تسعيرة مياه الري آخذة بعين الاعتبار التكلفة الحقيقية للمتر المكعب من المياه. ونظرا لأهمية العنصر المائي في الحياة الاجتماعية و الاقتصادية للمزارعين، ينص مخطط المياه على تحديد تسعيرة تصاعدية وعادلة، ناتجة عن تشاور واسع لكل المعنيين تتسم بالوضوح والموضوعية. والتركيز على تثمين الماء عن طريق التحكم في الكميات الواجب استعمالها حسب فترات النمو للمزروع واختيار الأصناف المقننة للمياه لكونها تستهلك أقل ولها إنتاجية مرتفعة نسبيا وذات قيمة استراتيجية،و التحكم في عملية الري، والقيام ببرامج التوعية المائية على نطاق واسع وإقامة لجان متعددة الاختصاصات تقوم بالمشاورة في كل القضايا المتعلقة بالماء والعمل على لامركزية القرار في شؤون المياه وإعادة تأهيل شبكات الري القديمة والتقليل من الفاقد المائي الذي يفوق 45% حاليا والتحكم في عملية تحلية المياه المالحة لتغطية نسبة من مياه الشرب والبحث عن مصادر جديدة للمياه السطحية والجوفية والعمل على التحولات الكبرى للمياه من المناطق الغنية بالثروات المائية إلى المناطق التي تعرف ضغطا متزايدا من جراء نقص الموارد المائية فيها. وبخصوص البرامج والخطط لمجابهة الاستخدام الجائر للمياه الجوفية في الزراعة فقد تم تشكيل لجنة ما بين الوزارات لمتابعة إدارة الموارد المائية، كما وتقوم الجهات ذات العلاقة بالاشتراك مع المسؤولين والمرشدين على مستوى الولاية والبلدية بتطبيق الخطط المعدة من طرف اللجنة حسب حدة نقص المياه بصفة عامة والمياه الجوفية بصفة خاصة بتحديد الكميات المستعملة والمزروعات الممكن ريها حسب أهميتها الإستراتيجية، وفي هذا الصدد تعطى الأولوية إلى مياه الشرب والقطاع الصناعي أولا ثم النشاطات الزراعية الأخرى مثل الاستهلاك الحيواني والري.

2-3-5 المملكة العربية السعودية:

إن عامل ندرة المياه وأهمية المحافظة عليها وحاجة البلاد للأمن الغذائي في المملكة العربية السعودية أمران لابد أن يكون التوازن متكافئاً بينهما. فالمياه يجب أن تستخدم لجميع الأغراض (المنزلية، الصناعية، الزراعية)بعقلانية وأن يكون الترشيد عاملاً أساسياً فيها لتكون متاحة للجميع في الحاضر والمستقبل.

ولتحقيق هذا التوازن فإن توجه السياسة الزراعية الحالي في المملكة يسير نحو الإبقاء على مستويات معينة من الاكتفاء الذاتي في بعض المحاصيل الزراعية الأساسية الهامة والاستمرار في تنويع قاعدة المحاصيل الزراعية بالتركيز على المحاصيل ذات الاحتياجات القليلة من المياه مع التوسع في إتباع طرق الري الحديثة التي تعتمد على الاقتصاد في استخدام المياه وتعميمها في جميع الحيازات الزراعية كطرق الري بالتنقيط والفوارات والقنوات المبطنة وأجهزة الري ذات الكفاءة العالية حتى يتم خفض استهلاك المياه للأغراض الزراعية إلى كميات أقل من مستوياتها الحالية وبما يتناسب مع محدودية مصادر المياه .انطلاقاً من ذلك فقد أولت الجهات المختصة الأهمية اللازمة من خلال تنفيذ برامج بحثية تقنية في كافة الأحواض المائية لتحديد المعايير الفنية والاقتصادية لتقنيات الري وتأثيرها على توفر المياه والعائدية الاقتصادية لوحدة المياه. رافقها برنامج توعية مائية وإرشاد المزارعين. إضافة إلى إعداد المهندسين وتقديم خدمات التصميم والتركيب والصيانة للمزارعين.

غير أن النتائج المحققة كانت دون المستوى المطلوب حيث تبين ما يلي:

- ازدياد المساحة المروية بطرق الري الحديثة،الأكثر ترشيداً لموارد المياه والطاقة بشكل بطيء ودون النسب المخطط لها وفق البرنامج الوطني للتحول، ولكنها لم تتجاوز 20447 ألف هكتار (بالنسبة لتقنيتي الري الموضعي والري بالرذاذ) حتى نهاية عام 2002 لتشكل نسبة 15.1% من المساحة الإجمالية المروية و 24% من المساحة المروية من المياه الجوفية لكون معظم المساحة التي تستخدم تقنيات الري الحديثة تقوم على مصادر المياه الجوفية منها:

  5012 ألف هكتار تروي بالتنقيط.

  15438 ألف هكتار تروي بالرش.

- عدد الآبار التي تم تسوية وضعها بعد صدور القرارات وحتى تاريخ صدور قرار إيقاف الترخيص 13062 بئراً.

- والوصول إلى الترشيد الامثل لاستخدام الموارد المائية عبر المباديء الأساسية التالية التي تم تضمينها في التشريع الجديد وهي:

- رفع كفاءة الاستخدام الكلي لمياه الري على المستوى الوطني هي المهمة الأساسية في مجال إعادة تأهيل قطاع المياه والري. ويعني زيادة الربحية الإجمالية للقطاع الزراعي وتخفيف خسائره الاقتصادية على الصعيد الوطني من خلال زيادة ربحية الإنتاج الزراعي والاستخدام الامثل للموارد.

- تشكيل جمعيات مستخدمي المياه والإدارة التشاركية المتكاملة للموارد المائية وإعطائها الدور الفعال والمميز لهذه الآلية في رفع مردود وربحية استخدام الموارد الطبيعية والبشرية.

- تحسين نظم التشغيل والاستثمار والصيانة في ظروف عمل مثلى.

- تنمية الإنتاج الزراعي وتحسين استثمار الأراضي وربحيتها.

- استصحاب الإرشاد الزراعي والاستفادة من نتائج البحث العلمي على نطاق واسع.

- تعميق الروابط التعاونية على أساس اقتصادي – اجتماعي علمي بين المنتجين ومقدمي خدمات ومستلزمات الإنتاج.

وتم إعداد دراسة عن الخطة المستقبلية للزراعة في المملكة والتي تهدف إلى تحديد استراتيجيات عامة واضحة وأهداف شاملة وسياسات محددة للتنمية الزراعية بما في ذلك التركيز على تنويع القاعدة الإنتاجية للمحاصيل الزراعية والإنتاج الحيواني بما يتفق والإمكانيات المائية والاحتياجات الغذائية المرتبطة بالزيادة السكانية في المملكة، مع الأخذ في الاعتبار أهمية التركيب المحصولي للمنتجات الزراعية والمقننات المائية لكل محصول، والتركيز على ترشيد استخدام المياه بهدف المحافظة عليها واستخدامها الاستخدام الامثل بما يضمن تحقيق التنمية الزراعية المستدامة الآخذة في الاعتبار جوانب المحافظة على البيئة. ويسعى المعنيين بقطاع المياه إلى توفير قاعدة من المعلومات والبيانات المتصلة بالمياه والري والصرف، وربطها بشبكة الحاسب الآلي بحيث تتوفر للمزارع الحديثة المعارف اللازمة، بل وتحديد الاحتياجات المائية لمحاصيلهم حسب بيانات المناخ والتربة والمحصول والموقع و تقديم الاستشارات اللازمة للجهات المحتاجة من قطاعات إنتاجية رسمية وغير رسمية لرسم الخطط ووضع الاستراتيجيات المناسبة لخفض استهلاك المياه خاصة الجهات ذات الاستهلاك العالي ووضع دراسة لاستغلال مياه الصرف الصحي في المجمعات السكنية الضخمة أو المدن الصناعية لري المسطحات الخضراء والتجميلة في هذه المواقع. أما بخصوص البرامج الجارية والمستقبلية لتعزيز وترشيد استخدام المياه الجوفية في الزراعة فسيتم إعداد الخطة الوطنية للمياه والتي على ضوء نتائجها سيتم اقتراح الأنظمة واللوائح التي تنظم وتحكم مختلف مصادر العرض والطلب على المياه.

6-3-2 الجمهورية العربية السورية:

يتعلق الاستثمار الامثل للموارد المائية في القطر السوري للأغراض المختلفة بالعامل البشري أولا ومستوى التقنيات المستخدمة ودرجة أدائها ثانياً . ويؤثر على كميات الموارد المتاحة كل من تقديرات الهاطل المطري والتغير المناخي الحاصل وتطور الخطط الزراعية لتلبية متطلبات الغذاء للمجتمع السوري وزيادة الطلب على الموارد المائية لأغراض الشرب والصناعة. يمكن زيادة إنتاجية وحدة المساحة وتوفير المياه المقدمة للأغراض الزراعية إيجابا على الوضع المائي في انخفاض الطلب على الموارد المائية وتناقص كميات الصرف الزراعي المتركز في مناطق مشاريع الري الحكومية والري الواسع باستخدام طرق الري التقليدية والمقدرة بنسبة 15% من كميات المياه المخصصة للري الزراعي التي تعود إلى مجاري المياه السطحية أو تذهب لتغذية مخزون المياه الجوفية. وبالتالي انتقال الملوثات إلى البيئة الطبيعية.

وتنص مواد التشريع المائي السوري المقترح حديثا على بنود أساسية ترتكز على معايير الإدارة المتكاملة للموارد المائية على مستوى الحوض الهيدروغرافي وعلى المستوى الوطني. ومن هذه التشريعات إجراءات قانونية وجزائية وذلك بهدف الوصول إلى نص قانوني متكامل يتناسب والأهمية الاستراتيجية للموارد المائية ومبدأ استدامتها والمحافظة عليها من الاستنزاف والتلوث.

وتعاني الجمهورية العربية السورية عموماً من استنزاف في مواردها المائية بالرغم من أن الكفاءة التصميمية الإجمالية المعتمدة لشبكات الري هي 50-60% وعلى المياه الجوفية بحدود 70% إلا أنها تتجاوز على ارض الواقع 35-45% فقط. أمام هذا الأمر أقرت الجهات المختصةهدفاً استراتيجياً لها للوصول إلى

كفاءة إجمالية للمنظومات ومشاريع الري لا تقل عن 75% للتحول إلى تقنيات بطرق أكثر توفراً للمياه والطاقة مع ما يتطلب ذلك من ضروريات وضع آليات قانونية وتشريعية ومؤسسية وإجرائية للنهوض ببرنامج وطني متكامل. وقد تم التأكيد على ضرورة الالتزام بالاولويات التالية:

- تطوير المساحات المروية من المياه الجوفية بواسطة الآبار.
- تطوير المساحات المروية بالضخ أو الراحة من الأنهار والينابيع.
- إعادة تأهيل المساحات المروية على زمام مشاريع الري الحكومية وتطويرها.

ومن المقرر أن تبلغ المساحة الإجمالية المروية المقدرة والمشمولة بالتطوير حوالي 915 ألف هكتار موزعة على تقنيات وطرق الري الحديثة المختلفة وفق النسب التالية: تنقيط 32.8% رذاذ 37.0% تسوية بمساعدة الليزر وإعادة تأهيل 29.2%. ومع الوصول بكفاءة الري الإجمالية في الري السطحي التقليدي إلى المعايير العالمية والوصول إلى كفاءة ري إجمالية على المستوى الوطني بما نسبته حوالي 72-78%.

7-3-2 سلطنة عمان:

تعتمد سلطنة عمان اعتمادا شبه كلي على المياه الجوفية التي يتم استغلالها عن طريق الافلاج (الينابيع) والآبار، وتشكل الأمطار المصدر الرئيسي لتغذية تلك الموارد ونتيجة للزيادة المضطردة في عدد السكان وإدخال التكنولوجيا الحديثة في حفر الآبار اختل التوازن المائي وظهرت فجوة كبيرة بين حجم العرض والطلب على الموارد المائية. وباستقراء طبيعة الوضع المائي بالسلطنة يتبين أن جميع مناطقها تعاني من نقص في مواردها المائية ويظهر ذلك جلياً من انخفاض مناسيب المياه الجوفية وجفاف العديد من الآبار والافلاج وتداخل مياه البحر في مكامن المياه الجوفية الساحلية.

تشير الدراسات التي قامت بها وزارة البلديات الإقليمية والبيئة وموارد المياه إلى أن العجز المائي السنوي يفوق 300 مليون $م^3$ في محافظات ومناطق السلطنة المختلفة، وهذا يعتبر نتيجة مباشرة للزيادة في معدلات ضخ المياه الجوفية خلال العقدين الماضيين مع انتشار الآبار العميقة والمضخات الحديثة والتوسع في الرقعة الزراعية والزيادة السكانية وتزايد الاحتياجات المائية لمختلف القطاعات بالإضافة إلى تغيير النمط المحصولي من محاصيل موسمية إلى أشجار دائمة وحشائش (محاصيل أعلاف) مما أدى إلى زيادة مضطردة في الاحتياجات المائية الزراعية، وقد اهتمت حكومة السلطنة بالمياه منذ وقت مبكر، حيث تم إستحداث وزارة تختص بمستقبلية تقييم وتنمية موارد المياه وتنظيم حماية مصادرها وهي وزارة البلديات الإقليمية والبيئة وموارد المياه، وقد تصدت هذه الوزارة لحل مشاكل المياه والتي تتلخص في محدودية الموارد المائية المتاحة من ناحية والطلب المتزايد على المياه من مختلف القطاعات من ناحية أخرى. وهناك نقص حاد في دعم الدراسات والأبحاث والتي يمكن اعتبارها القاعدة الأساسية لإعطاء المعلومة الصحيحة وطريقة تنفيذها. لذا فان إنشاء قاعدة من المعلومات والبيانات المتصلة بالمياه والري والصرف، وربطها بشبكة الحاسب الآلي، بحيث تتوفر للمعنيين بالزراعة الحديثة المعلومات الكافية عن تحديد الاحتياجات المائية لمحاصيلهم حسب بيانات المناخ والتربة والمحصول وتقديم الاستشارات اللازمة للجهات المحتاجة من قطاعات إنتاجية رسمية وغير رسمية لرسم الخطط ووضع الاستراتيجيات المناسبة لخفض استهلاك المياه

خاصة تلك الجهات ذات الاستهلاك العالي وكذلك تخصيص استغلال المياه المالحة لشركات الإنتاج الكبيرة، وضع دراسة لاستغلال مياه الصرف الصحي في المجمعات السكنية الضخمة أو المدن الصناعية لري المسطحات الخضراء والتجميلة في هذه المواقع من اجل الاستغلال الامثل لهذا المورد.

وحرصا من الحكومة في المحافظة على الموارد المائية الجوفية فقد شرعت في تنفيذ العديد من البرامج والخطط كان أولها سن عدد من التشريعات المنظمة لاستخدام هذه الموارد، وقد ارتبط سن هذه التشريعات ببناء قاعدة معلوماتية توفر البيانات اللازمة للمشرع حيث جرى خلال السنوات المنصرفة تنفيذ مشروعين كبيرين لإنشاء قاعدة بيانات كاملة لكل الآبار والافلاج الموجودة، أولهما المشروع الوطني لحصر الآبار الذي بدأ في عام 1992م بعملية تسجيل حوالي16700بئراً أعقبها تفتيش ميداني وفر بيانات شاملة حول مستويات ونوعيات المياه وأنواع المضخات واستخدامات المياه والمناطق المروية وقد بلغ إجمالي عدد الآبار العاملة التي تم مسحها 127000 بئراً. لقد كان من المهم وضع استراتيجية وصياغة قوانين وسياسات تساعد في حماية وصيانة المياه الجوفية والى تنميتها. هذا وقد صدرت العديد من التشريعات المنظمة لاستخدام هذه الموارد حيث توج المرسوم السلطاني رقم 2000/29 م التشريعات المائية وأعطاها دفعة كبيرة حين اعتبر الماء ثروة وطنية وأعطى القانون لوزير موارد المياه وضع الضوابط المنظمة والكفيلة باستغلال هذا المورد الطبيعي بالطرق المثلى وبما يخدم خطط التنمية. وتنفيذا لهذا المرسوم جاء القرار الوزاري رقم 2000/264 م بإصدار لائحة تنظيم الآبار والأفلاج، حيث نظمت في هذا القرار عمليات حفر الآبار وتعميقها ومنع القرار أي حفر لآبار جديدة في مناطق العجز المائي أو بالقرب من احرامات الأفلاج ماعدا لأغراض الشرب والمرافق العامة وشدد القرار بالغرامات والسجن في حالة مخالفة ذلك، كذلك شمل القرار تنظيم عمليات الصيانة للأفلاج والمقاولين العاملين في هذا المجال.

وتعد حاليا وزارة الزراعة والثروة السمكية قانون الزراعة والذي سيصدر قريبا وبهذا القانون سوف تكتمل منظومة القوانين والتشريعات المائية حيث يحتوى القانون على فصل خاص بمياه الري وتنظيم استخدامها بما يحقق الاستخدام الامثل لكل قطرة ماء، وتشدد اللائحة المنفذة للقانون على ضرورة استخدام مياه الري بكفاءة عالية وعلى إتباع الأساليب الحديثة في الري وعلى زراعة المحاصيل المجدية اقتصاديا، والى ضرورة الري في الأوقات المناسبة وحسب الاحتياجات المائية. وتعتبر الزراعة المستخدم الرئيسي للمياه وفي حالة صدور هذا القانون وتطبيقة فسيكون هناك أثر واضح في الحفاظ على المياه الجوفية وحمايتها. أما البرامج الجارية والمستقبلية لتعزيز وترشيد استخدام المياه الجوفية في الزراعة فتتمثل بالتالي:

أ- إدارة وتنمية مصادر المياه بما يعززها ويزيد المعروض منها وذلك عن طريق:

- بناء سدود التغذية الجوفية والتخزينية والمنشآت المائية في مختلف المناطق ذات الجدوى الفنية والاقتصادية.
- إقامة المشاريع وإعداد السياسات والإستراتيجيات اللازمة لتنمية المخزونات الجوفية.
- دراسة جدوى استخدام موارد المياه غير التقليدية كالمياه المصاحبة لإنتاج النفط والمياه المعالجة.

ب- إدارة الطلب على الموارد المائية بما يزيد من كفاءة الاستخدامات المائية ويقلل فواقدها ويعظم

فوائدها وذلك عن طريق:

- تقدير الإستخراجات والاحتياجات الفعلية للمياه في الأحواض المائية لمختلف مناطق ومحافظات السلطنة.
- التحديث الدوري للميزان المائي لكل حوض وتقييم الوضع المائي به بصفة دورية من حيث الموارد والاستخدامات والفواقد .
- تطوير وصيانة الأفلاج لتقليل الفواقد المائية وتعظيم العائد الاقتصادي من المياه.
- إعداد التشريعات المائية المطلوبة للحد من استنزاف المخزون الجوفي.
- حماية حقول آبار إمدادات المياه في المدن والقرى الرئيسية وحماية المخزونات الجوفية المكتشفة حديثاً من الاستنزاف والتلوث.
- تنفيذ الدراسات الخاصة برفع كفاءة استخدام المياه في الأفلاج.

8-3-2 دولة قطر:

وفي دولة قطر وبخصوص تطوير التشريعات لحماية الموارد المائية الجوفية حيث تقدمت إدارة البحوث الزراعية والمائية بالعديد من الاقتراحات الخاصة بإصدار قوانين وقرارات المياه الجوفية وإنشاء اللجان والمتعلقة بالأمور التالية:

* قانون تنظيم حفر آبار المياه الجوفية.
* قرار وزاري رقم (60) لسنة 1996 بشأن تحديد المناطق الخاصة بمنح تراخيص حفر آبار.
* إنشاء اللجنة الدائمة للمزارع والآبار وتنظيم شؤون المزارعين.
* إنشاء اللجنة الدائمة للموارد المائية.
* كفاءة التنفيذ لحماية الموارد المائية.
* كفاءة تنفيذ قوانين المياه الجوفية.

يلاحظ انه من الصعوبة بمكان تطبيق كافة القوانين المتعلقة بقطاع المياه بشكل كامل وبالنسبة لكل الاستخدامات في جميع أنحاء القطر خلال فترة قصيرة بل أن ذلك يتطلب وضع خطة مرحلية وإعطاء مهلة للمستخدمين ومساعدتهم على تنفيذ بعض أحكام القانون على ان يسبق ذلك حملة إعلامية مكثفة عن ترشيد استهلاك المياه وحسن استغلالها. هذا وبالرغم من أنه لم يتم بعد تطبيق كل أحكام قوانين المياه إلا أن الأمور تسير في الاتجاه الصحيح نحو التطبيق الشامل من أجل الاستخدام الأفضل للموارد المائية. وقد ألزمت قوانين المياه والبيئة الجهات المعنية بتنفيذ القرارات ومنحت الموظفين المكلفين صفة مأموري الضبط القضائي في إثبات ما يقع من مخالفات لأحكام هذه القوانين والقرارات المنفذة لها وخولت لهم حق دخول الأماكن (مزارع

– منشآت – مصالح ...) وتحرير المحاضر. وفي حالة ضبط مخالفة لأحكام هذا القانون، يبلغ مركز الشرطة المختص ويحرر مدير مركز الشرطة إلى من يكلفه بذلك بالاشتراك مع الموظف المختص المخالفة وإحالتها إلى المحكمة الجزائية.

2-3-9 الجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية العظمى:

حرصت الجماهيرية على اقتحام عالم التقنية الحديثة والمتقدمة لكافة العلوم بهدف النهوض بالأبحاث والدراسات النظرية والتطبيقية في المجالات العلمية التي تقع في مجال إدارة الموارد المائية. كما يهدف إلى وضع سياسات البحث العلمي في مجال التخصص ووضع البرامج البحثية والإشراف على تنفيذها في ضوء السياسة العامة والخطة العلمية من قبل الجهات ذات الاختصاص وبناء قاعدة عملية متخصصة في تطبيقات الاستشعار عن بعد في مجال الموارد المائية. ومن الإجراءات المتخذة في الجماهيرية الليبية لتحسين كفاءة الري من أجل السحب الآمن للمياه الجوفية، والتي فرضتها ظروف طبيعة الموارد المتاحة من تربة ومياه حيث تتميز الترب الزراعية في الجماهيرية غالبا بنفاذيتها العالية للمياه وكذلك عدم إمكانية توفير مياه بكميات كبيرة في زمن قصير يسمح باستخدام نظم الري السطحية. وساعد توفير معدات ومستلزمات نظم الري الحديثة بأسعار معقولة في انتشارها في كافة المناطق الزراعية، كما تم إعداد دليل للاحتياجات المائية واحتياجات الري يغطي أغلب المحاصيل الزراعية والأشجار لكل المناطق الزراعية وجاري العمل حاليا على إجراء بعض التعديلات على هذا الدليل. والهدف الأساسي للدليل هو المساعدة في التخطيط الزراعي وإدارة الموارد المائية في المجال الزراعي. وقد أجريت العديد من الدراسات عن طريق لجان فنية متخصصة مثل تقييم نظم الري التقليدية المتبعة في منطقة الشريط الساحلي بهدف حصر المساحات والمواقع التي سيتم بها استحداث طرق الري الكفيلة بتوفير المياه وكمية المياه الممكن توفرها عند تطبيق المقترح. ينص المقترح على الحد من التوسع في الزراعات المروية بمنطقة الشريط الساحلي. وهنالك دراسة لوضع تصور للإجراءات العلمية والعملية لتحديد المخصصات المائية بمنطقة سهل الجفارة بما يخدم المجال الزراعي واستمراريته من جهة والمحافظة على المياه الجوفية باعتبارها المورد المائي الوحيد لأطول فترة زمنية ممكنة من جهة أخرى.

ومن أهم البرامج الحالية التي تهدف إلى المساعدة في خلق قاعدة استراتيجية يتم إنطلاق منها لتفعيل برامج تعزيز وترشيد استخدام المياه الجوفية في الزراعة تتمثل في مشروع دراسة وحصر المساحات المروية ومشروع تقييم أنظمة الري المستعملة في الجماهيرية، ومشروع استخدام منظومة المعلومات الجغرافية في إدارة مياه الري ومشروع دراسة العلاقة بين استهلاك المياه المستخرجة من الآبار ووحدات الكهرباء المستهلكة، ومشروع إنشاء مزرعة تجريبية لتجارب وبحوث الري والصرف. وأغلب هذه المشاريع مقترحة منذ فترة إلا أن عدم توفر الظروف الملائمة لتنفيذها جعلها تتأخر حتى الآن . وهنالك أيضا مشروع تقييم نظم الري الذي يهدف إلى تقييم أنظمة الري المستخدمة في الجماهيرية والوقوف على ميزاتها وعيوبها ومدى ملاءمتها للظروف المحلية للاستفادة منها مستقبلا في اختيار أنظمة ومعدات ري أكثر ملاءمة. ومشروع استخدام منظومة المعلومات الجغرافية في إدارة مياه الري الذي يهدف إلى حصر وتجميع كل البيانات المتعلقة بالمشاريع الزراعية المروية من خلال إنشاء قاعدة بيانات لتكوين بنك معلومات الري

والصرف وربطه ببنوك المعلومات المتعلقة بالمياه والتربة والمناخ ومن ثم استخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية GIS لإنتاج المرشد في إدارة مياه الري (دليل الري). ومن مكونات مشروع دراسة العلاقة بين استهلاك المياه من الآبار وكميات الكهرباء المستهلكة ويهدف المشروع أساسا لإيجاد علاقة تربط بين كميات المياه التي يتم ضخها من الآبار مع كميات الكهرباء المستهلكة تحت مختلف الظروف الفنية بهدف الحصول على تقديرات لكميات المياه المستخرجة والمستهلكة في المجال الزراعي والاستغناء عن تركيب عدادات المياه وتعويضه بمعرفة كميات الكهرباء المستهلكة. و مشروع إنشاء مزرعة لتجارب وبحوث الري والصرف يهدف إلى اختيار عدة أنظمة للري الحديث مثل الري بالرش والري الموضعي الذي يشمل الري تحت السطحي والري بالتنقيط وغيره من نظم الري الموضعية، وأيضا اختيار عدة أنظمة للصرف كالصرف المغطى والصرف المفتوح بحيث يتم إخضاع هذه النماذج المختلفة للتجربة لتتم عملية المفاضلة بينها لاختيار أنسبها تحت الظروف المحلية والبيئية وذلك من خلال إقامة مزارع تجريبية على مساحة 5- 10 هكتارات تحوي على نماذج لهذه الأنظمة كدليل إرشادي للمزارعين وتعليمي للطلاب، وبحثي للمؤسسات العلمية.

ومن ناحية تطبيقية وعملية بخصوص الخطط والسياسات المتبعة في إدارة الموارد المائية في الأقطار العربية يمكن استخلاص النتائج التالية:

1- افتقار الخطط القطرية التنموية الزراعية للشمولية والتكامل والاستمرارية بما يؤمن لعملية التنمية الزراعية الاستقرار والبناء التراكمي والاستدامة. وقد نجم عن ذلك انصراف الأقطار العربية إلى معالجة آثار المشاكل في قطاع الزراعة بدلاً من معالجة أسبابها، ومن المعلوم أن معالجة أسباب المشاكل يعطي عملية التنمية والتطوير اتجاهاً تصاعدياً مستقراً ويقلل من عدد وحجم المشكلات ويسهل عملية رصدها وإمكانية التنبؤ بها والتعامل معها والسيطرة عليها، بينما يؤدي العكس إلى حلول آنية تعالج آثار الأزمات عند ظهورها مع بقاء أسبابها قائمة لتظهر مرة أخرى في وقت لاحق.

2- عدم إتباع أسلوب التخطيط الاستراتيجي لاستعمال الموارد لتحديد المسارات الواجب إتباعها في إدارة الموارد والمحافظة عليها من التدهور والحد من تحويل استخدام الأراضي الزراعية لأغراض غير زراعية وتقليل المخاطر التي تتعرض لها الأراضي الزراعية في الحاضر وفي المستقبل.

3- ضعف مشاركة القطاع الخاص في التخطيط للتنمية الزراعية بشكل عام و النقص الكبير في المؤسسات المهنية والاقتصادية لفئات القطاع الخاص العاملة في الزراعة وفي فعالية القائم منها.

4- ضعف التعاون والتنسيق بين المؤسسات الحكومية ذات العلاقة بالتنمية الزراعية الناجم أساساً عن الضعف الإداري والفني وغياب العمل المؤسسي لديها، وهو ما يحول دون تواصل وتراكم الإنجاز في مسيرة عمل كل منها، كما يحول دون وضع آليات فاعلة ودائمة للتعاون والتنسيق فيما بينها.

5- محدودية الموارد المالية التي تحول دون تطبيق بعض السياسات الزراعية اللازمة أو إعطائها الزخم المطلوب سواء في مجال البنية التحتية والخدمات المساندة أو في مجال السياسات الداخلية

للمياه.

6- ضعف بنية نظام المعلومات الوطني الزراعي والإحصاءات الزراعية واختلاف البيانات فيما بين دوائر الإحصاءات العامة والوزارات المختصة بالإضافة إلى ثبوت عدم دقة الكثير من البيانات في المجالات المختلفة من موارد وإنتاج وتسويق محلي وتجارة خارجية مما يضعف قدرة المخططين ومتخذي القرار على وضع الخطط واتخاذ القرارات على أسس سليمة.

7- ضعف مساهمة دور البحوث العلمية الزراعية وأساليب نقل التكنولوجيا والإرشاد والإعلام الزراعي في زيادة الإنتاج وتحسين النوعية وتخفيض التكاليف.

8- ضعف سياسات القطاع العام في مجال تدريب وتأهيل العاملين في قطاع الزراعة وعدم كفاية الجهود المبذولة لتدريب المزارعين على أساليب الإدارة الزراعية مما يعيق إدخال أساليب الإدارة والتقنيات الحديثة في الإنتاج.

4-2 المشاكل والمعوقات التي تواجه الاستخدام:

إن تدني كفاءة استخدام المياه الجوفية في الري وعدم ترشيد استهلاك المياه في الزراعة أصبح يهدد عدم استدامة استخدام هذا المصدر الهام الأمر الذي يتطلب ضرورة حصر المعوقات الرئيسية حتى يمكن إيجاد الطرق لمعالجتها وإيجاد الحلول المناسبة. وهذه المشاكل والمعوقات يمكن تصنيفها في خمسة محاور وهي معوقات طبيعية ومشاكل فنية وتكنولوجية ومعوقات مؤسسية وتشريعية ومشاكل اجتماعية ومعوقات اقتصادية.

2-4-1 المعوقات الطبيعية:

2-4-1-1 العوامل المناخية:

إن معظم مساحات الوطن العربي تمتد عبر الأقاليم شبه الجافة والجافة وشديدة الجفاف (Hyperarid) وأن حوالي 67% من إجمالي المساحة العربية تتلقى هطول إمطار بمعدل اقل من 100 مم/السنة وهي تمثل المصدر الوحيد لتغذية الأحواض الجوفية المتجددة وذلك عند هطولها في شكل عواصف، هذا وتتميز هذه الأمطار بالتذبذب من حيث الكمية والكثافة ومدة الهطول الأمر الذي يسبب في بعض الأحيان مشكلة في جدولة الري وإدارة المياه. كما إن تعاقب سنوات الجفاف قد أدت إلى انخفاض تغذية الأحواض الجوفية وجفاف مياه الينابيع والافلاج في بعض الدول العربية. إن درجة حرارة الهواء المرتفعة التي تفوق 40 درجة مئوية خلال أشهر الصيف ومعدل البخر العالية (أكثر من 2200 مم/سنة) والرياح التي تزيد سرعتها عن 20 كم/ساعة تؤدي إلى زيادة الاحتياجات المائية للمحاصيل، إذأن الاستهلاك المائي لمحاصيل الأعلاف مثلاً يفوق 30000 م^3/هكتار وهذا يشكل ضغطاً على المخزونات الجوفية. كما أن التقلبات في درجة حرارة الهواء وسرعة واتجاه الرياح من موسم لأخر تقلل من ساعات تشغيل أنظمة الري خلال النهار، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة التكاليف الرأسمالية. ومن ناحية أخرى فان الرياح شديدة السرعة تقلل من كفاءة الري بالرش

العلوي وتؤدي إلى توزيع غير متناسق ومنتظم للمياه في الحقول.

2-4-1-2 نوعية المياه الجوفية:

أن مشكلة المصادر المائية الجوفية ليس في كونها نادرة فقط، ولكن أيضا نوعيتها متدنية ومتغيرة وصلاحيتها هامشية للري ، إن الري بهذه المياه المالحة يسبب مشاكل مختلفة متعلقة بالتربة والمحاصيل وهذه المشاكل تشمل تملح التربة وانسداد المنقطات وتآكل المواسير ومنشآت الري. وهناك مشاكل تواجه تصاميم أنظمة الري وإعداد النمط الزراعي تتعلق بالتغييرات في نوعية مياه الآبار في نفس المزرعة. كما أن المياه المالحة (EC>3dS/m) والتي تحتوي على تركيزات عالية من الصوديوم أو الكلوريد (>3me/l) تسبب حروق وسقوط أوراق بعض المحاصيل مثل الطماطم والكوسا عند الري بالرش، وإذا كان الرقم الهيدروجيني (pH) للمياه الجوفية أقل من 6.5 أو أكثر من 8.4 فان أجهزة الري يصيبها تلفا.

3-4-1-2 المصادر الأرضية:

إن نوعية التربة الزراعية وقوامها وعمقها من العوامل الرئيسية التي تؤثر في تحديد الاحتياجات المائية. هذا وبصفة عامة فان خصائص التربة في أغلب المناطق القاحلة تمتاز بالعمق الضحل والقوام الخفيف وبعدم تجانسها (Heterogenous) وباحتوائها الضعيف على المواد العضوية، الأمر الذي يقلل من احتفاظها بالرطوبة ويتطلب ري متكرر ودقة في تصاميم أنظمة الري وإدارة المياه لتفادي الفواقد بواسطة الرشح العميق (Deep Percolation).

ومن ناحية أخرى فان الحيازات صغيرة وهي ناتجة من كميات الأتربة القليلة المنقولة بواسطة الأمطار إلى المنخفضات والأودية، وبما إن هذه الحيازات - في الغالب – متناثرة ومتباعدة عن بعضها البعض، فان ذلك يسبب صعوبة في ترشيد استهلاك المياه بتصميم نظام ري مركزي ذو كفاءة مناسبة.

2-4-2 المعوقات الفنية والتكنولوجية:

1-2-4-2 ضعف خدمات البحوث والإرشاد:

تعتبر المشاكل الخاصة بضعف التجارب البحثية ومحدودية خدمات الإرشاد المائي في طليعة المشاكل الفنية في الدول العربية. إن معظم مراكز البحوث العربية تولي اهتماماً اكبر بالبحوث المتعلقة بالمحاصيل الحقلية والبستنة ومكافحة الآفات والأمراض، بالإضافة لعدم توفر الكادر الهندسي في مجال الهيدروليكا والري في بعض الدول العربية. وتجدر الإشارة بان مصمم أنظمة الري يجب أن تكون لديه خبرة علمية وعملية ليس فقط في علم المياه، وإنما أيضاً في علوم التربة والارصاد الجوي الزراعي والمحاصيل الزراعية والإنشاءات واقتصاديات أنظمة الري بالإضافة إلى إلمامه بتصنيع مواد وأجهزة الري ومدى توفرها في السوق المحلي.

إن قلة الكوادر المؤهلة في مجال تصنيع مواد وأجهزة الري باختلاف أنواعها وغياب التنسيق العربي

والاعتماد على استيراد هذه التجهيزات بتكاليف باهظة جعلت المزارع غير قادر على اقتنائها، الأمر الذي يشكل عائقاً كبيراً في التوسع بتحديث أنظمة الري وترشيد استهلاك المياه. هذا وتجدر الإشارة إلى أن بعض الأجهزة التي تخص الري بالتنقيط يتم تصنيعها في بعض الدول العربية، أما التقنية الخاصة للري بالرش تكاد تكون معدومة في أغلب أجزاء الوطن العربي.

ويزيد المشكلة صعوبة قلة الكوادر الإرشادية وعدم تأهيلها بالمستوى المطلوب في أغلب الدول العربية، ونتج عن ذلك عدم توصيل مزايا أنظمة الري الحديثة لمستخدمي المياه بالدرجة الكافية.

2-4-2-2 مشاكل فنية متنوعة:

* عدم توفر العمالة المدربة على تركيب وتشغيل وصيانة أنظمة الري الحديثة.

* عدم توفر قطع غيار أجهزة الري والمضخات في بعض الدول العربية.

- **ضعف تأهيل المزارع:** يعتبر المزارع المحور الأساسي في تحسين كفاءة الري لان معظم هدر المياه يحدث في الحقل. اتخذت بعض الدول العربية سبل التشريع للحد من إسراف المزارع للماء إلا أن ذلك لم يكن كافياً خاصة لان من الإسراف ما لا يرى بالعين (صرف عميق وبخر). وعليه ينبغي تنمية الوازع الداخلي لكل مزارع بالتأهيل والتدريب واستعمال الحقول الإرشادية، حبذا لو في أراضي بعض المزارعين المتعاونين.

- **ندرة المؤسسات التعليمية المتخصصة:** إن التأهيل المطلوب لقضايا الماء يتطلب الإلمام بمجالات عديدة مثل الري، التربة، الاقتصاد، علم الاجتماع، المناخ... الخ والمؤسسات التي تتكامل فيها هذه المعرفة قليلة العدد في الوطن العربي.

- الاستمرار في استخدام أنظمة الري التقليدية ذات الكفاءة المنخفضة وغياب المراقبة لعدم تركيب عدادات مياه على الآبار.

- عدم توفر معلومات لدى المزارعين عن الاحتياجات المائية للمحاصيل وجدولة الري.

- الأنماط الزراعية غير ملائمة لنوعية المياه وخواص التربة وطرق الري.

- ضعف إدارة المياه على مستوى المزرعة وغياب المتابعة والتقويم.

2-4-3 معوقات مؤسسية وتشريعية:

- **المؤسسات الحكومية:** المؤسسات الحكومية التي يرتبط عملها بالمياه الجوفية متعددة في أغلب الدول العربية بما يتطلب التنسيق الدائم بينها.

- **المؤسسات البحثية:** مراكز البحوث الزراعية ، ومراكز البحوث الهيدرولوكية ومراكز بحوث الجامعات ينقصها التنسيق والتكامل فيما يختص بالبحوث المائية الجوفية.

- **التشريعات المائية:** أصدرت معظم الدول العربية العديد من لوائح تنظيم حفر الآبار وترشيد استهلاك المياه الجوفية إلا أنها لم تكن رادعة بالمستوى المطلوب وخاصة فيما يختص بتقنين حصص المياه الجوفية لكل مزرعة .. هذا مع العلم بان القوانين التي صدرت في هذا الصدد لم يكتمل تنفيذها.
- **قوانين تشجيع الاستثمار:** لا تشتمل قوانين تشجيع الاستثمار على حوافز وتسهيلات إضافية ومتميزة للمنتجين المزارعين الذين يستخدمون نظم الري الحديثة مثل الإعفاءات الجمركية والإعفاءات من الضرائب والرسوم.
- **عدم وجود تنظيم لمستخدمي المياه وغياب دورهم في أغلب الدول العربية.**

2-4-4 المعوقات الاجتماعية:

*** ارتفاع معدلات النمو السكاني:**

تتراوح معدلات النمو السكاني بين 2.5-3.8%/السنة في العالم العربي وهي معدلات مرتفعة تفوق المتوسط العالمي المقدر بنحو 3%وترتفع كثيراً عن متوسط البلدان المتقدمة والمقدر بحوالي 0.6%. إن هذه المعدلات للنمو السكاني ستؤدي إلى التزايد المضطرد في حجم الطلب على المياه الجوفية للأغراض الزراعية.

