ESCWA UNEP BGR (MEW)

Distr.
LIMITED
E/ESCWA/ENR/2000/WG.3/14
10 November 2000
ORIGINAL: ARABIC

LIBRARY & DOCUMENT SECT

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا

اجتماع فريق خبراء بشأن إعادة تأهيل المياه الجوفية
وتأثيرها على حماية الموارد المائية وترشيد استهلاكها

بيروت، ١٤-١٧ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٠

قضايا هامة بالنسبة لإعادة تأهيل مصادر المياه الجوفية في منطقة الاسكوا

ملاحظة: طبعت هذه الوثيقة بالشكل الذي قدمت به ودون تحرير رسمي.

00-0671

المحتويات

- مفاهيم أساسية لإدارة استثمار أحواض المياه الجوفية.
- التأثيرات الناجمة عن استثمار موارد المياه الجوفية.
- إعادة تأهيل مصادر المياه الجوفية.
- الوضع الحالي لمصادر المياه الجوفية في دول الإسكوا والحاجة الى اعادة تأهيلها.
- النواحي الاقتصادية لاستثمار مصادر المياه الجوفية.
- النواحي الاقتصادية لاستنزاف المياه الجوفية وإعادة تأهيلها.
- النواحي الاقتصادية لمشاريع اعادة تأهيل مصادر المياه الجوفية.

مفاهيم أساسية لإدارة استثمار أحواض المياه الجوفية

معنى التجدد للمياه الجوفية :

من الناحية النظرية فإن الحوض المائي الجوفي يعتبر متجدداً إذا كان يتلقى تغذية سنوية بالتسرب المباشر من الأمطار أو الغير مباشر من مياه الفيضانات الناجمة عنها. إلا أن تغذية الخزان الجوفي تتأثر بعوامل أخرى كما يتبين من الحالات والظروف التالية:

1) في معظم منطقتنا العربية ذات الطبيعة الصحراوية القاحلة، فإن العواصف المطرية الغزيرة التي يمكن أن تغذي المياه الجوفية تكون قليلة التكرار، والمواسم الماطرة والمؤثرة قد لا تتكرر إلا كل 3-5 سنوات. وبالتالي فإن الأمطار في السنوات العادية والجافة قد لا تسهم شيئا في تغذية المياه الجوفية. وبالتالي فإن الحديث عن معدل تغذية سنوية يصبح فاقد المعنى، والأجدر أن نتحدث عن تغذية موسمية لفترات تعاقب وتكرار محددة.

2) كما أن بُعد منطقة استخراج المياه الجوفية عن منطقة التغذية وسرعة انتقال المياه الجوفية بين هاتي المنطقتين عوامل هامة في التعامل مع إدارة استخراج المياه في مكان ما على أساس أنها متجددة أو غير متجددة. والمعروف أن حركة المياه الجوفية بطيئة، وبالتالي يكون معدل التعويض عن المياه المستخرجة من الخزان الجوفي ضمن حقل آبار معين من منطقة التغذية بطيئاً. وبالتالي فإن المحصلة والآثار الناجمة عن الضخ ستكون مشابهة لتلك التي تحدث في حوض مائي غير متجدد، وستدوم أحياناً لسنوات طوال سواء اعتبر الخزان الجوفي متجدداً أو غير متجدد.

3) إن نمط الضخ من حامل مائي له تأثير على النسبة من التغذية السنوية التي يمكن استخراجها بشكل آمن ومستدام. ويعتمد نمط الضخ على التوزيع الأفقي للآبار.

4) إن نسبة معدل الضخ من خزان ما إلى معدل التجدد السنوي هي الأهم في اعتبار وإدارة الخزان على أنه متجدد أو غير متجدد. وكذلك نسبة الضخ السنوي إلى مجموع المخزون الجوفي المتاح. ومن الناحية العملية، لا فرق بين خزان جوفي متجدد بمعدل بسيط وبه مخزون جوفي ضئيل وآخر غير متجدد وذو مخزون مائي ضخم، بل قد يشكل الأخير مصدراً مائياً أضمن وأكثر استدامة على المدى البعيد.

5) إن علاقة المياه الجوفية بتدفق الينابيع له تأثير كبير على معدل الاستخراج الآمن والمستدام عن طريق الآبار.

6) غالباً ما تسهم مشاريع الري بإضافة معينة إلى المياه الجوفية بالتسرب. ويجب اعتبار هذه النسبة في تقييم صافي الضخ (الاستهلاك) وفي تقدير التغذية السنوية.

7) قد تحدث إضافة مياه إلى حامل مائي معين بالتسرب من حوامل مائية أخرى مجاورة أو تعلوها أو تدنوها. وتحدث مثل هذه التغذية على مدار السنة. وتعتمد على معامل الناقلية والضاغط المائي بين الحاملين.

ولذلك لا بد بأن نأخذ في الاعتباركافة هذه العوامل معا حين نتكلم عن التغذية السنوية لخزان مياه جوفية.

معدل الاستخراج الآمن و المستدام:

من الشائع بأن معدل الاستخراج الآمن (السنوي) على المدى البعيد يعادل معدل مجمل التغذية السنوية بمختلف الطرق للحامل المائي. يبدو ذلك من الناحية النظرية مقبولاً وبديهياً، إلا أنه من الناحية العملية يصعب تطبيقه. وفي الغالب يكون معدل الاستخراج السنوي الآمن أقل من ذلك بنسب تتفاوت حسب مجموعة من الظروف. حيث أن التغذية السنوية في الحوض المائي الجوفي يكون لها توزيعاً أفقياً يختلف عن نمط توزيع آبار الاستخراج منه، والتي قد تتركز في جزء أو جانب محدد من الحوض المائي، بحيث أن هذه المجموعة من الآبار لا تستطيع استجرار كامل مياه التغذية من مختلف أجزاء الحوض المائي الجوفي.

ولذلك، فإن هذا التعريف التقليدي للإنتاج الآمن قد تم تطويره ليمثل معدل الضخ المستدام على المدى البعيد، وضمن محددات طبيعية وبيئية واقتصادية وقانونية وتكنولوجية. ويصبح تعريفه لمصدر مائي متجدد على أنه كمية المياه التي يمكن استخراجها من الخزان الجوفي سنوياً: هيدروجيولوجياً وبيئياً واقتصادياً وقانونياً وفنياً دون حدوث آثار سلبية دائمة وغير منعكسة. وينطبق نفس التعريف للحوض المائي الجوفي غير المتجدد مع اشتراط عدم حدوث آثار سلبية دائمة خلال فترة الاستثمار المقررة.

