رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

4-2

الأهداف

- **توضح** كيف يتم سحب المياه الجوفية من خزاناتها عن طريق الآبار.
- **تصف** المشكلات الرئيسة التي تهدد موارد المياه الجوفية.

مراجعة المفردات

الجريان السطحي: انسياب المياه من أعلى إلى أسفل على طول سطح الأرض.

المفردات الجديدة

الآبار
الضخ الجائر
الهبوط في منسوب المياه الجوفية
تغذية المياه الجوفية
البئر الارتوازية

موارد المياه الجوفية
Groundwater Supply

الفكرة الرئيسة لا تتوافر المياه الجوفية دائمًا بالكميات والمواقع المطلوبة حيثما نحتاجها، وإن وجدت فأحيانًا ما تكون ملوثة.

الربط مع الحياة من لديه حساب في البنك، فهل يمكنه سحب نقود كما يشاء؟ بالطبع لا. وكذلك يمكن سحب المياه الجوفية ولكن حسب الكميات المختزنة في الطبقات المائية.

الآبار Wells

الآبار Wells ثقوب تُحفر في الأرض للوصول إلى الخزان المائي الجوفي. وهناك نوعان رئيسان من الآبار، هما الآبار العادية، والآبار الارتوازية.

الآبار العادية Ordinary wells أبسط الآبار هي تلك المحفورة أسفل منسوب الماء داخل ما يسمى الخزان المائي الجوفي غير المحصور، كما في **الشكل 7–4**. في هذا النوع من الخزانات المائية الجوفية يكون منسوب المياه داخل البئر هو نفسه منسوب الماء المحيط به، فعندما يتم سحب المياه من البئر يتم تعويضها من المياه المحيطة في الخزان المائي الجوفي.

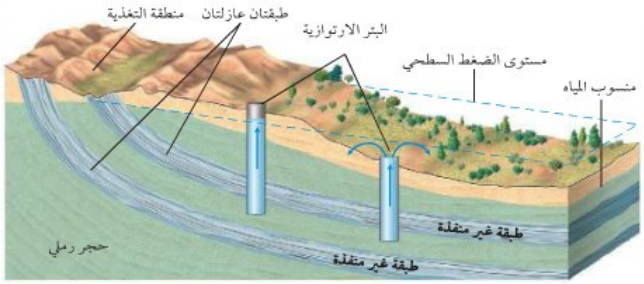
يحدث **الضخ الجائر Overpumping** عندما يفوق معدل سحب المياه من البئر معدل تعويض المياه فيه، فيؤدي ذلك إلى خفض منسوب المياه المحلي، منتجًا مخروط الانخفاض حول البئر، كما في **الشكل 7–4**. ويسمى الفرق بين منسوب المياه الجوفية الأصلي ومنسوب المياه في أثناء عملية الضخ **الهبوط في منسوب المياه الجوفية Drawdown**. وإذا حدث هبوط في منسوب المياه في مجموعة آبار متجاورة في الخزان غير المحصور فإن مجموعة مخاريط الانخفاض المتجاورة يتحد بعضها مع بعض، مسببة بذلك هبوطًا عامًّا في منسوب المياه، مما يؤدي إلى جفاف الآبار الضحلة.

وتزوّد مياه الأمطار الخزانَ المائي الجوفي بمحتواه المائي في عملية تسمى **تغذية المياه الجوفية Recharge**. وتؤدي أحيانًا تغذية المياه الجوفية بمياه الأمطار أو بالمياه الجارية إلى تعويضها عن المياه التي سُحبت من الآبار. فإذا تجاوز سحب المياه الجوفية معدل تغذية الخزان الجوفي ازداد الهبوط في منسوب المياه إلى أن تصبح جميع الآبار جافة.

الشكل 7–4 يؤدي الضخ الجائر من البئر أو عدة آبار إلى تكوين مخروط الانخفاض وهبوط عام في منسوب المياه.

قبل الضخ الجائر

بعد الضخ الجائر



الشكل 8–4 يحتوي الخزان المائي الارتوازي على ماء مضغوط.

تعرف السبب الرئيس الذي جعل البئر الارتوازية تختلف عن البئر العادية.