*** مستوى الوعي لدى المزارع:**

أغلب المزارعين في الدول العربية من المزارعين التقليديين الذين ظلوا لعهود سابقة يمارسون العمل الزراعي بنظام راسخ كنظام الري السطحي ومازالوا يتمسكون بما اعتادوا عليه. كما أن المستوى التعليمي لأغلب المزارعين محدود وعليه فإنه من الصعوبة بمكان تحول معظم هؤلاء المزارعين لاستخدام نظم الري الحديثة.

*** مشاكل الحيازات الزراعية:**

تعتبر مشكلة الحيازة وعلاقات الإنتاج من القضايا الرئيسية التي تعوق الاستثمار المرشد للمصادر الأرضية والمائية، ومن ذلك فإن بعض الذين يحوزون الأرض لا يستطيعون أو لا يرغبون في استخدامها، فيؤجرونها بالباطن لآخرين بعقود سنوية أو قصيرة المدى.

وهذا الوضع لا يشجع المستثمر على إضافة أي إنشاءات أو استثمارات جديدة ويتسبب هذا الاستخدام غير المرشد للتربة بتدهورها وفقد معظم خصوبتها، وبطبيعة الحال فان هذه العلاقة القصيرة لا تشجع على التحول من نظام الري التقليدي إلى النظم الحديثة رغم إيجابيتها العديدة.

2-4-5 المعوقات الاقتصادية:

- ارتفاع تكلفة الإنشاء والصيانة:

يرتبط استخدام نظم الري الحديثة بقيام منشآت محددة لضخ المياه ونقلها. وبالنظر لعدم وجود صناعة محلية في معظم الدول العربية، فان كل الأنظمة لابد أن تستورد وبالعملة الصعبة وبموارد قد لا تكون متيسرة للسواد الأعظم من الزراع والمنتجين ولا يقف الأمر عند مرحلة الإنشاء ولكن توفير قطع الغيار وعمليات الصيانة سوف تتطلب وبشكل دائم مخصصات مالية وبالعملة الصعبة حتى تتواصل الصيانة ومن ثم تشغيل الأجهزة.

- ضعف سياسات التسويق والتسعير:

الزراعة العشوائية بدون تخطيط وبدون الوضع في الاعتبار الجدوى الاقتصادية من زراعة المحاصيل الزراعية ومشاكل التسعير والاختناقات التسويقية تمثل معوقات اقتصادية يجب التغلب عليها.

انخفاض عائد المنتجات الزراعية مع ارتفاع تكلفة الإنتاج وانعدام الدعم الحكومي يعتبر من المعوقات الأساسية ليس فقط لتحديث وسائل الري بل أيضا في الاستثمار في القطاع الزراعي الذي يلاقي منافسة شديدة من الاستثمار في القطاع التجاري والصناعي.

- ضعف الاستثمار في تصنيع مواد وأجهزة الري:

ابتدأت بعض الأقطار العربية في تصنيع بعض مواد وأجهزة الري والآلات الزراعية مثل السعودية ومصر والأردن والمغرب، ولكن طاقات هذه المصانع محدودة وما زالت معظم الدول العربية تعتمد على الدول الصناعية في الحصول على احتياجاتها من أنظمة الري الحديثة.

- عدم وجود مؤسسات أو مصارف لتقديم قروض ميسرة للمزارعين لتطبيق تقانات الري الحديثة.
- انخفاض تكلفة المياه مقارنة بأي مدخل إنتاج زراعي آخر، بالرغم من أنه المدخل الأهم الذي يتوقف عليه المحصول كماً ونوعاً مما أدى إلى الإسراف في استخدامه.
- صغر مساحة الحيازات لا يساعد على استرداد تكلفة أي تحسينات رئيسية.
- دعم سعر الطاقة في بعض البلاد العربية أدى إلى لجوء المزارعين إلى ضخ كميات مياه اكبر من حاجة المحصول.
- ضعف الميزانية المخصصة لمراكز بحوث المياه ووضع البحث العلمي في مؤخرة أسبقيات التمويل.

5-2 الآثار السلبية لتنمية المياه الجوفية:

2-5-1 انخفاض مناسيب المياه وإنضاب المخزون:

لقد تعرضت أهم خزانات المياه الجوفية في الوطن العربي، خصوصاً تلك الموجودة بأحواض المياه الجوفية الإقليمية الكبرى إلى تنمية مكثفة أدت إلى العديد من الآثار السلبية التي يجب تدارك ومعالجة نتائجها وتفادي حدوثها في المستقبل.

ففي الأردن على سبيل المثال زاد معدل سحب المياه من خزان (الديسة – الساق) العائد إلى العصر القديم (الباليوزويك) من 15مليون متراً مكعباًسنة 1986 إلى 80مليون متراً مكعباً سنة 1989. ومن المتفق عليه أن هذا الخزان لا يستقبل أي تغذية ومياهه غير متجددة وبذلك فإن جميع هذه الكميات تسحب من المخزون. ولقد نتج عن سحب 300 مليون م^3 من المياه، خلال هذه الفترة الممتدة من 1982-1989 هبوط منسوب المياه إلى أكثر من 9 أمتار في بعض المناطق (جان خوري، 1999).

وفي شرق السعودية زادت معدلات السحب من الخزان الإقليمي الثلاثي في المنطقة الساحلية حول الخليج العربي من 250مليون متراً مكعباً سنة 1976 لتصل إلى 750 مليون م^3/السنة في آخر الثمانينات من القرن الماضي. ويقدر حجم المياه المسحوبة من الخزان بحوالي 10 مليار مليون م^3 إلى نهاية سنة 1990. وإذا ما استمرت اتجاهات السحب على ما كانت عليه فإنه من المتوقع أن تنخفض مناسيب المياه مع نهاية القرن الماضي إلى ما بين 14 و 43 متراً مما قد يؤدي إلى تجفيف الخزان الجوفي في بعض الآبار (رشيد الدين 1979). ولقد أوضحت بعض الدراسات (الطرياق ، 1999) أن حوالي 35% من مخزون المياه الجوفية في السعودية قد تم استهلاكه مع نهاية سنة 1995 .

وفي البحرين أدت الزيادة في معدلات الضخ إلى انخفاض كبير في مناسيب المياه البيزومترية مما سبب تداخلاً كبيراً مع مياه البحر ويقدر الزباري ومن معه، (1998) بأن 50% من المياه الجوفية في البحرين قد تعرضت للتلوث.

وفي قطر أدى السحب الجائر لمخزون المياه الجوفية إلى هبوط كبير سبب في تسارع تداخل مياه البحر بمعدل 1 كم سنوياً، إضافة إلى احتمال تعرض المخزون المائي الجوفي إلى النضوب خلال 20-30 سنة (الهاجري، 1992).

أما في الشمال الأفريقي فإن معظم تنمية المياه الجوفية قد تم في الأحواض الصحراوية داخل مصر وليبيا وتونس والجزائر والمغرب وموريتانيا في الواحات والمنخفضات الصحراوية حيث التربة الزراعية الجيدة. وفي السبعينات والثمانينات من القرن الماضي شرعت بعض هذه الدول في إنشاء حقول آبار مكثفة لمشاريع زراعية مروية في المناطق الصحراوية أو لنقل وإعادة توزيع المياه الجوفية بين مناطق الوفرة ومناطق الندرة.

ففي مصر تركزت تنمية الخزان النوبي في الوادي الجديد بمنطقة الداخلة منذ سنة 1956ونظراً لعدم

تجدد مياه هذا الخزان فقد أدى السحب المتزايد إلى هبوط ملحوظ في منسوب المياه بهذه المنطقة.

وفي ليبيا أدى الاستغلال الجائر للخزانات الجوفية الساحلية المحدودة السعة ومعدلات التغذية إلى تعرضها للإنضاب والتلوث بمياه البحر مما استدعى نقل المياه من خزانات الجنوب الصحراوية عبر منظومات مشروع النهر الصناعي العظيم إلى هذه المناطق لمعالجة الوضع المائي المتدهور بها.

أما في دول المغرب العربي لم يتم حتى الآن تكثيف استثمار المياه الجوفية بالمناطق الصحراوية إلى الدرجة التي توضح هبوطاً هاماً بها، غير أن هناك العديد من الظواهر التي تشير إلى تعرض بعض المناطق الساحلية إلى بدايات لتداخل مياه البحر بها.

2-5-2 تدهور نوعية المياه:

يؤدي سحب المياه الجوفية في العديد من الحالات إلى إحداث تغيرات هامة في نوعية المياه إما بطريقة مباشرة أو غير مباشرة. وقد تحدث هذه التغيرات بصفة تدريجية تسمح باتخاذ إجراءات وقائية وعلاجية وقد تحدث بصفة سريعة ومفاجئة لا يمكن تداركها وتؤدي في النهاية إلى تدهور المصدر المائي. ويعتبر تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية من أكثر الظواهر المعروفة التي تؤدي إلى تدهور النوعية. وإضافة إلى مصادر التلوث المألوفة كمياه البحر والمياه المرتفعة الملوحة في السبخات قد يسبب تراكم الجبس والأملاح الناتجة عن البخر في مشاكل حادة لنوعية المياه الجوفية. كما أن الأجزاء العميقة في بعض خزانات المياه الجوفية الإقليمية قد تحتوي في بعض الأحيان على مياه مرتفعة الملوحة. ونتيجة لما سبق فإن السحب الجائر من خزانات المياه الجوفية قد يؤدي إلى تدهور نوعية المياه من خلال سحب وجذب مياه ذات نوعية متدنية من المناطق المجاورة من الطبقات العميقة.

ولقد أدى السحب الجائر من خزان بادية الشام الإقليمي في سوريا إلى إحداث تغيرات ملحوظة في نوعية مياهه حيث أدى إنشاء مشاريع زراعية جديدة معتمدة على الاستغلال المفرط للخزان العلوي إلى تداخل مياهالأسباخ المالحة مع مياه الخزان العذبة محدثاً ارتفاعا كبيراً في ملوحة مياه الخزان وتدنياً ملحوظاً في الإنتاجية الزراعية للمشاريع القائمة. كما أدى الضخ المكثف في دولة قطر الذي تجاوز 224 مليون م^3 سنوياً من خزان شرق الجزيرة العربية إلى فقدان التوازن الهيدروليكي بين المياه العذبة والمياه المالحة التي تقع أسفل الخزان وتحيط به من جميع جوانبه. ونتج عن ذلك تغلغل مياه البحر داخل الخزان بمعدل 800 متر وارتفاع ملوحة مياهه بمعدل 6% في السنة.ولا يختلف الوضع كثيراً في دولة البحرين تحت نفس ظروف الاستغلال حيث أدى الانخفاض الكبير في منسوب المياه الجوفية إلى تغلغل مياه البحر داخل خزان الدمام بمعدل 100 متر/السنة.

أما خزان الساق الجوفيالذي يعتبر أكثر خزانات المياه الجوفية تعرضاً للضخ المكثف في شبه الجزيرة العربية فقد ارتفعت نسبة ملوحة مياهه بنسبة 21% خلال الفترة الممتدة بين سنة 1985 وسنة

.1996

أما في حالة الخزان النوبي المشترك بين ليبيا ومصر والسودان وتشاد والذي يحتوي على كميات ضخمة من المياه ذات النوعية الجيدة من المياه خاصة في الجزء العلوي والجزء السفلي للخزان حالت دون ظهور أي آثار سلبية على نوعية مياهه حتى الآن.ونظراً لارتفاع ملوحة مياه هذا الخزان في المناطق الشمالية منه مع أخذ التحوط من التوسع في الاستنزاف وتجنب حدوث أي تداخل مع الجيوب الجوفية المالحة في مناطق الشمال خصوصاً حول منطقة سيوة في مصر والجغبوب في ليبيا.

وخلافاً للخزان النوبي يحتوي الخزان الرسوبي القاري أو ما يعرف بخزان شمال الصحراء المشترك بين الجزائر وتونس وليبيا على عدة جيوب مائية ذات مياه مرتفعة الملوحة نتج عنها تدهور في نوعية مياه الخزان في بعض المناطق بتونس الأمر الذي يعني باتخاذ عدة إجراءات وقائية وعلاجية لتقليل السحب وتجنب المزيد من التدهور. وكذلك الأمر في الجزائر حيث برزت عدة دلائل على التدهور النوعي لمياه الطبقة العليا للخزان في عدة مواقع. وهناك إمكانية لحدوث مثل هذه الآثار السلبية لنوعية مياه الخزان في العديد من المواقع نتيجة قابليته العالية للتعرض للملوحة.

2-5-3 انخفاض معدلات تدفق مياه العيون والينابيع:

يعتبر انتشار العيون الطبيعية والينابيع محدوداً في الوطن العربي ولكنها أينما وجدت غالباً ما تستعمل بصورة مكثفة ومياهها كانت ولا زالت تؤثر وتتحكم في نمط وطبيعة البيئة الاجتماعية التقليدية في الواحات والبوادي العربية. ولقد نمت العديد من التجمعات السكانية في الأرياف والبوادي العربية التي أنشئت حول الينابيع الطبيعية وتحولت إلى مدن ومراكز حضرية هامة مثلما حدث في البحرين وعمان ومنطقة الإحساء في السعودية.ونظم الافلاج المائية المنتشرة حالياً في الإمارات وعمان ما هي إلا عيون وينابيع تم تطويرها إلى ما هي عليه الآن.

ولقد برزت الآثار السلبية لتكثيف استنزاف المياه الجوفية على العيون والينابيع في عدة مناطق في الوطن العربي مثلما حدث في عيون البحرين التي تتغذي من حوض الدمام حيث انخفض معدل تدفقها الإجمالي من 70 مليون $م^3$ سنة 1924 إلى 1.5 مليون $م^3$ سنة 1992 . ولا يقتصر تأثير انخفاض تدهور العيون الشاطئية على توفير المياه لمستعمليها فحسب بل يؤدي تدفقه كذلك إلى عكس اتجاه تدفق المياه على حدود الخزانات الجوفية ويزيد من حدة تدهور نوعية مياهها. كما أدى تكثيف تنمية حوض الخزان العلوي للحوض الرسوبي القاري بشمال الصحراء إلى انخفاض معدلات تدفق المياه من العيون المنتشرة في الجنوب التونسي حيث انخفض معدل تدفق عيون شط الجريد ونفزاوة من حوالي 80 مليون $م^3$سنوياً سنة 1900 إلى معدلات مهملة إن لم يكن قد توقف كلياً في الوقت الحاضر.

2-5-4 الآثار البيئية:

ينتج عن التوسع في استهلاك المياه الجوفية لأغراض الري الزراعي العديد من التأثيرات البيئية الضارة إذا لم يتم تفاديها والتحكم فيها بإدارة ري فعالة. ويعتبر تملح الأراضي الزراعية والغدق من أهم الآثار البيئية السلبية لعمليات الري خصوصاً في المناطق الجافة التي يتسم بها الوطن العربي. كما يؤدي تكثيف استنزاف المياه الجوفية وانخفاض مناسيبها البيزومترية إلى هبوط وتشقق سطح الأرض نتيجة انضغاط الحبيبات الرفيعة المكونة للطبقات الحاملة للمياه تحت الضغوط المتزايدة للطبقات العليا عندما تنخفض المناسيب البيزومترية بسبب الضخ المكثف. ولقد حدثت هذه الظواهر في الخزان النوبي بشمال أفريقيا حيث بدأ الاهتمام بتأثير السحب المكثف من الخزان النوبي على استمرارية وثبوت التربة بمناطق الكفرة والسرسر في ليبيا. وقد يؤدي تكثيف تنمية المياه الجوفية في الواحات والمنخفضات الصحراوية إلى الزيادة المستمرة في ملوحة الجيوب المائية عندما تسحب مياه الري من نفس الجيب الذي يستقبل مياه الصرف الزراعي الأكثر ملوحة من الماء المسحوب بعد تركيزه بعمليات البخر والنتح. وتتوقف الآثار البعيدة المدى للري الزراعي تحت الظروف الجافة على خواص التربة الزراعية والتركيب الكيميائي للماء الجوفي والظروف المناخية السائدة ونظم الصرف الملائمة.

وفي غياب أنظمة صرف فعالة تحت نظام الري الدائم سيرتفع منسوب الماء الجوفي مسبباً مشاكل تملح وتغدق مزمنة للترب الزراعية وتحولها إلى أسباخ يصعب استصلاحها. ولقد بدأت مثل هذه المشاكل في الظهور مثلما حدث في واحات ورقلة بالجزائر. أما دراسات التربة في الوادي الجديد بمصر فقد أوضحت تعرض الترب الزراعية بواحتي الداخلة والخارجة للملوحة والصودية. وبينما استمرت عمليات الري بهذه الواحات أكثر من 2000 سنة بدون تعرض الترب الرملية للتملح، بدأت هذه الظاهرة في البروز خلال فترة قصيرة جداً على الترب الطينية الثقيلة بعد ريها بمياه جيدة النوعية.

الباب الثالث

إدارة أحواض المياه الجوفية المشتركة

تمهيد:

تحتوي الأحواض المشتركة على معظم مخزون المياه الجوفية في الوطن العربي، وتنتشر هذه الأحواض على امتداد المساحة الجغرافية ما بين المحيط الأطلسي وحتى الخليج العربي ومن أهمها: الحوض النوبي المشترك بين ليبيا وتشاد ومصر والسودان والحوض الرسوبي القاري بين الجزائر وتونس وليبيا وحوض الساق بين الأردن والسعودية ودول الخليج، جدول رقم (3-1)، ومع زيادة الاعتماد على أحجام المياه الضخمة في هذه الأحواض غير المتجددة أو المحدودة التجدد، يجب القبول بضرورة إقرار مبدأ إدارتها بصورة فعالة وعادلة بين الدول المشاركة، شكل رقم (1-2) المذكور في الباب الأول.

وعلى عكس أحواض المياه السطحية الواضحة المعالم، تظل معظم أحواض المياه الجوفية غير واضحة الحدود الجغرافية وتبقى أجزاء عديدة منها غير معروفة، ومع ذلك يجب التعامل معها من منظور نظام الحوض المائي المتكامل الذي يشمل جميع الطبقات الحاملة للمياه التي تتصل مع بعضها البعض هيدروليكيا بطريقة مباشرة أفقياً أو بطريقة غير مباشرة بالتلامس الرأسي أو الشقوق والتصدعات.

3-1 الجوانب الفنية:

3-1-1 التوزيع المكاني للخواص الهيدروليكية:

تتحدد إمكانية تنمية الطبقات الحاملة للمياه بهذه الأحواض بالعديد من العوامل التي من أهمها:

* الناقلة ومعاملات التخزين.
* معدلات هطول الأمطار ومناطق التغذية.
* المناطق المحصورة وغير المحصورة من الحوض المائي.

* مناطق التفريغ الطبيعي للمياه الجوفية.
* المناطق المستغلة حالياً والمناطق المخطط لاستغلالها.
* نوعية المياه والأخطار الكامنة لتعرضها للتدهور.
* قابلية التعرض لعوامل التلوث.

وبالنسبة للأحواض المشتركة قد يحتل عامل أو أكثر من العوامل السابقة أهمية أكبر داخل دولة مشاركة أكثر منها داخل بقية الدول المشاركة أو على الجانب الآخر من الحوض. وهناك العديد من الحالات التي يستقبل فيها الحوض التغذية المائية داخل دولة معينة ويفرغ مياهه طبيعياً أو يعطي إنتاجية مائية أعلى في الدولة أو الدول الأخرى المجاورة.

جدول رقم (3-1)
الخواص العامة لأهم أحواض
المياه الجوفية المشتركة في الوطن العربي

اسم الحوض الإقليمي المشترك	البلدان المشاركة في الحوض	مساحة الحوض كم^2	المخزون الاحتياطي مليار متر^3	معدل التغذية السنوية مليون متر^3/السنة	معدل السحب السنوي مليون م^3/السنة	حجم الكميات المسحوبة الأنصاب السنوي	
						مليار متر^3	الفترة الزمنية
حوض الحجر الرملي النوبي	تشاد، ليبيا، مصر، السودان	2000 000	150 000	1000	12000	-	-
الحوض الرسوبي القاري (حوض شمال الصحراء)	الجزائر، تونس، ليبيا	780 000	60 000	580	1100	14.5	1970-1992
حوض المشرق العربي (شبه الجزيرة العربية)	السعودية، الكويت، قطر، البحرين، الامارات العربية	1400 000	35 000	1050	17000	254.6	1980-1995

المصدر: جان خوري (1999).

3-1-2 التأثيرات الإقليمية للخواص الهيدروليكية:

يؤدي سحب المياه من الأحواض الجوفية إلى إعادة توجيه وتنظيم حركة الماء الأرضي حسب التعديلات والتوازنات البيزومترية الناشئة عن عملية السحب والتي يمكن تلخيصها فيما يلي:

3-1-3 تحوير نظام تدفق وسريان الماء الجوفي:

يتغير قياس معدلات سريان الماء الجوفي العابر للحدود الإقليمية بطريقة مباشرة حيث يتم حساب ذلك من خلال اللجوء إلى استخدام المعاملات والخواص الهيدروليكية للخزان الجوفي من خلال عمل نماذج رياضية تعد لهذا الغرض. وقد يؤدي سحب المياه على أحد جوانب الحدود المشتركة بين الدول إلى تغيير نظام تدفق الماء الجوفي غير هذه الحدود كما يتضح من الأمثلة التالية :

* يؤدي تدفق الماء في الحوض الرسوبي القاري إلى اتجاه الماء الجوفي نحو الطبقات الحاملة للمياه بمنطقة سهل الجفارة في تونس.
* يؤدي التوسع في تنمية هذا الحوض داخل الجزائر إلى انخفاض المناسيب المائية نحو هذه المنطقة بمقدار 5%.
* برنامج تنمية الحوض الرسوبي داخل الجزائر بالكيفية التي تقلل من تأثير هذه التنمية على الحوض الساحلي في تونس.
* ورغم هذه التأثيرات في الإمكان التخطيط لنظام السحب المائي وتصميم حقول الآبار بالطريقة التي تضمن توزيع المياه الجوفية المشتركة بصورة عادلة.

4-1-3 تحوير المنسوب البيزومتري:

ينتج عن سحب المياه من الخزانات الجوفية تحويرات هامة في المناسيب البيزومترية على هيئة مخروطات انحدار تتكون من دوائر بيزومترية متحدة المركز ويمكن لمخروطات الانحدار هذه أن تنتشر وتتسع لتتخطى الحدود الإقليمية بين الدول المشاركة في الحوض الجوفي.

5-1-3 تدهور نوعية المياه :

قد تؤدي تنمية الحوض الجوفي المشترك إلى تدهور نوعية المياه مثلما قد يحدث بالقرب من المناطق الساحلية والأجسام المائية المالحة ويمكن لهذا التدهور النوعي الناتج عن ذلك أن ينتقل إلى الدول والمناطق المجاورة. التعرض والقابلية لمثل هذه الظاهرة تزداد في حالة سريان الماء الجوفي في تكوينات جيولوجية ذات تصدعات وكهوف متصلة تشجع على التدفق السريع للمياه مثلما هو الحال في الطبقات المائية المتكهفة.

6-1-3 التعرض للتلوث:

تؤدي الأنشطة البشرية على سطح الأرض إلى تراكم وتسرب العديد من الملوثات نحو المياه الجوفية التي قد تنتقل عبر الحدود الإقليمية بين دولة وأخرى من الدول المشاركة في هذه المياه. ومن الصعب جداً تنظيف الحوض المائي من الملوثات بعد تعرضه لها حيث أن عمليات المعالجة والتنظيف بطيئة جداً وباهظة التكاليف ويصعب التعرف على مدى انتشارها داخل الحوض الجوفي. وتختلف المياه الجوفية عن المياه السطحية من حيث الفترة الزمنية الممكنة لاكتشاف تعرضها للتلوث. فقد يتسبب جيل ما في التلوث ولا يتم اكتشافه إلا بعد مرور عدة أجيال.

2-3 خصوصية إدارة الأحواض الجوفية المشتركة:

تتطلب الإدارة المستدامة للموارد المائية تكامل تخصصات وخبرات متعددة لتغطية جوانبها المختلفة. ولكن هذه الصعوبة تزداد في حالة إدارة المياه الجوفية المشتركة. وتدار الأحواض الجوفية المشتركة حالياً بنفس الأسس والقواعد التي تدار بها الأحواض المحلية والقطرية حسب الأولويات التنموية لكل دولة عربية. غير أنه يجب تعديل هذه الأولويات في حالة إدارة الأحواض الجوفية المشتركة حسب إمكانية تعرضها لتغذية مائية مستمرة من عدمها، ففي حالة استقبال هذه الأحواض لمعدلات تغذية حالية فإن استراتيجية تنميتها واستثمارها يجب أن تتركز في المحافظة على معدلات تدفق المياه الخارجة وسحب المياه منها بكميات مساوية لمتوسط تغذيتها السنوية. ومثل هذه الإستراتيجية لا يمكن تحقيقها إلا من خلال الإدارة المشتركة بين البلدان المشاركة في هذه الأحواض. ويجب في جميع الأحوال التركيز على ضمان تحقيق مبادئ تواصل التنمية واستدامة المورد المائي في أي استراتيجية يتم التفاوض عليها بين الشركاء. أما في حالة الأحواض الجوفية المشتركة التي لا تستقبل أي تغذية أو أن معدلات تغذيتها قليلة جداً وليست هامة ولكنها تحتوي على مخزون مائي كبير مثل الأحواض المائية الكبرى في الوطن العربي فيمكن سحب المياه منها والاعتماد عليها لفترات زمنية محدودة قد تقصر أو تطول حسب الحجم المخزون ومعدلات السحب. وفي مثل هذه الحالة يجب التوصل إلى اتفاقيات متعددة الأطراف بين الدول المشاركة في الحوض لتحديد أحجام ومعدلات السحب لكل دولة مشاركة في الحوض. ويجب أن تهدف هذه الاتفاقيات إلى التأكيد على أن كل بلد من البلدان المشاركة يتقبل تحمل النتائج والآثار المتبادلة المترتبة على استثمار المصدر المائي المشترك حتى ولو كانت هذه النتائج والآثار تؤثر سلباً على الموارد المائية المحلية لذلك البلد أو البلدان المشاركة لها وأهم الأحواض الجوفية المشتركة التي لا تستقبل أي تغذية ذات أهمية في الوطن العربي هي:

* الحوض الرسوبي القاري شمال الصحراء الكبرى والمشترك بين الجزائر وتونس وليبيا والذي بدأت تنميته في كل الدول الثلاث.
* حوض الحجر الرملي النوبي الضخم المشترك بين ليبيا وتشاد ومصر والسودان والذي تم استثماره وتنميته في كل من مصر وليبيا فقط.
* حوض الحجر الرملي النوبي في سيناء والنجف والمشترك بين مصر وفلسطين المحتلة.
* حوض الساق المشترك بين السعودية والأردن.

ولم يتم التوصل إلى أي اتفاقيات رسمية ذات أهمية لتنظيم الاستغلال المشترك لهذه الأحواض حتى الآن. غير أنه هناك العديد من الدراسات التي أجريت وتجري لتوفير المعلومات اللازمة لوضع الأسس التي ستبني عليها الاتفاقيات التي تنظم سحب المياه الجوفية من هذه الأحواض داخل كل بلد من البلدان المشاركة في هذه الأحواض.

3-3 متطلبات الإدارة المائية الرشيدة للأحواض المشتركة:

لقد أكدت معظم المسوحات والاستبيانات والدراسات التي قامت بها المؤسسات والمنظمات المائية العربية والدولية على وجود حاجة ماسة لتوفير قاعدة معلومات موحدة كشرط أولي لإدارة الأحواض الجوفية

المشتركة في الوطن العربي. ومثالياً يجب توفير قاعدة المعلومات هذه ضمن نموذج تصوري للحوض المائي المشترك في صورته الشمولية وذلك حتى توفر الأساس المتين الذي يدعم التنيمة الرشيدة للحوض المائي من خلال إدارة مائية تبني على سياسات إستثمارية تتجنب المخاطر وتتفادى السلبيات. ذلك لأن تحديد ما إذا كان معدل سحب المياه من الخزان الجوفي المشترك أو السياسات المتبعة لإدارته مقبولة أم لا يتوقف بالضرورة على عمق الفهم المتوفر لجميع ما يتعلق بهذا الخزان. ويبدأ هذا الفهم من الإلمام بالمعلومات الأساسية للعمليات الهيدرولوجية التي يتطلب ربطها وتطبيقها على كل حالة من الحالات، تحديد اتساع الخزان الجوفي وطبيعته والعلاقة التي تربطه بالخزانات الأخرى والملامح الهيدروجيولوجية الخاصة به والكيفية التي يتغذى بها الخزان ويفرغ مياهه والأماكن المتوقعة لتعرض الخزان لمصادر التلوث الممكنة. وبدون توفر مثل هذه المعلومات لا يمكن التخطيط لاستغلال الأحواض الجوفية المشتركة بطريقه فعالة. ويجب أن يدعم النموذج التصوري الذي يجب إعداده للخزان الجوفي المشترك ببرنامج رصد متكامل ومتجانس على جانبي الحدود المشتركة لتتبع المعايير والمؤشرات الهيدرولوجية مثل معدلات هطول الأمطار، والمناسيب البيزومترية ومعدلات البخر واستعمالات المياه والجريان السطحي وغيرها. وسيوفر مثل هذا البرنامج المتجانس البيانات اللازمة لتكوين منظور كمي حول النظام المائي للخزان الجوفي وكذلك لإقرار واعتماد الفهم التصورى للخزان ومستويات أدائه. ويجب أن تتوافق البيانات التي سيوفرها البرنامج مع النموذج التصوري المعد للخزان. وإذا اختلفت عنه يجب مراجعة هذا النموذج وتعديله.

ويعتبر توفير المعلومات الدقيقة الموثوق بها أمراً ضرورياً لتسهيل التعاون بين الدول المشاركة في الخزان الجوفي. ويجب في جميع الأحوال تسهيل تبادل المعلومات بينها حول معدلات السحب ونوعية المياه والمناسيب البيزومترية وأي معلومات أخرى يمكن توفرها. وبهذا الأسلوب في الإمكان تبني جميع الأطراف لقواعد تنظيمية مشتركة مبنية على التعريف الشمولى للخزان الجوفي المشترك وتقبل التكافؤ المتبادل في تحمل آثار سحب المياه منه.

4-3 الجوانب الاجتماعية والاقتصادية:

من الواضح والمؤكد أن المياه الجوفية المشتركة تتيح فرصاً وميزات عديدة للتنمية الزراعية على المستوى القطري والقومي، إضافة إلى كونها تمثل مصدراً مائياً ثابتاً ومرناً يزداد الاعتماد عليه في العديد من البلدان العربية حيث يؤدي التوسع المستمر في تنميته واستثماره إلى زيادة الإنتاج الزراعي نظراً لسهولة توفره وتيسر الوصول إليه من المستعملين. ولقد تمكن توفر تقنيات حفر الآبار وميكنة الضخ من تحقيق ذلك حسب طلب المستهلك وفي الوقت الذي يرغبه. ولكن هذا الوضع جعل جميع الأنظمة الاجتماعية والاقتصادية والبيئية تعتمد اعتماداً كلياً على هذه المياه، وهي بذلك قد أصبحت رهينة معدلات السحب الجائر والتلوث التي تهددها باستحالة الاستدامة والتوقف، علماً بأن هذه الظواهر حديثة العهد وآخذه في الانتشار بسرعة فائقة مدفوعة بالنمو السكاني المتزايد والتحولات الاقتصادية السريعة وتحرير التجارة العالمية. ولذلك فان أنماط استعمالات المياه الجوفية قد تغيرت عما كانت عليه ورفعت من معدلات السحب والاستهلاك إلى الدرجة التي بدأت تخلق بيئة تنافسية بين البلدان المشاركة في الأحواض الجوفية المشتركة تؤدي إلى الضغط المتزايد على هذه الخزانات وما يرافق ذلك من مخاطر السحب غير المخطط مثل الإنضاب والتدهور البيئي.

ويجب التنبه إلى أن المناطق المعرضة للمنافسة في عمليات سحب المياه من هذه الأحواض ليست دائماً واضحة ومعروفة وقد لا يتم التعرف عليها إلا بعد إجهاد الحوض المائي وتعرضه لأضرار غير قابلة للإصلاح وبالتالي تحد من قدرته على دعم الأنشطة الاقتصادية والاجتماعية القائمة عليه حالياً وإمكانيات التوسع فيها مستقبلاً. وفي حالة عدم وجود تكافؤ اقتصادي أو اختلاف في الفرص التنموية بين دول الجوار المشاركة في الحوض المائي قد تؤدي قدرة إحدى هذه الدول على التوسع في سحب المياه من الحوض المشترك نتيجة وضعها المالي أو التكنولوجي المتميز إلى رفع حدة السباق والتنافس على استغلال هذا الحوض بطريقة غير قابلة للاستدامة.

وفي العديد من الحالات غالباً ما تكون هذه الأنماط التنافسية لاستعمال الأحواض المائية المشتركة مدفوعة بالسياسات والاستعمالات التنموية المحلية على المستوى القطري التي لا تراعي الحدود الفيزيائية والبيئية لهذه الأحواض خصوصاً عندما تكون السياسات الزراعية واستعمالات الأراضي تسعى لتحقيق أهداف اقتصادية قصيرة المدى. وعندما يفرض الواقع السياسي والاجتماعي ضرورة المحافظة على العمالة الريفية والإنتاج الزراعي للتصدير ودعم الواردات يتعذر حينها إدخال أي إصلاحات فعالة لإدارة المياه الجوفية على أسس سليمة. وقد يشجع إتباع هذا الأسلوب في تأخر بروز التأثيرات السلبية لسوء الإدارة المائية وصعوبة توقعها من البداية مما يزيد من صعوبات تبرير اتخاذ إجراءات علاجية.

أما من الناحية التنظيمية فإن غياب الإطار التشريعي والتحديد الدقيق لحقوق الملكية على المستوى الإقليمي لا يترك أمام الدول المشاركة إلا الاعتماد على المبادرات والأعمال التطوعية وعقد الاتفاقات المحدودة أو إجراء الترتيبات المؤسسية للتعامل مع الوضع القائم حالياً للمياه الجوفية المشتركة بينها. ومع الإلحاح والاستمرار في دعم مدخلات الإنتاج وأسعار السلع للعديد من المنتجات الزراعية في الدول العربية، لا توجد المحفزات الضرورية للتقليل من معدلات استعمال الطاقة والمياه والأسمدة الكيماوية والمبيدات. ومع ظهور الآثار السلبية لسوء إدارة المياه الجوفية المشتركة تبرز أهمية تجاوز الاعتبارات القطرية واللجوء إلى أسلوب التعامل الإقليمي مع الحوض المشترك كوحدة هيدرولوجية متكاملة.

5-3 الترتيبات المؤسسية:

يمثل توزيع واستعمال المياه الجوفية تحدياً أساسياً للإدارة المائية والترتيبات المؤسسية اللازمة لتحقيق ذلك بطريقة عادلة وفعالة، حيث أن نقاط سحب المياه موزعة على نطاق جغرافي واسع وظروف استغلال الماء الجوفي المشترك غالباً ما تعتمد على قرارات عديدة لملاك الأراضي وأبار المياه. والأحواض الجوفية المشتركة حالياً ما تمتد لتغطي مساحات واسعة عبر مناطق جغرافية وإدارية وسياسية متعددة. وفي مثل هذا الوضع لا يتوقع من مؤسسات المياه القطرية والمحلية أن تؤثر بصورة فعالة على المعطيات الهيدرولوجية والإدارية للمياه الجوفية الإقليمية المشتركة من خلال الإجراءات المعزولة التي تمكن هذه المؤسسات أن تقوم بها وبصفة منفردة.

ورغم أن الحوار التنموي بين البلدان المشاركة في الماء الجوفي قد يتأثر ويتفاعل مع التنمية الإقليمية والدور الذي تلعبه الأسواق فيها، إلا أن الأنماط المحلية لاستهلاك المياه والفرص المتاحة للإدارة المائية الفعالة ستظل غالباً معتمدة على الاحتياجات والتحيزات المحلية. ولهذا يجب على المؤسسات المائية التي

تتعامل مع قضايا المياه الجوفية المشتركة أن تكون قادرة على التمييز بين أنظمة إدارة المياه المحلية وأنظمة إدارة المياه الإقليمية اللازم توفرها.

وفي هذا المحتوى الشمولي من الضروري للمؤسسات المائية أن تفرض درجة مقبولة من التنظيم والتحكم في وضع الاستهلاك المحلي للمياه المشتركة وتطبيق ما يمكن التوصل إليه من اتفاقيات والتزامات إقليميةمع دول الجوار المشاركة في الماء الجوفي، سواءاً كان ذلك من خلال التدخل الحكومي المباشر أو روابط مستخدمي المياه أو أي تنظيمات أخرى غير رسمية. غير أن هذا الدور التنظيمي الذي يمكن أن تقوم به المؤسسات المائية سيكون متكيفاً بالضرورة مع المعطيات الاجتماعية والاقتصادية والثقافية السائدة داخل كل بلد وظروف الاستعمال المحيطة بالخزان الجوفي المشترك. وفي بعض الحالات التي ينتشر فيها المستعملون للمياه على مساحات واسعة أو ينتمون إلى وحدات إدارية مختلفة قد يتعذر سياسياً وعملياً على الحكومة تنظيم هؤلاء المستعملين للمياه بصورة مباشرة، إضافة إلى حاجة الإدارة المائية إلى اختلاف أساليبها في التعامل مع القضايا المحلية والقضايا الإقليمية حتى تتمكن من أن تعكس كلا من العوامل الاجتماعية والهيدروجيولوجية.وفي العديد من الحالات تستدعي الضرورة إتباع أساليب أكثر تكثيفاً مع الإدارة المحلية للموارد المائية بمشاركة المنتفعين معها وحثهم على الدفع بالتعاون الاقتصادي والثقافي المتبادل على المستوى الثنائي أو الإقليمي بين الدول في المناطق المتاخمة لحدودها الإقليمية.

ومن المهم أن تدرك الإدارة المائية أن العديد من القضايا المتعلقة بتحسين إدارة المورد المائي المشترك مثل قابلية تعرضه للتلوث البيئي أو التحكم في الضخ للتقليل من معدلات الهبوط، يمكن إيجاد الحلول لها حتى بدون التنسيق على المستوى الإقليمي الأوسع. وهذا يوضح الحاجة إلى وجود مؤسسات مائية مكلفة بإدارة المياه المشتركة تؤدي عملها حسب الأطر القانونية والتنظيمية التي تمكن المنتفعين بالمياه في الدول المشاركة من تطوير أساليب إدارة مائية مناسبة للمعطيات الإقليمية للمياه المشتركة وتوفر الوسائل والأدوات اللازمة للتعامل مع كبار مستهلكي الميا والملوثين لها سواءاً كان أولئكالمستهلكون أفراداً أو جماعات أو منظمات ومؤسسات حكومية أو غير حكومية. ولذلك يجب التأكيد على هذه الضرورة وإعطائها أولوية ضمن أي برنامج تعاوني على المستوى الإقليمي لإدارة المياه المشتركة.

6-3 الأبعاد القانونية والأخلاقية لاستعمال المياه الجوفية:

تتأثر الإدارة المائية للمياه الجوفية المشتركةتأثراً كبيراً بالقوانين والتشريعات المحددة لملكية المصدر المائي والجوانب السلوكية والأخلاقية للتعامل مع أساليب استعمال المياه. فعلى المستوى المحلي ترتبط ملكية الماء الجوفي في بعض المجتمعات بملكية الأراضي، وفي بعضها الآخر تعتبر المياه الجوفية "موروثاً مشاعا" بين أفراد المجتمع يحق لكل راغب في استعماله الحصول عليه لسد حاجاته الأساسية على الأقل، وهذه المواقف المتناقضة قد تتحقق أحياناً بالمعتقدات الدينية التي تحميها وترسخها. فبينما تؤكد الشريعة الإسلامية على حق "كل إنسان وحيوان وكائن حي في ارواء ظمأه تقر التشريعات القانونية الغربية المنبثقة عن القانون الروماني القديم على ربط ملكية المياه الجوفية بملكية الأراضي.