وقد تشمل المحددات الهيدروجيولوجية والبيئية على معدل الضخ ما يلي:

* المحافظة على حد أدنى لمنسوب الماء الجوفي؛
* أو عدم حدوث تغيير كبير في نوعية المياه؛
* أو عدم حدوث نقص ملحوظ في معدل الضخ؛
* أو عدم حدوث تخريب في الخواص الهيدروليكية للحامل المائي؛
* أو عدم حدوث نقص في تدفق نبع أو وادٍ جارٍ؛
* أو عدم تجفيف أراضٍ رطبة لها أهمية بيئية.

أما المحددات القانونية فتشمل ضمان عدم التأثير على حقوق أصحاب الآبار الأخرى.

وتسمى كمية المياه الجوفية المستخرجة زيادة عن معدل التجدد السنوي بالاستنزاف من المخزون الجوفي (Overdraft). ويمكن أن يكون هذا الاستنزاف "مؤقتاً"، كأن يكون خلال موسم الري، ويتم التعويض عنه في موسم الشتاء (التغذية). وهذا لا يعتبر خطراً على النظام المائي الجوفي. وقد يكون الاستنزاف "دائماً" في حالة العجز عن التعويض من المياه المستخرجة، وهذا هو الاستنزاف المقصود هنا.

ولذلك فإن مقداراً من الهبوط في مناسيب المياه الجوفية (استنزاف أو تفريغ مؤقت) أمر عادي ولا بد من حدوثه نتيجة للضخ، ولا يسمى هذا استنزافا أو ضخا جائرا. وقد يلزم عدة سنوات من المراقبة للوصول الى توازن جديد في حركة المياه الجوفية في منطقة الاستخراج، وحتى يتضح لنا ما إذا كان تحقيق توازن جديد ممكناً في حالة الاستنزاف المؤقت، أو غير ممكن في حالة الاستنزاف الدائم.

التأثيرات الناجمة عن استثمار موارد المياه الجوفية

يبدو أن الانتشار الواسع لتواجد المياه الجوفية قد أعطى شعوراً زائفاً بوفرة هذه المصادر، وأعمى المجتمعات عن الحاجة لإدارة فعالة لهذه الموارد المائية، بما يحقق التنمية المستدامة والتكيف لحدود معقولة للتزويد المائي. وأن من أبرز معالم الضغوط المتزايدة على تطوير موارد مياهنا الجوفية يتضح من خلال الاستمرار الحاصل في تدهور نوعيتها وهبوط مناسيبها.

من البديهي أن ينتج عن أي تدخل من قبل الانسان في الطبيعة بعض الآثار السلبية الغير مرغوب فيها. ولكن الحاجة إلى المياه، وارتفاع كلفة المصادر البديلة، ومتطلبات التنمية الاقتصادية والاجتماعية تستدعي وتبرر تدخلاً محدوداً يساعد في التنمية بأقل أثر سلبي على المصدر المائي وعلى البيئة. وبمعنى آخر فإن الإنتاج المسموح به لمثل هذه المصادر المائية يجب أن يحقق أكبر مردود اقتصادي واجتماعي دون إحداث آثار سلبية بيئية واجتماعية خطيرة ودائمة، وكذلك على المصدر المائي نفسه على المدى البعيد.

تخضع الآثار الناجمة عن استثمار المياه الجوفية إلى قاعدة " الأثر والمؤثر/السبب" cause and effect/relationship. حيث يكون الضخ والأنشطة الاقتصادية والاجتماعية والتنموية الأخرى هي الأسباب، ويكون هبوط منسوب المياه الجوفية واستنزاف المخزون وتدهور نوعيتها هي الآثار.

وغالباً ما تكون هذه الآثار من النوع التراكمي التي تظهر بعد حين، وهذا أمر يستدعي وجود برامج مراقبة حثيثة طويلة المدى للمتغيرات المختلفة مع الزمن.

ونظراً لحركة المياه الجوفية فإن هذه الآثار السلبية تتغير بتغير المكان كذلك. ولذلك يجب أن تغطي شبكة المراقبة الجوفية مساحة الحوض أو المنطقة المعنية تغطية أفقية كافية.

وعندما يبدأ ظهور دلائل ومؤشرات سلبية على موارد المياه الجوفية، ومن أهمها زيادة الملوحة، فإن النتائج والآثار السلبية الاقتصادية والاجتماعية والبيئية لن تكون بعيدة الحدوث.

إن الفشل في معالجة مثل هذه الحالات وتخفيف الضغط عن المصادر المائية الجوفية يهدد بلا شك قدرتها على استدامة الأداء مستقبلاً، وبالتالي، يهدد استدامة الأنظمة الاقتصادية والاجتماعية المعتمدة عليها.

ويمكن تلخيص الآثار السلبية التي قد تنجم عن استثمار المياه الجوفية بما يلي:

1- يؤدي الاستخراج العشوائي الغير مدروس جيداً للمياه الجوفية إلى تقليص مجمل ما يمكن استخراجه من المياه من حوض ما، مقارنة مع ما يمكن استخراجه لو أحسن تدبير هذا الاستثمار. كما أن استنزاف المياه الجوفية يقلص كمية المخزون الاستراتيجي المتاح في المستقبل.

2- هذا على مستوى الحوض المائي، أما على مستوى البئر الواحد أو حقل آبار، فكثيراً ما يؤدي الضخ من آبار متقاربة إلى حدوث استنزاف موضعي ورأسي في الخزان الجوفي وآثار سلبية مؤثرة قد تؤدي إلى هجر البئر أو حقل الآبار، في الوقت الذي لا يزال الحوض المائي عامة في وضع جيد وغير مستغل بأقصى طاقته، في حين أن نشر الاستخراج أفقياً على أكبر مساحة ممكنة من الحوض يمنع أو يخفف من مثل هذه الآثار السلبية.

3- يؤدي الهبوط المتسارع والمستمر في مناسيب المياه الجوفية إلى خسارة اقتصادية ناتجة عن الحاجة إلى تعميق الآبار أحياناً، أو استبدالها، واستبدال المضخات بأخرى ذات قدرة على الضخ من مستويات عميقة، إضافة إلى زيادة كلفة الضخ نتيجة لزيادة الطاقة المطلوبة.

4- مع استمرار الهبوط والنقص الحادث في سماكة الطبقة المائية الحاملة للمياه، فإن قدرتها الإنتاجية تتعرض للنقصان التدريجي، وبالتالي فلن تعود الآبار الحالية تفي بتزويد الاحتياجات المائية المعتمدة عليها. وهذا يتطلب دائماً حفر آبار جديدة للتعويض عن نقص إنتاجية الآبار الموجودة أو استبدال الآبار التي تتعرض للنضوب.

5- وقد يحصل نتيجة الهبوط في مناسيب المياه انضغاط في التكوين الصخري وبالتالي نقص في معامل التخزين. كما يمكن أن يؤدي ذلك إلى هبوط في سطح الأرض.

