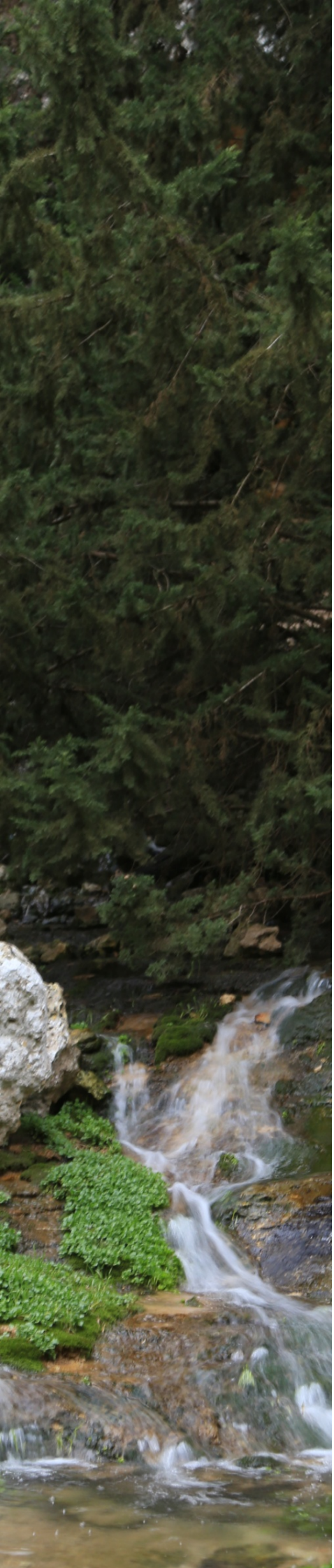


إدارة موارد المياه الجوفية

في إطار الإدارة المتكاملة للموارد المائية

دليل تدريبي

ترجمة

هيدروجيولوجي. صلاح مفتاح عبد الله حمد

تحرير

أ. جبريل عبد المطلوب صالح خليفة

Cap-Net

AWARENET Arab Integrated Water Resources Management Network

مركز الإدارة العامة والتطوير المؤسسي
Center for Public Administration and Institutional Development
جامعة بنغازي

إدارة موارد المياه الجوفية في إطار الإدارة المتكاملة للموارد المائية

دليل تدريبي

ترجمة

هيدروجيولوجي. صلاح مفتاح عبد الله حمد

جامعة عمر المختار (البيضاء – دولة ليبيا)

تحرير

أ. جبريل عبد المطلوب صالح خليفة

جامعة بنغازي (بنغازي – دولة ليبيا)

مراجعة

باكستان

- الدكتور باسم محمد علي علوي السقاف، جامعة الهندسة والتكنولوجيا- تكسلا

تونس

- السيد الحبيب بن بو بكر، جامعة منوبة
- الدكتور وليد بن خليفة، الإدارة العامة لإدارة الموارد المائية
- الدكتور عصام التهامي، المعهد الوطني للبحوث في الهندسة الريفية والمياه والغابات
- الدكتور محمد الكافي، مركز بحوث وتكنولوجيات المياه بالقطب التكنولوجي ببرج السدرية
- الدكتورة ألفة المحجوب، المعهد الوطني للبحوث في الهندسة الريفية والمياه والغابات

الجمهورية العربية السورية

- الدكتور وائل معلا، جامعة دمشق والجامعة الدولية الخاصة للعلوم والتكنولوجيا

السودان

- السيد طارق الجمري عطا المنان إبراهيم، المركز القومي للبحوث

العراق

- السيد رمضان حمزة محمد، جامعة دهوك

فلسطين

- الدكتورة إيمان أحمد فضل حسين، شركة الكيويين للتقنيات المتقدمة
- السيدة باسمة موسى بشير، مستشارة وخبيرة تنمية المجتمع لشؤون المياه والبيئة
- السيد محمد سعيد الحميدي، مجلس تنظيم قطاع المياه

لبنان

- المهندسة زينا مجدلاني، رئاسة مجلس الوزراء
- السيد جورج غاريوس، مركز اليونسكو في قانون وسياسة وعلوم المياه

ليبيا

- الدكتورة حليمة بيت المال، كلية الآداب- جامعة عمر المختار (مدقق لغوي)
- السيد علي سالم الدنجال، المركز الوطني للأرصاد الجوية

مصر

- الدكتور علي نبيه البحراوي، جامعة عين شمس

اليمن

- الدكتور عبد المؤمن شجاع الدين، جامعة صنعاء

تُرجم هذا الدليل برعاية

مركز الإدارة العامة والتطوير المؤسسي بجامعة بنغازي– دولة ليبيا بالتعاون مع الشبكة العربية للإدارة المتكاملة للموارد المائية (AWARNET).

النسخة الإلكترونية

حقوق الطبع والتوزيع 2020

مع الأخذ بالاعتبار الإشارة إلى الناشر الأصلي والمترجم، ويُسمح بنشر النسخة الإلكترونية من هذا الكتاب ونسخها وطباعتها وتوزيعها واستعمالها في التدريس والتدريب، ولا يُسمح بتوزيعه للأغراض التجارية.

الدليل متاح إلكترونيًّا على:

شبكة كاب نت www.cap-net.org

مركز الإدارة العامة والتطوير المؤسسي https://cpaid.uob.edu.ly/

الشبكة العربية للإدارة المتكاملة للموارد المائية https://awarenet.info/

التصميم والرسومات: صلاح حمد

صورة الغلاف: عين مياه جوفية، عين الحفرة– شحات– ليبيا، تصوير أ. حسن امداوي

((ينبغي ألّا تكون معرفة المياه سلعة نادرة، بل ينبغي أن تكون متاحة بأقل تكلفة ممكنة))

كاب نت(Cap-Net)

كاب نت (Cap-Net) برنامج الأمم المتحدة الإنمائي هي شبكة دولية لتنمية القدرات في الإدارة المستدامة للمياه، وتتألف من شراكة بين المؤسسات والشبكات المستقلة الدولية والإقليمية والوطنية الملتزمة بتنمية القدرات في قطاع المياه.

بدأ الشروع في برنامج "**كاب نت**" في ندوة برنامج الأمم المتحدة الإنمائي **(UNDP)** بشأن تنمية قدرات المياه في عام **1996**، وكان البدء في عام **2002** ضمن برنامج الأمم المتحدة الإنمائي ومعهد اليونسكو للتعليم من أجل المياه **(UNESCO-IHE)** بتمويل من الحكومة الهولندية، ومنذ ذلك الوقت تطورت **كاب نت** لتصبح مركزًا عالميًّا لتطوير القدرات والتواصل في الإدارة المستدامة للمياه، مع التمويل الإضافي من الحكومتين السويدية والنرويجية والاتحاد الأوروبي.

شبكة **كاب نت** هي أيضًا جزء من برنامج إدارة المياه والمحيطات لبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي **(Water and Ocean Governance Programme of UNDP)** وضمن مجموعة التنمية المستدامة التابعة لمكتب السياسات ودعم البرامج، ويتم تنفيذ البرنامج من خلال مكتب الأمم المتحدة لخدمات المشاريع (UNOPS) مجموعة المياه والطاقة.

International Capacity Development Network for Sustainable Water Management
333 Grosvenor Street
Hatfield Gardens, Block A
0083 Pretoria
South Africa.
http://www.cap-net.org

مركز الإدارة العامة والتطوير المؤسسي جامعة بنغازي (CPAID)

مركز الإدارة العامة والتطوير المؤسسي يمثِّل بيت خبرة بحثية واستشارية، منبثقًا عن جامعة بنغازي؛ من أجل دعم المؤسسات الليبية المختلفة (الحكومية وغير الحكومية) ذات العلاقة بالمجال في عملية اتخاذ القرارات الرشيدة والاستفادة مما يوفره من أعمالٍ وأنشطة ودراسات ومنشوراتٍ في الإصلاح الإداري العام، والتطوير المؤسسي، وتقييم الأثر التنظيمي في القطاعات المختلفة والقضايا ذات العلاقة بالإدارة العامة الحكومية في الدولة والمجتمع.

كما يسعى المركز إلى تقديم تشخيص بحثي دقيق حول الاحتياجات البحثية الليبية في مجالات الإدارة العامة والسياسات القطاعية، والقضايا المتنوعة ذات الصلة التي تتطلب اتخاذ القرار من قيادات الإدارة العامة في الدول، كما يسعى إلى تقديم حلولٍ مناسبة حول المشكلات العامة في الإدارة العامة الحكومية في المستويات التخطيطية، والتشريعية، والتنفيذية، والرقابية، وتحقيق طموحات الدولة في إدارة التغيير في السياسات والقضايا العامة بوسائل علمية ومهنية متعددة ومتكاملة وعصرية، قائمة على التحليل المؤسسي الجديد New Institutional Analysis في الإدارة العامة. ويسعى المركز أيضًا– وللمرة الأولى– إلى ربط دراسات الإدارة العامة بتخصصات الجامعة الأخرى مثل: القانون، والاقتصاد، والإحصاء، والهندسة العمرانية والصناعية، وإدارة الأعمال، والزراعة، والموارد الطبيعية، والبيئة، والصحة العامة، والدواء والصيدلة والتخصصات الجامعية الأخرى، من خلال تقديم استشارات تخصُّ اتخاذ القرار الحكومي في القطاعات العلمية والمهنية كافةً بجامعة بنغازي والمجتمـــع.

جامعة بنغازي

بنغازي – دولة ليبيا

https://cpaid.uob.edu.ly/

الشبكة العربية للإدارة المتكاملة للموارد المائية (AWARNET)

إن الشبكة العربية للإدارة المتكاملة للموارد المائية (AWARENET)، شبكة إقليمية، ومستقلّة ومحايدة، تضم معاهد تدريب وبحوث، ومنظمات غير حكومية، ومؤسسات حكومية، وخبراء في مجال المياه، يعملون على تنمية برامج تنمية القدرات وتنفيذها بشأن السياسات والممارسات المتكاملة لإدارة الموارد المائية (IWRM) في المنطقة العربية، وتتبع الشبكة العربية للإدارة المتكاملة للموارد المائية برنامج الأمم المتحدة الإنمائي لتنمية القدرات في مجال الإدارة المستدامة للمياه لبرنامج كاب نت (Cap-Net) وبدعم من اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا التابعة للأمم المتحدة (الأسكوا) التي تستضيف أمانتها.

تستهدف الشبكة بشكل رئيس تحسين خدمات المياه والصرف الصحي، وحماية الموارد المائية النادرة والبيئة، وتعزيز الاستخدامات الاجتماعية والاقتصادية البنَّاءة للمياه، من خلال تقديم الدعم لتنفيذ مفاهيم الإدارة المتكاملة للموارد المائية في بلدان المنطقة العربية، وبهذا الهدف تقوم الشبكة– بالتعاون والتنسيق مع الشركاء– بإعداد المدرِّبين وتقديم دورات تدريبية حول المواضيع المتعلقة بالإدارة المستدامة للمياه على المستوى الإقليمي ودون الإقليمي، العربي وعلى المستوى الوطني، وتشمل هذه الدورات التدريب على الإدارة المتكاملة للموارد المائية (IWRM)، ومنهجيات تقييم البصمة المائية، ونزاهة المياه وحوكمتها، وقابلية تأثر وفرة المياه بتغير المناخ والتكيف مع آثاره.

تضم الشبكة حاليًّا أكثر من 450 عضوًا، بينهم نحو 100 عضو مؤسسي من المنطقة العربية وخارجها، وأُنشئت فرق عمل محددة ضمن الشبكة؛ لتنظيم مشاريع ومبادرات معينة، وتسهيل التفاعل المباشر بين الأعضاء ذوي المصالح في هذه المجالات (تغير المناخ، وتقييم البصمة المائية، وحوْكمة المياه والإدارة المتكاملة للموارد المائية).

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا التابعة للأمم المتحدة (الأسكوا)

بيت الأمم المتحدة

بيروت، لبنان

https://awarenet.info/

المقدمة

تعتمد الدول العربية بشكلٍ كبير في جميع الاستخدامات المائية على موارد المياه الجوفية المتجددة وغير المتجددة، وقد أدى استخدامها غير الرشيد إلى استنزافٍ سريع لاحتياطيات طبقات المياه الجوفية، وعلى الرغم من ذلك مازالت الدول العربية تعاني من قصور وتحديات في إدارة موارد المياه الجوفية لعدة أسباب، منها: المركزية في التخطيط والتمويل، ونقص في القدرات المؤسسية، وإهمال إشراك أصحاب المصلحة، وغياب تنفيذ التشريعات واللوائح التنظيمية، وغيرها من المواضيع، لذا فإن تبنِّي نهج إدارة للمياه الجوفية وفقًا لنهج الإدارة المتكاملة للموارد المائية يعد ضرورة في الوقت الراهن.

يناقش هذا الدليل التدريبي كيفية إدارة موارد المياه الجوفية وفقًا لأساليب ومفاهيم الإدارة المتكاملة للموارد المائية، حيث يقدِّم في البداية لمحة ملخَّصة عن الإدارة المتكاملة للموارد المائية، وتوصيف للمياه الجوفية، وعلاقتها بالمياه السطحية، ومن ثَمَّ يستعرض كيفية ممارسة إدارة موارد المياه الجوفية، والتشريعات واللوائح التنظيمية، والحقوق وتراخيص موارد المياه الجوفية، فضلًا عن الأدوات الاقتصادية والمالية، كما يناقش جودة المياه الجوفية وكيفية مراقبتها وإدارتها، ويتطرق إلى موضوع التغير المناخي وأثره على المياه الجوفية، ويُختتم الدليل التدريبي بإدارة معلومات المياه الجوفية وبياناتها ووسائل الاتصال اللازمة؛ لتمكين الإدارة المتكاملة للمياه الجوفية وتفعيلها.

أرجو أن يحقِّق هذا الدليل التدريبي الهدف المرجوَّ منه، بتقديم المبادئ المهمة التي سيستعين بها الزملاء المختصون في مجال الموارد المائية، وخصوصًا موارد المياه الجوفية، مع رغبة المترجم الصادقة وطلبه المُلِحّ لكل من لديه ملاحظة أو تصحيح أن يتقدم به مشكورًا؛ نظرًا إلى ما ستسهم به هذه الملاحظات أو التصحيحات في عملية تحسين هذا الدليل التدريبي.

ختامًا أتقدم بالشكر والتقدير لشبكة كاب نت (Cap-Net) لموافقتهم على ترجمة هذا الدليل التدريبي، وبخاصةً المهندسة ياسمين فيناني، ورئيس مركز الإدارة والتطوير المؤسسي بجامعة بنغازي الدكتور أنس بعيرة، والأنسة ديما خربوطلي منسقة الشبكة العربية للإدارة المتكاملة للموارد المائية على مجهوداتها الكبيرة اثناء مراجعة هذا الدليل، ولكل من قدَّم يد العون وساهم في المراجعة والتنقيح أثناء العمل على الترجمة والتحرير.

صلاح مفتاح عبد الله حمد

مقدمة الناشر

في العديد من البلدان تعد المياه الجوفية ذات أهمية حيوية؛ لكسب العيش وصحة الناس؛ لأنها غالبًا ما تكون المصدر الرئيس للمياه المنزلية، كما أنها تستخدم على نطاق واسع في الزراعة المروية والصناعة، خصوصًا في المناطق الجافة، حيث المياه السطحية نادرة أو موسمية، وفي المناطق الريفية ذات الانتشار السكاني المبعثر، ومن المتوقع أن يؤدي تغيُّر المناخ إلى اعتماد أكبر على المياه الجوفية كوسيلة للحماية من الجفاف، واليقين في عدم توافر المياه السطحية.

من المعلوم أن موارد المياه– بما في ذلك المياه الجوفية– تواجه ضغوطات؛ نتيجة تزايُد الطلب وانخفاض العائدات، وكثيرًا ما تُطوَّر أنظمة إمدادات المياه بطريقة غير مستدامة، وهذا الأمر يهدِّد التنمية الاجتماعية والاقتصادية الحيوية، ونتيجة لذلك قامت العديد من الحكومات بإصلاح إدارة الموارد المائية لتبنِّي النهج المعروف باسم الإدارة المتكاملة للموارد المائية.

إن الملاحظة الأساسية للإدارة المتكاملة للموارد المائية تتلخَّص في أن المياه مورد واحد (متشابك) يتطلب اتِّباع نهج شامل للإدارة، لذا ينبغي دمج مفهوم إدارة المياه الجوفية مع باقي الاستخدامات المائية ذات الصلة؛ فالإدارة المتكاملة للمياه تتطلب تعاون جميع الأطراف وترابطها.

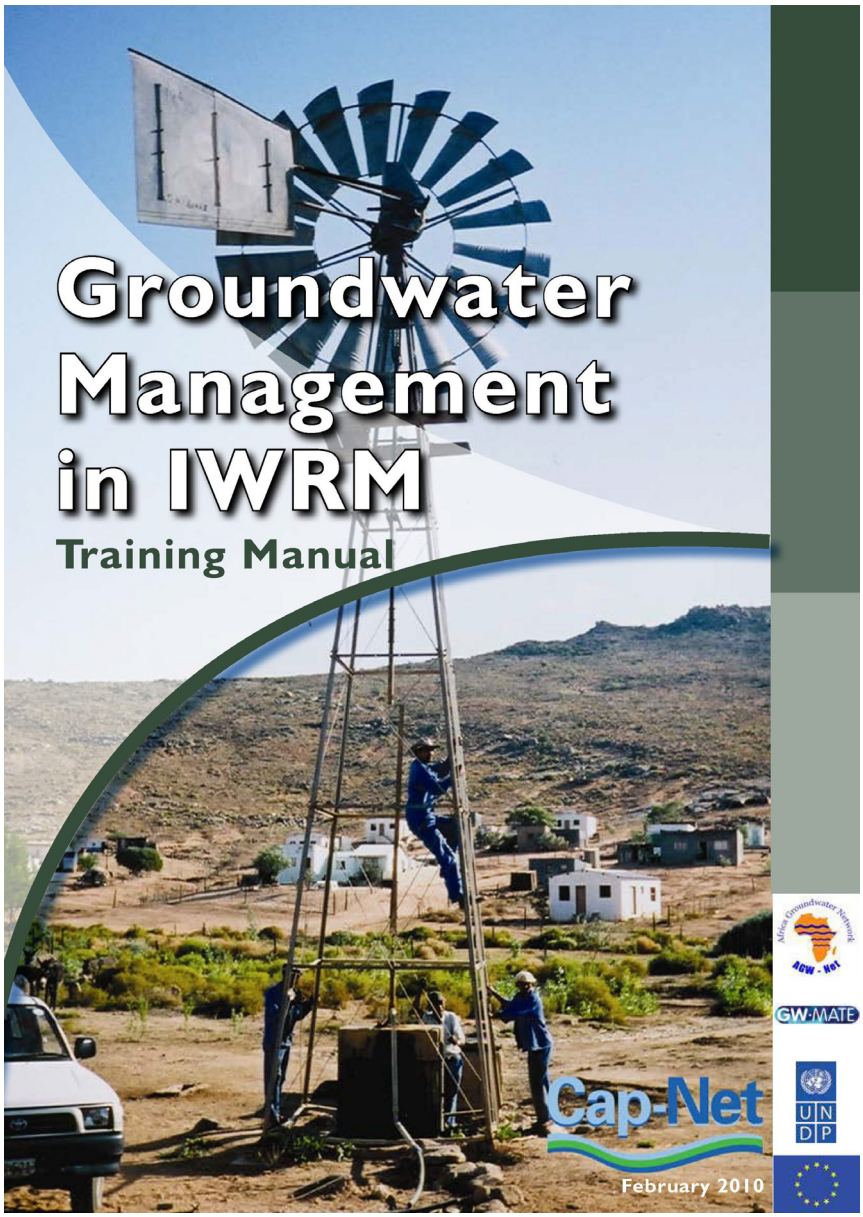
بعد دراسة سلسلة من الحالات الدراسية في أفريقيا، وإقامة بعض الدورات التدريبية الرائدة، تعاونت شبكة كاب نت (Cap-Net) وشبكة المياه الجوفية في أفريقيا (AGW-Net) والفريق الاستشاري لإدارة المياه الجوفية (GW-MATE) بالبنك الدولي لإعداد هذه المادة التدريبية على إدارة المياه الجوفية، و من الأهداف المهمَّة لهذه المواد: معالجة المياه الجوفية في منظور الإدارة المتكاملة للموارد المائية، ويستهدف هذا المساق تقديم إطار أوسع لإدارة المياه الجوفية لخبراء المياه الجوفية، والكشف عن التحديات الخاصة بإدارة المياه الجوفية ولغيرهم من العاملين في مجال المياه.

المياه الجوفية معقَّدة من الناحية الفنية، ولكن يجب على الخبير التقني ومدير المياه التوصل إلى فهم مشترك، ونأمل أن تساعد هذه المادة التدريبية في تحقيق هذا الهدف.

بول تايلور، ريتشارد أوين، ألبرت تونهوف
Cap-Net, AGW-net, GW-MATE

شكر وتقدير

كتب هذا الدليل باللغة الإنجليزية الدكتور ريتشارد أوين، والدكتورة منى ميرغني، والدكتور مصطفى ديني، والدكتور ألبرت توينهوف، والدكتور بول تايلور، وبالنسبة إلى معظم الوحدات استمدَّ هذا الدليل معلوماتٍ من السلسلة الممتازة من مذكرات الإحاطة التي كتبها أعضاء **GW-MATE** وهو برنامج البنك الدولي.



ملاحظة

إن الآراء المعبَّر عنها في هذه الوثيقة لا يمكن بأي حال اعتبارها ممثِّلةً للرأي الرسمي للاتحاد الأوروبي أو البنك الدولي أو برنامج الأمم المتحدة الإنمائي.

الفهرس

البند	الموضوع	رقم الصفحة
	مقدمة	1
	مقدمة الناشر	2
	الفهرس	3
1	الفصل الأول. إطار الإدارة المتكاملة للموارد المائية وإدارة المياه الجوفية	
1.1	ما أهمية إدارة المياه الجوفية؟	9
1.1.1	أهمية المياه الجوفية	9
2.1.1	الاستخدام المستدام للمياه الجوفية	9
2.1	ما هي الإدارة المتكاملة للموارد المائية (IWRM)؟	10
1.2.1	الإطار العام	11
2.2.1	مناطق التغيير للإدارة المتكاملة للموارد المائية	12
3.2.1	البيئة التمكينية	13
4.2.1	الدور المؤسساتي	15
5.2.1	أدوات الإدارة	16
3.1	موارد المياه الجوفية	17
4.1	إدارة المياه الجوفية	17
5.1	لماذا نهج الإدارة المتكاملة للموارد المائية لإدارة المياه الجوفية؟	19
	تمرين	21
2	الفصل الثاني. توصيف طبقات المياه الجوفية لإدارة المياه الجوفية	
1.2	مقدمة	22
2.2	تواجد المياه الجوفية	22
1.2.2	ما هي الوظائف الرئيسية لطبقات المياه الجوفية؟	22
2.2.2	التكوينات الهيدروجيولوجية الشائعة	23
3.2.2	ما هي الاختلافات الرئيسة بين طبقات المياه الجوفية الرئيسة والثانوية؟	25
3.2	جريان المياه الجوفية	27
1.3.2	كيف تجري المياه الجوفية؟	27
2.3.2	لماذا مسألة تقدير تغذية المياه الجوفية؟	28
3.3.2	ما الحاجة لمعرفة تصريف المياه الجوفية؟	30
4.3.2	ما الحاجة للميزان المائي؟	31
4.2	مشاكل جودة المياه الجوفية الحادثة بشكل طبيعي	32
1.4.2	مخاطر جودة المياه الطبيعية	32
2.4.2	منشأ مخاطر الجودة الطبيعية وظهورها	33
3.4.2	إستراتيجية الحد من التأثيرات السلبية	35

5.2	المعلومات اللازمة لإدارة المياه الجوفية	36
1.5.2	أين توجد موارد المياه الجوفية؟	37
2.5.2	ما هي قابلية تأثر منسوب المياه الجوفية؟	37
3.5.2	ما هو العائد المستدام للطبقة المائية؟	37
4.5.2	أين تقع مناطق التغذية؟	38
5.5.2	أين يحدث التفاعل بين المياه الجوفية والمياه السطحية؟	39
6.5.2	التغيرات القصيرة والطويلة الأجل في المياه الجوفية؟	39
7.5.2	هل هناك مخاوف مرتبطة بالجودة الطبيعية؟	40
6.2	ملخص: ما يجب معرفته من اجل إدارة جيدة للمياه الجوفية	40
	تمرين	42
3	**الفصل الثالث. ممارسة الإدارة المتكاملة للمياه الجوفية**	
1.3	إطار نُظُم جريان المياه الجوفية	43
2.3	نهج لإدارة المياه الجوفية وممارسات الإدارة والحَوْكمة	44
3.3	وظائف إدارة المياه الجوفية	46
4.3	دمج إدارة المياه الجوفية في إستراتيجيات الإدارة المتكاملة للموارد المائية	48
1.4.3	خيارات السياسة الرئيسية	48
2.4.3	المياه الجوفية في التخطيط الوطني للإدارة المتكاملة للموارد المائية	50
3.4.3	التخطيط المتكامل للحوض	52
5.3	نهج لطبقات المياه الجوفية العابرة للحدود	54
6.3	المياه الجوفية والبيئة	56
1.6.3	أنواع النظم البيئية التابعة للمياه الجوفية	56
2.6.3	المياه الجوفية والإدارة البيئية	57
7.3	الخلاصة	59
	تمرين	60
4	**الفصل الرابع. تشريعات ولوائح تنظيم المياه الجوفية**	
1.4	لماذا سُنَّت تشريعات المياه الجوفية؟	61
2.4	المفاهيم القانونية الأساسية	62
3.4	تطور تشريعات المياه الجوفية	62
4.4	مكونات التشريع	64
5.4	الترتيبات المؤسسية	67
1.5.4	دور الدولة	67
2.5.4	تطبيق تشريعات المياه (الجوفية)	68
5	**الفصل الخامس. تخصيص المياه الجوفية والتراخيص**	
1.5	مقدمة	71
2.5	لماذا الاحتياج لنظام حقوق المياه الجوفية؟	71

3.5	ما هو مضمون نظام حقوق المياه الجوفية؟	72
4.5	تخصيص المياه الجوفية	73
1.4.5	ما هي المعايير الرئيسية للتخصيص؟	73
5.5	كيف يمكن إدارة حقوق المياه الجوفية؟	74
6.5	ما هي التفاعلات الرئيسية في إدارة حقوق المياه الجوفية؟	77
7.5	تخصيص موارد المياه الجوفية غير المتجددة	79
	تمرين	80
6	**الفصل السادس. الأدوات الاقتصادية والمالية في إدارة المياه الجوفية**	
1.6	ما هي أهمية الاعتبارات الاقتصادية في إدارة المياه الجوفية وحمايتها؟	81
1.1.6	الروابط بين المياه السطحية والمياه الجوفية	81
2.6	شرح الأدوات الاقتصادية والمالية	82
1.2.6	الأدوات الاقتصادية	82
2.2.6	الأدوات المالية	83
3.2.6	قيمة المياه	84
3.6	المياه كسلعة اقتصادية واجتماعية	85
1. 3.6	متى تكون المياه سلعة اقتصادية؟	85
2. 3.6	لماذا يُعد الماء سلعة اجتماعية؟	86
4.6	تطبيق الأدوات الاقتصادية والمالية	86
1.4.6	استخدام أكثر عقلانية للمياه	86
5.6	الأدوات	86
6.6	ما الخطوات اللازمة لإدخال الأدوات الاقتصادية لإدارة المياه الجوفية؟	89
7.6	ما الأدوات الاقتصادية المتاحة للمساعدة في مكافحة تلوث المياه الجوفية؟	90
8.6	الأدوات الاقتصادية ووظائف إدارة المياه	90
9.6	نقاط مهمة	91
	تمرين	92
7	**الفصل السابع. مشاركة أصحاب المصلحة في إدارة المياه الجوفية**	
1.7	ما سبب إشراك أصحاب المصلحة؟	93
2.7	تحديد أصحاب المصلحة الرئيسيين	94
3.7	وظائف أصحاب المصلحة في إدارة المياه الجوفية	97
4.7	الآليات المؤسسية لمشاركة أصحاب المصلحة في إدارة المياه الجوفية	101
5.7	تهيئة أعمال أصحاب المصلحة	102
6.7	الملاحظات الختامية	104
	تمرين	105
8	**الفصل الثامن. إدارة جودة المياه الجوفية**	
1.8	مقدمة	106

1.1.8	لماذا إمدادات المياه الجوفية تستحق الحماية؟	106
2.8	تقييم المخاطر	107
1.2.8	كيف تصبح طبقات المياه الجوفية ملوثة؟	107
2.2.8	كيف يمكن تقييم مخاطر تلوث المياه الجوفية؟	110
3.2.8	كيف يتم قياس ومراقبة نوعية المياه الجوفية؟	112
3.8	أنظمة إدارة جودة المياه الجوفية وتلوثها	113
1.3.8	حماية المياه الجوفية من التلوث	113
2.3.8	دورة حياة الملوثات وتلوث المياه الجوفية	115
3.3.8	على ماذا تنطوي حماية المياه الجوفية من التلوث؟	115
4.8	من الذي يجب أن يعزز حماية تلوث المياه الجوفية؟	116
5.8	نوعية مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية وجودة المياه الجوفية	117
1.5.8	ما علاقة مياه الصرف الصحي الحضرية بالمياه الجوفية؟	117
2.5.8	ما هي أنواع التدابير المتاحة للحد من المخاطر وزيادة الفوائد؟	118
	تمرين	120
9	**الفصل التاسع. مراقبة المياه الجوفية**	
1.9	مقدمة	121
1.1.9	دورة مراقبة ورصد المياه الجوفية	121
2.1.9	فوائد مراقبة المياه الجوفية ورصدها	123
3.1.9	كيف تتم مراقبة المياه الجوفية ورصدها؟	124
2.9	كيف يمكننا التأكد من أن مراقبة المياه الجوفية فعالة من حيث التكلفة؟	125
1.2.9	التصميم الأساسي لشبكة المراقبة	127
3.9	كيف يكون تقاسم مسؤولية مراقبة المياه الجوفية	132
4.9	تصميم شبكة المراقبة	133
5.9	ملخص	136
	تمرين	137
10	**الفصل العاشر. المياه الجوفية والتغير المناخي**	
1.10	المفاهيم الأساسية	138
1.1.10	المياه الجوفية والدورة الهيدرولوجية	139
2.10	آثار تغير المناخ على المياه الجوفية	140
1.2.10	التغذية	140
2.2.10	التصريف	142
3.2.10	تخزين المياه الجوفية	143
4.2.10	جودة المياه	143
3.10	آثار العوامل غير المناخية	144
4.10	الآثار المترتبة على الأنظمة والقطاعات التي تعتمد على المياه الجوفية	145

1.4.10	المجتمعات الريفية والحضرية	145
2.4.10	الزراعة	146
3.4.10	النظم البيئية	146
4.4.10	عدم اليقين والثغرات المعرفية	147
5.10	التكيف مع تغير المناخ	148
1.5.10	ما هو التكيف؟	148
2.5.10	الإدارة التكيفية للمياه الجوفية	149
3.5.10	بناء القدرة التكيفية لإدارة المياه الجوفية	151
6.10	مثال على التكيف: إدارة تغذية وتخزين المياه الجوفية	153
1.6.10	إدارة تغذية طبقات المياه الجوفية	153
2.6.10	مثال سد الرمال في كينيا	155
3.6.10	النهج المتكامل: إدارة المخزن المؤقت للمياه – نهج R3	155
11	**الفصل الحادي عشر. إدارة المعلومات طرق التواصل والاتصال**	
1.11	مقدمة	157
2.11	عملية إدارة المعلومات	158
3.11	أدوات إدارة المعلومات	161
1.3.11	أنواع المعلومات وخصائصها	161
2.3.11	مبادئ توجيهية لتطوير نظم تكنولوجيا المعلومات والاتصالات	162
4.11	أدارة المعلومات والمراقبة والنمذجة ونظم دعم القرار	163
5.11	ما هو التواصل وما أهميته؟	164
6.11	ما هي المفاهيم الأساسية في "اتصالات المياه الجوفية؟"	165
7.11	طرق التواصل والمواد والمهارات	167
8.11	الدروس المستفادة	170
	تمرين	171
	المراجع	172

الفصل الأول. إطار الإدارة المتكاملة للموارد المائية وإدارة المياه الجوفية

Chapter One: IWRM and Groundwater Management Framework

أهداف التدريب

- فهم المبادئ والمواضيع الأساسية للإدارة المتكاملة للموارد المائية وعلاقتها بالمياه الجوفية.
- تقدير الخصائص المميزة للمياه الجوفية مقارنة بموارد المياه السطحية.
- إدراك التحديات التي تواجه إدارة المياه الجوفية، والحاجة إلى أساليب جديدة لمعالجة مشاكل إدارة الموارد.
- تأكيد المميزات الرئيسة لإدماج إدارة المياه الجوفية ضمن تخطيط موارد المياه الوطنية وأحواض الأنهار.

1.1 ما أهمية إدارة المياه الجوفية؟

1.1.1 أهمية المياه الجوفية

تعد المياه الجوفية ذات أهمية حيوية للعديد من الأمم؛ حيث يعتمد على إمداداتها نحو ملياري شخص على مستوى العالم، وعدد لا يُحصى من المزارعين، والعديد من المنشآت الصناعية، وقد أسفرت التنمية المتسارعة للمياه الجوفية– على مدى العقود القليلة الماضية– عن فوائد اجتماعية واقتصادية كبيرة من خلال توفير إمدادات مائية منخفضة التكلفة وآمنة من ناحية تعرضها للجفاف، ولأنها عالية الجودة لكل سكان المناطق الحضرية، وبالنسبة إلى الاستخدام الزراعي فمن المتوقع أن تكون قيمة استخدامها عالية، كما سيكون الاستخدام المستقبلي للمياه الجوفية ذا أهمية حيوية لتحقيق "**أهداف الأمم المتحدة الإنمائية للألفية**"[1].

2.1.1 الاستخدام المستدام للمياه الجوفية

يُعترَف بتطوير الموارد المائية المستدامة وإدارتها على مستوى العالم على أنها هدف أساسي لإستراتيجيات المياه الوطنية، وترتبط استدامة المياه الجوفية ارتباطًا وثيقًا بمجموعة من قضايا السياسات الصغيرة والكبيرة المؤثرة على المياه واستخدام الأراضي، ممثِّلةً أحد التحديات الرئيسة في إدارة الموارد الطبيعية؛ نظرًا إلى أن الاستثمار في إدارة المورد الأساسي "المياه الجوفية" وحمايته قد أُهمِل بشكلٍ كبير؛ لذا أصبحت هناك حاجة ماسة وعاجلة لخطوات متقدمة وعملية، على اعتبار عدم وجود خطة مبسَّطة معدَّة مسبقًا للعمل عليها؛ بسبب الاختلافات المتأصِّلة في أنظمة المياه الجوفية والأوضاع الاجتماعية والاقتصادية ذات العلاقة.

[1] - إن الأهداف الإنمائية للألفية التابعة للأمم المتحدة هي خطة طموحة للحدِّ من الفقر وتحسين مستوى المعيشة، وقد وافق عليها قادة العالم في مؤتمر قمة الألفية في سبتمبر 2000، وكانت قد اتفقت الدول الأعضاء على جعل سنة 2015 موعدًا أقصى لإنجاز هذه الأهداف، ويمكن العثور على مزيد من المعلومات من خلال موقع برنامج الأمم المتحدة الإنمائي على الإنترنت على العنوان: **http://www.undp.org/mdg/**

العديد من الدول النامية تحتاج إلى تقدير اعتمادها الاجتماعي والاقتصادي على المياه الجوفية، والاتجاه نحو الاستثمار في تعزيز الأحكام المؤسسية ودعمها، وبناء القدرات المؤسسية لتحسين إدارتها قبل فوات الأوان.

أدَّى الفصل المؤسسي التقليدي للمياه السطحية عن المياه الجوفية إلى خلق حواجز تمنع التواصل، وتمتد في وقتنا الحالي بين الخبرات الفنية ومطوِّري السياسات والمديرين التنفيذيين ومستخدمي المياه، وهذه الحواجز بدورها تعرقل فهم عمليات المياه السطحية والجوفية وعواقب تفاعلاتها.

2.1 ما هي الإدارة المتكاملة للموارد المائية (IWRM)؟

إن الإدارة المتكاملة للموارد المائية (Integrated Water Resources Management (IWRM)) هي نهج يعزِّز إدارة المياه والأراضي والموارد ذات الصلة وتنسيقها؛ من أجل تحقيق أقصى قدر ممكن من الرفاهية الاقتصادية والاجتماعية بطريقة عادلة، دون المساس باستدامة النظم البيئية، وهو ما يتضمن تطويرًا وإدارةً أكثر تنسيقًا لكلٍّ من:

- الأرض والماء.
- المياه السطحية والجوفية.
- حوض النهر والبيئة الساحلية والبحرية المجاورة له.
- مصالح المنبع أعلى النهر والمصب أسفل النهر للمساقط المائية والخزانات الجوفية.

كما أن الإدارة المتكاملة تعني أن جميع الاستخدامات المختلفة للموارد المائية وحدةٌ واحدة، بحيث إن حصص المياه ومخصصاتها وقرارات الإدارة تأخذ في اعتبارها تأثيرات كل استخدام على الاستخدامات الأخرى، وتراعي أيضًا الأهداف الاجتماعية والاقتصادية العامة؛ لغرض تحقيق التنمية المستدامة، وهذا ما يعني ضمان وضع سياسة متماسكة تتعلق بجميع القطاعات، ومنها توسيع المفهوم البسيط للإدارة المتكاملة للموارد المائية إلى مفهوم يشمل وضع قرار مشترك من المستخدمين على اختلافهم (المزارعين، والمجتمعات، وعلماء البيئة، ...الخ)؛ وهذا يؤثِّر إيجابيًّا على إستراتيجيات تنمية الموارد المائية وإدارتها، وهو بدوره سيجلب الكثير من المنافع بما أن المستخدمين المطَّلعين سيُطبِّقون التنظيم الذاتي المحلي فيما يتعلق بقضايا مثل الحفاظ على المياه، وحماية مساقط المياه بكفاءة أعلى بكثير مما يمكن أن يحققه النظام المركزي أو النظام الرقابي.

هنا يظهر استخدام مفهوم الإدارة بأوسع معانيه، والذي يشدِّد على عدم قصر التركيز على تنمية الموارد المائية فقط، بل يجب إدارة تنمية المياه بوعي وبطريقة تضمن الاستخدام المستدام على المدى الطويل للأجيال القادمة.

هل يمكنك إعطاء المزيد من الأمثلة، حيث يمكن أن يكون التكامل مفيداً؟

وعليه، فإن الإدارة المتكاملة للموارد المائية هي عملية منهجية للتنمية المستدامة، وتخصيص استخدام الموارد المائية ورصدها في سياق الأهداف الاجتماعية والاقتصادية والبيئية، وهو ما يتناقض مع النهج القطاعي الذي يُطبَّق في العديد من البلدان؛ حيث تقع مسؤولية توفير مياه الشرب على عاتق إدارة معينة، ومياه الري على إدارة أخرى، والبيئة على إدارة ثالثة، وكلها تمارس مهامها في ظلِّ غياب الروابط بين القطاعات المختلفة، وهذا يقود إلى إدارة غير منسَّقة لتنمية موارد المياه وإدارتها بشكلٍ يؤدِّي إلى نشوب صراعات وهدر للمياه الجوفية بصورة تؤدي إلى ظهور أنظمة غير مستدامة.

1.2.1 الإطار العام

الإدارة المتكاملة للموارد المائية تدور حول تعزيز أُطُر حَوْكمة المياه؛ لتشجيع اتخاذ القرار الجيد؛ استجابةً لحالات التغيير وأوضاعه، حيث لا يوجد مخطط مسبق وجاهز للإدارة المتكاملة للموارد المائية يناسب جميع الحالات، ولذلك أُنشئ إطارٌ عامٌّ مبنيٌّ على أساس مبادئ دبلن الموضحة بالإطار (1.1)، والمبادئ الثلاثة الأساسية الدافعة للاستدامة والكفاءة الاقتصادية والاستدامة البيئية والإنصاف الاجتماعي، ومن أجل تنفيذ نهج الإدارة المتكاملة للموارد المائية (IWRM) فإن مجالات العمل الرئيسة موضَّحة في الشكل (1.1) وتشمل النقاط الآتية:

- البيئة التمكينية، بما في ذلك السياسات والتشريعات والتنظيمات والتمويل وبنية الحوافز.
- الأدوار المؤسسية، والنظر في النماذج التي تسمح للحوض وحوض النهر، والمصالح المحلية المركزية العامة والخاصة.
- أدوات الإدارة، بما في ذلك تقييم الموارد، وإدارة المعلومات وتخصيص الموارد وأدوات الحماية.

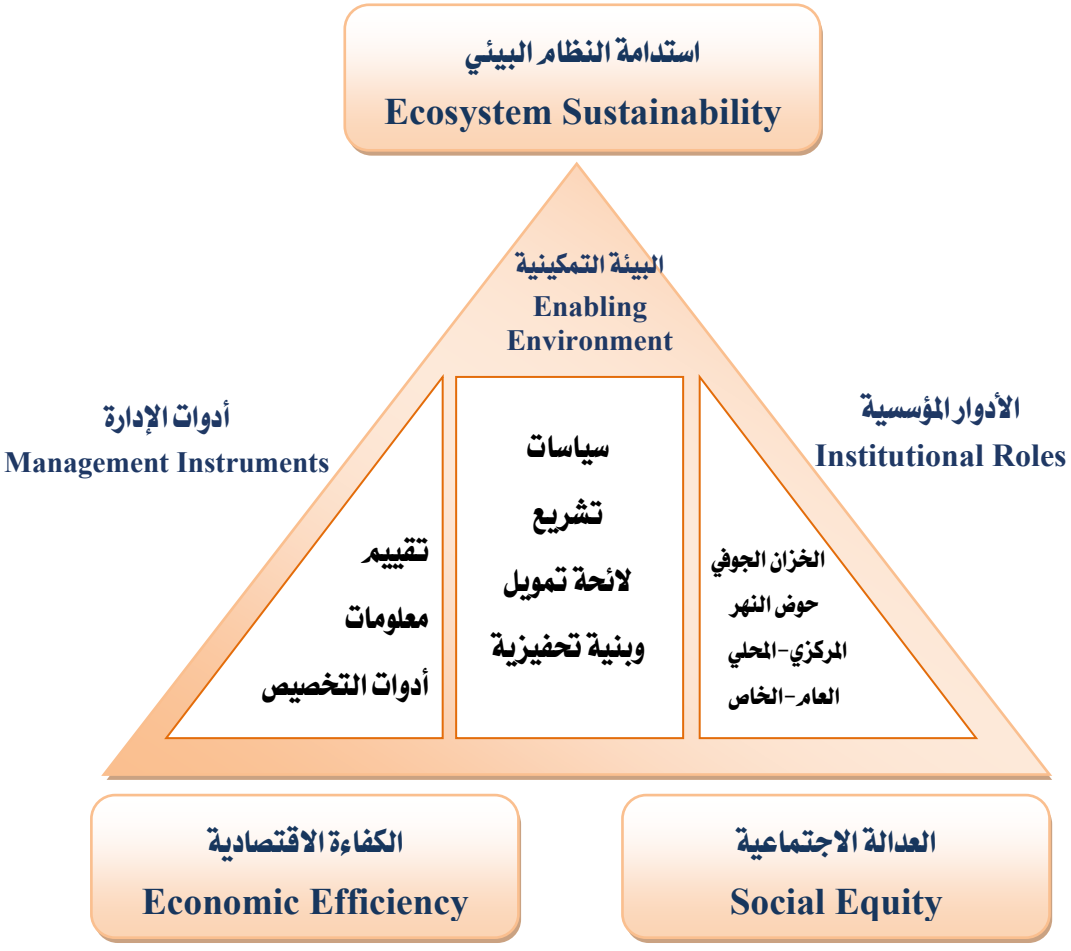
الإطار (1.1) مبادئ دبلن

المبدأ الأول: المياه العذبة مورد محدود قابل للنفاد، وهي أساس المحافظة على الحياة والتنمية والبيئة.

المبدأ الثاني: ينبغي أن تستند تنمية المياه وإدارتها إلى نهجٍ تشاركيٍّ يشمل المستخدمين والمخططين وصانعي السياسات على جميع المستويات.

المبدأ الثالث: تؤدِّي المرأة دورًا أساسيًّا في توفير المياه وإدارتها والمحافظة عليها.

المبدأ الرابع: تتمتع المياه بقيمة اقتصادية في جميع استخداماتها، ويجب الاعتراف بها على أنها سلعة اقتصادية، فضلًا عن كونها سلعة اجتماعية.



الشكل (1.1) مثلث تنفيذ الإدارة المتكاملة للموارد المائية (IWRM)

وعليه، فإن مجالات العمل الثلاثة السابقة تُعدُّ ضرورية لتنفيذ الإدارة المتكاملة للموارد المائية، حيث تعمل على دفع الإصلاح على المستوى الوطني في جميع مراحل نظم تخطيط المياه وإدارتها، والذي يبدأ عادة بسياسة مائية جديدة تعكس مبادئ الإدارة المستدامة للموارد المائية، ومن أجل وضع السياسة موضع التنفيذ يجب إصلاح قانون المياه ومؤسسات المياه، وهي عملية قد تكون طويلة وتحتاج إلى إجراء مشاورات مكثَّفة مع المؤسسات المتأثرة والعامة (الجمهور)، لذا من الأفضل أن يكون تنفيذ الإدارة المتكاملة للموارد المائية بشكل تدريجي، مع إجراء بعض التغييرات الفورية التي يمكن أن تتطلب عدة سنواتٍ من التخطيط وبناء القدرات.

2.2.1 مناطق التغيير للإدارة المتكاملة للموارد المائية

إن تَبنّي نهجٍ أكثر استدامةً وتكاملًا لإدارة المياه والتنمية يتطلب التغيير في العديد من المجالات، وعلى مستويات عدة، على الرغم من أن هذا قد يكون عملًا صعبًا، لكنْ، من المهم معرفة أن التغيير التدريجي سيؤدي إلى نتائج أكثر استدامةً من محاولة إصلاح النظام بأكمله، وقد يكون من المفيد الأخذ في الاعتبار عند بدء عملية التغيير الأسئلة الآتية:

- ما هي التغييرات التي يجب أن تحدث لتحقيق الأهداف المتفق عليها؟
- أين يمكن أن يكون التغيير في ظل الوضع الاجتماعي والسياسي والاقتصادي الحالي؟
- ما هو التسلسل المنطقي للتغيير؟ وما هي التغييرات التي يجب إجراؤها أولًا لإجراء التغييرات الأخرى؟

عند النظر إلى كيفية إدارة المياه في المستقبل والخيارات المختلفة المتاحة للمخططين للتغييرات يجب النظر في ثلاثة جوانب وهي الركائز الثلاث: البيئة التمكينية، والإطار المؤسسي، وأدوات الإدارة كما بالشكل (8)، كما حددت مناطق التغيير في صندوق أدوات منظمة الشراكة العالمية للمياه GWP Tool Box كما هي ملخصة في الإطار (2.1).

3.2.1 البيئة التمكينية

تشمل السياسات والتشريعات ونُظُم التمويل.

أيّ هذه الأهداف سيكون الأكثر صعوبة في الحصول على اتفاق حول موارد المياه في بلدكم؟

تأخذ العمليات التشريعية وقتًا طويلًا قد يستغرق عدة سنوات، وعليه تكون التغييرات بطيئة، وفي الغالب يكون التشريع بطيئًا فيما يتعلق بالاستجابة للتغييرات الديناميكية الخاصة بالموارد المائية والمجتمع.

إن القوانين واللوائح المرتبطة بالتشريعات تؤثر على موارد المياه، وتوجد في العديد من القطاعات المختلفة، فضلًا عن القوانين العُرْفية التي عادةً ما تزيد من تعقيد الوضع، أما القوانين واللوائح البيئية، وأنظمة تصريف مياه المجاري، وقوانين إمدادات المياه وأنظمتها، وأنظمة الأشغال الهيدروليكية فغالبًا ما تكون غير منسَّقة، أعدَّتها مؤسسات مختلفة في مراحل زمنية مختلفة.

يعد الهدف العام لعملية الإصلاح القانوني هو ضمان إمكانية متابعة أهداف السياسة الرئيسة بدعم قانوني، مع وجود تناسق وانسجام في القوانين والأنظمة في جميع القطاعات التي تؤثر على موارد المياه وتشمل الأهداف الرئيسة للبيئة التمكينية ما يأتي:

- تحديد الحاكم "**المالك**" لجميع الموارد المائية، على أن تكون هناك وزارة معينة أو هيئة إدارية للموارد المائية تُعَدُّ هي المؤسسة التنظيمية لموارد المياه.
- الاعتراف بالمعاهدات والاتفاقيات الدولية بما في ذلك البروتوكولات العابرة للحدود، مثل اتفاقية الأراضي الرطبة، وبروتوكولات مجاري المياه المشتركة.
- وضع آليات فعّالة لتخصيص المياه، بما في ذلك دعم اتخاذ القرار لتحديد الأولويات، على سبيل المثال جَعْل الاستخدام المحلِّي والجريانات البيئية أولويةً أولى.
- وضع آلياتٍ لإدارة التلوث بما يتوافق مع القوانين واللوائح البيئية، على سبيل المثال تصنيف المسطحات المائية ومعايير الجريان من المياه العادمة ومعايير المراقبة.
- توفير الأساس القانوني للإصلاح المؤسسي، على سبيل المثال: إدارة مسقط مائي أو حوض نهري، وتشكيل لجان للموارد المائية، على أن تكون الحكومة داعمة للجهود وليست الطرف الأساسي لعملية التنفيذ.

الإطار (1.2) مناطق التغيير الرئيسة الثلاثة عشر للإدارة المتكاملة للموارد المائية

البيئة التمكينية

1. السياسات: تحديد أهداف استخدام المياه وحمايتها وحفظها.
2. الإطار التشريعي: قواعد التنفيذ لتحقيق السياسات والأهداف.
3. هياكل التمويل والحوافز: تخصيص الموارد المالية لتلبية الاحتياجات المائية.

أدوار المؤسسات

1. إنشاء إطار مؤسسي - أشكال ووظائف.
2. بناء القدرات المؤسسية - تنمية الموارد البشرية.

أدوات إدارة

1. تقييم موارد المياه - فهم الموارد والاحتياجات.
2. خطط للإدارة المتكاملة للموارد المائية بالجمع بين خيارات التنمية واستخدام الموارد والتفاعل البشري.
3. إدارة الطلب - استخدام المياه بشكلٍ أكثر كفاءة.
4. أدوات التغيير الاجتماعي - تشجيع المجتمع المدني المهتم بالمياه.
5. حل النزاعات - إدارة النزاعات، وضمان تقاسم المياه.
6. الأدوات التنظيمية - حدود التخصيص واستخدام المياه.
7. الأدوات الاقتصادية - استخدام القيمة والأسعار للفعالية والإنصاف.
8. إدارة المعلومات والتبادل - تحسين المعرفة لتحسين إدارة المياه.

4.2.1 الدور المؤسساتي

كيف يمكن إدخال المستخدمين الرئيسين للمياه مثل الري والطاقة المائية في الإطار المؤسسي لاتخاذ قرارات إدارة المياه؟

إن المؤسسات الحكومية والهيئات والسلطات المحلية والقطاع الخاص ومنظمات المجتمع المدني والشراكات، جميعها تشكِّل الإطار المؤسسي الذي ينبغي من الناحية المثالية أن يُوَجَّه نحو تنفيذ السياسات والأحكام القانونية، سواء كان بناء المؤسسات القائمة لإدارة المياه أو إنشاء مؤسسات جديدة، وسيكون هناك تحدٍّ لجعلها فاعلة لاحتياجها إلى برامج بناء القدرات، كما يجب أن يؤدي خلق الوعي والمشاركة والمشاورات إلى تحسين المهارات وفهم الدور المَنُوط بصانعي القرار ومديري المياه والمهنيين في جميع القطاعات، ويمكن وصف الأهداف الرئيسة للإطار المؤسسي على النحو الآتي:

- فصل وظائف إدارة الموارد المائية عن وظائف تقديم الخدمات (الري وتوليد الطاقة الكهرومائية وإمدادات المياه والصرف الصحي)، وتعزيز الحكومة، واعتبارها مالكًا للموارد المائية، وهذا يساعد على توفير الخدمات، وليس تقديم الخدمات، وهذا سيؤدي إلى تجنب التضارب في المصالح وتشجيع الاستقلالية التجارية.
- إدارة موارد المياه السطحية داخل حدود المساقط المائية، وليس ضمن حدودها الإدارية، وإضفاء اللامركزية على الوظائف التنظيمية والخدمية إلى أدنى مستوى مناسب، وتعزيز مشاركة أصحاب المصلحة ومشاركة العامة (الجمهور) في قرارات التخطيط والإدارة.
- ضمان التوازن بين امتداد وتعقيد الوظائف التنظيمية والمهارات والموارد البشرية اللازمة للتعامل معها، وعليه تكون استمرارية البرامج المعدَّة لبناء القدرات للتطوير والحفاظ على المهارات المناسبة مطلوبة.
- تسهيل المساهمات المحتملة للقطاع الخاص وتنظيمها وتشجيعها لتمويل الخدمات وتقديمها (الري وتوليد الطاقة المائية وإمدادات المياه والصرف الصحي).

5.2.1 أدوات الإدارة

لدينا بالفعل العديد من أدوات الإدارة التي لا تعمل – فلماذا تكون مختلفةً هذه المرة؟

تُحـدِّد السياسـات والتشـريعات "**خطـة اللعبـة**"، وتُحـدِّد الأدوار المؤسسية من هم "**اللاعبون**"، وما يجب عليهم فعله، في حين أن أدوات الإدارة هي "**كفاءات ومهارات اللاعبين**" اللازمة للانخراط في اللعبة.

وتقرِّر قضايا الموارد المائية في البلد المَعْنِيّ أيَّ الأدوات الإدارية هي الأكثر أهمية وينبغي تركيز الجهود عليها، كما أن قضايا مثل مخاطر الفيضانات وندرة المياه والتلوث، واستنزاف المياه الجوفية، والصراعات في المراحل الأولى أو النهائية، والتعرية والترسيب، كلها تتطلب تركيبة خاصة من أدوات الإدارة التي ينبغي معالجتها بفعالية، وفيما يأتي الأهداف الرئيسة لأدوات الإدارة من خلال إنشاء:

- خدمة هيدرولوجية وهيدروجيولوجية مصمَّمة لحالة الموارد المائية والقضايا الرئيسة المتعلقة بالموارد المائية.
- قاعدة معارف لموارد المياه تستند إلى عمليات مراقبة الموارد المائية وتقييمها، وإذا لزم الأمر يُستعان بالنمذجة الرياضية، مع إتاحة أمثلة مناسبة للعرض كجزء من التوعية العامة.
- آلية لتخصيص المياه، واستهلاك المياه السطحية والمياه الجوفية، ونظم تصريف مياه الصرف الصحي، وقواعد البيانات المرتبطة بها.

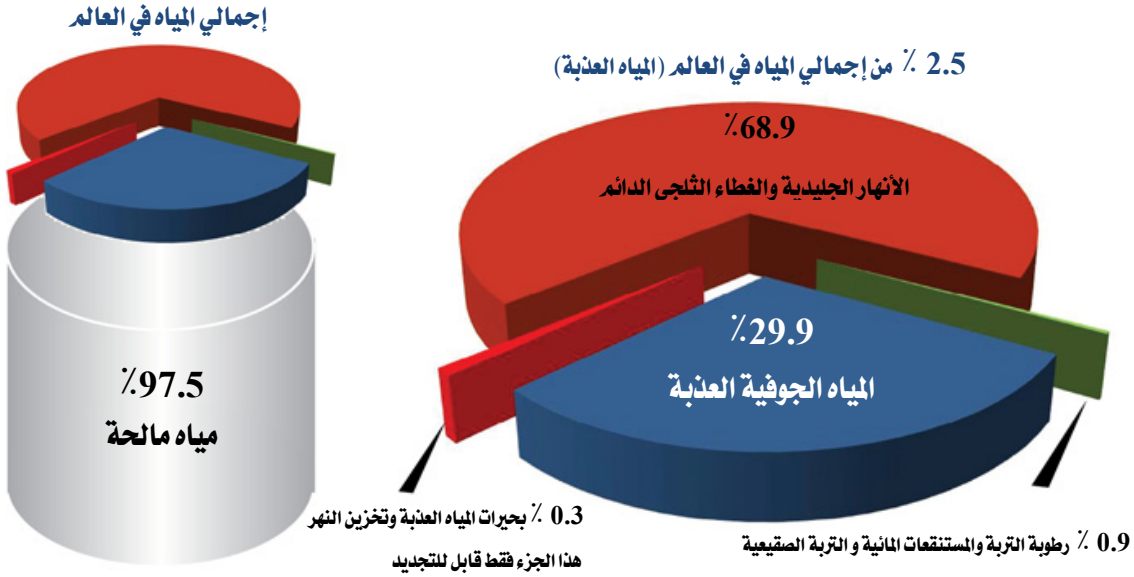
- عمل سياسات وتخطيط لتطوير القدرات والمهارات في تقييم المخاطر والتقييمات البيئية والاجتماعية والاقتصادية.
- الكفاءات اللازمة في إدارة الطلب واستخدام الأسعار والقيمة لكفاءة الاستخدام والمساواة في الوصول إلى المياه.
- تنمية الموارد البشرية وبناء القدرات المخصصة لموارد المياه والقضايا المؤسسية.

3.1 موارد المياه الجوفية

تمثِّل المياه الجوفية عنصرًا مهمًّا من إجمالي المياه العذبة في العالم كما بالشكل (1.2) حيث تمثل 29.9 ٪ من موارد المياه العذبة بالكرة الأرضية، وتتفاعل المياه الجوفية – عادةً – ببطء أكثر من المياه السطحية، وعادة ما تستغرق عملياتها وقتًا أطول، وعليه فإن التغذية والمعالجة تستغرقان وقتًا أطول بكثير، وتتلخص الاختلافات المتعلقة بإدارة الموارد الجوفية مقارنة مع المياه السطحية في الجدول (1.1).

4.1 إدارة المياه الجوفية

ضمن منهج الإدارة المتكاملة للموارد المائية ترتبط المياه الجوفية بالمياه السطحية ارتباطًا وثيقًا، ومنها يجب أن تُدار جميعُها على أنها موردٌ واحد، حيث تستهدف إدارة موارد المياه الجوفية– في المقام الأول– التنمية المستدامة للموارد المائية للمستخدمين.

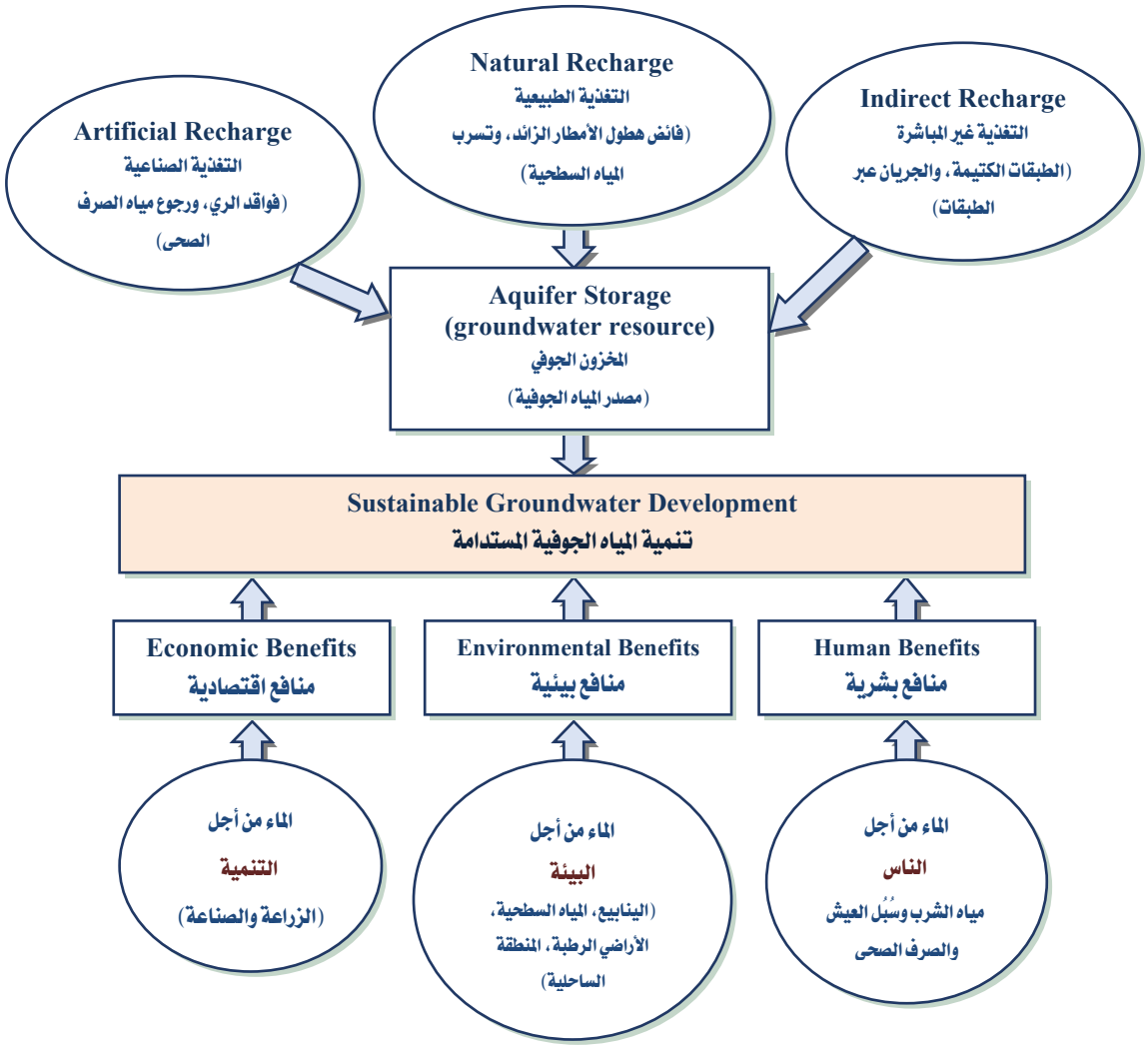


الشكل (1.2) مكونات الإجمالي العالمي للمياه

وإحدى القضايا الرئيسة للمياه الجوفية المستدامة هي تحقيق التوازن بين الموارد المتاحة والطلبات المتزايدة لاستخدام المياه، ولهذه الغاية فإن لإدارة الموارد أهداف مهمة جدًّا، تتمثَّل في:

أ. الموازنة بين تغذية المياه الجوفية والاستهلاك هو التركيز الرئيس لإدارة المياه الجوفية، الشكل (1.3).

ب. حماية المياه الجوفية من التلوث.