وتعتبر هذه الجوانب والمفاهيم القانونية والأخلاقية السائدة على المستوى الإقليمي هامة جداً وحساسة لتحديد الأسس والمباديء العامة لإدارة المياه الجوفية المشتركة في الوطن العربي، حيث ينظر إلى المياه على

أنها مورد طبيعي يجب توفره لكل مستهلك ليس لسد حاجاته البشرية الأساسية فحسب، بل حتى للاستعمالات الزراعية والصناعية لتحقيق أهداف التنمية الاقتصادية والاجتماعية لكل قطر. ولا زالت معظم الدول العربية ترفض أي خطوات أو إجراءات إدارية تؤدي إلى التعامل مع المياه كسلعة اقتصادية يمكن تبادلها في الأسواق التجارية حسب قوانين العرض والطلب. وفي نفس الوقت تربط هذه الدول حق استعمال المياه الجوفية بحقوق استعمال ملكية الأراضي.ولذلك لا يوجد غالباً تمييز واضح بين الطبيعة الخاصة لحقوق استعمال المياه الجوفية وبين النظر إليها كملكية اجتماعية عامة. وقد برز هذا التناقض في السنوات الأخيرة نتيجة تنامي الحاجة إلى الرفع من كفاءة استعمال المياه لمواجهة الاحتياجات المائية المتزايدة والتعامل مع الندرة المائية القائمة والمتوقعة في معظم البلدان العربية. ويجب إثارة العديد من التساؤلات للتعامل مع هذا الوضع حول كل من :

* كيفية تمكين تحقيق إدارة مائية كفؤة تحت مثل هذه الظروف.
* ترتيب الأهداف الاجتماعية التي تقاس بها كفاءة استعمال المياه بما في ذلك الاستمرار في توفرها للفقراء ومحدودي الدخل والمتطلبات البيئية.
* الشرائح الاجتماعية المؤثرة في عملية اتخاذ القرار.
* الآليات اللازمة لتحقيق إدارة مائية كفؤة.

ونظراً لأن جميع هذه القضايا والتساؤلات ترتبط ارتباطاً عميقاً بالجوانب القانونية والأخلاقية لذلك في إمكانها أن تتحول إلى مصدر هام من مصادر التوتر بين الإدارة المائية والمستهلكين للمياه وربما يتعذر إيجاد إجابات قطعية ونهائية للتساؤلات المتعلقة بهذه القضايا مثلها مثل أي قضايا اجتماعية أخرى، ولكن مشاكل الإدارة المائية التي تنتج عنها قد تكون أصعب حلاً في حالة المياه الجوفية المشتركة من حلول المشاكل التقنية البحتية المتعلقة بالتوصل إلى اتفاقيات اقتسام المصدر المائي المشترك. ولكن إثارة هذه التساؤلات وطرحها للحوار يلعب دوراً هاماً وجوهرياً في التوصل إلى التوافق الاجتماعي الذي يجب أن تبني عليه القرارات السياسية الملائمة لإدارة المياه الجوفية والتي يجب دائماً أن تتخذطابعاً واقعياً يحقق التوازن بين الاستثمارات التنموية في ضوء الوضع المائي القائم وتكاليف تنميته وتطويره والرفع من كفاءة استعماله، وبين الحاجة إلى التنظيم العام لقطاع المياه لجميع أبعاده الاجتماعية والبيئية.

وبناءاً على ما تقدم يمكن القول بأن:

أحواض المياه الجوفية المشتركة تمثل معظم مصادر المياه الجوفية المتوفرة في الوطن العربي. ورغم أن هذه الأحواض لا تستقبل أي تغذية مائية ذات أهمية إلا أن مخزونها المائي الضخم يمكن من الاعتماد عليها لفترات زمنية طويلة لمواجهة الاحتياجات المائية المتزايدة إذا ما أحسن استثمار هذه الأحواض من خلال إدارة مائية كفوءة ومرشدة. ولتحقيق ذلك يجب الإلمام والاهتمام بكافة الجوانب والأبعاد الاجتماعية والمؤسسية والثقافية والأخلاقية التي لا تقل أهمية عن الأبعاد التقنية والاقتصادية اللازمة للتعامل مع المشاكل القائمة والمتوقعة بهذه الأحواض. وهنا تبرز أهمية وضرورة تبادل البيانات والمعلومات وكميات المياه المخطط لسحبها بين الدول المشاركة وإرساء دعائم إدارة مائية مشتركة وفعالة وتجنب ترك هذه الإدارة

لمتطلبات السوق ورغبة المستهلكين المحليين على المستوى القطري. ولإنجاحها يجب تكوين هيئات فنية أو اقتصادية أو إقليمية قادرة على القيام بما يلي:

* صياغة السياسات والإرشادات لإدارة المياه المشتركة.
* التكامل بين استثمار المياه المشتركة والتنمية الاقتصادية على المستوى الإقليمي بين الدول المشاركة.
* تعويض الدول الأعضاء عن الأضرار التي قد تنتج عن السياسة الإقليمية المتفق عليها لاستثمار المياه الجوفية المشتركة.
* الإصحاح البيئي لما قد يترتب على السياسات الإقليمية من آثار بيئية سلبية.
* الرصد والتقييم للمؤشرات البيئية ومستويات أداء إدارة المياه وكفاءتها ومدى مطابقة ذلك للمعايير المعتمدة إقليميا وقطرياً.

ولم يتم تشكيل أي هيئات إقليمية رسمية معتمدة لهذا الغرض حتى الآن باستثناء اللجنة المشتركة لدراسة واستثمار الخزان الرملي النوبي المشترك بين ليبيا ومصر والسودان وتشاد التي تأسست منذ عدة سنوات.

الباب الرابع

ترشيد استخدام المياه الجوفية في الزراعة العربية

1-4 إعادة تقييم المياه الجوفية:

1-1-4 مبررات إجراء الدراسة:

لقد ارتفع الطلب على المياه في الدول العربية في السنوات الأخيرة بشكل حاد نسبة للنمو السكاني المصحوب بوتيرة تنمية صناعية وزراعية سريعة، الأمر الذي يتطلب تركيز البحوث والدراسات لتنمية المصادر المائية المحدودة والحفاظ عليها كماً ونوعاً.

نتيجة تعرض الأحواض المائية الجوفية للاستنزاف وتدهور مستمر في نوعية المياه أصبح من الضروري عمل الدراسات التفصيلية والشمولية كون مخرجات النماذج الرياضية لدراسات المياه الجوفية التي أجريت خلال العقود الماضية لم تعد ملائمة للتقنيات الألفية الثالثة المتطورة، وتمشياً مع قرارات المجلس الأعلى لدول مجلس التعاون الخليجي وتوصيات اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (أسكوا) وتوصيات البرنامج الهيدرولوجي العالمي الخاصة بتنمية الموارد المائية وبناء قواعد معلوماتية واستخدام النماذج الرياضية، فقد رأت المنظمة العربية للتنمية الزراعية أنه من المهم إجراء دراسة فنية لاستقصاء الوضع الحالي لموارد المياه الجوفية في الدول العربية وذلك بتطبيق أحدث تقنيات الهيدروجيولوجيا وإدارة المعلومات معا لتأسيس نظام معلومات مياه جوفية شامل يعمل كأداة تخطيط قوية لتحقيق الاستخدام المستدام لهذا المورد الهام.

وفيما يلي ملخص لمحتويات الدراسة والتقنيات الحديثة المستخدمة والمقترح استخدامها:

1- القيام بدراسة استشعار عن بعد باستخدام القمر الصناعي لاندسات من نوع Enhancement Thematic Mapper (ETM) بهدف إعداد الخرائط وحصر الأراضي ودمج البيانات مع نظام المعلومات الجغرافية.

2- القيام بمسح الآبار في مزارع القطاع العام والخاص، وذلك بهدف الحصول على معلومات حديثة حول التواجد المكاني للمياه الجوفية ومناسيبها ونوعيتها ومعدلات سحبها واستخدامها.

3- تقدير تغذية المياه الجوفية شاملة الرشح الطبيعي في المنخفضات والرشح المحسن في آبار التغذية الاصطناعية وتحديد ميكانيكية التغذية وذلك باستخدام الدراسة التفصيلية للتركيب الايسوتوبي للمياه

الجوفية الضحلة والعميقة.

4- إجراء استكشاف جوفيزيائي في الأماكن التي بها عدد قليل من الآبار وذلك باستخدام المجسات الكهربائية الرأسية (VES) والطرق الزلزالية (Seismics).

5- حفر وبناء واختبار مياه آبار الاستكشاف متوسطة العمق إلى عميقة وذلك باستخدام الحفر الدوار عن طريق التدوير العكسي (Reverse Circulation Rotary Drilling).

6- تأسيس نظام معلومات جوفية لتسهيل تخزين البيانات الجغرافية والهيدرومترية والجيولوجية والهيدروجيولوجية وربطه مع مراكز المعلومات الجغرافية وشبكات الرصد عن بعد.

7- التطبيق الأولي لنموذج تدفق المياه الجوفية الحديث Finite Element Flow (FEFLOW).

8- تقييم كوامن الأحواض الجوفية من المياه الجوفية العذبة وقليلة الملوحة.

وفيما يلي المتطلبات العامة للدراسة والخلفية والأهداف لكل من التقنيات المذكورة أعلاه.

4-1-2 المتطلبات العامة للدراسة/الخلفية والأهداف:

تمهيد:

من الأهداف الهامة لهذه الدراسة القيام بدمج نتائج كل النشاطات مع نظام معلومات جغرافية، إلى جانب أحدث التقنيات الحقلية ومعدات استقصاء موارد المياه الجوفية فإن تطوير نظام معلومات جغرافية سيكون احد أهم المكونات لهذه الدراسة.

تقنية نظم المعلومات الجغرافية الرقمية تدمج عمليات قواعد البيانات العامة وآلياتها (مثال: البحث، التحليل الإحصائي، التخزين والاستعادة) مع إمكانيات التحليل والتصوير الجغرافي للخرائط. هذا النوع الفريد لنظام المعلومات يمثل أداة فعالة للتخطيط واتخاذ القرار في إدارة الموارد المائية.

كما إن تطوير نظام معلومات جغرافية خلال الدراسة سوف يتضمن مراجعة شاملة للبيانات الحالية الخاصة بمنطقة الدراسة وتأسيس قاعدة بيانات رقمية. إن طبقات البيانات الرقمية لكل دراسة سوف تكون متوفرة للإدخال المباشر في نظام المعلومات الجغرافية. بهذه الطريقة فان كل طبقات البيانات الخاصة بالدراسة يمكن أن تحال إلى مرجعية جغرافية في نظام مرجعي متجانس لتحقيق امثل استخلاص (extraction) للمعلومات. أن نظام المعلومات الجغرافية سوف يعمل على عرض البعد الجغرافي للبيانات الموجودة.

بالإضافة إلى إن بعض الدول العربية في الوقت الحاضر تؤسس شبكات خدمية لمراقبة الآبار عن بعد، احد المتطلبات الهامة لهذه الدراسة يتمثل في دمج مجموعة البيانات والسجلات الخاصة بمحطات الرصد الآلي الكامل ذات التحكم عن بعد مع نظام المعلومات الجغرافية المقترح حديث التطوير.

نظام المعلومات الجغرافية وما يشمله من قاعدة البيانات ونموذج التدفق يعمل كأداة ضرورية لإدارة مستقبلية فعالة لموارد المياه في الدول العربية.

4-1-2-1 دراسة الاستشعار عن بعد وإعداد خريطة وحصر الأراضي:

الخلفية:

أن تقنيات الاستشعار عن بعد تساعد في تحديد وإعداد خرائط لعناصر (مكانية) (Spatial elements) مختلفة مثل الشكل الظاهري – البنية التحتية، التربة، الجيولوجيا، استخدام الأراضي والنباتات الطبيعية . كما إن التطورات الإقليمية والتغيرات في البيئة والموارد الطبيعية (مثل: استخدام الأراضي في الحضر والريف) يمكن أن توصف وتحدد بتحليل ومقارنة صور الأقمار الاصطناعية والصور الجوية التي تؤخذ في أوقات مختلفة، دمج بيانات الاستشعار عن بعد مع نظام معلومات جغرافية يمثل أداة قوية توفر طبقات بيانات رقمية وفي عمل تصورات للبيانات (visualized data).

الأهداف:

* الحصول على معلومات إضافية لعناصر ثابتة متنوعة مثل الشكل الظاهري والترب، استخدام الأراضي، النباتات الطبيعية.
* رصد التغيرات في العناصر الديناميكية مثل توفر السطح واستخدام الأراضي والأنماط المحصولية ووضعية مشروعات الري.

4-1-2-2 مسح الآبار وسحب المياه الجوفية:

الخلفية:

لكي يتسنى الحصول على معلومات أساسية حول وجود المياه الجوفية ونوعيتها واستخدامها في الدول العربية فإنه يجب إجراء مسح شامل للآبار. سوف يشمل المسح كافة الآبار العاملة أو المختارة ويوفر كافة معلومات شاملة حول التوزيع المكاني (الفراغي) لمستوى ارتفاع مناسيب المياه الجوفية، ونوعية المياه ومعدل السحب منها، أما المسوحات والبيانات السابقة سوف تتم مراجعتها وتحديثها.

الأهداف:

* الحصول على معلومات حديثة حول التواجد المكاني للمياه الجوفية ونوعيتها.
* الحصول على معلومات حديثة حول مواقع الآبار.
* الحصول على معلومات حديثة حول معدلات سحب المياه الجوفية من الآبار.

4-1-2-3 تحديد ميكانيكية التغذية:

الخلفية:

يجب دراسة ميكانيكية وتأثير الرشح المباشر الطبيعي والرشح الطبيعي المحسن وأيضاً التغذية الاصطناعية، وذلك باستخدام أحدث التقنيات مثل الدراسة التفصيلية للتركيب الايسوتوبي (isotopic composition) للمياه الجوفية الضحلة منها والعميقة.

الدراسات سوف تتضمن ميكانيكيات الرشح المختلفة للمنخفضات المنتشرة في كل دولة.

- الرشح المباشر الطبيعي في المنخفضات التي لا توجد بها آبار تغذية.

- الرشح الطبيعي المحسن في المنخفضات التي توجد فيها آبار تغذية.

فيما يخص التغذية الاصطناعية سوف تعطي عناية خاصة لتقييم تأثير الشبكات القائمة حالياً لأبار التغذية، وأكثر من ذلك سيتم إجراء دراسات شاملة على حجم ونوعية مياه الري التي يعاد رشحها في مناطق المزارع.

الأهداف:

* تحديد وفهم لميكانيكية التغذية.

* التحديد الكمي لمكونات التغذية وتغيراتها عبر الزمن.

*تحديث المعلومات حول تأثيرات التغذية الاصطناعية للشبكة القائمة حالياً على الآبار الإنتاجية وآبار المراقبة.

* تقييم دقيق للموازنة المائية.

4-1-2-4 المسح الجيوفيزيائي:

الخلفية:

المسح الجيوفيزيائي سوف يوفر معلومات حول خواص الصخر والسوائل في الاتجاهين الرأسي والأفقي وهكذا يمثل أداة مفيدة في عمل الخرائط الهيدروجيولوجية. في هذه الدراسة يتم إجراء جس جوفيزيائي بصفة رئيسية في المناطق التي يوجد فيها حالياً عدد آبار قليلة لدراسة ظروف الطبقات الحاملة للمياه.

الأهداف:

* الاختلاف المكاني (الفراغي) في سمك الأحواض المائية والتركيب الصخري لها.

* التوزيع المكاني للنطاقات الحديثة التي تحتوي على مياه عذبة، قليلة الملوحة ومالحة.

* توفير معلومات خلفية (Background knowledge) معرفة لتحديد مواقع الآبار الاستكشافية

آخذين في الاعتبار النتائج الهيدروجيولوجية الأخرى.

4-1-2-5 حفر واختبار آبار المراقبة:

الخلفية:

لكي يتسنى تعريف وتحديد وتشخيص الأحواض الجوفية المائية المحتملة الضحلة ومتوسطة العمق والعميقة يجب حفر عدد من الآبار في مواقع يتم اختيارها بعناية مسبقاً، وذلك لاختبار الخواص الهيدروليكية لعدد من الآبار الضحلة إلى عمق 150 متر وآبار متوسطة العمق إلى عمق 250 متر وآبار عميقة إلى عمق 500 متر وآبار عميقة جدا تفوق 1000 متر.

الأهداف:

- الحصول على معلومات موثوقة ومباشرة حول الأحوال الجيولوجية تحت السطحية على الأخص في المناطق التي يندر فيها توفر مثل هذه المعلومات.
- تقييم التكوينات الجيولوجية المختلفة فيما يخص قدرتها على نقل وتخزين المياه الجوفية (خواص الطبقة الحاملة للمياه).
- الحصول على معلومات مباشرة حول نوعية المياه الجوفية وتغيراتها مع الزمن.
- تحديد المناطق المحتملة والتي تكون مناسبة لإجراء المزيد من الدراسات التفصيلية في المستقبل.

4-1-2-6 تأسيس نظام معلومات مياه جوفية:

الخلفية:

يجب تصميم قاعدة بيانات ذات صلة بمستخدمين متعددين لتخزين ومعالجة كل البيانات الموجودة ذات الصلة بالمياه الجوفية والبيانات التي يتحصل عليها في إطار الدراسات المقترحة والمستقبلية من مسح الآبار والتحاليل الهيدروكيميائية والهيدرواسوتوبية (Hydroisotopical) ونموذج تدفق المياه الجوفية وحفر واختبار الآبار بالإضافة إلى المسح الجيوفيزيائي، يجب تأسيس نظام معلومات جغرافية قوي للتصوير الجغرافي والاستكشاف والبحث والتحليل.

في المستقبل قصير المدى فإن الزيادة في عدد الآبار ومحطات رصد المياه الجوفية والتحاليل الكيميائية والفيزيائية للمياه الجوفية سوف توفر كمية ضخمة من البيانات المتصلة بالمياه الجوفية. تنشأ عن ذلك الحاجة إلى قاعدة بيانات تتصل بمستخدمين متعددين ونظام معلومات مياه جوفية ذات إمكانية معالجة قوية لبيانات مكرسة للمياه الجوفية لإدارة مدخل (input):

* البيانات الأساسية.

* البيانات الكيميائية.

* عمليات اختبار الضخ وخواص الطبقات الحاملة للمياه.

* تسجيلات الآبار وبيانات المياه.

* قطاعات عرضية هيدرجيولوجية وتكوينية صخرية (lithological) وطبقية (في بعدين وثلاثة أبعاد).

* بيانات قياس منسوب المياه.

إن إحدى المتطلبات الضرورية لهذه الدراسة يتمثل في الدمج بين نظم المعلومات الحكومية القائمة في نظام معلومات المياه الجوفية المتطور حديثاً – مثال: الأنظمة المستخدمة في مراكز المعلومات الزراعية والمائية وفي تضمين البيانات في المزارع النموذجية. كل البيانات المسجلة لشبكة الرصد عن بعد المنفذة بواسطة الدول العربية يجب أن تحفظ أيضا وتعالج داخل نظام المعلومات الجغرافية. لهذا الغرض فإن برنامج نظام المعلومات الجغرافية يجب أن يتماشى مع البرامج المتوفرة في تقييم البيانات.

الأهداف:

أهداف هذه الدراسة تتكون من الآتي:

* تأسيس قاعدة بيانات مياه جوفية ذات صلة بمستخدمين متعددين لتسهيل تخزين مناسب للبيانات الجغرافية والهيدرومترية والجيولوجية والهيدروجيولوجية.

* توفير نظام معلومات مياه جوفية للتصوير واستكشاف وبحث وتحليل بيانات المياه الجوفية.

4-1-2-7 التطبيق الأولي لنموذج تدفق المياه الجوفية:

الخلفية:

إن نمذجة نظم المياه الجوفية يمثل أداة تحليلية أساسية في إدارة المياه الجوفية للحصول على استخدام أفضل وحماية أحواض المياه الجوفية. ومن أكثر الفوائد أهمية لنمذجة المياه الجوفية هي إمكانية التنبؤ والتحكم في أداء الحوض المائي الجوفي تحت الظروف المتغيرة.

إن نشاطات النمذجة المحددة في هذا الفصل تمثل خطوة أولى في اتجاه محاكاة رقمية كاملة لموارد المياه الجوفية في الدول العربية.

في هذه المرحلة سيتم تطوير نموذج تدفق مياه جوفية للطبقات الحاملة للمياه، ومع ذلك فإن المخطط العام وخطة العمل التي يتم إنشاؤها أثناء العملية يجب أن تكون قادرة على استيعاب المزيد من نشاطات النمذجة الأكثر تعقيداً في المستقبل، والأمثلة على مثل هذه الدراسات المستقبلية تتمثل في محاكاة الانتقال الأفقي والرأسي للمياه الجوفية على الأخص في إطار الملوحة وبالمثل التداخل بين العديد من طبقات المياه

الجوفية العميقة.

الأهداف:

يجب تنفيذ نموذج أولي لتدفق المياه الجوفية لوصف هيدروجيولوجية منطقة الدراسة ولمحاكاة السيناريوهات المختلفة لسحب المياه الجوفية وتغذيتها، والنموذج يجب أن يصف خواص نظام الطبقة الحاملة للمياه مثل :

* تقديرات موثوق بها للموازنة المائية.

* تقديرات موثوق بها للقدرة التخزينية في وحدات الطبقات الحاملة للمياه المختلفة.

* اتجاهات تدفق المياه الجوفية وسرعات التدفق.

* تأثير سيناريوهات السحب المختلفة على موارد المياه الجوفية.

4-1-2-8 تقييم الأحواض المائية الجوفية الضحلة المحتملة:

الخلفية:

على أساس نتائج الدراسات العديدة يجب القيام بإجراء إعادة تقييم لإمكانيات الأحواض المائية المختلفة فيما يخص حجم (كمية) ونوعية المياه الجوفية في المخزون وبالمثل كمية المياه الجوفية عبر التغذية الطبيعية والاصطناعية.

الأهداف:

* توثيق الوضع الحاضر لحالة المياه الجوفية في الدول العربية.

* تحديد وتعريف وإضافة معلومات ناقصة يستوجب بحثها في دراسات إدارة المياه القادمة.

4-2 تطوير الرصد الجوي والمائي وجدولة الري الآلية:

إن الإنتاج الزراعي بشقيه النباتي والحيواني قد تعرض لفقدان كبير في كمياته وتدهور في نوعيته خلال العقود القليلة الماضية وذلك نتيجة للتغيرات المناخية والكوارث الطبيعية التي ضربت مناطق كثيرة في العالم، فهناك فترات الجفاف المتلاحقة التي أدت إلى فقدان محاصيل بأكملها ونفوق ثروة حيوانية ضخمة، كما أن الفيضانات دمرت مساحات زراعية شاسعة. ومن ناحية أخرى نجد أن ارتفاع درجة الحرارة تارة وانخفاضها عن معدلاتها تارة أخرى وحدوث الصقيع وارتفاع الرطوبة والرياح السريعة تؤثر سلبياً بطريقة أو أخرى على مراحل نمو النباتات ودورة حياة المواشي والطيور.

ومما لاشك فيه أن المياه هي أساس الحياة بالنسبة للإنسان أو الحيوان أو النبات وان المحافظة عليها وإدامتها وتنميتها تعتمد بدرجة رئيسية على الظروف المناخية والتي تشمل الأمطار ودرجة حرارة الهواء

والرياح والإشعاع والسطوع الشمسي، وعليه فإن الضرورة تحتم الاهتمام بعلم الأرصاد وتطويره حتى يمكن التنبؤ بالتغييرات الجوية لتلافي الكوارث وضمان استمرارية إنتاجية الغذاء وبقاء الإنسان.

1-2-4 محطات الأرصاد الجوية المائية الآلية:

تعاني الدول العربية –كما ذكر سابقاً من شح في الموارد المائية الجوفية من جانب، وسوء استخدامها من قبل المزارعين من جانب آخر بسبب اعتقادهم أن الإنتاجية العالية للمحاصيل تعتمد على زيادة مياه الري، إلا أن البحوث قد أثبتت أن ذلك يؤدي إلى التغدق في الترب الطينية الثقيلة وربما يتسبب في تعفن الجذور وفقدان المحصول، وعليه فإن تطوير الرصد الجوي الزراعي صار أمراً ملحاً للتمكن من الحصول على البيانات المناخية الدقيقة التي تسهل عملية تقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل من أطوار نموها المختلفة.

ومن ناحية أخرى فان السحب الزائد من الأحواض الجوفية قد أدى إلى هبوط مناسيب المياه في الآبار وتدهور نوعيتها، ومن هنا تأتي أهمية الرصد المائي للآبار بقياس مناسيب المياه ودرجة التوصيل الكهربائي، وبما أن هذه القياسات تعتمد أيضاً على هطول الأمطار فإن تطوير الرصد المائي يتطلب إضافة محطات لقياس الأمطار في مواقع آبار المراقبة والتغذية وخطة التطوير المقترحة لشبكات الرصد الجوي والمائي تشمل تركيب محطات أرصاد آلية تعمل بنظام القياس عن بعد (Telemetry System) أو الاتصال عن بعد (Remote Communication System).

*** فوائد الاتصال عن بعد:**

ينتج من تنفيذ محطات الأرصاد الآلي عدة فوائد تشمل ما يلي:

- الحصول على بيانات دقيقة من المحطات الحقلية.
- الحصول على بيانات لحظية خاصة بالأمطار الغزيرة وشدة الرياح ودرجات الحرارة العظمى والصغرى تمكن من اتخاذ الإجراءات لدرء الأخطار في المزارع الناجمة من سوء الأحوال الجوية.
- توفير البيانات من المناطق النائية التي يتعثر الوصول إليها في حالة هطول أمطار غزيرة.
- التعرف على أي خلل يحدث في المحطات من خلال الإنذار المبكر في الحاسب الآلي الرئيسي في المحطة القاعدية وذلك يساعد في إجراء الصيانة اللازمة في الوقت المناسب.
- التسجيل المستمر لمناسيب المياه ودرجة الملوحة في آبار المراقبة والتغذية على مدار الساعة يوفر قاعدة بيانات مهمة لمتابعة الوضع المائي في الحوض الجوفي.
- توفير بيانات العناصر المناخية وتحليلها بواسطة احد برامج التحاليل الملحق بالنظام، وباستخدام برنامج CROPWAT، يمكن حساب المتطلبات المائية للمحاصيل وجدولة الري بالدقة المطلوبة.

- توصيل بيانات الآبار والأرصاد الجوية الزراعية مع قاعدة بيانات المياه والزراعة حيث يمكن توفيرها لجميع الباحثين في قطاع الزراعة والمياه للاستفادة منها في إنجاز أعمالهم.

*** طريقة نقل البيانات عن بعد:**

يتم نقل البيانات من المحطات الخارجية إلى المحطة القاعدية في المركز الرئيسي على النحو التالي:

- تسجيل بيانات العناصر المناخية والمائية في سجل البيانات (Data Logger) المركبة في المحطات الخارجية.

- يتم بعدها نقل البيانات من المحطات الخارجية إلى المحطة الرئيسية أو القاعدية (Base Station) بواسطة إحدى هذه الوسائل: GSM modem، و Radio Frequency أو ORB COM satellite .

- يتم معالجة البيانات بإحدى برامج التحليل مثل برنامج DEMAS .
(Data Evaluation Management and Alarm Software)

وهو برنامج يقوم بتقويم البيانات وإدارتها وإعداد الجداول والرسومات البيانية وإرسال إشارات الإنذار في حالة حدوث عطب في إحدى المحطات.

- يمكن استخدام بيانات العناصر المناخية بحساب الاحتياجات المائية وجدولة الري باستخدام طريقة (Penman-Monteith) أو إحدى الطرق الأخرى... وذلك على أساس يومي أو أسبوعي أو كل عشرة أيام أو شهري.

4-2-2 استخدام الرصد الجوي المائي في إدارة المياه الجوفية:

انه من المسلم به – بصفة عامة – بأن بيانات الرصد الجوي تمثل الأساس في حساب المياه المفقودة بواسطة التبخر– نتح من المحاصيل، بالإضافة إلى أن هناك عوامل أخرى لها تأثير في تحديد الاحتياجات المائية للمحاصيل تشمل نوعية المحصول ومراحل نموه وطبيعة التربة وطريقة الري والعمليات الزراعية. هذا وتجدر الإشارة بان تحديد المياه المستهلكة فعلاً بواسطة المحاصيل يتطلب إجراء تجارب حقلية لاختبار تأثير كل هذه العوامل وذلك يستغرق وقتاً طويلاً ومجهوداً جباراً ويكلف مبالغ طائلة للحصول على نتائج يمكن الاعتماد عليها.. وعليه فإن الإتجاه السائد حالياً هو تعزيز استخدام الرصد الجوي المائي في إدارة مياه الري. هذا وانه من المفيد الاستعانة ببيانات المناخ ومياه الآبار في ترشيد استهلاك المياه الجوفية في الزراعة العربية من خلال حساب المقننات المائية للمحاصيل وتخطيط المزارع وتصميم أنظمة الري وجدولة الري.

4-2-2-1 حساب المقننات المائية للمحاصيل:

تطبق معظم الدول العربية المعادلات التجريبية وشبه التجريبية لحساب التبخر-نتح المرجعي (ETo)

للمحاصيل، وهي عبارة عن علاقات مناخية تم وضعها بعد تجارب وقياسات حقلية، ومن أهم هذه المعادلات التي توصي منظمة الأغذية والزراعة الدولية (FAO) باستخدامها هي معادلة بنمان ومعادلة بنمان – مونتيث ومعادلة بليني-كريدل وطريقة التبخر.

- معادلة (Panman Monteith Formula):

تستخدم علاقة بنمان في دول كثيرة من العالم لأنها تشمل جميع العناصر المناخية والأسس النظرية والتطبيقية التي تؤثر بطريقة مباشرة وغير مباشرة على عملية التبخر-نتح للمحاصيل ، هذا وتجدر الإشارة بأن معظم الدول العربية قد أنشأت محطات أرصاد كاملة بأحدث قياس وتسجل البيانات المناخية بالدقة المطلوبة لتطبيق المعادلة .

هذا مع العلم بأن التبخر-نتح الناتج من هذه المعادلة كما يعرفه بنمان بنفسه هو: (كمية المياه المفقودة من نباتات خضراء قصيرة ذات ارتفاع متجانس تظلل التربة تماماً ولا تعاني من نقص الماء). ومن ناحية أخرى فان الظروف المناخية الشائعة في المنطقة التي أجريت فيها الدراسة (انجلترا) تختلف عن ظروف المناطق الجافة. وتجدر الإشارة بأنه إذا كانت سرعة الرياح النهارية حوالي ضعف السرعة خلال فترة الليل وان الرطوبة النسبية تعادل 60% وما فوق ، فإن معادلة بنمان تطبق كما هي من غير تعديل ، أما في حالة حدوث اختلافات كبيرة في سرعة الرياح بين النهار والليل وانخفاض في الرطوبة النسبية يستخدم معامل التعديل (c) المقترح من قبل Pruit & Doorenbos في معادلة بنمان لتكون:

$$- ETo = (c (W.Rn + (1-W). f(u). (e_a - e_d))$$

حيث :

ETo = التبخر-نتح المرجعي (مم/يوم)

$$- W = \frac{\Delta}{(\Delta + \check{O})}$$ معامل توازن متعلق بحرارة الهواء

ميلان ضغط بخار الماء المشبع وفقاً لمتوسط درجة الحرارة	$- \Delta =$
(psychrometric constant) ثابت سكرو متري	$- \check{O} =$
الإشعاع الصافي – يعبر عنه بما يعادل التبخر (مم/اليوم)	$- Rn =$
معامل متعلق بالرياح	$- f(u) =$
الفرق بين ضغط بخار الماء المشبع (عند متوسط درجة حرارة الهواء) ومتوسط ضغط بخار الماء الحقيقي (مليبار) .	$-(e_a-e_d) =$

معامل تعديل للتعويض عن تأثير الظروف الجوية خلال النهار والليل	- c =

وقد أجريت بحوث فيما يختص بطول النباتات وأثرها على قوة الهواء الحركية (aerodynamic factor) في الظروف الصحراوية حيث يسود نقل الحرارة المحسوسة (sensible heat) بواسطة حركة الهواء من الأراضي الجافة المجاورة إلى المنطقة المروية وقد استنتج من هذه الدراسة التي أجريت في دولة قطر شكل رقم (4-1)، انه يمكن استخدام معامل تصحيح لمعادلة بنمان قياساً بطول النباتات وذلك كما يلي:

طول النبات (سم)	50	100	150	200	255
معامل التصحيح	1.10	1.2	1.25	1.28	1.30

معادلة بنمان مونتيث:

أصدرت منظمة الأغذية والزراعة الورقة المنقحة لمعادلة بنمان لتكون باسم جديد هو معادلة بنمان– مونتيث (Penman – Monteith) وقد اتفق المستشارون بالمنظمة ان يتم تعديل المعادلة لتكون كالآتي:

$$ETo = \frac{900}{\frac{0.408\Delta\ (R_n-G) + yT + 273\ U_2\ (e_a - e_d)}{\Delta + y\ (1 + 0.34\ V_2)}}$$

Where ET_o	Reference crop evapotranspiration (mm d^{-1})
Rn	net radiation at crop surface (MJ M^{-2} d^{-1})
G	Soil heat flux (MJ M^{-2} d^{-1})
T	Average temperature (^oC)
U_2	Windspeed measured at 2m height (m s^{-1})
(ea-ed)	Vapour pressure deficit (kP_2)
Δ	Slope vapour pressure curve (kPa $^oC^{-1}$)
y	Psychometric constant (kPa $^oC^{-1}$)
900	Converstion factor

طريقة بليني وكريدل (Blaney & Criddle) :

وهي عبارة عن معادلة تجريبية لتقدير التبخر – نتح (ETo) اعتماداً على العلاقة الثنائية بين متوسط درجة الهواء والنسبة المئوية لعدد ساعات النهار. وقد استخدمتها الشركة العربية لتنمية الثروة الحيوانية (1984) في تقدير الاحتياجات المائية الشهرية لمشروع الركية لزراعة الأعلاف في دولة قطر، وذلك نسبة لتوفر البيانات اللازمة فقط لتطبيقها في منطقة المشروع في ذلك الوقت. وتم تقدير التبخر– نتح المرجعي من المعادلة التالية:

$$ETo = cF$$

$= c\ [\ P\ (0.46T + 8.13)]$

حيث:

ETo = التبخر – نتح المرجعي لشهر معين (مم/يوم)

T = المعدل اليومي لحرارة الهواء لشهر معين (^oC)

c = معامل تعديل يعتمد على الرطوبة النسبية الأدنى وعدد ساعات سطوع الشمس وتقدير الرياح النهارية

P = متوسط النسبة المئوية اليومية لعدد ساعات النهار خلال النمو بالنسبة لخط عرض معين

طريقة حوض التبخر (Pan Evaporation):

تعتمد هذه الطريقة على العلاقة الخطية بين التبخر من أحواض التبخر والمياه المفقودة بواسطة التبخر- نتح من النباتات:

$$ETo=Kp \times Epan$$

حيث :

Epan = التبخر من حوض التبخر (نموذج A).

Kp = معامل وعاء التبخر والذي يعتمد على الظروف الجوية والبيئة المحيطة بالحوض وتحدد وفقاً لموقع الوعاء (مساحة خضراء أو أراضي جافة)وقياساً بمعدل الرطوبة وسرعة الرياح في اليوم المحدد للري.

4-2-2-2 تخطيط المزارع وتصميم أنظمة الري بالرش:

- تأثير الرياح:

تؤدي سرعة الرياح العالية التي تتميز بها المناطق الجافة والصحراوية إلى أضرار جسيمة في المزروعات تشمل اقتلاع النباتات وكسر فروع الأشجار وميلان سوقها ورقاد المحاصيل الحقلية الطويلة وسقوط الثمار وتلفها، كما أن الرياح المحملة بحبيبات الرمال تغطي النباتات الصغيرة وتغلق ثغور الأوراق، وعندما تكون الرياح ساخنة وجافة تزيد عملية التبخر - نتح للمحاصيل، ومن ناحية أخرى فإن الرياح العالية السرعة (أكثر من 18 كم/ساعة) تقلل من كفاءة الري بالرش وتؤدي إلى توزيع غير منتظم للمياه في الحقل.

وعليه فإن معرفة سرعة الرياح واتجاهها يساعد كثيراً في التخطيط السليم للمزارع والتصميم المتقن لأنظمة الري بالرش وذلك من خلال الوضع في الاعتبار ما يلي:

* ضرورة إقامة أشجار مصدات الرياح حول محيط المزرعة وبين الحقول بحيث تكون مكثفة وعمودية بالنسبة للاتجاه السائد للرياح.

والمعروف أن إقامة أشجار مصدات الرياح تؤدي إلى تغيير العوامل الجوية وخلق ما يسمى بـ Micro climate وتؤدي أيضا إلى تخفيض معدل التبخر وتقليل سرعة الرياح.

* تصميم وتخطيط شبكة الري بالرش بحيث تكون الخطوط العرضية (Lateral lines) عمودية على اتجاه الرياح وان يكون تحديد المسافات بين الخطوط العرضية (Sl) والرشاشات (Ss) قياساً بسرعة الرياح واسترشاداً بجدول (4-1) الذي يوضح النسبة بين كل من Sl و Ss وقطر الرشاش Dw في ظروف الرياح الهادئة.

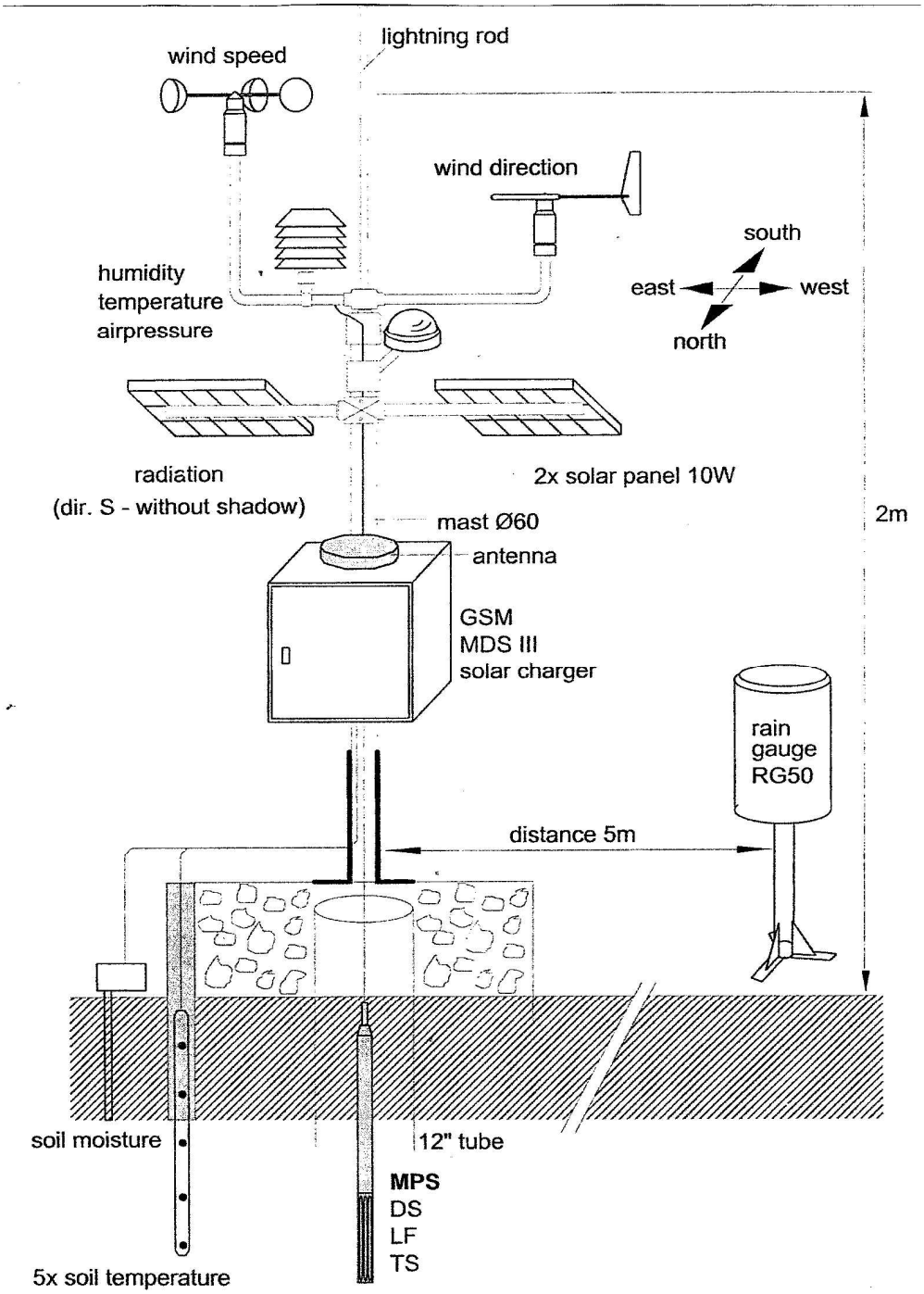
* يعتمد تصميم المضخات الرافعة (من الآبار) والدافعة (لتشغيل الري بالرش) على بيانات الرصد المائي الآلي الخاص بمناسيب المياه في الآبار.