6- إن ظاهرة ارتفاع ملوحة المياه الجوفية نتيجة للضخ الجائر هي ظاهرة معروفة وعامة تقريباً في معظم الأحواض المائية الغير متجددة بشكل خاص والمتجددة بشكل عام. وتعتمد هذه الظاهرة، إضافة إلى الظروف الطبيعية للحوض المائي، على نمط ومعدل استخراج المياه. وهي غالباً ذات علاقة وثيقة بهبوط مناسيب المياه الجوفية، وتغير الضغوط الهيدروليكية للطبقات المائية المستثمرة وما يحيط بها من مياه مالحة.

والآثار السلبية الناتجة عن زيادة ملوحة المياه قد تكون أخطر من مشكلة هبوط مناسيب المياه لوحدها. حيث يمكن ان ترتفع ملوحة المياه إلى حدٍ يصبح المصدر المائي غير صالح للاستعمال المطلوب. في الوقت الذي لا يزال يحتفظ بقدره إنتاجية ومخزون جيدين. وذلك لأن نوعية المياه تصبح هي العامل المحدد الرئيسي للاستعمال وليس كميتها.

7- ارتفاع ملوحة التربة الزراعية بسبب زيادة ملوحة المياه الجوفية، وما لذلك من تأثير على اختيار نوع المحاصيل وإنتاجيتها. وقد يؤدي على المدى البعيد خسارة المصدر المائي والمزرعة معاً. ولذلك خسارة اقتصادية واجتماعية خطيرة منها فقدان دخل المزارعين والتغيير القصري لتقاليد معيشية وقيم اجتماعية متوارثة. وتختلف حدة هذه الآثار من بلد لآخر.

8- أما في مجال الشرب، فإن تملُّح المياه له آثار صحية ونفسية واجتماعية واقتصادية. وبالنظر لمعايير الملوحة في مياه الشرب، فإن آثار تملُّح المياه الجوفية تظهر مبكراً على استعمالات مياه الشرب اكثر منها لاستعمالات أخرى. ويبدأ حدوث عجز تدريجي في التزويد المائي. والحاجة إلى توفير مصادر مائية بديلة تصبح ملحة، وعادة ما تكون هذه البدائل عالية الكلفة.

9- وينطبق نفس الشئ على نسبة لا بأس بها من المياه المستعملة في الصناعة، مما يضطر قطاع الصناعة إلى معالجة هذه المياه أو جزءاً منها لكي تصبح صالحة للاستعمال.

إعادة تأهيل مصادر المياه الجوفية

مشكلة المياه الجوفية ومحدداتها في المنطقة :

ان المحدد الأكبر لتطوير مصادر المياه يكمن في ندرة وحساسية هذه المصادر؛ كما أن المشكلة الرئيسية تكمن في عدم قدرة هذه المصادر على تلبية الاحتياجات، وبالتالي زيادة استخراج هذه المياه عن الحد الآمن والمتوازن والمستدام؛ وما يترتب على ذلك من آثار سلبية مختلفة كما تم توضيحه سابقاً.

ويمكن تلخيص أبرز المشاكل فيما يلي:

- الكثير من مصادر مياهنا الجوفية إما غير متجدد أو متجدد بمعدل قليل بالنسبة لمعدل استخراجها.
- تتصف معظم هذه المصادر بالشح والندرة بسبب خصائص الأمطار والمناخ في هذه المنطقة، وبالتالي زيادة هشاشتها وحساسيتها لأي تدخل بشري وللأنشطة الاقتصادية والاجتماعية المختلفة.
- الكثير من هذه المصادر إما مستنزف أو في طريقه للاستنزاف.
- الكثير من هذه المصادر ملوث أو متدهور نوعياً لأسباب مختلفة إلى الحد الذي يهدد باستمرار صلاحيته للاستعمالات المطلوبة.
- محدودية نسبة المخزون القابل للاستخراج لأسباب طبيعية واقتصادية وبيئية وغيرها.
- انتشار المياه الجوفية الضاربة للملوحة، ووجود نسبة كبيرة من المصادر المائية العذبة على سواحل البحر.

وفي ضوء هذه المشاكل والمحددات والآثار السلبية تصبح خسارة أي من هذه المصادر محتملة في أي وقت، ما لم يتم اتخاذ الإجراءات المناسبة.

الأسباب المباشرة والتي أسهمت في الأوضاع المتردية الحالية :

من منطلق نظرية ربط الأثر بالمؤثر، وطالما تواجدت الأسباب، فلا بد من أن تكون هناك آثار سلبية.

إن من أهم أهداف برامج مراقبة مصادر المياه الجوفية هو التعرف على التغيرات والآثار السلبية الناتجة عن العوامل المؤثرة، وبالتالي التعرف على الحاجة إلى القيام بأعمال صيانة ووضع برامج إعادة تأهيل لهذه المصادر وآخذين في الاعتبار هذه الأسباب. وإذا اتضح أن هناك حاجة لمثل هذه البرامج والمشاريع، فإن التأخير في اتخاذ الإجراءات والتدابير اللازمة من شأنه أن يزيد من حدة المشكلة ويحد القدرة على الإصلاح بالإضافة إلى ارتفاع كلفة إصلاح الأوضاع.

ومن أهم عوامل وأسباب التردي والأوضاع السلبية التي تعجّل في الحاجة إلى إعادة تأهيل مصادر المياه الجوفية ما يلي:

- ✓ سوء تقدير الطاقة الإنتاجية لخزانات المياه الجوفية وعدم تحديثها المستمر.
- ✓ سوء تقدير لحساسية الخزانات الجوفية للعوامل الخارجية.

- ✓ سوء تقدير لتجاوب الخزانات الجوفية للضخ عن طريق استخدام النماذج الرياضية الخاصة.
- ✓ عدم كفاءة أعمال التشغيل والصيانة الدورية.
- ✓ ضعف ممارسات وتشريعات مراقبة وضبط التلوث المائي.
- ✓ عدم توفر برامج مراقبة فعالة واستجابة سريعة عند اكتشاف مشكلة ما.

مبررات منطقية تأهيل مصادر المياه الجوفية :

وفي ضوء مشاكل تردّي مصادر المياه الجوفية، والمحددات التي تكتنفها، وفي ضوء الحقائق التالية، يستدعي الأمر اتخاذ إجراءات علاجية عاجلة وبرامج إعادة تأهيل للمصادر.