الشكل (1.3) التنمية المستدامة للمياه الجوفية، (Hiscock, 2002)

الجدول (1.1) مقارنة لخصائص المياه الجوفية والسطحية (GW•MATE,2002-2006)

الصفة	موارد المياه الجوفية	موارد المياه السطحية
الصفات الهيدرولوجية		
أحجام التخزين	كبيرة جدًّا	صغيرة إلى متوسطة
مساحة المورد	نسبيًّا غير محددة	محصورة في الأجسام المائية
سرعات الجريان	بطيئة جدًّا	متوسطة إلى سريعة
أزمنة البقاء	فى الغالب عقود أو قرون	أسابيع أو شهور
التأثر بالجفاف	بسيط	كبير
فواقد التبخر	منخفض ومحلي	مرتفع ببحيرات التخزين أو الخزانات
تقييم المورد	مكلف والشكوك عالية	أقل كُلفة والشكوك أقل
آثار السحب	متأخرة ومشتتة	فورية
النوعية الطبيعية	عالية غالبًا، ولكن ليس في كل الأحوال	متباينة
التعرض للتلوث	الحماية الطبيعية متباينة	في الغالب غير محمية
دوام التلوث	غالبًا يطول بشكل كبير	سريع الزوال
الجوانب الاجتماعية والاقتصادية		
إدراك عامة الناس	خيالي - غير متوقع	جمالي ومتوقع
كلفة التنمية	قليلة في الغالب	مرتفعة في الغالب
خطر التنمية	أقل مما هو مفهوم في الغالب	أقل مما هو مفهوم في الغالب
نمط التنمية	مختلط (عام وخاص)	في الغالب عام

5.1 لماذا نهج الإدارة المتكاملة للموارد المائية لإدارة المياه الجوفية؟

لا يمكن تحقيق الإدارة المستدامة للموارد المائية عن طريق معالجة إدارة المياه السطحية فحسب، بل يجب أن تشمل المياه الجوفية، لذا أصبح هناك حاجة إلى نهج جديد يسترشد بمبادئ وأهداف الإدارة المتكاملة للموارد المائية لإدارة موارد المياه الجوفية، لذلك يعالج نموذج التغيير في الإدارة المتكاملة للموارد المائية المشكلات الرئيسة الآتية:

- تتطلب إدارة الموارد المائية في الحوض التركيز على المياه السطحية والجوفية ووضعها بعين الاعتبار للأسباب الآتية:
  - تتأثر تغذية المياه الجوفية باستخدام المياه السطحية.
  - قد يشتمل الماء السطحي في اتجاه المصب على كمية كبيرة من الجريان الأساسي الناجم عن المياه الجوفية وبخاصةٍ خلال فترات الجريان المنخفض.
  - المياه الجوفية أكثر موثوقية من المياه السطحية في أوقات الجفاف.

- يمكن أن يستمر تلوث المياه الجوفية لعدة قرون، وهذا يقلِّل من الموارد المائية للأجيال القادمة.

- يعتمد النهج المتبع لإدارة المياه الجوفية بدرجة كبيرة على معلومات وعوامل معيَّنة، ومدى التفاعل بينها، تتلخَّص في:
  - حجم موارد المياه الجوفية ومدى تعقيدها.
  - درجة الجفاف المناخي ومعدل تغذية خزان المياه الجوفية وتجديد المورد.
  - حجم استخراج المياه الجوفية، وعدد مستخدمي المياه الجوفية وأنواعهم.
  - الدور البيئي والخدمات البيئية التي تعتمد على المياه الجوفية.
  - مدى تأثر نظام طبقات المياه الجوفية وتعرُّضها للتدهور.
  - مخاوف تتعلق بنوعية المياه الجوفية الطبيعية (مخاطر العناصر النادرة، ووجود المياه المالحة).
  - الموارد المائية المتاحة الأخرى.

كما لا تنطبق مبادئ دبلن الموضحة بالإطار (1.2) فقط على المياه السطحية، بل يجب على إدارة المياه الجوفية الاعتناء بالأساس المنطقي مع اعتماد نهج الإدارة المتكاملة للموارد المائية الذي يعترف بما يأتي:

- الماء مورد محدود وضعيف
- الماء سلعة اقتصادية.
- تؤدِّي المرأة دورًا مركزيًّا في إدارة المياه.
- ينبغي أن تستند تنمية وإدارة المياه إلى نهجٍ تشاركي.

تمرين

الجدول (1.2) حالات لأوضاع هيدروجيولوجية معينة تتطلب أساليب مختلفة

الوضع الهيدروجيولوجي	الخاصية الرئيسية	التوصيات
طبقات مياه جوفية كبيرة ذات امتداد محدود بعكس مساقط أحواض الأنهار.	وحدات معينة من طبقات المياه الجوفية أو أحواض مياه جوفية تحتاج إلى خطط إدارة محلية مستقلة.	يجب أن تأخذ الخطط في الحسبان أن تغذية المياه الجوفية قد تكون معتمدة على جريان أعلى النهر (المنبع)، وأن جريان النهر في اتجاه المصب قد يعتمد على جريان المياه الجوفية.
حوض النهر تحته خزانات جوفية ضحلة من العصر الرباعي.	تعد العلاقات بين المياه السطحية والجوفية (وإدارتهما) بالغة الأهمية لتجنب مشاكل مثل حركة الملوثات وتشبع التربة والمياه والتملح من الزراعة المروية.	التخطيط والإدارة المتكاملين للموارد المائية أمر ضروري.
طبقات المياه الجوفية الممتدة والعميقة الموجودة في المناطق الجافة	يعد جريان المياه الجوفية هو النظام السائد، وهناك القليل من المياه السطحية الدائمة.	ليس مفيدًا إنشاء منظمة لحوض النهر، وللفعالية الأكبر تُحدَّد خطة لإدارة موارد المياه الجوفية، بحيث تكون الإدارة على مستوى طبقة المياه الجوفية.
طبقات المياه الجوفية الصغرى هي السائدة	تتميز بعمق ضحل وتوزيع مبعثر وإمكانيات منخفضة، وعلى سبيل المثال هناك أجزاء كثيرة من الدرع القاري الأفريقي بجنوب الصحراء لها تفاعل محدود مع حوض النهر الذي يغطيها.	التخزين ليس كافيًا لتبرير التخطيط والإدارة الشاملة لموارد المياه الجوفية، ونظرًا إلى أهميتها الاجتماعية في إمدادات المياه الريفية، فمن المناسب وضع المجهود الرئيس في التصميم الأمثل لآبار المياه؛ لزيادة الإنتاج والحد من الجفاف، وتحديد القيود التي قد تفرضها أي مشكلات محتملة في نوعية المياه الجوفية.

الفصل الثاني. توصيف طبقات المياه الجوفية لإدارة المياه الجوفية

Chapter 2: Aquifer Systems Characterization for Groundwater Management

أهداف التدريب

- فهم الخصائص الرئيسة لطبقات المياه الجوفية من أجل إدارة جيدة للمياه الجوفية.
- فهم البيئات المائية والجيولوجية الرئيسة وأماكن تواجد المياه الجوفية، والآثار المترتبة على تنميتها.
- إدراك أهمية توصيف طبقة المياه الجوفية في إدارة موارد المياه الجوفية.

1.2 مقدمة

تختلف المياه الجوفية عن المياه السطحية حسب البيئات الطبيعية والكيميائية التي توجد فيها، حيث إن هناك اختلافات كبيرة بين طبقات المياه الجوفية؛ نتيجة للبيئات الجيولوجية الموجودة بها والتي تؤثر على قدرتها من ناحية تخزين المياه وظروف جريانها، فضلًا عن ذلك فإن التكوينات الجيولوجية تختلف بشكلٍ كبير من ناحية المستوى الذي تظهر عليه هذه الخصائص وفي الغالب تفاوت امتدادها المكاني بشكلٍ كبير ، وعليه فإن توافر المياه الجوفية يعتمد على الإطار الهيدروجيولوجي الذي يؤدي عادة إلى تنوع هيدروجيولوجي كبير، لذا يجب أن تعتمد إدارة المياه الجوفية على الفهم الجيد لخصائص النظام الكامل للمياه الجوفية الذي يعتمد بدوره على البيانات ذات الجودة والمتوافرة من مسح ومراقبة وتفسير.

2.2 أماكن وجود المياه الجوفية

1.2.2 ما هي الوظائف الرئيسة لطبقات المياه الجوفية؟

توجد المياه الجوفية في معظم التكوينات الجيولوجية؛ لأن جُلَّ الصخور – مهما كان نوعها أو منشؤها أو عمرها– لها فتحات تُسمَّى المسام أو الفراغات أو الشقوق، ومن أجل المسوحات الهيدروجيولوجية يجب اعتماد الوحدات الهيدرولوجية أو النظم الهيدرولوجية استنادًا إلى مستوى الدراسة، بحيث يتم تحديد الآتي:

- الأحواض الهيدرولوجية المطابقة تقريبًا للطوبوغرافيا أو أحواض التصريف.
- أحواض المياه الجوفية كونها أحد مكونات الأحواض الهيدرولوجية الموجودة تحت الأرض.
- الطبقات المائية أو الوحدات الهيدروجيولوجية المحتوية على طبقة مياه جوفية أو أكثر والمكوّنة للحوض الهيدروجيولوجي.

يمكن تعريف طبقة المياه الجوفية على أنها تكوين جيولوجي أو مجموعة أو جزء منه، تحتوي على مواد كافية للتشبُّع والإنفاذ؛ كي تسمح للآبار والعيون بإنتاج كميات وافرة من المياه، وغالبًا ما تكون

طبقات المياه الجوفية مندمجة في أنظمة طبقات المياه الجوفية، وتتكون طبقة المياه الجوفية– بوصفها وحدة هيدرولوجية– من طورين رئيسين متفاعلين، هما:

- الخزّان: ويضمُّ تكوينًا واحدًا أو العديد من التكوينات الجيولوجية والمياه الجوفية، ويمتاز الخزان بثلاث خصائص مهمة، هي:
  - سعة التخزين والمعَبَّر عنها بمعامل التخزين أو التصريف النوعي.
  - القدرة على النقل عن طريق الجاذبية أو الضغط والمعبَّر عنها بالناقلية.
  - التفاعل عبر التبادل الفيزيائي والكيميائي بين صخور الخزان والمياه الجوفية.

كما قد بهذه الوظائف يقوم طبقة واحدة حاملة للمياه الجوفية أو أكثر من طبقة ، اعتمادًا على أنواع الصخور والبيئات الهيدروجيولوجية، فمثلًا في الغالب تقوم الطبقة الحاملة للمياه الجوفية على ضفاف النهر بوظيفة النقل، في حين تمثِّل– بما يعرف بسعة التخزين– طبقة المياه الجوفية المحصورة العميقة، وقد تقوم طبقة المياه الجوفية غير المحصورة بكلا الدورين، وتتأثر وظيفة التبادل بطول الزمن الذي تتفاعل خلاله الصخور والمياه، وطول مسار الجريان، ونوع المواد، هذا ويُلخص الإطار (2.1) التعاريف والمفاهيم الأساسية لإدراك أفضل لأنواع طبقات المياه الجوفية.

2.2.2 التكوينات الهيدروجيولوجية الأكثر شيوعًا

يعتمد توفر المياه الجوفية في المقام الأول على البيئة الجيولوجية التي توجد بها هذه الأخيرة، وتتلخص أهم عناصر التنوع الهيدروجيولوجي في مايأتي:

- التباين الكبير لسعة تخزين طبقة المياه الجوفية بين الرواسب الحبيبية غير المتماسكة والصخور شديدة التماسك والتشقق.
- التباين الكبير للسمك المشبع لطبقة المياه الجوفية بين أنواع الترسبات المختلفة، وهذا يؤدي إلى تباين شاسع في الجريان المرتقب للمياه الجوفية.

تتكون طبقات المياه الجوفية الرسوبية غير المتماسكة أساسًا من مواد غير متصلِّبة مثل الرمال والحصى والحبيبات الغرينية والرمل الطيني والطين الرملي والطين، وتشكِّل وسطًا مساميًّا مستمرًّا تُخزَّن فيه المياه الجوفية وتُنقل عبر هذه المسام، كما تمتاز هذه الطبقات بسعة تخزين عالية إلى عالية جدًّا والتي عادةً ما تكون ذات امتدادات إقليمية كبيرة.

الإطار (2.1) المفاهيم والتعريفات الأساسية

- **الطبقات الحاملة للمياه (Aquifers)** تُعرف طبقة المياه الجوفية على أنها تكوين جيولوجي (طبقة مفردة أو مجموعة طبقات) بإمكانه تخزين وإنتاج كمية كبيرة من المياه. وهذه الوظيفة تعتمد على طبيعة الصخور الحاملة للمياه؛ كما أن طبقات المياه الجوفية الجيدة هي تلك الطبقات ذات النفاذية العالية مثل الرمال والحصى والحجر الرملي أو الصخور العالية التشقق؛ ويمكن أن تكون مصادر ممتازة للمياه للاستخدام البشري.
- **الخزانات غير المحصورة (Unconfined aquifers)** وتشبه البحيرة المائية وموجودة تحت سطح الأرض، وسطحها العلوي يعرف بمستوى الماء الجوفي أو المائدة المائية **(Water table)** ولا يكون فوقها أية طبقات غير منفذة.
- **الخزانات المحصورة (Confined aquifers)** وهي عبارة عن طبقة من الصخور المسامية والحاملة للمياه الجوفية محصورة بين طبقتين حابستين **(Confining Layers)** من الصخور الصماء أو شبه الصماء من أعلى ومن أسفل، وعلى سبيل المثال وجود طبقة رملية أو حجر رملي محصورة بين طبقتين من الطين أو الطفلة أو الحجر الجيري الصلب المندمج، وإذا كانت الطبقة الحابسة صماء تمامًا تُسمى هذه الطبقات الحابسة الصماء **(Aquiclude)** وإذا كانت الطبقات الحابسة شبه صماء بحيث تسمح بمرور الماء عموديًا أو رأسيًا من وإلى الخزان الجوفي شبه المقيد والمحصور بينهما، ولا تمرر بقدر كاف للماء فيها وخلال مسامها في الاتجاه الأفقي بالمقارنة بصخور الخزان الجوفي نفسه ففي هذه الحالة تُسمى هذه الطبقة الحابسة شبه الصماء أو **(Aquitard)**.

المصدر: السلاوي، 1989

ما هي طبقات المياه الجوفية الموجودة وتستغل على نطاق واسع في بلدك؟

تتميز الصخور المضغوطة المتشققة أو التكوينات المتماسكة بفتحات تتكون أساسًا من الشقوق، وغالبًا ما تشكل هذه الشقوق وسطًا متقطِّعًا، وبشكل عام يمكن تحديد نوعين رئيسين من هذه التكوينات:

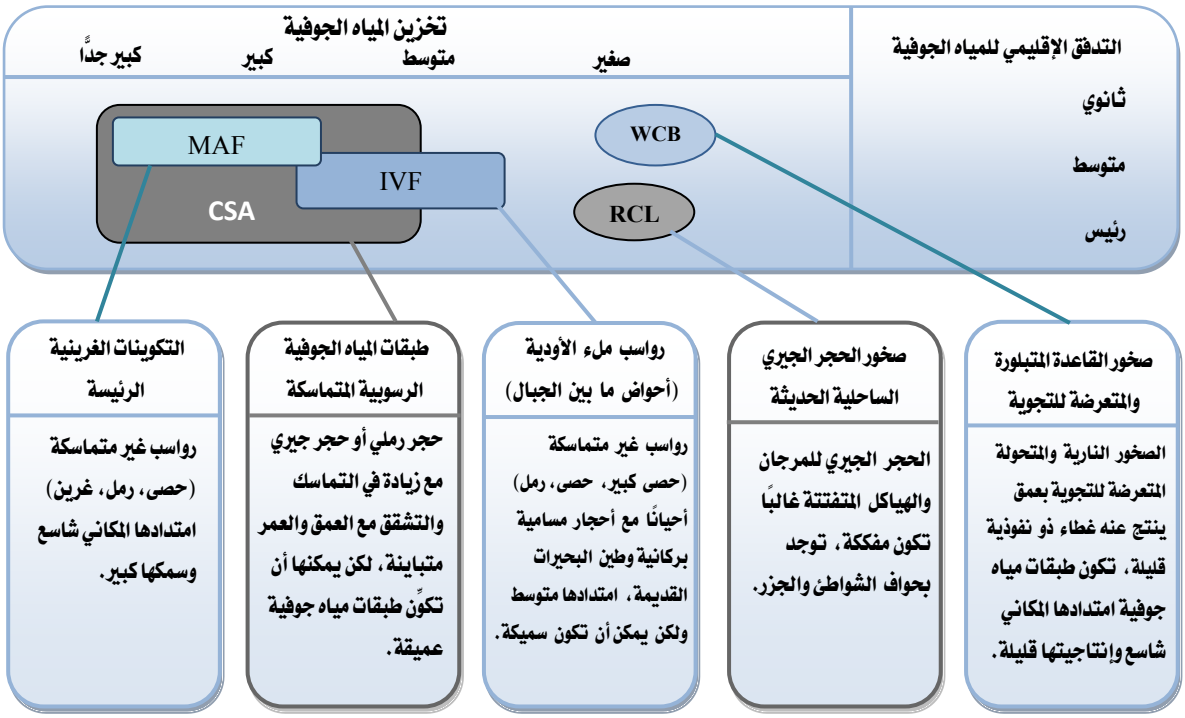
- صخور الكربونات مثل الحجر الجيري ويمكن أن تتوسَّع؛ لقابليتها للذوبان وتكوين الظواهر الكارستية.
- الصخور المتبلورة القديمة والصخور المتحولة كثيرة التشققات التي تتحلل أجزاؤها العلوية لتشكل وشاحًا مساميًّا قابلًا للاختراق من المواد الناجمة عن التجوية التي قد تكون بسماكة عشرات الأمتار.

يمكن أن يلخَّص التنوع الهيدروجيولوجي والعناصر الرئيسة المحدِّدة لمعظم أنواع طبقات المياه الجوفية بحسب سعة تخزينها وحجمه ومسارات جريانها (الشكل 2.1). ونظرًا لاحتواء الأحواض الرسوبية على كميات مهمة من المياه الجوفية، يوجد نوعان من البيئات الهيدروجيولوجية الجيدة:

- الأحواض الغرينية الكبيرة والأحواض الساحلية التي تعد طبقات مياه جوفية غزيرة.

- الصخور الرسوبية المتماسكة مثل الحجر الرملي والحجر الجيري.

تمتاز هذه البيئات الهيدروجيولوجية بامتدادٍ وسُمْكٍ كبيرين يضمنان تخزين كمياتٍ كبيرة من المياه الجوفية التي تجري على مساحات شاسعة، كما أنها تشكل أغلب طبقات المياه الجوفية الرئيسة العابرة للحدود.

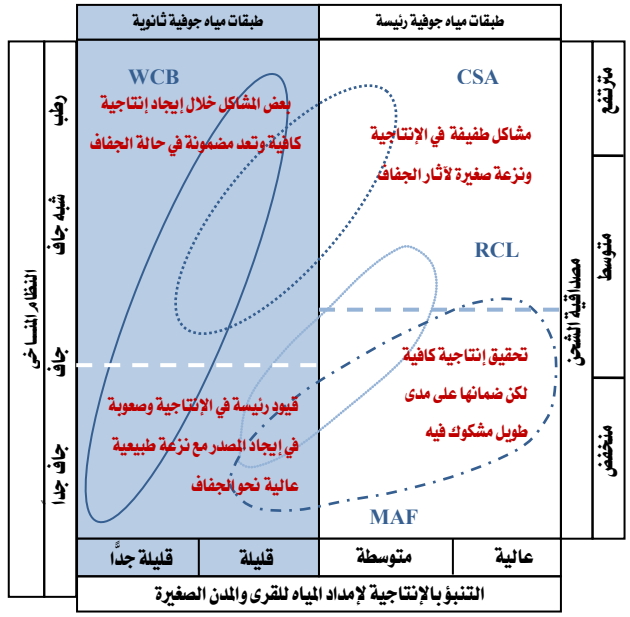


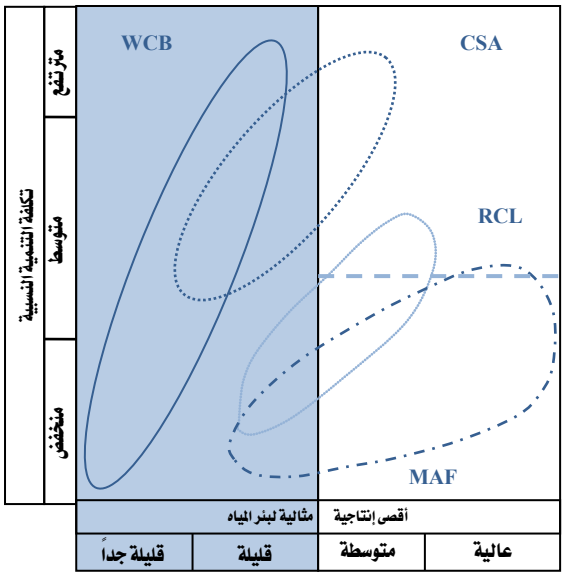
WCB	صخور القاعدة المتبلورة والمتعرضة للتجوية
RCL	صخور الحجر الجيري الساحلية الحديثة
IVF	رواسب ملء الأودية (أحواض مابين الجبال)
CSA	طبقات المياه الجوفية الرسوبية المتماسكة
MAF	التكوينات الغرينية الرئيسة

شكل (2.1) ملخص للخصائص الأساسية لمعظم أنواع الخزانات الجوفية الأكثر انتشارًا (GW•MATE,2002-2006)

3.2.2 ما هي الاختلافات الرئيسة بين طبقات المياه الجوفية الرئيسة والثانوية؟

تعد طبقات المياه الجوفية الثانوية مغذية للآبار الأكثر محدودية والأقل قابلية للتنبؤ كما هو موضح بالشكل (2.2). حيث تشمل طبقات المياه الجوفية هذه صخورَ القاعدة المتعرضة للتجوية (البلورية، المتحولة، والرسوبيات المتحولة) وغيرها من طبقات المياه الجوفية المحلية (خصوصًا الترسبات الرباعية الرقيقة والصخور الرسوبية أو البركانية المتماسكة القديمة) الموجودة على امتداد الأنهار أو المجاري المائية والتي تسمح غالبًا بالإمدادات عبر التسرب من خلال جوانب النهر.





WCB ——	صخور القاعدة المتبلورة والمتعرضة للتجوية
RCL - - -	صخور الحجر الجيري الساحلية الحديثة
CSA	طبقات المياه الجوفية الرسوبية المتماسكة
MAF —·-	التكوينات الغرينية الرئيسة

شكل (2.2) تنوع التنبؤ بإنتاجية الآبار وحمايتها من الجفاف طبقًا لنوع الخزان الجوفي والنظام المناخي السائد (GW•MATE,2002-2006)

أعطِ مثالًا على تعامل مجتمعك مع طبقات المياه الجوفية قليلة

يُلاحظ غالبًا أن القُرى والمدن الصغيرة الممتدة فوق طبقات المياه الجوفية الرئيسة التي تحتوي على مياه جوفية ذات جودة عالية طبيعيًّا لا تواجه عوائق أو قيودًا جسيمة في استدامة إمدادات المياه وتنميتها والوصول إلى موارد المياه الجوفية ما لم تُستغلَّ طبقة المياه الجوفية بشكلٍ مكثف في الزراعة، وقد تشمل القضايا الرئيسة التي يتعين

مواجهتها تشغيل آبار المياه وصيانتها، وهذا الأمر يمكن أن يؤثِّر بشكل خطير على مصداقية مصادر المياه الجوفية واستدامتها بهذه المناطق.

3.2 جريان المياه الجوفية

تتحرك المياه الجوفية بصفة مستمرة على الرغم من أن سرعة تحركها بطيئة أكثر من الجريان السطحي للمياه.

1.3.2 كيف تجري المياه الجوفية؟

تعد قدرة التخزين الهائلة للعديد من أنظمة المياه الجوفية (التي تتعدى قدرة الخزانات المنشأة من قبل البشر) من أهم خصائص المياه الجوفية، وعليه فإن معظم المياه الجوفية تكون في حركة بطيئة مستمرة من مناطق التغذية الطبيعية للمياه الجوفية (المتأتية من فائض كمية الأمطار أو المتطلبات المائية للنباتات) إلى مناطق تصريف المياه الجوفية (كالينابيع والتسريبات بالمجاري المائية والأراضي الرطبة والمناطق الساحلية) كما هو موضح بالشكل (2.3). ويخضع جريان المياه الجوفية من خلال طبقة المياه الجوفية لقانون دارسي كما هو موضح بالإطار (2.2) .

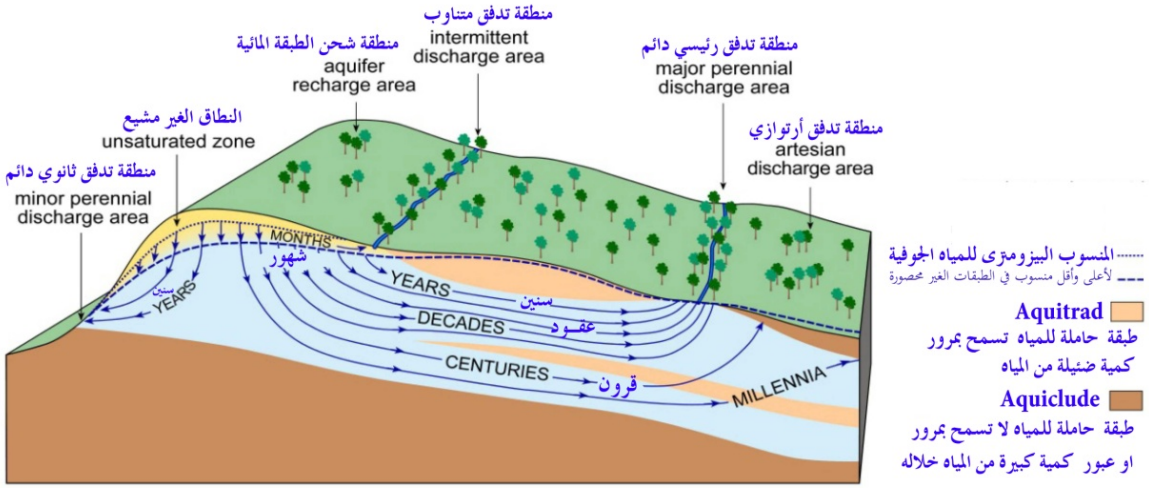
عندما توجد طبقات المياه الجوفية تحت طبقات أقل نفاذية تصبح مياهها محصورة بدرجات متفاوتة بواسطة الطبقات التي تعلوها، وينتج عن ذلك درجة من العزلة عن سطح الأرض، ولكن ليس من نظام المياه الجوفية ككل، ويحدث في الغالب هبوط في مناسيب المياه بسبب الضخ في الجزء المحصور من طبقة المياه الجوفية، وهذا يؤثر بشكلٍ سريع على الجزء غير المحصور، وتقع طبقات المياه الجوفية الضحلة غير المحصورة فوق طبقات المياه الجوفية العميقة في العديد من البيئات الهيدروجيولوجية، كما هو مبين بالشكل (2.3) مع اعتبار التسرُّب الذي قد يحدث بينهما إلى الأسفل أو إلى الأعلى وفقًا للظروف المحلية .

الإطار (2.2) قانون دارسي

يعبِّر قانون دارسي عن المعدل الذي تنتقل عنده المياه الجوفية عبر المنطقة المشبعة المعتمدة على نفاذية الصخور والمنسوب الهيدروليكي.

يقوم تخزين المياه الجوفية بتحويل نُظُم التغذية الطبيعية العالية التباين إلى نُظُم تصريفٍ طبيعية أكثر استقرارًا مؤدِّيًا إلى ما يُعرف بزمن تخزين المياه الجوفية، والذي عادة ما يتم احتسابه بالعقود أو بالقرون كما هو موضح بالشكل (2.3) مع وجود كميات كبيرة مما يسمى "**المياه الجوفية الأُحفورية**"

الناجمة عن بيئات جيولوجية قديمة لا يزال معظمها في حالة تخزين، كما يستعرض الإطار (2.3) آثار زمن بقاء المياه الجوفية من حيث الموثوقية والتكوين الكيميائي للمياه.



شكل (2.3) نظام جريان المياه الجوفية وزمن بقاء النموذجي في المناطق شبه القاحلة (Foster and Hirata ،1988)

الإطار (2.3) آثار زمن بقاء المياه الجوفية

- **تعد المياه الجوفية مصدرًا موثوقًا به في فترات الجفاف أو النُّدرة.**
- **تخزِّن طبقات المياه الجوفية كميات هائلة من المياه الجوفية المتاحة على مدى الطويل.**
- **هناك تفاعلات مع التكوينات الجيولوجية تؤثر المحتوى الكيميائي للمياه الجوفية وتحدِّده.**
- **في طبقات المياه الجوفية غير المحصورة، وفي طبقات المياه الجوفية الضحلة، يكون زمن بقاء المياه الجوفية أقصر؛ وهذا قد يؤدي إلى انعدام تأثيرها على المحتوى الكيميائي.**
- **في حالة طبقات المياه الجوفية المحصورة يكون زمن البقاء يكون طويلًا في الغالب، فيؤدي إلى زيادة تفاعل مكونات التكوينات الجيولوجية وتأثيرها على المحتوى الكيميائي للمياه الجوفية.**

2.3.2 لماذا مسألة تقدير تغذية المياه الجوفية؟

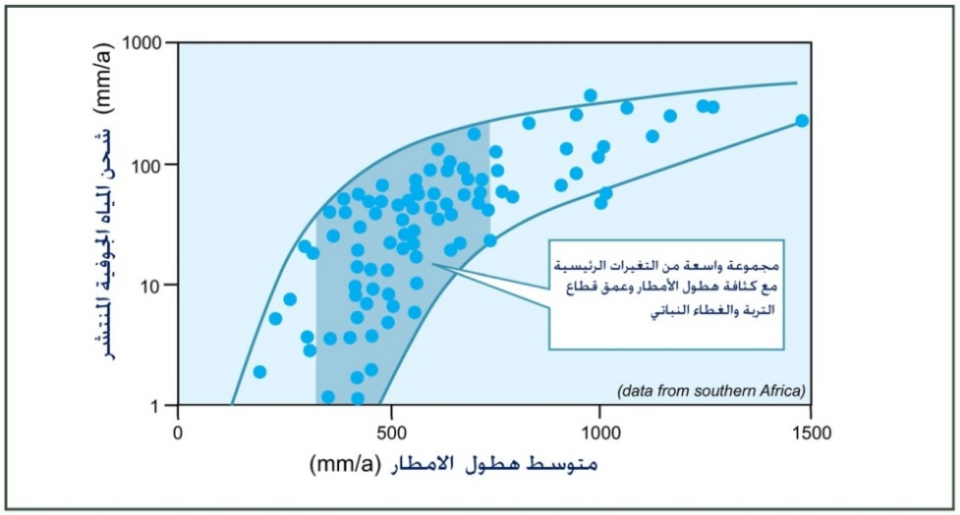
تعد نسبة تغذية المياه الجوفية المعاصرة أساسية في تحديد استدامة وتطور المياه الجوفية، وعليه فمن الضروري أن يتم فهم آليات تغذية طبقات المياه الجوفية وترابطها باستخدام الأراضي من أجل إدارة

متكاملة للموارد المائية، ولكن يواجه تحديد كميات التغذية الطبيعية– كما هو موضح بالشكل (2.4) – صعوبات منهجية مهمة ونقص في البيانات وانعدام ثقة ناتج عن:

- التقلبات المكانية والزمنية الكبيرة للأمطار والجريان السطحي.
- التغير الجانبي الواسع النطاق لخصائص التربة والظروف الهيدروجيولوجية.

لكن من الناحية العملية يمكن أن تفي التقديرات التقريبية بالأغراض العملية كما هو مبين بالشكل (2.4)، والتي يمكن أن تنقَّح لاحقًا من خلال رصد تفاعل طبقة المياه الجوفية وتحليلها للسحب على المدى المتوسط، ويمكن أن تُساق بعض الملاحظات العامة حول عمليات تغذية طبقة المياه الجوفية، وتتلخَّص في:

- يكون معدل تغذية المياه الجوفية وتواترها ضئيلًا بالمناطق ذات الجفاف المتصاعد.
- تعد التغذية غير المباشرة الناتجة عن الجريان السطحي والتغذية الاصطناعية الناتجة عن الأنشطة البشرية عامة أكثر أهمية من التغذية المباشرة الناجمة عن الأمطار.



شكل (2.4) تقدير معدل الشحن (التغذية) مقابل هطول الأمطار السنوي (GW•MATE,2002-2006)

كما تختلف معدلات التغذية حسب:

- التحويل أو التحكم في جريان النهر.
- التغيرات في الري السطحي.
- التغيرات في الغطاء النباتي الطبيعي أو نوع المحاصيل في مناطق التغذية.

أعطِ أمثلةً أخرى على معدل التغذية المتأثر بالأنشطة البشرية.

- التسرب من شبكات الإمداد بالمياه في المناطق الحضرية، وترشيح مياه الصرف في المكان نفسه.
- الانخفاض في منسوب المياه الجوفية.

في طبقات المياه الجوفية ذات الشقوق يحدث جريان متميز وسريع وارتفاع لمنسوب المياه الجوفية، خصوصًا بعد هطول الأمطار الغزيرة، ومع اعتبار أن مكونات هذا الجريان قد تحمل الملوثات من سطح الأرض بسرعة كبيرة، وعليه تكون طبقات المياه الجوفية ذات قابلية للتلوث عالية جدًّا، في المناطق الجافة وشبه الجافة يكون شحن المياه الجوفية منخفضًا في معظم الحالات، وتوجد أيضًا إشكالية في تقدير التغذية بالطرق التقليدية، حيث تكون تقنيات النظائر أكثر كفاءة.

3.3.2. ما الحاجة إلى معرفة تصريف المياه الجوفية؟

تتم إضافة المياه إلى النظام باستمرار عبر التغذية بمياه الأمطار، وتغادر المياه باستمرار عن طريق التصريف نحو المياه السطحية أو عبر البخر والنتح، وقد تتغير التدفقات الداخلة والتصاريف بشكل كبير على مدار فترات زمنية قصيرة نسبيًّا (من أيام إلى أشهر)، لكن يجب أن يكون نظام المياه الجوفية متوازنًا على مدى فترات زمنية أطول (من سنوات إلى عقود). وهذا يعني أنه على مدى طويل يكون متوسط كمية المياه الداخلة (المغذية) للنظام معادلًا– تقريبًا– لمتوسط كمية الخارجة (المصرفة) من النظام.

قد يتم تصريف المياه الجوفية إلى الينابيع (عيون المياه) أو الأراضي الرطبة أو المسطحات المائية مثل المجاري المائية والبحيرات والبحر، إلخ، وتمثِّل المياه الجوفية مساهمًا رئيسًا في جريان العديد من المجاري المائية والأنهار، ولها تأثير قوي على المساكن الطبيعية للنباتات والحيوانات بالأنهار والأراضي الرطبة، كما يمكن للمياه الجوفية أن تحصل على المياه من المياه السطحية، حيث يكون التفاعل معها مهمًّا جدًّا لإدارة موارد المياه الجوفية، ويمثل تشخيص العلاقة بين المياه السطحية وطبقات المياه الجوفية مكوّنًا مهمًّا في توصيف أنظمة موارد المياه الجوفية، كما من المهم التمييز بين:

- المجاري المائية والأنهار التي تعتمد عليها طبقة المياه الجوفية كونها مصدرًا مهمًّا لتغذيتها بشكل عام.

- المجاري المائية والأنهار التي يعتمد جريانها بشكل كبير على تصريف المياه الجوفية لتأمين استدامة جريانها في الطقس الجاف، كما يجب الإشارة إلى أنه في بعض الأحيان يمكن للأنهار أن تشهد بعض التقلبات الموسمية التي تتدرج بين الحالتين المذكورتين سابقًا.

يؤثر ضخ المياه الجوفية لمختلف الاستخدامات على مدخلات النظام ومخرجاته، وعليه يقوم نظام المياه الجوفية بالتكيف تدريجيًّا نحو توازن جديد ناجم عن تغير مستوى المياه الجوفية (أو المستوى البيزومتري) ومختلف التصريفات على الحدود الداخلية والخارجية للنظام، وتكون تأثيرات هذه التغيرات على البيئة وعلى استخدامات معينة للمياه الجوفية مقبولة بشكلٍ عام إذا كانت هذه التغييرات ضئيلة نسبيًّا، أما إذا كانت التغيّرات جسيمة، بحيث أن مستويات المياه الجوفية وخصائص الجريان تتغير بشكلٍ كبير عن الوضع الطبيعي، فستكون العواقب غير مقبولة، لهذا تتطلب استدامة موارد المياه الجوفية فهمًا أفضل لعلاقة وأهميّة كمية المياه الجوفية ونوعيتها؛ للمحافظة على المسطحات المائية ومواطن الحياة البرية.

4.3.2 ما الحاجة للميزان المائي؟

يُعد كل نظام للمياه الجوفية فريدًا، حيث إن مصدر المياه الجارية وكميتها يعتمد على عوامل خارجية مثل معدل هطول الأمطار، وأماكن المجاري المائية، وغيرها من المسطحات المائية السطحية، ومعدل التبخر، وعلى الرغم من ذلك يتمثل العامل المشترك لجميع أنظمة المياه الجوفية في أن إجمالي كمية المياه الداخلة والخارجة والمخزنة في النظام متوازنة، ويُطلق على احتساب جميع التدفقات الداخلة والخارجة وتغيرات التخزين اسم الميزان المائي.

يغير ضخ المياه الجوفية (بمعناه الواسع) من أنماط جريانها الطبيعي، وعليه يجب الأخذ بعين الاعتبار هذا التغيّر عند احتساب الميزان المائي، وتؤثر الأنشطة البشرية على كمية حركة المياه ومعدَّلها، ودخولها إلى النظام وخروجها منه، ونظرًا إلى أن المياه التي يتم استخدامها هي في نهاية الأمر متأتية من منبع معين، لذا يجب احتساب الميزان المائي لنظام وحدة معينة (حوض هيدرولوجي/حوض نهري، حوض مياه جوفية أو مياه جوفية) لفترة زمنية محددة من أجل إدارة مستدامة للمياه الجوفية، وعند الإمكان ينبغي احتساب الميزان المائي للنظام ذاته كطبقة المياه الجوفية بوصفها وحدة هيدرولوجية واحدة، مع الأخذ بعين الاعتبار أنها جزء لا يتجزأ من كامل الحوض الهيدرولوجي أو حوض المياه

الجوفية، وفي حال اختلال التوازن نتيجة لزيادة ضخ المياه الجوفية فإن النظام يتكيف تدريجيًّا مع الميزان المائي الجديد الذي يتطلب:

- زيادة التصاريف الداخلة للنظام (مثلًا عن طريق التغذية الاصطناعية).
- خفض التصاريف الخارجة من بعض أجزاء النظام.
- أو مزيج من كلا الحلّين.

ويمكن أن يكون توازن الجريان الجديد مصحوبًا بتغييرات في مستويات أو ضغوطات المياه الجوفية في أجزاء من النظام على الأقل، ويُعد فهم الميزان المائي وتغيره من جراء الأنشطة البشرية جانبًا مهمًّا في توصيف نظام المياه الجوفية، كما يمثل الميزان المائي وسيلة لاختبار فهمنا الهيدرولوجي للنظام أو دعمه أو تحسينه، ولكن لا يمكن له أن يحدّد أو يقوم بالتنبؤات المترتّبة على تأثير استخراج المياه الجوفية، وهنا قد تكون المحاكاة الرياضية أداةً مفيدة لتحسين فهمنا للنظام.

4.2 مشاكل جودة المياه الجوفية الحادثة بشكل طبيعي

1.4.2 مخاطر جودة المياه الطبيعية

تتمعدن المياه الجوفية جراء التفاعلات بين المياه والصخور، ويؤدي ذلك إلى ذوبان بعض المعادن والعناصر الكيميائية التي تبقى محلولًا بهذه المياه، وتعتمد درجة الذوبان على طول زمن فترة الاتصال بين الصخر والمياه، وطول مسار الجريان عبر الصخور، ودرجة ذوبان المواد الصخرية، وحجم التخفيف الناجم عن التغذية بالمياه الطبيعية، وتكون كل المياه الجوفية ممعدنة إلى درجةٍ ما، وفي بعض الظروف والأحوال تكون بعض هذه العناصر الطبيعية المذابة خطيرة، وقد تمثل بعض العناصر الموجودة طبيعيًّا إشكاليات مألوفة (الزرنيخ، الحديد، المنغنيز). في حين تشكل بعض العناصر الأخرى (بالأخص النيكل والألومنيوم واليورانيوم) مصدرَ قلقٍ متنامٍ، لذلك يجب التمييز بين تأثير الأنشطة البشرية والإشكاليات الطبيعية الناجمة عن هذه العناصر من منظور إدارة المياه، وتبقى الأمراض الجرثومية المنقولة عن طريق المياه (عن طريق البراز) من أهم إشكاليات جودة المياه في العالم النامي، وعلى الرغم من ذلك قد تنشأ بعض المشاكل الناتجة عن ارتفاع طبيعي لتركيزات بعض العناصر الشحيحة في إمدادات المياه الجوفية.

2.4.2 منشأ مخاطر الجودة الطبيعية وظهورها

تتفاعل مياه الأمطار مع التربة والصخور، خلال ترشيحها وتسربها؛ لتزوّد المياه الجوفية بمكوناتها الأساسية من المعادن، حيث تُشكِّل تسعة عناصر كيميائية رئيسة (الصوديوم، الكالسيوم، الماغنيسيوم، البوتاسيوم، البيكربونات، الكلوريد، الكبريتات، النيترات، السيليكا) 99% من المحتوى المذاب للمياه الجوفية الطبيعية فضلًا عن العناصر الضئيلة (الشحيحة) كما بالجدول (2.1) والجدول (2.2). ويمكن أن يكون مستوى تمعدن المياه الجوفية في مناطق التغذية بالمناطق الرطبة منخفضًا عمومًا مقارنة بالمناطق الجافة أو شبه الجافة، لإن التبخر وحركة المياه الجوفية البطيئة يؤديان إلى تركيزات مرتفعة فيها، ويستعرض الجدول (2.1) بعض العناصر غير العضوية الذائبة في المياه الجوفية وتأثيرها على صحة الإنسان.

الجدول (2.1) ملخص الخصائص الرئيسة لبعض العناصر الضئيلة الرئيسة التي تسبب بعض الأحيان في مخاطر صحية في المياه الجوفية (GW•MATE,2002-2006)

العنصر	معيار WHO	الأهمية الصحية وقيود الاستخدام	الضوابط الهيدروكيميائية على الحدوث	وضع معالجة المياه
الزرنيخ (As)	**10 µg/l**	خطر التسمم / مسبب للسرطان، خصوصًا عند وجود المكونات غير العضوية (**arsenite or arsenate**) نتيجة لذلك فقد انخفضت قيمة معيار منظمة الصحة العالمية إلى **50 µg/l**	مركب — يتحرر من الالتصاق على أكاسيد الحديد تحت ظروف هيدروجيوكيميائية غير عادية (إلى حدٍ كبير غير مؤكسدة) أو في أثناء أكسدة معادن الكبريتيدات تحت ظروف هيدروكيميائية حامضية	الأكسدة والترسيب (لا يتطلب إضافات كيميائية) تميل للمعاناة من عدم المصداقية، لكن تلك الطرق التي تتضمن التخثر أو الترسيب المصاحب أو الامتصاص تعد أكثر مصداقية
الفلوريد (F)	**1500 µg/l (1.5 mg/l)**	عنصر أساسي لكن المدى المرغوب فيه ضيق — عند أقل من**500 µg/l** يمكن أن يسبب نخر الأسنان بينما فوق المسموح يسبب تسمما مزمنا بالفلور للأسنان والهيكل العظمي	ذوبان المعادن الحاملة للفلوريد من الصخور الجرانيتية أو البركانية تحت بعض الظروف الهيدروكيميائية/ الحرارية المائية، والتي تُسهل بالجريان البطيء	الترسيب بالجبس أو مزيج الجير/ الشب والترشيح أو استعمال راتنج التبادل الآيوني (كربون منشط، أوكسيد ألمنيوم)
المنجنيز (Mn)	**(100) µg/l** **500 µg/l**	عنصر أساسي لكن المستويات الزائدة يمكن أن تُؤثر على الوظائف العصبية؛ كما تُسبب أيضًا تبقع المغسلة / أواني الطهي وتمنح الطعم المعدني عند المستويات الأدنى ومن ثم نشأ معيار منظمة الصحة العالمية الثنائي	عنصر صلب متوفر في الترب والصخور تحت الظروف الهوائية في صيغة مستقرة غير قابلة للذوبان، وقد يُصبح قابلًا للذوبان على نحو متزايد تحت الظروف الحامضية و/أو غير الهوائية	الترسيب بالتهوية والترشيح عادة مسبوق بالتصفية، لكن أقل صعوبة في التشغيل عن تلك التي يتم عادة مواجهتها للحديد القابل للذوبان

- الزرنيخ (As) وهو عنصر يعطي حاليًا اهتمامًا كبيرًا في حال وجوده بالمياه الجوفية، حتى وإن كان بتركيز منخفض؛ كونه سامًا ومسببًا للسرطان.
- الفلورايد (F) هو عنصر قد يسبب مشاكل في حالة نقصه بالمياه الجوفية، لكن التركيزات المفرطة له يمكن أن تمثل مشكلة، خاصة في المناخات القاحلة والصخور البركانية والجرانيتية.
- المنغنيز (Mn) عنصرًا غير قابل للذوبان، وينتشر على نطاق واسع مكوّنًا طعمًا غير مقبول للمياه الجوفية.
- العديد من العناصر الأخرى (بما في ذلك النيكل واليورانيوم والألومنيوم) التي أُدرجت من قبل منظمة الصحة العالمية على أنها خطرة في مياه الشرب.

الجدول (2.2) العناصر الذائبة في المياه الجوفية (GW•MATE، 2002-2006)

العنصر الرئيسة (mg/l)			العناصر الضئيلة µg/l					
القياس بسيط ورخيص بشكل رئيس			القياسات تتطلب أجهزة غالية					
>100	10-100	1-10	100-1000	10-100	1-10	0.1-1	Li ليثيوم	As زرنيخ
HCO_3*	Na*♦	Mg*♦	Sr*	P*	Li*	V*♦	Ni نيكل	B بورون
	Ca*	K*♦	F*♦	B♦	Ba*♦	Se*♦	No_3 نترات	Ba باريوم
	So_4*♦	Si*		Br»	Cu*♦	As♦	P فوسفور	Br بروميد
	Cl			Fe*♦	Mn*♦	Cd♦	Pb رصاص	Ca كالسيوم
	No_3*♦			Zn*♦	U♦	Co*♦	Se سيلينيوم	Cd كادميوم
					L*	Ni*♦	Si سيليكا	Cl كلوريد
						Cr*♦	So_4 كبريتات	Cr معدن كروم
						Pb♦	Sr سترنشيوم	Cu نحاس
						Al♦	U يورانيوم	F فلوريد
							V فانديوم	HCO_3 بيكربونات
							Zn خارصين	I اليود
							Al ألومنيوم	K بوتاسيوم

* من المحتمل أن يكون أساسيًا لصحة الإنسان أو الحيوان

♦ سام أو غير مرغوب فيه بكميات مفرطة (من المحتمل أن يكون أساسيًا حيثما يُشار إليه)

» عناصر أخرى

3.4.2 إستراتيجية الحد من التأثيرات السلبية

يجب تنفيذ خطة طوارئ وتحديد إستراتيجية طويلة المدى إذا تم اكتشاف العناصر الضئيلة العالية السُمِّيَّة في إمدادات المياه الجوفية الصالحة للشرب، كما هو مبين بالجدول (2.2) شرط أن تشتمل الخطة على الآتي:

- التقييم الهيدروكيميائي للمياه الجوفية على نطاق مناسب.
- توجيهات للسكان للحدّ من الاستخدام ،وحول مواقع الآبار الآمنة.
- برنامج صحة للسكان للبحث عن الأعراض المرضية المتعلقة بمياه الشرب.

الجدول (2.2) القضايا الرئيسة في تحديد إستراتيجية متكاملة للحدّ من إشكالية العناصر الضئيلة الطبيعية في المياه الجوفية (GW•MATE,2002-2006)

العمل	القضايا الواجب معالجتها أو أخذها بالاعتبار
على المدى القريب	
تقييم الإشكال	▪ المقياس المناسب لمسح نوعية المياه الجوفية (محلي /إقليمي /وطني). ▪ اختيار تقنية أوتقنيات التحليل اللازمة (أجهزة الحقل / طرق المختبر). ▪ المبادرة الحكومية مقابل المسؤولية الشخصية. ▪ اعتماد مختصين في الهيدروجيوكيمياء. ▪ تقييم مشاكل نوعية المياه الجوفية الأخرى المحتملة.
إدارة إمداد المياه	▪ إرشادات الاستعمال المناسب للبئر بتقديم معلومات عامة للمجتمع وتوفير حماية للبئر ▪ الاعتبارات العملية والاجتماعية عند تشغيل البئر ▪ إعطاء الأولوية للفحص التحليلي الحقلي للتأكيد على أن الآبار آمنة ▪ سياسة مناسبة للفحص عامة أو انتقائية مع التكرار الزمني
برنامج صحة عامة	▪ تحديد المرضى (برنامج نشيط أو عن طريق الاستشارة الطبية). ▪ توضيح العلاقة بين المشكلة الصحية ومورد المياه. ▪ تشخيص الأعراض الأولية. ▪ المعالجة الفورية للمرضى مع تنظيم إمداد المياه المعبأة بالقناني.
على المدى الطويل	
خيار معالجة المياه	▪ التكلفة عند مستوى التطبيق (بلدة / قرية / منزلي) والفعالية والاستمرارية عند مستوى التشغيل
إمداد بديل من المياه الجوفية	▪ حفر آبار مياه تعتمد على موارد محلية ذات نوعية مقبولة وإنتاجية عالية، مع الأخذ في الاعتبار تصميمها الجيد (العمق وأنابيب التغليف والمصافي وعزل الطبقات الملوثة) ويجب أن يكون الحفر مستندًا إلى دراسة هيدروجيولوجية منظمة، ويتم تنفيذ هذه الآبار طبقًا لمعايير الإنشاء المناسبة.
إمداد بديل من المياه السطحية	▪ الاستدامة من ناحية الاعتماد عليها عند الجفاف والتغير النوعي. ▪ تقييم المخاطر المرتبطة بفشل محطة المعالجة.

5.2 المعلومات اللازمة لإدارة المياه الجوفية

يجب أن تعتمد إدارة المياه الجوفية على فهم جيد لخصائصها على مستوى نظام المياه الجوفية الكلي (أو حوض النهر إذا لزم الأمر)، وعلى حسب الحالة تكون أنظمة المياه الجوفية صغيرة الحجم نسبيًّا (بضع هكتارات أو كيلومترات مربعة)، أو ممتدة على نطاق إقليمي (يصل إلى عشرات أو مئات الآلاف من الكيلومترات المربعة)، ويتطلب هذا الفهم عددًا كبيرًا من البيانات من تشخيصٍ ومراقبةٍ وتفسيرٍ للمياه الجوفية من علماء الهيدروجيولوجيا، من خلال نمذجة المياه الجوفية، ومن أجل توصيف نظام المياه الجوفية كأساس للإدارة السليمة للمياه الجوفية يجب معرفة ما يأتي:

- امتداد (حدود) نظام طبقة المياه الجوفية.
- خصائص المياه الجوفية الكمية والنوعية.
- مصادر التغذية.
- التصريفات من النظام (بما في ذلك السحب من المسام).
- تغيرات هذه الخصائص مع الزمن.

وتأتي المعلومات المتعلقة بخصائص نظام المياه الجوفية من:

- التحليلات الهيدروجيولوجية.
- تحليل بيانات تجارب الضخ.
- بيانات عن هيدرولوجيا المياه السطحية (هطول الأمطار والتبخُّر وجريان الأودية ومستويات المياه في البحيرات وغيرها).
- سجلات مستويات المياه الجوفية في الآبار.
- سجلات استخراج المياه الجوفية.

مع ملاحظة أن تكاليف هذه المعلومات قد تكون باهضة، لذلك يتعين اتخاذ القرارات اللازمة بشأن أهمية طبقة المياه الجوفية من النواحي الاقتصادية والاجتماعية، وكذلك التهديدات من أجل تبرير هذه التكاليف.

1.5.2 أين توجد موارد المياه الجوفية؟

تخريط موقع المياه الجوفية المتاحة يمثل نقطة البداية لإدارة المياه الجوفية، عن طريق تحديد طبقة المياه الجوفية التي قد تكون مُعرفة ومتصلة وممثلة لوحدة هيدروجيولوجية تتميز بحدود هندسية (الحجم)، وتُلخص البيانات باستعمال أنواع مختلفة من الخرائط الآتية:

- الامتداد المساحي والهيدروجيولوجي لطبقة المياه الجوفية.
- عمق المائدة المائية أو السطح العلوي للجزء المشبع من طبقة المياه الجوفية.
- الحد السفلي للوحدة الهيدروجيولوجية.
- سمك طبقة المياه الجوفية.

2.5.2 ما هي قابلية تأثر منسوب المياه الجوفية؟

ما هو التنسيق المناسب لتقديم معلومات المياه الجوفية لصناع القرار؟

تُحدّد الخصائص الجوهرية الطبيعية للطبقات الجيولوجية الواقعة فوق المائدة المائية قدرة المياه الجوفية على تحمُّل التلوث الناجم عن النشاط البشري، حيث إن هناك حاجة إلى خرائط قابلية المياه الجوفية للتلوث من أجل حماية المياه الجوفية، ولتقييم مدى قابلية أو احتمال وصول الملوثات إلى موقع معين في نظام المياه الجوفية بعد دخولها في منطقة واقعة فوق طبقة المياه الجوفية العليا، وذلك برسم خرائط قابلية المياه الجوفية للتلوث لتحديد الآثار المحتملة للتأثيرات البشرية على جودة المياه الجوفية.

3.5.2 ما هو العائد المستدام للطبقة المائية؟

الهدف الرئيس لإدارة المياه الجوفية– من خلال الإدارة المتكاملة للموارد المائية– حماية الموارد من تدهور الجودة وضمان استدامة استخدامها في مجموعة من الأغراض المفيدة، بمعنى أوضح يُعرَّف الاستخدام المستدام لموارد المياه الجوفية على أنه مستوى الاستخدام الذي لا يسبب نتائج غير محمودة على المدى الطويل، حيث تقع على عاتق المديرين مسؤولية تقييم قدرة موارد المياه الجوفية على دعم الطلب الحالي والمستقبلي الناجم عن النمو السكاني والتنمية؛ من أجل تلبية الاستخدام المتزايد للمياه.

وعليه يجب أن يتم تقييم موارد المياه الجوفية مع الأخذ بعين الاعتبار أهم عوائق التخطيط التي قد تختلف من الناحية الزمنية والمكانية اعتمادًا على خصوصية الوضع باعتبار الظروف الاضطرارية الآتية:

- استنزاف تخزين المياه الجوفية.

- خفض مناسيب المياه الجوفية (أو الضغوط).
- انخفاض في تصريف المياه الجوفية (مثل الينابيع، التدفق الأساسي إلى المجاري المائية، التدفقات إلى الأراضي الرطبة).
- تدهور جودة المياه.
- هبوط الأراضي.
- تأثيرات بيئية أخرى.
- التأثيرات الاجتماعية الاقتصادية والقيود السياسية (السياسة الوطنية للتنمية والمياه).

كما يجب ربط تقييم موارد المياه الجوفية بثلاثة مصطلحات تُستخدم في الجهود الرامية إلى تحديد حجم التنمية المستدامة للمياه الجوفية:

- **الإنتاج الآمن** كونه الحد الأقصى للسحب من المياه الجوفية الذي تُعد عواقبه مقبولة مثل التأثيرات المحددة للضخ كانخفاض منسوب المياه، وانخفاض جريان المجاري المائية، وتدهور جودة المياه.
- **تعدين المياه الجوفية** يشير عادة إلى الانخفاض التدريجي على المدى الطويل في كمية المياه المُخزّنة في نظام المياه الجوفية المتوقع حدوثه، كطبقات المياه الجوفية غير المتجددة في المناطق الجافة وشبه الجافة.
- **الاستغلال المفرط** مايعرف بسحب المياه من طبقة المياه الجوفية بمعدلات مفرطة مع اعتبار كل الآثار السلبية العامة لاستغلال المياه الجوفية.

4.5.2 أين تقع مناطق التغذية؟

تُعرف تغذية المياه الجوفية بالمياه المتسربة إلى الأرض، وتصل إلى المياه الجوفية مهما كانت الطبقات الجيولوجية الممتدة تحتها، وينبغي أن يتم تقييم التغذية لأنها تمثل مصدر جريان المدخلات إلى نظام طبقات المياه الجوفية، ولأنها عنصر أساسي في توازن المياه الجوفية، كما أنها تعطي مؤشرًا نوعيًّا على إمكانية تجدد موارد المياه الجوفية.

هناك نقطة مهمة تتمثل في تحديد المناطق التي يتم فيها تجدد نظام طبقة المياه الجوفية، ووجوب خضوع هذه المناطق لقوانين محددة لاستخدام الأراضي من أجل حماية المياه الجوفية واستدامة السحب، لذا تعد العوامل– كتقلب سقوط الأمطار، والتغيرات المناخية، واستخدامات الأراضي، وتغيراتها–

عناصر رئيسة في معدل التغذية، كما يعد مسح فرص التغذية الصناعية المحتملة للمياه الجوفية من بين الممارسات الجيدة في إدارة المياه الجوفية من أجل تجديد الموارد وتوفير تخزين للمياه؛ للاستخدام المستقبلي بشكل فعَّال من ناحية التكلفة، كما تمثل خرائط المواقع المحتملة للتغذية أدواتٍ مفيدة يمكنها أن توفِّر المعلومات اللازمة لصانعي القرار.

5.5.2 أين يحدث التفاعل بين المياه الجوفية والمياه السطحية؟

في الكثير من الحالات تكون المياه السطحية والمياه الجوفية متصلة هيدروليكيًّا (ما يحدث لأحدهما يؤثر على الآخر) لكن هذا الأمر يتم تجاهله في أغلب الأحيان في مسائل وسياسات إدارة المياه،ف في الغالب تضمن طبقة المياه الجوفية الجريان الرئيس لنظام النهر، ومن ناحية أخرى يمكن لنظام النهر أن يكون عاملاً أساسيًّا في المياه الجوفية ومنها تنمية المياه الجوفية، لكن تقييم هذا العامل غالبًا مايكون منقوصًا، ويمكن للمياه الجوفية أن تكون المساهم الرئيس في جريان الأنهار ومجاري المياه، كما يمكن للأنهار ومجاري المياه أن تكون المساهم الرئيس للمياه الجوفية، فمثلًا قد يؤدي الانخفاض في إمدادات المياه السطحية إلى تعقيد توزيع المياه وإدارة حقوق المياه، لذا تعد العلاقة بين كمية المياه الجوفية وجودتها خاصية أساسية للحفاظ على الأنهار والبحيرات والمجاري المائية وبيئة الحياة البرية ومصايد الأسماك، وهي من القضايا الحيوية لإدارة نظام المياه الجوفية.

يمكن أن تقدِّم خرائط المناطق العالية المخاطر معلومات إدارية مفيدة، إذ من خلالها يمكن إجراء دراساتٍ إضافية للتأكد من التأثير المحتمل على المجاري المائية والأراضي الرطبة وموائل النظام البيئي الأخرى في المنطقة قبل أيّ استغلال للمياه الجوفية على نطاقٍ واسع.

6.5.2 التغيرات القصيرة والطويلة الأجل في المياه الجوفية

من المهم جدًّا معرفة توجهات التغيرات الطارئة على موارد المياه الجوفية من أجل إدارتها؛ حيث إن هناك حاجة ملحّة إلى معرفة تغيرات خصائص نظام المياه الجوفية (السابقة والحالية والمتوقعة) مثل التغذية والتخزين واتجاه الجريان والجودة، تبعًا لتأثّرها باستخدامات الأراضي وتغيراتها والتغير المناخي واستخدام المياه.

كما يجب توفير بيانات شاملة ومتناسقة ومؤمَّنة لسجلات المراقبة (الفصل 9) لفهمٍ أفضل ولتوصيف الظروف الراهنة، وتحديد الإشكاليات القائمة والممكنة، وتحديد الأولويات، ووضع السياسات والإستراتيجيات المائية القابلة للتطبيق.

7.5.2 هل هناك مخاوف مرتبطة بالجودة الطبيعية؟

تكون المياه المخزونة في طبقات المياه الجوفية متفاوتة الجودة؛ اعتمادًا على مصدرها وموقعها ومدى تعرضها لمصادر التلوث المحتملة، وقد يكون التلوث غير ناتج عن الأنشطة البشرية، ولكن قد يعود لأسباب طبيعية، ولأهمية توفير إمدادات من المياه الجوفية يجب تحديد مناطق المخاطر الطبيعية ومستوياتها، حيث تكون الخطوة الأولى تحديد التكوينات الجيولوجية التي يمكن أن تحوي المياه الجوفية المتضررة، كما يجب توفير المعلومات المناسبة لمديري المياه الجوفية من خرائط توضح التوزيع المكاني لتركيزات المياه الجوفية للعناصر الضارة.

6.2 ملخص المعرفة اللازمة لإدارة المياه الجوفية

فيما يأتي موجز للنواحي الأساسية للمعرفة بتوصيف أنظمة طبقات المياه الجوفية التي يحتاج صُنَّاع القرار والمسؤولون لإدارة المياه الجوفية:

التخزين

تعد العلاقة بين نوع طبقة المياه الجوفية وكمية المياه الممكن تخزينها عنصرا مهمًّا وجوهريًّا يتعلق بطبيعة نظام طبقة المياه الجوفية، حيث تم توصيف المياه الجوفية في هذا الفصل بالاعتماد على دورها في تخزين المياه، كما يرتبط عنصر التخزين هذا أساسًا بمستوى نظام جريان المياه الجوفية، وبطبيعة الحال عندما يكون هناك ترابط هيدروليكي بين أنظمة الجريان على مستويات كبيرة تحتاج إدارتها إلى احتساب الاستخدام والسحب على كامل منطقة طبقة المياه الجوفية، وعلى عكس ذلك قد لا تؤمِّن أنظمة المياه الجوفية المحلية ذات الجريان الضئيل تكلفة إدارتها؛ لأن تأثيرها يكون محدودًا ومنظمًا بذاته إلى حد ما.

العلاقة بين نوع طبقة المياه الجوفية، وخيارات إمدادات المياه والمناخ

ستناقش الفصول القادمة إمكانيات إمدادات المياه لطبقات المياه الجوفية المختلفة تحت الظروف المناخية المختلفة ومخاطر تطوير المياه الجوفية وتكاليفها في ظل الظروف المتغيرة، حيث إن استدامة تنمية المياه الجوفية تعتمد على نوع نظام طبقات المياه الجوفية، والمناخ، ومعدَّل التغذية، ونوع استخدام المياه الجوفية وحجمه.

جريان المياه الجوفية

نوقش تأثير تدفق المياه الجوفية على أساس نوع الوحدة الهيدروجيولوجية وامتدادها مع الآثار الإدارية، وتم تسليط الضوء على التأثير المعتدل لتدفق المياه الجوفية مقارنة بتدفق المياه السطحية بسبب طول مدة جريان المياه الجوفية، مع اعتبار أن مورد المياه الجوفية أكثر مقاومة للجفاف من المياه السطحية.،كما نوقشت الآثار الهيدروكيميائية لزمن البقاء الطويل على جودة المياه المياه الطبيعية.

تغذية وتصريف المياه الجوفية

نوقشت أهميّة عمليات تغذية طبقات المياه الجوفية وتعقُّدها ومدى صعوبة تقييم تغذية المياه الجوفية، على أنها مسألة إداريّة مهمة، كما تم تأكيد أهمية تحديد مناطق التغذية وحمايتها، وتمت مناقشة العوامل التي تؤثر على تغذية المياه الجوفية؛ كونها إستراتيجيات تعمل على تعزيز مناطق التغذية وحمايتها، كما تمت مناقشة عملية تصريف المياه الجوفية والنُّظم اللايكولوجية المرتبطة بها، فإلى جانب العلاقة بين السحب وطول مسار الجريان وتصريف المياه الجوفية تعد عوامل مهمة لإدارة المناطق الرطبة والينابيع وغيرها من مناطق تصريف المياه الجوفية.

