الفصل الثامن

ترشيد وتحسين استخدام مياه الري

(٨,١) مقدمة

تعتبر المياه من الثروات المهمة والضرورية لاستمرار الحياة لجميع الكائنات الحية كما تكمن أهميتها في استمرار تقدم الدول في النواحي الزراعية والاقتصادية وخاصة في دول المناطق الجافة ومنها المملكة العربية السعودية. وانطلاقاً من أهمية المياه ودورها في حياة الإنسان وضرورة العناية بها والمحافظة عليها، ومن خلال أهمية هذا الموضوع في ظل واقع يشير إلى زيادة سرعة استنزافها وهي محدودة التغذية والمصادر، وحتى يمكن الابتعاد بالمجتمع عن الشعور بالوفرة والنظر إلى المياه كونها مورداً متاحاً وجاهزاً للاستخدام بدون ترشيد وتعقل، وإيمانًا من المجتمع الدولي بأهمية المحافظة على المياه وضرورة ترشيد استخدامها وإدراكاً منهم بأن المياه يجب استخدامها الاستخدام الأمثل فقد تجسد ذلك في إقرار يوم عالمي للمياه في كل عام وقد شاركت المملكة العربية السعودية دول العالم الاحتفاء بهذا اليوم. إن المملكة بحكم ظروفها المناخية القاسية وندرة المياه بها وقلة مواردها المائية الطبيعية كان لزاماً عليها اتباع جميع السبل المثلى في استخدام المياه والمحافظة عليها من سوء الاستخدام والتبذير في جميع مجالات الاستخدام. ويعتبر القطاع الزراعي كما هو الحال في جميع دول العالم هو المستهلك الأول للمياه (أكثر من ٨٥ ٪ من مجموع الاستهلاك المائي) لذلك أصبح البحث عن وسائل وطرق لترشيد المياه وتحسين استخدامها مهم جداً خصوصاً في القطاع الزراعي، وبالتالي فإن التخطيط والدراسات العلمية في مجال الترشيد في استخدام مياه الري أمرًا ضروريًا تحتمه الظروف الحالية والمستقبلية في المملكة.

(٨,٢) أهمية ترشيد المياه في المملكة

حتى نشعر بأهمية ترشيد المياه في المملكة يجب أن نجيب على السؤالين التاليين، ما حقيقة واقع المياه في بلادنا..؟ وإلى أي مدى هي حرجة؟

حقيقة المياه غير جلية للمواطنين، وثقافتنا عن المياه ضحلة للغاية، فنحن نعرف الكثير عما حولنا إلا الماء، لا نعرف عنه إلا القليل. وكان يجب تثقيف المجتمع عن الماء، عن مخزونه، جيولوجيته، جغرافيته وحالة مصادره، وحتى مدارسنا وجامعاتنا لم تول هذا المصدر الأهمية الذي يستحقه. فكان يجب أن تكون ثقافة المياه إلزامية في مناهجنا الدراسية. وما زال الكثير منا يعتبر الماء موجودا متى ما نريد، ولما نريده في أي مكان وزمان. من هذا المفهوم الأمّي للماء كان على الجهات المختصة شرح وإيضاح وضع المياه في بلادنا قبل قرار القمح أو تمهيدا له، لأن إلمام المواطن بحالة المياه على حقيقتها سيؤهله ليكون أكثر وعياً ودعماً لما قد يأتي مستقبلا من قرارات مائية تمس حياته. وسوف يأتي الكثير.

فقر وندرة موارد المياه

بينت تجربة الماضي عدة حقائق وهي أن المنطقة العربية وخصوصًا دول شبه الجزيرة العربية تعاني بشدة من فقر وندرة المياه، وللحد من الأثر السلبي لهذه الندرة وجهت الأقطار العربية جل اهتمامها لتنمية هذه الموارد حتى ولو اتسم البعض منها بضعف الاستدامة والتواصل، دون توجيه اهتمام بنفس القدر لترشيد ما هو متاح منها، وجاءت المحصلة الإجمالية، تنامي الإنتاجية الزراعية في العديد من المناطق الزراعية إلا أن كفاءة استخدام هذه الموارد النادرة ظلت جامدة ومحل تساؤل. وإذا كان ناقوس خطر الفقر الحاد في المياه بدأ يدق في بعض أركان الوطن العربي فإن دويه من المعتقد أنه سيتسع ليشمل الأقطار العربية جميعها خلال العقدين القادمين الأمر الذي يقتضي اتخاذ ما يلزم لمواجهة هذه المشكلة مواجهة حقيقية، وأن تتصف هذه السياسات المعتمدة للمواجهة بالتكامل اللازم لأحكام هذه المواجهة.

(٣ , ٨) مصطلحات مائية في إدارة وترشيد وتحسين الموارد المائية

قائمة ببعض المصطلحات المستعملة في إدارة وترشيد وتحسين الموارد المائية، مثل:

الإدارة (Management): هي عملية صنع القرارات والتي بموجبها يتم تنفيذ خطة أو سلسلة من الأعمال. ومن عناصر هذه العملية التخطيط وتخصيص الموارد اللازمة وتسوية التعارض في المصالح. ولا تكون الإدارة فعالة إلا بقدرة المدراء على الوصول إلى المعلومات الصحيحة الموثوق بها.

الاستدامة (Sustainability): ترتبط الاستدامة بقدرة نظام أو خدمة ما على الاستمرار. وينظر عادة إلى هذه القدرة على أنها ذاتية أي أنها تحدث عادة دون تدخل خارجي. أما التطور المستدام فيقصد به المسار التطويري الذي

يعزز من رفاه الأجيال الحالية دون الإضرار برفاهة الأجيال القادمة. فالاستدامة تعني التناغم بين الموارد البشرية والموارد الطبيعية بحيث يستمر الاستعمال الحالي دون تدمير أو استنزاف أو تلويث الموارد التي ستستعمل في المستقبل.

الإستراتيجية (Strategy): هي وسيلة لإطار تخطيطي متوسط إلى طويل الأمد يشتمل على وصف لأنشطة محددة وتنفيذ للخطط. ومن شأن الإستراتيجية الفعالة أن تؤدي إلى تحقيق الرؤية.

التخطيط الاستراتيجي (Strategic Planning): يتألف التخطيط الاستراتيجي من تحديد الأهداف وتطوير استراتيجيات مؤدية إلى تحقيق رؤية متفق عليها. وعندما يوصف التخطيط بالاستراتيجي فهذا يعني أنه سيشمل نطاقا واسعا (مكانياً أو زمانياً) ويهتم بالصورة الإجمالية (خلافا للتخطيط التكتيكي المعني بأنشطة فردية مفصلة).

تزويد الخدمة المائية (Water Service Delivery): تلبية مختلف احتياجات وتوقعات مستخدمي المياه والعملاء. يمكن وصف الخدمات من عدة جوانب كإتاحة الوصول والموثوقية وكمية ونوعية المياه التي يحصل عليها المستخدمون.

تقييم الموارد المائية (Water Resources Assessments): معرفة الوضع القائم للموارد المائية واتجاهات الطلب والاستعمال هو أحد شروط الإدارة المائية الناجحة. أصبحت التقييمات المائية على اختلاف مسمياتها (كالمحاسبة المائية وتدقيق الموارد المائية) موضع اهتمام متزايد باعتبارها من العناصر الرئيسة في برامج الإدارة المتكاملة لموارد المياه. وتشمل تقييمات الموارد المائية مقارنة معلومات ثانوية من مصادر متنوعة عديدة وتحليلها وضبط جودتها وعند الضرورة دعمها بعملية محدودة لجمع البيانات الأساسية. أما تصميم المراجعة المائية من حيث درجة التعقيد والمدة والمحرجات فيجب أن تحدد وفقا للاحتياجات التي يتم تقييمها باشتراك كافة المعنيين الأساسيين.

المياه الجوفية (Aquifer): تكوين جيولوجي ذو مقدرة كافية على نقل المياه وجعلها رافدا مهما للآبار والينابيع. تتميز هذه التكوينات بخاصيتين رئيستين: الطاقة الاستيعابية اللازمة لتخزين المياه الجوفية والقدرة على دعم انسياب هذه المياه.

التوازن المائي (Water Balance): معادلة تجمع بين التدفق المائي الداخل والتدفق المائي الخارج لمنطقة معينة في زمن معين مع مراعاة صافي التغيرات في التخزين.

التوعية المائية (Water Awareness Raising): عملية زيادة المعرفة لدى الأفراد والمؤسسات بأهمية أمور أو مشكلات أو فرص معينة لكي يتعاملوا معها كأولوية. وتعتبر التوعية أحد أهم عناصر تطوير القدرات.

الحوكمة أو الإدارة الأهلية (Governance): يتصل مصطلح الحوكمة بمجموعة النظم السياسية والاجتماعية والاقتصادية والإدارية الموضوعة لتنمية وإدارة الموارد المائية وخدمات التزويد بالمياه على مختلف مستويات المجتمع. ويركز تحديدا على إدارة المياه على مستويات تشمل المجتمعات المحلية والبلديات أو المحافظات.

الخطة (Plan): مجموعة مترابطة من القرارات حول استخدام الموارد يتم ترجمتها إلى أنشطة تؤدي بمجموعها إلى تحقيق الأهداف المتفق عليها. وتنص الخطة بوضوح على الأساليب التي ينبغي اتباعها والنفقات والمسؤوليات والجدول الزمني للأنشطة والأهداف المتفق عليها. أما التخطيط فهو عملية صنع الخطة ثم تنقيحها أو دمجها مع خطط أخرى.

الرؤية (Vision): وصف موجز لوضع مستقبلي مرغوب به، فالرؤى تعطي صورة عن العالم الذي نريده مستقبلاً. ويجب أن يتوفر الإجماع حول الرؤية قبل تطوير إستراتيجية لتحقيقها.

الرصد والتقييم (Monitoring and Evaluation): الرصد هو التقييم المتواصل لتنفيذ المشروع (أو البرنامج) من حيث الالتزام بالبرامج الزمنية المتفق عليها واستعمال الموارد والبنية التحتية والخدمات من قبل المستفيدين. أما التقييم فهو الفحص الدوري لسير المشروع وكفاءته وتأثيراته قياسا بالأهداف الموضوعة له. وبالتالي فإن الرصد يعنى بالحفاظ على وجود معلومات عن المشروع فيما يحدد التقييم مدى تحقق الأهداف الموضوعة.

الشراكة (Partnership): يقصد بالشراكة في سياق هذا الدليل الترتيبات المتخذة من قبل المنظمات المتفقة فيما بينها على العمل التعاوني لتحقيق غاية ما في السياسة العامة. وتقوم هذه الشراكة على:

١- التشارك في السلطة والمسؤولية عن النتائج.

٢- الاستثمار المشترك للموارد (كالوقت والتمويل والخبرات).

٣- التعامل المشترك مع المخاطر.

الشفافية (Transparency): الانفتاح في اتخاذ القرارات وتوزيع الموارد بحيث يعلم المتأثرون بهذه القرارات وعملية التوزيع هوية متخذي القرارات والمعايير التي اتخذت بموجبها. يتيح ذلك للمتأثرين تفحص تلك العملية وتحدي ما يرونه قرارات مجحفة أو غير نزيهة. وترتبط نزاهة العملية باتباع جميع المنخرطين فيها لمعايير الإنصاف.

الطلب (Demand): كمصطلح اقتصادي يعرف الطلب بأنه التعبير عن الاستعداد للدفع مقابل الحصول على السلع أو الخدمات. أما غير الاقتصاديين فغالباً ما يقرنون معنى "الطلب" بالحاجات أو المتطلبات. وفي هذا الفصل يشمل تعريف الطلب مكانا متوسطا بين التعريفين النقيضين السابقين. فهو هنا تعبير عن حاجة، ولكنه تعبير مبني على إدراك وقبول للتكاليف (النقدية وغيرها) التي يتطلبها مستوى الخدمة لتلبية هذه الحاجة.

الكفاءة (Efficiency): نسبة فعالية أو فائدة مردود معين ضمن نظام ما قياسا بكافة مدخلات هذا النظام، ويتم تعريف الكفاءة (مثال: كفاءة الري) حتى يمكن قياسها. ويتخذ التعريف عادة صيغة النسبة المئوية.

المؤشر (Indicator): هو شيء يمكن قياسه ويستفاد منه كعلامة بديلة على شيء آخر يصعب قياسه مباشرة. على سبيل المثال يمكن النظر إلى معدلات الإصابة بالإسهال في مجتمع ما كمؤشر على نوعية المياه وممارسات النظافة العامة. أما عدد السكان القادرين على الوصول إلى مصدر دائم للمياه النقية فهو مؤشر رسمي على أحد الأهداف الإنمائية للألفية والساعي لتقليل عدد السكان المحرومين من مصدر آمن ومستدام لمياه الشرب وخدمة الصرف الصحي بما نسبته ٥٠٪ وذلك بحلول عام ٢٠١٥م. ويعتبر تحديد المؤشرات المناسبة من أهم متطلبات عملية الرصد والتقييم.

المخاطر (Risks): عدم التأكد الطبيعي من أن إستراتيجية أو خطة ما ستحقق الأهداف المتفق عليها. وقد تكون المخاطر مرتفعة بسبب عدم التأكد من النتائج أو بسبب تأثيرات سلبية لنتائج عكسية أو بسبب الأمرين معاً. وفي كثير من الأحيان يمكن التقليل من المخاطر بإجراء تقييم للمتوقع منها وتعديل الاستراتيجيات و/ أو الخطط بالاعتماد على نتائج هذا التقييم.

المعرفة (Knowledge): المعلومات التي تم إدماجها فأصبح بالإمكان الاستفادة منها. والمعرفة هي ما يعلمه الناس ويعتبرونه من المسلمات، ومع ذلك فإن المعرفة الموجودة لدى مواطني المجتمعات عميقة ومفيدة رغم عدم تقديرها أحياناً من قبل أولئك الذين يجلبون معلومات جديدة.

المعلومات (Information): البيانات أو المعرفة التي تم تحصيلها وحفظها (كتابياً بشكل أساسي ولكن أحياناً كتسجيلات سمعية وبصرية أو رسوم بيانية أو صور). ويشار إليها أحياناً بالمعرفة الواضحة أو المحددة. ويمكن نقل المعلومات من شخص لآخر بسهولة نسبية.

الخريطة المائية (Water map): تعتبر الخريطة المائية من أهم نتائج البحث العلمي حيث يمكن بوساطتها تحديد كميات المياه ومعرفة خصائصها في المواقع المختلفة والتي بموجبها يمكن إرساء برامج التنمية المتوازنة في البلاد حيث يساعد هذا في تخصيص المياه لأوجه الاستهلاك أو الاستخدام المتنافسة على أسس يتم تحديدها مسبقاً. ويتطلب الأمر تقويم الموارد المائية ومعرفة خصائصها بما لا يدع مجالاً للشك والاحتمالات الخاطئة.

العجز المائي (Water shortage): يستخدم هذا التعبير عندما يكون هناك نقص في الموارد المائية المتاحة لا تفي بالحد الأدنى من المياه المطلوبة للاحتياجات ولكن لا تصل إلى ندرة في المياه (فقر مائي). وتختلف الكمية المطلوبة الفعلية للفرد أو للزراعة من مكان لآخر.

الجفاف (Draught): يحدث مع زيادة ندرة المياه ويصعب الحصول على المياه المطلوبة للشرب أو الزراعة وفي هذه الحالة يزداد التنافس على المياه والغذاء وبالتالي ينتج عدم وجود أمن غذائي وأمن مائي.