- ❑ تجمع مخزون المياه الجوفية عبر آلاف السنين ولا ينبغي التفريط فيه خلال قرن من الزمان.
- ❑ استمر استثمار المياه الجوفية لمختلف الأغراض عبر الأجيال، ولا بد من استمرار واستدامة هذا الدور لها.
- ❑ مخزون المياه الجوفية يوجد تحت الأرض ونعلم القليل عنه دون أن نراه. وينطبق على المياه الجوفية المثل القائل: "بعيد عن النظر/الرؤيا ... بعيد عن العقل والتفكير". وهذا هو عين الخطر.
- ❑ ونتيجة لذلك نبقى في حالة غفلة عن مصادر المياه الجوفية إلى أن يفشل أداؤها في إنتاج المياه بالكمية والنوعية الصالحتين للاستعمال.
- ❑ إنه من الأجدى اقتصادياً لوضع وتنفيذ سياسة وخطة وبرنامج للمراقبة والتحريات والتقييم المستمر، وكذلك برامج للإجراءات الوقائية والتصحيحية.
- ❑ وهذا من شأنه تحقيق فائدة مضاعفة في تقليص الخسارة الاقتصادية، وتقليص كلفة البحث عن بديل.
- ❑ هناك ضغط متزايد على استثمار المياه الجوفية وخاصة لتزويد مياه المدن والريف؛ ولزيادة الإنتاج الغذائي، الأمر الذي سيؤدي الى تفاقم التردي.
- ❑ ان الاستثمار الحالي قد خرج عن حدود المعقول والمقبول لمصادر المياه الجوفية (الاستنزاف) في الكثير من المناطق والأحواض.
- ❑ التدهور النوعي الكبير (التلوث) لهذه المصادر.
- ❑ كون هذه المصادر وهذه المشاكل أساسية وحقيقية في معظم دول المنطقة.

أهداف برامج حماية مصادر المياه الجوفية :

تتطلب التنمية المستدامة للمياه الجوفية تصميم برنامج ملائم لحماية مصادر المياه الجوفية وإعادة تأهيلها بهدف تحسين المصادر البيئية الطبيعية، وعلى رأسها مصادر المياه الجوفية، وضمان تنمية مستدامة لها، ولنواحي التنمية الاقتصادية والاجتماعية المختلفة القائمة عليها.

ومن الأهداف الخاصة لبرامج إعادة التأهيل ما يلي:

- ❖ حماية مصادر المياه الجوفية السليمة من التدهور النوعي والكمي وتحقيق التنمية المتوازنة والمستدامة لها.
- ❖ العمل على تلافي أو منع الأسباب التي يمكن أن تحدث تدهوراً كمياً أو نوعياً في المستقبل.

- ❖ صيانة مصادر المياه الجوفية التي تعاني حالياً من التدهور الكمي أو النوعي ووقف استمرار هذا التدهور، والعمل على إعادة تأهيلها.
- ❖ استدامة تزويدنا بالمياه العذبة والنقية لمختلف الأغراض.
- ❖ معالجة التدهور النوعي والكمي الناتج عن سوء استثمارنا لهذه المصادر.

ويعتمد نجاح عملية إعادة تأهيل المياه الجوفية على ما يلي:

1- التعرف والتقييم الجيدين والدقيقين لظروف الموقع أو الحوض الجوفي من النواحي الهيدروليكية والهيدروجيولوجية، والكيميائية والبيولوجية، وأن يعتمد ذلك الفهم والتقييم على برامج مراقبة مناسبة.
2- في حالة معالجة التدهور النوعي للمياه الجوفية، فإن من المهم التعرف على طبيعة المواد الملوثة للمياه وتركيزها ومدى انتشارها الأفقي والرأسي.
3- وفي حالة التدهور الكمي فإن من الضروري التقييم الجيد لما يلي:

أ- معدل التجدد السنوي للخزان الجوفي؛
ب- التخزين الكلي المتاح للاستخراج ومعامل التخزين النوعي؛
ج- نمط ومعدل الاستخراج من المياه الجوفية والتوزيع الأفقي له ونسبة الاستهلاك الفعلي للمياه المستخرجة.

4- اختيار الطريقة الأنسب لإعادة التأهيل وخاصة في النواحي الفنية والبيئية والاقتصادية.
5- دراسة الجدوى الاقتصادية، مع اعتبار النواحي البيئية ورغبة الدولة والمجتمع.

وتختلف طرق إعادة التأهيل الكمي والنوعي لمصادر المياه الجوفية من حيث الكلفة والفترة الزمنية لفعاليتها. كما لا بد في عملية تقييم مدى نجاح طرق إعادة التأهيل اعتبار كافة النواحي المائية والبيئية والاجتماعية والاقتصادية. ولا بد من تبني وحدة قياس مناسبة تغطي هذه النواحي في تقييم كلفة وعائدات أي مشروع لإعادة تأهيل مصادر المياه الجوفية.

متطلبات مشاريع إعادة التأهيل ومراحلها:

1- جمع المعلومات والبيانات

* برامج مسح شامل لكافة نقاط ومواقع الاستخراج المائي الجوفي؛
* برنامج مراقبة متكامل لمختلف البارامترات الهيدرولوجية والهيدروكيميائية والبيولوجية وخاصة خلال فترة الجفاف (الصيف)؛
* سجل جيد للمعلومات وتحليلها وتفسيرها؛
* استجابة فعالة وسريعة للمستجدات بناءً على نتائج المراقبة؛
* تقييم المعلومات والبيانات الموجودة والمطلوب استكمالها.

2- إجراء الدراسات الفنية اللازمة:

- إعداد دراسات للموقع وللحوض بكامله تشمل ما يلي:

  - حدود الموقع أو الحوض المائي المراد معالجته؛
  - الخواص الهيدروجيولوجية والهيدروكيميائية والبيولوجية للموقع أو الحوض.

3- اختيار الطريقة الأنسب بناءً على هذه المعطيات وباعتبار كافة البدائل المحتملة.

4- تصميم وتنفيذ المشروع ثم إعادة التقييم.

العوامل المؤثرة في اختيار التقنية المناسبة لإعادة تأهيل المياه الجوفية :

يتم اختيار طريقة المعالجة الأنسب بناءً على مجموعة أسس ومعايير معدة لهذا الغرض، أبرزها ما يلي:

1- الأسس الهيدروجيولوجية، وهي ضرورية لمعالجة كلاً من حالتي الاستنزاف الكمي والتردي النوعي.

- النظام الهيدروجيولوجي للحامل المائي من حيث حدوده وسماكته وامتداده الأفقي واتجاه سير المياه فيه، وخصائصه الهيدروليكية.

2- طبيعة التدهور، سواء كان كمياً أو نوعياً.