الميزان المائي

تم تقديم طرق احتساب الميزان المائي على أنها أدوات اساسية لإدارة المياه الجوفية، لا سيَّما فيما يتعلق بالإدارة المتوازية للمياه الجوفية والسطحية، وسُلِّط الضوء على جميع الجريانات الداخلة والخارجة وعمليات السحب بواسطة الضخ والتغذية الاصطناعية عن طريق التسرب وحقن الآبار والتي تعد من مكونات الميزان المائي التي يجب تحديدها؛ من أجل إدارة فعالة ومتكاملة للمياه الجوفية.

مشكلات جودة المياه الطبيعية

نوقشت مشاكل نوعية المياه الجوفية الطبيعية وحددت المشاكل الأكثر شيوعًا، وعُرضت إستراتيجيات المعالجة للتعامل مع مثل هذه المشاكل الطبيعية، بما في ذلك مزج المياه وحجز أنواع المياه المختلفة للاستخدامات المختلفة.

تمـــرين

التمرين الأول – توصيف أنظمة المياه الجوفية

الغرض: تقدير الصلة بين فهم أنظمة المياه الجوفية وإستراتيجيات الإدارة

المدة: 30 دقيقة

النشاط: في 4 مجموعات، يناقش المشاركون كيف أن معرفة خصائص معينة لطبقات المياه الجوفية يمكن أن تحسن إدارة المياه الجوفية.

تقرير المجموعات: تقدم كل مجموعة جدولًا بخصائص طبقة المياه الجوفية المحددة وكيفية تحسين كل خاصية لإدارة المياه الجوفية.

المدرب: يشير إلى الخصائص غير المعروفة في الغالب ويحفز على مزيد من المناقشة استنادًا إلى تجارب المشاركين حول كيفية اتخاذ القرارات الإدارية في حال عدم توفر المعلومات المطلوبة.

التمرين الثاني – الإدارة المتكاملة للموارد المائية

الغرض: تقدير العلاقة بين إدارة المياه الجوفية والسطحية

المدة: 60 دقيقة

النشاط: في 3 مجموعات مناقشة التفاعل بين المياه الجوفية والمياه السطحية ومدى الصلة بإدارة التلوث وتخصيص المياه وتقديم توصيات حول كيفية إدارة المياه الجوفية والمياه السطحية معًا.

تقرير المجموعات: تقدم كل مجموعة توصياتها متبوعة بنقاش عام.

التمرين الثالث – إدارة المياه الجوفية

أداء الأدوار: تقوم مجموعة من المشاركين بأدوار مديري المياه على اختلافهم: على سبيل المثال مدير مياه المدينة، مدير المياه الوطني، ووزير المياه ويطرحون أسئلة على المختصين بالهيدروجيولوجيا حول موارد المياه الجوفية المتاحة.

تشرح مجموعات أخرى من المشاركين المتخصصين بالهيدروجيولوجيا كيفية توفير المياه المطلوبة من أنظمة طبقات المياه الجوفية والفوائد والمخاطر الرئيسة، كما يجب تخصيص أوضاع مختلفة لطبقات المياه الجوفية المختلفة لكل مجموعة من المتخصصين بالهيدروجيولوجيا.

النشاط: يهدف الحوار بين "المديرين" و"الهيدروجيولوجيين" إلى ضمان فهم كلا الجانبين لبعضهما بعضًا بشكلٍ صحيح وأن المديرين يحصلون على معلومات كافية لإدارة الموارد المائية.

الفصل الثالث. ممارسة الإدارة المتكاملة للمياه الجوفية

Chapter 3: Integrated Groundwater Management in Practice

أهداف التدريب

- اكتشاف العلاقة بين الضغط على نظام المياه الجوفية والاستثمار في الإدارة.
- تقدير الروابط بين المياه الجوفية والمياه السطحية وكيف يمكن إدارتهما معا.
- فهم دور المياه الجوفية في تخطيط إدارة المياه على المستوى الوطني ومستوى الأحواض.
- تقدير أهمية الإدارة الجيدة للمياه الجوفية لحماية النظام البيئي.

1.3 إطار نُظُم جريان المياه الجوفية

بخلاف المياه السطحية توجد المياه الجوفية في أحواض تحت سطح الارض، وتُعرَّف الحدود الطبيعية لحوض المياه الجوفية بخصائص جيولوجية معينة بشكل أنماط وتركيبات، على سبيل المثال (صدوع، شقوق، صخور غير منفذة متكشفة، وما إلى ذلك) تكونت نتيجة عمليات جيولوجية مختلفة مثل الحركات التكتونية وعمليات التحول والبراكين والترسيب والتعرية، وكما هو الحال في المياه السطحية يمكن أن يتكون حوض المياه الجوفية من عدد من الأحواض الفرعية المتصلة هيدروليكيًا، عليه تتطلب عملية تحديد حدود حوض المياه الجوفية أدوات متعددة.

تنتقل المياه الجوفية على طول مسارات الجريان ذات الأطوال المختلفة ناقلة للمياه من مناطق التغذية إلى مناطق التصريف، وبناءً على ذلك ظهر مصطلح "نظام الجريان" الذي يُعرِّف حدود النظام الهيدروليكي لوحدات إدارة المياه الجوفية.

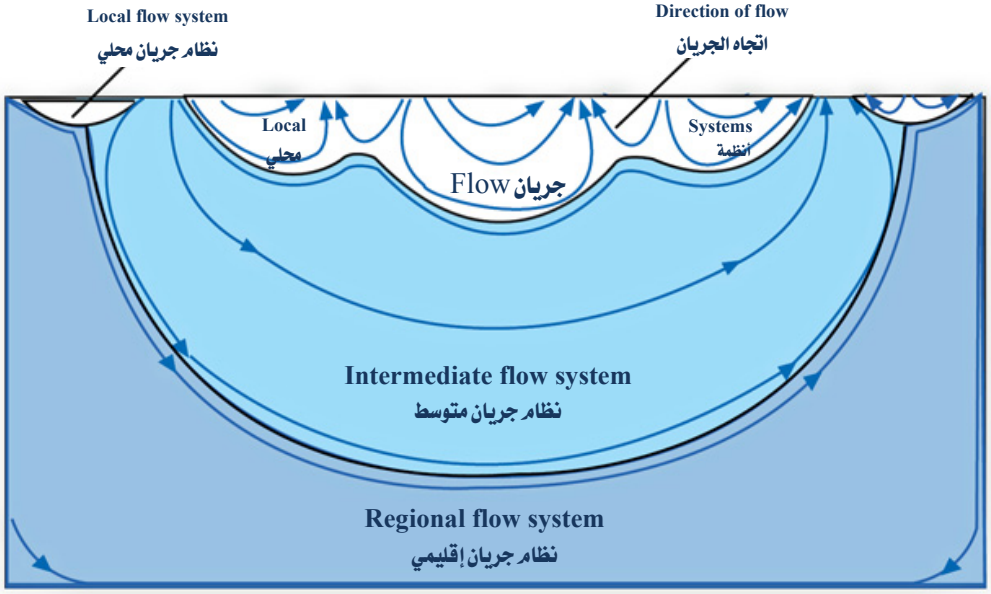
واستنادًا إلى الناقلية الهيدروليكية لمختلف الأجزاء أو الوحدات لنظام طبقة المياه الجوفية يتم إدارة حوض المياه الجوفية وفق إطار نظام الجريان وحساب التأثيرات أعلى المجرى وأسفله، ويُعرف نظام جريان المياه الجوفية بمنطقة التغذية ومنطقة التصريف ويتم فصلها عن أنظمة الجريان الجوفي الأخرى عن طريق خطوط تقسيم المياه الجوفية، حيث إنه في مناطق التغذية يكون الجريان إلى أسفل وفي مناطق التصريف يكون إلى الأعلى.

يمكن اعتبار مستويات مختلفة لإدارة المياه الجوفية حسب حدود نظام الجريان، ويمكن أن تعمل أنظمة الجريان الجوفي على واحدٍ من ثلاثة مستويات قياسية تُغطي بعضها بعضًا كما بالشكل(3.1) .

في أنظمة الجريان المحلي تكون مسارات الجريان الجوفي قصيرة نسبيًا (على سبيل المثال أقل من 5 كيلومتر) ويكون التصريف عادة في الأراضي المنخفضة المجاورة لمنطقة التغذية المرتفعة، في حين تمتلك أنظمة الجريان الإقليمية العميقة مسارات جريان أطول، حيث تفصل مناطق التغذية والتصريف عشرات أو مئات الكيلومترات، وفضلًا عن الجيولوجيا تؤدي الطبوغرافيا دورًا مهمًا في نطاق

أنظمة الجريان الجوفي، حيث تغلب أنظمة التغذية المحلية على مناطق التضاريس الطبوغرافية الحادة، في حين تتطور أنظمة الجريان الإقليمية في التضاريس المسطحة، ونظرًا إلى أن أنظمة الجريان المحلية هي الأضعف والأكثر ديناميكية فإنها تميل إلى أن يكون لها أكبر تفاعل مع خصائص المياه السطحية، ومع ذلك فإن الأجزاء المنخفضة من مساقط المياه يكون التصريف في أنظمة الجريان المتوسطة فيها إلى النطاق الإقليمي مميزًا.

وعليه فإن من الأفضل إدارة المياه داخل حدود أحواض الأنهار، ولهذا السبب هناك حاجة إلى تحديد الوضع الهيدروجيولوجي الكلي في الحوض، لأن الخصائص الهيدروجيولوجية قد تتغير عبر الحوض المائي، ويمكن أن يكون هناك العديد من أنظمة الجريان الجوفي المتطورة التي لديها القدرة على التفاعل مع الأنهار إما بشكلٍ مباشر أو غير مباشر.



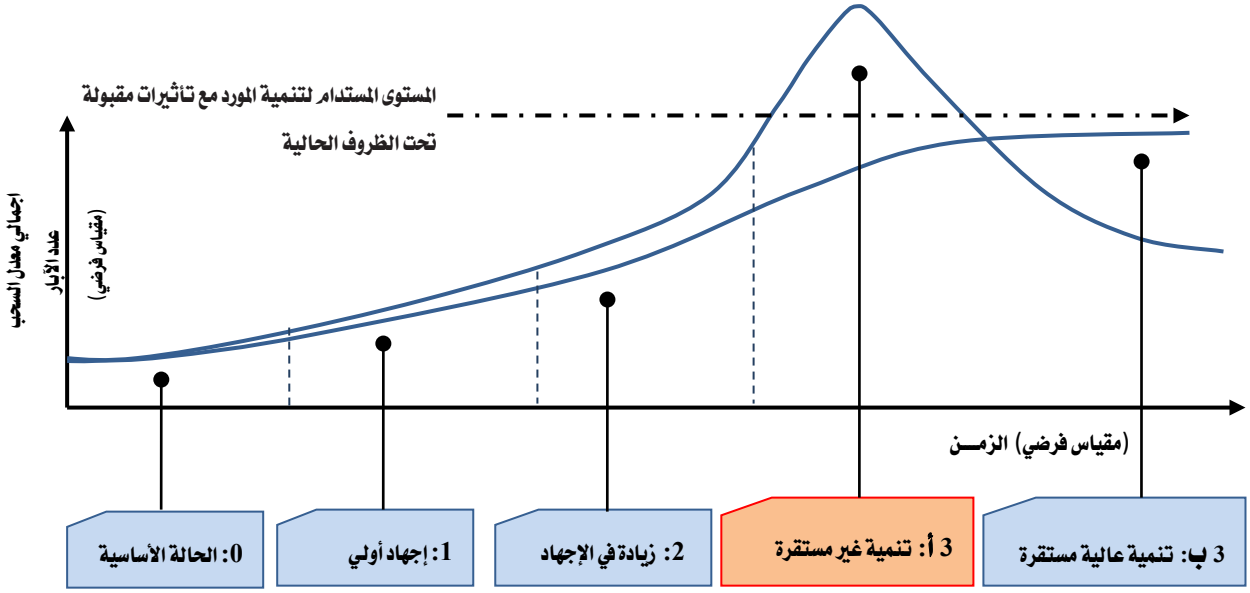
الشكل (3.1) أنظمة جريان المياه الجوفية بمقاييس مختلفة - محلية، وسيطة، وإقليمية (Toth،1963)

2.3 نهج لإدارة المياه الجوفية وممارسات الإدارة والحَوْكمة

تسعى الأساليب العملية في إدارة المياه الجوفية إلى:

1. الحفاظ على توازن معقول بين تكاليف الإدارة وفوائد أنشطتها وتدخلاتها.
2. مراعاة القابلية للتدهور في النظام الهيدروجيولوجي المعني، والمصالح المشروعة لمستخدمي المياه بما في ذلك النُّظُم البيئية المعتمدة على الجريان الأساسي أسفل النهر.

3. وضع التدخلات الإدارية الممكنة في سياق التطور الطبيعي لتنمية المياه الجوفية والتدخلات الخمس اللازمة للإدارة من أجل تطوير الموارد كما بالشكل (3.2) والجدول (3.1).



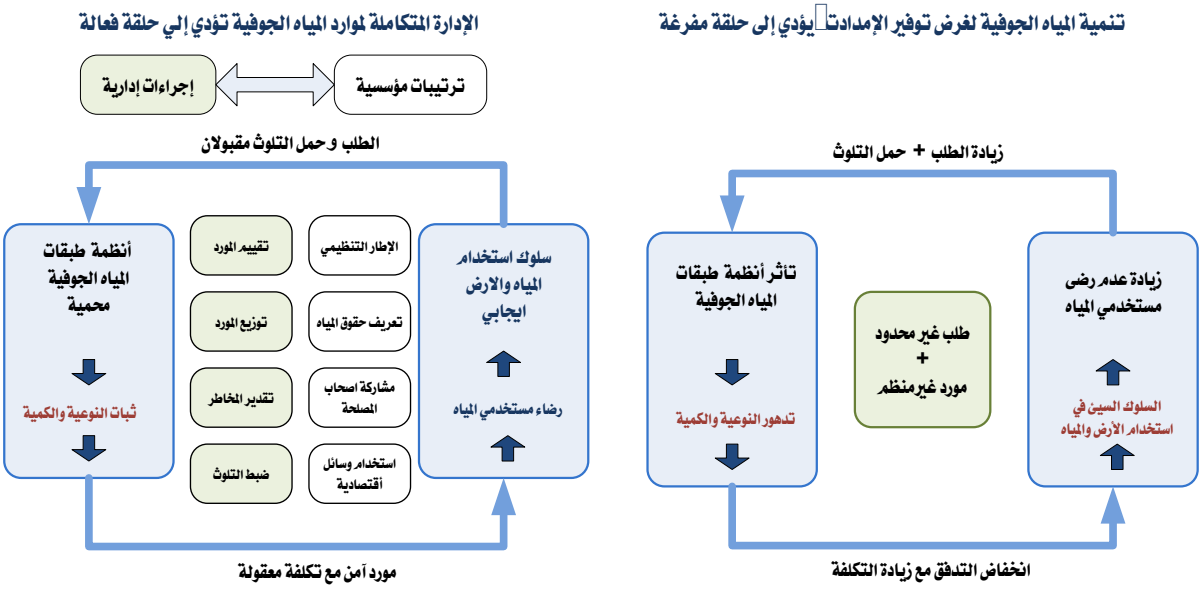
الشكل (3.2) مراحل تنمية المياه ا في طبقة المياه الجوفية (GW•MATE,2002-2006)

الجدول (3.1) شرح الشكل (3.2) مراحل تنمية المياه في طبقة المياه الجوفية والاحتياجات الإدارية المناظرة لها

	3 ب: تنمية عالية مستقرة	3 أ: تنمية غير مستقرة	2: زيادة في الإجهاد	1: إجهاد أولي	0: الحالة الأساسية
الوصف	معدلات سحب عالية ولكنها تحقق التوازن المطلوب بين مصالح المنتفعين المنافسة والاحتياجات البيئية	سحب مفرط غير منضبط مع تدهور للخزان الجوفي لا يمكن استرجاعه والنزاع بين المنتفعين	سحب سريع ومتزايد يؤثر في النظام الطبيعي والاعتماد الشديد لمختلف المنتفعين على المورد	تنامي السحب من الخزان الجوفي ولكن تنشأ بعض النزاعات المحلية على مستوى الآبار المتجاورة	المياه الجوفية متاحة وسهل الحصول عليها بنوعية مناسبة تفوق بكثير الطلب المتناثر
التدخل المطلوب	إدارة متكاملة للمورد مع مستوى عالٍ من الرقابة الذاتية من قبل المستخدمين مسترشدة بنمذجة لطبقة المياه الجوفية والمراقبة	مطلوب وضع هيكل تنظيمي مع إدارة الطلب والتغذية الاصطناعية في هذه الحالة التدخل مطلوب بشكل عاجل	مطلوب وضع هيكل تنظيمي يعتمد على تقدير شامل للموارد مع تقييم حساس لارتباطات الخزان الجوفي	يجب تطبيق أدوات إدارية بسيطة (على سبيل المثال تحديد المسافات المقبولة بين الآبار طبقًا لخصائص طبقة المياه الجوفية	مطلوب تسجيل آبار السحب والعيون المستغلة مع إعداد خرائط تبين وجود الموارد الصالحة للاستعمال

يمكن تحديد مستويات تنمية المياه الجوفية، والأخذ بعين الاعتبار القابلية لتدهور النظام الهيدروجيولوجي المعني والمصالح المشروعة لمستخدمي المياه في حالة السحب المفرط وغير المستدام، في الحالة (أ) والموصوفة بالشكل (3.2) بالتنمية غير المستقرة، والتي تعد شائعة على نطاقٍ واسع فإن معدل السحب الكلي (عادة ما يكون عدد الآبار المنتجة للمياه) سينخفض في نهاية المطاف بشكلٍ ملحوظ نتيجة لتدهور شبه نهائي لا رجعة فيه لنظام طبقة المياه الجوفية نفسها، ويلخص الشكل (3.2) تدخلات الإدارة اللازمة لخمس مراحل من تنمية مورد المياه الجوفية.

قد تكون الإدارة الشاملة للمياه الجوفية سابقةً لأوانها بالنسبة للبلدان التي ينصبُّ اهتمامها الأول على بناء الحد الأدنى من البنية الأساسية لإمدادات المياه الجوفية؛ لتلبية الاحتياجات البشرية الأساسية وبالنظر إلى الشكل (3.3) يتضح الفرق بين تنمية الموارد المائية الجوفية بغرض توفير الإمدادات المؤدي إلى حلقة مفرغة والإدارة المتكاملة لمورد المياه الجوفية المؤدية إلى حلقة فعالة.



الشكل (3.3) الفرق بين إدارة المياه الجوفية لغرض الإمداد والإدارة المتكاملة لموارد المياه الجوفية (GW•MATE,2002-2006)

3.3 وظائف إدارة المياه الجوفية

يمكن تصنيف تدخلات إدارة المياه الجوفية إلى ثلاث فئات:

1. وظائف الإدارة. 2. المدخلات الفنية. 3. الأحكام المؤسسية.

يوضح الجدول (3.2) مستويات وسائل وأدوات إدارة المياه الجوفية والتدخلات الضرورية لكل مرحلة من مراحل تنمية المورد لتطبيق نظم الإدارة، وفقًا لمستوى التنمية والإجهاد الهيدروليكي لطبقة المياه الجوفية.

الجدول (3.2) مستويات وظائف إدارة المياه الجوفية والتدخلات اللازمة لمرحلة معينة من تنمية الموارد

إدارة المياه الجوفية	مستوى تطور الوظيفة المقابلة (حسب مرحلة الإجهاد الهيدروليكي)			
	الوضع الأساسي	بعض الإجهاد	إجهاد كبير	تنمية غير مستقرة
وظائف الإدارة				
تخصيص الموارد	قيود تخصيص محدودة	منافسة بين المستخدمين	الأولويات المحددة للاستخدام الاستخراجي	التوزيع العادل للاستخدامات الاستخراجية والقيمة في الموقع
التحكم بالتلوث	عدد قليل من الضوابط على استخدام الأراضي والتخلص من النفايات	تقسيم الأراضي إلى نطاقات ولكن لا توجد ضوابط استباقيه	السيطرة على التلوث الجديد محدود المصدر / أو تحديد مواقع الآبار الجديدة في المناطق الآمنة	السيطرة على جميع النقاط ومصادر التلوث المنتشرة؛ لتخفيف التلوث الموجود
منع التأثيرات الجانبية	قلق بسيط من الآثار الجانبية	التعرف على الآثار الجانبية (قصيرة الأجل وطويلة الأجل)	التدابير الوقائية اعترافًا بالقيمة في الموضع	آليات لموازنة الاستخدامات الاستخراجية والقيم في الموقع
الأدوات الفنية				
تقييم المورد	معرفة اساسية عن الخزان الجوفي	نموذج مفاهيمي قائم على البيانات الميدانية	نماذج رقمية تعمل مع محاكاة سيناريوهات مختلفة	نماذج مرتبطة بدعم اتخاذ القرار وتستخدم للتخطيط والإدارة
تقييم الجودة	لا يلاحظ قيود على الجودة	تقلب الجودة تعد مشكلة في التخصيص	فهم عملية نوعية المياه	الجودة المتكاملة في خطط التخصيص
شبكات مراقبة الخزان الجوفي	لا يوجد برنامج مراقبة منتظم	رصد المشروع، وتبادل البيانات المخصصة	إنشاء روتين للمراقبة	برامج المراقبة تستخدم لقرارات الإدارة
الوسائل المؤسسية				
حقوق المياه	حقوق المياه العرفية	توضيح محلي من حين لآخر لحقوق المياه (عن طريق الدعاوى القضائية)	الاعتراف بأن التغييرات المجتمعية تتجاوز حقوق المياه العرفية	حق ديناميكي يعتمد على خطط الإدارة
الاحتياطات التنظيمية	تنظيم اجتماعي فقط	تنظيم مقيد (مثل ترخيص الآبار الجديدة والقيود على الحفر)	التنظيم الفعال والتنفيذ من قبل وكالة متخصصة	تسهيل ومراقبة التنظيم الذاتي لأصحاب المصلحة
تشريعات المياه	لا تشريعات	مناقشة إعداد قانون موارد المياه الجوفية	توفير قانوني للمؤسسات المستخدمة للمياه الجوفية	الإطار القانوني الكامل لإدارة المياه الجوفية
مشاركة اصحاب المصلحة	القليل من التفاعل بين المنظم ومستخدمي المياه	المشاركة التفاعلية وتطوير تنظيمات المستخدمين	مشاركة تنظيمات أصحاب المصلحة في هيكل الإدارة (على سبيل المثال، مجالس خزانات المياه الجوفية)	مشاركة المنتفعين والمنظمين في مسؤولية إدارة الخزان الجوفي
التوعية والتدريب	تعد المياه الجوفية موردًا لا نهائيًا ومجانيًا	مورد محدود (حملات للحفاظ على المياه وحمايتها)	سلعة اقتصادية وجزء من نظام متكامل	التفاعل والتواصل الفعال بين أصحاب المصلحة
أدوات التحليل الاقتصادي	بالكاد تلحظ التأثيرات الاقتصادية (الاستغلال مدعوم بشكل كبير)	رسوم رمزية فقط على ضخ المياه	إدراك القيمة الاقتصادية (تقليص واستهداف الدعم للوقود)	التسليم بالقيمة الاقتصادية (تعريفة مناسبة وزيادة إمكانية إعادة التخصيص)

4.3 دمج إدارة المياه الجوفية في إستراتيجيات الإدارة المتكاملة للموارد المائية

المياه الجوفية هي إحدى مكونات إستراتيجيات الإدارة المتكاملة للموارد المائية على الرغم من إهمالها في كثير من الأحيان كما تم توضيحه في الفصل الأول، وتعد الأركان الثلاثة الأساسية للإدارة المتكاملة للموارد المائية (الكفاءة الاقتصادية، والاستدامة البيئية، والعدالة الاجتماعية) هي الدوافع لإصلاح قطاع المياه بما في ذلك المياه الجوفية، كما تستعرض إستراتيجيات الإدارة المتكاملة للموارد المائية عدة أدوات للتغيير في مناطق مختلفة لمعالجة المشكلات في أنظمة إدارة المياه، وهنا أيضًا يتم التركيز على خيارات السياسة وعملية تخطيط الإدارة المتكاملة للموارد المائية على المستوى الوطني وخطط أحواض الأنهار وطبقات المياه الجوفية العابرة للحدود وبُعد النظام البيئي للإدارة المتكاملة للمياه الجوفية.

1.4.3 خيارات السياسة الرئيسية

ينبغي ألَّا تكون السياسة المتعلقة بإدارة المياه الجوفية منفصلة عن الموارد المائية الأخرى، على الرغم من أنه قد تكون هناك بعض السياسات خاصة فقط بسياق المياه الجوفية، وعليه:

- يجب أن يحدد النهج المتكامل لإدارة المياه الجوفية الأهداف الآتية:
  - زيادة الطلب على الموارد مع احتياجات الأنظمة البيئية المائية والأرضية وجريان المياه الأساسي في مجرى النهر العلوي.
  - الأخذ في الاعتبار العلاقات الثنائية الاتجاه بين سياسات الاقتصاد الكلي والأهداف الاجتماعية والبيئية الواسعة، وتنمية وإدارة موارد المياه الجوفية.
- التركيز على التكامل عبر القطاعات في تطوير السياسات والذي بدوره سيساعد على فرض القرارات من أجل الأولويات، على سبيل المثال في إمدادات مياه الشرب الأساسية يسمح التنسيق القطاعي الشامل بتمثيل مصالح المياه الجوفية في القطاعات غير المائية مثل إدارة استخدام الأراضي، علاوة على ذلك تطبيق العلاقة بين التصريح باستخراج المياه والتحكم في تصريف مياه الصرف الصحي.
- النظر في قيمة المياه باستخداماتها كافة؛ لدعم الاستخدام العادل والمستدام للمياه الجوفية، وكذلك علاقتها بسحب المياه السطحية.

ماذا لو لم يتصل أي نهر بنظام جريان المياه الجوفية؟

- ينبغي إيلاء اهتمام دقيق لترسيم حدود إدارة المياه الجوفية بما يتماشى مع الوضع الهيدروجيولوجي والحدود السياسية والإدارية وكذلك هياكل نظم إدارة أحواض الأنهار وما إلى ذلك، وقضايا واحتياجات إدارة الموارد المذكورة في الفصل الأول، مع اعتبار أن أهداف الإدارة، وكذلك المراقبة وإعداد التقارير تعمل على مستوى الحوض، كما يجب أن تميل وحدات إدارة المياه (كل من المياه السطحية والمياه الجوفية) للعمل على هذا المستوى؛ ليتم دمجها في خطط إدارة المياه، وكذلك تعمل أهداف جودة المياه (مراقبة أسفل الوادي وتقييم ملوحته) أيضًا في سياق الحوض.
- يجب معالجة اللامركزية والخصخصة ودور الحكومة بشكل ملائم.
- بناء وعي أصحاب المصلحة (من أسفل إلى أعلى) وتوفير المناخ القانوني والاقتصادي التمكيني (من أعلى إلى أسفل) لتعزيز إدارة المياه الجوفية.
- يجب أن تشارك إجراءات الطلب بشكل متساوٍ في الإستراتيجيات الفنية لإدارة المياه الجوفية في البيئات الحضرية والريفية الموضحة بالجدول (3.3) كأمثلة نموذجية لتدابير إدارة الطلب على استخدامات الري والمياه الحضرية.

الجدول (3.3) تدابير إدارة الطلب على استخدامات الري والمياه الحضرية (GW•MATE,2002-2006)

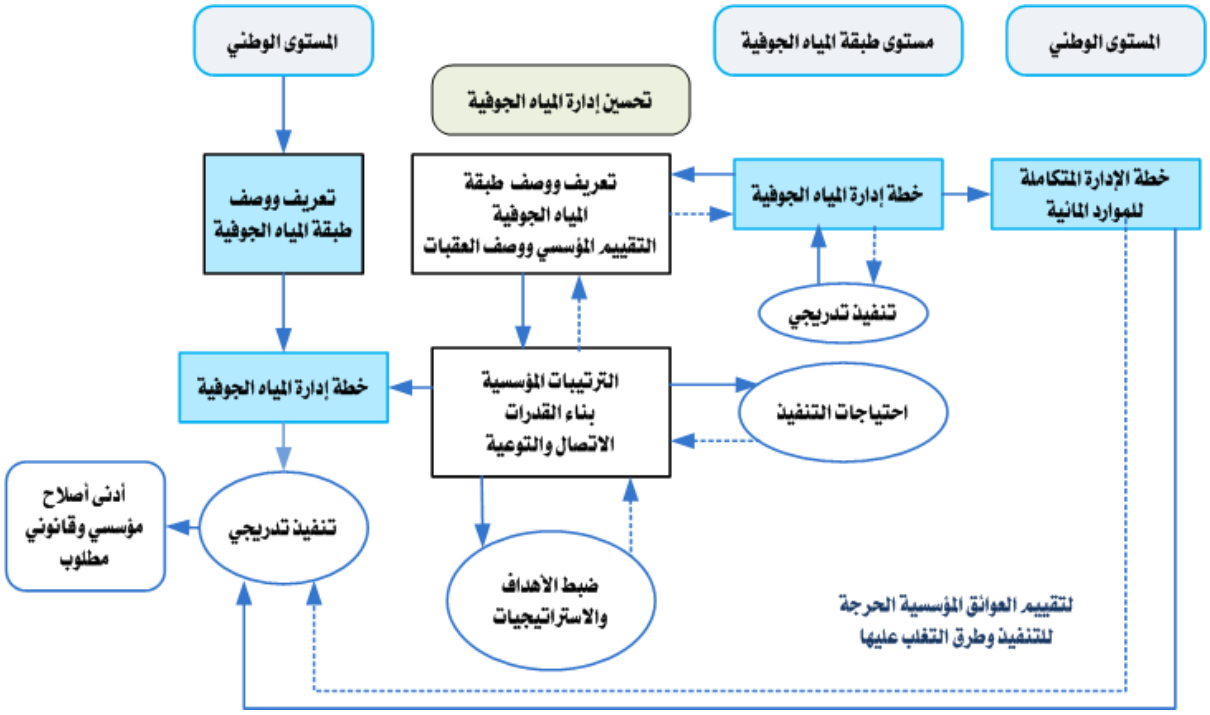
مستوى العمل	تدخلات إدارية لجانب الطلب	إجراءات هندسية لجانب الإمداد
الزراعة المروية	مدخرات مياه حقيقية مؤمنة في جزء من: ▪ شبكات توزيع مياه ذات ضغط منخفض. ▪ الترويج لتغيير المحصول و/أو تقليل المساحة المروية ▪ الهندسة الزراعية للحفاظ على المياه	▪ تقنيات حصاد المياه المحلية ▪ منشآت مناسبة لتحسين التغذية، إما بتجميع الجريان السطحي المحلي أو أحيانًا مع تحويل المياه السطحية
الخطوط الرئيسة للشبكة بالمراكز الحضرية	مدخرات مياه حقيقية أحيانًا يمكن تأمينها من: ▪ تخفيض التسرب من الخطوط الرئيسة للشبكة و/أو ترشيد استخدام المياه ▪ تقليل الإسراف في الماء (ري الحدائق، غسيل السيارات)	▪ إعادة تدوير واستخدام مياه الصرف الحضرية (مشتملة على التغذية للخزان الجوفي المتحكم بها و/أو تلك التي تحدث عرضيًّا من خلال تعزيز خدمات الصحة العامة بالمكان وشبكات المجارير الرئيسة)

2.4.3 المياه الجوفية في التخطيط الوطني للإدارة المتكاملة للموارد المائية

أحيانًا تكون خطط إدارة المياه الجوفية المنفصلة ضرورية لطبقات المياه الجوفية الكبيرة ذات الأهمية الاقتصادية، وبالرغم من ذلك يجب أن تُجمع مع خطط المياه السطحية؛ لوضع خطة وطنية لإدارة الموارد المائية المتكاملة وخطة للحوض

- يمكن تطوير مكون المياه الجوفية في الخطط الوطنية للإدارة المتكاملة للموارد المائية من خطط معينة لإدارة طبقات المياه الجوفية كما هو موضح في الشكل (3.5)، حيث يجب جمع المعلومات المتاحة عن طبقات المياه الجوفية الوطنية، وتصنيف أنظمة المياه الجوفية وفقًا لخصائصها الهيدروجيولوجية وقضايا إدارتها وتحديد النقاط المهمة الخاصة بها، ويمكن تحسين هذه العملية بالاستعانة بمعلومات على مستوى طبقة المياه الجوفية المحلية، والتي بدروها ستيسِّر تقييم احتياجات إدارة المياه الجوفية على المستوى الوطني.
- يتضح أيضًا أنه لا يمكن التعامل على مستوى إدارة المياه المحلية مع قضايا مثل تعديل السياسة الوطنية للإنتاج الغذائي وإعادة استهداف عمليات حفر الآبار أو ضخ المياه، حيث تتطلب هذه القضايا اتخاذ القرارات على المستوى الوطني بالتركيز على الآتي:
  - تقييم الإطار القانوني والمؤسسي.
  - تقييم القدرات التقنية والمؤسسية المتاحة.
  - تقييم الإرادة السياسية والعوائق.
  - إعداد خارطة طريق عملية تشتمل على بناء القدرات عند الحاجة لذلك.
- يجب تطوير خطة وطنية لتنمية المياه مع جميع أصحاب المصلحة كعنصر من عناصر الخطة الوطنية لإدارة ومعالجة قضايا الموارد المائية، مع اعتبار الأنشطة ذات الصلة بالمياه الجوفية، وتتمثَّل في:
  - اتخاذ تدابير فنية وإدارية زراعية لتحسين كفاءة استخدام المياه في الري والتي بدورها تؤدي إلى توفير حقيقي للمياه.
  - استدامة الموارد تعد قضية أساسية لمشاريع الإمداد بمياه الاستخدام الحضري وتطوير الري لذا يجب اتخاذ إجراءات لحماية المياه الجوفية والحفاظ عليها.
  - استخدام مياه الصرف الصحي الحضرية المعالجة كمورد إضافي للزراعة المروية، مع الاهتمام بمخاطر تلوث المياه الجوفية ذات الصلة والمخاطر الصحية.

- المبادرات الرامية إلى تعزيز تغذية طبقات المياه الجوفية وفقًا لتقنيات حصاد مياه الأمطار تتسم بفعالية من الناحية التقنية والاقتصادية ومنصفة فيما يتعلق بالفوائد.
- اعتبار بُعد المياه الجوفية في تخطيط استخدام الأراضي وذلك لتوجيه التغيرات في استخدام الأراضي لصالح جودة المياه الجوفية.



الشكل (3.5) عملية تخطيط إدارة المياه الجوفية وتنفيذها (GW•MATE,2002-2006)

- ينبغي أن تكون عملية تخطيط موارد المياه الجوفية ديناميكية ومتكررة، وتسمح بالتفاعل والتعلم والمراقبة بين طبقة المياه الجوفية المحلية والمستويات الوطنية، وهذا بدوره سيسمح بالتنفيذ بشكل متزامن لتدابير الإدارة العملية حينما تكون مطلوبة بشكلٍ كبير، مع عدم إغفال الصورة الأكبر والتعامل بحكمة مع فجوات المعلومات والشكوك، ولا غنى عن نموذج مفاهيمي للجريان الجوفي ونظام الجودة، وتقييم تأثير النشاط البشري من أجل الإدارة الفعالة وحماية طبقات المياه الجوفية، كما ينبغي ألَّا يكون عدم وجود بيانات كاملة ذريعةً لعدم إنجاز العمل، حيث يمكن القيام بالكثير بدون وجود قاعدة بيانات شاملة، فملء فجوات المعلومات الرئيسة يمكن أن يصبح في الواقع جزءًا من عملية مراقبة الإدارة.

- سواء في طبقة المياه الجوفية أو على المستوى الوطني يجب اعتبار خطة إدارة المياه الجوفية "**خارطة طريق**" لتوجيه التغيرات المطلوبة للانتقال من إدارة المياه الجوفية إلى الإدارة المتكاملة لموارد المياه الجوفية وتسريع تنفيذها بتحديد الأهداف بوضوح وكذلك طرق تحقيقها.

3.4.3 التخطيط المتكامل للحوض

لا يمكن تنفيذ تخطيط المياه الجوفية في حوضٍ ما بمعزل عن تخطيط المياه السطحية أو خطط التنمية الاجتماعية والاقتصادية للحوض، ويجب التركيز على الآتي:

- عدم وجود مخطط نموذجي لخطط الأحواض المتكاملة مناسب لجميع الحالات، عليه قد تكون الخبرة الدولية التي تم تلخيصها في الجدول **(3.4)** مفيدة في تحديد العناصر الأساسية لخطة الحوض وينبغي التأكد من أن الخطة تعالج جميع الموارد المائية للحوض وليس فقط المياه السطحية.

الجدول (3.4) قائمة مراجعة لوضع خطط إدارة المياه الجوفية (GW•MATE,2002-2006)

	حالة المياه الجوفية والخدمات المطلوبة	خصائص تقييم الجودة وخصائص الخدمات المطلوبة
تحليل الوضع	ترتيبات الإدارة الحالية	▪ أحكام مؤسسية ▪ توزيع المياه واستخدامها ▪ مراقبة الشبكات ▪ القدرة المؤسسية
اختيار الإستراتيجية	خيارات الإدارة المستقبلية / الإصلاح	▪ تحليل اقتصادي ▪ تعريف الخيارات
التنفيذ	برنامج التنفيذ	▪ مشاركة المستخدم / أصحاب المصلحة ▪ رصد ومراجعة المتطلبات ▪ التحليل الاقتصادي / المالي ▪ نظام معلومات
التقييم	تقييم التقدم & مراجعة الخطة	▪ تقييم الموارد المائية ▪ كفاءة استخدام المياه ▪ النزاعات ▪ استرداد التكاليف ▪ الأدوات التنظيمية

- تعد قيادة فريق متخصص في حوض النهر متعدد الاختصاصات (خبراء هيدروجيولوجيين، ومهندسون بيئيون، واقتصاديون، وعلماء اجتماع، وقانونيون) شرطًا أساسيًّا لخطة موارد مياه جوفية متوازنة والتي سوف:
  - تستند إلى مبادئ علمية وتكنولوجية سليمة.
  - توصي بخيارات الإدارة المجدية اقتصاديًّا.
  - تكون مستدامة بيئيًّا ومقبولة اجتماعيًّا وقابلة للتنفيذ من الناحية المؤسسية.
- ينبغي أن يكون التخطيط والتنفيذ مترابطين بشكل وثيق، عليه لا بد من إعداد خطة إدارة موارد المياه الجوفية في مراحل متتابعة، تبدأ من نسخة المسوَّدة الأولى التي يجب تقييمها في ضوء العوائق المؤسسية المحتملة للتنفيذ، واتخاذ إجراء واحد أو أكثر لتحسين إدارة موارد المياه الجوفية ولإعداد نُسَخ لاحقة أكثر واقعية، وهذه الإجراءات تتمثل في:
  - تعزيز الترتيبات المؤسسية.
  - إنشاء برامج بناء القدرات.
  - إعداد حملات التعليم العام.
  - تحسين معلومات موارد المياه الجوفية واستخدامها.
  - التأكد من أن الهدف قابل للتحقيق وأن إستراتيجيات التنفيذ واضحة.
- يجب أن توافق السلطة المختصة على الصيغة النهائية للخطة، وأن تكون ملزمة لكل من إدارة ومستخدمي موارد المياه الجوفية دون المساس بالمراجعات والتحديثات الدورية على فترات زمنية يحددها التشريع ومن ثَمَّ تنفيذ الخطة تدريجيًّا، كما ستؤدي الدروس المستفادة من عملية التنفيذ إلى خطط مستقبلية أفضل.
- من البداية يجب اتباع أسلوب الإدارة المتكاملة للموارد المائية من خلال التركيز على المشاكل الحقيقية ومعالجتها بطريقة مباشرة، حيث يقدم الجدول (3.5) أمثلة لبعض المشاكل لإدارة المياه الجوفية ولكن بطبيعة الحال سوف تكون هناك مشكلات أيضًا في إدارة المياه السطحية، وحسب ما تقتضيه المصلحة يجب دمج الحلول في تخطيط المياه الجوفية وإدارتها، ويمكن لمختلف أصحاب المصلحة أخذ زمام المبادرة من نقاط دخول محددة، حتى قبل اكتمال الخطة ووفقًا

للقضية المطروحة، كما يمكن أن تساعد عملية تحديد الأهداف الأولية القابلة للتحقيق بسهولة على تأمين فوائد واضحة على المدى القصير في جلب الدعم السياسي للتنفيذ.

- على مستوى طبقة المياه الجوفية، فإن الجهات الفاعلة الرئيسة في تخطيط موارد المياه الجوفية هم مستخدمو المياه الجوفية أنفسهم وأصحاب المصلحة المحليون؛ وذلك لمعرفتهم واطلاعهم على القضايا المطروحة كافة، ويجب الأخذ في الاعتبار أن المشاركة الاجتماعية وحدها لا تكفي لإدارة مستدامة للمياه الجوفية؛ حيث تكون هناك حاجة للحكومة لتسهيل نهج تكميلي من أسفل إلى أعلى ومن أعلى إلى أسفل.

الجدول (3.5) نقاط الدخول للجهات الفاعلة الرئيسة في تخطيط إدارة المياه الجوفية وتنفيذها

قضايا المياه الجوفية الرئيسية
التنمية الريفية ▪ **الوصول الاقتصادي:** الحاجة إلى معلومات هيدروجيولوجية سليمة لضمان استثمار المياه الجوفية بتكلفة مقبولة. ▪ **موثوقية الإمداد التشغيلي:** الحاجة إلى معايير متماسكة مبرمجة، وتصاميم مناسبة، وتشغيل وصيانة، وترتيبات مالية كافية. ▪ **نضوب طبقة المياه الجوفية:** الحاجة إلى معرفة التحكم في استخراج المياه الجوفية لتجنب التداخل بين الآبار، وتأثيرات الجريان أسفل النهر، والأراضي الرطبة ذات المياه العذبة أو البحيرات قليلة الملوحة، وتداخل المياه المالحة أو هبوط الأراضي. ▪ **تلوث المياه الجوفية المنتشر:** الحاجة إلى التحكم في تلوث طبقات المياه الجوفية وحماية مصادر المياه الجوفية من خلال تخطيط ومراقبة استخدام الأراضي.
التنمية الحضرية ▪ **لا يتم التحكم بشكلٍ كافٍ في سحب المياه الجوفية العميقة داخل المدينة:** احتياطي المياه الجوفية العميقة واستخدامها للأغراض الحساسة، وتشجيع استخدام المياه الجوفية الضحلة للاستخدامات الغير حساسة. ▪ **لا يتم التحكم بشكلٍ كافٍ في سحب المياه الجوفية العميقة حول المدينة:** احتياطي المياه الجوفية ذات الجودة العالية واستخدامها لأغراض الإمداد لغرض الشرب، واستبدال مياه الصرف الصحي المعالَجة أو المياه الجوفية الضحلة للري. ▪ **حمولة المواد الملوثة التحت سطحية المفرطة:** تحديد منطقة حماية المصدر للتحكم من أجل أولوية تحميل الملوثات إلى حقول الآبار البلدية، والتخطيط لمعالجة مياه الصرف الصحي، مع مراعاة جودة المياه الجوفية. ▪ **الرشح الحضري الزائد:** الحد من الرشح عن طريق التحكم في التسرب الرئيس وتسرب الصرف الصحي في الموقع من خلال تركيب المجاري الرئيسة، وزيادة استخراج المياه الجوفية الملوثة الضحلة للاستخدامات غير الحساسة.

5.3 نهج لطبقات المياه الجوفية العابرة للحدود

- لا يوجد سوى أمثلة محدودة حتى الآن للتعاون الدولي في إدارة موارد المياه الجوفية المشتركة، على الرغم من الاعتراف بشكل متزايد بأن هذا التعاون مفيد، ويجب إضفاء الطابع المؤسسي عليه إذا ما أريد تجنب النزاعات، كما أن الجهود المبذولة لتطوير القواعد القانونية الدولية حول هذا الموضوع لا تزال حديثة، ولا تمتد في الغالب إلى التخطيط للمياه الجوفية في حد ذاتها.
- في حالة الموارد المائية الجوفية الدولية لا يمكن اعتماد نهج موحد في ظل ظروف معينة، على سبيل المثال الاستثمار في احتياطيات المياه الجوفية غير المتجددة يكون من المستحسن وضع خطة دولية لموارد المياه الجوفية تتضمن "**إستراتيجية الخروج من النضوب**"، مع اعتبار أن آثار تنمية المياه الجوفية الأصغر حجمًا– مثل الإمدادات الريفية وإمدادات المياه في المدن الصغيرة– لن يكون لها تأثير كبير على المستوى المحلي، لذا لا تكون هناك حاجة إلى خطة لنظام طبقات المياه الجوفية على المستوى الدولي.

الجدول (3.6) مستويات وتطور الآليات المؤسسية الدولية لتخطيط موارد المياه الجوفية وإدارتها

مستوى التعاون	الآليات المؤسسية		
	النوع	الوظيفة	المشاركة في التخطيط
أولي	شبكة تبادل البيانات من الوكالات الوطنية التي تنسقها مؤسسة محايدة	إدارة قاعدة بيانات ونماذج طبقة المياه الجوفية	يساهم بالمعلومات الضرورية، لكن التخطيط لا يزال وظيفة وطنية
متوسط	اللجنة الفنية مع الأمانة	إدارة قاعدة بيانات ونماذج طبقة المياه الجوفية وإعداد الاستراتيجيات والخطط والتدابير الممكنة	يوصي بالخطة ولكن القرار بشأن الموافقة يكون من الحكومات الوطنية
عالي	اللجنة المشتركة مع الأمانة	إدارة قاعدة بيانات ونماذج طبقة المياه الجوفية، واعتماد الإستراتيجيات والخطط والتدابير والموافقة على تدابير تنمية الموارد	يتم اتخاذ القرارات المستقلة بشأن الخطط من اللجنة نفسها، وهي ملزمة للدول الأعضاء، ويتم دعمها بقوة من قبل مؤسسات الحكومات الوطنية

- يمكن اختيار آليات مؤسسية مختلفة لتخطيط موارد المياه الجوفية الدولية وإدارتها، اعتمادًا على المستوى الحالي للتعاون بين الدول المعنية كما هو مبين بالجدول (3.6) وحول نوع القضايا التي يجب معالجتها وأولوياتها، هذا وتجدر الإشارة إلى أن الآلية المؤسسية قد تتطور من اتفاقية بسيطة للتعامل وتبادل البيانات إلى حوض نهر دولي أو لجنة متخصصة في طبقات المياه الجوفية، ومنها تتخذ قرارات مستقلة لمصلحة الدول الأعضاء، ويتوقع أن يكون لهذه الآلية الأخيرة دعم قوي من الحكومات الوطنية.

6.3 المياه الجوفية والبيئة

1.6.3 أنواع النظم البيئية التابعة للمياه الجوفية

أعطِ مثالًا على النظام البيئي المتدني المعتمد على المياه الجوفية في بلدك.

الوضع الجيومورفولوجي يمثل إحدى طرائق تصنيف الأنظمة البيئية ذات الصلة بالمياه الجوفية، على سبيل المثال البيئات المائية والأراضي والشواطئ وما إلى ذلك، وآلية جريان المياه الجوفية المرتبطة بهم سواء كانت عميقة أم ضحلة كما هو مبين بالشكل (3.6) ويمكن وصفها وفقًا للآتي:

أ. نظام بيئي للأراضي الرطبة في المناطق القاحلة

يعتمد على نظام جريان المياه الجوفية العميق مع تغذية حديثة محدودة، كما أن الجريان من خزانات جوفية غير متجددة.

ب. نظام بيئي للأراضي الرطبة في المناطق الرطبة

نظام بيئي فردي يكون معتمَدًا أو يستخدم مياهًا جوفيةً من أعماق مختلفة في نظام جريان خزان جوفي متعدد الطبقات.

ج. النظام البيئي المائي لقاع المجرى في المناطق الرطبة

هو نظام بيئي متغير على طول الأجزاء العليا من النظام النهري الذي يتم تغذية جزء منه بصرف المياه الجوفية الدائم، وبجزء آخر يتم تغذيته بجريان المياه الجوفية المتقطع.

د. نظام بيئي للبحيرات الساحلية

يعتمد على المياه شبه المالحة الناجمة عن اختلاط المياه الجوفية مع مياه البحر نتيجة للمد العالي جدًّا.

هـ. نظام بيئي أرضي في المنطقة القاحلة

هو نظام بيئي لمناطق السافانا تعتمد فيه الجذور العميقة للأشجار والشجيرات التي تتجاوز مستوى المياه الجوفية أو الحد الشعري، كما أن التوزيع محدد بالسُّمْك ودرجة تماسك الرواسب في مناطق التهوية.

فضلًا عن المرتفعات، والمياه السطحية، والمستنقعات التي تُشكِّل على نطاق واسع مناطق تغذية للمياه الجوفية الطبيعية، والتي يجب أن تُدرج، حيث يمكن أن تُهدّد سلامتها من خلال سحب المياه الجوفية المفرط، على الرغم من الشكوك فيما إذا كانت هذه النُّظم البيئية معتمدة على المياه الجوفية بشكل كبير.

ما الذي يمكن فعله لحماية النظم الإيكولوجية المعتمدة على المياه الجوفية؟

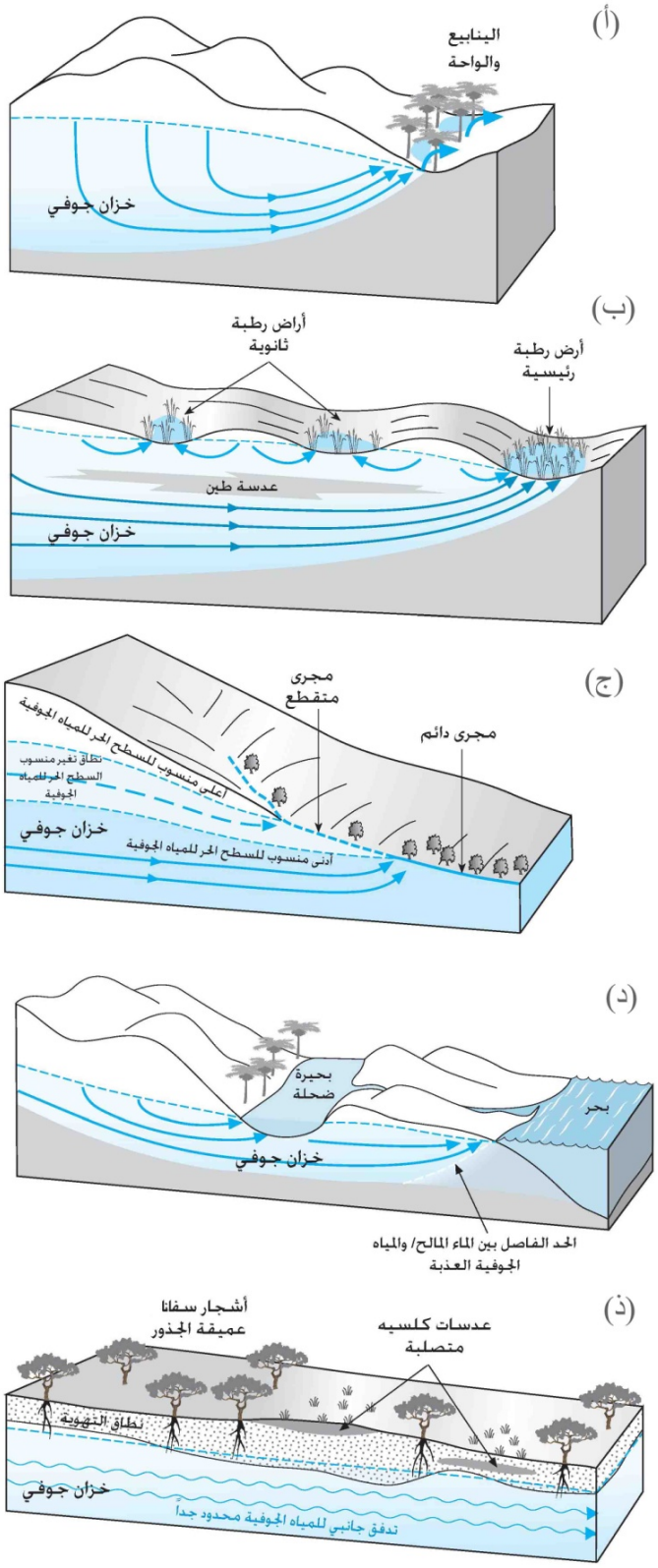
النظم البيئية ذات الصلة بالمياه الجوفية إما مباشرة من خلال زيادة سحب المياه الجوفية، أو بشكل غير مباشر من خلال زيادة حمولة المياه الجوفية الملوثة التي تتأثر بزيادة التنمية الزراعية والحضرية، وعليه فإن إحدى القضايا المهمة فيما يتعلق بتنفيذ إدارة المياه الجوفية هي حماية النظم البيئية التي تعتمد على المياه الجوفية.

2.6.3 المياه الجوفية والإدارة البيئية

من الأهمية أن تأخذ إدارة المياه الجوفية في الحسبان تفاعل النُّظُم البيئية مع المياه الجوفية، حيث إن الاعتبارات التي يجب مراعاتها في إدارة المياه الجوفية مماثلة لإدارة المياه السطحية وفقًا لما يأتي:

- التحكم في السحب والتخصيص عن طريق تضمين معايير للحفاظ على مستويات المياه الجوفية والحفاظ على جودة المياه الجوفية لتلبية متطلبات مستقبل النظام البيئي، مع اعتبار نشوء جدل حول التوازن بين تحسين سبل المعيشة الريفية والحفاظ على صحة النظام البيئي.

- إدخال مناطق حماية في مستجمعات المياه لحماية النظم البيئية للأراضي الرطبة من خلال ضمان جودة الجريان الجوفي الضحل إلى الأراضي الرطبة؛ للحدِّ من درجة تأثير منسوب المياه الجوفية .
- تغذية المياه الجوفية اصطناعيًّا لتكميل جريان المياه الجوفية وتحسين نوعيتها على مناطق مستهدفة من أجل حفظ صيانة الأراضي الرطبة، أو حتى ضخ جريانات تعويضية من طبقات المياه الجوفية إلى الأراضي الرطبة عندما تنخفض مناسيب المياه الجوفية إلى ما دون المستوى الحرج.



الشكل رقم (3.4) الأنواع الرئيسة للنُّظُم البيئية المرتبطة بالمياه الجوفية وأنظمة جريان المياه الجوفية المصاحبة لها (GW•MATE,2002-2006)

7.3 الخلاصة

- تميل الظروف الهيدروجيولوجية والاجتماعية الاقتصادية إلى أن تكون محددة نوعًا ما مكانيًّا.
- يجب أن تدار المياه السطحية والمياه الجوفية كمورد واحد في حال ارتباطهما.
- يجب أن تعد أنظمة التخصيص التفاعل بين المياه السطحية بما في ذلك حالات الفيضانات وعلاقتها بالمياه الجوفية ما لم يثبت خلاف ذلك.
- غالبًا ما يبدأ التقدم نحو نهج أكثر تكاملًا واستدامة في مجال المياه، بإجراءات معالجة معينة للتحديات الضاغطة والمؤثرة بشكل أساسي على المياه، على الرغم من أن هذه الإجراءات قد تكون ناشئة عن الحاجة إلى مواجهة تحدٍّ معين، لكنها تكون مفيدة في معالجة تحديات المياه والتنمية المستقبلية بطريقة أكثر تكاملًا.
- ترتبط القضايا التي تقود التغيير في إجراءات إدارة المياه بشكل كبير بالطريقة التي تتم بها إدارة تنمية المياه (الريفية/ الحضرية)، وعليه فإن إدارة تنمية المياه لأغراض مختلفة هي نقطة دخول رئيسة لممارسة إدارة موارد المياه الجوفية.
- إن إشراك أصحاب المصلحة الرئيسين هو مبدأ مهم لوضع نهجٍ فعال ومُستدام للإدارة.
- إن الحاجة إلى بناء القدرات، سواء بين سلطات الموارد المائية أو مستخدمي المياه هي المحرك الرئيس لتنفيذ تدابير الإدارة.

تمـــرين

أداء الدور: 90 دقيقة

الخلفية:

أنتم موظفون بمنظمة حوض النهر ومسؤولون عن تطوير خطة حوض النهر، ويتم تنمية حوض النهر بشكلٍ جيد مع الزراعة التجارية واثنين من المراكز الحضرية مع الصناعة، وهناك مجتمعات موزَّعة بشكل متفرّق، مع العلم بأن النهر موسمي، وكثير من الناس يستخدمون المياه الجوفية ولكن توافر المياه الجوفية غير مفهوم جيدًا، كما يعتمد البنك التجاري على الدخل من بيع الموارد المائية لعملياته، وعليه تكون لديه ميزانية محدودة.

المهمة:

يحدَّد ثلاثة أشخاص هم: الرئيس التنفيذي ونائبان، يكونون مسؤولين عن قيادة المجموعة والتأكد من اكتمال المهمة، وما تبقَّى من المشاركين هم فريق الدعم (مهندسون، هيدروجيولوجيون، مراقبون، مختصون، ماليون، السيطرة على التلوث ومخططون).

في نهاية الوقت المخصص يجب أن تقدم:

أ) صفحة محتويات المسودة للخطة التي تلبّي المُثُل العليا لنهج الإدارة المتكاملة للموارد المائية وتدمج بوضوح المياه الجوفية وموارد المياه السطحية.

ب) وصف عملية جمع المعلومات لتقديم خطة للحوض.

الفصل الرابع. تشريعات و لوائح تنظيم المياه الجوفية

Chapter 4: Groundwater Legislation and Regulation

أهداف التدريب

- **تقدير الحاجة إلى تشريع للمياه الجوفية وتكاملها مع تشريعات المياه السطحية.**
- **فهم المكونات الرئيسة لتشريعات المياه.**
- **النظر في الترتيبات المؤسسية لإدارة المياه الجوفية.**

1.4 لماذا سُنَّت تشريعات المياه الجوفية؟

هناك حاجة لتشريعات خاصة بالمياه الجوفية؛ من أجل تنظيم تنميتها والحدِّ من الأنشطة التي قد تؤثِّر سلبًا على توافرها ونوعيتها، ومن أجل معالجة المنافسة المتزايدة والصراع بين مستخدمي المياه الجوفية، والحدِّ من زيادة خطر تلوثها، ويوجد في بعض البلدان العديد من الأدوات القانونية المختلفة التي تحكم المياه، أما في بلدان أخرى فقد لا يكون هناك تشريعات على الإطلاق، وقد أدت الإصلاحات الرامية إلى تلبية الحاجة إلى استخدام أكثر استدامة للموارد المائية المحدودة، إلى القيام بالكثير من المعالجات للعديد من المشكلات المتعلقة بحوكمة المياه، ولكن في الغالب لا يتم التعامل مع المياه الجوفية بشكل مناسب في تشريعات الموارد المائية، أو قد تعاني من مشاكل الأحكام التشريعية المتفرقة (والمتعارضة في بعض الأحيان).

لقد أصبح من المعترف به بشكل متزايد أن المياه الجوفية والمياه السطحية تؤثر على بعضها بعضًا، كما أن تكامل الأحكام القانونية المتعلقة بالموارد المائية يعد أمرًا ضروريًّا، وبذلك يوفر التشريع المتكامل أساسًا قانونيًّا للإدارة الفعالة والمستدامة للمياه الجوفية والمياه السطحية من خلال:

- إرشادات ومحددات الممارسة للسلطات العامة.
- اشتراطات التقدير الكمي والتخطيط والتخصيص لموارد المياه الجوفية والحفاظ عليها، بما في ذلك حقوق استخراج المياه واستخدامها.
- نظام تراخيص لتصريف مياه الصرف الصحي يساعد على حماية المياه الجوفية من التلوث.
- تحديد حقوق مستخدمي المياه الجوفية وواجباتهم.
- حماية حقوق الاستخدام وحقوق الأطراف الأخرى والبيئة.
- متطلبات تسجيل ومؤهلات مقاولي حفر الآبار.
- التدخل الإداري في الحالات الحرجة المحتمل مثل: استنزاف طبقة المياه الجوفية، أو الجفاف، أو التلوث.
- تمكين التفاعل والتعاون بين مديري المياه الجوفية ومستخدمي المياه الجوفية.

2.4 المفاهيم القانونية الأساسية

خلال السياق الحالي من المهم ملاحظة أن مفهوم "**التشريع**" يختلف عن مفهوم "**القانون**" كما بالجدول (4.1)، حيث إن التشريع هو قانون مكتوب يصدر بموجب الإجراءات المنصوص عليها في الدستور، في حين أن القانون يغطي كلًّا من التشريعات والقواعد غير المكتوبة والنابعة من العرف.

الجدول (4.1) ملخص للمفاهيم القانونية الأساسية ونطاق تشريعات المياه (GW•MATE,2002-2006)

القانون العرفي (غير المكتوب)	يقوم القانون العرفي على: ▪ تكرار ثابت لسلوك معين من قبل العديد من أعضاء المجتمع. ▪ اقتناع المجتمع بأن مثل هذا السلوك يتوافق مع قاعدة قانونية ما.
التشريع (القانون المكتوب)	التشريعات التي تضع في الحسبان العرف كسلوك اجتماعي مقبول، تشتمل على الآتي: ▪ القانون الأساسي أو دستور البلاد. ▪ القوانين التي تسنها الهيأة التشريعية (البرلمان، الجمعية الوطنية). ▪ التشريعات الفرعية (المراسيم أو القرارات أو الأدوات التي يعتمدها الجهاز التنفيذي للحكومة). ▪ لا يجوز للقوانين التي تسنها الهيأة التشريعية إلغاء الأحكام الدستورية، وعليه لا يجوز إلغاؤها أو نقضها بموجب تشريع فرعي.
تشريعات المياه	تهدف إلى تنظيم العلاقة بين الأشخاص (الطبيعيين والاعتباريين) وبين الشعب وإدارة الدولة بشأن الموارد المائية، كما تشمل جميع الأحكام القانونية المتعلقة بتطوير واستخدام وحماية وإدارة موارد المياه الجوفية التي قد تكون إما مبعثرة في العديد من التشريعات أو متضمنة في قانون شامل للمياه.

3.4 تطور تشريعات المياه الجوفية

تطورت تشريعات المياه الجوفية من مختلف التقاليد والقوانين. ومن بين التشريعات الأولى، القانون الروماني وتقاليد القانون المدني الفرنسي النابليوني (بما في ذلك فرنسا وإسبانيا، والعديد من البلدان الأفريقية ومن أمريكا اللاتينية) والقانون العام الإنجليزي التقليدي، حيث ورثت هذه البلدان مبادئها، مع بعض التعديلات الضرورية، في بعض الأحيان من تلك البلدان التي تستمد نظامها القانوني من هذه المناطق، أما في البلدان التي تتبع نظام القانون المدني وتقاليد القانون العام فيعتمد النظام القانوني للمياه الجوفية إلى حدٍ كبير على النظام القانوني للأراضي الواقعة فوق طبقة المياه الجوفية، أي ملكية الأراضي الخاصة مساوية للحقوق غير المحدودة في استخدام المياه الجوفية الخاصة.