(٨, ٤) مؤشر ندرة المياه

لقد أصبحت ندرة أو شح الموارد المائية العربية وعدم مواكبتها للمتطلبات المتزايدة من الأمور المتداولة والثوابت التي يهتم بها الجميع. وكل المؤشرات وآليات القياس والمقارنة والمعايير المختلفة لتحديد مدى ندرة المياه، تدل على أن المنطقة العربية في مواجهة كارثة مائية عصيبة، ومن أهم مؤشرات ومعايير ندرة المياه ما يلي:

١- نسبة حجم المياه إلى المساحة

تبلغ مساحة الدول العربية مجتمعة حوالي ١٤ مليون كم^2 في حين أن مساحة اليابسة في العالم تبلغ حوالي ١٣٥ مليون كم^2، أي أن مساحة الدول العربية تمثل حوالي ٩,٦٪ من مساحة العالم. بينما تبلغ جملة الموارد المائية السطحية المتجددة في العالم حوالي ٤٢٧٥٧ مليار م^3 سنوياً، في حين أن جملة الموارد المائية السطحية المتجددة في الدول العربية حوالي ٢٠٥ مليار م^3 سنوياً، أي أنها لا تتعدي ٠,٥٪ من جملة الموارد المائية الدولية. ويوضح الجدول رقم (٨, ١) معدل الموارد المائية بالنسبة للمساحة في كل أنحاء العالم، ويتضح من الجدول ضآلة نسبة حجم المياه إلى المساحة للدول العربية.

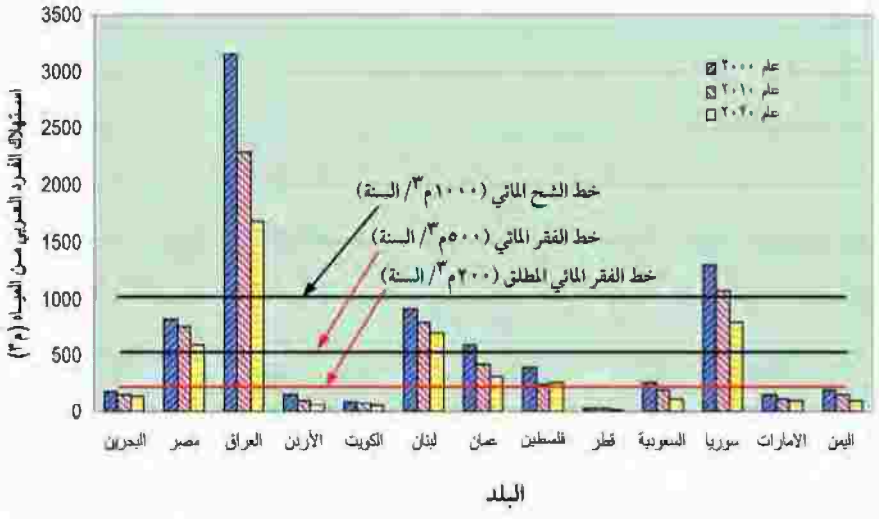
إن هذا المؤشر يوضح بجلاء شح الموارد المائية العذبة مقارنة بمساحة الأرض، فهي لا تتعدى ٥,٦ ٪ (٣١٦,٢/١٧,٧) من متوسط العالم في حين أنها تبلغ فقط ٢,٦٪ (٦٧٠,٢/١٧,٧) من معدل ما تتمتع به أمريكا الجنوبية بهذا المعيار.

الجدول رقم (١ ,٨). نسبة الموارد المائية العذبة إلى المساحة في القارات المختلفة.

القارة	جملة الموارد المائية (مليار م٣ سنوياً)	المساحة (مليون كم٢)	معدل المياه (مليار م٣ سنوياً/ مليون كم٢)
أفريقيا	٤٠٤٧	٣٠,١٠	١٣٤,٤٠
آسيا	١٣٥١٠	٤٣,٥٠	٣١٠,٥٠
أوربا	٢٩٠٠	١٠,٤٦	٢٧٧,٢٤
أمريكا الشمالية	٧٨٧٠	٢٤,٣٠	٣٢٣,٩٠
أمريكا الجنوبية	١٢٠٣٠	١٧,٩٥	٦٧٠,٢٠
استراليا والجزر	٢٤٠٠	٨,٩٥	٢٦٨,١٠
العالم	٤٢٧٥٧	١٣٥,٢١	٣١٦,٢٠
الوطن العربي	٢٤٧,٥	١٤,٠٠	١٧,٧٠

٢- نصيب الفرد من المياه العذبة سنوياً

يعتبر نصيب الفرد من المياه العذبة سنوياً أكثر المعايير والمؤشرات شيوعاً والأسهل في تحديدها لقياس ندرة المياه في التصنيف العالمي. ويقدر بصفة عامة احتياج الفرد من المياه سنوياً بحوالي ١٠٠٠ م٣. وبالتالي يصنف علماء المياه الأقطار التي تعاني من شح المياه طبقاً للمؤشر الذي يقضي إلى أن أي بلد يقل فيه متوسط نصيب الفرد من المياه سنوياً عن ١٠٠٠ م٣ (٢,٧ م٣ للفرد الواحد في اليوم) يعتبر بلداً يعاني من ندرة مائية وأنه فقيراً من الناحية المائية، وبناءً على ذلك فإن ١٣ بلداً عربياً تقع ضمن فئة البلدان ذات الندرة المائية، وهي البحرين ومصر والأردن والكويت ولبنان وعمان وفلسطين وقطر والمملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة واليمن وليبيا وجيبوتي. كذلك نجد أن حصة الفرد تقل عن ٥٠٠ م٣/السنة في ثمانية من بلدان الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (إسكوا) هي الأردن، الإمارات العربية المتحدة، البحرين، المملكة العربية السعودية، فلسطين، قطر، الكويت واليمن. أما عندما تصل قيمة ذلك المؤشر إلى ٢٠٠ م٣/ السنة (٠,٥٥ م٣ للفرد الواحد في اليوم) أو أقل للفرد فإن ذلك البلد يعاني من فقر مائي مطلق، وبناءاً على ذلك فإن ٦ بلدان عربية تقع ضمن فئة بلدان الفقر المطلق للماء وهي الأردن، والإمارات العربية المتحدة، والبحرين، وقطر، والكويت واليمن. ويوضح الشكل رقم (١ ,٨) حصة الفرد من المياه في الدول العربية من عام ٢٠٠٠م إلى ٢٠٢٠م.



الشكل رقم (٨,١). حصة الفرد من المياه في الدول العربية (م٣/ سنوياً).

وبالتالي يعتبر مؤشر ندرة المياه هو المؤشر التقريبي للأمن المائي لكل بلد عند معرفة نصيب الفرد الواحد من الماء في العام. وهذه الندرة في المياه تتفاقم باستمرار بسبب زيادة معدلات النمو السكاني العالية كما يوضح ذلك الجدول رقم (٨,٢) حيث يوضح نصيب الفرد من المياه في الأقاليم العربية الأربعة.

أما إذا ما قورن هذا المعيار مما هو متاح في العالم تتضح صورة الشح المائي في العالم العربي، ويوضح الجدول رقم (٨,٣) مقارنة نصيب الفرد في الوطن العربي مع مناطق العالم المختلفة.

الجدول رقم (٨,٢). نصيب الفرد من الموارد المائية في الأقاليم العربية.

الإقليم	جملة الموارد المائية (مليار م٣ سنوياً)	عدد السكان (مليون نسمة)	نصيب الفرد (م٣/ سنوياً)
المشرق العربي	٧٤,٠	٥٧,٦٦	١٢٨٣,٤٠
شبه الجزيرة العربية	١٧,٠	٥٤.٥٥	٣١١,٦٠
الإقليم الأوسط	١٠١,٠	١١٤,٤٢	٨٨٢,٧٠
المغرب العربي	٥٥,٥	٨٠,٠٠	٦٩٣,٧٥
الوطن العربي	٢٤٧,٥	٣٠٦,٦٣	٨٠٧,١٦

المصدر: المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الكتاب السنوي للإحصاءات الزراعية العربية، ٢٠٠٤.

الجدول رقم (٣ , ٨). نصيب الفرد من المياه في القارات المختلفة.

القارة	جملة الموارد المائية (مليار م٣ سنوياً)	عدد السكان (مليون نسمة)	نصيب الفرد (م٣/ سنوياً)
أفريقيا	٤٠٤٧	٧٠٨	٥٧٢٠
آسيا	١٣٥١٠	٣٤٠٣	٣٩٧٠
أوربا	٢٩٠٠	٦٨٥	٤٢٣٠
أمريكا الشمالية	٧٨٧٠	٤٥٣	١٧٣٧٠
أمريكا الجنوبية	١٢٠٣٠	٣١٥	٣٨١٩٠
استراليا والجزر	٢٤٠٠	٢٩	٨٣٦٢٠
العالم	٤٢٧٥٧	٥٥٩٣	٧٦٥٠
الوطن العربي	٢٤٧,٥	٣٠٦,٦٣	٨٠٧

المصدر: المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الكتاب السنوي للإحصاءات الزراعية العربية، ٢٠٠٤.

٣- نسبة الاستخدام الحالي للموارد المائية

تعتبر نسبة الاستخدام الحالي للموارد المائية إحدى مؤشرات موقف الموارد المائية حيث إن ارتفاع نسبة الاستخدام تعني الجور والتغول على حقوق الأجيال القادمة كما تعني الضغط الشديد على الموارد المائية. وتعتبر أي نسبة أكثر من ١٥٪ للاستخدام الحالي للموارد المائية مؤشر عجز مائي، ويقدر معدل الاستخدام الحالي العالمي للموارد المائية بحوالي ٧,٥٪ في حين يبلغ الاستخدام الحالي للموارد المائية العربية ٧٦,٦٪ وهذا أحد أخطر مؤشرات العجز المائي.

هناك دول عربية تزيد نسبة الاستخدام الحالي للموارد المائية بها على ٢٠٠٪ عما هو متاح لها وذلك بسبب استخدامها للمياه الجوفية غير المتجددة وبالطبع فإن لهذا الاستخدام الجائر للمياه الجوفية سلبيات أخرى أهمها تدهور نوعية المياه وارتفاع تكلفة ضخها وعدم استدامة عطائها وبالتالي عدم استدامة المشاريع التي تعتمد عليها.

وتختلف نسبة الاستخدام الحالي للموارد المائية في الأقاليم العربية المختلفة كما هو موضح بالجدول رقم (٤ , ٨). أما إذا قورنت هذه النسب بالوضع العالمي يتضح سوء الموقف المائي العربي، ويوضح الجدول رقم (٥ , ٨) نسبة الاستخدام الحالي للموارد المائية في القارات المختلفة في العالم.

الجدول رقم (٤ ,٨). نسبة الاستخدام الحالي للموارد المائية في الأقاليم العربية المختلفة.

الإقليم	جملة الموارد المائية (مليار م^3 سنوياً)	جملة الاستخدام (مليار م^3 سنوياً)	نسبة الاستخدام (٪)
المشرق العربي	٧٤,٠	٥٩,٥	٨٠,٤
شبه الجزيرة العربية	١٧,٠	٢٤,٣	١٤٣
الإقليم الأوسط	١٠١,٠	٨١,٤	٨٠,٦
المغرب العربي	٥٥,٥	٢٤,٨	٤٤,٧
الوطن العربي	٢٤٧,٥	١٩٠	٧٦,٨

الجدول رقم (٥ ,٨). نسبة الاستخدام الحالي للموارد المائية في القارات المختلفة.

القارة	جملة الموارد المائية (مليار م^3 سنوياً)	جملة الاستخدام (مليار م^3 سنوياً)	نسبة الاستخدام (٪)
أفريقيا	٤٠٤٧	١٥١,٩	٣,٧٥
آسيا	١٣٥١٠	١٧٧٠,١	١٣,١٠
أوربا	٢٩٠٠	٥٨٧,٢	٢٠,٢٠
أمريكا الشمالية	٧٨٧٠	٦٠٨,٥	٧,٧٠
أمريكا الجنوبية	١٢٠٣٠	١٠٦,٢	٠,٨٠
استراليا	٢٤٠٠	١٦,٦	٠,٧٠
العالم	٤٢٧٥٧	٣٢٢٠,٥	٧,٥٠
الوطن العربي	٢٤٧,٥	١٩٠	٧٦,٧

٤ – الميزان المائي الزراعي

قد لا يعبر نصيب الفرد للمياه عن مستوى العجز المائي حيث تختلف متطلبات الفرد من المياه للاستخدامات الإنسانية والزراعية من منطقة لأخرى، حيث تزداد الاحتياجات المائية في المناطق الحارة ذات الرطوبة النسبية المنخفضة وتقل في المناطق الباردة ذات الرطوبة النسبية العالية، ولذلك فإن أفضل المعايير هي مؤشرات العرض والطلب في المنطقة المعنية فإذا أخذنا المتطلبات الزراعية وهي أكثر استخدامات الفرد للمياه نجد

أن معدل البخر-نتح يمثل الطلب في حين تمثل الأمطار العرض المتاح من المياه وعليه فالفارق بينهما يمثل الخلل في الميزان المائي بالمنطقة.

ويعتقد أن هذا أفضل المعايير، ويلاحظ أن الميزان المائي في المنطقة العربية هو سالب في أغلب الأحيان حيث أن معدلات البخر-نتح أعلى في معظم شهور العام عن معدلات الأمطار في نفس المنطقة لمعظم الأقاليم العربية الأربعة، ما عدا في موسم الشتاء (من نوفمبر إلى فبراير) حيث تزيد الأمطار عن الاحتياجات المائية للزراعة في بعض البلدان وليس كلها.

٥- استيراد الغذاء

وهو مؤشر يعبر عن العجز المائي، حيث يعتبر استيراد الغذاء استيراداً للمياه في صورة غذاء أو ما يسمى بالمياه الافتراضية (Virtual Water)، والواضح أن الدول لا تستورد غذاء إلا إذا عجزت عن إنتاجه محلياً، وأحد أسباب العجز عدم توفر المياه، بالطبع هناك عوامل أخرى ولكن يعتبر شح المياه هو العامل الأول في استيراد الغذاء، فالدول العربية تستورد ما يعادل حوالي ١٧ مليار دولار سنوياً من الغذاء وهذا يعتبر من مؤشرات العجز المائي الواضح.

التباين في توزيع المياه على مستوى العالم

إن توزيع المياه العذبة المتجددة سنوياً يعد غير متوازن على صعيد قارات العالم إذ أنه يختلف من قارة لأخرى، وبالتالي تختلف حصة الفرد تبعا لذلك. فطبقاً لبيانات عام ٢٠٠٠م فإن الفرد في قارة أمريكا الجنوبية يأتي بمقدمة قارات العالم من حيث حصوله على المياه العذبة إذ أنه يحصل على ٢٨,٣ ألف متر مكعب سنوياً، ويأتي بعده الفرد في قارة أمريكا الشمالية والوسطى بمعدل ١٧,٥ ألف متر مكعب سنوياً، بينما يأتي الفرد في قارة آسيا بالمرتبة الأخيرة بمعدل ٣,٣ ألف متر مكعب سنوياً، كما مبين في الجدول رقم (٦,٨) والشكل رقم (٢,٨)، كما يتضح منهما تناقص حصة الفرد من المياه العذبة في جميع قارات العالم في عام ٢٠٠٠م مقارنة بعام ١٩٨٠م ويرجع هذا لزيادة عدد السكان في قارات العالم.