الآبار الارتوازية Artesian wells غالبا ما تكون منطقة تغذية الخزان أعلى من الخزان المائي الجوفي نفسه. ويسمى الخزان المائي الجوفي الواقع بين طبقتين عازلتين خزانًا جوفيًّا محصورًا، ويقع الماء الذي يحتويه تحت تأثير الضغط. والسبب في ذلك أن قمة منحدر منسوب الماء يقع تحت تأثير الجاذبية الأرضية، لذلك تتجه المياه إلى أسفل. ويسمى الخزان في هذه الحالة الخزانَ المائيَّ الجوفيَّ الارتوازيَّ. وعندما يكون معدل التغذية كبيرًا وكافيًا فإن ضغط الماء في بئر محفورة في خزان ارتوازي يجعل الماء يتدفق فوق سطح الأرض على شكل نافورة تسمَّى **البئر الارتوازية Artesian well**. ويسمى المستوى الذي يرتفع منسوب المياه إليه في الآبار المحفورة مستوى الضغط السطحي، كما في **الشكل 8–4**. وتسمى أيضًا الينابيع التي يجري تصريفها بضغط الماء الينابيعَ الارتوازيةَ. وتعود كلمة artesian إلى مقاطعة فرنسية اسمها Artois، حفرت فيها أول بئر ارتوازية، وذلك قبل 900 عام.

مختبر حل المشكلات

اعمل مقطعًا تضاريسيًّا

كيف يختلف منسوب المياه في الآبار الارتوازية؟

تحتوي خزانات المياه الجوفية الارتوازية على ماء يقع تحت ضغط عالٍ. ويوضح الجدول المجاور بيانات عن الخزان المائي الجوفي الارتوازي لثلاثة مواقع يبتعد بعضها عن بعض مسافة 100 m على امتداد خط المسح. وهذه البيانات لارتفاعات سطح الأرض، وارتفاعات منسوب المياه، وارتفاعات السطح العلوي للطبقة العازلة للخزان المائي الارتوازي، ومستوى الضغط السطحي.

بيانات الخزان الجوفي المائي

الموقع	ارتفاع السطح (m)	ارتفاع منسوب الماء (m)	ارتفاع السطح العلوي للطبقة العازلة (m)	مستوى الضغط السطحي (m)
1	396	392	388	394
2	394	390	386	393
3	390	388	381	392

التحليل

1. أسقط بيانات الارتفاع على رسم بياني، بحيث تكون المواقع على محور السينات، والارتفاعات على محور الصادات.
2. اعمل مقطعا تضاريسيًّا لخط المسح من الموقع الأول حتى الموقع الثالث مستعملًا خطًّا عريضًا لتمثيل سطح الأرض.

التفكير الناقد

3. **حلل**. ما عمق الماء في الآبار الثلاثة قبل عملية الضخ؟
4. **قوّم** ماذا يحدث لو حفرنا بئرًا في الخزان المائي المحصور عند الموقع 3؟
5. **توقع** كيف يؤثر حفر بئر ارتوازية في موقع واحد في بقية الآبار؟

ما يهدد موارد مياهنا Threats to our Water Supply

تعد المياه العذبة موارد طبيعية نفيسة؛ إذ يعتمد الإنسان عليها بصورة كبيرة، لأنها عنصر أساسي في الحياة. كما أنها تستعمل بصورة مكثفة في الزراعة والصناعة. ويوضح **الشكل 9–4** استخدامات المياه العذبة في المملكة العربية السعودية لعام 2015م.

ماذا قرأت؟ **لخص** لماذا تعد المياه العذبة أثمن الموارد الطبيعية؟

يتم تقدير موارد المياه اعتمادًا على مجموعة من العوامل. من هذه العوامل كميات الهطول والرشح والتصريف السطحي ومسامية الصخور ونفاذيتها والرسوبيات تحت السطح وحجم المياه الجوفية التي تصرف طبيعيًّا إلى السطح. وتتغير بعض هذه العوامل طبيعيًّا مع الزمن، ويتأثر البعض الآخر بالأنشطة البشرية. وتؤدي التغيرات التي تحدث لموارد المياه الجوفية إلى ظهور قضايا بيئية، منها انخفاض مستوى المياه والخسف والتلوث والتملح.