طُبِّقت بعض القواعد العرفية المحلية والمتغيرة بشكل فعَّال في بعض المجتمعات، مثل مبادئ الدول الإسلامية بشأن ملكية المياه ("**عطية الله**" التي لا يمكن أن تكون ملكية خاصة)، غير أنها لم تأخذ في الحسبان بشكل عام مصالح المصب أو المصالح الأوسع لطبقة المياه الجوفية، فقد وُضعت تشريعات أكثر شمولية (ولكن ليس على النطاق العالمي) كما بالجدول (4.2)، وفي معظم البلدان يكون تنظيم المياه السطحية أكثر تقدمًا من تنظيم المياه الجوفية سواء من ناحية القانون أو الممارسة، كما أن الاعتراف بأن المياه مورد واحد متصل، وأن الضغوط من أجل استخدام أكثر استدامة وإنصافًا لمنفعة المجتمع يؤدي إلى زيادة الرقابة التشريعية والتنظيمية على كل من المياه السطحية والجوفية.

الجدول (4.2) المستويات التدريجية لتنظيم موارد المياه الجوفية (GW•MATE,2002-2006)

مستوى التنظيم	نتائج وتبعات التنظيم	محددات التنظيم
الحد الأدنى من الرقابة القانونية	لا سيطرة على استخراج المياه الجوفية أو تصريف مياه الصرف الصحي.	نقص في تصريف المياه الجوفية الطبيعي و(أو) الملوحة التدريجية والتلوث.
القواعد العرفية المحلية	تحدد حقوق المياه الجوفية على المستوى المحلي، ووجود آليات لحل النزاعات المحلية.	الضوابط محدودة ولا تأخذ في الاعتبار حالة نظام طبقات المياه الجوفية (والتأثيرات عليها) أو المستخدمين عند المصب أو قضايا نوعية المياه الجوفية.
تشريعات محددة للمياه الجوفية	التحكم في إنشاء الآبار واستخراج المياه الجوفية، ولكن غالبًا من قبل مؤسسة متخصصة، باتصال محدود مع المؤسسات المنظمة للمياه السطحية.	قد تؤدي إلى عدم اعتبار التصريف الأساسي للنهر والأراضي الرطبة والتي تعتمد على المياه الجوفية، كما أنه من غير المحتمل أن يكون هناك تركيز كبير على حماية نوعية المياه الجوفية.
تشريع شامل للموارد المائية	تخضع موارد المياه السطحية والجوفية للتشريعات نفسها والاعتماد المتبادل بشكل كامل، وكلاهما يُدار من المؤسسة نفسها، ولكن الجوانب المتعلقة بالنوعية تكون في كثير من الأحيان مدارة من قبل مؤسسة منفصلة.	قدرة أفضل بكثير على إدارة الموارد المائية ولكن الرؤية بالنسبة للأحواض المائية ومكافحة التلوث قد تظل ناقصة، وقد لا تؤخذ مخاوف مستخدمي المياه في الحسبان، ومن غير المحتمل أن يتحقق دعمهم الاستباقي.
تشريعات الموارد المائية المتكاملة	اعتبار متكامل كمًّا ونوعًا لمقاربة أحواض المياه وطبقات المياه الجوفية، وزيادة التركيز على التوعية العامة ومشاركة مستخدمي المياه وأصحاب المصلحة، (الاعتراف بالطبيعة الدولية لبعض طبقات المياه الجوفية وأحواض الأنهار).	يعطي أفضل فرصة لتنفيذ سياسة تنظيم متوازنة وفعالة

4.4 مكونات التشريع

بشكلٍ عام يجب أن تكون تشريعات المياه الجوفية الحديثة مرنة وتمكينية وقابلة للإنفاذ، لذا يوصى بأن يقتصر التشريع الأساسي على القوى والمفاهيم الأساسية، وأن يتم التعامل مع التفاصيل في اللوائح وخطط التنفيذ ذات الصلة، كما يوفر التشريع رؤية أكثر توحيدًا لموارد المياه السطحية والجوفية، مع اعتبار أن الخصائص الخاصة لنظم المياه الجوفية وعلاقتها الوثيقة باستعمالات الأراضي تتطلب أحكامًا تشريعية محددة في مختلف المجالات الإدارية وعلى مستويات إقليمية مختلفة كما الجدول (4.3). كما أن معظم هذه الأحكام هي نفسها بالنسبة لإدارة المياه السطحية، لهذا من المنطقي معالجتها في ترتيب تشريعي واحد عند الحاجة لذلك.

إن الاختلافات بين المياه السطحية والجوفية تكون على الأغلب واضحة في أنظمة الإدارة وأدواتها المعتمدة، وكذلك في أهمية الأحكام، وفيما يأتي مناقشة لبعض هذه الأحكام:

- **حقوق استخراج واستخدام المياه الجوفية**

تشكل حقوق المياه (الجوفية) أساسًا لفرض رسوم الاستخراج، وقد يتاجر بها في بعض البلدان.

- **ترخيص صرف مياه الصرف الصحي**

الترخيص بتصريف مياه الصرف الصحي (خصوصًا المزمع تصريفها إلى الأرض) والخاضعة لشروط طريقة التصريف ومستوى المعالجة المصمم لحماية المياه (الجوفية) من التلوث، ويكون "**مبدأ الملوث يدفع**" متضمَّنًا في نطاق هذا التشريع.

- **عقوبات عدم الامتثال**

قد تتراوح العقوبات من غرامات متواضعة إلى أحكام بالسجن، وذلك بحسب شدة الأثر واستمرار الجرم.

- **التحكم في أنشطة حفر الآبار**

هناك أحكام أخرى خاصة بتشريعات المياه الجوفية تتعلق بالترخيص لجميع مقاولي حفر آبار المياه؛ لضمان أفضل العلاقات، وتدفق المعلومات لإدارة الموارد المائية، ومعايير عالية لإنشاء الآبار، وتقارير محسَّنة عن الظروف الهيدروجيولوجية القائمة، وتقليل احتمال حفر الآبار غير الشرعية، كما يمكن للتشريعات المتعلقة بالمياه أن تفرض ضوابط على استيراد المضخات ومعدات الحفر في محاولة لكبح السحب المفرط للمياه الجوفية.

- **تخطيط موارد أحواض المياه أو طبقات المياه الجوفية**

تسعى تشريعات المياه إلى توفير الموارد المائية بتخطيط يستند إلى أحواض المياه السطحية و(أو) أنظمة طبقات المياه الجوفية، استنادًا إلى سحب الموارد المائية والاستخدامات القائمة، حيث توفر الخطط أساسًا متكاملًا لتقييم الطلبات الفردية المتعلقة بحقوق المياه، وعادة ما يكون لهذه التشريعات طابع ملزم قانونًا، ويجب أن تكون القرارات المتعلقة بالطلبات متَّسقة مع أحكامها.

- **الاستخدام المترابط للمياه الجوفية والسطحية**

مع الاعتراف بمزايا الاستخدام المترابط للمياه قد يشمل أحد التراخيص استخراج المياه الجوفية وتصريف النفايات السائلة ذات النوعية المقبولة إلى مجرى مائي سطحي، أو تحويل المياه السطحية واستخدامها مع تغذية النفايات السائلة ذات النوعية المقبولة إلى الأرض.

الجدول (4.3) جوانب الإدارة العامة التي تتطلب أحكامًا قانونية محددة لتيسير إدارة المياه الجوفية (GW•MATE,2002-2006)

<table>
<tr><th colspan="3">الإعداد الإداري</th></tr>
<tr><td colspan="2">▪ السلطة الوطنية أو لجنة التنسيق بين الوزارات.
▪ وكالات المقاطعات و(أو) الأحواض.</td><td>▪ إجراءات للتفاعل مع السلطات المحلية.
▪ منظمات إدارة طبقات المياه الجوفية.
▪ جمعيات مستخدمي المياه.
▪ ترخيص حفر آبار المياه.</td></tr>
<tr><td colspan="2">المستوى الوطني</td><td>أقل مستوى ملائم</td></tr>
<tr><td>تخطيط إستراتيجي</td><td rowspan="4"></td><td>إدارة استخدام الأراضي</td></tr>
<tr><td>▪ توفير تقييم لموارد طبقة المياه الجوفية وهشاشتها.
▪ تصميم وتنفيذ سياسات المياه الجوفية على المستويات المختلفة (الوطني أو الإقليمي أو الحوض).
▪ تعريف سياسة منطقة الحماية (الحفظ أو السيطرة).
▪ إجراءات للجفاف أو الطوارئ.
▪ حالة خطط المياه الجوفية وأولويات الاستخدام</td><td>▪ إجراءات لمناطق حماية المياه الجوفية.
▪ أحكام حفظ منطقة تغذية المياه الجوفية.</td></tr>
<tr><td></td><td>تنظيم مستخدمي المياه</td></tr>
<tr><td></td><td>▪ إدارة حقوق السحب أو الاستخدام.
▪ إدارة أذون تصريف مياه الصرف الصحي.
▪ دعم جمعيات مستخدم المياه وأصحاب المصلحة.
▪ إجراءات الاستئناف والمعاقبة.</td></tr>
</table>

- **ترسيم سطح الأرض للحفاظ على المياه الجوفية وحمايتها**

في بعض البلدان تتيح التشريعات للقائمين على إدارة المياه الإعلان عن مناطق مراقبة خاصة، ومنها يمكن اتخاذ تدابير استثنائية مثل القيود المفروضة على حفر آبار مياه جديدة، ومعدلات استخراج المياه الجوفية، وذلك لتجنُّب المزيد من التدهور لطبقة المياه الجوفية، كما يهدف ترسيم الأراضي إلى حماية مناطق تغذية طبقات المياه الجوفية الهشة و(أو) مصادر إمدادات المياه الجوفية.

في مناطق معينة يمكن تطبيق القيود المتعلقة بالأنشطة التي يحتمل أن تكون ملوثة، مثل: أنواع معينة من التمدد العمراني، وطرح النفايات الصلبة في المكبات، ومرافق تخزين المواد الكيميائية الخطرة ومناولتها، والتعدين واستغلال المحاجر وما إلى ذلك، ومن الطبيعي أن يتم فرض حظر أو آليات مراقبة على استيراد مبيدات معينة وتعزيز اعتماد قوانين الممارسات الزراعية الجيدة؛ من أجل الوقاية من التلوث المنتشر؛ بسبب استخدام الأراضي الزراعية.

- **تسهيل مشاركة مستخدمي المياه وأصحاب المصلحة**

تعد مشاركة مستخدمي المياه (الجوفية) وأصحاب المصلحة الآخرين في إدارة المياه الجوفية (الفصل السابع) مسألة تثير قلقًا متزايدًا لصانعي القوانين الذين يدركون أن الأحكام القانونية أكثر قابلية للتنفيذ عندما يكون هناك اعتبار لرأي أصحاب المصلحة، فضلًا عن الجمعيات المحلية لمستخدمي المياه، فقد تكون هناك حاجة إلى منظمات إدارة طبقات المياه الجوفية على نطاق واسع بالنسبة لطبقات المياه الجوفية الكبيرة بغية:

- مناقشة تنفيذ التدابير عبر قطاعات المستخدمين وفيما بين جمعيات مستخدمي المياه.
- الاتفاق على الإجراءات ذات الأولوية في المناطق ذات الحالة الحرجة للمياه الجوفية.
- مساعدة منظمي الموارد المائية بصفة عامة في إدارة استخراج المياه الجوفية.

كما أنه من المهم منح هذه المنظمات وضعًا قانونيًّا وإدماجها في آليات مؤسسية أوسع لإدارة موارد المياه الجوفية وحمايتها.

- **أحكام لمراقبة المياه (الجوفية)**

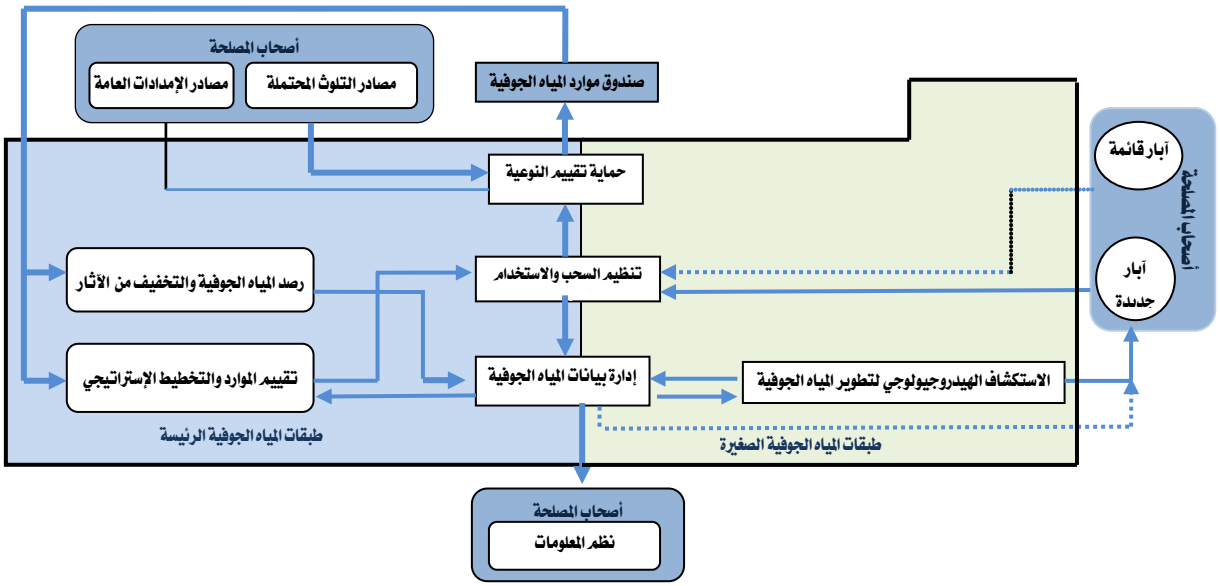
يجب أن تنص تشريعات المياه على رصد حالة المياه الجوفية (كمًّا ونوعًا) واستخدام المياه بتخصيص هذه المهمة لإدارة المياه على المستوى الإقليمي المناسب، ولكي تكون هذه التشريعات فعّالة يجب أن تضع متطلبات واقعية تراعي الموارد القائمة والقدرات المؤسسية.

5.4 الترتيبات المؤسسية

ينبغي أن تضمن تشريعات المياه جاهزية البيئة التمكينية للإدارة الفعالة لموارد المياه بما في ذلك المياه الجوفية، وستقوم الترتيبات المؤسسية للإدارة بتمهيد الأدوار والمسؤوليات للمؤسسات الوطنية والمؤسسات الأخرى ذات العلاقة بموارد المياه الجوفية، وتحديد سبل مواجهة القيود المحتملة للعملية مثل إدارة المياه الجوفية بشكل غير كافٍ، وعدم تطبيق اللوائح، ونقص الإجماع الاجتماعي والقصور في التنسيق بين المؤسسات.

1.5.4 دور الدولة

بالنظر إلى المشاكل الناجمة عن الندرة المتزايدة للمياه وتلوثها، يجب سَنُّ تشريعات واعتمادها على نطاق واسع لجميع موارد المياه في الدولة، أو الاعتراف بالحق الأعلى للدولة في إدارة الموارد المائية، كما أن إعلان المياه الجوفية "**سلعة عامة**" يحوِّل المالك السابق إلى مستخدم عليه أن يتقدم بطلب إلى إدارة الدولة من أجل استخراج المياه وحق استخدامها، وبمجرد أن تكون الدولة حاميةً ووصيَّةً على موارد المياه الجوفية، يمكنها– فضلًا عن منحها حقوق المياه– اتخاذ التدابير اللازمة لمنع استنزاف المياه الجوفية وتلوثها، علاوة على ذلك يميل التشريع في هذه الحالة إلى طلب تخطيط للموارد المائية على مستوى كامل طبقة المياه الجوفية أو حوض النهر.



الشكل (4.1) هيكل ووظائف مثالية لوكالة حكومية تعمل وصيًّا على المياه الجوفية(Foster & Kemper, 2002-06)

يبين الشكل (4.1) مقترح الهيكل والوظائف المثالية لمؤسسة حكومية تعمل وَصِيًّا على المياه الجوفية، وفي حالة طبقات المياه الجوفية الكبيرة جدًّا فقط، من المحتمل أن تكون هناك منظمة منفصلة تُؤسَّس للإدارة، وفي معظم الحالات تُدمج إدارة المياه الجوفية بالكامل في المنظمات التي تتحمل مسؤولية

كلٍّ من المياه السطحية والجوفية، وبناءً على ذلك لا بد من معالجة المشكلة التاريخية التي تواجهها إدارة المياه الجوفية في إطار هذا الترتيب.

2.5.4 تطبيق تشريعات المياه (الجوفية)

يعتمد التطبيق الناجح لتشريعات المياه (الجوفية) على عدد من العوامل منها:

- الإعداد الإداري ومستوى تدريب مديري المياه.
- فهم واضح للأدوار والوظائف المؤسسية على جميع المستويات ذات الصلة (الجدول (4.4)).
- مستوى مناسب من الوعي العام وقبول الأحكام القانونية.
- الرغبة السياسية في تعزيز وتحقيق إدارة مستدامة للمياه الجوفية.

يجب أن تنص تشريعات المياه الجوفية على إعداد إداري يناسب الظروف الوطنية أو حالة الدولة وفقًا لما يأتي:

- على المستوى الوطني: يجب إسناد وظائف إدارية (تغطي كلا الجانبين الكمِّي والنوعي) إلى سلطة أو وزارة واحدة أو (في حال عدم اعتبار ذلك مناسبًا) إحداث آليات مؤسسية واضحة للتنسيق فيما بين الهيئات المختصة.
- عند حوض النهر أو المستوى الإقليمي، قد تستدعي حالة معينة إنشاء وكالة خاصة لحوض النهر من أجل أداء بعض مهام التخطيط والتنسيق.
- على المستوى المتوسط أو المحلي، من المهم إيلاء اهتمام خاص للترتيبات المؤسسية المحلية لإدارة المياه؛ وذلك لأن لدور السلطات المحلية في إدارة الموارد المائية (كونها تمثل المصلحة المحلية) وللمؤسسات الوسيطة المحدثة (كهيئات لإدارة طبقات المياه الجوفية) سلطة قانونية فيما يتعلق بطبقات مياه جوفية معينة، وتتمتع بتمثيل مناسب لمختلف روابط مستخدمي المياه، والقطاعات المختلفة لاستخدام المياه، وعلاقة واضحة مع إدارة المياه.

ولا بد من الاعتراف بأن هناك فشلًا واسع النطاق في تطبيق بعض أحكام تشريعات المياه وأنظمتها، وخير مثال على ذلك هو مكافحة التلوث، ولهذا الفشل عدة أسباب، وأحد الأسباب الشائعة هو التشريعات التي وُضعت بشكل سيِّئ لا تستجيب للواقع الاجتماعي والاقتصادي للبلاد، لذا من المهم أن يشارك ممارسو المياه في تطوير تشريعات المياه في جميع المراحل.

الجدول (4.4) الوظيفة الرئيسة لإدارة المياه والأدوار المؤسسية (GW•MATE,2002-2006)

الوظيفة الرئيسة	النشاط الرئيس	الأدوار المؤسسية			
		سلطة المياه الوطنية	وكالة التنظيم المحلية	المكاتب الفرعية لأحواض المياه الجوفية	جمعيات مستخدمي المياه
صنع السياسة والتخطيط الإستراتيجي					
	تقييم الموارد	•	×	×	
	تقييم الاستخدام ومسح الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية		•	×	×
	التخطيط الإستراتيجي طويل الأجل	•	×	×	
	الاتفاقيات الدولية	•			
إدارة الموارد / التنظيم					
مشاركة أصحاب المصلحة	▪ التطوير والحفاظ على عملية المشاركة الفعالة لأصحاب المصلحة من خلال أنشطة التشاور الدورية. ▪ تقديم المشورة المتخصصة والمساعدة الفنية للسلطات المحلية وأصحاب المصلحة الآخرين في الإدارة المتكاملة	•	• •	×	
مكافحة التلوث	تراخيص تصريف مياه الصرف الصحي	•	•	×	×
	تحديد مشاكل التلوث الرئيسة	•	•	×	×
	تحديد المناطق المحمية	•	•	×	×
توزيع / تخصيص المياه	إدارة حقوق المياه وترخيص استخدامات المياه بما في ذلك إنفاذها	•	•	×	×
	الترخيص لمنفذي أعمال التطوير كمقاولي حفر الآبار	•	×		
إدارة المعلومات	تحديد مخرجات المعلومات المطلوبة من قبل مديري المياه ومجموعات أصحاب المصلحة المختلفة في حوض النهر.	•	•	×	×
	تنظيم وتنسيق وإدارة أنشطة إدارة المعلومات.	●	●	×	

يتبع الجدول (4.4) الوظيفة الرئيسة لإدارة المياه والأدوار المؤسسية (GW•MATE,2002-2006)

الوظيفة الرئيسة	النشاط الرئيس	الأدوار المؤسسية			
		سلطة المياه الوطنية	وكالة التنظيم المحلية	المكاتب الفرعية لأحواض المياه الجوفية	جمعيات مستخدمي المياه
وضع الأدوات الاقتصادية والمالية	تحديد الرسوم لاستخدام المياه والتلوث	•	•	×	
خطط عمل الحوض	إجراء تحليل الوضع مع أصحاب المصلحة.	•	•	×	
	تقييم التطورات المستقبلية في الحوض.	•			
حالات طارئة	التدابير الهيكلية وغير الهيكلية لتخفيف من حدة الفيضانات أو الجفاف	•	×	×	×
	التأهب للكوارث		•	•	×
المراقبة والإنفاذ	مسح الوضع المائي وإنشاء قاعدة بيانات (الكمية /الجودة /اجتماعية /اقتصادية)	•	•	×	×
	استخدام المياه والتلوث	•	•	×	×
	حل النزاع	•	•	×	
المراقبة والتقييم					
	أنشطة جمع البيانات من وكالات متعددة	●	×	×	×
	التواصل المنتظم مع أصحاب المصلحة	●			
	وضع المعلومات بصيغة يمكن فهمها بسهولة للمجموعة المستهدفة والتي تتناول احتياجاتهم أو مخاوفهم.	●			

يشير الرمز • إلى الجهة المعنية المسؤولة عن إدارة الوظيفة، ويشير الرمز × إلى الجهة المعنية المشاركة بالإدارة، لكن الوضع يختلف إلى حدٍّ ما من بلد إلى بلد حسب حجمه الجغرافي وبنيته السياسية

الفصل الخامس. تخصيص المياه الجوفية والتراخيص

Chapter 5: Groundwater Allocation and Licensing

أهداف التدريب

- خلق الوعي بفوائد نظام حقوق المياه الجوفية.
- تقدير كيفية تنفيذ نظام حقوق المياه الجوفية.
- فهم التفاعلات الرئيسة في نظام حقوق المياه الجوفية.
- فهم الحاجة إلى الربط بين نظام حقوق المياه، ونظام حقوق المياه الجوفية والمياه السطحية.

1.5 مقدمة

خُصِّصت موارد المياه منذ الأزمنة الأولى على أساس معايير اجتماعية تكفل توافر المياه للاستهلاك البشري والمرافق الصحية وإنتاج الأغذية، فالنمو السكاني جعل من ندرة المياه مشكلة كبيرة في العديد من البلدان، كما أن التلوث أصبح أكثر انتشارًا اليوم مع تردِّي جودة المياه، وهذا الأمر أدَّى إلى قلة وفرة المياه العذبة، ونتيجة لذلك ازداد الطلب على المياه في عدة استخدامات أخرى كمياه الشرب والري والصناعة والبيئة.

تعيِّن أغلبية البلدان اليوم مواردها المائية على أنها ملكية عامة، شرط أن تتحمل الحكومة المسؤولية العامة عن إدارة الموارد؛ فالحق في استخراج (أو تحويل) واستخدام المياه بما في ذلك المياه الجوفية يمكن أن يُمنح للأفراد والكيانات العامة أو الشركات الخاصة بموجب بعض الشروط أو الضوابط، وهذه الحقوق تمنحها– عادةً– هيأة الموارد المائية، وغالبًا ما يكون "الحق في الماء" هو الحق في استخدام الماء وليس الحق في ملكية الماء نفسه، كما أن مُنح استخراج المياه الجوفية واستخدامها يكون طبقًا لتصاريح أو تراخيص أو امتيازات تسمَّى عمومًا هنا "حقوق المياه".

2.5 لماذا الاحتياج لنظام حقوق المياه الجوفية؟

نظام حقوق المياه الجوفية من خلال تصاريح الاستخراج والاستخدام للمياه الجوفية يقوم بتنظيم الروابط بين المستخدمين كما بالإطار (5.1)، وغالبًا ما يُقدَّم كوسيلة من أجل:

- الحدّ من التداخل بين الآبار المنتجة.
- تجنب التنازع العكسي الذي قد ينشأ.
- حل النزاعات الناشئة بين عمليات استخراج المياه الجوفية المتجاورة.

كما أن تطوير نظام مستقر للحقوق في المياه ينطوي على فوائد واسعة بشكل كبير؛ لأنه يوفر أساسًا سليمًا لتنمية الموارد المائية وحمايتها، وحفظ النظم البيئية المائية، فضلًا عن بعض الخطوات

الأخرى التي تحقِّق إدارة أكثر تكاملًا لموارد المياه، والتي لا يمكن بدؤها بفعالية إلا بعد تحديد حقوق المياه الجوفية تحديدًا كافيًا وفقًا للآتي:

- تعزيز مشاركة مستخدمي المياه في إدارة المياه الجوفية.
- تحسين الكفاءة الاقتصادية.
- تنفيذ برامج إدارة الطلب للتقليل من سحب المياه الجوفية.
- جمع منتظم لرسوم الاستخراج لزيادة الإيرادات الداعمة لإدارة الموارد.
- التداول لحقوق الاستخراج يشجع استخدام المياه بكفاءة أكثر.
- تطوير الاستخدام المشترك للمياه السطحية والمياه الجوفية.

الإطار (5.1) الاعتمادات المتبادلة للمستخدمين

- **قد يؤدي ضخ المياه الجوفية بواسطة مستخدم واحد إلى خفض منسوب المياه وزيادة تكاليف الضخ لجميع المستخدمين.**
- **يؤثر التلوث من قبل مستخدم واحد على الآخرين ولا سيما تلك الموجودة في اتجاه مجرى النهر.**
- **تشير الاعتمادات المتبادلة إلى أن اتباع جميع المستخدمين للقواعد سيؤدي إلى تحسين القيمة الاجتماعية للموارد المائية.**

لا يمكن أن يضمن الحق في المياه الجوفية إمدادات المياه بكمية وجودة معينة، لذا يمكن النظر في وصف الحق من حيث الحصة من سعة إنتاج طبقة المياه الجوفية (على عكس معدل السحب المحدد)، ومع الحق في المياه الجوفية يوفر لمستخدمي المياه مزيدًا من التوريدات الآمنة للأغراض الاستثمارية وأصولًا قيِّمة كضمانات مصرفية للحصول على ائتمانيات التنمية.

3.5 ما هو مضمون نظام حقوق المياه الجوفية؟

حقوق استخراج المياه واستخدامها بشكل نظام شامل وموحَّد يغطي المياه الجوفية والمياه السطحية معًا ينبغي أن يكون جزءًا من النظام الذي يتوجب أن يكون بتفاصيل كافية؛ للحدِّ من التعارض بين المستخدمين، ويجب تحديد الشرط الذي يتم بموجبه استخراج المياه الجوفية والذي قد يشمل الوقت والمعدل والحجم والأولوية التي تنطبق في حالة الندرة.

كما ينبغي أن يكون لمستخدمي المياه ضمان معقول في حقهم المستمر في سحب واستخدام المياه الجوفية من أجل الاستقرار وتشجيع الاستثمار، ولهذا يجب أن تكون هناك أدوات قضائية وآليات

مختصة للمراجعة من أجل تمكين مستخدمي المياه الجوفية وغيرهم من المتضررين من الآثار بالتشكيك والطعن في القرارات، ويلخِّص الجدول (5.1) الشروط والمواصفات التي يتم تحديدها عادة في حقوق استخراج المياه الجوفية واستخدامها.

الجدول (5.1) الشروط والمواصفات التي عادة ما تُحدَّد في حقوق استخراج المياه الجوفية واستخدامها (GW•MATE,2002-2006)

الشروط أو الاعتبارات	توضيح
مدة الحق	تتضمن المرونة في نظام التخصيص مع تحديد الزمن (على سبيل المثال 5 سنوات)
نقطة السحب أو الاستخدام	يجب أن تُحدَّد ويمكن أن تكون مختلفة
غرض الاستخدام	من المهم التفريق بين حقوق الاستخدام الاستهلاكية وغير الاستهلاكية
معدل الاستخراج	تحديد أعلى حدٍّ سنوي مع أي حدٍّ قصير الأجل
مواصفات الأعمال	تفاصيل العمق والقطر وعملية استكمال الحفر والحماية من الملوثات
المتطلبات البيئية	المواصفات المتعلقة بمكان التدفق العائد ونوعيته
كلفة الحق	الأجر غالبًا يُدفع للحصول على الحق أو استعماله
سجل المعاملات	الالتزم بعملية إعلان الحق عندما يسمح بذلك
خسارة أو تخفيض الحق	غرامة (مصادرة الحق) بدون تعويض لعدم الاستعمال أو لعدم الالتزام
تعليق الحق	كعقوبة أو في حالة الطوارئ بدون تعويض
مراجعة الحق	التعديل الدوري مع التعويض طبقًا للإمداد أو الطلب
تجديد الحق	وسيلة لتقديم طلب للاستمرار قبل الانتهاء

4.5 تخصيص المياه الجوفية

1.4.5 ما هي المعايير الرئيسة للتخصيص؟

يجب أن تكون أهداف تخصيص للمياه واضحة وتشمل العوامل الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، كما أن الوسائل المناسبة لتخصيص الموارد ضرورية لتحقيق التخصيص الأمثل للموارد، حيث إن هناك العديد من المعايير المستخدمة في تخصيص المياه (Howe et al, 1986):

- المرونة في تخصيص المياه، بحيث يمكن إعادة تخصيص الموارد من استخدام إلى استخدام آخر؛ أو إلى أماكن أكثر فوائد اجتماعية واستخدامات اقتصادية وبيئية، من خلال المراجعة الدورية؛ لتجنُّب التخصيص الدائم.

- ضمان الحيازة للمستخدمين المعتمدين، حتى يتخذوا التدابير اللازمة لاستخدام الموارد بكفاءة، بحيث لا يتعارض الضمان مع المرونة ما دام هناك احتياطي من الموارد المتاحة لتلبية الطلبات غير المتوقعة.
- القدرة على التنبؤ بنتيجة عملية التخصيص، بحيث يمكن تحقيق أفضل توزيع وعدم شكوك بخصوص تكاليف المعاملات إلى أدنى حدٍّ ممكن.
- ينبغي أن ينظر المستخدمون المحتملون إلى الإنصاف في عملية التخصيص، مع توفير مكاسب متساوية في الفرص من استخدام الموارد إلى كل مستخدم محتمل.
- القبول السياسي وقبول المجتمع، بحيث يخدم التخصيص القيم والأهداف، فيكون مقبولًا من شرائح مختلفة في المجتمع.
- الفعالية في التحركات نحو تحقيق أهداف السياسة المرجوة، بحيث يغيّر شكل التخصيص الأوضاع الحالية غير المرغوب بها مثل استنزاف المياه الجوفية وتلوث المياه.
- تحقيق الجدوى الإدارية والاستدامة، من أجل القدرة على تنفيذ آلية التخصيص والسماح لأثر مستمر ومتزايد لهذه السياسة.

5.5 كيف يمكن إدارة حقوق المياه الجوفية؟

على أي مستوى يطلب من المستخدمين طلب تصاريح من السلطات المختصة؟ هل يتم تنفيذ مثل هذه الإجراءات؟

يجب إدراج حقوق المياه الجوفية مع إدارة المياه السطحية في إطار نظام واحد لتخصيص المياه، وفي الحالات التي تفصل فيها نظم الإدارة لأسباب مختلفة لا بد من بذل محاولات لدمجها أو إدخال آليات تنسيقية عند الحاجة، وهذه الطريقة ينبغي أن تأخذ في الاعتبار التفاعلات الطبيعية بين حوضين مائيين عند تخصيص المياه، وكنتيجة لذلك ينبغي أن تشمل مسؤوليات المؤسسة التي تدير المياه الجوفية حالات شحن طبقة المياه الجوفية والإجراءات المتخذة بشأنها في حالة الاستخدام المتبادل للمياه الجوفية والمياه السطحية، ويجب تشجيع نظم الإدارة لكي تضمن:

- التحديد الواضح لحدود الاستخدام المقبول للمياه الجوفية.
- تحديد ترتيب أولوية الاستخدام من مستخدمي كلا الموردين فيما يتعلق بالمستخدمين الآخرين الذين لا يملكون سوى مورد واحد.

يلخص الجدول (5.2) النقاط الرئيسة التي يجب أخذها في الاعتبار عند إدارة حقوق المياه الجوفية، إذ لا بد من تقييم مستوى توصيل المياه السطحية من حيث التأثيرات على الأطراف الثلاثة مثل المستخدمين في اتجاه المصب على ضمان تدفق مجرى الماء والنظم البيئية واستدامة الينابيع.

الجدول (5.2) اعتبارات خاصة متعلقة بإدارة حقوق المياه الجوفية (GW•MATE,2002-2006)

الاعتبارات	الملاحظات
التقنية	
قضايا جودة المياه الجوفية	من ناحية التأثير المحتمل لمعدلات السحب الجديدة وتأثير مياه الصرف الصحي التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار.
مستوى الاتصال بالمياه السطحية	يتفاوت بشكل كبير ويجب أن يتم اعتباره عند تقييم التأثيرات على أطراف ثالثة، وكذلك على البيئة.
تجدُّد المورد	بعض طبقات المياه الجوفية لديها محدودية في التغذية (غير متجددة) لذا يتطلَّب استخدامها معايير خاصة.
الغرض المزدوج لبعض الآبار	قد تُستخدم بعض الآبار الانتاجية للدراسة والاختبارات؛ لأن حفر الآبار الاستكشافية مكلِّف جدًّا.
الإدارية	
مهنة حفر الآبار	تتطلب تنظيمًا متوازيًا بمنظور الخبرات الخاصة المطلوبة وخطر التلوث المحتمل بسبب التصميم والتنفيذ الخاطئ للآبار.
المرونة في تخصيص المياه	يجب أن تتم من خلال التعامل مع الشكوك الخاصة بالأوضاع الهيدروجيولوجية والحاجة أيضا لإعطاء الأولويات عند إعادة التخصيص.
مناطق حماية المياه الجوفية	يجب تصنيف مناطق حماية المياه الجوفية؛ للتخفيف من التدهور الناجم عن السحب أو التلوث.
طبقات المياه الجوفية المشتركة	قد تتسبب في نشوء صراعات بين الدول المتجاورة بالتصرفات نحو المورد وأولويات الاستخدام.

لضمان الامتثال الأفضل لمستخدمي المياه الجوفية لا بد من تعزيز مشاركة أصحاب المصلحة بالتوازي مع إدارة المعلومات؛ لإعطاء الشفافية لعملية التخصيص، كما يعد رصد استخدام الموارد المائية عاملًا حاسمًا في تحسين تنفيذ تخصيص المياه، ويتطلب وجود عدد من أدوات التنفيذ التي يجب أن تبقى بسيطة قدر الإمكان، وتتلخص في:

- أدوات التخطيط، جداول بيانات لمستخدمي المياه ومجموعات مسببي التلوث، ونماذج كمية ونوعية لطبقة المياه الجوفية لتحديد الأولويات للمناطق التي يتعين التحكم فيها.
- المبادئ التوجيهية الإدارية، وإجراءات تلقِّي الطلبات ومراجعتها ورصدها.
- نظام المعلومات، يعتمد على البرامج الكافية لإدارة الطلبات، ومراقبة امتثال المستخدم، وتنفيذ مراقبة الجودة التشغيلية وتسليم المعلومات التي يسهل فهمها لمستخدمي المياه.
- التعليم العام، لزيادة الوعي السياسي والعام بشكل عام.

الإطار (5.2) يشمل الجوانب الحاسمة التي يجب أخذها في الاعتبار عند تنفيذ عملية توزيع المياه الجوفية ومدى تعقيدها، والبيئة المواتية التي قد تسهل امتثال المستخدم.

في كينيا تبيَّن أن حوالي 90٪ من المياه السطحية المسحوبة يستخدمها 10٪ فقط من مستخدمي المياه، ولذلك تم اعتماد نهج تدريجي لتنفيذ نظام توزيع المياه، بدءًا بترخيص أكبر من 10٪ من المستخدمين، وسيتم تناول المستخدمين الآخرين في وقت لاحق، وهذا هو الأسلوب العملي الضروري لضمان قابلية النظام للتطبيق.

الإطار (5.2) اعتبارات حاسمة

التعقيدات والعقبات في التنفيذ:

- تؤثر العديد من الظروف التاريخية والاجتماعية والبيئية والاقتصادية والسياسية في استغلال موارد المياه الجوفية.
- التحدي المعقد متمثل في رصد امتثال مستخدمي المياه الجوفية، مع الاهتمام بالقدرات المؤسسية القائمة والدور الأساسي الذي يتعين على المستخدمين أنفسهم القيام به.

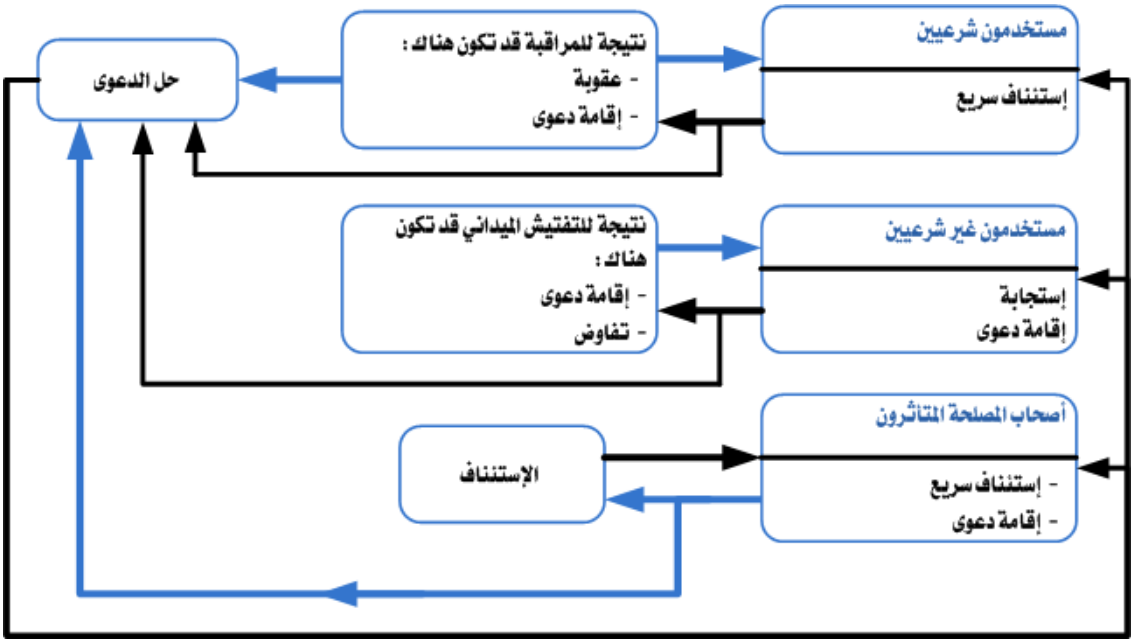
بيئة مواتية للتنفيذ من خلال:

- الاعتراف بأن إدارة حقوق المياه يجب أن تتكيف مع الظروف المحلية المحددة.
- ضمان الدعم السياسي على أعلى مستوى، حيث تتأثر المصالح الاقتصادية القوية عادة عند تخصيص أو إعادة تخصيص الموارد المائية
- التفكير مرتين قبل المطالبة بالتعديلات القانونية، للتأكد من أنه لا يمكن التغلب على أي أوجه قصور محددة بشكل أفضل دون عملية الإصلاح القانوني المطولة .
- البدء بتعريف لسياسة للموارد المائية تتضمن الأساس المنطقي للتشريعات المعدلة أو الجديدة حول المياه، ومخطط حول كيفية التعامل مع حقوق استخدام المياه الحالية.
- الاعتراف بأن نظام حقوق المياه الجوفية يجب ألّا يكون شاملًا بل يجب أن يكون عمليًّا.
- القناعة دائمًا بأنه هناك مجال للتحسين الإضافي، وليس من الضروري انتظار القانون المثالي والمؤسسة المثالية قبل البدء في العمل.
- التركيز على أن المهمة لا يمكن تحقيقها بين ليلة وضحاها، حيث أظهرت التجارب الدولية أن تصميم أنظمة حقوق المياه وتنفيذها مسعى طويل.
- إشراك جميع الجهات الفاعلة منذ البداية لضمان الملكية الواسعة للنظام المقدم، وينبغي مشاركة الذين يديرون النظام وموظفي قطاع المياه الحكوميين ومستخدمي المياه
- التأكيد على أن الأدوات التنظيمية وحدها ليست كافية، وأن إدارة حقوق المياه تتطلب توازنًا دقيقًا بين الأدوات التنظيمية والاقتصادية والاشتراكية.

المصدر Batu, 1998

6.5 ما هي التفاعلات الرئيسة في إدارة حقوق المياه الجوفية؟

في إدارة نظام حقوق المياه الجوفية يُعد مقدم الطلب أو صاحب حق استخدام المياه أهم جهة فاعلة، كما بالشكل (5.1)، وقد يكون هناك مستخدمون آخرون في طبقة المياه الجوفية نفسها والمياه السطحية التابعة لها معنيون بنظام حقوق المياه الجوفية، كما قد يرغب أصحاب المصلحة الآخرون (غير مستخدمي المياه) الذين من المحتمل أن تتأثر مصالحهم في إبداء الرأي بشأن مُقدِم طلب الحصول على حق جديد للمياه أو تقديم شكوى أو دعوى قضائية ضد مستخدم حالي أو الاستئناف ضد القرارات.



الشكل (5.1) التفاعلات الرئيسة في تقديم نظام حقوق المياه الجوفية أو إدماجها (GW•MATE,2002-2006)

يمكن لهيأة موارد المياه أن تحرم مقدم الطلب الجديد من الحق في المياه أو أن تمنحه وتسجله، وبمجرد مَنْحِ مقدم الطلب الموافقة يصبح مستخدمًا مشروعًا، وغالبًا ما يكون عليه دفع رسوم وفقًا للشروط والأحكام المتعلقة بحق المياه، كما ينبغي لهيأة موارد المياه أن تحتفظ بسجلات، وأن ترصد الالتزام من خلال عمليات التفتيش الميدانية وغيرها من الوسائل، وعند اكتشاف عدم الالتزام يمكن لهيأة موارد المياه أن تقدم تحذيرًا أو تفرض عقوبة أو أن تخاطب السلطة القضائية إذا ارتُكبت جريمة جنائية، فضلًا عن ذلك قد يقدم للقضاء طعونًا من صاحب حق المياه أو من أطراف أخرى متأثرة، ومن أجل تخفيف العبء على السلطة القضائية يمكن توجيه الطعون في المقام الأول إلى أعلى موظف في هيأة الموارد المائية.

أسلوب الإدارة مهم كأهمية عملية الإدارة؛ لأن المستخدمين يفضِّلون هيأة موارد المياه للعمل معها وليس ضدها، وهذا يمكن تحقيقه بضمان الآتي:

- آليات تسوية النزاعات مقبولة جدًّا واقتصادية وسريعة.
- العقوبات متوازنة لتثبيط عدم الامتثال ولكن ليس لشل مستخدمي المياه.
- المراقبة واقعية وتتناسب مع القدرة المؤسسية.
- إجراءات حفظ السجلات تضمن توفر نسخ كاملة للتدقيق العام.
- تقتصر الهيأة المكلَّفة على مكافحة الفساد، ولكن يجب أن تقلِّل من البيروقراطية.
- يتم التعامل بشكل حاسم مع استخدام الرشوة والفساد الإداري.

عند تحديث تشريعات المياه أو اعتماد قوانين جديدة تنشأ صعوبات بسبب ضغوط من المستخدمين الحاليين وشركائهم السياسيين من أجل تنازلات أو استثناءات، وبما أنه لا توجد قواعد عالمية قابلة للتطبيق لمثل هذه الحالات، لذا فإن الإرشادات الآتية قد تكون مفيدة:

- يجب أن تكون الاستخدامات الحالية فعالة ومفيدة ومؤهلة، وفي حال عدم إمكانية حساب ميزان دقيق للمياه الجوفية ينبغي منح جميع المستخدمين تصاريح قصيرة الأجل يمكن مراجعتها في ضوء معلومات أكثر موثوقية.
- يجب التعامل مع الحقوق العرفية بشكل شامل إما بالاعتراف بها رسميًّا أو تعويضها بشكل مناسب.
- المستخدمون غير القانونيين ليسوا وحدهم المسؤولين عن الوضع الحالي غير المرضي لموارد المياه الجوفية، فقد تكون إدارات المياه السابقة مسؤولة أيضًا؛ بسبب نقص القدرة أو الميل للفساد.
- يجب عدم السماح بأي استثناءات، كما يجب إدخال جميع مستخدمي المياه الجوفية الحاليين– بما في ذلك مرافق إمدادات المياه العامة– في صلب القانون.
- يجب أن تكون مواصفات معدل السحب لاستخدام المياه عملية ديناميكية، كما قد يتم إعفاء بعض الاستخدامات الثانوية من بيروقراطية حقوق المياه، ولكن من المفيد أن يكون الإعلان عن الوجود أمرًا مفيدًا في التعرف على المستخدمين غير الشرعيين، وفي النهاية تتطلب الحاجة إلى اتخاذ تدابير أكثر صرامة.

7.5 تخصيص موارد المياه الجوفية غير المتجددة

في حالة أنظمة طبقات المياه الجوفية غير المتجددة يعد تنفيذ نظام حقوق استخراج المياه الجوفية ذا أولوية عالية، على أن يكون متسقًا مع الواقع الهيدروجيولوجي لتناقص مستويات المياه الجوفية المستمر، وهذا قد يقلِّل من إنتاجيات الآبار الجيدة، وربما تدهور جودة المياه الجوفية، لذا يجب أن تكون التصاريح (بالنسبة لمعدلات الاستخراج المحددة في مواقع معينة) محدودة زمنيًّا وعلى مدى طويل وتخضع أيضًا؛ للمراجعة والتعديل الأولي بعد 5 إلى 10 سنوات، حيث سيتم خلال هذا الوقت معرفة المزيد عن استجابة طبقة المياه الجوفية إلى السحب من خلال المراقبة التشغيلية، ومن الممكن أن تحلَّ قواعد الاستخدام التي وضعتها المنظمات المجتمعية الممكَّنة بشكل مناسب محل تصاريح الاستخراج الأكثر ذات الطابع الرسمي.

الكثير من طبقات المياه الجوفية الرئيسة التي تحتوي على احتياطيات كبيرة من المياه الجوفية غير المتجددة عابرة للحدود، إما بالمعنى الوطني أو بين المقاطعات أو الولايات المستقلة داخل دولة واحدة، في مثل هذه الظروف سيكون هناك الكثير الذي يمكن تحقيقه بشكل متبادل من خلال تنسيق التشريعات واللوائح الخاصة بالمياه الجوفية ذات الصلة، لا سيَّما أنظمة حقوق المياه الجوفية، كما يجب أن يأخذ نظام تخصيص المياه الاعتبارات الخاصة لكل من:

- آثار تخصيص المياه الجديد على المستخدمين التقليديين للمياه الجوفية، حيث قد يتم تقديم بعض التعويضات.
- ضمان ترك احتياطيات كافية من المياه الجوفية القابلة للاستخراج ذات الجودة المقبولة في نظام طبقة المياه الجوفية.
- الصعوبات في تقدير تأثيرات السحب من المياه الجوفية في نظام بيئي معين.
- النظر في "ماذا يحدث بعد" ومن ثم تحديد وتعيين "إستراتيجية الخروج" المحتملة.
- تصميم إعادة استخدام إمدادات المياه في المناطق الحضرية والصناعية والمعدنية والري الزراعي الذي يجب التحكم به بعناية.

تمـــرين

حقوق المياه الجوفية ونظام التخصيص
الغرض: تبادل الخبرات بشأن تنفيذ أنظمة توزيع المياه الجوفية وتنفيذها. **النشاط:** تقسيم ثلاث مجموعات ومناقشة لمدة 45 دقيقة. مناقشة كيفية تنفيذ نظام الحق في المياه الجوفية وآلية التنفيذ في حالة نظام طبقة المياه الجوفية غير المتجددة **تقرير:** 30 دقيقة.

الفصل السادس. الأدوات الاقتصادية والمالية في إدارة المياه الجوفية

Chapter 6: Economic and Financial Instruments in Groundwater Management

أهداف التدريب

- **فهم الفرق بين الأدوات المالية والاقتصادية.**
- **تقدير كيفية تطبيق الأدوات المالية والاقتصادية لتحسين إدارة موارد المياه الجوفية، بما في ذلك:**
  - **استرداد التكاليف**
  - **تغيير السلوك**
  - **العدالة والفقر**
  - **حماية البيئة**

1.6 لماذا تكون الاعتبارات الاقتصادية ذات أهمية في إدارة المياه الجوفية وحمايتها؟

مع تحسن إدارة موارد المياه وإنشاء هياكل إدارية جديدة أصبح هناك اهتمام متزايد للصلاحيات المالية لنُظم إدارة المياه واستخدام الإعانات والرسوم؛ لتغيير طريقة استخدام المياه.

هذا الفصل يناقش استخدام الأدوات المالية والاقتصادية في إدارة الموارد المائية، وكيف يمكن استخدامها للمساهمة بشكل كبير في استدامة الإدارة والتنمية لموارد المياه الجوفية.

1.1.6 الروابط بين المياه السطحية والمياه الجوفية

على الرغم من أن الأدوات الاقتصادية لإدارة المياه السطحية والمياه الجوفية متشابهة، رغم ذلك ليست واحدة؛ نتيجة لخصوصيات موارد المياه الجوفية المتمثلة في الآتي:

- التكلفة العالية نسبيًا والتعقيد الخاص بتقييم المياه الجوفية.
- استخدام المورد بدرجة عالية من اللامركزية، وهذا يزيد من تكاليف المراقبة.
- عدم رؤية عامة الناس للمياه الجوفية والتأخر الزمني فيما يتعلق بتأثيرات المورد.
- تفاوت الآثار لمقدار الملوثات حسب قابلية طبقة المياه الجوفية للتأثر بالملوثات.
- الزمن الطويل بين التلوث والتأثير وعدم الرجوع للحالة الأصلية في معظم التلوث في طبقة المياه الجوفية.

وتفسر هذه الخصوصيات السبب في أن أدوات إدارة المياه الجوفية بشكل عام أقل تطورًا وتطبيقًا من أدوات إدارة المياه السطحية، إلا أن القيمة الاقتصادية للمياه الجوفية تتزايد مع تزايد ندرة المياه، والفائدة من الاستثمار في الإدارة تتزايد أيضًا.

كما يركز هذا الفصل على الاعتبارات الاقتصادية والمالية بوصفها جزءًا مهمًّا من معادلة إدارة المياه الجوفية، حيث سيتم في أول الفصل شرح الأدوات المالية والاقتصادية، ثم يتبعه شرح لأهمية المياه

كونها سلعة اجتماعية واقتصادية، وذلك قبل الانتقال لشرح كيفية استخدام الأدوات المالية الاقتصادية للمساهمة في إدارة المياه الجوفية من خلال مبادئ الإدارة المتكاملة لموارد المياه.

2.6 شرح الأدوات الاقتصادية والمالية

الأدوات الاقتصادية والمالية التي تُعرف بمصطلحات بسيطة للغاية– كما هو موضح أدناه– تؤثر على السلوك (من خلال خلق الحوافز والمثبطات المتعلقة بأنشطة إدارة المياه واستخدامها) وتحدد بدرجة كبيرة الاستمرارية المالية لأنشطة إدارة موارد المياه وبقاء مؤسسات إدارة المياه.

1.2.6 الأدوات الاقتصادية

إن الأدوات الاقتصادية هي بالأساس رسوم تُفرض على الناس لتشجيعهم على تغيير سلوكهم في اتجاه معين (الجدول6.1)، كما أنها ليست رسومًا لاسترداد التكاليف، وعادةً تُستخدم التعريفات الضريبية والإعانات والدعم المتبادل وغيرها من التدابير القائمة على الحوافز مثل تجارة المياه ورسوم النفايات السائلة؛ لتعزيز تخصيص موارد المياه واستخدامها بكفاءة، كما يمكن استخدام الأدوات الاقتصادية لتحقيق الأهداف الأوسع للتوزيع العادل والاستخدام المستدام لمورد المياه، وهي أيضًا تعمل على أفضل وجه حينما تكمل أو تكملها الأدوات السياسية والتنظيمية والمؤسسية والتقنية والاجتماعية المناسبة.

وعلى سبيل المثال:

- يمكن استخدام المياه الجوفية على نطاق واسع في المشاريع ذات القيمة العالية وخلق المزيد من الدخل والوظائف والثروة، ولكنها في الغالب مازالت توضع في الاستخدامات الاقتصادية المنخفضة القيمة، وعليه يزداد السحب، وهذا الأمر يخلق توترًا اجتماعيًّا بين المستخدمين.
- قد لا تتمكن المجموعات الفقيرة أو المحرومة (النساء) من الوصول إلى المياه الجوفية لأغراض التنمية وأسباب العيش؛ لأن تكلفة الاستخراج مرتفعة جدًّا.

وفي كلتا الحالتين يمكن للأدوات الاقتصادية المساعدة في تصحيح مشكلة ملموسة، ففي الحالة الأولى يمكن أن يوفر التسعير الأعلى حوافز لتخصيص و/أو استخدام المياه الجوفية بشكل أكثر كفاءة، فيساعد في اتزان مستويات المياه الجوفية عن طريق تقليل السحب الجائر وتوجيه المياه إلى أنشطة ذات قيمة أعلى، وفي الحالة الثانية، يمكن أن توفر الإعانات المستهدفة (الطاقة المدعومة، أو المضخات أو

رسوم المياه المخفضة) الحافز للفقراء أو المحرومين للوصول إلى المياه الجوفية بغرض الأنشطة الزراعية التنموية الأخرى.

الجدول (6.1) الأدوات الاقتصادية وتغيير السلوك

أدوات لتغيير السلوك	تغيير السلوك المطلوب
تكاليف الاستخراج: ▪ رسوم السحب ▪ التسعير غير المباشر مثل تكاليف الطاقة ▪ أسواق للمياه الجوفية	**الحفاظ على الموارد المائية** ▪ الحد من السلوكيات الملوثة ▪ استخدام أكثر كفاءة ▪ قيمة اقتصادية أكبر للاستخدام ▪ تحسين العدالة الاجتماعية ▪ حماية البيئة
تكاليف التشغيل: ▪ إعانات تدابير المحافظة على المياه ▪ إعانات لمعالجة المياه العادمة ▪ تقديم الدعم لتكنولوجيا الري التي تقلل من انتشار المواد الكيميائية الزراعية.	

2.2.6 الأدوات المالية

هل يمكنك ربط تغيير السلوك بالأداة الاقتصادية في الجدول؟

تشير الأدوات المالية إلى الآليات التي تستخدم لتوفير الأموال من أجل تمويل الأنشطة (ذات طبيعة التشغيل ورأس المال، وتهتم هذه الأدوات بالدرجة الأولى بالدخل الذي سينتج، وكيف يرتبط ذلك بالتكاليف المالية للأنشطة التي يجب تمويلها.

هل يمكنك إعطاء بعض الأمثلة عن كيفية النظر إلى قيمة المياه بطريقة مختلفة؟

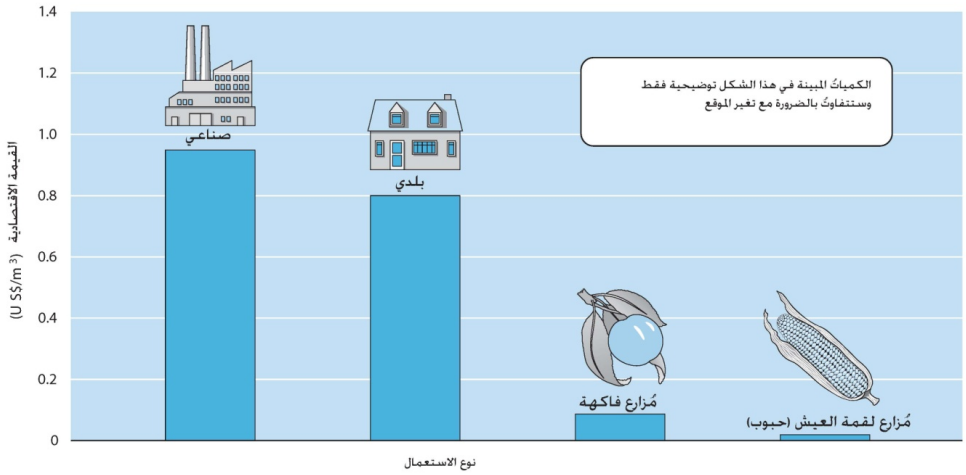
وهذه الفروق ليست واضحة كما تنص عليها التعريفات المذكورة أعلاه، حيث يمكن تطبيق كل من الأهداف المالية والاقتصادية في أداة واحدة، وتعد تسعيرات المياه حالة واضحة في هذه النقطة، إذ تُحدِّد مرافق المياه الموجهة تجاريًّا التسعير اللازم لتحقيق أهدافها المالية؛ لتغطية تكاليف التشغيل والصيانة وتكاليف رأس المال بطريقة مناسبة، كما يقاس أداء المرافق بمؤشرات مالية مختلفة، مثل صافي الربح والعائد على رأس المال والجدارة الائتمانية (القدرة على خدمة القروض) إلى غير ذلك، وعلى العكس فإن وجهة النظر الاقتصادية بشأن التسعيرات هي تقييم مساهمتها في مزيج من أهداف قطاع المياه، حيث لا يقتصر الأمر على ضمان تقديم الخدمات الكافية للمستهلكين الحاليين للمياه فقط، ولكن يتطلب ذلك أيضًا تحسينات في مجال العدل؛ لغرض توفير المياه (زيادة وصول الناس إلى المياه) وضمان الاستدامة البيئية.

اعتبار جهة تنظيمية مستقلة ذات صلاحيات كافية أفضل وسيلة لضمان أن التوجه المالي لمرافق المياه يتم تعديله حسب وجهة نظر المصالح الاقتصادية أو الوطنية.

3.2.6 قيمة الماء

إن **قيمة المياه** في الاستخدامات البديلة مهمة لتخصيص المياه بشكل رشيد بالوسائل سواء التنظيمية أو الاقتصادية بوصفه موردًا نادرًا (الشكل 6.1).

ترتبط القيمة بالتوافر والفوائد المتوقعة، وحيث تكون المياه الجوفية أو السطحية جيدة النوعية، فإنها تميل إلى أن تكون أقل من قيمتها الحقيقية، وفي حالات الندرة، وذلك بسبب عدم وجودها أو التلوث، وتكون القيمة بالنسبة للمستخدم أكبر بكثير، ويمكن ربطها بالنتائج الاقتصادية للاستخدام أو القيمة الاجتماعية والصحية للاستخدام.



الشكل (6.1) القيمة الاقتصادية لمورد المياه طبقًا للاستعمال (GW•MATE,2002-2006)

الإطار (6.1) يُعد استخدام الأدوات الاقتصادية والمالية أمرًا مهمًا لإدارة المياه الجوفية بسبب الآتي:

- ☐ تزداد قيمتها الاقتصادية مع تزايد ندرة المياه.
- ☐ يمكن استخدام الأدوات الاقتصادية والمالية لتحقيق أهداف الإدارة من حيث الكفاءة والعدالة والاستدامة.
- ☐ بدون الاستمرارية المالية للمشاريع والقرارات المتعلقة بالمياه لن يكون هناك تدفق مستدام لفوائد المستخدمين.
- ☐ تميل الأدوات الاقتصادية إلى إرسال إشارات مناسبة للمنتجين والمستهلكين حول تزايد ندرة المياه (وهو أمر أقل احتمالًا عند استخدام التدابير غير الاقتصادية فقط).

بشكل عام؛ أصبحت الأدوات الاقتصادية والمالية للإدارة المتكاملة للموارد المائية تزداد أهمية، وذلك لاتخاذ قرارات أفضل لتحسين إدارة المياه، فضلًا عن الأهداف الاجتماعية، ليس فقط للأجيال الحالية بل للأجيال القادمة أيضًا.

إن إدارة المياه لها تكلفة تمت مناقشتها سابقًا بشكل عام، حيث إنه من الأفضل البدء في عملية تحسين إدارة المياه في الحالات التي توجد فيها مشكلات بالفعل، وهنا يتم التعرُّف على قيمة المياه بسبب المنافسة أو الندرة أو التلوث، وبذلك يتوقع أن تكون التدخلات الإدارية مقبولة وناجحة.

3.6 الماء كسلعة اقتصادية واجتماعية

تنص مبادئ دبلن على أن المياه سلعة اقتصادية واجتماعية، ومن ناحية أخرى يجد بعض الناس صعوبة في قبول فكرة الدفع من أجل الحصول على الماء، فعلى سبيل المثال الماء "هبة من الله".

إن تطبيق السعر على الماء ليس بسبب استرداد التكلفة، ولكن تكمن الأهمية في كونه أداة لتغيير السلوك، والتأكد من توزيع المياه بشكل عادل، ويوضح الجدول (6.2) مكونات تكلفة المياه.

الماء ذو قيمة اقتصادية واجتماعية، وتُعزى العديد من حالات الفشل السابقة في الإدارة المتكاملة للموارد المائية إلى تجاهل القيمة الكاملة للمياه، حيث لا يمكن الحصول على أقصى الفوائد من الموارد المائية، مع استمرار المفاهيم الخاطئة حول قيمة المياه.

الجدول (6.2) قياس تكاليف استخدام المياه الجوفية

تكاليف إمدادات المياه				تكاليف الفرص الاجتماعية	التكاليف الخارجية
تكاليف استخراج المياه الجوفية	تكلفة رأس المال	تكاليف التشغيل والصيانة	تكاليف إدارة الموارد	قيم ممنوعة للاستخدامات البديلة	قيم في الموقع (تكلفة تداخل المياه المالحة ، والهبوط الأرضي وغيرها)

1.3.6 متى تكون المياه سلعة اقتصادية؟

هل هناك مكان لا تكون فيه المياه سلعة اقتصادية؟

إن معاملة المياه كسلعة اقتصادية أمرٌ ضروريٌّ لاتخاذ القرارات المنطقية بشأن توزيع المياه بين مختلف قطاعات المياه المتنافسة، وبخاصة في البيئة التي تعاني من نُدرة الموارد المائية، حيث يصبح التوسع في الإمدادات المائية خيارًا غير ممكن.

بالنسبة للمياه الجوفية فإن القيمة الاقتصادية لاستخدامات المياه البديلة تساعد في توجيه صناع القرار لتحديد أولويات الاستثمار، كما أنه من غير المتوقع أن تُعامل المياه كسلعة اقتصادية في البلدان

التي تتمتع بوفرة الموارد المائية؛ لعدم وجود حاجة مُلِحَّة لتقنين استخدام المياه في مثل هذه الحالة، مع الأخذ بعين الاعتبار أن الماء له دور مهم جدًّا لا يمكن تجاهله في التنمية الاقتصادية.

2.3.6 لماذا يُعد الماء سلعة اجتماعية؟

بغض النظر عن القيمة الاقتصادية للمياه فإنها تعد أيضًا منفعة اجتماعية، ومن المهم أن يُنظر إلى تخصيص المياه على أنه وسيلة لتحقيق الأهداف الاجتماعية المتمثلة في المساواة والتخفيف من وطأة الفقر والحفاظ على الصحة.

