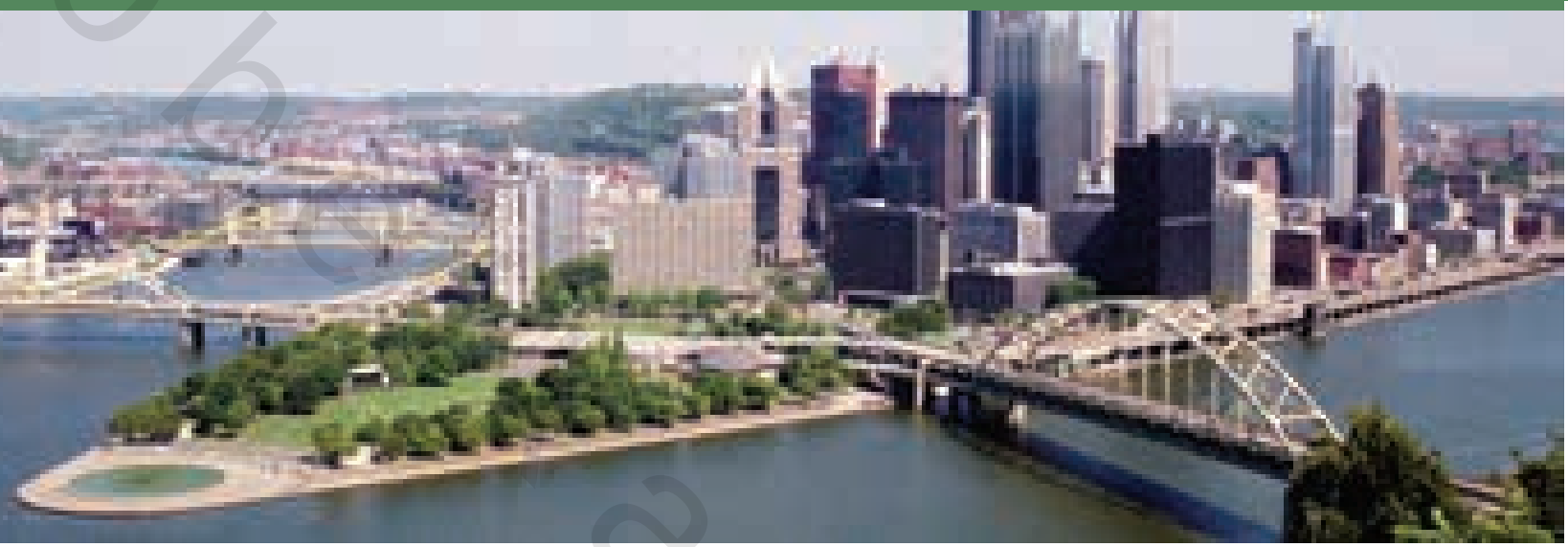
# الجزء الرابع


الفصل 16
التغير المناخي العالمي

الفصل 17
الجيولوجيا والمجتمع والمستقبل

منظر يبين جرين بلت في متنزه ريفر ومتنزه ولاية بوينت، حيث يلتقي النهران الشهيران (مونونغاهيلا وأليغاني) في بيتسبورغ بنسلفانيا. ومن الجدير بالذكر أن كثيرًا من المدن تستفيد من وجود أنهارها بوصفها مصادر للمناظر الطبيعية الخلابة في بيئة المدن.

# المنظور العالمي والمجتمع
# GLOBAL Perspectives and Society

لا يُعدّ مفهوم التغير العالمي جديدًا، فمنذ ما يزيد على 100 سنة؛ درس الجيولوجيون تغيرات الأرض التي حدثت في أثناء الـ 4.6 بلايين سنة من تاريخها. إن سرعة التغير في الأرض وغلافها الجوي يزداد بسبب الأنشطة البشرية. ويهتم المجتمع اليوم بالتغيرات في الغلاف الجوي التي تحدث منذ عقود عدة. ومن أكثر الاهتمامات ما يُعنى بزيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، التي أدت إلى الاحترار العالمي.

وعلى الرغم من عدم فائدة معظم التغيرات، إلاّ أن التغيير صفة طبيعية لبيئتنا، والإدارة الحكيمة تتفهم ذلك. ويقدم الفصل السادس عشر مبادئ التغير العالمي وعلم نظام الأرض الذي يعزّز استعمالات الأراضي وصناعة القرار. ويناقش الفصل السابع عشر موضوعات عدة متنوعة تشتمل على الاستدامة والصحة البيئية وتلوث الهواء وإدارة المخلفات وتخطيط استعمالات الأراضي والأثر البيئي والقانون البيئي.

# الفصل السادس عشر 16

# التغيّر المناخي العالمي
# Global Climate Change

القطب المتجمد الشمالي في حالة تغيّر *(NASA/Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio)*

## 16-1 التغيّر العالمي وعلم نظام الأرض: نظرة شاملة
## GLOBAL CHANGE AND EARTH SYSTEM SCIENCE: AN OVERVIEW

اقترح بريستوني كلاود عالم الأرض الشهير، الذي اهتم بتاريخ الحياة على الأرض وتأثير الإنسان في البيئة واستخدام الموارد، هدفين رئيسين لعلوم الأرض، هما:

1. فهم كيفية عمل الأرض، وكيفية تطوّرها من لاندسكيب (تضاريس) صخر مقفر إلى لاندسكيب معقد، تسودها الحياة التي نراها اليوم.
2. تطبيق ذلك الفهم في إدارة بيئتنا بصورة أفضل.

تؤكد أهداف كلاود، أنّ كوكبنا يتميّز بتاريخ تطوري معقد، فقد نتج عن التفاعلات المتبادلة بين الغلاف الغازي والمحيطات والأرض الصلبة والغلاف الحيوي (الشكل 16-1)، تطور صور أرضية متباينة ومعقدة – القارات والأحواض المحيطية والجبال والبحيرات والسهول والمنحدرات-، إضافة إلى صور الحياة الكثيرة والمتباينة السائدة في مدى واسع من البيئات.

وقد اعتقد حتى وقت قريب، أنّ نشاط الإنسان تسبّب في حدوث تغيرات موضعية فقط، أو على الأكثر تغيرات إقليمية، ومن المعروف الآن، أنّ تأثيرات نشاط الإنسان على الأرض واسعة، وكأننا نجري تجربة غير منظمة على الكوكب كلّه، لمعرفة هذه التغيرات التي تسببنا فيها وإمكانية تعديلها، وعلينا أن نفهم كيف تعمل الأرض بمجملها بوصفها نظامًا، إذ يسعى علم أنظمة الأرض إلى تدعيم هذا المفهوم، بتعلم كيف ترتبط المركبات المختلفة لهذا النظام -الغلاف الجوي، والمحيطات، واليابسة، والغلاف الحيوي- على مستوى كوكب الأرض، وكيف تتفاعل فتؤثر فيها (الأرض)[2].

## الأهداف التعلُّمية LEARNING OBJECTIVES

يقال أحيانًا: إنّ الموت والضرائب، هي الأمور الأكيدة في الحياة، إلّا أنّه يمكن إضافة التغيّر إلى هذه القائمة القصيرة، فنحن نهتم بالتغيرات التي تؤثر فينا وفي عائلاتنا ومجتمعنا والعالم بأسره، ولعل أنواع التغيرات التي يمكن أن تتوافر متعدّدة، فهي تتراوح بين بطيئة وسريعة مفاجئة، وعشوائية ومدهشة، وبعض التغيرات تؤثر في بيئتنا المحلية أو الإقليمية أو أرضنا كلّها، وتغيّر المناخ أحد التغيرات التي تؤثر في أرضنا كلّها؛ لذا، سنركز في هذا الفصل على الأهداف التعلُّمية الآتية:

- تعرّف الأدوات المستعملة في دراسة علم أنظمة الأرض والتغيّر الكوني.
- فهم علم تغيّر المناخ والاحترار العالمي.
- تعرّف بعض التأثيرات المحتملة للاحترار العالمي، وكيفية تقليلها.
- معرفة كيفية ارتباط الاحترار العالمي باستنزاف الأوزون.

**الشكل (16–1): الأرض من الفضاء (Earth from space).** زرقة المحيطات إضافة إلى الأرض والغلاف الحيوي في إفريقيا والغيوم المتحرّكة في الغلاف الغازي، كلّها تتفاعل ضمن نظام الأرض.

*(National Aeronautics and Space Administration)*

## 16-2 أدوات دراسة التغيّر على مستوى الأرض

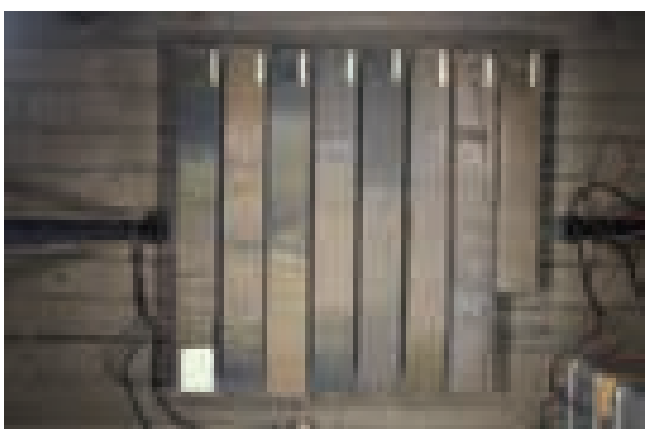
## TOOLS FOR STUDYING GLOBAL CHANGE

### السجل الجيولوجي The Geologic Record

يمكن مقارنة الرسوبيات المتوضعة في السهول الفيضية أو في البحيرات والمستنقعات والجليديات أو في المحيط، بالصفحات في كتاب للتاريخ، فالمادة العضوية التي تتوضع أحيانًا مع الرسوبيات، يمكن تأريخها بطرق متباينة لبناء سلم زمني، إضافة إلى ذلك، يمكن للمادة العضوية أن تخبرنا بقصّة حول المناخ القديم، وصور الحياة في المنطقة، والتغيرات البيئية التي حدثت فيها، وتمذج رسوبيات المحيط بالحفر من سفينة أو باخرة، أو على رف جليدي، واستخلاص عينات لبابية قطرها بضعة سنتمترات وطولها يتراوح بين بضعة سنتمترات إلى مئات أو آلاف الأمتار، انظر الشكل (16–2)، ويمكن أخذ عينات على اليابسة من الرسوبيات، باستخدام الحفر، والخنادق، أو التكشفات الطبيعية.

كان فحص الثلج الجليدي من الاستعمالات المهمة للسجل الجيولوجي (انظر الفصل الثاني)، حيث يحتوي على فقاعات هوائية محجوزة يمكن تحليلها، فتوفر لنا معلومات عن تركيز ثاني أكسيد الكربون الجوي ($CO_2$) في وقت تكوّن الثلج، فهذه الفقاعات الهوائية المحجوزة هي كبسولات زمنية من الجو القديم، استعملت لتحليل محتوى الهواء من ثاني أكسيد الكربون، الذي يعود أقدمه إلى (80,000) سنة[3]، حيث تتم طريقة دراسة السجل الجليدي، بحفر الجليد واستخلاص عيّنات لبابية ودراستها، انظر الشكل (16–3)[4]، أضف إلى ذلك أنّ الجليديات تحتوي أيضًا على سجل لفلزات ثقيلة تترسب من الجو، مثل الرصاص، إضافة إلى الكيميائيات الأخرى التي يمكن أن تستعمل في دراسة تاريخ الأرض القريب.

السجل الجليدي هو المصدر الرئيس للمعلومات، الدليل لفهم تاريخ الأرض والبيئة المتغيرة. لولا العينات اللبابية والرسوبيات المتطبقة لعرفنا القليل من التغيرات طويلة الأمد، إذ إنّنا غير قادرين على وضع التغيرات الماضية، التي تعلمناها من السجل الجيولوجي، في سياق ما نراه اليوم.



**الشكل (16–2): اختبار العينات اللبابية (Examining Cores).** عيّنة لبابية من قاع البحر تحت الرف القاري للقطب المتجمد الجنوبي، اختيرت لدراسة التغيرات في الأوقات الجليدية وبين الجليدية، ومعرفة كيف تعمل الأرض.(Hannes Grobe/EPICA project/Alfred Wegener Institute)

**الشكل (16–3): عيّنة لبابية من الجليد (Ice Core).** أخذ عيّنة لبابية من الجليد عام 2005 م من غطاء جليدي في جرين لاند، لتعرّف المناخ الذي تكشف عنه.

*(NASA Eearth Observatory, Reto Stockii, NASA, GSFC)*

## المراقبة الآنية Real-Time Monitoring

المراقبة (*Monitoring*) تجميع المعلومات بصورة منتظمة لهدف ما، ويشير مصطلح مراقبة الزمن الحقيقي، إلى تجميع هذه المعطيات في أثناء حدوث عملية ما، مثلًا: نراقب أحيانًا جريان الماء في الأنهار؛ لتقييم الموارد المائية أو خطر الفيضان، ويمكن أخذ عيّنات بطريقة مشابهة من غازات الجو، وإجراء قياسات على حرارة مياه المحيط ومكوّناتها، التي تُستخدم أيضًا في دراسة التغيرات فيها، فتجميع المعلومات في الوقت الفعلي، ضروري لاختبار النماذج ومعايرة سجل المعطيات الجيولوجية، الممتد من قبل فترة التاريخ.

تتباين طرق المراقبة وتعتمد على الموضوع المقيس، فمثلًا: يمكن مراقبة تأثيرات التعدين عن بعد، بتقييم المعطيات التي تُجمع بالأقمار الصناعية أو الصور الجوية الملتقطة من ارتفاعات عالية. إلّا أنّ معظم المعطيات التي يعتمد عليها تُشتق من قياسات أرضية، تؤكد قياسات الأقمار الصناعية، أو تلك التي تؤخذ بالأجهزة المحمولة في الجو.

## النماذج الرياضية Mathematical Models

تستخدم النماذج الرياضية وسائل رقمية لتمثيل ظواهر الوقت الفعلي، والروابط والتفاعلات بين العمليات المشمولة، فقد طوّرت النماذج الرياضية، للتنبؤ بجريان المياه السطحية والجوفية، وحركة المياه في المحيط، والدوران في الغلاف الغازي/ الجوي، ومن نماذج التغيّر الكوني التي جلبت الانتباه الأكثر على مستوى الكرة الأرضية، النماذج المناخية، التي تتنبأ بالتغيّرات المناخية على مستوى الكرة الأرضية، وترتب المعطيات المستخدمة في الحسابات في خلايا كبيرة، تمثّل درجات متباينة من خطوط الطول والعرض، والخلايا الشائعة تمثّل مناطق بمساحة أوريجون، انظر الشكل (16–4)، إضافة إلى ذلك، هناك (6–20) مستوًى من الخلايا الرأسية، تمثل طبقات الجو السفلى، ثمّ تستخدم الحسابات التي تشتمل على معادلات للعمليات الجوية الرئيسة في عمل التنبؤات.

هناك ثقة متزايدة في التقديرات الكمية، التي تقدّمها النماذج المناخية للتغيرات المناخية في الماضي المعروف، أو التي يتمّ التنبؤ بها للمستقبل[5]. يبيّن الشكل (16–4) مثالًا للتغيرات المشاهدة مع تلك التي يتم التنبؤ بها، حيث تعتمد هذه النماذج على مبادئ فيزيائية (مثل حفظ الطاقة والكتلة)، التي تستخدم في الحصول على تمثيل رياضي **لنظام الأرض المناخي**، المعرّف بالنظام المتكوّن من الغلاف الجوي، والمائي وسطح الأرض (اليابسة)، والغلاف الحيوي، والغلاف الجليدي (الأرض الثلجية أو الجليدية)، المرتبطة وأحيانًا المتفاعلة مع بعضها بطرق معقدة.

## 3-16 جوّ الأرض وتغيّر المناخ

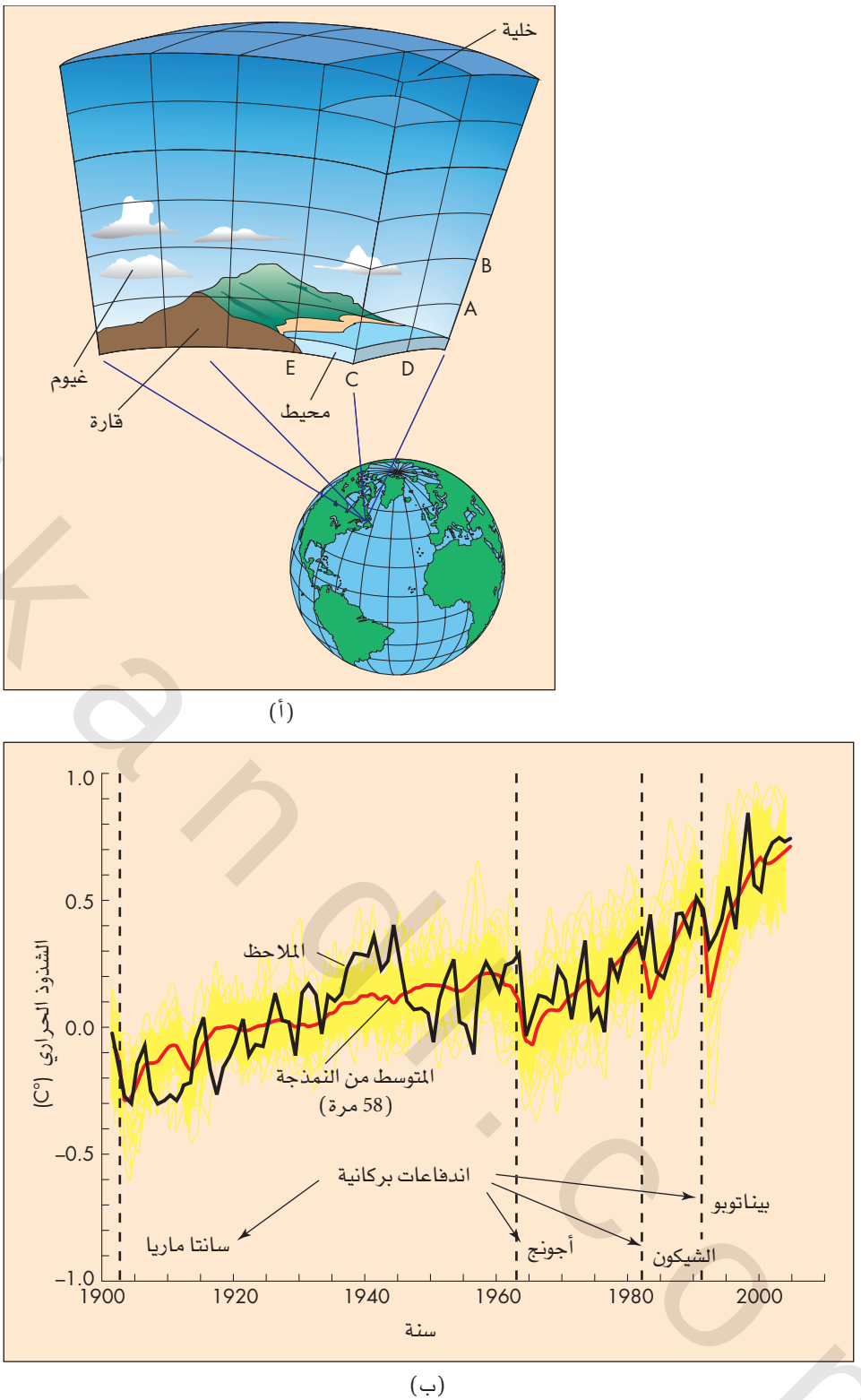
## EARTH'S ATMOSPHERE AND CLIMATE CHANGE

دراسة تغيّر المناخ عالميًّا هو بصورة كبيرة، دراسة للتغيرات في الجو والارتباطات بين الأغلفة الجوية والصخرية والمائية والحيوية، إذ يُعرّف **المناخ (Climate)** بأنه مجموعة الظروف الجوية المميزة، أي الطقس (*weather*)، في مكان أو منطقة ما في فترات تتراوح بين الفصول والسنوات والعقود، فقد يكون الطقس في منطقة ما معقدًا، ويتكوّن من أكثر من معدل الهطل والحرارة، مثلًا: أنماط الطقس المتطرفة أو غير المألوفة، المتمثلة في الأمطار الموسمية في أجزاء من الهند. يبين الشكل (16–5 أ) النطاقات المناخية الرئيسة للأرض، ويبيّن الشكل (16– 5 ب) تغيرات وعمليات مختارة تنتج النظام المناخي، وتحافظ على استمراريته.

ينتج الدوران على مستوى الأرض (global circulation) وحركة الكتل الهوائية في الغلاف الجوي، النطاقات المناخية الرئيسة، انظر الشكل (16– 6 أ)، حيث يرتفع الهواء الدافئ القريب من خط الاستواء، ويتحرك شمالًا وجنوبًا، وينحدر في العروض الوسطى (مكونًا الصحارى في بعض الأحيان)، ويرتفع الهواء مرة أخرى إلى ارتفاعات أعلى، ثمّ ينخفض أخيرًا في اتّجاه الأقطاب. الظروف الجوية في المنطقة الممتدة بين الأقطاب وخط الاستواء موضحة في الشكل (16– 6 ب).

التروبوسفير (troposphere) ، هو الجزء الأسفل والأكثر نشاطًا في الغلاف الجوي، حيث يتوافر الطقس، تركيب الغلاف الجوي مبين في الشكل (16–7). يتناقص كلّ من حرارة الهواء وتركيز الأكسجين مع زيادة الارتفاع في التروبوسفير، في أعلى التروبوسفير على ارتفاع متباين يتراوح من (18 km) تقريبًا فوق خط الاستواء إلى (7 km) فوق القطبين، فالمنطقة باردة جدًّا، وتبقى الحرارة ثابتة تقريبًا مسافات تمتد بضعة كيلومترات ضمن التروبوسفير، وتسمى (tropopause)، حيث تمثل الحرارة الثابتة مع القليل من حركة الهواء غطاءً على طبقات الجو السفلى النشطة (التروبوسفير)، ثم تزداد الحرارة في الستراتوسفير، وتنخفض مرة أخرى في الميزوسفير.يقع الجو كلّه (99%) على ارتفاع أقلّ من (30 km) تقريبًا.

obeikandl.com




**الشكل (16–4): نمذجة المناخ**

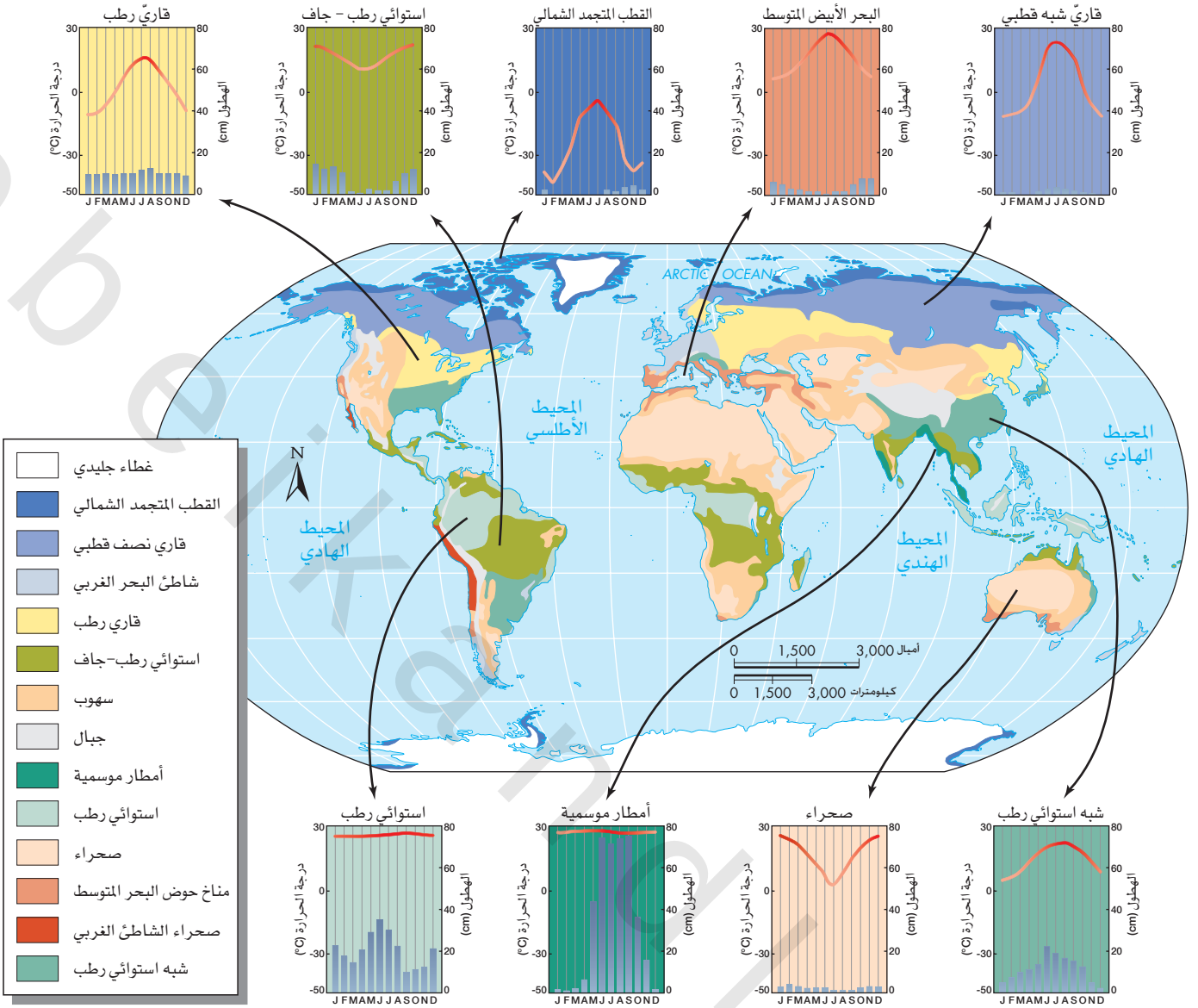
**Modeling Climate.**

(أ) شكل مثالي يوضح الخلايا المستعملة في نماذج المناخ. (ب) تغيرات الحرارة المشاهدة (سوداء) والتنبؤ بها من 1900م–2005م. معدّل القيم المتنبأ بها بالأحمر لـ (58)، محاكاة باستخدام (14) من النماذج المناخية المختلفة. اللون الأصفر هو التغيرات في المحاكاة.

*(IPCC, 2007, The Physical Science Basis: Working Group 1, Contributions to the Fourth Assessment Report, New York. Cambridge University Press)*

## الغلاف الجوي The Atmosphere

يمكن التفكير في غلافنا الجوي بوصفه مصنع كيميائيات معقدًا، تحدث فيه تفاعلات كيميائية يصعب فهمها، ويتأثر كثير منها بكل من ضوء الشمس والمركبات التي تنتجها الحياة، فالهواء الذي نتنفسه خليط من النيتروجين $N_2$ (78%)، والأكسجين $O_2$ (21%)، والأرغون Ar (0.9%)، وثاني أكسيد الكربون $CO_2$ (0.03%)، والعناصر الشحيحة الأخرى (أقل من 0.07%)، ويحتوي الهواء أيضًا على مركبات أخرى، مثل الميثان والأوزون وأول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين والكبريت وكبريتيد الهيدروجين والهيدروكربونات ودقائق متباينة، كثير منها ملوثات شائعة للهواء.




**الشكل (16–5): مناخ العالم (Climates of the world).** (أ) الحرارة والهطل المميزان. مثلث الحرارة بالخط الأحمر والهطل بصورة أعمدة. (أ) *(Modified after Marsh, W. M. and Dozier, J.,* Landscapes: An Introduction to Physical Geography, *Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, copyright ® 1981)* (ب) شكل مثالي يبين المركبات المعقدة المرتبطة، وتغيرات نظام المناخ، التي تنتج المناخ في العالم، وتبقي عليه وتغيره *(IPCC, 2007, The Physical Science Basis: Working Group 1, Contributions to the Fourth Assessment Report, New York. Cambridge University Press)*

بخار الماء الذي يتراوح بين (4% – 0) حجمًا في الغلاف الجوي السفلي، الجزء الأكثر تغيّرًا بين مكوّنات الغلاف الجوي.

بعد إعطاء هذه المقدمة المختصرة عن الجو والطقس، سنناقش الآن الاحترار العالمي الناتج عن البشر، من خلال تأثيرات البيت الزجاجي، وتاريخ وعملية تغيّر الحرارة عالميًّا، والعواقب المحتملة المترتبة على ذلك.

## 4-16 الاحترار العالمي

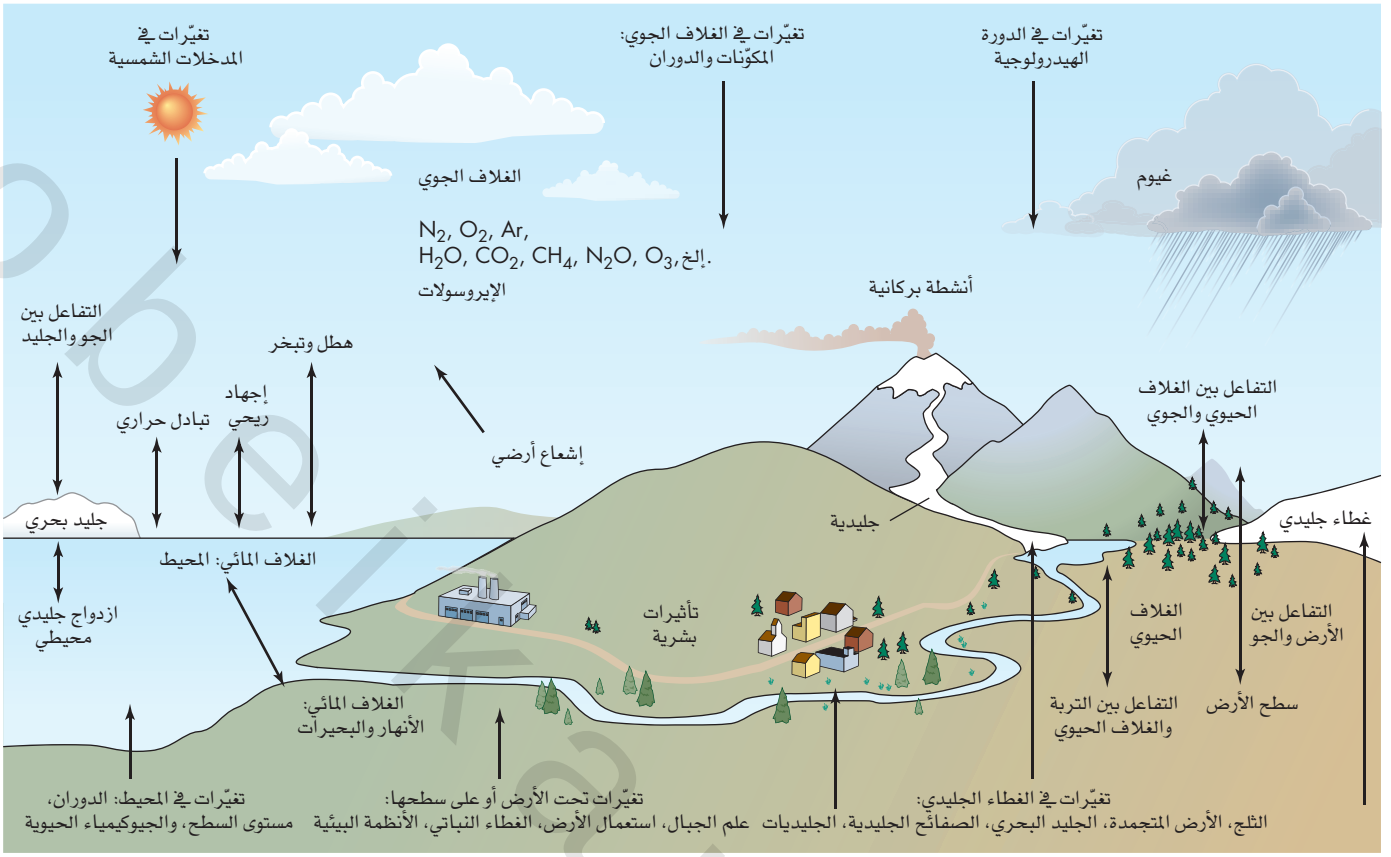
## GLOBAL WARMING

يعرّف الاحترار العالمي بأنّه التغيّر المناخي، الذي يتسبّب في زيادة حرارة أسفل الغلاف الجوي. والاحترار العالمي من منشأ بشري، هو الزيادة المشاهدة (باستخدام القياسات المسجلة بالأجهزة الحديثة) في معدل حرارة الجو القريب من الغلاف الجوي، وبيئة اليابسة، وبيئة المحيط في الأرض خلال ألـ (50) سنة الأخيرة، نتيجة نشاط الإنسان، إذ يزداد الدليل على أنّنا الآن في فترة احترار عالمي، ناتج عن حرق كميات هائلة من الوقود الأحفوري، فهل يعني هذا، أنّنا نعاني احترارًا عالميًّا ناتجًا عن البشر؟ يعتقد كثير من العلماء الآن، أنّ عمليات البشر إضافة إلى العمليات الطبيعية، تسهم بصورة كبيرة في الاحترار العالمي[4]. [5]. [6].

### تأثير البيت الزجاجي (غازات الدفيئة)

### The Green House Effect

تتحدد حرارة الأرض في أغلبها بعوامل ثلاثة، هي: كمية ضوء الشمس التي تستقبلها الأرض، وتلك التي تعكسها ولا تمتصها، وما يحتفظ به الغلاف الجوي من الحرارة التي يعاد إشعاعها[5].




(ب)

**الشكل (16–5)** : تكملة

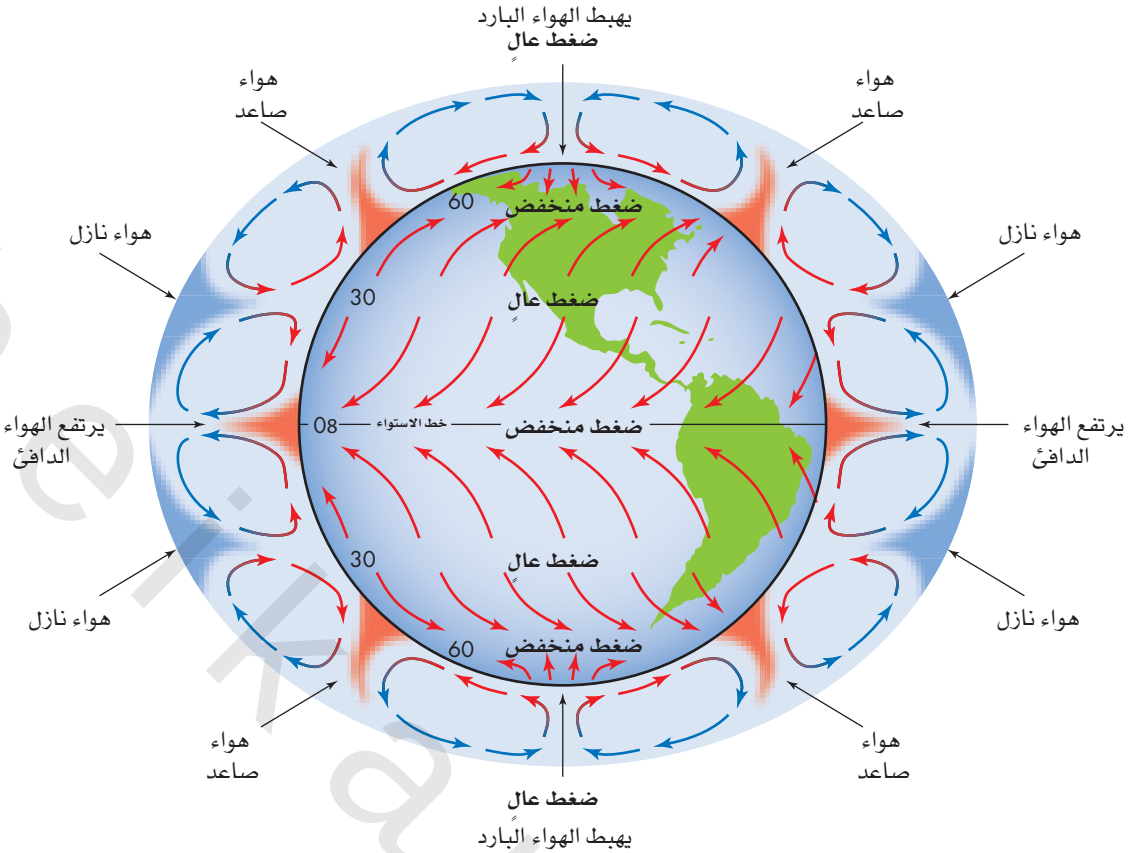
يبين الشكل (16–8) أساسيات موازنة طاقة الأرض، التي تمثّل الاتزان بين الطاقة القادمة إلى الأرض وتلك الخارجة منها.

ميزانية طاقة الأرض (*Earth's energy balance*) اليوم غير متزنة قليلًا، حيث إنّ الطاقة الآتية من الشمس وتُنفق في الفضاء أكثر بـ ($1\ W/m^2$)، والطاقة التي نتحدث عنها بـ $W/m^2$، هي طاقة لكلّ وحدة زمن (جول/ثانية) لكلّ وحدة مساحة ($m^2$)، ووحدات $W/m^2$ هي قدرة لكلّ وحدة مساحة، إلّا أنّنا نتحدث عنها بوصفها طاقة شمسية، فوحدات $W/m^2$ شائعة الاستعمال في الاحترار العالمي والتغيّر المناخي[4]، [5]، [6].

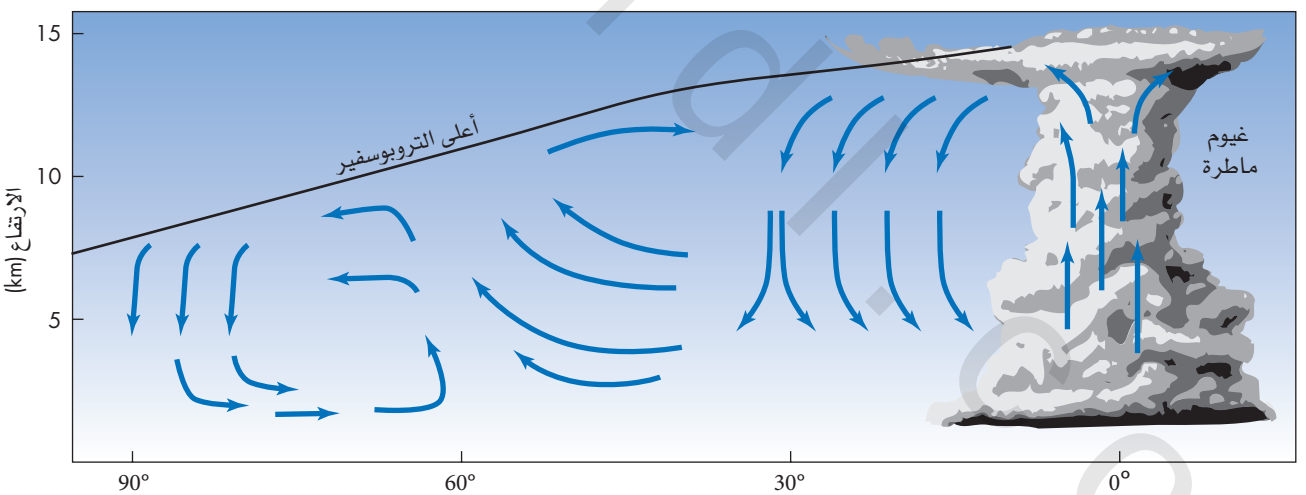
تتلقى الأرض طاقتها من الشمس على صورة إشعاع كهرومغناطيسي. يبين الشكل (16–9) الأنواع المختلفة من طاقة الأشعة الكهرومغناطيسية. الإشعاع من الشمس، هو موجات قصيرة نسبيًّا، ويمكن رؤية معظمها، بينما إشعاع الأرض موجات طويلة نسبيًّا من الأشعة تحت الحمراء، انظر الشكل (16–10)، فكلما كان الجسم أكثر سخونة سواء أكان الشمس، أو الأرض، أو الصخر، أو البحيرة، كانت الطاقة الكهرومغناطيسية التي يطلقها أكثر، فالشمس بحرارتها السطحية البالغة (5800°C) (10472°F)، إشعاعها الطاقي لكلّ وحدة مساحة أكثر من إشعاع الأرض، التي يبلغ معدل حرارتها السطحية 15°C (59°F).

تدفئ الطاقة الشمسية الممتصة جو الأرض وسطحها، اللذين يعيدان إشعاع الطاقة إلى الفضاء، بوصفه أشعة تحت حمراء، ويميل بخار الماء وغازات جوية متعددة أخرى، (مثل أد ($CO_2$) والميثان والكلوروفلوريد الكربون (CFCs)، والكيميائيات، التي يصنعها الإنسان والمستخدمة في مكيفات الهواء والثلاجات) إلى أن تحجز الهواء أو تصطاده، أي إنّها تمتص بعض الطاقة التي يشعّها سطح الأرض، وعليه، تصبح أكثر دفئًا، ونتيجة لذلك تكون طبقات الجو السفلى للأرض أكثر دفئًا بصورة كبيرة، ممّا لو كان الإشعاع الهارب إلى الفضاء كلّه، دون هذه الخطوة المتوسطة من الامتصاص والاحترار النوويين، وهذا التأثير مشابه نوعًا ما للحرارة في البيت الزجاجي؛ لذا، يُسمى **تأثير البيت الزجاجي (greenhouse effect)**، انظر الشكل (16–11).

من المهم أن نفهم، أنّ تأثير البيت الزجاجي ظاهرة طبيعية حدثت منذ ملايين السنين على الأرض، إضافة إلى كواكب أخرى في النظام الشمسي، فلولا الطاقة المحجوزة في الفضاء، لكانت الأرض أكثر بردًا مما هي عليه الآن، ولكان ماؤها السطحي كلّه متجمّدًا، وعلى الرغم من أنّ معظم احترار البيت الزجاجي ينتج عن بخار الماء وجسيمات الماء الصغيرة في الجو، إلّا أنّ الاحترار العالمي المتوقع الناتج عن نشاط الإنسان، يرتبط بثاني أكسيد الكربون والميثان وأكاسيد النيتروجين وكلورفلوريد الكربون، وقد زادت في السنين الأخيرة تراكيز هذه الغازات الجوية والمكونات الأخرى، باستمرار نتيجة أنشطة الإنسان، حيث تميل هذه الغازات إلى امتصاص الأشعة تحت الحمراء من الأرض، ومن ثمّ تكوين فرضية تقول: إنّ الأرض تزداد حرارتها لزيادة كميات ما يسمّى غازات البيت الزجاجي (الدفيئة). يبين الجدول (16–1) تسارع الزيادة في الغازات الجوية؛ بسبب الانبعاثات الناتجة عن نشاط الإنسان، ودرجة إسهامها في المركبة الأنثروبوجونية (*anthropogonic*)، أو تلك التي سبّبها نشاط الإنسان من تأثيرات غازات الدفيئة. لاحظ أنّ ثاني أكسيد الكربون ينتج (60%) من الإسهام النسبي.




(أ)

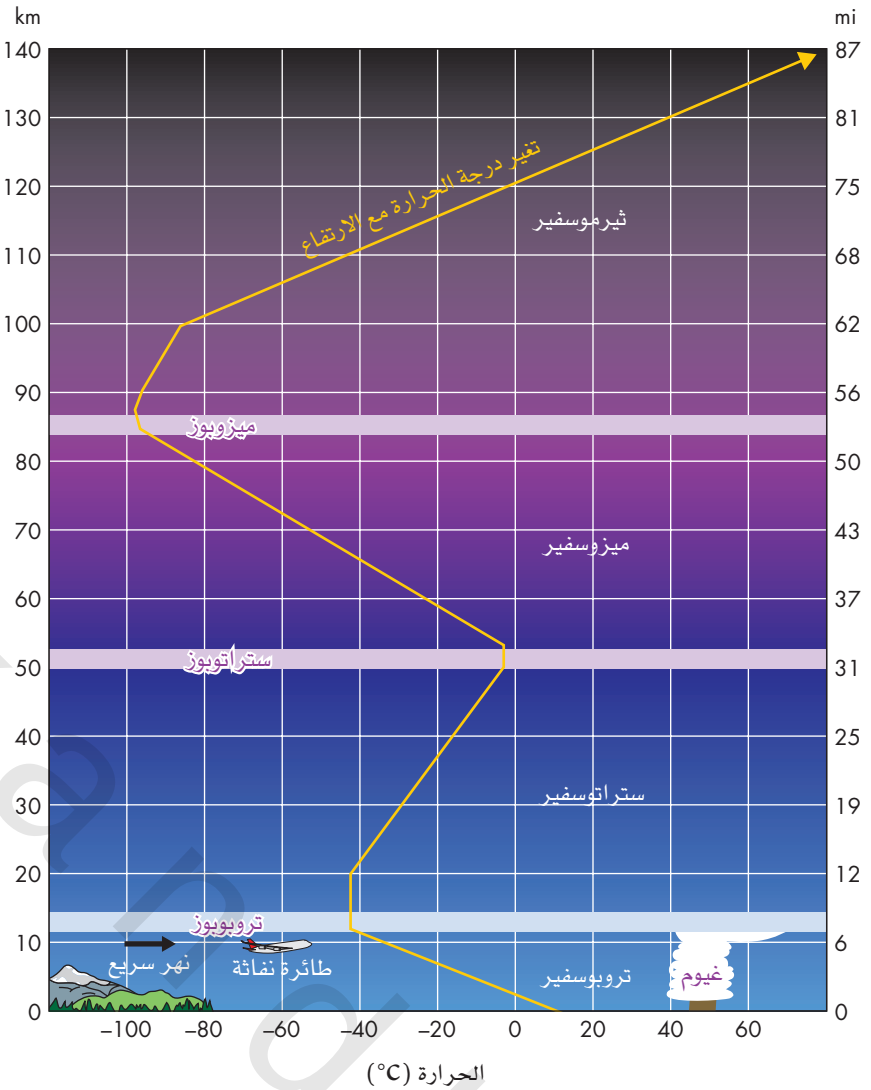



(ب)

**الشكل (16–6): الدوران الجوي (Atmospheric circulation)**. (أ) الدوران على مستوى الأرض لطبقات الجو السفلى. تبين مناطق ارتفاع الكتل الهوائية وانخفاضها. (ب) مناطق ارتفاع الكتل الهوائية وانخفاضها من خط الاستواء إلى الأقطاب.

(Keller, E. A., and Blodgett, R. H. 2006. Natural Hazards. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall)

openkandom.com




**الشكل (16–7): بنية الغلاف الجوي (Structure of the atmosphere)** طبقات الغلاف الجوي ومقطع حراري. يقع الجو في التروبوسفير على ارتفاع أقلّ من (11 km)، لكنه يتراوح بين (7 km) عند الأقطاب إلى (18 km) عند خط الاستواء. *(NOAA)*

تشير قياسات ثاني أكسيد الكربون المحجوز في فقاعات الهواء، في الصفيحة الجليدية للقارة المتجمدة الجنوبية، إلى أنّه خلال معظم الـ (160000) سنة الأخيرة، تغيرت تراكيز ثاني أكسيد الكربون الجوّي من أقلّ من (200) جزء في المليون إلى (300) جزء في المليون[5]، وقد سجلت أعلى هذه التراكيز خلال الفترات الجليدية الرئيسة، التي حدثت قبل (125000) سنة تقريبًا، وفي الوقت الحاضر، انظر الشكل (16–12أ)، وحدثت الفترات بين الجليدية (4) مرات خلال آخر (400000) سنة، إلى مرّة كلّ (100000) سنة تقريبًا، وقد كان تركيز ثاني أكسيد الكربون خلال كلّ من هذه الفترات في الجو، مشابهًا لتركيزه في آخر فترة بين جليدية قبل (125000) سنة تقريبًا، وفي بداية الثورة الصناعية، كان تركيز ثاني أكسيد الكربون الجوي (280) جزءًا في المليون تقريبًا، إذ أسهم حرق الوقود الأحفوري منذ عام 1860م في النمو الأسي لتركيزه. يبين الشكل (16–12ب) التغيّر من (1500–2000) ميلادية.

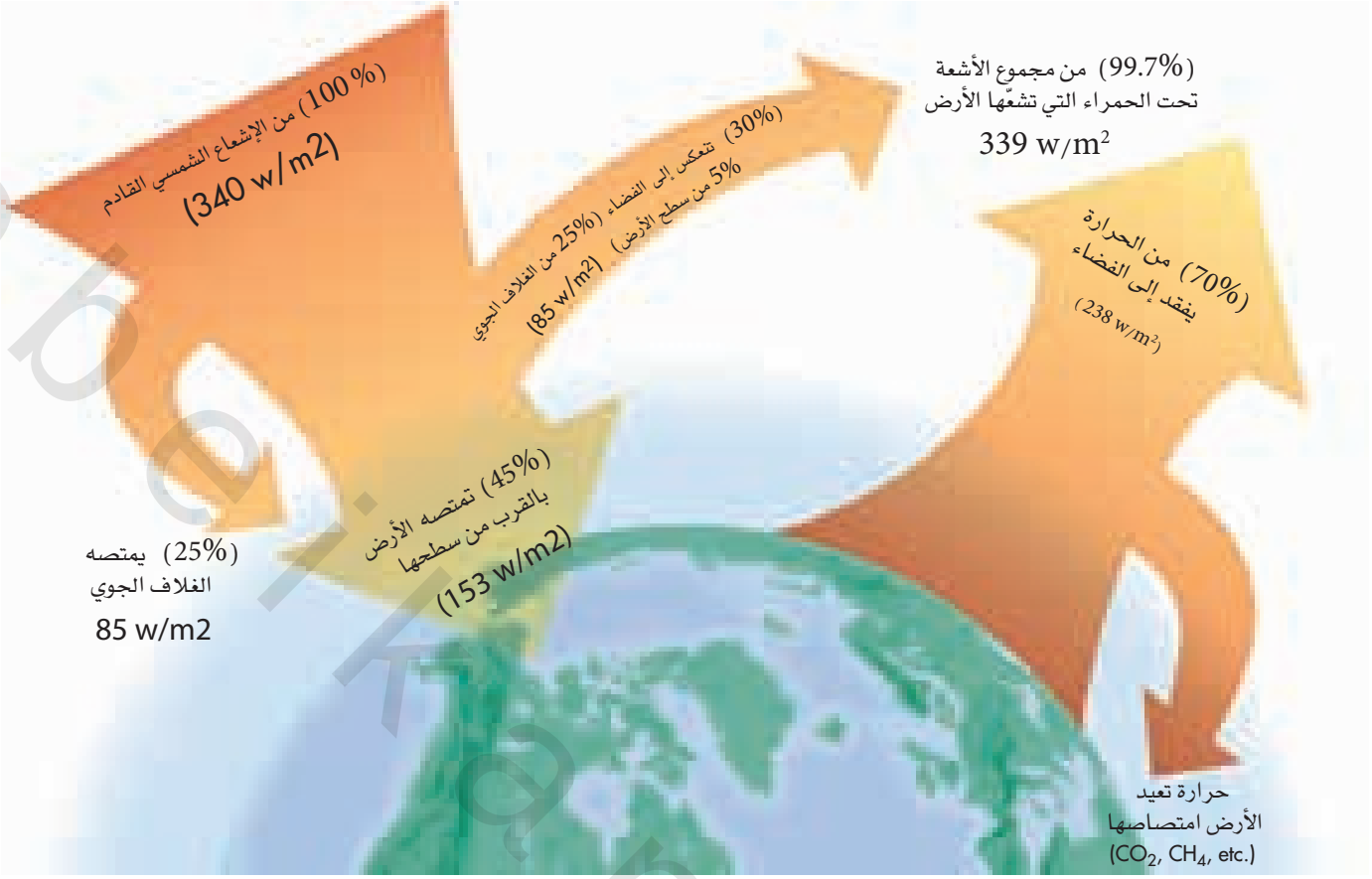
المعطيات قبل منتصف القرن العشرين، هي من قياسات فقاعات الهواء المحجوزة في الثلج الجليدي، ويزيد تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو اليوم على (380) جزءًا في المليون، حيث يتوقع أن يصل إلى (450) جزءًا في المليون على الأقلّ– أي مرة ونصف مستواه قبل الثورة الصناعية– بحلول عام 2050م. يبين الشكل (16–12جـ) التغيّرات في تركيز ثاني أكسيد الكربون الجوي في مونالو– هاواي، من منتصف القرن العشرين إلى اليوم، حيث تشير الدورات السنوية لثاني أكسيد الكربون إلى تراكيز أقل خلال الصيف، ناتجة عن زيادة طول (تطاول) فصل الصيف في نصف الكرة الشمالي، عندما تستخلص تقوم النباتات كمية أكبر من ثاني أكسيد الكربون من الجو، خلال عملية التمثيل الضوئي.

## تغيّر الحرارة عالميًّا

## Global Temperature Changes

بدأت فترات البليستوسين الجليدية قبل مليوني سنة تقريبًا، ومنذ ذلك الوقت، حدثت تغيّرات متعددة في معدّل الحرارة السنوي للأرض. يبين الشكل (16–13) التغيّرات خلال آخر مليون سنة تقريبًا، باستخدام مقاييس زمنية مختلفة، حيث يوضّح المقياس الأول المليون سنة كلّها (الشكل 16–13أ)، التي حدثت خلالها تغيّرات مناخية رئيسة، شملت انحرافات مقدارها بضع درجات مئوية في معدل الحرارة، إذ تتطابق الحرارة المنخفضة مع الأحداث الجليدية الرئيسة، التي غيّرت اللاندسكيب كثيرًا، بينما ترتبط الحرارة

obeikandl.com




**الشكل (16–8): الميزانية السنوية لجريان الطاقة بين الأرض والشمس (Annual energy flow to earth from the sun).** توضيح للمركبة الصغيرة نسبيًا من الحرارة، من باطن الأرض إلى البيئة القريبة من سطحها. خلال آخر (50) سنة الطاقة الشمسية الآتية للأرض في وحدة الزمن لكلّ وحدة مساحة ($w/m^2$)، فاقت الطاقة الشمسية الخارجة منها بـ($1\ w/m^2$)

*(Modified after Pruitt, N. L., Underwood, L. S., and Surver, W. 1999. BioInquiry, Learning System 1.0, Making Connections in Biology, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; Hansen, J. 2004. Defusing the global warming time bomb. Scientific American 290 (3): 68-77).*

المرتفعة بالفترات بين الجليدية، حيث أصبحت الأحداث الجليدية

وبين الجليدية سائدة بصورة متزايدة في الشدة/ المقياس، وأوضحت توافر تغيّرات خلال فترات طولها (150000) و(18000) سنة.