الشكل 9–4 استخدامات المياه العذبة في المملكة العربية السعودية لعام 2015م.

المصدر: وزارة البيئة والمياه والزراعة.

تجربة

نموذج البئر الارتوازية

كيف تتكون البئر الارتوازية؟ ما الأسباب التي تؤدي إلى ارتفاع المياه فوق سطح الأرض؟

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. املأ **صندوقًا بلاستيكيًّا** أو أي وعاء آخر إلى منتصفه **بالرمل**، وأضف كميات كافية من **الماء** لإشباع الرمل به، ثم غطِّ الرمل تمامًا بطبقة من الطين أو أي طبقة غير منفذة بسمك 1–2 cm.
3. ضع الصندوق مائلًا بزاوية 10°، مستعملًا **كتابًا** لإسناده.
4. اعمل ثلاثة ثقوب في الطبقة الطينية، بحيث يكون الثقب الأول في النهاية السفلية، والثاني في الوسط، والثالث في النهاية العلوية للصندوق، ثم أدخل أنبوبًا بلاستيكيًّا شفافًا لكل ثقب، بحيث يتخلل طبقة الرمل السفلية، وسدّ الثقوب بإحكام حول **الأنابيب البلاستيكية**.

التحليل

1. **لاحظ** منسوب المياه في الأنابيب. أي الأنابيب يكون ارتفاع الماء فيها أعلى ما يمكن، وأيها يكون فيها أخفض ما يمكن؟
2. **حدد** منسوب المياه في الصندوق.
3. **حلل** حدد المكان الذي يكون عنده ضغط المياه أكبر ما يمكن. وضح إجابتك.
4. **توقع** ما يحدث لمنسوب المياه وللضغط السطحي إذا تدفقت المياه من إحدى الأنابيب.

الاستعمال الجائر Overuse يستنزف الاستعمال الجائر موارد المياه. فإذا كان معدل الضخ يفوق معدل التغذية فعندئذ ينخفض مستوى التزويد بالمياه الجوفية، ويهبط منسوب المياه. ويحدث الضخ الجائر بسبب زيادة الطلب على المياه العذبة للاستعمالات الزراعية والمنزلية والصناعية حيث يؤدي إلى هبوط مستوى المياه العذبة في خزانات المياه الجوفية، كما في خزان الساق، وخصوصًا في منطقة القصيم. كما يؤدي الضخ الجائر مع الزمن إلى ارتفاع ملوحة المياه الجوفية؛ فتصبح غير قابلة للاستعمال.

الخسف Subsidence ينتج عن الضخ الجائر للمياه الجوفية حدوث مشكلة أخرى هي هبوط اليابسة؛ إذ يدعم حجم المياه الجوفية وزنَ التربة والرسوبيات والصخور التي تعلوها، وعندما يقل ارتفاع منسوب الماء ينتقل وزن المواد التي تعلوه بالتدريج إلى حبيبات الخزان، مما يؤدي إلى تراصها، وخسف سطح اليابسة فوق الخزان.

تلوث المياه الجوفية Poullution in groundwater إن أكثر خزانات المياه الجوفية عرضة للتلوث هي الخزانات غير المحصورة. أما الخزانات الجوفية المحصورة فلا تتأثر كثيرًا بالتلوث المحلي؛ لأنها محمية بالطبقة العازلة التي تحتجز الملوثات، وتحميها من التلوث. ولكن إذا تلوثت مناطق تغذية الخزانات الجوفية المحصورة فعندئذ تصاب مياهها بالتلوث.

ماذا قرأت؟ تعرَّف أي الخزانين أكثر عرضة للتلوث؟

تتضمن مصادر تلوث المياه الجوفية مياه الصرف الصحي والحفر الامتصاصية (غير المبطنة) والمزارع ومكابّ النفايات الأخرى؛ إذ تدخل الملوثات جوف الأرض وتكون في البداية فوق منسوب المياه، ولكنها، في النهاية، ترشح حتى تصل إلى منسوب المياه. وتنتشر الملوثات بسرعة في الطبقات المنفذة للخزانات الجوفية وفي اتجاهات محددة، كأن تتجه نحو الآبار، كما في **الشكل 10–4**.