أ- التدهور الكمي للمياه الجوفية:

- هل الاستنزاف لمخزون المياه الجوفية فصلي أو سنوي أو دائم؛ وهل هو محلي، أو شامل لجزاء كبيرة من الحوض المائي.
- نسبة الاستنزاف السنوي لمعدل التغذية السنوية في حالة كون المصدر المائي متجدداً؛
- نسبة الاستنزاف السنوي لمجموع المخزون الجوفي القابل للاستخراج فنياً وبيئياً واقتصادياً، في حالة مصادر المياه الجوفية غير المتجددة؛
- توفر مصادر مائية بديلة سواء للاستعمال المباشر أو لتغذيتها اصطناعياً في الخزان الجوفي؛
- استعمالات المياه: شرب، صناعة، زراعة؛
- الاحتياجات المائية المختلفة المطلوب تأمينها من المصدر المائي المعني؛
- ملائمة التشريعات المائية الحالية ومدى تطبيقها وخاصة بالنسبة لحقوق المياه وترخيص حفر الآبار وكذلك ترخيص الاستخراج، ومرونة هـذه التشريعات لتغطية بعض الإجراءات التي قد تلزم لعملية إعادة التأهيل؛
- الأوضاع الاجتماعية لمستخدمي المياه الجوفية وخاصة في القطاع الزراعي ومدى اعتمادهم على الإنتاج الزراعي في مدخولاتهم؛
- مدى التزام الدولة تجاه حماية استدامة مصادر المياه الجوفية، واعادة تأيلها ومتطلبات ذلك، ومدى استعدادها المالي في سبيل تحقيق ذلك.

ب- التدهور النوعي للمياه الجوفية:

- تفاصيل خصائص الموقع حيث نحتاج إلى إعادة التأهيل؛
- الوضع الهيدروجيولوجي وخاصة بالنسبة لاتجاه وسرعة سير المياه الجوفية والخصائص الفيزيائية والهيدروليكية للحامل المائي؛
- الوضع البيولوجي والهيدروجيوكيميائي للخزان الجوفي (ملوحة المياه، درجة الحامضية، خصائص الامتصاص للحامل المائي، وجود أحياء دقيقة في الخزان الجوفي ... الخ.)؛
- طبيعة المواد الملوثة من حيث النوع والتركيز؛
- مدى الانتشار الأفقي والرأسي للمواد الملوثة؛
- نوعية استعمال المياه الجوفية المستخرجة ومتطلبات هذا الاستعمال من حيث نوعية المياه؛
- الخبرة المحلية في الطرق المختلفة لإصلاح التدهور النوعي للمياه الجوفية.

إن التعرف على هذه الخصائص يتيح لنا استبعاد الطرق أو التقنيات الغير مناسبة ولا ملائمة، وذلك على أساس نوع الملوث والأوضاع الهيدروجيولوجية بشكل عام. وعلى سبيل المثال، إذا كان معامل النفاذية متدني، فإنه لا يمكننا استعمال أسلوب المعالجة الموضعية أو الضخ على سبيل المثال، واللجوء إلى طريقة إضافة الهواء في الطبقة المائية المشبعة. كما أن وجود الملوثات العضوية يشجع اختيار طريقة المعالجة البيولوجية. وان سهولة الذوبان والترسيب لبعض العناصر والمركبات يوجهنا لاختيار الطرق الكيميائية. كما يتيح وجود مواد ملوثة بشكل أيونات ذات شحنة كهربائية استخدام طريقة المعالجة الموضعية الكهروكيميائية.

الوضع الحالي لمصادر المياه الجوفية في دول الإسكوا والحاجة الى اعادة تأهيلها

هناك تدهور كمي ونوعي في الكثير من أحواض المياه الجوفية في معظم دول الإسكوا. ويشمل التدهور الكمي غالبا ما يليً:

1- هبوط مناسيب المياه الجوفية وما يتضمن ذلك من استنزاف لمخزون الحامل المائي.
2- هبوط في معدل إنتاج الآبار، وجفاف البعض منها.
3- زيادة ملوحة المياه بسبب: تداخل مياه البحر في المناطق الساحلية، وتسرب المياه الجوفية المالحة المجاورة لحوامل المياه الجوفية العذبة في المناطق الداخلية.
4- تلوث المياه الجوفية بفضلات الصرف الصحي والصناعي والزراعي.

ومن أخطر آثار التدهور النوعي والكمي في دول المنطقة، جفاف بعض الحوامل المائية وبالتالي الآبار القائمة عليها، والاضطرار لحفر آبار عميقة. كما أدى هذا التدهور الكمي والنوعي إلى تصحر بعض الأراضي الزراعية فيما عرف تاريخياً بأفضل المناطق الزراعية، وهجر الكثير من المزارع، وذلك بسبب ارتفاع ملوحة المياه الجوفية وبالتالي تملح التربة الزراعية إلى الحد الذي لم تعد صالحة لإنتاج المحاصيل الزراعية ذات الجدوى الاقتصادية.

وقد ابتدأ هذا التدهور على الأغلب في أواخر الستينات وأوائل السبعينات من القرن العشرين، وتفاقم في الثمانينات والتسعينات. ويتوقع أن يستمر التدهور في معظم الأحواض المائية الجوفية على الرغم من وجود التشريعات المائية في معظم الدول. وذلك إما بسبب ضعف تطبيق هذه التشريعات، أو بسبب عدم ملائمتها، أو لمجيئها متأخرة بعض الشيء، حيث أصبحت الحقوق المائية مثبتة رسمياً وتفوق في مجموعها حدود الإنتاج الآمن والمستدام في هذه الأحواض.

* أما الأنشطة ذات الأثر الإيجابي على وضع المياه الجوفية، فتركزت بشكل كبير على إنشاء مشاريع التغذية الصنعية باستخدام السدود ومياه الفيضانات، وأحياناً الآبار. إلا أن تأثير هذه المنشآت كان على الأغلب موضعياً ومحدود الانتشار، بحيث لم تتمكن من معالجة التدهور الحاصل على مساحات شاسعة من الأحواض المائية؛

* أما التلوث العضوي في مياه الشرب المستخرجه من المياه الجوفية فغالباً ما يتم معالجة هذه المياه بالتعقيم بالكلور فقط؛

* أما المياه الجوفية الضاربة للملوحة، والتي تستخدم لأغراض الشرب فيتم تحسين نوعيتها بتخفيفها بمياه تحلية. وهذا إجراء متبع في معظم دول الخليج؛

* ومن الأنشطة الإيجابية لضبط التلوث في الأحواض المائية الواقعة في مناطق المدن، مثل حوض عمان – الزرقاء في الأردن، وحوض دمشق في سوريا، إنشاء شبكات الصرف الصحي ومحطات التنقية، وهجر الحفر الامتصاصية في أجزاء كبيرة من هذه المدن؛ الا أن حالة التلوث لا تزال قائمة، وستبقى لفترة زمنية أطول .

* ويتم في حوض وادي العرب في شمال الأردن تنقية المياه الجوفية بعد ضخها، للتخلص من الغازات المذابة والحديد والمنجنيز وكذلك عسر الماء؛

* ولم يعرف في المنطقة حتى الآن مشروع لمعالجة المياه الجوفية قبل ضخها سواء بالطرق الكيميائية أو البيولوجية أو باستخدام الحواجز الهيدروليكية؛

* ويوضح الجدول التالي بعض أهم حالات التدهور النوعي والكمي للمياه الجوفية في دول الإسكوا والإجراءات المتبعة لحماية هذه المصادر وإعادة تأهيلها، وكفاءة هذه الإجراءات في إصلاح الوضع المائي.