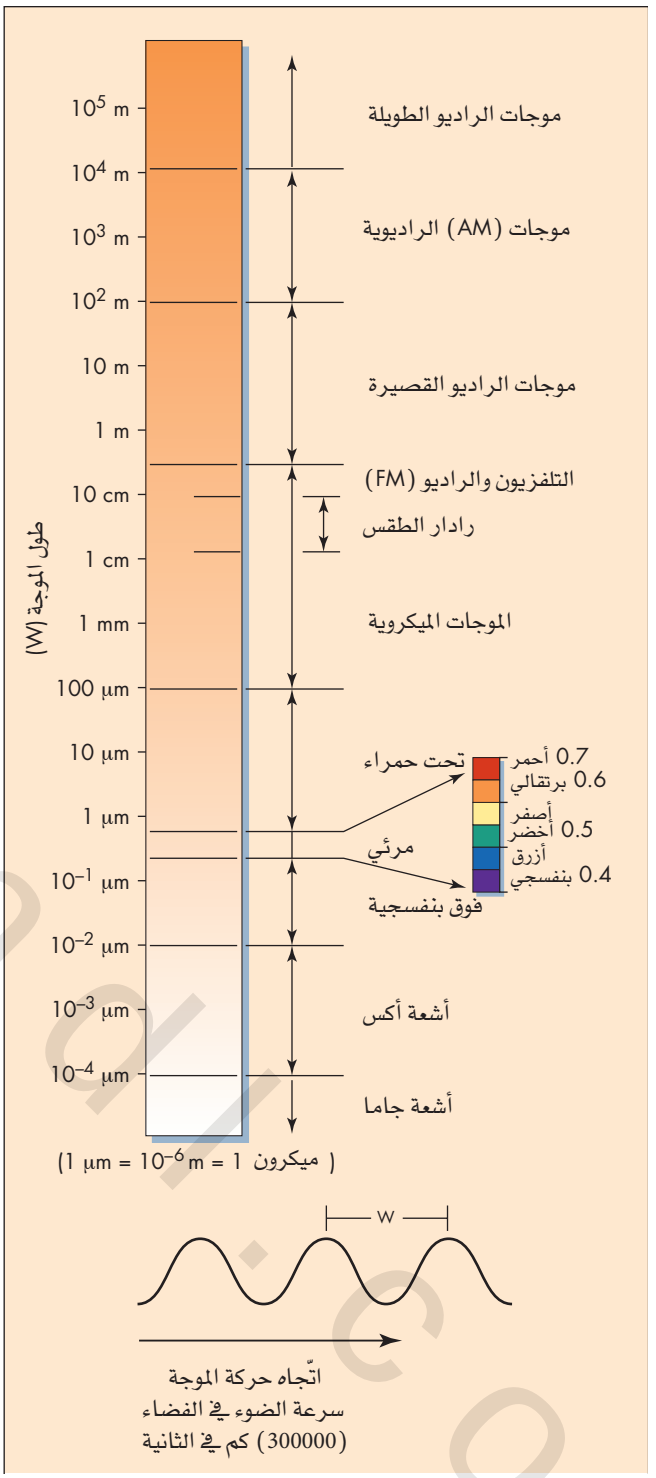
تسمّى آخر فترة بين جليدية رئيسة دافئة إيميان (Eimian)، وهي أكثر دفئًا من هذه الأيام، انظر الشكل (16–13ب)، فخلال هذه الفترة كان ارتفاع مستوى سطح البحر أعلى مما هو عليه الآن ببضعة أمتار، وقد تبع احترار سريع الفترة الباردة التي سادت قبل (11500) سنة، المعروفة بالدرايا الحديثة، وصولًا إلى أقصى الهولوسين، الذي سبق العصر الجليدي الصغير (Little Ice Age)، انظر الشكل (16–13جـ).

يبين مقياس ألـ (1000) سنة نزعات عدّة من الاحترار والتبرّد، أثّرت في البشر (الشكل 16–13د)، فمثلًا: سمحت فترة احترار رئيسة من (1100–1300) ميلادي تقريبًا، للفايكنج باستعمار آيسلندا وجرينلند وأقصى شمال أمريكا الشمالية، وهجر الفايكنج مستعمراتهم في أمريكا الشمالية وأجزاء من جرينلند، عندما حدث تقدم ثانوي في الجليديات قرابة (1400) سنة بعد الميلاد، في فترة باردة تسمّى العصر الجليدي الصغير.

سنة 1750م تقريبًا، بدأت فترة احترار واضحة استمرت إلى 1940م تقريبًا، حيث انخفضت بعدها الحرارة قليلًا، وخلال آخر 140 سنة اتضح توافر تغيّرات أكثر، كان أوضحها ما حدث عام 1940م (الشكل 16–13 هـ)، إذ يتّضح من السجل ازدياد معدّل الحرارة السنوي على مستوى الأرض قرابة (0.8°C) درجة (1.4°F) خلال آخر (100) سنة، حيث حدثت معظم الزيادة منذ عام 1970م، وقد كان عقد 1990م وأول (8) سنوات من القرن الحادي والعشرين الأكثر دفئًا (حرارة)، منذ مراقبة الحرارة عالميًّا[5]، وقد تصبح هذه الفترة معروفة بزيادة الحرارة في بداية القرن الواحد والعشرين. يدرج الجدول (16–2) الأدلة على الاحترار الحديث.

## لماذا يتغيّر المناخ؟
## Why does the climate change?

السؤال الذي يحتاج إلى إجابة هو: لماذا يتغيّر المناخ؟ اختبار الشكل (16–13) يقترح أنّ هناك دورات من التغيّر تستمر (100000) سنة، تنفصل بفترات أقصر تتراوح في مدّتها بين (20000 إلى 40000) سنة، كان ميلوتين ميلانكوفتش أوّل من تعرّف إلى هذه الدورات عام 1920م، حيث وضع فرضية لشرح تغيّر المناخ، وقد أيقن أنّ الأرض تدور مثل الغطاء التراوحي، وغير قادرة على البقاء في موقع ثابت بالنسبة إلى الشمس، فيحدد عدم الاستقرار هذا جزئيًّا كمية ضوء الشمس التي تصل إلى الأرض، وترفع حرارتها، واكتشف أنّ التغيّر في مدار الأرض حول الشمس، يتم على دورات طولها (100000) سنة، يمكن مقارنتها بالفترات الجليدية المبينة في الشكل

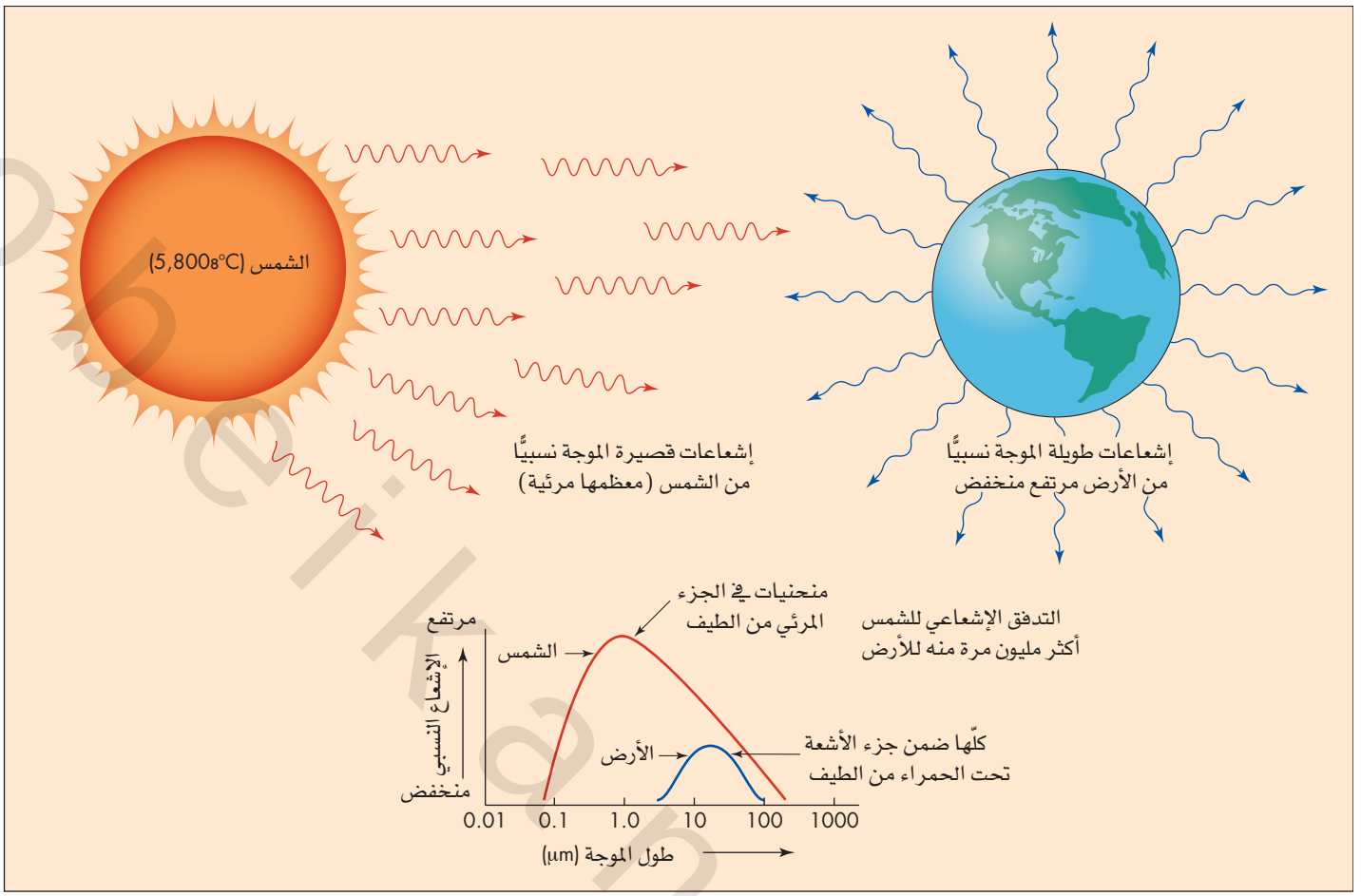



**الشكل (16–9): الطيف الكهرومغناطيسي (The electromagnetic spectrum).** المدى في طول الموجة (W)، المسافة بين قمتي موجتين متتاليتين كبيرة، من جزء يتراوح من مليون من المتر للأشعة السينية وأشعة جاما، إلى مئات آلاف الأمتار لأمواج الراديو الطويلة.

(16–13). ويتغيّر مدار الأرض من بيضوي دائري إلى بيضوي أكثر تطاولًا (متطاول)، خلال دورة الأرض في (100000) سنة، فعندما كان المدار أكثر بيضوية، كان الشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض أكثر من الشعاع الذي يصلها، عندما يكون مدار الأرض حول الشمس أكثر دائرية، وتنتج دورات ألـ (40000) وألـ (20000) سنة تقريبًا، من التغيّرات في انحراف محور الأرض وتمايله بالترتيب، وعلى الرغم من أنّ دورات ميلانكوفتش تعيد إنتاج معظم الدورات طويلة الأمد، الملاحظة في المناخ، ولها تأثير مهم فيه، إلّا أنّها غير كافية لإنتاج التغيّرات المناخية الكبيرة على مستوى الأرض كلها، وعليه، يجب أن تستخدم هذه الدورات إضافة إلى العمليات الأخرى، لشرح التغيّرات المناخية العالمية، أي إنّ دورات ميلانكوفتش التي ترغم المناخ على التغيّر في اتّجاه أو آخر، يمكن أن تنتج تغيرًا في المناخ[9]، [10]. سنهتم الآن بمفهوم الإرغام (Forcing) بصورة أكثر تفصيلًا.

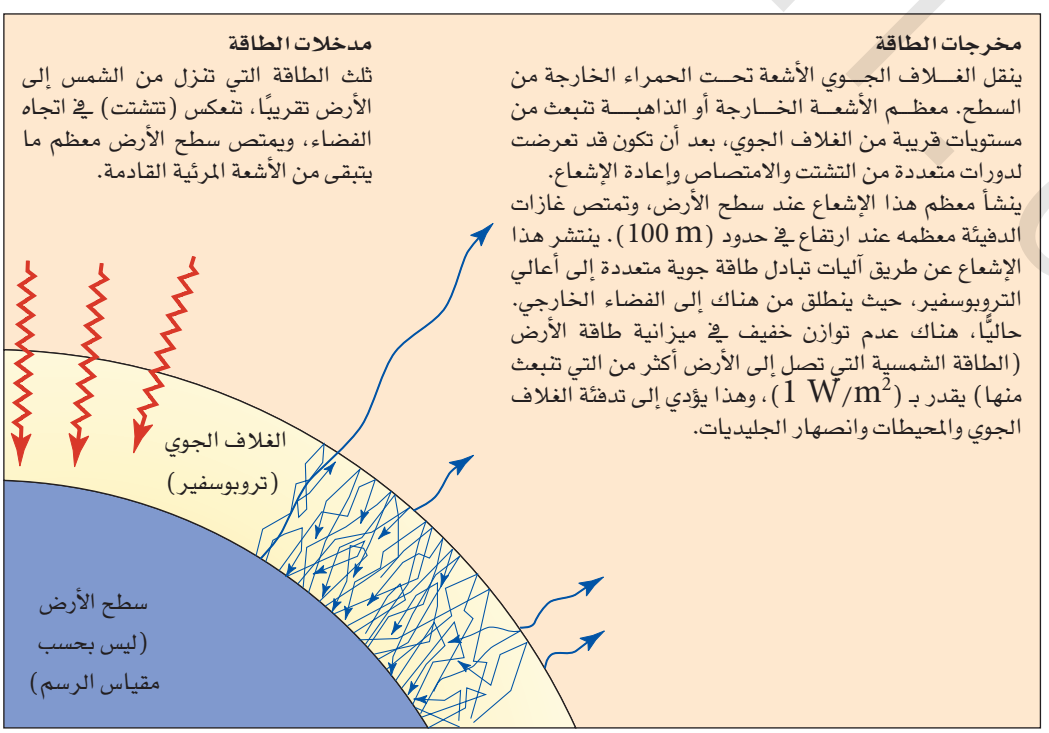
يعرّف **الإرغام المناخي (climate forcing)**، بأنّه تغيّر مفروض على ميزانية طاقة الأرض، وحداتها $w/m^2$ ، ويمكن أن تكون موجبة إذا زاد الإرغام معدل حرارة الأرض، أو سالبة إذا نقصت حرارة الأرض، مثلًا: إذا كانت الطاقة من الشمس في ازدياد، تصبح الأرض أكثر دفئًا (وهذا إرغام مناخي موجب)، وإن كان على ثاني أكسيد الكربون $CO_2$ أن ينقص، متسببًا في تبريد الأرض، فهذا مثال على الإرغام المناخي السالب[10]، وتشير حساسية المناخ (*climate sensitivity*) إلى استجابة المناخ لإرغام مناخي معين، بعد الوصول إلى اتزان جديد، وزمن الاستجابة المناخية (*climate response time*)[11]، هو الزمن اللازم للإرغام بالحدوث، والعاقبة المهمة للإرغام المناخي، هي أنّه إذا أثّرت كمية قليلة من الإرغام مدة زمنية طويلة، فيمكن أن يؤدي ذلك إلى حدوث تغيّر مناخي كبير.[4] يبين الشكل (16–14) الإرغام المناخي الذي أنتج آخر عصر جليدي، قبل (22000) سنة (last glacial max)[4]، [11]. لاحظ أنّ ($1\ W/m^2$)ينتج تغيرًا حراريًّا مقداره (0.75°C). الإرغام المناخي في العصر الصناعي مبين في الشكل (16–15)، حيث يبلغ الإرغام الإجمالي الموجب قرابة ($1.6\ W/m^2$)، معظمها من الغازات الدفيئة ($CO_2$، $CH_4$، $N_2O$). انبعاثات هذه الغازات مبينة في الشكل (16–16)، وقد تزايدت هذه الغازات جذريًّا خلال آخر (100) سنة[5].

نعتقد الآن، أنّ نظامنا المناخي قد يكون غير مستقر بصورة متوارثة، وقادر على التغيّر بسرعة من حال إلى أخرى في أوقات قصيرة تقاس بعقود، إلّا أنّ التغيرات المناخية القصيرة جدًّا وتلك المفاجئة غير محتملة، وحزام المحيط الناقل جزء مما يقود نظام الطقس/ المناخ وتغيّره المحتمل، وهو دوران على مستوى الأرض كلها لمياه المحيط، يتميز بحركات قوية في اتّجاه الشمال من (12° – 13°C)(53°–55°F) للمياه القريبة من السطح في المحيط الأطلسي، تبرد إلى (2°–4°C) (35°–39°F)، عندما تصل إلى جرينلاند، انظر الشكل (16–17)، فعندما يبرد الماء يصبح أكثر ملوحة، وهذا يؤدي إلى زيادة كثافة الماء، ما يتسبّب في هبوطه إلى القاع. إذن، يجري التيار جنوبًا حول إفريقيا، ويتصل بنمط التيارات المحيطية الكونية، إذ يبلغ الجريان في تيار هذا الحزام الناقل (100) ضعف الجريان في أنهار الأمازون، وكمية الماء الدافئ والحرارة التي تُطلق إلى الجو إضافة إلى التأثير القوي لهواء الشتاء الدافئ نسبيًّا، الذي يتحرك إلى الشرق وشمال الشرق عبر المحيط الأطلسي، كافٍ لإبقاء شمال أوروبا (8.5° – 17°F) (17–5° – 10°C) أكثر دفئًا، فيما لو لم يكن الأمر كذلك، وإذا كان على الحزام الناقل أن يغلق، فسيكون لهذا تأثير في مناخ أوروبا، إلّا أنّ التأثير لن يكون كارثيًّا بالنسبة إلى بريطانيا وفرنسا، من خلال إنتاج ظروف مفرطة من البرودة وظروف جليدية[13].




**الشكل (16–10): الأرض–الشمس (earth-sun)**. شكل توضيحي يقارن بين انبعاثات الطاقة من الشمس والأرض. لاحظ أنّ الانبعاثات الشمسية أطوال موجاتها قصيرة نسبيًا، بينما الانبعاثات الأرضية موجاتها أطول.

*(Modified after Marsh, W. M., and Dozier J.* Landscapes: An Introduction to Physical Geography. *Copyright 1981. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons)*




**الشكل (16–11): تأثير غازات الدفيئة (greenhouse effect).** شكل توضيحي يبين تأثير غازات الدفيئة. يمتص سطح الأرض الإشعاع الشمسي المرئي، ما يؤدي إلى رفع درجة حرارته، بعدها تنبعث الأشعة تحت الحمراء عند سطح الأرض بوصفها إشعاعًا أرضيًّا للغلاف الجوي والفضاء الخارجي. معظم الأشعة تحت الحمراء، التي تنبعث من الأرض يمتصها الغلاف الجوي. ما يؤدي إلى تدفئته والمحافظة على استمرارية غازات الدفيئة.

*(Developed by M. S. Manalis and E. A. Keller , 1990)*

obeikandl.com

**الجدول (16–1): سرعة الزيادة والإسهام النسبي لغازات عدّة في تأثير غازات الدفيئة بفعل الإنسان.**

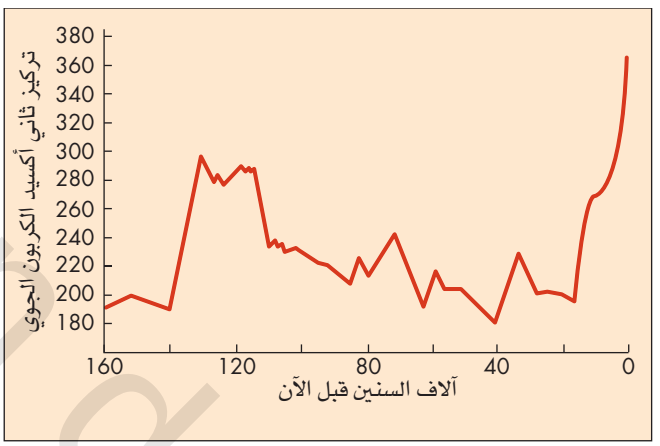
| | نسبة الزيادة (% كل سنة) | الإسهام النسبي (%) |
|---|---|---|
| $CO_2$ | 0.5 | 60 |
| $CH_4$ | أقلّ من 1 | 15 |
| $N_2O$ | 0.2 | 5 |
| $O_3^1$ | 0.5 | 8 |
| CFC-11 | 4 | 4 |
| CFC-12 | 4 | 8 |

[1] في التربوسفير

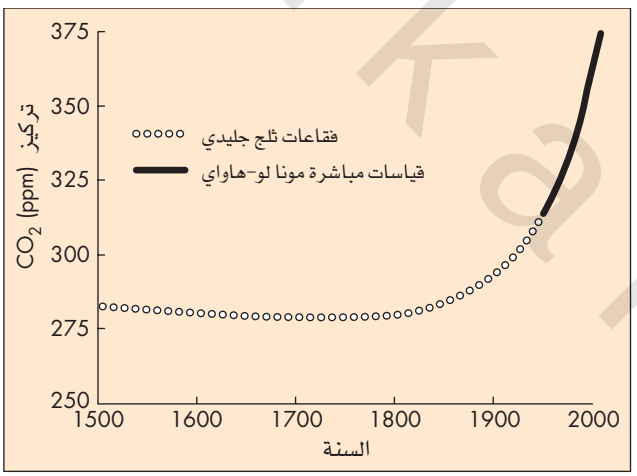
[2] CFC - كلوروفلوروكربون (مادة كيميائية من صنع الإنسان)

المصدر: البيانات من رودهي. هـ. 1990. مقارنة بين مساهمة غازات متنوعة في ظاهرة الدفيئة. العالم 248: 1218. الجدول 2. حقوق الطبع 1990 محفوظة (AAAS)

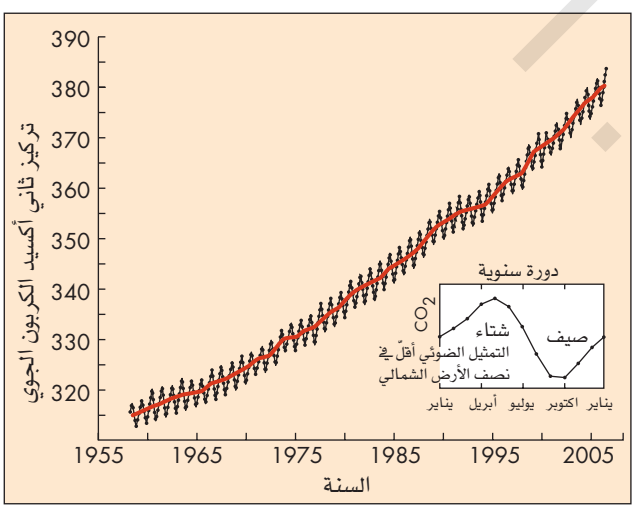
على الرغم من عدم توافر تأكيدات علمية، إلّا أنّه يمكن القول إنّ: (1) هناك تأثير بشري واضح على مناخ الأرض كلها. (2) يحدث الآن احترار. (3) من المحتمل زيادة معدّل حرارة سطح الأرض بين (1.5° – 4.5°C) (2.6° – 7.8°F)، خلال القرن الـ (21). تنتج مركبة تأثير الإنسان في الاحترار العالمي، عن ازدياد الانبعاثات الغازية التي تنزع لاحتجاز الحرارة في الجو، وهناك سبب جيّد للجدل، أنّ الزيادات في ثاني أكسيد الكربون وغازات الدفيئة الأخرى، ترتبط بالزيادة في معدل حرارة الأرض على المستوى العالمي، حيث كان هناك ارتباط قوي خلال مئات أو آلاف السنين الأخيرة، بين تركيز ثاني أكسيد الكربون الجوي والحرارة العالمية، انظر الشكل (16–18)، وعندما كان تركيز ثاني أكسيد الكربون مرتفعًا، كانت الحرارة عالية أيضًا، وبالعكس، التراكيز القليلة من ثاني أكسيد الكربون قورنت بحرارة منخفضة على مستوى سطح الأرض، ونحتاج حتى نفهم الاحترار العالمي بصورة أفضل، إلى أن نفهم **المتغيّرات الرئيسة للإرغامات المختلفة (major forcing variables)**، التي تؤثر في الاحترار العالمي، مثل الانبعاثات الشمسية والاندفاعات البركانية والمدخلات البشرية.




(أ)



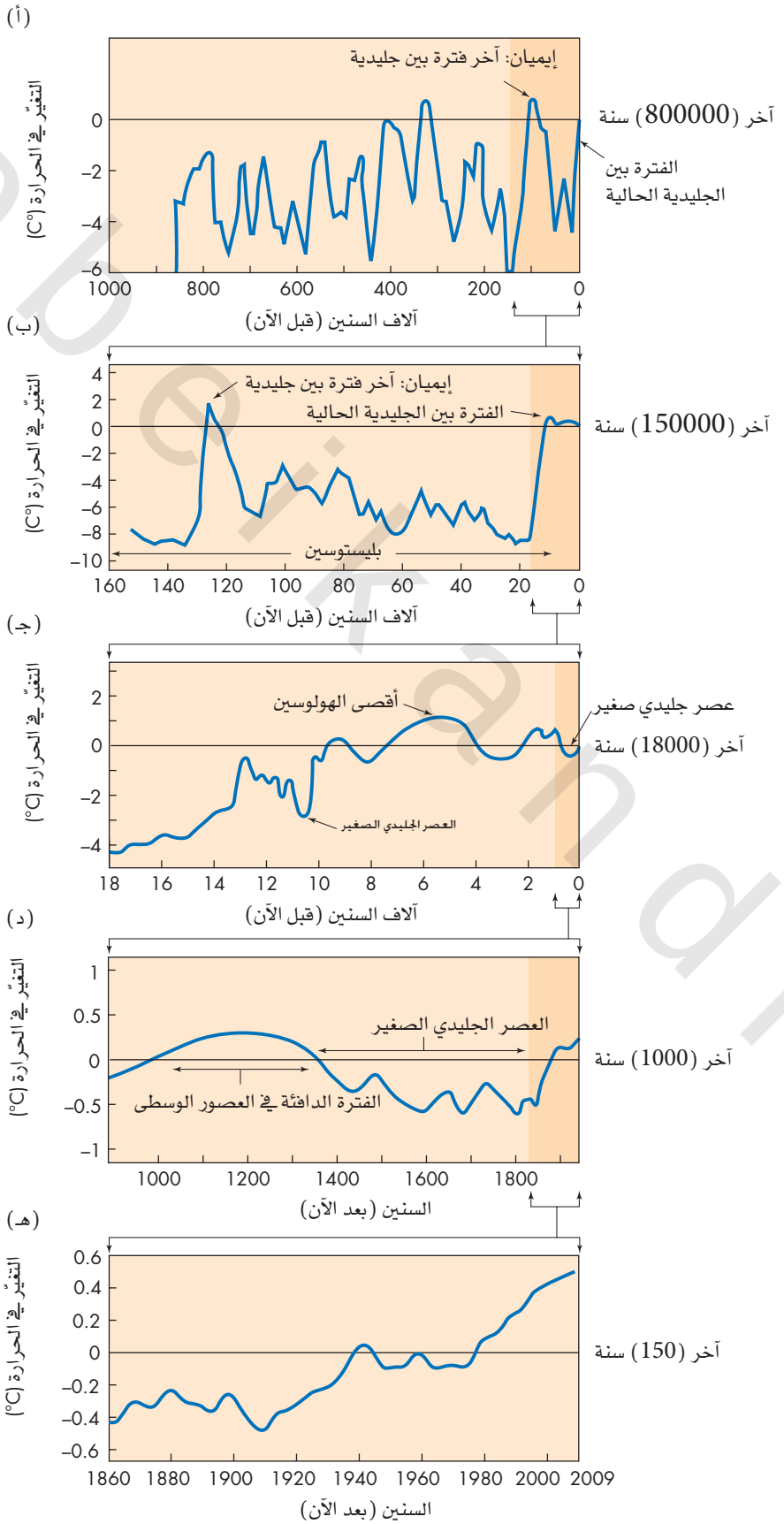

(ب)




(جـ)

**الشكل (16–12): ثاني أكسيد الكربون في الجو (carbon dioxide in the atmosphere).** (أ) تركيز ثاني أكسيد الكربون الجوي لآخر (160000) سنة، اعتمادًا على بعض الأدلة من القارة المتجمدة الجنوبية. المعلومات مأخوذة جزئيًا من *(Schneider, S. H. 1989, The changing climate, Scientific American 261: 74)* (ب) معدل تركيز ثاني أكسيد الكربون الجوي من (1500–2000) المعلومات مأخوذة جزئيًا من *(Post, W. M., et al., 1990, The global carbon cycle, American Scientist 78 (4): 210-26)* (جـ) تركيز ثاني أكسيد الكربون الجوي في مونا لو–هاواي. مصدر المعلومات *(Scripps Institute of Oceanography, NOAA, and C. D. Keeling, accessed 1/24/04 at www.mlo.noaa.gov)*

obeikandi.com



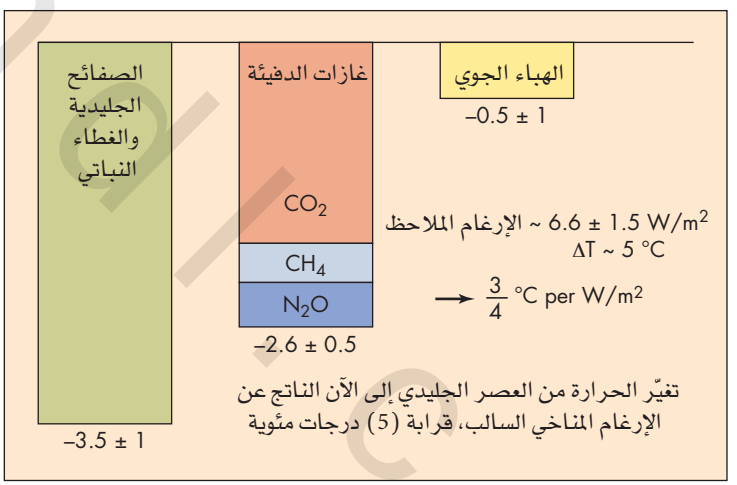

**الشكل (16–13): التغيّرات في حرارة الأرض (changes in global temperature).** التغيّرات في حرارة الأرض في فترات مختلفة، خلال آخر مليون سنة. الأشكال (أ– د) تمثل فترات زمنية تتراوح بين (1000) سنة و(100000) سنة. الارتفاع السريع تقريبًا بين 1900م–2008 م البالغ قرابة (0.9°C) مبين في الشكل هـ. لاحظ الارتفاع السريع جدًا منذ 1970م البالغ نحو (0.2°C) لكلّ عقد. ارجع إلى النصّ للتفاصيل.

(*Modified after University Corporation for Atmospheric Research, Office for Interdisciplinary Studies, 1991, Science Capsule, Changes in time in the temperature of the earth, EarthQuest 5 (1) , and the UK Meteorological Office, 1997, Climate change and its impacts: A global perspective.) )*

obeikandl.com

**الجدول (16–2): الأدلة المؤيدة للارتفاع العالمي في درجة الحرارة في أوائل القرن (21): معطيات الحرارة العالمية من الولايات المتحدة (NOAA) وأوروبا (WMO).**

| |
|---|
| ■ الاحترار منذ منتصف السبعينيات من القرن الماضي (1970م). |
| ■ بحسب المعطيات الجيولوجية التسعينيات من القرن الماضي (1990م)، كانت أكثر العقود حرارة خلال آخر (142) سنة وآخر (1000) سنة. |
| ■ أكثر (15) سنة حرارة، كانت منذ تسعينيات القرن الماضي. |
| ■ بحسب السجلات 2005م و2007م أكثر سنتين حرارة، تعقبهما سنة 1998م في الترتيب الثالث، و2002م و 2004م في الترتيب الرابع. |
| ■ كانت الولايات المتحدة عام 2003 أكثر برودة ورطوبة من المعدل في معظم الجزء الشرقي، وأكثر دفئًا وجفافًا في معظم الجزء الغربي منها، (10) ولايات غربية كانت أكثر دفئًا من المتوسط بصورة كبيرة: كانت هذه أكثر السنين دفئًا في نيومكسيكو، وكانت ألاسكا أكثر دفئًا خلال الفصول الأربعة، وكانت هذه السنة من ضمن آل (5) سنوات الأكثر دفئًا فيها (منذ البدء بأخذ قياسات عام 1918م). |
| ■ عانت أوروبا عام 2003م موجات صيفية حارة، وسجلت أعلى درجات حرارة في تاريخ إسبانيا وفرنسا وسويسرا وألمانيا، حيث توفي قرابة (15000) إنسان في موجات الحر في باريس خلال الصيف. |
| ■ الدفء مع الجفاف عام 2003م أسهم في التسبّب في حرائق كبيرة في كلّ من أستراليا، وجنوب كاليفورنيا، وكولومبيا البريطانية في كندا. |
| ■ ازداد متوسط حرارة الأرض عند السطح (0.2°C) لكلّ عقد منذ 1965م. |
| ■ عام 2008م كان الأكثر برودة منذ عام 2000م، لكنه يأتي في الترتيب التاسع من حيث الدفء منذ 1880م، بحسب السجلات كانت أكثر (10) سنين دفئًا خلال 1997م–2008م. |
| **ملاحظة:** إن مرور بضع سنوات من الحرارة العالية مع الجفاف وموجات الحر والحرائق الكبيرة، لا تُعدّ بحد ذاتها مؤشرًا على احترار عالمي طويل المدى. النزعة المستمرة من ازدياد الحرارة خلال عقود متعددة، دليل أقوى أنّ الاحترار العالمي حقيقي ويحدث فعلًا. |




**الشكل (16–14): الإرغام المناخي ($w/m^2$) خلال العصر الجليدي الأخير**

بتصرف بإذن من هانسن، جي، 2003. هل يمكننا نزع فتيل الإحرار العالمي؟ طبعة محررة من عرض مقدم إلى مجلس جودة البيئة، 12 يونيو، واشنطن العاصمة، وأيضًا العلوم الطبيعية http://www.naturalscience.com

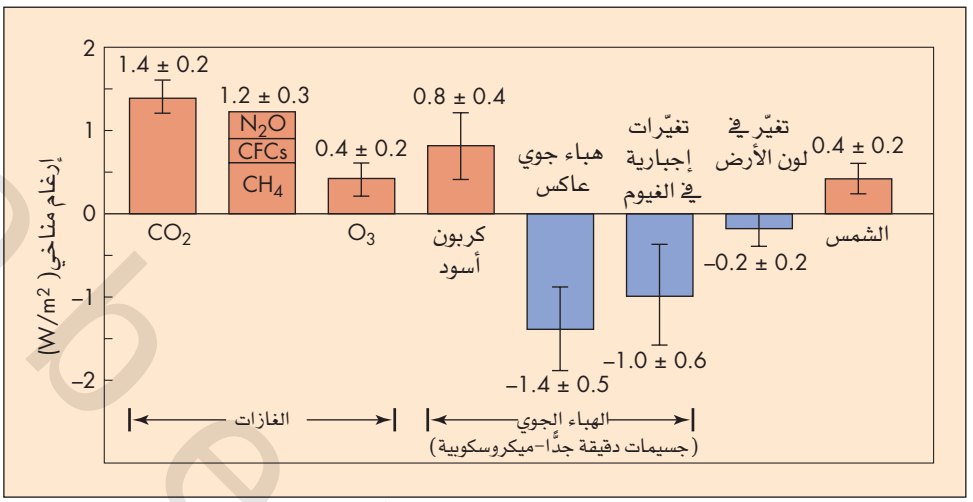
## الإرغام الشمسي solar forcing

لأنّ الشمس مسؤولة عن تدفئة الأرض، فيجب أن يُقيّم المتغيّر الشمسي بوصفه سببًا ممكنًا للتغيّر المناخي، فعندما نتفحص تاريخ المناخ خلال آخر (1000) سنة، نجد أنّ تغيّر الطاقة الشمسية له دور في ذلك، حيث يكشف فحص السجل الشمسي، أن الفترة المتوسطة الدافئة (Medieval 1000–1300) (Warm Period بعد الميلاد)، تمثّل وقتًا ازداد فيه الإشعاع الشمسي مقارنة بما نراه اليوم، وتشير التسجيلات أيضًا، إلى أنّ أدنى نشاط للشمس كان خلال القرن (14)، وتطابق هذا مع العصر الجليدي الصغير، انظر الشكل (16–13د)، لذلك يبدو أنّ تغيّر مدخلات الطاقة الشمسية للأرض، يشرح جزئيًّا التغيّر المناخي خلال آخر (1000) سنة، إلّا أنّ هذا التغيّر صغير نسبيًّا، ويشكل (0.25%) فقط، أي إنّ الفرق في الإرغام الشمسي بدءًا من الفترة الدافئة في العصور الوسطى إلى العصر الجليدي الصغير، هو فقط جزء من (1%)[14]، ومن غير المحتمل أن يكون لوهج الأشعة الشمسية تأثير كبير في الاحترار العالمي، منذ بداية عصر الثورة الصناعية[15].

## الإرغام البركاني volcanic forcing

عند اندفاع البراكين يمكنها أن تقذف كمّيات هائلة من المواد الدقيقة، التي تسمى آيروسولز (هباء جوي aerosol)، عاليًا في الجو (25–5 km)، فتنتقل جسيمات الهباء الجوي حول الأرض عن طريق الرياح القوية، وتعكس توافر كميات كبيرة من أشعة الشمس، وينتج عنها تبرد يمكن أن يعادل جزءًا كبيرًا من الاحترار المتوقع من تأثير غازات الدفيئة، مثلًا: يحتمل أنّ الهباء الجوي المتزايد فوق الولايات المتحدة (الناتج عن تلوث الهواء)، مسؤول عن حرارة متوسّطها درجة مئوية تقريبًا أكثر برودة ممّا يجب (لو لم تكن غازات الدفيئة متوافرة)، بذلك، يمكن أن يساعد التبريد الناتج عن الهباء الجوي على شرح الاختلافات بين نماذج محاكاة الاحترار العالمي ودرجات الحرارة المسجلة فعليًّا، حيث إنّ الأخيرة منخفضة أكثر من تلك التي تتوقعها النماذج[5]، [16].

openkanal.com




**الشكل (16–15): الإرغامات المناخية (Climate forcings)** في العصر الصناعي الذي بدأ عام 1750م. الإرغامات الموجبة دافئة والسالبة باردة، تسبب للبشر حديثًا إرغامات يفوق تأثيرها تأثير الإرغامات الطبيعية. والإرغام الكلي قرابة ($1.6 \pm 0.1\ W/m^2$)، ويتوافق مع الارتفاع المتوقع في حرارة الهواء السطحي خلال العقود الأخيرة.

(Modified after Hansen, J., 2003, NASSA Goddard Institute for Space Studies and Columbia University Earth Institute.)

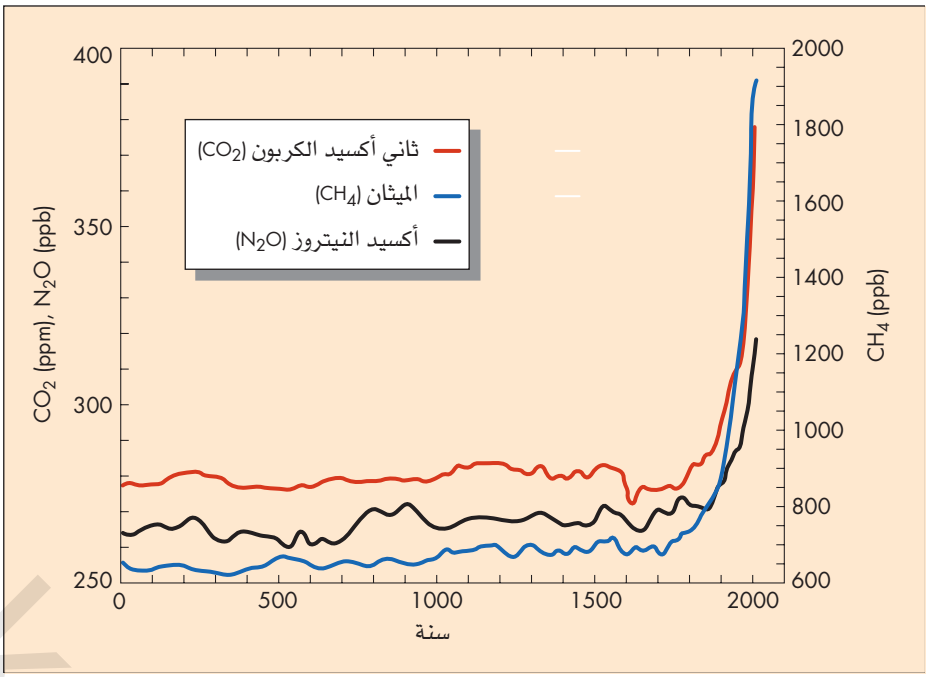
- تزايد غازات الدفيئة باستثناء الأوزون، عُرف من المشاهدات وفقاعات الهواء المحجوزة في الصفائح الجليدية، والزيادة في ثاني أكسيد الكربون $CO_2$ من (285) جزءًا في المليون عام 1850م إلى (368) جزءًا في المليون عام 2000م، دقيق بحدود (5) أجزاء في المليون، وتحويل هذا التغيّر في الغاز يعطي إرغامًا مناخيًا ($1.4\ W/m^2$)، من حساب الأشعة تحت الحمراء الخطأ بحدود (10%).
- ازدياد الميثان $CH_4$ منذ عام 1850م، بما في ذلك تأثيره في الماء والأوزون في الستراتوسفير $H_2O$، يتسبب في إرغام مناخي يبلغ نصف ذلك الذي يسببه ثاني أكسيد الكربون $CO_2$ تقريبًا، وتشمل مصادر الميثان $CH_4$ الرئيسة مكبات الطمر، وتعدين الفحم، والتسرب من خطوط نقل الغاز الطبيعي، وازدياد تعداد الحيوانات المجترة (مثل الأبقار)، وزراعة الرز، وإدارة النفايات، تناقصت نسبة نمو الميثان $CH_4$ في السنين الأخيرة.
- أوزون التروبوسفير $O_3$ في ازدياد، وقد خفّضت الولايات المتحدة وأوروبا انبعاثات الهيدروكربونات في السنين الأخيرة، لكنها ازدادت في الدول النامية.
- الكربون الأسود (الشحار)، ناتج عن الاحتراق غير الكامل، يمكن رؤيته على (أكزوستات) الشاحنات (التركات)، التي تسير على الديزل، وهباءات الكربون الأسود لم تُقس جيّدًا، وتأثيرها المناخي يقدّر من قياسات امتصاص الهباء الجوي الكلية، ويشمل هذا تأثير الشحار في تقليل انعكاسية الثلج والجليد.
- يشمل الهواء الجوي المنعكس من صنع الإنسان الكبريتات والنيترات والكربون العضوي وغبار التربة، وتشتمل مصادره على حرق الوقود الأحفوري والأنشطة الزراعية. الخطأ في التقديرات بالنسبة إلى مكوّنات الهباء الجوي المنعكسة (53%) بوصفه حدًّا أدنى.
- يصعب حساب التأثيرات غير المباشرة للهباء الجوي في خصائص الغيوم، لكن، واعتمادًا على قياسات الأقمار الصناعية، فهناك ارتباط ثابت ومستمر بينهما، ويقدر صافي هذا الأثير بـ ($-1\ W/m^2$)، حيث تبلغ نسبة الخطأ هنا (50%) على الأقل.

تضيف الاندفاعات البركانية نوعًا من الشك في التنبؤ بالحرارة عالميًّا، على سبيل المثال: كيف كان تأثير التبرد على اندفاع جبل بيناتوبو عام 1991م في الفلبين؟ أرسلت الانفجارات الهائلة الرماد البركاني في الجو (الستراتوسفير)، إلى ارتفاع 30 km (19 mi)، ومثلما هو الحال في الأحداث الشبيهة في الماضي، بقيت غيمة الآيروسول المكونة من الرماد وثاني أكسيد الكبريت في الجو محيطة بالأرض سنوات عدّة، وقد أدّت جسيمات الرماد وثاني أكسيد الكبريت إلى تشتيت الطاقة الشمسية القادمة، ونتج عن ذلك إرغام مناخي مقداره ($3\ w/m^2$) تقريبًا، ما أدّى إلى تبريد الأرض في العامين 1991م و1992م بمقدار ($2.3^{\circ}C$)، وتشير الحسابات إلى أنّ إضافات الآيروسول من جبل بيناتوبو إلى الجو، تعادل تأثيرات الاحترار الناتج عن غازات الدفيئة خلال عام 1992م، إلّا أنّه بحلول عام 1994م، عاد معظم الهباء الجوي الناتج عن الاندفاع البركاني والمتساقط من الجو، وكذلك درجات الحرارة بالنسبة إلى الاحترار العالمي، إلى مستوياتها السابقة الأعلى[18]، ويعتقد أنّ الإرغام البركاني أسهم خلال فترات اندفاع البركان في تبرد العصر الجليدي القصير، انظر الشكل (16–13د)[14].

## التأثير البشري Anthropogenic Forcing

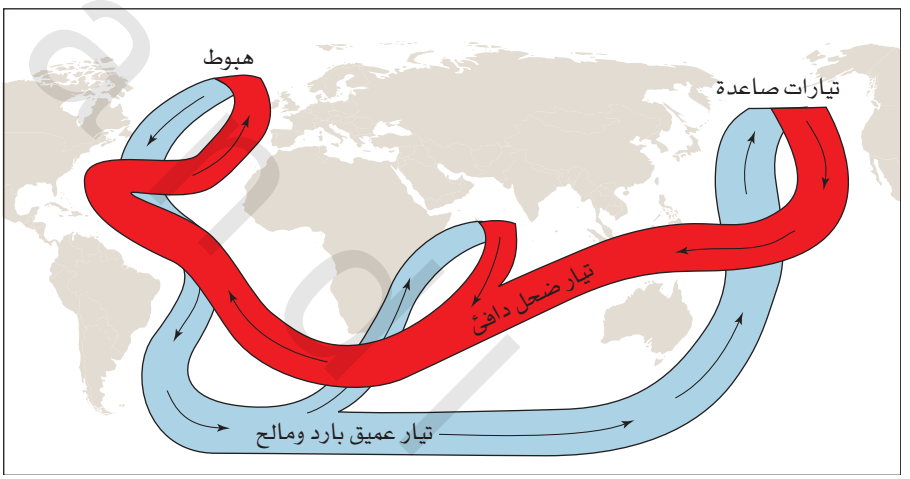
الدليل على تأثير المجتمع في المناخ، الذي أنتج عالمًا أكثر دفئًا، يعتمد جزئيًّا على الأمور الآتية:

- الاحترار العالمي المعاصر خلال العقود الأخيرة ، لا يمكن شرحه بالاختلاف الطبيعي للمناخ خلال التاريخ الجيولوجي الحديث.
- تأثير العصر الصناعي بمقدار ($3\ W/m^2$) (الشكل 16–15)، ناتج في معظمه عن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون $0.2^{\circ}C$، إضافة إلى غازات الدفيئة الأخرى، التي زاد تركيزها كثيرًا خلال آخر بضعة قرون، (الشكل 16–16).



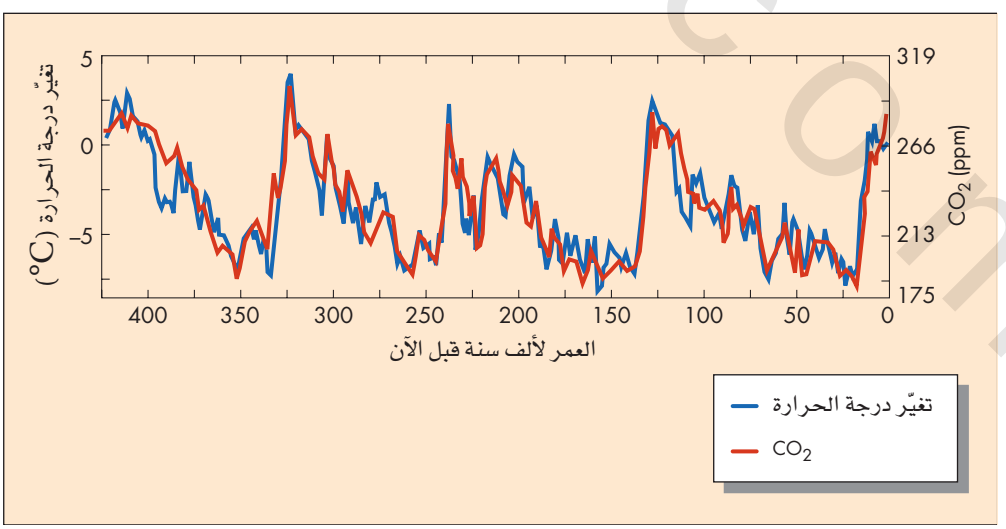

**الشكل (16–16): تراكيز غازات الدفيئة آخر (2000) سنة.** تراكيز ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز تسارعت في العقود الأخيرة.

*(IPCC, 2007, The Physical Science Basis: Working Group I, Contribution to the Fourth Assessment Report, New York: Cambridge University Press)*




**الشكل (16–17): حزام المحيط الناقل (Ocean conveyor belt).** رسم توضيحي لحزام المحيط الناقل. النظام الفعلي معقد أكثر، لكن بوجه عام، الماء السطحي الدافئ (أحمر) ينتقل غربًا وشمالًا (ازدياد الملوحة نتيجة التبخر)، قريبًا من جرينلاند، حيث يبرد هناك بتماسّه بالهواء الكندي البارد، وعندما تزداد كثافة الماء يهبط إلى القاع، ويتحرك جنوبًا ثمّ شرقًا إلى المحيط الهادي، حيث تتوافر التيارات الصاعدة. تتوازن كتلتا المياه الهابطة والصاعدة والجريان الكلي قرابة (20) مليون $m^3$ في الدقيقة. الحرارة المنبعثة للجو من الماء الدافئ، تساعد على إبقاء شمال أوروبا أكثر دفئًا، ممّا لو كان الحزام الناقل غير متوافر.

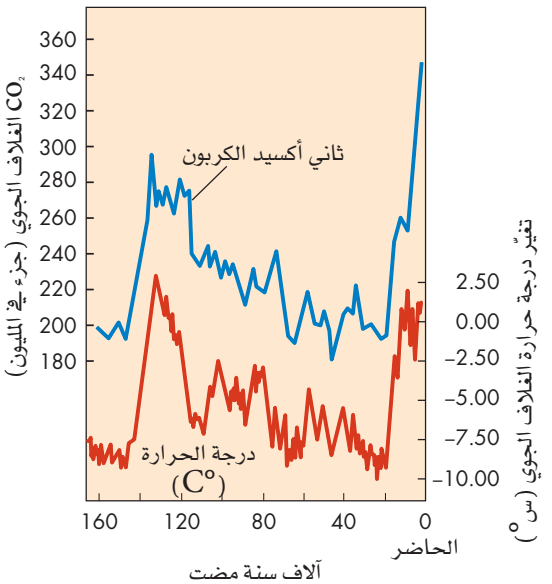
*(Modified after Broeker, W. 1997. Will our ride into the greenhouse future be a smooth one? Geology Today 7 (5): 2-6)*




**الشكل (16–18): ثاني أكسيد الكربون والحرارة ($CO_2$ and temperature).** التغيّر في ثاني أكسيد الكربون الجوي، من سجلات لباب جليد المحيط المتجمد الجنوبي خلال آخر (425000) سنة. يتم تقدير الحرارة بمقارنة ثاني أكسيد الكربون بالحرارة من المعطيات التاريخية والمدى المتوفر لحرارة الأرض. تركيز ثاني أكسيد الكربون آخر (425000) سنة يقاس من الهواء المحجوز في الثلج الجليدي.

*(Modified from Hansen, J. and Sato 2004, Greenhouse gas growth rates, PNAS 101: 16109-16114)*

obeikandl.com




**الشكل (16–19): الاندفاعات البركانية تبرّد الأرض (volcanic eruption cools earth).** اندفاع جبل بيناتوبو – الفلبين عام 1991م، حقن كميات هائلة من الرماد البركاني وثاني أكسيد الكربون في km (30) من الجو تقريبًا.

*(T. J. Casadevall/U. S. Geological Survey)*

- تشير نماذج المناخ إلى أنّ التأثير الطبيعي خلال المئة سنة الماضية، لا يمكن أن تكون مسؤولة عما نعرفه عن ارتفاع حرارة عالمي، مقداره درجة مئوية واحدة (الشكل 16–4ب).
- عند اجتماع التأثيرات الطبيعية والاجتماعية، يمكن عندها شرح التغيّرات الملاحظة (الشكل 16–20).

يشير الشكل (16–20) إلى أنّ الاحترار العالمي يزيد كثيرًا عن الاختلافات الطبيعية (تأثير المناخ)، وينطبق كثيرًا مع الاستجابة المتوقعة عن طريق النماذج الخاصة بتأثيرات غازات الدفيئة[5].

تتسبب أنشطة الإنسان أيضًا في تبرّد قليل، وقد قللت الانعكاسات عن جسيمات ملوّثات الهواء (الآيروسول) الأشعة القادمة بنسبة (10%)، ويسمى هذا **تخفيتًا عالميًا**، وبلغ التأثير السالب من الهباء الجوي في العصر الصناعي $w/m^2$ (1.4 −) (الشكل 16–15)، وقد يلغي (50%) من التأثير المتوقع للاحترار الناتج عن غازات الدفيئة.

## 5-16 التأثيرات المحتملة للتغيّر المناخي عالميًا

## POTENTIAL EFFECTS OF GLOBAL CLIMATE CHANGE

يمكن تلخيص مناقشتنا للاحترار العالمي بالآتي: (1) نشاط الإنسان يزيد من تركيز غازات الدفيئة في الجو. (2) زاد متوسط درجة حرارة الأرض (0.8°C) (1.4°F) خلال آخر (100) سنة. (3) ينتج جزء لا يستهان به من الزيادة الملحوظة في متوسط درجة حرارة الأرض من نشاط الإنسان.

تتوافق نماذج التنبؤ في المناخ كلّها على أنّ الاحترار سيستمر نتيجة لغازات الدفيئة المتوافرة الآن في الجو، وربما تتسارع في العقود المقبلة، سيظل هذا صحيحًا حتى لو انعدمت انبعاثات غازات الدفيئة من قبل الإنسان، والاحترار بمقدار نصف درجة إلى درجة مئوية– سوف يحدث في العقود المقبلة، لذلك نحتاج إلى اختبار التأثيرات المحتملة لمثل هذا الاحترار بدقة.

إذا تضاعف غاز ثاني أكسيد الكربون المتوافر في الجو (مقارنة بكمياته قبل الثورة الصناعية)، فيتوقع أن تزيد الحرارة بمعدل (4.5–1.5°C) على مستوى العالم، مع زيادة أكبر كثيرًا عند منطقة الأقطاب المتجمّدة[5]، ويصعب التنبؤ بالتأثيرات المحددة لهذا الارتفاع الحراري لمنطقة بعينها، إلّا أنّ هناك احتماليين: الأول، تغيّر في النمط المناخي عالميًّا، والثاني، ارتفاع سطح البحر نتيجة تمدد ماء البحر (عندما يسخن ونتيجة الانصهار الجزئي للجليد).

## الجليديات وجليد البحر

## Glaciers and sea ice

هناك اهتمام بأنّ الاحترار العالمي ينتج عن تسارع في انصهار الثلج الجليدي، في كلّ من صفيحة جرينلاند والجبال الجليدية، والنوع الأخير مهمّ بالذات في أوروبا وأمريكا الجنوبية، بوصفه مصادر مائية مهمّة للناس والأنظمة البيئية في أسفل الجبال، حيث أغلق أحد أماكن التزلج وعمره (70) سنة في بوليفيا؛ لأنّ الجبل الجليدي الصغير الذي يقع عليه اختفى كليًّا.