إن البلدان التي تتمتع بوفرة من الموارد المائية تميل إلى توظيف المياه كسلعة اجتماعية من أجل تحقيق المساواة، وتخفيف وطأة الفقر وتحقيق الأهداف الصحية عوضًا عن الأهداف الاقتصادية، كما أن الأمن والحماية البيئية هي أيضًا جانبٌ من اعتبار المياه سلعة اجتماعية، حيث إن المياه موردٌ مهم ومحترم في معظم التقاليد والأعراف، وعليه تُوفَّر أنظمة لإدارة نقص المياه على مستوى المجتمع.

4.6 تطبيق الأدوات الاقتصادية والمالية

1.4.6 استخدام أكثر عقلانية للمياه

إن الاقتصاد يدور حول صنع الخيارات عندما تكون الموارد شحيحة، وذلك عند الحاجة إلى استهلاك المياه الملوثة، أو عندما تكون الاستثمارات ضرورية لربط المزيد من الناس بمياه الشرب وأنظمة الصرف الصحي، أو في حال التنافس على الطلب، وعلى سبيل المثال: استخدام المياه للاستهلاك البشري أو الزراعة أو الصناعة، وفي حالات نُدرة المياه تنشأ المنافسة عندما يكون هناك ثمن مدفوع.

تتميز إدارة المياه بالاحتكارات والمصالح الراسخة، وهذا يجعل اللوائح التنظيمية ضرورية لتصحيح ذلك، لذا يمكن أن يساعد تطبيق الأدوات المالية والاقتصادية في تنفيذ اللوائح والحصول على النتائج المرجوة من التوزيع الرشيد والمقبول للموارد الشحيحة، كما يتطلب الاستخدام الرشيد للموارد عادة أن يساهم المستهلكون والمزارعون والصناعيون في تكلفة إدارة المياه وتنظيفها وإحضارها إلى بيوتهم ومزارعهم ومصانعهم.

2.4.6 الأدوات

إذا لم تكن هناك مشاكل مائية في منطقةٍ ما، فهل نحتاج إلى تنفيذ هياكل إدارة عالية التكلفة؟

إن أفضل الأدوات الاقتصادية المعروفة هي الضرائب والإعانات وتحديد الأسعار والتعريفة (في حالة تثبيت السعر من قبل السلطات لأن السعر لا يترك للسوق لأهميته للفقراء).

تساعد الأدوات المالية على اتخاذ قرارات استثمارية محددة، فالاستثمار في البنية التحتية وتحسينها يعد إحدى طرق تحسين كفاءة استخدام المياه، حيث يؤدي ذلك أيضًا إلى زيادة الاهتمام بالتشغيل والصيانة وتقليل خسائر النظام، ومع ذلك فإن أي استثمار يجب أن يتم بطريقة عقلانية وأن يوازن بين الموارد الضرورية (رأس المال، والعمال، والمواد الخام، وما إلى ذلك) لضمان الاستخدام الأمثل لهذه الموارد، ولتحقيق ذلك فقد طُوِّرت أدوات مثل تحليل منافع التكلفة، ودورة حياة التكاليف، والتحليل متعدد المعايير.

إن المبادئ ذات العلاقة التي تُستخدم في المياه والاقتصاد البيئي هي استرداد التكاليف وتغريم الملوثين، وتستند إلى الهدف المتمثل في استرداد التكاليف من أولئك الذين يتلقَّون المنفعة، بما أن مستخدمي المياه يتلقَّون فائدة من الحصول على المياه، عليه يجب أن يتم الدفع مقابل التكاليف التي يتكبدها مزودو الخدمة، وبالمثل يؤثر مسبِّب التلوث على جودة المياه للمستخدمين الآخرين، ويتلقَّى فائدة من قدرته على التخلص من الملوثات، لذا يتوجب عليه أن يدفع التكلفة البيئية وتكلفة مؤسسة الإدارة في مراقبة الملوث، وتتمثل الأدوات الأساسية المستخدمة لذلك في الآتي:

- **التسعير المباشر للمياه الجوفية من خلال رسوم الاستخراج**

وتعد هذه الأداة طريقة مباشرة جدًّا، حيث يُضطر المستخدمون إلى دفع رسوم السحب؛ استنادًا إلى حجم المياه المستخرج (يُفضل استخدام العدّادات بدلًا من اعتماد الترخيص؛ للتأكد من أن هناك دافع حقيقي لاستخراج المياه)، وتعد الزراعة أكبر مستهلك للمياه الجوفية، ولكن من النادر استخدام عدادات المياه، لذا فإن تقدير حجم السحب ليس سهلًا، ويستوجب تقنيات بديلة لتقدير الاستخدام الفعلي للمياه الزراعية مثل:

- اشتقاق كمية الضخ من استهلاك الطاقة الكهربائية.
- تقييم الاستهلاك الفعلي للمياه بواسطة تقنيات الاستشعار عن بُعد.

- **التسعير غير المباشر للمياه الجوفية من خلال تعريفات الطاقة**

إن التكلفة الرئيسة لاستخراج المياه الجوفية تتمثل في تركيب مضخة للبئر، وهي مصدر الطاقة اللازمة لرفع المياه، ولا تعتمد التكلفة فقط على عمق مستوى المياه وخصائص خزان المياه الجوفية وكفاءة الآبار، ولكن تعتمد أيضًا على تكلفة وحدة الطاقة اللازمة لضخ المياه، وعليه فمن الممكن أن يكون تسعير الطاقة (الكهرباء أو الديزل) أداة قوية للتأثير على اتجاهات ضخ المياه الجوفية.

من المفارقات في العديد من مناطق تُستخدم أسعار الطاقة العالم بطريقة عكسية، مع وجود إعانات كبيرة؛ وذلك لتقليل تكاليف الزراعة، في حين أن دعم المزارعين الفقراء يُعد مهمًّا لتحسين سُبُل معيشتهم، إلا أن دعم استخراج المياه الجوفية ليس الوسيلة المُثلى للقيام بذلك؛ لأن الإفراط في استخراج المياه الجوفية يمكن أن يؤدي إلى نضوب موارد المزارعين على المدى الطويل.

- **أسواق المياه الجوفية**

انتشرت الدعوة إلى أسواق المياه لتحسين إدارة الموارد، خصوصًا فيما يتعلق باستخدام المياه بكفاءة وتخصيصها داخل وبين القطاعات المختلفة، وتعد أسواق المياه الجوفية أداةً أكثر مرونة من أدوات القيادة والتحكم في تخصيص المياه للاستخدامات ذات القيمة الأعلى، كما أنها طريقة مقبولة لدى جميع الأطراف، وتعزِّز النمو الاقتصادي، وتقلِّل التوتر الاجتماعي، ولكن يجب الأخذ بعين الاعتبار أن أسواق المياه قد تقلِّل من فرصة الدولة للاستجابة للاحتياجات الاجتماعية وحالات الطوارئ.

5.6 الأدوات الاقتصادية والمالية وإدارة المياه الجوفية

من الذي يدفع لإدارة موارد المياه الجوفية في بلدك؟ هل هو مستخدم المياه الخام أم دافع الضرائب

كيف يمكن تمويل إدارة المياه الجوفية وما هي السيطرة التي ينبغي أن تكون على تعريفات المياه؟

ليس من السهل الإجابة عن هذا السؤال، ففي حين أن المواقف مختلفة، فإن التحدي يكمن فيما إذا كانت أنظمة الإدارة المالية المختارة كافية لتلبية أهداف إدارة المياه، أم يستوجب تغييرها.

تُوضع تعريفات المياه في المجتمع الذي تعدُ فيه المياه موردًا نادرًا لتعكس القيمة الاقتصادية الإجمالية للمياه، حيث سيكون من السهل توفير الموارد المالية لإدارة المياه، وفي هذه الحالة تُدمج تكاليف إدارة المياه في نظام تعريفة المياه، ومنها يتم الحصول على الدعم المالي للوظائف المتعلقة بإدارة المياه، وفي ظروف أخرى قد لا تُمَوَّل إدارة المياه عن طريق التعريفات المائية، بل تُمَوَّل بشكل رئيس من خلال الدعم المالي القادم من نظام الضرائب العام.

وبشكل عام فإنه يبدو من المستحسن أن يكون هناك نظام يدفع فيه مستخدمو المياه أي منافع خاصة لهم من المياه التي يحصلون عليها، حيث يقوم القطاع العام بشكل أساسي بتمويل الأنشطة والوظائف ذات العلاقة بالسلع العامة في الأنشطة المتعلقة بالمياه، وهذا يعادل وجود نظام تعريفة المياه التي تغطي تكاليف استخدام المياه السكنية والصناعية والكهربائية والزراعية (بما في ذلك المدفوعات

لأنشطة تلويث المياه)، في حين يمكن توجيه التمويل العام أو الضريبي لدعم قيم المياه لأماكن الترفيه والحدائق ومنع الكوارث والمشاكل الصحية المرتبطة أو المتعلقة بالمياه وحماية مناطق النظم البيئية المهددة بالانقراض، كما من المتوقع أن يكون هذا النظام لإدارة المياه أكثر فعالية من حيث الكفاءة والمساواة والاستدامة لإدارة المياه.

6.6 ما الخطوات اللازمة لإدخال الأدوات الاقتصادية لإدارة المياه الجوفية؟

تتمثل الخطوة الأولى في تحليل الوضع ومعرفة ما إذا كان يتطلب إنشاء نظام موسع لإدارة المياه يشتمل على نظام التعريفة.

إن تقديم الأدوات الاقتصادية يعتمد على الظروف الهيدرولوجية والاقتصادية والاجتماعية والسياسية الحالية، ويجب أن يتضمن تحليل الجدوى تقييمًا لتكاليف كل أداة وفوائدها كما في الجدول (6.3) وينبغي أن يُؤخذ في الحسبان التكاليف المتكررة على المدى الطويل والقدرات المؤسسية من ناحية الإدارة والمراقبة والتنفيذ، وكذلك تكاليف المعاملات التي ينطوي عليها إنشاء النُّظُم، كما ستؤثر التكاليف والفوائد المتوقعة على المقايضة بين استخدام الأدوات الاقتصادية وأدوات إدارة المياه الجوفية الأخرى، حيث إن أهم عنصر في جعل الأدوات الاقتصادية تعمل هو ضمان أن النظام المقترح إلزامي التطبيق وقابل للتنفيذ.

الجدول (6.3) أمثلة عن الوسائل الاقتصادية والمالية المطبقة في إدارة الموارد المائية

الوظيفة	الأدوات المالية / الغرض	الأدوات الاقتصادية / الغرض
تخصيص الموارد المائية	▪ رسوم تصريح ▪ رسوم حجم المياه الخام ▪ إدارة استرداد التكاليف ▪ إدارة استرداد تكاليف الحوض ▪ استرداد تكاليف الاستثمار ▪ مراقبة استرداد التكاليف.	▪ رسوم الاستخدام ▪ حوافز الكفاءة أو اعتبارات العدالة
مكافحة التلوث	▪ رسوم تصريح ▪ رسوم التلوث ▪ إدارة استرداد التكاليف ▪ رصد استرداد التكاليف ▪ استرداد التكاليف ▪ تنظيف البيئة	▪ حجم الرسوم ذات الصلة ونوعيتها. ▪ متطلبات المراقبة الذاتية ▪ العقوبة على تردّي النوعية والتصريف الكبير.
رصد استخدام المياه، وتلوث المياه، والامتثال، والموارد المائية.	▪ نسبة رسوم المياه الخام ▪ رسوم التلوث ▪ استرداد التكاليف	▪ عقوبات جزائية لضمان الامتثال

يُعد استخدام المياه الجوفية نشاطًا لا مركزيًّا يتضمن مشاركة العديد من المستخدمين من القطاع الخاص الذين قاموا بحفر وتجهيز آبارهم الخاصة ومتابعة جداول الضخ الخاصة بها، أما في حالة المياه الجوفية الرئيسة ذات مئات الآلاف من المستخدمين تعد قياسات تصريف الآبار باستخدام العدادات أمرًا مستحيلًا إذا لم يكن لدى المستخدمين أي حافز للتنفيذ، وعليه فمن الضروري إنشاء حوافز للمستخدمين للمشاركة الفعالة في إدارة طبقات المياه الجوفية، بحيث يتم دعم ذلك عن طريق توفير بيانات عن حالة موارد المياه الجوفية وتعزيز مشاركة أصحاب المصلحة في الإدارة التي يمارس المستخدمون من خلالها ضغوطًا لتحقيق أهداف الإدارة.

7.6 ما الأدوات الاقتصادية المتاحة للمساعدة في مكافحة تلوث المياه الجوفية؟

الأداة التي توصف عادة لتخفيض تلوث المياه هي مبدأ "الملوِّث يدفع"، وبموجبه تُحمَّل الصناعة التكاليف حسب كمية التلوث الذي تنتجه، وتقل قيمة الدفع كلما قلَّ التلوث.

إن هذا النهج لا ينطبق بشكل مباشر على حماية طبقة المياه الجوفية؛ وذلك بسبب الخصائص الخاصة للمياه الجوفية، لا سيَّما التأخُّر الزمني في ظهور آثار الملوِّثات والتكلفة المحتملة لبعض حوادث التلوث، وبدلًا من ذلك فإنه يلزم توفير حوافز اقتصادية لمرافق الصناعة ومرافق المياه لغرض الاستثمار في المعالجة الكافية للمياه العادمة، وإعادة التدوير خاصة حين تشير تقييمات قابلية تأثُّر طبقة المياه الجوفية بالتلوث إلى مخاطر عالية.

وهناك قضية أخرى مهمة وهي السيطرة على التلوث غير معلوم المصدر من النشاطات الزراعية، والذي من الممكن أن يكون له تأثير سلبي كبير على جودة المياه الجوفية بسبب التسرب الكيميائي، كما أن التحكم في مكافحة التلوث يكون غالبًا من قبل مؤسسة أخرى منفصلة عن مؤسسة المياه، وهذا قد يسبب مشاكل في حال عدم إعطاء المياه الجوفية الاهتمام الكافي.

8.6 الأدوات الاقتصادية ووظائف إدارة المياه

من الاعتبارات المهمة في تحديد التعريفات تبرير التكاليف والشفافية في تفاصيل تكاليف الإدارة وتكاليف المراقبة وما إلى ذلك، لذا ينبغي تحليل تكاليف نظام إدارة المياه بعناية وتبريرها على أساس الأنشطة والجهود المبذولة، وهذا يبرِّر ما إذا كانت التعريفة تعسفية أو غير ذلك، ومع ذلك فإن مستويات الرسوم تعد قضية سياسية، فقد لا يفي الدخل بالنفقات، وقد تُقبَل الرسوم في حال عقد اتفاقية مع الحكومة لدعم الحوض لأغراض التنمية أو لأسباب أخرى، وكانت الحكومة مستعدة لتعويض فرق التكلفة، أما

بخلاف ذلك فستفشل الأنظمة؛ لعجز الميزانية وستقتصر إدارة موارد المياه على الأنشطة ذات الأولوية الاقتصادية.

النقطة الأخيرة هي بخصوص مستخدم الماء وحارس اللعبة (مدير المياه)، ففي كثير من الأحيان يتم تطوير وظائف إدارة الموارد المائية داخل وكالة لها وظائف أخرى مثل الري، أو خدمات إمدادات المياه، وهذا ما يثير على الفور تضارب المصالح، وهذا قد يؤدي إلى عدم الثقة أو التعاون من القطاعات الأخرى، ومن المفترض في مثل هذه الظروف أن تكون وظائف إدارة الموارد المائية محمية ومنفصلة عن الوظائف الأخرى من الناحية المالية ومن منظور صنع القرار.

9.6 نقاط مهمة

- الأدوات الاقتصادية هي أدوات أساسية لإدارة المياه الجوفية.
- يمثل استرداد التكاليف عنصرًا من عناصر المساواة الحاسمة لمؤسسات إدارة المياه الفعالة.
- يمكن أن يساعد التطبيق الجيد للأدوات المالية والاقتصادية في تطوير الخدمات.

تمـــرين

الأدوات الاقتصادية والمالية

الغرض: تحديد العوائق والفرص لتطبيق الأدوات الاقتصادية والمالية في إدارة المياه الجوفية.

النشاط: 90-60 دقيقة عمل جماعي، 30 دقيقة إبلاغ ومناقشة.

المجموعة 1: ناقش كيفية تطبيق الأدوات المالية لاسترداد التكاليف في المياه الجوفية على أساس خبرتك الخاصة.

- ما هي تكاليف إدارة المياه الجوفية التي ينبغي استردادها ومن الذي عليه أن يدفع؟
- ما هي الشروط التي يجب أن تكون سارية قبل تطبيق أنظمة الدفع؟
- كيف يمكنك ممارسة تطبيق نظام الدفع؟

المجموعة 2: ناقش كيفية تطبيق الأدوات الاقتصادية لتغيير السلوك.

- ما هي السلوكيات التي تريد تغييرها؟
- كيف يمكنك تطبيق الأدوات الاقتصادية لتغيير السلوك؟ وهل هو ممكن؟
- ما هي الآليات الأخرى التي يمكنك استخدامها لتغيير السلوك والحصول على النتيجة التي تريدها؟

الفصل السابع. مشاركة أصحاب المصلحة في إدارة المياه الجوفية

Chapter 7: Stakeholder Participation in Groundwater Management

أهداف التدريب

- تحديد أصحاب المصلحة وتصنيفهم.
- النظر في هياكل ومسؤوليات أصحاب المصلحة في إدارة المياه الجوفية.
- تلقّي التوجيه بشأن الحفاظ على مشاركة أصحاب المصلحة مع مرور الوقت.

1.7 ما سبب إشراك أصحاب المصلحة؟

سيتم في هذا الفصل إلقاء نظرة عامة عن كيفية إشراك أصحاب المصلحة في إدارة المياه الجوفية، ووصف كيفية تحديد أصحاب المصلحة وتهيئتهم، كما سينظر إلى هياكل أصحاب المصلحة في الحوض وأدوارهم ومسؤولياتهم مع إعطاء بعض المؤشرات للحفاظ على المشاركة الفعالة.

فكرة أن أصحاب المصلحة يجب أن يكون لهم رأي ودور في إدارة الموارد المائية التي يعتمدون عليها هي واحدة من المفاهيم الأساسية للإدارة المتكاملة للموارد المائية، كما أن السبب الرئيس وراء أهمية أصحاب المصلحة ومشاركتهم هو قبولهم لنظام إدارة المياه الجوفية، وهذا بدوره سيجعل من الممكن تنفيذه بسبب منافعه الكثيرة، كما يرغب أصحاب المصلحة في المشاركة؛ لأن لديهم مصلحة مهمة في موارد طبقات المياه الجوفية ويرغبون في حمايتها وتطويرها، وقد يكون بسبب استخدامهم للمياه الجوفية، أو لأنهم يمارسون أنشطة يمكن أن تسبب تلوث المياه الجوفية، أو لأنها تتعلق بتوفر المياه الجوفية والإدارة البيئية، لذا فإن مشاركة أصحاب المصلحة ضرورية للأسباب الآتية:

ما هي الفوائد الأخرى لمشاركة أصحاب المصلحة؟

- غالبًا ما يكون من الصعوبة تنفيذ القرارات الإدارية التي تتخذها الجهة المسؤولة عن موارد المياه الجوفية من جانب واحد دون توافق اجتماعي، حيث يمكن تنفيذ أنشطة الإدارة الأساسية (مثل المراقبة والتفتيش وجمع الرسوم) على نحو أكثر فعالية واقتصادية من خلال الجهود التعاونية والأعباء المشتركة، لهذا فإن تكامل وتنسيق القرارات المتعلقة بموارد المياه السطحية والجوفية، واستخدام الأراضي وإدارة النفايات يمكن تحقيقها من خلال التعاون مع أصحاب المصلحة، وفي حال وجود طبقات من المياه الجوفية الثانوية الصغرى قد تكون إدارة أصحاب المصلحة هي الخيار الواقعي الوحيد، وهناك فوائد أخرى من مشاركة أصحاب المصلحة منها:
- اتخاذ قرارات أكثر استنارة؛ لأن أصحاب المصلحة غالبًا ما يمتلكون ثروة من المعلومات يمكن أن تُحسّن من إدارة المياه الجوفية.

- منع النزاعات، وذلك بالتنسيق وتوافق الآراء وتبادل المعلومات.
- المزايا الاجتماعية التي تعزز المساواة بين المستخدمين.
- الفوائد الاقتصادية التي تحسِّن عمليات الضخِّ والحدِّ من تكاليف الطاقة.
- فوائد تقنية غالبًا ما تؤدي إلى تقديرات أفضل لاستخراج المياه.

من الواضح أن إستراتيجية إشراك أصحاب المصلحة تُعد جزءًا لا يتجزأ من إدارة المياه الجوفية وليست عملية تحدث مرة واحدة.

2.7 تحديد أصحاب المصلحة الرئيسين

في البداية يجب معرفة من هو صاحب المصلحة؟ بسبب وجود عدد كبير من المهتمين بشؤون المياه، لذا من المهم أن نلقي نظرة متأنية على من يجب أن يشارك ولماذا؟ ويمكن اختيار صاحب المصلحة وتحديده من خلال الخطوات الآتية:

- يكون اختيار أصحاب المصلحة الرئيسين وتحديدهم من الشبكة الكبيرة للمجموعات والأفراد الذين يمكن أن يؤثروا أو يتأثروا بالتغييرات التي تحدث في إدارة المياه.
- تقييم مصالح أصحاب المصلحة والأثر المحتمل لقرارات إدارة المياه الجوفية على هذه المصالح.
- تقييم تأثير وأهمية أصحاب المصلحة الذين تم تحديدهم.

يجب أن يرتبط هذا الاختيار بتطوير عملية مؤسَّسية للمشاركة على المدى الطويل مع أصحاب المصلحة في إدارة المخرجات.

الخطوة الأولى: تحديد أصحاب المصلحة الرئيسين

تتمثل الخطوة الأولى في تحديد أصحاب المصلحة وتجميعهم في منطقة إدارة المياه الجوفية، وفقًا لما يأتي:

لماذا يكون من الضروري الأخذ في الاعتبار النوع الاجتماعي عند القيام بتحليل أصحاب المصلحة؟

- من هم المستفيدون المحتملون؟
- من هو الذي قد يتأثر سلبًا؟
- هل تم تحديد المجموعات الضعيفة التي قد تتأثر؟
- هل تم تحديد المؤيدين والمعارضين للتغييرات في أنظمة إدارة المياه؟
- هل يتم تحديد المصالح بين الجنسين وتمثيلها بشكلٍ كافٍ؟
- ما هي العلاقات القائمة بين أصحاب المصلحة؟

إن الإجابة عن هذه الأسئلة تستلزم الحديث عن قائمة تمثِّل أسسًا لتحليل العلاقة بين أصحاب المصلحة، وكما ذُكر آنفًا فقد لا يرغب جميع أصحاب المصلحة بالمشاركة في إدارة المياه الجوفية.

ومن أحد أهداف تحليل أصحاب المصلحة هو التأكد من أن مديري المياه الجوفية يدركون بشكلٍ كافٍ المصالح المختلفة، وأين يرغبون في المشاركة، وما هي توقعاتهم ومهاراتهم؟

إحدى المشاكل الشائعة خاصة مع موارد المياه الجوفية هي تحديد حدود النظام، حيث تؤثِّر المياه على المجتمع بطرق عديدة، كما قد يؤثِّر التطور الاجتماعي والاقتصادي لاستخدام خزان المياه الجوفية الرئيسة في بلدٍ ما على أصحاب المصلحة، سواء المستوى الوطني أو الدولي، كما أن الحصر الفعلي لأصحاب المصلحة هو مطلب لا ينبغي الاستهانة به، ومن المهم أيضًا ملاحظة أن الحصر بالنسبة إلى العديد من أصحاب المصلحة قد يكون بحصرهم خلال لقائهم مع مديري المياه، مع اعتبار أن عمليات استخراج المياه الجوفية غالبًا ما تكون غير خاضعة للرقابة، ولا يُنظر دائمًا إلى زيارة جهة حكومية على أنها إيجابية.

الخطوة الثانية: تقييم مصالح أصحاب المصلحة والأثر المحتمل للمشروع على هذه المصالح

بمجرد تحديد أصحاب المصلحة الرئيسين يُنظر في الاهتمام المحتمل الذي قد يكون لهذه المجموعات أو الأفراد ودورهم المحتمل في إدارة المياه الجوفية كما الجدول (7.1)، مع وجوب تضمين الإجابة عن الأسئلة الآتية؛ لغرض تقييم الاهتمامات المختلفة لأصحاب المصلحة:

- ما هي توقعات أصحاب المصلحة؟
- ما هي الاستفادة من مشاركة صاحب المصلحة؟
- ما هي الموارد التي قد يكون لأصحاب المصلحة رغبة في طرحها؟
- ما هي المصالح المتضاربة لأصحاب المصلحة، والتي تتعارض مع إدارة المياه الجوفية وأهداف الإدارة المتكاملة للموارد المائية؟

من المهم أن ندرك عند تقييم مصالح أصحاب المصلحة المختلفين أن بعضهم قد يكون لديه أهدافٌ متعددة ومصالح مخفية ومتناقضة يسعون إلى تعزيزها والدفاع عنها.

الجدول (7.1) مصالح وأنشطة أصحاب المصلحة بالمياه الجوفية (GW•MATE,2002-2006)

القطاع	فئات استخدام المياه	عمليات التلوث	فئات أخرى
الريفي	▪ التزويد للشرب. ▪ تربية الماشية. ▪ حصة الزراعة. ▪ الري التجاري.	▪ التخلص من النفايات المنزلية. ▪ الصرف فناء المزرعة. ▪ الزراعة الكثيفة. ▪ الري بمياه الصرف الصحي.	▪ متعهدو حفر الآبار ▪ المؤسسات التعليمية ▪ الاتحادات المهنية ▪ الصحفيون والإعلام المجتمعي.
الحضري	▪ مرافق المياه. ▪ التزويد الخاص.	▪ جريان مياه الصرف الصحي الحضرية ▪ مواقع دفن النفايات البلدية.	
الصناعة والتعدين	▪ الشركات المزودة ذاتيًّا.	▪ تدفقات مياه الصرف الصحي. ▪ التخلص من النفايات الصلبة. ▪ وسائل تخزين المواد الكيميائية/النفط.	
السياحة	▪ الفنادق ومواقع التخييم.	▪ جرين مياه الصرف الصحي. ▪ التخلص من النفايات الصلبة.	
البيئة	▪ الأنظمة البيئية للأنهار ▪ الأراضي الرطبة والبحيرات الساحلية		

الخطوة الثالثة: تقييم نفوذ أصحاب المصلحة وأهميتهم

في هذه الخطوة سيتم تقييم تأثير الجهات المعنية وأهميتها وبيانها والتي تم تحديدها في الخطوات السابقة، حيث يشير التأثير إلى القوة التي يتمتع بها أصحاب المصلحة مثل الرقابة الرسمية على عملية صنع القرار أو غير الرسمية بمعنى إعاقة أو تسهيل تنفيذ عمليات إدارة المياه الجوفية.

أصحاب المصلحة المهمُّون هم غالبًا المنتفعون من المياه الجوفية أو الذين تتلاقى أهدافهم مع أهداف إدارة المياه الجوفية، كما قد لا يكون هناك تأثير كبير لبعض أصحاب المصلحة المهمين، والعكس صحيح، ومن أجل تقييم أهمية أصحاب المصلحة وتأثيرهم ومحاولاتهم لا بد من تقييم الآتي:

- القوة والوضع السياسي والاجتماعي والاقتصادي لأصحاب المصلحة.
- درجة تنظيم صاحب المصلحة.
- سيطرة أصحاب المصلحة على الموارد الإستراتيجية.
- التأثير غير الرسمي لأصحاب المصلحة (العلاقات الشخصية، وما إلى ذلك).
- أهمية دور أصحاب المصلحة في نجاح إدارة المياه الجوفية.

يمكن تصنيف تأثير وأهمية مختلف أصحاب المصلحة على أساس مقاييس بسيطة كما بالجدول (7.2) ، حيث يمثِّل هذا التمرين خطوة أولية في تحديد الإستراتيجية المناسبة؛ لإشراك مختلف أصحاب المصلحة، كالذي تم بحثه في الخطوة الثانية، وللتأكد من أن التقييم دقيق قدر الإمكان ينبغي إجراء مشاورات ميدانية وهي بدورها ستقدم نتائج جيدة، كما يُعد التمثيل مشكلة؛ إذ ليس من الممكن استشارة الجميع، مع الأخذ في الاعتبار أن هيكلية أصحاب المصلحة الرسميين يجب أن يكون فيها التمثيل شرعيًا، ومن المهم أيضًا تحديد أصحاب المصلحة الحكوميين من ناحية آثارهم أو تأثيرهم على إدارة المياه الجوفية، مثل استخدام الأراضي الزراعية والبيئة (استخدام الأراضي وإدارة التلوث وصحة النظام البيئي) لإشراكهم في وضع الإستراتيجية وتنفيذها.

الجدول (7.2) فئات أصحاب المصلحة

(أ) اهتمام كبير الأهمية. تأثير كبير أصحاب المصلحة هؤلاء هم أساس الائتلاف الفعال لدعم المشروع	(ب) اهتمام كبير الأهمية. تأثير صغير يحتاج أصحاب المصلحة هؤلاء إلى مبادرة خاصة إذا كان من الضروري حماية مصالحهم
(ج) اهتمام صغير الأهمية. تأثير كبير يمكن لأصحاب المصلحة هؤلاء التأثير على نتائج المشروع ولكن تلك ليست أولوياتهم الخاصة بالمشروع وهذه قد تكون مخاطرة أو عائق للمشروع	(ج) اهتمام صغير الأهمية. تأثير صغير أصحاب المصلحة هؤلاء هم الأقل أهمية للمشروع

3.7 وظائف أصحاب المصلحة في إدارة المياه الجوفية

هناك العديد من الطرق التي يمكن لأصحاب المصلحة من خلالها المشاركة في إدارة موارد المياه الجوفية وأنظمة خزانات المياه الجوفية، حيث يوضح الجدول (7.3) ملخص للوظائف المحتملة التي يمكن إجراؤها، ومستويات الإدارة التي تتوافق مع هذه الوظائف، وعمومًا تختلف الأساليب إلى حدٍّ ما، وفقًا للمصالح المحددة لأصحاب المصلحة وطبيعة حقوق الأراضي والمياه في المنطقة المعني، ومن أجل ضمان امتلاك أصحاب المصلحة للقرارات يجب أن تبدأ المشاركة من البداية عندما يتم تحديد قضايا الموارد والاهتمامات، ثم الاستمرار من خلال مراحل تخطيط الإدارة والتنفيذ والمراقبة.

يتمثل أحد التحديات الصعبة في إدارة المياه الجوفية بالمشاركة في تضمين وتحديد دور لهؤلاء الذين ليس لهم مصلحة مباشرة في إدارة الموارد، حيث إنهم ليسوا مستخدمين جيدين أو ملوِّثين محتملين،

ولكن قد يكونون متأثرين بشكل خطير بقرارات الإدارة مثل الموظفين في المؤسسات الزراعية أو الصناعية والمنظمات غير الحكومية البيئية التي تمثل مصالح الحفاظ على الأراضي الرطبة.

الجدول (7.3) ملخص للوظائف التي غالبًا ما يُنجزها أصحاب المصلحة في المخططات المتشاركة لإدارة مورد المياه الجوفية وتنظيمه (GW•MATE,2002-2006)

الوظائف	المستوى الذي تؤدَّى عنده الوظيفة	
	جمعيات مستخدمي المياه	منظمة المياه الجوفية أو حوض النهر
امتلاك حقوق التصرف بالمياه الجوفية	نعم	
الحفاظ على تزويد/توزيع المياه الجوفية	نعم	
جباية رسوم استخدام المياه عند مستوى التوزيع	نعم , x	
القيام بمراقبة عملية للمياه الجوفية	نعم , +	
عمل أحكام ملزمة لاستخدام المياه	نعم , x	نعم , x
مباشرة تنظيم استخدام المياه الجوفية	نعم , x +	نعم , x +
المشاركة في وضع المعايير/الأهداف		نعم , +
صياغة وتنفيذ خطط إدارة خزان المياه الجوفية		نعم , +
تطبيق إجراءات حماية المياه الجوفية		نعم , x +
حل نزاعات موارد المياه الجوفية		نعم , x +
مراجعة مشاريع الاستخدام المقترن ونقل المياه		نعم , +
x تتطلب منح شخصية قضائية للمنظمة والجمعية المناظرة + تتطلب صياغة العلاقة مع الهيئة التنظيمية المحلية لموارد المياه		

في البلدان التي شهدت إصلاحات في مجال المياه وتم تنقيح قوانين المياه فيها غالبًا ما يتم تحديد أصحاب المصلحة في قانون المياه، ومنها يكون لديهم إمكانية للمساهمة في إدارة المياه من خلال هياكل قانونية خاصة بأصحاب المصلحة توفر لهم مِنَصَّة مهمة للمشاركة الرسمية والتعاون مع منظمات إدارة المياه التابعة للحكومة.

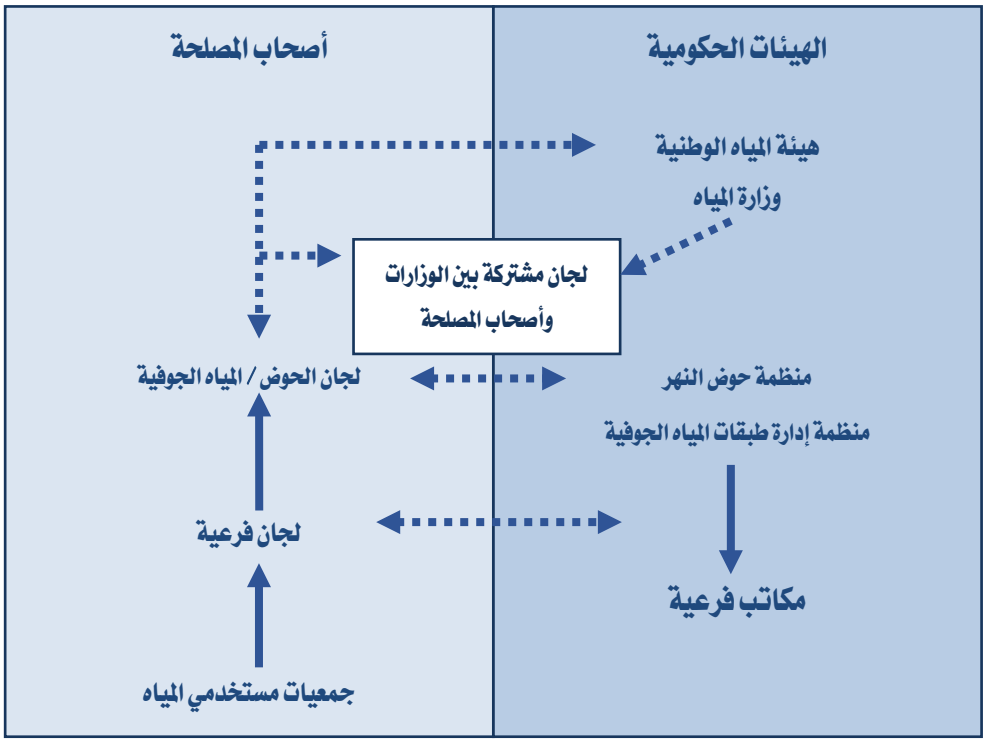
شراكة الحكومة

ينبغي أن يُذكر بشكل خاص التنسيق الشامل بين جميع القطاعات في إطار التأكيد على مشاركة أصحاب المصلحة، وغالبًا ما يُقصد بالتنسيق بين مختلف القطاعات التعاون أو على الأقل تبادل المعلومات بين الوزارات والإدارات الحكومية على اختلافها.

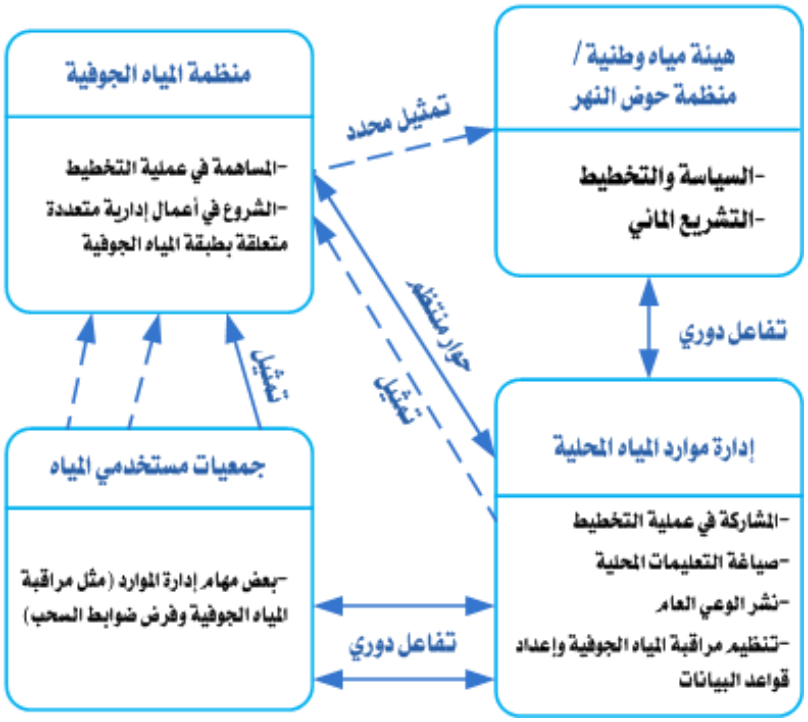
ومن أجل تحقيق نهج متكامل لإدارة موارد المياه من الضروري لا بد من إجراء تنسيق بين إدارة المياه الجوفية والوزارات الأخرى ذات العلاقة، إما من خلال الهياكل المشتركة بين الوزارات، أو مباشرة مع الإدارات المحلية المماثلة في الوزارات الأخرى، حيث إن التنسيق مطلوب في كثير من الحالات بالتوازي مع إدارة أحواض الأنهار، بحيث يكون هناك ممثلون للوزارة.

يبين الشكل (7.1) اللجان المشتركة بين الوزارات الموجودة بين أصحاب المصلحة والهيئات الحكومية، ويرجع ذلك إلى أن العديد من المنظمات الحكومية قد تقوم بإدارة موارد المياه أو مستخدمي الموارد المائية، أو تتحمل مسؤولية البرامج التي تؤثر بشكل مباشر على إدارة الموارد المائية، كما أن الحكومات المحلية مسؤولة في كثير من الحالات عن إمدادات المياه والمرافق الصحية، لذا فهي من فئة مستخدمي المياه.

في الوقت نفسه يُعد الحكم المحلي أحد أصحاب المصلحة المهمين، كما هو مبين بالشكل (7.2) حينما يتعلق الأمر بتخصيص الموارد المائية أو تخطيط أحواض النهر من أجل التنمية، وقد تكون لهم مسؤوليات محلية في إدارة المياه الجوفية، كما أن مؤسسة البيئة هي مثال آخر على الرغم من أنها غالبًا ما تكون مسؤولة عن إدارة تلوث المياه، لذا يجب أن تعمل مؤسسة إدارة المياه الجوفية بعد ذلك على أنها صاحب مصلحة للتأثير على كيفية قيام مؤسسة البيئة بوضع السياسة وتنفيذ هذه البرامج، كما قد تضع المؤسسات الزراعية سياسات وبرامج حول إدارة الأراضي أو الزراعة أو الري والتي تؤثر بشكل مباشر على إدارة الموارد المائية في حوض النهر، لذا يجب أن تقوم مؤسسة إدارة المياه الجوفية بدورها بنفسها؛ كونها صاحب المصلحة في اتخاذ القرارات السياسية لمؤسسة الزراعة.



الشكل (7.1) الصلات الممكنة بين أصحاب المصلحة والهيئات الحكومية



الشكل (7.2) مخطط عام للتفاعل المؤسسي في إدارة مورد المياه الجوفية (GW•MATE,2002-2006)

4.7 الآليات المؤسسية لمشاركة أصحاب المصلحة في إدارة المياه الجوفية

لابد من مشاركة أصحاب المصلحة والمجتمع المحلي في إدارة المياه الجوفية على مستويات إقليمية مختلفة، تبدأ من بئر المياه إلى شبكة خزانات المياه الجوفية، وحتى على مستوى الحوض المائي أو المستوى الوطني، وينبغي تشجيعها على المستويات كافة؛ لتمكين أصحاب المصلحة من تقديم مساهمة فعالة بُغية الحفاظ على المياه الجوفية وحمايتها، مع احتمال إدماجها في إدارة المياه السطحية في حالات عديدة.

منذ زمن طويل والكيانات المحلية في بعض البلدان تقوم بتوزيع المياه الجوفية من الآبار أو الينابيع (أو الكهاريز "الأفلاج") على أعضائها، وكان معظمها لأغراض الري، حيث تقوم بجمع الرسوم التشغيلية وصيانة البنية التحتية وتسوية النزاعات المائية وفقًا للقواعد العرفية، وعليه فإن هذه الكيانات قد تُشكِّل أساسًا مهمًا لمشاركة الممارسات الجيدة مع المجتمعات الأخرى، ويمكن الاعتراف بها بموجب قانون يُسَنُّ لغرض تسهيل عملها وتمكينها من الدخول في علاقات تعاقدية مع الهيئات التنظيمية المحلية المعنية بالمياه والأراضي.

غالبًا ما تُحدَّد إصلاحات قطاع المياه في إطار الإدارة المتكاملة للموارد المائية هياكل أصحاب المصلحة (مثل روابط مستخدمي المياه) والتي يناط بها أدوارٌ ومسؤولياتٌ محددة في إدارة المياه السطحية أو الجوفية، وفي حالة موارد المياه الجوفية قد تكون هناك حاجة محددة إلى منظمة لإدارة خزانات المياه الجوفية، خصوصًا أحواض المياه الجوفية الكبيرة والمعرضة للتهديد، على أن يُؤخذ بالاعتبار حقيقة أن معظم الحالات يجب إدراج إدارة المياه الجوفية ضمن نظم إدارة المياه السطحية، مثل منظمات حوض النهر، وهذا ما يتَّسق مع فلسفة إدارة المياه كمورد واحد.

في بعض إصلاحات قطاع المياه تُفوَّض هياكل أصحاب المصلحة إلى سلطة تخصيص المياه على المستوى المحلي، ويمكن تمثيلها أيضًا في مستويات أعلى حتى الإشراف على هيئة المياه الوطنية كما يلاحظ من الشكل (7.1).

في بعض البلدان قد لا يملك أصحاب المصلحة سوى وظيفة استشارية، لذلك فإن إضفاء الطابع الرسمي على مشاركة أصحاب المصلحة في الهياكل الرسمية أمرٌ مهم؛ لأن هيكل أصحاب المصلحة الرسمي يجعل عمل إدارة المياه أكثر سهولة ومرونة، وهذا يحدُّ من الحاجة إلى مواصلة تعبئة أصحاب المصلحة، وضمان وجود ارتباط رسمي ومنتظم معهم.

بالرغم من عدم وجود مخططات أو إرشادات معدة مسبقاً لكيفية بناء هيكل تمثيل أصحاب المصلحة، إلا أن الشكل (7.1) يبين الروابط المحتملة حيثما أمكن بين الهيئات الحكومية ومنظمات أصحاب المصلحة على مختلف المستويات ليتم إدارة المياه الجوفية والسطحية بشكلٍ مناسب ضمن نفس الهيكلية.

ومن الضرورة بمكان توضيح الدور الذي تؤدّيه هياكل المساهمين ومسؤولياتهم في عملية إدارة الموارد المائية المبكر، على سبيل المثال قد يُمنح مستخدمو المياه مسؤولية المراقبة على المستوى المحلي تحت إشراف هيئة إدارة المياه، وفي هذه الحالة يجب تصميم هيكلية لأصحاب المصلحة؛ لتمكين التواصل السهل والمرن على المستوى المحلي.

وهناك مثال آخر يتمثَّل في وضع خطط لمنطقة إدارة المياه والتي قد يحتاج لبناء توافق في الآراء بين أصحاب المصلحة الرئيسين، والتشاور مع المجموعات الرئيسة، لذا فإن وجود هياكل رسمية لأصحاب المصلحة قد تكون غير مقدرة بأي ثمن، أيضاً تكون القضية الأساسية فالتمثيل، حيث يجب توضيح الإجراءات والمبادئ التوجيهية حول كيفية تمثيل المجموعات المختلفة وكيفية اختيار هؤلاء الممثلين واستبدالهم من وقتٍ لآخر، وفقًا لقواعد واضحة وموثقة للحصول على المشاركة العادلة.

5.7 تهيئة أعمال أصحاب المصلحة

في البداية من المهم توضيح الغرض من التهيئة، فقد تكون بإقناع أصحاب المصلحة بالقيام بمهام مثل المراقبة عن طريق جمع المعلومات، وقد يكون لهم مهام القيام بإدارة نظام المياه الجوفية في مناطقهم المحلية كما بالجدول (7.4)، أو قد يتم تنظيم أصحاب المصلحة في أي وقت لأسباب أخرى.

في الغالب يتم تنظيم العمل لتوفير المعلومات أو للمساهمة في عملية التخطيط، وإذا كانت هناك صعوبة في التواصل مع أصحاب المصلحة– كما هو الحال في كثيرٍ من الأحيان– فقد لا يكون هناك قبول مستقبلي منهم، فضلًا عن عدم صدق النوايا من قِبَل الدولة تجاه أصحاب المصلحة والمجتمع، فغالبًا ما تكون مشاركة أصحاب المصلحة أثناء فترة التنفيذ؛ لإثبات مشاركتهم ليس إلا.

جدول (7.4) أنواع مشاركة أصحاب المصلحة. (Dalal-Clayton B, Bass S, 2002)

نوع المشاركة	المميزات
مشاركة متلاعبة	المشاركة هي مجرد ادعاء.
المشاركة غير الفاعلة	يشارك الناس عن طريق إخطارهم بما تم تحديده، أو ما حدث بالفعل، أما المعلومات التي لا يتم إشراكهم بها فإنه تكونا مقتصرة على الخبراء.
المشاركة بالتشاور	يشارك الناس من خلال التشاور، أو من خلال الإجابة عن الأسئلة، ولا يُعترف بأية مشاركة في صنع القرار، كما لا يُلزَم المحترفون بأخذ آراء الناس.
المشاركة في الحوافز المادية	يشارك الناس في مقابل الغذاء أو المال أو الحوافز المادية الأخرى، والسكان المحليون ليس لهم مصلحة في إطالة الممارسات عندما تنتهي الحوافز.
المشاركة الوظيفية	تعد المشاركة من قِبَل وكالات خارجية وسيلةً لتحقيق أهداف المشروع، وخاصة انخفاض التكلفة، يمكن أن يشارك الناس بتشكيل مجموعات لتلبية أهداف المشروع المحددة سلفًا.
المشاركة التفاعلية	يشارك الناس في التحليل المشترك، وهذا يؤدي إلى خطط عمل وتشكيل أو تقوية المجموعات أو المؤسسات المحلية التي تحدِّد كيفية استخدام الموارد المتاحة، ويتم استخدام طريقة التعلم للبحث عن وجهات نظر متعددة.
المشاركة الشخصية	يشارك الناس من خلال اتخاذ مبادرات مستقلة عن المؤسسات الخارجية عن طريق تطوير اتصالات مع مؤسسات خارجية؛ للحصول على الموارد والمشورة الفنية، ولكنهم يحتفظون بالسيطرة على كيفية استخدام الموارد.

الإطار (7.1) النوع الاجتماعي في تعبئة أصحاب المصلحة

يتطلب تحقيق الاستخدام الفعال من الناحية الاقتصادية للمياه الجوفية الاهتمام بالنوع الاجتماعي ومنها يمكن:

- **الاستثمار الفعال:** يمكن استخدام البنية التحتية للمياه الجوفية على نطاق أوسع وعلى النحو الأمثل، والحفاظ عليها واستدامتها عند النظر في طلبات المرأة وتوقعاتها وتجاربها ومشاركتها ومعارفها، حيث إن هذا الاعتبار يتيح حلولًا مستهدفة في أنظمة التكنولوجيا والدفع والإدارة، ويمكن أن يؤدي إلى استخدام أفضل للأموال المحدودة والموارد البشرية والمياه.
- **تحسين استرداد التكاليف:** يمكن تحسين استرداد الاستثمار في خدمات المياه إذا تم الاعتراف بالأدوار التقليدية للمرأة والرجل في إدارة المياه وتعزيزها بطريقة منصفة.
- **تعزيز الملكية:** تشعر المجتمعات المحلية بأنها أكثر التزامًا بمشاريع المياه التي تستهدف بشكل صحيح القضايا المتعلقة بالنوع الاجتماعي، حيث أظهرت دراسة للبنك الدولي أجريت في عام 1993 عن 121 مشروعًا للمياه وأوضحت أن النُّظم التي تشمل المستخدمين (النساء والرجال على السواء) في التخطيط والبناء والإدارة تؤدي عادة إلى أداءٍ أفضل، حيث كانت المشاركة التي تراعي الفوارق بين الجنسين عاملًا ثابتًا للنجاح في جودة التصميم وجودة التنفيذ وكفاءة المشروع والتشغيل والصيانة.

6.7 الملاحظات الختامية

على الرغم من العملية الطويلة والشاقة والمتمثلة في تعبئة وتنظيم عمل أصحاب المصلحة، فإن التحدي الأكبر – مع مرور الوقت– يكمن في الحفاظ على المشاركة الفعالة لأصحاب المصلحة، لذا يجب التأكد من أن أصحاب المصلحة يرون فائدة من مشاركتهم في هذه العملية، وقد تبدو إدارة المياه بالنسبة إلى كثيرٍ من أصحاب المصلحة سلبية؛ بسبب مواجهتهم قيودًا فجائية على سحب المياه وتصريف النفايات السائلة، أو المطالب المتعلقة بالمراقبة الذاتية، فضلًا عن أن ذلك قد يتطلب أخذ وقت من أنشطة العمل الخاصة بهم ووسائل توفير الدخل، وفي هذا السياق تقع على عاتق مؤسسة إدارة المياه مسؤولية التزويد وتقديم فوائد ملموسة للمشاركة في عملية إدارة الموارد المائية في حوض النهر، وفيما يأتي بعض الآليات التي تحقِّق الالتزام.

- جعل حالات وجود المياه الجوفية المعقدة واستخراجها مفهومة.
- تمكين منظمات أصحاب المصلحة من المشاركة الفعالة.
- ضمان تمثيل جميع أصحاب المصلحة بشكل صحيح.
- عند الضرورة لا بد من إنشاء نظام سليم لحقوق استخدام المياه الجوفية.

تمـــرين

مشاركة أصحاب المصلحة

الغرض: دراسة الأدوار التي يمكن أن يؤديها أصحاب المصلحة في إدارة المياه الجوفية.

النشاط: العمل الجماعي 45 دقيقة، مناقشة النتائج 35 دقيقة

المجموعة 1: أنت مدير للمياه مسؤول عن إدارة المياه الجوفية وتنميتها في جزء من بلدك، حيث يتم استغلال المياه الجوفية بشكل مفرط. ولن تقوم بتخصيص المزيد من الموظفين أو الموارد:

- ما هي الخطوات التي سوف تتخذها لإشراك المجتمع؟
- ما المهام والمسؤوليات التي ستوكلها لهم؟
- كيف ستتأكد من تنفيذ المهام؟
- ماذا سيكون دورك؟

المجموعة 2: أنت من أصحاب المصلحة في جزء من بلدك، حيث يتم استغلال المياه الجوفية بصورة مفرطة وتتأثر جودة المياه، ويحدث هبوط بمنسوب المياه بطبقة المياه الجوفية، كما يُعتقد أن بعض المزارعين يسحبون كميات كبيرة من المياه لمحاصيلهم ويساهمون في هذه المشكلة.

- كيف تخطط لحل المشكلة؟
- ما هو الدور الذي سوف تكون مستعدًا لأدائه، وما هو الدور الذي يجب أن تؤديه الحكومة؟
- ما هي الصلاحيات والمسؤوليات التي يمكن منحها للمجتمع؟
- كيف سيتم تمويل الإجراءات؟

الفصل الثامن. إدارة جودة المياه الجوفية

Chapter 8: Groundwater Quality Management

أهداف التدريب

- تقدير أهمية حماية جودة المياه الجوفية.
- فهم دور تقييم المخاطر ووضع خرائط قابلية التلوث في إدارة جودة المياه الجوفية.
- دراسة الحالة المحددة لمياه الصرف الصحي الحضري وجودة المياه الجوفية.

1.8 مقدمة

جودة المياه الجوفية هي مشكلة مخفية داخل مورد مخفي، ولذا أُعطيت اهتمامًا قليلًا جدًّا، حيث تخرج معظم المياه الجوفية من الأرض كمياه صالحة للشرب ذات جودة عالية، ولا تحتاج تقريبًا إلى أي معالجة قبل توزيعها واستخدامها، وهذه الجودة المناسبة هي نتيجة للحماية التي توفرها التربة للمياه بترشيح البكتيريا وحماية المياه من الملوِّثات القادمة من سطح الأرض، وفي نظام الإمداد بالأنابيب قد يكون التطهير الوقائي والتجبير للحد من التآكل في شبكة الأنابيب هو العلاج الوحيد المطلوب.

وفي الجانب السلبي بمجرد أن تصبح المياه الجوفية ملوَّثة ستكون استعادة جودة المياه في الغالب مَهَمَّة طويلة ومعقَّدة ومكلِّفة، وفي كثير من الحالات تتدهور جودة موارد المياه الجوفية تؤدي إلى مشاكل في إمدادات المياه الصالحة للشرب.

هل أنت على علم بأية قضايا جودة ذات أهمية للمياه الجوفية في بلدك سواء في المناطق الحضرية أو الريفية؟

ولهذه الأسباب تعد مراقبة تلوث المياه الجوفية ومنع تلوثها ومعالجتها قضية إدارية حيوية، لذا فإن الأهداف المحددة لهذا الفصل ستكون على النحو الآتي:

- تقديم الإرشاد بشأن تحديد تهديدات جودة المياه الجوفية وتقييمها.
- إدخال أدوات الإدارة وإستراتيجياتها التي يمكن استخدامها لتجنب حدة هذه التهديدات أو تخفيفها.

1.1.8 لماذا إمدادات المياه الجوفية تستحق الحماية؟

تعد المياه الجوفية موردًا طبيعيًّا حيويًّا لتوفير المياه الصالحة للشرب في البيئة الحضرية والريفية، وبالنسبة إلى إمدادات المياه الحضرية تعد جودة المياه العالية والمستقرة شرطًا أساسيًّا، لذلك تُفضل مصادر المياه الجوفية المحمية، على الرغم من أن الذين يستغلُّون المياه الجوفية لتوفير إمدادات مياه الشرب لا يقومون بإجراء أية خطوات لحماية جودة المياه، حيث تواجه طبقات المياه الجوفية في جميع أنحاء العالم خطرًا متزايدًا من التلوث؛ نتيجة للتطور العمراني والتنمية الصناعية والأنشطة الزراعية وشركات التعدين، كما قد يستغرق ظهور تأثير الملوِّثات سنوات عديدة في إمدادات المياه الجوفية المستخرجة من الآبار العميقة، كما تستغرق عملية معالجة هذه الآثار وقتًا طويلًا جدًّا.

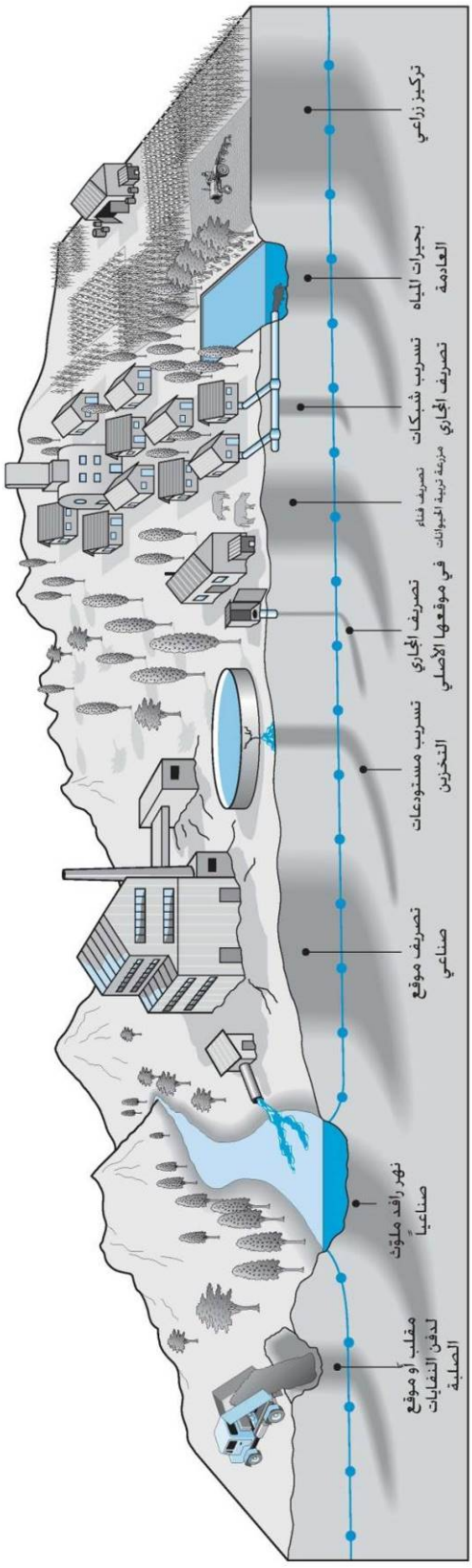
- تحتاج إمدادات المياه الجوفية إلى الحماية؛ لأنها مورد حيوي للتزويد بمياه الشرب في البيئات الريفية والحضرية على حد سواء.
- يحتاج مديرو المياه إلى إطلاق حملات استباقية وإجراءات عملية؛ لحماية الجودة الطبيعية للمياه الجوفية.

2.8 تقييم المخاطر

1.2.8 كيف تصبح طبقات المياه الجوفية ملوثة؟

قد تصبح طبقات المياه الجوفية ملوَّثة بسبب ملوِّثات محددة المصدر مثل أحواض النفايات أو تصريف النفايات السائلة من المصانع والألغام، أو من مصادر غير محددة (منتشرة) ، على سبيل المثال نتيجة استخدام الأسمدة الزراعية ومبيدات الآفات، كما قد تصبح المياه الجوفية أيضًا ملوَّثة بسبب تلوث فوَّهة البئر نتيجة التصميم السيِّئ، لذلك عندما يُفقد التحكم في التلوث تحت سطح الأرض بطريقة ملائمة، ويتجاوز قدرة التخفيف الطبيعي للتربة والطبقات التحت سطحية يصبح نظام المياه الجوفية ملوثًا بهذه النفايات؛ ففي نطاق الطبقات غير المشبعة تخفِّف التربة الطبيعية بفعالية وكفاءة العديد من ملوثات المياه، وبالذات الفضلات البشرية والمياه العادمة المنزلية، عن طريق التحطيم الكيميائي الحيوي والتفاعلات الكيميائية.

ويتعلق القلق بشأن تلوث المياه الجوفية بالدرجة الأولى، خصوصًا بمستوى الماء الحر عندما تكون المنطقة غير المشبعة رقيقة، أو يكون منسوب المياه الجوفية ضحلًا، في حين توفِّر طبقات المياه الجوفية العميقة والمحصورة حماية طبيعية أكبر بكثير بسبب الطبقات التي تعلوها.



الشكل (8.1) أنشطة استعمال الأرض والمسببة لتلوث المياه الجوفية (GW•MATE,2002-2006)

أعطِ أمثلة على تلوث المياه الجوفية في بلدك وكيف يمكن تجنبها في المستقبل؟

تنشأ التهديدات على المياه الجوفية من مجموعة متنوعة من المصادر المختلفة كما هو مبين بالشكل (8.1) والجدول (8.1)، كما أن العديد منها يختلف تمامًا عن المصادر المسبِّبة- غالبًا- في تلوث المسطحات المائية بسبب الاختلافات في انتقال واستمرارية الملوثات في باطن الأرض، مقارنة بالمسطَّحات المائية السطحية، ومن الواضح أنه إذا كان مصدر الملوِّثات وطبيعتها ومسارها مفهومًا بشكل صحيح فإن التركيز على تدابير مكافحتها يمكن أن يحقق فوائد كبيرة وبتكلفة قليلة نسبيًّا، إذا وُجِّهت بشكل صحيح إلى المصادر الرئيسة للتلوث.

الجدول (8.1) ملوثات المياه الجوفية الشائعة ومصادر التلوث المرتبطة بها (GW•MATE,2002-2006)

مصدر التلوث	نوع الملوِّث
النشاط الزراعي	نترات، أمونيوم، مبيدات حشرية، كائنات حية غائطية.
تصريف المجاري في موقعها الأصلي	نترات، كائنات حية غائطيه، مقدار ضئيل من الهيدروكربونات الصناعية.
محطات التزود بالبنزين وأماكن إيواء السيارات أو إصلاحها	البنزين، الهيدروكربونات الأروماتية الأخرى، فينولات، بعض الهيدروكربونات الهالوجينية.
التخلص من النفايات الصلبة	أمونيوم، ملوحة، بعض الهيدروكربونات الهالوجينية، المعادن الثقيلة.
الصناعات المعدنية	ثالث كلوريد الأثيلين، رابع كلوريد الأثيلين، الهيدروكربونات الهالوجينية الأخرى، المعادن الثقيلة، الفينولات، السيانيد.
أعمال الطلاء والصقل	الكيل بنزين، رابع كلوريد الأثيلين، الهيدروكربونات الهالوجينية الأخرى، معادن، بعض الهيدروكربونات الأروماتية.
الصناعة الخشبية	فينول خماسي الكلور، بعض الهيدروكربونات الأروماتية.
التنظيف الجاف	ثالث كلوريد الأثيلين، رابع كلوريد الأثيلين.
صناعة المبيدات الحشرية	هيدروكربونات هالوجينية متنوعة، فينول، زرنيخ.
التخلص من أوحال مياه المجاري	نترات، هيدروكربونات هالوجينية متنوعة، رصاص، زنك.
المدابغ الجلدية	معدن الكروم، هيدروكربونات هالوجينية متنوعة، فينول.
استكشاف/استخراج الغاز والنفط	ملوحة (كلوريد صوديوم)، الهيدروكربونات الأروماتية.
تعدين الفحم والخامات المعدنية	الحموضة، معادن ثقيلة متنوعة، حديد، كبريتات.

يعد تداخل المياه المالحة حالة خاصة جدًّا من تلوث المياه الجوفية التي تحدث بسبب ضخ المياه الجوفية العذبة في المناطق الساحلية، وهذا يؤدي إلى زيادة المياه المالحة واختلاطها بالمياه العذبة، كما يؤدي إلى زيادة ملوحة طبقة المياه الجوفية بشكل لا رجعة فيه، وهي مشكلة كبيرة لعدد كبير من المدن الساحلية حول العالم، وباختصار:

- قد تكون طبقات المياه الجوفية ملوَّثة بواسطة تصريفات محددة المصدر أو ملوِّثات منتشرة.
- عادة ما تصبح طبقات المياه الجوفية ملوثة عندما لا يتم التحكم في التلوث بشكل كافٍ نتيجة لتعدِّي قدرة التخفيف الطبيعي للأرض.
- تتطلب إدارة جودة المياه الجوفية تقييم مخاطر التلوث، وتحديد مناطق قابلية المياه الجوفية للتلوث، والتحكم في تصريفات النفايات السائلة (على سبيل المثال عن طريق نظام التصاريح)، وبناء تقنيات الاحتواء (مثل أحواض الصرف المبطَّنة) من أجل تجنُّب تلوث المياه الجوفية أو الحدِّ منه.