الجدول رقم (1): أمثلة من مناطق وحالة التدهور الكمي والنوعي للمياه الجوفية في بعض دول الإسكوا.

الدولة	الحوض/المنطقة	نوع التدهور	الإجراء المتخذ	حالة التدهور
المملكة الأردنية الهاشمية	حوض الضليل	نوعي وكمي	تشريعات	مستمر ببطيء
	حوض عمان- الزرقاء	نوعي	تشريعات	مستمر
	حوض الأزرق	كمي مع مخاطر للنوعي	تشريعات	مستمر
الجمهورية العربية السورية	حوض دمشق	نوعي	تشريعات	مستمر
	حوض العاصي	نوعي		مستمر
السلطة الفلسطينية	حوض غزة	نوعي وكمي	تشريعات	مستمر
	الضفة الغربية	كمي	تشريعات	مستمر
	منطقة أريحا	كمي ونوعي	تشريعات	مستمر إلى مستقر
دولة الكويت	منطقة الوفرة	نوعي	تشريعات	شبه مستقر
	منطقة العبدلي	نوعي	تشريعات	مستمر
المملكة العربية السعودية	تكوين الساق / تبوك	كمي	تشريعات	مستمر
	تكوين الدمام/المنطقة الشرقية	كمي ونوعي	تشريعات	مستمر
دولة البحرين	المناطق الشمالية والشمالية الغربية	كمي ونوعي	تشريعات	مستمر
دولة قطر	المناطق الوسطى والشمالية	كمي ونوعي	تشريعات + آبار تغذية	مستمر
الإمارات العربية المتحدة	الإمارات الشمالية والشرقية	كمي ونوعي	تشريعات + سدود تغذية	مستمر
	منطقة العين	كمي ونوعي	تشريعات	مستمر
اليمن	حوض صنعاء	كمي ونوعي	تشريعات	مستمر
	حوض تعز	كمي ونوعي	تشريعات	مستمر
	حوض عدن الساحلي	كمي ونوعي	تشريعات	مستمر
	حوض تهامة الساحلي	كمي ونوعي	تشريعات	مستمر
سلطنة عُمان	ساحل الباطن	كمي ونوعي	تشريعات + سدود تغذية	مستمر
	ساحل صلاله	كمي ونوعي	تشريعات	مستمر

الانعكاسات الاقتصادية للآثار الناجمة عن استثمار مصادر المياه الجوفية

مقدمة :

إن الانتشار الجغرافي الواسع لأماكن تواجد المياه الجوفية، وسهولة تطويرها والحصول عليها أتاح الفرصة أمام القطاع الخاص لتطويرها، وبشكل كبير ومتسارع وتنافسي، لتحقيق أكبر فائدة خلال أقصر مدة زمنية ممكنة. وفي مثل هذه الحالة فإن تدخل الجهات الحكومية يصبح أمراً ضرورياً لتنظيم وترشيد استثمار هذه المصادر المائية حماية للحقوق وفائدة المجتمع التي يمكن بدون ذلك أن تتعرض للضرر المحقق. وإذا نظرنا إلى عملية استخراج واستنزاف المياه الجوفية كوسيلة لتحقيق أرباح كبيرة على المدى القصير، فإن ذلك لا بد وأن يترك أضراراً اقتصادية واجتماعية وبيئية كبيرة على المدى البعيد

ومع زيادة الندرة الطبيعية والاقتصادية للمياه العذبة، فإن القيمة الكلية للمياه سوف ترتفع. كما أن فرص الاستثمار في مشاريع جديدة سوف تسوء أو تضعف وترتفع كلفتها. وبالتالي فإن التحديات والأعباء على الحكومات سوف تزداد، وخاصة في ضوء غياب الرغبة الجادة لدى بعضها، لمواجهة مشاكل المياه الحالية، وضعف الفرص لحدوث تغيير هام في هذا المجال.

إن تقييم كمية المياه الجوفية القابلة للاستثمار سنوياً وبنوعية جيدة ودون إحداث آثار سلبية على المصدر المائي كماً ونوعاً، وبدون آثار سلبية دائمة، هو الخطوة الأولى نحو الاستثمار الرشيد لهذه المصادر المائية بما يحقق أعلى مردود اقتصادي واجتماعي. كما أن هذه الخطوة أساسية وضرورية لأي برنامج يوضع لترشيد استعمالات المياه والمحافظة على مصادرها.

وقد ينتج عن اتباع سياسة وإدارة محافظة ومتوازنة لاستثمار المصادر المائية الجوفية تحديداً للتنمية الاقتصادية إلى درجة ما، إلا أن من نتائجها البعيدة المدى فوائد كثيرة أهمها استدامة هذه المصادر والمشاريع المعتمدة عليها، وفوائد أخرى يصعب تقديرها مادياً، تنعكس على التنمية الاجتماعية والأنماط والقيم المعيشية التقليدية السائدة. ومهما بلغ هذا التحديد للتنمية فإنه بسيط مقابل تحقيق هدف اجتماعي مرغوب فيه، ألا وهو حماية وصون واستدامة مصادر المياه الجوفية على المدى البعيد، بما يعني ذلك من حماية للاستثمارات والحقوق المائية. ومن أهم أوجه هذه الحماية هي حماية نوعية هذه المياه متمثلة في ملوحتها، وكذلك ضمان استدامة إنتاجية وصلاحية هذه المصادر لتلبية الاحتياجات المطلوبة منها.

إذا كانت التنمية الاقتصادية والتنمية الاجتماعية في الوقت الحاضر عنصرين متلازمين ومتقاربين، فإن استمرار ذلك مستقبلاً غير مضمون. وأن الانعكاسات والآثار الإيجابية الحالية للتنمية الاقتصادية المبنية على مصدر مائي محدود وغير متجدد، كالمياه الجوفية الغير متجددة، لا شك بأنها مرحلية وأنه سيكون لها انعكاسات سلبية على التنمية الاجتماعية مستقبلاً بشكل خاص، وقد تشمل بعض أوجه التنمية الاقتصادية بشكل عام. وخاصة في مثل منطقتنا العربية التي تتصف بشح مصادرها المائية والتي تشكل عاملاً محدداً كبيراً للتنمية الاقتصادية.