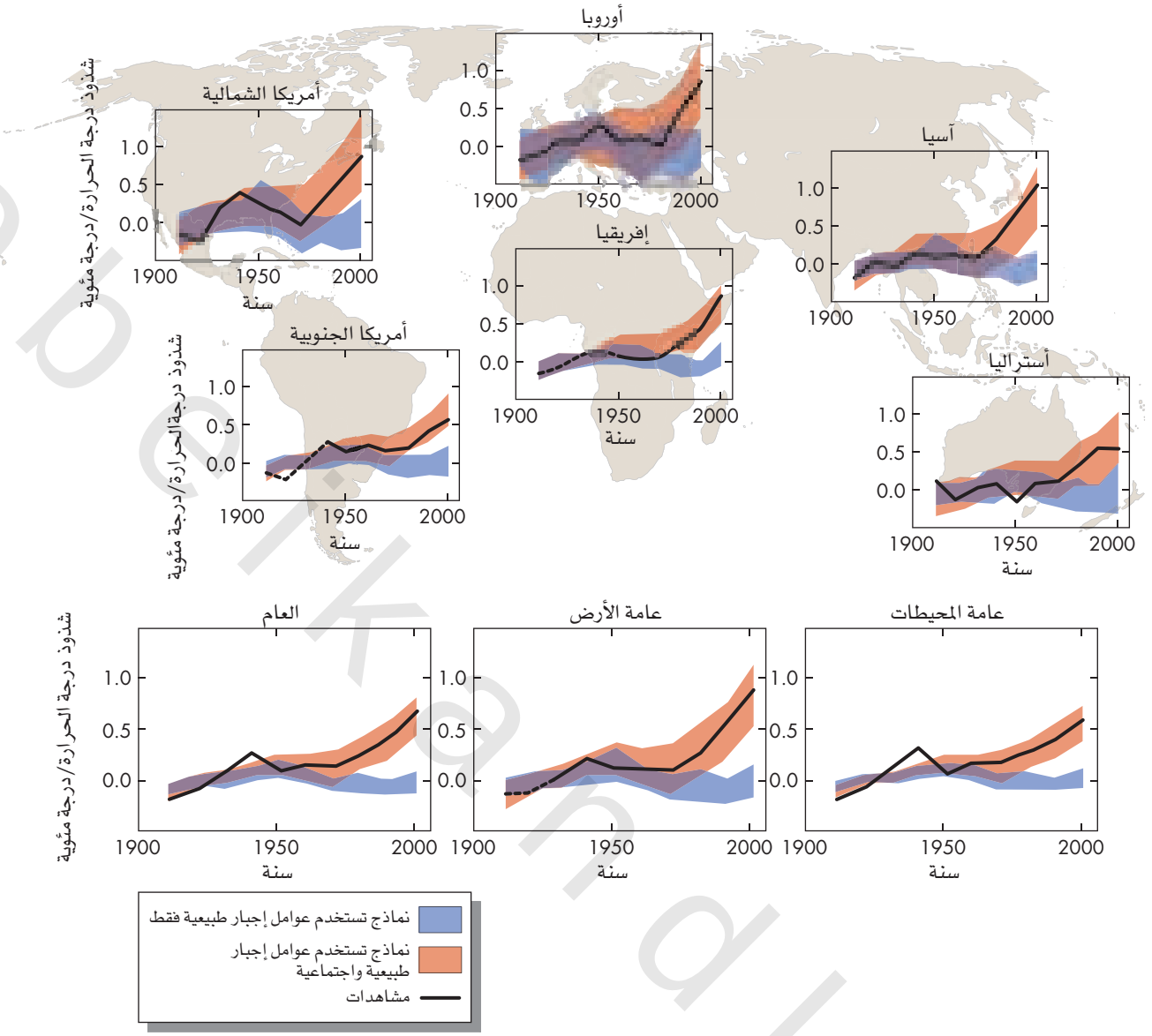
حاليًّا، كثير من الجليديات في المحيط الهادي شمال غرب الولايات المتحدة وأوروبا والصين وتشيلي، تتراجع أو تتناقص في سمكها (30–10%) من سمك الجليد منذ عام 1977م) أكثر مما تتقدم أو تزداد في السمك[19]، [20].

فعدد الجليديات المتراجعة في ازدياد في جبال (cascades) سويسرا وإيطاليا، وهناك أدلة على أنّ هذا التسارع، استجابة لمعدل حراري عالمي، بلغ في متوسطه (0.4°C) (0.68 °F) أعلى من معدل الحرارة على المدى الطويل، خلال السنوات (1977م–1994م)، فعلى سبيل المثال: كانت الجليديات الثمانية المتوافرة على جبل (Baker) في السلاسل الشمالية، تتقدم عام 1976م، وأمّا عام 1990م، فكانت كلها في حالة تراجع، إضافة إلى ذلك، اختفت (4) من (47) جليدية البيّة، كانت تلاحظ في الكسكيدات الشمالية منذ عام 1984م، وربما أنّ معظم الجليديات في جليدية المتنزّه الوطني، ستختفي بحلول عام 2030م (الشكل 16–21)، وتلك المتوافرة على جبال الألب الأوروبية ستختفي أيضًا مع نهاية القرن[19]، [21].

تضاعفت سرعة انصهار الجليد في صفيحة جرينلاند الجليدية منذ عام 1998م، وينتج عن الانصهار ماء سطحي، يجري خلال الفتحات والشقوق والأثلام إلى الأسفل في اتجاه قاعدة الجبل الجليدي، حيث تقوم بتشحيم القاعدة وتسريع حركة الجليد، وتتسارع معظم الجليديات في النصف الجنوبي من الصفيحة الجليدية، حيث تفقد الجليد بسرعة أكبر من السابق، فسنة 2005م وحدها، فُقد $km^3$ (200) من الثلج الجليدي، وعندما يذوب الثلج الجليدي، وينكشف سطح الأرض الأصلي، فهناك تغذية إيجابية راجعة؛ لأنّ الجليد الأبيض يعكس ضوء الشمس (يمتص كمية أقلّ من ضوء الشمس)، بينما يعكس الصخر القاتم كمية من ضوء الشمس، ويمتص كمية أكبر، فكلما زاد الثلج المنصهر، كان الاحترار أسرع، وزاد الانصهار، هذه دورة تغذية راجعة إيجابية (positive feedback cycle) وكلاسيكية، أي إنّ الاحترار يؤدي إلى احترار أكثر، ويشرح هذا سبب الاحترار عند ارتفاعات شاهقة أكثر من الأماكن الأخرى[5].

تتناقص مساحة الجليد البحري في المحيط المتجمد الشمالي، حيث انخفض الغطاء الجليدي منذ عام 1970م (عندما أصبح الاستشعار عن

openkan.com



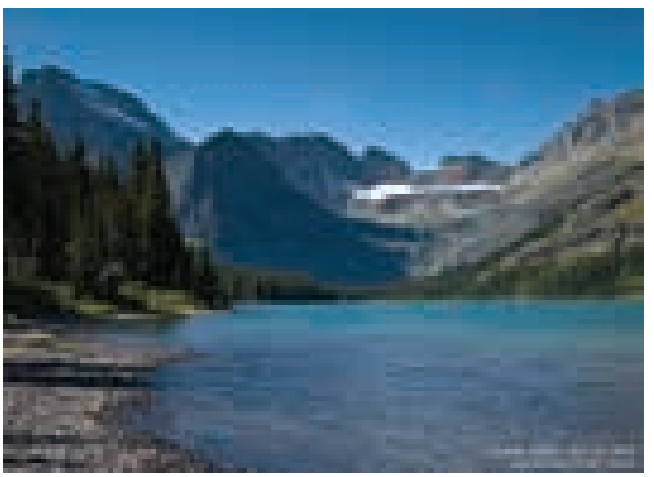

**الشكل (16–20): الإرغام الطبيعي والاجتماعي (Natural and anthropogenic forcings)** مقارنة بين الإرغامات الطبيعية المشاهدة مع مجموع الإرغامات الطبيعية والاجتماعية. الحزم المظللة، هي مدى التغيّر في النتائج من محاولات عدّة للمحاكاة باستخدام الحاسوب.

*(IPCC, 2007, The Physical Science Basis: Working Group I, Contribution to the Fourth Assessment Report, New York: Cambridge University Press)*

بعد عن طريق الأقمار الصناعية ممكنًا)، بمقدار (11%) لكلّ عقد كما هو مقيس في سبتمبر (عندما يكون جليد البحر أقلّ ما يمكن)، كان أقل امتداد لجليد البحر عام 2007م، (الشكل 16–22)، حيث نتج الانخفاض السريع جزئيًّا عن الدوران الجوي الذي يحبّذ الانصهار، وهناك قلق من أنّ المحيط المتجمد الشمالي في حالة انتقالية، في اتجاه أن يصبح خاليًا من الجليد الفصلي بحلول عام 2030م[22].

من المعروف أنّ شبه جزيرة المحيط المتجمد الجنوبي (نسبيًّا شريط ضيق من الأرض في اتّجاه أمريكا الجنوبية)، إحدى المناطق الأكثر احترارًا على سطح الأرض، وتشير الدراسات الجديدة إلى امتداد الاحترار إلى مسافات بعيدة بعد حدود شبه الجزيرة، ليشمل معظم الجزء الغربي من المحيط المتجمد الجنوبي، وعلى الرغم من أنّ هذه النزعة يعاكسها التبرد في الجزء الشرقي من المحيط المتجمد الجنوبي في الخريف، إلّا أنّ النزعة بالنسبة إلى المحيط المتجمد الجنوبي بصورة كلية، إرغام مناخي موجب، ويؤدي ذلك إلى الاحترار، فأسباب الاحترار معقدة، لكنها تتطلب تغيرات في الدوران الجوي، إضافة إلى تغيّرات في درجة الحرارة (مياه بحرية سطحية وجليد بحري أكثر دفئًا)، والسبب المباشر الأكثر احتمالية، هو إرغام عن طريق غازات الدفيئة الناتج عن أنشطة الإنسان[23].

عندما تزداد حرارة الأرض يتوقع هطل ثلج أكثر في القطب المتجمد الجنوبي، وتشير القياسات باستخدام الأقمار الصناعية في الفترة (1992م–2003م)، إلى أنّ الجزء الشرقي من الغطاء الجليدي على المحيط المتجمد الجنوبي، ازدادت كتلته خلال الفترة التي أجريت فيها القياسات، بحدود (50) بليون طن في السنة[24]، وهي كمية صغيرة جدًّا بالنسبة إلى الحجم الهائل لهذه القارة (التي أقلّ من نصف في المئة منها مغطًى بالجليد لعمق m (1))، وأفادت دراسة محاكاة أخرى أجريت باستخدام الكمبيوتر والسجلات اللبابية الجليدية، أنّه لا يتوافر زيادة مهمّة من ناحية إحصائية، في الهطل الجليدي فوق المحيط المتجمد الجنوبي منذ عام 1950م، وكذلك عدم توافر تناقص في ارتفاع مستوى سطح البحر بسبب الهطل الجليدي المتزايد فوق المحيط المتجمد الجنوبي، ولا تتوافر زيادة في كتلة الثلج



**الشكل (16–21):** نهر غرينل الجليدي(Grinnell) ) عامي 1940م، و2006م
*(Glacial National Park and U. S. Geological Survey*

الجليدي، الذي يُخزّن الماء[25]، ومن الواضح أنّ المحيط المتجمد الجنوبي منطقة معقدة، في حاجة إلى المزيد من الأبحاث الأساسية، لكي نفهم بصورة أفضل عواقب الاحترار العالمي.

إنّ توالي سنوات حارة أو زيادة ظاهرية في الانصهار أو في تكسر الثلج الجليدي، ليس دليلًا على أنّ الاحترار العالمي ناتج عن حرق الإنسان للوقود الأحفوري، على الرغم من هذا، فالدليل على ذلك متوافق مع حدوث الاحترار العالمي، وعليه، فإنّه يشكل مصدرًا للقلق.

## الأنماط المناخية Climate Patterns

يمكن للارتفاع العالمي في الحرارة أن يغيّر بصورة مهمّة، أنماط سقوط الأمطار وعلاقات رطوبة التربة، وعوامل مناخية أخرى مهمّة للزراعة (انظر نظرة متفحصة :التصحر)، وقد تمّ التنبؤ أنّ بعض المناطق الشمالية، مثل كندا وشرق أوروبا، قد تصبح أكثر إنتاجية، بينما الأراضي إلى الجنوب، قد تصبح أكثر جفافًا، ومن المهم التأكيد، أنّ مثل هذه التوقعات صعبة في ضوء المعلومات غير الأكيدة التي تكتنف الاحترار العالمي، زيادة على ذلك، فإنّ حركة المناطق المناخية في اتّجاه الشمال، لا تعني بالضرورة أنّ المناطق الزراعية الممتازة ستهاجر في اتجاه الشمال؛ لأنّ أقصى إنتاج للحبوب يعتمد كذلك على ظروف التربة الخصبة، التي قد لا تتوافر في المناطق الجديدة كلّها، فمثلًا تربة البراري في كندا أكثر نحافة وأقلّ خصوبة من تربة وسط غرب أمريكا، وهذه الشكوك هي التي تقلق الناس.

الأنشطة الزراعية العالمية المتزايدة أو المستقرة مهمّة للناس في أنحاء العالم كلّها، وللذين يعتمدون على الغذاء المزروع في مناطق أحزمة الحبوب الرئيسة، وقد تؤثر التغيّرات الهيدرولوجية المرتبطة بالتغيّرات المناخية الناتجة عن الاحترار العالمي، سلبيًّا في احتياطيات الغذاء في العالم، فقد يقل الماء المتوافر في كاليفورنيا ووادي سان جوكن لزراعة الكثير من الفواكه والخضراوات في الولايات المتحدة، إذ إنّ معظم مياه الري تأتي من المياه الجارية من الينابيع، التي تتغذى بانصهار الجليد في سييرا نيفادا إلى الشرق من منطقة الوادي، فمن المحتمل أن يزيد الهطل الشتوي مع الاحترار العالمي، لكنّ تراكم الثلج سيكون أقلّ، ونتيجة لذلك، ستجري المياه السطحية بسرعة أكبر، فتملأ الخزانات.

**الشكل (16–22):** البحر المتجمد الشمالي (Arctic Sea ice) (الحد الأدنى) 1953م–2007م. الانخفاض السريع عام 2007م، كان ناتجًا جزئيًا عن الدوران الجوي الذي أدّى إلى الانصهار.
*(Stroeve, J.,et al., 2008, Arctic sea ice extent plummets in 2007, EOS, Transactions, American Geophysical Union, 89 (2): 12-14).*

Obeikandi.com

## نظرة متفحّصة A CLOSER LOOK

### التصحّر Desertification

#### الأراضي الجافة Arid Lands

التغيّر في الأنماط المناخية إقليميًّا وعالميًّا، من أهمّ مصادر القلق بالنسبة إلى الاحترار العالمي، خصوصًا امتداد الأراضي الجافة، وما يرافقها من عمليات تصحّر.

مناطق الأرض الجافة وشبه الجافة التي تعرف أيضًا بالأراضي الجافة تحتل قرابة (35%) من مساحة سطح اليابسة، ومن الواضح أنّ الأراضي الجافة مهمة للناس من ناحية بيئية، إذ إنّ (20%) من سكان العالم يعيشون هناك، وهي مناطق أمطار سنوية منخفضة إلى منخفضة جدًّا، وفي بعض المناطق الأكثر جفافًا، قد تمرّ سنوات قبل أن تهطل كميات لا بأس بها من المطر.

تدين الصحارى بنشأتها إلى الهطل المطري الضئيل، بغض النظر عن خصائصها التضاريسية، وتتوافر في العالم في حزامين يقعان بين خطي عرض (15 و30) درجة شمال خط الاستواء وجنوبه، وقد نتجت هذه الأحزمة الجافة عن نمط الدوران الجوي العالمي، إذ يرتفع الهواء عند خط الاستواء، ويتحرك شمالًا وجنوبًا في اتجاه القطبين، حيث الحرارة أقلّ، وهناك مناطق هبوط للهواء عند خط عرض (30) درجة، انظر الشكل (16–6)، وتتوافر خلايا شبه دائمة من الضغط العالي في هذه المناطق، إضافة إلى هطل مطري ضئيل، أمّا عند خط الاستواء، فتنتج الأمطار الغزيرة عن الهواء الرطب والدافئ، الذي يبرد عندما يرتفع، ويتكاثف مكونًا الهطل المطري، وينخفض الهواء في المناطق شبه الاستوائية عند خطي عرض (15 و30) درجة تقريبًا، ولا يرتفع؛ ولذلك ينتج القليل من المطر[27]. [28].

يشرح الدوران العالمي الكتل الهوائية وتوافر الصحارى في العالم، بما فيها الصحراء الإفريقية وفي الشرق الأوسط وأجزاء من الهند وأمريكا الجنوبية وأستراليا وأمريكا الشمالية، إلّا أنّها غير مسؤولة عن الصحارى كلها على الأرض، فبعض الأراضي شبه الجافة وصحارى شمال أمريكا وآسيا الوسطى، هي أراضٍ جافة نتيجة لموقعها البعيد في اليابسة، وقد تتوافر الأراضي الجافة أيضًا، في منطقة ظل المطر للسلاسل الجبلية، التي تعترض المطر، وتمنع العواصف المطرية من التحرك نحو الأراضي الداخلية[29].

#### التصحّر Desertification

يعرّف التصحّر **(desertification)** في أبسط مستوياته، بأنّه تحويل أحد أنواع الأرض، مثل أراضي الحشائش، إلى أرض تشبه الصحراء، ولا يشمل هذا التحول العمليات الطبيعية المرتبطة بالتغيّرات المناخية خلال آخر (1.65) مليون سنة، التي يعتقد أنّها السبب في تمدّد الصحارى أو انكماشها، إلّا أنّ التصحّر تدهور للبيئة بفعل الإنسان، يؤدي إلى نشوء ظروف شبيهة بالظروف الصحراوية، أو تحويل الأرض من صورة محدّدة إلى تضاريس تشبه الصحراء بمنظرها[26]، فالصحراء الإفريقية الكبرى مثلًا، تتسع أو تتمدّد مثل صحارى عدّة في أمريكا الشمالية وآسيا.

هناك خاصيتان رئيستان للتصحّر، هما: تدهور التربة بصورة أساسية نتيجة حتّها، وكذلك تدهور الغطاء النباتي[28]، ونتيجة لهاتين الخاصيتين، قد تؤثر عملية التصحّر كثيرًا في بيئة الإنسان، وذلك عن طريق تدمير مناطق إنتاج غذائه، وعليه، الإسهام في سوء التغذية والمجاعات، وقد يكون تدمير

**الشكل (16 أ): تقدّم الصحراء (Advancing desert).** يقوم بعض الأشخاص بإزالة كثيب رملي بعد عاصفة ريحية في الصحراء الكبرى في إفريقيا. بينما تواصل الصحراء الكبرى اتساعها.

*(Steve McCurry/Magnum Photos, Inc.)*

obeikandl.com

الغطاء النباتي وفقدانه نتيجة التصحّر شاسعًا أو شديدًا، بحيث تصبح إنتاجية الأرض صفرًا، ولا تستعاد هذه الانتاجية ضمن إطار زمني مفيد للإنسان، وعليه، وبعكس الجفاف الذي يؤثر في إنتاجية الأرض، وهو مشكلة قصيرة الأمد نسبيًّا، فإنّ التصحّر يحتوي على آثار مزمنة وطويلة الأمد[26].

على سبيل المثال اليباب أو الأراضي القفر في الولايات المتحدة، أنتجت عواصف الغبار الشديدة، انظر الشكل (16ب). العواصف الثلجية السوداء التي حدثت في ثلاثينيات القرن الماضي، التي تسمّى أحيانًا «الثلاثين القذرة»، وتعرف أكثر باسم (dust bowl) أي طبق الغبار، والتي ضربت السهول المرتفعة في الولايات المتحدة خصوصًا في تكساس وكولورادو وأوكلاهوما وكانساس، وقد مكّن استخدام (التركتورات) والتركات بصورة أكبر من الزراعة على مستوًى كبير، فأزال المزارعون غطاء الأرض النباتي لزراعة الحبوب، إضافة إلى أنّ سني القحط الجافة وشديدة الحرارة، قللت أيضًا من الغطاء النباتي الطبيعي.

حتّت الرياح الجزء العلوي المتكشّف من التربة، فتغطّى بالرمال، ما أدّى في بعض الأحيان إلى عواصف من الغبار الكثيف، وهكذا، فإنّ نشاط الإنسان والتكنولوجيا والتغيّرات المناخية الطبيعية، أدت كلها دورًا في تكوين ألـ (dust bowl)، وهذه الأسباب شبيهة بتلك في الولايات المتحدة خلال ألـ (30) القذرة، حيث الزراعة غير الحكيمة والرعي الجائر هما السائدان.

أسباب التصحّر معروفة ومحدّدة جيّدًا، وتشمل القطاف المبكر، والرعي الجائر، وإزالة الغابات، وطرق الري غير الجيّدة، وقد زاد الأمر سوءًا، الزيادة السريعة في عدد السكان في بعض الدول التي تنتشر فيها الأراضي الجافة وشبه الجافة بكثرة، ومن الإجراءات المتّبعة لمنع التصحّر وتقليله وعكسه ما يأتي:

- حماية الأراضي الجيّدة وتحسينها، وعدم تكريس الوقت والمال على الأراضي البور.
- استعمال تقنيات بسيطة وسليمة لإدارة الرعي وحماية الأرض من الرعي الجائر.
- تطبيق إجراءات سليمة في المحافظة على الأراضي الزراعية؛ وذلك لحماية موارد التربة.
- استخدام تكنولوجيا مناسبة لزيادة إنتاج المحاصيل، والسماح للأرض الرديئة بأن تعود إلى أرض أقلّ استعمالًا من الناحية الزراعية (مثلًا: غابات، أو حياة برية، أو رعي).
- زيادة جهود استصلاح الأراضي من خلال إدارة جيّدة للغطاء النباتي، وتثبيت الكثبان الرملية والتحكم في حتّ التربة.

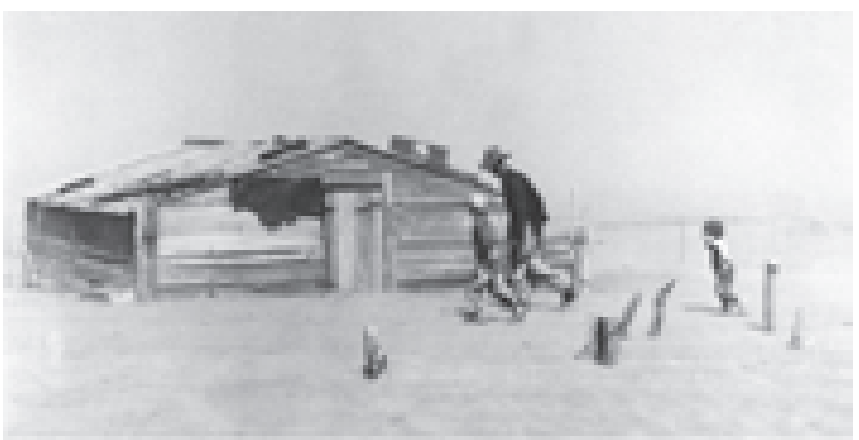
**الشكل (16 ب): عواصف طبق الغبار المقلوب (Dust Bowl).** (أ) عاصفة غبار في مانتير-كنساس عام 1935م

*(U.S. Department of Commerce)*

(ب) مزارع وأبناؤه في مواجهة عاصفة غبار

*(Arthur Rothstein/AP/Wide World Photos)*

(أ)



(ب)

obeikandl.com

قبل الحاجة إلى ري المحاصيل، قد يتحتم علينا في بعض الأحيان إطلاق الماء من الخزانات الممتلئة، وفقدانها في البحر في نهاية الأمر.

قد يغير الاحترار العالمي أيضًا عدد مرات هبوب العواصف القوية وشدتها، وهذا التغيّر قد يكون أكثر أهمّية من مسألة أي المناطق ستصبح أكثر رطوبة شتاءً، أو جفافًا أو دفئًا أو برودة. تُزوّد المحيطات الدافئة العواصف العاتية، مثل الأعاصير، بطاقة أكبر، لكن الأعاصير الأكثر عددًا أو شدّة ستزيد من خطر العيش في المناطق الشاطئية المنخفضة، التي تشهد نموًّا متسارعًا في عدد سكانها من البشر.

التغيّرات المناخية العالمية والإقليمية لها تأثير مهم في أنواع الأحداث الطبيعية الخطرة، مثل العواصف المدمرة، والانزلاقات الأرضية، والجفاف، والحرائق، التي يوضحها إلنينيو أحيانًا. إلنينيو (El Niño) حدث مناخي طبيعي، يحدث مرة كلّ بضع سنوات، آخره عامي (1997م-1998م)، وظاهرة محيطية وجوية في آن معًا، تتضمن الحرارة السطحية (في الجزء الشرقي الاستوائي من الهادي)، والجفاف والعواصف المطرية الشديدة (في أماكن متعدّدة من الأرض) (انظر نظرة منفحصة: **إلنينيو**).

## ارتفاع سطح البحر Sea Level Rise

(sea level rise) رحبلا حطس عافترا) مشكلة مهمّة مرتبطة بالاحترار العالمي، ازدادت حرارة المحيط عالميًّا عند عمق km (3) منذ عام 1961م، وامتصت محيطات العالم في ذلك الوقت (أربعة أخماس) الحرارة التي أضيفت إلى نظام مناخ الأرض.

يتسبّب احترار المحيطات في تمدّد الماء (تمدّد حراري)، وينتج عن ذلك ارتفاع في سطح البحر، وتقدر سرعة ارتفاع سطح البحر نتيجة التمدد الحراري في الفترة من 1961م إلى 2003م بقرابة ($0,2 \pm 0,42$) ملم في السنة، زادت إلى ($0,5 \pm 1,6$) ملم من عام 1993م إلى عام 2003م، وهكذا يبدو أنّ الارتفاع في سطح البحر يتسارع نتيجة احترار ماء المحيط[5].

يعتقد أنّ انصهار الجليد يسهم في ارتفاع سطح البحر، أمّا انصهار الجليد العائم في المحيط، فلا يتسبّب في ارتفاع سطح البحر (يمكنك التأكّد من ذلك بوضع الثلج في كأس في أثناء انتظارك انصهار الجليد)، وقدرت الزيادة في ارتفاع سطح البحر من انصهار الجليديات بـ ($0,4 \pm 1,38$) ملم تقريبًا من (1961م-2003م)، وصلت إلى ($0,6 \pm 1,5$) ملم في الفترة (1993م-2003م)[5].

يمكن استخلاص الاستنتاجات الآتية فيما يخصّ الارتفاع في مستوى سطح البحر:

- التمدد الحراري والجليد المنصهر يسهمان كثيرًا في ارتفاع سطح البحر المشاهد منذ عام 1961م.
- الفرق بين ارتفاع سطح البحرالملاحظ والمقدر كبير، ما يستدعي إجراء بحوث إضافية لفهم ارتفاع سطح البحر بصورة أفضل.
- سرعات كلّ من التمدّد الحراري والانصهار الجليدي في حالة تسارع.
- تزايد إسهام صفيحة جرينلاند الجليدية في العقود الأخيرة (4) أضعاف، وهذا يتوافق مع مشاهدات الجليد المنصهر.

ممكن حاليًّا، إلّا أنّ ارتفاعًا قدره (40 cm) في مستوى سطح البحر، سيكون له تأثيرات بيئية مهمّة، ويمكن أن يتسبّب في حت الشواطئ المفتوحة إلى (80)م، ما يعرض المباني والمنشآت الأخرى لفعل الأمواج المتولدة من العواصف العاتية بصورة أكبر، سيتسبّب ارتفاع في سطح البحر قدره (40) سم في المناطق الشاطئية التي فيها مصبّات نهرية منحتة، في هجرة مصبّات الأنهار في اتجاه اليابسة، ما يؤدي إلى تعريض المنشآت التي بناها الإنسان في المنطقة الساحلية للخطر، وعلى المجتمعات الإنسانية أن تختار بين الاستثمارات الهائلة للتحكم في الحت الشاطئي، أو السماح للشواطئ ومصبات الأنهار بالهجرة نحو اليابسة والتأثير في مساحات شاسعة[5]، [32]، [33].

يهدد الارتفاع في سطح البحر حاليًّا بعض الجزر الصغيرة، في المنطقة الاستوائية من المحيط الهادي،إذ تتكوّن شعب جزيرة توفالو من (9) جزر من الشعاب (atolls) تقريبًا (الشكل 23,16)، نشأت عندما فاض سطح البحر المرتفع قبل (20) ألف سنة من خلال منصة جيرية متهالكة. ارتفاع أعلى مكان في الجزر قرابة (4,5) م فوق سطح البحر فقط، وقد سكن الناس أولًا جزيرة (Funafuti) والجزر الأخرى في توفالو قبل (2000) سنة تقريبًا، عندما تكوّنت مداخل مستقرة[34]، حيث يهدد الارتفاع الحالي في مستوى سطح البحر (Funafuti)، خصوصًا خلال أمواج المد المرتفعة، التي تسهل مهاجمة الشاطئ وحدوث الفيضانات، وخلال حوادث أمواج المد المرتفعة (الشكل 16-24)، تحدث الناس عن خروج فقاعات مائية من الأرض، أسهمت في تعريض المناطق المنخفضة للفيضان، ومع الارتفاع المستمر في مستوى سطح البحر، فإنّ القدرة المستقبلية لـ(Funafuti) والجزر الأخرى على تهيئة ظروف مناسبة لحياة البشر عليها غير مؤكدة، لذلك قد يكون سكان (Funafuti) البالغ عددهم (12000) نسمة أول المغادرين؛ بسبب ارتفاع مستوى سطح البحر.

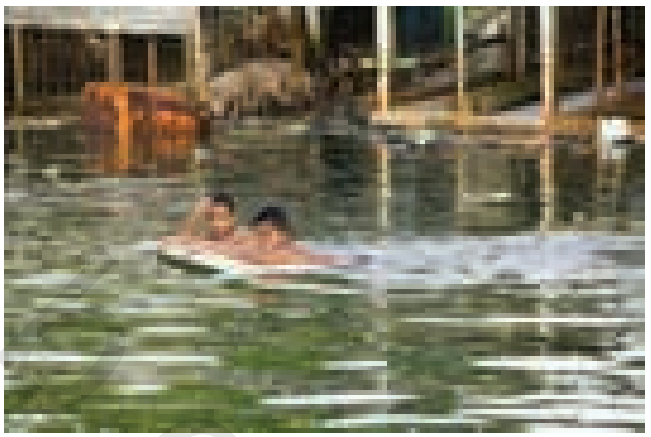
خط الشاطئ في شمال وشمال غرب ألاسكا يعاني في بعض الأماكن حتًّا سريعًا نتيجة الارتفاع في مستوى سطح البحر، وانصهار الجليد، والتربة دائمة التجمد، وفقدان الجليد البحري، الذي يمكن أن يحمي خط الشاطئ من الحتّ في الصيف[35]، وقد تختفي بعض الجزر الصغيرة وبعض القرى انزاحت فعلًا في اتجاه اليابسة.

## التغيّرات في الغلاف البيولوجي (الحيوي) Changes in the biosphere

هناك أدلة متزايدة على أنّ الاحترار العالمي يتسبّب في بدء عدد من التغيّرات في الغلاف الحيوي، تهدد أنظمة التبيؤ والناس على حد سواء، وتشمل هذه خطر الانقراض مع تغيّر استعمال الأرض وتجزؤ التبيؤات وإزاحة في مديات الحيوانات والنباتات، وما يتبع ذلك من عواقب: ينقل البعوض أمراضًا، مثل الملاريا وحمى ألـ (dengue) في إفريقيا وأمريكا الجنوبية والوسطى والمكسيك، ويهاجر إلى ارتفاعات أعلى، أمّا الفراشات في أوروبا وبعض أجناس الطيور في المملكة المتحدة، فتهاجر نحو الشمال، وأمّا الغابات الألبية في الكسكيدات الجبلية في واشنطن، فتهاجر في اتجاه المروج الأعلى، وكذلك تفعل النباتات الألبية في النمسا، ويمارس الجليد البحري المنصهر في المحيط المتجمد الشمالي ضغوطًا على

obeikan.com

**الشكل (16–23): جزيرة فونافوتي (Funafuti Atol)**. المرجانية الاستوائية جزء من جزيرة شعب تولافا في المحيط الهادي الاستوائي km (3000) شمال شرق نيوغينيا. *(Global Warming Images/Aamy)*

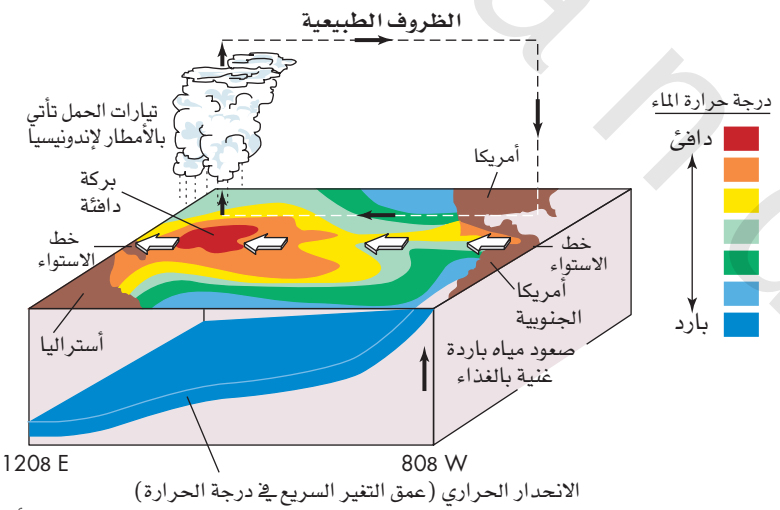


**الشكل (16–24): فيضان فونافوتي**– تولافا في أثناء أمواج المدّ المرتفعة في فبراير عام 2005م *(Global Warming Images/Aamy)*

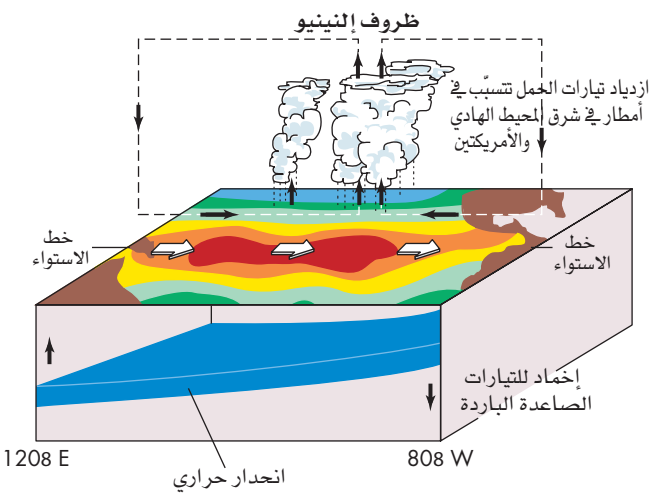
## A CLOSER LOOK نظرة متفحّصة

### إلنينيو El Niño

ربما تبدأ حوادث إلنينيو بسبب نقصان عشوائي بسيط في الرياح التجارية، التي تتسبّب بدورها في رفع حرارة الماء في الجزء الاستوائي الغربي من المحيط الهادي، وتتحرك في اتجاه الشرق (الشكل 16جـ). ينقص هذا التغيّر الرياح التجارية أيضًا، ويتسبب في تحرك ماء دافئ أكثر في اتجاه




(أ)




(ب)

**الشكل (16 جـ): أشكال توضيحية لإلنينيو (El Niño)**. تبين الفرق بين (أ) الظروف والعمليات الطبيعية مع (ب) تلك التي تحدث في إلنينيو *(Modified after National Oceanic and Atmospheric Administration, http:www.elnino.noaa. gov/, accessed 3/3/99)*

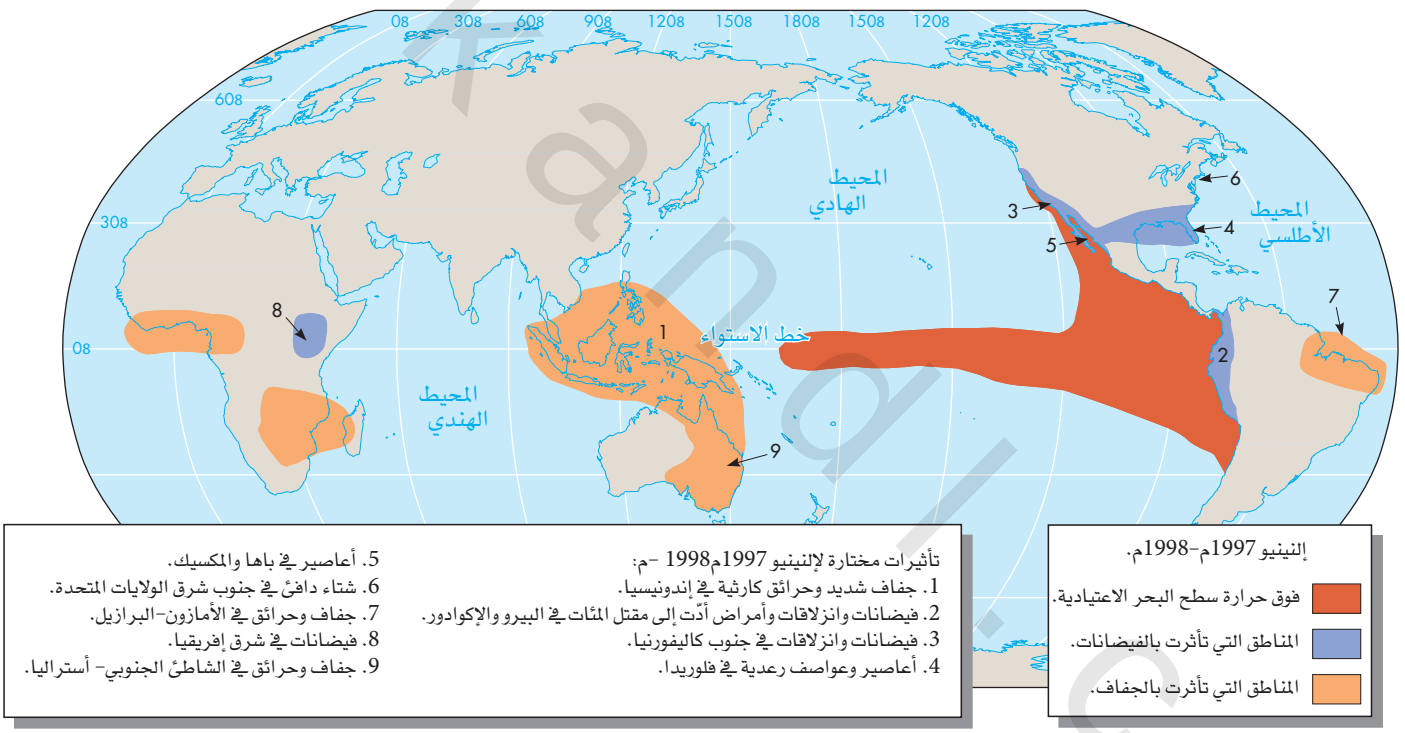
Online Kandi.com

الشرق إلى أن ينشأ حدث إلنينيو[40]، ويعتقد أن إلنينيو يتسبّب في زيادة بعض الأخطار الطبيعية على المستوى العالمي تقريبًا، وذلك بإدخال كمية أكبر من الطاقة الحرارية في الجو، حيث تزيد الطاقة الحرارية كلما كان تبخر الماء من المحيط إلى الجو أكثر، وينتج عن ازدياد الحرارة والماء في الجو عواصف عاتية مثل الأعاصير.

يبين الشكل (16 د) مدى الأخطار الطبيعية التي عزيت جزئيًّا إلى حادثة إلنينيو عامي 1997م-1998م، عندما أدت الأعاصير والفيضانات والانزلاقات الأرضية والجفاف والحرائق إلى فقد حياة الكثيرين، وتسبّبت في خسائر بالمحاصيل والأنظمة البيئية والمنشآت البشرية، قدرت ببلايين الدولارات، وقد كان التأثير في أستراليا وإندونيسيا والأمريكتين وإفريقيا بالتحديد شديدًا، وهناك اختلاف في نسبة الدمار والخسائر البشرية، التي يمكن أن تعزى مباشرة إلى التبيؤ، لكنّ الكلّ تقريبًا يجمع على أنّ التأثير مهم[41]. [42]. أسباب أحداث إلنينيو غير مفهومة بصورة كاملة؛ لأنّها تحدث كلّ بضع سنوات تقريبًا، بما في ذلك أحداث إلنينيو الكبيرة في الأعوام 1982م/1983م و1997م/1998م.

يمكن أن تتسبّب أحداث إلنينيو في خراب عن طريق زيادة تكرار (عدد مرات حدوث) الحوادث الطبيعية الخطرة، وهناك قلق من أنّ التغيّر المناخي بفعل الإنسان، قد ينتج خلال الاحترار العالمي أحداث إلنينيو أكثر وأقوى في المستقبل، وسينتج هذا التأثير جزئيًّا مع حرق كميات أكبر من الوقود الأحفوري، وإصدار غازات دفيئة أكثر إلى الجو، عندها ستستمر الطبقات في الدفء، والدفء التفاضلي في أجزاء متباينة من المحيط، قد يتسبّب في زيادة مرات حوادث إلنينيو وشدتها في المحيط الأطلسي.

النينا (La Nina) عكس إلنينيو، تكون فيها مياه الجزء الشرقي من المحيط الأطلسي باردة، وينتج عنها جفاف، وليس فيضانات (K)، إذ إنّ التعاقب بين إلنينيو والنينا دورة أرضية طبيعية لم تعرف إلّا أخيرًا[43].




**الشكل (16 د): حدث إلنينيو 1997م- 1998م (The 1997-1998 El Niño event).** خريطة تبين الامتداد العام لتأثيرات إلنينيو والمناطق التي دمّرتها الفيضانات أو الحرائق أو الجفاف *(Data from National Oceanic and Atmospheric Adminstration, 1998)*

طيور البحر، وحصان البحر، والدببة القطبية، تدفئة الماء وزيادة حموضته في شعاب فلوريدا، وبرمودا والشعاب الحاجزية العظمى في أستراليا وكثير من مناطق المحيط الاستوائية الأخرى، يعتقد أنّها تسهم في تبييض الشعاب المرجانية [5]. [36]. [37].

من المحتمل أن يؤثّر الاحترار العالمي في كثير من الأنظمة البيئية في أمريكا الشمالية خلال ألـ (100) سنة القادمة؛ لأنّ[36]:

- الاحترار المتوقع بين (2 و4) درجات مئوية.
- الأمطار أقلّ (في عدد مرات الحدوث)، لكنها أشدّ (كمية الأمطار في كلّ مرّة).
- احتمال ازدياد حرارة الأودية والأنهار.
- زيادة أعداد الحرائق الضخمة.
- ستطول فصول النمو مع ربيع أبكر وإنتاجية أوّلية أعظم، خصوصًا في مناطق العروض العليا نتيجة لذلك.
- زيادة أمطار الأعاصير وسرعة الرياح.

obeikandl.com

- ستتعرض بعض الأنظمة للإجهاد.
- ستحدث إزاحة في بعض الأجناس في اتّجاه الشمال، والارتفاع إلى الأعلى في محاولة للتكيف مع الدفء.
- زيادة في الاضطرابات، قد تتسبّب في زيادة تغيّرات الأنظمة البيئية في الزمان والمكان.

## تكيّف الأجناس مع الاحترار العالمي
## Adaptation of Species to Global Warming

ستتغيّر بحلول الاحترار العالمي نطاقات الحرارة والأمطار، ما سيؤدي إلى إجهاد الأنظمة البيئية، فخلال آخر (25) سنة تقريبًا، أزاحت النباتات والحيوانات مدياتها بمعدل km (6) كلّ عقد في اتجاه المناطق القطبية، إضافة إلى ذلك، فإنّ الربيع يبدأ مبكرًا؛ ونتيجة لذلك، تزدهر النباتات، وتتكاثر الضفادع، وتصل الطيور المهاجرة إلى كثير من الأماكن في وقت أبكر، وقد بلغت نسبة التغيّر (2.3) يوم/عقد، إضافة إلى ذلك، أفادت التقارير أنّ الكائنات الاستوائية الدقيقة، تحركت إلى الأعلى في الارتفاع وخطوط العرض، وأثّر ذلك في الأجناس التي لم تتكيّف مع هذه التغيرات، فمثلًا في كووشاحيكا، يمكن أن يكون أكثر من (60) جنسًا من الضفادع قد انقرض؛ بسبب الحرارة الأعلى، التي أثرت في استجابة جهازها المناعي لفطر قاتل، استغل فرصة توافر الحرارة الأعلى، وهناك احتمالية في تسبب التغيّر المناخي في انقراض أول الثدييات، وهو جنس (Opossum) الذي انقرض بصورة واضحة في كوينزلاند في أستراليا، وقد أفادت التقارير تعرض أل (Opposum) الذي عاش فقط على ارتفاع (1000) م لوقت قصير من الحرارة العالية[38].

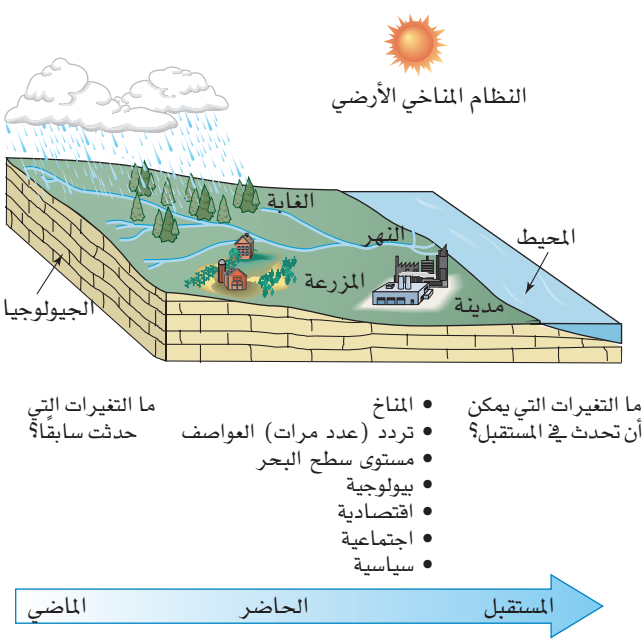
المشكلة في التقسيمات السابقة حول احتمالية تعرض جنس معين للتهديد أو الانقراض، اعتمادها على نماذج بسيطة تأخذ الحرارة والأمطار في الحسبان، وربما جزئيًّا نوع التربة والهيدرولوجي للمنطقة التي يعيش فيها الجنس، هذه المعلومات يمكن أن تكون أُدخلت في نموذج قياسي للتنبؤ بالمكان، الذي يمكن أن يهاجر إليه جنس معين، لينجو من التأثيرات الضارة للتغيّر المناخي، ونعرف الآن أن ما تستخدمه هذه النماذج البسيطة من المتغيرات المناخية والطبوغرافية غير كافٍ، وتستعمل الآن نماذج جديدة تُستخدم فيها عناصر بيولوجية أكثر، بما في ذلك التنافس بين الأجناس والوراثة لتقييم الاستجابة التطورية للتغيّر المناخي[38]، [39].

الاقتراح المثير للجدل والخلاف، أنّنا قد نساعد على هجرة بعض الأجناس غير القادرة على الهجرة؛ بسبب التغيّر المناخي، وهذه الخطوة المثيرة للجدل العنيف، يمكن أن تكون غير مقبولة؛ بسبب الخطر غير المتوقع الذي يتمثل في إنتاج أجناس مجتاحة، تقلق الهجرة المساعدة علماء التبيؤ وبيولوجيي استصلاح البيئات؛ لأنّهم أمضوا الكثير من الوقت والجهد في مكافحة الأجناس المجتاحة، التي أدّى بعضها إلى مشكلات بيئية وانقراض أجناس أخرى، مثل التفكير الجدي في الهجرة المساعدة، وهناك حاجة إلى المزيد من البحث لفهم التبيؤات المهددة والمعرضة للخطر بصورة أفضل، بما في ذلك، أين تستطيع هذه الأجناس أن تعيش؟ وما الذي يتهدّدها؟ وما التهديد الذي تشكله للكائنات الأخرى[38].

## إستراتيجيات لتقليل أثر الاحترار العالمي
## Strategies for Reducing the Impact of Global Warming

السؤالان الكبيران اللذان يعنيان بنظام مناخ الأرض والناس، هما: ما التغيّرات التي حدثت في الماضي؟ وما التغيّرات التي يمكن أن تحدث في المستقبل؟ تتطلب الإجابة عن هذين السؤالين، تقييمًا جيولوجيًّا للتنبؤات بالنسبة إلى فترة ما قبل التاريخ، والتنبؤ من خلال النماذج والمحاكاة بالتغيّرات المستقبلية (الشكل 16–25)، ولأنّنا نعرف أنّ الاحترار العالمي ناتج جزئيًّا عن زيادة تركيز غازات الدفيئة، فتقليل هذه الغازات في الجو يجب أن يكون من أول إستراتيجياتنا الإدارية، وقد كان هذا موضوع اجتماع الأمم المتحدة الإطاري، في كيوتو–اليابان عام 1997م حول تغيّر المناخ، فقد كان هدف المؤتمر الوصول إلى اتفاقية عالمية، لتقليل انبعاثات غازات الدفيئة خصوصًا ثاني أكسيد الكربون، في البداية، وافقت الولايات المتحدة على تخفيضات غازات الدفيئة، لكنّها رفضت المصادقة على الاتفاقية عام 2001م، وتسبب ذلك في خيبة أمل الدول الأخرى خصوصًا حلفاء أمريكا من الأوروبيين، ونتيجة لذلك، انتقلت قيادة التغيّر المناخي من الولايات المتحدة إلى الاتحاد الأوروبي، إلّا أنّ الولايات المتحدة اتخذت، كما يتضح حتى عام 2009م خطوات أكثر فعالية للتعامل مع التغيّر المناخي، من خلال تخطيط استعمال الطاقة بهدف تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

تواجهنا مشكلة بالنسبة إلى حرق الوقود الأحفوري، فمن ناحية، هو مهم لمجتمعنا وضروري للتطور والنمو الاقتصاديين المستمرين، ورفاهية حياة الإنسان، ومن ناحية أخرى، يشير الدليل العلمي إلى أنّ حرق الوقود الأحفوري




**الشكل (16–25): سؤالان كبيران حول نظام الأرض المناخي (Two big questions concerning Earth›s climate system)** مرتبطان بالناس والبيئة.

*(Modified after International Panel on Climate Change 2001, at http:www.ipcc.ch)*

Open Learn

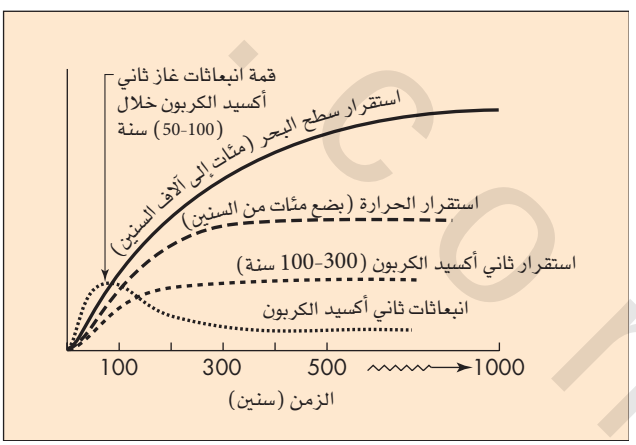
يسهم بصورة مهمة في الاحترار العالمي، ويرتبط الوقود الأحفوري بالمشكلات البيئية، التي تشمل ارتفاع مستوى سطح البحر، وزيادة حرارة سطح الأرض، وازدياد عدد مرات العواصف، مثل الأعاصير وشدتها، وتعتمد التأثيرات المرتبطة بالوقود الأحفوري على المقدار الفعلي لازدياد الحرارة عالميًّا، إذ تتراوح تقديرات ارتفاع الحرارة من النماذج بين درجتين و($4^{\circ}C$) ، فإذا كانت الزيادة قريبة من درجتين، فنستطيع التكيّف بأقل اضطراب (disturbance) ممكن، أمّا إذا كان التغيّر قريبًا من النهاية القصوى ($4^{\circ}C$)، فهناك احتمال حدوث تأثيرات مهمّة. إحدى الطرق لتقدير الازدياد المحتمل في الحرارة (بصورة مستقلة عما تتوقعه النماذج)، تتم عن طريق فحص التغيرات السابقة في السجل الجيولوجي، وتشير إحدى دراسات السجل الجيولوجي إلى رسوبيات المحيط خلال آخر مئات آلاف السنين، إلى أنّ ازدياد الحرارة سيكون قرابة ($5^{\circ}C$) في القرن المقبل، وهذا يتوافق مع النماذج التي تتوقع زيادة الحرارة بمقدار ($4.5^{\circ}C$)، فإذا ارتفعت الحرارة عالميًّا بمقدار ($4^{\circ}C$) ، فسنكون في حاجة إلى إستراتيجية لتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (قرابة (50%) خلال عقود عدّة)، للحيلولة دون حدوث إرباكات بيئية رئيسة؛ لأنّه من المحتمل أن تنتج تأثيرات بيئية ضارة عند هذا المستوى من زيادة الحرارة، ومن المهم أيضًا، أن نعرف أنّه بعد الوصول إلى قمّة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، فربما يحتاج الوضع إلى بضع مئات من السنين أو مدة أطول من ذلك، قبل أن تستقر درجة الحرارة ومستوى سطح البحر (الشكل 16–26)، وعليه، كلما أسرعنا في العمل على تقليل الانبعاثات، كانت التأثيرات أقل، وأسرعنا في الوصول إلى مسار تثبيت التغيير البيئي، حتى لو قللت انبعاثات الكربون إلى الصفر، فسيستمر الاحترار هذا القرن، إذ إنّ هناك احترارًا مقداره نصف إلى درجة مئوية في نظام مناخ الأرض الآن.

بافتراض أنّ تقليل انبعاثات الكربون ضروري لتقليل تأثيراته في الاحترار العالمي، فعلينا القيام باتخاذ إجراءات عملية في هذا الصدد، ويجب تقليل الانبعاثات في الوقت الذي يزداد فيه عدد سكان الأرض من البشر واستهلاكهم للطاقة.

نستطيع من خلال طرق عدّة تقليل انبعاثات الكربون في الجو/ البيئة: تقليل الانبعاثات من خلال تحسين هندسة محطات حرق الوقود الأحفوري (تطوير واستعمال محطات توليد كهربائي تعتمد على حرق الفحم، ثم خزنه ووضعه في أماكن آمنة)، استخدام الوقود الأحفوري الذي يطلق إلى الجو كميات من الكربون أقل مما يطلقه الفحم أو النفط (الجدول 16–3)، والمحافظة على الطاقة لتقليل اعتمادنا على الوقود الأحفوري، واستخدام المصادر البديلة للطاقة بصورة أكبر، مأسسة سياسة الحجز والمبادلة أو المتاجرة (Cap and trade) تضع حدودًا قانونية للانبعاثات الكلية من حرق الفحم والموارد الأخرى، وإصدار تصاريح للمصانع (بحدود الانبعاثات المسموحة)، وجعل هذه التصاريح تباع وتشترى في السوق المفتوحة (يمكن للمحطات الأقل تلويثًا بيع تصاريحها للمحطات الأكثر تلويثًا)، وخزن الكربون في أنظمة أرضية، مثل الغابات والتربة والصخور تحت سطح الأرض[45]، [46]، [47]، [48].