2.2.8 كيف يمكن تقييم مخاطر تلوث المياه الجوفية؟

يجب تقييم مخاطر تلوث المياه الجوفية من أجل تقدير الإجراءات المطلوبة لحماية جودة المياه الجوفية، ويجب أن يكون التقييم عنصرًا أساسيًّا في أفضل الممارسات البيئية، حيث إن خطر تلوث المياه الجوفية يكمن في التفاعل بين قابلية طبقة المياه الجوفية للتلوث وكمية الملوِّثات أو نوعها كما هو موضح بالجدول (8.2) ، فقابلية طبقة المياه الجوفية للتلوث تعتمد بشكل أساسي على الوضع الهيدروجيولوجي الطبيعي واختلاف وكمية الملوثات ونوعها، كما أن مستويات المياه الجوفية وضغط المياه يعملان على تعديل درجة تعرض طبقات المياه الجوفية للتلوث إلى حدٍّ ما.

يمكن تقييم قابلية طبقة المياه الجوفية للتلوث من الخصائص الهيدروجيولوجية للطبقات التي تعلوها، وذلك عن طريق معامل قابلية طبقة المياه الجوفية للتلوث الذي يمثَّل بخرائط، وهناك مجموعة متنوعة من أدوات تقييم الثغرات ومن أشهرها دراستيك (DRASTIC) وهو اختصار للآتي:

- **D** = العمق إلى المياه الجوفية
- **R** = صافي التغذية
- **A** = مكونات مواد طبقة المياه الجوفية
- **S** = وسائط التربة
- **T** = الطوبوغرافيا

- I = تأثير المنطقة غير المشبعة
- C = معامل الناقلية الهيدروليكية للطبقة المائية.

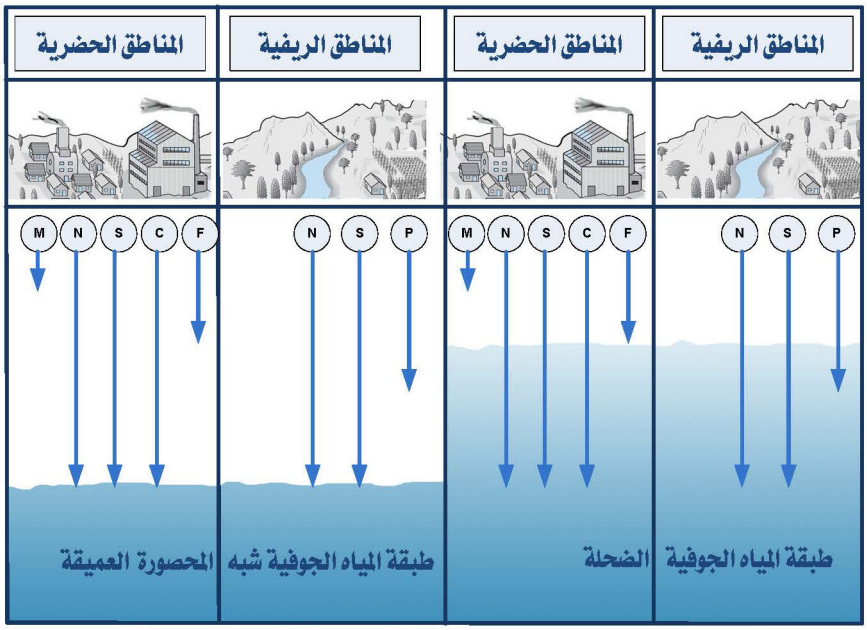
تعد خريطة قابلية طبقة المياه الجوفية للتلوث أداة مهمة لإدارة البنية التحتية مثل التنمية الصناعية؛ لغرض الحدِّ من التأثيرات على جودة المياه الجوفية، ويمكن أيضًا رسم خرائط الحمولة المتوقعة للملوثات، ووضعها على خريطة قابلية طبقة المياه الجوفية للتلوث؛ لرسم خريطة لخطر تلوث المياه الجوفية كما بالشكل **(8.2)**.

أي خطر يؤدي إلى تهديد المياه الجوفية يعتمد– في المقام الأول– على موقعه، فيما يتعلق بمناطق جريان المياه الجوفية ومناطق الالتقاط أولًا، وفيما يتعلق بحركة الملوثات المعنية ثانيًا، ويجب تحديد عدد من المناطق والنِّطاقات بمؤشرات المخاطر المختلفة، وفيما يتعلق بالتنمية الجديدة ينبغي ألَّا توضع الصناعات والأنشطة التي تولد كميات كبيرة من الملوثات على مناطق ذات مؤشرات عالية المخاطر وتطبيق مقاييس المسح المختلفة لحماية إمدادات المياه وحماية موارد المياه الجوفية، وينبغي من الناحية المثالية أن تكون حماية موارد المياه الجوفية هي محور التركيز، وباختصار:

- يمكن تقييم مخاطر تلوُّث المياه الجوفية من خلال النظر في مجموعة ثغرات المياه الجوفية والتوزيع وكمية وطبيعة الحمولة الملوثة.
- يجب أن تُدفع تقييمات مخاطر تلوث المياه الجوفية السلطات إلى اتخاذ كل من الإجراءات الوقائية والإجراءات التصحيحية لوقف الأنشطة التي تشكل تهديدًا حاليًّا لجودة المياه الجوفية.

الجدول (8.2) تعريف المصطلحات الشائعة المتعلقة بتلوث المياه الجوفية

المصطلح	التعريف
قابلية طبقة المياه الجوفية للتلوث	**الحساسية للتلوث، محددة بالخصائص الداخلية الطبيعية للطبقات الجيولوجية التي تشكل الطبقات المحصورة أو نطاق التهوية للخزان الجوفي المعني.**
مخاطر تلوث المياه الجوفية	**احتمالية أن تصبح المياه في طبقة المياه الجوفية ملوثة إلى تركيزات أعلى من معايير منظمة الصحة العالمية بشأن مياه الشرب عند تسرُّب حمولة ملوثة تحت سطح الأرض.**
تهديد تلوث المياه الجوفية	**التهديد الذي يشكله هذا الخطر على صحة الإنسان بسبب تلوث مصدر معين من إمدادات المياه الجوفية أو نظام بيئي معيَّن بسبب تلوث تصريف مياه جوفية محدد.**



M	عناصر ثقيلة
N	نترات
S	ملوحة
C	كربون حيوي
F	مخلفات الصرف البشري
P	مبيدات

الشكل (8.2) مخاطر المياه الجوفية هي مزيج من مخاطر التلوث وقابلية المياه الجوفية للتلوث (تحوير من الناشر) و (GW•MATE,2002-2006)

3.2.8 كيف يتم قياس ومراقبة جودة المياه الجوفية؟

يتمثل أحد الجوانب الرئيسة لإدارة جودة المياه الجوفية في تطبيق مراقبة جودة المياه في آبار المياه المحددة لهذا الغرض، وخاصة في المناطق التي تعد معرَّضة للخطر، كما يمكن قياس جودة المياه الجوفية عن طريق أخذ عينات وتحليل المياه الجوفية من آبار معينة، وقد تكون المراقبة استباقية؛ وذلك بمراقبة آبار معينة قبل النشاط المخطط له، والمحتمل أن ينشأ التلوث بحيث يمكن قياس التغيرات في حالة المياه الجوفية عند حدوثها، كما قد يكون الرصد من خلال آبار مراقبة معينة؛ لرصد التلوث المحتمل من منشأة تمثِّل نشاطًا قائمًا بالفعل.

ما الذي يتحكم في تلوث المياه الجوفية؟ وما فعاليته؟

هناك العديد من القضايا التي تنطوي عليها مراقبة جودة المياه الجوفية والتي تحتاج إلى النظر فيها، وهذا يزيد من تعقيد المهمة، فقد تكون تكلفة التحاليل الكيميائية عالية جدًّا؛ اعتمادًا على العناصر التي تم تحليلها، وفي كثير من الحالات وخاصة

بالنسبة للمواد الكيميائية الزراعية العضوية والعناصر الثقيلة والعناصر الضئيلة قد لا تكون المعامل المحلية مجهَّزة للقيام بالتحليلات المطلوبة، لذا ينبغي- حيثما أمكن- تحديد العناصر والمؤشرات الرخيصة في تكلفتها وقياسها كبديل للتحليل الكيميائي الكامل، كما تحتاج الآبار لأخذ العينات مع اعتبار إنه في حال لم تكن ضمن الاستخدام اليومي المنتظم ينبغي إجراء عملية التنظيف الكامل قبل أخذ العينات، ويجب أيضًا اختيار نقاط أخذ العينات بعناية، وهو ما يتطلب فهمًا واضحًا لأنماط جريان المياه الجوفية، ومعرفة موقع مصادر التلوث، كما يلزم أيضًا مراعاة تكرار أخذ العينات حسب حساسية مشكلة التلوث وتكرار عملية التغذية لطبقات المياه الجوفية.

3.8 أنظمة إدارة جودة المياه الجوفية وتلوثها

1.3.8 حماية المياه الجوفية من التلوث

تتطلب إدارة جودة المياه الجوفية حماية طبقات المياه الجوفية من الملوِّثات والتحكم في المواد الملوثة ومعالجتها قبل وصولها إليها، مع اعتبار أن معالجة المياه الجوفية الملوثة معقَّدة ومكلِّفة، وغالبًا يكون نجاحها جزئيًّا، وقد يستغرق عدة سنوات من المعالجة قبل استعادة جودتها.

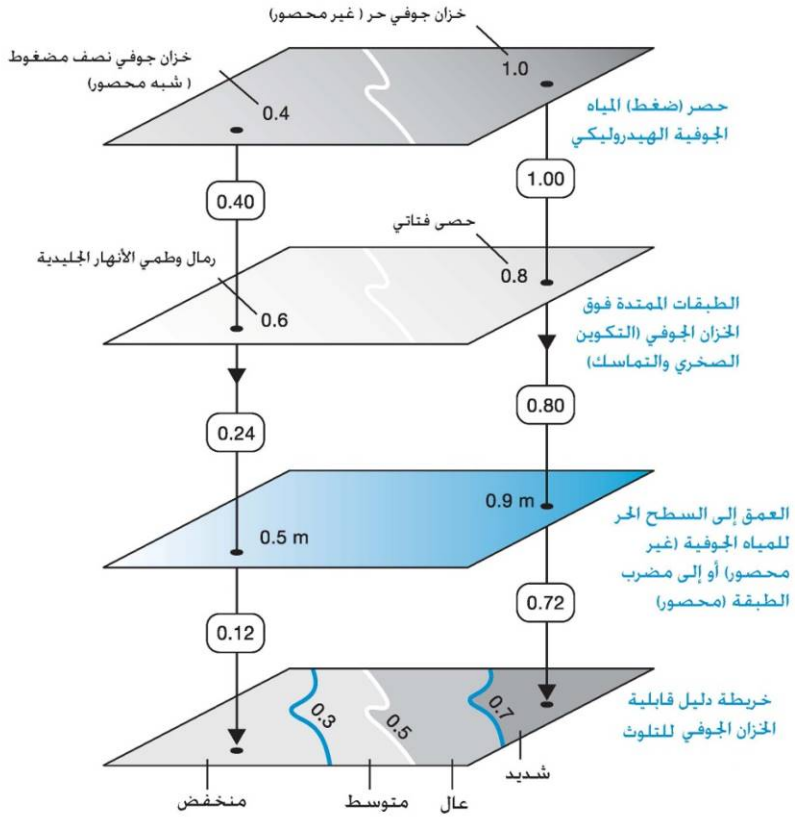
يمكن أن تتراوح جودة المياه الجوفية من مياه عالية الجودة صالحة للشرب إلى مستويات من التلوث مسمَّمة ، أو وسط ما بين من صفات الاثنين، وفضلًا عن الحماية والمعالجة يمكن أن تشمل إدارة جودة المياه الجوفية مطابقة الصفات المائية المختلفة مع الاستخدامات المتنوعة، ومزج الصفات المائية المختلفة لتوفير مورد آخر من المياه الجوفية ذات جودة متوسطة ومقبولة لشروط كل نوع من الاستخدامات، كما ينبغي أن تكون إدارة جودة المياه الجوفية فعَّالة، وأن تحاول منع تلوث مصادرها، فتؤدي إلى تجنب المعالجة الطويلة والمكلِّفة وغير الفعالة في كثير من الأحيان لطبقات المياه الجوفية الملوثة، كما أن حماية المياه الجوفية تنطوي على جانبين رئيسين هما:

1. تقييم قابلية طبقات المياه الجوفية للتلوث كما بالشكل (8.3).
2. رسم خرائط مخاطر تلوث المياه الجوفية.

يمكن اعتماد هذين العاملين معًا لإنتاج خريطة مخاطر تلوث المياه الجوفية، ويمكن أيضًا استعمال هذه الخرائط دليلًا لتحديد مواقع التنمية الجديدة، ومنها تقليص مخاطر تلوث المياه الجوفية في المناطق عالية الحساسية لخطر التلوث، كما يمكن استعمالها في المناطق التي تجري فيها التنمية لتقييم الأماكن ذات مخاطر التلوث الناجمة عن الأنشطة الجارية.

وبمجرد تحديد المخاطر وتقييمها يتم إدخال ممارسات محددة لإدارة جودة المياه الجوفية يمكن أن تشتمل على:

- مراقبة جودة المياه الجوفية لتقييم الحالة الفعلية والتغيرات بمرور الوقت.
- حظر أنشطة معينة في المناطق الحساسة أو المناطق القابلة للتلوث.
- حظر التخلص من أنواع معينة من النفايات باستثناء المنشآت المغلقة.
- إدارة كلٍّ من كمية النفايات السائلة ونوعها والتخلص من النفايات من خلال سلسلة من التصاريح
- رصد الامتثال للوائح والتصاريح.



الشكل (8.3) انموذج لخريطة قابلية تعرض الخزّان الجوفي للتلوث وفق المدخلات الرئيسة في إدارة جودة المياه الجوفية (GW•MATE,2002-2006)

فضلًا عمَّا سبق يمكن البدء في اتخاذ إجراءات تصحيحية في المناطق التي تعُد ذلك ضروريًّا وممكنًا على سبيل المثال:

- ضخ المياه الجوفية الملوثة ومعالجتها.
- تغيير نمط الجريان الجوفي عن طريق الحقن العكسي لبئر المياه بالضخ عكس التدرج الهيدروليكي؛ من أجل حماية موارد المياه الجوفية الحساسة.
- بناء حواجز مثل الحقن الإسمنتي (Grout) أو غيره من المواد.

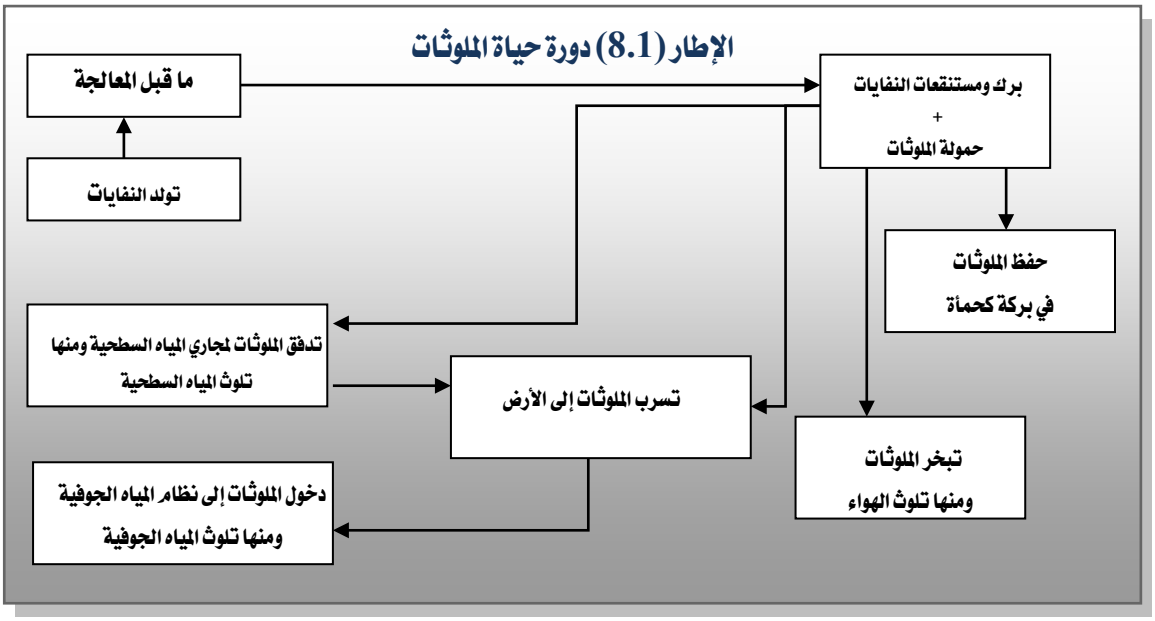
- المعالجة الكيميائية أو البكتيرية في موقع تلوث المياه الجوفية.

2.3.8 دورة حياة الملوثات وتلوث المياه الجوفية

تنشأ النفايات من خلال العمليات الصناعية والتعدينية والحضرية المختلفة، وقد لا تكون معالَجة مسبقًا وقد لا تتم معالجتها، إما لاستخراج مكونات ذات قيمة، أو لتقليل سُمِّيَّتها البيئية، ولكن السيناريو الأسوأ هو تصريفها المباشر في البيئة المحيطة، على الرغم من أن الأفضل تفريغ النفايات في أحواض مخصصة لها، تكون مبطنة أو مصمَّمة بطريقة معينة للحدِّ من تسرُّبها أو تجنُّبها تحت السطح والذي قد يؤدي إلى تلويث مصادر المياه الجوفية، ويبين الإطار(8.1) دورة الحياة المثالية الكاملة للملوِّثات والمراحل المختلفة من العلاج والإدارة، مع ملاحظة أنه في حالة الإدارة السيِّئة قد تكون العديد من هذه الخطوات غائبة.

ومن المسلَّم به وبشكلٍ كبير أن التحكم في التلوث أمر واجب وحتمي، ويكون ذلك عادة عن طريق نظام التصاريح التي تحدِّد بدورها تصنيف الملوِّث وحجم النفايات، فكلما زادت مخاطر التلوث ارتفع ترتيب التصريح وتكلفته بتصريف الملوثات السائلة، كما يمكن دراسة توازن الملوِّثات من أجل تقييم الوجهة النهائية لمواد النفايات، وتحديد كمية الملوِّثات المدخلة إلى الأرض فعليًّا.

الإطار (8.1) دورة حياة الملوثات

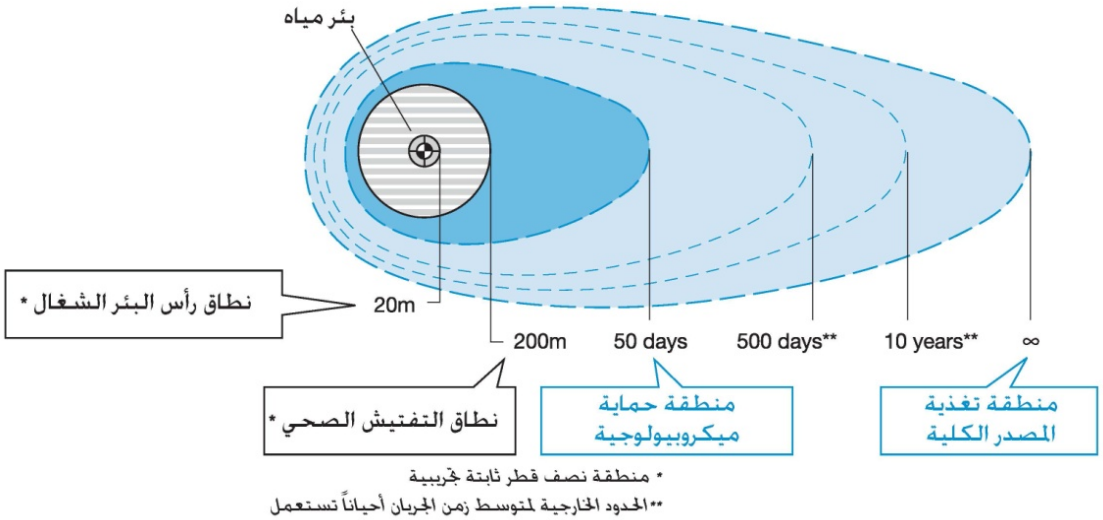


3.3.8 على ماذا تنطوي حماية المياه الجوفية من التلوث؟

مرَّ سابقًا الإشارة إلى أن حماية طبقات المياه الجوفية من التلوث لا يأتي إلا من خلال تقييد ممارسات استخدام الأراضي، وتصريف النفايات السائلة، والتخلص من الملوثات، وتتمثَّل إحدى الإستراتيجيات المستخدَمة على نطاق واسع في إنشاء مناطق لحماية المياه الجوفية كما هو مبين بالشكل

(8.4) حيث يمكن إنشاء مناطق بسيطة وقوية، مع وجود مؤشرات على الأنشطة المسموح بها أو الممكنة، ويجب دمج هذه المناطق في خرائط وتشريعات تخطيط القرى والمدن واستخدامها لتوجيه التطورات المختلفة، كما يمكن أن يكون لهذه المناطق دور رئيس في تحديد أولويات مراقبة جودة المياه الجوفية، والتحقق البيئي، وما إلى ذلك، فضلًا عن المساعدة على خفض تكاليف إنتاج خرائط جودة المياه الجوفية، كما يجب اعتبار الحاجة إلى توازنات معقولة بين حماية طبقات المياه الجوفية والآبار والإستراتيجيات الموجَّهة ذات القبول الكبير نحو طبقة المياه الجوفية، على الرغم من عدم وجود فعالية من حيث التكلفة لحماية جميع أجزاء طبقة المياه الجوفية بشكلٍ متساوٍ، نظرًا إلى اعتمادها على مقدار استخدام المياه الجوفية وأحمالها من الملوِّثات ومسارات الجريان وغيرها من الاعتبارات، وباختصار فإنه:

- يجب إدارة كل من استخدامات الأراضي وتصريف النفايات السائلة، والتخلص من الملوِّثات من أجل حماية طبقات المياه الجوفية من التلوث.
- يجب إنشاء مناطق بسيطة وقوية، مع الإشارة إلى الأنشطة المسموحة بها والممكنة.



الشكل (8.4) مخطط مثالي للنطاقات الصحية السطحية والحدود الخارجية لجريان المياه الجوفية لحماية بئر مياه في خزان جوفي غير محصور (GW•MATE,2002-2006)

4.8 من الذي يجب عليه تعزيز حماية تلوث المياه الجوفية؟

من الذي يدير أو يحافظ على مناطق حماية المياه الجوفية في بلدك؟ وهل هناك أي إصلاحات توصي بها؟

يجب تطبيق مبدأ "الملوِّث يدفع" في حالات تلوث المياه الجوفية، مع اعتبار أنه قد يصعب التأكد من مصدر التلوث بشكل قاطع في حالات التلوث المنتشر وفي البيئات الحضرية والصناعية،

حيث تكون مصادر التلوث متعددة، كما يجب أن تقع المسؤولية النهائية عن حماية المياه الجوفية على عاتق الوكالة المعنية، سواء كانت تابعة للسلطة الوطنية أو المحلية، مع وجوب التزام شركات خدمات المياه بأن تكون سباقة في إجراء تقييمات مخاطر التلوث لمصادر مياهها الجوفية الخاصة بها، وينبغي أن يكون هناك تفاعل بين الهيأة المسؤولة عن المياه الجوفية أو وكالة البيئة ومختلف الصناعات والمؤسسات المعنية بالتنمية المسبِّبة للتلوث، استنادًا إلى خرائط مخاطر تلوث المياه الجوفية.

ويمكن استخدام نظام التصاريح واللوائح لإدارة تصريف النفايات، وتحديد ما يمكن تصريفه ومعايير التصميم لمختلف أحواض النفايات، تبعًا لانتقال المواد السُمِّيّة وسلامتها، ولكي تكون هذه الأنظمة فعالة من حيث التكلفة ينبغي ألا تغفل عن اعتبارات حماية طبقة المياه الجوفية الطبيعية واعتبارات الهشاشة، وخلاصة القول:

- يجب تطبيق مبدأ "**الملوِّث يدفع**" في حالات تلوث المياه الجوفية.
- يجب أن تقع المسؤولية النهائية عن حماية تلوث المياه الجوفية على عاتق الوكالة المعنية وطنية كانت أو محلية.

5.8 نوعية مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية وجودة المياه الجوفية

يمكن اعتبار مياه الصرف الصحي الحضرية حالة خاصة ضمن إدارة جودة المياه الجوفية؛ وذلك لأن تصريف المياه المستعملة في المدن أمر لا مناص منه، حيث يتسع انتشاره ويتزايد حجمه بمرور الوقت مع نمو المدن، فضلًا عن فوائد حقيقية يمكن تحقيقها من مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية، مثل تغذية المياه الجوفية، وتوفير مياه الري لبعض المحاصيل بعد معالجتها، إلى جانب هذه الفوائد تحتوي مياه الصرف الصحي الحضرية على مخاطر حقيقية من حيث مسبِّبات الأمراض البكتيريّة والنفايات الصناعية مع مجموعة واسعة من المواد العضويّة وغير العضويّة.

1.5.8 كيف ترتبط مياه الصرف الصحي الحضرية بالمياه الجوفية؟

يتزايد تصريف مياه الصرف الصحي باستمرار في معظم المدن النامية، وهذا يجعل إدارة هذه المياه العادمة مشكلة كبيرة للمدن خصوصًا في الدول النامية، ولكن لسوء الحظ فإن العديد من أنظمة الصرف الصحي تصبُّ مباشرة في المجاري المائية السطحية مع الحد الأدنى من المعالجة والتخفيف اليسير في موسم الجفاف، كما تميل ممارسات معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها بدائية جدًّا إلى حدٍّ ما في الدول النامية، حيث تميل إلى توليد معدلات عالية من التسرب إلى طبقات المياه الجوفية الأساسية، وخاصة في المناطق ذات المناخ القاحل، على الرغم من أن التسرُّب خلال الأرض يعمل على

تحسين جودة مياه الصرف وتخزينها للاستخدام المستقبلي، ولكن يمكن أيضًا أن يكون مسبِّبًا لتلوث المياه الجوفية ويوضح الشكل (8.5 أ) الممارسة النموذجية لإدارة مياه الصرف في العديد من مدن الدول النامية، في حين يشير الشكل (8.5 ب) إلى بعض التعديلات البسيطة التي قد تساعد على تحسين الوضع.

تتسرب المياه العادمة إلى المياه الجوفية بصورة مباشرة من المرافق الصحية ومرافق الصرف الصحي والري الزراعي باستخدام المياه العادمة، وتمثل تغذية طبقة المياه الجوفية جزءًا لا يتجزأ من عمليات إعادة استخدام المياه العادمة، وعلاوة على ذلك تحظى مياه الصرف الصحي بشعبية كبيرة لدى المزارعين الأكثر فقرًا؛ بسبب توافرها المستمر على مدار السنة، ومحتواها العالي من المغذِّيات النباتية على الرغم من أنها تشكِّل خطرًا على الصحة العامة.

2.5.8 ما هي أنواع التدابير المتاحة للحد من المخاطر وزيادة الفوائد؟

ماذا يحدث لمياه الصرف الصحي من مدينتك؟

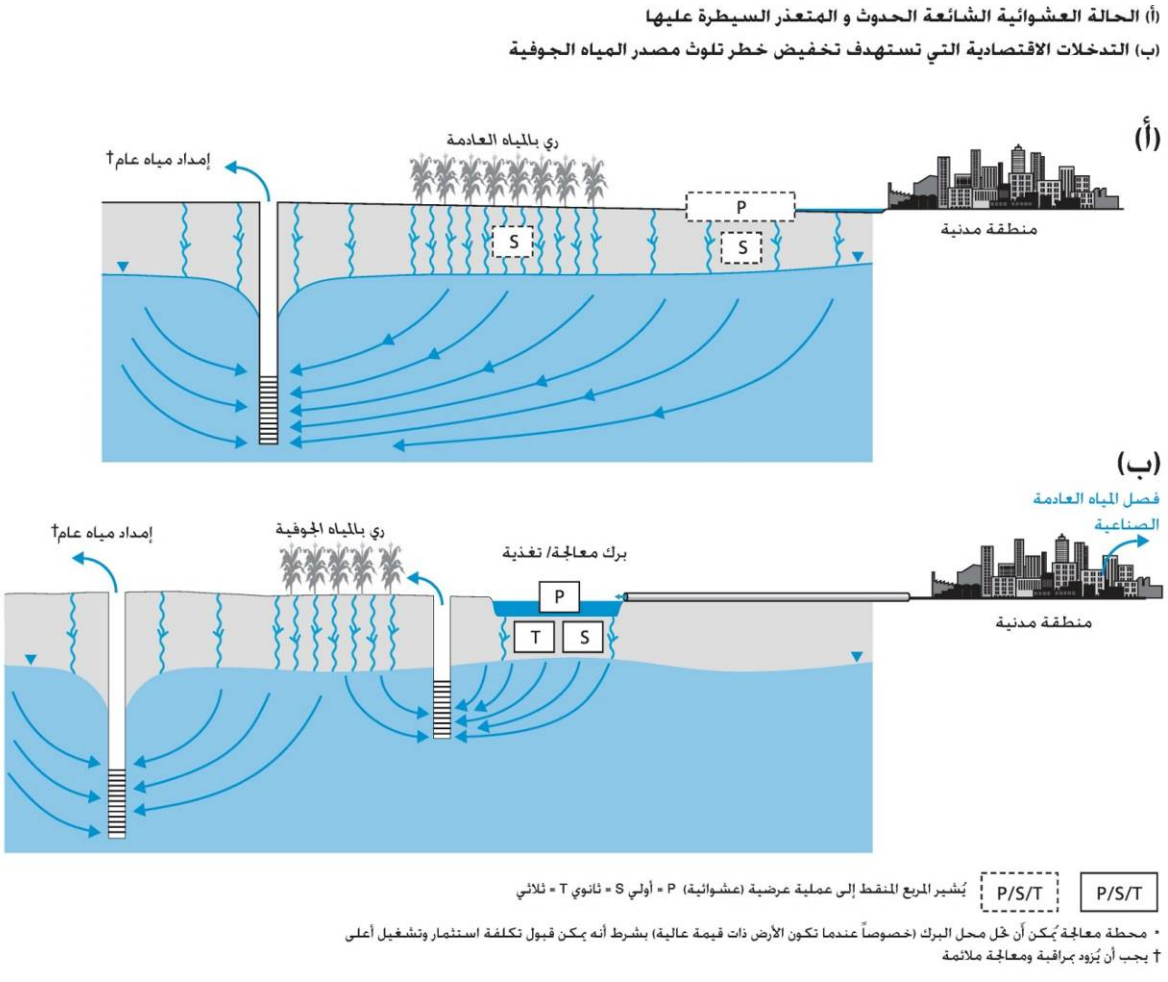
غالبًا ما تُفضَّل المياه الجوفية لإمدادات المياه العامة للاستخدام المنزلي الخاص ومستخدمة على نطاق واسع، ومع ذلك فإن تلوث طبقات المياه الجوفية الناجم عن مياه الصرف الصحي يعد ذا أهمية.

ومن المرجح أن يتم إحراز تقدُّم طفيف في الحدِّ من هذا الخطر في العالم النامي، من خلال الدعوة ببساطة إلى اعتماد معايير جودة صارمة قد لا تكون قابلة للتحقيق، مع ذلك يجب تحديد التدخلات الفعالة من حيث التكلفة والاستثمارات المتزايدة؛ للحد من هذه المخاطر التي يواجهها مستخدمو المياه الجوفية، وتكمن الأولوية القصوى في تحسين توصيف مياه الصرف الصحي لتقييم مخاطر تلوث المياه الجوفية، وإذا كانت هناك ملوِّثات ثابتة في مياه الصرف الصحي، فمن الأفضل السيطرة عليها عند المصدر عن طريق جمعها والتخلص منها بشكل منفصل.

إن تغذية طبقات المياه الجوفية الرئيسة عن طريق مياه الصرف الصحي المعالجة وإعادة استخدامها منتشرة على نطاق واسع، وينبغي التفكير فيها دائمًا بوصفها جزءًا لا يتجزأ من إدارة مياه الصرف الصحي، ويجب التخطيط لها أيضًا، كما أنه من المهم النظر في الفوائد والمخاطر الناجمة عن تغذية مياه الصرف الصحي لطبقات المياه الجوفية، وفي كيفية تنوع البيئات الهيدروجيولوجية فيما يتعلق بالقابلية للتلوث، ويمكن تحقيق فوائد بين إعادة استخدام المياه العادمة وموارد المياه الجوفية من خلال:

- زيادة العمق والتغليف الجيد لآبار مياه الشرب.
- إنشاء مناطق مناسبة حماية لمصدر آبار المياه.
- إنشاء أحواض معالجة مياه الصرف الصحي العازلة كما بالشكل (8.5 ب).

- زيادة رصد ملوِّثات المياه الجوفية.
- استخدام آبار الرَّيّ لاستعادة معظم المياه العادمة المتسربة، وإنشاء "حاجز هيدروليكي" لحماية إمدادات مياه الشرب كما بالشكل (8.5 ب).
- تحسين كفاءة استخدام مياه الري، وتغذية مياه الصرف إلى طبقات المياه الجوفية الأساسية.
- الحث على فرض قيود لاستخدام الآبار المحلية خاصة الضحلة.



الشكل (8.5) مخططات عامة لتوليد المياه العادمة، والمعالجة، وإعادة الاستعمال، فضلاً عن التسرب للخزانات الجوفية (GW•MATE,2002-2006)

تمـرين

تمرين 1:

جودة المياه- تبادل خبرات

الغرض: تبادل الخبرات حول مشكلات جودة المياه الجوفية.

النشاط: اقحام مجموعات من 4 أو 5 ساعات.

كل مجموعة تناقش الآتي:

1. حدد مشكلة جودة المياه الجوفية المشتركة في واحدة في بلدك؟
2. ناقش طبيعة وحجم المشكلة- هل هي بشرية المنشأ أم طبيعية؟
3. كيف تُدار المشكلة؟ ومن المسؤول عن الإدارة؟
4. ما هي أهداف الإدارة؟ وهل نجحت؟
5. ما الذي سوف تغيره لتحسين إدارة المشكلة؟

مدة تقديم التقرير: 15 دقيقة لكل مجموعة.

تمرين 2:

إدارة النفايات- أداء الأدوار.

التحضير: 20 دقيقة

مناظرة: 40 دقيقة.

أنت مطالب بتحسين إدارة النفايات / التخلص من النفايات السائلة في عاصمة بلدك.

النشاط: ينقسم المشاركون إلى أصحاب المصلحة: مديري (المياه/المياه الجوفية)، شركات التخلص من النفايات، أصحاب صناعة النفايات السائلة، مجموعات المواطنين، سياسيين.

يجب على مديري المياه اقتراح إصلاحات شاملة لتحسين جميع جوانب إدارة النفايات في المدينة؛ من أجل غرض محدد يتمثل في حماية جودة المياه الجوفية (والمياه السطحية)، عليه يجب على أصحاب المصلحة طرح أسئلة حول تأثير التغيرات عليهم، وتقديم اعتراضات أو اقتراحات لمديري المياه.

الفصل التاسع. مراقبة المياه الجوفية

Chapter 9: Groundwater Monitoring

أهداف التدريب

- لماذا وكيف تراقب تغيرات مستوى المياه الجوفية مع مرور الوقت.
- لماذا وكيف تراقب تغيرات جودة المياه بمرور الوقت.
- كيفية مراقبة الامتثال.
- كيفية إدارة استجابة طبقة المياه الجوفية وتهديدات الجودة.

1.9 مقدمة

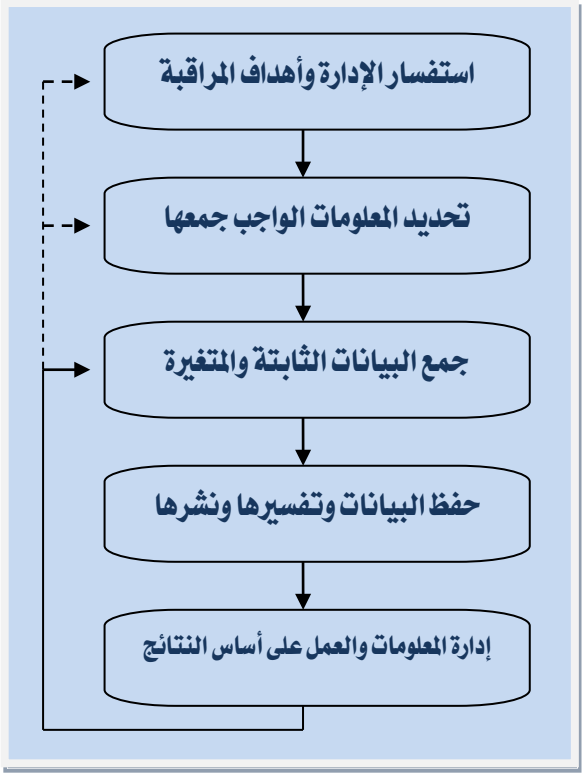
إن مراقبة المياه الجوفية والحصول على بياناتها هما من المتطلبات الاساسية لأي إدارة فعالة لهذه الموارد، حيث إن مراقبة المياه الجوفية ورصدها تجعلها مرئية، وقد تشمل المراقبة والرصد جودة مورد المياه الجوفية نفسه وتوافره، ومدى الالتزام بالأنظمة والتراخيص المتعلقة باستخراج وتصريف المياه، وفي غياب المراقبة والرصد فإن استخراج مياه الصرف وتصريفها ستتم دون أي إجراءات وقائية لهذا المورد المهم، كما أن الاستخدام المفرط وتلوث طبقات المياه الجوفية يمكن أن يستمر لسنوات عدة دون أن يتم التحقق منها وفحصها إلى أن يؤدي ذلك إلى الدمار الكامل لهذا المورد الجوفي.

يجب تخطيط التصميم والتشغيل لأي نظام مراقبة ورصد للمياه الجوفية بعناية، بحيث يمكن الحصول على معلومات مفيدة ووثيقة الصلة لأغراض الإدارة بطريقة مستدامة وفعالة من حيث التكلفة، وفي المراحل الأولى يُنصَح بالتركيز على أنشطة المراقبة والرصد للأهداف المهمة والحرجة، مثل طبقات المياه الجوفية المجهَدة والموارد المائية الجوفية الإستراتيجية، ويمكن بعد ذلك تطوير شبكة المراقبة والرصد تدريجيًّا والتوسع حسب المطلوب، مع توافر الموارد والأفراد.

1.1.9 دورة مراقبة ورصد المياه الجوفية

تعمل مراقبة طبقات المياه الجوفية ورصدها على تحسين تقييم هذه الموارد وإدراتها، فالمياه الجوفية مورد ممتد ومخفي ويتعذر الوصول إليه نسبيًّا، مما يجعل إدارته معقدة وتتطلب بيانات لا يمكن الحصول عليها إلا من خلال المراقبة والرصد لمجموعة متنوعة من العناصر خلال أزمنة متعددة، وفي الغالب تكون التغيرات الحاصلة في كمية وجودة المياه بطيئة جدًّا؛ لأنها تحدث تحت أراضٍ لا يمكن تحديدها بمسح بسيط ومحدد، لذا فإن هناك حاجة إلى شبكات مراقبة ورصد تفصيلية وتفسير للبيانات لغرض توفير مُدخَلات رئيسة؛ لإدارة فعّالة لطبقة المياه الجوفية وللآثار المختلفة المترتبة على استخراج المياه الجوفية وتلوثها.

تشتمل دورة المراقبة والرصد على نظام متكامل لتعريف المشكلة، وتحديد أهداف الإدارة واحتياجات المعلومات، وحيازة البيانات وتخزينها وتفسيرها ثم نشرها؛ وذلك من أجل دعم مصداقية المعلومات ورفعها، ومعرفة تأثيراتها الإدارية، وفي الغالب تُجمع البيانات ولكنها لا تُحفظ أبدًا بالشكل الملائم، ولا يُعتنى بتحليلها وتفسيرها للاحتياجات الإدارية العملية، كما أنها لا تُوزَّع على أصحاب المصلحة، لذا فإن عمليات المراقبة والرصد غير المكتملة هذه قد تكون غير فعالة بشكل كامل، وأسوأ من ذلك أنها قد تضلِّل أصحاب المصلحة، حيث سيعتقدون أن موارد المياه الجوفية هذه تُدار بفعالية، ويوضح الشكل (9.1) ملخصًا لدورة مراقبة المياه الجوفية ورصدها.



الشكل (9.1) دورة مراقبة المياه الجوفية ورصدها

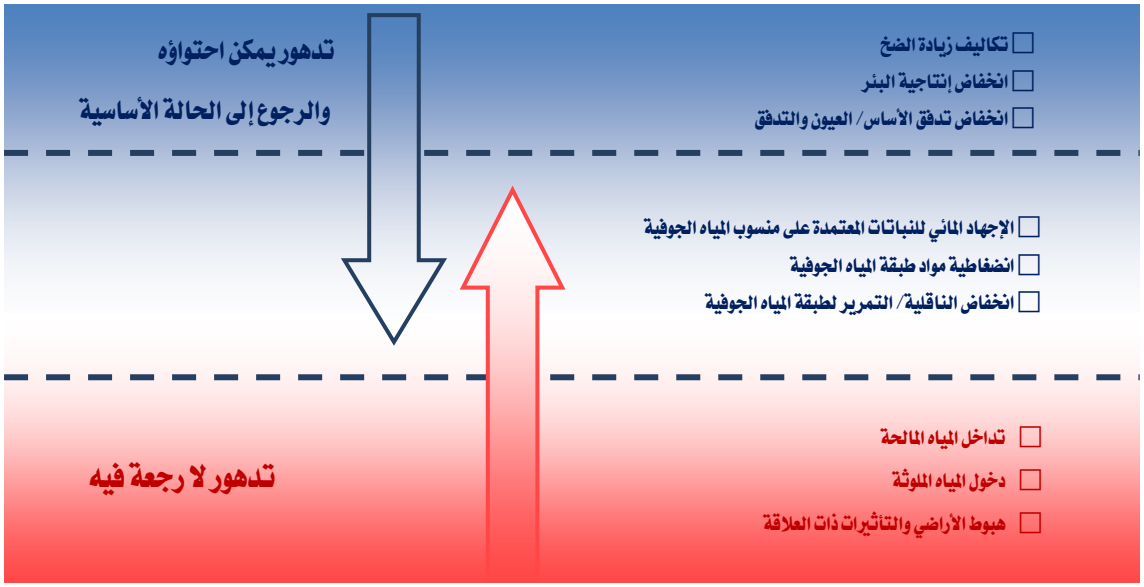
هناك نوعان أساسيان مختلفان من المراقبة والرصد، أحدهما: مراقبة ورصد الموارد التي هي في الأساس نشاط علمي، **والآخر**: مراقبة الامتثال للوائح والأنظمة التي هي في الغالب عبارة عن نشاط مجتمعي. بمعنى أن مراقبة المورد تأخذ بعين الاعتبار التغيرات في جودة مورد المياه الجوفية وكميته مع مرور الوقت، في حين تقيّم مراقبة الامتثال سلوك أصحاب المصلحة ومستخدمي المياه الجوفية وتأثير أنشطتهم على المورد.

2.1.9 فوائد مراقبة المياه الجوفية ورصدها

إن أحد أهم أسباب المراقبة والرصد هو ضمان عدم سحب المياه الجوفية المفرط وتجنب العواقب كما بالشكل (9.2).

- حين تُضخ المياه الجوفية تنخفض مستويات المياه فيها، فتزيد تكاليف الضخ، وينخفض الجريان الأساسي/ جريان الينابيع، وهي نتائج طبيعية لأية عملية ضخ للمياه الجوفية، وهي آثار يمكن عكسها.
- مع زيادة الضخ يبدأ الضغط على طبقات المياه الجوفية مصحوبًا بانخفاض في ناقلية الخزان خلالها، وهذا يترتب عليه انخفاض آخر في تصريف الآبار، كما قد تتفاقم التأثيرات البيئية المصحوبة بتدمير الغطاء النباتي الطبيعي وخسارته، وقد تبدأ عملية الانخفاض في جودة المياه.
- عندما يصبح الضخ جائرًا تبدأ التأثيرات غير القابلة للرجوع (Irreversible impacts) ويحدث ضرر دائم في طبقات المياه الجوفية، وتداخل المياه المالحة، ودخول المياه الملوثة، وهما تأثيران يصعب جدًّا عكسهما في أي زمن معقول بل يكاد يكون مستحيلًا، كما قد يحدث انخفاض في مستوى الأرض مع الضغط الدائم على طبقات المياه الجوفية نتيجة فقد كبير في سعة التخزين.

هذه التأثيرات من الممكن تجنُّبها من خلال تصميم محكم للمراقبة والرصد لاستجابة طبقات المياه الجوفية مصحوبة بتدخلات إدارية فعالة للحدِّ من السحب.



الشكل (9.2) عواقب الإفراط في السحب من المياه الجوفية

3.1.9 كيف تتم مراقبة المياه الجوفية ورصدها؟

هل يمكنك التعليق على فوائد مراقبة المياه الجوفية وتحدياتها في

يجب أن يكون تصميم أي شبكة مراقبة ورصد لغرض تحقيق أهداف معينة على النحو الذي تحدِّده العديد من الأسئلة الإدارية فيما يتعلق بواحد أو أكثر من جوانب مورد المياه الجوفية.

الجدول (9.1) نوعية البيانات المطلوبة لإدارة المياه الجوفية

نوع البيانات	البيانات الأساسية (من الأرشيف)	البيانات المتغيرة زمنيًا من المحطات الحقلية
وجود طبقات المياه الجوفية وخصائصها	▪ سجلات آبار المياه (السجلات الهيدروجيولوجية ومستويات المياه الجوفية الآنية والجودة). ▪ نتائج اختبارات ضخ المياه الجوفية.	▪ مراقبة مناسيب مستوى المياه الجوفية. ▪ مراقبة جودة المياه.
استخدام المياه الجوفية	▪ بيانات مضخة المياه بالبئر. ▪ حصر استخدامات المياه. ▪ سجلات السكان الحالية والمستقبلية. ▪ استهلاك الطاقة للري.	▪ مراقبة السحب من بئر المياه الجوفية (مباشر أو غير مباشر). ▪ تغيرات منسوب مستوى المياه الجوفية بالبئر.
معلومات داعمة	▪ بيانات مناخية. ▪ حصر استعمالات الأراضي. ▪ الخرائط والقطاعات الجيولوجية.	▪ قياسات تدفق النهر. ▪ بيانات المحطات المناخية. ▪ مسح استعمالات الأراضي بالأقمار الصناعية.

في الوضع المثالي يتم إنشاء آبار مراقبة ورصد تمثِّل مفتاحًا لطبقات المياه الجوفية، وتسمح بقياس مناسيب المياه الجوفية والضغط البيزومتري وقياسات جودة المياه، وينبغي أن تكون هذه الآبار موجودة ومصممة لاكتشاف التغيرات المحتملة في تدفق وجودة المياه الجوفية، حيث إن سلسلة من آبار المراقبة والرصد مع مجموعة مختارة من آبار السحب ستكون شبكة مراقبة ورصد مصممة لغرض:

- اكتشاف التغيرات في مخزون المياه الجوفية وتدفقها وجودتها.
- تقدير مخاطر محددة لطبقة المياه الجوفية.
- تقدير كميات الاستخراج والتغذية للمياه الجوفية.

ومن أجل توفير صورة كاملة عن الوضع يجب أن تقوم أنظمة المراقبة والرصد أيضًا بتقدير الآتي:

- معدلات السحب.
- امتثال المستخدم لرخص الاستخراج وتدفق المياه العادمة.

كما يلخص الجدول (9.1) نوع البيانات اللازمة للمراقبة والرصد.

2.9 كيف يمكننا التأكد من أن مراقبة المياه الجوفية فعالة من حيث التكلفة؟

عندما يكون الهدف بحدِّ ذاته هو إنشاء شبكة مراقبة ورصد فقط فإن ذلك سيكون أمرًا مكلِّفًا جدًّا وغير ضروري، وسوف يؤدي إلى استخدام غير فعَّال للطاقة البشرية والميزانية المالية، فشبكات المراقبة والرصد الفاعلة يجب أن تكون مدفوعة بهدف محدد، وألَّا تُستخدم البيانات التي تُجمع حصريًّا ضمن برنامج المراقبة والرصد، بل ينبغي أيضًا حفظها بشكل منتظم للاستخدامات المستقبلية.

الشكل (3.2) من الفصل الثالث يوضح المراحل المختلفة لاستغلال طبقات المياه الجوفية، ففي المراحل الأولية ليس هناك ضرورة للمراقبة والرصد، على الرغم من أنه ينصح بالمراقبة والرصد للبيانات الأساسية (المرجعية) لا سيَّما إذا كانت المصادر اللازمة متوفرة؛ فمع زيادة السحب من طبقات المياه الجوفية تصبح مراقبتها ورصدها أمرًا ضروريًّا، ويجب في أي مرحلة مراقبة ورصد موارد المياه الجوفية المهمة إستراتيجيا والمهددة بإمكانية تلوثها أو زيادة الملوحة فيها.

فالهدف من المراقبة والرصد هو الكشف عن التغيرات الحاصلة في موارد المياه الجوفية مع الزمن، ووهذا يؤدي إلى مساعدة المديرين على وضع القيود والتغيير في طريقة استخدام موارد المياه الجوفية؛ من أجل تقليل النتائج السلبية لهذه المؤثرات.

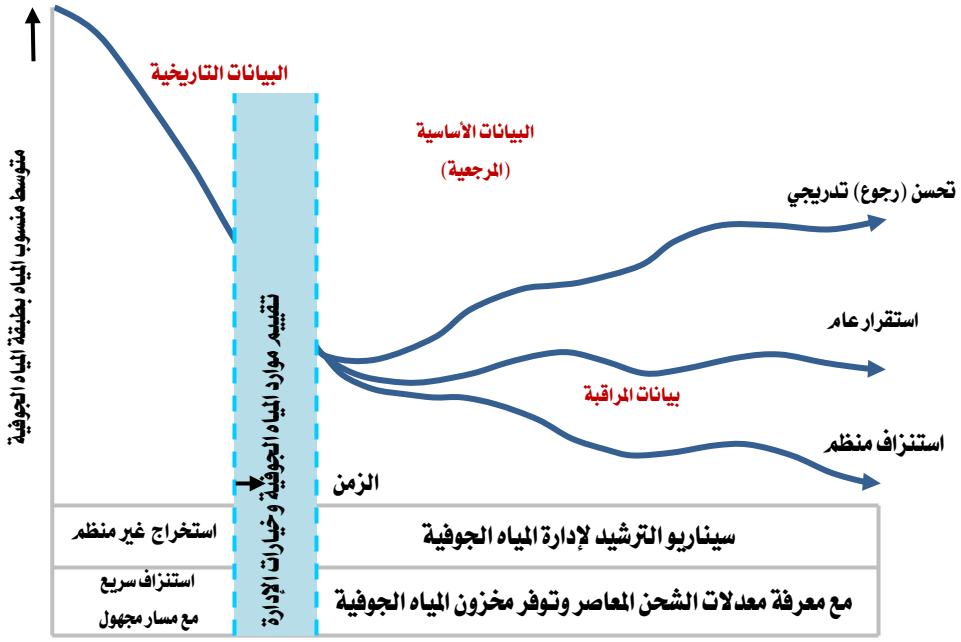
يوضح الشكل (9.3) حالة نظرية عن عملية المراقبة والرصد التي تكشف السحب الجائر وماهية الإجراءات الإدارية اللازمة؛ للحدِّ من كمية الضخ التي حدثت لتحقيق الوضع المستقر، إذ يُتيح استمرار جمع بيانات المراقبة والرصد للمديرين مراجعة فعالية القيود المفروضة، وهذا سيسمح بالتعديلات اللازمة إذا دعت الضرورة، هذا المثال يبسط الواقع بشكلٍ كبير؛ لأن طبقات المياه الجوفية بشكل عام تعد غير متجانسة بشكل كبير، وتختلف تغذيتها بدرجة كبيرة زمنيًّا ومكانيًّا، فضلًا عن أن أنظمة جريان المياه الجوفية معقدة جدًّا.

ويمكن تحسين فعالية أنظمة المراقبة والرصد للمياه الجوفية من خلال الاهتمام بتصميم الشبكات، وتنفيذ الأنظمة، وتفسير وتحليل البيانات وتحليلها، كما أن البيانات المجموعة والمحفوظة بواسطة أنشطة مراقبة ورصد سابقة ينبغي استخدامها، والمحافظة عليها وعدم تجاهلها، وأن تكون إمكانية الوصول إلى محطات المراقبة والرصد سهلة، ومن الممكن استخدام مؤشرات معينة تؤدي إلى المساهمة في تقليل تكاليف التحاليل بشكل كبير.

إن ضمان دقة المراقبة والرصد لكل من العناصر الفيزيائية والكيميائية يجب أن يؤخذ في الاعتبار، من خلال إجراءات ضبط الجودة، كما أن عملية المراقبة والرصد الذاتية التكميلية من قبل مستخدمي المياه تساعد على خفض التكاليف، وتفيد في زيادة وعي أصحاب المصلحة ومشاركتهم في إدارة المياه الجوفية.

من خلال الشكل (9.3) (تقليل الضخ في هذه الحالة) يمكن أن تؤدي المراقبة والرصد المقترنة بتدخلات الإدارة إلى تطوير أكثر توازنًا لموارد المياه الجوفية، على الرغم من أن مراقبة المياه الجوفية ورصدها مكلِّفٌ غالبًا، ولكن على المدى البعيد يمكن أن يكون العائد جوهريًّا لحماية موارد المياه الجوفية وخفض تكاليف معالجتها، مع الأخذ في الاعتبار ما يأتي:

- إن مراقبة المياه الجوفية ورصدها بدون أي سبب تعد غير ضرورية ومهدرة للأموال.
- يجب تصميم أنظمة وشبكات المراقبة لغرض مخصص وواضح.
- على الرغم من أن مراقبة ورصد المياه الجوفية مكلفة، لكنها على المدى البعيد يمكن أن تكون عوائد التكلفة فعالة من خلال حماية موارد المياه الجوفية، وتخفيض تكاليف معالجتها.
- يمكن أن تساعد مشاركة أصحاب المصلحة في المراقبة والرصد في خفض التكاليف وتحسين التوعية بموارد المياه الجوفية.



الشكل (9.3) يمكن أن تؤدي المراقبة المقترنة بإجراءات الإدارة (تقليل الضخ في هذه الحالة) إلى تنمية أكثر استقراراً لموارد المياه الجوفية.

1.2.9 التصميم الأساسي لشبكة المراقبة والرصد.

على الرغم من أن تصميم شبكة المراقبة والرصد الفعالة يتطلب كمية كبيرة من البيانات والمعرفة المتخصصة، فإنه يمكن إعطاء بعض المبادئ التوجيهية الأساسية من أجل توفير الفهم المبدئي لتصميم شبكة المراقبة والرصد.

ما هو الهدف من المراقبة والرصد؟

هذا هو السؤال الأول والأساسي الذي يجب الإجابة عنه، هل المراقبة والرصد من أجل الالتزام برخصة الاستخراج المقررة أم لأجل تصريف المياه العادمة؟ أم أنها من أجل تقييم أثر الضخ الجائر من حقل آبار يزود استخدامات أو صناعات حرجة؟ أم أنها من أجل مراقبة ورصد الآثار المترتبة على جودة المياه الجوفية في طبقات المياه الجوفية الهشة والمتأثرة بمخلَّفات منشأة مياه عادمة؟ أم أن المراقبة والرصد تُنفَّذ كبيانات أساسية علمية لغرض تقييم معدلات التغذية الطبيعية وجودة المياه؟ ويوضح الجدول (9.2) تصنيف أنظمة مراقبة ورصد المياه الجوفية طبقًا لوظيفتها، كما تجدُر الإشارة إلى أن المراقبة والرصد يجب تطبيقهما إذا كان هناك أي تهديد للمياه الجوفية.

الجدول (9.2) تصنيف أنظمة مراقبة المياه الجوفية ورصدها حسب الوظيفة (GW•MATE,2002-2006)

النظام	الوظيفة الأساسية	مواقع الآبار
أولي **(مراقبة ورصد مرجعية)**	تقييم الاتجاه العام للمياه الجوفية: ▪ الاتجاهات الناتجة عن تغيير استعمال الأرض والاختلاف المناخي. ▪ الاتجاهات الناتجة عن عمليات مثل التغذية والجريان وانتشار التلوث.	في مناطق متماثلة بالنسبة للوضع الهيدروجيولوجي واستعمال الأرض.
ثانوي **(مراقبة ورصد للحماية)**	الحماية ضد التأثيرات المحتملة لكل من: ▪ مورد مياه جوفية إستراتيجي. ▪ حقول آبار وينابيع إمداد المياه العامة. ▪ البنية الأساسية الحضرية من هبوط الأرض. ▪ مواقع الآثار ضد ارتفاع منسوب المياه الجوفية. ▪ أنظمة بيئية معتمدة على المياه الجوفية	حول المناطق / المراكز / المعالم التي تتطلب حماية.
ثلاثي **(احتواء التلوث)**	إنذار مبكر للتأثيرات على المياه الجوفية من: ▪ استعمال زراعي كثيف للأرض. ▪ المواقع صناعية. ▪ مواقع دفن النفايات الصلبة. ▪ مناطق استصلاح الأراضي. ▪ المحاجر والمناجم.	مباشرة أسفل وأعلى الانحدار الهيدروليكي من مصدر الخطر.

إن طبقات المياه الجوفية التي تُستغل بشكل كبير أو التي تُظهر انخفاضات كبيرة في مستويات المياه الجوفية فيها، أو تلك التي تكون عرضة ومهددة بالتلوث، هي الطبقات التي يجب مراقبتها ورصدها أولا، أما بالنسبة إلى طبقات المياه الجوفية الصغيرة التي تخدم المجتمعات الريفية المعزولة قد لا يكون هناك مبررات لتكلفة المراقبة والرصد لها.

ماهي المراقبة؟

إن الهدف من المراقبة والرصد هو الذي يقرر ماهي العوامل المتغيرة التي يجب مراقبتها ورصدها، فلغرض إدارة الموارد نحتاج إلى مراقبة ورصد معدلات السحب من الآبار ذات الإنتاج المرتفع والتي تكون فيها مناسيب المياه موزعة زمانيًّا ومكانيًّا؛ من أجل تقييم تأثير الضخ على طبقة المياه الجوفية.

كما أن مراقبة ورصد التلوث تحتاج إلى أخذ عينات من المياه الجوفية وتحليلها لملوِّث معين مثير للقلق (أو مؤشر بديل لتحليل أسهل وتكلفة أقل) بهدف توفير تمثيل ملائم للمنطقة وتركيز الملوث الفعلي، ويعد رصد تصريف المياه العادمة جزءًا مهمًّا من مراقبة التلوث ورصده، وتتطلب مراقبة ورصد تداخل المياه المالحة ورصدها رصد التوصيل الكهربي في الآبار على أعماق مختلفة، ومراقبة التلوث

ورصده خلال عملية التغذية الحديثة، من خلال مراقبة ورصد المناطق غير المشبعة أو المستويات العليا من طبقات المياه الجوفية.

هناك العديد من الأسباب المحتملة لإنشاء نظام مراقبة ورصد، وما سيتم مراقبته ورصده سوف يتنوع مع تنوع الأسباب، وقد يكون من الضروري مراقبة عدد من العوامل المتغيرة ورصدها؛ من أجل الوصول إلى الوصف الملائم لاستجابة نظام المياه الجوفية على نحو مناسب بمرور الوقت.

أين تراقب وترصد؟

من أجل مراقبةٍ ورصدٍ فعَّالة، من الضروري فهم نظام جريان المياه الجوفية وموقع مناطق التغذية والسحب، ويجب أن تكون مواقع آبار المراقبة في المناطق الصحيحة؛ من أجل توفير المعلومات المطلوبة، فعلى سبيل المثال لا جدوى من مراقبة جودة المياه ورصدها في الاتجاه الأعلى هيدروليكيًّا من نقطة مصدر التلوث؛ لأن تدفق المياه الجوفية سوف يحمل الملوِّثات بعيدًا عن بئر المراقبة والرصد، وتؤثر خصائص الملوِّث– مثل الكثافة والقابلية للذوبان والانتشار والتشتت والامتصاص– على حركته وكيفية انتشاره وآثاره في نظام المياه الجوفية، وقد تترسب الملوِّثات الكثيفة غير القابلة للذوبان في قاع طبقات المياه الجوفية، بينما تطفو السوائل الخفيفة فوق المياه الجوفية.

وبالنسبة إلى موارد طبقات المياه الجوفية فإنها تعد مناطق مهمة لتغذية المياه وتصريفها، فقد يحدث هبوط كبير في منسوب المياه في مناطق التغذية ومناطق الجريان المتوسطة لطبقة المياه الجوفية، أما في منطقة التصريف فقد يكون الانخفاض في منسوب المياه أقل بكثير، ومن المتوقع أن يكون مخروط الانخفاض الناجم عن الضخ من حقل الآبار بشكل غير منتظم قد تشوَّه بسبب اتجاه جريان المياه الجوفية أو بسبب حدوث عمليات فيزيائية طبيعية داخل طبقة المياه الجوفية، لذا فإن هذه الاعتبارات يجب تحليل عواملها عند اختيار نقاط المراقبة والرصد وعند تحليل البيانات، وقد تتعرض طبقات المياه الجوفية المحصورة لهبوط في الضغط على نطاق أوسع بكثير من طبقات المياه الجوفية غير المحصورة، لذا يجب أن تكون نقاط أخذ العينات متباعدة، ويجب أن يكون تركيز المراقبة والرصد على التأثير الكلي على طبقة المياه الجوفية بدلًا من التركيز فقط على التأثير في محيط البئر أو حقل الآبار إذا كان ذلك ممكنًا اقتصاديًّا.

كيف تراقب؟

ينبغي أن تكون المراقبة والرصد بطريقة صحيحة ومنضبطة، مع وضع إجراءات واضحة لجمع البيانات وضبط جودتها وحفظها وتحليل العوامل المتغيرة وتفسير البيانات كما بالجدول (9.3)، ويجب أن

تكون هناك مؤسسة محدَّدة مكلَّفة بالمراقبة والرصد في كل حالة، وأن يُتبع نظام واضح لتدفق المعلومات من برنامج المراقبة والرصد إلى مديري المياه الجوفية، ويمكن أن يشارك مستخدمو المياه الجوفية في المراقبة والرصد؛ لأغراض السحب والاستخدام ولتحديد لمستويات المياه الجوفية التي تساعد في تقليل تكاليف المراقبة والرصد، وتساعد على إدماج المستخدمين في إدارة الموارد.

قد تتطلب المراقبة وجود آبار مراقبة خاصة تخترق عادةً طبقات المياه الجوفية المختلفة التي يجب مراقبتها واختبارها بشكل مستقل، وهذا يتطلب سلسلة من أنابيب أخذ العينات من مستويات مختلفة (أعماق مختلفة) داخل الآبار؛ فيمثل كل عمق طبقة مياه جوفية، وتُغلَّف هذه الآبار جيدًا حتى لا يحدث التداخل بين مياه هذه الطبقات، مع اعتبار متطلبات وإجراءات أخذ العينات المحددة لتجنب التأثيرات المختلفة مثل تفريغ أو دخول الهواء، إلى غير ذلك من الاعتبارات، ويجب إجراء بعض التحاليل في الموقع، وجمع عينات أخرى إضافية وتخزينها بطرق معينة ومختلفة حسب العناصر المراد تحليلها كما هو موضح بالجدول (9.4)، ويجب أن يتكامل هيكل أخذ العينات الميدانية مع إمكانيات المختبر والتمويل المتاح.