المهن في علم الأرض

الهيدرولوجي جيولوجي مختص في مجال تمثيل المياه في خرائط التضاريس الهيدرولوجية؛ إذ يستعمل الطرائق الميدانية والخرائط والصور الجوية لتحديد مكان المياه الجوفية.

المطويات

ضَمّن معلومات هذا الدرس في المطوية الخاصة بك.

الربط مع رؤية ٢٠٣٠

رؤية VISION 2030 المملكة العربية السعودية KINGDOM OF SAUDI ARABIA

مجتمع حيوي

● من أهداف الرؤية: الحد من التلوث بمختلف أنواعه (مثل التلوث الهوائي، الصوتي، المائي، والترابي).

الشكل 10–4 يمكن أن تنتشر الملوثات بسرعة خلال الخزان المائي. لاحظ كيف سحب البئر التلوث نحوه مع سحب الماء من الخزان المائي الجوفي.

المواد الكيميائية Chemicals بسبب صغر حجم المواد الكيميائية الذائبة والمنقولة مع المياه إلى جوف الأرض فإنه يمكنها أن تتخلل المسامات الدقيقة الموجودة بين الحبيبات الصغيرة جدًّا. لهذا السبب فإن المواد الكيميائية يمكنها أن تلوث أي نوع من الخزانات الجوفية. وبمجرد دخول الملوثات الكيميائية إلى المياه الجوفية يصعب إزالتها.

ماذا قرأت؟ وضح لماذا قد تلوث المواد الكيميائية – ومنها عنصر الزرنيخ – أي نوع من الخزانات الجوفية المائية؟

تضم مياه الصرف الصحي ومكابّ النفايات وغيرها من مواقع المخلفات عددًا من الملوثات؛ وقد تذوب هذه المواد في المياه المتسربة إلى الخزان المائي الجوفي، وتنتشر في جميع أجزاء الخزان، ومع الزمن يصبح الخزان ملوثًا وسامًّا.

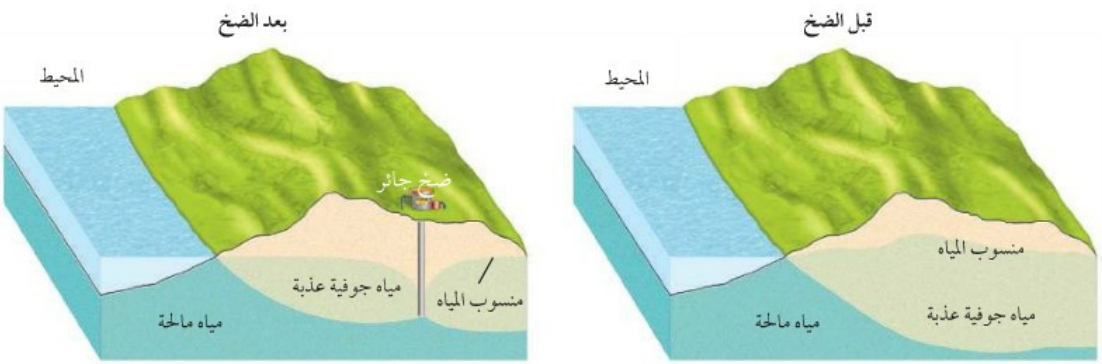
الأملاح Salt ليست جميع الملوثات مواد سامة أو ضارة بالصحة؛ فعلى سبيل المثال يُستخدم ملح الطعام في المائدة، إلا أن وجوده في الماء بتراكيز عالية يجعل الماء غير صالح للشرب. وبالطريقة نفسها تصبح المياه الجوفية غير صالحة للاستعمال بعد اختلاطها مع مياه مالحة. لذا يعد التلوث بالأملاح أحد المخاطر الرئيسة التي تواجه موارد المياه الجوفية، وخصوصًا في المناطق الشاطئية، حيث تشكل مسألة تداخل المياه الجوفية بمياه مالحة مشكلة رئيسة؛ فالمياه المالحة الأكثر كثافة تقع أسفل المياه العذبة، كما في **الشكل 11–4**، وفي حالة حدوث ضخ جائر من الآبار تصعد مياه البحر المالحة من خلال الآبار، وتلوث المياه الجوفية.