دُرس خزن الكربون في النباتات والتربة والمحيطات دراسة كافية، وقد تم التركيز على اختيار خزن الكربون في البيئة الجيولوجية أو الصخرية في السنين الأخيرة، وهذا اختيار جيّد؛ لأنّ وقت مكوث الكربون يكون عادة طويلًا في البيئة الجيولوجية (آلاف إلى مئات آلاف السنين).

المبدأ العام للخزن الجيولوجي للكربون مباشر نسبيًّا، فالفكرة هي تجميع ثاني أكسيد الكربون الناتج في محطات التوليد الكهربائي والصناعة، وحقن هذا الكربون في بيئة جيولوجية تحت سطح الأرض، إذ يتم دراسة بيئتين جيولوجيتين أكثر من غيرهما لهذا الغرض: الأولى، الصخور الرسوبية التي




**الشكل (16–26):** تسجيل للزمن اللازم لاستقرار **(Lag times to stabilization)** ثاني أكسيد الكربون، والحرارة، ومستوى سطح البحر، بعد حصول قمة في الانبعاثات

*(Modified after International Panel on Climate Change 2001, at http:www.ipcc.ch)*

**الجدول (16–3): مقارنة الوقود الأحفوري (القديم) من خلال نسبة الكربون الكلي المنبعث.**

| نوع الوقود الأحفوري | الكربون المنبعث بوصفه نسبة مئوية من الكربون الكلي من الوقود الأحفوري | مقارنات |
|---|---|---|
| الفحم | 36 | يُطلق كربون لكل وحدة طاقة أكثر مما يطلقه النفط أو الغاز |
| النفط | 43 | يُطلق كربون أقل (23%) لكلّ وحدة طاقة أقلّ مما يطلقه الفحم |
| الغاز الطبيعي | 21 | يُطلق كربون أقل (28%) لكلّ وحدة طاقة أقلّ من النفط أو الغاز |

*Source: Data from Dunn, J., 2001, Decarbonizing the energy economy, World Watch Institute State of the World 2001, New York: W. W. Norton and Company, Chaptres IV, V.*

Optional.com

تحتوي على مياه مالحة، هذه الصخور المعروفة بالخزانات الملحية شائعة الانتشار في كثير من المواقع على الأرض، ولها قدرة خزن عالية، وعليه، احتمالية خزن كميات كبيرة من الكربون والصخور الرسوبية في هذه الخزانات لها القدرة على خزن سنوات من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون البشرية، التي قد توفر الطاقة الضرورية لفترة انتقالية من اقتصاد الطاقة غير المعتمد على الوقود الأحفوري، أمّا البيئة الجيولوجية الثانية لخزن الكربون، فهي حقول النفط والغاز المستنزفة، وتشمل طريقة خزن ثاني أكسيد الكربون في البيئة الجيولوجية، ضغط غاز الكربون من السائل والغاز، ثمّ حقنه تحت سطح الأرض باستخدام الآبار، وهناك فائدة إضافية لحقن ثاني أكسيد الكربون في حقول النفط والغاز المستنزفة، في أنّ ثاني أكسيد الكربون لا يخزن فقط، بل يخدم بوصفه وسيلة لتحسين استعادة ما تبقى من النفط والغاز في الصخور الخازنة، ويساعد ثاني أكسيد الكربون المحقون على تحريك النفط في اتّجاه الآبار. هناك مشروع توضيحي يُنفّذ الآن في ساسكاتشوان- كندا: بدأ الإنتاج عام 1950م في حقل (Weyburn) ويُعدّ الآن مستنزفًا، إلّا أنّه باستخدام الاستعادة المحسنة وتخزين ثاني أكسيد الكربون، يحتمل أن يستمر الإنتاج عقودًا مقبلة عدّة، وسيكون مصدر ثاني أكسيد الكربون في هذا الحقل، محطة توليد كهربائي لحرق الفحم في شمال داكوتا، عن طريق خط أنابيب يوصّل بضعة آلاف من أطنان الكربون يوميًّا[45].

بدأ مشروع آخر عام 1996م لحبس الكربون تحت بحر الشمال، حيث يحقن فيه قرابة مليون طن سنويًّا من ثاني أكسيد الكربون في البيئة تحت السطحية، المتمثلة في خزان المياه المالحة الواقعة تحت حقل للغاز الطبيعي، وسيستوعب هذا المشروع ثاني أكسيد الكربون المتوقع إنتاجه في محطات التوليد الكهربائية كلّها في أوروبا التي تحرق الوقود الأحفوري خلال مئات السنين المقبلة، وعلى الرغم من أنّ تكلفة حبس الكربون تحت بحر الشمال عالية، إلّا أنّها توفر على الشركة دفع ضرائب ثاني أكسيد الكربون المنبعث إلى الجو، بدأت أخيرًا المشروعات الريادية التي توضّح قدرة خزن الكربون وفائدته، في الولايات المتحدة في تكساس تحت الحقول النفطية المستنزفة، والأخبار السارة أنّ الخزانات المالحة شاسعة وشائعة تحت كثير من المناطق في الولايات المتحدة، بما فيها منطقة الخليج (Gulf Coast) وتكساس ولويزيانا، واحتمالية خزن الكربون فيها كبيرة[47].

تشير الدراسات الحديثة إلى أنّ الاحترار العالمي ليس حالة طارئة فورية، وسيكون لدينا قرابة العقد لتطوير بدائل لحرق الوقود الأحفوري الكثير، فإذا قررنا أنه يجب تثبيت ثاني أكسيد الكربون الجوي في المستقبل، فمن الضروري المرور في مرحلة انتقالية من مصادر الوقود الأحفوري إلى مصادر الطاقة البديلة، التي تنتج كميات أقل من ثاني أكسيد الكربون، إلّا أنّ تخيل ما سيحدث اعتمادًا على دراسة العينات اللبابية الجليدية في جرينلند، يشير إلى أنّ تغيّرات مناخية مهمة قد تحدث بسرعة، ربما خلال وقت قصير يقدر ببضع سنوات. الاحترار أو التبريد الطبيعي السريع، سواء أكان أو لم يكن ناتجًا عن نشاط الإنسان، أمر مستبعد الوقوع، لكن إذا وقع فإنّ آثاره المحتملة ستكون سريعة ومهمة (انظر نظرة متفحصة: التغيّر المناخي المفاجئ). بدأت حضارة الإنسان وتطورت إلى مجتمعنا الصناعي الحالي خلال (700) سنة فقط، وقد تميّزت هذه الفترة بمناخ دافئ ومستقر نسبيًّا، ربما أنّه لا يشبه فترات طويلة من تاريخ الأرض، ومن الصعب تخيل معاناة البشر التي يمكن أنّ تنتج في أواخر القرن (21) من جراء تغيّر مناخي سريع، يؤدي إلى ظروف أصعب لتوفير الغذاء لسكان الأرض المتوقع أن يبلغ عددهم (10) بلايين أو أكثر[12].

## نظرة متفحّصة A CLOSER LOOK

### تغيّر مناخي مفاجئ Abrupt climate change

يعرف التغيّر المناخي المفاجئ بأنّه تغيّر كبير في نظام المناخ العالمي، يحدث خلال عقود قليلة أو أقلّ من ذلك، ويتوقع أن يبقى هذا مثل التغيّر بضعة عقود على الأقل، ويتسبّب في إرباكات مهمّة بالنسبة إلى البشر والأنظمة الطبيعية، ويمكن أن تتسبّب أنواع متباينة من تغيّرات المناخ المفاجئة في أخطار حقيقية على البشر والأنظمة الطبيعية من خلال مقدرتنا على التكيّف، حيث تشمل هذه التغيرات ما يأتي:

- تغيّر سريع في مستوى سطح البحر، نتيجة للتغيرات في الجليديات والصفائح الجليدية.
- الجفاف والفيضانات الناتجة عن التغيّرات الواسعة والسريعة في الدورة الهيدرولوجية.
- تغيّر سريع في نمط دوران الماء في المحيط الأطلسي، يتميز في الطبقات العليا من المحيط بجريان مياه دافئة ومالحة في اتجاه الشمال.
- إطلاق سريع للميثان (غاز قوي من غازات الدفيئة) إلى الجو من انصهار مناطق الجليد الدائم ورسوبيات المحيط.

تصدّى البرنامج العلمي للتغيّر المناخي لهذه التغيرات الأربعة المفاجئة المحتمل وقوعها[49].

أحد الأسئلة الرئيسة المطروحة، هو: هل سيكون هناك تغيّر مفاجئ في مستوى سطح البحر؟ نعرف أنّه حتى التغيرات البسيطة في مستوى سطح البحر قد تؤدي إلى نتائج عكسية مهمّة في المجتمع، يترتب عليها تأثيرات اقتصادية تشمل حتّ الشاطئ وزيادة الفيضانات في المناطق الساحلية، وفقدان الأراضي الساحلية الرطبة، ولا تشمل النماذج المناخية الحديثة مفاهيم تغيّر سطح البحر كلّها الناتجة عن اصهار الثلج الجليدي، إذا عرفنا ذلك، فهناك اهتمام بالازدياد المتوقع في ارتفاع سطح البحر مستقبلًا، والقيم التي قدمتها اللجنة الحكومية حول التغيّر المناخي[5]، أقل من الحقيقية في ارتفاع مستوى سطح البحر خلال القرن الـ(21).

السؤال الثاني هو: «ما مدى احتمالية حدوث تغيّرات مفاجئة في الدورة الهيدرولوجية؟». التغيرات التي تؤثر في تزويدنا بالمياه لها أهمية خاصة مرتبطة بفترات الجفاف الطويلة الممتدة، ومعرفة أنّ الجفاف يمكن أن يحدث أسرع من تكيف الناس والمجتمع معه، أمر ذو أهمية خاصة، لذلك

فالجفاف الذي يستمر من بضع سنوات إلى عقد أو أكثر له عواقب وخيمة على المجتمع، وقد أشارت الدراسات إلى حدوث فترات جفاف طويلة في الماضي واحتمال حدوثها في المستقبل، حتى مع عدم وجود احترار عالمي ناتج عن تأثير زيادة غازات الدفيئة[49].

السؤال الثالث حول التغيّر المفاجئ، هو: « ماذا سيكون تأثير تغيّر المناخ في نظام دوران المحيط الأطلسي، الذي يحمل الماء الدافئ إلى شمال الأطلسي، حيث يصبح أكثر ملوحة، ويهبط ليكون تيارًا قاعيًّا باردًا يتحرك إلى الجنوب؟ الماء الدافئ مسؤول جزئيًّا عن الإبقاء على غرب أوروبا مضيافًا وفي حالة من الرخاء، لكنّ الامتداد الشاسع للمحيط نفسه، هو ما يحقق هذا، ويتوقع أن تتناقص قوّة التيار (25–30%) نتيجة للاحترار العالمي في القرن الـ (21)، إلّا أنّه يبدو من غير المحتمل، أن يتعرض نظام التيارات المحيطية للتخريب أو الانتقال الفجائي إلى حالة ضعيفة جدًّا خلال ألـ (100) سنة المقبلة[49].

السؤال الأخير بالنسبة إلى التغيّر المفاجئ، هو: هل سيكون هناك تغيّر سريع في غاز الميثان الجوي أم لا؟ هذا سؤال مهمّ؛ لأنّ الميثان غاز دفيئة قوي، وإذا ازداد تركيزه كثيرًا في الجو، فسيسرع حدوث الاحترار العالمي، ويستنتج بوجه عام، أنّ تغيرًا سريعًا جدًّا في إطلاق الميثان خلال ألـ (100) سنة المقبلة أمر غير محتمل، إلّا أنّ الاحترار المستمر سيزيد من انبعاثات الميثان من رسوبيات المحيط، ومن انصهار الجليد الدائم، والأراضي الرطبة. والمناطق الرطبة في العروض الشمالية المرتفعة بالتحديد قابلة لإطلاق ميثان إضافي؛ لأنّ هناك احترارًا متسارعًا، إضافة إلى تحسن في الأمطار في المناطق دائمة الانجماد، التي تحتوي على الكثير من الميثان المخزون، وهكذا، يبدو أنّه في العقود المقبلة من المحتمل أن تزداد مستويات الميثان، وتتسبّب في احترار إضافي[49].

في الختام، يبدو أنّ التغيّر المناخي المفاجئ خلال القرن المقبل أمر غير محتمل، ما يعطينا الوقت للاستجابة لعواقب الاحترار العالمي الوخيمة، إلّا أنّ هذا الوقت يقصر بسرعة (لأنّ تغيير السياسات يتطلب وقتًا طويلًا)، والاستجابة الجادة من الأقطار كلّها للاحترار العالمي في المستقبل القريب أمر ضروري.

الفهم الأعمق للتغيّرات المناخية التي حدثت في الماضي، من خلال تجميع المعطيات الجيولوجية وتحليلها ضروري، حتى نفهم بصورة كاملة ما الذي يمكن أن يتسبّب في تغيرات مستقبلية، وتوافر المعطيات الجيولوجية الدليل الأكثر مباشرة للتغيّر في الماضي، حيث تساعد المعطيات الجيولوجية من الرسوبيات والثلج الجليدي على فهم أسباب التغيرات طويلة الأمد في ظروف المحيط والظروف الجليدية، وكيفية ارتباط هذه العوامل بالاستجابة في الغلاف الجوي، بهذه الطريقة قد نصبح أكثر قدرة على التنبؤ بالجفاف طويل الأمد وقصيره، الذي له عواقب مهمة (وخيمة) على كلّ من البشر والبيئة الطبيعية.

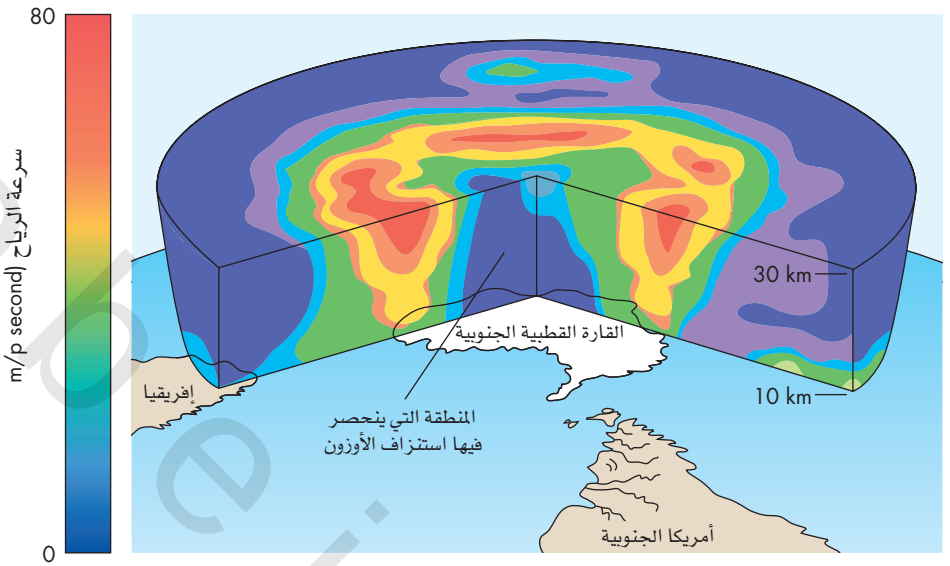
## 6-16 ازدواج عمليات التغيّر العالمية: استنزاف الأوزون والاحترار العالمي

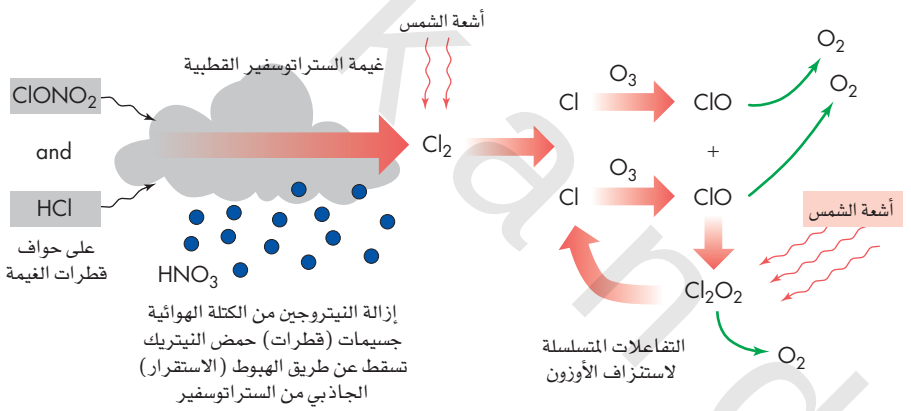
## COUPLING OF GLOBAL CHANGE PROCESSES: OZONE DEPLETION AND GLOBAL WARMING

تتوافر بين عمليات التغيّر العالمية الرئيسة التي نوقشت في هذا الفصل ارتباطات مثيرة (interesting)، مثلًا عندما تصل كلورفلور الكربون (CFCs) التي تسبب استنزاف الأوزون ($O_3$) (Ozone depletion) ثلاث ذرات أكسجين) إلى الستراتوسفير، تسهم أيضًا في تأثير غازات الدفيئة عندما يتم إطلاقها إلى طبقات الجو السفلى، فالعمليات المسؤولة عن استنزاف الأوزون في الستراتوسفير، ونشوء ثقب في أوزون القطب المتجمد الجنوبي معقدة، لكنها على علاقة مع التفاعلات الكيميائية بين الكلور والأوزون، ومرتبطة بدوامة القطب الجنوبي (حيث هناك حركة دوران في اتجاه عكس عقارب الساعة لطبقات الجو)، وغيم الستراتوسفير القطبية حيث تحدث تفاعلات استنزاف الأوزون، إذ إنّ الكتلة الهوائية في الدوامة تفصل، ثم تبرد، وتتكاثف، وتنزل[50]. كلورات فلورات الكربون التي تحتوي على الكلور مستقرة في طبقات الجو السفلى، لكنها ليست كذلك في الستراتوسفير، حيث ينفصل هناك الكلور من ألـ (CFCs) عن طريق الأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس، وتتفاعل مع الأوزون لتنتج أكسيد كلور زائد أكسجين $Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2$. النتيجة تدمير الأوزون. ينبعث الكلور من الأكسيد عن طريق تفاعل لاحق، يدخل فيه الأكسجين على صورة ذرة واحدة: $ClO + O \rightarrow Cl + O_2$ ويطلق الكلور ليدمر الأوزون بدرجة أكبر مما نتج عن التفاعل الأول (الشكل 16–27). فالتفاعلات معقدة، لكنها تتبع أو تشبه المعادلات العامة التي ذكرت آنفًا.

الحوضان (sinks) المهمان للكلور في الغيوم، هما حمض الهيدروكلوريك (HCl)، ونيترات الكلور، ينفصل الكلور عندما تُزال النيترات بالتفاعلات الكيميائية، ويدخل في تفاعلات استنزاف الأوزون (انظر الشكل 16–26)، وخلال الربيع قد تحدث هذه السلسلة من التفاعلات بسرعة كبيرة في القطب الجنوبي، وتتسبب كل يوم في استنزاف (2%) من الأوزون، وفي النهاية تنتج الكمية السنوية الملاحظة عن استنزاف الأوزون، البالغة (50–70%). تقوم ألـ (CFCs) باصطياد أو احتجاز حرارة أكثر مما تصطاده من ثاني أكسيد الكربون في طبقات الجو السفلى، فتنبعث لأنّها تستطيع امتصاص كمية أكبر من الأشعة فوق البنفسجية، وقد استنتجت إحدى الدراسات أنّ ألـ (CFCs) تمتص الأشعة تحت الحمراء بفعالية (محسوبة لكل جزيء) أكثر بـ (10000) مرّة من ثاني أكسيد الكربون، إلّا أنّ ثاني أكسيد الكربون يسهم بنسبة أكبر من ألـ (CFCs) في التأثير الكلي لغازات الدفيئة الناتجة عن البشر (anthropogenic)؛ لأنّ ما ينبعث من ثاني أكسيد الكربون أكثر كثيرًا[51].

المزاوجة بين مشكلتي غازات الدفيئة والأوزون من خلال إطلاق مواد، مثل ألـ (CFCs)، نقطة مهم أخذها في الحسبان، وهناك مزاوجات أخرى مرتبطة بعمليات، مثل حرق الوقود الأحفوري، وإطلاق مواد تمهد لحدوث المطر الحمضي، وثاني أكسيد الكربون وغازات الدفيئة الأخرى (انظر




**الشكل (16–27): أشكال توضيحية لدوامة القطب المتجمد الجنوبي (Idealized diagrams)**، ودور غيوم الستراتوسفير القطبية في التفاعل المتسلسل لاستنزاف الأوزون.

*(Based on Toon O. B., and Turco R. P. 1991, Polar stratospheric clouds and ozone depletion, Scientific American 264 (6): 68-74)*

الفصل الخامس عشر). ينتج حرق الوقود الأحفوري والاندفاعات البركانية مثلما نوقشت سابقًا، دقائق تتسبّب أيضًا في برودة الجو، أمّا ثاني أكسيد الكربون، فله تأثير سائد/شامل في تغيير حرارة العالم، لكننا نرى أن مفهوم الوحدة البيئية يقوم بعمله بفعالية، وهكذا ترتبط الأوجه المتعددة للمشكلة نفسها (وهي في حالتنا هذه الاحترار العالمي) بعمليات أو مشكلات أخرى، مثل استنزاف الأوزون.

## SUMMARY ملخّص

الهدف الرئيس لحقل الدراسة الناشئ المعروف بعلم أنظمة الأرض، التوصل إلى فهم أساسي أفضل عن الكيفية التي يعمل بها كوكبنا، وكيف تتفاعل مكوّناته المختلفة، مثل الجو والمحيطات والأرض الصلبة، مع بعضها، والهدف المهم الآخر، هو التنبؤ بالتغيرات العالمية المحتمل وقوعها خلال العقود القليلة المقبلة، التي تشمل الحرارة أو المناخ، والتغيّرات على الأرض وفي ماء البحر، وما يترتّب عليها؛ ولأنّ هذه تنبؤات قصيرة الأمد، فإنّ علم أنظمة الأرض يتعلق بحياة الناس في كلّ مكان.

تشمل طرق دراسة التغيّر العالمي فحص السجل الجيولوجي لرسوبيات البحيرات والثلج الجليدي والمواد الأرضية الأخرى، وتجميع معطيات فعلية مرتبطة بالزمن من خلال محطات مراقبة خاصة، وتطوير نماذج رياضية للتنبؤ بالتغير. يشير المناخ إلى الظروف الجوية المميزة، مثل الهطل والحرارة خلال الفصول والسنوات والقرون، فالجو بيئة ديناميكية معقدة، يحدث فيها كثير من التفاعلات الكيميائية، ويسهم النشاط الإنساني بصورة كبيرة في الاحترار العالمي. احتجاز الحرارة في الجو يسمى عادة تأثير غازات الدفيئة، إذ يميل بخار الماء إضافة إلى غازات أخرى متعددة، بما فيه ثاني أكسيد الكربون والميثان وكلورات فلورات الكربون، إلى احتجاز الحرارة وتدفئة الأرض؛ لأنّها تمتص بعض الطاقة الحرارية التي تشعّها الأرض، وتشمل تأثيرات الارتفاع العالمي للحرارة ارتفاعًا عالميًّا في مستوى سطح البحر، وتغيرات في أنماط هطل الأمطار، والعواصف العاتية، ورطوبة التربة، والزراعة والغلاف الحيوي.

obeikandl.com

تشمل آليات إرغام المناخ الطبيعي التي يمكن أن تتسبّب في تغيّر مناخي دورات ميلانكوفيتش، والتغيرات الشمسية، والأنشطة البركانية، وتشمل الأسباب الاجتماعية تلوث الهواء وزيادة في غازات الدفيئة خصوصًا ثاني اكسيد الكربون، ونفهم الآن أنّ المناخ العالمي، يمكن أن يتغيّر بسرعة خلال فترة زمنية تمتد من بضعة عقود إلى بضع مئات من السنين. والسؤالان المهمان، هما: ما طبيعة التغيّر المناخي القديم ومداه؟ وما التغيرات المناخية التي ستحدث في المستقبل؟علم احترار الأرض مفهوم بصورة جيّدة، وقد يحدث الاحترار بفعل الإنسان، ولا يتوافر سبب للكآبة والتشاؤم، لكنّنا في حاجة إلى أن نتّخذ على الفور إجراءات صحيحة لإبطاء الاحترار العالمي والعواقب البيئية المرتبطة به.

سيكون التكيف مع الاحترار العالمي بصور متغيّرة، من ضمنها التكيف مع التغيّر، وتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وحبس الكربون، وتطبيق تغييرات مختلفة عدّة في الوقت نفسه أمر محتمل. بعض التغيرات العالمية، مثل استنزاف الأوزون وتأثير غازات الدفيئة يمكن المزاوجة بينهما، مثلًا أل (CFCs) التي تنبعث في طبقات الجو السفلي، تضيف إلى تأثير غازات الدفيئة هناك قبل انتشارها إلى الستراتوسفير، حيث تتسبب في استنزاف الأوزون.

## REFERENCES المراجع


1. **National Aeronautics and Space Administration (NASA).** 1990. *EOS: A Mission to Planet Earth*. Washington, DC: NASA.
2. **Luthi, D., et al.** 2008. High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000-800,000 years before present. *Nature*. 453:379–382.
3. **Hansen, J.** 2004. Defusing the global warming time bomb. *Scientific American* 290(3):68–77.
4. **IPCC**. 2007. *The Physical Science Basis: Working Group I. Contribution to the Fourth Assessment Report*. New York. Cambridge University Press.
5. **Ruddiman, W. F.** 2008. *Earth's Climate Part and Future*. 2nd ed. New York: W. H. Freeman and Company.
6. **Hansen, J. and Sato, M.** 2004. Greenhouse gas growth rates. *Proc. Natl Academy Sci (PNAS)* 101:16109–16114.
7. **Hansen, J., et al.** 2006. Global temperature change. *Proc. Natl Academy Sci (PNAS)* 103:14288–14293.
8. **Kennett, J.** 1982. *Marine Geology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
9. **Hansen, J. et al.** 2005. Efficacy of climate forcing. *Geophys Res.* 110, D18104. doi: 10.1029/2005 JD 005776.
10. **Hansen, J.** 2003. Can we defuse the global warming time bomb? Edited version of presentation to the Council on Environmental Quality. June 12. Washington D. C.; also Natural Science. http://www.naturalscience.com.
11. **Broecker, W.** 1997. Will our ride into the greenhouse future be a smooth one? *GSA Today* 7(5):1–7.
12. **Seager, R.** 2006. The source of Europe's mild climate. *American Scientist* 94:334–41.
13. **Crowley, T. J.** 2000. Causes of climate change over the past 1000 years. *Science* 289:270–277.
14. **Foukal, P., et al.** 2006. Variations in solar luminosity and their effect on the earth's climate. *Nature* 443(14):161–166.
15. **Charlson, R. J., et al.** 1992. Climate forcing by anthropogenic aerosols. *Science* 255:423–30.
16. **Kerr, R. A.** 1995. Study unveils climate cooling caused by pollutant haze. *Science* 268: 802.
17. **McCormick, P. P., Thomason, L. W., and Trepte, C. R.** 1995. Atmospheric effects of the Mt. Pinatubo eruption. *Nature* 373:399–436.
18. **Appenzeller, T.** 2007. The big thaw. *National Geographic* 211(6):56–71.
19. **Pelto, M. S.** 1996. Recent changes in glacier and alpine run-off in the North Cascades, Washington. *Hydrological Processes* 10:1173–80.
20. **U.S. Geological Survey.** USGS repeat photography project documents retreating glaciers in Glacier National Park. http://www.nrmsc.usgs.gov/repeatphoto/. Accessed 4/10/09.
21. **Stroeve, J., et al.** 2008. Arctic sea ice extent plummets in 2007. *EOS, Transactions* of the *American Geophysical Union* 89(2):13–14.
22. **Steig, E.J., et al.** Warming of the Antarctic ice-sheet surface since the 1957 International Geophysical Year. *Nature* 457:459–462.
23. **Davis, C. H., et al.** 2005. Snowfall-driven growth in East Antarctic ice sheet mitigates recent sea-level rise. *Science* 308(5739):1898–1901.
24. **Monagham, A. J., et al.** Insignificant change in Antarctic snowfall since the International Geophysics year. *Science* 313(5788):827–831.
25. **Mainguet, M.** 1994. *Desertification*, 2nd ed. Berlin: Springer-Verlag.
26. **Goudie, A.** 1984. *The Nature of the Environment*, 3rd ed. Oxford: Blackwell Scientific.
27. **Grainger, A.** 1990. *The Threatening Desert*. London: Earthscan Publications.
28. **Oberlander, T. M.** 1994. Global deserts: a geomorphic comparison. In *Geomorphology of Desert Environments*, ed. A. D. Abrahams and A. J. Parsons. London: Chapman and Hall. 13–35.
29. **Dregne, H. E.** 1983. Desertification of Arid Lands. *Advances in Desert and Arid Land Technology and Development*. vol. 3. Chur, Switzerland: Harwood Academic Publishers.
30. **Sheridan, D.** 1981. *Desertification of the United States*. Washington, DC: Council on Environmental Quality.
31. **Titus, J. G., et al.** 1985. *Potential Impacts of Sea Level Rise on the Beach at Ocean City, Maryland*. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.
32. **Anderson, D. R., et al.** 2009. *Coastal Sensitivity to Sea Level Rise*. Washington, DC: U.S. Climate Change Program.


obeikandi.com

33. **Dickinson, W. R.** 2009. Pacific atoll living: how long already and until when. *GSA Today* 19(3):4–10.
34. **Kumar, M.** 2007. Alaska melting into the sea. *Geotimes* 52(9):8–9.
35. **U.S. Climate Change Program.** 2008. Washington DC:. Climate Change and Ecosystems.
36. **Union of Concerned Scientists**. 2003. Early warning signs: coral reef bleaching. http://www.ucsusa.org (accessed at 4/10/09).
37. **Appell, D.** 2009. "Can assisted migration" save species from global warming?. *Scientific American* 30(3):378–30.
38. **Botkin, D.B., et al.** 2007. Forecasting effects of global warming on biodiversity. *BioScience* 57(3):227–236.
39. **University Corporation for Atmospheric Research.** 1994. *El Niño and climate prediction*. Washington, DC: NOAA Office of Global Programs.
40. **Dennis, R. E.** 1984. A revised assessment of worldwide economic impacts: 1982–1984 El Niño/southern oscillation event. *EOS, Transactions of the American Geophysical Union* 65(45):910.
41. **Canby, T. Y.** 1984. El Niño's ill winds. *National Geographic* 165:144–81.
42. **Philander, S. G.** 1998. Who is El Niño? *EOS, Transactions of the American Geophysical Union* 79(13):170.
43. **Lea, D. W.** 2004. The 100,000 year cycle in tropical SST, greenhouse forcing, and climate sensitivity. *Journal of Climate* 17(11), 2170–79.
44. **Friedman, S. J.** 2003. Storing carbon in Earth. *Geotimes* 48(3):16–20.
45. **Nameroff, T.** 1997. The climate change debate is heating up. *GSA Today* 7(12):11–13.
46. **Bartlett, K.** 2003. Demonstrating carbon sequestration. *Geotimes* 48(3):22–23.
47. **Flavin, C.** 2008. Low-carbon energy. Worldwatch Report 178 Washington, DC: Worldwatch Institute.
48. **McGeehin, J. P., et al. 2008.** *Abrupt Climate Change*. Final Report, Synthesis and Assessment Product 3.4. U.S. Climate Change Science Program.
49. **Toon, O. B., and Turco, R. P.** 1991. Polar stratospheric clouds and ozone depletion. *Scientific American* 264(6):68–74.
50. **Molina, M. J., and Rowland, F. S.** 1974. Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: Chlorine atom-catalyzed destruction of ozone. *Nature* 249:810–12.


## KEY TERMS المصطلحات المفتاحية

مناخ (climate)، (ص 476)
علم أنظمة الأرض (earths science system)، (ص 474)
الاحترار العالمي (global warming)، (ص 490)
إرغام مناخي (climate forcing)، (ص 483)
إلنينيو (El Niño)، (ص 495)
تأثير غازات الدفيئة (greenhouse effect)ص. 479)
التصحر (desertification)، (ص 493)
تخفيت الإضاءة العالمي (global dimming)، (ص 490)
استنزاف الأوزون (ozone depletion) ص. 500)
نظام مناخ أرضي (earth climatic system)، (ص 476)

## SOME QUESTIONS TO THINK ABOUT بعض الأسئلة للتفكير

1. ناقش مع والديك أو أي شخص آخر في عمرهما، واكتب التغيّرات الرئيسة التي حدثت خلال فترة حياتهما وفترة حياتك، ثمّ صنّف هذه التغيرات إلى بطيئة، ومفاجئة، ومدهشة، وعشوائية، أو استعمل مصطلحات تصنيف أخرى مناسبة، بعد ذلك، حلل هذه التغيرات، وناقش، أيّها كان لها تأثير أكبر فيك؟ وأيّها أثّرت في البيئة محليًّا أو إقليميًّا أو عالميًّا؟
2. كيف يحتمل أن تؤثر التغيرات المستقبلية فيك، وبصورة خاصة المشكلات البيئية التي نواجهها نتيجة لتزايد عدد السكان؟
3. هل تعتقد أنّنا في حاجة إلى دراسات إضافية، لنثبت أنّ نشاط الإنسان مركبة مهمّة في إحداث الاحترار العالمي، قبل اتخاذ أي خطوات للتقليل من التأثيرات الضارة المحتملة؟ لماذا؟
4. هل تعتقد أنّ الاحترار العالمي من زيادة ثاني أكسيد الكربون، قد ينقذنا من فترة جليدية أخرى؟ ما دور التخفيت العالمي في هذا السؤال؟
5. كيف تستجيب إلى التأكيد القائل: إنّنا في حاجة إلى دراسة أكثر قبل اتخاذ خطوات مهمّة لإبطاء الاحترار العالمي أو وقفه؟ هل ستسبب مثل هذه الخطوات مشكلات مالية، أم أنّها ستشكل فرصًا اقتصادية؟ لماذا؟

Obeikandl.com

# الفصل السابع عشر

# الجيولوجيا والمجتمع والمستقبل

# Geology, Society, and the Future

**نهر ملوث في الصين** الاندفاع إلى التنمية الصناعية في الصين تسبّب في مشكلات بيئية *(National Geographic, March 2004, Bob Sasha Photo)*

## 1-17 مقدّمة

## INTRODUCTION

إننا نعيش على سطح الأرض الذي تطورت عليه أشكال، مثل الجبال والسهول والأودية النهرية ومنحدرات التلال وخطوط الشواطئ، من خلال التفاعل فيما بين كثير من العمليات الجيولوجية والجيوحيوية. وتتوافر في معظم الأمكنة طبقة جيوحيوية من مادة الأرض تُسمّى التربة تغطي سطحها. وقد أدت الجيولوجيا دورًا مهمًّا في المجتمع. منذ أن بدأ الناس بالتجمع في قرًى أصبحت فيما بعد مدنًا، يمارسون الزراعة، ويصنعون منتوجات من مواد أرضية متنوعة. وقد ناقشنا في أجزاء أخرى من هذا الكتاب بعض العمليات الأرضية الرئيسة، بما فيها الأخطار الطبيعية والموارد، مثل المعادن والماء والتربة وتفاعلاتها مع سلوك البشر وعملياتهم، وفي هذا الفصل سنتفحّص أمثلة أخرى على العلاقات بين الجيولوجيا وحاجات المجتمع. وعلى الرغم من توافر عدد من العلاقات المحتملة الأخرى، فسوف نناقش الجوانب الجيولوجية لصحّة البيئة، وتلوث الهواء، وإدارة النفايات، واختيار الموقع، وتحليل الأثر البيئي، وقانون البيئة. وسننهي هذا الفصل والكتاب بمناقشة قصيرة عن كيفية تجنب الأزمات البيئية المستقبلية التي يتسبّب فيها الإنسان، لننتقل بعدها إلى موضوع الاستدامة، إذ لا تعطي المناقشات في هذا الفصل تحليلًا كاملًا لمفاهيم التفاعلات بين المجتمع والبيئة، بل تُعدّ مقدّمة للموضوع والأفكار المستقبلية الخصوصًا بكيفية انتقالنا إلى حياة أكثر توافقًا مع بيئتنا في كوكب الأرض.

## 2-17 الجيولوجيا وصحة البيئة

## GEOLOGY AND ENVIRONMENTAL HEALTH

بوصفنا أعضاء في المجتمع البيولوجي، نحت الناس لهم إطارًا بيئيًّا في الغلاف الحيوي؛ وهي بيئة تعتمد كثيرًا على التفاعلات المتبادلة والمعقدة بين الأغلفة الحيوية والجوية والمائية والصخرية، إلّا أنّنا مازلنا في مرحلة البداية بالنسبة إلى التساؤل عن العوامل البيئية، التي تؤثّر في حياتنا وازدهارنا واكتساب فهم أساسي عن مداها. ومع استمرار استكشافنا للدورة الجيولوجية – من الكميات القليلة للعناصر في التربة والصخور والماء إلى الأنماط الإقليمية للمناخ والجيولوجيا والطوبوغرافيا (التضاريس) – فإنّنا نتوصل إلى استكشافات مهمّة عن كيفية تأثير هذه العوامل في نسبة الوفيات والحالات في بعض الأمراض. ففي الولايات المتحدة وحدها، تختلف نسبة

## الأهداف التعلُّمية LEARNING OBJECTIVES

دراسة الجيولوجيا وعلاقتها بوظائف معينة في المجتمع، مثل صحة البيئة والأثر البيئي وتخطيط استعمال الأراضي، تعتمد على تكامل ما تعلمناه في هذا الكتاب، وبهذا المعنى يشكل هذا الفصل حجر الغطاء، وعلى مستوًى أكثر عمقًا، توفر العلاقات بين الناس وبيئتنا تعمقًا في الأسباب التي من أجلها ندرس الجيولوجيا البيئية، نأمل بالبناء اعتمادًا على نجاحاتنا السابقة والتعلم من أخطائنا، وسنركز في هذا الفصل على الأهداف التعليمية الآتية:

- فهم الجوانب الجيولوجية لصحة البيئة وتلوث الهواء وإدارة النفايات.
- فهم دور الجيولوجي في تقييم الأرض من حيث استعمالاتها المناسبة.
- فهم تحليل الأثر البيئي، بما في ذلك المكونات الرئيسة لعبارة الأثر البيئي وطرق الفهم والمعالجة.
- تعلم الطرق القانونية خصوصًا تلك التي تستعمل في الوساطة وإجراء المحادثات لفض النزاعات البيئية.
- تعلم ثلاث خطوات يمكن القيام بها، للحيلولة دون حدوث مشكلة بيئية ناتجة عن اجتماع المشكلات الآتية: ازدياد عدد السكان ونقصان الموارد البيئية والاحترار العالمي، والمرتبطة بكميات التزويد الغذائي لنا.
- القدرة على مناقشة أي الخطوات ضرورية لتحقيق هدف الاستدامة.

الوفيات من منطقة إلى أخرى[1، 2]، وينتج جزء من هذا التباين عن الظروف المحلية والفيزيائية والبيولوجية والكيميائية للبيئة التي نعيش فيها (انظر موضوع نظرة متفحصة: الرصاص في البيئة).

ومن المفيد عند هذه النقطة تقديم بعض التعريفات والمصطلحات الرئيسة، مثلا **علم السموم (toxicology)**، هو علم دراسة السموم أو التوكسينات (*toxins*)، وتأثيراتها المحتملة على الناس والأنظمة البيئية والمشكلات الطبية والاقتصادية والصناعية والقانونية، المرتبطة بالمواد السامة في البيئة. أمّا الكارسينوجين (*carcinogen*)، فهو نوع خاص من التوكسينات يتسبّب في السرطان، والكارسينوجينات هي من أكثر التوكسينات التي يخشاها الناس، وهي منظمة تنظيمًا دقيقًا وصارمًا من حيث استعمالها في المجتمع، حيث إنّ تركيز توكسين أو كارسينوجين معيّن، يوجد أحيانًا في وحدات صغيرة، مثل أجزاء من مليون (ppm) أو من بليون (ppb). وهذه أرقام صغيرة جدًّا. فلو أردت عمل الفشار، وأردت إضافة بعض الملح إليه، باستخدام علبة الملح القياسية التي تزن (737 g) (1 باوند و10 أونصات)، فإنّك قد تضيف الملح المحتوي على اليود بتركيز جزء في المليون. ولتثبيت هذا التركيز باستخدام العلبة كاملة عليك أن تعمل الفشار من (737) طنًّا متريًّا من الذرة، وهذا ينتج أكثر من (6) ملايين كيس من الفشار، الذي وزنه ربع باوند. ويجد الإنسان العادي صعوبة في فهم أنّ مثل هذه التراكيز القليلة (أجزاء في المليون أو البليون) لمادة كيميائية، يمكن أن تتسبّب في السرطان أو تكون سامة، حيث تقاس التوكسينات والملوثات الأخرى في الجو عادة، بجزء في المليون من الجرام لكلّ لتر، أو جزء في المليون من الجرام لكل متر مكعب من الهواء، أمّا الرادون المشع في الهواء، فهو استثناء ويقاس بالبيكو كوري في اللتر، وهذا يشير إلى عدد التحطمات الإشعاعية في الثانية في لتر من الهواء.

وقد وصف المرض (*disease*) من منظور بيئي، على أنّه عدم توازن ناتج عن عدم تكيف الإنسان مع البيئة[7]، ونادرًا ما ينتج عن سبب واحد. ويساعدنا إسهام الجيولوجي في فهمنا لأسبابه على فصل الجوانب المختلفة للبيئة الجيولوجية، التي يمكن أن تؤثّر في حدوث المرض. وتتطلب هذه المهمة المعقدة بحثًا علميًّا صحيحًا، مترافقًا مع بحث متعدد الموضوعات مع الأطباء والعلماء الآخرين. وعلى الرغم من أنّ الصورة غير واضحة الآن، فإنّ النتائج الممكنة لتطوير حقل الجيولوجيا الطبية مثيرة، وتسهم بطرق عدّة في فهم صحة البيئة.

## بعض العوامل الجيولوجية المؤثرة في صحة البيئة

## Some geologic factors of environmental health

تؤثر التربة التي نزرع فيها النباتات للحصول على الطعام، والصخر الذي نبني عليه بيوتنا وصناعاتنا، والماء الذي نشربه والهواء الذي نتنفسه، في فرص حدوث مشكلات صحية مهمّة. وفي المقابل يمكن أن تؤثر هذه العوامل أيضًا في فرصنا لحياة أطول وإنتاجية أكثر. ومن المدهش أنّ كثيرًا من الناس ما زالوا يعتقدون أنّ التربة والماء والهواء، في حالتها "النقية" أو "الطبيعية" أو "العذرية" يجب أن تكون جيدة، وإذا تغيّرت هذه الموارد أو تعدّلت بأنشطة الإنسان تصبح "ملوثة" و"سيئة"، هذا التقسيم الثنائي لا يمثّل بأيّ حال من الأحوال القصة كلها[7، 8، 9].

## المرض المزمن والبيئة الجيولوجية

## Chronic disease and the geologic environment

يمكن تعريف الصحّة (*health*) بأنّها حالة الفرد في التكيف مع بيئته الداخلية والخارجية، وقد أشارت المشاهدات التي أُخذت خلال سنين عدة إلى أنّ بعض التغيّرات المحلية والإقليمية في الأمراض التي تتزايد حدّتها

Obeikandl.com

## نظرة متفحّصة A CLOSER LOOK

### الرصاص في البيئة Lead in the Environment

حادثة التسمم بالرصاص مثال على التأثيرات الجيولوجية والثقافية والسياسية والاقتصادية على أنماط الأمراض، ويمكن أن تشتمل تأثيرات التسمم بالرصاص على فقر الدم والإعاقة العقلية والشلل (أو الكساح)، ومنذ قرون خلت استخدم الرصاص في البنزين ما أدى إلى تلوث التربة بالقرب من الطرق السريعة، وحتى عهد قريب كان يستخدم الرصاص أيضًا في كثير من المنتوجات الأخرى بما فيها الدهانات، لذلك فإنّ بعض الأطفال الذين يلوكون الأسطح المدهونة يهضمون الرصاص بكميات سمية، كذلك يوجد الرصاص في ويسكي المون شاين (ضوء القمر) ونتج عن ذلك التسمم بالرصاص بين الكبار والأطفال الرضع والأجنة الذين لم يولدوا بعد عندما شربت أمهاتهم هذا النوع من الويسكي[3].

يقترح البعض أن الانتشار الواسع للتسمم بالرصاص كان أحد أسباب سقوط الإمبراطورية الرومانية، فبعض المؤرخين يقدرون أن إنتاج الرومان السنوي من الرصاص بلغ 55000 طن متري، وذلك مدة تقدر بمئات السنين، وقد استعمل الرومان الرصاص في الأواني وكؤوس الخمر ومواد التجميل والأدوية، وكان ينقل الماء إلى بيوت الطبقة الحاكمة وداخلها في أنابيب من الرصاص، ويجادل المؤرخون أن التسمم البطيء بالرصاص بين الطبقة العليا نتج عنه تلاشي هذه الطبقة في النهاية من خلال ولادات الأجنة الميتة والتشوهات والخراب العقلي. التراكيز العالية من الرصاص التي وجدت في عظام الرومان القدماء تؤيد هذه الفرضية[4]، وقد دعمت دراسة عينات لبابية من جليديات جرينلاند للحقبة 500 قبل الميلاد إلى 300 بعد الميلاد هذه الفرضية، فقد كان تركيز الرصاص في الجليد (المعاصر للإمبراطورية الرومانية) تقريبًا 4 أضعاف تركيزه قبل وبعد الإمبراطورية الرومانية، وتشير هذه الحقيقة إلى أن تعدين الرصاص وصهره تسبب في عهد الإمبراطورية الرومانية في تلوث الجو بالرصاص في النصف الشمالي من الكرة الأرضية[5].

عرفنا مدة طويلة أن الرصاص معدن بالغ الخطورة، وينتج عنه كثير من المشكلات الصحية عندما يوجد بتراكيز عالية، وقد اقترح أخيرًا أن الرصاص في المناطق الحضرية يمكن أن يتسبّب في مشكلات اجتماعية أيضًا، ففي إحدى الدراسات وجد أن الأطفال الذين يوجد الرصاص في عظامهم بتراكيز أعلى من المعدل يعانون مشكلات عدم الانتباه أو الميول الإجرامية وعدوانيون أكثر من الأطفال الذين يوجد الرصاص في عظامهم بكميات أقل[6]، واعتمادًا على هذه الحقيقة فإنّ جزءًا من معدل الجريمة والسلوك العدواني بين الأطفال يمكن أن يعزى إلى التلوث البيئي والظروف الاقتصادية-الاجتماعية، فإذا أسهم التلوث البيئي فعلًا في المشكلات الاجتماعية فطريقة إدارتنا للمجتمعات الحضرية أمر بالغ الاهمية، وفكرة أن السلوك العدواني ناتج ولو جزئيًّا عن تلوث البيئة أمر جدلي والحاجة ماسة إلى إجراء دراسات إضافية للتأكد من هذه الاستنتاجات.

### أمراض القلب والبيئة الجيوكيميائية

### Heart disease and the geochemical environment

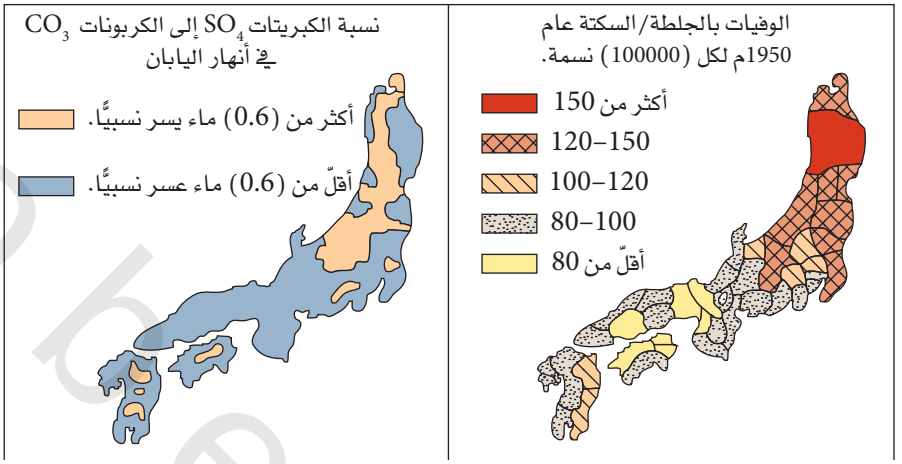
مع الزمن، مثل السرطان وأمراض القلب مرتبطة بالبيئة الجيولوجية، وعلى الرغم من تجمع المعطيات وسرعة النمو في حقل الجيولوجيا الطبية، إلّا أنّ هناك حاجة إلى استكشاف الطبيعة الدقيقة لكثير من الارتباطات، وهناك ثلاثة أسباب رئيسة لعدم الحصول على نتائج حاسمة، هي: (1) الفرضيات التي قدمت حول العلاقات بين البيئة الجيولوجية والمرض، لم تكن محددة بصورة تكفي لاختبارها بصورة مناسبة، لعمل تنبؤات غير المقارنات بين المعطيات الجيوكيميائية والتغيرات الجغرافية للمرض. (2) تتوافر كثير من الصعوبات في طرق الدراسة للحصول على معطيات، يمكن الاعتماد عليها ومقارنتها في دراسات الجيولوجيا الطبية. (3) هناك مشكلات مهمّة بالنسبة إلى تغيرات الأمراض جغرافيًّا(2)، ومعلوماتنا أقلّ حول التأثيرات الجيولوجية (البيوجيوكيميائية) في الأمراض التي تتزايد حدّتها مع الزمن، مقارنة بعوامل بيئية أخرى مثل المناخ.

على الرغم من أنّ تقييمنا لإسهامات الجيولوجيا في المرض بالنسبة إلى بعض الحالات، تبقى مجرد تنبؤات علمية، إلّا أنّ الفائدة واضحة من تعلم المزيد حول هذه العلاقات، فالتغيرات الجغرافية بالنسبة إلى حالة أمراض القلب في الولايات المتحدة، قد تكون مرتبطة مع البيئة الجيولوجية، إضافة إلى ذلك، تنتج كثير من صور السرطان جزئيًّا من أسباب بيئية (مثل التعرض للكيميائيات)، على الرغم من أهمّية العوامل المنشئية أيضًا.

استعمالنا لمرض القلب هنا (*heart disease*)، يشمل مرض تضيق الشرايين (كورونوري هارت CHD) ومرض عضلة القلب (الكارديوفاسكيولار CVD)، فالتغيرات في نسبة الوفيات بأمراض القلب لها علاقات بكيمياء مياه الشرب-خصوصًا مع عسرها، الذي يعتمد على كميات الكالسيوم والماغنسيوم والحديد المذابة في الماء، حيث ينتج الماء العسر عن التراكيز العالية لهذه العناصر، أمّا الماء الذي تكون فيه تراكيز هذه العناصر منخفضة، فيسمّى الماء اليسر (*soft*)، وتستنتج الدراسات كلها التي أُجريت في اليابان وإنجلترا وويلز والسويد والولايات المتحدة، أنّ نسبة أمراض القلب في المجتمعات التي تعيش على مياه يسرة، أعلى من المجتمعات التي تعيش على مياه عسرة.

ربما أنّ أوّل تقرير عن العلاقة بين كيمياء المياه ومرض عضلة القلب صدر من اليابان، حيث إنّ السكتة أو الجلطة الدماغية، وهي فقدان مفاجئ لوظائف الجسم؛ بسبب انفجار أحد الأوردة في الدماغ أو انسداده، هي أحد أهمّ أسباب الموت هناك، حيث يرتبط التغير الجغرافي للمرض في اليابان بيسر مياه الأنهار وعسرها، ويبين الشكل (17-1) أنّ نسبة الوفيات بالجلطة في اليابان، أعلى في مناطق الماء اليسر (من مناطق الماء العسر)[10].

Copyright




**الشكل (17–1): خرائط الوفيات بالجلطة (Stroke)** في اليابان عام 1950م، مع توزع الماء اليسر والعسر في الأنهار. *(Data from T. Kobayashi, 1957)*

ينشأ الماء اليسر نسبيًّا في الجزء الشمالي الشرقي من اليابان، بحسب الأدلة العلمية من الصخر البركاني الغني بالكبريت الموجود في تلك المنطقة حيث إن مياه الأنهار يسرة نسبيًّا في هذه المنطقة، في المقابل مياه الأنهار في اليابان عسرة نسبيًّا، مثل معظم الأنهار في العالم التي تمر من خلال الصخور الرسوبية.

تتوافر أيضًا علاقة عكسية عامة بين الماء العسر ونسبة الوفيات من مرض القلب في الولايات المتحدة[11، 12]، فعلى سبيل المثال: أفاد تقرير مشابه للتقرير الياباني عن دراسة أُجريت في أوهايو، أنّ الماء العسر قد يؤثّر في مرضى القلب[13]، وقد وجدت دراسة أوهايو، أنّ نسبة الوفيات من الجلطات القلبية، تميل إلى أن ترتفع في المقاطعات ذات مياه الشرب اليسرة نسبيًّا، الآتية من الصخور الحاملة للفحم في الجزء الجنوبي الشرقي من الولاية، مقارنة بالمقاطعات ذات المياه العسرة نسبيًّا، الآتية من الرسوبيات الجليدية الحديثة (الشكل 17–2)، إلّا أنّه من المهم الاعتقاد أنّ هذا الارتباط العكسي العام غير حاسم، إذ وجدت دراسة في إنديانا ارتباطًا موجبًا ضعيفًا بين مرض القلب وعسر الماء، مشيرة إلى توافر عوامل متعددة أخرى قد يكون لها تأثير في نسبة الوفيات بأمراض القلب[14].

المقارنات التي نوقشت لا تبين بالضرورة علاقة سبب ونتيجة بين البيئة الجيوكيميائية ومرض القلب، ولكن حتى لو كانت العلاقة سبب ونتيجة، فنحن لا نعلم طبيعة هذه العلاقة، فهناك احتمالات عدّة:

- الماء اليسر أكثر حموضة من الماء العسر، وقد تنتج في أثناء تكوّن الصدأ في الأنابيب بعض العناصر الشحيحة التي تتسبّب في مرض القلب.
- قد تسهم بعض الخصائص الأخرى للماء اليسر مباشرة في مرض القلب.

الطبقات الحاملة للفحم والمياه اليسرة نسبيًّا ومعدلات الوفيات العليا من الجلطات القلبية.

**الشكل (17–2): النوبات القلبية (Heart Attacks)** في أوهايو، نسبة الوفيات بالجلطات أعلى في مناطق الماء اليسر من مناطق الماء العسر.
*(AfterBain, R. J., 1979, Geology, 7: 7-10)*

- بعض العناصر المذابة في المياه العسرة قد تسهم في منع أمراض القلب.

بالطبع إمكانية اجتماع هذه العوامل مع عوامل أخرى أمر ممكن، ويتوافق مع ملاحظتنا أنّ المرض قد تكون له أسباب عدّة، ونحتاج إلى إجراء بحوث إضافية لإثبات فائدة الماء العسر، وربما معالجة الماء اليسر، لتقليل نسبة الوفيات بأمراض القلب.

## السرطان والبيئة الجيوكيميائية

## Cancer and geochemical environment

هناك ارتباط قوي بين السرطان والظروف البيئية، إلّا أنّه مثلما هو الحال بالنسبة إلى أمراض القلب، فالعلاقات بين البيئة الجيوكيميائية والسرطان لم تُثبت بصورة قاطعة، ولا شكّ أنّ أسباب الأنواع المختلفة من السرطان معقدة، وتشمل متغيرات عدّة، بعضها يتمثّل في توافر مواد أرضية بعينها أو عدم توافرها.