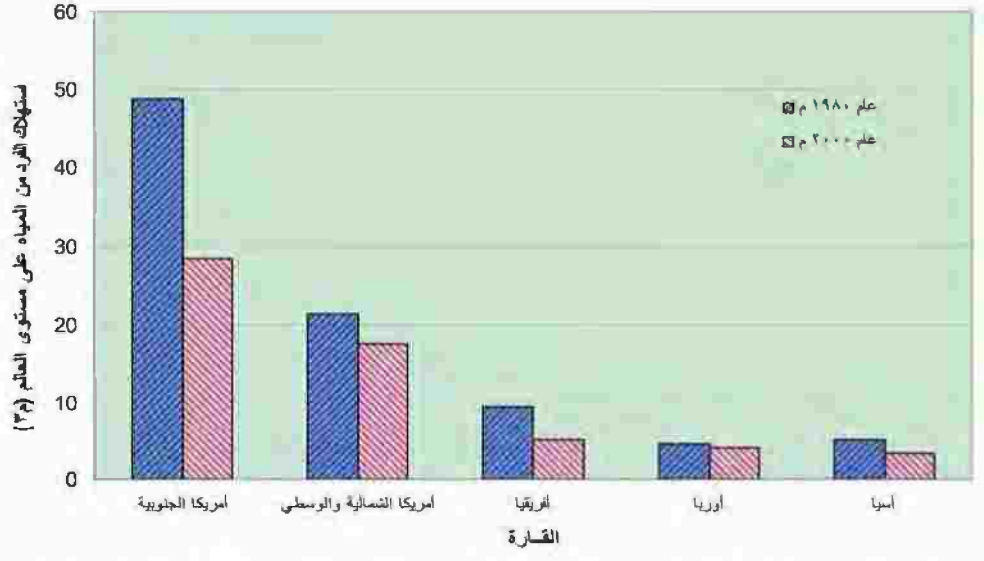
ولا يقتصر التفاوت في حصة الفرد من المياه العذبة المتجددة سنوياً على مستوى قارات العالم بل يمتد إلى المستوى الدولي إذ أن ما يحصل عليه الفرد من المياه العذبة يختلف من بلد لآخر تبعاً لحجم السكان ومستويات وأنماط التنمية الاجتماعية والاقتصادية السائدة، فالطلب على المياه في البلدان المتقدمة يختلف عن مثيله في البلدان النامية فعلى سبيل المثال يزيد متوسط استهلاك الفرد من المياه في الولايات المتحدة الأمريكية بحدود ٩٦ مرة عن

مستوى استهلاك الفرد في غانا، وكذلك نجد أن حصة الفرد في كندا هي ١٢٠ ألف متر مكعب سنوياً بينما لا تزيد هذه الحصة في الهند عن ٢٥٠٠ متر مكعب وفي كينيا تنخفض إلى أقل من ٦٠٠ متر مكعب.

الجدول رقم (٦ ,٨). حصة الفرد السنوية من المياه العذبة حسب القارات لعامي ١٩٨٠ و ٢٠٠٠.

القارة	حصة الفرد السنوية من المياه العذبة (ألف متر مكعب)	
	١٩٨٠ م	٢٠٠٠ م
أمريكا الجنوبية	٤٨,٨	٢٨,٣
أمريكا الشمالية والوسطي	٢١,٣	١٧,٥
أفريقيا	٩,٤	٥,١
أوربا	٤,٦	٤,١
آسيا	٥,١	٣,٣

المصدر: محمود الأشرم، اقتصاديات المياه في الوطن العربي والعالم، الطبعة الأولى، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، ٢٠٠١، ص٢٩.



الشكل رقم (٢ ,٨). حصة الفرد السنوية من المياه العذبة حسب القارات لعامي ١٩٨٠ و ٢٠٠٠.

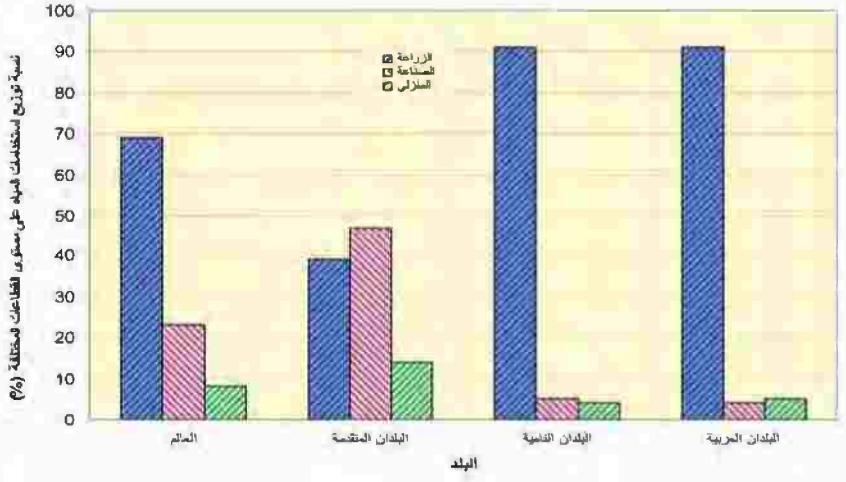
وبصورة عامة يختلف توزيع استهلاك المياه على الاستخدامات الاقتصادية المختلفة في البلدان المتقدمة عنها في البلدان النامية، وتعد الزراعة النشاط الإنساني الأول الذي يستهلك كميات كبيرة من المياه العذبة المتجددة سنويا إذ أنها تستهلك بحدود ٦٩٪ من إجمالي المياه في العالم و ٩١٪ في البلدان النامية، بينما في البلدان المتقدمة

تنخفض هذه النسبة إلى ٣٩٪، والصناعة تستهلك ٢٣٪ على مستوى العالم بينما الباقي والبالغ ٨٪ فهو يستهلك للأغراض المنزلية. بينما في البلدان العربية نجد أن استخدام المياه لأغراض الزراعة لا يختلف عن مثيلاتها في البلدان النامية إذ أنها تستهلك ٩١٪ بينما تستهلك الصناعة ٤٪ والاستخدام المنزلي ٥٪ وكما مبين في الجدول رقم (٨,٧) والشكل رقم (٨,٣).

الجدول رقم (٨,٧). التوزيع السنوي لاستخدامات المياه على القطاعات الاقتصادية المختلفة.

البلد	توزيع المياه على القطاعات الاقتصادية		
	الزراعة	الصناعة	المنزلي
العالم	٦٩	٢٣	٨
البلدان المتقدمة	٣٩	٤٧	١٤
البلدان النامية	٩١	٥	٤
البلدان العربية	٩١	٤	٥

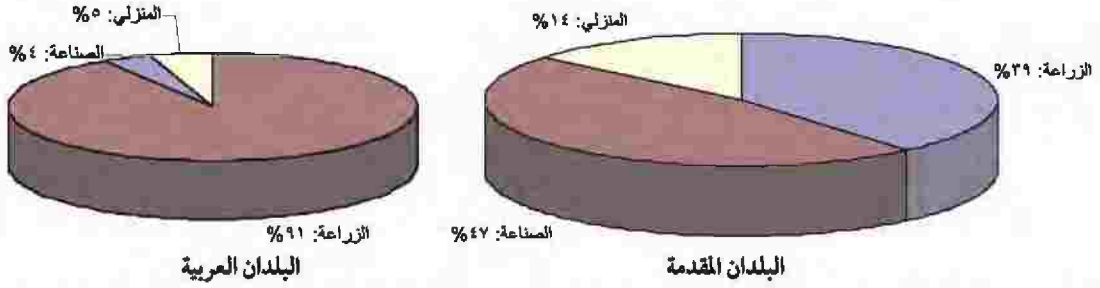
المصدر: د. محمود الأشرم، اقتصاديات المياه في الوطن العربي والعالم، الطبعة الأولى، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، ٢٠٠١، ص٣١.



الشكل رقم (٨,٣). توزيع استخدامات المياه على القطاعات الاقتصادية المختلفة (نسب مئوية).

كما يوضح الشكل رقم (٨,٤) مقارنة بين توزيع نسب استخدام المياه في المجالات المختلفة للدول العربية والدول المتقدمة.

إن حصة الفرد العربي من المياه العذبة كانت ٣٤٣٠ م٣ سنوياً عام ١٩٦٠م انخفضت إلى ١٤٣٠ م٣ سنوياً عام ١٩٩٠م ثم انخفضت في عام ٢٠٠٦م إلى ٨٠٧ م٣ سنوياً، ومن المتوقع أن تنخفض في عام ٢٠٢٥م إلى ٦٦٧ م٣ سنوياً كما مبين في الجدول رقم (٨, ٨) والشكل رقم (٨, ٥).

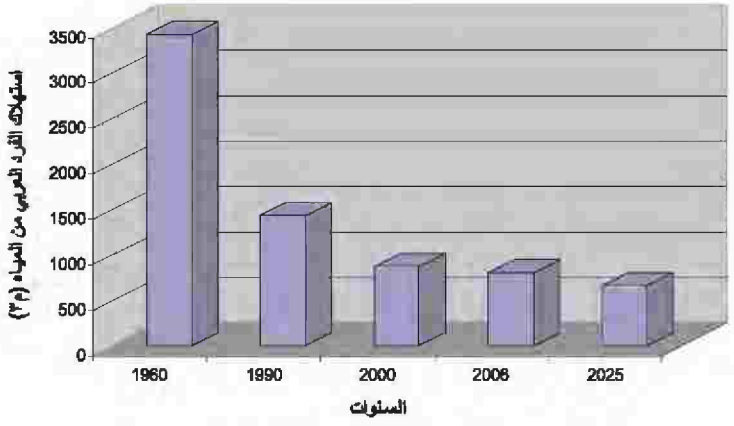


الشكل رقم (٤, ٨). مقارنة بين توزيع استخدامات المياه على القطاعات الاقتصادية المختلفة في البلدان المتقدمة والبلدان العربية (نسب مئوية).

الجدول رقم (٨, ٨) تطور حصة الفرد العربي من المياه.

السنة	استهلاك الفرد العربي من المياه (م٣)
١٩٦٠	٣٤٣٠
١٩٩٠	١٤٣٠
٢٠٠٠	٨٨٢
٢٠٠٦	٨٠٧
٢٠٢٥	٦٦٧

- صندوق النقد العربي، التقرير الاقتصادي العربي الموحد لعام ٢٠٠١ ، ص٣٠١.
- صندوق النقد العربي، التقرير الاقتصادي العربي الموحد لعام ٢٠٠٧ ، ص٤٩.
- صندوق النقد العربي الموحد، أبو ظبي، ٢٠٠١، ص٣٠١.



الشكل رقم (٥, ٨). تطور حصة الفرد العربي من المياه.

وبصفة عامة تعد حصة الفرد السنوية من المياه العذبة في البلدان العربية الأقل على مستوى بلدان العالم باستثناء بعض الدول الأفريقية والأسيوية. أما بالنسبة لحصة الفرد على مستوى الدول العربية فإن العراق يأتي بمقدمتها إذ أن حصته ١٩٧١م٣ سنوياً لعام ٢٠٠٦م، وهي تعد حصة متدنية إذا ما قيست بمثيلاتها في البلدان المتقدمة والنامية في العالم، يليه مصر بعد أن كانت حصة الفرد للعام المذكور فيها ١٠٨٢ م٣ سنوياً، بينما تأتي حصة الفرد في الجزائر بمؤخرة البلدان العربية إذ أن حصته من المياه فيها لم تتجاوز ١٤٩ م٣ سنوياً.

ويمكن إدراج أهم الاستنتاجات وهي وقوع جميع البلدان العربية باستثناء العراق ومصر عام ٢٠٠٦م تحت خط الفقر المائي والبالغ للفرد الواحد أقل من ١٠٠٠ م٣ سنوياً. بينما تقع ١٢دولة عربية تحت خط الفقر المائي الخطير للعام المذكور والمتمثل بأقل من ٥٠٠ م٣ سنوياً للفرد.

(٨,٥) أسباب الطلب المرتفع على المياه للأغراض الزراعية في المملكة

في ظل واقع عدم وجود أنهار أو بحيرات وكذلك شح الأمطار، فإنَّ المملكة العربية السعودية تحصل على احتياجاتها المائية من أربعة مصادر هي: ١- المياه السطحية، ٢- المياه الجوفية، ٣- مياه تحلية مياه البحر، ٤- مياه الصرف الصحي المعالجة.

وقد قدرت خطة التنمية السابعة استهلاك القطاع الزراعي من المياه عام ١٤١٩/ ١٤٢٠هـ (١٩٩٩/ ٢٠٠٠م) بحوالي ١٨,٤٥٠مليون م٣، وارتفع إلى ١٩,٨٥٠مليون م٣ في نهاية الخطة عام ١٤٢٤/ ١٤٢٥هـ (٢٠٠٤/ ٢٠٠٥م)، منها ١٣,١٢٠ مليون م٣ من المياه الجوفية العميقة غير القابلة للتجديد. كذلك كان إنتاج القمح حوالي ٢,١ مليون طن في نهاية الخطة عام ١٤٢٤/ ١٤٢٥هـ (٢٠٠٤/ ٢٠٠٥م). ومن جهة أخرى، فالمعروف أنَّ طن القمح يستهلك حوالي ٢٠٠٠ م٣ من المياه ذات درجة ملوحة مقبولة (١٥٠٠ جزء في المليون)، وبالتالي فإنه سيستنزف حوالي ٤٢٠٠ مليون م٣ من المياه الجوفية العميقة غير المتجددة لإنتاج ٢,١ مليون طن قمح عام ١٤٢٤/ ١٤٢٥هـ (٢٠٠٤/ ٢٠٠٥م). بمعنى آخر فإنَّ الاستمرار بإنتاج الاستهلاك المحلي من القمح سيعني استهلاك محصول القمح فقط لحوالي ٣٢٪ من كمية المياه الجوفية العميقة غير المتجددة المقدر استهلاكها في نهاية الخطة عام ١٤٢٤/ ١٤٢٥هـ (٢٠٠٤/ ٢٠٠٥م) البالغة (١٣,١٢٠ مليون م٣)، في حين تستهلك جميع المحاصيل الأخرى ٦٨٪ المتبقية (أو ٨,٩٢٠ مليون م٣). والسؤال الذي يطرح نفسه هنا هل من

المجدي أن يستهلك محصول واحد ثلث كمية المياه الجوفية غير المتجددة المتوقع ضخها في نهاية خطة التنمية السابعة عام ١٤٢٤/ ١٤٢٥هـ (٢٠٠٤/ ٢٠٠٥م).

ومن جهة أخرى بلغت المساحة المزروعة بالقمح والشعير والأعلاف الخضراء (البرسيم وحشيشة الرودس) عام ٢٠٠٠م حوالي ٥٧٩ ألف هكتار، تشكل ٥٩٪ من إجمالي المساحة المحصولية المزروعة (١,١٢ مليون هكتار) في المملكة، استنزفت ٥١٪ من إجمالي المياه المستهلكة في القطاع الزراعي (١٠,٣ مليار م٣ من إجمالي ٢٠,٣ مليار م٣). وعلى الجانب الآخر، استنزفت الأعلاف الخضراء بمفردها حوالي ٣٣٪ من إجمالي استهلاك القطاع الزراعي من المياه عام ٢٠٠٠م (حوالي ٦,٨ مليار م٣).

وتزداد المشكلة خطورة وحرجاً إذا علمنا أنَّ أغلب مناطق زراعة القمح والأعلاف الخضراء تقع في مناطق التكوينات المائية الجوفية العميقة غير المتجددة (الجوف، تبوك، حائل، القصيم، وادي الدواسر).

ويكفي للتعريف بجهود المملكة في تأمين المياه استعراض تكاليف إنتاج المياه المحلاة من البحر، التي تتراوح بين ١,٤ - ٣,٤ ريال/ م٣ (بمتوسط ٢,٨ ريال) وذلك في محطات التحلية وباحتساب الوقود بالسعر المخفض. أي أنَّ هذه التكلفة لا تشمل تكاليف نقل المياه إلى المدن والقرى وتكاليف توزيعها إلى المنازل. بمعنى آخر فإنَّ المياه التي تُكلِّف الدولة والوطن لإنتاجها وإيصالها إلى المنازل حوالي خمسة ريالات للمتر المكعب ولكنها تباع للمواطن بعشر هللات للشريحة الأولى (١-٥٠ م٣) وخمسة عشرة هللة للشريحة الثانية (٥١ -١٠٠ م٣)، ولا تصل لهذا الرقم (٥ ريالات) إلاَّ في الشريحة الخامسة والأخيرة (٦ ريال/ م٣).

(٦,٨) أسباب ترشيد المياه في المملكة

هناك عدة أسباب لترشيد المياه في المملكة العربية السعودية من أهمها:

١- محدودية موارد المياه العذبة السطحية والجوفية

وذلك بسبب عوامل الموقع والتكوين الجغرافي حيث تقع المملكة في مناخ صحراوي شديد الجفاف والتصحر ومن ثم تعد نسبة المياه المتوفرة من سقوط الأمطار محدودة جدًا وغير منتظمة، ولذلك فالمياه السطحية تكاد تكون معدومة، إذ لا يوجد في الجزيرة العربية أنهار، كما أن الكميات التي تمتلكها الدولة من مخزونات مائية جوفية، أصبحت في تناقص مستمر بسبب الاستنزاف الكبير لها خلال العقود الثلاثة الماضية.