* يتم اختيار نوعية مواد وأجهزة الري اعتماد على ملوحة مياه الآبار التي يوفرها الرصد المائي الآلي.

جدول رقم (4-1)
التداخل المقترح للرشاشات لسرعات رياح مختلفة
(From USDA, 1960)

سرعة الرياح كيلومتر/ساعة	Ss/Dw	S1/Dw.
8-0	0.50	0.65
16-8	0.50	0.50
16 وما فوق	0.35	0.50

شكل رقم (4-1)
معلومات فنية - محطة إقرار للإرصاد الجوى – دولة قطر



تأثير الأمطار:

تقع المزارع في بعض الدول العربية في المنخفضات والتي تعرف محلياً بالروضات وهي تكون في العادة محاطة بأراضي مرتفعة نسبياً والتخطيط الصحيح للمزارع يتطلب دراسة وتحليل بيانات

الأمطار في المنطقة وخاصة العواصف المطرية، وكذلك إجراء مسح طبوغرافي للمزارع والمناطق المجاورة مدعماً بالخطوط الكنتورية.وباستخدام هذه البيانات والمعلومات يمكن تصميم مصارف المياه أو جسر على جانب واحد (Single embankment drain) لحجز المياه من دخول المزارع وصرفها بعيداً عنها وبالتالي حماية المزارع من خطر فيضانات العواصف المطرية وتفادي تعرض المزروعات للغرق والتلف وانخفاض الإنتاجية . ومن ناحية أخرى فان المياه المصروفة يمكن الاستفادة منها في زيادة التغذية الطبيعية للحوض الجوفي بواسطة آبار مصممة خصيصاً لهذا الغرض. شكل رقم (4-2). يوضح رسم للمصارف والردمية الواقية.

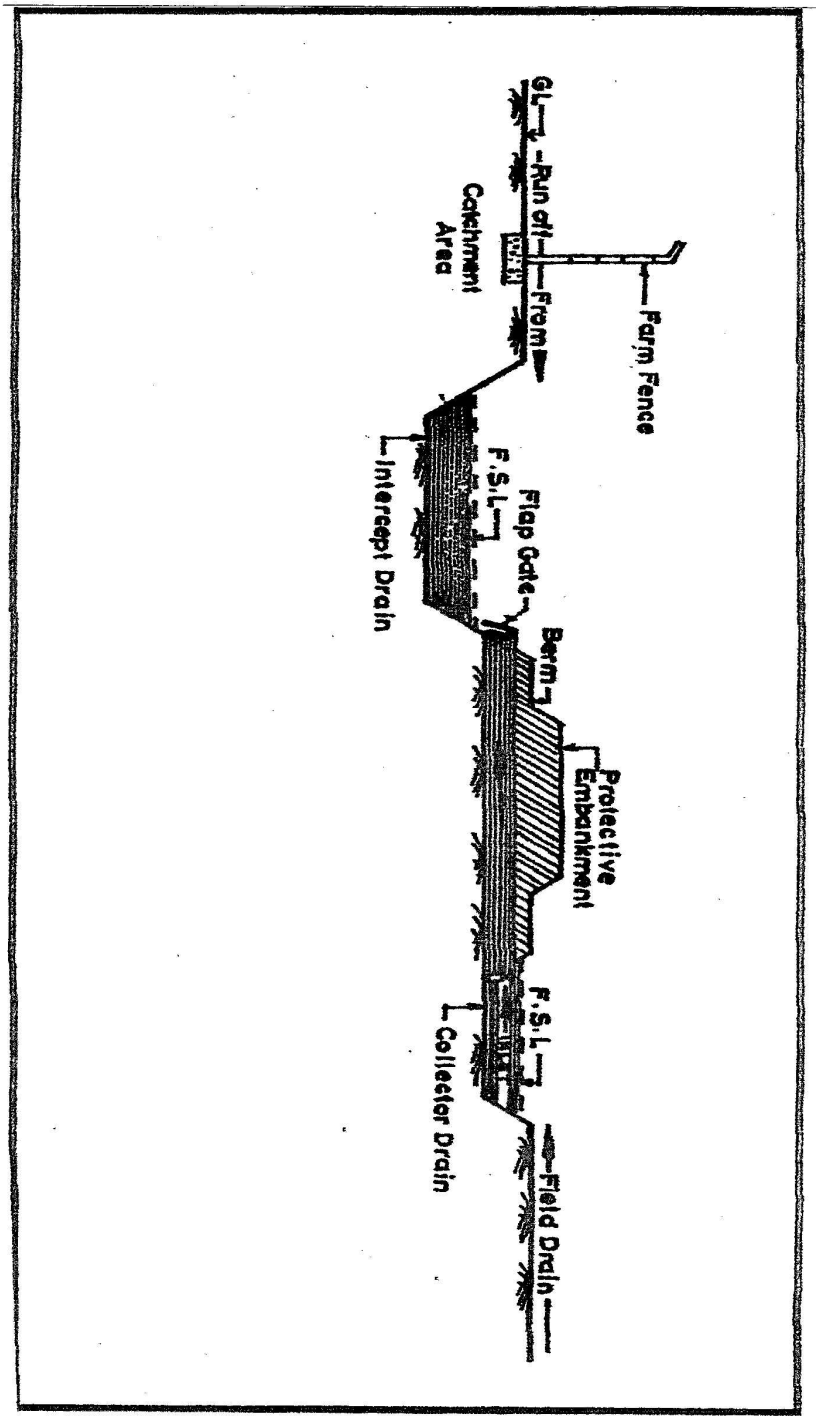
4-2-3 تنمية برنامج حاسوب لجدولة الري:

إن احد الوسائل الفعالة في ترشيد استخدام المياه الجوفية في الري هي الاستعانة بالري الآلي في جدولة الري وعليه يقترح أن تعمل الدول العربية في تنمية برنامج حاسب آلي أو تعديل أحد البرامج مثل (CROPWAT) ليناسب الظروف المحلية لكل دولة بحيث يكون متناسقاً مع برامج تحليل البيانات المناخية مثل DEMAS، وبحيث يمكن ربطه مع قاعدة بيانات المياه الجوفية في مراكز المعلومات الزراعية والخطوات التي يجب إنجازها لتنمية هذا البرنامج تتكون من الآتي:

- استخراج التبخر-نتح المرجعي ETo (كمثال انظر جدول رقم 4-2).
- تحديد معامل المحاصيل الرئيسية في مراحل النمو الأربعة (المرحلة الابتدائية، مرحلة النمو المتسارعة، المرحلة المتوسطة، المرحلة الأخيرة، أو مرحلة الحصاد).
- صفات المحصول (فترة مراحل النمو، عمق الجذور، نسبة استنزاف الرطوبة).
- خواص التربة (قوام التربة، رطوبة التربة الأولية، إجمالي رطوبة التربة المتيسرة، معدل الرشح).
- اعتماداً على البيانات المذكورة أعلاه، يتم الحصول على مخرجات جدولة الري (كمثال انظر جدول (4-3).

شكل رقم (4-2)

مقترح للمصارف والردمية الواقية



جدول رقم (4-2)
مخرجات التبخر-نتح المرجعي (ETo) من
برنامج CROPWT

CROPWAT : 02 NOVEMBER 1998

Reference Evapotranspiration ETo according Penman-Monteith							
Country Altitudi	**QATAR** **14 year**		**Meteo Station :RODHAT AL FARAS (yr)** **Cordinates : 25.82 N.L 51.33 N.L**				
Month	MaxTemp	MinTemp	Humid.	Wind	Sunshine	Sol.Radia	Eto-PenMon
JANUARY	21.7	10.6	71	100	6.7	13.2	2.2
March	23.1	11.4	67	118	7.4	16.0	2.9
April	26.8	14.1	62	124	6.6	17.05	3.7
May	33.1	18.1	52	125	8.0	21.2	5.0
June	39.4	22.5	43	140	9.3	23.9	6.6
July	41.2	24.8	42	165	10.1	25.2	7.6
August	42.4	26.5	46	136	8.5	22.7	6.9
September	40.3	26.3	54	116	9.3	23.3	6.6
October	36.2	23.8	58	102	9.1	21.4	5.7
November	30.2	20.5	61	91	8.7	18.4	4.4
December	24.0	16.9	66	98	7.9	15.0	3.2
YEAR	33.4	**12.9**	**72**	**101**	**6.6**	**12.5**	**2.4**

جدول رقم (4-3)
مخرجات جدول الري من برنامج CROPWAT

IRRIGATION SCHEDULING		**TOMATO/S**	**30 October**
Climate Station	**: Rodhat Al Faras**	**Climate File**	**: er-rfrs**
Crop	**: TOMATO/S**	**Planting date**	**: 30 Octoper**

Soil : Light **Available Soil moist : 60 mm/m.**
Initial Soil moist : 60 mm/m.
Irrigation Options selected :
Timing : Fixed Interval of 3 (A) / 3 (B) / 4 (C) / 4 (D) days
Application : Irrigation up to Field Capacity
Field Application Efficiency 70%

No Irr.	Int days	Date	Stage	Deplet	TX %	ETA %	NtGift mm	Deficit mm	Loss mm	Gr. Gift mm	Flow L/S/ha
1	3	3 NOV	A	52	92	97	8.1	0.0	0.0	11.6	0.45
2	3	6 NOV	A	50	89	98	8.2	0.0	0.0	11.7	0.45
3	3	9 NOV	A	48	99	99	8.2	0.0	0.0	11.7	0.45
4	3	12 NOV	A	44	100	100	7.7	0.0	0.0	11.0	0.45
5	3	15 NOV	A	40	100	100	7.4	0.0	0.0	10.6	0.42
6	3	18 NOV	A	39	100	100	7.4	0.0	0.0	10.6	0.41
7	3	21 NOV	A	36	100	100	7.2	0.0	0.0	10.0	0.40
8	3	24 NOV	A	33	100	100	6.8	0.0	0.0	9.7	0.37
9	3	27 NOV	A	32	100	100	6.8	0.0	0.0	9.7	0.37
10	3	1 Dec	A	31	100	100	6.8	0.0	0.0	9.7	0.37
11	2	3 Dec	A	28	100	100	6.3	0.0	0.0	9.0	0.35
12	3	6 Dec	B	27	100	100	6.3	0.0	0.0	9.0	0.35
13	3	9 Dec	B	26	100	100	6.3	0.0	0.0	9.0	0.35
14	3	12 Dec	B	25	100	100	6.1	0.0	0.0	8.7	0.34
15	3	15 Dec	B	24	100	100	6.0	0.0	0.0	8.6	0.33
16	3	18 Dec	B	23	100	100	6.0	0.0	0.0	8.6	0.33
17	3	21 Dec	B	23	100	100	6.1	0.0	0.0	8.7	0.34
18	3	24 Dec	B	23	100	100	6.3	0.0	0.0	8.9	0.35
19	3	27 Dec	B	23	100	100	6.3	0.0	0.0	8.9	0.35
20	3	1 Jan	B	22	100	100	6.3	0.0	0.0	8.9	0.35
21	3	3 Jan	B	22	100	100	6.5	0.0	0.0	9.3	0.36
22	3	6 Jan	B	22	100	100	6.5	0.0	0.0	9.3	0.36
23	3	9 Jan	B	21	100	100	6.5	0.0	0.0	9.3	0.36
24	3	12 Jan	B	21	100	100	6.7	0.0	0.0	9.5	0.37
25	3	15 Jan	B	21	100	100	6.7	0.0	0.0	9.6	0.37
26	3	18 Jan	B	21	100	100	6.7	0.0	0.0	9.6	0.37
27	4	22 Jan	C	29	100	100	9.6	0.0	0.0	13.7	0.40
28	4	26 Jan	C	31	100	100	10.2	0.0	0.0	14.6	0.42
29	4	1 Feb	C	31	100	100	10.2	0.0	0.0	14.6	0.42
30	4	4 Feb	C	34	100	100	11.2	0.0	0.0	16.0	0.46
31	4	8 Feb	C	34	100	100	11.2	0.0	0.0	16.0	0.46
32	4	12 Feb	C	35	100	100	11.7	0.0	0.0	16.7	0.48

تابع جدول رقم (4-3)

IRRIGATION SCHEDULING TOMATO/S 30 October

Climate Station : Rodhat Al Faras **Climate File : er-rfrs**
Crop : TOMATO/S **Planting date : 30 Octoper**
Soil : Light **Available Soil moist : 60 mm/m.**
Initial Soil moist : 60 mm/m.

Irrigation Options selected :
Timing : Fixed Interval of 3 (A) / 3 (B) / 4 (C) / 4 (D) days
Application : Irrigation up to Field Capacity
Field Application Efficiency 70%

No Irr.	Int days	Date	Stage	Deplet	TX %	ETA %	NtGift mm	Deficit mm	Loss mm	Gr. Gift mm	Flow L/S/ha
33	4	16 Feb	C	37	100	100	12.2	0.0	0.0	17.4	0.50
34	4	20 Feb	C	37	100	100	12.2	0.0	0.0	17.4	0.50
35	4	24 Feb	C	40	100	100	13.3	0.0	0.0	19.0	0.55
36	4	28 Feb	C	40	100	100	13.3	0.0	0.0	19.0	0.55
37	4	2 Mar	C	42	100	100	13.9	0.0	0.0	19.8	0.57
38	4	6 Mar	C	44	100	100	14.4	0.0	0.0	20.6	0.60
39	4	10 Mar	C	44	100	100	14.4	0.0	0.0	20.6	0.60
40	4	14 Mar	C	47	100	100	15.5	0.0	0.0	22.2	0.64
41	4	18 Mar	C	47	100	100	15.5	0.0	0.0	22.2	0.64
42	4	22 Mar	C	50	100	100	16.4	0.0	0.0	23.5	0.68
43	4	26 Mar	C	53	100	100	17.4	0.0	0.0	24.8	0.72
44	4	1 Apr	C	53	100	100	17.4	0.0	0.0	24.8	0.72
45	4	4 Apr	D	54	100	100	17.8	0.0	0.0	25.4	0.74
46	4	8 Apr	D	54	100	100	17.8	0.0	0.0	25.4	0.74
47	4	12 Apr	D	52	100	100	17.2	0.0	0.0	24.5	0.71
48	4	16 Apr	D	50	100	100	17.2	0.0	0.0	23.6	0.68
49	4	20 Apr	D	50	100	100	16.5	0.0	0.0	23.6	0.68
50	4	24 Apr	D	45	100	100	16.5	0.0	0.0	21.3	0.62
51	4	28 Apr	D	45	100	100	14.9	0.0	0.0	21.3	0.62
END	3	1 May	D	23	100	100	14.9	0.0	0.0		

Total Gross Irrigation	759.4 mm	Total Rainfall 0.0 mm	
Total Net Irrigation	531.6 mm	Effective Rain 0.0 mm	
Total Irrigation Losses	0.0 mm	Total Rain Loss	
Moist Deficit at harvest	7.5 mm		
Net Suply + Soil retention	539.0 mm		
Actual Water use by crop	539.0 mm	Actual Irr. Req	539.0 mm
Potential Water use by crop	539.0 mm		
Efficiency Irr. Schedule	100.0 %	Efficiency Rain	100.0 %
Deficiency Irr. Schedule	0.0 %		

YIELD REDUCTIONS Stage	A	B	C	D	Season
Reductions in ETC	0.5	1.1	0.0	0.0	0.1 %
Yield Response factor	0.50	0.10	1.10	0.80	1.05
Reductions in Yield	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1 %
Cumulative Yield reduct	0.3	0.3	0.3	0.3	%

4-2-4 النظام الآلي لإدارة المياه (جدولة الري الآلية):

استخدمت بعض الشركات الزراعية في المملكة العربية السعودية هذا النظام الذي يعتمد على الجدولة الآلية من خلال نظم التحكم ذات الدائرة المغلقة وباستخدام مجسات الرطوبة في التربة أو

باستخدام نماذج رياضية تقوم بحساب الاحتياجات المائية للنبات بناءً على معلومات مناخية في الموقع.

ويعد هذا النظام من النظم الحديثة ويعرف بنظام (سكادا) ويتكون من الوحدات التالية:

* وحدة تحكم مركزية لتخزين البيانات ومعالجة المعلومات وتضم برامج حاسوبية لتحديد الاحتياج المائي الفعلي للنبات.

* محطة الأرصاد الجوية الآلية لجميع البيانات المناخية.

* وحدات الاتصال عن بعد لنقل المعلومات.

* مجسات الرطوبة الحقلية للمقارنة والتأكد من مستوى الرطوبة في الحقل.

يعمل نظام سكادا كالتالي: تعمل وحدة التحكم المركزية على تلقي وخزن المعلومات المتعلقة بالمناخ والتربة والمحصول حيث توفر محطة الأرصاد الجوية الآلية (Data System Electronics – Orion International SCADA Weather) الموجودة في الموقع معلومات عن درجات الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح وقوة الإشعاع وغيرها، كما يوفر نظام المعلومات المعد في وحدة التحكم بيانات عن مراحل النمو التي يتم تزويد البرنامج بها فعلياً لكل محصول والاحتياجات المائية لكل مرحلة ويتم الاتصال بين وحدة التحكم ونظام الري كالرشاشات المحورية ووحدة الأرصاد الجوية والبيئية عن طريق نظام الاتصال عن بعد، وتقوم أجهزة الحاسب في وحدة التحكم بتلقي المعلومات من محطة الأرصاد الآلية ثم حساب الاحتياج الفعلي للنبات من المياه والتي عندما تصل إلى حد معين فإن إشارة اليكترونية ترسل إلى مضخة المياه بالبئر ليبدأ التشغيل، وفي حالة سقوط الأمطار أو ارتفاع درجة الحرارة فإن محطة الأرصاد الجوية تقوم بإمداد وحدة التحكم بالبيانات التي يتم تحليلها حيث تقوم وحدة التحكم حينها باتخاذ قرار بدء عملية الري أو التوقف في ضوء المعطيات لكافة العوامل الأخرى، وعند حدوث أي خلل فني بأحد وحدات الري مثل الرشاشات المحورية فان النظام يعطي إشارة واضحة أن هنالك خلل يوضح مكانة وبناء على ذلك تقوم وحدة الصيانة باتخاذ اللازم، وهكذا فإن نظام سكادا يعمل على الربط بين المناخ وفسيولوجيا النبات ومعامل الاستهلاك المائي للمحصول خلال موسم النمو مما يؤدي بجانب توفير المياه إلى تحقيق معدلات إنتاجية عالية للمحاصيل.

ويوضح الجدول رقم (4-4) كمية المياه المستهلكة في حالة استخدام هذه التقنية مقارنة بالري السطحي والري بالرش والنسبة المئوية للمياه التي يمكن توفيرها.

جدول رقم (4-4)
الاستهلاك المائي لبعض المحاصيل باستخدام تقنية SCADA
مقارنة بالاستهلاك المائي تحت الري
السطحي والري بالرش

	كمية المياه المستهلكة م^3/هكتار/موسم	% للترشيد

المحصول	ري سطحي	ري بالرش	باستخدام تقنية SCADA	مقارنة بالري بالرش
البرسيم	48235	36336	25435	30.0
الشعير (حبوب)	8236	6471	4530	30.0
الشعير (علف)	8436	6671	4670	30.0
الذرة الصفراء	11977	8991	6294	30.0

مزايا نظام جدولة الري الآلية:

لقد أظهرت نتائج هذه التجربة والدراسة بأن النظام يمكن أن يعمل بشكل يكفل رفع كفاءة الري تحت الظروف الحارة والجافة.. ومن خلال التجربة لمدة ثلاث سنوات متتالية في حقول مشروع الجوف بالمملكة العربية السعودية التابع للشركة الوطنية الزراعية تبين ما يلي:

1- إمكانية استخدام التقنية الحديثة في جدولة الري آلياً وبسهولة وبدون الحاجة إلى مهارات فنية عالية.

2- توفير مياه للري تتراوح كميتها ما بين 25%-35% مقارنة مع جدولة الري التقليدية وزيادة في المحصول تقدر بحوالي 15%.

3- توفير طاقة تقدر بحوالي 350 ساعة تشغيل.

4- متابعة حالة التربة والسيطرة على أعمال الري من غرفة التحكم لجميع المحاور.

3-4 الإجراءات الإدارية والفنية:

1-3-4 إدارة الطلب لترشيد الاستهلاك:

1-1-3-4 الإدارة المائية المتكاملة لاستدامة التنمية:

يرتكز مفهوم التنمية المستدامة للموارد المائية على أسس الكفاءة الاقتصادية والسلامة البيئية والعدالة الاجتماعية. ولكي يمكن فهم الطرق المثلى للتحكم في مصادر المياه الجوفية وصياغة البرامج الفنية والإدارية الناجحة للمحافظة عليها وترشيد استهلاكها لابد من التعامل معها وفهم الدور الذي يمكن أن تؤديه ضمن الإطار الشمولي الموضح في شكل رقم (4-3) للإدارة المائية المتكاملة التي تتعامل مع جميع عناصر ومكونات النظام المائي تحت الظروف الطبيعية والاقتصادية والاجتماعية السائدة بكل منطقة وقطر من مناطق وأقطار الوطن العربي. ولضمان تنمية مستدامة للموارد المائية ضمن هذا الإطار يجب أن يكون الإمداد المائي الممكن توفره بصورة مستديمة من مختلف المصادر مساوياً أو أكثر من الطلب المتوقع على

المياه لمواجهة مختلف الاستعمالات المائية أي أن.

4-3-1-2 الإمداد المائي المستديم ≤ الطلب على المياه:

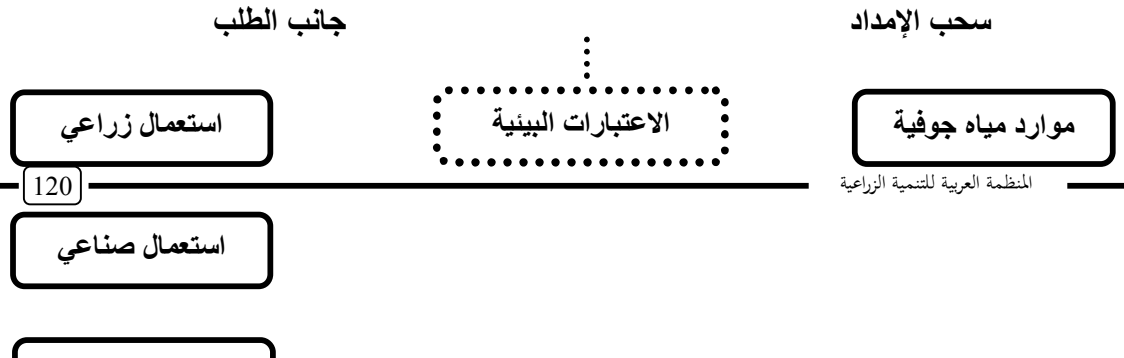
ويتم تحقيق ذلك إما بالتوسع في تنمية موارد مائية جديدة لمواجهة الطلبات المتزايدة على المياه وإما بالتحكم في الطلب على المياه والتقليل من معدلات استهلاكها. ولذلك فإن الإدارة المائية المتكاملة انطلاقاً من هذا المفهوم تتكون أساساً من إدارة الإمداد وإدارة الطلب. وتشمل إدارة الإمداد حصر وتقييم ورصد وتنمية الموارد المائية من مختلف مصادرها السطحية والجوفية وغير التقليدية.ونظراً لمحدودية مصادر المياه السطحية في معظم بلدان الوطن العربي وعدم قدرتها على مواجهة الاحتياجات المائية المتزايدة لمختلف أنواع الاستهلاك فقد لجأت هذه البلدان إلى التوسع في تنمية ما يتوفر لديها من مياه جوفية نظراً لانخفاض تكاليف تنميتها مقارنة بتكاليف تنمية المصادر غير التقليدية المتمثلة أساساً في إزالة ملوحة مياه البحر وإعادة استعمال المياه العادمة بعد معالجتها وتحسين نوعيتها.

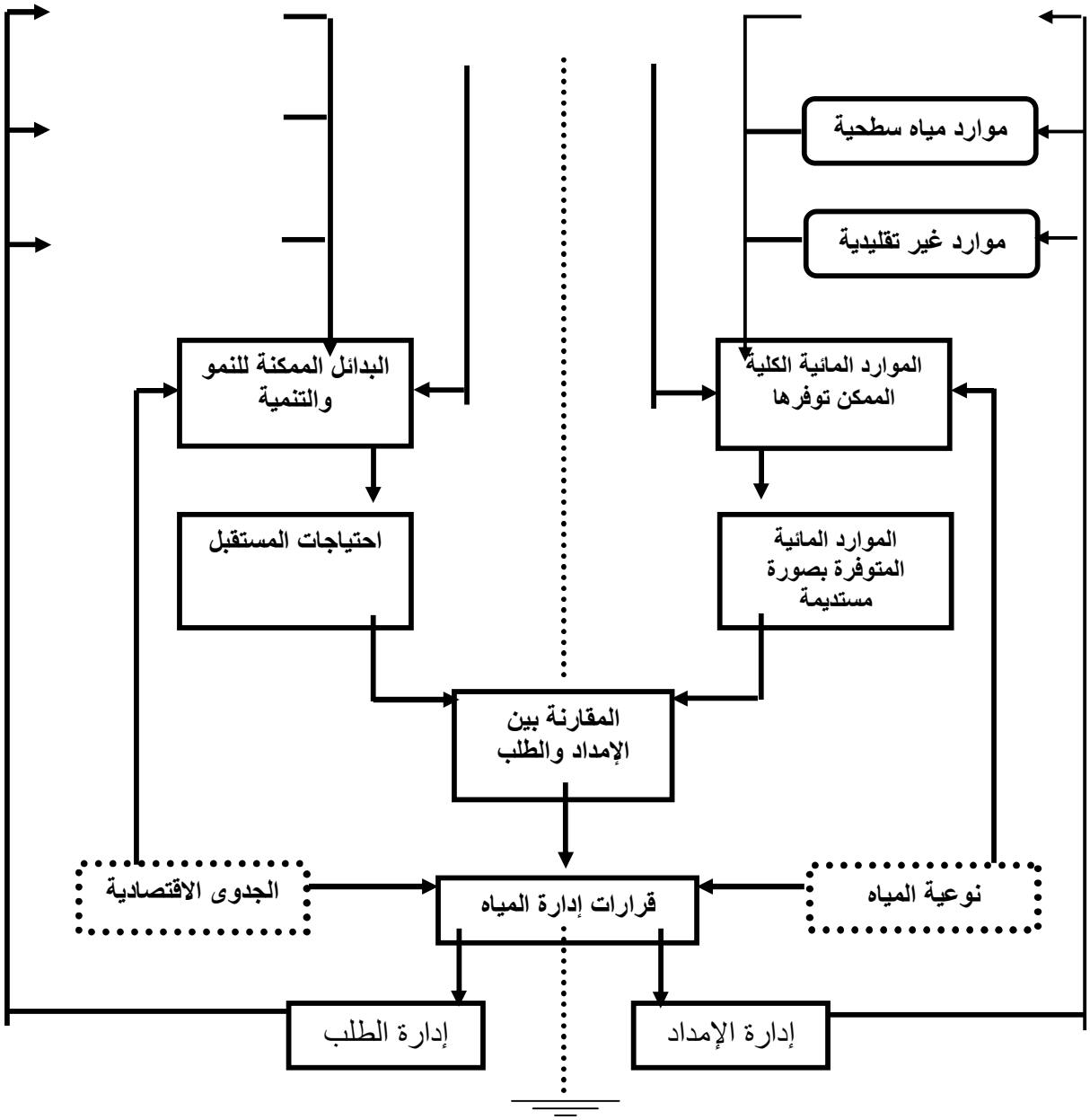
وأدى ذلك إلى تكثيف السحب من الأحواض المائية غير المتجددة أو محدودة التجدد مما ينتج عنه بعض الآثار السلبية التي قد تتفاقم مع مرور الزمن، وتصعب معالجتها وتفادي نتائجها المستقبلية غير المرغوبة.

أما الجزء الثاني من الإدارة المائية المتكاملة فيتعلق بإدارة الطلب على المياه لمختلف الاستعمالات البشرية والصناعية والزراعية والبيئية، ويهدف إلى تقدير معدلات الاستهلاك لهذه الاستعمالات وتوزيع الإمداد المائي عليها.ونظراً لارتباط عناصر الطلب على المياه بالفئات الاجتماعية المتنوعة المستهلكة للإمداد المائي وما تقوم عليه هذه الفئات من تنظيمات اجتماعية وقانونية واقتصادية وسياسية معقدة، فإن الإدارة المائية غالباً ما تحاول الابتعاد وعدم التدخل في إدارة الطالب. ولذلك تلجأ الإدارة المائية في معظم الدول العربية إلى تنمية موارد مائية جديدة لمواجهة الطلبات المتزايدة على المياه حتى ولو كان ذلك على حساب إنضاب مصادر المياه الجوفية وتعرضها للتدهور النوعي والتلوث البيئي.

ولتصحيح هذا الوضع غير المتكافيء بين عناصر الإمداد المائي تحت ظروف الندرة المائية الحالية التي تهدد مستقبل التنمية في الوطن العربي وارتفاع تكاليف تنمية الموارد المائية غير التقليدية يجب أن توجه الإدارة المائية جل اهتماماتها الحالية لإدارة الطلب بهدف التقليل من معدلات الاستهلاك وحصرها ضمن الإمداد المائي المستديم الممكن توفره بكفاءة اقتصادية مجدية وسلامة بيئية مقبولة وتوزيع اجتماعي عادل.

شكل رقم (4-3)
عناصر الإدارة المائية المتكاملة
لتحقيق أهداف التنمية





الشرط الأساسي لتحقيق استدامة التنمية
(الطلب الكلي ≥ الإمداد المستديم

ولتحقيق هذه الأهداف على الإدارات المائية بالأقطار العربية لابد من تفهم العناصر الأساسية لإدارة الطلب واعتمادها وإدخالها، ونشر ممارستها على أوسع نطاق ممكن بين القطاعات الاستهلاكية للموارد المائية. ويمكن تلخيص أهم هذه العناصر فيما يلي:

3-1-3-4 تسعير المياه لاسترجاع تكاليف إتاحتها للمستهلك:

إن محاولات استرداد تكلفة مياه الري عن طريق إقرار نوع ما من التسعيرة كانت دائماً ولا تزال تستحوذ على اهتمام الخبراء والمسئولين عن قطاع خدمات المياه، خصوصاً الاقتصاديين منهم. غير أن هذا

الاهتمام قد زاد كثيراً في الآونة الأخيرة نتيجة لعدة أسباب من أهمها ندرة الموارد المائية وارتفاع تكاليف إنشاء وإدارة المشاريع المروية الجديدة وانخفاض مردوديتها الاقتصادية، الأمر الذي يجعل من رفع إنتاجية المشاريع المروية القائمة حالياً وتحسين مستوى آدائها أكثر فعالية وأفيد بكثير من قيام مشاريع توسعية جديدة. ومن البديهي أن يؤدي القيام بتحسين المشاريع القائمة وإعادة تأهيلها إلى إعادة النظر في أساليب استرداد تكاليف إتاحة مياه الري حتى تتوفر الأموال اللازمة لهذا الغرض.

كما أن زيادة الطلب على المياه لمختلف الأغراض يفرض ضرورة الرفع من كفاءة استعمالها في المشاريع المروية القائمة بهدف زيادة إنتاجيتها لتحقيق أكبر مردودية إنتاجيه ممكنة لوحدة الحجم من المياه المستعملة، خصوصاً تحت ظروف الندرة المائية الحادة في الوطن العربي. وهناك قناعة بين خبراء المياه والمسؤولين عن أإدارة قطاع الري في معظم البلدان العربية بأن الرفع من قيمة تسعيرة المياه لاسترداد أكبر ما يمكن استرداده من تكاليف إتاحتها للمستهلك سيؤدي حتماً، وبصورة اوتوماتيكية، إلى الرفع من كفاءة استعمال هذه المياه . ولهذه الأسباب مجتمعة بدأ المهتمون بقضايا الري وإدارة الموارد المائية في البحث عن أساليب جديدة لإدارة المشاريع المروية ترتكز على تحديد تسعيرة للمياه المستعملة لتحقيق هدفين رئيسيين:

* رفع كفاءةاستعمال المياه، خصوصاً المياه الجوفية، في الأغراض الزراعية وإعادة توزيعها بين مختلف القطاعات وأغراض الاستعمال حسب المردودية الاقتصادية لوحدة الحجم من المياه المستعملة.

* استرجاع تكاليف الخدمات المائية المتضمنة لتكاليف تنمية مصادر المياه وتوفرها للمستهلك بهدف توفر مصدر مائي مستديم التدفق وعائد مالي يكفي لتحقيق الحد الأدنى من مستويات التشغيل والصيانة لضمان استمرارية التنمية.

4-1-3-4 الميزة المقارنة للمحاصيل الزراعية:

يستند هذا المبدأ من مباديء إدارة الطلب على ضرورة توجيه الموارد المائية الجوفية لأغراض الري نحو إنتاج المحاصيل الزراعية التي تتمتع بخصائص ومميزات إنتاجية وبيولوجية تجعلها أكثر قدرة على المنافسة في أسواق الاستهلاك من غيرها من بقية المحاصيل الأخرى وبالتالي تحقق أكبر عائد ممكن على وحدة الحجم من المياه المستعملة في إنتاجها. وهناك العديد من المحاصيل الزراعية التي تتميز بها المنطقة العربية دون غيرها والتي يجب التوسع في إنتاجها واستبعاد المحاصيل الزراعية الأخرى ذات الإنتاجية المتدنية والمعدلات العالية لاستهلاك مياه الري. وهذا المبدأ يستدعى المفاضلة بين الأنماط الزراعية والتراكيب المحصولية الأكثر ملاءمة للظروف البيئية والأوضاع المائية والاقتصادية والاجتماعية السائدة داخل كل قطر عربي.

5-1-3-4 الرفع من إنتاجية المياه الجوفية:

لا زال مفهوم الكفاءة المحصولية لاستعمالات مياه الري يكتنفه الغموض ويثير الكثير من الجدل بين المختصين بعلوم وهندسة الري الزراعي ولا يمكن توضيحه وتعريفه بدقة إلا من خلال المنظور المنبثق من عدة عوامل متداخلة حسب اهتمامات المعرف. فإذا ما عرف هذا المفهوم عموماً على أنه مجموع المنافع والفوائد الكلية المتحصل عليها من وحدة الحجم من المياه المستهلكة في عملية الري، سواءاً كانت هذه الفوائد سلعاً مادية منتجة أو خدمات نافعة أو عائدات مالية ، فإن هذا المفهوم يمكن ربطه مباشرة بإدارة الطلب على مياه الري وتكاليف الفرص الضائعة للمياه المستهلكة في الري الزراعي والميزة المقارنة لإنتاج المحاصيل الزراعية وغيرها من العوامل الاقتصادية المحددة لتعظيم الفائدة من مياه الري . ولقد جرت العادة في الزراعة المروية على الربط بين هذا المفهوم ومفهوم كفاءة الري الزراعي عندما يكون المورد المائي هو العامل الوحيد الذي يحد من العملية الإنتاجية. وفي مثل هذه الحالة فإن أي إجراء فني أو إداري يؤدي إلى تحسين كفاءة الري سيقود حتماً إلى الرفع من الكفاءة المحصولية لاستعمالات المياه في الزراعة المروية. غير أنه في جميع الأحوال يجب تحقيق توازن معتدل بين الرفع من كفاءة الري والعوامل الأخرى المحددة لتحقيق أكبر إنتاجية محصولية ممكنة وضمان استمرارية تدفق الحد الأدنى من مياه الصرف الخارجة من الوسط الزراعي الذي يتطلبها التوازن الملحي المقبول بيئياً المحدد بمعادلة (3) المشار إليها . ويجب في جميع الأحوال اتخاذ إجراءات إحترازية ضد ما يعرف بالري العجزي أو الري التكميلي بكل ما يرتبط به من عجوزات مائية للمحاصيل وتراكمات ملحية في الأوساط الزراعية المروية.

ولتحقيق أكبر كفاءة محصولية لاستعمال مياه الري المعتمدة على المياه الجوفية، أو ما أصبح يعرف حديثاً بالإنتاجية المائية، يجب إعطاء الأولوية لتحقيق أعلى إنتاجية ممكنة وراثياً للمحاصيل المروية من خلال إزالة جميع المعوقات الإنتاجية الأخرى عدا مياه الري . فمن الملاحظ تدني الإنتاجية الحالية لمعظم المحاصيل المروية داخل الوطن العربي إلى ما دون قدرتها الإنتاجية الكامنة وراثياً ، فعلى سبيل المثال قدرت الكفاءة المحصولية لاستهلاك مياه الري في إنتاج محاصيل الحبوب في مصر بحوالي 0.5 كيلو جرام للمتر المكعب من المياه (Higgins et al 1988) . وقيم مشابهة لهذه القيم متوقعة بجميع بلدان العالم العربي. ففي الزراعة المروية العصرية التي تعتمد على مدخلات عديدة متطورة في الإمكان الحصول على كفاءة محصولية لمحاصيل الحبوب تفوق 1.5 كيلو جرام للمتر المكعب من المياه إذا ما أتبعت الإجراءات الفنية والإدارية اللازمة . وهنا تكمن إمكانية الحصول على المزيد من الإنتاج الزراعي باستهلاك أقل من مياه الري وبالتالي المحافظة على موارد المياه الجوفية غير المتجددة أو محدودة التجدد.

6-1-3-4 نماذج وأنماط التنمية الاقتصادية وتكاملها:

بالنظر إلى ندرة المياه الحالية والمتوقعة مستقبلاً في معظم البلدان العربية فإن الزراعة المروية لا يمكنها أن تنمو وتتوسع في خطوط موازية للطلب على الغذاء للنمو السكاني المتزايد. وعندما يتم الأخذ في الاعتبار طلبات المياه المتوقعة لمواجهة الاحتياجات المائية للاستعمالات المنزلية والصناعية الآخذة في

الازدياد فإن الزراعة المروية لا تستطيع حتى المحافظة على مستوياتها الإنتاجية الحالية بصورة مستديمة ما لم يتم تنمية موارد مائية جديدة من مصادر غير تقليدية أو إتباع سياسات إدارة الطلب أو الاثنين معاً.