المواد البيئية المسرطنة (carcinogenic) أو المسببة للسرطان تنتج بطريقتين: بعضها يتوافر بصورة طبيعية في المواد الأرضية مثل التربة والماء، وبعضها الآخر يطلق إلى البيئة نتيجة استعمال الإنسان له، ففي السنين الأخيرة، تركز الانتباه على عدد من المواد المسرطنة المعروفة، وتلك المشكوك في أمرها التي تطلقها الأنشطة الصناعية للإنسان، وقد نتج عن هذا الوعي في بعض الأحيان، إطلاق تحذيرات بشأن مواد علاقتها غير واضحة بالسرطان، وبالطبع، هذا لا يعني أنّ الاهتمام كله بالنسبة إلى المواد الصناعية المسرطنة في غير محله، إذ تشير المعلومات الحديثة إلى أنّ التراكيز المتباينة للمواد التي تتسبّب في السرطان، قد تتوافر في الأنواع المختلفة من المياه التي نشربها، وقد تتوافر المسرطنات أو لا تتوافر في مياه شربنا، وبالتأكيد يحتوي الماء الملوث بالفضلات / النفايات الصناعية على مواد كيميائية سامة، يحتمل أن يكون بعضها مسرطنًا، وتطلقه الصناعة إلى مياهنا السطحية، ومشكلات التلوث هذه يعانيها نهر المسسيبي بالتحديد، وممّا يدعو إلى السخرية أنّ بعض الطرق المستعملة في معالجة الماء التي تستخدم الكلور، قد تسهم في هذه المشكلات: عندما تندمج بعض النفايات الصناعية مع الكلور، فإنّها تتحول إلى مواد مسرطنة، إضافة إلى ذلك، بعض طرق معالجة الماء في بعض المناطق تفشل في إزالة بعض المواد المسرطنة، والمواد المسرطنة الطبيعية في الهواء متوافرة في بعض بيوتنا وأبنيتنا (انظر نظرة متفحصة: غاز الرادون).

obeikandl.com

## نظرة متفحّصة A CLOSER LOOK

### غاز الرادون Radon Gas

غاز الرادون مصدر مهم لتلوث الهواء داخل المباني، وله ارتباط قوي بالجيولوجيا، فالرادون (Radon) غاز طبيعي مشعّ لا لون ولا رائحة ولا طعم له، والصخور الحاملة لليورانيوم، هي مصدر غاز الرادون الذي يلوث كثيرًا من المنازل في الولايات المتحدة.

يرتبط التعرض لتراكيز عالية من الرادون بأخطار أكبر، مثل سرطان الرئة خصوصًا بالنسبة إلى المدخنين، ويعتقد أنّ هذا الخطر يزداد بازدياد تركيز الرادون، ومدة التعرض له، وعدد السجائر المُدخّنة [15، 16].

كان معدل الوفيات بسرطان الرئة في الولايات المتحدة في السنوات الأخيرة (140000) وفاة سنويًّا، وعلى الرغم من أنّ التدخين هو العامل الأهم المرتبط بسرطان الرئة، إلّا أنّ وكالة حماية البيئة تقدر أنّ (7000–30000) من الوفيات بسرطان الرئة، ناتج عن التعرض لغاز الرادون، وتشير بعض التقديرات، إلى أنّ التدخين والتعرّض لغاز الرادون، أكثر خطرًا بعشر مرات من التعرض لواحد من هذين الملوثين، إلّا أنّ هناك القليل من الدراسات المباشرة التي تربط التعرض لغاز الرادون في المنازل بالحالات المتزايدة للسرطان، وقد جاءت التقديرات المتعلقة بهذا الأمر في أغلبيتها، من دراسات مَنْ عانوا التعرض للإشعاع لوقت طويل، في أنشطة مثل تعدين اليورانيوم.

من خلال الخطر المحتمل، فإنّ التراكيز العالية للرادون خطرة، ولم يُثبت أنّ التراكيز المنخفضة غير ضارة، وقد حددت وكالة حماية البيئة قيمة مقدارها (4) بيكوكوري من غاز الرادون لكل لتر هواء، على أنّه المستوى الإشعاعي الأدنى الذي يُعدّ بعده غاز الرادون خطرًا، وهذا الحدّ الإشعاعي ما هو إلّا تقدير لتركيز غاز الرادون، الذي يتعيّن الوصول إليه في البيوت، حيث إنّ معدل تركيز غاز الرادون خارج البيوت، هو (4.0 pCi/L) هواء تقريبًا، ومعدله داخل البيوت قرابة (1.0 pCi/L) هواء، والخطر المقارن عند حدّ أدّ (4.0 pCi/L) بالنسبة إلى غير المدخن، هي احتمالية غرقه نفسها، أمّا بالنسبة إلى المدخن، فإنّ الخطر المقارن عند هذا الحدّ من التركيز (100) ضعف احتمال موته بحادث تحطم طائرة في الجو (الشكل 17 أ)، ويمكن تقدير خطر التعرض للرادون أيضًا، من عدد الأشخاص الذين يصابون بسرطان الرئة، انظر الشكل (17 أ)، حيث يصعب التأكد من صحة هذه التقديرات، فقد أشارت إحدى الدراسات في أمريكا عن النساء غير المدخنات، إلى أنّ العلاقة الطردية بين التعرض للرادون وسرطان الرئة غير واضحة[17]، بينما بيّنت دراسة أخرى في السويد، توافر علاقة طردية قوية بين التعرض لغاز الرادون في المنازل وسرطان الرئة[18]، وقد استنتجت الدراسة الأخيرة، أنّ التعرض لغاز الرادون في المنازل عامل مهم بالنسبة إلى الإصابة بسرطان الرئة في المجتمع السويدي.

### جيولوجية غاز الرادون
### The Geology of Radon Gas

نوع الصخر والتركيب الجيولوجي مهمّان في تحديد كمية غاز الرادون الذي يصل إلى سطح الأرض، أمّا تراكيز اليورانيوم (238–) في الصخور والتربة فمتباينة كثيرًا: إذ تحتوي بعض أنواع الصخور مثل الحجر الرملي على أقلّ من جزء في المليون، والغضار الغامق وبعض أنواع الجرانيت على (3) أجزاء في المليون، حيث ترتبط الكمية الفعلية للرادون التي تصل إلى سطح الأرض بتراكيز اليورانيوم في الصخر والتربة، وتعتمد أيضًا على فعالية عمليات النقل من الصخر أو التربة إلى ماء التربة وغازها.

تحتوي بعض مناطق الصخر الأصلي في الولايات المتحدة على تراكيز طبيعية لليورانيوم أكثر من المعدل، فمنطقة ألـ (ردنج برنج Redding Prong)، التي تغطي أجزاءً من بنسلفانيا ونيوجيرسي ونيويورك، مشهورة بتراكيزها المرتفعة من غاز الرادون (الشكل 17 ب)، وتحتوي البيوت في هذه المنطقة كذلك على تراكيز مرتفعة من غاز الرادون، أضف إلى ذلك أنّ هناك منطقتين في فلوريدا تحتويان كذلك على تراكيز عالية من اليورانيوم، إضافة إلى البوتاسيوم المشع من الصخور الغنية بالفوسفات، وقد لوحظ ارتفاع تركيز غاز الرادون المنزلي في عدد من الولايات الأخرى، مثل الينوي ونيوجيرسي وجنوب داكوتا وشمال داكوتا وواشنطن، وتبين أنّ أحد أنواع الغضار الغامق الذي عثر عليه في سانتاباربرا في كاليفورنيا من المصادر الرئيسة لغاز الرادون في المنطقة.

### كيف يدخل غاز الرادون إلى البيوت
### How radon gas enters homes

يدخل غاز الرادون إلى البيوت بطرق ثلاث، (الشكل 17 جـ)[20]:

- بوصفه غازًا مهاجرًا من الصخر أو التربة إلى الدور السفلي والأجزاء الأخرى من المنازل.
- في المياه الأرضية التي تضخ في الآبار.
- في المواد الإنشائية مثل بلوكات البناء المصنوعة من مكونات تطلق غاز الرادون.

نشأ معظم الاهتمام المبكر بغاز الرادون المنزلي من استعمال مواد بناء يحتمل أنّها تحتوي على تراكيز عالية من الراديوم (أحد نواتج التحلل الإشعاعي لليورانيوم)، (انظر الفصل الخامس عشر).

هناك اهتمام أيضًا بالجرانيت المستعمل في الطاولات أو أعلى الطربيزات في المطابخ، واحتمال أنّها تلوث البيوت بمستويات خطرة من غاز الرادون، ويتوافر اليورانيوم في بعض المعادن المكونة للجرانيت، وقد عرف أنّ صخر الجرانيت الذي فيه نطاقات تشقق تسمح لغاز الرادون بالهجرة إلى الأعلى، تشكل خطرًا محتملًا في جنوب فرجينيا بوصفها مصدرًا محليًّا لغاز الرادون، لكن الملاحظة المهمّة هي أنّه حتى ينتقل غاز الرادون من التربة أو الصخر إلى بيوتنا، فإنّه يحتاج إلى مسارات مثل الشقوق في الصخر أو فراغات مفتوحة بين حبيبات التربة، والجرانيت المستخدم في الطاولات أو الطربيزات قليل المسامية عادة؛ لأنّه إذا احتوى على فراغات مفتوحة، فسينكسر بسهولة، وعليه، فإنّه لا يصلح للاستعمال في المطابخ، لذلك حتى إن كان هناك بعض اليورانيوم في الجرانيت، فإنّ إنتاجيته من غاز الرادون ستكون قليلة جدًّا، والرادون الذي يدخل إلى البيوت من التربة الواقعة تحت البيوت وفوق الصخور المجواة الحاملة لليورانيوم (الجرانيت أو الصخور الرسوبية مثل الغضار)، هو مصدر مهم بوصفه خطرًا محتملًا على حياة الناس، إلّا أنّه بحسب وكالة حماية البيئة الأمريكية، فإنّ الخطر من استعمال الجرانيت والمواد الإنشائية الأخرى في المطابخ، ليس أمرًا يستدعي القلق.

obeikandl.com

**الشكل (17أ): الخطر المحتمل المرتبط بالرادون (Estimated risk associated with radon).** حُسبت هذه التقديرات على أساس خطر تعرض شخص على المدى الطويل (يعيش (70) سنة، ويقضي (75%) من وقته في المنزل ذي المستوى المحدد من تركيز الرادون)

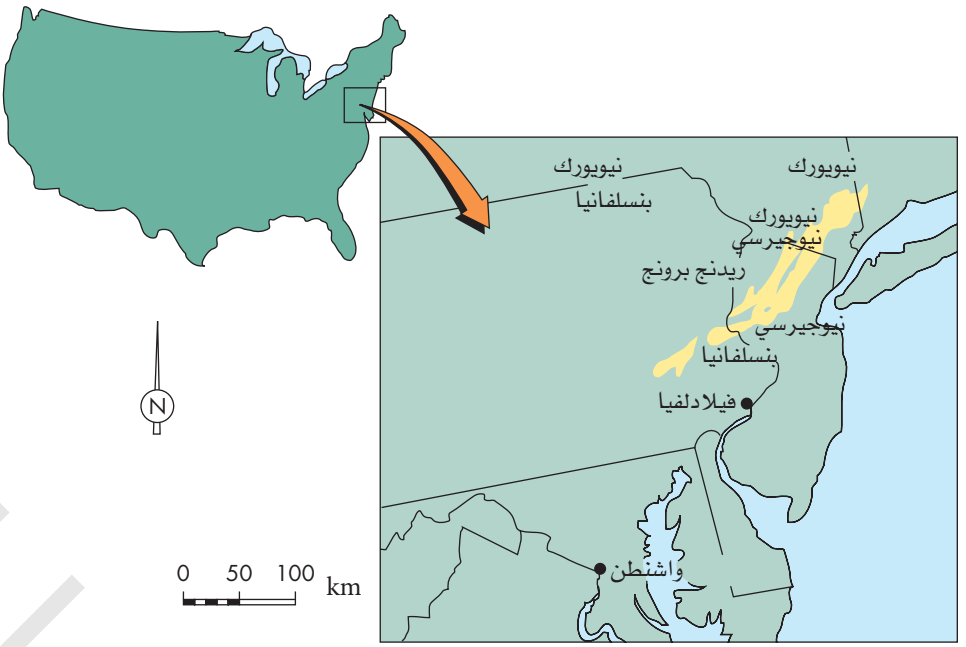
*(From U.S. Environmental Protection Agency, 1986,A Citizen›s guide to radon. Opa-86-004)*

| خطر الرادون إذا كنت مدخنًا | | | |
|---|---|---|---|
| تركيز الرادون بيكوكوري/لتر | إذا تعرض (1000) مدخن لهذا التركيز طوال حياتهم | خطر السرطان بسبب التعرض للرادون مقارنة بـ | ما العمل؟ توقف عن التدخين و.... |
| 20 pCi/l | قرابة (135) قد يصابون بسرطان الرئة | احتمال (100) مرة أكثر من خطر الغرق | أصلح منزلك |
| 10 pCi/l | قرابة (71) قد يصابون بسرطان الرئة | احتمال (100) مرة أكثر من الموت باحتراق المنزل | أصلح منزلك |
| 8 pCi/l | قرابة (57) قد يصابون بسرطان الرئة | | أصلح منزلك |
| 4 pCi/l | قرابة (29) قد يصابون بسرطان الرئة | احتمال (100) مرة أكثر من الموت بحادث تحطم طائرة | أصلح منزلك |
| 2 pCi/l | قرابة (15) قد يصابون بسرطان الرئة | احتمال مرتين أقلّ من الموت بحادث سيارة | فكر في إصلاح منزلك |
| 1.3 pCi/l | قرابة (9) قد يصابون بسرطان الرئة | متوسط تركيز الرادون داخل المباني | تقليل تركيز الرادون إلى أقلّ من (2 pCi/l) صعب |
| 0.4 pCi/l | قرابة (3) قد يصابون بسرطان الرئة | متوسط تركيز الرادون داخل المباني | |
| ملاحظة: إن توقفت عن التدخين فالخطر أقلّ بالنسبة إليك. | | | |

| خطر الرادون إن لم تدخن قط | | | |
|---|---|---|---|
| تركيز الرادون بيكوكوري/لتر | إذا تعرض (1000) مدخن لهذا التركيز طوال حياتهم | خطر السرطان بسبب التعرض للرادون مقارنة بـ | ما العمل؟ توقف عن التدخين و.... |
| 20 pCi/l | قرابة (8) قد يصابون بسرطان الرئة | أقلّ من احتمالية الموت بجريمة بشعة | أصلح منزلك |
| 10 pCi/l | قرابة (4) قد يصابون بسرطان الرئة | | أصلح منزلك |
| 8 pCi/l | قرابة (3) قد يصابون بسرطان الرئة | أقلّ (10) مرات من احتمالية الموت بحادث تحطم طائرة | أصلح منزلك |
| 4 pCi/l | قرابة (2) قد يصابان بسرطان الرئة | أقلّ من احتمالية الموت غرقًا | أصلح منزلك |
| 2 pCi/l | قرابة (1) قد يصاب بسرطان الرئة | أقلّ من احتمالية الموت بحريق منزلي | فكر في إصلاح منزلك |
| 1.3 pCi/l | أقلّ من (1) قد يصاب بسرطان الرئة | متوسط تركيز الرادون داخل المباني | تقليل تركيز الرادون إلى أقلّ من (2 pCi/l) صعب |
| 0.4 pCi/l | أقلّ من (1) قد يصاب بسرطان الرئة | متوسط تركيز الرادون داخل المباني | |
| ملاحظة: إن كنت تدخن سابقًا، فالخطر أعلى بالنسبة إليك. | | | |

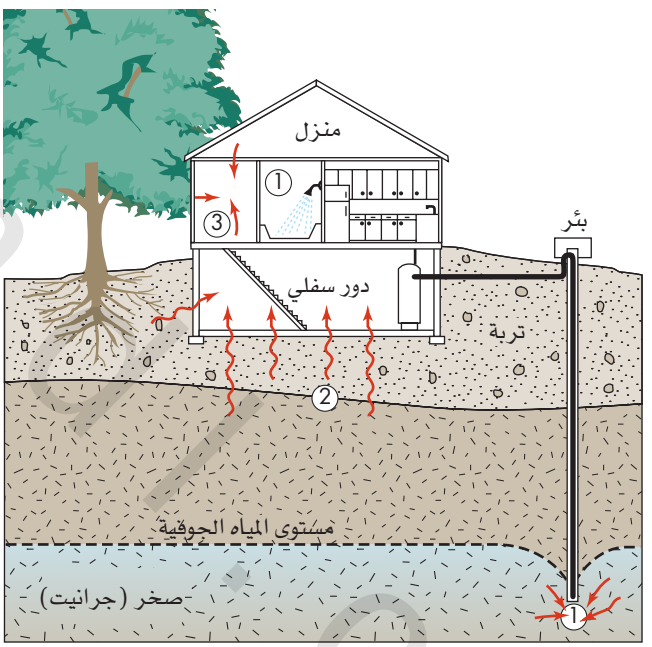
يتوافر الرادون عادة في المنازل؛ لأنّه غاز يستطيع الحركة خلال الفتحات الصغيرة في كل من التربة والصخور، ويهاجر إلى الأعلى مع غازات التربة، ثمّ ينساب من خلال الأرضيات والأساسات الخرسانية والمصارف الأرضية، أو من خلال الشقوق والمسامات الصغيرة في جدران الطوب، ويدخل الرادون البيوت للسبب نفسه الذي يصعد فيه الدخان في المدخنة في عملية تسمى تأثير المدخنة: المنازل عادة أدفأ من التربة والصخور المحيطة، لذلك فعند صعود الغازات والهواء يسحب الرادون إلى داخل المنزل، أمّا الرياح، فهي عامل إضافي في التلوث بالرادون؛ لأنّه يزيد من جريان الهواء من البنايات وإليها، وقد يدخل الرادون إلى المنازل من خلال شبكة المياه، خصوصًا إذا كان تزويد المنزل بالماء من بئر خاص، إلّا أنّ تأثير هذا العامل أقلّ من تأثير الغاز الذي ينساب إلى الأعلى من خلال أساسات المنزل، ويطلق الرادون في الهواء عند استعمال الماء للأغراض اليومية مثل الاستحمام والجلي وغسل الملابس. بوجه عام ينتج (10,000 pCi/L) رادون (1 pCi/L) رادون تقريبًا في هواء داخل المنازل.

obeikandl.com




**الشكل (17 ب):** تقع منطقة ريدنج برنج **(the Reading Prong area)** في شرقي الولايات المتحدة، حيث التراكيز العالية من الرادون، التي اكتشفت هناك في الثمانينيات من القرن الماضي.

*(Modified afterU.S. Geological Survey,1986, U.S.G.S. Yearbook)*




**الشكل (17 جـ):** كيف يدخل الرادون إلى المنازل **(how radon may enter homes).** (1) الرادون في المياه الجوفية يدخل البئر، ثم المنزل، حيث يستخدم بوصفه ماءً للشرب وغسل الأواني والاستحمام والاستعمالات الأخرى. (2) يهاجر غاز الرادون المتوافر في الصخر والتربة إلى الطوابق تحت الأرضية من خلال الأساسات والمسامات. (3) غاز الرادون المنبعث من المواد الإنشائية المستخدمة في بناء المنزل.

*(From Environmental Protection Agency)*

## مفهوم المشكلة وأبعادها

## Scope and perception of the problem

تزايد الوعي حول غاز الرادون منذ 1985م، وعلى الرغم من ذلك، فقد عانى الناس التركيز على مشكلة لا يستطيعون رؤيتها، أو شمّها أو سماعها أو لمسها، ولا يتوافر تقدير دقيق لعدد المنازل ذات التراكيز المرتفعة من غاز الرادون في الولايات المتحدة، ولكن تشير الفحوصات التي أُجريت إلى أنّ بيتًا من كلّ (12) بيتًا تقريبًا، يبلغ تركيز غاز الرادون في داخلها أكثر من (4 pCi/L)، فإذا عُدّ أنّ هذا الحدّ متوسط جيّد، فإنّ (7) ملايين منزل تقريبًا في الولايات المتحدة تعاني تراكيز مرتفعة، وأنّ هناك حاجة لفحص الملايين من البيوت.

## تقليل تركيز غاز الرادون في البيوت

## Reducing concentrations of radon gas in homes

يركز أيّ برنامج ناجح لتقليل غاز الرادون أو الحدّ منه في البيوت على ثلاث إستراتيجيات رئيسة[21، 22]:

- تطوير التهوية في البيوت، بإبقاء عدد أكبر من النوافذ مفتوحًا أو استعمال المراوح.
- تحديد المناطق التي يدخل منها الرادون وإغلاقها.
- استخدام طرق إنشاء تتيح أو توفر نظام تهوية.

أبسط طريقة لتقليل تركيز غاز الرادون زيادة تهوية المنزل، وإغلاق الشقوق في الأساسات يمكنها أيضًا تقليل دخول الرادون، خصوصًا إذا عمل في مناطق بعينها، أي المناطق التي يدخل منها الرادون فعلًا إلى البيت،إذ تتوافر بعض المجسّات (المستشعرات) التي تساعد على تحديد هذه المناطق، لكن لسوء الطالع، فإنّ هذه الطريقة قد تفشل أحيانًا في حلّ المشكلة، وقد تتكوّن شقوق جديدة، ويتوافر لصاحب البيت عدد من البدائل في طرق الإنشاء بما فيها أنظمة لتهوية البيزمنت (الدور السفلي)، فإذا كان البيت مبنيًّا على بلاطة، فيمكن تركيب أنظمة تهوية تحتها.

هناك خبر سار وآخر سيئ حول غاز الرادون: والخبر السيئ هو، أنّ انبعاثات غاز الرادون من التربة والصخور في أجزاء متعددة في الولايات المتحدة والعالم كله عالية، وعليه، يشكّل الإشعاع خطرًا على المنازل، أمّا الخبر السار فهو، أنّه في معظم الحالات يمكن معالجة المشكلة بسهولة، فحتى لو تطلب الأمر نظام تهوية، فإنّ تكلفته البالغة بضعة آلاف من الدولارات لا تشكل إلّا نسبة مئوية بسيطة من قيمة المنزل، وقد تثبت البحوث المستقبلية أنّ الأخطار الصحية من التعرض لغاز الرادون، ليست بالشدة التي

obeikan.com

تتوقعها وكالة حماية البيئة، فبعض العلماء عندهم شك بالنسبة إلى حدّ ألـ (4 pCi/L)، ويعتقدون أنّه منخفض جدًّا، إلّا أنّه من المهم إخبار الناس عند احتمالية حدوث مشكلة، لكن اتخاذ الناس إجراءات مناسبة للتعامل مع احتمالية حدوث مشكلة غاز الرادون في منازلهم أمر صعب، ويبدو أنّهم يهتمون بالقيمة المادية لمنازلهم أكثر من اهتمامهم بالقضايا الصحية، ويمكن تبديد مخاوفنا حول الرادون بتعرّف الوضع العام لهذه المشكلة، ومعرفة أنّ تقليل غاز الرادون مشكلة يمكن حلّها.

## 3-17 تلوث الهواء: مقدّمة ونظرة جيولوجية
## AIR POLLUTION: INTRODUCTION AND GEOLOGIC PERSPECTIVE

كان الغلاف الجوي دائمًا أحد أكثر الأمكنة ملاءمة للبشر للتخلص من نفاياتهم؛ لأنّه الوسط المتحرك الأكثر سرعة في البيئة، فمنذ أن استعمل الناس النار أول مرة كان الغلاف الغازي بمنزلة حوض للتخلص من النفايات، ومع السرعة الهائلة للتحضر والتصنيع خلال القرنين الماضيين، ثبت أحيانًا أنّ التدوير في الغلاف الجوي غير ملائم للتخلص من نفايات الإنسان، وعليه، أصبح الهواء بالذات ملوثًا باطراد.

يمكن التفكير في الملوّثات الكيميائية بأنّها مركبات في المكان الخاطئ، أو التركيز غير الملائم في الوقت غير الملائم، فلا يكون هناك مشكلة تلوث طالما أنّ المادة الكيميائية انتقلت بعيدًا أو تحللت بسرعة (بالنسبة إلى سرعة تكونها)، أمّا الملوثات التي تدخل إلى الغلاف الجوي على صورة انبعاثات طبيعية أو صناعية، فقد تتحلل بالعمليات الطبيعية في الغلاف الجوي إضافة إلى الدورتين الهيدرولوجية والجيوكيميائية، وعلى العكس من ذلك، قد تصبح الملوثات في الجو ملوثات في الدورتين الهيدرولوجية والجيوكيميائية (على سبيل المثال المطر الحمضي، انظر الفصل الخامس عشر).

تلوث الهواء اليوم خطر صحي لا يستهان به ومعروف في كثير من المدن الكبيرة، فعلى سبيل المثال يتعرض ملايين الناس بانتظام في لوس أنجلوس- كاليفورنيا لهواء غير صحي، على الرغم من أنّ لوس أنجلوس فيها مشكلة تلوث الهواء الأخطر على مستوى الولايات المتحدة، إلّا أنّها واحدة فقط من المدن الأمريكية التي هواؤها غير صحي، إذ إنّ هناك كثيرًا من المدن الأمريكية ذات الهواء غير الصحي، مثل: هيوستن- تكساس، بالتيمور-ميري لاند، شارلوت- كارولينا الشمالية، وأتلانتا- جورجيا، وباستثناء الجزء الشمالي الغربي من المنطقة المطلة على المحيط الهادي، فلا تخلو أيّ منطقة في أمريكا منه[24]، حيث يتعرض قرابة (150) مليون شخص هناك لتلوث الهواء، الذي قد يتسبّب في سرطان الرئة، فينتج عن ذلك وفيات سنوية تقدر بـ (300000) وفاة، أمّا التكاليف الصحية المرتبطة به في الولايات المتحدة، فتقدر بـ (50) بليون دولار سنويًّا.

### التأثير في نتاج صنع الإنسان Effects on human artifacts

تشمل تأثيرات تلوث الهواء في المباني والنصب التذكارية: تغيير اللون، والحت، وتحلل المواد الإنشائية، وقد نوقشت في الجزء المتعلق بالمطر الحمضي في الفصل الخامس عشر.

### التأثيرات الجمالية Aesthetic effects

تؤثر ملوثات الهواء في الموارد المنظورة بتغيير لون الغلاف الجوي وتقليل مسافة الرؤية ودرجة صفاء الجو، فلا نستطيع أن نرى في الهواء الملوث المسافة نفسها التي نراها في الهواء النظيف، والفروق اللونية أقلّ بالنسبة إلى الأشياء التي نراها، وتمتد هذه التأثيرات الآن إلى الفراغات المفتوحة الشاسعة في الولايات المتحدة، فمثلًا، بالقرب من ملتقى نيو مكسيكو وأريزونا وكولورادو ويوتا، تغيّر الانبعاثات من محطات التوليد الكهربائية التي تستخدم الوقود التقليدي، من صفاء الجو من الزوايا الأربعة في منطقة كانت تصل الرؤية فيها من ذرى الجبال في يوم صافٍ إلى (80 km) [25، 26].

## مصادر تلوث الهواء
## Sources of air pollution

المصدران الرئيسان لتلوث الهواء هما المتحرك والثابت، حيث تشمل **المصادر الثابتة (Stationary sources)** تلك التي لها موقع ثابت نسبيًّا، وتصنف إلى مصادر نقطية *(point sources)*، وقصيرة الأجل *(fugitive)*، ومصادر مساحية *(area sources)*، وتنبعث ملوثات الهواء من **المصادر النقطية (Point sources)** من موقع أو أكثر من المواقع الواضحة، التي يمكن التحكم فيها مثل مداخن محطات توليد الطاقة الكهربائية الصناعية، وتولد المصادر **المؤقتة (fugitive sources)** ملوثات هواء من مناطق مفتوحة معرضة للعمليات الهوائية، وتشمل الأمثلة على ذلك الطرق الترابية القذرة والمواقع الإنشائية وأراضي المزارع وأكوام التخزين والمناجم السطحية، أمّا المصادر المساحية، فهي مواقع تطلق ملوثات الهواء من مصادر عدّة ضمن منطقة محددة، مثل التجمعات الحضرية الصغيرة أو مناطق التصنيع الكثيفة ضمن منطقة عمرانية، وتنتقل **المصادر المتحركة (Mobile sources)** من مكان إلى آخر، وتطلق في أثناء ذلك انبعاثاتها من مصادر، تشمل السيارات والطائرات والسفن والقطارات[26].

## ملوثات الهواء Air Pollutants

تتوافر ملوثات الهواء الرئيسة بصورة غازية أو بصورة مواد دقيقة، وتشمل الملوثات الغازية *(gaseous pollutants)* ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين ($NO_x$ حيث تمثل الإكس عددًا متباينًا من ذرات الأكسجين يكون عادة 1 أو 2 أو 3)، وأول أكسيد الكربون، والأوزون، ومركبات عضوية متطايرة (تختصر بـ VOCs)، وكبريتيد الهيدروجين، وفلوريد الهيدروجين، أمّا الملوثات الدقيقة، فهي جسيمات عضوية أو لاعضوية في مركبات صلبة أو سائلة، وتسمى تلك التي تقل أقطارها عن (10 µm) (PM 10)، وتلك التي تقل أقطارها عن (2.5 µm) (PM 2.5)، سنناقش هذه الدقائق ببعض التفصيل؛ لأنّها مهمّة أحيانًا من ناحية جيولوجية.

Open Knowledge

## توكسينات (مسمِّمات) الهواء Air Toxins

من المعروف أنّ ملوثات الهواء التي تتسبّب في السرطان أو مشكلات صحية مهمّة أخرى تصنّف على أنّها **توكسينات هوائية** (**air toxins**)، حيث تُصنف هذه الملوثات بحسب: (1) فيما إذا كانت تتسبّب في السرطان أو لا تتسبّب فيه. (2) ميلها للتسبب في أمراض في جهاز التنفس أو التكاثر أو الجهاز العصبي أو جهاز المناعة، وتعتمد السمية على التعرض لتوكسين هوائي عن طريق استنشاقه.

يعتمد المدى الذي يؤثر ضمنه توكسين معين في صحة الفرد على سمية ذلك الملوث، وعدد مرات التعرض له، ومدة التعرض في كل مرة، وتركيز الملوث الذي يتعرض له الشخص، والوضع الصحي العام له، وقد قُيّمت سمية أكثر من (150) مادة كيميائية من ضمنها الأمونيا وغازات الكلور وكبريتيد الهيدروجين، أمّا الولايات الأكثر تعرضًا لتوكسينات الهواء، فهي: كاليفورنيا، ونيويورك، وأوريجون ونيو جيرسي، وأما الولايات الأنظف، فهي مونتانا وويومنج وجنوب داكوتا، تقييم توكسينات الهواء بوصفها فئة من ملوّثات الهواء نشاط جديد نسبيًّا، لكنه سيؤدي إلى زيادة فهم مشكلات تلوث الهواء السامة، ومن المؤمل أن يؤدي إلى تحسين نوعية الهواء[27].

## الملوثات الأولية والثانوية

## Primary and secondary pollutants

يمكن تصنيف ملوثات الهواء بحسب أصلها إلى أولية وثانوية: حيث تنبعث الملوثات الأولية **(Primary pollutants)** مباشرة إلى الهواء، وتشمل المواد الدقيقة، وأكاسيد الكبريت، وأول أكسيد الكربون، وأكاسيد النيتروجين، والهيدروكربونات، بينما تنتج الملوثات الثانوية **(Secondary pollutants)** عندما تتفاعل الملوثات الأولية مع المركبات الطبيعية في الجو، فيتكوّن الأوزون مثلًا فوق المناطق الحضرية، بالتفاعل بين الملوثات الأولية وأشعة الشمس والغازات الجوية الطبيعية، وهكذا يصبح الأوزون مشكلة بيئية ثانوية مهمّة في الأيام المشمسة، التي تخلو من الغيوم في مناطق التلوث الأولي، وهذه المشكلة موثقة وأكيدة في مدن جنوب كاليفورنيا مثل لوس أنجلوس، على الرغم من أنّ الأوزون أصبح ملوثًا ثانويًّا في العالم كله عند توافر ظروف معينة.

الملوثات الأولية التي تُعزى إليها مشكلات تلوث الهواء كلها تقريبًا، هي أكاسيد الكبريت، وأول أكسيد الكربون، وأكاسيد النيتروجين، والمركبات العضوية المتطايرة والمواد الدقيقة، ويدخل قرابة (50) مليون طن من هذه المواد سنويًّا إلى جو الولايات المتحدة؛ بسبب العمليات التي يقوم بها الإنسان، حيث تبدو هذه الكمية من الملوثات كبيرة لأول وهلة، لكنها لو وزعت بانتظام في الجو، فستكون نسبتها الوزنية بضعة أجزاء من المليون، ولسوء الطالع أنّ الملوثات غير موزعة توزيعًا منتظمًا، وهناك نزعة بأن تنبعث وتنتج وتتركز محليًّا أو إقليميًّا، ففي المدن الكبيرة مثلًا، يتشارك الجو والعوامل المناخية مع التحضر (الإعمار) والتصنيع في إنتاج مشكلات تلوث هواء محلية.

ملوثات الهواء الرئيسة مبينة من خلال مركباتها الطبيعية، وتلك التي من صنع الإنسان في الجدول (17-1)، أمّا تأثيراتها في الناس والنباتات والمواد، فهي مدرجة في الجدول (17-2).

## المادة الدقيقة بحجم (2.5-10)

## Particulate matter: PM 10 and PM 2.5

الملوثات من المادة الدقيقة جسيمات صغيرة من المواد الصلبة أو السائلة، وتسمّى بحسب حجمها (10-2.5)، جسيمات المادة الدقيقة رقم (10) قطرها أقلّ من (10) ميكرونات، وتنبعث إلى الجو بطرق طبيعية عدّة أو بفعل أنشطة الإنسان، وتشكل المصادر الطبيعية (85%) من الانبعاثات الدقائقية

**الجدول (17-1): المكونات الرئيسة الطبيعية والصناعية لملوثات الهواء.**

| | الانبعاثات بوصفها نسبة مئوية من المجموع | | | |
|---|---|---|---|---|
| ملوث الهواء | طبيعي | بفعل البشر | المصدر الرئيس للجزء المنتج بفعل البشر | % |
| أكاسيد الكبريت SOx | 50 | 50 | احتراق الوقود (المصادر الثابتة، معظمها فحم) | 84 |
| | | | | 9 |
| ثاني أكسيد النيتروجين $NO_2$: غاز خفيف بني مصفر إلى محمر | | كلها تقريبًا | السيارات | 37 |
| | | | احتراق الوقود (المصادر الثابتة، معظمها غاز طبيعي وفحم) | 38 |
| أول أكسيد الكربون CO | 91 | 9 | السيارات | 54 |
| الأوزون $O_3$ | ملوث ثانوي ينتج عن تفاعل ضوء الشمس مع الأكسجين وثاني أكسيد النيتروجين | | يعتمد التركيز المتوافر على التفاعل في أسفل الغلاف الجوي، بما في ذلك الهيدروكربونات وعوادم السيارات | |
| الهيدروكربونات HC (المواد العضوية المتطايرة) | 84 | 16 | السيارات | 27 |
| | | | العمليات الصناعية | 7 |
| الدقائق | 85 | 15 | الغبار | 85 |
| | | | العمليات الصناعية | 7 |
| | | | حرق الوقود (مصادر ثابتة) | 8 |

Obeikandl.com

**الجدول (17–2): تأثير بعض ملوثات الهواء المختارة في الناس والنباتات والمواد**

| الملوث | التأثير في الناس[1، 2] | التأثير في النباتات[1، 3] | التأثير في المواد[1، 4] |
|---|---|---|---|
| ثاني أكسيد الكبريت $SO_2$ غاز يتوافر بالقرب من سطح الأرض، لا لون ولا رائحة له | زيادة في حالات أمراض التنفس المزمنة: اللهاث، تضيق مجاري الهواء عند المصابين بالأزمة | تغير لون الأوراق إلى الأبيض، تحلل الأنسجة وموتها، الأوراق الأحدث أكثر حساسية من الأقدم، تشتمل الأشجار والمحاصيل الحساسة على: الفصفصة، الشعير، القطن، السبانخ، الشمندر، الصنوبر الأبيض، البتولا، الحور الرجراج إذا تأكسدت إلى حمض الكبريتيك يتسبّب في خراب مرتبط بالمطر الحمضي | إذا تأكسدت إلى حامض الكبريتيك يتسبّب في خراب الأبنية والشواهد الأثرية وتآكل المعادن وهشاشة الورق وتحويل الجلود إلى غبار بني محمر يؤدي ثاني أكسيد الكبريت إلى شحوب الأنسجة وتخريب الدهان |
| أكاسيد النيتروجين $NO_2$ نوكس | باستثناء الرائحة فهو غاز غير مخرش، قد يزيد من حدة مرض وأعراض الجهاز التنفسي (احتقان في الحلق، الكحة، احتقان الأنف، الحمى)، ويزيد من خطر اللفحة الصدرية، التهاب الشعب، فقر الدم | لا تتوافر تأثيرات محسوسة على كثير من النباتات، لكن، يمكن أن يبطئ من نمو بعضها، مفيد إذا كان بتراكيز منخفضة، وإذا تحول إلى حمض النيتريك فإنّه يتسبّب في خراب مثل الذي يسبّبه المطر الحمضي | يؤدي إلى شحوب صبغات المنسوجات، وإذا تحوّل إلى حمض النيتريك، فقد يؤدي إلى تخريب المباني والشواهد الأثرية |
| أول أكسيد الكربون CO غاز خطر جدًّا، لا لون ولا رائحة له | يقلل من مقدرة جهاز الدوران في نقل الأكسجين، والصداع، والإعياء والغثيان. يعيق أداء المهمات التي تتطلب التركيز، ويقلل من التحمل، وقد يؤدي إلى الموت بالاختناق | لا تتوافر تأثيرات محسوسة. | لا تتوافر تأثيرات محسوسة |
| الأوزون $O_3$ (في أسفل الغلاف الغازي) غاز غير مستقر لا لون له ذو رائحة حلوة خفيفة، يؤدي إلى تفاعلات كيميائية بين أشعة الشمس والهيدروكربونات المنبعثة من عادم السيارة | مهيج قوي، يزيد من حدة الأزمة التنفسية، ويؤذي خلايا الجهاز التنفسي، ويقلل مرونة نسيج الرئة، ويسبب السعال وآلام الصدر وتحسس/ تخرش العين | تكوّن رقط وبقع و/أو شحوب في أنسجة النبات (الأوراق، الجذوع،... إلخ)، الأوراق الأقدم هي الأكثر حساسية، وتصبح أطراف إبر الصنوبريات بنية وتموت، تقليل في كمية المحاصيل وتدميرها، مثل الخس والعنب والذرة | يشقق المطاط، يقلل من ديمومة الدهان ومظهره، يؤدي إلى شحوب صبغات المنسوجات |
| المادة الدقيقة (PM–2.5, PM–10): جسيمات صغيرة أو مواد صلبة أو سائلة أقلّ من (2–5 µm) أو (10 µm) بالترتيب | زيادة حدة الأمراض المزمنة وغير المزمنة، يعتمد على التركيب الكيميائي للدقائق، يمكن أن يؤدي إلى تخرش أنسجة الحلق والأنف والرئة والعينين | يعتمد على التركيب الكيميائي للدقائق، قد تدمر الأشجار والمحاصيل، ترسيب جاف لثاني أكسيد الكبريت، عندما تتأكسد تصبح إحدى صور المطر الحمضي | يسهم في تآكل المعادن، وقد يسرع فيها، قد تلوث نقاط التماس الكهربائية، يدمر مظهر الدهان، ويُقلل ديمومته، يؤدي إلى شحوب صبغات المنسوجات |

1. تعتمد التأثيرات على الجرعة (تركيز الملوث وفترة التعرض) وقابلية الناس والنباتات والمواد لملوث معين، مثلًا: كبار السن والأطفال والمصابون بأمراض الرئة المزمنة، أكثر عرضة لتأثير ملوثات مثل الأوزون، وثاني أكسيد الكبريت، وأكاسيد النيتروجين.
2. خسائر الولايات المتحدة السنوية أكثر من (50) بليون دولار.
3. خسائر الولايات المتحدة في المحاصيل الزراعية بين (1 و5) بلايين دولار سنويًّا.
4. خسائر الولايات المتحدة السنوية أكثر من (5) بلايين دولار.
5. على صورة غبار ودخان.

*Sources: Modified from U.S. Environmental Protection Agency; Bunbel, R. W., 1994, Fundamentals of Air Pollution, 3rd ed., San Diego: Academic Press; Godish, T., 1997, Air Quality, 3rd ed., Boca Raton, FL: Lewis Publishers.*

(الجدول 17–1)، ويضيف التصحر، والاندفاعات البركانية والحرائق وطرق الزراعة الحديثة كميات متزايدة من المادة الدقيقة إلى الهواء، ويطلق حرق بقايا المحاصيل (من حقول القمح في داكوتا الشمالية، والعشب الأزرق في إيداهو والرز في كاليفورنيا والقصب في هاواي) كميات كبيرة من الدخان والشحار إلى الجو من المادة الدقيقة رقم (2.5)، وكذلك تطلق العمليات الصناعية كلها تقريبًا مواد دقيقة إلى الجو، وتشبه في ذلك حرق الوقود القديم، إذ يمكن رؤية جزء كبير من المادة الدقيقة بسهولة بصورة دخان أو شحار أو غبار.

تحتوي المواد الدقيقة على جسيمات الأسبست الهوائية وجسيمات صغيرة من العناصر الثقيلة، مثل الآرسين والنحاس والرصاص والزنك، التي تنبعث عادة من المرفقات الصناعية مثل المصاهر، وتتسبّب الملوثات الدقيقة جدًّا رقم (2.5) (قطرها أقلّ من 2.5 µm) في ضرر هائل للرئتين، وتُعدّ الكبريتات والنيترات من أهمّها، وكلاهما ملوثات ثانوية تنتج في الهواء بالتفاعلات الكيميائية بين ثاني أكسيد الكبريت أو أكاسيد النيتروجين والمكونات الاعتيادية للجو، حيث تتكوّن الكبريتات (على صورة حمض كبريتيك) وحمض النيتريك بهذه التفاعلات، ثم يترسبان بوصفهما مطرًا حمضيًّا[26]، ويشار عادة عند قياس المادة الدقيقة إلى المواد الدقيقة المعلقة الكلية (TSP).

تؤثر المواد الدقيقة في صحة الإنسان والأنظمة البيئية والغلاف الحيوي، (الجدول 17–2)، فالمواد الدقيقة التي تدخل إلى الرئتين قد تمكث هناك منتجة آثارًا على التنفس تمتد فترات طويلة، وفي هذا الصدد، فالإسبتوس

بالتحديد خطير جدًّا، أمّا الغبار الناتج عن شق الطرق وحراثة الأرض، فيترسب على أسطح النباتات الخضراء، ومن الممكن أن يتدخل في كل من امتصاص النبات لثاني أكسيد الكربون والأكسجين وإطلاقه للماء، وقد يؤثر الغبار الثقيل في تنفس الحيوانات، ويعتقد أن الدقائق تسهم في موت (6000) إنسان سنويًّا في الولايات المتحدة: يقدر في المدن أن (9%) من الوفيات مرتبطة بالدقائق في الهواء، وخطر الموت أعلى بنسبة (25%–15) في المدن ذات التراكيز العالية من ملوثات الدقائق الناعمة[28].

قد تقتل الدقائق المرتبطة بالمشروعات الإنشائية الكبرى الكائنات، وتؤدي إلى تدمير مساحات شاسعة، وهذا يؤدي إلى تغيير في نسبة مكوّنات الأنواع، والسلاسل الغذائية، وبوجه عام، فإنّها تؤثّر في الأنظمة البيئية، إضافة إلى ذلك، زادت عمليات التصنيع الحديثة الدقائق المعلقة الكلية في الجو كثيرًا، حيث تحجب ضوء الشمس، ما يؤدي إلى تغيرات مناخية، يمكن أن يكون لها تأثيرات دائمة في الغلاف الحيوي[29].

**الأسبستوس أو الحرير الصخري Asbestos** اكتشف حديثًا أنّ جسيمات الأسبست تشكل خطرًا كبيرًا على حياة الكائنات، إذ كان يُعامل في الماضي بصورة اعتيادية، ولم يُحْمَ العاملون في مصانعه من خطر الغبار، وقد استُعمل الأسبست في عزل المباني ولبادات البريكات في السيارات، ونتيجة لذلك انتشرت خيوطه في الدول الصناعية كلها تقريبًا، خصوصًا في المناطق الحضرية في كل من أوروبا وأمريكا الشمالية، وقد بيعت –في إحدى الحالات– نواتج الأسبست بوصفها حقائب بيرلاب، ثم أُعيد استعمالها في المستنبتات وصناعات ثانوية أخرى، ما أدى إلى نشر هذا الملوث بدرجة أكبر، حيث يعتقد أنّ بعض جسيماته تتسبّب في السرطان، لذلك يتعيّن توخي الحذر عند التعامل معه.

**الرصاص lead** مكون مهم في بطاريات السيارات والنواتج الصناعية الأخرى، وعند استعماله بوصفه مادة مضافة في البنزين، فإنّه يعمل على تحسين أداء محرك السيارة، وقد أدى الرصاص المنبعث إلى البيئة من خلال عادم السيارة (أكزوزت) في الولايات المتحدة، إلى أن يترسب بصورة كبيرة، ما أدى إلى ارتفاع تركيزه في التربة والماء القريب من الطرق (انظر نظرة متفحصة: الرصاص في البيئة في 17–2)، من الممكن أن ينتقل بالهواء بصورة دقائق تصل إلى النبات عن طريق التربة أو تترسب على أوراقه مباشرة، فيدخل بذلك في سلاسل الغذاء الأرضية، وقد يهضمه الناس في طعامهم، إضافة إلى أنّه قد يدخل في سلاسل الغذاء المائية، عندما يترسب ما تحمله الجداول والأنهار منه في مياه هادئة، أو ينتقل إلى المحيط أو البحيرات، فتأخذه الكائنات المائية التي يتغذى عليها الإنسان، وعلى الرغم من أنّ الرصاص لم يعد يستعمل الآن في البنزين في الولايات المتحدة، إلّا أنّه ما زال يستخدم في أجزاء أخرى من العالم، وقد تناقصت انبعاثاته في الولايات المتحدة بنسبة (98%) منذ عام 1970م، بوصفها نتيجة مباشرة لتقليل نسبته، ثم منع استعماله في البنزين.

**للكادميوم cadmium** رماد الفحم مصدر بعض الكادميوم *(cadmium)* في البيئة، وينتشر بصورة كبيرة من المداخن، حيث يتوافر الكادميوم بوصفه عنصرًا شحيحًا في الفحم بتراكيز منخفضة جدًّا (0.05 جزء في المليون)، فعندما يتساقط رماد الفحم على النباتات، يدخل الكادميوم في نسيجه، ويتركز هناك، ثم يصعد في السلسلة الغذائية، ويحدث له تكبير (تضخيم) حيوي *(biomagnifications)* عند كل مستوًى أعلى في السلسلة الغذائية، فتركيز الكادميوم في آكلات الأعشاب (الهيربيفورز) (3) أضعاف تركيزه في النباتات الخضراء تقريبًا، وتركيزه في آكلات اللحوم (3) أضعاف تركيزه في آكلات النباتات تقريبًا.

## تلوث الهواء في المناطق الحضرية
## Urban air pollution

تلوث الهواء غير موزع بانتظام في العالم كله، ويتركز معظمه في المناطق العمرانية وحولها، حيث تطلق السيارات والصناعات الثقيلة كميات هائلة من النفايات إلى البيئة، ويتوافر تلوث الهواء المرئي المسمّى الضبخن (smog) في المناطق العمرانية كلها تقريبًا، على الرغم من أنّ ضرره يتفاوت من منطقة إلى أخرى، وسنتعرض في هذا الجزء إلى العوامل التي تسهم في تلوث الهواء في المناطق العمرانية، ونناقش مكونات الضبخن وطريقة تكوينه.

### تأثير المناخ والتضاريس
### Influence of meteorology and topography

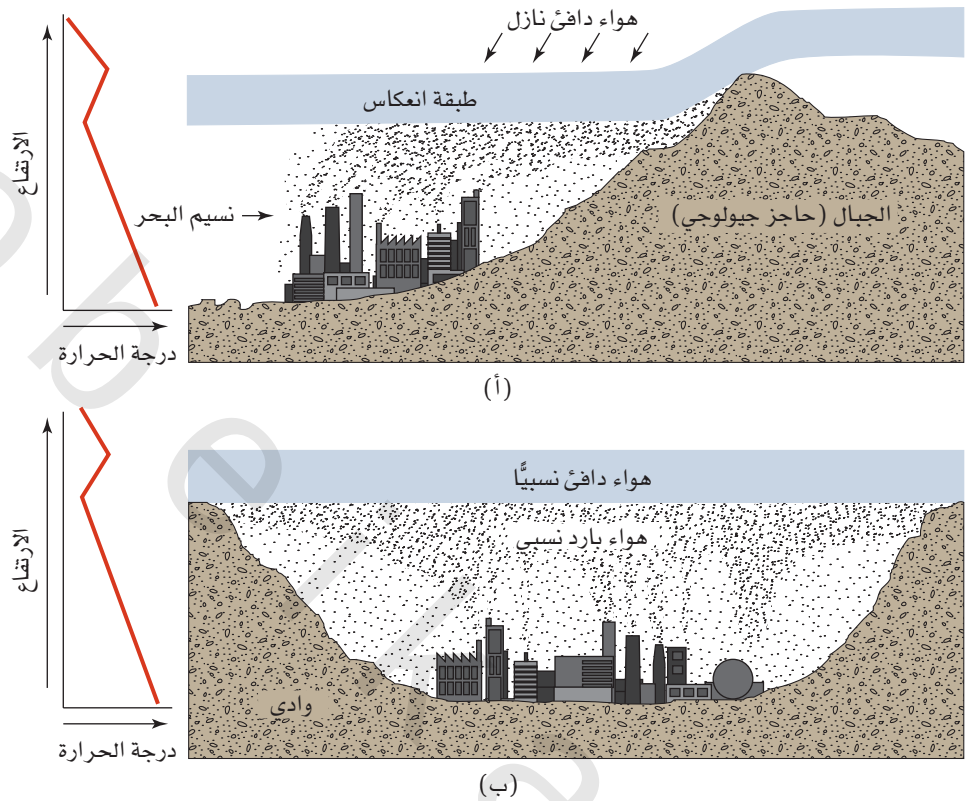
يعتمد المدى الذي يتوافر فيه تلوث الهواء في منطقة حضرية ما بصورة كبيرة على سرعة الانبعاثات والتضاريس والظروف الجوية، وتحدد هذه العوامل السرعة التي يتم بها تركيز الملوثات وانتقالها بعيدًا عن مصادرها، أو تحولها إلى مركبات غير ضارة في الهواء، وعندما يكون إنتاج الملوثات أسرع من انتقالها وتحولها الكيميائي، فيمكن أن يترتب على ذلك ظروف خطرة.

تستطيع الظروف المناخية أن تحدد فيما إذا كان تلوث الهواء مجرد مصدر للإزعاج، أم أنه مشكلة صحية خطيرة، فمعظم فترات التلوث في حوض لوس أنجلوس والمناطق الضبدخنية الأخرى لا تتسبّب في أعداد كبيرة من الوفيات، إلّا أنّه يمكن أن تحدث حوادث تلوث خطرة تمتد أيامًا، وتؤدي إلى عدد أكبر من الوفيات والأمراض.

قد يؤدي الدوران المحدود في طبقات الجو السفلي نتيجة تكوّن انعكاس طبقي *(inversion layer)* إلى حادثة تلوّث، حيث يحدث الانعكاس أو الانقلاب الجوي **(atmospheric inversion)** عندما يعلو هواء دافئ هواءً باردًا، وتمثل طبقة الانعكاس مشكلة عندما تكون هناك كتلة هوائية ساكنة. يبين الشكل (17–3) نوعين من الانعكاس يؤديان إلى تدهور أو زيادة حدّة تأثير مشكلات التلوث، ففي الشكل (17–3أ) ينحدر هواء دافئ إلى الأسفل من مناطق يابسة داخلية جافة مكوّنًا طبقة انعكاس نصف دائمة، ولأنّ الجبال تعمل بوصفها حاجزًا للتلوث، فإنّ الهواء الملوث يتحرك بحسب اتجاه نسيم البحر والعمليات الأخرى، التي تميل إلى الصعود في الأودية حيث تصطاد أو تحجز هناك، ويحدث تلوث الهواء الذي ينشأ أساسًا في الصيف والخريف، ويحدث الانعكاس عندما يمر هواء اليابسة الداخلي الدافئ فوق الجبال، ويعلو هواء الشاطئ البارد، وينطبق هذا المثال على الوضع في منطقة لوس أنجلوس.

يبين الشكل (17–3ب) واديًا يعلو فيه هواء ساخن هواءً باردًا، إذ يمكن أن يحدث هذا الوضع بطرق عدّة، منها: عندما ينشأ غطاء من الغيوم المرتبطة بكتلة هوائية ساكنة فوق منطقة حضرية، فإنّ الغيوم تحجز أشعة الشمس المقبلة، وتمتص بعض الطاقة، وعليه تصبح أدفأ، ويبرد الهواء على سطح الأرض أو قريبًا منه، فإذا كانت الرطوبة عالية، فقد يتكوّن ضباب كثيف، وكلما كان الهواء أكثر برودة، فإنّ سكان المدينة يحرقون وقودًا أكثر للتدفئة، وعليه، فإنّهم يتسببون في دخول ملوثات أكثر إلى الجو، حيث تستمر الملوثات في التراكم طالما بقيت الظروف الساكنة مستمرة.

Oxford Publishing




**الشكل (17–3): الانعكاس الحراري (Temperature inversion).** سببان لنشوء انعكاس حراري يجعلان مشكلات التلوث أكثر سوءًا. (أ) هواء دافئ نازل من مناطق داخلية جافة، يكون طبقة انعكاس نصف دائمة.

(ب) وادٍ فيه هواء بارد نسبيًّا يعلوه هواء دافئ.