٢- ارتفاع الطلب على المياه

يعد أحد أهم أسباب أزمة المياه في المملكة، حيث تشير الإحصاءات إلى ارتفاع الطلب على المياه نتيجة إلى زيادة معدلات النمو السكاني والاقتصادي وتحسن مستويات المعيشة. وقد تضاعف هذا الطلب عدة مرات خلال العشرين سنة الماضية.

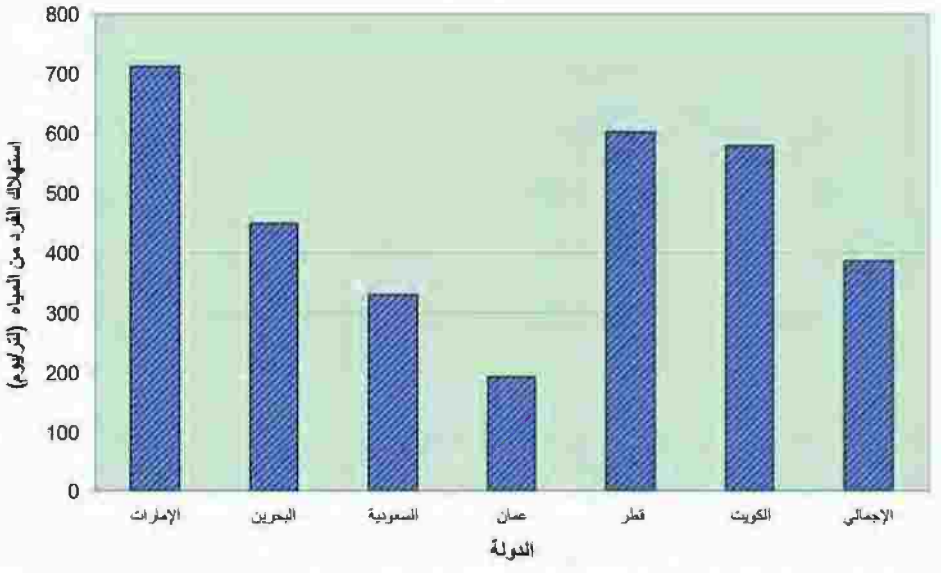
لذلك يمكن القول بأن الطلب على المياه يزداد باستمرار نتيجة زيادة عدد السكان، وكذلك زيادة التوسع الأفقي الزراعي والعمراني والصناعي. وهذا أدى إلى حالة من عدم التوازن بين الطلب المتزايد على المياه ومصادر المياه المتوفرة المحدودة، وبالتالي أصبح المطلوب يفوق إنتاجية هذه الموارد.

ولإجراء مقارنة في استخدامات المياه في دول الخليج العربي من حيث استهلاك الفرد من مياه الشرب وكذلك كمية المياه المتوفرة في المصادر المائية وكمية المياه المطلوبة لعدد من السنوات نجد الآتي:

فيما يتعلق باستهلاك الفرد من المياه الصالحة للشرب ومقارنته مع بعض الدول ذات الوفرة المائية. نجد أن استهلاك الفرد في دول مجلس التعاون، كما موضح في الجدول رقم (٨,٩) والشكل رقم (٨,٦)، يفوق بكثير استهلاك الفرد في الدول المتقدمة وذات الوفرة المائية باستثناء عُمان. ويقدر متوسط استهلاك الفرد من المياه الصالحة للشرب في الدول المتقدمة ذات الوفرة المائية مثل ألمانيا وبلجيكا حوالي ١٥٠ م٣. كذلك نجد أن هناك تباين في متوسط استهلاك الفرد من المياه الصالحة للشرب في دول مجلس التعاون الخليجي لعام ٢٠٠٠م كما يبين ذلك الجدول رقم (٨,٩).

الجدول رقم (٨,٩). متوسط استهلاك الفرد من المياه الصالحة للشرب في دول مجلس التعاون الخليجي لعام ٢٠٠٠م.

الدولة	استهلاك الفرد من المياه (لتر/ يوم)
الإمارات	٧١١
قطر	٦٠٣
الكويت	٥٧٩
البحرين	٤٤٩
السعودية	٣٣١
عمان	١٩٣
الإجمالي	٣٨٧



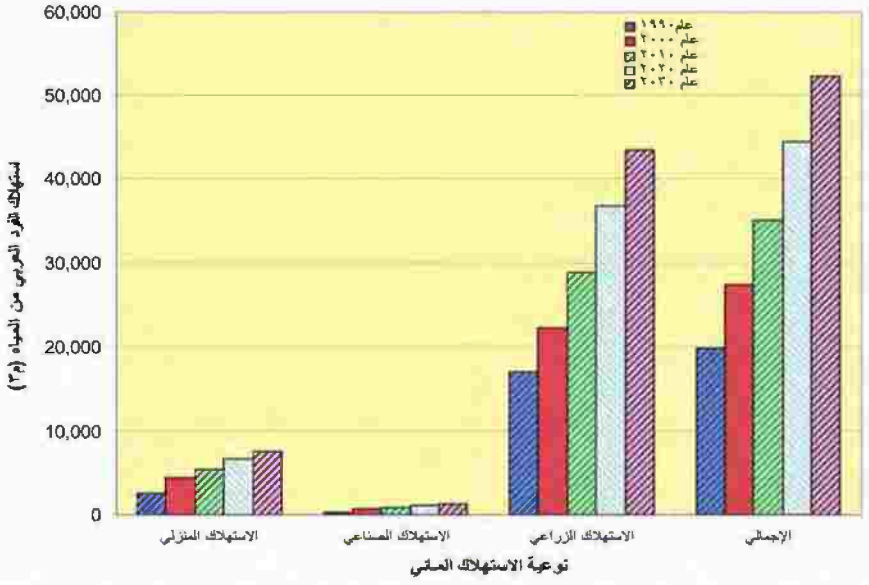
الشكل رقم (٦ ,٨). متوسط استهلاك الفرد من المياه الصالحة للشرب في دول مجلس التعاون الخليجي لعام ٢٠٠٠م.

وفي حال استمرار استهلاك المياه للأغراض الزراعية والبلديات بنفس المعدلات التي سادت في عام ٢٠٠٠م والأخذ بالاعتبار توقعات عدد السكان فإنه من المتوقع أن يرتفع الطلب في دول المجلس على النحو المبين في الجدول رقم (١٠ ,٨) والشكل رقم (٧ ,٨).

وهذا الاستهلاك من المياه سوف يؤدي إلى وجود أزمة مائية حادة في المستقبل في دول مجلس التعاون الخليجي كما تشير إلى ذلك توقعات الطلب والفجوة الكبيرة أو العجز بين مصادر المياه واستخداماتها كما يبين ذلك الجدول رقم (١١ ,٨) والشكل رقم (٨ ,٨).

الجدول رقم (١٠ ,٨). الطلب على المياه في دول مجلس التعاون الخليجي (مليون م^3 في السنة).

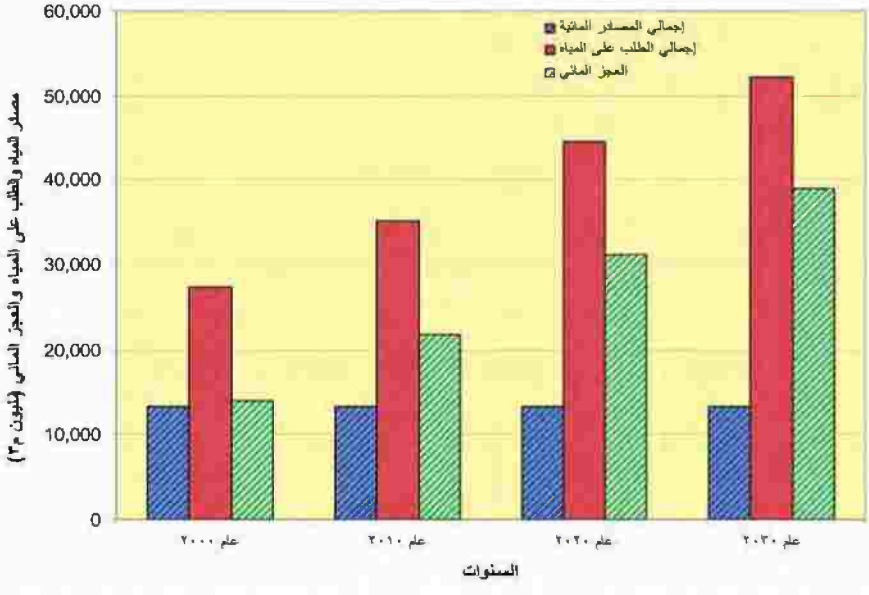
الطلب على المياه	١٩٩٠	٢٠٠٠	٢٠١٠	٢٠٢٠	٢٠٣٠
الاستهلاك المنزلي	٢٥٣٣	٤٣٢٧	٥٤٢٧	٦٦٠٥	٧٥٦٨
الاستهلاك الصناعي	٢٥٨	٧٦٤	٩٠٧	١١١٨	١٢٩٠
الاستهلاك الزراعي	١٧٠٠٩	٢٢٢١٤	٢٨٧٤٤	٣٦٦٨٠	٤٣٣٦٥
الإجمالي	١٩٨٢٠	٢٧٣٠٥	٣٥٠٧٨	٤٤٤٠٣	٥٢٢٢٣



الشكل رقم (٨,٧). الطلب على المياه في دول مجلس التعاون الخليجي (مليون م٣ في السنة).

الجدول رقم (٨,١١). الفجوة المائية في دول مجلس التعاون الخليجي (مليون م٣ في السنة).

العام	٢٠٠٠	٢٠١٠	٢٠٢٠	٢٠٣٠
إجمالي المصادر المائية	١٣٢٩٢	١٣٢٩٢	١٣٢٩٢	١٣٢٩٢
إجمالي الطلب على المياه	٢٧٣٠٥	٣٥٠٧٨	٤٤٤٠٣	٥٢٢٢٣
العجز	١٤٠١٣	٢١٧٨٦	٣١١١١	٣٨٩٣١



الشكل رقم (٨,٨). الفجوة المائية في دول مجلس التعاون الخليجي (مليون م٣ في السنة).

(٨,٧) طرق ترشيد استخدام الموارد المائية المتاحة

يمكن تقسيم طرق ترشيد استخدام الموارد المائية حسب الاستهلاك إلى الطرق التالية:

- ترشيد استخدام مياه الري.
- ترشيد استعمالات المياه الجوفية.
- ترشيد استعمالات المياه للأغراض المنزلية.
- إعادة استعمال المياه العادمة.

(٨,٧,١) طرق ترشيد استخدام مياه الري

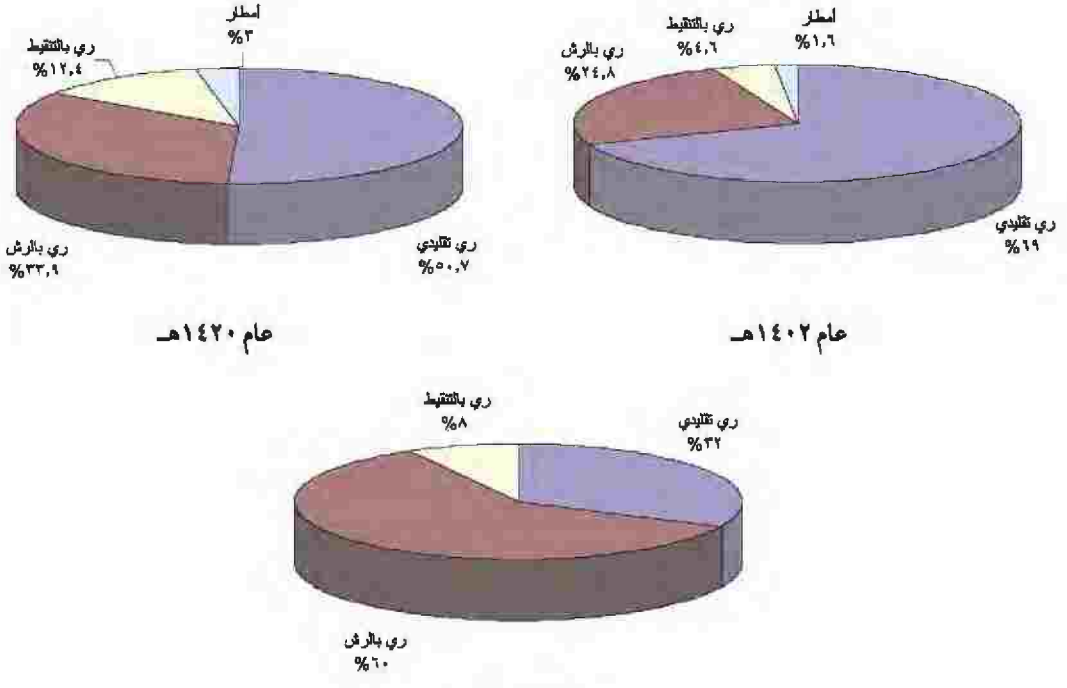
انطلاقاً من أهمية المياه ودورها في حياة الإنسان، وضرورة العناية بها والمحافظة عليها، أصبح البحث عن وسائل وطرق لترشيد المياه مهم جداً خصوصاً أن القطاع الزراعي يستهلك كمية كبيرة من الموارد المائية تقدر بحوالي ٨٠ - ٩٠٪ من الاستهلاك الكلي للموارد المائية بالمملكة العربية السعودية، نتيجة لعوامل كثيرة منها الأساليب الزراعية ذات الكفاءة المنخفضة في طرق الري أو زراعة المحاصيل ذات الاستهلاك العالي من المياه وغيرها. ولذلك يجب وضع خطط وبرامج واضحة يمكن تطبيقها لرفع كفاءة استخدام المياه وترشيدها، خصوصا في الترب الرملية خشنة القوام. وعليه فإن من أهم وسائل ترشيد مياه الري في هذه الأراضي هي تحسين الخواص الطبيعية لها بحيث ترفع قدرتها على حفظ الماء ومن ثم تقليل فواقد المياه أثناء وبعد عملية الري. توجد طرق علمية راسخة في الزراعة يمكن من خلالها ترشيد استخدام مياه الري وتوفير قدر كبير من المياه، وهذه المفاهيم تشتمل على:

(٨,٧,١,١) تحسين وتطوير نظم الري

نظرا لمحدودية الموارد المائية بالمملكة فإنه من الأفضل استخدام نظم الري الحديثة ذات الكفاءة العالية كالري بالرش والري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي لترشيد استخدام مياه الري. وذلك لأن نظم الري السطحي التقليدية لها كفاءة متدنية تصل إلى ٥٠٪ في أغلب الأحوال.

إن أبرز وسائل ترشيد استخدام مياه الري هي رفع كفاءة نظم الري المستخدمة مثل نظام الري بالتنقيط أو الرش، كما أنه يمكن تقليل فواقد المياه بوسائل أخرى مثل تغطية قنوات الري الكبيرة المكشوفة، وتبطينها واستخدام أجهزة قياس الرطوبة في التربة لتحديد مواعيد الري. والتصميم الجيد لنظم الري الحديثة ترفع كفاءة النظام وتقلل الفواقد المائية بدرجة كبيرة.