ومن المتوقع أن تتجه الاهتمامات المستقبلية للإدارة المائية في معظم البلدان العربية نحو القضايا المتعلقة بإعادة توزيع الموارد المائية المحدودة بين مختلف قطاعات الاستهلاك. ولذلك فإن التحديات الاقتصادية والاجتماعية والسياسية التي ستواجه هذه الإدارات ستكون ضخمة وصعبة الحلول ولكنه ليس من المستحيل التغلب عليها.وسيلعب مفهوم تكاليف الفرص الضائعة للمياه دوراً مهماً في تحديد المخصصات المائية لكل قطاع استهلاكي. كما يجب على الإدارات المائية المسئولة حصر الدعم المائي لقطاع المياه في الحد الأدنى لضمان تحقيق العدالة الاجتماعية للطبقات الفقيرة وفاقدي الامتيازات التفضيلية. كما يجب أن يساهم إدخال تسعيرة المياه ونظام ملكية مصادرها في تغيير مفهوم المصادر المائية من واقعها الحالي كملك عام مشاع بين المستهلكين واستبداله بمفهوم الماء كسلعة اقتصادية قابلة للتبادل والتسويق حسب العرض والطلب. ولا شك في أن الزراعة المروية ستكون الخاسر الأكبر تحت مثل هذه الترتيبات المؤسسية. غير أنه ليس من الضروري التوسع في الزراعة المروية، ولا حتى المحافظة على مستوياتها الحالية، طالما أن المياه التي قد تحول من قطاع الزراعة إلى بعض القطاعات الأخرى تساهم في خلق أنشطة اقتصادية للسكان وتوفر مبالغ مالية كافية لاستيراد الغذاء من الأسواق العالمية. وفي الإمكان تحت مثل هذه الظروف حصر الزراعة المروية في إنتاج المحاصيل ذات القيمة الاقتصادية العالية والميزة الإنتاجية المقارنة التي تمكنه من تسويقها بصورة تنافسية مربحة في الأسواق المحلية والإقليمية والعالمية.

أما الاتجاهات الحالية للزراعة التي لا زالت تسعى لتحقيق مباديء الأمن الغذائي والاكتفاء الذاتي من خلال مشاريع الري التي تمولها الحكومات والمانحين الآخرين ضمن برامج ما كان يعرف بالثورة الخضراء، وكذلك إغداق الدعم على القطاع الخاص والعام، فإن ذلك كله لا يساهم إلا في تعميق أزمة المياه الحالية وزيادة حدتها. ولذلك يجب عكس هذه الاتجاهات بالبحث عن نماذج تنموية جديدة ذات أنماط اقتصادية بديلة مثل الصناعات الخفيفة والتجارة والسياحة التي تستهلك كميات أقل من المياه وتحقق عائدات اقتصادية أكبر من الزراعات المروية. وسيساهم الموقع الجغرافي المتميز والمناخ الطبيعي المعتدل لمعظم مناطق العالم العربي في إنجاح هذه النماذج التنموية الجديدة. كما أن السعي وراء ربط البلدان العربية بوسائل المواصلات والاتصالات الحديثة وتحقيق مستويات عالية من التكامل الاقتصادي والاجتماعي بين الدول العربية سوف تخلق فرصاً تنموية بديلة تجنب المنطقة الأزمات المائية التي تهددها في الحاضر والمستقبل. ويجب دائماً التنبيه إلى أن مفهوم التنمية الاقتصادية والاجتماعية المستدامة هو مفهوم شمولي في الإمكان تحقيقه من خلال إتباع عدة بدائل وخيارات ولا يجب حصره ضمن الاعتماد على نشاط اقتصادي واحد كالزراعة المروية على حساب التضحية بالنظام الاقتصادي والاجتماعي الكلي.

2-3-4 الإجراءات الوقائية والعلاجية:

4-3-2-1 التحكم في السحب ضمن حدود آمنة:

هنالك العديد من المصطلحات والمفاهيم المستخدمة في هيدرولوجيا المياه الجوفية التي تستعمل لوصف أنماط ومعدلات سحب المياه من الخزانات الجوفية مثل "الاستغلال الجائر" و "تعدين المياه" و "السحب الآمن" وغيرها. وغالباً ما يطلق مصطلح "تعدين المياه" على طرق استغلال أحواض المياه الجوفية غير المتجددة والتي تمثل أهم الخزانات الجوفية في الوطن العربي. ولقد جرت العادة على استخدام مصطلح "السحب الآمن" الذي اتفق على تحديده بأن لا تتجاوز معدلات سحب المياه من الخزانات الجوفية التقديرات الواقعية لمعدلات حقنها وتجددها التغذية السنوية. ويسري هذا المفهوم على الخزانات الجوفية المتجددة التي لا تمثل نسبة كبيرة من إمداد المياه في الوطن العربي مقارنة بالخزانات غير المتجددة ولذلك فقد تم إدخال مفهوم" معدلات تعدين المياه المسحوبة" الذي يقصد به كمية المياه الممكن سحبها بطريقة اقتصادية من المخزون الكلي للخزانات غير المتجددة دون إحداث أي آثار بيئية واجتماعية ضارة. ونظراً لأن تنمية المياه الجوفية لها آثار اقتصادية واجتماعية وبيئية بعضها نافع ومرغوب وبعضها ضار ويجب تفاديه لذا على إدارات المياه بالوطن العربي أن تختار المؤشرات والمعايير التي تحدد بها قيم معدلات السحب الآمن ومعدلات تعدين المياه المسموح بها حسب معطياتها وأهدافها التنموية الطويلة المدى وأهم المؤشرات التي يجب أخذها في الاعتبار أثناء تحديد قيمة السحب الآمن والتعدين المسموح وتشمل:

1- انخفاض مناسيب المياه والضغوط البيزومترية في الخزانات الحديثة.

2- تدهور نوعية المياه بالخزانات الجوفية المستغلة.

3- الهبوط الأرضي والتصدع.

4- التداخل الهيدرولوجي مع مياه الينابيع والأنهار والبحيرات.

5- التأثير على الأنظمة البيئية التي تغذيها المياه الجوفية، وفي الإمكان حالياً استعمال النماذج الرياضية لمحاكاة التنمية المستقبلية لخزانات المياه الجوفية والتعرف على استجابتها لإستراتيجيات الإدارة المائية المرغوبة. وفي حالة أحواض المياه الجوفية الإقليمية المشتركة بين عدة دول عربية يجب تطوير وتحديث واستخدام نموذج رياضي إقليمي يهدف أساساً إلى فهم اتجاهات حركة المياه الجوفية ومعدلاتها والتعرف على حدود الخزانات الثانوية الإقليمية منها والمحلية المتفرعة عن الأحواض الإقليمية الكبرى لتسهيل محاكاتها ودراستها، وتعتبر النماذج الرياضية التشغيلية مفيدة جداً في صياغة خطط تنمية المياه الجوفية وباستعمالها وفي إمكان إدارة المياه أن تتحكم في معدلات السحب ومعدلات هبوط مناسيب المياه في الآبار، وتدفقات الهبوط المستقبلية والإنتاجية المحتملة لهذه الآبار والتغيرات في عمق الطبقات المشبعة، هذه المعلومات مهمة جداً وضرورية لصياغة

وتنقيح وتعديل الخطط المستقبلية التي تحافظ على المورد المائي ولا تعرضه للآثار السلبية التي قد تنتج عن الاستعمال العشوائي لهذا المورد الحيوي للمنطقة.

4-3-2-2 تجنب ظاهرة المصدر المائي المشاع:

لقد نتج عن زيادة الاعتماد على مصادر المياه الجوفية في الوطن العربي سواءاً على المستوى المحلي أو القطري أو الإقليمي، بعض الظواهر السلبية التي عادة ما تعزى إلى استغلال "الموارد المشاعة". وأهم الخصائص الأساسية لأي موارد طبيعية مشاعة مثل الأحواض المائية هي قابليتها لمبدأ الخصم وارتفاع تكاليف استبعاد المستفيدين من استغلال هذه الموارد . وتعني قابلية المورد المائي للخصم ان أي وحدة حجم من المياه يتم سحبها من الحوض المائي واستهلاكها من قبل أي مستعمل لهذا الحوض سوف لن تتوفر لبقية المستعملين المشاركين له في نفس الحوض، سواءًكان هؤلاء المستعملين أفراداً أو قطاعات يشتركون في حوض محلي أو دولاً تستعمل حوضاًجوفياً مشتركاً بينها. أما ارتفاع تكاليف استبعاد المستفيدين عن استغلال الحوض المائي فذلك أمر بديهي حيث من المتعذر أن لم يكن من المستحيل إقناع أي مستعمل أو أكثر للحوض المائي بالتوقف عن استغلال مياه هذا الحوض بدون تعويضه بما يفوق، أو على الأقل يساوي، قيمة الفوائد والمنافع التي سيفقدها نتيجة لهذا التوقف. والبديل الأخر الوحيد لذلك هو اللجوء إلى القوة التي غالباً ما تكون سلطة الدولة على المستوى القطري أو النزاع المسلح على المستوى الإقليمي. وهذا البديل غالباً ما يكون ضاراً اجتماعياً وغير مقبول سياسياً على المستويين القطري والإقليمي.

وتبرز المشاكل الناتجة عن ظاهرة المورد المائي المشاع عندما يؤدي الاستعمال المرغوب لأحد المشاركين في الحوض المائي إلى نتائج غير مرغوبة من منظور بقية مجموع المستعملين المشاركين له في نفس الحوض. وهناك دائماً إمكانية لصياغة وتطبيق استراتيجية جماعية لإدارة الأحواض الجوفية المشتركة بين المستعملين لها من خلال ترتيبات مؤسسية وقانونية معدة لهذا الغرض. غير أن تطبيق الاستراتيجية الامثل للمحافظة على الحوض المائي المشترك وحسن استغلاله وإدارته غالباً ما تصطدم على أرض الواقع بالمعوقات الاقتصادية والأطر المؤسسية القائمة التي يتم من خلالها استغلال الحوض المائي المشترك.

ولقد كان ولا يزال استعمال أحواض المياه الجوفية المشاعة في الوطن العربي ضمن إطار المقدرة على الوصول إليها في مجال مفتوح حسب الاستطاعة أمام جميع الراغبين في الاستعمال. وعندما يكون الحوض غير مملوك لأي من المستعملين فإن المستعملين المشاركين في الحوض لا يوجد لديهم الحافز للرفع من كفاءة استعمال المياه المسحوبة والمحافظة على المخزون المائي في الحوض للاستعمالات المستقبلية. ولذلك فإن المصلحة الشخصية وحدها هي التي تسير وتنظم أسلوب المستعملين وتؤدي في النهاية إلى السحب الجائر للمياه من الحوض المائي المشترك بينهما، وعندما يكون الحوض المائي الجوفي غير متجدد أو أن معدل التجدد أقل بكثير من معدل السحب فإن التنافس المتزايد بين المستعملين سيؤدي حتماً إلى إجهاد الحوض المائي وتدهور نوعية مياهه وإنضابه في النهائية. وينطبق هذا الوضع على معظم أحواض المياه الجوفية في

الوطن العربي المحلية منها والقطرية وكذلك الأحواض الكبرى المشتركة بين عدة دول عربية. ولتفادي هذه المشكلة وتجنب هذا الوضع المائي الغير قابل للاستدامة لابد من صياغة خطط فعالة طويلة المدى لإدارة أحواض المياه الجوفية والتحكم في توزيع معدلات سحب المياه منها بين المستعملين. ويجب أن تبني هذه الخطط على معلومات هيدروجيولوجية واقتصادية واجتماعية تفصيلية عالية الدقة يجب تجميعها وتحليلها ضمن الإطار الشمولي الذي يشجع على تحقيق مباديء التنمية المستدامة بين المنتفعين بهذه المياه سواءاً على المستوى المحلي أو القطري أو الإقليمي.

4-2-3-3 حماية المياه الجوفية من التلوث:

مع زيادة الكثافة السكانية وارتفاع مستوى المعيشة في معظم بلدان الوطن العربي وما صاحبها من أنشطة اقتصادية، زراعية وصناعية، أصبحت خزانات المياه الجوفية القريبة من التجمعات السكانية والأنشطة الاقتصادية تتعرض إلى العديد من عوامل التلوث التي تزيد من تدهور نوعيتها وتحد من استعمالاتها. وتشمل هذه العوامل زيادة تركيز الأملاح الذائبة نتيجة السحب الجائر من الخزانات الجوفية الساحلية وهبوط مناسيبها البيزومترية مما يجعلها عرضة لتداخل مياه البحر وكذلك بسبب تسرب المخلفات الصناعية والأسمدة الكيماوية والمبيدات الزراعية والنفايات المنزلية مع مياه الصرف الزراعي واختلاطها بالمياه الجوفية الضحلة خصوصاً في حالة الأحواض المائية المفتوحة.

4-2-3-4 تفادي تملح المحيط الزراعي:

يجب الأخذ في الاعتبار بأن أي محاولة نحو مواجهة زيادة الطلب على الغذاء، ولو جزئياً نتيجة الزيادة السكانية السريعة في الوطن العربي من خلال التوسع في الزراعة المروية المعتمدة على المياه الجوفية غير المتجددة، أو المحدودة التجدد، لا يمكن تحقيقها إلا على حساب المخزون المعرض للإنضاب بالخزانات الجوفية الإقليمية أو المحلية. ونظراً لأن الزراعة المروية في المناطق الجافة وشبه الجافة داخل الوطن العربي عرضة للتبخر عالي السعة لذلك فإن معدلات تراكم الأملاح والملوثات في الوسط الإنتاجي الزراعي المصاحبة لها عادة ما تكون مرتفعة ويجب احتوائها ضمن الحدود الممكن تقبلها لضمان استدامة الزراعة المروية خاصة واستدامة التنمية الاقتصادية والاجتماعية بصورة عامة.

وبافتراض توازن ديناميكي بين معدلات ترسب الأملاح ومعدلات ذوبانها في الترب الزراعية المروية، وإهمال امتصاص وإزالة الأملاح من الوسط الإنتاجي من خلال الأنشطة والعمليات البيولوجية، فإنه يمكن التعبير عن معادلة الموازنة الملحية لبيئات الأوساط الإنتاجية الزراعية في أبسط صورها على النحو التالي:

$$(i)\ (C_i) - (O)\ (C_o) = \Delta\ SS \quad (1)$$

حيث:

i = معدل استهلاك مياه الري في الوسط الزراعي الإنتاجي.

C_i = متوسط تركيز الاملاح في مياه الري المستهلكة.

O = معدل خروج المياه من الوسط الزراعي الإنتاجي من خلال عمليات البخر والنتح والصرف الزراعي والتسرب العميق.

C_o = متوسط تركيز الأملاح في المياه الخارجة من الوسط الزراعي الإنتاجي.

ΔSS = التغير في مخزون الأملاح المتراكمة داخل الوسط الإنتاجي الزراعي .

وتوضح معادلة (1) نقطتين هامتين يجب أن تبني عليهما الاستراتيجيات الفنية والإدارية الفعالة لتجنب تملح الأراضي الزراعية المروية. **أولا،** سوف يستمر تراكم الأملاح والملوثات الأخرى داخل الأوساط الزراعية المروية طالما كانت معدلات خروج المياه التي تترك الوسط الزراعي المروي من خلال عمليات الصرف الزراعي والتسرب العميق لا تكفي لإزالة الأملاح المضافة إلى ذلك الوسط والتي تتراكم باستمرار نتيجة عمليات التبخر والنتح ذات معدلات مرتفعة، ومع الأخذ بعين الاعتبار التركيزات الملحية المرتفعة نسبياً في معظم مصادر المياه الجوفية بالوطن العربي مقارنة بمصادر المياه السطحية، سوف يؤدي ذلك حتماً إلى وضع بيئي متدهور غير قابل للاستدامة تصعب معالجتة تقنياً وترتفع تكاليف إصحاحه مالياً. **ثانياً،** لتحقيق مباديء استدامة التنمية داخل الأوساط الزراعية المروية عند أي مستوى مقبول لتركيز الأملاح والملوثات، يمكن التعبير عن معادلة (1) كما يلي:

$$(i)\ (Ci) = (O)\ (Co) \qquad (2)$$

حيث يتطلب هذا الوضع ضرورة خروج نسبة معينة من مياه الري المضافة للوسط الزراعي والتخلص منها في مصب ملحي على هيئة مياه صرف غير قابلة للاستعمال إلا بعد معالجتها والتخلص من الأملاح المحمولة بها. وفي الإمكان تقدير نسبة مياه الري التي يجب أن تترك الوسط الزراعي المروي من معادلة (2) على النحو التالي:

$$\frac{(O)}{(i)} = \frac{(C_i)}{(O_i)} \qquad (3)$$

وهذا المفهوم يستعمل على نطاق واسع للتحكم في الملوحة في الأوساط الزراعية المروية، ويجب تعميمه وأخذه في الاعتبار أثناء تقدير الاحتياجات المائية الكلية للمحاصيل الزراعية المروية، خصوصاً في المناطق الجافة التي تعتمد على مياه جوفية عالية الملوحة نسبياً.

5-2-3-4 تخفيف الضغط على موارد المياه الجوفية:

تعتمد المنطقة العربية في إمداداتها المائية كلياً أو جزئياً أما على المياه السطحية بالنسبة للدول العربية التي تتميز بأحواض نهرية مستمرة الجريان وأمطار موسمية هامة أو على أحواض المياه الجوفية المتجددة وغير المتجددة آو على مزيج من الموردين. ونظراً لعدم وجود فائض في مصادر المياه السطحية التي يأتي معظمها من خارج المنطقة العربية والذي قد يتناقص مستقبلاً نتيجة زيادة استعمال هذه المصادر في دول المنابع، لم يبق من مصدر آخر تقليدي بديل إلا التوسع في تنمية واستنزاف خزانات المياه الجوفية المستغلة حالياً ومن ثم تلويثها. أما تنمية الموارد المائية غير التقليدية المتمثلة في إزالة ملوحة مياه البحر وإعادة استعمال المياه العادمة بعد معالجتها فهي إلى وقت قريب عالية التكلفة وغير مجدية اقتصادياً للاستعمالات الزراعية. ولقد حدثت في الآونة الأخيرة عدة تطورات تقنية ساهمت في التخفيض بدرجة كبيرة من تكلفة تنمية هذه الموارد الأمر الذي يشير ببوادر التوسع في تنميتها وتطويرها على نطاق واسع يسمح بسد جزء كبير من الاحتياجات المائية لمختلف الاستعمالات ويخفف الضغط على مصادر المياه الجوفية. ولذلك يجب على المؤسسات البحثية والإدارات المائية الاهتمام بإدخال وتطوير وتوطين هده التقنيات والتوسع في نشرها داخل المنطقة لعربية استعداداً لمواجهة الاحتياجات المائية المتزايدة التي قد لا تفي المصادر المائية القائمة بتوفيرها.

6-2-3-4 التوسع في الاعتماد على المياه المحملة مع السلع (Virtual Water):

يعرف الماء المحمل مع السلع بحجم المياه المستعمل في إنتاج السلع الزراعية والصناعية في البلد المنتج لهذه السلع تحت الظروف المناخية والاقتصادية والاجتماعية لهذا البلد. ونظراً لأن البلدان العربية تعتمد في جزء كبير من احتياجاتها الغذائية والصناعية على الاستيراد من الخارج، فإنها في واقع الأمر لا تستورد احتياجاتها من هذه السلع فقط وإنما تستورد معها ضمناً كميات المياه التي استعملت في إنتاج هذه السلع المستوردة والتي إذا ما أنتجت محلياً يؤدي إنتاجها إلى استغلال كميات هائلة من المياه التي قد لا يمكن توفرها بصورة اقتصادية ولاستعمال هذا المفهوم بفعالية كأداة تخطيطية في برمجة توزيع الموارد المائية المحدودة على القطاعات الاستهلاكية المختلفة يجب اللجوء للتحليل الاقتصادي الدقيق لتكاليف إتاحة مياه الري وتحديد الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية الأساسية تحت الظروف المناخية التشغيلية المحلية والقيمة الاقتصادية للمردود الإنتاجي لهذه المحاصيل وتكاليف استيراد المنتجات الزراعية من الخارج وإنتاجية مياه الري في فرص أخرى بديلة كالصناعة والسياحة وغيرها .

وكمثال توضيحي مبسط لإبراز أهمية هذا المفهوم كأداة تخطيطية نشير إلى أن العديد من الدول العربية ذات البيئات الصحراوية قد لجأت خلال السنوات الماضية للتوسع في زراعة الحبوب والأعلاف بهدف الوصول إلى الاكتفاء الذاتي من هذه المنتجات أو على الأقل تحقيق جزء منه مثل ما حدث في السعودية

وليبيا . وتتراوح الاحتياجات المائية لمحاصيل الحبوب تحت الظروف المناخية والتشغيلية في هذه الدول بين 12.000 و 16.000 م^3 للهكتار لإحراز إنتاجية محصولية متوسطة، تتجاوز 4 طن للهكتار، أي باستهلاك ما بين 3000 و 4000 متر مكعب من المياه للطن الواحد . فإذا ما تم استيراد هذه الحبوب من السوق العالمية حسب الأسعار السائدة الآن والتي تتراوح بين 200 و 300 دولار أمريكي للطن الواحد من القمح، فان الدول المستوردة لهذه السلعة لم تستورد القمح فقط بل كأنها استوردت حجم المياه الذي كان سيستهلك في إنتاجها محلياً بتكلفة لا تتجاوز 10 سنتاً م^3. فإذا ما حسبت بقية مدخلات الإنتاج المحلي الأخرى مثل تكاليف الميكنة ومعدات الري والتسميد والوقاية والعمالة فإن هذه التكلفة قد تنخفض إلى أقل من 5 سنتات م^3. وبالنظر إلى تكاليف إتاحة مياه الري في هذه الدول والتي قد تصل إلى أكثر من 30 سنتاً م^3 في حالة مياه النهر الصناعي في ليبيا فإن مفهوم استيراد المياه المحملة مع السلع "virtual water"قد يوفر بديلاً مقبولاً للسحب الجائر من الخزانات الجوفية لأغراض الري وتخصيص ما يمكن توفره من الزراعة المروية لأغراض أخرى أكثر مردودية.

وقد لا يتلائم هذا المفهوم مع الدول العربية التي ليست لديها القدرة المالية على استيراد الغذاء ولكنه يتمشى تماماً مع العديد من الدول العربية التي تتوفر لديها المقدرة المالية على ذلك.

4-4 الري بالمياه المالحة:

تعهد رؤساء دول العالم في مؤتمر قمة الغذاء العالمي الذي عقد بمدينة روما عام 1996 بتخفيض عدد الجوعى في العالم الذي يبلغ عددهم 840 مليون إلى 50% بحلول عام 2015. وتشير الإحصاءات بأن معظم الذين يعانون من سوء التغذية يعيشون في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. ولكن كيف يمكن القضاء على الجوع والموارد المائية المتوفرة للزراعة قد تم استنزافها والأراضي الزراعية قد استهلكت وقلت إنتاجياتها؟ وعليه أن كل ما تبقى لنا هو استخدام المياه المالحة والأراضي المتأثرة بالملوحة.

إن استخدام المياه الحاوية على تركيز عالي من الأملاح (أكثر من 3 ديسيسمنز/م) لزراعة محاصيل اقتصادية تتحمل الملوحة تعتبر من الأمور الأساسية التي يجب التركيز عليها للتمكن من تخفيف الضغط على المياه الجوفية العذبة. والمياه المالحة التي يمكن استخدامها في هذا المجال تشمل بالإضافة للمياه الجوفية المالحة مياه الصرف الزراعي ومياه الصرف الصحي المعالجة. وقد أدركت معظم الدول العربية أهمية الاستفادة من كل الموارد المائية المالحة حيث تم إنشاء مركز الزراعة الملحية بدولة الإمارات العربية المتحدة وقام الباحثون العرب بإجراء تجارب مكثفة أثبتوا فيها إمكانية الحصول على إنتاجية مناسبة باستخدام مياه تصل ملوحتها إلى 10.0 ديسيسمنز/م، بل إن المملكة العربية السعودية قد نجحت في إنتاج نباتات السالیكورنيا المروية بماء البحر بمنطقة الزور بشمال الجبيل. ونبات السالیكورنيا نبات محب للملوحة

(Halophyte) يستخدم كأعلاف مائي للحيوان ويستخرج من بذوره زيت ذات نوعية جيدة صالح للاستخدام الآدمي.

1-4-4 تصنيف المياه المالحة وصلاحيتها للري:

إن صلاحية أو ملاءمة استخدام المياه المالحة في الزراعة تعتمد إلى درجة كبيرة على ظروف استخدام هذه المياه والتي تتضمن المحصول، الظروف المناخية، التربة، طريقة الري، الصرف، وعليه فان تصنيفات نوعية المياه لا ينصح باستعمالها لتحديد صلاحية هذه المياه للري ومدى صلاحيتها للزراعة. وعلى أية حال ولغرض التعريف بمستويات ملوحة المياه نورد هنا التصنيف الذي أعد من قبل Rhodes وآخرين (1992) جدول رقم (4-5).

إن الاتجاه الحديث في تقييم نوعية المياه وتحديد صلاحيتها للري تعتمد على مدى تأثيرها على خلق ظروف في التربة تؤدي إلى ضرر في نمو المحصول أو استخدام المحصول.ووفقاً لدراسات منظمة الأغذية والزراعة الدولية فإن هذا التقييم يتكون من أربعة مشاكل ري محتملة وهي الملوحة، النفاذية، التسمم النوعي للأيون وتأثيرات متنوعة أولها مشكلة الملوحة التي تسبب في عدم استطاعة جذور النبات امتصاص الماء والعناصر الغذائية وثانيها مشكلة النفاذية التي تؤثر في معدل رشح الماء في التربة وتقيم بواسطة درجة إدمصاص الصوديوم (SAR) وملوحة المياه (ECw) والمشكلة الثالثة تسمم النباتات بسبب

جدول رقم (4-5)
تصنيف المياه المالحة

الصنف	التوصيل الكهربائي ديسيسمنز/م	تركيز الأملاح ملجرام/لتر	نوعية الماء
غير مالح	أقل من 0.7	أقل من 500	مياه شرب ومياه ري
قليل الملوحة	2-0.7	1500-500	مياه ري
متوسط الملوحة	10-2	7000-1500	مياه صرف أولية ومياه جوفية
عالي الملوحة	25-10	15000-7000	مياه صرف ثانوية ومياه جوفية
عالي الملوحة جداً	45-25	35000-15000	مياه جوفية مالحة جداً

شديد الملوحة جداً	أكثر من 45	أكثر من 35000	مياه بحر

تركيزات الصوديوم والبورون أما المشكلة الرابعة فتتعلق بزيادة تركيزات النترات أو البيكربونات أو رقم الحموضة (أنظر جدول رقم (4-6). وقد قسمت هذه الأدلة تقييد استعمال المياه إلى ثلاثة درجات: لا توحد قيود عند استعمال مياه تقل ملوحتها عن 0.7 ديسيسمنز/م، وقيود خفيفة إلى متوسطة عند استخدام مياه تتراوح ملوحتها 0.7-3.0 ديسيسمنز/م، وقيود شديدة عندما تفوق ملوحة المياه 3.0 ديسيسمنز/م ... هذا وتجدر الإشارة أن القيود في الاستعمال لا تعني بان المياه غير صالحة للري، وهذه الأدلة تدريجية ولا يوجد خطوط فاصلة بين درجات القيود وهذه تعتبر أحد مشاكل هذه الأدلة التي يجب استخدامها كمؤشر، حيث كل منطقة لها ظروفها الخاصة. والجدير بالذكر بأن هذه الأدلة اعتمدت في اشتقاقها على تربة ذات قوام يتراوح بين طمي رملي وطمي طيني وفي منطقة جافة وشبه جافة، والأمطار قليلة لا تكفي لغسيل الأملاح من التربة، ومعامل غسيل يتراوح بين 15-20%، ونظام الري سطحي أو رش غير متكرر (Infrquent)، ويتم الري عند استنفاذ 50% من الماء المتاح.

بالإضافة إلى الأدلة المذكورة أعلاه، والتي تستخدم لتحديد صلاحية كل الموارد المائية (التقليدية وغير التقليدية) للري، فهناك بعض المعايير الإضافية التي يجب توفرها في مياه الصرف الصحي ليكن استخدامها غير مؤذ لصحة الإنسان وغير ضار للأراضي والمحاصيل والحيوانات. وعليه يجب أن يشمل تحليل هذه المياه بعض المعادن الثقيلة (وهي مجموعة خاصة من العناصر النادرة) التي تسبب تسمما للنباتات عند تركيزات منخفضة، وأخطر هذه المعادن على الصحة عنصر الكادميوم (Cadmium) وقد تم تحديد الحد الأقصى لتركيز هذه المعادن التي تؤثر سلبا على إنتاجية النباتات بسبب التسمم وهي 0.01 ملجم/لتر لعنصر الكادميوم و 0.02 ملجم/لتر لعنصر الليثيوم (lithium) و 0.20 ملجم/لتر بالنسبة للنحاس (Copper) و 0.05 ملجم/لتر للكوبالت (Cobalt) و 0.20 ملجم/لتر للمنجنيز (Manganese) و 2.0 ملجم/لتر للزنك (Zinc) و 5.0 ملجم/لتر لعنصر الحديد (Iron). والحفاظ على الصحة العامة يتطلب أيضا تحليل عدد البكتيريا الغائطية المعوية (Total Coliforms) ووفقا لدليل منظمة الصحة العالمية (WHO) فإن عدد البكتيريا المسموح به لري المحاصيل التي تؤكل طازجة ولري المسطحات الخضراء يساوي أو يقل عن 200 في كل 100 مليمتر من مياه الصرف الصحي المعالجة، وهو الرقم المتشدد الموصى به لتفادي احتمال أي تأثير ضار من هذه البكتيريا الناقلة للأمراض.

2-4-4 إدارة مياه الري تحت الظروف المالحة:

إن إدارة مياه الري تحت الظروف المالحة والجافة عملية في غاية التعقيد نسبة لتداخل عدة عوامل

تشمل المياه والتربة والمناخ والمحاصيل والري وطبوغرافية الأراضي والعمليات الزراعية... الخ والهدف من الإدارة في مثل هذا الوضع هو التحكم والتغلب على المشاكل الناتجة من الري بالمياه المالحة للتمكن من الحصول على إنتاجية محاصيل مناسبة مع الحفاظ على الموارد المائية والأرضية وحماية البيئة... هذا وقد قامت مراكز البحوث بتجارب حقلية مكثفة وتم الحصول على نتائج مشجعة. وفيما يلي نورد التقانات والتقنيات الهندسية والزراعية والعمليات الإدارية المحسنة التي من شأنها تعظيم استخدام المياه المالحة في إنتاج المحاصيل وتأمين الغذاء.

1-2-4-4 تخطيط المزارع وتصميم أنظمة الري:

إن نجاح أي مشروع زراعي يعتمد في المقام الأول على التخطيط السليم للمزرعة والتصميم الهندسي الدقيق لشبكة المواسير وأنظمة الري .... وعند التعامل مع الظروف المالحة والجافة فان الأمر يحتاج لمزيد من الدقة والحذر، مع الوضع في الاعتبار ما يلي (شكل رقم 4-4):

- استخدام النظام الدائري لخط المواسير الرئيسي Loop pipeline system للتمكن من ري جميع الحقول حتى في حالة حدوث عطب في المضخات أو كسر في المواسير، إذ أن النباتات لا تستطيع مقاومة الجفاف تحت الظروف المالحة والقاحلة.

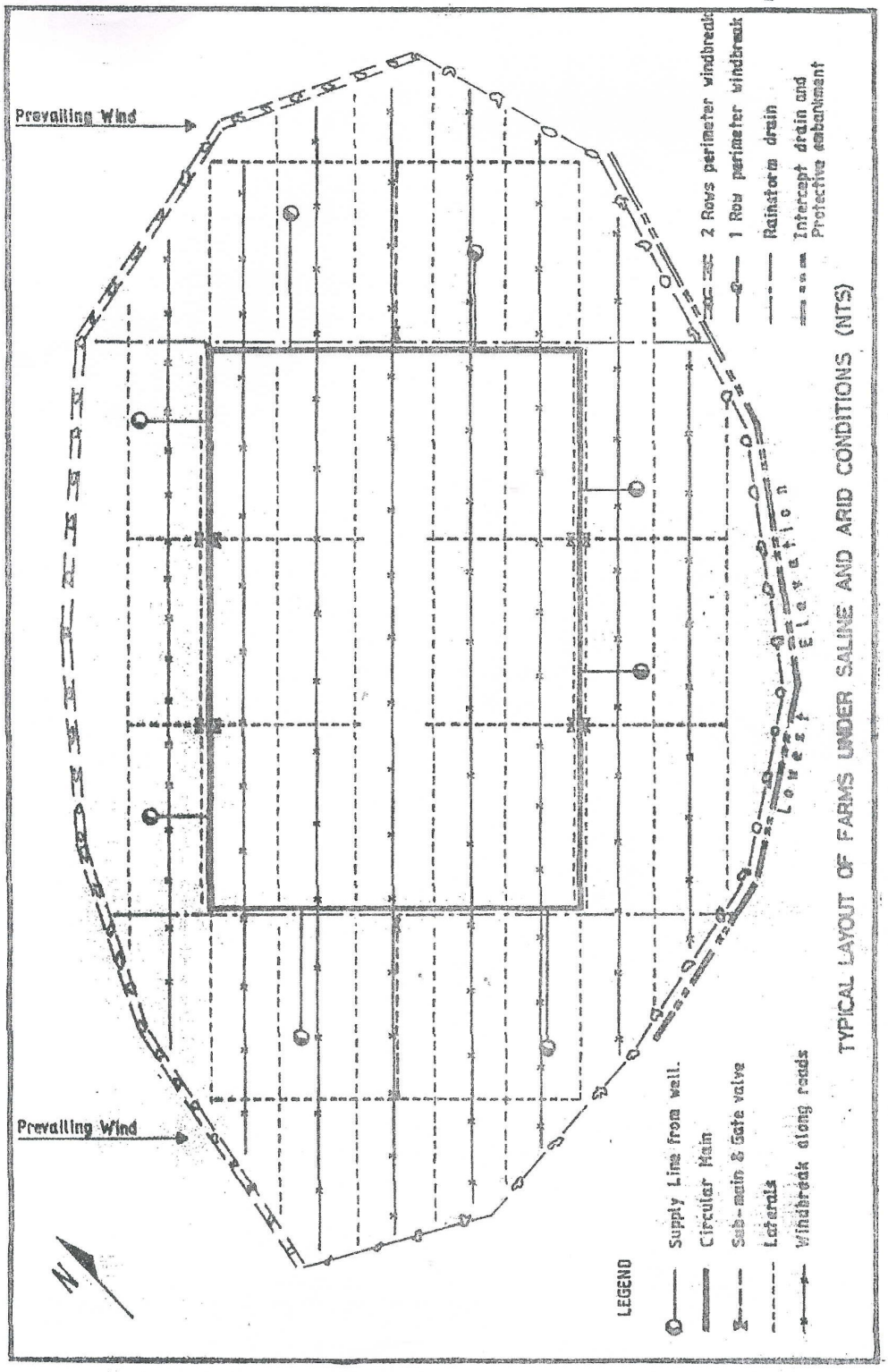
جدول رقم (4-6)
أدلة لتقويم نوعية المياه وصلاحيتها للري

مشاكل الري المحتملة	الوحدات	درجة تقييد استعمال الماء		
		لا يوجد	خفيفة إلى متوسطة	شديدة
Salinity (affects crop water availability)		**الملوحة** تؤثر في تيسر الماء للنبات)		
ECw (or) TDS	dS/m ديسيسيمتر/م التوصيل الكهربائي mg/l ملجرام/لتر أو مجموع الأملاح الذائبة	<0.7 <450	0.7-3.0 450-2000	**> 3.0** >2000
Infiltration (*affects infiltration rate of water into the soil. Evaluate using EC_w and SAR together*)		**النفاذية** (تؤثر في معدل رشح الماء في التربة وتقييم بواسطة (EC_w & SAR)		
SAR	= 0-3 and EC_w = = 3-6 = = 6-12 = = 12-20 = = 20-40 =	> 0.7 > 1.2 >1.9 >2.9 >5.0	0.7-0.2 1.2-0.3 1.9-0.5 2.9-1.3 5.0-2.9	<0.2 <0.3 <0.5 <1.3 <2.9
Specific Ion Toxicity (*affects sensitive crops*)		**التسمم النوعي للأيون** (يؤثر على المحاصيل الحساسة)		

Sodium (Na)	الصوديوم				
Surface irrigation	الري السطحي	SAR	<3	3-9	>9
Sprinkler irrigation	الري بالرش	Me/l	<3	>3	
Chloride (CI)	الكلور				
Surface irrigation	الري السطحي	me/l	<4	4-10	>10
Sprinkler irrigation	الري بالرش	me/l	<3	>3	
Boron (B)	البورون	mg/l	<0.7	0.7-3.0	>3.0
Miscellaneous Effects (affects susceptible crops)					**تـــأثيرات متنوعـــة** (تـــؤثر علـــى المحاصـــيل الحساسة)
Nitrogen (NO3-N)	نتروجين	me/l	<5	5-30	>30
Bicarbonate (HCO3)	بيكربونات				
(*overhead sprinkling only*) (في حالة الري بالرش فقط)		me/l	<1.5	1.5-8.5	>8.5
pH Normal range 6.5 – 8.4					يتراوح المدى العادي بين

Source: Ayers and Westcot (1985).

شكل رقم (4-4)
تخطيط نموذجي للمزارع تحت الظروف المالحة والقاحلة



- ربط

مضخات الآبار/ برك تخزين المياه ذات نوعيات المياه المختلفة مع بعضها البعض للتمكن من ري النباتات بمياه ذات نوعية جيدة خلال فترات النمو الحساسة ولتسهيل عملية الري بالمياه المخلوطة

والري بالتناوب.

- مواسير البلاستيك (PVC) و (PE) تناسب بصفة خاصة نقل وتوزيع المياه المالحة.
- استخدام مواسير ذات قطر أكبر من المطلوب للخطوط الرئيسية والفرعية لتعويض فواقد الضغط الناتج من التآكل والانسداد من استخدام المياه المالحة.
- إن التصميم الجيد لنظام ري مرن يجب أن يبنى على ساعات تشغيل لا تتعدى 12 ساعة في اليوم، إلا في حالة وجود مصدات رياح ذات كفاءة عالية، يمكن زيادة ساعات التشغيل اليومي إلى 16 ساعة.
- إذا احتوت مياه الري على تركيزات عالية من الصوديوم أو الكلورايد أو البورون، يجب وضع اعتبار خاص لسرعة واتجاه الرياح عند تصميم المسافات بين الخطوط العرضية والرشاشات وأيضا لتفادي نقل الأملاح بواسطة الرياح (Downwind drift of salts) .
- ربط نظام الري مباشرة بمضخة البئر، واستخدام مصافي (Filters) ومنقطات ذات ضغط تعويضي (Pressure compensating) وذاتية الغسيل (Self-flushing) تساعد كثيرا في تخفيض مشاكل الانسداد.
- بالرغم من أن إنشاء مصارف، بند غير اقتصادي وربما يكون غير مطلوب فنيا في المناطق الجافة، إلا أنه ضروري في حالة وجود مزارع في المناطق المنخفضة. إن المصارف القاطعة (Intercept drains) بردمية واقية تحمي المزارع من تأثير العواصف المطرية الضارة بالزراعة والمباني وأيضا من تملح الأراضي الناتج من الأملاح المنقولة بواسطة الأمطار من المناطق الصخرية المرتفعة التي تحتوي على الصخور الجيرية والدولوماينتية (limestone and dolomite).