المفردات
مفردات أكاديمية

النقل

وتعني التحريك من مكان إلى آخر. فالطائرات تنقل البضائع من مكان إلى آخر عبر البلاد

الشكل 11–4 يمكن أن تتلوث الخزانات الجوفية العذبة بالماء المالح.
تعرف كيف يمكن أن يتسبب الضخ الجائر في ارتفاع الماء المالح من الأسفل إلى الآبار؟



حماية مواردنا المائية

Protecting our Water Supply

هناك عدة طرائق لحماية موارد المياه، وتخليصها من الملوثات؛ لذا علينا أن نتعرف مصادر تلوث المياه الجوفية الرئيسة، والواردة في **الجدول 2–4**، أما علامات التلوث فيمكن مراقبتها من خلال آبار المراقبة، وباستخدام تقنيات أخرى. وتنتشر معظم مصادر التلوث ببطء شديد، مما يتيح وقتًا كافيًا للبحث عن مصادر مياه بديلة، وفي بعض الحالات يمكن إيقاف حركة الملوثات من خلال بناء طبقات عازلة تحت الأرض تحيط بالمنطقة الملوثة. وأحيانا يتم ضخ المياه الجوفية الملوثة إلى السطح لمعالجتها كيميائيًّا. ومما يجدر ذكره أن العمل بهذه الإجراءات يُسهم في تحقيق نجاح محدود. لذا لا يمكن حماية موارد المياه بالاعتماد على هذه الإجراءات فقط؛ إذ لا بد أن يعي الإنسان أن النشاطات التي يمارسها تؤثر سلبًا في نظام المياه الجوفية؛ حتى يتمكن من حمايتها.

وتعمل المملكة العربية السعودية على حماية مواردها المائية بطرق مختلفة، منها: تقليل عمليات الضخّ الجائر للمياه الجوفية المستخدمة في الري، وإيجاد مصادر بديلة عنها باستخدام مياه الصرف الصحي بعد معالجتها، وإقامة السدود لاستخدام مياهها في الري، وفي الوقت نفسه لرفد المياه الجوفية بالمياه المترشحة منها. كذلك تقليل كميات الملوثات الواصلة إلى المياه الجوفية ومنها المخلفات الصناعية، والأسمدة الكيميائية والمبيدات الحشرية المستخدمة في الزراعة.

الجدول 2–4 مصادر تلوث المياه الجوفية

الرشح من الأسمدة
التسرب من أماكن التخزين في محطات الوقود
رشح مياه حمضية من المناجم
التسرب من بيارة الصرف الصحي غير المبطنة
تداخل المياه المالحة بالمياه العذبة في الخزانات المائية القريبة من الشواطئ
التسرب من مكابّ النفايات
الإشعاعات ومنها تسرب عنصر الرادون

الربط مع رؤية ٢٠٣٠

التقويم 2–4

الخلاصة

- تحفر الآبار وصولًا إلى نطاق الإشباع للحصول على المياه.
- يؤدي الضخ الجائر من الآبار إلى تكوين مخروط الانخفاض.
- الآبار الارتوازية مخرج لمياه الخزان المائي الجوفي المحصور الذي تقع مياهه تحت الضغط.
- يؤدي سحب المياه بكميات تفوق كميات تغذية الخزان إلى هبوط منسوب الماء فيه.
- أكثر مصادر تلوث المياه الجوفية شيوعًا هي: مياه الصرف الصحي، ومكابّ النفايات الصلبة وغيرها من مواقع التخلص من النفايات.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة قوّم المشكلة المصاحبة للضخ الجائر في الآبار.
2. فسر لماذا تخضع المياه في الآبار الارتوازية إلى ضغط؟
3. وضح بالرسم الفرق بين البئر العادية والبئر الارتوازية.
4. وضّح كيف تعمل المملكة العربية السعودية على حماية مواردها المائية؟

التفكير الناقد

5. صمم تجربة تختبر فيها وجود حواجز غير منفذة (عازلة) تحيط بالمنطقة الملوثة.
6. حلل أفضل طريقة لمنع تلوث المياه الجوفية في المناطق السكنية.

الكتابة في الجيولوجيا

7. توقع كيف تؤثر نفاذية الخزان المائي الجوفي في انتشار الملوثات.