لقد تطورت نظم الري في المملكة تطوراً كبيراً، وتشير الإحصائيات أن الري السطحي كان يمثل ٦٩٪ من المساحات المروية عام ١٤٠٢هـ (١٩٨٢م) وانخفض ليصل إلى ٥٠,٧ ٪ من المساحة المروية عام ١٤٢٠هـ (٢٠٠٠م). ومن ناحية أخرى تطورت المساحة المروية بنظام الري بالرش من ٢٤,٨٪ عام ١٤٠٢هـ (١٩٨٢م) إلى ٣٣,٩٪ في عام ١٤٢٠هـ (٢٠٠٠م) من مجمل المساحة المروية. أما المساحات المروية بنظم الري بالتنقيط فرغم أنها لا تزال تمثل نسبة قليلة إلا أنها في ازدياد مستمر، فالإحصائيات تشير أنها كانت ٤,٦٪ عام ١٤٠٢ هـ (١٩٨٢م)، أما في عام ١٤٢٠هـ (٢٠٠٠م) فقد وصلت نسبة المساحة المروية بالتنقيط إلى ١٢,٤٪. وفي عام ١٤٣٠هـ (٢٠٠٩م) بلغت المساحة المروية بنظام الري بالرش والري بالتنقيط والري التقليدي إلى ٦٠٪، ٨٪، ٣٢٪ على التوالي من مجمل المساحة المروية. يبين الشكل رقم (٩,٨) نسب المساحات المروية بنظم الري المختلفة.



الشكل رقم (٩,٨). تطور المساحات المروية بنظم الري في المملكة.

ولعل من أهم التقنيات الحديثة في ترشيد المياه هي استخدام نظام الري بالتنقيط، ولقد حقق بعض المطالب وتلافي بعض العيوب التي ظهرت مع أنظمة الري الأخرى. ويعد نظام الري بالتنقيط أحد التطبيقات الحديثة

لطرق الري وهو بلا شك يمثل تقدماً واضحاً في تقنية الري. وتعد المملكة من الدول الرائدة في المنطقة التي طبقت نظام الري بالتنقيط. وبالرغم من عدم توافر إحصائيات شاملة، إلا أن بعض الأبحاث تؤكد أن نظام الري بالتنقيط بدئ باستخدامه في المملكة مع بداية السبعينيات من القرن العشرين استخداماً محدوداً، وأصبح معروفاً وشائع الاستخدام في نهاية السبعينيات. وتفيد الإحصائيات الرسمية أن المساحة المروية بالتنقيط في المملكة تطورت من ٦٦٦ هكتار عام ١٩٨١م إلى أكثر من ٨٠٠٠٠ هكتار عام ٢٠٠٧م. ويكثر استخدام نظم التنقيط في ري محاصيل البيوت المحمية والخضروات والفواكه وأشجار الزينة وبعض المسطحات الخضراء.

كما أن نظام الري بالتنقيط تحت السطحي يوفر المياه مقارنة بنظام الري بالتنقيط السطحي أو نظام الري بالرش أو نظام الري بالغمر. ويتميز نظام الري بالتنقيط تحت السطحي بأن أنابيب التنقيط مدفونة تحت سطح التربة وبالتالي يقل تأثير درجة الحرارة مما يقلل الفاقد الناتج عن التبخر من سطح التربة في حالة التنقيط السطحي. ولقد تم إجراء تجارب على استخدم الري بالتنقيط تحت السطحي لري الطماطم والبطاطس وأظهرت النتائج أن نظام الري بالتنقيط تحت السطحي هو أنسب طرق الري للظروف المناخية والبيئية للمملكة.

كما أن التصميم الجيد لنظام الري مع الصيانة المستمرة لمنع أي تسريبات تعمل على ترشيد استخدام المياه، فنظم الري بالرش المصممة جيدا يمكن أن توفر نسبة من مياه الري لا تقل عن ٣٠٪ مقارنة بنظم الري السطحي، كما أن نظام الري بالتنقيط المصمم جيدا يوفر ٥٠٪ من المياه مقارنة بنظام الري السطحي. ولكن عند التصميم غير الجيد والإدارة غير السليمة وعدم استخدام الخبرة في تركيب هذه الشبكات ومع عدم اتباع الصيانة الدورية المطلوبة تصبح هذه الشبكات مصدرا لهدر المياه وليس توفيرا له حيث تصبح كفاءة هذه الأجهزة منخفضة وغير مقبولة. وإن الاهتمام بصيانة نظام الري بالرش المحوري من حيث التنظيف وإجراء تغير الرشاشات وعدم الري في أوقات الظهيرة يمكن أن ترفع كفاءة النظام إلى ٨٠٪.

وقد وجد أن تصميم نظم الري بالتنقيط في كثير من المزارع غير مقبول وذلك لعدم التصميم بالأسلوب العلمي وبواسطة متخصصين وكذلك عدم مناسبة الشبكة المصممة للاحتياجات المائية للمحاصيل المنزرعة. كما أن انسداد المنقطات تؤثر تأثيراً سيئاً على كفاءة نظام الري ويرجع ذلك أيضا للإدارة السيئة بعدم استخدام المرشحات المناسبة لنوعية المياه وللمنقط المستخدم وكذلك عدم اتباع الطرق الوقائية لتجنب الانسداد مثل حقن

الكيماويات بشبكة الري بالتنقيط. لذلك يجب ضرورة تصميم هذه النظم بواسطة المتخصصين مع وضع برنامج للصيانة الدورية لنظام الري.

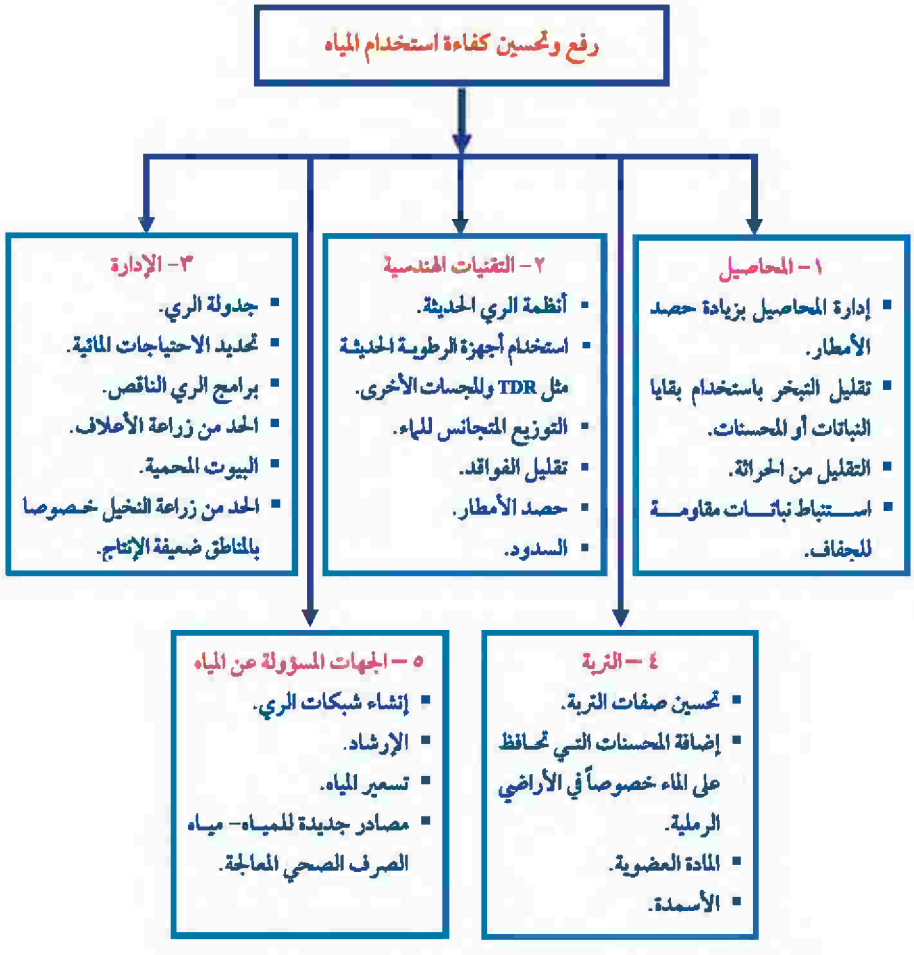
(٨,٧,١,٢) رفع كفاءة استخدام مياه الري

يعد تحسين كفاءة الري من أهم الأولويات نحو الاستخدام الأمثل للمياه ليس لترشيد مياه الري فحسب بل لرفع إنتاج المحاصيل إلى مستويات أعلى. وعادة تقاس أو تعرف كفاءة استخدام مياه الري (Water Use Efficiency – WUE) بكمية إنتاجية المحصول من مياه الري بوحدة (كجم من إنتاج المحصول/ م٣ ماء). وتقدر كفاءة الري على المستوى العام بمعدل يقل عن ٤٠٪ وهذا يعني أن جزء كبير من المياه تضيع ولا يستفيد منها النبات. ورغم أن جزء من هذه المياه تتسرب لتكون المياه الجوفية حيث يمكن استغلالها من جديد إلا أن نوعية هذه المياه تكون قد تدنت نظراً لزيادة نسبة الأملاح والمبيدات الزراعية والعناصر الكيميائية الأخرى بها. ونظراً للارتباط المباشر بين الإنتاج وانتظامية توزيع مياه الري في الحقل فإن تقييم كفاءة الري يعد أمرًا ضروريًا لجميع نظم الري، ويعنى تقييم النظام تحديد خصائص الأداء للنظام مثل معدل الإضافة وانتظامية التوزيع للمياه والتي يمكن أن تساعد في تحديد المشاكل الناشئة عن التصميم أو التشغيل والمسببة لزيادة تكاليف الضخ ونقص الإنتاج أو كليهما.

الري بالرش المحوري بالمملكة يشغل مساحة كبيرة ولكنه يؤدي إلى استنزاف كمية كبيرة في المياه نتيجة التبخر خصوصاً إذا كانت الرشاشات عالية وضغط التشغيل عالي في المناطق الحارة وذات الرياح العاصفة، وتتراوح الكفاءة من ٧٠٪ إلى ٨٠٪. ويمكن عن طريق خفض حوامل الرشاشات واستخدام ضغوط منخفضة أن تصل الكفاءة إلى أكثر من ٨٥٪. أما الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي فكفاءته يمكن أن تصل إلى ٩٠٪ وخاصة الري بالتنقيط تحت السطحي.

وإن الري بالتنقيط تحت السطحي يزيد من كفاءة إضافة المياه مقارنة بنظم الري بالرش والري بالتنقيط السطحي. فقد أثبتت التجارب أن ري محصول البطاطس باستخدام نظام الري بالتنقيط تحت السطحي حقق نمو وإنتاجية أعلى مقارنة بكل من الري بالتنقيط السطحي والري بالرش.

وهناك خمسة جوانب رئيسة يمكن من خلالها تحسين كفاءة استخدام الري كما موضح بالشكل رقم (٨,١٠).



الشكل رقم (١٠, ٨). وسائل رفع و تحسين كفاءة استخدام المياه.

١ – اختيار المحاصيل

اختيار المحاصيل المناسبة للظروف الحقلية والمناخية والملائمة للموارد المائية المتاحة. فمعظم أنواع المحاصيل والنباتات المروية في المملكة تستورد من مناطق غير حارة وذات موارد مائية كبيرة، بمعنى أن الكثير من أصناف النباتات المستوردة تكون مستهلكة للماء، لذا يعد من الضروري إجراء بعض الاختبارات لاختيار أصناف النباتات التي لها كفاءة عالية في استخدام المياه، والمقاومة للجفاف والتي تتحمل درجات عالية من الملوحة. بالإضافة إلى الإدارة الجيدة في العمليات الزراعية للمحصول لتقليل البخر–نتح مثل تقليل عمليات الحراثة واستخدام المحسنات وبقايا المحصول، والإدارة الجيدة لزيادة الموارد المائية مثل اتباع تقنية حصاد الأمطار.

كما أن استنباط أصناف مقاومة للجفاف والملوحة من أهم الطرق التي من خلالها يمكن أن نحافظ على الموارد المائية الحالية مع المحافظة على الأمن الغذائي. ويتم إنتاج هذه الأصناف باستخدام التقنيات الحديثة للهندسة الوراثية أو بالاندماج الخلوي أو التهجين الخضري. ولقد تمت تجارب كثيرة على هذا الموضوع منها (الشيحي ٢٠٠٢م) حيث توصل لإنتاج سلالتين من القمح والأرز مقاومة للجفاف توفر ٥٠٪ من الاحتياجات المائية. كما توصل نفس الباحث لإنتاج سلالات مقاومة للملوحة من الأرز تتحمل الملوحة العالية حتى ٣٢٠٠٠ جزء بالمليون، وقد أوضح الباحث أن إنتاج الأرز يتراوح بين ٧ إلى ٩ طن من السلالة المقاومة للملوحة، في حين يتراوح إنتاج السلالة العادية بين ٩ إلى ١١ طن للهكتار، كما تم التوصل لسلالات من القمح تنتج ٤ طن للهكتار، في حين تنتج السلالة العادية من القمح بالمياه العذبة وفي الأرض العادية تنتج حوالي ٥ طن للهكتار. كما أجريت بحوث لاستنباط أصناف من القمح تتحمل الجفاف باستخدام تقنية زراعة الأنسجة (الشكل رقم ١١ ,٨).

الشكل رقم (١١ ,٨). إنتاج أصناف مقاومة للجفاف والملوحة باستخدام تقنية زراعة الأنسجة.

٢- التقنيات الهندسية

اتباع أنظمة الري الحديثة التي تزيد من كفاءة استخدام المياه وتقلل من الفواقد المائية، واستخدام أجهزة الرطوبة الحديثة مثل TDR والمجسات الأخرى لمعرفة الرطوبة بالتربة وإضافة المياه في الوقت المناسب دون أي زيادة. والعمل على تجانس توزيع الماء على الأرض المزروعة، واتباع تقنية حصاد الأمطار للمحافظة على الموارد المائية وتنميتها، وإقامة السدود إذا تطلب الأمر لتجميع المياه.

٣- الإدارة الجيدة

الإدارة الجيدة هي التي تقوم بتحديد الاحتياجات المائية بالطرق الملائمة للظروف الحقلية ومن ثم عمل جدولة للري تعمل على تقنين استخدام المياه. واتباع بعض البرامج الحديثة التي تقلل مياه الري مثل اتباع برامج الري الناقص. والحد من زراعة المحاصيل المستهلكة بشراهة للمياه مثل الحد من زراعة الأعلاف، والحد من زراعة النخيل خصوصا بالمناطق ضعيفة الإنتاج.

وتعتمد الجدولة الحديثة للري على عدة طرق أهمها الطرق المبنية على قياسات التربة، والطرق المبنية على حسابات البخر-نتح. وتعتمد الطرق المبنية على قياسات التربة على قياس الرطوبة الأرضية بصورة مباشرة أو غير مباشرة، ويتم الري عند استنفاذ نسبة معينة من الرطوبة الأرضية أو عند الوصول إلى شد رطوبي معين. أما الطرق المبنية على البخر-نتح فتعتمد على قياسات حقلية بالليسومترات أو بتقديرات غير مباشرة مبنية على العوامل الجوية.

ولترشيد استخدام المياه يجب تبني أساليب حديثة لجدولة الري حيث تبين أن جدولة الري بطريقة التحكم الذاتي توفر من حوالي ١٥٪ إلى ٢٠٪ من المياه مقارنة بطرق التحكم اليدوي للري بالتنقيط للنخيل المثمر. كما وجد (الحميد وقاسم ٢٠٠٢) أن جدولة الري بطريقة قياس البخر-نتح أفضل من المعاملة المتبعة من قبل المزارعين من حيث التوفير في كمية المياه السنوية المضافة للفسائل الذي بلغ حوالي ٥٠٪ (الشكل رقم ١٢ ,٨). وكانت الجدولة بطريقة البخر-نتح أفضل من طريقة الرطوبة الأرضية من حيث التوفير في كمية المياه السنوية المضافة للفسائل.

الشكل رقم (١٢ ,٨). الجدولة الآلية لري فسائل النخيل باستخدام نظام الري بالتنقيط يقلل من كمية المياه.