4-4-2-2 الاحتياجات المائية وجدولة الري:

يجب تصميم جدولة الري لتغطية احتياجات النباتات بحيث لا تكون زائدة أو ناقصة بل تكون كافية أيضا لغسيل الأملاح من التربة. أن المفهوم الحديث في هذا الصدد هو: مياه أقل في الري تعني أملاح أقل في التربة ومن هذا المنطلق أجريت تجربة في محطة التجارب بروضة الفرس في دولة قطر لزراعة محصول الكوسا تحت الري بالتنقيط وكان استهلاك المحصول 170 مليميتر وقد أعتمد الري على جدول (4-7) تم تقديره بواسطة برنامج CROPWAT واستخدام عامل التخفيض (Reduction factor) لتخفيض التبخر – نتح مرجعي خلال مراحل النمو المختلفة.

$$\text{معامل التخفيض} = \frac{\text{مساحة الغطاء النباتي}}{\text{المساحة الكلية}} + 0.1$$

هذا وقد بلغ متوسط الإنتاجية 49 طن / هكتار بدون تأثير سلبي على ملوحة التربة، وذلك باستخدام مياه

ذات توصيل كهربائي 4.5 ديسيسمنز/م في المتوسط، وتربة غرينية رملية.

جدول رقم (4-7)
استهلاك المياه الفعلي لمحصول الكوسا مقارنة بالاحتياجات المائية المبنية على التبخر – نتح المرجعي

الشهر	التبخر-نتح المرجعي (مم)	معامل تخفيض (Rf)	معامل المحصول (Kc)	تبخر– نتح المحصول (مم)	إجمالي الاحتياجات المائية (مم)	استهلاك المياه الفعلي (مم)	
						الري	الأمطار
نوفمبر 96							
20-13	24.6	0.30	0.40	3.0	4.2	8.5	
30-21	27.3	0.30	0.40	3.0	4.6	8.9	0.6
ديسمبر 96							
10-1	23.3	0.50	0.50	5.8	8.1	8.8	
21-11	22.6	0.70	0.70	11.1	15.4	16.0	
31-21	22.8	0.80	0.80	14.6	20.2	19.7	
يناير 97							
10-1	20.0	0.90	0.90	16.2	22.4	16.6	16.0
20-11	21.8	0.90	1.00	19.6	27.2	27.6	
30-21	25.1	0.90	1.00	22.6	31.3	31.0	
فبراير 97							
10-1	26.3			21.0	29.1	26.3	
الإجمالي					162.5	163.4	16.6

LR: متطلبات الغسيل = 15%
Le: كفاءة الغسيل = 85%
المصدر: تجارب الري بمحطة التجارب بروضة الفرس – دولة قطر.

هذا وتجدر الإشارة بأن زيادة متطلبات الغسيل لا تعني بالضرورة زيادة كفاءة غسيل الأملاح من التربة أو زيادة الإنتاجية، بل إن البحوث التي أجريت في كل من سوريا والأردن وتونس وقطر أثبتت أن إنتاجية المحاصيل انخفضت عند زيادة معامل الغسيل إلى 30%، وذلك نسبة لأن الماء الإضافي لم يغسل الأملاح فقط وإنما حمل معها العناصر الغذائية بعيدا عن منطقة الجذور. وعليه يجب الوضع في الاعتبار كفاءة الإضافة: Efficiency of Application efficiency (Ea) ومتطلبات الغسيل Leaching requirements (LR) عند حساب إجمالي متطلبات الري: Gross irrigation requirements (Ig) وذلك وفقا للمعادلة التالية:

$$Ig = \frac{Etc}{Ea} \text{ أو } \frac{ETc}{Ea} \text{ أيهما أكبر}$$

4-4-2-3 مقاومة المحاصيل للملوحة:

مقاومة المحاصيل للملوحة تعني مقدرة النبات لتحمل تركيز الملوحة في منطقة الجذور. إن اختيار

محاصيل مقاومة للملوحة تؤدي إلى الحصول على إنتاج جيد وتخفيض الإحتياجيات المائية للمحاصيل.

ووفقا لدراسات منظمة الأغذية والزراعة الدولية فأن مقاومة المحصول للملوحة يمكن التعبير عنه بالمعادلة الخطية التالية:

$$Yr = 100-b(ECe-a)$$

حيث Relative yield=Yr ،
وهو الإنتاج النسبي (النسبة المئوية للإنتاج تحت الظروف المالحة = Yr
مقارنة بالإنتاج تحت الظروف الغير مالحة)
a = (Threshold)، وهي:
حد الملوحة التي يبتديء فيها انخفاض الإنتاجية (حدوث إنتاجية 100%) = a
b = (Slope) ، وهو :
الميل (النسبة المئوية لانخفاض الإنتاجية في كل وحدة زيادة في الملوحة من الحد (a) = b
ملوحة التربة في منطقة الجذور = ECe
ويمكن الحصول على (a) و (b) من ملحق (4-1) و (4-2).

وقد تم تطبيق هذه المعادلة لحساب القدرة الإنتاجية للمحاصيل وفقا لتركيز الملوحة في مياه الري أو التربة. أنظر ملحق (4-2) وملحق (4-3). ويلاحظ أن هذا التصنيف المقترح يعتمد على افتراضات والتي من أهمها العلاقة بين تركيز الأملاح في التربة (ECe) وتركيز الأملاح في مياه الري (ECw):

$$ECe = 1.5\ ECw$$

ولكن مجمل هذه الافتراضات لا تنطبق على كل المناطق الجافة، وبالتالي فان التنبوء بإنتاجية المحاصيل الناتجة من هذه الافتراضات تبقى كدليل فقط إذ أثبتت التجارب بأنها غير قابلة للتطبيق في بعض الأحيان نسبة لان الإنتاجية لا تعتمد فقط على نوعية المياه وملوحة التربة، بل أيضا على طرق الري ومتطلبات الغسيل والظروف المناخية وأصناف المحاصيل وتقنيات الري والعمليات الزراعية... هذا وقد تم تصنيف المحاصيل وفقا لمقاومتها للملوحة إلى خمسة أقسام هي كما يلي:

ملوحة التربة (ECe) التي ينقص عندها الإنتاج (dS/m)		أقسام مقاومة المحاصيل للملوحة
< 1.3	مقاوم	Tolerant (T)
1.3-.3	متوسط المقاومة	Moderatley Tolerant (MT)
3.0-6.0	متوسط الحساسية	Moderatley Sensitive (MS)
6.0-10.0	حساس	Sensitive (S)
>10.0	غير صالحة لأغلب المحاصيل إلا بقبول مبدأ النقص في الإنتاج	

وقد كشفت تجارب أجريت في بعض الدول العربية بان إنتاجية بعض المحاصيل تفوق الإنتاجية المتنبأ بها في ملحق (4-1) الأمر الذي يعني أنه يمكن زيادة مقاومة هذه المحاصيل بإتباع الأساليب العلمية والعملية التي ذكرت من قبل والتي سوف يأتي ذكرها لاحقاً، فعلى سبيل المثال فان دراسات تجارب المياه المالحة التي نفذها المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة بالأردن قد بينت بأنه لم تظهر فروقات معنوية لمعدلات إنتاج السكر من الشمندر السكري بالنسبة لنوعيات مياه مختلفة، إذ بلغ الإنتاج 5.97، 5.74 و 5.85 طن / هكتار لنوعيات مياه 500، 4600 و 2560 جزء بالمليون على التوالي. أما في دولة قطر فقد تم الحصول على إنتاجية لمحصول الشعير (حبوب) 2.9 طن/هكتار باستخدام مياه مالحة بلغت 19.0 ديسيمنز/م. وترب ذات قوام رملي خشن وكذلك كشفت نتائج تجارب الخضروات في دولة قطر بأنه يمكن وضع تصنيف جديد لمقاومة بعض الخضروات للملوحة على النحو التالي:

المحصول	التصنيف التقليدي	التصنيف الجديد
الطماطم	متوسط الحساسية للملوحة	متوسط المقاومة للملوحة
الكوسة	متوسط المقاومة للملوحة	مقاومة للملوحة
البصل	حساس للملوحة	متوسط المقاومة للملوحة
البطاطس	متوسط الحساسية للملوحة	متوسط التحمل للملوحة

نوعية المياه: 4.3 ديسيسمنز/م
قوام التربة : طمييه رملية

4-4-2-4 تقنيات الري بالمياه المخلوطة والري التناوبي والري الثنائي:

إن التأثيرات الضارة للأملاح على كل من التربة أو إنتاجية المحاصيل، الناتجة من الري بالمياه المالحة جعلت الباحثين يلجأون إلى استخدام تقنيات خلط المياه والري التناوبي والري الثنائي. إن خلط المياه ذات النوعية الرديئة بمياه ذات نوعية جيدة نسبيا إذا كانت متوفرة وذات جدوى اقتصادية واستخدام هذه المياه للري تعتبر أحد الوسائل لحل مشاكل المياه المالحة، أما الري التناوبي يتم فيه التناوب في الريات بمياه عذبة ومياه مالحة، وأما نظام الري الثنائي – الذي أستخدم موخرا فهو يتمثل بتقسيم عملية الري الواحدة إلى مرحلتين حيث يتم تجهيز المياه المالحة في المرحلة الأولى وبكمية تعادل ثلث أو نصف الاحتياجات المائية المطلوبة في عملية الري الواحدة، ثم تجهز في المرحلة الثانية بقية الاحتياجات المائية من مصدر المياه العذبة. وقد أجريت تجربة لهذه التقنية المبتكرة في طرابلس بليبيا حيث استخدمت شبكة الري الثابتة لارواء محصول الشعير باستخدام مياه ملوحتها 4 و 8 و 12 ديسيسمنز/م. وأهم نتيجة توصل إليها البحث هي إمكانية توفير 50% من مياه الري العذبة والاستعاضة عنها بمياه مالحة كما أنه لم يلاحظ وجود فروقات معنوية في ملوحة التربة ولا في الإنتاج الذي تراوح من 1.56 – 1.78 طن/هكتار.

4-4-2-5 عمليات الزراعة والري المحسنة:

1- العمليات الزراعية المحسنة:

هناك بعض العمليات الزراعية الخاصة بإعداد الأرض والتسميد وتنمية الشتلات وزراعتها، وعمليات أخرى يوصي بتطبيقها تحت الظروف المالحة والقاحلة. وهذه العمليات تؤدي بطريق مباشر أو غير مباشر إلى رفع كفاءة استخدام مياه الري (كجم/م3) وفيما يلي ملخص لهذه العمليات:

مصدات الرياح:

إن إقامة مصدات رياح (من أشجار أو مواد اصطناعية) تؤدي إلى تغيير العوامل الجوية وخلق ما يسمى ب: (Micro-climate) وتحمي النباتات الصغيرة، وتخفض التبخر، وترفع كفاءة الري وخاصة الري بالرش.

إعداد الأرض:

إن الحراثة على الأعماق المناسبة للتربة الطينية وإضافة رمل زراعي يساعد على اختراق الجذور في التربة ويؤدي إلى تحسين الصرف وتسريع غسيل الأملاح بعيدا عن منطقة الجذور وبالتالي يزيد الإنتاج ويرفع كفاءة استخدام المياه.

التسميد العضوي يزيد من احتفاظ التربة بالمياه ويقلل من فواقد الماء.

تسوية الأراضي تساعد على توزيع منتظم للمياه في الري السطحي وبالتالي على نمو متماثل للنباتات، بالإضافة إلى تفادي تراكم الأملاح في المواقع المرتفعة (Raised spots).

- تنمية الشتلات:

تعتبر فترات الإنبات والشتلات – بالنسبة لأغلب المحاصيل - أكثر مراحل النمو حساسية للملوحة. وعليه يوصي بزراعة الشتلات في تربة غير مالحة وبمياه عذبة في البيوت المحمية، الأمر الذي سوف يؤدي إلى نمو شتلات قوية وإنتاج جيد ورفع كفاءة استخدام المياه.

فرش الوقاية (Mulching):

فرش الوقاية من البلاستيك – عند استخدام الري بالتنقيط – يقلل من فواقد المياه من خلال تخفيض التبخر والتبخر – نتح .

التكثيف النباتي :

زيادة كثافة النباتات بتقليل المسافات بينها وذلك للتعويض عن الحجم الصغير للنباتات، والإنتاجية المنخفضة الناجمة من الظروف المالحة.

التسميد ضمن الري (Fertigation):

التحكم في التسميد ضمن الري بالتنقيط (على أساس احتياج كل نبات) من العمليات المفيدة، للتمكن من تفادي ارتفاع ملوحة التربة وتلوث المياه الجوفية الناتج من الاستخدام الزائد للأسمدة الكيميائية.

تحليل التربة:

إجراء تحاليل فيزيائية وكيميائية كاملة للتربة قبل الزراعة وبعد الحصاد واتخاذ الخطوات المناسبة للحفاظ عليها من التدهور وفقا لنتائج التحاليل.

2- عمليات الري المحسنة:

- الري قبل الزراعة: (Pre-irrigation) يغسل الأملاح المتراكمة في التربة ويقلل من متطلبات الغسيل (Leaching Requirements) وهذه العملية مهمة خاصة في الأراضي الجافة وشبه الجافة لخفض تركيز الأملاح ولضمان الحصول على نسبة إنبات عالية.

- الري المتكرر (Frequent Irrigation):

طريقة الري المثلي تحت الظروف المالحة هي توفير المياه بشكل متواصل تقريباً للحفاظ على محتوى ماء التربة في منطقة الجذور عند مستوى قريب من السعة الحقلية خلال المراحل المبكرة للنمو وبعد ذلك يكون الري عند استنفاذ 30% من الماء المتاح، ثم نسبة استنفاذ 50% خلال المرحلة المتوسطة وأكثر من 70% خلال مرحلة نهاية الموسم أو الحصاد ويفضل أن تتراوح فترة الري من يوم إلى أربعة أيام وذلك لتفادي الإجهاد المائي وتركيز الأملاح في التربة.

- توقيت الري:

يتم الري – بقدر الإمكان – خلال ساعات الصباح الباكر عندما تكون سرعة الرياح خفيفة والتبخر – نتح منخفض.

- التحكم في كميات مياه الري :

توزيع كميات المياه –وفقاً لجدول الري – بواسطة عدادات مياه. وتستخدم التنشومترات للتأكيد أو تعديل كمية وموعد الري وخاصة عند هطول أمطار أو عند انخفاض أو ارتفاع بيانات التبخر عن معدلها، وذلك من خلال مراقبة للتغيرات اليومية في البيانات المناخية في محطة الأرصاد الجوية الزراعية.

- تحليل مياه الري:

- مراجعة نوعية المياه بالإطلاع على نتائج تحليل عينات المياه الذي يتم كل أسبوعين. وحساب نسبة ادمصاص الصوديومٍ)SAR).

5-4 إعادة استخدام مياه الصرف الصحي والزراعي:

يمكن تحقيق إضافة موارد مائية غير تقليدية في الوطن العربي عن طريق استغلال موردين مهمين هما مياه الصرف الصحي ومياه التحلية. ولعل هذا الموضوع هو من أهم المواضيع التي يجب على الدول الفقيرة بالموارد المائية الطبيعية كالدول العربية الاهتمام بها والتركيز عليها كمصدر أساسي ومتجدد للمياه. فمياه الصرف سواءً الصناعي أو الزراعي أو الصحي يمكن معالجتها بتقنيات حديثة وإعادة استخدامها في ري الأراضي الزراعية وفيالصناعة بدلاً من تصريفها دون معالجة إلى المسطحات المائية مما يتسبب في مشاكل بيئية خطيرة تؤدي إلى هدر مصدر مهم من مصادر الثروة المائية. ولعل تزايد اهتمام الدول الغنية بالموارد المائية، مثل الدول الأوروبية وأميركا، والمتمثل في المبالغ الطائلة التي تنفق سنوياً بهدف تحسين تقنيات معالجة هذه المياه وإعادة استخدامها هو الدليل القاطع على أهمية هذا المورد وعلى ضرورة اهتمام الدول الفقيرة به والعمل على توفيره كمصدر إضافي للموارد المائية، لكونه يوفر مصدراً إضافياً ومتجدداً للمياه ويعتبر أحد الأساليب المهمة في التخفيف من استنزاف المصادر التقليدية من المياه الجوفية. فقد أوضحت الدراسات أنه عند إتباع أساليب ونظم زراعية وري وصرف مناسبة فهناك إمكانية مقبولة لاستخدام المياه المالحة في الترب الرملية وكلما زادت ملوحة المياه قلت فرصة الاستفادة منها، لذا فإن استغلال مياه الصرف الزراعي يواجه صعوبات تعترض تطبيقه على رأسها زيادة التكلفة الرأسمالية للمشاريع الزراعية، ولكن بالإمكان الاستفادة من هذه المياه في الزراعات التجميلية وغيرها كالحدائق العامة والمنتزهات الوطنية والأحزمة الخضراء حول المناطق السكنية المتاخمة للصحراء.

ويعد استبدال الأنواع النباتية التقليدية بأنواع جديدة غير معروفة أو برية ذات احتياجات مائية منخفضة أحد السبل الواعدة لخفض استهلاك المياه، فهناك إمكانية زراعة بعض النباتات البرية التي تتحمل الجفاف أو الملوحة. ورغم أن النباتات الملحية تتحمل الملوحة العالية فإن معظمها لا تتميز بتحمل الملوحة عند طور الإنبات، لذا ينبغي إتباع إجراءات خاصة لتفادي انخفاض نسبة الإنبات، وتشكل الزيادة العالية لملوحة مياه الري مشكلة حقيقية من الناحية البيئية حيث يمكن أن تؤدي إلى تدهور كبير للتربة المستزرعة على المدى الطويل، لذا فإن التحدي يكمن في تطوير أساليب وعمليات خدمة زراعية خاصة ، مثل : غسيل التربة، جودة الصرف و استخدام محسنات التربة والمواد العضوية والعلاج الكيماوي المناسب ، كما تعد إشكالية تدني جودة المحصول من أكبر المعوقات في انتشار زراعة أنواع صحراوية تتحمل الملوحة ، ولكن بالإمكان استعمال مثل هذه الأنواع في النواحي البيئية مثل تثبيت التربة وإصلاح الأراضي الملحية ، ويمكن استغلالها في النواحي التجميلية كالمنتزهات العامة وتزيين جوانب الطرق.

وفي مجال حماية مصادر مياه الري من التلوث والملوحة وتوفيرها بنوعية تسمح بالاستمرار في استخدامها للزراعة غير المقيدة فان رفع كفاءة محطات التنقية ووضع شروط محددة لاستعمالات مياه الصرف الصحي المعالجة في الري تأخذ بالاعتبار خصائص التربة والمناخ ونوعية المحاصيل تعتبر من

الإجراءات الضرورية في هذا المجال. كذلك تفعيل إجراءات حماية البيئة لمنع اختلاط نفايات المصانع السائلة ومكاب النفايات ومحطات غسيل السيارات بالمياه السطحية وتلويث المياه الجوفية.

وهنا سنبرز بعض تجارب الأقطار العربية في هذا المجال. ففي الأردن و بالنسبة للمياه المعالجة الخارجة من محطات التنقية القائمة والمقدرة بحوالي (72) مليون م^3 عام 2002 يتم استخدامها في الزراعة المقيدة بعد خلطها بالمياه السطحية علما بأن توجه وزارة المياه والري الحالي هو تطوير وتحسين نوعية المياه الخارجة من هذه المحطات ليصار إلى استغلالها بشكل أفضل للأغراض الزراعية وعلى نطاق أوسع نظرا للتزايد المستمر في كمية مياه الصرف الصحي المعالجة التي تنتجها هذه المحطات ، والتي من المقدر أن تصل إلى 177 مليون م^3 في عام 2010 و 219 مليون م^3 في عام 2015 ونحو 246 مليون م^3 في عام 2020، فإن العبء الأكبر في الاستخدام السليم لهذه المياه سيقع على قطاع الزراعة الذي يتوجب عليه استخدامها ضمن شروط الأمان الفني والصحي والبيئي، واستغلالها بالزراعات المناسبة وتنظيم استعمالها. ومنها شروط محددة لاستعمالات مياه الصرف الصحي المعالجة عند استعمالها للري وفقاً للبيئات الزراعية المختلفة كخصائص التربة والمناخ وغايات الاستعمال وتوعية المزارعين بالممارسات الخاصة باستعمال مياه الصرف الصحي المعالجة لغايات الري و وضع استراتيجية خاصة لتطوير واستعمال المياه المسوس في الري تستهدف الحفاظ على البيئة وتعظيم العائد على استعمال مثل هذه المياه و توفير خدمات إرشادية مكثفة في مجال الاستخدام المرشد والآمن للمدخلات الزراعية من أسمدة ومبيدات كيماوية ومواعيد القطاف وغيرها من الأمور الضرورية لتعظيم استخدام هذه المدخلات وسلامة استعمالها.

وفي دولة الإمارات فقد اتجهت في السنوات الأخيرة وبصورة مكثفة إلى إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في ري الحدائق العامة و أشجار التحريج والزراعات التجميليه للطرقات والمدن وتعتبر مياه الصرف الصحي المعالجة مصدرا غير تقليدي من مصادر المياه اللازمة لتنمية الموارد المائية بالدولة وتوفير جزء من الاحتياجات المتزايدة من المياه العذبة التي واكبت النهضة الشاملة والتطور الاقتصادي الكبير في السنوات الأخيرة وخاصة إذ علمنا أن موارد المياه التقليدية المتاحة بالدولة محدودة جدا ولا تفي بالاحتياجات، ويتم معالجة مياه الصرف الصحي في أربع محطات في المدن الرئيسية وهي أبوظبي، دبي، العين، الشارقة وترجع جهود الدولة في هذا المجال إلى عام 1973 حيث تم إنشاء أول محطة لمعالجة مياه الصرف الصحي في أبو ظبي ويقدر ما يتم معالجته في المحطات الأربع بأكثر من 200 مليون م^3 سنويا

وفي الجزائر تقدر المياه العادمة حالياً بحوالي 600 مليون م3 وفي حدود سنة 2020 تصبح 2 مليار/م^3 في حالة تغطية حاجيات المواطنين بالنسبة لمياه الشرب و المياه الصناعية. ونظرا لأهمية هذا المصدر المائي فإن وزارتي الري و حماية البيئة تعملان على معالجة قسم كبير من هذه المياه و توجيهها إلى القطاع الزراعي بهدف التخفيض من العجز الملحوظ في مياه الري بسبب الأولوية المعطاة لمياه الشرب خاصة في حالة الجفاف.

أما في المملكة العربية السعودية فقد صدر نظام مياه الصرف الصحي المعالجة وإعادة استخدامها وعلى ضوئه تم إعداد اللائحة التنفيذية لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة. كما تم البدء بتنفيذ محطات ضخ وخطوط نقل لمحطة المعالجة في الرياض، وذلك لزيادة الطاقة الإنتاجية من 200 ألف م3 إلى 600 ألف م^3 لاستخدامها في الري المقيد تحت إشراف الإدارة الوطنية للري التابعة لهذه الوزارة. كما أن هناك مصدر آخر للري غير التقليدي وهو إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي لأغراض الري وقد تم تنفيذ مثل هذا المشروع في واحة الإحساء لهذا الغرض وبدأ تشغيله منذ عام 1991. وتبلغ الكمية المتوفرة حالياً من المياه حوالي 60 ألف م^3 يومياً يتم خلطها مع مياه الري المنتجة من العيون والآبار وتضخ عبر أنابيب طولها 17.5 كيلومتر لتصل إلى المزارع بدرجة ملوحة مناسبة للمزروعات القائمة ويعطي هذا المشروع إضافة جديدة للمصادر المائية بمشروع الري والصرف بالإحساء.

وفي الجماهيرية الليبية فانه يمكن الحصول على 215 مليون م^3 من مياه الصرف الصحي المعالجة إذا تم تشغيل جميع المحطات القائمة بعد صيانتها وزيادة قدرتها الإنتاجية لاستخدامها في الزراعة المروية المقيدة.

6-4 التغذية الاصطناعية:

يتم تغذية الموارد المائية الجوفية طبيعياً من مياه الأمطار والجريان السطحي وعن طريق الرشح من شواطيء الأنهار. وبالمقارنة بهذه التغذية الطبيعية، فإن التغذية الاصطناعية للأحواض الجوفية تعرف بأنها تخزين المياه تحت سطح الأرض في طبقة حاملة للمياه وذلك بواسطة الآبار أو الخنادق أو الأحواض. والتغذية الاصطناعية ليست بالتقنية الحديثة، فقد تم تنفيذها في مناطق كثيرة من العالم عندما تتجمع المياه السطحية الفائضة من الأنهار والبحيرات أو بسبب العواصف المطرية.

إن موضوع التغذية الاصطناعية للأحواض الجوفية أصبح يحظى باهتمام الدول العربية نسبة لمساهمته الفعالة في إيقاف الاستنزاف المستمر للخزانات الجوفية، ولكن الأمر يتطلب تنفيذ وتشغيل مشاريع التغذية الاصطناعية بأقصى سرعة ممكنة قبل أن تستنزف الموارد المائية الجوفية بشكل كامل. هنالك كميات كبيرة من مياه الأمطار في المنخفضات والأودية تفقد بواسطة التبخر وبسبب الترشيح البطيء في جوف الأرض. هذا وتعتمد عملية التغذية الاصطناعية في المناطق الجافة على مبدأ واحد هو زيادة مساحة المنطقة التي ترشح فيها المياه والزمن اللازم لتسرب المياه المتوفرة.

1-6-4 طرق التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية:

تستخدم عدة طرق للتغذية الاصطناعية ولكن أهمها ثلاثة طرق هي أحواض التسرب (Infiltration Basins) وخنادق الترشيح (Seepage Trenches) والآبار (Recharge Wells).

1-1-6-4 أحواض التسرب:

تستخدم أحواض التسرب عندما تكون الطبقات المائية المراد تغذيتها طبقات حرة ومناسيبها قريبة من سطح الأرض. ومن أهم متطلبات هذه الطريقة عدم وجود طبقات كتيمة أو شبه كتيمة في التربة. وعلى العموم لا تحقق هذه الطريقة الأهداف المرجوة منها عندما يكون معامل النفاذية (k) اقل من 4-10م/ثانية ، كما إنه لابد من توفر مساحات كافية من الأراضي لإنشاء أحواض الترسيب وتمتاز طريقة الأحواض بأن تكلفتها غير عالية، وتسمح بسهولة أعمال الصيانة. كما يمكن تجهيز الأحواض بطبقة من الرمل لتنقية المياه إذا لزم الأمر. وتتراوح أعماق المياه في أحواض الترشيح من متر واحد إلى مترين. ويمكن في الأحواض الجديدة شحن الطبقة المائية بمعدلات تتراوح مابين 1 و 5م^3/يوم/م^2.

4-6-1-2 خنادق الترشيح:

تنفيذ هذه الطريقة يتطلب في الغالب حفر خندق بعرض متر واحد وعمق 4-6 متر ويملأ الخندق بالرمال الخشنة (1.5-1.6مم) . وقد بينت التجارب أن مثل هذه الطبقة من الرمال تسمح بتسرب الماء بمعدلات مرتفعة. ومن المفيد أن يصل قاع الخندق إلى مستوى الماء الأرضي عند تنفيذ عملية الترشيح الاصطناعي.

4-6-1-3 آبار التغذية:

تستخدم الآبار على نطاق واسعللتغذية الاصطناعية للمياه الجوفية وهي تقنية أكثر تعقيداً من تقنية الأحواض والخنادق، وتمتاز بأنها قادرة للوصول إلى قلب الطبقات المائية المراد تغذيتها، وبالتالي فهي تعتبر الطريقة المناسبة في الحالات التي تعلو فيها الحركة الراسية للمياه الراشحة طبقات كتيمة أو ضعيفة النفاذية. وتشمل هذه الطريقة وحدتين: وحدة لتجميع المياه ووحدة للشحن الاصطناعي للمياه. وتجدر الإشارة بان من أهم مشاكل طريقة الحقن الاصطناعي بالآبار هو انسداد جدران الآبار.

يتراوح عادة قطر آبار التغذية الاصطناعية ما بين أجزاء من المتر وعدة أمتار حسب معامل النفاذية للطبقات المائية، أما معدلات الترشيح تتراوح بين عشرات وعدة ألاف من الأمتار المكعبة في اليوم.

4-6-2 المعوقات والمشاكل ومعالجتها:

إن من اكبر المعوقات التي تواجه التوسع في التغذية الاصطناعية للأحواض الجوفية هو توفير المياه اللازمة للشحن. أما البدائل المتوفرة فهي المياه المحلاة ومياه الصرف الصحي المعالجة والمياه المنتجة جانبياً من إسالة الغاز الطبيعي (في حالة ثبوت جدواها الفنية والاقتصادية) والمشكلة أن مصادر هذه المياه بعيدة من المواقع الواعدة للشحن ويتطلب نقلها تكلفة إضافية. هذا مع العلم بان المياه المحلاة الفائضة عن الاستخدام المدني خلال اشهر الشتاء يمكن استخدامها في التغذية الاصطناعية.

أما المشاكل الفنية التي تعترض عمليات التغذية الاصطناعية في الوطن العربي تشمل:

- انسداد الأوساط المرشحة بالرمال والشوائب الأخرى.
- دخول الهواء مع الماء في مسامات الأوساط المائية مما يعيق عمليات الترشيح والحقن الاصطناعي، والهواء ينتقل من فراغات التربة (في حالة استخدام الأحواض) أو يختلط مع الماء أثناء سقوطه الحر في أبار التغذية الاصطناعية.
- ترسب الأملاح نتيجة التفاعلات الكيميائية بين المياه المخزونة والمياه المشحونة أو حدوث تفاعل بين الأوساط الصخرية والمياه، ويمكن أن يترسب الحديد، كما يمكن أن تتحول بعض فلزات الغضار وتنتفخ نتيجة اكتساب ذرات من الماء، وهذه الظواهر جميعها تقلل من النفاذية.
- التلوث الجرثومي وهذا يمكن أن يحدث من مصادر مياه التغذية ويتطور ليشمل نمو الطحالب والنمو الجرثومي.

أن حل هذه المشاكل يرتكز أساسا على تقييم طرق الترشيح المستخدمة وتطوير تصميم جديد بناءاً على قاعدة بيانات شاملة، ووضع خطة لإدارة تشغيل متكاملة وصيانة مستمرة، كما يمكن معالجة هذه المشاكل جزئياً أو كلياً على المدى القصير فالحد من الهواء المختلط مع الماء في آبار الترشيح يمكن أن يتم باستخدام أنابيب لإيصال الماء إلى أسفل البئر عوضاً عن السقوط الحر ، كما انه باستخدام عملية التعقيم (Chlorination) وإضافة سلفات النحاس يمكن الحد من التلوث الجرثومي . وتتم عادة عمليات تنظيف الأحواض بالطرق الميكانيكية، أما الآبار فيتم صيانتها باستخدام الضخ بمعدلات مرتفعة، وبإضافة بعض المواد الكيميائية كالبوليفوسفات (Polyphosphate).

4-6-3 تقانات التغذية الاصطناعية في المنطقة العربية:

قامت بعض الدول العربية بتطبيق تقانات التغذية الاصطناعية وذلك بعد إجراء تجارب ودراسات مكثفة، فقد أدخلت بعض الدول مثل تونس والمغرب التغذية في خططها التنموية وفي دولة قطر تم تنفيذ 341 بئر تغذية في المنخفضات وكذلك تم إجراء دراسة رائدة للتغذية الاصطناعية للحوض الجوفي الشمالي، كما استخدمت تقنية التغذية الاصطناعية في المملكة العربية السعودية وسلطنة عمان والإمارات. ولكن تطبيقها على نطاق واسع في بعض الدول ما زال يخضع لتقييم الجدوى الفنية والاقتصادية.

4-6-3-1 تجربة المملكة العربية السعودية:

أقامت المملكةالعربية السعودية عدداً من السدود لدرء الخطر المفاجيء للفيضانات ولتخزين المياه أمام هذه السدود مؤقتاً، وتستخدم هذه المياه لغمر قيعان الوديان وضفافها لزيادة مخزون المياه الجوفية. ومن ناحية أخرى فلقد شملت الاستفادة من مياه السيول بتحويل جزء منها إلى بعض المناطق الرعوية المتدهورة لتنميتها عن طريق إنشاء بعض السدود أو العقوم الترابية (الاعتراضية أو التحويلية) لنشر وتوزيع المياه على أكبر مساحة ممكنة من أراضي المراعي ... وهذه المياه تسهم في زيادة الرطوبة الأرضية المتاحة مما يؤدي

إلى زيادة إنتاجية المراعي وتحسين الإنتاج والى المساهمة في تغذية طبقات المياه الجوفية وتجديدها. ومن اكبر السدود سد وادي نجران الذي يبلغ ارتفاعه 73متراً ويخزن 86 مليون م^3 من المياه، ويقدر مساهمة هذا السد في زيادة مخزون المياه الجوفية بحدود 11 مليون م^3 من جراء ترشيح المياه إلى باطن الأرض.

4-6-3-2 تجربة دولة الإمارات العربية المتحدة :

تواجه التنمية الزراعية في دولة الإمارات الكثير من المعوقات وذلك نسبة إلى الكثير من المتغيرات وطبيعة العمل الزراعي والتقلبات السلبية التي تحدث للأراضي الزراعية ومدخلات الإنتاج، وهنا تبرز أهمية البرامج والخطط والبحث العلمي كأسلوب علمي لحل المعوقات واستدامة استخدام المياه الجوفية ووضع الحلول التطبيقية . إضافة إلى نقل التقنيات الحديثة التي تناسب وطبيعة دولة الامارات لذا حرص قطاع الشؤون للمياه والتربة في وزارة الزراعة والثروة السمكية على وضع الخطط والبرامج التي من شأنها أن تساهم في تحقيق التنمية المستدامة لموارد المياه . ومن أهم هذه البرامج التي تساهم في تغذية الأحواض الجوفية برنامج إنشاء وصيانة السدود والمنشآت وبرنامج الدراسات الفنية ومن مهام هذه البرامج التي تساهم في تغذية الأحواض الجوفية ما يلي:

1- برنامج الدراسات الفنية:

* رصد عناصر المناخ والتربة للأغراض الزراعية في (43) محطة أرصاد منتشرة في المناطق الزراعية وتوثيق بيانات الأرصاد في تقارير دورية وسنوية.
* الدراسات المائية والمسوحات الجيوفيزيائية واستكشاف أحواض الأودية.
* رصد مناسيب المياه الجوفية في (111) بئر مراقبة ورصد المياه السطحية في (20) محطة رصد بالأودية وتوثيق تلك البيانات في سجلات لإصدار تقارير دورية عن أوضاع المياه ومتابعة تحركاتها.

2- برنامج إنشاء وصيانة السدود والمنشآت المائية:

* إعداد الدراسات المائية والمسوحات الطبوغرافية والدراسات الفنية لإنشاء السدود.
* مراقبة السدود والمنشآت المائية برصد البيانات الهندسية والمائية لـ (21) سد وحاجز وحساب كمية المياه التي تحتجزها.
* صيانة السدود والمنشآت المائية.

وتقوم الدولة حالياً بتنفيذ مشروع رائد (Pilot project) خاص بنقل المياه المحلاة الفائضة عن الاستخدام المدني لمدينة ابوظبي خلال موسم الشتاء إلى منطقة ليوة لتخزينها في الحوض الجوفي وتجربة

إمكانية استعادتها. ويهدف هذا المشروع إلى حقن المياه في حوض تسرب أبعاده 60×36م بمعدل 250 م3/ساعة وأيضا في خمسة آبار تغذية بمعدل 100م3/ساعة لكل بئر (انظر لوحة رقم 4-1).

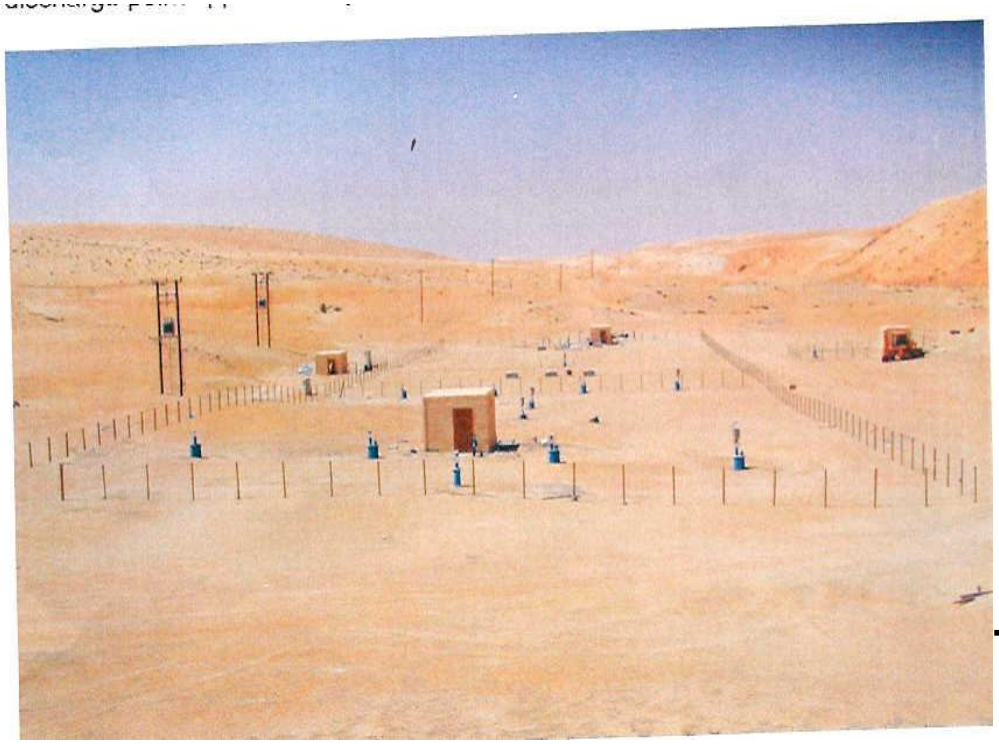
4-3-6-3 التجربة التونسية :

تولي تونس اهتماماً كبيراً بالتغذية الاصطناعية نسبة للنقص الحاد في الهطول المطري ، فقد قامت باستخدام وتطوير تقانات حصاد المياه في المرتفعات والمنحدرات الجبلية لجمع مياه الأمطار، والتي تهدف بالإضافة إلى القيام بالأنشطة الزراعية والري التكميلي – تغذية الأحواض الجوفية . وقد استخدمت أحواض الترسيب لتغذية طبقة مائية في منطقة منزل بوزلفه جنوب شرقي تونس ، حيث تم شحن الطبقة بحوالي 100 ألف م3 ، مما أدى إلى ارتفاع المناسيب بمعدل 2 - 3 م . وتشير الخبرة المكتسبة في تونس إلى أن استخدام آبار عادية بقطر عريض يحقق عدة فوائد نظراً للانتشار الواسع لهذه الآبار ، إلا انه يجب اتخاذ بعض التدابير للتخلص من الرواسب وتجنب رفع الضاغط المائي في آبار الترشيح.

4-3-6-4 التجربة المغربية:

ينتشر تشييد السدود الصغيرة لتحول مياه الفيضانات على السهول الفيضية للأودية الداخلية وقرب مصدات الأودية الساحلية للمملكة. واستخدام هذه السدود متعدد الأهداف بالتكامل مع المصادر المائية السطحية وغير التقليدية، الأمر الذي يؤدي إلى تحسين الجدوى الاقتصادية ، كما أن التكامل ما بين توفير مياه الشرب وتحسين رطوبة التربة وتقليص انجرافها وزيادة التغذية الطبيعية واستخدام الترشيح الاصطناعي في الطبقات المائية المؤلفة من الحجر الرملي والصخري (في حوض شرق العقاب قرب طنجة) .. كل ذلك يكمن في تحقيق أهداف الإدارة الرشيدة للموارد المائية الجوفية.