الجدول (9.3) القواعد الأساسية لبرامج مراقبة المياه الجوفية الناجحة (GW•MATE,2002-2006)

تصميم الشبكة	▪ يجب تعريف الأهداف وتهيئة البرنامج وفقًا لذلك. ▪ يجب فهم نظام جريان المياه الجوفية. ▪ يجب اختيار مواقع أخذ العينات ومؤشرات المراقبة طبقًا للأهداف.
تنفيذ الشبكة	▪ يجب استخدام آبار مراقبة وسحب منشأة بشكل مناسب. ▪ يجب أن تكون أجهزة الحقل وتجهيزات المختبر ملائمة للأهداف. ▪ يجب تأسيس بروتوكول تشغيلي ونظام معالجة كامل جاهز للعمل على البيانات. ▪ يجب أن تكون مراقبة المياه الجوفية والمياه السطحية بشكل متكامل حيثما يكون ذلك قابلًا للتطبيق.
تفسير البيانات	▪ يجب أن تراجع نوعية البيانات بانتظام من خلال ضوابط داخلية وخارجية. ▪ يجب إمداد صُنّاع القرار بتفسير لمجموعات البيانات ذات الصلة بالإدارة. ▪ يجب أن يُقيّم البرنامج ويُراجع بشكل دوري.

الجدول (9.3) ملخص لإجراءات أخذ العينات والتدابير الوقائية لمجموعات محددة من مؤشرات نوعية المياه الجوفية (GW•MATE,2002-2006)

المجموعات المحددة	طريقة جمع العينات	المواد المفضلة	التخزين زمن- درجة الحرارة	صعوبة العملية والتكلفة
الأيونات الرئيسة **Cl, SO_4, F, Na, K**	▪ ترشيح فقط 0.45 µm ▪ لا تحميض	**أي مادة**	**7 أيام** 4 °C	**أقل ما يمكن**
العناصر الضئيلة **Fe, Mn, As, Cu, Zn, Pb, Cr, Cd, etc**	▪ ترشيح مغلق 0.45 µm ▪ حموضة (pH <2) ▪ تجنب التهوية بسبب الرش/ ▪ استخدام قناني ذات فراغ علوي	**بلاستيك**	**150 يوم**	**متوسط**
أنواع النيتروجين **NO_3, NH_4 (NO2)**	▪ ترشيح مغلق 0.45 µm	**أي مادة**	**يوم واحد** 4 °C	**متوسط/منخفض**
ميكروبيولوجي **TC, FC, FS**	▪ شروط تعقيم ▪ عينة غير مرشحة ▪ يفضل التحليل في الموقع	**زجاج معتم**	**ست ساعات** 4 °C	**متوسط/منخفض**
توازنات الكربونات **pH, HCO_3, Ca, Mg**	▪ عينة غير مرشحة جيدة الغلق ▪ تحليل في الموقع(pH, HCO3) ▪ Ca/Mg في المختبر الأساسي على العينة المحمضة	**أي مادة**	**ساعة واحدة** **150 يوم**	**متوسط**
حالة الأكسجين **pE (EH), DO, T**	▪ في الموقع في خلية قياس ▪ تجنب التهوية ▪ غير مرشحة	**أي مادة**	**0.1 ساعة**	**منخفض/مرتفع**
المواد العضوية **TOC, VOC, HC, ClHC, etc**	▪ عينة غير مرشحة ▪ تجنب التطاير ▪ يفضل الامتصاص المباشر في ▪ خراطيش القياس	**زجاج معتم أو تفلون**	**من 1- 7 أيام** **غير محدد بالنسبة للخراطيش**	**مرتفع**

متى تراقب؟

هل هناك أي مشاركة لأصحاب المصلحة في المراقبة؟

الرصد هو جمع بيانات عبر الزمن من نقاط أخذ العينات، ويجب أن يكون هناك فاصل زمني بين العينات؛ لتجنب نفقات غير لازمة، مع التأكد من أن جميع الاختلافات المهمة مسجَّلة، وعادةً ما تؤخذ العينات موسميًّا لتسجيل تأثير التغذية الطبيعية والتصريف، وعندما تكون هناك ضغوط خارجية جديدة على منظومة طبقات المياه الجوفية يجب ضبط برنامج أخذ العينات؛ لمحاولة تسجيل تأثير تلك الضغوط.

تفسير البيانات

ولغرض الإدارة المتكاملة للمياه ينبغي تحليل البيانات الناتجة عن مراقبة المياه الجوفية بالتزامن مع البيانات المتاحة من مراقبة المياه السطحية، فالتبليغ بمعلومات حول النتائج إلى مديري المياه عنصر أساسيّ وفاعل لعملية للمراقبة، حيث لا تكون المراقبة ذات فائدة إذا لم تُستخدم هذه المعلومات، كما أن

الأدوات والطرق المتقدمة لتفسير البيانات– مثل النماذج الرقمية– مفيدة في إعداد سيناريوهات التنبؤ لإدارة الموارد المائية.

وباختصار يمكن ملاحظة أن تصميم شبكة المراقبة وتنفيذها قد يكون مَهَمَّة معقَّدة للغاية، ولكن قد تكون المراقبة البسيطة مفيدة للغاية، شرط أن تُنفذ بشكل جيد وبطريقة منظمة وذكية.

3.9 كيف يكون تقاسم مسؤولية مراقبة المياه الجوفية؟

لا بد أن تنص تشريعات المياه الجوفية على مراقبة استخدام المياه الجوفية ومناسيبها وحالتها النوعية، ويجب على المديرين والمستخدمين تحمُّل بعض المسؤولية عن هذه المهام، بحيث يكون التقسيم النموذجي للمسؤوليات وفقًا للآتي:

- الحكومة المركزية أو هيأة المياه الوطنية ممثلة للشبكة المرجعية الأساسية.
- وكالة الموارد المائية الإقليمية (حوض المياه الجوفية) تمثل وظائف تنظيم الموارد وحمايتها.
- مقاولو شركات حفر آبار المياه ملزمون بتوفير سجلات الآبار واختبارات الضخ.
- المستخرجون للمياه الجوفية بكميات كبيرة ملزمون بتوفير سجلات الآبار ومناسيب المياه.
- المستخرجون للمياه الجوفية بكميات صغيرة ملزمون بتعليقات وتقارير عامة حول الخصائص والاداء.
- الملوثون المحتمَلون للمياه الجوفية ملزمون بمراقبة وقائية للجودة على مستوى الموقع.

كيف تحدث عملية مراقبة المعلومات؟ وهل هناك آليات فعالة وملاحظات معينة لأصحاب المصلحة؟

يعد تخزين بيانات مراقبة المياه الجوفية مسألة مهمة، وسيكون تخزين البيانات على المستوى الإقليمي الأدنى أكثر فاعلية، ولكن يجب الاحتفاظ بنُسَخ مركزية لتمكين الجميع من الولوج إليها، ومن الأهمية بمكان أن تكون البيانات متاحة لمديري المياه والمستخدمين، ويجب أن تبقى بشكل آمن للرجوع إليها في المستقبل.

ويمكن أن تُدعم مراقبة المياه الجوفية بالمشاركة من جانب المستخدمين في تخفيف العبء على السلطات، وزيادة فهم نظام المياه الجوفية بين مستخدمي المياه، على الرغم من صعوبة تنفيذ ذلك، خصوصًا عندما لا يكون نظام المياه الجوفية واقعًا تحت ضغوطات، كما سيتطلب إنشاء نظام فعَّال قائم على المشاركة لمراقبة المياه الجوفية بناء قدرات كبيرة وتدريب.

4.9 تصميم شبكة المراقبة

قياس استخدام المياه الجوفية واستجابة طبقة المياه الجوفية.

من خلال مراقبة السحب والتغيرات في مناسيب المياه يمكن تقييم تأثير الضخ من طبقة المياه الجوفية الذي يوفِّر معلومات أساسية لإدارة موارد المياه الجوفية، فغالبًا ما تُصمَّم حقول الآبار على أساس استجابة طبقة المياه الجوفية المتوقعة لمستوى معين من السحب، بناءً على النمذجة الرياضية التي تحاكي سيناريوهات السحب المختلفة، وبعد ذلك تُصدر تراخيص الاستخراج وإنشاء حقول الآبار على أساس هذه التنبؤات.

يكون التحكم في اتجاه جريان المياه الجوفية ومعدَّله بواسطة التدرج الهيدروليكي الذي يمكن تحديده من مناسيب المياه في طبقة المياه الجوفية، فإذا كانت المنطقة التي يحدث فيها تغير في مستوى المياه ومساميَّة طبقة المياه الجوفية معروفة، وعليه يمكن حساب حجم التغذية أوالتصريف، ويؤدِّي رصد طبقة المياه الجوفية دورًا مهمًّا في هذا السياق؛ لأن:

- البيانات التاريخية تُستخدم لمعايرة نماذج طبقات المياه الجوفية العددية، وتسمح بمحاكاة موثوقة لسيناريوهات السحب المستقبلية.
- يُعد قياس (وحفظ) البيانات لآبار السحب الجديدة أمرًا مهمًّا لتوفير معلومات أساسية لتقييم التغييرات المستقبلية.
- توفر عملية مراقبة مناسيب المياه الجوفية ومعدلات الضخ أثناء تشغيل حقول المياه معلومات للتحقق من الاستجابة المتوقعة لطبقة المياه الجوفية، فقد يلزم الأمر اتخاذ إجراءات في الوقت المناسب لتقليل السحب.
- يمكن للمعلومات المجموعة أن تؤدي دورًا رئيسًا في زيادة الوعي بين مستخدمي المياه، فتسهِّل إدخال إجراءات إدارة الطلب على المياه الجوفية، وهذا يؤدي إلى المراقبة التشاركية.

ما هي القضايا الرئيسة في رصد التغيرات في مستويات المياه الجوفية؟

يمكن إجراء قياسات مناسيب المياه الجوفية في آبار المراقبة أو آبار السحب يدويًّا أو أوتوماتيكيًّا، ويجب أن تخضع دائمًا لفحوصات الجودة، إذ يكون للتغييرات الملاحظة في مناسيب المياه الجوفية من خلال المراقبة أسباب مختلفة على نطاق واسع يتوجب تقييمها بدقة؛ لتحديد الإجراء الصحيح والمطلوب إداريًّا.

ويجب تصميم شبكات مراقبة المياه الجوفية من متخصصين على أساس متطلبات الإدارة، مع التركيز بشكل خاص على مناطق التغذية أو التصريف، حيث يكون تحديد امتداد مناطق التغذية معقدًا؛ نظرًا إلى أنها مناطق واسعة بشكلٍ عام، مع اختلاف أنواع الصخور والتُرَب واستخدامات الأراضي.

تُعد المراقبة المباشرة لسحب المياه الجوفية بواسطة عدادات المياه دقيقة، ولكنها مكلِّفة تستلزم تركيب العدادات في جميع منافذ المضخات، وهذا يتطلَّب تعاونًا تامًّا من مستخدمي المياه، وهو أمر ليس من السهل دائمًا تحقيقه، لكن يمكن إجراء المراقبة غير المباشرة لسحب المياه الجوفية من خلال:

- جمع البيانات المرشدة على سبيل المثال يمكن تقدير استخدام المياه الجوفية بالرَّيّ بشكل غير مباشر، باستخدام ساعات تشغيل المضخات (استهلاك الطاقة) مضروبة في متوسط معدل الضخ.
- استخدام الاستشعار عن بعد بتقييم الامتداد المساحي للأراضي المروية أو معدلات التبخر الفعلي اليومي التراكمي.
- يمكن الحصول على تقديرات للتغيرات في استخراج المياه الجوفية الإقليمية، من خلال معلومات عن التغيرات الديموغرافية وعمليات التقصِّي العشوائي حول استخدام الفرد من المياه.

الكشف عن تغيرات جودة المياه الجوفية

ما هو الغرض من مراقبة جودة المياه؟

الغرض من مراقبة جودة المياه

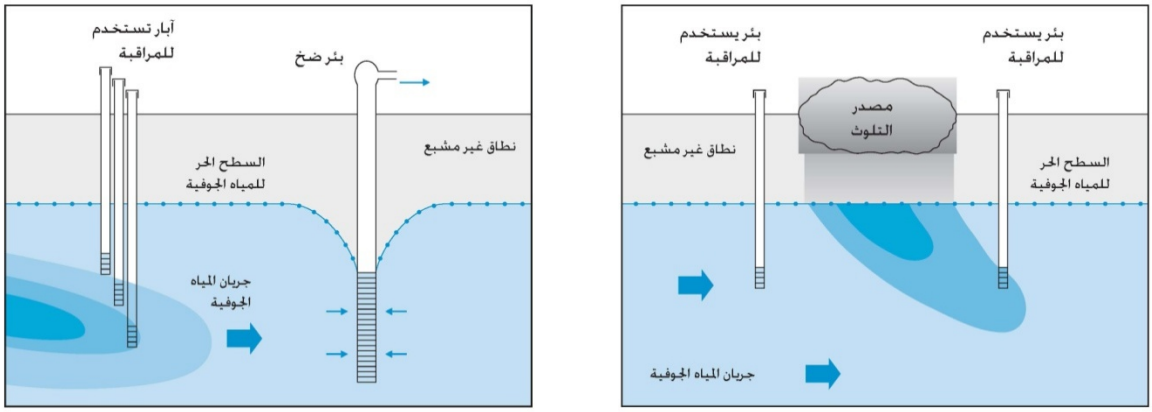
- تسهيل الإنذار المبكِّر ببدء تلوث المياه الجوفية من نشاط معين، والسماح بإدخال أية إجراءات رقابة ضرورية في الوقت المناسب.
- توفير تحذير مسبق من وصول المياه الملوثة إلى مصدر مهم؛ لتوفير المياه من المياه الجوفية، وهذا يؤدي إلى توفير المعالجة أو التخفيف من حِدَّة الأخطار الأخرى.
- تحديد أي تلوُّث يصل إلى خزان المياه الجوفية من مصدر تلوث رئيس محتمل، وهذا يستوجب اتخاذ إجراءات علاجية مبكرة.
- لإنشاء أدلة لتحديد المسؤولية القانونية عن حوادث تلوث المياه الجوفية.

من يقوم بمراقبة المياه الجوفية في بلدك؟ هل البيانات المجموعة تستخدم لإدارة طبقات المياه الجوفية؟

كيف تراقب جودة المياه الجوفية

التركيز الرئيس لمراقبة جودة المياه الجوفية هو عادةً لغرض إمدادات المياه العامة من آبار المياه والينابيع عبر أنظمة توزيع الأنابيب (الشكل9.5) لذا يلزم في البداية إجراء

تحليل كامل لجودة المياه (من الناحية المثالية) يتبعه تحليل محدود لعناصر المؤشرات المختارة بعناية، مع عمليات فحص دورية على عناصر مهمة أخرى أكثر تعقيدًا أو تكلفة في التحليل.



الشكل (9.5) تمثيل تخطيطي لتصميم شبكة مراقبة نوعية المياه الجوفية لأهداف إدارية محددة (GW•MATE,2002-2006)

غير أن هذا النوع من المراقبة لا يتوافق عادة مع حالة المياه الجوفية في الموقع، عليه من الضروريٌّ لبرامج مراقبة طبقات المياه الجوفية أن يحدد التوزيع المكاني للمياه الجوفية ذات الجودة المتدنية وتغيرها مع الزمن واستجابتها لتدابير الإدارة للتخفيف.

قد تؤدي عملية ضخ البئر ومعالجة العينات إلى تعديل كبير في العينات، مثل (دخول الهواء، والتبخر والفواقد المتطايرة) لذا يجب أخذ اعتبارات مناسبة لأخذ العينات، فضلًا عن تكوُّن العينة من خليط لطبقات المياه الجوفية المخترقة من بئر المياه، وعليه يمكن أخذ العينات من أعماق محددة من أجل تحديد نوعية المياه في الوحدات المختلفة من أنظمة طبقات المياه الجوفية.

في العديد من الحالات يكون الشرط الأساسي هو الحصول على إنذار مبكر بمشاكل جودة محتملة قد تهدِّد مصدر المياه الجوفية ونظام طبقات المياه الجوفية، ومن أجل تحقيق ذلك من الضروري تصميم شبكات مراقبة للحصول على عينات من المياه الجوفية تمثل جودة التغذية الأحدث، والتي في الغالب تختلف بشكل كبير عن متوسط جودة المياه الجوفية المخزنة، ويجب تقييم التغييرات الرأسية في جودة المياه الجوفية عن طريق أخذ عينات عميقة محددة.

إن النمو السريع للتخلص من النفايات الحضرية والصناعية في الأرض فضلًا عن الزراعة المكثَّفة يستدعي توسُّعًا كبيرًا في مراقبة إدارة نوعية المياه الجوفية المركزة.

5.9 ملخص

قد تكون هناك عدة أسباب لرصد المياه الجوفية، وأيًّا كان السبب فإن مراقبة المياه الجوفية مكلِّفة دائمًا وتتطلب موارد بشرية ماهرة، وتمويلًا لفترات زمنية طويلة، وقد تكون المراقبة والرصد ضمانًا للإنصاف في الوصول إلى موارد المياه الجوفية، أو الحد من إساءة استخدام التراخيص أو تصريحات تصريف النفايات السائلة وما إلى ذلك.

إن المراقبة عنصر أساسي في إدارة طبقة المياه الجوفية، وتوفر المعلومات الضرورية لقرارات الإدارة من أجل حماية موارد المياه الجوفية من السحب المفرط ومن التلوث، ويمكن تجنُّب الآثار السلبية الدائمة المرتبطة بالإفراط في الضخ والتلوث، عن طريق نظام مراقبة مصمم جيدًا ويوفر– في الوقت المناسب– معلومات عن استجابات طبقة المياه الجوفية للضخ أو حمولة الملوثات.

تمرين

تقسيم المتدربين إلى 4 أو 5 مجموعات

النشاط: تصميم نظام مراقبة إما لجودة المياه الجوفية أو لعمليات سحب المياه الجوفية أو مناسيب المياه الجوفية مع شرح الخطوات الأساسية في التصميم من حيث:

1) إنشاء او اختيار آبار المراقبة على أساس خصائص أو استخدام طبقة المياه الجوفية.

2) الحصول على البيانات.

3) تخزين البيانات وتفسيرها.

4) تنفيذ إدارة طبقة المياه الجوفية كنتيجة لبرنامج المراقبة.

الزمن: ساعة

الفصل العاشر. المياه الجوفية والتغير المناخي

Chapter 10: Groundwater and Climate Change

أهداف التدريب

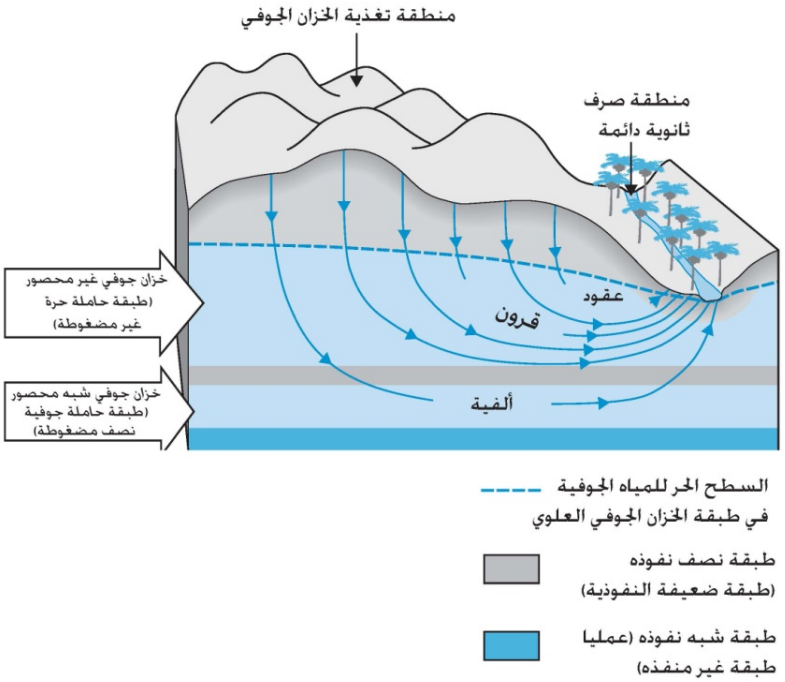
- التعرف على المفاهيم الأساسية لآثار تغير المناخ على المياه الجوفية.
- تقدير الآثار الرئيسية لتغير المناخ على النظام والقطاعات التي تعتمد على المياه الجوفية.
- فهم المفاهيم الأساسية للإدارة التكيفية للمياه الجوفية.

10. مقدمة[1]

1.10 المفاهيم الأساسية

1.1.10 المياه الجوفية والدورة الهيدرولوجية

تمثل الدورة الهيدرولوجية الحركة المستمرة للمياه بين الغلاف الجوي وسطح الأرض (الأنهار الجليدية، الثلوج، المجاري المائية، الأراضي الرطبة، والمحيطات) والتربة والصخور، إذ يشير مصطلح المياه الجوفية إلى المياه داخل التربة وإلى التكوينات الجيولوجية المشبعة بالكامل. وتجري المياه الجوفية كما بالشكل (10.1) بفعل التغذية (عبر مقطع التربة أو أقنية الجريان والأراضي الرطبة) والتصريف (عبر التبخر النتحي Evapotranspiration، والسحب، والتسرب، والجريان الربيعي، الخ) ويحدَّد الفرق بين التغذية والتصريف حجم التخزين للمياه الجوفية.



الشكل (10.1) تغذية المياه الجوفية وجريانها وتصريفها (GW•MATE,2002-2006)

[1] يستند محتوى هذا الفصل بشكلٍ كبير إلى التقرير الذي أعدَّه البنك الدولي لتحليل الاقتصاد والماء وتغير المناخ (البنك الدولي، 2009) وبالنسبة إلى الحالة الدراسية المتعلقة بتغذية طبقة المياه الجوفية استخدم تقرير (Van Steenbergen 2009) ، وكلا المرجعين متوفران كوثيقة أساسية لهذا الفصل، وقد وُضعت معلومات عن هذه التقارير في المراجع.

يمكن لأية تغيرات في المناخ أن تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على التغذية والتصريف والجودة للمياه الجوفية، فالانخفاض في التغذية الناجم عن انخفاض هطول الأمطار يعد مثالًا على التأثير المباشر، ويشكِّل تداخل مياه البحر إلى طبقات المياه الجوفية الساحلية- بوصفه نتيجة لزيادة درجة الحرارة وارتفاع مستوى سطح البحر- تأثيرًا غير مباشر على جودة المياه الجوفية، ويمكن أن تتأثر كمية المياه الجوفية ونوعيتها بتغير استخدام المياه والأراضي.

2.1.10 تغير المناخ والتقلبات الهيدرولوجية

تغيُّر المناخ هو "**حالة تغير المناخ التي يمكن تحديدها من خلال التغيير في متوسط أو تقلب خصائصه ليستمر لفترة طويلة، عادةً ما تكون عقودًا أو أطول**"، وقد يكون ذلك نتيجة "للعمليات الداخلية الطبيعية أو التأثيرات الخارجية، أو لاستمرار التغييرات البشرية في تكوين الغلاف الجوي أو في استخدام الأراضي" **(IPCC، 2007).**

وخلال الـ 150 عامًا الماضية ازداد متوسط درجات الحرارة العالمية مع معدل الاحترار الذي تسارع في السنوات الخمس والعشرين إلى الخمسين الماضية، وهذه عملية ستستمر في المستقبل **(IPCC، 2007)**

يتغير المناخ أيضًا استجابةً لظواهر طبيعية على مستويات موسمية وسنوية وفيما بين العقود، مثل التذبذب الجنوبي للنينو، إن وجود هذه الظواهر الطبيعية ودرجة التأثر بها يختلف من بلد إلى آخر، بل من حوض لآخر.

إن التغيرات في المناخ ستؤدي إلى تغيير هيدرولوجي، ويلخِّص الجدول (10.1) التغيرات في المناخ والهيدرولوجيا التي من المتوقع أن تحدث نتيجة الاحتباس الحراري العالمي، كما ستناقش الآثار المحتملة لهذه التغييرات على موارد المياه الجوفية في الأقسام اللاحقة.

2.10 آثار تغير المناخ على المياه الجوفية

1.2.10 التغذية

يمكن أن تحدث تغذية المياه الجوفية محليًّا من المسطحات المائية السطحية أو بشكل منتشر من الهطول المطري عبر منطقة التربة غير المشبعة، فهطول الأمطار هو المحرك الجوي الرئيس لتغذية المياه الجوفية، كما أن درجة الحرارة وتركيزات ثاني أكسيد الكربون مهمة؛ لأنها تؤثر على التبخر النتحي وهذا يؤثِّر على جزء من الهطول الذي يمكن أن يصرف خلال التربة إلى طبقات المياه الجوفية، وتشمل

العوامل الأخرى التي تؤثر على تغذية المياه الجوفية الغطاء الأرضي والتربة والجيولوجيا والتضاريس والطبوغرافية ونوع طبقات المياه الجوفية.

الجدول (10.1) التأثير المتوقع للاحتباس الحراري العالمي في المناخ الرئيس والمؤشرات الهيدرولوجية ((IPCC (2007، World Bank (2009) * نسبة إلى خط الأساس 1990

المتغير	التغير المستقبلي المتوقع
الحرارة	من المتوقع أن تزداد درجات الحرارة في القرن الحادي والعشرين، مع وجود أنماط جغرافية مشابهة لتلك التي لوحظت خلال العقود القليلة الماضية، ومن المتوقع أن يتعاظم الاحتباس الحراري على الأرض في خطوط العرض الشمالية العليا، وأن يقلّ على المحيطات الجنوبية وأجزاء من المحيط الأطلسي الشمالي، ومن المحتمل جدًّا أن يستمر تكرر درجات الحرارة المرتفعة والموجات الحارة.
الهطول	من المتوقع أن يزداد الهطول المطري على المستوى العالمي، ولكنه يختلف تبعًا للمناطق الجغرافية، ومن المحتمل أن تشهد بعض المناطق زيادة، بينما تشهد مناطق أخرى انخفاضًا في متوسط هطول الأمطار السنوي، وتكون الزيادات في كمية الهطول على الأغلب عند خطوط العرض العالية، في حين يرجَّح حدوث زيادات ونقصان في الهطول إقليميًّا فوق مناطق اليابسة الواقعة على خطوط العرض المنخفضة، ومن المتوقع أيضًا أن تشهد بعض المناطق المتميزة حاليًّا بالهطول المرتفع (ليس كلها) زيادات في الهطول، في حين يُتوقع أن يكون هناك نقص للهطول في عدد من المناطق المعروفة بالهطول المنخفض والتبخر العالي. من المحتمل أن تزداد المناطق المتأثرة بالجفاف، ويتوقع أن تزداد أحداث الهطول الشديدة من حيث التكرار والكثافة. من المرجح أن تتغير النسبة بين المطر والثلج بسبب ارتفاع درجات الحرارة.
ارتفاع مستوى سطح البحر	من المتوقع ارتفاع متوسط مستوى سطح البحر بسبب ارتفاع درجة حرارة المحيطات وذوبان الأنهار الجليدية، والتوقعات الأكثر تفاؤلًا بمتوسط ارتفاع مستوى سطح البحر في العالم في نهاية القرن الحادي والعشرين تتراوح بين 0.18–0.38 م، لكن السيناريو المتطرّف يعطي ارتفاعًا يصل إلى 0.59 متر، أما في المناطق الساحلية فمن المرجَّح أن تتأثر مستويات سطح البحر أيضًا بزيادة حدوث أمواج شديدة وعواصف بحرية.
البخر والنتح	يتأثر التبخر المحتمل، بالرطوبة الجوية، وصافي الإشعاع وسرعة الرياح ودرجة الحرارة، فمن المتوقع بشكل عام أن يرتفع نتيجة لارتفاع درجات الحرارة، وقد يزداد النتح أو ينقص.
الجريان السطحي	من المرجَّح أن يزداد الجريان السطحي عند خطوط العرض العليا وفي بعض المناطق المدارية الرطبة بما في ذلك المناطق المكتظة بالسكان في شرق وجنوب شرق آسيا، وينخفض على معظم مناطق خطوط العرض الوسطى والمناطق الاستوائية الجافة التي تعاني حاليًا من الإجهاد المائي. من المرجَّح أن تنخفض أحجام المياه المخزنة في الأنهار الجليدية والغطاء الثلجي، وهذا يؤدي إلى انخفاض جريان الصيف والخريف في المناطق المتأثرة، ويمكن أيضًا ملاحظة التغيرات في موسمية الجريان السطحي بسبب الذوبان السريع للأنهار الجليدية وانخفاض هطول الثلوج في مناطق جبال الألب.
رطوبة التربة	من المتوقَّع أن يتناقص المحتوى السنوي لمحتوى رطوبة التربة في أجزاء كثيرة من المناطق تحت الاستوائية وفي عموم منطقة البحر المتوسط وعلى خطوط العرض المرتفعة، حيث يقلّ الغطاء الثلجي، ومن المرجَّح أن تزداد رطوبة التربة في شرق أفريقيا ووسط آسيا ومخروط أمريكا الجنوبية ومناطق أخرى ذات زيادات كبيرة في هطول الأمطار.

إن التقديرات الوحيدة على المستوى العالمي لآثار التغير المناخي على تغذية المياه الجوفية هي تلك التي طوَّرها (Döll & Floerke 2005). وبناءً على النتائج التي توصلا إليها ستزداد التغذية عند

متوسطها عالميًّا في 2050 بنسبة 2٪، وهذا أقل من الزيادات المتوقعة من 4٪ و9٪ لهطول الأمطار السنوي والجريان السطحي، وتشمل التغيرات الجغرافية ما يأتي:

- انخفاض كبير في تغذية المياه الجوفية (أكثر من 70٪) في شمال شرق البرازيل، والجزء الغربي من الجنوب الأفريقي، والمناطق الواقعة على طول الحافة الجنوبية للبحر الأبيض المتوسط.
- زيادة تغذية المياه الجوفية (أكثر من 30٪) عبر مناطق واسعة بما في ذلك الساحل الأفريقي، وشمال الصين وغرب الولايات المتحدة وسيبيريا.
- انخفاضات كبيرة محتملة في تغذية المياه الجوفية في أستراليا والولايات المتحدة الأمريكية وإسبانيا، على الرغم من اختلاف النتائج بشكل كبير بين النماذج المناخية في هذه المناطق.

تحدِّد هذه التقديرات العالمية المناطق التي تكون فيها المياه الجوفية قابلة للتأثر؛ نتيجة للتغيُّر المناخي، ومع ذلك فهي ليست مناسبة على مقياس بلد أو مقياس حوض مياه، إن هطول الأمطار ونظم المياه الجوفية يمكن أن تختلف بشكل كبير بين أحواض المياه، فأصبحت هناك حاجة لبيانات محلية ومعلومات لتقدير التغيرات على مستوى البلد أو مستجمعات المياه.لا تتأثر عملية إعادة التغذية بمقدار هطول الأمطار فحسب، بل بشدَّتها وموسميتها وتواترها ونوعها أيضًا، كما بالجدول **(10.2)**، وهناك عوامل أخرى مثل الوضع الجيولوجي للمنطقة والتغيرات في خصائص التربة أو أنواع النباتات واستخدامات المياه.

الجدول (10.2) ملخص لتأثيرات تغير المناخ على التغذية تحت ظروف مناخية مختلفة.

المناطق العالية الارتفاع	المناطق المعتدلة	المناطق الجافة وشبه الجافة
قد تحدث إعادة التغذية في وقت مبكر؛ بسبب ارتفاع درجات الحرارة في فصل الشتاء، وتحويل الذوبان الربيعي من الربيع نحو الشتاء. من المرجح أن تحدث زيادة في التغذية بالنسبة إلى المناطق التي تذوب فيها التربة الصقيعية؛ بسبب زيادة درجات الحرارة.	تختلف التغييرات في التغذية السنوية حسب المناخ والظروف المحلية الأخرى. في بعض الحالات، يمكن ملاحظة تغير طفيف في التغذية السنوية، ومع ذلك قد يزداد الفرق بين التغذية الصيفية والشتوية.	في العديد من المناطق الجافة وشبه الجفة المجهدة بالمياه بالفعل، من المرجح أن تنخفض تغذية المياه الجوفية. ومع ذلك عندما تحدث الأمطار الغزيرة والفيضانات التي تعد من المصادر الرئيسة للتغذية يمكن توقع زيادة في التغذية في العديد من المناطق الجافة وشبه الجافة والمجهدة بالمياه فعليًّا، ومن المرجح أن تنخفض مياه التغذية الجوفية. مع ذلك، عندما تكون الأمطار الغزيرة والفيضانات من المصادر الرئيسة لإعادة التغذية، يمكن توقع زيادة في التغذية، على سبيل المثال طبقات المياه الجوفية المكوَّنة من الطَّمْي، إذ تحصل التغذية عبر قنوات الجريان أو طبقات المياه الجوفية الصخرية، ومنها تحدث التغذية عن طريق التسرب المباشر للأمطار من خلال الشقوق أو قنوات الذوبان.

2.2.10 التصريف

إن تأثيرات تغيُّر المناخ على تصريف المياه الجوفية غير مفهومة بشكل جيد، وهذا يعكسه جزئيًّا الصعوبات في قياس التصريف، فيؤدي إلى نقص بيانات عمليات التصريف، حيث تركزت تقييمات المياه الجوفية تاريخيًّا على فهم كمية المياه الداخلة إلى نظام المياه الجوفية وما إذا كانت مناسبة للاستخدام البشري، وقد أُولِيَ اعتبارٌ أقل لنظم المياه الجوفية الداعمة للنظم البيئية مثل الغطاء الأرضي وجريان المياه الجوفية إلى الينابيع والجداول والأراضي الرطبة والمحيطات، أما بالنسبة إلى التبخُّر النتحي فيشمل الآثار المباشرة لتغير المناخ:

(1) التغيرات في استخدام المياه الجوفية بواسطة الغطاء النباتي؛ بسبب زيادة درجة الحرارة وتركيزات ثاني أكسيد الكربون.

(2) التغيرات في توفر المياه المراد تبخيرها أو نتحها.

يرجع ذلك أساسًا إلى التغيرات في نظام الهطول، فمن المتوقع أن تؤدي زيادة وتيرة فترات الجفاف (بسبب ارتفاع درجات الحرارة وتزايد التباين في هطول الأمطار) إلى زيادة عجز الرطوبة في التربة، وحيثما تصبح مياه التربة مستنفذة سيعتمد الغطاء النباتي بشكلٍ متزايد على المياه الجوفية من أجل البقاء (إذا كانت المياه الجوفية بالقرب من منطقة الجذور)، لذلك تؤدي فترات الجفاف إلى زيادة التبخُّر النتحي من المياه الجوفية، وقد يكون للتأثيرات غير المباشرة المرتبطة بتغير استخدام الأراضي أثر على التبخُّر النتحي للمياه الحوفية.

جريان المياه الجوفية إلى المسطحات المائية السطحية يتم دفعه نتيجة فروق المناسيب النسبية بين المياه الجوفية والمياه السطحية، ونتيجة لذلك فإن آثار تغير المناخ غير مباشرة تحدث من خلال تقلبات التغذية وآليات التصريف الأخرى (كالتبخر النتحي)، وإذا انخفضت المياه الجوفية عن مستويات المياه السطحية فقد لا يحدث تصريف للمياه الجوفية (والعكس صحيح)، وفي المناطق شبه الجافة والجافة من المتوقع أن يكون الاعتماد على المياه الجوفية للحفاظ على الجريان الأساسي في الجداول الدائمة كبيرًا خلال فترات الجفاف الطويلة.

يشكِّل ضخ المياه الجوفية آلية لتصريف المياه الجوفية، فمن الممكن أن تؤدي الزيادات المتوقعة في تقلبية الهطول إلى مزيد من موجات الجفاف والفيضانات، وهذا يؤثر على موثوقية إمدادات المياه

السطحية، ويترتب عليه زيادة طلب الناس على المياه الجوفية لتعويض هذا التراجع في توافر المياه السطحية، ومنها يصبح توفر المياه الجوفية مهمًّا جدًّا للمجتمعات؛ للتكيف مع تغير المناخ.

3.2.10 تخزين المياه الجوفية

مخزون المياه الجوفية هو الفرق بين التغذية والتصريف خلال الفترات الزمنية التي تحدث فيها هذه العمليات التي تتراوح بين عدة أيامٍ إلى آلاف السنين، إذ يتأثر المخزون بخصائص معينة في طبقة المياه الجوفية، فضلًا عن حجمها ونوعها، وتتفاعل الطبقات العميقة من المياه الجوفية مع تغير المناخ على نطاق كبير، ولكن ليس مع تغير المناخ على المدى القصير، أما أنظمة المياه الجوفية الضحلة (خاصة الرواسب غير المتصلبة أو طبقات المياه الجوفية الصخرية المتشققة) فتعد أكثر استجابة لتقلبات المناخ الصغرى، وتعتمد تأثيرات تغير المناخ على التخزين وعلى قابلية المياه الجوفية للتجدد وعدم قابليتها من خلال (التغذية المعاصرة) وهل هي مورد أحفوري. بالنسبة إلى تخزين المياه الجوفية الضحلة أم لا؟ ويمكن حل مشكلة التأثر بتغير المناخ جزئيًّا عن طريق التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية .

4.2.10 جودة المياه

في العديد من المناطق توفر طبقات المياه الجوفية مصدرًا مهمًّا لإمدادات المياه العذبة؛ فالحفاظ على نوعية المياه في طبقات المياه الجوفية ضروري للأنشطة الزراعية التي تعتمد عليها المجتمعات، حيث يمكن أن تتأثر كلٌّ من الخصائص الحرارية والكيميائية للمياه الجوفية بتغير المناخ، ففي المياه الجوفية الضحلة قد ترتفع درجات حرارة المياه الجوفية بسبب ارتفاع درجات حرارة الهواء، وفي المناطق الجافة وشبه الجافة قد تؤدي زيادة التبخُّر النتحي إلى ملوحة المياه الجوفية، ومن الممكن أن يؤدي ارتفاع مستوى سطح البحر والعواصف إلى تداخل مياه البحر فتسبب ازدياد الملوحة في طبقات المياه الجوفية الساحلية، كما أن التغيرات في التغذية والتصريف ستغيّر من قابلية طبقات المياه الجوفية للتخلص من التلوث.

في المناطق التي يُتوقع أن تزداد فيها كثافة هطول الأمطار ستنتقل الملوِّثات (المبيدات الحشرية والمواد العضوية والمعادن الثقيلة وغيرها) بشكل متزايد من التربة إلى المسطحات المائية، ومن المرجح أن تنخفض جودة المياه الحوفية عندما تحدث التغذية لطبقات المياه الجوفية عبر هذه المسطحات المائية السطحية، وعند توقُّع انخفاض التغذية، قد تنخفض جودة المياه أيضًا بسبب انخفاض معدلات التخفيف بالمياه، وفي بعض الحالات بسبب تسرُّب مياه ذات جودة رديئة من طبقات المياه الجوفية المجاورة.

3.10 آثار العوامل غير المناخية

من المحتمل أن يكون لتغير المناخ تأثيرات سلبية على كمية موارد المياه الجوفية وجودتها، إلا أن هذا التأثير في العديد من المجالات تُقَزِّمه التأثيرات غير المناخية، مثل النمو السكاني في العالم والطلب على الغذاء (الذي يقود الزراعة المروية)، وتغيُّر استخدام الأراضي، والعوامل الاجتماعية والاقتصادية التي تؤثر على قدرة إدارة موارد المياه الجوفية بشكل جيد.

من الناحية التاريخية كان الطلب على المياه الجوفية في الدول المتقدمة والنامية يُدار بشكل ضعيف، وقد أدَّى انخفاض الاستثمار في استقصاءات المياه الجوفية وإدارتها خلال القرن العشرين– وهو زمن استخدام المياه الجوفية المكثَّف لإنتاج المحاصيل الزراعية– إلى وضع المياه الجوفية تحت ضغوطات مختلفة، فضلًا عن تزايد استخدام المياه الجوفية المصاحبة للنمو السكاني، وبخاصة في المناطق الجافة وشبه جافة ذات المياه الشحيحة، ومنها يُتوقَّع أن يضع النمو السكاني العالمي موارد المياه الجوفية تحت ضغوط أكبر مستقبلًا.

يؤثر تغيُّر استخدام الأراضي أيضًا على موارد المياه الجوفية، حيث ستعتمد درجة وحجم الآثار على الظروف المحلية، وعلى سبيل المثال وُجد في حوض الساحل الصغير في النيجر (Seguis et al. 2004) أن الانتقال من الفترة الرطبة تحت غطاء الأرض الطبيعي سنة 1950 إلى فترة الجفاف تحت غطاء الأرض المزروعة سنة1992 قد أدَّى إلى زيادة 30 إلى 70 ٪ في الجريان السطحي، ومنها حدثت عملية التغذية في الحوض بشكل تفضيلي من خلال المستنقعات ، ونتيجة لذلك أدى ارتفاع الجريان السطحي إلى ارتفاع منسوب المياه بشكل ملحوظ ومستمر خلال الفترة نفسها.

في حوض مياه جنوب غرب أوغندا أدَّت إزالة الغطاء النباتي إلى انخفاض إنتاجية ينابيع المياه الجوفية المحلية بنسبة 90٪ (Mutiibwa, 2008). حيث كانت إزالة الغطاء النباتي نتيجة النمو السكاني والحاجة إلى الزراعة وتسوية الأرض، فأدَّى فقدان الغطاء النباتي إلى تقليل الاعتراض لمياه الأمطار وتسربها ، ووزيادة الجريان السطحي ، وبما أن آلية التغذية السائدة هي التسرُّب المباشر للأمطار، فقد أدت التغيرات في علاقة جريان السطحي بالهطول إلى انخفاض كبير في تغذية المياه الجوفية.

كما ساهمت مجموعة من العوامل التقنية والاجتماعية الاقتصادية في الحالة الراهنة لموارد المياه الجوفية، وستؤثر هذه العوامل على إدارتها في المستقبل أيضًا.

إن عدم كفاية المعلومات للإبلاغ بتخصيص المياه الجوفية، ونقص الموظفين المؤهلين وزيادة تلوث موارد المياه من الزراعة والصناعة والتعدين واستخراج المياه الجوفية غير المنضبط، والنقص في تخطيط استخدام الأراضي وعدم كفاية القدرات المالية ونقص التعليم والوعي بين أصحاب المصلحة؛ كل ذلك ليس إلا بعض التحديات التي يجب التغلب عليها، وقد خلص (Mutiibwa, 2008) إلى أن الإدارة الملائمة لموارد المياه الجوفية لا تتطلب فقط قدرة تقنية ومالية، بل "**نوايا سياسية حسنة**".

4.10 الآثار المترتبة على الأنظمة والقطاعات التي تعتمد على المياه الجوفية

تتألف الأنظمة التي تعتمد على المياه الجوفية للتزوُّد بالمياه من البيئات والمجتمعات والصناعات، ويعد الاعتماد على المياه الجوفية في البلدان النامية مرتفعًا؛ بسبب ندرة مياه الشرب الآمنة أو نقصها من إمدادات المياه السطحية، لذا قد يؤدي تغير المناخ والضغوط الأخرى إلى الإضرار بتوفر موارد المياه الجوفية وجودتها، فيسبِّب في حدوث تأثيرات كبيرة على صحة الإنسان والبيئة وسبل العيش والأمن الغذائي والاستقرار الاجتماعي والاقتصادي.

1.4.10 المجتمعات الريفية والحضرية

غالبًا ما توفر الآبار الضحلة مصدرًا مهمًّا لمياه الشرب لسكان الريف في الدول النامية، ولكن قد يؤدي تزايد الطلب وزيادة شدة الجفاف إلى جفاف هذه الآبار الضحلة، ومع محدودية البدائل لإمدادات مياه الشرب الآمنة (قد تكون المياه السطحية غائبة أو ملوثة وقد لا تكون الآبار العميقة مجدية اقتصاديًّا)، لذا فإن فقدان المياه الجوفية سيجبر الناس على استخدام موارد المياه غير الآمنة، أو السير لمسافات طويلة للحصول على المياه، وهذا الأمر سيكون له تأثيرات مرتبطة بصحة الإنسان والقدرة (الوقت) لكسب الدخل أو الحصول على التعليم.

تعتمد سُبل عيش سكان الريف إلى حدٍّ كبير على الأرض والمياه والبيئة، مع بدائل محدودة مقارنة بنظرائهم في المناطق الحضرية، لذا يمكن أن يتسبب انخفاض توافر المياه في صعوبات شديدة، ويمكن أن يؤدي أيضًا إلى جفاف المراعي ومياه الشرب، وهذا يؤثِّر في قُطعان الماشية التي تشكل مصادر للدخل وأمن الغذاء للأسر، كما قد يؤدي إلى فشل مشاريع الري الصغيرة التي تعتمد عادة على المياه الجوفية الضحلة.

عند توقُّع حدوث زيادة في هطول الأمطار الغزيرة يمكن للفيضانات أن تغسل منشآت الصرف الصحي، فتنشر المياه العادمة وتؤدي إلى تلوث موارد المياه الجوفية، فيزداد- تبعًا لذلك- خطر الإصابة

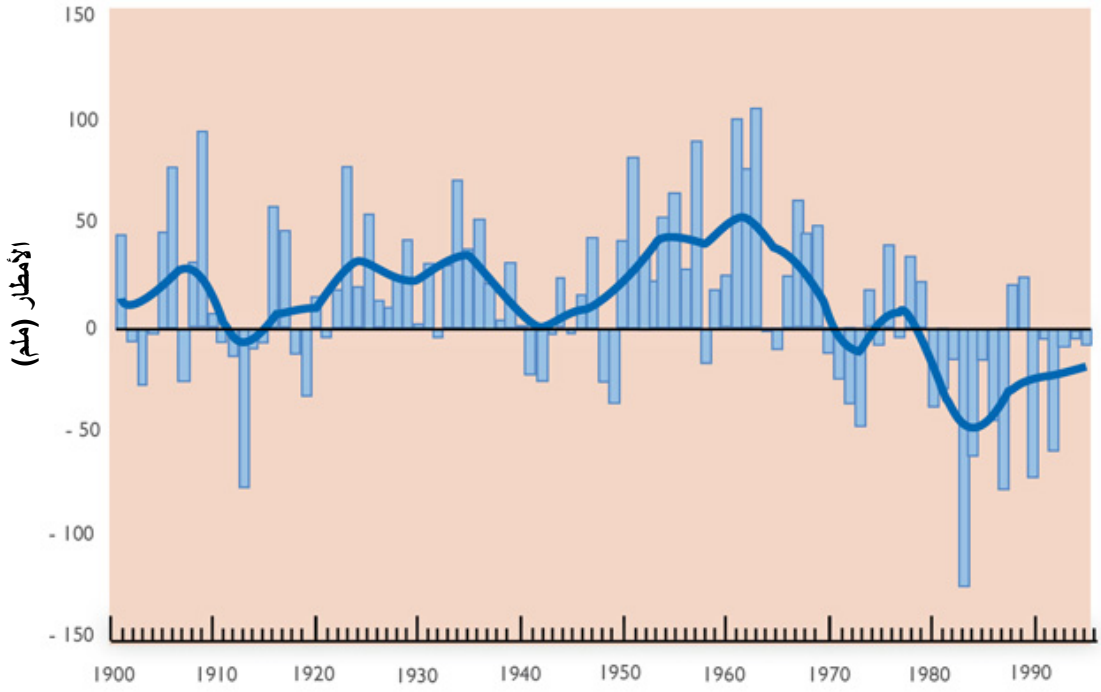
بالأمراض، وعلاوة على ذلك قد يرتفع خطر مثل هذا التلوث في المناطق الحضرية بسبب ارتفاع الكثافة السكانية وتركيز ملوثات المصدر. أما في المناطق الساحلية فقد يؤدي تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية إلى الحدِّ من قدرة المياه الجوفية على خدمة أعداد السكان سريعة التزايد والكبيرة أصلًا.

2.4.10 الزراعة

على الصعيد العالمي تعد الزراعة المروية أكبر قطاع مستخدم للمياه، وفي المناطق التي ينخفض فيها توفر المياه الجوفية قد يصبح الرَّيُّ غير ممكن، لا سيَّما إذا انعدمت تلبية الطلب على إمدادات مياه الشرب في المنطقة (المعدودة في أعلى سُلَّم الأولويات). وكبديل عن ذلك قد يكون الحل باللجوء إلى الرَّيِّ خلال فترات توافر المياه أو تبنِّي موارد مائية بديلة (مثل مياه الصرف المعاد تدويرها) أو تقنيات استخدام المياه وطرق رفع كفاءتها، أما في المناطق الغزيرة بالمياه الجوفية فقد يعود ذلك بالفائدة على الزراعة، ولكن ينبغي الانتباه إلى أن ارتفاع منسوب المياه الضحلة قد يسبب مشاكل مثل ملوحة التربة وغمرها بالمياه.

3.4.10 النظم البيئية

من المحتمل أن يزيد تأثير تغير المناخ من التنافس بين استخدامات المياه البشرية والبيئية، وبالذات خلال فترات الجفاف الطويلة، وتشمل الآثار البيئية خفض الجريان الأساسي للمجاري المائية وزوالها، وتأثُّر النباتات المائية والحيوانات بموت النباتات التي تعتمد على المياه الجوفية وانخفاض إمدادات المياه للحياة البرية ، وفي المناطق التي يظهر فيها التملُّح كالمناطق الساحلية قد تختفي الأنواع الحساسة للملوحة، كما قد تؤثر مصادر أخرى لتلوث المياه الجوفية سلبًا على النظم البيئية.



الشكل (10.3) تُظهر سجلات الأمطار من أوائل القرن العشرين إلى منتصف الثمانينيات تقلبات الأمطار الطبيعية، حيث إن متوسط هطول الأمطار السنوي لأفريقيا قد انخفض منذ عام 1968، وتقلبت بشكل ملحوظ حول مستوى متوسط أدنى (المصدر: برنامج الأمم المتحدة للبيئة 1985). وهناك بعض الأدلة على أن الكوارث الطبيعية قد زادت في وتيرتها وشدتها على مدى الثلاثين عامًا الماضية، لا سيما في منطقة الساحل.

4.4.10 عدم اليقين والثغرات المعرفية

من الصعب تحديد التأثيرات الكميّة لتغيّر المناخ على المياه الجوفية وهي عرضة للشكوك وللتوقعات المناخية المستقبلية، خصوصًا الهطول والتأثير النسبي لعوامل أخرى، كاستجابة الغطاء النباتي للتغير بسبب ثاني أكسيد الكربون، وركزت دراسات تأثير تغير المناخ على تغذية المياه الجوفية بشكل كبير على التحديد الكمي للتأثيرات المباشرة لتغير أنماط هطول الأمطار والحرارة، على افتراض أن العناصر الأخرى تظل ثابتة، وتناولت دراسات قليلة التأثيرات المناخية غير المباشرة مثل التغير في استخدام الأراضي، والغطاء النباتي وخصائص التربة.

وغالبًا ما يتم تجاهل التغيرات المناخية الطبيعية ويكون التركيز على تأثيرات تغير المناخ بفعل النشاطات البشرية فقط كما في الشكل (10.3).

يعد إدراك تأثيرات تغير المناخ ضعيفًا حاليًا، مع أن هناك منظمات بدأت في تعزيز فهم تأثيرات تغير المناخ على موارد المياه الجوفية، مثل مبادرة اليونسكو (GRAPHIC) لتقييم موارد المياه الجوفية تحت الضغوطات البشرية والتغيرات المناخية، بشراكة مركز التقييم العالمي لموارد المياه الجوفية (IGRAC) والجمعية العالمية للهيدروجيولوجيين (International Association of Hydrogeologists)، وفي الوقت الذي تتطور فيه معرفة تأثيرات تغير المناخ على المياه الجوفية لا يبدو أن هناك أي نهج منسَّق لتطوير الاستجابات (التكيف).

5.10 التكيف مع تغير المناخ

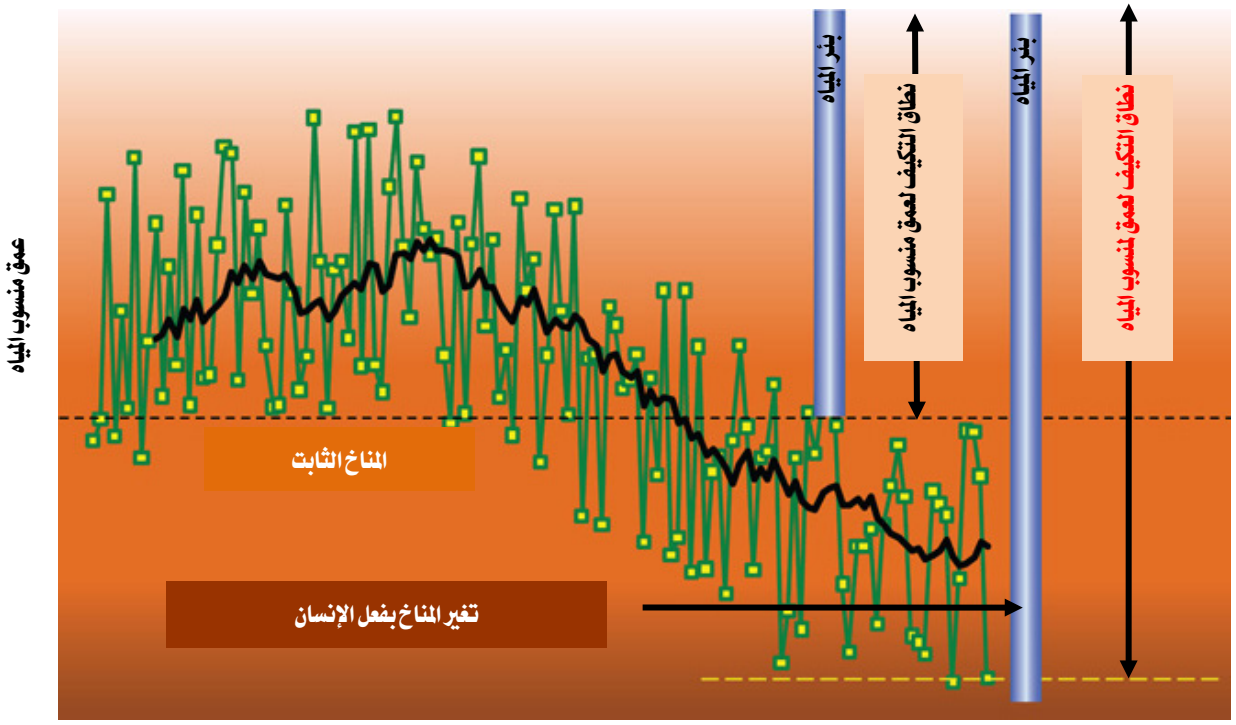
1.5.10 ما هو التكيف؟

تمتلك الأنظمة المعتمدة على المياه الجوفية القدرة على التعامل مع مستوى معين من التباين الهيدروجيولوجي من حيث نوعية المياه وكميتها دون أي انخفاض في القيمة، كما بالشكل(10.4). ويختلف "نطاق التكيف" (Coping range) مع حساسية النظام المعتمِد على المياه الجوفية للتغيرات في خصائص المياه الجوفية المختلفة مثل (جودة المياه، والعمق، والضغط، و جريان التصريف)، وقد تعني التقلبات المناخية الطبيعية الكبيرة (مثل الجفاف المناخي لفترات طويلة) أن بعض خصائص المياه الجوفية تقع خارج نطاق تكيف النظام، وهذا يؤدي إلى ضرر اجتماعي أو اقتصادي أو بيئي، وفي بعض المناطق يهدد تغيُّر المناخ الناجم عن النشاط البشري بتغيير البيئة الهيدرولوجية، بحيث تكون حالتها خارج نطاق تكيف النظام بشكل متكرر، وهو أمر يحتمل استدامة هذا الضرر كما بالشكل (10.4).

التكيفات هي التعديلات الحاصلة في النظم الطبيعية أو البشرية استجابة لظروف مناخية معاصرة أو متوقعة أو لتأثيراتها أو آثارها المفيدة أو الضارة، وفي سياق هذا التقرير والشكل (10.4) ينصبُّ الاهتمام على خفض قابلية النظم المعتمدة على المياه الجوفية للتأثر بالتغير المناخي والتقلبات الهيدرولوجية، فالتكيفات هي في الأساس استجابة إدارية للمخاطر المرتبطة بالتقلبات المناخية وبالتغير المناخي.

يبين الشكل (10.4) التباين في معامل هيدرولوجي افتراضي (مثل مستوى المياه في طبقة المياه الجوفية الضحلة) في ظل الظروف الثابتة وتغير المناخ الناجم عن فعل الإنسان (الخط الأسود العريض يبين الحالة المتوسطة) ففي تتابع سنوات الجفاف قد تنخفض مستويات المياه إلى أقل من عمق البئر (وهذا قد يحدد نطاق تكيف المنظومة) ويقع شكل من أشكال الضرر، في هذا المثال من المتوقع أن

يؤدي تغير المناخ الناجم عن النشاط البشري في البداية إلى زيادة تكرار السنوات التي تقل فيها مستويات المياه عن المستوى الذي يمكن استخلاص الماء منه، ومع تقدُّم التغير تصبح هذه الحالة دائمة، ومع التكيف (على سبيل المثال تعميق البئر) يُوسَّع نطاق تكيف المنظومة بحيث يتم تفادي الضرر الدائم. ويلاحظ أنه نادرًا ما تكون هناك حاجة للتأقلم للاستجابة لمُحَفزٍ واحد، كما في هذا المثال.



الشكل (10.4) نطاق التكيف والتأقلم مع التغير المناخي الناجم عن النشاط البشري أخذ هذا الشكل عن (Willows and Connell, 2003)

2.5.10 الإدارة التكيفية للمياه الجوفية

يحتوي هذا القسم على استعراض خيارات التكيف مع مخاطر النظم التي تعتمد على المياه الجوفية من تغير المناخ والتنوع الهيدرولوجي، ويتمحور حول مجموعات الخيارات الخمسة التي تمت مناقشتها في القسم السابق، بالاضافة إلي الخمس محاور الرئيسية التالية لموضوعات المياه الجوفية:

- إدارة تغذية المياه الجوفية.
- حماية نوعية المياه الجوفية.
- إدارة تخزين المياه الجوفية.

- إدارة الطلب على المياه الجوفية.
- إدارة تصريف المياه الجوفية.

قدَّم تقرير الخلفية العامة الصادر عن البنك الدولي سنة 2009 نظرة عامة مفصلة عن خيارات التكيف لهذه الموضوعات بشكل مجدول، وفيما يأتي وصف موجز لهذه القضايا:

إدارة تغذية المياه الجوفية

يمكن إدارة مناطق تغذية المياه الجوفية لحماية الموارد المائية أو تعزيزها والحفاظ على جودة المياه أو تحسينها، وعلى الرغم من أن جودة المياه تم تغطيتها أيضًا في الفصل الثامن، فإنها ذات صلة هنا؛ لأن الأنشطة في مناطق تغذية المياه الجوفية المؤدية إلى تلوث المياه الجوفية تقلِّل أيضًا من توافر الموارد.

حماية جودة المياه الجوفية:

قد يؤثر تغير المناخ والتغير الهيدرولوجي على نوعية المياه الجوفية المتاحة للاستخدام في نظام يعتمد على المياه الجوفية، وينطبق ذلك بصفة خاصة على موارد المياه الجوفية بالجزر الصغيرة والمناطق الساحلية المتوقَّع خضوعها لارتفاع مستوى سطح البحر، إذ يؤدي انخفاض كمية الإمداد إلى استعانة مديري الموارد المائية بموارد مياه جوفية ذات جودة أقل في مرافق الأمداد (على سبيل المثال من خلال تغذية طبقة المياه الجوفية)، أو عندما يؤدي الضغط المتزايد على موارد المياه الجوفية إلى زيادة الاستخدام وزيادة خطر تلوث طبقة المياه الجوفية ذات الجودة العالية من أية طبقة مياه جوفية ذات جودة أقل تقع أدنى أو أعلى منها.

إدارة تخزين المياه الجوفية

في حين أن طبقات المياه الجوفية تُعد مخازن للمياه الجوفية، ولكن نادرًا ما تُشغَّل بمستوى الدقة والتحكم نفسه في التخزين الرئيس للمياه السطحية، كما توجد فرص لإدارة تخزين المياه الجوفية بشكل أكثر فعالية والحد من ضعف قابلية النظم التي تعتمد عليها لتغير المناخ والتقلبات الهيدرولوجية.

إدارة الطلب على المياه الجوفية

تعمل تكيفات تغير المناخ للموارد المائية في أغلب الأحيان على إدارة الطلب، وفي كثير من الحالات، تتطابق عمليات التكيف مع الأنظمة المعتمدة على كل من المياه الجوفية والمياه السطحية .

وفي المناطق التي يقلِّل فيها تغير المناخ من أمن إمدادات موارد المياه السطحية، من المتوقع أن يكون هناك تركيز متزايد على استخدام موارد المياه الجوفية تعبيرًا عن التكيف مع تغير المناخ، ويتطلب ذلك مزيدًا من الاهتمام بإدارة الطلب على المياه الجوفية وبالإدارة المشتركة مع المياه السطحية، وقد يكون من الممكن أيضًا استخدام المياه الجوفية كمخزن لفائض جريان المياه السطحية أثناء فترات وفرتها؛ لاستخدامها خلال فترات ندرة المياه السطحية.

إدارة تصريف المياه الجوفية

تصرف طبقات المياه الجوفية إلى سطح الأرض أو الأنهار أو البحيرات أو الأراضي الرطبة أو البيئات البحرية القريبة أو البعيدة، فيكون التصريف والتغذية والاستخدام في حالة من التوازن الديناميكي، أي إن التغييرات في التغذية أو الاستخدام تؤدي في نهاية المطاف إلى تغير في التصريف، وفي بعض الحالات يمكن زيادة توافر الموارد (للاستخدام من قبل الأنظمة البشرية) عن طريق تقليل تصريف المياه الجوفية.

3.5.10 بناء القدرة التكيُّفية لإدارة المياه الجوفية

إن بناء القدرة التكيُّفية هو موضوع شامل ومتداخل، وينطبق جزئيًّا على مواضيع متعددة، إن خيارات بناء القدرات التكيفية تهتم بشكل عام بتوفير الشروط اللازمة لأداء أشكال أخرى من التكيف بنجاح، بدلًا من إدارة المخاطر المناخية أو الهيدرولوجية أو تجنُّبها بشكل مباشر، وفيما يأتي بعض خيارات التكيف من البنك الدولي (2009) الموضِّحة لأهمية الموضوع كما بالجدول (10.2).