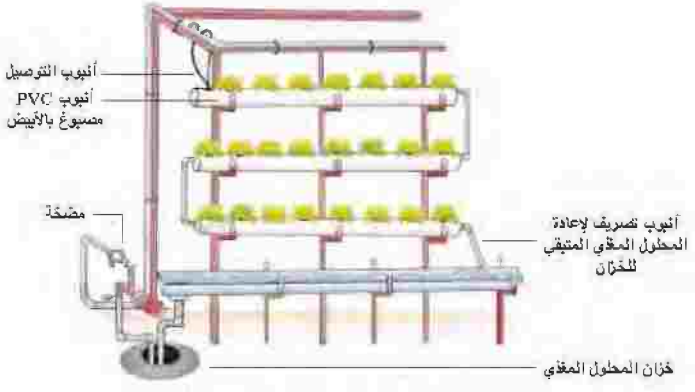
ويعتبر تقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل أحدى متطلبات الإدارة الجيدة، وهي الخطوة الأولى الأساسية اللازم توفرها لوضع الخطط الإنمائية المستقبلية والتخطيط للمشاريع الزراعية الإستراتيجي، كما أن تقدير الاحتياجات المائية يعد أحد العناصر الرئيسة عند وضع الموازنة المائية لأي منطقة زراعية. ولقياس الاحتياجات المائية الفعلية حقلياً أجريت الكثير من البحوث باستخدام الليسيمترات أو قياس المحتوي الرطوبي قبل الري وبعده بمنطقة الجذور بالطريقة المباشرة أو بإحدى طرق القياس غير المباشرة باستخدام بعض الأجهزة التي تستخدم لقياس الشد الرطوبي للتربة أو لقياس المحتوى الرطوبي للتربة. ولقد أجرت كلية علوم الأغذية والزراعة العديد من البحوث لتقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل الهامة مثل النخيل والقمح والشعير والبطاطس والطماطم وللمسطحات الخضراء (النجيل) وغيرها من المحاصيل وذلك تحت نظم الري المختلفة.

وقد وجد الحميد وقاسم (٢٠٠٢) أن متوسط الاحتياجات المائية اليومية للفسائل في منطقة القصيم (٥١,٣ لتر/ يوم.فسيلة) باستعمال نظام الري بالتنقيط ذاتي التحكم والاحتياجات المائية الكلية السنوية للهكتار من الفسائل تقدر بحوالي (٢٩٢١ م٣/ هكتار.سنة) في حين أن المزارع يضيف (١٩٩٦٠ م٣/ هكتار.سنة)، مما يعني أن المزارع يضيف سبعة أضعاف الاحتياجات المائية الفعلية للفسائل. كما وجد العمود وآخرون (٢٠١٠) أن الاستهلاك المائي لأشجار النخيل المثمرة يبلغ حوالي ٢٨٦٠ م٣/ هكتار.سنة، والاحتياج المائي الكلي في حالة الري بالتنقيط ٧٨٥٠ م٣/ هكتار.سنة بينما في حالة الري السطحي ١١٧٧٠ م٣/ هكتار.سنة، ومتوسط الاستهلاك المائي اليومي للشجرة المثمرة حوالي ١٨٠ لتر/ يوم.

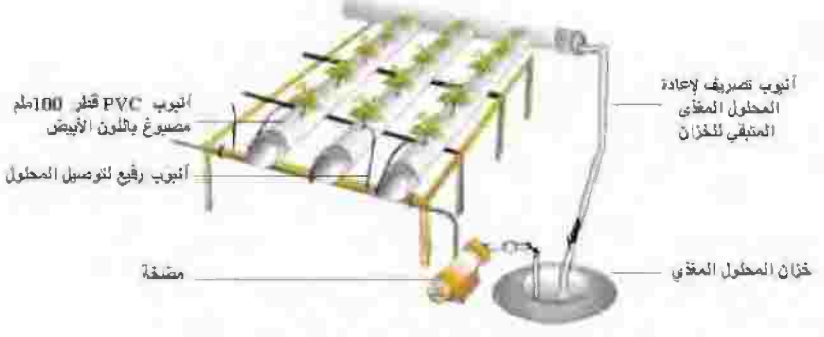
وفي دراسة أحمد العمود وآخرون (٢٠١٠م) بلغت الاحتياجات المائية للقمح تحت نظام الري بالرش تقدر بحوالي ٧٣٨٠ م٣/ هكتار.سنة بينما في الري السطحي حوالي ٩٢٢٠ م٣/ هكتار.سنة، وأن الاحتياجات المائية للبطاطس تحت نظام الري بالتنقيط ٥١٧٥ م٣/ هكتار.سنة وتحت نظام الرش ٦٢١٠ م٣/ هكتار.سنة وتحت نظم الري السطحي ٧٧٦٠ م٣/ هكتار.سنة. في حين أن المزارعين يضيفوا كميات كبيرة من المياه تتعدى هذه الكميات بكثير.

ومن أساليب الإدارة الجيدة الحديثة استخدم نمط الزراعة في البيوت المحمية لتقليل فواقد البخر ولزيادة التحكم في عمليات النمو، فمن الطبيعي أن تستهلك المحاصيل المزروعة داخل الصوب الزراعية كمية مياه أقل حيث التحكم في درجة الحرارة داخل الصوب. وتشكل الزراعة في البيوت المحمية أحد الخيارات الإستراتيجية

للزراعة في المملكة، حيث تساهم في تحقيق جزء مهم من الأمن الغذائي من خلال الإنتاج الزراعي على مدار العام لسلع زراعية أساسية من ضمنها الغذاء اليومي للمواطن. من المعروف أن شح المياه من أهم المحددات للتوسع في الإنتاج الزراعي في المملكة، نظرا لقلة استهلاكها للمياه مقارنة بالزراعة المكشوفة. تم التوجه إلى الزراعة المحمية لخفض الاستهلاك المائي إلى أدنى حد ممكن مع الحصول على أعلى إنتاجية للمحصول. والزراعة في البيوت المحمية ساعد على اتباع استراتيجيات حديثة مثل الزراعة بدون تربة داخل الصوب الزراعية وهي تقنية لنمو النباتات في المحاليل المغذية التي تمد النبات بكل ما يحتاجه من العناصر المغذية الضرورية للنمو المثالي مع أو بدون استخدام أي من الوسائط الخاملة (بدائل التربة) مثل الحصى والفيرميكيوليت والصوف الصخري والبيتموس ونشارة الخشب لتوفير الدعم اللازم للنبات (الشكل رقم ١٣ ,٨).



(أ) النظام المغلق للزراعة بدون تربة (الزراعة المائية).



(ب) النظام المفتوح للزراعة بدون تربة (الزراعة المائية).

الشكل رقم (١٣ ,٨). الزراعة بدون تربة داخل الصوب الزراعية.

ومن المؤكد أيضاً أن استخدام الزراعة بدون تربة داخل الصوب تمثل اختياراً وأسلوباً مثالياً للإنتاج في المملكة نظرا لشح المياه، وتعتبر استخدام بيئة الصخر البركاني أحد أساليب الزراعة بدون تربة حيث يوفر ما يقرب من ٥٠٪ من الماء، وهي متوفرة بكثرة في البيئة السعودية كذلك تستخدم بكثرة في البيوت المحمية كبدائل لنقل التربة داخل البيوت المحمية. ويوضح الجدول رقم (١٢ ,٨) مقارنة بين الزراعة المائية والزراعة بالتربة في بعض العمليات الزراعية.

الجدول رقم (١٢ ,٨). مقارنة بين محصول الطماطم داخل الصوبة على التربة الرملية وبدون تربة.

وجه المقارنة	الزراعة على التربة الرملية	الزراعة بدون تربة على الصخور البركانية	نسبة التغير ٪
كمية الأسمدة للموسم للصوبة (كجم)	٤٦٠	١٨٩	- ٥٩
استهلاك الماء بالمتر المكعب	٢٩٧	٨٠	- ٧٣
متوسط الإنتاج للمتر المربع	١٧	٢٥	+ ٤٧
تكلفة الصوبة من المبيدات (ريال)	٢٥٠	٢٠٠	- ٢٠
تكلفة إعداد الصوبة للزراعة (ريال)	٢٩٥	٦٠	+ ٨٠

٤ - تحسين الخواص الطبيعية للتربة

التربة الرملية ذات قدرة تخزينية صغيرة مما يتسبب في فقد الماء بالتسرب العميق وانخفاض كفاءة استخدام المياه. ويمكن رفع القدرة التخزينية للتربة الرملية باستخدام أحد البوليمرات المحبة للماء في التربة الرملية، وإن تحسين الخواص الطبيعية للتربة يتم من خلال أساليب متعددة لإبقاء الماء في التربة وتقليل تبخره أو فقده إلى طبقات بعيدة عن منطقة الجذور. ومن الوسائل الحديثة التي اختيرت لزيادة كفاءة ترشيد مياه الري هو استخدام المحسنات الصناعية والطبيعية لتحسين خواص الترب الرملية خصوصاً قدرة التربة على حفظ الماء والتحبب والقوام والبناء والتسرب وغيرها. وقد وجد الحميد وأنصاري (٢٠٠٢م) أن استخدام هيدروجيل وهو أحد البوليمرات المحبة للماء في التربة الرملية بتركيز ١ ,٠، ٢ ,٠، ٤ ,٠، ٦ ,٠٪ في زراعة شتلات أشجار كونوكاربس، تحت ظروف الجفاف السائدة في المنطقة. أدت المعاملات بالهيدروجيل إلى زيادة احتفاظ التربة بالماء لفترات طويلة.

وزادت قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء كلما زاد تركيز الهيدروجيل حيث تحولت خواص التربة الرملية إلى خواص شبيهة بالطينية، وازدادت نسبة نجاح الشتلات المنقولة بأكثر من ثلاثة أضعاف شتلات المقارنة النامية في عدم وجود الهيدروجيل.

٥- توفير جهات حكومية مسئولة عن المياه

وتهدف الجهات الحكومية المسئولة عن المياه إلى تحقيق الاستقرار في استهلاك موارد المياه الجوفية والسطحية المتجددة بمعدلاتها الحالية، والحد من زيادة معدلات استهلاك المياه الجوفية غير المتجددة، وزيادة الاعتماد على مصادر المياه غير التقليدية، كتحلية المياه المالحة لتلبية الطلب المتزايد على المياه للأغراض المنزلية والبلدية وبنسبة تصل إلى نحو ٨ , ٥٪ سنوياً، ومياه الصرف الصحي المعالجة لاستخدمها للأغراض الزراعية وبنسبة تصل إلى نحو ٥ , ١١ ٪ سنوياً، وهذه النسب خلال فترة الخطة المقترحة للأعوام من ١٤٢٠هـ إلى ١٤٢٥هـ (٢٠٠٠م-٢٠٠٥م). وتقوم هذه الجهات المسئولة عن المياه بوضع إستراتيجية متكاملة لتنمية الموارد المائية بالمملكة يتم تحقيق أهدافها خلال عدد من السياسات التي من أهمها مراجعة السياسات الحالية لقطاعي الزراعة والمياه، وتنظيم أولويات استخدام المياه، والتوسع في تطبيق الأساليب والتقنيات الحديثة للمحافظة على المياه وتحسين كفاءة استخدامها، وتطوير موارد المياه الجوفية والسطحية المتجددة وتعزيزها، وتنمية موارد المياه غير التقليدية بإنشاء محطات تحلية المياه المالحة والمرافق المرتبطة بها ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي والزراعي وإعادة استخدامها.

كما تقوم الجهات الحكومية المسئولة عن المياه بإنشاء شبكات الري الرئيسة من قنوات أو أنابيب لتصل بها إلى المزارعين، وتفعيل دور الإرشاد والتوعية بأهمية المياه وتسعير المياه حتى يكون الوصول إلى رفع كفاءة استخدام المياه مطلب ضروري للمزارع لتقليل تكاليف الإنتاج، وتكون هذه الجهات الحكومية مسئولة عن البحث عن مصادر جديدة للمياه مثل مياه الصرف الصحي المعالجة.

(٣ , ١ , ٧ , ٨) زيادة الانتظامية وتجانس توزيع المياه

إن نظام الري الذي لا يضيف المياه بشكل منتظم ومتجانس على الحقل يؤثر على إنتاجية المحصول المزروع حيث تكون كثافة النباتات أقل في المناطق التي رويت بمياه أقل مقارنة بالمناطق التي نالت متطلباتها المائية بصورة جيدة، وحتى نزيد من الانتظامية والتجانس يجب أن نضيف المزيد من المياه في المناطق التي حصلت على كميات قليلة من المياه؛ لأن تلك المناطق لم تأخذ ما يكفيها من مياه، وبالتالي تقليل الإجهاد النباتي عبر كل الحقل. وهذا

يعني أن المناطق التي كانت في الأساس المياه بها كافية ستنال على مياه زائدة، قد تتسبب في الجريان السطحي و/ أو التسرب العميق بعيداً عن منطقة الجذور، وكذلك عندما يتم إضافة المياه بشكل زائد وتتشبع التربة لعدة أيام أو أكثر فإن النبات يمكن أن يحدث له إجهاد أكسوجيني. والتسرب العميق الناتج يمكن حتى أن يسبب ارتفاع منسوب الماء الأرضي، بناءاً على ظروف التربة التحتية. وبالتالي إضافة مياه زائدة لرفع الانتظامية والتجانس هو في الحقيقة هدر للمياه وسوء ترشيد للمياه، ولتجنب هذا يجب اختيار وتصميم النظام الجيد الذي يعطي انتظامية وتجانس في توزيع المياه جيداً مما لا يتطلب معه إضافة مياه زائدة لرفع الانتظامية والتجانس فيما بعد، فنظام الري السطحي أقل نظم الري في الانتظامية والتجانس حيث لا يتم ري وحدة الري مباشرة وفي وقت واحد بل يبدأ الري في رأس الحقل أولا ثم تتحرك المياه إلى نهاية الحقل، وحتى نعطي العمق اللازم في نهاية الحقل يكون علينا أعطاء عمق أكبر في بداية الحقل، بعكس نظم الري بالرش والري بالتنقيط تروى وحدة الري في وقت واحد، وبالتالي يعتبر النظامان أعلى في انتظامية التوزيع والتجانس مما في نظم الري السطحي. وتصل انتظامية التوزيع والتجانس في الري بالرش أكبر من ٨٠٪ وفي التنقيط أكبر من ٩٠٪.

وهناك بعض العوامل التصميمية أو التشغيلية التي تسبب خفض الانتظامية والتجانس في ظل نظم الري الحديثة وبالتالي يجب تجنبها، ومن أهمها:

١- الاختلافات في ضغوط تشغيل الرشاشات مما يسبب اختلافات في تصرفاتها، والاختلافات في التصرفات نتيجة انسداد جزئي للفوهة أو تآكل بها، والاختلافات في تصرفات الرشاشات في كل أنحاء النظام والناجمة عن فواقد الاحتكاك والارتفاع، أو رداءة التصنيع، وعدم انتظام زاوية القذف التي تسببها عدم تركيب حوامل الرشاشات رأسية.

٢- عدم تساوي زمن الوضع الواحد للرش للنظم ذات الحركة المتنقلة، عموماً سوف يتم تجنبها والتخلص منها لاسيما إذا اتخذت الرعاية والعناية والحرص عند القيام بتبديل الأوضاع.

٣- عدم انتظامية التوزيع الهوائي للمياه بين الرشاشات، وهذا يعتمد على التداخل وشكل نموذج توزيع الرشاشات وتأثير الرياح على التداخل، وبسبب اختلاف الرياح عادة في كل ريه، تتحسن الانتظامية لعدة ريات عن انتظامية الرية الواحدة.

٤- عدم اتباع برامج الإدارة الجيدة، مثل تناوب الأوضاع ليلاً ونهاراً وتغيير مواقع خطوط الرش في كل ريه تقوم بتخفيف حدة عدم الانتظامية. ووضع الرشاشات على مسافات بعيدة فتقلل الانتظامية، وبشكل عام تعطي مسافات الرش القريبة انتظاميات عالية بغض النظر عن ظروف الرياح.

٥- اختيار الرشاش غير المناسب لطبيعة التربة والذي يؤدي إلى حدوث جريان سطحي.

٦- الري في ظل الرياح العالية أو درجات الحرارة المرتفعة في بعض وحدات الري والري في وقت معتدل نسبياً لوحدات أخرى.

٧- التوزيع السيئ للمياه في أطراف الحقل المروي بالنظام المدفعي.