## احتمال حدوث تلوث هواء في المناطق الحضرية
## Potential for urban air pollution

يتحدد احتمال حدوث تلوث هواء في المناطق الحضرية، مثلما يظهر في الشكل (17–4) بالعوامل الآتية:

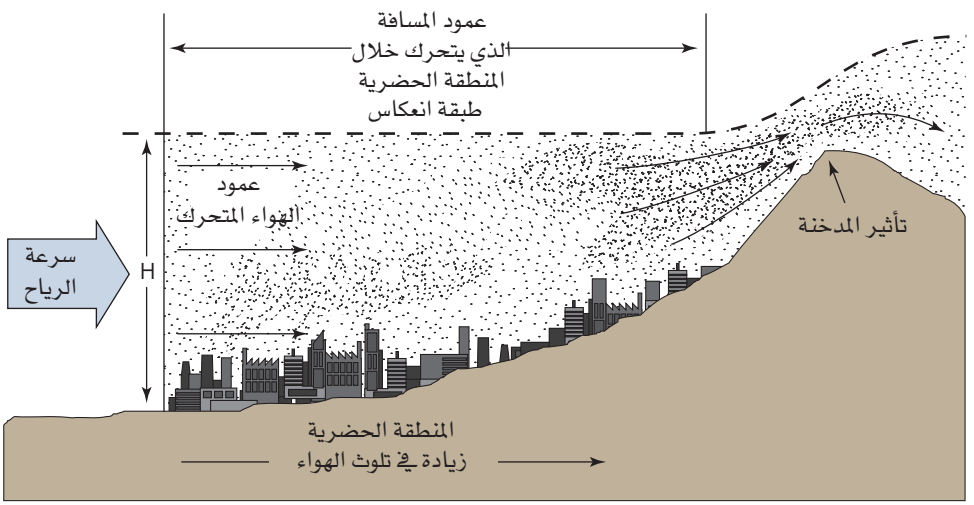
- سرعة انبعاث الملوثات.
- المسافة التي تتحركها كتلة من الهواء خلال المصادر التي تلوث هواء المدن.
- معدل سرعة الريح.
- ارتفاع طبقة الخلط، أي الارتفاع في طبقات الجو السفلى الذي تختلط عنده الملوثات المحتملة جيّدًا.

إذا افترضنا نسبة انبعاث ثابتة لملوثات الهواء، فستجمع الكتلة الهوائية المزيد من الملوثات عند عبورها خلال المنطقة الحضرية، وعليه، يتناسب تركيز الملوثات في الهواء تناسبًا طرديًّا مع العاملين الأولين: يزداد تركيز الملوثات مع ازدياد سرعة الانبعاث أو مسافة السفر في اتجاه الريح، وعلى العكس من ذلك، يتناقص تلوث هواء المدن بازدياد سرعة الرياح وارتفاع طبقة الخلط، فكلما كانت الرياح أقوى وطبقة الخلط أعلى، كان التلوث أقل.

إذا توافرت طبقة الانعكاس بالقرب من حاجز جيولوجي مثل الجبال، فيمكن أن يسمح تأثير المدخنة للملوثات بالانتشار فوق أعلى الحاجز (الشكل 17–4)، وقد لوحظ هذا التأثير في حوض لوس أنجلوس، حيث تستطيع الملوثات تسلق آلاف الأمتار، ما يؤدي إلى تدمير أشجار الصنوبر الجبلية والنباتات الأخرى.

## إنتاج الضبخن Smog production

عندما تنتج ملوثات الهواء من مصادر عدّة في منطقة كبيرة– مثلما هو الحال بالنسبة إلى السيارات في لوس أنجلوس– فهناك احتمال لنشوء الضبخن، والضبخن الكبريتي *(Sulfurous smog)* (ويشار إليه




**الشكل (17–4): كيف تتركز ملوثات الهواء (how air pollutants may be concentrated)**

مع ازدياد سرعة الريح وسمك طبقة الخلط (الرمز إتش) هناك احتمال أقلّ لحدوث التلوث، ومع ازدياد كل من سرعة الانبعاثات وطول مسار اتجاه الريح، فهناك احتمال أكبر لحدوث تلوث في الهواء. "تأثير المدخنة" يسمح للهواء الملوث بالحركة فوق الجبال، ثم إلى الأسفل عند الوادي المجاور.

Obeikandl.com

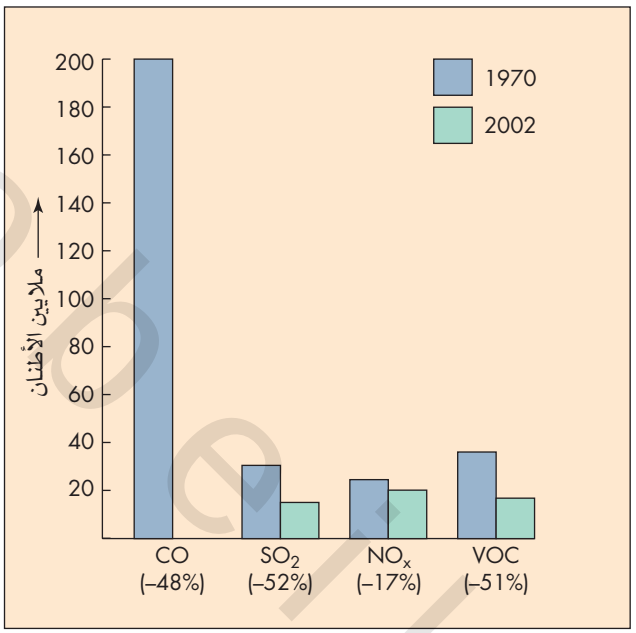
أحيانًا بضبخن لندن أو الهواء الرمادي) والضبخن الكيميائي الضوئي *(photochemical smog)* (المسمى أحيانًا ضبخن لوس أنجلوس أو الهواء البني)، هما النوعان الرئيسان عن الضبخن، حيث ينتج الضبخن الكبريتي **(sulfurous smog)** بصورة أساسية عن حرق الفحم أو النفط في محطات توليد الطاقة الكهربائية الكبيرة، وتتحد في بعض الظروف المناخية أكاسيد الكبريت والدقائق الناتجة عن الحرق لتنتج ضبخنًا كبريتيًّا مركزًا.

التفاعلات التي تنتج الضبخن الكيميائي الضوئي **(photochemical smog)** معقدة، وتشمل أكاسيد النيتروجين ($NO_x$)، والهيدروكربونات، والإشعاع الشمسي، فعلى سبيل المثال: يبدأ تركيز كل من أول أكسيد النيتروجين والهيدروكربونات بالتزايد في جنوب كاليفورنيا، عندما يتنامى عدد الذين ينتقلون بالسيارات في الصباح الباكر، وقد يقل تركيز ثاني أكسيد النيتروجين في الوقت نفسه؛ بسبب التفاعل الذي تتحكم فيه أشعة الشمس، ويؤدي إلى تحويل ثاني أكسيد النيتروجين $NO_2$ إلى أول أكسيد النيتروجين، إضافة إلى أكسجين ذري NO (ذرة أكسجين)، عندئذ يكون الأكسجين الذري حرًّا؛ كي يتشارك مع الأكسجين الجزيئي، ويتكوّن الأوزون $O_3$ الذي يزداد تركيزه بعد الشروق، وفي ساعات الضحى، تتفاعل الهيدروكربونات المؤكسدة مع (أول) أكسيد النيتروجين، ويؤدي هذا التفاعل إلى زيادة تركيز ثاني أكسيد النيتروجين، ويتسبّب أيضًا في تقليل تركيز أول أكسيد النيتروجين، وزيادة الأوزون الذي يبلغ أقصى قيمة له في منتصف النهار (يرافق ذلك أقلّ قيمة لأول أكسيد النيتروجين)، ومع اكتمال الضبخن تقل الرؤية؛ ذلك لأنّ دقائقه الصغيرة تُشتّت الضوء.

### مستقبل تلوث الهواء في المناطق الحضرية
### Future of air pollution in urban areas

مستويات تلوث الهواء في كثير من المدن في الدول المتطورة لها سجل مختلط، لكنه يميل إلى التحسن عمومًا، والمعطيات من مدن الولايات المتحدة الكوزموبوليتونية في السنوات الحديثة، تبين نقصان عدد الأيام الكلي المصنفة غير صحية وغير صحية جدًّا، وهذا يشير إلى تحسن في نوعية الهواء على مستوى الولايات المتحدة بصورة كلية، وقد حدث هذا التحسن المقترح على الرغم من ازدياد عدد السيارات، إذ نتجت نوعية الهواء المحسنة عن صناعة سيارات تحرق وقودًا أقلّ بكفاءة أعلى، وتحتوي على أجهزة للتحكم في الضبخن، وتحرق وقودًا نظيفًا ومحسنًا، إلّا أنّ معظم المناطق الحضرية الرئيسة، مثل نيويورك ولوس أنجلوس، ما زالت تعاني الهواء غير الصحي مدة طويلة من السنة، وزيادة على ذلك، كثير من المدن الأمريكية هواؤها غير جيّد لـ (30) يومًا في السنة على الأقل، وبحسب هذا المعيار، لا يزال ملايين الأمريكيين يعيشون في مدن فيها خطر تلوث الهواء لجزء لا يستهان به من العام.

والأخبار المشجعة أنّ انبعاثات بعض ملوثات الهواء الرئيسة في الولايات المتحدة في حالة تراجع (الشكل 17–5)، فمثلًا: منذ 1970م تراجعت انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت $SO_2$ بنسبة (52%) نتيجة لحرق كمية أقلّ من الفحم، واستخدام الفحم منخفض الكبريت، ومعالجة الغازات المتدفقة في محطات توليد الكهرباء قبل إطلاقها إلى البيئة، أمّا انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة، فقد تناقصت أيضًا منذ عام 1970م إلى مستويات لم تُسجّل منذ أربعينيات القرن الماضي، وقد نتج النقصان البالغ (51%) جزئيًّا عن التحكم الناجح في انبعاثات عوادم السيارات، واستبدال المركبات العضوية المتطايرة، مثل الأسفلت بتلك المعتمدة على الماء.




**الشكل (17–5): نزعات انبعاثات بعض ملوثات الهواء المختارة في أمريكا (1970م – 2002م).** انبعاثات أول أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين والمركبات العضوية المتطايرة تناقصت كثيرًا منذ عام 1970م.

*(modified from Environmental Protection Agency, 2002, http:www.epa.gov,{highlights accessed 3/25/04)*

## تلوث الهواء داخل المباني
## Indoor air pollution

تلوث الهواء داخل المباني أحد أهم الأخطار الصحية البيئية التي يواجهها الناس في بيوتهم وأمكنة عملهم، وقد أنشئت المباني في السنوات الأخيرة قريبة جدًّا من بعضها، لدرجة أن النوافذ لا يمكن فتحها أحيانًا، وذلك توفيرًا للطاقة، فإذا لم تُنفّذ صيانة الفلاتر بصورة صحيحة، فيمكن أن يتلوّث الهواء الداخلي بكثير من المواد، ومن ضمنها الدخان والكيميائيات والكائنات الناقلة للأمراض وغاز الرادون الطبيعي المشع، الذي يُشك في أنه يتسبّب في سرطانات الرئة وأنواع أخرى من السرطان (انظر نظرة متفحصة: غاز الرادون في الجزء 17–2)، وقد تبين أنّ الفيروس المسؤول عن عدوى الجهاز التنفسي المسمى مرض ليجنيرز (الفيالق)، ينتقل من خلال فلاتر الهواء وأنظمة التهوية في المباني.

تبنى المنشآت الحضرية الحديثة من مواد عدّة، بعضها يطلق كميات قليلة من الكيميائيات والمواد الأخرى إلى الهواء المحيط، وتنبعث في بعض المباني خيوط أو ألياف الأسبست ببطء من العزل والوصلات الأخرى، ما يؤدي إلى إصابة الذين يتعرضون لنوع محدد من ألياف الأسبست بنوع نادر من سرطان الرئة، وقد تنطلق غازات أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد النيتروجين السامة في الهواء داخل البيوت، من مواقد الغاز غير المهواة جيّدًا، كذلك من المعروف أنّ الفومالدهايد المتوافر في بعض مواد العزل والمنتوجات الخشبية المستعملة في إنشاء البيوت، يؤدي إلى حساسية في الأنف والأذنين والحنجرة، إضافة إلى توافر الرادون في بعض مواد البناء، مثل بلوكات الخرسانة والطوب المصنوع من مواد يتوافر فيها الرادون بصورة مرتفعة، ومن المحتمل أن تتسبّب المباني التي تفتقر إلى أنظمة

Operation Manager

إدخال الهواء النظيف من الخارج (التهوية) في مشكلات التلوث الداخلي، إذ إنّ تحسينات نوعية الهواء الداخلي تتمحور معظمها في دوران الهواء النظيف (المحسن بالإجهاد) وتقليل الانبعاثات الملوثة.

من اللافت للنظر أنّ تلوث الهواء الداخلي موجود منذ قرون خلت، فعام 1972م اكتشفت جثة امرأة من الإسكيمو، تعود إلى القرن الرابع قبل الميلاد في جزيرة سانت لورنس في بحر بيرينج، وقد توفيت المرأة خلال زلزال أو انزلاق أرضي، وتجمدت جثتها بعد الوفاة، وقد بيّن التشريح المفصل أنّ المرأة عانت مرض الرئة السوداء، الذي يصيب بعض معدني الفحم هذه الأيام، واستنتج الأنثروبولوجستس (المختصون في علم الإنسان) والأطباء، أنّ المرأة كانت تتنفس هواءً شديد التلوث مدة استمرت سنوات عدّة، وتوقعوا أنّ تلوث الهواء كان جزئيًّا بسبب الروائح الخطرة المنبعثة من اللمبات، التي تحرق الشمع الأحمر مع دهن الحوت[32].

## 4-17 الجيولوجيا وإدارة النفايات
## WASTE MANAGEMENT AND GEOLOGY

يواجه الناس في الولايات المتحدة والعالم كله مشكلة كبيرة، تتعلق بالتخلص من النفايات الصلبة خصوصًا في المناطق العمرانية النامية، وتتلخص المشكلة في حقيقة أنّ المناطق الحضرية تنتج الكثير من النفايات، وأن المساحات المخصصة للتخلص منها قليلة، إذ يقدر بأنّ نصف مدن الولايات المتحدة تقريبًا، لا تتوافر فيها حاليًّا مساحات للتخلص من النفايات، إضافة إلى أنّ التكلفة عامل محدد آخر، فقد تضاعفت مصاريف التخلص من النفايات كثيرًا في السنوات الأخيرة[33].

تنتج المجتمعات بأنواعها المختلفة نفايات كثيرة، لكن التحضر والتصنيع تسبّبا في تأثير فاقم بشكل غير مسبوق في مشكلة إدارة النفايات، وعلى الرغم من تجميع كميات هائلة من النفايات السائلة والصلبة من مصادر مختلفة مثل البلديات والصناعة والزراعة وتدويرها ومعالجتها أو التخلص منها، فإنّ البرامج الجديدة والمتجددة تظل ضرورية، إذا أردنا أن نبقى متقدمين، ولا نقع فيما يسمى أزمة نفايات، فالتخلص من النفايات الصلبة والسائلة أو معالجتها عن طريق الجهات المختلفة من فدرالية وولايات وبلديات، يكلف بلايين الدولارات سنويًّا، وهي في الحقيقة أكثر المصاريف البيئية التي تتكلفها الحكومات، وتشكل نسبتها أغلبية المصاريف البيئية.

تطوير أماكن جديدة للتخلص من النفايات، هو حل ممكن لمشكلة النفايات الصلبة، لكن لسوء الطالع، لا يحب أي أحد أن يعيش قريبًا من موقع التخلص منها، سواء أكان هذا الموقع للتخلص من نفايات المدن والبلديات، أو مكان لحرقها (يستطيع تقليل حجمها بنسبة 75%)، أو التخلص من مواد كيميائية خطرة، ومن الواضح أنّ هذا يحدث مشكلات مكانية، حتى لو كانت البيئة الجغرافية المحلية والجيولوجية والهيدرولوجية مناسبة، حيث تشمل المشكلات المكانية أيضًا قضايا العدالة الاجتماعية *(social justice)*، إذ تتوافر منشآت التخلص من النفايات غالبًا في مناطق الطبقات الاجتماعية السفلى والفقيرة أو الأقليات العرقية.

## إدارة متكاملة للنفايات
## Integrated waste management

هناك وعي متناهٍ بين الناس أن كثيرًا من برامجنا لإدارة النفايات هي ببساطة نقل النفايات من مكان إلى آخر، وليس التخلص منها فعليًّا، فعلى سبيل المثال: يمكن أن توضع النفايات في المناطق الحضرية أو تطمر في مكبات، ولكنها في النهاية قد تنتج مشكلات أخرى؛ وذلك بسبب إنتاج غاز الميثان (الذي يُعدّ موردًا مهمًّا إذا استغل جيّدًا) أو السوائل الضارة، التي تتسرب من الموقع، فتلوّث المناطق المجاورة، إضافة إلى أنّ مواقع التخلص من النفايات قادرة أيضًا على إنتاج تلوث في الهواء؛ لذا، فإنّ افتراض أنّ إدارة النفايات ستظل محط أنظار العامة مدة طويلة افتراض صحيح، لذلك، فإنّ تطوير طرق جديدة لمعالجة النفايات، لا تؤدي إلى تعريض الصحة العامة للخطر، ولا تتسبّب أيضًا في حدوث إزعاج أمر له أهمية خصوصًا.

ظهرت **الإدارة المتكاملة للنفايات (Integrated waste management (IWM))** في الثمانينيات من القرن الماضي، بوصفها مجموعة بدائل إدارة تشمل تقليل المورد، والتدوير، وإعادة الاستعمال، وتحويلها إلى مادة مفيدة، والطمر، والحرق[33]، حيث إنّ التقليل والتدوير **وإعادة الاستعمال (Reduce, recycle, reuse)** ثلاث عمليات من إدارة متكاملة للنفايات، تبدأ كلها بالإنجليزية بحرف الآر، إذ يمكن لإعادة الاستعمال تقليل وزن النفايات من المناطق الحضرية التي تطمر في المكبات بنسبة (50%) تقريبًا.

إعادة الاستعمال بوصفه أحد الخيارات ضمن إدارة متكاملة للنفايات، الذي طُبّق بصورة جيّدة مدّة تزيد على عقدين، ولّد أنظمة متكاملة لمعالجة النفايات، نتج عنها عشرات الآلاف من فرص العمل، وفي الوقت نفسه قللت في الولايات المتحدة نسبة النفايات الحضرية المنزلية المرسلة إلى أماكن الطمر من (90%) عام 1980م إلى (65%) حاليًّا، وفي الحقيقة، دمجت كثير من الشركات تقليل النفايات مع إعادة التدوير؛ لتخفيض كمية النفايات المرسلة إلى مكبات الطمر بنسبة (50%)، وعلى الرغم من هذا النجاح، تعرضت الإدارة المتكاملة للنفايات للنقد؛ لأنّها ركزت على التدوير، ولم تتقدم بسياسات لمنع إنتاج النفايات، ولن تنجح على المدى البعيد سياسات إدارة النفايات التي تعتمد على التدوير فقط، فإذا استمررنا في تطبيق الإدارة الحالية للنفايات، فسننتج في (50 – 70) سنة (عندما يتضاعف مجموع سكان الولايات المتحدة) الحجم نفسه من النفايات التي تُرسل الآن إلى مكبات الطمر، مع احتساب نسبة التدوير المقدرة بـ (50%)، ومن الواضح أنّ التركيز على إعادة الاستعمال، ليس الحلّ الدائم لمشكلة النفايات التي نعانيها، فإذا أخذنا هذا في الحسبان، فإنّنا نحتاج إلى إعادة تفكير في مفهوم الإدارة المتكاملة للنفايات، وتوسعته ليشمل ما يسمّى إدارة المواد[34] *(materials management)*.

## إدارة المواد Materials management

إدارة المواد جزء من مفهوم الإدارة المتكاملة للنفايات، إلّا أنّ لها هدفًا آخر يتمثّل في عدم إنتاج أي نفايات (صفر نفايات)، وعليه، فإنّ ما نعدّه الآن نفايات سيُعدّ موردًا اقتصاديًّا، ويمثل هذا الهدف الخيالي استخدامًا مستديمًا للمواد، إضافة إلى المحافظة عليها، ويعتقد أنّه بالإمكان تحقيق إدارة المواد، التي هي امتداد لمفهوم الإدارة المتكاملة للنفايات، باتخاذ الإجراءات الآتية[34]:

Open Knowledge

- إلغاء الرسوم المفروضة على استخراج المواد العذراء (الأولية)، مثل الأخشاب والمعادن والنفط.
- إعطاء محفزات "للعمارة الخضراء"، التي يُعاد فيها استعمال المواد والمنتوجات في المنشآت الجديدة.
- فرض غرامات مالية على إنتاج المنتوجات التي لا تحقق أهداف ممارسات إدارة المواد.
- توفير حوافز مادية للممارسات والمنتوجات الصناعية، التي تفيد البيئة بتحسين الاستدامة، مثل تشجيع المنتوجات التي تقلل من إنتاج النفايات وإعادة استعمالها أو تدويرها.
- توفير حوافز لإيجاد فرص عمل جديدة في مجال تكنولوجيا إدارة المواد، وحوافز لممارسة اختزال النفايات، والتدوير وإعادة استعمال الموارد، وهذا هو جوهر تطبيق كل من إدارة المواد واستدامة الموارد.

مفهوم إدارة المواد التي تهدف إلى إنتاج صفر من النفايات جزء ممّا يسمى **البيئة الصناعية (industrial ecology)**، والفكرة هي إنتاج أنظمة حضرية وصناعية تحاكي أو تتمذج الأنظمة البيئية، حيث تُعدّ النفايات في أي جزء من النظام موردًا اقتصاديًّا في جزء آخر منه.

بهذه المقدمة التي غطت الاتجاهات الحديثة في الإدارة المتكاملة للنفايات، من المفيد أن نفصل في معالجة النفايات والتخلص منها، بتقسيمها بحسب نوع النفايات إلى مجموعات مختلفة: التخلص من النفايات الصلبة، وإدارة النفايات الكيميائية الخطرة، وإدارة النفايات الإشعاعية، والتخلص من النفايات في المحيط.

## التخلص من النفايات الصلبة

## Solid waste disposal

التخلص من النفايات الصلبة مشكلة تعانيها المناطق الحضرية بصورة أساسية، ويلخص الشكل (17–6) المصادر الرئيسة وأنواع النفايات الصلبة، بينما يدرج الجدول (17–3) المكونات العامة للنفايات الصلبة (بحسب وزنها قبل إعادة التدوير) في العامين 1986م و2006م، ونؤكد أنّ هذا متوسط حسابي أو معدل للمكونات، ويتوقع توافر تغيرات واسعة؛

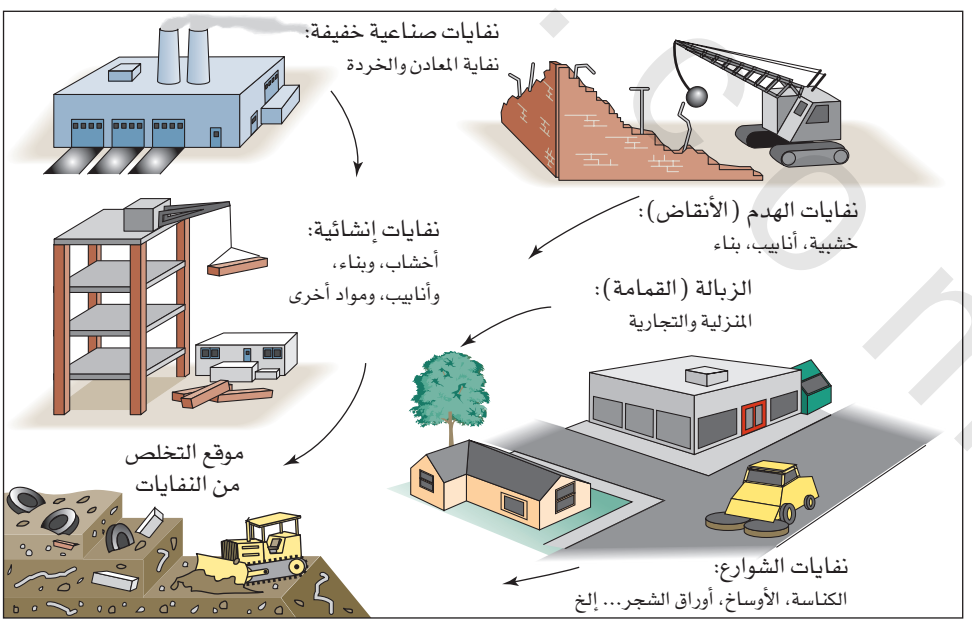
**الجدول (17–3): المكونات العامة للنفايات الصلبة في المدن (وزن) في العامين 1986م و2006م قبل إعادة التدوير.**

| المادة | 1986(%) | 2006(%) |
|---|---|---|
| الورق | 36 | 34 |
| نفايات الساحات | 20 | 13 |
| البلاستيك | 7 | 12 |
| المعادن | 9 | 8 |
| بقايا الطعام | 9 | 12 |
| الزجاج | 8 | 5 |
| الخشب | 4 | 6 |
| مواد أخرى (مثل المطاط، والجلد والأنسجة) | 7 | 10 |

المصدر:
*Ujihara, A. M., and Gouch, M., Managing ash from municipal waste incinerators, Resource for the Future (Center for Risk Management: 1989) ; and U. S. Environmental Agency, 2008, U. S. waste generation before recycling, http://www.epa.gov*

بسبب الاختلافات في عوامل، مثل استعمال الأراضي، والوضع الاقتصادي، والأنشطة الصناعية، والمناخ، والفصل من السنة، حيث يشكل الورق أكثر النفايات الصلبة، وهذا أمر غير مفاجئ، وكذلك ازداد البلاستيك بنسبة (70%) تقريبًا منذ عام 1986م، بزيادة كبيرة في الأواني البلاستيكية مثل القوارير، إذ إنّ هذا الاستعمال الواسع للبلاستيك واضح للعيان، ونشأت منه صناعات لإعادة توفير النفايات البلاستيكية، حيث تتعامل مصانع تدوير البلاستيك مع أنواع مختلفة منه، فما كان يشكل نفايات بلاستيكية، يُدوّر الآن إلى بلاستيك جديد بجودة البلاستيك المصنع من النفط نفسها.

يمكن أن تُحدث النفايات المعدية من المستشفيات والعيادات في بعض المناطق مشكلات إذا لم تُعقّم بصورة صحيحة قبل التخلص منها، وبعض المستشفيات لديها تجهيزات لحرق مثل هذا النوع من النفايات،




**الشكل (17–6): أنواع المواد أو النفايات** التي ترسل عادة إلى موقع التخلص من النفايات.

ومن الممكن أن تنتهي أيضًا كميات كبيرة من المواد السامة في المناطق الحضرية الكبيرة في مواقع التخلص من النفايات، لذلك تُعدّ أماكن الطمر الصحي في المناطق الحضرية الآن، مواقع نفايات خطرة تتطلب عمليات مراقبة وتنظيف مكلفتين.

تشمل الطرق الشائعة للتخلص من النفايات الصلبة التخلص منها في الموقع الذي تنتج فيه، الكمبوستنج (تحويلها إلى صورة مفيدة)، والحرق، والمكبات أو الحفر المفتوحة، وأماكن الطمر الصحي[35]، وسيكون تركيزنا هنا على أماكن الطمر الصحي؛ لشيوعها وارتباطاتها المهمة بالجيولوجيا والهيدرولوجيا.

**مكبّ الطمر الصحي (sanitary landfill)** (أو ما يسمّى أيضًا مكب النفايات الصلبة للمدن) مثلما تعرّفه جمعية المهندسين الأمريكيين، طريقة للتخلص من النفايات الصلبة، تعمل دون إحداث إزعاج أو تشكيل خطر على صحة الناس أو أمنهم، وتستعمل المبادئ الهندسية لحصر النفايات في أقلّ مساحة ممكنة من ناحية عملية، ثمّ تقليلها إلى أقلّ حجم ممكن، وبعدها تغطى بطبقة من التربة المرصوصة أو المصايد المصممة خصيصًا لهذا الغرض، في نهاية كل يوم عمل أو على فترات أقلّ إذا دعت الحاجة إلى ذلك، فتغطية النفايات هي ما يجعل مكبّ الطمر صحيًّا، حيث يعمل الغطاء على منع وصول الحشرات والقوارض والحيوانات الأخرى إلى النفايات، وكذلك يعزل النفايات عن الهواء، إضافة إلى أنّه يقلل من الماء السطحي الذي يدخل إلى النفايات، ويُقلل كذلك كمية الغازات المنبعثة منها[36].

ظهر مكبّ الطمر الصحي بالصورة التي نعرفها الآن في أواخر الثلاثينيات من القرن الماضي (1930م)، وهو على نوعين: مكبات الطمر الصحي المساحية في مواقع مستوية نسبيًّا، ومكبات الطمر الحوضية في الحفر أو الأودية (القنوات) الطبيعية أو الصناعية، حيث تُرصّ النفايات، وتُغطى في نهاية كلّ يوم، وتصمم طبقة الغطاء الأخيرة أو التربة (الطين)، لتقلل من تسرب المياه السطحية إلى النفايات إلى أقلّ كمية ممكنة [35].

## الأخطار المحتملة Potential hazards

تلوث المياه الجوفية أو السطحية أحد أهم الأخطار المحتملة من مكبّات الطمر الصحي، فإذا حدث تماس بين النفايات المدفونة في المكب والماء النازل من السطح أو الماء الجوفي، الذي يتحرك جانبيًّا خلال النفايات، فالعصارة **ليشيت (leachate)** تنتج سائلًا متمعدنًا كريهًا قادرًا على نقل الملوثات البكتيرية[37]، فعلى سبيل المثال: أنتج مكبّان يعودان للثلاثينيات والأربعينيات من القرن الماضي في جزيرة لنج في نيويورك، بلومات من العصارة عرضها مئات الأمتار، هاجرت بضعة كيلومترات من موقع المكب، وتعتمد طبيعة اللسشيت المنتج في موقع المكب وقوتها، على مكونات النفايات، وطول الفترة الزمنية لتماس الماء الراشح مع النفايات، وكمية الماء الراشح أو المتحرك خلال النفايات[35]، إضافة إلى أنّ تركيز الملوثات في عصارة المكب أكثر ممّا هو متوافر في المياه العادمة عمومًا، أو تلك المتوافرة في نفايات المسالخ، ولحسن الطالع أنّ العصارة الناتجة عن التخلص من نفايات المدن، أقلّ مما هو متوافر في المياه العادمة العامة.

إنّ الإنتاج غير المنضبط لغاز الميثان وانبعاثاته، الذي يتولد من تحلل النفايات العضوية خطر آخر من أخطار المكبات، فعلى سبيل المثال: هاجر الغاز المتولد في مكب أوهايو مسافة تقدّر بمئات الأمتار إلى منطقة سكنية من خلال تربة رملية، حيث انفجر أحد البيوت وأُخليت بيوت أخرى عدّة، ويُعدّ غاز الميثان (غير الملوث بالمواد السامة) موردًا اقتصاديًّا مهمًّا إذا استُغل بصورة صحيحة، حيث يُحصر أحيانًا في المكبات الجديدة وتلك التي يتم توسيعها، بحواجز مصنوعة من بطانة بلاستيكية وطين، ثم يُجمّع في منشأة مخصصة لهذا الغرض، فتقنية إدارة الميثان تتقدم باطراد، وتنتجه المكبات في طول البلاد وعرضها، وتبيعه بوصفه إحدى الطرق للتقليل من تكلفة إدارة النفايات.

## اختيار الموقع Site selection

تشتمل العوامل التي تتحكم في اختيار مكب طمر صحي على ما يأتي:

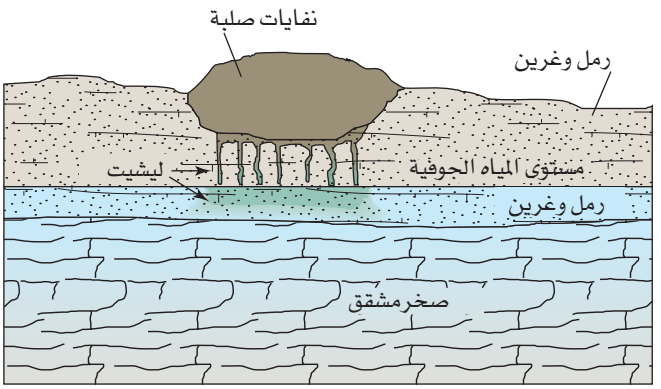
- التضاريس الطوبوغرافية.
- موقع مستوى المياه الجوفية.
- كمية الهطل.
- أنواع التربة والصخور.
- موقع منطقة التخلص من النفايات في منظومة جريان المياه السطحية والجوفية.

أفضل المواقع تلك التي تضمن الظروف الطبيعية فيها أمانًا بدرجة معقولة في التخلص من النفايات الصلبة، وهذا يعني التلوث القليل في المياه السطحية أو الجوفية (أو تلوث بدرجة مقبولة فيهما)، والظروف آمنة لملاءمة عامل أو أكثر من العوامل الآتية: المناخية، والهيدرولوجية، والجيولوجية، وتلك التي يحدثها الإنسان[38].

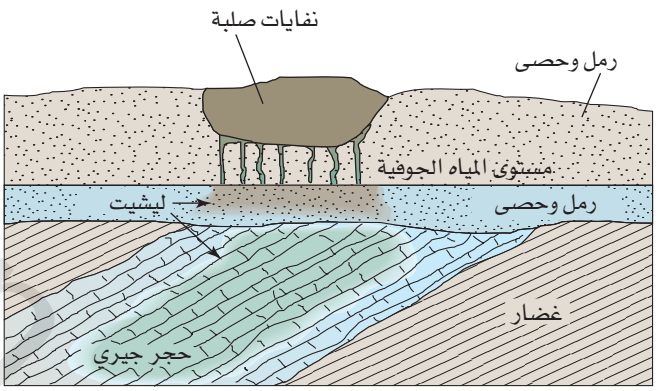
المناطق الجافة أفضل المواقع لأماكن الطمر وظروف التخلص من النفايات فيها آمنة نسبيًّا؛ لأنّ العصارة (leachate) الناتجة في البيئة الجافة قليلة، سواء كانت المادة المغطية منفذة أم غير منفذة، ومن ناحية أخرى، سينتج دائمًا القليل من العصارة في البيئة الرطبة، لذلك يتعين تحديد مستوًى مقبول للعصارة الناتج، من أجل اختيار أفضل المواقع، فالمستوى المقبول يختلف بحسب نوع استعمال الماء محليًّا، والتعليمات التنظيمية وقدرة النظام الهيدرولوجي الطبيعي على تشتيت العصارة وتخفيفه وتحطيمه وتحويله إلى صورة غير ضارة.

وأفضل مواقع المكبات المحبذة في المناطق ذات المناخ الرطب، هو ذلك الذي تدفن فيه النفايات فوق مستوى المياه الجوفية في التربة الطينية أو الغرينية منخفضة التوصيلية المائية، إذ سيبقى أي عصارة ناتج في منطقة موقع المكب، حيث يتحلل هناك بالفلترة الطبيعية، واستبدال بعض الأيونات بين الطين والعصارة، وهذا صحيح حتى لو كان مستوى المياه الجوفية عاليًا، مثلما هو الحال في المناطق الرطبة عادة، شريطة توافر مواد منخفضة التوصيلية الهيدروليكية بالطبع[39]، مثلًا: إذا دفنت النفايات فوق خزان مائي مشقق (الشكل 17-7)، فإنّ احتمالية حدوث تلوث خطير منخفضة؛ لأنّ العصارة تتحلل جزئيًّا بالفلترة الطبيعية، في أثناء حركتها إلى الأسفل في اتجاه مستوى المياه الجوفية، إضافة إلى ذلك، ينحصر تشتت الملوثات في مناطق التشقق[33]، أمّا إذا كان سطح المياه الجوفية أعلى، أو كانت المادة المغطية نحيفة (غير سميكة) وتوصيليتها المائية متوسطة إلى مرتفعة، فقد ينتج تلوث واسع للمياه الجوفية في خزان الصخر المشقق.

يمكن أن ينتج تلوث واسع في المياه الجوفية، إذا كانت طبقات موقع المكب خزانًا مائيًّا من الصخور الجيرية المائلة، المغطاة بالرمل والحصى عاليي التوصيلية المائية، انظر الشكل (17- 8)، إذ تتحرك العصارة بسرعة خلال التربتين الرملية والحصوية، وتدخل في الحجر الجيري، حيث يمكن للشقوق أو الفجوات نقل الملوثات، التي لا يحدث فيها تحلل كبير باستثناء التشتت والتخفيف، وبالطبع، سيكون التلوث الناتج قليلًا، إذا كان الصخر المائل كله من الغضار (منخفض التوصيلية المائية).




**الشكل (17–7): موقع للتخلص من النفايات الصلبة**، حيث تدفن فوق مستوى المياه الجوفية على خزان صخري مشقق. احتمال حدوث تلوث خطر منخفض– متوسط؛ لتحلل العصارة بالفلترة الطبيعية في أثناء حركتها إلى الأسفل في اتجاه مستوى المياه الجوفية.
*(after W. J. Schneider, 1970, U. S. Geological Survey Circular 601F).*




**الشكل (17–8): موقع للتخلص من النفايات الصلبة بالدفن**. يستطيع العصارة إلى الأسفل في اتجاه الصخر الأصلي المشقق (حجر جيري). احتمال حدوث تلوث خطر عالٍ؛ بسبب كثير من الشقوق المفتوحة والمتصلة في الصخر.
*(after W. J. Schneider, 1970, U. S. Geological Survey Circular 601F)*

عند اختيار مواقع/ أمكنة الطمر الصحي، يجب مراعاة الأمور العامة الآتية[39]:

- تشكل محاجر الصخر الجيري أو الصخور عالية التشقق ومعظم حفر الحصى والرمل أسوأ المواقع؛ وذلك لأنّ هذه المواد الأرضية تشكل خزانات مائية جيّدة.
- المناطق المستنقعية تشكل مواقع سيئة، إلّا إذا صُرّف الماء منها بصورة صحيحة، للحيلولة دون التخلص من النفايات في المياه الساكنة.
- يجب عدم التفكير في السهول الفيضية بوصفها أماكن مقبولة للتخلص من النفايات؛ وذلك لتكرر غرقها بالمياه السطحية.
- المناطق المحاذية للشاطئ حيث المهملات (المنقولة بالريح أو المياه السطحية)، أو العصارة في المياه السطحية أو الجوفية قد تلوث الشواطئ والمياه البحرية الشاطئية، وهي مواقع غير محبذة للمكبات.
- أي مادة ذات توصيلية هيدروليكية مرتفعة ومستوى مياه جوفية مرتفع، موقع غير مناسب للمكبات.
- أفضل مواقع المكبات في المناطق ذات التضاريس الشديدة، تلك القريبة من رؤوس القنوات (حيث أقلّ كمية من الماء السطحي).
- الحفر الطينية إذا بقيت جافة، فهي مواقع مقبولة للمكبات.
- المناطق الأفقية المستوية مناطق مكبات جيّدة، شريطة توافر مادة منخفضة التوصيلية الكهربائية، مثل الطين أو الغرين فوق أيّ خزان مائي.

ونؤكد هنا، أنّه على الرغم من فائدة هذه الإرشادات، إلّا أنّها لا تستدعي إجراء تحريات هيدرولوجية تشمل الحفر للحصول على عينات، واختبارات نفاذية لتحديد التوصيلية الهيدروليكية، وفحوص أخرى للتنبؤ بحركة العصارة من النفايات المدفونة.

## تصميم مكبّات الطمر الصحي
## Design of sanitary landfills

تصميم مكبّات الطمر الصحي للنفايات الصلبة في المدن معقد، ويوظف طريقة الحواجز المتعددة، التي تشمل بطانة من الطين المرصوص، وأنظمة لتجميع العصارة، وغطاءً من الطين المدموك. يبين الشكل (17–9) هذه الخواص، ويبين الشكل (17–10) أحد المكبّات في طور الإنشاء، واعتمادًا على الظروف المحلية للموقع، فقد تحتاج المكبات إلى بطانات صناعية إضافية مصنوعة من البلاستيك والمواد الأخرى، ونظام لتجميع الغاز الطبيعي المحتمل تراكمه، أخيرًا يجب أن تحتوي المكبّات الصحّية على نظام من آبار المراقبة والأجهزة الأخرى، لتقييم احتمالية حدوث تلوث في المياه الجوفية، ولأهمية موضوع المراقبة، سنتعرض الآن إلى هذه المسألة ببعض من التفصيل.

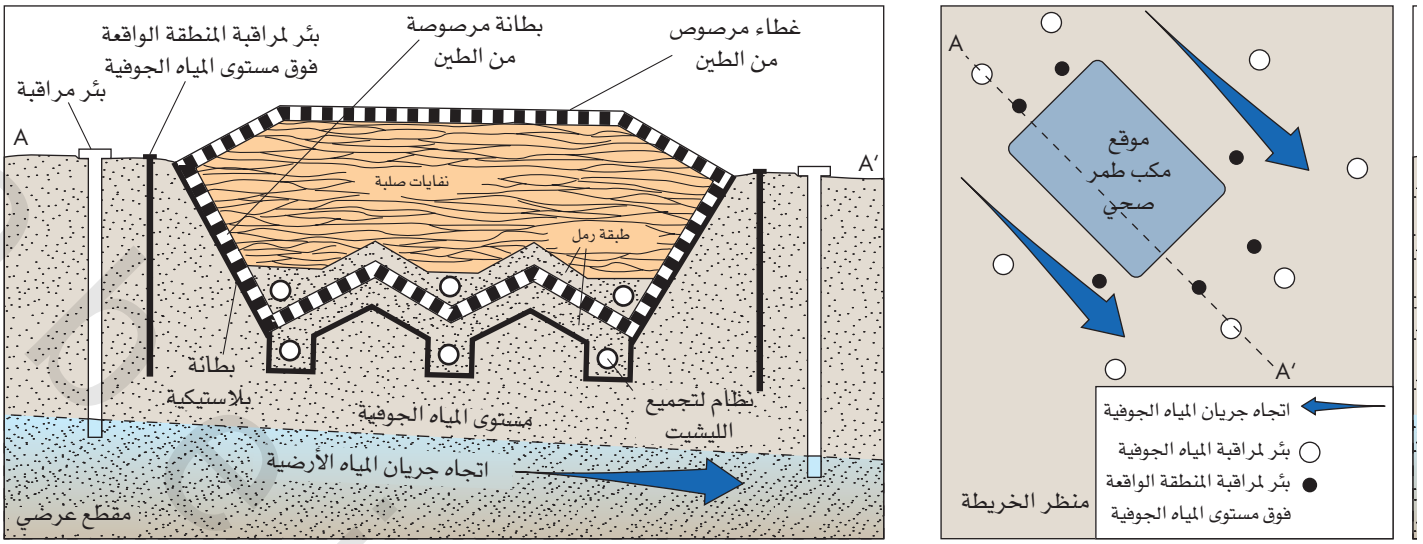
## مراقبة مكبّات الطمر الصحي
## Monitoring sanitary landfills

بعد اختيار موقع لعمل مكب طمر صحي، يتعيّن البدء بمراقبة حركة المياه الجوفية، قبل ملء المكب، ويجب الاستمرار في مراقبة حركة المياه الجوفية والعصارة والغازات بعد بدء العملية، طالما أنّ هناك أيّ احتمال لحدوث تلوث، وهذا مهم بالتحديد بعد أن يمتلئ الموقع، وتكون المادة المغطية الدائمة في مكانها الصحيح (وذلك لحدوث نوع من الهبوط دائمًا في المكب بعد امتلائه)، فاذا تكوّنت منخفضات صغيرة بسبب الهبوط، فقد يتجمع الماء السطحي، ويتسرب من خلال المواد التي تملأ المكب، وعليه، ستتكوّن العصارة؛ لذا، ستقلل المراقبة الحثيثة والصيانة الجيدة لمكب مهجور من احتمالية حدوث تلوث بسببه[36].

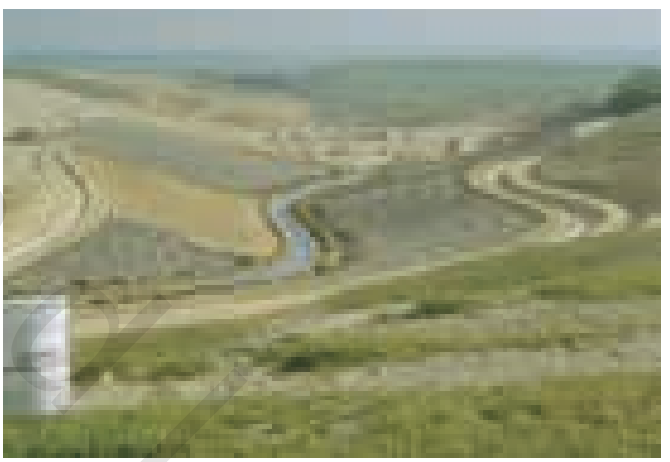
يمكن أن تدخل ملوثات النفايات الخطرة الناتجة في موقع للتخلص من النفايات إلى البيئة[40] بطرق سبعة (الشكل 17–11)، وهي:

1. الغازات في التربة والمواد المالئة للمكب، مثل الميثان والأمونيا (النشادر) وكبريتيد الهيدروجين والنيتروجين، قد تتطاير، وتدخل إلى الجو.
2. تظل الفلزات الثقيلة، مثل الرصاص والكروم والحديد في التربة.
3. تمر المواد القابلة للإذابة، مثل الكلوريد والنيترات والكبريتات من خلال التربة والمواد المالئة للمكب إلى نظام المياه الجوفية.
4. يمكن للمياه السطحية الجارية التقاط العصارة ونقلها خلال شبكة المياه السطحية.
5. قد تنتقي بعض المحاصيل ونباتات الغطاء النامية في منطقة التخلص من النفايات الفلزات الثقيلة والمواد السامة الأخرى، وتدخل في السلسلة الغذائية، فيهضمها الناس والحيوانات.

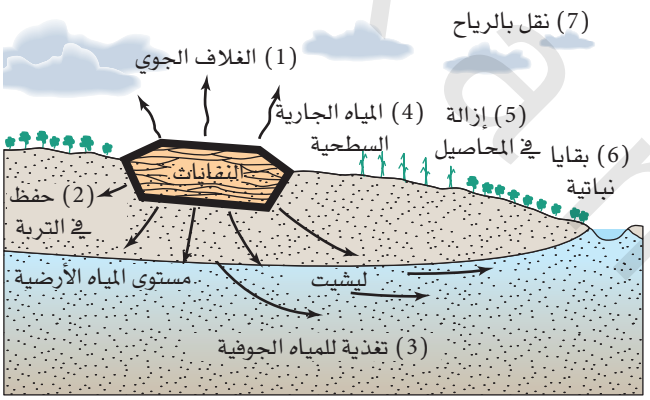
openkatib.com




**الشكل (17–9): تصميم مكبّات الطمر الصحي.** أشكال توضيحية تبين خريطة ومقطعًا عرضيًا في مكب طمر صحي ببطانة ثنائية من الطين والبلاستيك ونظام لتجميع العصارة.



**الشكل (17–10): مكب طمر صحي (Rock Creek)** في مقاطعة كالافيرا–كاليفورنيا، تحت الإنشاء. المنحدر البني الفاتح في مركز الصورة بطانة مرصوصة من الطين. القناة المتعرجة جزء من نظام تجميع العصارة، والبركة المربعة في الجزء العلوي من الصورة، هي بركة تبخير العصارة تحت الإنشاء. (الصورة مهداة من *John Kramer*)




**الشكل (17–11):** طرق عدّة تدخل بها ملوثات النفايات الخطرة من موقع للتخلص من النفايات الصلبة إلى البيئة.

6. بقايا النبات المتروك في الحقل يحتوي على مواد خطرة، ستعود إلى البيئة عن طريق المياه الجارية وعمليات تكوين التربة.
7. الورق والبلاستيك والمواد غير المحبذة الأخرى، قد تنتقل عن طريق الرياح بعيدًا عن الموقع.

يأخذ برنامج المراقبة الحثيثة المسارات السبعة التي يمكن أن تسلكها الملوثات للدخول إلى البيئة، فالتلوث الجوي المحتمل عن طريق الغاز من أماكن الطمر مشكلة متفاقمة، وعلى برنامج المراقبة الحثيثة أن يشتمل على تحليل دوري لعينات الهواء، لاستشعار أي غاز سام قبل أن يتحول إلى مشكلة كبيرة، ولأنه لا يتوافر جريان سطحي في كثير من المكبّات، فإنّ مراقبة المياه السطحية للموقع غير ضرورية، أمّا إذا توافر جريان سطحي، فالمراقبة الحثيثة له ضرورية، إضافة إلى مراقبة حثيثة للقنوات والأنهار والبحيرات، التي تتوافر في اتجاه حركة الماء إلى الأسفل في القنوات، ويجب أن تشتمل مراقبة التربة والنباتات على تحليل كيميائي دوري، في مواقع مختارة للأماكن التي أُخذت منها عيّنات.

وإذا توافرت نطاقات منفذة حاملة للماء في التربة والصخر الأصلي تحت مكب طمر صحي، فنحتاج إلى آبار مراقبة، للنمذجة المتكررة لنوعية المياه الجوفية، ومراقبة حركة أيّ عصارة قد تكون دخلت إلى المياه الجوفية، انظر الشكل (17–9)، وحتى لو كان المكب في تربة كتيمة نسبيًّا فوق صخر منفذ كثيف، فهناك حاجة إلى مراقبة خفيفة لنوعية المياه الجوفية[40]، وفي هذه الحالة قد تكون حركة العصارة والمياه الجوفية أقلّ من (30 cm/yr)، ويتعين أن تراقب المياه في المنطقة غير المشبعة (الفيدوز) فوق مستوى المياه الجوفية، لتعرّف مشكلات التلوث قبل أن تلوّث مصادر المياه الجوفية، حيث تكون المعالجة باهظة التكاليف.

يراقب انتقال النفايات بالرياح بعيدًا عن المكب، وتجمع إذا دعت الضرورة للتخلص منها.

### مكبّات الطمر الصحي والتشريعات الفدرالية
### Sanitary landfills and federal legislation

ينظم القانون الفدرالي مكبات النفايات الجديدة بصورة صارمة، بهدف تقوية التصميم والعمليات والمراقبة لمكبات الطمر الصحي، ووضع مواصفات موحدة لها، وقد تتعرض المكبات التي لا تستطيع تطبيق هذه التعليمات إلى الإغلاق، حيث تشتمل هذه التعليمات على الآتي:

- يمنع وضع المكبات في بعض المناطق، مثل السهول الفيضية والأرض غير المستقرة ونطاقات الصدوع الزلزالية، كذلك، يجب أن تكون بعيدة عن المطارات؛ لأنّ الطيور التي تنجذب إلى مواقع المكبّات تشكل خطرًا على حركة الطيران.
- يجب أن يتوافر في المكب بطانات ونظام لتجميع العصارة.
- يجب على القائمين على المكبات إجراء فحوصات متكررة؛ للتأكد من عدم توافر بعض المركبات الكيميائية السامة في المياه الجوفية القريبة من المكبات.
- على القائمين على المكبّات أن يحققوا معايير الضمانات المالية المطلوبة، من خلال السندات أو التأمين؛ لضمان استمرار مراقبة المكب (30) سنة بعد إغلاقه.

## إدارة النفايات الخطرة
## Hazardous waste management

ازدهر إنتاج مركبات كيميائية جديدة في السنوات الأخيرة، ففي الولايات المتحدة وحدها تُسوّق (1000) مادة كيميائية جديدة سنويًّا، وهناك (50,000) مادة كيميائية في السوق الآن، وعلى الرغم من أنّ كثيرًا من هذه الكيميائيات مفيد للناس، إلّا أنّ عشرات الآلاف منها تصنف على أنّها خطر محتمل على حياتهم (الشكل 17-4).

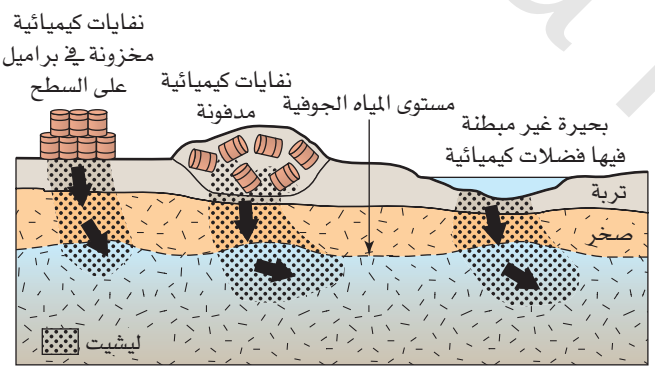
تنتج الولايات المتحدة حاليًّا أكثر من (150) مليون طن متري من النفايات الخطرة **(hazardous waste)** سنويًّا، وفي الماضي القريب، كان نصف الحجم الكلي للنفايات يُلقى دون تمييز، حيث يُعدّ هذا الوضع الآن غير قانوني، ولا نعرف متى سينتهي، ومن المؤكد أنّ هناك بعض حالات إلقاء النفايات الخطرة خصوصًا في أنظمة المياه العادمة للمدن، وقد أدى الإلقاء العشوائي للنفايات الكيميائية في الماضي إلى تلويث التربة ومصادر المياه الجوفية بطرق عدّة (الشكل 17-12)، منها:

- تتآكل البراميل التي تخزن فيها النفايات الكيميائية على السطح أو المدفونة في المكب في النهاية، ويحدث فيها تسرب يؤدي إلى تلويث السطح والتربة والمياه الجوفية.
- رشحت النفايات الكيميائية السائلة التي تُلقى في لاغونات غير مبطنة (برك ضحلة لتجميع النفايات)، من خلال التربة والصخر، ووصلت في النهاية إلى مستوى المياه الجوفية.
- أُلقيت النفايات الكيميائية السائلة بصورة غير قانونية في الحقول المهجورة أو على طول الطرق غير النظيفة.
- تُرسل النفايات الإلكترونية، مثل الحاسوب والتلفاز وما شابههما، إلى دول أجنبية مثل الصين، حيث يتعرض العمال بسببها لمركبات سامة.

**الجدول (17-4): أمثلة على المواد المستعملة والنفايات الخطرة المحتملة التي تولدها.**

| المواد | النفايات الخطرة المحتملة |
|---|---|
| البلاستيك | مركبات الكلور العضوية |
| مبيدات الحشرات | مركبات الكلور العضوية، مركبات الفوسفات العضوية |
| الأدوية | المذيبات والمتبقيات العضوية، الفلزات الثقيلة (على سبيل المثال الزئبق والزنك) |
| الدهانات | الفلزات الثقيلة، الملونات، المذيبات، والمتبقيات العضوية |
| النفط والبنزين والمنتجات البترولية الأخرى | النفط، الفينولات والمركبات العضوية الأخرى، الفلزات الثقيلة، أملاح النشادر، الأحماض، المواد الكاوية |
| الفلزات | الفلزات الثقيلة، الفلوريدات، مركبات السيانيد، المنظفات الحامضية والقلوية، المذيبات، الملونات، المواد الكاشط، أملاح الطلاء الكهربائي، الزيوت، الفينولات |
| الجلود | الفلزات الثقيلة، المذيبات العضوية |
| المنسوجات | الفلزات الثقيلة، الملونات، مركبات الكلور العضوية، المذيبات |

المصدر (*U. S. Environmental Protection Agency, 1980*)




**الشكل (17-12):** الطرق المحتملة لتلويث التربة والمياه الجوفية من الإلقاء غير المنظم للنفايات الكيميائية

تسببت مكبّات المواد الخطرة المهجورة والمواقع الأخرى للتخلص من النفايات الكيميائية في مشكلات كبيرة يصعب حلها، (انظر نظرة متفحصة: قناة لف).