لوحة رقم (4-1)
تغذية الحوض الجوفي بواسطة الأحواض في منطقة لبوة
بدولة الإمارات العربية المتحدة



حوض التصفية مع أربعة آبار إنتاج (مع غرف البئر) وآبار الملاحظة

غرفة التوزيع وأحواض التصريف في حوض التصفية

4-6-3-5 تجربة دولة قطر:

- أبار التغذية:

لا توجد مياه سطحية دائمة في دولة قطر إلا انه يتم حالياً تنمية مياه الأمطار من خلال الاستفادة من العواصف المطرية التي تفوق 10 مم/يوم في زيادة التغذية للحوض الجوفي والطريقة المتبعة هي تجميع مياه الأمطار في المنخفضات – catchment areas (عدد المنخفضات في دولة قطر 850 تتراوح مساحة تجمع السيول إليها من 0.25 إلى 45 كم^2) ثم يتم تخزينها في باطن الأرض من خلال آبار مصممة خصيصاً لتسريع عملية تسربها إلى الطبقات الحاملة للمياه وبالتالي تتوفر مياه إضافية للأغراض الزراعية بدلاً من ضياعها . تعتمد الكمية المتسربة على شدة المطر (Intensity) وكميته وجريانه وتصريفه واحتفاظ التربة بالمياه وبمعدل التبخر وكثافة الغطاء النباتي وعدد وحجم الوديان المتجهة إلى المنخفض ومساحة وحجم المنخفض.

وقد كشفت نتائج الدراسات الحقلية عن إمكانية زيادة معدلات التغذية من مياه الأمطار بنسبة تصل إلى 30% عندما يتم تنفيذ سليم للآبار وعملها بصورة جيدة . هذا وقد تم تنفيذ 341 بئر تغذية في المنخفضات

الرئيسية ويبين الشكل (4-5) تصميم نموذجي لبئر التغذية ولوحة (4-2) صورة لأحد الآبار المنفذة.

- التغذية الاصطناعية للحوض الجوفي الشمالي:

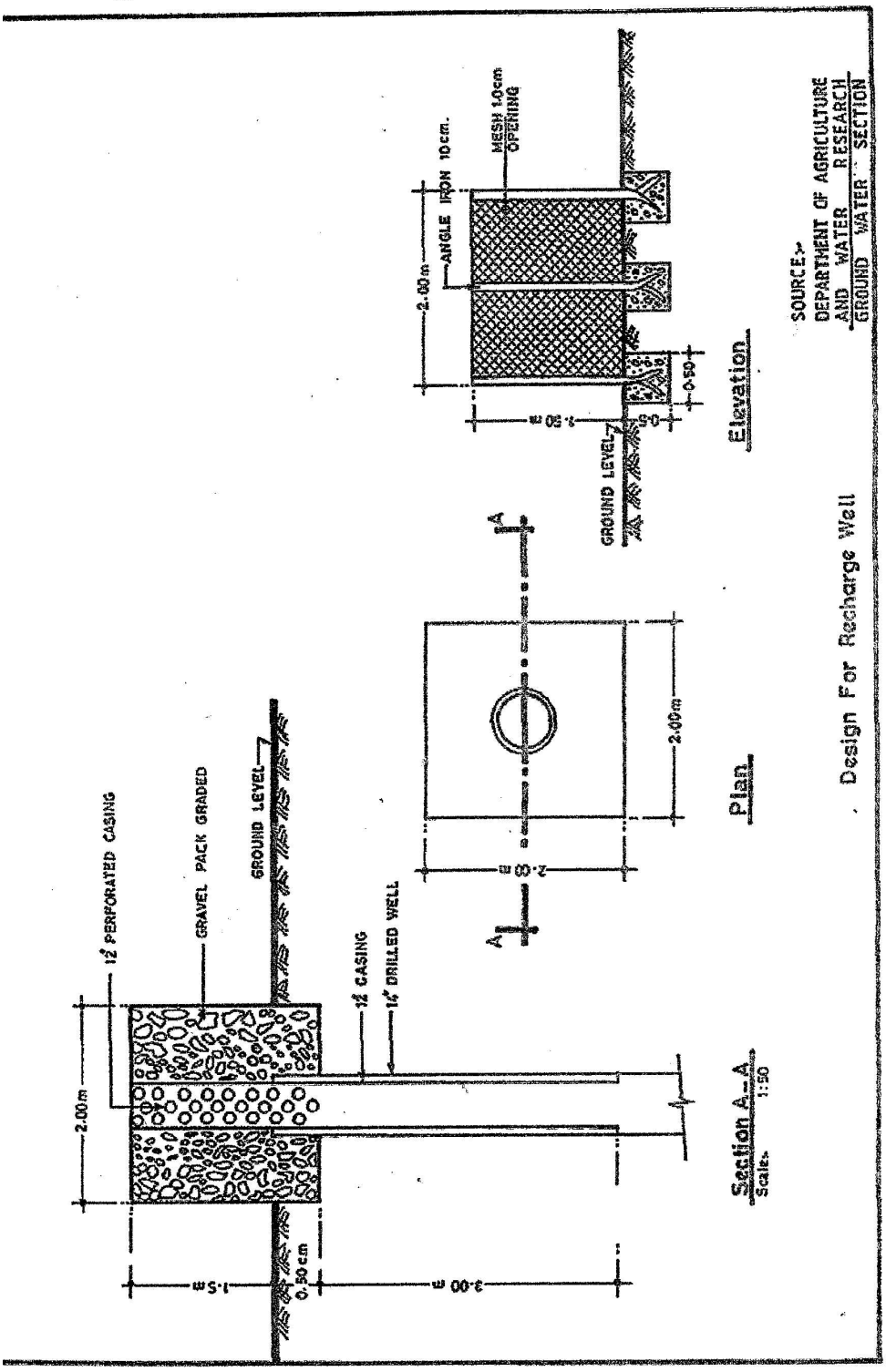
تم تنفيذ مشروع دراسة التغذية الاصطناعية للحوض الجوفي خلال الفترة 92-1994 وذلك بهدف تقويم الجدوى الفنية والاقتصادية لمشروع التغذية الشامل لدولة قطر وذلك للحد من تدهور المياه كماً ونوعاً. وقد حددت هذه الدراسة المناطق الواعدة التي يمكن ان تصل بها كفاءة الاستعاضة 100% بالنسبة للمياه الصالحة للزراعة. وفقاً لمفهوم الاستعاضة الفعالة بالنسبة لمستخدم معين (Merrit ،1993) 60-70% بالنسبة للمفهوم الكلاسيكي، وفيما يلي تعريف لهذين المفهومين:

- مفهوم (Merrit) للاستعاضة الفعالة لمستخدم معين تعرف بأنها كمية المياه التي يمكن استضافتها قبل أن تتدهور نوعية المياه فوق الحد المطلوب (مثلاً 1000 ملجرام/للتر بالنسبة لمياه الشرب و 3600 ملجرام/لتر لمياه الري).
- مفهوم كفاءة الاستعاضة الكلاسيكية هي نسبة المياه التي يمكن استعاضتها بدون أي تدهور معنوي (significant) في نوعية المياه.

وقد وصت الدراسة بان تنفيذ المشروع على نطاق واسع يتطلب البدء بمشروع استرشادي في أحد المواقع الواعدة لتطبيق طرق الحقن الجوفي المستخلصة من الدراسات والنماذج بهدف تحسينها وتعميمها على باقي المواقع واقترحت الدراسة أن يتم الحقن بمعدل 80 مليون $م^3$ سنوياً ولفترة 25 سنة.

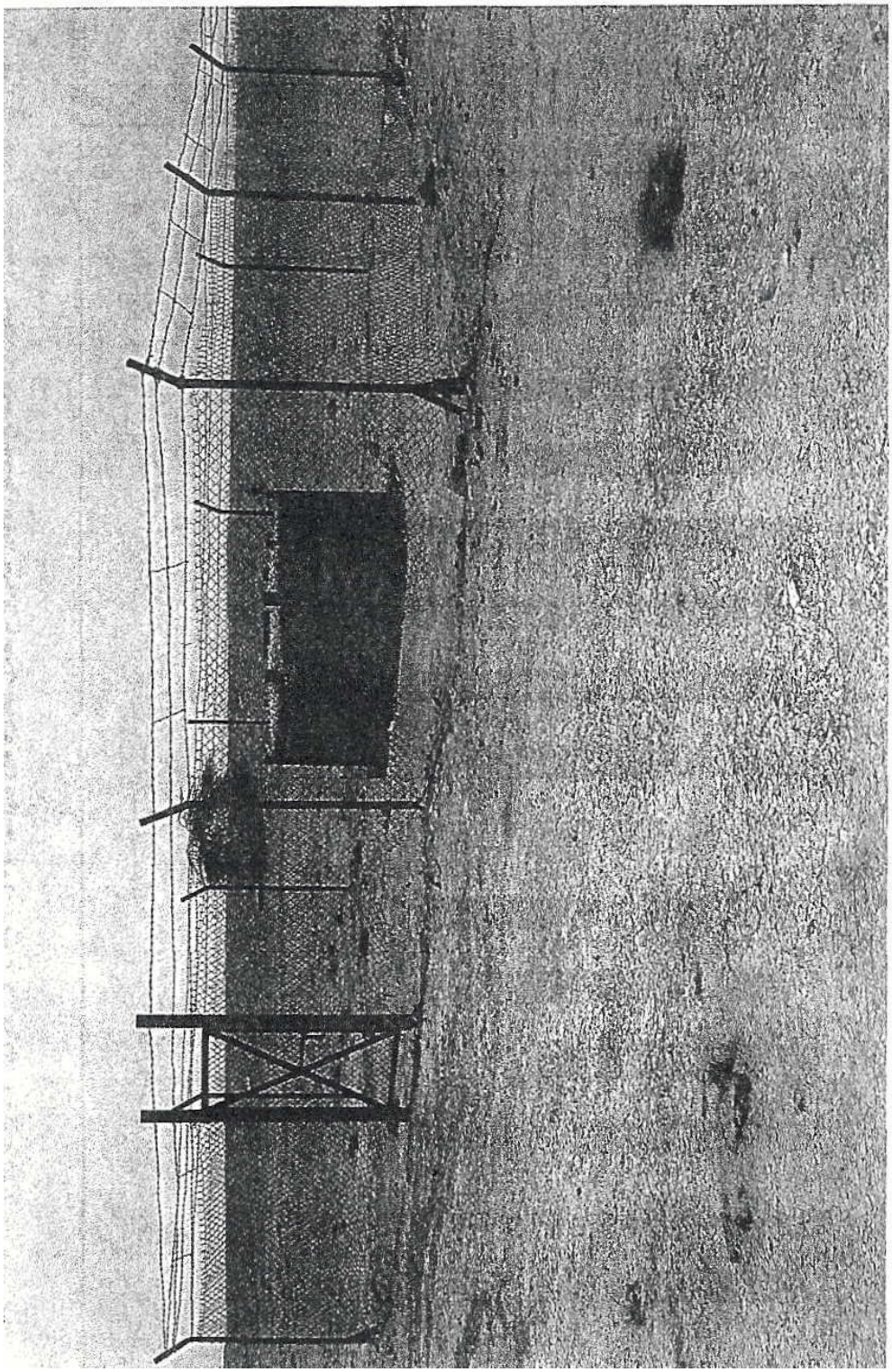
وفي هذه الدراسة رأينا أنه من المفيد تضمين الجدوى الفنية والاقتصادية لها في ملحق رقم (4-1).

الشكل رقم (4-5)
تصميم نموذجي لبئر التغذية



لوحة

رقم (4-2)
بئر تغذية في إحدى المنخفضات بدولة قطر



7-4

تطوير البحث والإرشاد الزراعي في الوطن العربي:

ان الاستغلال الأمثل للمياه من أهم المعايير التي ينبغي إدراكها في استغلال المياه للإنتاج الزراعي وهو ما يطلق عليه كفاءة استهلاك المحاصيل للمياه، وهي تعني كمية المحصول المنتج نظير كمية المياه

المستهلكة، فعندما يكون لصنف معين احتياجات مائية عالية فإنها غير مجدية خاصةً إذا كانت إنتاجية الصنف منخفضة أيضا ، ومن خلال معيار كفاءة استهلاك المياه يمكن الحكم على جدوى استزراع أو التوسع في زراعة كثير من المحاصيل. ورفع كفاءة استهلاك المياه يمكن أن يكون عن طريق تحديد الإجراء الأنسب لبعض العمليات الزراعية مثل: عمق الحرث ونوعيته، موعد الزراعة ، الكثافة النباتية ، نظام الري وتصميمه ، فقد وجد أن الفاقد من ماء التربة الذي يهدر عن طريق التبخر من سطح التربة يمكن تقليصه بزيادة محددة في الكثافة النباتية "عدد النباتات في وحدة المساحة" ، ومن ثم زيادة استغلال المحصول لنفس الكمية من ماء التربة ، كذلك وجد أن زيادة عمق الحرث لأنواع معينة من التربة تؤدي إلى زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء ، كما أثبتت بعض الأبحاث أن تعديل موعد الزراعة لبعض المحاصيل قد لا يؤثر على كمية المحصول اقتصاديا في الوقت الذي يؤدي إلى انخفاض كمية المياه المستهلكة وساعات تشغيل جهاز الري. كذلك فان التوسع في أنواع معينة من الزراعات كزراعة البيوت المحمية التي يقل فيها الاستهلاك المائي كثيراً يمثل أحد الأساليب المطروحة لاستخدام المياه بكفاءة عالية. ويعتبر اختيار نظام الري الحقلي المناسب وتصميمه وفقا لأحدث الأساليب من أحد عوامل خفض هدر المياه وتقليل الفاقد منها.

أن تأمين بدائل حقيقية لندرة المياه في العالم العربي يفرض أموراً أساسية مثل اعتماد استراتيجية مائية قريبة وطويلة الأمد وإيجاد ما يعرف بالتربية على ثقافة المياه وهذا يستدعي وجود تشريعات مائية جديدة ومؤسسة مائية تكون الجهة الوحيدة في إدارة هذا المورد وتنوير الرأي العام بضرورة الاقتصاد في استهلاك المياه واعتبار الموارد المائية جزءاً من اقتصاد السوق وسلعة تجارية من جانب آخر الأمر الذي يقود إلى تسعير المياه من اجل استرداد الكلفة والمحافظة عليها.

تهدف غالبية السياسات المتبعة في الدول العربية الحالية والمستقبلية إلى امتلاك التقنيات الحديثة ومواكبة التطورات العالمية في مجال استخدام التكنولوجيا الحديثة للولوج للألفية الثالثة لكونها تشكل رافدا مهما ومدخلاً من أهم مداخل وقنوات التنمية البشرية لرفع المستوى المعرفي والعلمي والفني للكوادر العاملة في مختلف المجالات وخاصة في تلك المجالات التي تتعامل مع المستحدثات الفنية والتقنيات المتطورة في مجال الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، غايتها من ذلك التوصل إلى إدارة مثلى للموارد المائية.ونظراً للتطورات العالمية الاجتماعية منها والاقتصادية فإنه لم يكن منتظراً من الزراعة أن تبقى القطاع الأهم في الاقتصاد العربي كما كانت عليه حتى نهايات القرن الماضي حيث برزت قطاعات اقتصادية أخرى وفي مقدمتها قطاعي الخدمات والصناعة بمعدلات عالية.ولكن ما لم يكن منتظراً هو استمرار وتزايد هذا التفوق النسبي للقطاعات الاقتصادية الأخرى عليه، مما أدى إلى تراجع كبير ومستمر لمساهمة قطاع الزراعة في الناتج القومي الإجمالي و يعول الوطن العربي على الزراعة لكي تكون القاعدة الاقتصادية للتنمية الريفية المتكاملة من خلال استثمار افضل للموارد الطبيعية المتاحة، وتوليد فرص العمل لسكان الريف والبادية ، وتوفير المواد الأولية للتصنيع الزراعي، وتعزيز الروابط الاقتصادية التكاملية مع

قطاعات الاقتصاد الأخرى. كما يعول على الزراعة في زيادة صادراته لتحسين درجة الاعتماد على الذات، وخفض العجز في الميزان التجاري الزراعي، وفي تثبيت السكان في الريف والبادية والحد من هجرتهم إلى المدن والمحافظة على الموارد الطبيعية وحماية البيئة وتحقيق متطلبات التنمية المستدامة.

ومن هنا فإنه لا بد من استكمال الدراسة في هذا المجال والإطلاع على تجارب الأقطار العربية شاملة الخطط والسياسات التي تتبعها هذه الأقطار في مجال إدارة الموارد المائية العربية وإدارة أحواضها المائية والإطلاع على المنهجية المتبعة في وضع الخطط والسياسات المستقبلية . وأوضحت دراسة الحالة للأوضاع الراهنة للمؤسسات والهيئات العاملة في مجال إدارة الموارد المائية بالأقطار العربية من خلال الأوراق القطرية بأن هناك عدد غير قليل من هذه الجهات لديها من الإمكانيات الفنية والأجهزة ما يؤهلها لإجراء الدراسات التقنية على الوجه الأكمل. وقد خلصت الدراسة على إن العنصر البشرى في الدول العربية قادر على استيعاب المستجدات الحديثة وكيفية استخدامها وتطبيقها بدرجة عالية من المهارة والكفاءة علماً بان العامل البشري هو العنصر الرئيسي الذي يتوقف علية نجاح إدخال وتطوير هذه النوع من التقنيات أو الاستخدام الاقتصادي لها مع تحصيل أعلى مردود منها. ويغدو واضحاً بان التنمية البشرية بمختلف مداخلها وشتى مستوياتها تمثل الخطوة الأولى والأساسية في العملية التنموية الشاملة في جميع الدول من خلال التطوير والتدريب المستمر للكوادر العاملة فيها. إلا أن هنالك ندرة الكوادر البشرية المتخصصة والمدربة والمؤهلة لاستخدام هذه التقنيات الحديثة خاصةً في مجال الموارد المائية والمواضيع المتعلقة بها نظراً لحداثة الموضوع بما يخص اعادة استخدام المياه المعالجة والتحلية. ومن هنا تأتي الأهمية الحيوية والبالغة لعملية التدريب ووضع البرامج والدورات التدريبية المتخصصة على المستوى المحلى والقومي والعالمي بهدف تأهيل وتطوير وتنمية القدرات الفنية للكوادر العربية اللازمة للعمل في هذه المجالات من اجل الإطلاع على السبل والوسائل المتبعة على ما استجد في هذا الموضوع. كما وان التشجيع على إجراء الدراسات والبحوث المائية بشتى مجالاتها وتوفير البنية التحتية للتجهيزات اللازمة تعد من أهم المتطلبات الآنية في توطين هذا النوع من التقنيات في تلك الأقطار على الرغم من شح مصادر التمويل المخصصة لهذه الغايات وربط مخرجات الأبحاث التي تنفذ من قبل المؤسسات المعنية بشكل مباشر بخطط التنمية الزراعية مما يدعم من مساهمتها في وضع الحلول للمشاكل التي يعاني منها القطاع الزراعي.

ومن ذلك يتضح أن على الدول العربية أن تولي موضوع تنمية الموارد المائية والمحافظة عليها الأولوية القصوى عند وضع استراتيجيتها المائية، ويجب ان يكون موضوع الأمن المائي على راس قائمة الأولويات، وذلك بسبب قلة الموارد المائية التقليدية، مما يستدعي العمل الجاد على المحافظة على هذه الموارد ومحاولة تنميتها وكذلك إيجاد موارد مائية جديدة. وخصوصاً أن معظم منابع الأنهار بيد دول غير عربية مما لا يعطيها صفة المورد الآمن، كما أن المياه الجوفية، في اغلب الدول العربية، محدودة ومعظمها غير متجدد لعدم توفر موارد طبيعية متجددة كالأمطار الوفيرة التي تقوم على تغذية هذه المكامن وتزيد من

مواردها. لذلك يجب أن ينصب اهتمام القائمين على إدارة الموارد المائية على المحافظة على موارد المياه الجوفية وزيادة كمياتها، بل وتحسين نوعيتها واعتبارها مخزونا استراتيجيا في مكامن آمنة. ولتجاوز الفجوة المائية الحالية ما بين الموارد المائية المتاحة والاحتياجات الفعلية للاستهلاك (سياسة العرض والطلب على المياه) في المنطقة العربية فيمكن التركيز على العناصر التالية:

1- ترشيد استهلاك الموارد المائية المتاحة.

2- تنمية الموارد المائية المتاحة.

3- إضافة موارد مائية جديدة.

فبالنسبة إلى ترشيد الاستهلاك هناك عدة أساليب يمكن إتباعها مثل: رفع كفاءة وصيانة وتطوير شبكات نقل وتوزيع المياه، تطوير نظم الري، رفع كفاءة الري الحقلي، تغيير التركيب المحصولي وكذلك استنباط سلالات وأصناف جديدة من المحاصيل تستهلك كميات اقل من المياه، وتتحمل درجات أعلى من الملوحة. أما بالنسبة الى تنمية الموارد المائية المتاحة ، فهناك عدة جوانب يجب الاهتمام بها مثل: مشروعات السدود والخزانات وتقليل المفقود من المياه عن طريق التبخر من أسطح الخزانات ومجاري المياه وكذلك التسريب من شبكات نقل المياه.

ونظرا لأن التنمية الزراعية في الوطن العربي سوف تعتمد أساساً على البحث والإرشاد في زيادة الإنتاجية وتخفيض التكاليف وتحسين نوعية المنتجات في ظل المحددات الموردية، فإنه يقترح إعادة النظر في الإطار الذي ينظم المجهود الوطني في مجال الأبحاث الزراعية والإرشاد الزراعي ونقل التكنولوجيا لتحقيق أهداف الاستراتيجية الوطنية للتنمية الزراعية في الأقطار العربية فان الاتجاه السائد الآن هو نحو تأسيس هيئات وطنية للبحوث الزراعية والإرشاد في حال عدم تواجدها او دعم القائم منها من اجل تنفيذ الأنشطة البحثية أو نقل التكنولوجيا والإرشاد الزراعي و متابعة التنفيذ وتقييم النتائج والتحقق من سلامة التنفيذ والسير في الاتجاه الصحيح للوصول إلى الأهداف المحددة. وتشتمل هذه على متابعة مراحل التنفيذ وتقييم الإنجازات أولا بأول بهدف معالجة معوقات التنفيذ وتعديل الخطط والبرامج وفقاً لما تستدعيه المستجدات. وعليه فإن نجاح التطبيق العملي لبرامج ومشاريع وإجراءات استراتيجية التنمية الزراعية يتوقف إلى حد كبير على عملية المتابعة والتقييم، الأمر الذي يستوجب تحديد جهة للقيام بالمتابعة والتقييم ووضع آلية محددة لذلك.

ويمكن تصنيف الجهود المبذولة في القطاعات المختلفة من الوطن العربي للمحافظة على المياه وتنميتها وترشيدها إلى قسمين هما جهود القطاع العام وجهود القطاع الخاص. أما على صعيد الإجراءات التي اتخذتها الجهات المعنية و إدراكاً منها لأهمية المياه باعتبارها المورد الطبيعي الأكثر تحديداً لمسيرة التنمية الاقتصادية والاجتماعية المستدامة، فقد اتخذت العديد من الإرشادات للمحافظة على المياه للأغراض الزراعية من خلال محورين أولهما يستهدف تخفيض الطلب عليها والثاني يتناول زيادة عرضها وتنمية

مصادرها والحد من المحاصيل ذات الاستهلاك العالي للمياه وتنويع الإنتاج الزراعي والتركيز على المحاصيل الزراعية ذات الاستهلاك المائي القليل. أما فيما يتعلق بجهود القطاع الخاص في تحقيق التنمية الزراعية فيتم عن طريق دعم وتشجيع هذا القطاع العريض لإنشاء وتأسيس شركات مساهمة زراعية أو شركات كبيرة محدودة أو مشروعات كبيرة. وهذه الشركات والمشاريع الزراعية وهي تمارس أنشطتها الإنتاجية المختلفة حريصة كل الحرص على رفع كفاءة استغلال المياه وترشيد استخدامها من خلال تبني الكثير من الإجراءات والممارسات وعمل التطوير والأبحاث حول استخدام أنظمة الري الحديثة في الزراعة وإتباع النظام الإداري لإدارة المياه واستخدام أنابيب الري تحت السطحي واستخدام أسلوب الري الضبابي وكذالك بخاخات الري المنخفض والري بالتنقيط وغير ذلك من الوسائل الأخرى التي تعتمد على الجدولة الآلية من خلال نظم التحكم ذات الدائرة المغلقة وباستخدام مجسات الرطوبة في التربة أو باستخدام نماذج رياضية تقوم بحساب الاحتياجات المائية للنبات بناءً على معلومات مناخية في الموقع.

أن نسب مساهمة القطاع الزراعي في الناتج الوطني الإجمالي وتامين فرص العمل يبقى حالياً احد المرتكزات الأساسية في خطط التنمية باعتباره مصدر الغذاء للمواطن . لذلك يحظى تطوير هذه الموارد الطبيعية من أراضي ومياه باهتمام متزايد للحفاظ عليها وباستثمارها بشكل مرشد ووفق معايير اقتصادية واجتماعية عادلة لذلك فان أولى الاستراتيجيات الوطنية تتحدد في الاستخدام المرشد للموارد المائية باستخدام تقنيات ري مناسبة للظروف المناخية و الاجتماعية و الاقتصادية و نوع المحاصيل و ووضع الآليات والسياسات والإجراءات اللازمة لتحقيق ذلك وفق خطط مبرمجة واولويات تنطلق من محددات الطلب والمتاح في كل حوض. ومن أهم الإجراءات التي قامت بها الجهات المختصة بإدارة قطاع المياه في غالبية الأقطار العربية هو إطلاقها لحملات وطنية لترشيد استهلاك المياه بخصوص التوعية الإعلامية بأهمية المياه ، وما يترافق مع ذلك من إقامة اللقاءات والنشاطات الأخرى الهادفة إلى نشر الوعي المائي لدى المستهلكين والتي يستوجب غالبيتها أن تتوجه أولا للمزارعين والمتصلين بالشأن الزراعي. إن استنزاف المياه في المنطقة العربية يأتي أساسا من الفقد الهائل للماء نتيجة ممارسة منظومة من الأساليب والقرارات الزراعية غير المناسبة للاقتصاد بالمياه وعدم حسن اختيار الوسائل الملائمة أكثر من التوسع الزراعي المطلق.

وفي بعض الأقطار العربية ومن أجل تلبية الطلبات المتزايدة من المزارعين لتنفيذ شبكات الري الحديث في مزارعهم تم إدخال مستلزمات الري الحديث ضمن قروض الدعم التي تقدمها الوزارة للمزارعين حيث تقوم الجهات المختصة على بتوفير مستلزمات الري الحديث وبأسعار تشجيعية. ولضمان استمرارية ونجاح برنامج دعم الري الحديث تحرص هذه الجهات على وضع مواصفات فنية عالية الجودة لمواد الري وإعداد التصاميم والمخططات لشبكة الري و الإشراف الفني على تنفيذ مشاريع الري الحديث وتدريب وتأهيل الكوادر الوطنية المختصة في الري من خلال برامج إرشادية للمزارعين.

وعليه يمكن القول أن غالبية الأوراق القطرية ركزت على النقاط التالية:

* التأكيد على أهمية التعاون والتنسيق بين مراكز البحوث والدراسات مع تخصيص الموارد المالية اللازمة لتطوير وتوطين تقنيات المياه وتحقيق الاعتماد على ألذات.

* التأكيد على أهمية وضع خطط واستراتيجيات وطنية وإقليمية متكاملة بعيدة المدى تشمل الخطط والبرامج التي تهدف إلى ترشيد استهلاك المياه الحديثة في مختلف القطاعات ووضع مواصفات إقليمية كدول الخليج على سبيل المثال موحدة لجميع الأجهزة والمعدات المائية المستخدمة في المزارع والمباني والمرافق والعمل على إصدار التشريعات ووضع الحوافز اللازمة .

* تشجيع ودعم استخدام تقنية المعلومات والاستفادة من ذلك في تدقيق وتوثيق البيانات وتبادل المعلومات، وهنالك دعوات للجهات المختصة لإنشاء مراكز إقليمية للمعلومات المائية، وحث الدول على تقديم الدعم المادي والمعنوي لهذه المراكز بما يمكنها من القيام بمسئوليتها على الوجه الأكمل.

* التأكيد على أهمية بناء القدرات وتكوين الكوادر الوطنية العاملة بقطاعات المياه، مع حث الدول على زيادة التنسيق والتعاون في هذا المجال والعمل على تبادل الخبرات فيما بينها . وحث الباحثين على الاهتمام بالدراسات الخاصة برفع كفاءة طرق الري وحسا الاحتياجات المائية الفعلية للمحاصيل على مستوى المزرعة تحت الظروف المناخية المحلية وخصائص التربة السائدة في المنطقة، مع أعطاء العناية الكافية للخبرات المحلية المتوارثة التي ثبت جدواها في مجالات الري واختيار المحاصيل الزراعية الملائمة.

* الاهتمام بإجراء الدراسات المتعلقة بخصخصة مرافق وخدمات المياه وتشجيع القطاع الخاص على المساهمة في هذه الجهود وتشجيع ودعم البحث والتطوير والدراسات الهادفة إلى تخطيط و إدارة الموارد الطبيعية وغير التقليدية وفي كافة أوجه الاستخدام المائي، و إنشاء مركز إقليمي لبحوث المياه تتكامل فيه الإمكانات والجهود والخبرات الوطنية وتفعيله.

* اتخاذ الإجراءات العاجلة للحفاظ على موارد المياه الجوفية والاستغلال الامثل والتأكيد على أهمية ترشيد استخدام المياه في الإغراض الزراعية من خلال استخدام التقنيات الملائمة للري، وإتباع نظم زراعية تشمل محاصيل ذات كفاءة مائية عالية تنتج أكبر كتلة حيوية بأقل احتياجات مائية مع مراعاة العائد الاقتصادي من وحدة المياه المستغلة في الري ما أمكن .

* التوسع في استغلال الموارد المائية ذات النوعيات المختلفة على أن تخصص كل منها للأغراض الزراعية الملائمة لتعظيم العائد منها ورفع كفاءة استخدامها.

* توعية المزارعين بأهمية ترشيد استخدام مياه الري مع توفير فرص التدريب للمزارعين في مجالات استخدام التقنيات الحديثة لضمان كفاءة استغلاله.

* استخدام التقنيات الحديثة مثل تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد والأنظمة

المساندة لاتخاذ القرار والنماذج الرياضية في مجال تخطيط و إدارة الموارد المائية.

* حث الدول العربية على بلورة رؤية مستقبلية للمياه وصياغة سياسات مائية شاملة بعيدة المدى تهدف إلى الإدارة المائية المتكاملة لتحقيق الرفاه الاجتماعي والتنمية المستدامة، تشكيل لجان وطنية وتفعيل دورها لتشارك في رسم السياسات المائية التي تحقق حماية وتطوير الموارد المائية والاستخدام الامثل لها.

* تفعيل دور كافة قطاعات المجتمع في المساهمة في رفع الوعي المائي والمشاركة في تنمية وتطوير الموارد المائية وحسن استغلالها وإدارتها، مع التأكيد على أهمية مشاركة القطاع الخاص في تطوير وتنفيذ وإدارة المشاريع المائية وتطوير القوى العاملة ودعم وتمويل البحث العلمي في مجالات المياه المختلفة واستقطاب رأس مال القطاع الخاص بإيجاد البيئة الاستثمارية التي تساعد على تحفيز هذا القطاع للاستثمار في مجال المياه.

* التأكيد على أهمية التوسع في إعادة استخدام مياه الصرف الصحي والزراعي والصناعي بهدف التخفيف على الموارد المائية المحدودة بالمنطقة، واستخدام التقنيات الملائمة لمعالجتها وتطوير معايير إعادة الاستخدام للأغراض المختلفة، مع الأخذ بالاعتبارات البيئية في التخطيط لكافة المشاريع المائية في المنطقة واستغلال مواردها.

* ضرورة تبنى استراتيجيات الإدارة المتكاملة للمياه على المستويات المحلية والإقليمية والمتمثلة تحديداً في مجموعة من الإجراءات والتدابير المؤسساتية والتشريعية والاقتصادية الكفيلة بتحقيق التوازن بين موارد المياه المتاحة من جهة والاستهلاك من جهة أخرى، بما يدعم التنمية الاقتصادية والاجتماعية المستدامة.

ملحق رقم (4-1)
التغذية الاصطناعية في دولة قطر

خلفية المشروع Project Background:

يتم استغلال المياه الجوفية لكل من طبقتي الرس وأم الرضمة في دولة قطر بشكل جائر وخاصة في مجال القطاع الزراعي ، إذ يعتبر المستهلك الأكبر للمياه الجوفية ، إضافة إلى الاستعمالات لأغراض الشرب

. وقد أدى هذا النظام الاستثماري القائم إلى تدهور كبير في مخزون المياه الجوفية المتاحة نتيجة تجاوز كميات السحب مقارنة بكميات التغذية المائية السنوية للأعوام الـ 20 الماضية. وقد نتج عن هذه الممارسة تدهور في نوعية وكمية المياه الجوفية العذبة المتاحة.

تم اقتراح تطبيق تقنية للتغذية المائية الجوفية الصناعية في الطبقات الحاملة استناداً إلى نتائج الدراسات الهيدروجيولوجية المنفذة في دولة قطر خلال أعوام الثمانينات، فقد اعتبر كأحد الحلول العلمية لإعادة الأوضاع المائية إلى سابق عهدها في السبعينات.

ففي عام 1992 تم في وزارة الشؤون البلدية والزراعة الموافقة على تنفيذ مشروع دراسة التغذية المائية الجوفية بغية تقويم الجدوى الاقتصادية لمشروع التغذية الشامل لدولة قطر وذلك للحد من تدهور نوعية وكمية المياه المتوفرة في الطبقات المائية الجوفية المستثمرة.

بدأت مراحل دراسة المشروع في نوفمبر عام 1992 وذلك بالتعاون المشترك ما بين إدارة البحوث الزراعية والمائية بوزارة الشؤون البلدية والزراعة وبالتنسيق مع مكتب الأمم المتحدة الإنمائي والشركة المنفذة هيدروتكنيكا.

الجدوى الفنية والاقتصادية:

استناداً إلى التجارب والدراسات المتعلقة بالجدوى الفنية والاقتصادية لتطبيق تقانة التغذية المائية الجوفية الصناعية فقد تم الأخذ بعين الاعتبار الشروط الآتية:

أ- انتقاء أفضل مستويات الطبقات الحاملة للمياه لإجراء عملية التغذية المائية الجوفية.

ب- لتقاء أفضل المناطق الواقعة في شمال دولة قطر، لإجراء أعمال التغذية المائية الجوفية استناداً إلى الهدف من استخدامها لأغراض الشرب، أو الزراعة.

ج- التوزيع الأمثل لحقول الآبار.

د- نظام التشغيل الامثل.

هـ- الطرق المستخدمة في عملية التغذية.

وضمن إطار النظرة الشمولية للجدوى الفنية للنظام المقترح تطبيقه ، فقد روعيت عدة نواحي هامة حيث أنه من المفترض أن لا تتعدى قيم الناقلية الكهربائية EC المستخدمة لأغراض الشرب 1.4 ميليسيمنز /سم والتي تعادل حوالي 1000 ملغ/ل لجموع الأملاح الذائبة . وبحيث لا تتعدى قيم الناقلية الكهربائية للمياه المستخدمة للأغراض الزراعية فيها EC عن 5 ميليسيمنز/سم والتي تعادل 3600 ملغ/ل. اعتمدت أعمال تقويم الجدوى الفنية والاقتصادية على افتراض توفر مصدرين مائيين أساسيين محتملين لإجراء أعمال التغذية المائية الجوفية.

- **المياه الفائضة عن محطات تحلية المياه :** وقد افترض ان يتوفر حوالي 5 مليون م3/سنة من المياه المتاحة لفترة خمسة اشهر خلال فصل الشتاء والتي تعادل 33000 م3/يوم ويبلغ معدل الناقلة الكهربائية فيها 0.25 ميليسيسمنز /سم.
- **المياه المستوردة أو المنقولة:** من المفترض ان يتوفر حوالي 80 مليون م3/سنة من المياه المنقولة والتي ستوزع بمعدل 100,000 م3/يوم على مدى 7 أشهر من فصل الصيف وبمعدل 400,000 م3/يوم على مدى خمسة اشهر من فصل الشتاء .

وقد تم حساب معدل الاستعاضة للمياه المحقونة بحجم المياه المستعملة لأغراض محددة والتي يمكن استخراجها نسبة إلى حجم المياه التي تم حقنها، بحيث يؤخذ بعين الاعتبار المعايير والمقاييس العلمية المتعلقة باستخدام المياه لأغراض الشرب أو الزراعة.

وفي حال تطبيق تقانة التغذية المائية الجوفية لابد من تعيين المصدر الذي سيستعمل لهذه الأغراض إضافة إلى الهدف النهائي من استعمال هذه المياه. بناءاً على هذه الأسس فقد تم الوصول إلى الاستنتاجات التالية:

أ- يمكن حقن المياه الفائضة عن محطات التحلية بمعدل 5 مليون م3/سنة في حقل من الآبار مؤلف من خمسة آبار محفورة بشكل متصالب.

ب- تتطلب أعمال حقن 80 مليون م3/سنة من المياه المستوردة توفر 20حقلاً من الآبار مؤلفاً من خمسة أبار لكل حقل.

يتميز تطبيق تقانة التغذية المائية الجوفية بجدوى فنية واقتصادية عالية إذ يمكن استعاضة ما يعادل حجم كميات المياه المحقونة لاستعمالات محددة وذلك ضمن شروط وظروف الاستثمار المذكورة أنفا للطبقات الجوفية الحاملة للمياه. وعلى أية حال فإن فعالية الاستعاضة تعتمد بشكل كبير على نوعية المياه المتوفرة في المنطقة والتي تدهور نوعيتها بشكل مريع.

تسمح الظروف الحالية لأوضاع المياه الجوفية السائدة بتطبيق تقانات التغذية المائية الجوفية الصناعية خلال فترة السنوات القليلة القادمة للحصول على أعلى مردود منها إلا أنه في حال استمرار التدهور في الأوضاع الحالية فان الجدوى الفنية والاقتصادية تصبح اقل فائدة، ولكي يتم الاستفادة القصوى من نظام التغذية المائية الجوفية المقترح لابد من التنسيق والربط بين إدارة الموارد المائية من حيث حقن المياه في الطبقات المائية الجوفية وبين إدارة وسائل الري القائمة وتحسين أوضاعها.

وتعتمد هذه الحسابات على نوعية المياه للطبقة وعلى نوعية المياه المستخدمة لأغراض التغذية.

اتخذ مفهوم الاستعاضة الفعالة لـ Merrit كأساس لاختبار مدى فعالية هذا النظام وتأثيره على الأعمال المنفذة في مجال الحقن المائي الجوفي وفق المواصفات الهيدروجيولوجية لكل موقع.

وتعتبر هذه المقاييس والمعايير من أهم الأسس التي يعتمد عليها في مجال تمثيل برامج الاستثمار.

بناءاً على ما تقدم أمكن الوصول إلى الاستنتاجات التالية:

أ-نظراً لتدني قيم الناقلية الهيدروليكية (معامل السريان) Transmissivity العائدة لطبقة الرس بالمقارنة مع طبقة أم الرضمة فمن غير المتوقع الحصول على استعاضة فعالة كبيرة من جراء حقن المياه لهذه الطبقة على نطاق واسع سوى بعض المناطق التي تتدنى فيها نوعية المياه.

ب- يعتبر الجزء العلوي لطبقة آم الرضمة من افضل النطاقات الصالحة لإنجاز أعمال الحقن المائي الجوفي على نطاق واسع ، وتتدنى الجدوى في حال استخدام طبقتي الرس وآم الرضمة معاً بعض الشيء ، إذا يمكن تحقيق قدر من نفقات تغليف الآبار في هذه الحالة، ولهذه الأسباب فإن من المفضل إتباع التشكيل الأخير .

كما يجب أن لا تخترق الآبار المحفورة الواقعة في شمال دولة قطر طبقة الشيرت (المستوى العازل) وذلك ليتم تفادي أي احتمال متوقع لنشوء ظاهرة الأقماع المائية المالحة الصاعدة جراء الضخ. كما يمكن الاستفادة من المناطق التي تكون فيها طبقتي الرس وأم الرضمة غير منفصلتين بوجود طبقة الغضار clay البيئية، حيث تتسم هذه الأوضاع بسعة تخزينية متوسطة تجعل من طبقة الرس وسطاً جاهزاً للاستثمار.