٨- الانسداد الجزئي أو الكلي للمنقطات في نظام الري بالتنقيط.

٩- عدم استخدام منقطات معادلة للضغط.

١٠- عدم استعمال منظمات ضغط في شبكة الري للمحافظة على فروق في تصرفات الرشاشات أو المنقطات في الحدود المسموح بها.

(٤, ١, ٧, ٨) الترشيد ببرنامج الري الناقص Deficit Irrigation

ومن الوسائل الحديثة المتبعة لزيادة كفاءة ترشيد مياه الري استخدام برنامج الري الناقص للمحاصيل، حيث يمتاز هذا البرنامج بالقدرة على التطبيق على كثير من النباتات دون انخفاض في الإنتاج. ولقد استخدم هذا البرنامج في كثير من دول العالم للمحافظة على الماء والترشيد في استخدامات مياه الري.

الري الناقص هو الري بكميات تقل عن الاستهلاك المائي المحسوب للمحصول ETc. وهناك عدة تسميات لهذا النوع من الري مثل الري المحدود (Limited Irrigation) أو الري الجزئي (Partial Irrigation). والهدف الرئيس هو زيادة كفاءة استخدام مياه الري، إما بتقليل كفاية الري أو بإلغاء الريات الأقل إنتاجية للمحصول. وتستخدم هذه الطريقة من الري عندما تكون مياه الري محدودة أو تكاليف المياه عالية. هذا النوع من الري هناك خلاف أو جدل عليه، ولكن إذا كان الهدف منه زيادة العائد أو المحافظة على إنتاجية الغذاء فيكون هدف جيد ووسيلة مقبولة.

إدارة الري الناقص تختلف جوهرياً عن إدارة الري التقليدي. في الري الناقص العمل على تقليل النقص المائي للمحصول، ولكن يجب على القائم بالري معرفة ما هو المستوى المناسب للري الناقص وكذلك يجب معرفة

متى يتم الوصول إلى ذلك المستوى. يمكن أن يختار متى يحدث النقص في بعض الأحيان من فترات النمو دون الفترات الأخرى.

الفوائد التي يمكن الحصول عليها من استخدام الري الناقص تأتي من ثلاثة عوامل هي:

- تقليل تكاليف الإنتاج.
- زيادة كفاءة استخدام مياه الري.
- تقليل تكاليف المياه.

الاستخدام الفعال لمفهوم الري الناقص يتطلب المعرفة العلمية لهذه العوامل:

- إنتاجية المحصول تحت الري الناقص.
- اقتصادية الري الناقص.
- عدم التأكد والمخاطرة من استخدام الري الناقص في الإنتاجية.

التخطيط الاستراتيجي للري الناقص يشمل الآتي:

- إضافة مياه أقل إلى المحاصيل الأكثر تحملاً للجفاف.
- اختيار المحاصيل وتاريخ الإنبات لتجنب فترات الطلب الحرجة.
- التخطيط لري المحاصيل أثناء فترات النمو الحرجة.

هناك فترات حرجة للمحاصيل تحتاج إلى الري أثناء تلك الفترات وبالتالي يجب عدم استخدام الري الناقص في تلك الفترات وهي تقريباً فترة الإزهار أو تكوين البراعم لمعظم المحاصيل.

(٥ ,١ ,٧ ,٨) جدولة الري

يتطلب الأسلوب الأمثل في الري تبنى أساليب حديثة تساعد في ترشيد المياه والطاقة والعمالة من خلال ما يسمى بجدولة الري. وتعني جدولة الري تحديد الوقت المناسب للري وفترة الري أو بمعنى آخر كمية الري اللازمة.

ويمكن أن تتم الجدولة بصورة آلية عند ربط الأجهزة المستخدمة في الجدولة بجهاز حاسب آلي عبر برنامج يحدد أدنى وأكبر قيمة للرطوبة التي تستدعي بدء أو إيقاف عملية الري. وتعتبر جدولة الري الآلية من الطرق حديثة الاستعمال التي يؤدي تطبيقها إلى توفير الكمية اللازمة من الرطوبة بمنطقة جذور النبات وبكفاءة عالية الأمر الذي يجعل استخدامها مفضلاً تحت ظروف المملكة، فترشيد استخدام مياه الري في الأراضي الزراعية

بواسطة الجدولة الآلية يتم من خلال توفير المياه التي تفقد نتيجة الإسراف في عملية الري. وقد تكون جدولة الري آلية تمامًا بحيث يتم إضافة مياه الري إلى النبات آلياً حسب حاجة النبات للماء طوال فترة موسم الزراعة. أو قد تكون جدولة الري ليست آلية تمامًا بحيث يقوم العامل أو المشغل لنظام الري يدويًا بالتدخل إثناء عملية تشغيل أو إيقاف نظام الري. وهذه الجدولة تحتاج إلى كل أو بعض الأجهزة التالية:

- مجسات الرطوبة.
- نظام نقل البيانات الحقلية عن بعد مثل الأشعة تحت الحمراء.
- الحاسب الآلي لاستقبال وتحليل البيانات الحقلية واتخاذ القرار بناءًا على برامج مسبقة لحاجة النبات للماء.
- جهاز التحكم الآلي وهو معالج دقيق يتم برمجته لإرسال أوامر للأجهزة التشغيلية لتشغيل أو إيقاف نظام الري آليًا.

(٦ , ١ , ٧ , ٨) استخدام التقنيات الحديثة لترشيد مياه الري

دراسة ومقارنة تقنيات الري الحديثة المستخدمة في ترشيد المياه وجدولتها لغرض تحديد الفجوة التقنية والاستفادة من كل ما هو حديث في مجال تطبيقات الزراعة بشكل عام، وفي الري بشكل خاص، لأن النهضة العلمية في الوقت الحاضر تحقق قفزات نوعية متسارعة في تحديث الأجهزة المستخدمة في كافة المجالات، ومن ضمنها مجال أجهزة الري وملحقاتها، بالإضافة إلى الابتكارات الجديدة التي تساعد على التطوير وزيادة الإنتاج، لذا لابد من دراسة ما هو ملائم من نظم الري الحديثة التي تحقق الزيادة في الإنتاج لوحدة المياه وتحافظ على البيئة بشكل عام والبيئة الزراعية بشكل خاص، وتتناسب مع طبيعة المجتمع ولا تتعارض مع تقاليده وعاداته.

نظم الري الحديثة أثبتت جدواها في ترشيد استخدام مياه الري والحفاظ على البيئة، لذا لابد من وضع مخطط مستقبلي طموح لإقحام هذه النظم والاستفادة منها بأقصى الدرجات في الزراعة، ودعم المزارعين والشركات الزراعية على تحسين وتطوير طرق الري في مزارعهم بحيث تكون مناسبة ومواءمة لظروفها وإمكانياتها وطاقاتها البشرية والفنية.

استخدام تقنيات الري الحديثة أضحت أمر هام في إطار ترشيد المياه في الزراعة وزيادة الإنتاج لتحقيق الأمن الغذائي في المملكة وترشيد الطاقة وتكاليف العمالة. إن تقنيات الري الحديثة تحافظ على المياه المتاحة من الموارد المائية المحدودة المتوفرة. فرغم أن الزراعة في المملكة أولت اهتماما كبيرا من العاملين في هذا القطاع الحيوي

والمهم ورغم التطوير الكبير في بعض الجوانب الزراعية إلا أنه لا تزال هناك فسحة كبيرة لتطويرها والاستفادة من مستجدات البحوث والمعرفة في هذا المجال، وبما أن الموارد المائية نادرة وقابلة للاستنزاف فيستوجب التعامل معها بحرص شديد وديمومة الاستفادة منها والحفاظ على المياه الجوفية من النضوب والتلوث لأنها المصدر الحيوي للزراعة والاستهلاك الحضري، لذا فإن الحاجة تدعو إلى العمل على تحسين أداء نظم الري من خلال بذل الجهود المتواصلة لتطويرها، وكذلك تغيير أنماط إضافة المياه إلى الحقل، وتطبيق التقنيات الحديثة وتطويعها لتحقيق الاكتفاء الذاتي مع مراعاة تقييم لمدى ملائمة هذه التقنيات للتطبيق محلياً، ودراسة آثارها المادية والاجتماعية المتوقعة. فهناك حاجة ملحة للتعجيل بتطوير طرق الري واستخدام التقنيات الحديثة كاستخدام نظم الري الذكية، وأجهزة مراقبة وتقدير رطوبة التربة، وأجهزة جدولة الري الآلية، وقياس الكميات المائية المتاحة.

فهذه الأجهزة والنظم تتصف بزيادة مرونتها ودقتها العالية في إضافة مياه الري واستخدام المياه بحكمة، كما أنها تحافظ على الوقت وتزيد الإنتاج وتساعد على تحسين نوعيته، فالنظام الذكي له القدرة على قراءة مجسات رطوبة التربة لمراقبة المحتوى الرطوبي والمجسات المناخية للتحكم بدقة في إضافة الماء والعناصر الغذائية للتربة في آن واحد. ومعظم هذه النظم تستخدم حاسب آلي كوحدة تحكم مركزية له القدرة على نقل البيانات الصحيحة وتوصيلها آليا عن بعد أو عبر الهاتف في الزمن الفعلي، وله القدرة على إدارة المجسات إذا ما تشير الحاجة إلى تغير معدل تدفق الري، أو تشير إلى الحاجة إلى تفعيل الحماية من الصقيع، أو ربما كانت هناك الحاجة لتغير أوقات التشغيل أو التوقيف ليناسب الأمطار. النظام فيه تقنيات مطورة يستطيع دعم المزارعين في سعيهم باستخدام مصدر المياه بشكل مربح وكفؤ. إن استخدام هذا النظام يساعد في التخلص من الملوحة ويوفر في نفقات الأسمدة.

(٨,٧,٢) ترشيد استخدام المياه الجوفية

حتى يتسنى ترشيد استخدام المياه الجوفية بصفة عامة وفي الاستخدامات الزراعية بصفة خاصة يجب إعادة تقييم شامل للمياه الجوفية.

إعادة تقييم المياه الجوفية

لقد ارتفع الطلب على المياه 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 الطبقات المائية الجوفية للاستنزاف والتدهور المستمر في نوعية المياه بها. 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. والتقنيات الحديثة المستخدمة والمقترح استخدامها لإتمام ذلك:

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

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

٣– 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.

٤– إجراء استكشاف جوفيزيائي في الأماكن التي بها عدد قليل من الآبار وذلك باستخدام المجسات الكهربائية الرأسية (VES) والطرق الزلزالية (Seismic).

٥– حفر وبناء واختبار مياه آبار الاستكشاف متوسطة العمق والعميقة وذلك باستخدام الحفر الدوار عن طريق التدوير العكسي.

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

٧– التطبيق الأولي لنموذج تدفق المياه الجوفية الحديث ذو العنصر المحدود Finite Element Flow (FEFLOW).

٨– تقييم مكامن الأحواض الجوفية من المياه الجوفية العذبة وقليلة الملوحة.

(٨ , ٨) أهم متطلبات إعادة تقييم المياه الجوفية لترشيد استخدام المياه الجوفية

١ - المتطلبات العامة

يجب القيام بدمج نتائج دراسة كل النشاطات مع نظام معلومات جغرافية، إلى جانب أحدث التقنيات الحقلية ومعدات استقصاء موارد المياه الجوفية فإن تطوير نظام معلومات جغرافية سيكون أحد أهم المكونات لهذه الدراسة. وتقنية نظم المعلومات الجغرافية الرقمية تدمج عمليات قواعد البيانات العامة وآلياتها (مثال: البحث، التحليل الإحصائي، التخزين والاستعادة) مع إمكانيات التحليل والتصوير الجغرافي للخرائط. وهذا النوع الفريد لنظام المعلومات يمثل أداة فعالة للتخطيط واتخاذ القرار في إدارة الموارد المائية.

كما أن تطوير نظام معلومات جغرافية سوف يتضمن مراجعة شاملة للبيانات الحالية الخاصة بمنطقة الدراسة وتأسيس قاعدة بيانات رقمية. وإن طبقات البيانات الرقمية لكل دراسة ستكون متوفرة للإدخال المباشر في نظام المعلومات الجغرافية. بهذه الطريقة فإن كل طبقات البيانات الخاصة بالدراسة يمكن أن تحال إلى مرجعية جغرافية في نظام مرجعي متجانس لتحقيق أمثل استخلاص للمعلومات. وأن نظام المعلومات الجغرافية سيعمل على عرض البعد الجغرافي للبيانات الموجودة.

بالإضافة إلى أهمية تأسيس شبكات خدمية لمراقبة الآبار عن بعد، والذي 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.

٢ - دراسة الاستشعار عن بعد وإعداد خريطة وحصر للأراضي

إن تقنيات الاستشعار عن بعد تساعد في تحديد وإعداد خرائط لعناصر مكانية مختلفة مثل الشكل الظاهري، البنية التحتية، التربة، الجيولوجيا، استخدام الأراضي والنباتات الطبيعية. كما أن التطورات الإقليمية والتغيرات في البيئة والموارد الطبيعية مثل استخدام الأراضي في المدن والقرى 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). وتكون أهداف هذه الدراسة:

• 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.

٣- مسح الآبار وسحب المياه الجوفية منها

لكي يتسنى الحصول على معلومات أساسية حول وجود المياه الجوفية ونوعيتها واستخدامها فإنه يجب إجراء مسح شامل للآبار. وسوف 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. ويكون الهدف من مسح الآبار:

• 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.

٤- تحديد ميكانيكية التغذية

يجب دراسة ميكانيكية وتأثير الرشح المباشر الطبيعي والرشح الطبيعي المحسن وأيضاً التغذية الاصطناعية، وذلك باستخدام أحدث التقنيات مثل الدراسة التفصيلية لمكونات النظائر للمياه الجوفية الضحلة منها والعميقة. بحيث تتضمن ميكانيكيات الرشح المختلفة للمنخفضات المنتشرة في كل المناطق، والتي تتمثل في:

• 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 يجب إعطاء عناية خاصة لتقييم تأثير الشبكات القائمة حالياً لأبار التغذية، وكذلك إجراء دراسات شاملة على حجم ونوعية مياه الري التي يعاد رشحها في مناطق المزارع. ويكون الهدف من تحديد ميكانيكية التغذية:

• 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.

٥- المسح الجيوفيزيائي

المسح الجيوفيزيائي سيوفر معلومات حول خواص الصخور والسوائل في طبقات المياه الجوفية في الاتجاهين الرأسي والأفقي وهكذا يمثل أداة مفيدة في عمل الخرائط الهيدروجيولوجية. ويجب أن يتم إجراء جس جوفيزيائي بصفة رئيسة في المناطق التي يوجد فيها حالياً عدد آبار قليلة لدراسة ظروف الطبقات الحاملة للمياه. ويهدف المسح الجيوفيزيائي إلى:

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

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

• توفير معلومات خلفية معرفة لتحديد مواقع الآبار الاستكشافية آخذين في الاعتبار النتائج الهيدروجيولوجية الأخرى.

٦- حفر واختبار آبار المراقبة

حتى يمكن تعريف وتحديد وتشخيص الطبقات 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 ١٥٠ متر وآبار متوسطة العمق إلى عمق ٢٥٠ متر وآبار عميقة إلى عمق ٥٠٠ متر وآبار عميقة جدا تفوق ١٠٠٠ متر. وبصفة عامة من أهداف حفر آبار المراقبة:

• الحصول على معلومات موثقة 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.