### الإدارة المسؤولة للنفايات الخطرة
### Responsible Management of hazardous waste

تحركت الولايات المتحدة عام 1976م للبدء بإدارة النفايات الخطرة، وذلك من خلال مشروع قانون المحافظة على الموارد واستعادتها، الذي هدف إلى توفير تحكم "من المهد إلى اللحد" في المواد الخطرة، إذ يُعدّ تحديد النفايات الخطرة ودوراتها الحياتية من أهم ما يتعرّض إليه مشروع القانون، حيث تستدعي التنظيمات الاحتفاظ بسجلات دقيقة وعمل تقارير؛ للتأكد من أنّ النفايات لا تمثل إزعاجًا للعامة أو تُسبّب مشكلة صحية لهم، وقد قسّم مشروع القانون النفايات الخطرة إلى المجموعات المتعددة الآتية:

obeikandl.com

# نظرة متفحّصة A CLOSER LOOK

## قناة لڤ Canal Love

أخذت الأشجار تموت عام 1976م في منطقة سكنية قريبة من شلالات نياجارا في ولاية نيويورك. ووجد الأطفال أنّ المطاط في الأحذية التي يرتدونها عندما يلعبون التنس، وفي إطارات دراجاتهم، بدأ يتحلل. أمّا الكلاب التي كانت في مواقع المكبات، فقد ظهرت عليها قروح لا تلتئم. كذلك بدأت برك صغيرة من المواد السامة المؤذية تظهور على سطح التربة، ومن بينها بركة سباحة انفصل أساسها، ووجدت عائمة على حمام من المواد الكيميائية.

وقد كشفت دراسة أنّ هذه المنطقة السكنية قد بُنيت فوق مكب مواد كيميائية، حيث قام وليم ت. لڤ عام 1892م بحفر المنطقة بوصفها جزءًا من قناة بين الأجزاء العليا والسفلى لنهر نياجارا، بهدف إنتاج طاقة كهرومائية رخيصة لمركز صناعي حضري جديد. وعندما فشلت هذه العملية؛ بسبب اكتشاف التيار المتناوب، ما أمكن وضع الصناعة في مكان بعيد عن مصدر الطاقة، توقف استخدام القناة عقودًا (إلّا في الاستجمام والسباحة والتزحلق على الجليد)، وبدت مكانًا مناسبًا لإلقاء النفايات، من عام 1940م إلى عام 1950م، حيث ألقت شركة كيميائية أكثر من (80) مادة كيميائية مختلفة هناك، وألقي فيه أيضًا أكثر من (20000) طن من النفايات الكيميائية، إضافة إلى النفايات الحضرية لمدينة شلالات نياجارا. وعام 1953م منحت الشركة التي كانت تُلقي الكيميائيات هذه الأرض لمدينة شلالات نياجارا مقابل دولار واحد. وفي النهاية بنيت مئات المنازل بمحاذاة مدرسة ابتدائية في الموقع، انظر الشكل (17 د)، حيث تسبّبت الأمطار الغزيرة والثلوج التي سقطت في شتاء عامي 1976م، 1977م في سلسلة الأحداث التي جعلت قناة لڤ اسمًا مألوفًا.

حددت دراسة للموقع عددًا من المواد المتوافرة هناك بما فيها البنزين والديوكسين وثاني كلور الإيثيلين والكلوروفورم- التي يشك في أنّها مسرطنة. وعلى الرغم من تصريحات الجهات الرسمية حول هذه الكيميائيات والمواد الأخرى في الموقع، وأنّ تأثيرها قليل جدًّا، إلّا أنّ قلق القاطنين في المنطقة كان كبيرًا، إذ ارتفع خلال السنوات القليلة اللاحقة عدد حالات إسقاط الحوامل، وأمراض الدم والكبد، والتشوّهات الولادية، وتحطم الكروموسوم. وعلى الرغم من ذلك، أشارت دراسة أجرتها سلطات نيويورك الصحية، إلى أنّه لم تُثبت أي تأثيرات صحية في المنطقة بسبب الكيميائيات بصورة قاطعة[43، 45].

ويُعدُّ تنظيف قناة لڤ مثالًا مهمًّا على آخر ما وصلت إليه تكنولوجيا معالجة النفايات الخطرة، وكان الهدف منها احتواء هجرة النفايات خلال نظام جريان المياه الجوفية وإيقافها، ومعاملة التربة والرسوبيات الملوثة بالديوكسين وإزالتها من أرضية القناة ومجاري مياه العواصف، فقد كانت الطريقة التي استخدمت لتقليل إنتاج أيّ كمّية إضافية من الماء الملوث،

**الشكل (17د):** صورة أشعة تحت حمراء **لمنطقة قناة لڤ (Love Canal)**. النبات الصحي لونه أحمر. يجري هذا الجزء من قناة لڤ من أعلى الزاوية اليسرى إلى أسفل الزاوية اليمنى، وهي تبدو مثل ندب على اللاندسكيب. رشحت النفايات الكيميائية إلى السطح لتسبب مشكلات بيئية عدّة، وتثير القلق، وقد أصبح هذا الموقع اسمًا مألوفًا للنفايات السامة.

*(New York State Department of Environmental Conservation)*

obeikan.com

هي تغطية موقع المكب والمنطقة الملوثة المحاذية بطبقة سمكها متر واحد من الطين المرصوص وغطاء بلاستيكي من البولي إيثيلين، وذلك لتقليل تسرب المياه السطحية خلال المكب، ومنع الماء الذي يتحرك جانبيًّا من دخول الموقع أو الخروج منه، باستخدام أنبوب تصريف من البلاط المثقب المصمم خصيصًا لهذا الغرض. وكان يُعتقد أنّ هذه الإجراءات ستقلل بصورة كبيرة من الماء المتسرب إلى الأسفل في الموقع، وستعمل على تجميع الماء المتسرب وتعالجه[43، 45].

هجرت البيوت المحاذية لقناة لف، واشترتها الحكومة، ودمّرت (200) منها، وقد أُنفق خلال الثمانينيات (1980م) من القرن الماضي (175) مليون دولار تقريبًا لتنظيف القناة وترحيل السكان، حيث تُعدّ وكالة حماية البيئة أجزاءً من المنطقة نظيفة الآن. وعلى الرغم من شهرة المنطقة والدعاية السيئة لها، فقد بيع ما تبقى من البيوت (قرابة 200 بيت)؛ لأنّ أسعارها كانت أرخص بـ (20%) من أسعار السوق في المناطق الأخرى لشلالات نياجارا، حيث تسمى المنطقة الآن قرية الوادي الأسود. وبداية عام 1995م انتقلت صيانة المنطقة وعملياتها من ولاية نيويورك إلى شركة استشارية، حيث ستستمر في المراقبة وأخذ العينات على المدى الطويل. وعام 1995م[42، 46] أيضًا، وافقت شركة أكسيدنتال للكيميائيات على دفع (129) مليون دولار لتغطية جزء من تكاليف الحادثة.

ما الخطأ الذي ارتكب في حادثة قناة لف؟ كيف لنا أن نتجنب مثل هذه الكارثة في المستقبل؟ تكمن المأساة الحقيقية لقناة لف في أنّها ليست الحادثة الوحيدة، فهناك كثير من مثل هذه المشكلة في طول البلاد وعرضها، وهي قنابل موقوتة تنتظر الانفجار[43، 44].

---

لا يعتبر مؤذياً ولا يشكل خطراً على الصحة العامة

يحدد القانون المخلفات الخطرة من خلال فئات متعددة:

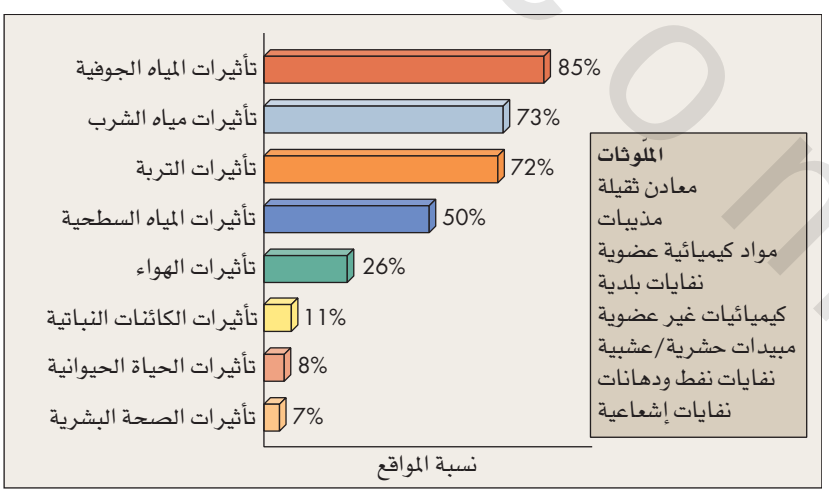
- النفايات عالية السمية بالنسبة إلى الناس والأشياء الحية الأخرى.
- النفايات التي قد تنفجر أو تشتعل عند تعرضها للهواء.
- النفايات ذات الفعل التآكلي المفرط.
- النفايات غير المستقرة.

أدت معرفة أنّ عددًا كبيرًا من أماكن التخلص من النفايات يمثل أخطارًا، إلى أن يتقدم الكونجرس عام 1980م بمشروع قانون حول "الاستجابة والتعويض والمسؤولية البيئية الشاملة"، نجم عنه تأسيس صندوق يسمّى السوبر فند *(superfund)*، لتنظيف مئات المواقع المهجورة الأكثر خطرًا في طول البلاد وعرضها. وقد أعدّت وكالة حماية البيئة قائمة بمواقع السوبر فند (قائمة الأولويات الوطنية)، ويلخص الشكل (17–13) إحصائيات الأثر البيئي، ويدرج بعض الملوثات التي عُثر عليها في مواقع السوبر فند.

على الرغم من تعرض السوبر فند لمشكلات إدارية معقّدة وتأخر التنفيذ، فقد عُولجت بعض المواقع. ولسوء الطالع، أنّ الأموال المخصصة غير كافية لدفع تكاليف إزالة التلوث في المواقع المستهدفة كلها، وسيؤدي هذا إلى زيادة التكلفة أضعافًا لتصل ربما إلى (100) بليون دولار. إضف إلى ذلك، أنّه بسبب القلق من أنّ التقنيات الحالية غير متقدمة بصورة كافية، لمعالجة مواقع التخلص من النفايات المهجورة كلها، فقد تكون الإستراتيجية ببساطة حصر النفايات في هذه المناطق إلى أن تُطوّر طرق تخلص أفضل؛ لذلك تبدو احتمالية استمرار خطر مواقع التخلص المهجورة بعض الوقت في المستقبل واضحة.

غيرت القوانين الفدرالية أيضًا من طريقة قيام قطاع صناعة العقارات بعمله، إذ يحمل مشروع القانون المسؤولية الثقيلة، التي قد تكون باهظة التكاليف لأصحاب الممتلكات في تنظيف ممتلكاتهم من النفايات الخطرة المتوافرة فيها (حتى لو لم يكونوا هم من تسبب في المشكلة). فقد تكون البنوك ومؤسسات الإقراض الأخرى مسؤولة عن إطلاق / انبعاث المواد الخطرة من مستأجري ممتلكاتها، فعام 1986م وفر إصلاح قانون السوبر فند وإعادة تفويضه حماية ممكنة لمن يشترون العقارات، وأعفاهم من المسؤولية إذا قاموا بإجراء تدقيق بيئي *(environmental audit)* قبل الشراء.

والتدقيق عبارة عن دراسة لاستعمالات أرض الموقع قديمًا (تحدد بتحليل الخرائط والصور الجوية السابقة، وقد تحتوي على حفر وأخذ عينات من




**الشكل (17–13): التأثيرات البيئية لمواقع السوبر فند، قائمة الأولويات الوطنية وبعض الملوثات التي توافرت في هذه المواقع.**

*(National Priorities List and U. S. Water News, November 1993)*

openkpsc.com

التربة والمياه الجوفية)، لتحديد توافر الملوثات، حيث يتم هذا التدقيق الآن بصورة روتينية قبل شراء الممتلكات لتطويرها.

يتطلب تقنين السارا (SARA)، أن تخبر بعض الصناعات المحددة عن انبعاثات المواد الخطرة كلها إلى البيئة، إذ أعلنت قائمة الشركات التي تطلق مثل هذه المواد، وسمّيت "قائمة ألـ (500) السامة"، وقد اعتقد أنّ الحملات الإعلامية غير المطلوبة بالنسبة إلى الشركات في هذه القائمة، ستؤدي إلى أن تعامل الشركات المصنفة ملوثة للبيئة النفايات الخطرة بصورة أفضل وأكثر أمانًا، إذ لا يريد أيّ مالك أن تكون شركته رقم (1) أو رقم (25) أو حتى رقم (100) في الشركات الأمريكية الأكثر تلويثًا للبيئة[47].

تشمل إدارة النفايات الكيميائية الخطرة خيارات عدّة، هي: إعادة التدوير (المعالجة في الموقع لاستعادة المنتوجات الجانبية التي لها قيمة تجارية)، والتحلل على درجة حرارة عالية، والحرق، والتخلص بالطمر الصحي أو الحقن العميق بالآبار، إذ تحقق تقدم في تقنيات إدارة النفايات السامة، ومع غلاء تكلفة التخلص من النفايات أكثر فأكثر، فيحتمل أن تستمر النزعة الحالية في معالجة النفايات في موقعها، إلّا أنّ المعالجة الموقعية لن تخلصنا من النفايات الكيميائية الخطرة كلها، وعليه، فإنّ اللجوء إلى طرق التخلص من النفايات سيظل ضروريًّا، يبين الجدول (5–17) تقنيات إنقاص النفايات الخطرة من خلال المعالجة والتخلص، لاحظ أن التقنيات المتوافرة كلها ستتسبّب في بعض التوقف/الانفصال/الانعزال البيئي، ولا يتوافر حل بسيط لمشكلات إدارة النفايات كلها. سوف نناقش تطبيق الطمر الصحي الأرضي الآمن والتخلص بالآبار، لارتباطهما بالجيولوجيا والهيدرولوجيا، وتشمل الاختيارات الأخرى إعادة استعمال المواد الخطرة أو معالجتها لتقليل خطورتها.

**الجدول (17– 5): مقارنة تقنيات تقليل النفايات الخطرة**

| | التخلص | | | المعالجة | |
|---|---|---|---|---|---|
| | مكبّات الطمر وحصرها | آبار الحقن | الحرق والطرق الحرارية الأخرى | التحليل على درجة حرارة مرتفعة | زيادة الاستقرار بالطرق الكيميائية |
| الفعالية: كيف ستحتوي الخصائص الضارة أو تقضي عليها؟ | منخفضة بالنسبة إلى المواد المتطايرة، غيرمؤكدة للسوائل، تعتمد على فحوص مخبرية وحقلية | عالية، تعتمد على النظرية، لكن المعلومات الحقلية المتوافرة محدودة | عالية، تعتمد على المعلومات الحقلية، ولكن معلومات محدودة عن بعض المكونات | عالية جدًّا، اختبارات على المستوى التجاري | عالية لكثير من الفلزات |
| قضايا الاعتمادية أو الموثوقية | تحديد الموقع والإنشاء والعمليات غير المؤكدة، بقاء الخلايا والبطانات متكاملة على المدى الطويل | تاريخ الموقع وجيولوجيته؛ عمق البئر؛ الإنشاء، التشغيل | مقارنة ما يشك فيه بالنسبة إلى الدرجة العالية من ألـ (DRE)، (PICs)، قابلية الحرق | خبرة محدودة، وحدات متنقلة، المعالجة بالموقع تحول دون أخطار النقل، عمليات بسيطة | تبقى بعض اللاعضويات ذائبة، اختبار غير مؤكد للعصارة، بديلة للتجوية |
| الوسط البيئي الأكثر تأثرًا | المياه السطحية والجوفية | المياه السطحية والجوفية | الهواء | الهواء | المياه الجوفية |
| النفايات الأقلّ تأثرًا | التي تتفاعل مع البطانة، عالية السمية، المتحركة والدائمة، والمتراكمة حيويًّا | النشطة، الأكولة، عالية السمية، المتحركة والدائمة | المواد العضوية عالية السمية، التراكيز العالية من الفلزات الثقيلة | بعض اللاعضويات | العضويات |
| التكلفة النسبية: منخفضة، متوسطة، عالية | منخفضة | منخفضة | متوسطة–عالية | متوسطة–عالية | متوسطة |
| احتمالية استعادة المورد | معدومة | معدومة | الطاقة وبعض الأحماض | الطاقة وبعض الفلزات | المواد الإنشائية الممكنة |

أ. الملح المنصهر، بئر تستخدم فيه موائع عالية الحرارة، ومعاملات قوس البلازما.
ب. بالنسبة إلى التقنيات الأخرى، هذه الطريقة أقلّ فعالية في تخفيض انكشاف الفضلات.
ج. (DRE) = فعالية التكسير والإزالة، (PIC) = ناتج عن احتراق غير كامل.
المصدر مجلس جودة البيئة، 1983م.

Obeikandl.com

## الطمر الآمن للنفايات الخطرة
## Secure landfill for hazardous waste

الفكرة الأساسية للطمر الآمن **(secure landfill)** حصر النفايات في موقع معين، والتحكم في العصارة التي تنصرف من النفايات، واستكشاف أي تسربات محتملة، ويوضح الشكل (17–14) هذه الطرق، حيث تُحصر النفايات باستخدام قاطع وبطانات (من الطين ومادة غير منفذة مثل البلاستيك)، ونظام مصارف داخلية، تركز العصارة في حوض تجميع يضخ من هناك، وينقل إلى محطة معالجة المياه العادمة، ويجب أن تضم تصميم التسهيلات الجيدة حواجز متعددة، تتكوّن من بضع طبقات كتيمة وفلاتر إضافة إلى أغطية كتيمة، إذ إنّ وظيفة البطانات الكتيمة، هي ضمان عدم تلويث العصارة للتربة، وبالأخص مصادر المياه الجوفية، ويجب أن يحتوي هذا النوع من طرق التخلص من النفايات على آبار مراقبة عدّة، لإنذار العاملين بهجرة العصارة خارج النظام، واحتمالية تلويثه للمصادر المائية القريبة.

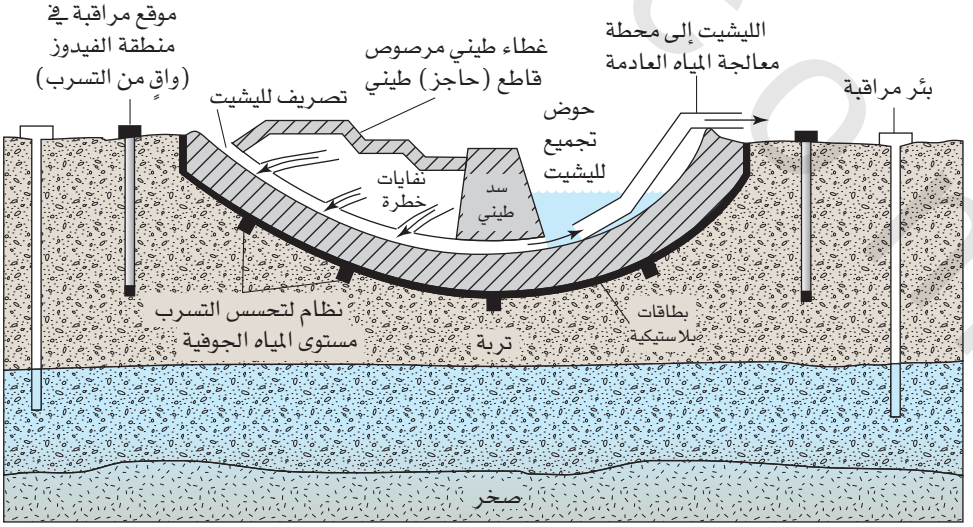
في الحقيقة، لا يتوافر مكب آمن (وهذا يشير إلى أنّ المكبات كلها فيها تسرب بدرجات متفاوتة)، وهذه عبارة مثيرة للجدل، إذ ربما يكون هذا صحيحًا، فالبطانات البلاستيكية الكتيمة وطبقات الطين يمكن أن تفشل حتى مع توافر مراحل متعددة من التقوية، كذلك يمكن أن تنغلق المصارف، وينتج عن ذلك جريان خارجي (overflow)، إلّا أنّ المشكلات قليلة جدًّا في المكبات التي اختيرت مواقعها، وبنيت بدقة، فالمواقع المفضلة، هي تلك التي فيها حواجز طبيعية مثل الرسوبيات الطينية السلتية السميكة، والمناخ الجاف، أو مستوى مياه جوفية عميق يقلل من هجرة العصارة، وعلى الرغم من ذلك، فيتعيّن استخدام التخلص من النفايات في الأرض فقط، بالنسبة إلى كيميائيات بعينها ملائمة للطريقة التي يتم توظيفها.

**التطبيق الأرضي (Land Application)** وضع مواد النفايات في أفق التربة السطحي، هو ما يعرف أيضًا **بالتطبيق الأرضي** أو **النشر الأرضي** أو **الزراعة الأرضية** *(land application, land spreading, or land farming)*، وقد يكون التطبيق الأرضي طريقة معالجة محبّذة لبعض النفايات الصناعية القابلة للتحلل الحيوي، بما فيها النفايات النفطية الزيتية وبعض النفايات العضوية في المصانع الكيميائية، إذ إنّ البقاء الحيوي **(biopersistence)** للنفايات (مقياس لطول الفترة التي تظل فيها المادة في الغلاف الحيوي) مؤشر جيّد على فائدة التطبيق الأرضي، للتخلص من نفايات من نوع معين، وكلما كان البقاء أكثر عظمة أو أكثر طولًا، كانت النفايات أقلّ مناسبة باستعمال التطبيق الأرضي، إلّا أنّ التطبيق الأرضي معالجة أو طريقة تخلص غير فعّالة للمواد غير العضوية، مثل الأملاح والفلزات الثقيلة[48].

طريقة التطبيق الأرضي للنفايات القابلة للتحلل تعمل؛ لأنه عند إضافة مثل هذه المواد إلى التربة، تهاجمها الكائنات الدقيقة (البكتيريا، والمولدز، والخميرة والكائنات الأخرى)، التي تقوم بتحليل مادة النفايات، وعليه، يمكن التفكير في التربة بوصفها مزرعة ميكروبية، تقوم باستمرار بإعادة تدوير المادة، وذلك بتحطيمها إلى صور أساسية مفيدة للكائنات الأخرى في التربة، وتنحصر فائدة التطبيق الأرضي في أعلى (15 – 20 cm) من بروفيل التربة[48]؛ لأنّ نطاق التربة العليا يحتوي على أكبر تجمعات الميكروبات، ومن المهم مراقبة منطقة الفادوز والمياه الجوفية قرب الموقع مراقبة دقيقة، مثلما هو الحال في تقنيات التخلص الأرضي الأخرى؛ لضمان عدم تلوث مصادر الماء، وعمل نظام التخلص مثلما هو مخطط له.

**التخلص بالآبار العميقة (Deep-well disposal)**: حقن النفايات الخطرة في آبار عميقة، هي طريقة أخرى للتخلص منها، إذ يشير مصطلح عميق (deep) هنا إلى الصخر، وليس التربة، الذي يقع إلى الأسفل ومعزول بصورة كاملة عن خزانات المياه الجوفية، ما يضمن أنّ حقن النفايات لن يلوث موارد المياه الحالية أو المحتملة، وهذا يعني بوجه عام، أنّ النفايات تحقن في طبقة صخر منفذ من مئات إلى آلاف الأمتار تحت السطح، في الأحواض الجيولوجية المحصورة من أعلى بصخر كتيم نسبيًّا، ومقاوم لتكوّن الشقوق مثل رسوبيات الغضار أو الملح[49].

يجب ألا يُعدّ التخلص من النفايات بالآبار العميقة **(Deep-well disposal)** حلًّا سهلًا لمشكلات النفايات الصناعية، فتوافر المحددات الطبيعية بما فيها العدد المحدود من المواقع الملائمة والفراغ المحدود في هذه المواقع للتخلص من النفايات، يحدّ من استعمال هذه الطريقة، حتى عندما تكون الظروف الجيولوجية مناسبة لاستعمالها، إضافة إلى أنّ نطاقات الحقن الممكنة في الصخر المسامي، عادة ما تكون ممتلئة بالموائع الطبيعية التي معظمها ماء مالح أو مسوس، لذلك، يجب لضخ النفايات إزاحة بعض المائع الطبيعي بالضغط (حتى الضغط الخفيف للموائع الطبيعية في حجم كبير من صخر في صخر منفذ، يمكن أن يوفر مكانًا كبيرًا للخزن) والتمدد الخفيف للصخر الحازن في أثناء حقن النفايات[51].




**الشكل (17–14): الطمر الآمن (Secure landfill)** للنفايات الكيميائية الخطرة. البطانات الكتيمة وأنظمة التصريف جزءان مهمان من النظام، لضمان عدم هروب العصارة من موقع التخلص من النفايات، المراقبة الحثيثة في منطقة الفيدوز مهمة أيضًا، وتشمل تجميعًا دوريًّا لعينات ماء التربة عن طريق جهاز ماصّ.

### مشكلات التخلص بالآبار العميقة
### Problems with Deep-Well Disposal

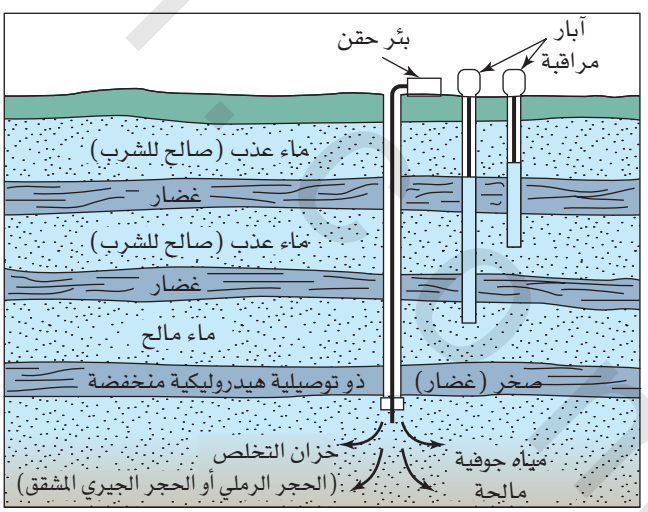
يرتبط عدد من المشكلات بالتخلص من النفايات السائلة في الآبار العميقة[50، 51]، وربما أنّ الزلازل أكثر المشكلات المعروفة، التي نتجت عن حقن النفايات من أرسينال جبال روكي بالقرب من دنفر كولورادو، وقد حدثت هذه الزلازل بين عامي 1962م و1965م، حيث كانت منطقة الحقن جنايس مشققًا على عمق (3.6 km)، وأنتج ضغط المائع المتزايد حركة على طول الشقوق، إذ إنّ هذه الحالة ليست فريدة، فقد تم توثيق حركات زلزالية مشابهة في حقول نفط غرب كولورادو وتكساس ويوتا[51].

### الجدوى واعتبارات موقعية أخرى
### Feasibility and General Site Considerations

تعتمد جدوى استخدام الآبار العميقة بوصفها أفضل حل لمشكلة التخلص من النفايات، على أربعة عوامل، هي:

(1) ملاءمة الموقع المختار جيولوجيًّا وهندسيًّا. (2) حجم النفايات وخواصها الفيزيائية والكيميائية. (3) الاقتصاديات. (4) اعتبارات قانونية. حيث إنّ الاعتبارات الجيولوجية في آبار التخلص من النفايات على وجهين[51]:

- يجب أن تحتوي منطقة الحقن على مسامية كافية وسمك وتوصيلية هيدروليكية وحجم مناسب، لضمان حقن آمن؛ لذلك، فالحجران الرملي والجيري، هما الخزانان الصخريان الأكثر استعمالًا.
- يجب أن تكون منطقة الحقن تحت مستوى دوران المياه العذبة، ومحصورة بصخر كتيم نسبيًّا ومنخفض التوصيلية الهيدروليكية، مثل الغضار أو الملح، انظر الشكل (17–15).




**الشكل (17–15):** نظام حقن باستخدام آبار عميقة **(Deep-well injection system)**. خزان التخلص في الحجر الرملي أو الحجر الجيري المشقق مغطّى بصخر كتيم، ومعزول عن المياه العذبة كلها. آبار المراقبة إجراءات أمان؛ لضمان عدم هجرة غير مرغوب فيها لسوائل النفايات، إلى خزانات الماء العذب فوق منطقة الحقن.

## 5-17 التحليل البيئي
## ENVIRONMENTAL ANALYSIS

### اختيار الموقع Site Selection

**اختيار الموقع Site Selection**: طريقة تقييم بيئية تدعم أنشطة الإنسان، وهي مهمة يتشاركها علماء الأرض والمهندسون ومعماريو اللاندسكيب والجغرافيون وعلماء التبيؤ والمخططون وعلماء الاجتماع والاقتصاديون، وعليه، فهي طريقة متعددة الأطراف لتقييم اللاندسكيب.

هدف تقييم الموقع لاستعمال أرضي معين، هو الضمان بأنّ تطوير الموقع سيتوافق مع إمكانيات البيئة الطبيعية ومحدداتها، وعلى الرغم من وضوح فائدة معرفة إمكانيات موقع ومحدداته قبل البدء بتطويره، بغض النظر أحيانًا عن تقييم الموقع، فما زال الناس يشترون الأرض لأنشطة مختلفة، دون التفكير فيما إذا كان استعمالهم لها متوافقًا مع الموقع الذي اختاروه.

يؤدي عالم الأرض دورًا مهمًّا في عملية التقييم، بتوفير المعلومات الجيولوجية الأساسية التي تشمل أنواع التربة والصخور، والتراكيب الصخرية خصوصًا الشقوق، وخواص التصريف، وخصائص المياه الجوفية، ومعلومات عن أشكال الأرض، وتقديرات العمليات والأحداث الأرضية الخطرة، مثل الفيضانات والانزلاقات والزلازل والنشاط البركاني، أمّا المهندس الجيولوجي فيقوم بأخذ العينات وإجراء الاختبارات واستنباط الخصائص الهندسية لمواد الأرض.

## تحليل الأثر البيئي
## Environmental Impact Analysis

يشار إلى التأثيرات المحتملة لاستعمال الإنسان الأرض عادة بالأثر البيئي *(Environmental Impact)*، وقد أصبح هذا المصطلح شائعًا منذ عام 1969م، عندما ألزم قانون سياسة البيئة الوطنية (NEPA) بوجوب أن يسبق الأنشطة الفدرالية الرئيسة كلها، التي يمكن أن تؤثّر في نوعية بيئة الإنسان، تقييم للمشروع وتأثيراته في البيئة.

### تقارير الأثر البيئي Environmental Impact Statements

أعدّ مجلس جودة البيئة إرشادات للمساعدة على تحضير تقارير الأثر البيئي **(Environmental Impact Statements) (EIS)**. بهدف تنفيذ توصيات النيبا نصًّا وروحًا، حيث اشتملت المكونات الرئيسة للتقرير، بحسب الإرشادات المعدلة الصادرة عام 1979م على الآتي[52]:

- ملخص لتقرير الأثر البيئي.
- تصريح بالأنشطة المنوي القيام بها، والهدف منها، والحاجة إليها في المشروع.
- مقارنة مفصلة للبدائل المعقولة.
- وصف مختصر للبيئة المتأثرة بالمشروع المقترح.
- مناقشة للمشروع المقترح وعواقبه البيئية وبدائله، تشمل التأثيرات المباشرة وغير المباشرة، ومتطلبات الطاقة واحتمال المحافظة عليها، والاستنزاف المحتمل للموارد، والتأثير في نوعية المنطقة الحضرية والموارد الثقافية والتاريخية، والنزاعات المحتملة مع

Open Knowledge

الولاية أو الخطط المحلية لاستعمال الأراضي، وإجراءات الضبط (الضوابط)، والعلاج.

### السكوبنج (التحديد) Scoping

كانت عملية تحضير تقرير الأثر البيئي تحت إشراف ألـ (NEPA) خلال أول (10) سنوات، تنزع في بعض الأحيان إلى جعل القضايا الرئيسة مبهمة؛ لأنّها تؤدي إلى عمل مكتبي (ورقي) هائل بطلبها تقارير مفصلة، واستجابة لذلك أدخلت التعليمات المعدلة فكرة ألـ (scoping)، وهي الطريقة التي تُحدد من خلالها القضايا البيئية الرئيسة، التي تتطلب تقييمًا مفصلًا في مرحلة مبكرة من تخطيط المشروع المقترح، حيث يطلب من الوكالات الفدرالية والولايات والوكالات المحلية إضافة إلى المواطنين أفرادًا ومجموعات، المشاركة في تحديد القضايا والبدائل التي يجب التطرق إليها، بصفتها جزءًا من التحليل البيئي.

### العلاج Mitigation

**العلاج** مفهوم مهم آخر في تحليل الأثر البيئي، يشمل تحديد الأنشطة التي تمنع تأثيرات بيئية ضارة محتملة لمشروع معين أو تقلل منها أو تعوض عنها، مثلًا: إذا تضمن المشروع ردم الأراضي الرطبة، فقد يكون العلاج أو الحلّ تحسين الأراضي الرطبة أو الانتقال إلى موقع آخر.

أصبح العلاج ملمحًا شائعًا في كثير من تقارير الأثر البيئي بوجه عام وفي الولايات المختلفة، إلّا أنّه ولسوء الطالع يمكن أن يبالغ في استعماله، ففي بعض الأحيان، العلاج غير ممكن في حالة حدوث تمزق أو انقسام في بيئة محددة، وإضافة إلى ذلك، لا تكون لدينا أحيانًا معرفة كافية للقيام بعمل جيّد في استعادة أو إنتاج بعض التبيؤات والبيئات مثل الأراضي الرطبة، وعلى الرغم من أنّ طرق العلاج المطلوبة قد تكون مفيدة في كثير من الحالات، إلّا أنّه يجب ألا تُعدّ الوسيلة الوحيدة المقبولة، للقضاء على التأثيرات البيئية الضارة المرتبطة بمشروع معين.

### تصريحات النفي Negative Declarations

تُقدّم تصريحات النفي *(Negative Declarations)* عندما تقرر وكالة ما أنّ مشروعًا معينًا ليس له تأثير ضار في البيئة، وهذا يتطلب تقريرًا يشمل وصفًا للمشروع، ومعلومات مفصلة تدعم الادعاء أنّ المشروع لن يكون له تأثير سيئ في البيئة، ولا يطلب أن تؤخذ بدائل كثيرة للمشروع في الحسبان، وإنّما يتعيّن أن يتوافر تقرير كامل وشامل حول المشكلات البيئية المحتملة[53]، وعلى الرغم من أنّ اللغة والقانون المرتبطين بمفهوم تصريحات النفي مختلفة، على المستوى الفدرالي وعلى مستوى الولاية، إلّا أنهما جزء مهم من التقييم.

## استخدام الأرض والتخطيط

## Land Use and Planning

يغلب على استخدام الأرض في الولايات المتحدة القارية الزراعة والغابات مع جزء بسيط جدًّا من الأرض (يقدر بـ 3%) للأغراض الحضرية، وتحوّل حاليًّا عشرات الآلاف من الكيلومترات المربّعة، من مساحات الأراضي إلى استعمالات أخرى غير الزراعة، إذ إنّ نصف ما يحوّل منها يخصص بوصفه أراضي برية، ومتنزهات، ومناطق استجمام ومناطق للحيوانات البرية، أمّا النصف الآخر فيخصص للتطوير الحضري، وشبكات المواصلات، والتسهيلات (المرافق) الأخرى، وقد يبدو أنّ تحضير المناطق الريفية يتم ببطء على المستوى الوطني، إلّا أنّه يحدث أحيانًا في المناطق الحضرية المتسارعة النمو، ويُعدّ أنه تخريب للأراضي الزراعية والطبيعية أو تدمير لها، ويزيد حدّة المشكلات البيئية القائمة، أمّا تحضير المناطق الترويحية وتلك التي فيها مناظر جميلة، فيُعدّ أحيانًا تدميرًا للأنظمة البيئية الرئيسة.

### تخطيط استعمال الأراضي Land Use Planning

**تخطيط استعمال الأراضي (Land Use Planning)** قضية بيئية مهمة، والتخطيط الجيد لاستعمال الأراضي مهم للتنمية الاقتصادية الصحيحة، ومنع نشوء خلافات بين استعمالات الأرض المختلفة، والإبقاء على مستوى حياة جيّد في مجتمعاتنا، فعندما يدير مشروع عمل معين رأسماله وموارده بطريقة فعالة، نعدّه جيّدًا، وعندما تدير مدينة أو مقاطعة أرضها ومواردها بفعالية، نسمي ذلك تخطيطًا جيّدًا[54]، إذ إنّ الفلسفة الرئيسة من منظور علم الأرض للتخطيط الجيّد لاستعمال الأراضي، هي منع حدوث الأخطار، والمحافظة على الموارد الطبيعية، وحماية البيئة بصورة عامة من خلال المبادئ الصحيحة لعلم التبيؤ.

تشمل عملية تخطيط استعمال الأراضي المبينة في الشكل (17-16) خطوات عدّة، هي[55]:

- تحديد القضايا والمشكلات والأهداف والمقاصد وتعريفها.
- تجميع المعطيات وتحليلها وتفسيرها (بما فيها الموارد والأخطار البيئية).
- تطوير البدائل واختبارها.
- صياغة خطط استعمال الأراضي.
- مراجعة الخطط وتبنيها.
- تنفيذ الخطط.
- تعديل الخطط وإصلاحها.

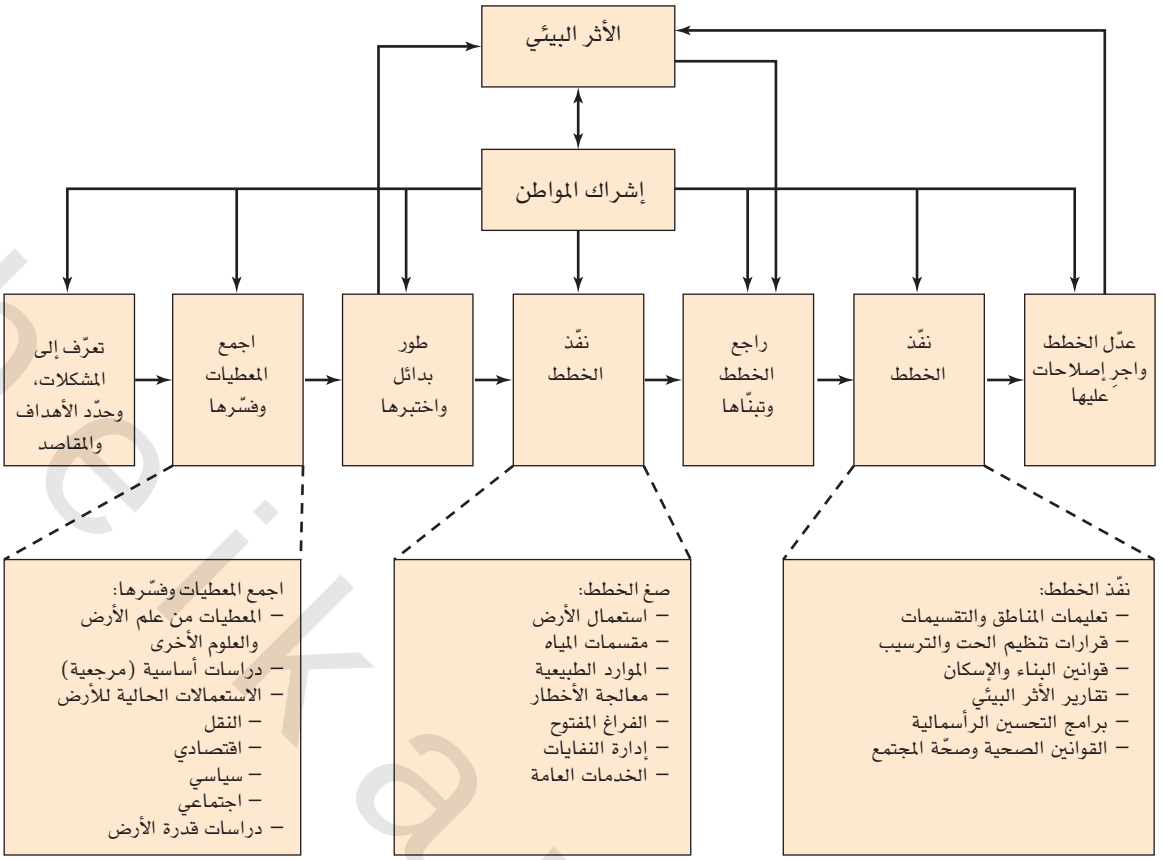
تتكوّن كل من الخطوات الثلاث الأهم من قائمة معقدة من العوامل، هي تجميع المعطيات، وصياغة الخطط وتنفيذها، مثلما هو موضح في الجزء السفلي من الشكل (17-16).

دور عالم الأرض في عملية التخطيط في مرحلة تجميع المعطيات وتحليلها هو الأهم، إذ إنّه سيقوم اعتمادًا على المهمة المحددة أو الخطة الموضوعة، باستخدام معلومات علوم الأرض المتاحة، بتجميع أي معلومات ضرورية جديدة، وتحضير المعلومات التقنية ذات العلاقة، مثل الخرائط والنصوص التفسيرية، ويساعد كذلك على تحضير خرائط قدرة الأرض، وبصورة مثالية، فإنّ المقدرة الطبيعية لوحدة أرضية، يجب أن تتوافق مع استعمالاتها المحددة المحتملة[56].

### موارد المناطق الجميلة Scenic Resources

عُدّت المناظر الجميلة في الولايات المتحدة موارد طبيعية منذ عام 1864م، عندما أنشئت أول غابة وطنية (وادي يوسمايت) في كاليفورنيا، وأصبحت فيما بعد متنزه يوسمايت الوطني، وقد عني الاعتراف المبكر بالمناظر الطبيعية الجميلة أول الأمر بالاستجمام في الهواء المفتوح (الطلق)، وركز على المحافظة على حزم متميزة من المناظر الطبيعية الفريدة وإدارتها، إلّا أنّ وعي الناس واهتمامهم بالقيمة الجمالية للأماكن ذات المناظر الجميلة خارج المدن حديث نسبيًّا، ويعترف المجتمع الآن بالمناظر الطبيعية، حتى لو

openkartech.com




**الشكل (17–16):** عملية تخطيط استعمال الأراضي.

*(The land-use planning process) (Modified after U. S. Geological Survey Circular 721, 1976)*

لم تكن جميلة بصفتها موردًا قيّمًا، ويعي الناس الآن أنه مثلما تتفاوت الموارد المحسوسة في قيمتها الاقتصادية، فإنّ اللاندسكيب متفاوت كذلك في درجاته الجمالية، ويساعد علماء الأرض بوصفهم أعضاء في فريق يقيّم البيئة بصورة كلية، على تمييز اللاندسكيب وموارده بما في ذلك مناظره الجميلة.

## الاستخدام المتعاقب للأرض Sequential Land Use

أدت الحاجة إلى استخدام الأرض القريبة من المناطق الحضرية، لمختلف الأنشطة الإنسانية في بعض الأحيان، إلى تطبيق مفهوم الاستخدام المتعاقب للأرض، وليس الاستعمال الدائم والشامل لها، حيث يتفق هذا المفهوم مع المبدأ القائل: إنّ تأثيرات استعمال الأرض متراكمة (أو تراكمية)، وعليه، فلدينا مسؤولية تجاه الأجيال المقبلة، إذ إنّ الفكرة الأساسية أن يستفاد من الأرض لغرض آخر بعد نشاط معين، مثل إكمال عمليات التعدين أو الطمر الصحي.

هناك أمثلة متعددة على الاستخدام المتعاقب للأرض، وقد خططت مواقع الطمر الصحي، بحيث تستخدم بعد اكتمالها لأغراض ترويحية، مثل ساحات للعبة الجولف، فقد استخدمت مدينة دنفر حفر الحصى والرمل المهجور التي كانت فيما مضى مكبّات للطمر الصحي بصفتها مواقع لعمل موقف للسيارات، وفي إنشاء ملعب دنفر الرياضي، أمّا خليج الميناء في ميتشيجن، فهو مجتمع متطور حديث، ومنتجع من الدرجة الأولى في لتل ترفرس باي بالقرب من النهاية الشمالية لبحيرة ميتشجن، وقد نتج الميناء والمنشآت الأخرى عن استصلاح محجر مهجور للغضار ومصنع للأسمنت، كذلك استصلح موقع شكل مصدرًا لغبار الأسمنت، وحوّل إلى منطقة جميلة يتمنى الناس زيارتها، انظر الشكل (17–17).

## الاستخدام المتعدد للأرض Multiple Land Use

يحدث الاستخدام المتعدد للأرض *(Multiple Land Use)* عندما تستخدم الأرض لأكثر من غرض، مثل استخدام الغابات الوطنية في الاستجمام والحصول على الأخشاب، وتشمل الأمثلة الأخرى الخزانات المصممة لتوفير مياه الري، والتحكم في الفيضان، والاستجمام، وقد قيل مرات ومرات: إنّه من الصعب تعظيم الفوائد من استعمال الأرض لأكثر من غرض، هذا بالتأكيد صحيح بالنسبة إلى استخدام الأرض المتعدد، فمثلًا: الاستجمام والحصول على الأخشاب أمران غير متوافقين، إذا أردنا تعظيم كلّ من عدد الأشجار التي نستفيد من أخشابها وعدد الأسماك وأنواعها في جدول أو نهير في الغابة، إذ إنّ قطع الأشجار (إلّا إذا تمّ بحرص شديد وفي منطقة محايدة لحماية الجدول) سوف يدمر بيئة الجدول، بإزالة الأشجار التي توفر الظل للنهر وإبقائه باردًا، انظر الشكل (17–18)، ومن خلال التلوث بالرسوبيات؛ بسبب ازدياد المياه الجارية وحتّ التربة، ومن خلال الانزلاقات الأرضية وتشكل القنوات، ويشبه ذلك خزان مصمم لتوفير ماء للري الصيفي للمزارع، قد يكون كاملًا في الربيع عند الحاجة إلى الحماية من الفيضان ومنخفضًا جدًّا، ما يؤدي إلى تعريض خط الشاطئ للحتّ، عندما يصل الناس هناك للاستجمام في أواخر فصل الصيف.

obeikandl.com

(أ)

(ب)

**الشكل (17–17): الاستخدام المتعاقب للأرض في خليج (Sequential land use at Little Traverse)** بحيرة ميتشيجن بالقرب من بوتيسكي– ميتشيجن. محجر مهجور ومصنع أسمنت. (أ) حوّلا إلى منتجع عالمي. (ب) لاحظ جدار المحجر خلف المصنع والبناية الصغيرة إلى اليمين من طريق الخدمات. (أ) مهداة من *(Ned Tanner)*. (ب) مهداة من *(Bob Fell)*

## القانون البيئي Environmental Law

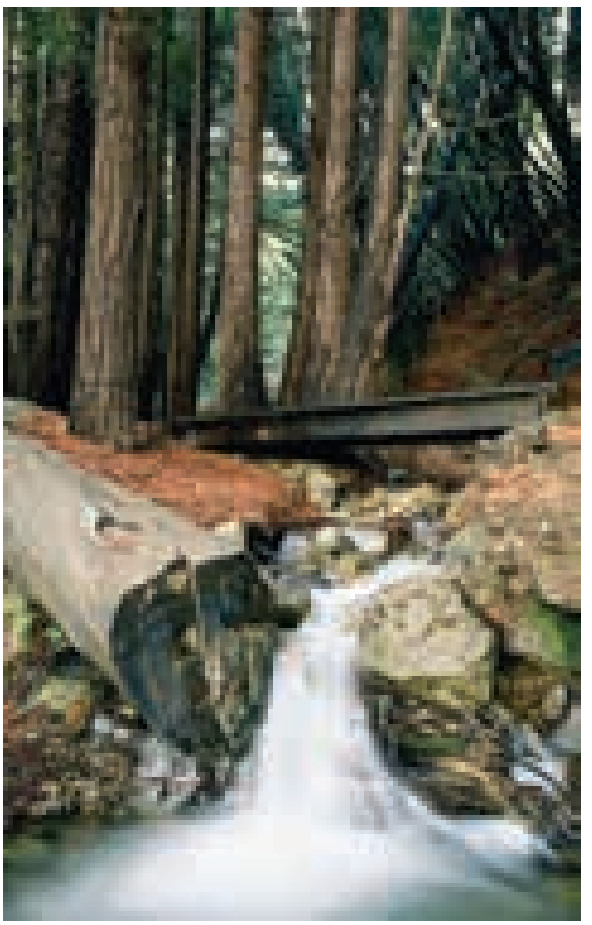
يحتاج التخطيط البيئي إلى الفرض والتطبيق، وعليه، يصبح **القانون البيئي (Environmental Law)** جزءًا مهمًّا من علم القانون، وتتزايد أهميته بين المحامين وجمعيات القانون البيئي، حيث تم تحضير مقررات بيئية في كليات القانون.

التعرض بالتفصيل للإجراءات القانونية من حيث ارتباطها بالبيئة خارج نطاق مناقشتنا الحالية، ويكفي القول: إنّ القانون تقنية أو طريقة لتحقيق الأهداف الاقتصادية والاجتماعية والسياسية بصورة نظامية، والطريقة القانونية الأفضل، هي تلك التي تسمح عادة بالوصول إلى النهايات، حيث تخدم القوانين المرتبطة بالبيئة في أحيان كثيرة المصالح أو الاهتمامات الرئيسة السائدة في ثقافتنا المعقدة، بأنّ الثراء والسلطة هما الاهتمامان الرئيسان، إذ تؤكد هذه المخاوف مقدرة المجتمع على استعمال قاعدة الموارد لإنتاج البضائع والخدمات ونظام قانوني لضمان الإنتاجية، إلّا أنّه في السنوات الأخيـرة، أُصدرت قوانين لحماية الهواء والماء واليابسة والبيئة الحية على المستويات المحلية والإقليمية والعالمية، وهذه إشارة مشجّعة، إذا أردنا المحافظة على موارد الأرض المتجددة.

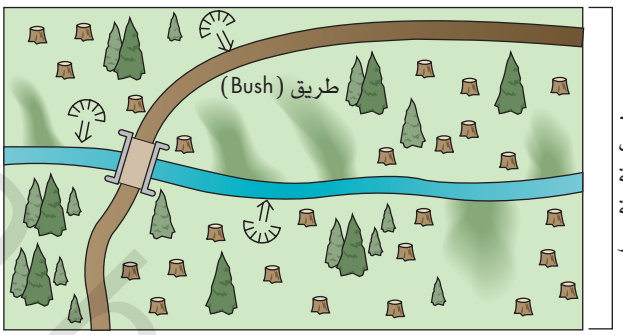
يعتقد بعض محامي البيئة اليوم، أنّ الطريقة القانونية مثلما مورست من قبل، لا تنجح بصورة كافية عند التصدي للقضايا البيئية، ففي العموم عندما تختلف وجهتا نظر، تحصل مواجهات عدائية، وتكون المشاعر جيّاشة، وقد يكون من الصعب على الفرق المتخالفة تفهم أي مواقف أخرى غير مواقفها، وقد ظهر رأي أو وجهة نظر حديثة في القانون البيئي، تؤكد حلّ المشكلات ربما باستخدام الوساطة من خلال المحادثات، فمثلًا: عام 1970م أعلنت وكالة حماية البيئة أحيانًا عن تعليمات بيئية جديدة أُلقيت على قطاعات اجتماعية بعينها، وأثّرت فيها دون سابق إنذار، فكان أمرًا طبيعيًّا أن يقوم كثير من الأشخاص والمنظمات المتأثرة بهذه التعليمات باللجوء إلى المحاكم، ورفع قضايا استمرت وقتًا طويلًا، وقد بدأت وكالة حماية البيئة عام 1980م بممارسة التشاور مع الفرقاء المعنيين قبل إصدار التعليمات، إذًا، قد يكون التشاور والمحادثات والوساطة *(mediation)* أكثر نجاحًا من الإستراتيجيات السابقة التي أنتجت تفاعلات عدائية غير مثمرة.

إحدى المشكلات الرئيسة في التشاور والمحادثات إحضار الأطراف المعنية إلى طاولة واحدة، لتتحدث عن قضاياها بطريقة مفيدة ذات معنى، وقد يحاول الطرف الأقوى تصعيب المحادثات بالنسبة إلى الأطراف المعارضة الأخرى، إلّا أنّ الأطراف المختلفة في القضايا البيئية، بدأت تدرك بصورة متزايدة فائدة العمل المشترك، لإيجاد حل مرضٍ للجميع، وبصورة أساسية، فإنّ هذه عملية تعاونية هدفها البحث عن حلولٍ لمصلحة البيئة، وفي الوقت نفسه عدم إعاقة الأنشطة والمشروعات (التي تؤثّر في البيئة).

من المهم معرفة أنّ التعاون أكبر وأكثر اتساعًا من التنازل، الذي يتطلب أحيانًا إعطاء شيء ما مقابل الحصول على شيء آخر، والتعاون أيضًا أكثر شمولًا؛ لأنّه يطلب– في الحقيقة يحتم – أن تعمل الأطراف مع بعضها لإيجاد فرص للكسب المشترك، بإيجاد جو يساعد على حل المشكلات المشتركة، وحتى تنجح المحادثات والوساطة يقوم كل طرف بذكر مواقفه، ثمّ العمل على إيجاد أرضية مشتركة، لتنشأ بعد ذلك علاقات مبنية على الثقة المتبادلة، وقد يكون من غير المفاجئ أنّ القضايا كلها قابلة للتفاوض، بل يمكن أحيانًا تبني بدائل تمنع التحكيـم المكلف والتأخير الطويل أو على الأقلّ تقلل منهما.



(أ)




(ب) دون ترك منطقة عازلة لقطع الأشجار

(جـ) مع ترك منطقة عازلة لقطع الأشجار

كوريدور محاذ لمجرى النهر (منطقة تحتوي على أشجار تعيش بالقرب من مجرى النهر، مثل جار الماء والصفصاف)

منطقة عازلة (لا تقطع أشجار غاباتها)

مجرى مائي

منطقة تُزال أشجارها

بقية الغصن المقطوع (جدعة)

حطام من الأخشاب الكبيرة (جذوع الأشجار) في مجرى النهر– يوفر جيدة للأسماك

انزلاق أرضي

قناة (وادٍ صغير)

أشجار لقطع الأخشاب

نباتات وأشجار تعيش قرب مجاري الأنهار

**الشكل (17–18): قطع الأخشاب والتعرية (The harvesting and erosion).** (أ) جدول في غابة (Redwood) في شمال غرب كاليفورنيا (Rich Reed/Animals Animals/Earth Scenes).

(ب) الانزلاقات وتكون القنوات يؤديان إلى تدمير المجرى المائي الرئيس في الغابة، عندما لا يكون هناك منطقة عازلة عريضة جزءًا في مشروع جمع الأخشاب. يشيع هذا النوع من الدمار عادة في المناطق التي تُستأصل غاباتها، ويؤدي إلى إزالة الأشجار كلها تقريبًا. (جـ) خطة لحصاد الخشب منطقة المجرى المائي متصلة، وفيها منطقة عازلة عريضة.