والعلاقة بين المياه والتنمية لا بد أن تأخذ منظوراً بعيد المدى، وأن يتصف بالمرونة التي تتناسب مع متطلبات المرحلة وحالة المصادر المائية، ومدى مساهمة قطاع ما مثل الزراعة، المستهلك الأكبر للمياه، في عملية التنمية الاقتصاديةويجب أن تنعكس هذه المرونة على عدة سياسات في قطاع المياه، أهمها سياسة توزيع المياه بين مختلف قطاعات التنمية حسب سلم أولويات يراعي اهداف الدولة في التنمية، وندرة مصادر

المياه، ومبدأ تحقيق التنمية المستدامة . كما يجب مراعاة المحافظة على حالة من التوازن البعيد المدى بين التنمية الاقتصادية والتنمية الاجتماعية من أجل تحقيق التنمية المستدامة.

لا بد للحكومات من اعتماد قواعد ومفاهيم اقتصادية ملائمة في تطوير وإدارة هذه المصادر وخاصة تبني نظام تسعيرة مناسبة واعتماد القيمة الحقيقية للمياه، بما فيها قيمة الندرة وقيمة الغرض وغيرها. ويمكن لتسعيرة المياه أن تكون مختلفة لمخلف القطاعات التنموية والجماعات السكانية، وكذلك بالنسبة لكمية ونوعية المياه المتاحة.

كما لا بد لها من مراجعة حقوق المياه الجوفية واستثمارها، وكذلك وضع سلم أولويات جديد لاستعمالات المياه، يؤخذ في الاعتبار المتغيرات في وضع المصادر المائية والاحتياجات المائية، ومن ثم إعادة توزيع حصص المياه بين القطاعات المختلفة بناء على ذلك. بالإضافة إلى إعادة النظر في أشكال الدعم لقطاع الزراعة، وهو المستهلك الأكبر للمياه، وربطه بتحقيق الكفاءة في استعمال المياه.

ولا شك في أن تطبيق قواعد ومفاهيم اقتصادية سليمة في تخطيط وتصحيح وتطوير مصادر المياه والأنشطة القائمة عليها، هو مفتاح هام لنجاح مشاريع التنمية المعتمدة عليها، وبالتالي تحقيق الأهداف الاقتصادية والاجتماعية والبيئية المتعلقة بحماية البيئة، وزيادة الدخل للفرد وفرص العمل، والصحة العامة، ونوعية الحياة والعدالة الاجتماعية. كما أن لمثل هذه المفاهيم والقواعد أثراً إيجابياً في عملية تحليل وتقييم بدائل المشاريع واختيار الأفضل منها.

كما يضمن تطبيق مثل هذه القواعد والمفاهيم الوصول إلى الأسلوب الأمثل لتوزيع حصص المياه بين القطاعات ومستخدمي المياه، وكذلك تقييم الآثار البيئية للمشاريع، المباشرة والغير مباشرة، السلبية والإيجابية.

الانعكاسات الاقتصادية لآثار استنزاف المياه الجوفية

استثمرت الحكومة والقطاع الخاص مبالغ كبيرة في مشاريع استثمار مصادر المياه الجوفية لمختلف الأغراض وخاصة الشرب والزراعة، وذلك من أجل تلبية الاحتياجات المائية للتنمية الاقتصادية والاجتماعية. إلا أن معدل النجاح في هذه المشاريع كان ولا يزال متواضعاً، إن لم يكن ضعيفاً. ومن أهم المشاكل التي تواجهها هي: الاستنزاف والتدهور الذي لهذه المصادر، وانعكاس ذلك على مبدأ التنمية الاقتصادية والاجتماعية المستدامة.

إن استنزاف المياه الجوفية وتدهور نوعيتها يعتبران من أبرز الملامح السلبية في اقتصاديات المياه الجوفية، لما يشكله من تهديد لاستدامة هذه المصادر وخسارتها، وكذلك خسارة الكثير من الأنشطة الاقتصادية والاجتماعية المعتمدة على هذه المصادر. كما أن فقدان هذه المصادر سوف يحتم البحث عن مصادر مائية بديلة وبكلفة عالية وما في ذلك من عبء اقتصادي كبير على الحكومات.

ومع زيادة أخطار استنزاف المياه الجوفية وتلوثها وارتفاع كلفة البدائل، وندرتها، تزداد أهمية النواحي الاقتصادية لاستثمار وتطوير وتأهيل مصادر المياه الجوفية.

إن استراتيجية استنزاف المياه الجوفية كوسيلة سريعة لاستثمار المخزون المائي خلال فترة زمنية محدودة ولجني أرباح كبيرة على المدى القصير يشكل مخاطرة كبيرة على مصادر المياه الجوفية. ولذلك يجب أن تكون حماية مصادر المياه من الاستنزاف والتلوث وإعادة تأهيلها عنصراً أساسياً في استراتيجية تطوير وإدارة مصادر المياه الجوفية. كما يجب أن تتدخل الدولة في الوقت والمكان المناسبين من أجل ضمان المصلحة العامة وتغلبها على المصالح الشخصية الضيقة الأفق.

إن قرار استنزاف مصدر مائي جوفي لا بد وأن يكون قراراً سياسياً مدروساً يجب أن لا يلجأ إليه إلا عند الاضطرار. كما أن مثل هذا القرار لا بد من أن يأخذ كافة الظروف الاقتصادية والاجتماعية والبيئية في الاعتبار، وأن يوجد معادلة مقبولة للاستثمار على المدى البعيد. والأسئلة التي يجب أن تطرح هنا هي: لماذا علينا أن نستنزف حوضاً مائياً إذا كنا قادرين على حمايته وتوفير البديل؟ ولماذا هذا الاستعجال الذي سيصل بنا إلى استنزاف مخزوننا المائي الاستراتيجي خلال فترة قصيرة لا تتعدى الجيل الواحد؟ وماذا ستفعل أجيالنا القادمة عندما تكون قد فقدت القدرة على توفير البديل؟

صحيح أن مشاريع الزراعة المروية بالمياه الجوفية، وهي المستهلك الأكبر للمياه الجوفية، غالباً ما تكون مملوكة من قبل القطاع الخاص، إلا أن الحكومات هي التي سمحت بحفر الآبار واستخراج المياه الجوفية إلى الحد الذي هو عليه الآن. ولا بد أن تتحمل هذه الحكومات جزءاً كبيراً من المسؤولية المترتبة على ذلك. هذا علاوة على الدعم الغير منطقي للمزارعين والغير مرتبط بتحقيق الكفاءة المطلوبة لاستعمال المياه، أو الغير موجه لمساعدة الطبقة الفقيرة. وكانت النتيجة جفاف أو تلوث الكثير من الآبار وهجر الكثير من المزارع.

وهناك طرق مختلفة يمكن بواسطتها تقييم الآثار الاقتصادية لفقدان أو استنزاف مصدر مائي بشكل كامل، سواء بسبب ارتفاع الملوحة أو هبوط الإنتاجية. والمثال التالي هو أحد هذه الطرق، وهو يوضح الآثار السلبية المترتبة على مصدر مائي في حالتين
:

1- فقدان بئر إنتاجية (100م^3/الساعة).
2- فقدان مصدر مائي طاقته (10) مليون متر مكعب/السنة.