٧- تأسيس نظام معلومات مياه جوفية

يجب تصميم قاعدة بيانات ذات صلة بمستخدمين متعددين لتخزين ومعالجة كل البيانات الموجودة المتعلقة بالمياه الجوفية والبيانات التي يتحصل عليها في إطار الدراسات المقترحة والمستقبلية من مسح الآبار والتحاليل الهيدروكيميائية والهيدرواسوتوبية ونموذج تدفق المياه الجوفية وحفر واختبار الآبار بالإضافة إلى المسح الجيوفيزيائي، ويجب 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. وتنشأ 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 لتأسيس نظام معلومات مياه جوفية يتمثل في الدمج بين نظم المعلومات الحكومية القائمة في نظام معلومات المياه الجوفية المتطور حديثاً مثل الأنظمة المستخدمة في مراكز المعلومات الزراعية والمائية وفي تضمين البيانات في المزارع النموذجية. كل البيانات المسجلة لشبكة الرصد عن بعد المنفذة بواسطة الدولة يجب أن تحفظ أيضاً وتعالج داخل نظام المعلومات الجغرافية. لهذا الغرض فإن برنامج نظام المعلومات الجغرافية يجب أن يتماشى مع البرامج المتوفرة في تقييم البيانات. ومن أهم أهداف نظام معلومات للمياه الجوفية:

- 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.

٨- التطبيق الأولي لنموذج تدفق المياه الجوفية

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 تمثل خطوة أولى في اتجاه محاكاة رقمية كاملة لموارد المياه الجوفية في المملكة.

ويجب تطوير نموذج تدفق مياه جوفية للطبقات الحاملة للمياه، ومع ذلك فإن المخطط العام وخطة العمل التي يتم إنشاؤها أثناء التطوير 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.

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.

٩- تقييم الأحواض المائية الجوفية الضحلة المحتملة

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. ويجب أن يشمل التقييم:

- توثيق الوضع الحاضر لحالة المياه الجوفية في المملكة.
- تحديد وتعريف وإضافة معلومات ناقصة يستوجب بحثها.

١٠- استخدام الرصد الجوي المائي في إدارة المياه الجوفية

بصفة عامة تمثل بيانات الرصد الجوي الأساس في حساب المياه المفقودة بواسطة البخر-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 بأن 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 الاتجاه السائد حالياً هو تعزيز استخدام الرصد الجوي المائي في إدارة مياه الري. هذا وأنه من المفيد الاستعانة ببيانات المناخ ومياه الآبار في ترشيد استهلاك المياه الجوفية في الزراعة من خلال حساب المقننات المائية للمحاصيل وتخطيط المزارع وتصميم أنظمة الري وجدولة الري.

(٩, ٨) الأضرار السلبية الناتجة من الاستغلال المفرط للمياه الجوفية

نتيجة الاستغلال المفرط وغير المرشد للمياه الجوفية والذي تعدى بكثير التغذية الطبيعية عن طريق مياه الأمطار للخزانات الجوفية بالمنطقة حدث اختلال للميزان المائي مما سبب في تدهور حالة المياه الجوفية من حيث الكمية والنوعية والتي تمثلت في انخفاض مناسيب المياه وتدني الإنتاجية للآبار الموجودة في معظم مناطق المملكة مما أدى إلى جفاف الطبقات السطحية الحاملة للمياه والذي أدى بدوره إلى انخفاض إنتاجية الآبار. ولا تزال الإنتاجية مستمرة في الانخفاض إلى حد الآن، مما أدى إلى استغلال الخزانات الجوفية العميقة والتي تعرضت هي الأخرى إلى هبوط حاد وملحوظ في مناسيب المياه وصل إلى عدة أمتار سنوياً حيث يتركز الهبوط في مناسيب المياه عادة في مواقع الاستغلال المكثف للمياه مثل المشاريع الزراعية والكثافة السكانية، كما ساهمت عمليات حفر الآبار المكثفة وغير المرخص لها في بعض المناطق في تدني إنتاجية الآبار بصفة عامة.

إن استمرار سحب المياه الجائر وغير المرشد من الخزانات الجوفية وخاصة السطحية منها على امتداد المناطق الساحلية أدى إلى تقدم مياه البحر لتعويض الفاقد من المياه العذبة الجوفية مما سبب في تجاوز ملوحة المياه للمعايير المحددة دولياً (٥٠٠ ملليجرام/ لتر) كحد أعلى مسموح به لمياه الشرب و (٢٠٠٠ ملليجرام/ لتر) بالنسبة لمياه الري الزراعي حيث تعتبر المناطق الساحلية أكثر المناطق تأثراً بتداخل مياه البحر حيث تصل مسافة زحف المياه المالحة إلى عدة كيلو مترات من الساحل، إن كل ذلك قد أحدث انعكاسات سلبية نذكر منها الآتي:

١ - الأضرار البيئية

إن الهبوط الحاد في مناسيب المياه تسبب جفاف الطبقات السطحية الحاملة للمياه مما أدى إلى نضوب العيون والآبار الضحلة، حيث تعرض عدد كبير من أشجار النخيل في بعض المناطق إلى الجفاف والموت.

٢- الأضرار الاقتصادية

أدى انخفاض إنتاجية الآبار المستغلة في المنطقة وتدهور نوعية مياهها إلى تدني معدلات الإنتاج الزراعي بالمنطقة بصفة عامة، كما دفع الهبوط الحاد في مناسيب المياه الجوفية في الآبار إلى استمرار المزارعين في تعميق آبارهم أو حفر آبار بديلة للآبار الجافة وزيادة قوتها بما يتناسب مع عمق مناسيب المياه والتي تزيد في العمق باستمرار، بالإضافة إلى ما رافق ذلك من تكاليف للحفر وتغيير مضخات.

أما زيادة ارتفاع تركيز الأملاح الذائبة في المياه المستخدمة للأغراض المنزلية عن الحد المسموح به، فله علاقة بالعديد من المشاكل والأضرار الاقتصادية المتمثلة في تآكل وتلف الشبكات الرئيسة الخاصة تزويد المدن والمنازل بالمياه، كذلك تلف المعدات والأجهزة المنزلية المختلفة مثل السخانات والحنفيات والأنابيب الداخلية وغيرها بالإضافة إلى زيادة استهلاك المنظفات الصابونية، أما بالنسبة لاستخدام هذه المياه في الأغراض الزراعية فإن زيادة نسبة الأملاح فيها أدت إلى مشكلة تآكل المضخات والأنابيب والصهاريج ومعدات الري الأخرى، بالإضافة إلى عدم قدرة المحاصيل الزراعية الحساسة للملوحة على النمو واقتصار النشاط الزراعي على بعض المحاصيل المقاومة للملوحة مثل الشعير والبرسيم وغيرها.

٣- الأضرار الصحية

أدى النقص الحاد في المياه وعدم توفرها بالكمية والنوعية المطلوبة في المنطقة إلى اتجاه بعض المواطنين لحل هذه المشكلة عن طريق حفر الآبار السطحية الضحلة بأعماق تتراوح بين ٦-٣٠ م داخل البيوت والمزارع بدون تراخيص أو مواصفات فنية وإشراف من جهات الاختصاص حيث أثبت التحليل البيولوجي أن مياه هذه الآبار ملوثة بالجراثيم القولونية بنسب تتجاوز الحد المسموح به محلياً ودولياً. كما تشير البحوث والدراسات إلى زيادة تركيز بعض المكونات الكيميائية بالمياه عن الحد المسموح به، وقد يكون سبباً في حدوث بعض الأمراض والمشاكل الصحية.

(٨, ١٠) إعادة استخدام المياه العادمة

تعد معالجة مياه الصرف الصحي (المياه العادمة) وإعادة استخدامها في أغراض الري الزراعي من الخيارات المهمة ضمن إستراتيجية وزارة الزراعة للحفاظ على الموارد المائية غير المتجددة واستعمال الموارد المائية غير التقليدية نظراً لما تمثله هذه المياه من مصدر إضافي ومتجدد من مصادر مياه الري. إن إعادة استخدام مياه الصرف الصحي

بعد معالجتها تعتبر من مصادر المياه غير التقليدية والتي تساعد في تخفيف العبء وترشيد استخدام المياه الجوفية كمصدر رئيس للمياه التقليدية في المملكة. ويجب عدم إغفال الضوابط والشروط اللازمة لاستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في أغراض الري الزراعي.

تختلف المحاصيل التي يمكن ريها باستخدام مياه الصرف الصحي حسب درجة أو مرحلة المعالجة (الجدول رقم ١٣, ٨). ويمنع منعاً باتاً استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لري الخضروات كالطماطم والخيار والبقدونس والجرجير والمحاصيل الدرنية كالبطاطس والنباتات التي تلامس ثمرتها المياه المعالجة سواء كانت تؤكل طازجة أو مطبوخة.

الجدول رقم (١٣, ٨). العلاقة بين أنواع النباتات والمحاصيل الزراعية ونوعية مياه الصرف الصحي المعالجة.

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

الاشتراطات الخاصة لاستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للري الزراعي

١- يجب أن تكون مياه الصرف الصحي المعالجة المعاد استخدامها في الري الزراعي مطابقة للمعايير القياسية.

٢- يجب إجراء تحليل للخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة بالمزارع المستفيدة من مياه الصرف الصحي المعالجة في مختبرات وزارة الزراعة أو أحد المختبرات المعتمدة لديها لرصد وتقييم آثار استخدام هذه المياه على التربة.

٣- يحظر وصل أو ربط أنابيب مياه الصرف الصحي المعالجة بأنابيب شبكة الآبار داخل المزارع.

٤- يحظر فتح نقاط التغذية بمياه الصرف الصحي المعالجة للمزارع إلا من قبل أشخاص معتمدين من قبل وزارة الزراعة.

٥- ينبغي تمييز أنابيب مياه الصرف الصحي المعالجة عن غيرها من الأنابيب باستخدام لون محدد أو أشرطة تحذير واضحة.

٦- على المستفيد من مياه الصرف الصحي المعالجة اتخاذ الإجراءات اللازمة لمنع تكوُّن المستنقعات ومنع تكاثر الذباب والبعوض والحشرات الأخرى، وفي حالة حدوث مستنقع فيجب على المستفيد رشه وردمه خلال ٣ أيام.

٧- يجب أن يتوفر في كل نظام ري يستخدم مياه الصرف الصحي المعالجة وكافة شبكات نقل هذه المياه لوحات مثبتة في أماكن تحددها الجهة المختصة مكتوب عليها "تحذير – مياه صرف صحي معالجة – للري فقط".

٨- يجب أن تكون مياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة للري غير المقيد (ري جميع المحاصيل بدون استثناء) مطابقة للمعايير القياسية الخاصة بمياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً.

٩- يجب أن تكون مياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة للري المقيد (باستثناء الخضراوات والمحاصيل الدرنية) مطابقة للمعايير القياسية الخاصة بمياه الصرف الصحي المعالجة ثنائياً.

١٠- يجب أن تكون الحقول المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة للري المقيد مفصولة تماما عن آبار وخزانات مياه الشرب العامة بمسافة لا تقل عن ٥٠م.

١١- إذا رغب المزارع أن يستخدم مياه الصرف الصحي المعالجة للري المقيد في زراعة أصناف تتطلب نوعية أعلى من المياه المعالجة فعليه إقامة وحدة معالجة خاصة وعلى نفقته لتحسين مستوى نوعية المياه حسب الشروط التالية:

أ) الحصول على ترخيص من وزارة الزراعة.

ب) أن تتماشى نوعية المياه المنتجة مع المعايير القياسية للري غير المقيد.

ج) أن يتولى صاحب الوحدة وعلى نفقته فحص نوعية المياه بأحد المختبرات المعتمدة حسب طلب وزارة الزراعة مع الاحتفاظ بسجل لنوعية المياه بالموقع للاطلاع عليه عند الطلب.

د) لوزارة الزراعة الحق في أخذ عينات من المياه الناتجة من وحدة التحلية الخاصة وتحليلها للتأكد من مطابقتها للمعايير القياسية.

١٢- يحظر استخدام طرق الري بالرش للمحاصيل الحقلية والأعلاف بمياه الصرف الصحي المعالجة للري المقيد في حالة وجود أشجار مثمرة أو خضار على مسافة أقل من ٦٠ م.

١٣- عند استخدام طرق الري بالرش يجب ترك مسافة آمنة لا تقل عن ٦٠ م في الأماكن التي يرتادها الجمهور مع إيقاف الري في حالة هبوب الرياح.

(٨, ١١) مقترحات عامة لترشيد مياه الري

إن المياه المستخدمة لإغراض الري تستحوذ على النصيب الأكبر من مجمل المياه المستخدمة لجميع الإغراض، ويستدعي هذا التركيز على إيجاد أفضل الطرق لتوفير مياه الري، واستخدام هذا التوفير في المياه إما للتوسع الزراعي أو لاستخدامها في الأغراض البلدية والصناعية والتي تنافس الزراعة على المياه. ومن المقترحات العامة لترشيد مياه الري:

١- إجراء البحوث التطبيقية على الموارد المائية التقليدية السطحية منها والجوفية، ورصد وتحديث البيانات عنها بصفة دورية بعمل مسح مائي لها وإعداد الخرائط الخاصة بها، وإتاحة هذه المعلومات للباحثين في مجال ترشيد مياه الري.

٢- إجراء أبحاث لتطوير ورفع كفاءة نظم الري للحصول على توزيع أمثل لمياه الري، واتباع التقنيات الحديثة المناسبة لظروف المملكة، بل أيضاً تطوير التقنيات الحالية (الرش والتنقيط) للتغلب على بعض المشاكل المرادفة لها أثناء التطبيق بهدف ترشيد المياه.

٣- استنباط سلالات من المحاصيل أكثر تحملا للملوحة وأشد مقاومة للجفاف وذات احتياجات مائية أقل لمواجهة الزيادة المتوقعة في المستقبل في نسبة الملوحة في المياه الجوفية وازدياد الجفاف والتصحر. واستخدام تقنية الهندسة الوراثية لاستنباط أصناف تستهلك مياه أقل وذات إنتاجية أعلى.

٤- إجراء دراسات مستفيضة عن الاحتياجات المائية الفعلية لمعظم المحاصيل المناسبة للبيئة المحلية في مناطق المملكة المختلفة، وتجميع هذه الدراسات في صورة إلكترونية تتيح استخدامها في جدولة الري للعاملين في القطاع الزراعي.

٥- الاهتمام بتنمية الموارد المائية غير التقليدية وعلى رأسها الأمطار باتباع تقنية حصد المياه، لتخزين مياه الأمطار لأغراض الري أو لتغذية الخزانات الجوفية، وفي هذا المجال يجب زيادة محطات رصد المياه للوصول إلى الوضع الفعلي لهطول المطر في المملكة، وعمل خريطة مائية لهذا الرصد.

٦- الاهتمام باختيار وتصميم نظم الري المناسبة لظروف المملكة، والإدارة الجيدة في تشغيلها وصيانتها، من أجل ترشيد المياه لأغراض الزراعة.

٧- اتباع الجدولة الآلية مع نظم الري الحديثة، فيمكن من خلال هذا الإجراء توفير نسبة تتراوح بين ٣٥-٤٠٪ من مياه الري.

٨- إعادة استخدام مياه الصرف المعالجة لتأمين مصدر مهم للري بالإضافة إلى المساهمة في حل بعض المشاكل البيئية حيث تساعد في حملها بعيداً عن المصادر السطحية والجوفية فتقلل عملية التلوث. والتوسع في إقامة مشاريع معالجة مياه الصرف الصحي في المدن والاستفادة منها في سد العجز من المياه لري بعض الأشجار في المزارع القريبة من المدن والحدائق والمسطحات الخضراء داخل المدن.

٩- التوسع في استخدام المياه المالحة لري بعض المحاصيل الزراعية التي تستطيع تحمل درجات عالية من الملوحة، مثل الشعير، وتبني سلالات جديدة تتحمل الملوحة.

١٠- إنشاء هيئة أو إدارة وطنية مستقلة لترشيد مياه الري تأخذ على عاتقها وضع برامج إعلامية وإرشادية (مقروءة ومسموعة ومرئية) للمواطنين والمزارعين حول أهمية ترشيد استهلاك المياه لأغراض الزراعة، وتعميق الوعي العام لأهمية المياه في مناهج التعليم وتوضيح أن الموارد المائية هي ثروة وطنية يجب المحافظة عليها، كما يجب وضع برامج تدريبية مناسبة للفنيين العاملين في مجال تنمية وترشيد المياه.

١١- تبني وتطبيق ومتابعة المواصفات القياسية الخاصة بأجهزة ومعدات الري.