الجدول (10.2) خيارات التكيف: بناء القدرة على التكيف

مجموعة خيارات التكيف	التكيفات
رأس المال الاجتماعي **تعنى هذه الخيارات بتمكين المجتمعات من فهم المخاطر المناخية والهيدرولوجية والمشاركة بنشاط في استجابات الإدارة.**	▪ التعليم والتدريب– لتحسين فهم المجتمع المحلي وأصحاب المصلحة للمخاطر المناخية وقدرتهم على المشاركة في استجابات الإدارة أو إنشاء أو تعديل أو تطبيق التكيف. ▪ الحوكمة– تنقل مستوى معين من المسؤولية عن تخطيط وإدارة المياه الجوفية إلى المجتمعات المحلية لزيادة صلاحياتهم على المشاكل والاستجابات. ▪ تشارك المعلومات– التحفيز على عمليات تبادل المعلومات بشأن المخاطر والاستجابات المناخية داخل وفيما بين المجتمعات الضعيفة.
معلومات الموارد **جمع المعلومات حول مخاطر المناخ ونظام المياه الجوفية وإدارتها.**	▪ فهم المناخ– تحليل المعلومات المناخية التاريخية والمغرقة في القدم لفهم المحركات الطبيعية لتقلب المناخ. ▪ توقعات تغير المناخ– تطوير إسقاطات لتغير المناخ على نطاق محدود في مجال الاهتمام. ▪ تحديد نظام المياه الجوفية– فهم حجم طبقة المياه الجوفية وخصائصها، عمليات التغذية والنقل، والتصريف، والميزان المائي بما في ذلك الاستخدام وجودة المياه، الخ. ▪ الرصد والتقييم والإبلاغ عن حالة موارد المياه الجوفية.
البحث والتطوير **أنشطة البحث والتطوير لتحسين فعالية الاستجابات التكيفية لتغيرات المناخ والتقلبات الهيدرولوجية.**	▪ تقييم الآثار المناخية– دراسات للقيام بشكل أفضل بتحديد طبيعة تأثيرات تغير المناخ المتوقعة على نظام المياه الجوفية وما يرتبط بها من مخاطر مناخية ومائية. ▪ إدارة تغذية المياه الجوفية– الأساليب. ▪ إدارة تخزين المياه الجوفية– التقانات وإدارة المياه والممارسات الأخرى لزيادة سعة تخزين المياه الجوفية وتوافر الموارد. ▪ حماية جودة المياه – التقنيات ونظم الإدارة لتمكين معالجة وإعادة استخدام المياه الملوثة وتجنب تلوث المياه عالية الجودة بواسطة المياه ذات الجودة الأقل، وحماية الطبقات المائية الجوفية والساحلية من آثار ارتفاع مستوى سطح البحر. ▪ إدارة الطلب على المياه الجوفية– تقنيات وممارسات الإدارة التي تؤدي إلي تحسين كفاءة الاستخدامات الحضرية والزراعية للمياه، والتقليل من متطلبات جودة المياه بالنسبة للاستخدامات غير الصالحة للشرب، أو تقليل الحاجة للمياه.
الحوكمة والمؤسسات **تحسين الإدارة والترتيبات المؤسسية لإدارة موارد المياه الجوفية. نظم تخطيط محسنة للمياه الجوفية وما يرتبط بها من أنظمة بشرية وطبيعية.**	▪ الإدارة المترابطة للمياه السطحية والجوفية في المناطق الريفية، والإدارة المتكاملة لدورة المياه (بما في ذلك جميع مصادر المياه الصالحة وغير الصالحة للشرب في المناطق الحضرية). ▪ الترتيبات المتعددة الاختصاصات للتخطيط وإدارة الموارد لنظم طبقات المياه الجوفية الواسعة النطاق العابرة للحدود الدولية. ▪ تحديد تخصيصات المياه على أساس الحصة من الموارد لا على اساس الحجم. ▪ وضع وتنظيم معايير (على سبيل المثال) تخطيط موارد المياه الجوفية واستخدام الأراضي وحوكمة المياه والإدارة البيئية. ▪ تخطيط الاستجابة للجفاف.
الأسواق **إنشاء وتشغيل أسواق المياه والخدمات البيئية المرتبطة بها.**	▪ الأسواق– إنشاء وتشغيل أسواق المياه وتداولها داخل نظام المياه الجوفية. السوق لتحديد سعر الماء. ▪ حقوق الملكية– تحديد واضح لصفة وحقوق ملكية المياه الجوفية.

6.10 مثال على التكيف: إدارة تغذية وتخزين المياه الجوفية

1.6.10 إدارة تغذية طبقات المياه الجوفية

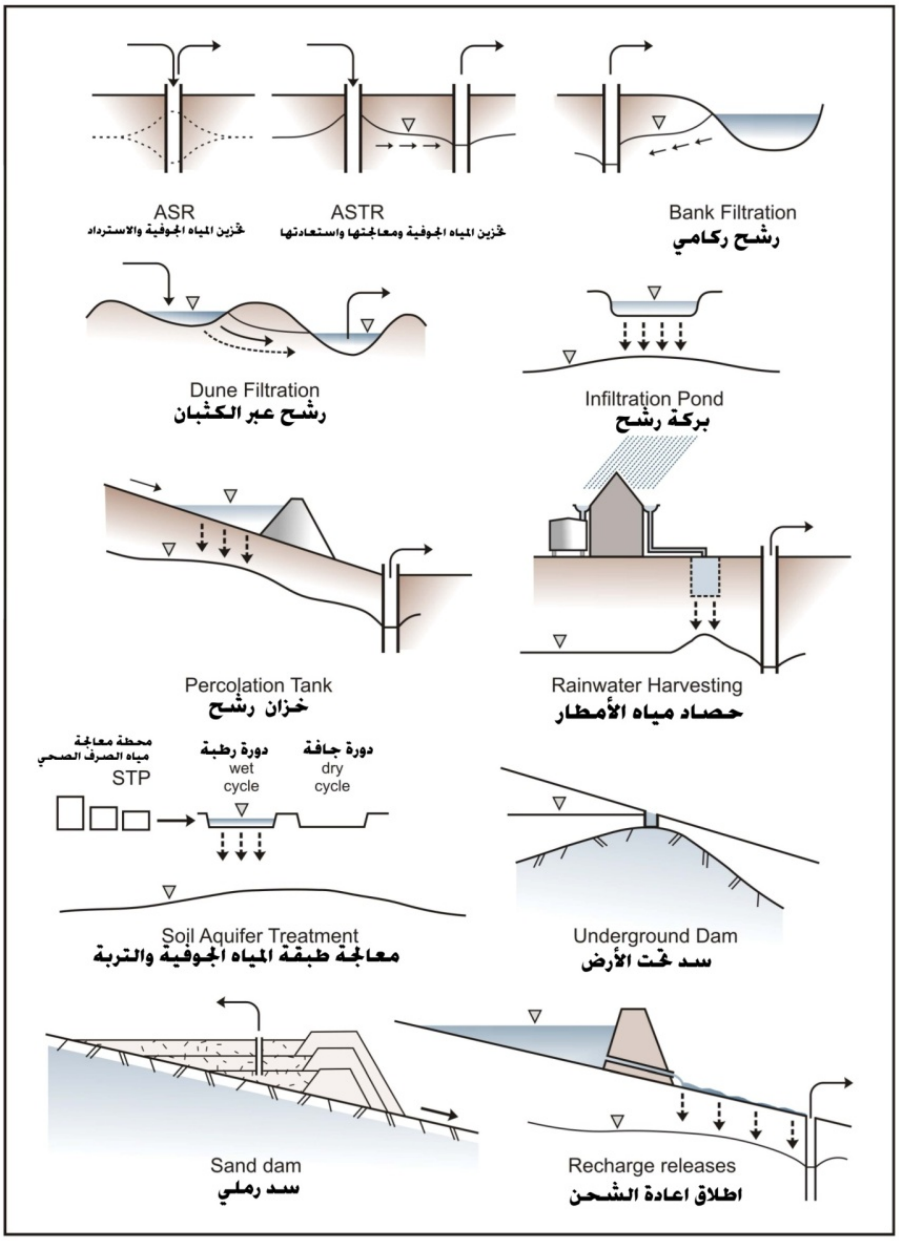
تنطوي إدارة التغذية لطبقات المياه الجوفية (Mangaed Aquifer Recharge) على بناء البنية التحتية أو تعديل شكل الأرض الطبيعية من أجل تعزيز تغذية المياه الجوفية عن قصد، كما في الشكل **(10.5)**، وهو يشكل أحد استجابات التكيف لإدارة التغذية الجوفية، ويُعد على نحو متزايد خيارًا لتحسين أمن إمدادات المياه في المناطق التي تندر فيها (غيل ، 2005).

تعد إدارة تغذية طبقات المياه الجوفية من أهم فرص التكيُّف التي تلجأ إليها الدول النامية، في سعيها لتخفيض شدة تأثرها بالتغير المناخي والهيدرولوجي، ولذلك فوائد متعددة كامنة تشمل: تخزين المياه للاستخدامات المستقبلية، وتأمين استقرار أو استرجاع مناسيب المياه الجوفية في طبقات المياه الجوفية المستثمرة بشكل جائر، وتخفيض الفواقد الناتجة عن التبخر، وإدارة تغلغل المياه المالحة أو هبوط التربة، وإتاحة إعادة استخدام المياه العادمة أو المياه الناتجة من العواصف المطرية.

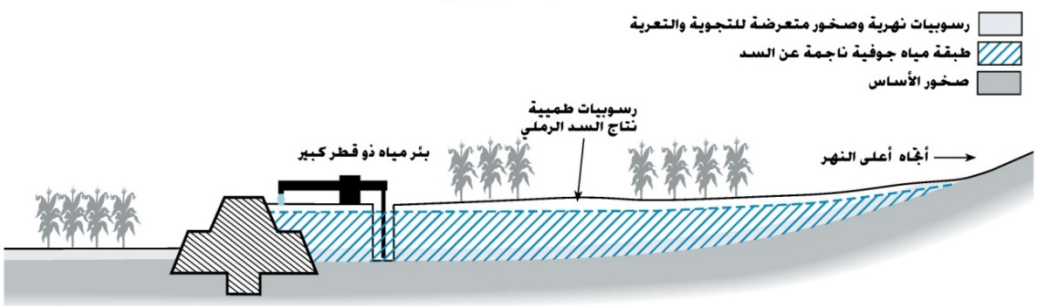
يتطلب تطبيق إدارة إعادة تغذية المياه الجوفية إمكانيات مناسبة لتخزين المياه الجوفية، فانخفاض مناسيب المياه الجوفية أو الضغوط في طبقات المياه الجوفية في العديد من المناطق حول العالم تخلق مثل هذه الفرص، إما كظروف غير مشبعة في طبقات المياه الجوفية غير المحصورة، أو كخفض للضغط في طبقات المياه الجوفية المحصورة، ومع ذلك فإن إدارة تغذية طبقات المياه الجوفية ليست علاجًا لندرة المياه في كل المناطق، إذ يجب أن تكون ظروف طبقة المياه الجوفية ملائمة، وأن تتوفر مصادر مياه مناسبة (مثل جريان المياه السطحية الفائضة في فصل الشتاء أو مياه الصرف المعالجة). فضلًا عن تحديد إمكانات إدارة تغذية طبقات المياه الجوفية في أي بلد أو منطقة معينة قبل البدء في لأنشطة.

ومن المطلوب أيضًا تخطيطٌ وتقييمٌ مفصَّلان لتحديد ما إذا كانت إعادة تغذية طبقات المياه الجوفية هي خيار تكيُّف قابل للتطبيق أم لا، ويمكن تنفيذ ذلك على المستوى الوطني ومستوى الأحواض المائية مع الأخذ بعين الاعتبار:

- توافر المياه
- القابلية الهيدروجيولوجية
- الجدوى.



الشكل (10.4) أمثلة على نظم تغذية طبقة المياه الجوفية Peter Dillon (pers. comm., 2008)



الشكل (10.5) قطاع طولي للسد الرملي (From Foster and Tuinhof, 2004)

2.6.10 مثال على إدارة تغذية المياه الجوفية: سد الرمال في كينيا

تُصنع السدود الرملية من خلال بناء جدار عبر مجرى النهر، وهذا يؤدي إلى إبطاء الفيضانات الخاطفة أو الجريان سريع الزوال، ويسمح للرواسب الخشنة بالاستقرار والتراكم خلف جدار السد، فيُنشئ الترسيب طبقة مياه جوفية اصطناعية ضحلة تعاد تغذيتها أفقيًّا وعموديًّا، عن طريق جريان التيار المائي (Gale 2005)، ومنذ عام 1995، تم بناء أكثر من 400 سد رملي في منطقة كيتوي في كينيا بدعم من مؤسسة (SASOL) كما بالشكل (10.6)، وتوفر هذه السدود ما لا يقل عن 2000 متر مكعب من التخزين، شَيَّدتها المجتمعات المحلية باستخدام المواد المتاحة محليًّا، وشملت المزايا التي حُدِّدت من خلال هذا البرنامج إمدادات المياه المتاحة بسهولة أكبر في موسم الجفاف، وتعزيز الأمن الغذائي خلال فترات الجفاف، وتخفيض زمن التنقل للحصول على إمدادات المياه.

إن السدود الرملية ليست مناسبة لجميع المواقع؛ لأنها تتطلب قاعدة صخرية غير منفذة نسبيًّا وبعمق ضحل، ولا بد أن يكون التكوين الصخري السائد في المنطقة من الرواسب الخشنة والرملية، ويجب أيضًا زيادة جريان كافية لإزالة الرواسب الناعمة، وأن تكون مخاطر تراكم التربة وملوحة المياه الجوفية منخفضة، فضلًا عن الجهود التعاونية والملكية والصيانة المستمرة من المجتمع المحلي؛ كونها ضرورية لنجاح هذه المخططات (Foster and Tuinhof, 2004).

3.6.10 النهج المتكامل: إدارة المخزن المؤقت للمياه نهج 3R

من المتوقع أن يؤدي تغير المناخ إلى مزيد من الارتفاعات والانخفاض في توافر المياه، فضلًا عن مواسم الأمطار غير المنتظمة على نحو متزايد، وسط هذه الشكوك الكبيرة تحتل إدارة مخزن المياه المؤقَّت موقعا مركزيًّا.

لإدارة مخزونات المياه على نطاق واسع تم تطوير مبادرة المخزن المؤقت للمياه أو ما يُعرف بمبادرة الاجراءات الثلاث **(3R initiative)** وتتمثل رؤيتها في مساعدة الناس (أولئك الذين يعيشون في أوقات حَرِجة وفي أماكن صعبة) على اكتساب الثقة في أن سبل عيشهم لن تضرر من تغير المناخ وبالإمكان تحسينها من خلال إدارة مخزون المياه المحلي.

يستند هذا النهج إلى ثلاث خطوات متتابعة في إدارة تغذية الخزان المؤقت وهي: التغذية، والاحتفاظ، وإعادة الاستخدام. والخزان المائي المؤقت هو التخزين الذي يتم توفيره بشكل خاص في الأمتار العليا من التربة وفي طبقات المياه الجوفية الضحلة وفي التخزين السطحي المحلي.

إن لإدارة المخزن المائي العام أهمية حيوية؛ فهو يحدِّد كيف يعيش الناس، وما هي الاقتصادات التي تتعايش معها، والفكرة الأوسع هي أن معالجة أزمة المياه المحلية لا تتعلق فقط بتخصيص المياه الشحيحة، بل بالتقاط المياه، وتوسيع سلسلة استخدامها، وإعادة استخدامها قدر الإمكان داخل الحوض، مع مراعاة كل الناس والبيئة عبر الأحواض.

يمكن تطبيق تقنية المخزن المؤقت للمياه ذات النهج الثلاثي في المناطق الرطبة والجافة وفي المناطق الريفية والحضرية، وتحتاج التقنية إلى أن تكون جزءًا لا يتجزأ من تخطيط استخدام الأراضي المحلي والتنمية الإقليمية، ويتعلق الأمر أيضًا بتطوير تقنيات تخزين المياه المحلية (السدود تحت السطحية، السدود الرملية، التخزين السطحي)، والتسرب على نطاق واسع، وإنشاء بنوك المياه، والاحتفاظ بالمياه الجوفية في المناطق الرطبة جدًّا، والإدارة المترابطة لمناطق مروية واسعة، والتحكم بالصرف، والتواؤم بين خارطة الطريق لتغذية المياه والاحتفاظ بها، إلخ، كما سيكون للعديد من هذه التقنيات دراسة جدوى خاصة بها.

الفصل الحادي عشر. إدارة المعلومات والاتصالات

Chapter 11: Information Management and Communication

أهداف التدريب

- تقدير كيفية إدارة المعلومات لدعم الإدارة الفعالة للمياه الجوفية.
- فهم عملية إدارة المعلومات وتعلم بعض الأدوات المستخدمة في إدارة المعلومات.
- تحديد مخرجات إدارة المعلومات الهامة للمياه الجوفية وكيفية نشرها.
- فهم أهمية التواصل بين أصحاب المصلحة في الإدارة الفعالة للمياه الجوفية.
- التعرف على المفاهيم والأدوات النموذجية للتواصل مع إدارة المياه الجوفية.

1.11 مقدمة

إدارة المعلومات

يتطلب صنع القرار السليم حول كيفية تخصيص المياه الجوفية حاليًّا ومستقبليًّا معلومات شاملة ودقيقة وفي الوقت المناسب، لذلك أصبحت هناك حاجة إلى تحديد القضايا الرئيسة لإدارة المياه الجوفية داخل وحدة إدارية عملية محددة، مثل حوض النهر، وتحديد أولويات المعلومات (الأساسية وغير الأساسية) اللازمة لمعالجة هذه القضايا، ويعد اتخاذ القرار بشأن الأمر الواجب الإبلاغ عنه وتحديد الجهات التي يجب إبلاغها وكيفية توصيل التقرير أهم خطوة أخيرة، ولأجل تنفيذ فعال لإدارة المياه الجوفية هناك حاجة إلى القيام بمهمة إدارة المعلومات، ويفضل أن يكون ذلك عن طريق وحدة إدارة المعلومات (IMU) (Information Management Unit) كجزء من أنشطتها العادية داخل مؤسسة ذات صلة، مثل منظمة حوض النهر . بالنسبة لهذا الفصل من الدليل التدريبي يُفترض أن تُدار المياه الجوفية بوساطة منظمة حوض النهر، أو تكون على الأقل متداخلة داخل مؤسسة أكبر لإدارة الموارد المائية، ويتم تنفيذ عملية إدارة المعلومات لحوض النهر بأكمله وللمياه السطحية والجوفية على السواء، كما يستند هذا الفصل إلى حد كبير إلى الوحدة (8) لدليل تدريب منظمة حوض النهر (Cap-Net, 2008) الخاصة بإدارة المعلومات في الإدارة المتكاملة للموارد المائية.

التواصل

يرتبط التواصل ارتباطًا وثيقًا بالمعلومات وإدارة المعلومات، في حين أن إدارة المعلومات تهتم أكثر بالعملية التقنية الخاصة بجمع المعلومات وتخزينها ونشرها؛ بناءً على قضايا محددة للإدارة، وعلى احتياجات أصحاب المصلحة المختلفين للمعلومات، ويركز التواصل بشكل أكبر على البُعْد الإنساني لإدارة المعلومات، فيضمن التواصل الفعال مشاركة جميع أصحاب المصلحة في تحديد قضايا إدارة

الموارد المائية وفي تحديد احتياجاتهم من المعلومات، والتي غالبًا ما تكون مختلفة خلال عملية الإدارة. وبهذا المعنى يكون التواصل على أساس إدارة المعلومات الناجحة.

هذا الفصل سيهتم بتقديم أربعة جوانب من التواصل: (1) بعض مبادئ التواصل، (2) السياق الأوسع للتواصل وأهميته في إدارة المياه الجوفية، (3) مناقشة وسائل التواصل (4) تخصيص بعض الشرح للأدوار الشخصية وفُرص التواصل.

الشكل (11.1) خطوات عملية إدارة المعلومات

2.11 عملية إدارة المعلومات

ترد في الشكل (11.1) خطوات عملية لإدارة المعلومات العامة التي يمكن استخدامها لإدارة واستنباط أي معلومات مطلوبة لصنع القرار وإبلاغ أصحاب المصلحة داخل منظمة حوض النهر؛ لأغراض إدارة المياه الجوفية، سيتم فقط شرح المعلومات عن جمع البيانات ومعالجتها وتحديثها ومشاركتها ونشرها، أما بقية العمليات فهي مخصصة لإدارة المعلومات الخاصة بالحوض.

جمع المعلومات

الخطوة الأولى هي تحديد ماهية المعلومات المطلوبة التي ستجمع وكيفية جمعها، وتُحدَّد "ماهيتها" من خلال احتياجات المستخدمين من المعلومات ذات الأولوية، وفقًا لأهداف إدارة المياه الجوفية في حوض النهر، ومنها يتم عمل قائمة بالمعلومات المطلوبة لاحقًا.

بالنسبة إلى قضية إدارة جودة المياه الجوفية يلزم الحصول على معلومات عن الخلفية (مرجعية)، وعناصر الجودة الحالية، وجريان المياه الجوفية، ومستخدمي المياه واستعمالتها، وأغلب الظن أن تكون بعض هذه المعلومات المطلوبة معالجة مسبقًا، على سبيل المثال يُحدَّد اتجاه الجريان عن طريق قياسات مستوى رتفاع المياه الجوفية، وهذا يعني أن هناك حاجة لجمع بيانات المعلومات الخام عن مناسيب المياه من آبار المراقبة أو السحب.

بمجرد تحديد احتياجات المعلومات الخام، ينبغي تحديد الطرق التي ستُستخدم لجمع البيانات ويمكن أن تكون بسيطة أو معقدة؛ اعتمادًا على المستويات المطلوبة من الدقة والزمن والقيود الفنية والموارد. أعطى الفصل المتعلق بالرصد تفاصيلَ عن الطرق المختلفة المتاحة لجمع البيانات الأولية، والقيود المرتبطة بها والمفاضلات التي يتعين وضعها في ضوء قيود الموارد البشرية والمادية.

معالجة المعلومات

عادةً ما تُعالج المعلومات المطلوبة من البيانات الخام أو المعلومات الأخرى ذات المستوى الأدنى، فأصبح هناك حاجة إلى اتخاذ قرار بشأن مستوى المعالجة ومراقبة الجودة لإنتاج المعلومات المطلوبة، ولتحديد أساليب ومستوى المعالجة التي يتعين استخدامها وضبط الجودة المطلوبة لإنتاج البيانات، وناقش أيضًا الفصل المتعلق بالرصد تقنيات مراقبة مستويات المياه الجوفية وجودتها.

مشاركة المعلومات ونشرها

هناك حاجة إلى تحديد المعلومات التي ينبغي مشاركتها وكيفية نشرها وبأي شكل لدعم صنع القرار وإبقاء أصحاب المصلحة على اطلاع، ويعتمد اختيار طرق مشاركة المعلومات على الموارد المتاحة والجمهور المستهدف، إذ تحتاج منظمة حوض النهر إلى تحديد طرق نقل هذه المعلومات إلى المستخدمين وكيفية الرد على استفساراتهم حول المعلومات المنشورة، ويقدِّم الجدول (11.1) أمثلة للجماهير المختلفة ومتطلبات المعلومات المقابلة لها وطرق النشر وقنواتها المناسبة.

ينبغي أن يكون جميع أصحاب المصلحة قادرين على الوصول إلى التقارير السنوية عن حالة الموارد المائية في الحوض، وقد يحتاجون إلى الوصول إلى نظام يمكِّن من تقديم الشكاوى والاستفسارات حول إدارة المياه في حوض النهر وتخصيصها، فقد تأخذ هذه الاستفسارات شكل شكوى أو استعلامات

بأشكال مطبوعة أو إلكترونية على الإنترنت، وقد لا تكون وحدة إدارة المعلومات مسؤولة عن الحفاظ على جميع قواعد البيانات لإنتاج المخرجات المذكورة أعلاه، ومع ذلك تحتاج وحدة إدارة المعلومات إلى التنسيق مع المؤسسات ذات الصلة التي تحتفظ بقواعد البيانات؛ لضمان إنتاج المخرجات المطلوبة وتسليمها إلى مديري المياه لاتخاذ القرارات.

خطة إدارة المعلومات

إن واقع الموارد البشرية والقيود المالية سيحدُّ من قدرة منظمة حوض النهر على جمع المعلومات وتحليلها وتفسيرها واستخدامها وتبادلها، لذا يتعيَّن على منظمة حوض النهر وضع أولويات عملية لجمع المعلومات ومعالجتها للحصول على المخرجات اللازمة لمعالجة القضايا الملحة للإدارة المتكاملة للموارد المائية في حوض النهر، وإلى جانب المياه السطحية يجب تحديد أولويات متطلبات إدارة معلومات المياه الجوفية، وإدراجها في خطة شاملة لإدارة المعلومات تلبّي الاحتياجات العاجلة للإدارة المتكاملة للموارد المائية في الحوض، والتي يمكن تنفيذها ضمن حدود موارد منظمة حوض النهر، حيث تساعد الممارسة المنهجية– المذكورة أعلاه– منظمة حوض النهر على تحديد احتياجات بناء قدرات إدارة المعلومات والمجالات المحتملة التي يمكن فيها إجراء تحسينات التقنية والأنظمة.

الجدول (11.1) أمثلة لمختلف أصحاب المصلحة والمعلومات التي يحتاجونها والطرق والقنوات المثلى للنشر

الجمهور المستهدف	مخرجات المعلومات اللازمة	النشر
مديرو المياه	▪ كمية المياه الجوفية المتاحة للتخصيص ونوعيتها. ▪ قائمة عدم امتثال مستخدمي تصاريح المياه والإجراءات المتخذة. ▪ قائمة مستخدمي المياه الجوفية وحاملي التصاريح. ▪ قائمة الشكاوى من قبل مستخدمي المياه الجوفية والإجراءات المتخذة.	▪ مشاركة قواعد البيانات وأدوات التحكم بالمحتوى.
المجتمع المدني والإعلام والمنظمات غير الحكومية	▪ الاتجاهات العامة في استخدام المياه ونوعيتها.	▪ ميزات الأخبار على موقع الويب.
مستخدمو المياه ومن ضمنهم مسبِّبو التلوث	▪ قرارات توزيع المياه. ▪ أنماط الاستهلاك من جميع المستخدمين. ▪ الإيرادات المجموعة من التصاريح وكيفية استخدامها.	▪ تقارير الحالة العادية والربع سنوية والمنشورات التعريفية والإرشادية.
أصحاب المصلحة السياسيون ومن ضمنهم الموظفون الحكوميون	▪ تلخيص المعلومات عن حالة إدارة المياه الجوفية وتخصيصها.	▪ تقرير نصف سنوي أو سنوي.

3.11 أدوات إدارة المعلومات

تُعرف إدارة المعلومات عادة بأنها "**جمع وإدارة المعلومات من واحد أو أكثر من المصادر، وتوزيع هذه المعلومات على واحد أو أكثر من الجمهور**" من أجل تسهيل تنظيم المعلومات وتصنيفها، وسيكون من المفيد معرفة أنواع المعلومات العامة وخصائصها، ومن المفيد أيضًا أن تطَّلع وحدة إدارة المعلومات على الأدوات والبرامج المتاحة لإدارة المعلومات، كما تحتاج وحدة إدارة المعلومات للعمل مع متخصصين في المعلومات والاتصالات من أجل تطوير وتطويع هذه الأدوات لدعم عملياتها.

1.3.11 أنواع المعلومات وخصائصها

هناك مجموعة واسعة من أنواع المعلومات المختلفة التي يمكن اختيارها لأغراض مختلفة كما بالجدول (11.2).

أمثلة على بعض أدوات إدارة المعلومات

أتاحت التطورات السريعة في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات تطوير عدد من أدوات إدارة المعلومات الجديدة؛ لمساعدة منظمة حوض النهر في مهام إدارة المعلومات، وهذه تمكِّن من إنشاء المعلومات ومعالجتها ونشرها على نحو أفضل مما كانت عليه في الماضي.

ويمكن تطوير أنظمة معالجة البيانات وقواعد البيانات المخصصة لمعالجة البيانات الخام للتخزين في قواعد البيانات، ويتم تطوير الأنظمة عادةً بناءً على احتياجات المستخدمين المحددة من المعلومات، فتتبع مجموعة واضحة جدًّا من إجراءات معالجة المعلومات.

الجدول (11.2) أنواع المعلومات وخصائصها

نوع المعلومات	الخصائص
معلومات ثابتة	لا تتغير المعلومات الثابتة مع مرور الوقت، وهي عادةً معلومات تُستخدم لتحديد كائن ما لا تتغير خصائصه نسبيًّا مع الوقت، مثل الجيولوجيا ونوع طبقة المياه الجوفية وخصائص طبقة المياه الجوفية وما إلى ذلك.
معلومات متغيرة (ديناميكية)	تختلف المعلومات الديناميكية مع مرور الوقت، على سبيل المثال بيانات السحب، وبيانات جودة المياه، ومستويات المياه، والجريان، ومعدل التغذية، وما إلى ذلك.
معلومات خام(أولية)	البيانات الأولية: هي معلومات مسجلة بواسطة أجهزة القياس أو مشتقة من المسح.
معلومات معالَجة	المعلومات المعالَجة: هي المعلومات التي تلبّي حاجة محددة وتُعالَج من البيانات الخام.
معلومات تقارير	هي مزيج من النصوص والأشكال والجداول المنظَّمة ضمن مجموعة نصية.
معلومات مكانية	المعلومات المكانية: هي عبارة عن معلومات مخزنة في شكل خرائط ولها مرجعية جغرافية.

- تُستخدم نظم المعلومات الجغرافية (Geographic Information System) (GIS) لعرض وتحليل البيانات المكانية المرتبطة بقواعد البيانات عند تحديث قاعدة بيانات معينة، فتؤدي إلى تحديث الخريطة المرتبطة بها، ومن خلال تحديث البيانات التي يتم الحصول عليها باستمرار من المراقبة ستكون هناك خرائط محدَّثة يمكن لأصحاب المصلحة الاطلاع عليها، كما يمكن لقواعد بيانات نظم المعلومات الجغرافية أن تشمل مجموعة واسعة من المعلومات، مثل السكان ومواقع حفر الآبار ونقاط التلوث الخ.
- يجمع برنامج Google Earth بين قوة محرك بحث Google مع صور الأقمار الصناعية والخرائط والتضاريس والمباني ثلاثية الأبعاد، ويوفر نظرة عامة عن المعلومات الجغرافية للعالم لأي منطقة تكون محلَّ اهتمام، ومعظم صور القمر الصناعي المستخدمة تتراوح من سنة إلى 3 سنوات، على سبيل المثال، من خرائط Google Earth يمكن لمدير المياه تحديد الحدود الجيولوجية باستخدام الميزات السطحية لاستنتاج البنى التكتونية.
- تستخدم أنظمة إدارة المحتوى (Content Management Systems CMS) معايير الإنترنت لتقديم صفحات ويب مترابطة؛ لتنظيم المعلومات وتقديمها بشكل تقارير، وهناك عدة أنواع من أنظمة إدارة المحتوى المتاحة والعديد منها مجاني، حيث تعد المعلومات المكتوبة بشكل تقارير أكثر الأنواع شيوعًا من ناحية الاستخدام من أصحاب المصلحة لغرض اتخاذ القرارات، وعليه فإن استخدام نظام إدارة المحتوى لتخزين المعلومات ونشرها إلكترونيًّا إما على الإنترنت أو في وسائط التخزين الأخرى، سيُمكِّن منظمة حوض النهر من نشر المعلومات ومشاركتها بطريقة فعالة، كما يتميز نظام إدارة المحتوى أيضًا بأنه مستودع مركزي يسمح بتخزين المعلومات والبيانات المنشورة من قِبَل الأشخاص.

2.3.11 مبادئ توجيهية لتطوير نظم تكنولوجيا المعلومات والاتصالات

هناك العديد من الإخفاقات والتجارب السيِّئة لمديري المياه في تطبيق واستخدام أدوات وأنظمة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لدعم عملياتهم، وفيما يأتي مجموعة من الإرشادات تساعد وحدة إدارة المعلومات في تطوير أنظمة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات:

- **تطوير خطة إدارة المعلومات**

يجب أن تقوم وحدة إدارة المعلومات بتطوير خطتها لإدارة المعلومات الخاصة بحوض النهر- كما نوقش سابقًا- وذلك من خلال العمل بخطوات متسلسلة في عملية إدارة المعلومات للوصول إلى

الخطة، ومنها ستكتسب وحدة إدارة المعلومات فهمًا وتقديرًا عميقين لاحتياجات مديري المياه من المعلومات عن المياه الجوفية وأصحاب المصلحة في حوض النهر، وبعدها ستكون وحدة إدارة المعلومات قادرة على توفير إرشادات لمتخصصي تكنولوجيا المعلومات والاتصالات حول ما تحتاجه لدعم عملياتها، كما ستساعد الخطة أيضًا متخصصي تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في تقديم المشورة لوحدة إدارة المعلومات بشأن المجالات المحتملة التي يمكن فيها تطبيق أدوات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لزيادة فعاليتها.

- **توظيف مدير مشروع متعدد التخصصات**

يعود السبب المتكرر لفشل تطبيق أدوات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات إلى غياب القيادة التقنية في مشروع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، إذ يجب أن يكون لمدير مشروع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات خلفية متعددة التخصصات، مع المعرفة والخبرة في كل من إدارة الموارد المائية وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، وهذا ما يضمن أن يكون مدير المشروع متمكِّنًا من تقدير وفهم احتياجات مديري المياه الجوفية من المعلومات، ودمجها في خطة إدارة المعلومات، وإيصالها إلى المتخصصين في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات.

- **الهدف من نظم تكنولوجيا المعلومات والاتصالات التي تتوافق مع القدرات الحالية لوحدة إدارة المعلومات**

سبب آخر متكرر لإخفاق مشاريع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات هو عدم وجود قدرات في وحدة إدارة المعلومات لتشغيل أنظمة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المتقدمة، وعليه فمن المهم جدًّا استهداف أنظمة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات "البسيطة" بما يكفي لتشغيلها بواسطة وحدة إدارة المعلومات، مع اعتبار أنه إذا ما تم تقديم أنظمة جديدة لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات للمياه الجوفية فستكون هناك حاجة لضمان تدريب العاملين في وحدة إدارة المعلومات على تشغيلها.

- **اعتماد تطوير نظم تكنولوجيا المعلومات والاتصالات على مراحل**

ينبغي على العاملين في وحدة إدارة المعلومات معارضة عملية تطوير أنظمة معقدة ومتكاملة، واختيار الاعتماد على النهج المرحلي في عملية تطوير أنظمة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، ويتوجَّب على مدير المياه الجوفية ضمان إتقان الموظفين في وحدة إدارة المعلومات للعمليات ذات الصلة باحتياجاتهم لإدارة المعلومات قبل دمجها مع معلومات أخرى على سبيل المثال من المياه السطحية.

4.11 إدارة المعلومات والمراقبة والنمذجة ونُظُم دعم القرار

ترتبط إدارة المعلومات بشكل قوي بالمراقبة، حيث تُصمَّم مراقبة نوعية المياه الجوفية وكميتها على أساس الاحتياجات من المعلومات والبيانات المجموعة في برامج المراقبة والتي يجب ترجمتها إلى معلومات للإدارة.

إن استخدام المحاكاة الحاسوبية لنمذجة نوعية المياه والجريان وما إلى ذلك أمر شائع، وقد تم تطوير أدوات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لدعم ربط نماذج المحاكاة وتكاملها مع عملية صنع القرار؛ لتزويد صانعي القرار بأدوات نمذجة المحاكاة لإجراء سيناريوهات "**ماذا لو**" أثناء اتخاذ القرارات، وفي ضوء ما ذُكر سابقا في القسم الثالث، ومن الواجب أن يعتمد متخصصو المياه الجوفية نهجًا حذرًا في تطوير وترويج استخدام نظام دعم القرار وترويجه.

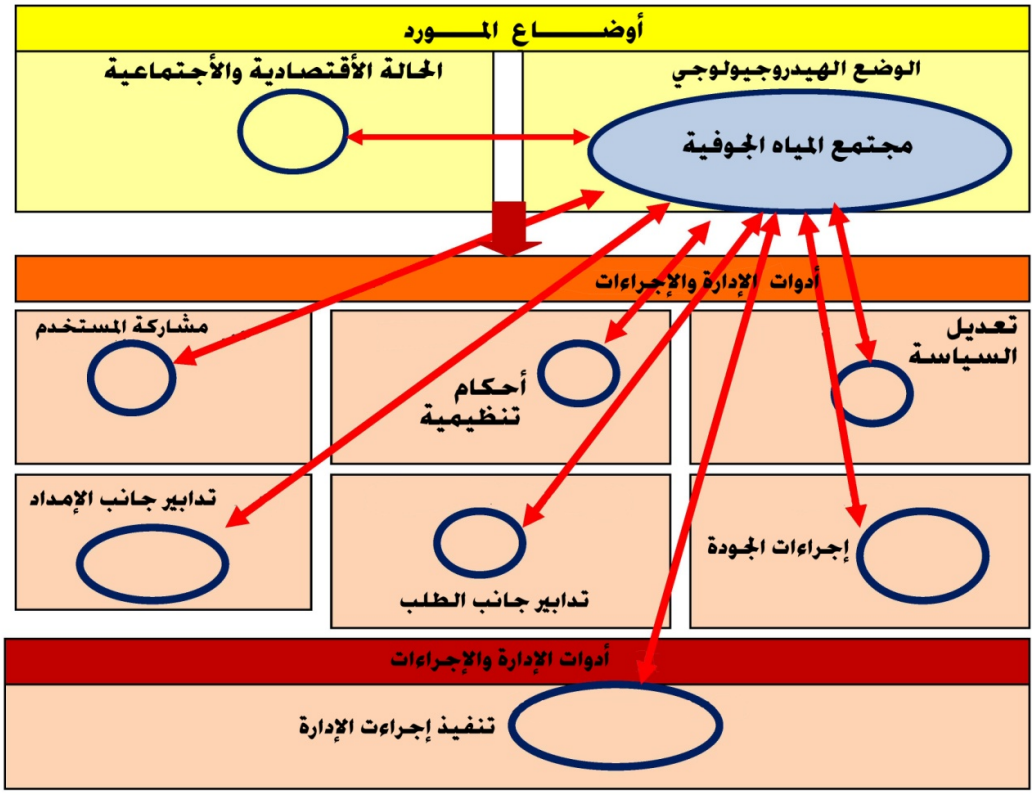
5.11 ما هو التواصل وما أهميته؟

تعريف

يعد التواصل مهارة مكتسبة؛ فيولد معظم الناس مع القدرة الجسدية على الكلام والاستماع ولكن يجب أن نتعلم التحدث والاستماع بشكل جيد والتواصل بفعالية.

إن التحدث والاستماع والقدرة على فهم التواصل اللفظي وغير اللفظي هي المهارات التي نطورها بطرق مختلفة، فنتعلم مهارات التواصل الأساسية من خلال مراقبة الآخرين وتحديد سلوكياتنا بناءً على ما نراه، كما نتعلم بعض مهارات الاتصال مباشرة عن طريق التعليم وممارسة تلك المهارات وإجراء تقييم مستمر لها.

يتجاوز التواصل نطاق إدارة المعلومات ويتعامل مع جميع التفاعلات الضرورية بين أصحاب المصلحة في إدارة موارد المياه الجوفية في المراحل المختلفة لتنمية الموارد.



الشكل (11.2) خطوط التواصل في إدارة المياه الجوفية

التواصل حول المياه الجوفية

إن دور التواصل لخبراء المياه الجوفية يتمثل في التفاعل النشط مع مجموعة واسعة من أصحاب المصلحة الآخرين الذين يؤدون دورًا مهمًّا في تطوير وإدارة المياه الجوفية، كما هو موضح بالشكل (11.2)، حيث يتمثَّل التحدِّي في نقل المفاهيم الأساسية للمياه الجوفية بإدراك المفاهيم الموجودة الخاطئة والمتكررة مع أصحاب المصلحة الذين لا يملكون خلفية عن المياه الجوفية والهيدروجيولوجيا، فضلًا عن وجود بعض المعتقدات غير الواقعية حول المياه الجوفية، كالرأي القائل إن: "**موارد المياه الجوفية تعد لا نهائية، مقارنة بكمية الضخ منها أو سحبها**" أو إن "**ضخ المياه الجوفية ليس له تأثير على المصب**"، وعليه وجب على مجتمع المياه الجوفية أن يوصل المورد غير المرئي (بعيدًا عن النظرة العامة، وعن المعتقد السياسي) إلى صناع السياسة وأصحاب المصلحة الآخرين.

6.11 ما هي المفاهيم الأساسية في "اتصالات المياه الجوفية؟"

المتلقي ليس خبيرًا في المياه الجوفية

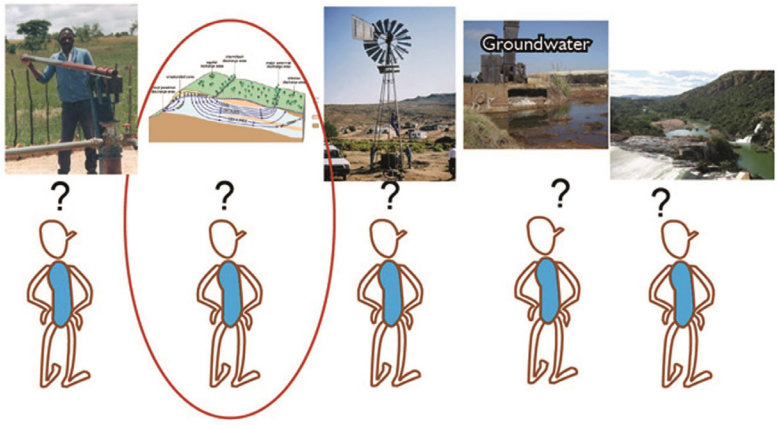
عند توصيل رسالة المياه الجوفية يجب أن نُدرك أن هناك تصورات واهتمامات مختلفة ووجهات نظر مختلفة بين أصحاب المصلحة كما بالشكل (11.3)، وينبغي أن توضع بعين الاعتبار عند تصميم إستراتيجية الاتصالات والمواد الخاصة بذلك.

صورة المياه الجوفية

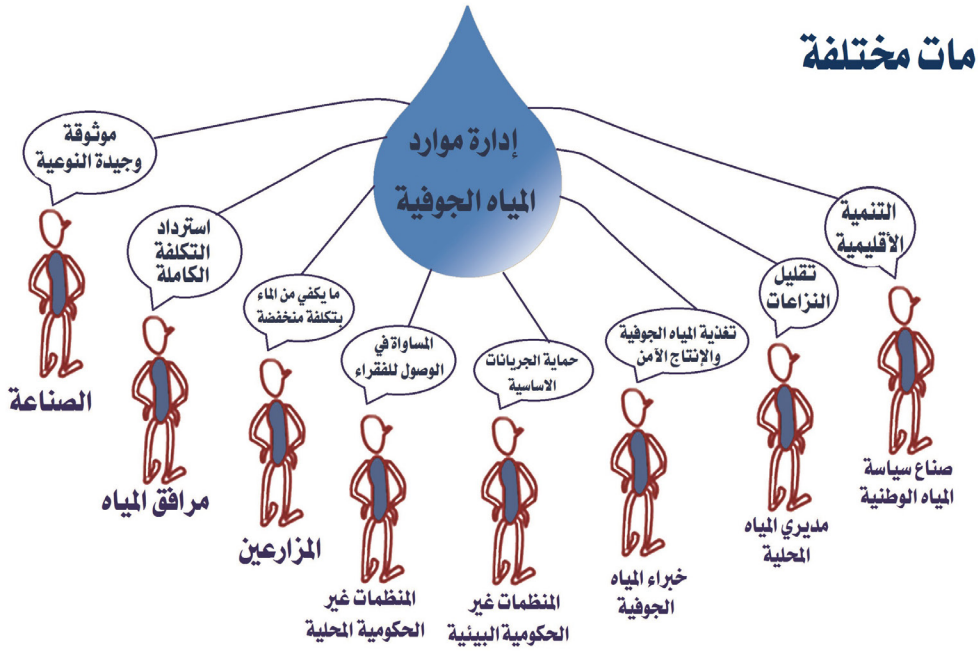
ومن الخصائص الأخرى للمياه الجوفية التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند التواصل؛ الصورة النمطية السلبية– غالبًا– للمياه الجوفية، ففي المراحل الأولى من التطوير يبدو أن الموارد لا نهائية وليس هناك حوافز مشجِّعة لإدارة هذا القطاع، في حين تزداد الحاجة إلى إدارة حكيمة للقطاع عندما يتزايد الضغط على الموارد وتظهر النزاعات بين المستخدمين، فينتج عن فَقْدِ نموذج جيد للإدارة زيادة في الضغط على الموارد الموجودة، وبما أن الموارد غير مرئية والعمليات الفيزيائية غير مفهومة فإن مديري المياه ومستخدميها يتسببون في تكوين صورة نمطية سلبية ترتبط بالمياه الجوفية، وتتعلق بشكل رئيس بالمشاكل والقيود، وعندها سيُستدعى خبراء المياه الجوفية لتقييم الموارد والجدوى الفنية والهيدرولوجية لخيارات الإدارة، بعد أن أصبحت الإدارة ضرورة حتمية كما هو موضح بالشكل (11.4).

ويمكن معالجة ذلك من خلال التواصل بتقديم المفاهيم الرئيسة لإعادة تغذية المياه الجوفية وجريانها وتصريفها بطريقة بسيطة، وذلك باستخدام الرسومات ونماذج المحاكاة التي يمكن يفهمها غير المتخصصين في المياه الجوفية.

تصورات مختلفة

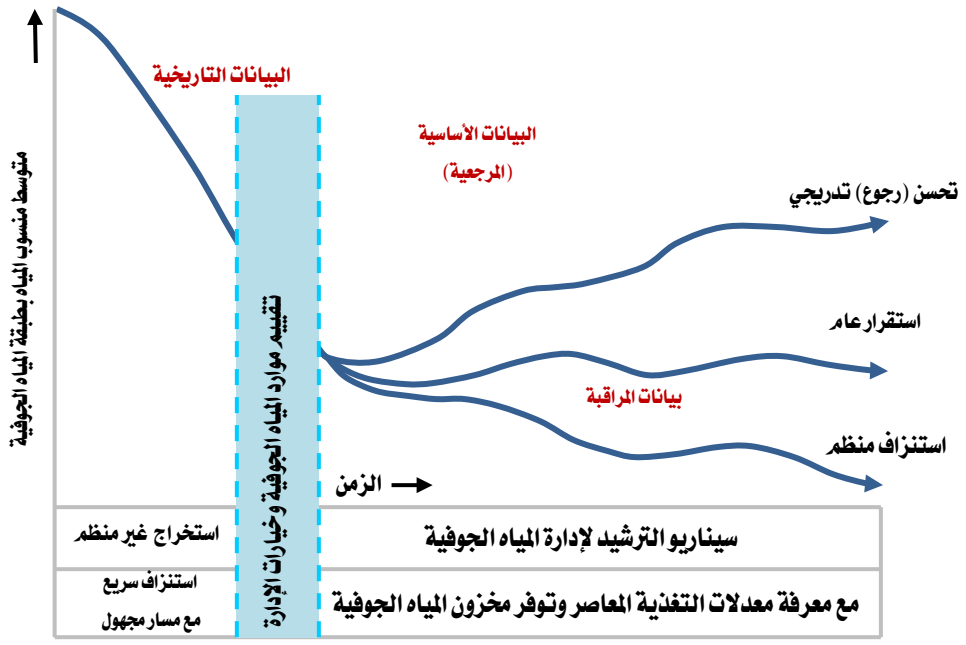


أهتمامات مختلفة



وجهات نظر مختلفة

الشكل (11.3) تصورات واهتمامات ووجهات نظر مختلفة حول إدارة المياه الجوفية



الشكل (11.4) مراحل تطوير المياه الجوفية وإدراتها

ومن المهم أيضًا التواصل مع نقاط مقنعة حول المياه الجوفية خاصة في الأمور الآتية:

- التوفر عند الحاجة أو الطلب: مع إمكانية الوصول العالمي.
- محمية طبيعيًا: جودة آمنة ومستقرة.
- سعة التخزين: أكبر مخزون متاح.
- المياه الجوفية المالحة: الموارد غير المستغلة.
- المياه الجوفية العميقة: تمديد الموارد العمودية.
- الجريانات البيئية: الأراضي الرطبة وجريان قاعدة النهر.
- مدى استقرار درجة الحرارة: مصدر مستدام للطاقة.
- العلاج الطبيعي: الحد من التلوث.

7.11 طرق التواصل والمواد والمهارات

إن الاتصال موضوع عام، وهناك ثروة من الأدب والكتب المدرسية والدورات التدريبية حول أساليب التواصل ومواده ومهاراته، وتتوافر المعلومات والأمثلة على نطاق واسع على الإنترنت، وهنا سنقوم بإعطاء بعض الملاحظات والأمثلة.

طرق التواصل

نحن نتواصل باستمرار، سواء في حياتنا الخاصة والمهنية، أو عند التفاعل مع الآخرين، بدءًا من الاتصالات الشخصية إلى الاجتماعات والمؤتمرات، وفيما يأتي أساليب الاتصال المختلفة:

- من شخص إلى شخص (وجهًا لوجه)، قراءة رسالة، إجراء مكالمة هاتفية.
- في مجموعة صغيرة (التخطيط، حل المشكلات، صنع القرار، التقارير المكتوبة، المذكرات، لوحات الإعلانات).
- في اجتماع (تقديم، مفاوضات، اتفاقات).
- استخدام وسائل الإعلام (التحدث في الأماكن العامة، في الإذاعة أو التلفزيون، الكتابة لوسائل الإعلام المطبوعة مثل الصحف والمجلات، والكتب، الإعلانات الأخرى، التدريب والتعليم والتسلية).

مواد التواصل

هناك مجموعة واسعة من المواد المتاحة لأساليب التواصل المختلفة، والتي تتراوح بين الكتب والأوراق والتقارير والنشرات والكتيبات والأفلام أو الرسوم المتحركة وغيرها من المواد السمعية البصرية، إذ يتجاوز الغرض هنا مناقشة إستراتيجيات التواصل بالتفصيل، وبما أن خبراء المياه الجوفية غير مدرَّبين بشكلٍ عام على التواصل، فمن المستحسن بشدة استشارة متخصص معلومات؛ لتصميم خطة التواصل واختيار المواد الأكثر ملاءمة في ضوء نوع التواصل المطلوب، وهنا نجد بعض التوصيات العامة فيما يتعلق باختيار مواد التواصل:

- رسم تخطيطي مبسط بشكل صورة تتكوَّن من أكثر من 1000 كلمة.
- الرسوم هي طريقة فعالة لمعالجة المفاهيم الأساسية والمفاهيم الخاطئة.
- الرسوم المتحركة ومقاطع الفيديو: مثل قناة المياه (Water Channel) المحتوية على عدد كبير من مقاطع الفيديو حول إدارة المياه، بما في ذلك المياه الجوفية ومتوفرة على الموقع (http://www.thewaterchannel.tv/)

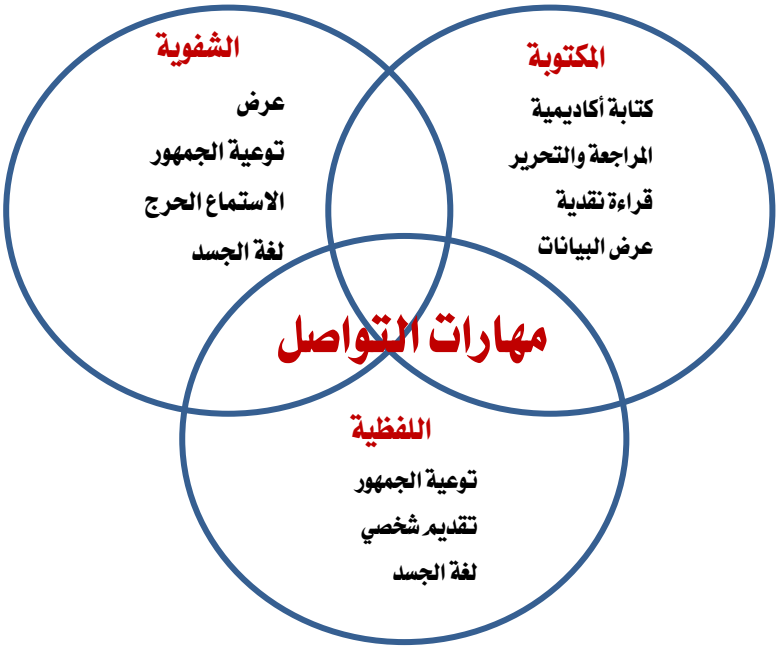
الشكل (11.5) موارد للرسوم الخاصة بالمياه http://www.knowwiththeflow.org

مهارات التواصل

مهارات التواصل هي الخطوة النهائية في العملية والمهتمة بطريقة التصرف والسلوك، وتشتمل على العرض الشفوي والعرض المكتوب والتواصل غير اللفظي، كما بالشكل الشكل (11.6)، ويجب أن تكون مواد العرض التقديمي موجزة إلى حدٍّ ما، وتحكي قصة مثيرة للاهتمام، فضلًا عن الأشياء الواضحة، مثل المحتوى والمساعدات البصرية، وهناك عناصر لا تقل أهمية للجمهور المتلقي الذي سيأخذها دون وعي، تتمثل في:

- الصوت (كيفية القول؛ لأنه لا يقل أهمية عما يقال).
- لغة الجسد (وهو موضوع في حدِّ ذاته، وكُتب عنه الكثير، حيث تعبر حركات الجسم عن المواقف والأفكار الحقيقية).
- المظهر (تؤثر الانطباعات الأولى على مواقف الجمهور تجاه اللباس المناسب للمناسبة)

بطبيعة الحال مع معظم المهارات الشخصية لا يمكن تعليم التواصل الشفهي، ويمكن للمدربين فقط توجيه الطريق، وكما هو الحال دائمًا تعد الممارسة أمرًا أساسيًّا، سواء لتحسين المهارات بشكل عام، أو لتحقيق أفضل أداء لكل عرض يُقدَّم.



الشكل (11.6) مهارات التواصل

8.11 الدروس المستفادة

من الدروس المقدَّمة أعلاه لنُظُم إدارة المعلومات والمعلومات المستفادة يمكن تلخيص الآتي:

- تُعد إدارة المعلومات الجيدة أمرًا ضروريًّا لإدارة المياه الجوفية الفعالة والمياه بشكل عام في حوض النهر.
- ينبغي أن تكون أنظمة إدارة المعلومات واقعية، وأن تعمل مع الموارد المتاحة.
- ينبغي اعتماد أدوات إدارة المعلومات وأنظمة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في عملية مرحلية بما يتفق مع المهارات المتاحة وموثوقية قاعدة بيانات المعلومات.
- تتجلَّى فعالية نظام إدارة المعلومات في مخرجاتها التي تلبي احتياجات مديري المياه وأصحاب المصلحة.

تمـرين

إدارة المعلومات

الغرض: وضعت منظمة حوض النهر مؤخرًا خطة لإدارة المياه الجوفية ومنح وحدة إدارة المعلومات ميزانية محدودة لإدماج إدارة المياه الجوفية في خطة إدارة المعلومات وستكون الميزانية كافية لوحدة وحدة إدارة المعلومات لتلبية بعض احتياجات مستخدمي المياه من المعلومات.

اللاعبين وأدوارهم

يجب أن يكون هناك 5 مجموعات من اللاعبين كالتالي:

(أ) فريق وحدة إدارة المعلومات.

(ب) فريق إدارة المياه الجوفية داخل منظمة حوض النهر.

(ج) منظمة مجتمعية تمثل المجتمعات الريفية التي تستخدم آبار المياه الصالحة للشرب.

(د) منظمة غير حكومية بيئية.

(هـ) شركة تعدين.

يتم تقسيم المشاركين إلى المجموعات الخمس المذكورة أعلاه تقضي كل مجموعة فردية 30 دقيقة قبل الاجتماع مع باقي المجموعات في الجلسة العامة التي تستغرق 30 دقيقة.

في الجلسة العامة ستقوم مجموعة وحدة إدارة المعلومات بإجراء المنتدى وستقوم المجموعات الأخرى بتقديم طلباتها الخاصة بمخرجات المعلومات التي تحتاج إليها مجموعة وحدة إدارة المعلومات.

أدوار المجموعات الخمس هي كما يلي:

(أ) **وحدة إدارة المعلومات** – تحتاج إلى تحديد وترتيب أولويات جميع مخرجات إدارة المعلومات التي قد يحتاجها مدير المياه وأصحاب المصلحة في المياه، وفي وقت لاحق سوف تكون هناك حاجة في الجلسة العامة لتوضيح لماذا لا يمكنك تلبية جميع احتياجات إدارة المعلومات من أصحاب المصلحة في حوض النهر بسبب الميزانية المحدودة، مع ملاحظة أن بعض المعلومات المطلوبة يتم إنتاجها بالفعل لإدارة المياه السطحية.

(ب) **فريق إدارة المياه الجوفية** – بحاجة إلى تحديد جميع مخرجات إدارة المعلومات التي تحتاج إليها وحدة إدارة المعلومات لتوفيرها لك لتمكين من القيام بالمسئولية عن إدارة المياه الجوفية في الحوض.

(ج) **المنظمة المجتمعية** – تحتاج إلى تحديد جميع مخرجات إدارة المعلومات التي تريدها من وحدة إدارة المعلومات لاتخاذ قرارات بشأن استخدام المياه المنزلية.

(د) **منظمة بيئية غير حكومية** – تحتاج إلى تحديد جميع مخرجات إدارة المعلومات التي تريدها من وحدة إدارة المعلومات لتمكينها من تحقيق هدفها في حماية النظام البيئي للأراضي الرطبة في الحوض.

(هـ) **شركة التعدين** – تحتاج إلى تحديد جميع مخرجات إدارة المعلومات التي تريدها من وحدة إدارة المعلومات لتمكينها من القيام بأعمال تجارية بأكثر الطرق فعالية من حيث التكلفة.

معاون الإدارة

تسليط الضوء على كيفية اتخاذ القرارات بشأن إدارة المعلومات الأساسية وغير الأساسية من قبل وحدة إدارة المعلومات، والاستراتيجيات التي سيتخذها فريق إدارة المياه الجوفية وأصحاب المصلحة المختلفين في غياب قائمة المعلومات الراغبين بها، إلا إذا رأى أصحاب المصلحة أن الاقتراح المقدم من وحدة إدارة المعلومات هو الأفضل بعد بدء الاجتماع.

المراجع

References

محمود سعيد السلاوي .1989. المياه الجوفية بين النظرية والتطبيق، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان. ليبيا

Ariel Dinar, Mark W. Rosegrant, and Ruth Meinzen-Dick, Water Allocation Mechanisms Principles and Examples. World Bank Policy Research Working Paper No. 1779

http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/IW3P/IB/1997/06/01/000009265_3970909143002/additional/129529322_20041117145112.pdf

Batu Vedat، 1998: Aquifer Hydraulics. A comprehensive guide to hydrogeologic data analysis. John Wiley & Sons، INC.

Bird, J., W. Lincklaen Arriens & D. Von Custodio, 2008. Water Rights and Water Allocation. Issues and Challenges for the Region. Asian Development Bank.

Cap-Net. 2005.IWRM Plans Manual.
https://www.gwp.org/contentassets/f998a402e3ab49ea891fa49e77fba953/iwrmp-training-manual-and-operational-guide.pdf

Cap-Net.2008. IWRM for River Basin Organizations - Training Manual
https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/references/iwrm-for-river-basin-organisations-capnet-2008.pdf

Cap-Net 2008. Economics in sustainable water management. Training manual and facilitators guide
available at:
http://cap-net.org/sites/cap-net.org/files/Economics%20of%20water%20FINAL.doc
pagePK:148956~piPK:216618~theSitePK:4602123, 00.html

Cap-Net, GWA, 2005. Why Gender Matters.
http://www.cap-net.org/node/1517

Castany، G، 1982: Principes et méthodes de l'hydrogéologie. BORDAS، Paris
www.e-geologie.org
Döll, P and Floerke, M. 2005. Global-scale estimation of diffuse groundwater recharge: model tuning to local data for semi-arid and arid regions and assessment of climate change impact. Frankfurt Hydrology Paper. August 2005.
http://www.geo.unifrankfurt.de/ipg/ag/dl/f_publikationen/2005/FHP_03_Doell_Floerke_2005.pdf

European Environment Agency, 1997. Groundwater Monitoring in Europe.
www.eea.europa.eu/publications/92-9167-032-4

Foster، S. S. D.، and Hirata، R. A.. 1988. Groundwater Pollution Risk Assessment: A Methodology Using Available Data. Lima، Peru: WHO-PAHO/HPE-CEPIS Technical Manual. Lima، Peru.

Foster, S and Tuinhof, A. 2004. Sustainable Groundwater Management, Lessons from Practice: Brazil, Kenya: Subsurface Dams to Augment Groundwater Storage in Basement Terrain for Human Subsistence. GW-MATE Case Profile Collection, Number 5. The World Bank, Washington. 8 pp

Gale, I. (ed).2005. Strategies for Managed Aquifer Recharge (MAR) in semi-arid areas. UNESCO publication. 34 pp. Available online: http://www.iah.org/recharge/
Background papers: Hydrological Sciences Journal Volume 54, number 4, August 2009 Special Issue Groundwater and Climate in Africa On line available on: http://iahs.info/hsj/hsj544.htm

Howe, C. W., Schurmeier, D. R. and Shaw, W. D. Jr. 1986. Innovative Approaches to Water Allocation: The Potential for Water Markets. Water Resources Research, 22(4):439-445.

GWP. 2004. Catalyzing Change: A handbook for developing integrated water resources management (IWRM) and water efficiency strategies. ISBN: 91-974559-9-7.

GWP Toolbox C2.03. 2019.Groundwater management plans.
https://www.gwp.org/en/learn/iwrm-toolbox/About_IWRM_ToolBox/

GWP. 2006. Technical brief 1, Checklists for change: Defining areas for action in an IWRM strategy or plan
https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/technical-briefs/01-checklist-for-change.-defining-areas-for-action-in-an-iwrm-strategy-or-plan-2006-english.pdf

Hiscock, K. M., Rivett, M. O. & Davidson, R. M., 2002. Sustainable groundwater development. Geological Society, London, Special Publications 2002; v. 193; p. 1-14.
doi:10.1144/GSL.SP.2002.193.01.01

Le Quesne, T., G. Pegram & C. Van De Heyden. 2007. Allocating Scarce Water, A primer on water allocation, water rights and water markets. WWF Water Security Series
http://assets.wwf.org.uk/downloads/scarce_water.pdf

MacDonald، A.، Davies، J.، Calow، R.، and Chilton J.، 2005: Developing Groundwater. A guide for Rural Water Supply. YIDG Publishing.

Meta Meta, participatory groundwater management – http://www.groundwatermanagement.org

Purdue University, GROUND WATER PRIMER - Water Quality. www.purdue.edu/envirosoft/groundwater/src/quality.htm

Rogers, P., Bhatia, R, & Huber, A., 1998. Water as a Social and Economic Good: How **to put principle into practice. GWP TAC paper 2 available at**: http://www.gwpforum.org/gwp/library/TAC2.PDF

Schmoll، O.، Howard، G.، Chilton، J.، Chorus، 2006: Protecting Groundwater for Health. Managing the quality of Drinking-water source. WHO، IWA Publishing. http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/PGWsection1.pdf

Tilak Raj Kapoor (2007); Role of Information and Communication Technology in Adaptive Integrated Water Resources Management; American Society of Civil Engineering Publication. http://cedb.asce.org/cgi/WWWdisplay.cgi?0603740

The Water Channel: http://www.thewaterchannel.tv

The World Bank 2002-2006. Sustainable Groundwater Management Concepts and Tools GW•MATE. Briefing Notes 1 & 15, English and Arabic versions.

Toth, J., 1963. A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins: p. 75–96 in Proceedings of Hydrology Symposium No. 3, Groundwater, Queen's Printer, Ottawa, Canada http://www.adb.org/Documents/events/2008/3rd-NARBO-Meeting/water-rights.pdf

United Nations, 2000. Principles and practices of water allocation among water-use sectors, Water Resources Series, No. 80, 366pp**.** http://cap-net.org/sites/cap-net.org/files/wtr_mngmnt_tls/78_water_allocation.pdf

Univ of California, 2003. Groundwater Quality and Groundwater Pollution, http://groundwater.ucdavis.edu/Publications/Harter_FWQFS_8084.pdf

University of California, Groundwater level monitoring: what is it? How is it done? Why do it? http://ucce.ucdavis.edu/files/filelibrary/2280/12024.pdf

Waterwatch Australia, National Technical Manual, Module 6 - groundwater monitoring. www.waterwatch.org.au/publications/module6/index.html

World Bank (2009) Water and climate change: Impacts on groundwater resources and adaptation options. Water Unit, - Energy, Transport, and Water Department

Van Steenbergen, F and A. Tuinhof (2009); Managing the Water Buffer for Development and Climate Change Adaptation;available in PDF on http://www.bebuffered.com/