والجدول رقم (1) يمثل نتائج ذلك في ضوء الافتراضات التالية:

أ- أن 70% من مياه المصدر تستخدم للزراعة، و30% للشرب؛
ب- معدل احتياجات الدونم الواحد من المياه يساوي (1200م^3/سنة)؛
ج- احتياجات مياه الشرب للفرد الواحد متساوي (100 لتر/يوم)؛
د- طول موسم الري : 300 يوماً في السنة وفترة ضخ يومي تساوي 20 ساعة.

ويتضح من الجدول رقم (1) أن فقدان مليون متر مكعب يسبب عجز في كامل مياه الشرب لحوالي (82000) نسمة، إضافة إلى حرمان (0700) شخص الناتج الغذائي لـ 3583 دونم من الأرض الزراعية.

الجدول رقم 2: عدد الأفراد الذين يتأثرون بخسارة كمية المياه المحددة

نوع المياه المستعملة	بئر طاقته 100 م^3/ساعة	مصدر مائي طاقته 10 مليون م^3/سنة
الزراعة:		
حصة مياه الري السنوية (م3/سنة) 70%	420000	7000000
المساحة المروية	350	5833
عدد الأفراد المتأثرين (833ر0 دونم/فرد) إنتاج = 6ر0 طن/دونم	420	7000
الاستعمالات الصحية:		
إجمالي الاستعمال 30%	180000	3000000
عدد الأفراد المتأثرين	6000	82200

النواحي الاقتصادية لمشاريع اعادة تأهيل مصادر المياه الجوفية

كلفة مشاريع تأهيل مصادر المياه الجوفية:

لا بد لمشاريع المياه، ومنها مشاريع إعادة تأهيل مصادر المياه الجوفية أن تتجاوز دراسات الجدوى الفنية والاقتصادية والتمويلية والبيئية (بما فيها الاجتماعية). ولا بد لدراسات الجدوى هذه من اعتماد قواعد اقتصادية مناسبة في تقييم الآثار البيئية وكذلك تقييم الكلفة والفوائد المترتبة على مشروع ما. وقد يكون مشروع ما ناجحاً اقتصادياً، إلا أن الجدوى التمويلية له تعتمد على رغبة قطاع من الناس في دفع قيمة المياه المنتجة وخدماتها.

وعند إجراء دراسات الجدوى لا بد من تقييم الكلفة والفوائد من أجل التمكن من المقارنة بين مختلف البدائل المحتملة. ويجب أن يتم ذلك في ضوء الأهداف الموضوعة للمشروع، ومدى تحقيق الفوائد لهذه الأهداف، الملموس منها وغير الملموس، مباشرة أو غير المباشرة. كما لا بد أن يتم ضمن الظروف الاقتصادية والاجتماعية المحلية.

تشمل الكلفة الكلية لمثل هذه المشاريع، كما في باقي المشاريع، الكلفة الثابتة والكلفة المتكررة. وتشمل الكلفة الثابتة الكلفة الأولية للدراسات الاستطلاعية وجمع وتحليل المعلومات والبيانات، وإنشاء شبكة آبار المراقبة المختلفة. كما تشمل مختلف متطلبات التنفيذ من آبار ومضخات وضاغطات هواء وأحواض وخزانات وغيرها.

أما الكلفة المتكررة فتشمل الطاقة والعمالة والتشغيل والصيانة والفوائد على رأس المال. وبذلك فإن الكلفة الكلية تصبح تساوي الدفعة السنوية لرأس المال (حسب نسبة فائدة معينة) مضافاً إليها النفقات السنوية المتكررة للتشغيل والصيانة. وعلى أساس ذلك وكمية المياه المتوقع استصلاحها وإنتاجها من المشروع يمكن حساب كلفة وحدة المجموع من المياه المنتجة.

كما يجب اعتبار كافة نواحي تقييم فوائد مشروع التأهيل، وأهمها كمية ونوعية المياه المستصلحة والتي يمكن إنتاجها، وكذلك القيمة الاقتصادية للإنتاج الذي سيقوم عليها. كما يجب أن تشمل فوائد تحسين البيئة والصحة العامة وغيرها، سواء كانت مباشرة أو غير مباشرة، محسوسة أو غير محسوسة.

كما يجب مقارنة التقييم الكلي للمشروع قياساً بالبدائل الأخرى المحتملة لتوفير مصدر مائي آخر بنفس الكمية والنوعية الممكن الحصول عليها من مشروع التأهيل، مع مراعاة عوامل أخرى غير اقتصادية مثل تحقيق إدارة حكيمة لمصادر المياه وحمايتها والمحافظة عليها.

جدوى الدراسات والتحريات في مشاريع إعادة التأهيل:

تهدف مثل هذه الدراسات إلى إيجاد قاعدة بيانات مناسبة للخصائص الهيدروجيولوجية للموقع أو للحوض المائي المطلوب دراسته. وهناك عادة حد أدنى من هذه المعلومات لا بد من توفره للوصول إلى استنتاجات مقبولة. ويبرر عدم وجود مثل هذا الحد الأدنى من المعلومات والبيانات إجراء تحريات إضافية. وتختلف جدوى هذه الدراسات باختلاف مستوى التدهور المائي والبيئي والاقتصادي في موقع ما، وكذلك على الفوائد المتوقعة من الاستعمال المائي بعد عملية التأهيل. كما يختلف مستوى الدراسات والبيانات المطلوبة وكذلك كلفتها وجدواها الاقتصادية باختلاف الأهداف المتوخاة.

ومن أهم الفوائد التي يمكن تحقيقها من هذه الدراسات هو الحاجة إلى إعادة التأهيل، ومن ثم اختيار التقنية الأفضل لعملية التأهيل ووضع التصاميم الأنسب لها. ولا بد من حفظ جميع البيانات لاستعمالها في المستقبل كخط أساس من أجل المقارنة.

وفي مشاريع تأهيل مصادر المياه الجوفية لا بد من اعتبار الآثار التالية، على الأقل، وتقييمها اقتصادياً:

* التأثير على إنتاجية الآبار من المياه؛
* التأثير على مناسيب المياه الجوفية؛
* التأثير على نوعية المياه؛
* التأثير على تداخل مياه البحر المالحة؛
* التأثير على تدفق الينابيع والأودية الدائمة الجريان؛
* التأثير البيئي على المناطق الرطبة ومصبات الأنهار والبيئة الساحلية؛
* التأثير على التنمية الاقتصادية والاجتماعية.

إن مراقبة هذه الآثار وتحليلها أمر هام لإدارة مصادر المياه والتعرف على مدى الحاجة إلى اتخاذ إجراءات وقائية أو تصحيحية مناسبة.