ج- أفضل المواقع والمناطق الواعدة الصالحة لتنفيذ أعمال الحقن المائي الجوفي، في المنطقة الوسطى من شمال دولة قطر، كما تبين الدراسات الجارية بأنه من غير المحتمل أن يحدث ضياع المياه المحقونة بإتجاه البحر خلال العشر سنوات الأولى من تنفيذ عمليات الحقن.

د- يتضح أن أفضل التشكيلات المعتمدة لتوزع حقل الآبار اللازم لإنجاز أعمال (الحقن/الاستعاضة) يشمل توزيع حقل آبار مؤلف من خمسة آبار بحيث تتباعد عن بعضها بمسافة 100 م فيما بينها وتقع في شكل متصالب.

هـ-تعتمد فعالية الاستعاضة Merrit للنظام المطبق على الفترة اللازمة للحقن ونوعية المياه المزمع حقنها إضافة إلى نوعية المياه الجوفية . تزداد سعة فعالية الاستعاضة Merrit بزيادة معدلات التغذية المائية الجوفية لحجم محدد من المياه. كما تزداد نسبة الاستعاضة مع طول فترة النظام المطبق في عملية الحقن المائي. كما انه من الممكن زيادة هذا المردود فيما إذا تم تطبيق هذا النظام لفترة تتجاوز خمسة دورات متتابعة.

و- تعد نوعية المياه المنقولة والمزمع حقنها في الطبقات المائية الجوفية جيدة من حيث استعمالها

لأغراض الحقن، وذلك بعد إزالة الغازات الهوائية منها . إضافة إلى معالجتها بالكلور اللازم لضمان نقاوتها.

دلت الدراسات الجارية على مدى الجدوى الفنية والاقتصادية جراء تطبيق تقنيات التغذية المائية الجوفية الصناعية لأغراض الشرب أو للأغراض الزراعية ، كما تشير إلى إمكانية إتباع طرق مقترحة ومحددة يتم من خلالها استعاضة المياه المحقونة القابلة للاستعمال ولأغراض محددة وفق ما يلي :

يمكن الحصول على استعاضة فعالة تعادل حجم المياه المحقونة في المنطقة المحددة والصالحة لاستغلال المياه لأغراض الشرب كحقول الآبار المحقونة بمصادر مياه محطات التحلية أو شبكة للمياه المنقولة . كما يمكن تحقيق 100% استعاضة فعالة لاستخدامات الأغراض الزراعية. وذلك بحقن المياه الناتجة عن محطات التحلية أو المنقولة من مياه الشبكة السطحية في المناطق المحددة. ويتحكم في هذا النظام :

أولاً : انتشار طبقة الشيرت (الصوان)التي تلعب دوراً هاماً في منع تشكل ظاهرة الأقماع المائية الصاعدة للمياه المالحة من الطبقات الدنيا .

وثانياً : دور المياه العائدة من الري والمستخدمة في الأغراض الزراعية وأثرها في تدهور نوعية المياه الجوفية .

تستمر صلاحية استغلال مياه حقول الآبار العائدة للدولة في الإغراض الزراعية والتي تستمد مياهها من طبقة أم الرضمة بينما تنخفض فعاليتها إلى 70% في حال الرغبة في استخدامها لأغراض الشرب.

التجارب والتحاليل الحقلية Field Testing and Analysis :

ولتنفيذ هذه فقد لزم الأمر إلى وضع دراسة تفصيلية حول الجدوى الفنية والاقتصادية للحوض المائي الجوفي بغية تحديد قدرات استيعابها لمزيد من المياه المضافة إليها وتحديد معامل الاستعاضة الفعال Recovery efficiency للمياه المحقونة، ووضع خطة تنفيذية تشمل حقول آبار التغذية المائية الجوفية الصناعية، وتحديد الحجم الاعظمي لكميات المياه المطلوبة للتغذية وفق المواصفات الهيدروليكية للطبقة، واختيار الموقع المناسب لهذا الغرض، وعددها.

تتسم الطبقة المثالية المطلوبة لتحقيق هذا الغرض بمعامل سريان فعال. إضافة إلى قابلية الطبقة لتخزين حجم مناسب من المياه، وبمعامل انتشار متدني، لا تسمح بنشره عملية الخلط مع مياه الطبقة الأساسية ولتفادي تدني نوعية المياه حين المزج.

رغم ندرة توفر هذه الطبقات المثالية إلا أن التجارب الحقلية تشير إلى إمكانية توظيفها لتحقيق الغرض المرجو منها، ووضع النظام المائي في حيز الاستثمار الفعلي.

في هذا المجال تم اختيار أربعة مواقع لدراسة مواصفات الطبقات المائية الحاملة، وتم حفر 53بئراً صممت لاختيار كل من طبقتي الرس وأم الرضومة وتحديد درجة الاتصال الهيدروليكي فيما بينها. وقد بلغت إجمالي الأمتار المحفورة 3147 متراً.

أظهرت التحريات الهيدروجيولوجية في طبقة الرس وأم الرضيمة عن عدم وجود تبدلات واضحة في مواصفات وسحنة الطبقات المخترقة، عدا في بعض الحالات والتي تظهر فيها طبقات غضارية تتصف بتدني معامل النفاذية فيها. وتشير النتائج إلى انتشار التوضحات الغضارية بشكل واسع في المنطقة الجنوبية، والتي تتطلب دراسة برنامجاً أكثر شمولية لتحديد أبعادها الهيدروجيولوجية.

تزيد فعالية الاتصال الهيدروليكي بين الطبقتين عندما تخلو المنطقة من انتشار الحاجز المائي المتمثل بالتوضعات الغضارية. كما دلت الدراسات الجارية على وجود مستوى من توضعات الشيرت التي تقع على أعماق تتراوح ما بين 10 إلى 20متراً أسفل السطح العلوي لطبقة أم الرضيمة الواقعة في الجانب الشرقي من الجزء الشمالي لدولة قطر. تلعب هذه الطبقة دور حاجز مائي يحد من حدوث ظاهرة الأقماع المساعدة للمياه الجوفية المالحة العميقة جراء عمليات الضخ الجارية في المنطقة.

مما تقدم تبين أن ملوحة المياه الجوفية تزداد مع العمق، وأهم المستويات المائية المخترقة تقع في طبقة أم الرضيمة حيث تتميز بانتشار مستويات رئيسية وثانوية من الشقوق والفواصل تلعب دوراً رئيسياً في حركة المياه الجوفية وتواجدها.

بعد إجراء برنامج أعمال الحفر وتجارب الضخ التقليدية لكل طبقة ثم اختيار المستويات الملائمة لحقن المياه فيها وذلك باستخدام المشعرات Fluorescent dye حيث تم قياس تراكيز المشعر المتبقي في المياه المستخرجة بعد الحقن وتحديد درجة الاستعاضة في المياه المحقونة، وقد بلغ مجموع التجارب المنفذة في هذا المجال 24 تجربة ضخ.

أظهرت التجارب الحقلية على أن الطبقة الحاملة للمياه والعائدة للرص تتميز بمعامل سريان يتراوح ما بين 1-20 م^2/يوم، وكذلك لمعدلات الضخ ما بين 43—230 م^3/يوم، كما بلغت نسبة الاستعاضة الكلية للمياه المحقونة بـ (62-70%). وقد عرفت درجة الاستعاضة الكلية Overall Recovery efficiency بنسبة للمياه المحقونة في الطبقة والتي تم استعادتها عندما تكون كمية المياه المستعاضة من حيث النوعية تساوي تلك التي تم حقنها. وتعتبر هذه الخاية ذات فائدة في مقارنة التجارب الحقلية.

وبالمقارنة فإن قيم معاملات السريان المائي Transmissivicy في طبقة أم الرضيمة تتراوح ما بين 1000-3000 م^2/يوم ودرجة الاستعاضة الكلية ما بين 17-40% ضمن الشروط الهيدروجيولوجية القائمة.

وقد أظهرت التجارب الحقلية عن وجود اتصال هيدروليكي جزئي ما بين طبقتي الرس وأم الرضيمة يختلف باختلاف المواقع المدروسة.

ومن أجل دراسة تأثير الحقن المائي الجوفي على الطبقات المائية الحاملة تم إعداد مجموعة من النماذج الرياضية التي اعتمدت على إجراء معايرة أولية للنماذج الرياضية المتعلقة بالتجارب الحقلية ليتم بناءاً عليها وضع الأشكال المتعلقة بتنفيذ السيناريوهات الخاصة بخطط التنمية للموارد المائية الجوفية. وقد تم تمثيل الأشكال المقترحة للاستثمار (سيناريوهات)، وتحديد موقع جديد لحقول الآبار المزمع استثمارها في مجالات (الحقن/الاستعاضة) ضمن الشروط الهيدروجيولوجية التي تسمح بتحسين الامكانات المائية المستخدمة لأغراض الري والحد من تدهور نوعية المياه من جراء تداخل مياه البحر المالحة.

ملحق (4-2)
القدرة الإنتاجية لمحاصيل مختارة وفقاً بتأثرها بملوحة مياه الري (ECwi) أو ملوحة التربة (ECe)

المحصول	القدرة الإنتاجية									
	100%		90%		75%		50%		0% الاعظمي	
	ECe	ECiw	ECe	ECiw	ECe	ECiw	ECe	ECiw	ECe	ECiw
المحاصيل الحقلية										
الشعير	8.0	5.3	10	6.7	13	8.7	18	12	28	19

الشمندر السكري	7.0	4.7	8.7	5.8	10	7.5	15	10	24	16
الذرة الرفيعة	6.8	4.5	7.4	5.0	8.4	5.6	9.9	6.7	13	8.7
القمح الطري	6.0	4.0	7.4	4.9	0.5	6.3	1.3	8.7	20	13
الخضروات :										
القرع	4.7	3.1	5.8	3.8	7.4	4.9	10	6.7	1.5	10
البنجر الأحمر	4.0	2.7	5.1	3.4	6.8	4.5	9.6	6.4	15	10
الطماطم	2.5	1.7	3.5	2.3	5.0	3.4	7.6	5.0	13	8.4
الخيار	2.5	1.7	3.3	2.2	4.4	2.9	6.3	4.2	10	6.8
البطاطا	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	20	6.7
البصل	1.2	0.8	1.8	1.2	2.8	1.8	4.3	2.9	7.4	5.0
الجزر	1.0	0.7	1.7	1.1	2.8	1.9	4.6	3.0	8.1	5.4
محاصيل الأعلاف										
عشب برمودا	6.9	4.6	8.5	5.6	11	7.2	15	9.8	23	15
عشب السودان	2.8	1.9	5.1	3.4	8.6	5.7	14	9.6	26	17
فصة (alfalfa)	2.0	1.3	3.4	2.2	5.4	3.6	8.8	5.9	16	10
البرسيم (clover)	1.5	1.0	3.2	2.2	5.9	3.9	10	6.8	19	13
أشجار الفواكه										
نخيل	4.0	2.7	6.8	4.5	11	7.3	18	12	32	21
برتقال	1.7	1.1	2.3	1.6	3.3	2.2	4.9	3.3	8.0	5.4
عنب	1.5	1.0	2.5	1.7	4.1	2.7	6.7	4.5	6.8	4.5
فراولة	1.0	0.7	1.3	0.9	1.8	1.2	2.8	1.7	4.0	2.7

ملحق رقم (4-3)
تحمل الملوحة لمحاصيل مختارة تنمو في المناطق القاحلة

المحصول	الاسم العلمي	(a) التركيز الحرج للملوحة Threshold dS/m	(b) الميل Slope %/dS/m	التصنيف

Ms	**7.3**	**2.0**	(***Medicago sativa***)	**البرسيم الحجازي (alfalfa)**
T	**5.0**	**8.0**	(**Hordeum *vulgare***)	**شعير للحبوب**
MT	**9.0**	**4.0**	(***Beta vulgaris***)	**بنجر أحمر**
T	**6.4**	**6.9**	(***Cynodon Dacrylon***)	**عشب برمودا**
S	**14**	**1.0**	(***Daucus Carota***)	**جزر**
MS	**5.7**	**1.5**	(***T. alexandrinum***)	**برسيم (clover)**
MS	**13**	**2.5**	(***Cucumis sativus***)	**خيار**
MS	**9.6**	**1.5**	(***Vitis spp.***)	**عنب**
S	**16**	**1.2**	(***Allium Cepa***)	**بصل**
S	**16**	**1.7**	(***Citus sinensis***)	**برتقال**
MS	**12**	**1.7**	(***Solanum tuberosum***)	**بطاطا**
S	**33**	**1.0**	(***Fragaria spp.***)	**فراولة**
MT	**9.4**	**4.7**	(***C. Pepo melopepo***)	**الكوسة**
MT	**4.3**	**2.8**	(***Sorghum sudanese***)	**حشيشة السودان**
T	**5.9**	**7.0**	(***Beta vulgaris***)	**شمندر سكري**
MS	**9.9**	**2.5**	***Lycopersicon -***) (***Lycopersicum***	**طماطم**
MT	**7.1**	**6.0**	(***T. aestivum***)	**قمح**

المراجع

1- المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الموارد المائية في الوطن العربي، دمشق ، 1990.

2- حرحش ، أ. ، ع.م يوسف، حفر الآبار لزيادة معدلات التغذية للحوض الجوفي ، الدوحة – دولة قطر ، 1991.

3- خوري، ج. التقنيات المناسبة لاستغلال مياه الآبار الجوفية، حلقة عمل التقنيات المناسبة لاستغلال مياه الآبار الجوفية ، القاهرة 20-1993/12/22.

4- المنظمة العربية للتنمية الزراعية، دراسة السياسات العامة لاستخدام موارد المياه في الزراعة العربية، الخرطوم، السودان، 1994.

5- عبد الجواد أ. ، ع غيبة، قدورة، فردوس، الشعيوتي، استعمالات المياه المالحة وشبه المالحة في كل من سوريا والأردن وتونس ، مجلة الزراعة والمياه ، المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة ث 98-139 ، 1996.

6- المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة، حلقة محاضرات حول الإدارة المتكاملة لأحواض المياه الجوفية في الوطن العربي، دمشق، نوفمبر ، 1996.

7- المنظمة العربية للتنمية الزراعية، دراسة حول تحسين كفاءة الري الحقلي في الدول العربية، الخرطوم، السودان، 1997.

8- استراتيجية المياه الوطنية، وزارة المياه والري، المملكة الأردنية الهاشمية، 1998.

9- مختار ع ، دور المياه الجوفية في التنمية الزراعية بالولاية الشمالية – السودان ، ندوة توطين القمح بالولاية الشمالية – دنقلا، كرسي اليونسكو للمياه ، الخرطوم 1999 .

10-المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الندوة القومية حول "تقويم سياسات ومناهج استرداد تكلفة إتاحة المياه وأثرها على الإنتاج الزراعي"، دمشق 2-1999/10/4.

11-هاشم، م.ا. ، ح. أبوسكر، استخدام الرصد الجوي الزراعي في إدارة مياه الري في دولة قطر. نشرة فنية صادرة من إدارة البحوث الزراعية والمائية بمناسبة أسبوع المياه الخليجي. 22-2003/3/28 – الدوحة – دولة قطر، 1991.

12- بلوم –عبد الوهاب واقع وسبل تحقيق الأمن المائي العربي، الندوة العلمية حول دور الجامعات في مواجهة نقص الموارد المائية في الوطن العربي ، بنغازي ، الجماهيرية العظمى 2001 .

13-استراتيجية المياه والسياسات المائية في الأردن، وزارة المياه والري، المملكة الأردنية الهاشمية، 2002.

14- هاشم ، م أ ، تحسين استخدام مياه الري في دولة قطر ورقة غير منشورة قدمت خلال الندوة العلمية ، مشاكل المياه في الوطن العربي ، كلية العلوم ، جامعة قطر - الدوحة، 2002.

15- الحديثي د.ع.، ر. العزابي، ح. الطالب. ح. الصويعي، تقنية الري الثنائي تحت ظروف نظم الرش الثابت، الندوة الثانية لترشيد استخدام المياه بالمملكة العربية السعودية 8-12 مارس 2003 – الرياض السعودية ، 2003.

16- هاشم، م.، أ. ، ج. م. خير ، م. ر. اليافي، تقنيات الري وتأثيرها على إنتاجية الخضروات وكفاءة استخدام المياه وتحمل الخضروات للملوحة، الدوحة، دولة قطر، 2003.

17- المنظمة العربية للتنمية الزراعية، دراسة الحالة حول ترشيد استخدام المياه الجوفية في الزراعة العربية بالأردن، 2004.

18- المنظمة العربية للتنمية الزراعية، دراسة الحالة حول ترشيد استخدام المياه الجوفية في الزراعة العربية بالسعودية، 2004.

19- المنظمة العربية للتنمية الزراعية، دراسة الحالة حول ترشيد استخدام المياه الجوفية في الزراعة العربية بالإمارات العربية المتحدة، 2004.

20- المنظمة العربية للتنمية الزراعية ، دراسة الحالة حول ترشيد استخدام المياه الجوفية في الزراعة العربية بقطر ، 2004.

21- المنظمة العربية للتنمية الزراعية، دراسة الحالة حول ترشيد استخدام المياه الجوفية في الزراعة العربية بالمملكة العربية السعودية، 2004.

22- المنظمة العربية للتنمية الزراعية، دراسة الحالة حول ترشيد استخدام المياه الجوفية في الزراعة العربية بتونس، 2004.

23- المنظمة العربية للتنمية الزراعية، دراسة الحالة حول ترشيد استخدام المياه الجوفية في الزراعة العربية بالجماهيرية الليبية، 2004.

24- المنظمة العربية للتنمية الزراعية، دراسة الحالة حول ترشيد استخدام المياه الجوفية في الزراعة العربية بالجزائر، 2004.

25- المنظمة العربية للتنمية الزراعية، دراسة الحالة حول استخدام الاستشعار عن بعد في إعداد الخرائط الهيدروجيولوجية بالأردن.

26- UNESCO, Proceedings of the International Conference on "Regional Aquifer Systems in Arid Zones, Tripoli, Libya, 20-24 November IHP Technical Document in Hydrology NO 42, 1999.

27- Alghouoni, S.A., "Sustainable Irrigation Management in the Southern Mediterranean Region Proceedings of the International Conference on Sustainable Irrigation and Pollution Control in the Mediterranean Region" Bari, Italy, 19-25 September, 1997, 1997.

28- Hashim H.A., A.H. Abdelmalik, Guidelines for design and operation of irrigation systems under saline and arid conditions. In: Proc. 5th. Gulf Water Conference, 24-28 March 2001, Doha, pp. 479-490, 2001

29- Ayears, R.S., and Westcot, 1985, Water Quality for Agriculture, Irrigation and Drainage Page 29 . FAO, Rome, 1985.

30- Doorenboss, J., and W.O Pruitt, Guidelines for predicting crop water requirements (Revised).Irrigation and Drainage Paper 24. FAO, Rome, 1977

31- Rhodes, J.D., and A.M. Mashali, , the use of saline water for crop Production. Irrigation and Drainage Paper 48. FAO, Rome, 1992

32- FAO, CROPWAT, a computer program for irrigation planning and management, M. Smith, Irrigation and drainage K Paper 46, 1992.

33- Abdulmalik, A. H., M.A. Hashim, Re-assessment of groundwater in the State. Qatar , Doha, Qatar, 2001.

34- Entee Hydrotechnica, Artificial recharge of ground water in Northern Water, executive summary, Shrewsbury –UK, 1994.

35- GTZ & Dornier Consulting, Artificial Ground-water Recharge and Utilization. The Liwa project in the Emirate of Abu Dhabi, United

Arab Emirates, 2004.

Executive Summary

The Arab Organization for Agricultural Development (AOAD), within its program for natural resources management, and according to AOAD plan of work for the year 2004, has initiated this study:

Optimization of Groundwater Utilization for Agricultural Development in the Arab Countries.

Due to the significant importance of this subject, AOAD has planned to carry out this study through assessment of the current situation aiming to come out with a new vision for optimization of groundwater use for agricultural development. To meet the study objectives, this study is based on thorough evaluation of all available data, maps, and reports pertaining to this study in addition to nine country papers prepared for this purpose.

The study consists of four chapters.

Chapter I

Deals with all available water resources in the Arab countries and with more emphasis on groundwater resources and concludes that:

- Most of the Arab countries lie in the arid and semi-arid zone where water is a scarce commodity.
- In spite of the fact that the total annual rains falling in the Arab countries amount to 2,282 billion m^3, the majority of them suffer from acute water shortage. This is due to the fact that 67% of the total area receives annual rainfall of less than 100m.m. and only 18% receives annual rainfall of 300m.m and more, and evapotranspiration (800-3,000mm/year) exceeds by far annual rains resulting in large annual water deficits.
- Existing surface water drainage systems reflect the prevailing drought conditions and 70% of them originate from outside Arab territories putting the Arab countries under a real threat.

- The seasonal drainage systems prevailing in the coastal plains and the Savannah belt, though of limited water resources, they are of high significance to rain fed cultivation, grazing, lands, and recharging of the shallow aquiferous zones underneath.
- Available surface water resources, in the Arab countries, are estimated to be around 205 billion m^3/year while the water demand for agricultural production is estimated to be in the order of 296.6 billion m^3/year. The surface water resources, under the recurrent droughts, and their distribution in limited areas, and mostly shared with other countries, coupled with the dramatically increasing water demands in the Arab countries, exert more pressure on the available groundwater resources.
- Groundwater, in the Arab countries, occurs in six major geologic formations each containing one or more hydraulically connected layers. Aquiferous zones can be subdivided as containing renewable and non renewable groundwater.
- The renewable zones comprise the shallow aquiferous zones of limited extent underlying the seasonal and perennial water courses dominating the coastal plains and the Savannah belt. Being annually replenished by infiltration from rainfalls and surface run-offs they are sensitive even to short term climatic changes.
- The non-renewable groundwater basins comprise the Nubian Sandstone in the Nile Valley, the Continental Intercalaire in the Maghrib, and the Sag basin in the Arabian Peninsula are characterized by their vast geographical extent, thick sediments (up to 5,000m.), good hydraulic properties, huge groundwater storage, occurrence mostly under artesian to semi-artesian conditions, and in desert areas away from settlements.

- Recharge to the deep aquiferous zones is assumed to have occurred during pluvial times when climatic conditions were much cooler than today (5,000, 12,000, and 40,000 years).
- In spite of the fact that detailed estimates are lacking in many countries groundwater reserves in the Arab countries are estimated to be in the order of 7,733 billion m^3, distributed as follows 83% in the Nile valley, 12% in El Maghrib El Arabi, 4.7% in the Arabian Peninsula, and 3% in the Mashrig.
- Annual groundwater recharges are estimated to be 42 billion m^3/year while the exploitable part is 35 billion m^3/year.
- Groundwater development problems, in the Arab countries, can be summarized into:

- Decrease of annual recharges due to decrease of rainfalls.

- Increase of evapotranspiration and decrease of top soils permeability.

- Occurrence of potential aquiferous zones away from the existing settlements.

- Groundwater pollution from urbanization, and agricultural-industrial wastes.

- High cost of pump age.

- Groundwater development, in the Arab countries, started from time immomorid by utilizing springs water for agricultural development and domestic supply in mountainous terrains, and by shallow dug wells along seasonal streams.
- Groundwater development of the deep aquiferous zones started mid of last century by drilling deep bore holes in the New Valley in Egypt, and for the Great Man Made River in Libya and later extended to other countries.

- Extensive groundwater development, estimated as 31 billion m^3/year, has been reflected in depletion of the shallow aquiferous zones, hydraulic and hydrochemical imbalances in the deep aquiferous zones resulting in groundwater level lowering, decrease in artesian flow, increase in salinity (> 3g/L), soil salinization, and sea water intrusion in coastal zones, and severe negative impacts on the eco-system.

- Groundwater development, in many aquiferous zones, has surpassed the annual recharges and about to dry up completely and stoppage of many springs, and in general groundwater situation is critical and requires quick actions.

Chapter II

Deals with the current groundwater utilization, countries policies, strategies, and plans, obstacles, and impacts.

- Groundwater abstractions are used for agriculture (88%), domestic supply (6.9%) and industry (5.1%) and annual abstractions are expected to increase by the increase of population which is expected to reach 735million persons by the year 2030.

- Groundwater abstractions in many countries exceed annual recharges reaching 190% in Jordon,130% in Omman, 128% in Libya, 133% in Saudi Arabia, and 1,200% in the Arab Emirates.

- Most of the Arab countries have development in their national policies, strategies, and programes for monitoring and developing their groundwater resources using modeling techniques and different scenarios were prepared. Groundwater legislations were formulated and cooperation and integration of groundwater management initiations, between concerned authorities, is underway.

- Many countries, suffering from water shortage, started optimalization of their groundwater use through control of abstractions, increase of

annual recharges through construction of check dams, use of treated sewage, agricultural, and industrial waste waters for irrigation, and improvement of their irrigation systems.

- Many Arab countries are faced by problems of poor technical capabilities for installation and maintenance of advanced irrigation systems, lack of awareness among farmers, high cost of improved irrigation systems with low government subsidy, poor marketing and investment facilities, and application of legislations and licencing, and week research institutions, and the ever increasing water demands.
- The adverse impacts of groundwater utilization, include groundwater levels decline, aquifers depletion, stoppage of springs and decline of artesian heads, sea water intrusion, increased groundwater and soil salinities.

Chapter III

Deals with the integrated management of the shared groundwater basins which contain mostly fossil water.

Management of the shared basins in a sustainable manner requires:

- Thorough knowledge of the technical aspects as groundwater occurrence, flow mechanisms, piezometric heads, groundwater quality variations, and aquifers vulnerability to pollution.
- Strategies based on multi disciplinary approaches and insurance of groundwater development sustainability.
- Establishment of groundwater resources data base, establishment of monitoring systems for rainfalls, piezometric heads, surface run-offs, pumpage levels, and exchange of information between the shared countries. The use of simulation models technique and establishment of shared committees are of norrmal para importance.

- Legalization and institutionalization of the shared basins management systems and with full consideration to the existing water rights, participation of beneficiaries, social, economical, and political aspects, and legal and ethical issues concerning water use need to be addressed..

Chapter IV

optimization of Groundwater Use for Agricultural Development is the core of this study and deals with major issues such as:

- Reassessment of groundwater resources, in the Arab countries, using advanced hydrogeological techniques as remote sensing, GIS, geophysical, and modeling techniques as planning tools for proper utilization of available groundwater resources.
- Climatic and rainfall variations, under recurrent droughts, requires establishment of good water monitoring systems covering all meteorological parameters, groundwater levels and qualities, crop water requirements, proper farming management, and application of improved irrigation systems.
- Application of proper managerial and technical approaches for water demand management, integrated water management systems, preventive and curative measures, through control of abstractions within safe yield limits, avoidance of communal water rights, protection of groundwater resources, and application of virtual water approaches.
- Utilization of salty water and mixed water for irrigation of selected species, and adoption of the appropriate irrigation systems.
- Reuse of the treated sewage, and irrigation and industrial waste waters for irrigation and within safety limits.
- Application of artificial recharge techniques as infiltration basins and channels, and injection wells for recharging the depleted aquiferous

zones using available surface waters and with full consideration to their adverse impacts.

- Strengthening of the agricultural and water research institutions, improvement of the technical capabilities of the technicians and farmers through training, awareness campaigns, and group visits.
- Governments subsidy of improved irrigation systems as an effective tool for economizing groundwater use for agricultural development.

Résumé

Dans son programme gestion de ressources naturelles pour l'année 2004, l'Organisation Arabe pour le Développement Agricole (AOAD), a initié cette étude intitulée:

Optimisation de l'utilisation des eaux souterraines pour le développement agricole dans les pays arabes.

En raison de l'importance significative de ce sujet l'AOAD a réalisé cette étude pour évaluer la situation actuelle visant à sortir avec une nouvelle vision pour l'optimisation de l'utilisation des eaux souterraines pour le développement agricole.

Pour répondre aux objectifs d'étude, celle-ci s'est basée sur l'évaluation complète de toutes les données, cartes, et rapports disponibles concernant cette étude en plus des neuf rapports réalisés au niveau de chaque pays concerné.

L'étude se compose de quatre chapitres.

Chapitre I

Le manque de ressources en eau disponibles (souterraines ou de surface) dans les pays arabes est le résultat de:

* La plupart des pays arabes se situent dans le désert et la zone aride, semi aride, de ce fait l'eau devient un produit rare.
* Les précipitations annuelles des pays arabes s'élèvent à 2282 milliards de m 3, ce qui met la plupart de ces pays dans une situation de manque d'eau aigu. C'est dû aussi au fait que 67% de la surface totale ne reçoit que environ 100 mm de précipitations annuelles, et seulement 18% qui reçoivent des précipitations annuelles de 300 mm, alors que l'évapotranspiration varie selon les pays de 800 à 3000 mm/an. Il en résulte un grand déficit annuel d'eau.
* 70% des ressources en eau de surface proviennent des territoires extérieurs aux pays arabes mettant ces derniers sous la menace régionale.

* Cependant des ressources en eau limitées font que les écoulements saisonniers régnant dans les plaines côtières et dans la savane, ont une importance très élevée pour les cultures pluviales et pour la recharge des eaux souterraines peu profondes.

* On estime que les ressources disponibles d'eau de surface, dans les pays arabes, sont de l'ordre de 205 milliards m3/an tandis que la demande en eau du secteur agricole est de l'ordre de 296 milliards m3/an. Les ressources en eau de surface sont souvent partagées avec d'autres pays limitrophes. Ils sont encore accentués par des sècheresses répétées et longues. Cette situation exerce une pression plus accentuée sur le peu de ressources souterraines propres aux pays arabes.

* Les eaux souterraines, dans les pays arabes, se subdivisent en six formations géologiques principales chacune se subdivise en une ou plusieurs couches hydrauliquement reliées. Les nappes aquifères peuvent être subdivisées en deux catégories, celles qui sont renouvelables et celles qui sont non renouvelables .

*Les nappes renouvelables comportent les nappes aquifères peu profondes alimentées par les pluies et les cours d'eau à écoulement permanent ou non permanent, de ce fait, elles sont sensibles aux périodes de sècheresse répétées et souvent de longues durée.

* Les nappes profondes non renouvelables à base de grès Nubien dans la vallée du Nil, les nappes du continental intercalaire dans la région du Maghreb le bassin de plissement dans la péninsule Arabe sont caractérisés par leur . vaste ampleur géographique, dépôts épais (jusqu' à 5000 m.), bonnes propriétés hydrauliques, le stockage énorme d'eau souterraine. Elles sont dans la plupart du temps sous pression (artésianisme ou semi artésianisme).

* La recharge des aquifères profonds est assurée en périodes pluviales par les écoulements de surface.

* Du fait du manque d'informations relatives aux ressources hydriques souterraines, particulièrement pour certains pays, on estime que les réserves d'eau souterraine dans les pays arabes sont estimées à 7733 milliards m3, reparties comme suit: 83% dans la vallée du Nil, 12%

dans le Maghreb Arabe, 4,7% dans la péninsule Arabique et 3% dans le Mashrek.

* On estime que la recharge annuelle de ces nappes est de 42 milliards m3/an, tandis que la partie exploitable est de l'ordre de 35 milliards m3/an répartis selon les quatre grandes régions: 42,8% dans le Maghreb, 25% dans les régions centrales, 18,8% dans Mashrek et 13,4% dans la région du Golf.

* Les problèmes de gestion des eaux souterraines peuvent être résumés comme suit:

  -Diminution des recharges annuelles dues au manque de précipitations.

  -Augmentation de l'évapotranspiration et diminution de la perméabilité des sols suite à leur dégradation.

  -Pollution des eaux souterraines provoquée par les rejets urbains, industriels et les produits chimiques agricoles.

  - Frais de pompage élevés à cause de la vétusté du matériel.

* Le développement et l'utilisation des eaux souterraines dans les pays arabes a commencé depuis les temps immémoriaux par l'utilisation des eaux de source et des puits pour le développement agricole et l'approvisionnement domestique dans les régions montagneuses.

* L'utilisation abusive et étendue des eaux souterraines estimées à 31 milliards m3/an a provoque l'épuisement des zones aquifères peu profondes et provoqué des déséquilibres hydrauliques et chimiques des zones aquifères profondes ayant pour résultat aussi l'abaissement du niveau des eaux souterraines, la diminution de l'écoulement artésien et l'augmentation de la salinité (> 3 g/l), des sols, et l'intrusion d'eau de mer dans des zones côtières, ce qui a provoqué des impacts négatifs graves sur les écosystèmes.

L'exploitation des eaux souterraines, dans beaucoup de zones aquifères, a dépasse les possibilités de recharge annuelle, ce qui a provoqué un rabattement de nappes à des degrés parfois alarmants, ce qui exige des actions rapides.

Chapitre II

Ce chapitre traite des problèmes d'utilisation des eaux souterraines, les politiques de pays, les stratégies utilisées, les plans d'action, les obstacles rencontrés.

* La répartition de l'utilisation des eaux souterraines se présente comme suit: l'agriculture (88%), eau domestique (6,9%) et l'eau industrielle (5,1%).

* On s'attend à ce que des restrictions annuelles augmenteront à cause de l'augmentation de la population qui atteindra les 735 millions vers l'an 2030.

* L'exploitation des eaux souterraines dans beaucoup de pays excède les recharges annuelles atteignant 190% en Jordanie, 130% à Oman, 128% en Libye, 133% en Arabie Saoudite, et 1200% dans les Emirats arabes.

* La plupart des pays arabes ont une politique nationale et une stratégie de développement qui se basent sur la surveillance des ressources en eau souterraines par l'utilisation de modèles techniques et de scénarios qui prévoient toutes les éventualités.

* Beaucoup de pays qui souffrent du manque d'eau ont commencé à adopter les techniques de recharge artificielle des nappes souterraines à l'aide de barrages et par la protection de ces ressources des risque de pollution par les eau usées en procédant à l'utilisation des ces dernières après traitement dans le domaine de l'agriculture et dans l'industrie. De plus, ces pays commencent à adopter des systèmes d'irrigation économiseurs d'eau, souvent subventionnés par l'état .

* Les divers impacts défavorables de l'utilisation des eaux souterraines sont:

  - abaissement des niveaux des nappes souterraines,
  - perte du phénomène de l'artésianisme ,
  - intrusion de l'eau de mer en bordure des cotes,
  - salinisation des sols.

Chapitre III

Le chapitre III traite de la gestion intégrée des eaux souterraines des bassins hydrographiques partagés. Vu l'importance de certains bassins leur eau est la plupart du temps de l'eau fossile.

La gestion des bassins partagés d'une façon permanente exige:

* La connaissance complète des aspects techniques comme l'occurrence des eaux souterraines, le mécanisme d'écoulement, les hauteurs piézométriques, Les variations de la qualité des eaux souterraines, et la vulnérabilité des couches aquifères à la pollution.
* Stratégies basées sur des approches et l'assurance multi disciplinaire de la pérennité de l'exploitation des eaux souterraines.
* Établissement d'une base de données des ressources en eau souterraines,
* Etablissement des systèmes de surveillance des précipitations, eaux de surface, des hauteurs piézométriques, , le niveaux de pompage, et l'échange d'informations entre les pays qui partagent un ou plusieurs bassins hydrographiques
* L'utilisation de la technique des modèles de simulation de la gestion des ressources hydriques.
* L'institutionnalisation des systèmes de gestion partagés de bassins et avec le respect et la considération des législations existantes de l'eau, la participation des bénéficiaires, la prise en compte des aspects sociaux, économiques, et politiques.

Chapitre IV

Vu l'importance des eaux souterraines pour le développement agricole, le chapitre IV traite des aspects relatifs à ce sujet:

* Réévaluation des ressources en eau souterraines dans les pays arabes, en utilisant des techniques hydrogéologiques avancées comme la télédétection, le GIS, la géophysiques, et les modèles techniques en tant qu'outils de planification pour l'utilisation appropriée des ressources disponibles des eaux souterraines.

* Les variations climatiques, en particulier les précipitations, dans les conditions de sécheresses récurrentes, exigent l'établissement de bons systèmes de surveillance de l'eau couvrant tous les paramètres météorologiques.
* La qualité de l'eau provenant de la collecte des eaux pluviales qui servent souvent à réalimenter les nappes souterraines.
* La gestion appropriée des exploitations par l'application des systèmes d'irrigation améliorés et économiseurs d'eau.
* Utilisation de l'eau non conventionnelles pour l'irrigation des espèces adaptées en appliquant des systèmes d'irrigation appropriés.
* Réutilisation des eaux traitées pour l'irrigation et dans l'industrie avec la sécurité exigée.
* Application des techniques artificielles de recharge des nappes souterraines en utilisant des petits barrages, des retenues, des canaux et des puits collecteurs en prenant en considération les risques que cette technique peut avoir sur la qualité de l'eau de recharge.
* Renforcement des établissements agricole et de recherche sur l'eau pour l'amélioration des possibilités techniques des techniciens et des fermiers.
* Subvention de gouvernements des systèmes d'irrigation améliorés comme outil efficace pour l'usage économisant l'eau souterraines pour le développement agricole.

فريق الدراسة

فريق الدراسة

أ- خبراء من خارج المنظمة:	
- الدكتور عبد الرزاق مختار محمد استشاري مياه جوفية - خدمات البيئة والتنمية جمهورية السودان	رئيس الفريق
- الدكتور عيسى النسور مدير رصد الموارد المائية وزارة المياه والري المملكة الأردنية الهاشمية	عضواً
- الدكتور سعد أحمد الغرياني أستاذ في علوم المياه كلية الزراعة – جامعة الفاتح الجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية العظمى	عضواً
- الدكتور محمود أحمد هاشم خبير هندسة الري بإدارة البحوث الزراعية والمائية وزارة الشؤون البلدية والزراعة دولة قطر	عضواً
ب- خبراء من المنظمة:	
- الدكتور عبد الوهاب بلوم مدير إدارة الموارد الطبيعية والبيئة المنظمة العربية للتنمية الزراعية	مشرفاً
- المهندس خليل عبد الحميد أبوعفيفة خبير بإدارة الموارد الطبيعية والبيئة المنظمة العربية للتنمية الزراعية	منسقاً

معدي دراسات الحالات

معدي دراسات الحالات

- المهندس علي صبح مدير وحدة دراسات حماية مصادر المياه الجوفية

وزارة المياه والري المملكة الأردنية الهاشمية
- **المهندس محمد عبد الله آل علي** مدير إدارة المياه والتربة وزارة الزراعة والثروة السمكية دولة الامارات العربية المتحدة
- **السيد جميلي البطي** مدير عام الموارد المائية - **السيدة راغية العتيبي** مديرة الاقتصاد في المياه الإدارة العامة للهندسة الريفية واستغلال المياه وزارة الفلاحة والبيئة والموارد المائية الجمهورية التونسية
- **دكتور إبراهيم موحوش** أستاذ بالمهد القومي للبحوث الزراعية – الحراش الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
- **المهندس عبد المجيد بن محمد الحمد** - **المهندس احمد بن إبراهيم الشاعر** وزارة الزراعة المملكة العربية السعودية
- **الدكتور المهندس معن دانيال** رئيس قسم بحوث إدارة الموارد المائية الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية - **الدكتور نبيل السمان** خبير مستغل في الشؤون المائية - **الدكتور نادر محمد علي غازي** الجمهورية العربية السورية
- **المهندس سالم بن علي بن راشد المعمري** مساعد مدير عام الزراعة للري والأراضي الزراعية وزارة الزراعة والثروة السمكية سلطنة عمان
- **الدكتور المهندس محمود أحمد هاشم** خبير هندسة الري وزارة الشؤون البلدية والزراعة دولة قطر
- **السيد/ سليمان صالح الباروني** - **المهندس سليمان موسى عبود** الجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية العظمى