**الشكل (17–19): خط شاطئ مكشوف (Exposed shoreline).** خزان (Penygarreg) عندما يكون مستوى الماء منخفضًا. الشاطئ المكشوف مكان غير سار لممارسة الأنشطة الترويحية

*(Animals Animals/Earth Scenes)*

obeikandl.com

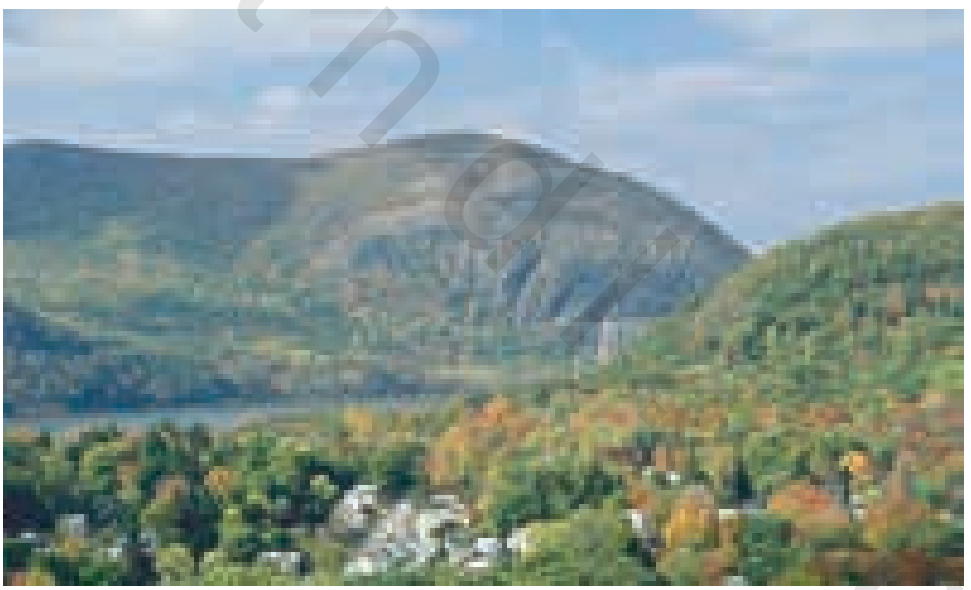
## قضية جبل ستورم كنج The Storm King Mountain Case

نزاع جبل ستورم كنج مثال كلاسيكي على الخلافات بين شركة خدمات وأنصار البيئة، فعام 1962م أعلنت شركة أديسون المتحدة في نيويورك عن خطط لمشروع كهرومائي على جبل ستورم كنج، وهو جزء من الأراضي المرتفعة لنهر هودسون على بعد (64 km) كم (40 mi) شمال مدينة نيويورك، وهذه منطقة من جبال الأبلاش يعدّها الكثيرون ذات قيمة جمالية فريدة، حيث إنّها المكان الوحيد شرق الولايات المتحدة، التي حتّ فيها نهر رئيس في الجبال عند ارتفاع سطح البحر، مكونًا ما يشبه تأثيرات الفيورد[58].

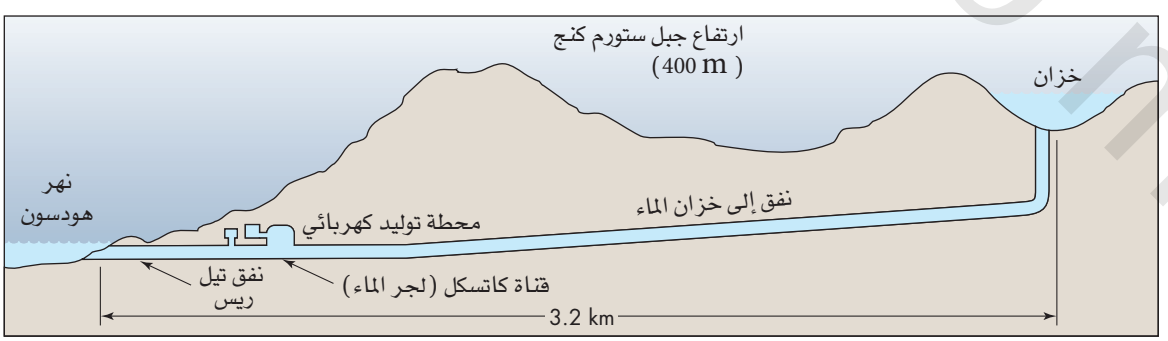
دعت الخطط المبكرة إلى إنشاء محطة توليد كهربائي فوق سطح الأرض، التي تطلبت عمل حفرة عميقة في جبل ستورم كنج، وقد أُعيد تصميم المشروع لوضع محطة التوليد الكهربائي بصورة كاملة تحت سطح الأرض، ما أدى إلى عدم الحاجة إلى قطع الجبل، انظر الشكل (17–20)، إلّا أنّ أنصار البيئة استمروا في معارضة المشروع، وتوسعت القضايا لتشمل احتمال تدمير المصايد، فقد قال أنصار البيئة: إنّ سرعة جريان الماء من النهر سوف تجذب كثيرًا من يرقات السمك إلى الموقع، وتتعرض للدمار فيما بعد بالاضطراب والتآكل، وقد بيّنت إحدى الدراسات أنّ (25–75%) من تفريخ الباس السنوي (striped bass) وهو السمك الأكثر قيمة في النهر، قد يتعرض للدمار إذا نُفّذ المشروع، فقد كانت الأسماك تعود من المحيط إلى مياه المد لتضع بيضها هناك، إذ إنّ نهر هودسون هو المصب النهري الوحيد شمال خليج شيز بيك، حيث تضع أسماك الباس المخطط بيوضها، وقد كان القلق حول سلامة المصايد مبررًا، والمشكلة الأكثر حدة قرب موقع المنشأ المقترح من منطقة تبييض سمك الباس المخطط.[58]

قضية جبل ستورم كنج الجدلية مهمة؛ لأنّها تؤكد صعوبة اتخاذ قرارات حول قضايا متعددة الأبعاد، فقد كانت إحدى شركات الخدمات تحاول أن تحافظ على بقائها في مدينة نيويورك، حيث المتطلبات الكبيرة من تكاليف عمالة وصيانة مرتفعة، وفي الوقت نفسه كان المحافظون على البيئة يكافحون للإبقاء على منظر جميل وموارد للصيد، إذن، فكلا الفريقين لديه حجج شرعية في ضوء مصلحته الخاصة؛ لذلك كان من الصعب حلّ النزاعات، فعلى الرغم من أنّ القوانين والطرق السائدة حاليًّا كافية لحلّ القضايا، إلّا أنّ التنازلات ضرورية؛ لأنّه في نهاية المطاف يجب دفع ثمن اقتصادي وبيئي لأي قرار، وهذا الثمن يعكس نمط الحياة التي نرغب وتكاليف الحياة.

رُفعت أول قضية قانونية في خلاف ستورم كنج عام 1965م، وبعد (16) سنة من المعارك في المحاكم حُلت القضية عام 1981م، وقد بلغ عدد صفحات القضية (20000) صفحة، واستخدمت الأطراف المختلفة في النهاية وسيطًا لحل الخلافات فيما بينها، وقد عُدّت هذه القضية الشهيرة نصرًا لأنصار البيئة، فهل كان من الممكن حلّ هذه القضية في وقت أبكر لو جلس



(أ)




(ب)

**الشكل (17–20): المناطق المرتفعة حول نهر هودسون** *(Hudson River Highlands).*

(أ) جبل (Storm King) ومرتفعات نهر هودسون– نيويورك. (أخذ الصورة Joe Deutsch)، شكل يوضح كيف يمكن وضع مشروع جبل ستورم كنج للتوليد الكهربائي كله تحت سطح الأرض

*After Carter, L. J., 1974, American Association for the advancement of Science).)*

Obeikandl.com

الفرقاء المتنازعون مع بعضهم، وتحدثوا بصراحة عن القضايا المختلفة؟ ربما أنّ الخلاف حُلّ في وقت أقصر، وبتكاليف أقلّ على الفرق المتنازعة والمجتمع بصورة عامة من خلال المحادثات والوساطة، إذن توضح هذه القضية أنّه من الأفضل التعامل مع قضايا القانون البيئي من منظور حل المشكلات، وليس اتخاذ مواقف عداء بين الأطراف المتنازعة.

## 6-17 الجيولوجيا والبيئة والمستقبل
## GEOLOGY, THE ENVIRONMENT, AND THE FUTURE

بدأ هذا الكتاب بمقدمة فلسفية وعرض للمفاهيم الرئيسة المرتبطة بالجيولوجيا والبيئة، والرسالة الرئيسة له أنّ الأرض مكان ديناميكي، ويجب ألا يبني الناس على السهول الفيضية، بالطبع، هذا تبسيط كبير للموضوع، إلّا أنّ هناك ارتباطات مهمة متعددة بين العمليات الجيولوجية والبيئة والمجتمع، ويجب الانتباه إليها إذا أردنا أن نصل إلى الاستدامة.

### منع حدوث أزمة بيئية: التركيز على ما يمكن عمله
### Avoiding an Environmental Crisis: Focusing on What Can be Done

ننتقل بعد تقديم مفهوم الأزمة البيئية في الفصل الأول، إلى ما يمكن عمله للحيلولة دون نشوء أزمة بيئية محتملة، يمكن أن تدمر المجتمع الإنساني بالصورة التي نعرفه عليها، سنقترح أولًا أفعالًا قصيرة الأمد لتجنب نقصان محتمل في الغذاء في السنين والعقود المقبلة، ونناقش ثانيًا كيف يمكن أن نصل إلى مفهوم طويل الأمد للاستدامة، خلال قرون من استعمال الإنسان للأرض.

قال لستر براون **(Lester Brown)**، وهو أحد رواد فهم المشكلات البيئية العالمية وحلولها: إنّ علينا أن نعمل ثلاثة أشياء (كلها مرتبطة بتزويد الطعام) لنوقف نشوء أزمة بيئية بشرية، يمكن أن تتسبّب في قلق اجتماعي كبير واضطرابات لم تشاهد من قبل[60]:

1. التحكم في عدد سكان الأرض من البشر (7–8) بلايين عام 2050م، وهذا هو السيناريو الأقلّ المقترح للأمم المتحدة؛ لأنّنا الآن في مسار إلى السيناريو المتوسط (8–9) بلايين، وتشمل بعض المفاتيح للوصول إلى تقليل نمو السكان، تعليم النساء، وزيادة العناية الصحية بالأطفال، ورفع المستوى العام للحياة (انظر الفصل الأول).
2. الحفاظ على موارد المياه واستدامتها خصوصًا المياه الجوفية: سمح استعمال المياه الجوفية بإنتاج 3 أضعاف كمية القمح في نصف القرن الأخير، بينما تضاعف عدد السكان في الفترة نفسها، لذلك تستنزف موارد المياه في أحزمة إنتاج القمح في العالم (الولايات المتحدة، الصين، الهند، كندا)، وعلى الرغم من معرفتنا بكيفية المحافظة على المياه وإبقائها مستديمة (انظر الفصل الثاني عشر)، إلّا أنّنا في حاجة إلى سياسات تشمل تسعير الماء بحسب قيمة تكلفته الحقيقية وليس بسعر مخفض، كذلك فإنّنا في حاجة إلى تنفيذ تقنية لحفظ الماء للزراعة والاستعمالات الأخرى في أسرع وقت ممكن.
3. التحكم في انبعاثات الكربون وتقليل الاحترار العالمي إلى الحدّ الأدنى: ينتج عن كلّ زيادة بسيطة في الاحترار فقدان لجزء صغير من محصول القمح؛ بسبب الجفاف والأخطار المرتبطة بالماء، إذ يؤدي الاحترار فوق حرارة العتبة إلى انخفاض في إنتاج القمح، وقد نوقشت حلول الاحترار العالمي في الفصل السادس عشر، وتشمل اللجوء إلى خليط مختلف من مصادر الطاقة (خصوصًا المصادر المتجددة مثل الرياح والطاقة الشمسية) يطلق كميات أقلّ من ثاني أكسيد الكربون، واستعمال تقنيات أكثر للحفاظ على الطاقة، مثل أدوات فعّالة (لمبات إضاءة فلورية، وسيارات فعّالة بالنسبة إلى استهلاك الوقود)، ونحتاج كذلك إلى أن ننتقل من استعمال الوقود الأحفوري الذي يسهم في الاحترار العالمي، إلى وقود منتج عن طاقة متجددة، مثل الرياح والطاقة الشمسية، والمباشرة في ذلك في أسرع وقت ممكن.

### تحقيق الاستدامة للمستقبل
### Attaining Sustainability for the Future

فهم الاستدامة هدف رئيس لهذا الكتاب، إلّا أن مفهومها موضوع متضارب، إذ يعني في أبسط صوره ترويج الاستدامة مثلما نطبقها في التطوير أو التخطيط، وأن علينا قبل ذلك، أن نضمن المحافظة على مواردنا المتجددة، مثل الماء والهواء والتربة والأشياء الحية لأجيال المستقبل، واستمرار الأنظمة البيئية، وألا تؤدي العمليات البشرية إلى تخريب هذه الموارد.

الاستخدام المستديم للموارد غير المتجددة، مثل المعادن والوقود الأحفوري (وهما جزء من ميراثنا الطبيعي من الماضي الجيولوجي) غير ممكن، لكن أفضل ما يمكن عمله، هو استخدام الموارد غير المتجددة بطرق تسمح بإبقاء حصة للأجيال المقبلة، إذ يمكننا باستخدام المحافظة وإعادة التدوير إطالة فترة توافر الموارد المعدنية، حيث يُعدّ مفهوم الاستدامة بالنسبة إلى الموارد المتجددة أساسيًّا في التخطيط البيئي المستقبلي، والمحافظة على بيئة ذات نوعية جيدة.

السؤال المهم، هو: كيف يمكن تطوير مستقبل مستديم؟ في مناقشة هذا الموضوع، وضع عدد من التقييمات حول تطورنا الحالي بوصفنا مجتمعًا، هذه آراء، وقد تكون آراؤك مختلفة، ولا يمكن أن تُعدّ هذه المناقشة علمًا مبنيًّا على الحقائق وفرضيات الاختبار، بل ناتجة عما تعلمناه، وهذا التمييز مهم، إذ إنّ مسارنا الحالي في عدد السكان الهائل واستهلاك الموارد والتلوّث من الواضح أنّه ليس مسارًا مستديمًا، والمطلوب تطوير مسار جديد يحوّل طريقتنا الحالية في إدارة المجتمع، الذي هدفه الأول تحقيق الثراء

Obeikandl.com

إلى مجتمع تتكامل احتياجاته المختلفة (الاجتماعية والصناعية والزراعية والبيئية) في نظام توافقي مستديم[61]، وسيشمل هذا[62]:

- تطوير قيمنا وأنماط حياتنا في اتجاه الاستدامة: ما زلنا نحترم القيم، وقد أثبتت المسوحات المختلفة أنّ الأغلبية الساحقة من سكان الولايات المتحدة تقول: يجب أن تكون حماية البيئة أهمّ الأولويات، ويعتقد نصف السكان تقريبًا أنه لا ضرورة أن تتعارض حماية البيئة مع النمو الاقتصادي.
- معرفة أنّ التطوير المستدام في حاجة إلى أن يشمل الناس كلهم على الأرض، غنيهم وفقيرهم على حدّ سواء، وأنّنا نحتاج إلى توفير مستوى عيش أفضل للجميع دون الحاجة إلى التضحية بالبيئة، أي إن علينا أن نساعد المحرومين في العالم لا أن نستغلهم، إذ يحتاج العمال إلى أجور تكفي لإعاشة عائلاتهم، واستغلال عمال الدول الأخرى ومواردها لتقليل تكاليف الزراعة، وإنتاج البضائع تدمرنا/تؤذينا كلنا.
- التخطيط لتغيرات السكان المستقبلية، واستخدام الموارد، والأخطار الطبيعية بطريقة استباقية، وليس انتظار حصول المفاجآت أو الصدمات، ثمّ التصرف تبعًا لذلك.

مع قبول حقيقة أنّ عدد سكان العالم سيستمر في الازدياد بصورة كبيرة، على الأقلّ بضعة عقود مقبلة، فإنّ هذه الزيادة ستكون أكثر وضوحًا في الدول النامية، حيث إنّ نسبة الولادات هي الأعلى، ويرافق ذلك زيادة الطلب على أرض أكثر لتسكين مجتمعاتنا المتنامية، وهذا سيعرض الناس للخطر أكثر فأكثر، خصوصًا إذا كانوا قريبين من مسارح العمليات الخطرة، مثل الأعاصير والفيضانات والانزلاقات والأنشطة البركانية والزلازل، وتشير الخبرات السابقة إلى أنّنا غير مستعدين للتعامل مع كثير من هذه الأخطار، خصوصًا عند حدوثها في المناطق المأهولة، لذلك من الأهداف الرئيسة للجيولوجيا البيئية تحديد العمليات الخطرة، والعمل على تقليل تأثيراتها المحتملة من خلال الاستعمال الصحيح للأراضي، والفهم الأفضل لهذه العمليات عمومًا، وتحديد مدى الإستراتيجيات المحتملة التي قد تساعدنا على تعلم كيفية العيش بصورة أفضل على كوكبنا، وتحقيق هذا الهدف مهم بالتحديد للمستقبل؛ لأنّه مع ازدياد عدد السكان، فسيستمر الطلب المتزايد على الأرض التي تصلح للعيش، وستزداد المناطق الحضرية في الحجم، لتصبح (كوريدورات) حضرية عملاقة، خصوصًا على طول بعض المناطق الشاطئية، حيث يتركز السكان؛ لذلك من الضروري أن نتعلم من أخطائنا السابقة؛ لكي نضمن أن تطوير المستقبل سيتم بطرق حكيمة.

نأمل أننا هنا نتحدث إلى المجموعة الملائمة من الناس، وأنّ كثيرًا منكم ممن درس الجيولوجيا البيئية سيكون عنده وعي أفضل للعالم من حوله، والعمليات الجيولوجية المؤثرة فيه، لذلك فأنتم مجهزون لتصبحوا في توافق أكثر مع العمليات الطبيعية للأرض، وعندكم الآن المعرفة لتكون خياراتكم أكثر حكمة، فيما يخص كيفية استخدام موارد الأرض، وأين نعيش، وكيف نبني مجتمعًا من أهدافه التخطيط المستدام، حيث تشكل هذه الخيارات بالفعل قلب الضمان لأن يكون عالمنا المستقبلي أكثر أمانًا للناس، وأن يعيش مجتمعنا بتوافق أكثر مما مضى مع البيئة، وهذه هي مسؤوليتكم بوصفكم جيلًا مقبلًا.

## ملخّص SUMMARY


تختلف نسبة الوفيات ووقوع أمراض معينة من منطقة لأخرى، وبعض هذه الاختلافات له ارتباطات جيولوجية، وهذه الحالات معقدة أحيانًا، وقلما يكون لمرض معين سبب واحد يؤدي إلى نتيجة واحدة، إلّا أنّ هناك أدلة كافية، تشير إلى أنّ البيئة الجيوكيميائية عامل مهم في حالة بعض المشكلات الصحية الحقيقية، التي تسوء مع الزمن مثل أمراض القلب والسرطان.

الجو وسط يتم الجريان فيه بسرعة، ويستخدمه الناس كثيرًا للتخلص من النفايات، إذ يدخل إلى الجو كلّ عام (فوق الولايات المتحدة) بضعة ملايين من الأطنان المترية من الملوثات، من عمليات مرتبطة بأنشطة الإنسان، إذا فكرنا في الحجم الهائل للغلاف الجوي، فكمية المادة فيه قليلة نسبيًّا، ولو كانت موزعة بانتظام لكانت مشكلات تلوث الهواء أقلّ، لكنها لسوء الطالع غير موزعة بانتظام، بل تتركز في المناطق الحضرية أو في مناطق أخرى يتبقى الهواء فيها فترات طويلة نسبيًّا.

ملوثات المادة الدقيقة، هي جسيمات صغيرة من المواد الصلبة أو السائلة، تعطى أرقامًا (10 PM) أو (2.5 PM) اعتمادًا على الحجم، فدقائق ألـ (10 PM) قطرها أقلّ من (10 µm) ميكرونات، وتطلق إلى الجو بعدد من الطرق الطبيعية وأخرى مرتبطة بنشاط الإنسان. التصحر، والاندفاعات البركانية والحرائق وطرق الزراعة الحديثة كلها تضيف كميات كبيرة من المادة الدقيقة إلى الهواء، وتطلق العمليات الصناعية كلها تقريبًا دقائق إلى الجو، مثلما ينتج عن احتراق الوقود الأحفوري، والكثير من المادة الدقيقة يمكن رؤيته بسهولة بصورة دخان أو شحار أو غبار، وبعضها تصعب رؤيته، وتشمل الدقائق جسيمات الأسبست المحمولة في الهواء، والجسيمات الصغيرة للفلزات الثقيلة، مثل الزرنيخ والنحاس والرصاص والزنك، التي تنبعث عادة من المرافق الصناعية مثل المصاهر.

تؤثر الظروف المناخية والطوبوغرافية خصوصًا في منطقة حضرية كثيرًا في احتمال حدوث مشكلات بيئية في الهواء، بالتحديد الدوران المحصور لطبقات الجو السفلى المرتبط بطبقات الانعكاس الحراري، قد يؤدي إلى حوادث تلوث خصوصًا في المدن الواقعة في منخفضات محاطة بالجبال، ويتناسب تلوث الهواء فوق منطقة حضرية طرديًّا مع سرعة انبعاث الملوثات، والمسافة التي تقطعها الملوثات في اتجاه الريح فوق المدينة، وعكسيًّا مع سرعة الرياح وارتفاع طبقة الخلط الجوي فوق منطقة حضرية.

تلوث الهواء الداخلي مشكلة متنامية في المناطق الحضرية سببها العزل شبه التام للبنايات الحديثة، وانبعاث الغازات السامة من مواد البناء، ودوران الغازات السامة والدخان والكائنات المسببة للمرض في أنظمة التهوية، أمّا غاز الرادون، فهو ملوث هواء داخلي مهم من أصل طبيعي.

أنتج التصنيع والتحضر كميات كبيرة من النفايات، وعقدا مشكلة إدارتها، وأصبحت الأراضي المتاحة للتخلص منها حول كثير من المدن الكبيرة نادرة، إذ إنّ القليل من الناس يرغب في العيش بالقرب من أمكنة يتم التخلص من النفايات، وعليه، سنواجه أزمة في التخلص من النفايات، إذا لم نُطبّق على الفور الطرق الجديدة والأفكار المشمولة في الإدارة المتكاملة للنفايات.

اتجهت ممارسات إدارة النفايات منذ الثورة الصناعية من "التخفيف والتشتيت" إلى "التركيز والاحتواء"، ثمّ إلى إدارة النفايات المتكاملة، التي تشمل بدائل، مثل: تقليل الحجم، وإعادة التدوير، وإعادة الاستعمال، وملء الأرض (المكبات)، والحرق، والكمبوستنج (التحويل إلى صورة مفيدة)، ويمكن تلخيص هدف كثير من هذه البدائل بـ "التقليل، وإعادة التدوير، وإعادة الاستعمال" أي تقليل الكمية الكلية للنفايات التي نحتاج إلى أن نتخلص منها في المكبات أو المحارق.

الطمر الصحي هو الطريقة الأكثر شيوعًا للتخلص من نفايات المناطق الحضرية هذه الأيام، حيث تغطى النفايات المترسبة كلّ يوم بطبقة من التربة المرصوصة، والأخطار المحتملة من مكبات الطمر الصحي، هي تلويث المياه الجوفية بالعصارة من الموقع نفسه، والإنتاج غير المنضبط للميثان، أمّا إذا تم احتواء الميثان، فهو منتوج جانبي مفيد لعمليات الطمر الصحي، وتنتج النفايات المدفونة في الظروف الجافة بعض العصارة، أمّا في المناطق الرطبة، فأفضل المواقع للمكبات تلك التي يمكن أن تدفن النفايات فيها عاليًا فوق مستوى المياه الجوفية، في تربة طينية أو غرينية توصيليتها الهيدروليكية قليلة، وتتوافر في المكبات الصحية الحديثة حواجز متعددة، للحيلولة دون تسرب العصارة إلى المنطقة الواقعة فوق مستوى المياه الجوفية (vadose)، وأنظمة لمراقبة هذه المنطقة وآبار لمراقبة المياه الجوفية، حيث تنظم القوانين الفدرالية مواقع المكبات الصحية وعملياتها.

إدارة النفايات الخطرة مسألة بيئية مهمّة في الولايات المتحدة، لكن المئات أو الآلاف من أماكن التخلص غير المتحكم فيها تُعدّ قنابل موقوتة، يمكن أن تتسبّب في النهاية في مشكلات صحية خطرة على حياة الناس، ولاستمرارنا في إنتاج المواد الخطرة، فعلينا تطوير طرق التخلص الآمن واستعمالها، إذ تشمل البدائل المختلفة للتخلص من النفايات الطمر الآمن (حيث تُحصر النفايات والتحكم في العصارة)، والتطبيق الأرضي (حيث ينشر على السطح مواد يمكن أن تتحطم حيويًّا)، والحقن باستخدام الآبار العميقة، والحرق، مع التخلص من الفضالة بالطمر الآمن.

تسمى التأثيرات المحتملة من استعمال البشر للأرض "التأثير البيئي"، ويتطلب قانون سياسة البيئة المحلية (NEPA) تحضير تقرير عن الأثر البيئي (EIS) للأنشطة الفدرالية الرئيسة، التي قد تؤثر بصورة ملموسة في نوعية بيئة الإنسان، أمّا تحديد الأهداف والمعالجة، فهي عمليات مهمة في تقييم الأثر البيئي.

استعمال الأراضي مسألة بيئية مهمة، وقد يؤدي تحويل المناطق الريفية إلى حضرية إلى تدمير الأراضي الزراعية أو تخريب الأنظمة البيئية ذات القيمة الجمالية أو الترويحية، وقد أدت المساحة المحدودة من الأرض المتاحة لتوسعة المناطق الحضرية، إلى ظهور مفهوم استعمال الأرض التعاقبي والمتعدد، وليس تخصيص الأرض لكي تزرع دائمًا بالمحصول نفسه، لذلك فتخطيط استعمال الأرض ضروري للتنمية الاقتصادية الصحيحة، والإبقاء على مستوى حياة جيّد، والفلسفة الرئيسة للتنمية المستدامة من منظور علم الأرض، هي التخطيط لمنع حدوث الأخطار، والمحافظة على الموارد الطبيعية، وبوجه عام، حماية البيئة من خلال تطبيق المبادئ الصحيحة للتبيؤ.

اكتسب مصطلح "قانون بيئي" استعمالًا عامًّا، وهو الآن جزء مهم من القانون، وهناك حراك الآن لحل المشكلات والتخطيط، وليس المواجهة واتخاذ مواقع المعارضة في المسائل البيئية، فعندما تحل المحادثات محل عدم المرونة يزداد التقدم في حلّ المشكلات.

للجيولوجيا رسالة مهمّة فيما يخص مستقبلنا وبيئتنا: نحن نعيش على كوكب ديناميكي، ويجب علينا اتخاذ قرارات حكيمة بالنسبة إلى المكان الذي نختار العيش فيه، وكيف نخطط للاستدامة، وهذا هو جوهر الروابط بين الجيولوجيا والمجتمع والمستقبل، وقد أصبح واضحًا، أنّه لا يمكننا الاستمرار بطريقتنا السابقة نفسها التي عاملنا بها البيئة؛ لذلك، لمنع حدوث أزمة بيئية، علينا التحكم في نمو عدد السكان، والمحافظة على مواردنا المائية، وتقليل الاحترار العالمي الناتج بتأثير الإنسان.

## المراجع REFERENCES


1. **Sauer, H. I., and Brand, F. R.** 1971. Geographic patterns in the risk of dying. In *Environmental Geochemistry in Health*. Boulder, CO: Geological Society of America Memoir 123. 131–50
2. **Selinus, O.** 2005. Essentials of Medical Geology. Burlington, MA: Elsevier Academic Press.
3. **Bylinsky, G.** 1972. Metallic menaces. *Man, Health and Environment*, B. Hafen, ed. Minneapolis: Burgess Publishing. 174–85.
4. **Hong, S., et al.** 1994. Greenland ice evidence of hemispheric lead pollution two millennia ago by Greek and Roman civilizations. *Science* 265:1841–43.
5. **Warren, H. V., and Delavault, R. E.** 1967. A geologist looks at pollution: Mineral variety. *Western Mines* 40:23–32.
6. **Needleman, H. L., et al.** 1996. Bone lead levels and delinquent behavior. *Journal of the American Medical Association* 275:363–69.
7. **Hopps, H. C.** 1971. Geographic pathology and the medical implications of environmental geochemistry. *Environmental Geochemistry in Health*, H. L. Cannon and H. C. Hopps, eds. Boulder, CO: Geological Society of America Memoir 123. 1–11.

8. **Pettyjohn, W. A.** 1972. Nothing is without poison. *Man and His Physical Environment*. G. D. McKenzie and R. O. Utgard, eds. Minneapolis: Burgess Publishing. 109–10.
9. **Takahisa, H.** 1971. *Environmental Geochemistry in Health and Disease*, H. L. Cannon and H. C. Hopps, eds. Boulder, CO: Geological Society of America Memoir 123. 221–22.
10. **Kobayashi, J.** 1957. On the geographical relationship between the chemical nature of river water and death-rate of apoplexy. *Berichte des Ohara Institute für landwirtschaftliche biologie* 11:12–21.
11. **Rubonowitz-Lundun, E. and Hiscock, K. M.** 2005. Water hardness and health effects. *Essentials of Medical Geology*. Selinus, O., ed. Burlington, MA:
12. **Schroeder, H. A.** 1966. Municipal drinking water and cardiovascular death-rates. *Journal of the American Medical Association* 195:125–29.
13. **Bain, R. J.** 1979. Heart disease and geologic setting in Ohio. *Geology* 7:7–10.
14. **Klusman, R. W., and Sauer, H. I.** 1975. *Some possible relationships of water and soil chemistry to cardiovascular diseases in Indiana*. Boulder, CO: Geological Society of America Special Paper 155.
15. **Appleton, J. D.** 2005. Radon in Air and Water. *Essentials of Medical Geology*. Selinus, O., ed. Burlington, MA: Elsevier Academic Press.
16. **U.S. Environmental Protection Agency.** 1986. *A Citizen's Guide to Radon*. OPA-86-004.
17. **Alavanja, M. C., et al.** 1994. Residential radon exposure and lung cancer among non-smoking women. *Journal of the National Cancer Institute* 80(24):1829–37.
18. **Pershagen, G., et al.** 1994. Residential radon exposure and lung cancer in Sweden. *New England Journal of Medicine* 330(3):159–64.
19. **Brenner, D. J.** 1989. *Radon: Risk and Remedy*. New York: W. H. Freeman.
20. **University of Maine and Maine Department of Human Services.** 1983. Radon in water and air. *Resource Highlights*, February.
21. **U.S. Environmental Protection Agency.** 1986. *Radon reduction techniques for detached houses*. EPA 625/5-86-019.
22. **U.S. Environmental Protection Agency.** 1988. *Radon resistant residential new construction*. EPA 600/8-88/087.
23. **Store, R.** 1993. Radon risk up in the air. *Science* 261: 1515.
24. **American Lung Association.** 2008. *State of the Air 2007*.
25. **Godish, T.** 1991. *Air quality*, 2nd ed. Chelsea, MI: Lewis Publishers.
26. **National Park Service.** 1984. *Air Resources Management Manual*.
27. **U.S. Environmental Protection Agency.** 2006. National-scale air toxics assessment for 1999: Estimated emissions, concentrations and risks. http://www.epa.gov. (Accessed 4/10/06.)
28. **Pope, C. A., III, Bates, D. V., and Raizenne, M. E.** 1995. Health effects of particulate air pollution: Time for reassessment? *Environmental Health Perpsectives* 103:472–80.
29. **Pittock, A. B., et al**. 1978. Climatic change and variability: A southern perspective. (Based on a conference at Monash University, Australia, December 7–12, 1975.) New York: Cambridge University Press.
30. **Colin, M.** 2000. Is your office killing you? *Business Week*, June 5, 114–24.
31. **Zummo, S. M., and Karol, M. H.** 1996. Indoor air pollution: Acute adverse health effects and host susceptibility. *Environmental Health* 58:25–29.
32. **Zimmerman, M. R.** 1985. Pathology in Alaskan mummies. *American Scientist* 73:20–25.
33. **Relis, P., and Dominski, A.** 1987. *Beyond the Crisis: Integrated waste management*. Santa Barbara, CA: Community Environmental Council.
34. **Relis, P., and Levenson, H.** 1998. *Discarding Solid Waste as We Know It: Managing Materials in the 21st century*. Santa Barbara, CA: Community Environmental Council.
35. **Schneider, W. J.** 1970. *Hydraulic implications of solid-waste disposal.* U.S. Geological Survey Circular 601F.
36. **Turk, L. J.** 1970. Disposal of solid wastes—Acceptable practice or geological nightmare? *Environmental Geology*. Washington, DC: American Geological Institute. 1–42.
37. **Hughes, G. M.** 1972. Hydrologic considerations in the siting and design of landfills. *Environmental Geology Notes*, *No. 51*. Illinois State Geological Survey.
38. **Bergstrom, R. E.** 1968. Disposal of wastes: Scientific and administrative considerations. *Environmental Geology Notes*, *No. 20*. Illinois State Geological Survey.
39. **Cartwright, K., and Sherman, F. B.** 1969. Evaluating sanitary landfill sites in Illinois. *Environmental Geology Notes*, *No. 27*. Illinois State Geological Survey.
40. **Walker, W. H.** 1974. Monitoring toxic chemical pollution from land-disposal sites in humid regions. *Ground Water* 12:213–18.
41. **Environmental Protection Agency.** 1980. *Everybody's problem: Hazardous waste*. SW-826. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
42. **New York State Department of Environmental Conservation.** 1994. *Remedial chronology: The Love Canal hazardous waste site*. Albany, NY: New York State.
43. **Elliot, J.** 1980. Lessons from Love Canal. *Journal of the American Medical Association* 240:2033–34, 2040.
44. **Kufs, C., and Twedwell, C.** 1980. Cleaning up hazardous landfills. *Geotimes* 25:18–19.
45. **Albeson, P. H.** 1983. Waste management. *Science* 220:1003.
46. **Return to Love Canal.** 1990. *Time* 135(22):27.
47. **Bedient, P. B., Rifai, H. S., and Newell, C. J.** 1994. *Ground water contamination.* Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
48. **Huddleston, R. L.** 1979. Solid-waste disposal: Landfarming. *Chemical Engineering* 86(5):119–24.
49. **Galley, J. E.** 1968. Economic and industrial potential of geologic basins and reservoir strata. *Subsurface Disposal in Geologic Basins: A Study of Reservoir Strata*, J. E. Galley, ed. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 10. 1–19.
50. **Committee of Geological Sciences.** 1972. *The Earth and Human Affairs*. San Francisco: Canfield Press.
51. **Piper, A. M.** 1970. *Disposal of liquid wastes by injection underground: Neither myth nor millennium.* U.S. Geological Survey Circular 631.
52. **Council on Environmental Quality.** 1979. *Environmental quality*. Annual Report.
53. **Remy, M. H., Thomas, T. A., and Moose, J. G.** 1991. *Guide to the California Environmental Quality Act*. 5th ed. Point Arena, CA: Solano Press Books.
54. **Rohse, M.** 1987. *Land-use Planning in Oregon*. Corvallis: Oregon State University Press.


Online Preview

55. **Curtin, D. J., Jr.** 1991. *California Land-use and Planning—Law*. 11th ed. Point Arena, CA: Solano Press Books.
56. **William Spangle and Associates, F. Beach Leighton and Associates, and Baxter, McDonald and Company.** 1976. *Earth-science information in land-use planning—Guidelines for Earth scientists and planners*. U.S. Geological Survey Circular 721.
57. **Murphy, E. F.** 1971. *Man and His Environment: Law*. New York: Harper & Row.
58. **Carter, L. J.** 1974. Con Edison: Endless Storm King dispute adds to its troubles. *Science* 184:1353–58.
59. **Bacow, L. S., and Wheeler, M.** 1984. *Environmental Dispute Resolution*. New York: Plenum Press.
60. **Brown, L. R.** 2003. *Plan B: Rescuing a Planet under Stress and a Civilization in Trouble*. New York: W. W. Norton & Co.
61. **Hawken, P., Lovins, A., and Lovins, L. H.** 1999. *Natural Capitalism*. Boston: Little, Brown and Co.
62. **Hubbard, B. M.** 1998. *Conscious Evolution*. Novato, CA: New World Library.


## المصطلحات المفتاحية KEY TERMS

توكسينات الهواء (Air toxins)، (ص 512)
التطبيق الأرضي (Land application)، (ص527)
التقليل وإعادة التدوير وإعادة الاستعمال (Reduce, recycle, and reuse)، (ص 518)
مصادر مساحية (Area sources )، (ص 512)
تخطيط استخدام الأراضي (Land-use planning)، (ص 529)
مكب الطمر الصحي (Sanitary landfill)، (ص 520)
انقلاب جوي (Atmospheric inversion)، (ص 515)
عصارة (عصارة leachate)، (ص520)
سكوبنج (scoping)، (ص 529)
البقاء الحيوي (Biopersistence)، (ص 527)
إدارة المواد (Materials management)، (ص 518)
ملوثات ثانوية (Secondary pollutants)، (ص 513)
التخلص بالآبار العميقة (Deep well disposal)، (ص 527)
المعالجة (mitigation)، (ص 529)
طمر آمن (Secure landfill)، (ص 527)
تقرير الأثر البيئي (Environment impact assessment (EIS))، (ص 528)
مصادر متنقلة (Mobile sources)، (ص 512)
اختيار الموقع (Site selection)، (ص 528)
قانون بيئي (Environmental law)، (ص 531)
مراقبة (monitoring)، (ص 521)
مصادر ساكنة (Stationary sources)، (ص 512)
مصادر مؤقتة (Fugitive sources)، (ص 512)
ملوثات المادة الدقيقة (Particulate-matter pollutants)، (ص 513)
ضبخن كبريتي (Sulfurous smog)، (ص 517)
نفايات خطرة (Hazardous waste)، (ص 523)
الضبخن الضوكيماوي (Photochemical smog)، (ص 517)
علم السموم (Toxicology)، (ص 506)
بيئة صناعية (Industrial ecology)، (ص 519)
مصادر نقطية (Point sources)، (ص 512)
إدارة النفايات المتكاملة (Integrated waste management (IWM))، (ص 518)
ملوثات أولية (Primary pollutants)، (ص 513)
الرادون (Radon )، (ص 509)

## بعض الأسئلة للتفكير SOME QUESTIONS TO THINK ABOUT

1. فكر في العلاقة العكسية بين عسر الماء وحادثة مرض القلب التي ذكرت في هذا الفصل، حيث ذكرت أربع فرضيات تفصل هذه العلاقة، تشمل ملاحظة أن عسر الماء ليس له علاقة بمرض القلب. طور إستراتيجية لاختبار كل فرضية.
2. تحاول جامعتك أو كليتك العثور على موقع مساحته (10) فدادين في الجامعة أو قريبًا من رئاستها للتطوير المستقبلي لمركز أكاديمي. اعمل مسحًا للمنطقة المحيطة، واكتب توصية بشأن المكان الذي يجب أن تبنى فيه البناية الجديدة. ما المعايير التي استعملتها في اتخاذ قرارك؟ ما القيم المتضمنة في قرارك؟
3. هل تؤيد مفهوم الاستدامة؟ وهل هو صالح للتطبيق؟ ما الذي تراه ضروريًّا للمحافظة على مواردنا المتجددة؟
4. هل تعتقد أنّ الخطوات الثلاثة التي ذكرها لستر براون ضرورية لمنع حدوث أزمة بيئية في المستقبل القريب؟ اذكر الأسباب، سواء كان الجواب بالإيجاب أم بالنفي.
5. ناقش كيف يمكن في النهاية تطوير مستقبل مستديم. (مساعدة: ارجع إلى الجزء الخاص بالحصول على مستقبل مستديم).
6. اكتب قائمة بما تنتجه أنت شخصيًّا من النفايات، وكيف تتخلص منها في المكان الذي تعيش فيه؟ كم تبلغ نسبة إعادة التدوير الحالية؟ وما أقصى نسبة مئوية ممكنة لإعادة التدوير؟ إذا عمل كلّ شخص في منطقتك، فكيف سيؤثر هذا في وضع النفايات المحلية؟
7. حدد النفايات الخطرة المحتملة، التي تنتجها البيوت والأعمال والصناعة أو الزراعة في المنطقة التي تعيش فيها. كيف تُعالج النفايات حاليًّا؟ وما الذي يمكن عمله لتطوير إستراتيجية إدارية أفضل لمعالجة أي مشكلات متوافرة؟
8. أين تذهب نفايات جامعتك أو كليتك الإلكترونية؟ ما مصير النفايات الإلكترونية في مجتمعك؟ هل من الصعب الحصول على إجابات عن هذه الأسئلة؟

openkandi.com

# APPENDIX A الملحق أ
# الكيمياء والمعادن والصخور
# CHEMISTRY, MINERALS AND ROCKS

## الذرّات والعناصر
## ATOMS AND ELEMENTS

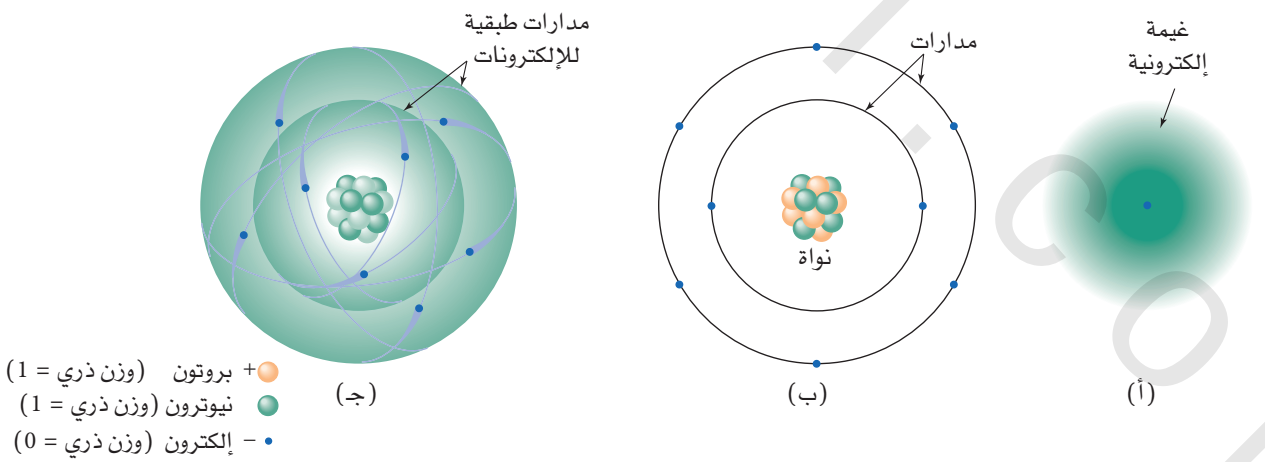
تُعدّ دراسة الذرّات والعناصر المهمة للعمليات الجيولوجية جزء من الجيوكيمياء، أي إنها دراسة كيميائية الأرض، إذ تشمل الجيوكيمياء دراسة التوزيع الطبيعي للعناصر الكيميائية في المعادن والصخور والتربة والماء والغلاف الجوي، إضافة إلى انتقال الذرات في البيئة. ولنبدأ بعض التعريفات.

المواد كلها بما فيها الصخور والمعادن والماء وأنت (نفسك) تتكوّن من ذرّات. والذرة أصغر جزء في العنصر الكيميائي يمكنه المشاركة في تفاعل كيميائي أو الاندماج مع ذرة أخرى. أمّا العنصر فهو مادة كيميائية تتكوّن من ذرّات متطابقة لا يمكن فصلها إلى مواد مختلفة بالوسائل الكيميائية العادية، وتسمّى ذرة عنصر ما باستخدام رمزها الكيميائي، وهو الحرف الأول أو الحرفان الأول والثاني في الاسم الإنجليزي أو اللاتيني للعنصر، على سبيل المثال: الرمز الكيميائي لذرة الكربون هو C والرمز الذري للأكسجين O. يشتمل الجدول الدوري (أ.1) على قائمة بالمعادن المعروفة.

## نموذج لمفهوم الذرة
## CONCEPTUAL MODEL OF AN ATOM

يبيّن الشكل (أ.1) أشكالًا توضيحية للذرة، حيث تبيّن هذه النماذج اللب أو النواة لذرة ما وثلاثة جسيمات أصغر من الذرة هي: البروتونات والنيوترونات والإلكترونات. تتكوّن نواة الذرة من البروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات متعادلة (من غير شحنة)، أمّا الإلكترونات فشحنتها سالبة، وتوجد خارج النواة. عدد البروتونات في نواة ذرة عنصر معين مميز، حيث يحدد عددها الذري كما هو مبين في الجدول (أ.1)، مثلًا: يوجد في نواة الهيدروجين بروتون واحد، وفي الأكسجين (8) بروتونات وفي السليكون (14) والذهب (79) واليورانيوم (92) بروتونًا، وهكذا. يبين الجدول (أ.1) كذلك العناصر الشائعة نسبيًّا في معادن قشرة الأرض وصخورها، على سبيل المثال: السليكون والأكسجين والألمنيوم والحديد، والعناصر المهمّة للحياة التي تشمل الكربون والنيتروجين، والعناصر المهمّة بيئيًّا والتي تتوافر بكميات قليلة جدًّا، وتدعى العناصر الشحيحة، مثل: الكوبالت والزنك والرصاص واليورانيوم.

يمكن تصور مفهوم الذرة على أنها نواة محاطة بغيمة من الإلكترونات (الشكل أ.1).

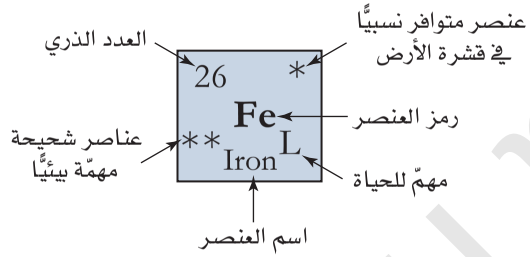



**الشكل (أ.1) الذرة.** (أ) شكل توضيحي يبيّن البنية الأساسية للذرة على صورة نواة محاطة بغيمة إلكترونية. (ب) هذا المنظر المفهومي مجرد تقريب أو نموذج يبيّن نواة الذرة محاطة بإلكترونات في مدارات. (جـ) منظر أكثر واقعية للذرة، يتكوّن من مدارات طبقية للإلكترونات تحيط بالنواة (يتّضح هنا الأكسجين، حجم النواة بالنسبة إلى مدارات الإلكترونات الطبقية مبالغ فيه كثيرًا؛ لتسهيل رؤيتها).

*(After Press, F., and Siever, R., 1994, Understanding Earth, New York: W. H. Freeman)*

obeikandl.com

## الجدول (أ.1): الجدول الدوري للعناصر الشائعة نسبيًّا في قشرة الأرض وبعض العناصر الشحيحة المهمّة بيئيًّا.




| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 H L هيدروجين | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 He هيليوم |
| 3 ** Li ليثيوم | 4 Be بريليوم | | | | | | | | | | | 5 B بورون | 6 C L كربون | 7 N L نيتروجين | 8 * O L أكسجين | 9 ** F فلور | 10 Ne نيون |
| 11 * Na L صوديوم | 12 * Mg L ماغنسيوم | | | | | | | | | | | 13 * Al ألمنيوم | 14 * Si ** سليكون | 15 P فوسفور | 16 S L كبريت | 17 Cl L كلور | 18 Ar أرجون |
| 19 * K L بوتاسيوم | 20 * Ca L كالسيوم | 21 Sc سكانديوم | 22 Ti تيتانيوم | 23 ** V فاناديوم | 24 ** Cr كروم | 25 ** Mn منجنيز | 26 * Fe ** L حديد | 27 ** Co L كوبالت | 28 ** Ni نيكل | 29 ** Cu L نحاس | 30 ** Zn L زنك | 31 Ga جاليوم | 32 Ge جرمانيوم | 33 ** As زرنيخ | 34 ** Se سليكون | 35 Br بروم | 36 Kr كريبتون |
| 37 Rb روبيديوم | 38 Sr سترنشيوم | 39 Y يتريوم | 40 Zr زركونيوم | 41 Nb نيوبيوم | 42 ** Mo L موليبدنوم | 43 Tc تكتنيوم | 44 Ru روثينيوم | 45 Rh روديوم | 46 Pd بلاديوم | 47 Ag فضة | 48 ** Cd L كادميوم | 49 In أنديوم | 50 ** Sn قصدير | 51 Sb أتيمون | 52 Te تليريوم | 53 ** I يود | 54 Xe زينون |
| 55 Cs سيزيوم | 56 Ba باريوم | 57 La لانثينوم | 72 Hf هافينيوم | 73 Ta تانتالوم | 74 W تنجستن | 75 Re رينيوم | 76 Os أوسميوم | 77 Ir أريديوم | 78 Pt بلاتين | 79 Au ذهب | 80 ** Hg زئبق | 81 Tl ثاليوم | 82 ** Pb رصاص | 83 Bi بزموث | 84 ** Po بولونيوم | 85 At أستاتين | 86 ** Rn رادون |
| 87 Fr فرانسيوم | 88 ** Ra راديوم | 89 Ac أكتينيوم | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 58 Ce سيريوم | 59 Pr براسوديميوم | 60 Nd نيوديميوم | 61 Pm بروميثيوم | 62 Sm ساماريوم | 63 Eu يروبيوم | 64 Gd جادولينيوم | 65 Tb تربيوم | 66 Dy ديسبروسيوم | 67 Ho هوليوم | 68 Er أربيوم | 69 Tm ثوليوم | 70 Yb يتربيوم | 71 Lu لوتيتيوم |
| 90 Th ثوريوم | 91 Pa بروتاكتينيوم | 92 ** U يورانيوم | 93 Np نبتونيوم | 94 ** Pu بلوتونيوم | 95 Am أمريكيوم | 96 Cm كوريوم | 97 Bk بركليوم | 98 Cf كاليفورنيوم | 99 Es أينيشتينيوم | 100 Fm فرميوم | 101 Md مندلفيوم | 102 No نوبليوم | 103 Lr لورنسيوم |

يمكن تصور الإلكترونات على أنها تدور في مدارات حول النواة مثلما تدور الأرض والكواكب الأخرى الجارة لها حول الشمس (الشكل أ.1ب). وعلى الرغم من أنّ هذا نموذج مقنع لتصور كيف تبدو الذرة، إلّا أنه مبسط جدًّا وغير دقيق من الناحية الرياضية، فالإلكترونات تترتب فعليًّا في مستويات طاقة أو طبقات صدفية أو محارية حول النواة (الشكل أ.1ج)؛ ولأنها مشحونة سالبة الشحنة، فهي الأقرب للنواة (المشحونة بالشحنة الموجبة)، ويكون ارتباطها أكبر من تلك البعيدة عن النواة في المدارات الخارجية.

على الرغم من أنّ الإلكترونات مشحونة بشحنة سالبة، فإن كتلتها قليلة جدًّا بالمقارنة بكتلة البروتونات والنيوترونات؛ ونتيجة لذلك، معظم كتلة الذرة تقريبًا تتركز في النواة.

يسمّى مجموع عدد النيوترونات والبروتونات في نواة الذرة بالوزن الذري؛ ولأن النيوترونات غير مشحونة، فتكون الذرة متعادلة كهربائيًّا عندما يتساوى عدد البروتونات مع عدد الإلكترونات، إلّا أنّ الذرات يمكن أن تكسب الإلكترونات غير المرتبطة أو تفقدها بصورة قوية في المدارات الخارجية، وتسمّى الذرة التي فقدت أو اكتسبت إلكترونات أيونًا، وإذا فقدت الذرة إلكترونًا، فإنها تصبح موجبة الشحنة، وتعرف بأيون موجب، على سبيل المثال: البوتاسيوم رمزه الكيميائي K، ويصبح $K^+$ بعد فقدانه لإلكترون واحد، أمّا إذا اكتسبت الذرة إلكترونات، فإنها تصبح سالبة الشحنة، وتسمى عندئذ أيونات سالبة، على سبيل المثال: الأكسجين رمزه الذري O يصبح $O^{-2}$ بعد أن يكتسب إلكترونين.

## النظائر ISOTOPES

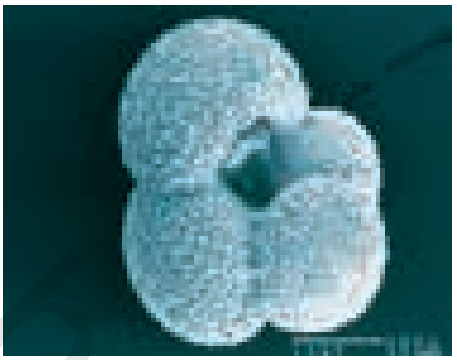
### ما النظير؟ What Is an Isotope?

ذرّات العنصر الواحد دائمًا لها العدد الذري نفسه، إلّا أنها تحتوي على عدد متباين من النيوترونات، وعليه، فإنها تحتوي على وزن ذري مختلف، خذ مثلًا الكربون $^{12}C_6$ 12 و $^{13}C_6$ 13، فذرات هذين النظيرين لها عدد ذري مقداره (6)، إلا أنّ وزنهما الذري 12 و13 على الترتيب. تكتب النظائر أحيانًا على صورة C-12، C-13. ومن بين الاثنين، فإن C-12 هو النظير الأكثر شيوعًا.

### النظائر مهمّة في دراسة البيئة، لماذا؟

### Why Are Isotopes Important in Studying the Environment?

يُعدّ تعلمنا الكثير من دراسة النظائر نصرًا علميًّا، فمثلًا بعض النظائر تسمّى نظائر مشعّة؛ لأنها غير مستقرة، وتتعرّض لتحلل نووي، وتتغيّر لحظيًّا، وتطلق إشعاعًا نوويًّا، وبعض العناصر الأخرى لها نظائر مستقرّة لا تتعرض إلى تحلل نووي، مثلًا: الأكسجين له نظيران مستقرّان $O_8^{18}$، $C_8^{16}$، حيث تعطي دراسة توافر هذين النظيرين للأكسجين في ماء البحر والثلج الجليدي (الماء المتجمّد) والكائنات البحرية الدقيقة المعروفة بالمنخربات (foraminifera)، دليلًا قويًّا على تغيّر المناخ عالميًّا، وعلى نسبة الثلج الجليدي في أوقات مختلفة من تاريخ الأرض (الشكل أ.2)، ويُعدّ نظير الأكسجين (16) أكثر خفة من النظير (18) بحيث إنه يتبخر تفاضليًّا مع الماء ($H_2O$) من المحيط. خلال أوقات توافر الثلج الجليدي على الأرض (اليابسة) كان المحيط فقيرًا نسبيًّا في الأكسجين (16) ما جعل المنخربات فقيرة في الأكسجين (16) الذي يوجد في المادة المعدنية المكونة لقواقعها أو أصدافها.



**الشكل (أ.2) المنخربات.** نوع من الحيوانات البلانكتونية (الطافية) مفيد في استخلاص معلومات عن نظير الأكسجين. عيّنة مأخوذة من رسوبيات قاع البحر. العرض قرابة (١,٠) ملم. (*Courtesy of Tessa Hill*)

تتوافر المنخربات بوصفها أحافير مع الرسوبيات التي تتراكم في قاع المحيط، فعندما تُجمّع أحافير المنخربات وتُؤرّخ، ويُحدّد نظيرا الأكسجين فيها، نستطيع أن نتنبّأ (infer) بمقدار الجليد الذي كان على الأرض، وفيما إذا كان المناخ دافئًا أو باردًا.

## كيمياء المعادن: المركبات

## MINERAL CHEMISTRY: COMPOUNDS

يُعرّف المعدن بأنه عنصر أو مركب كيميائي، ويجب أن:

1. **يتكوّن بصورة طبيعية**: يستثني هذا المتطلب المواد التي يصنعها الإنسان، مثل الألماس الصناعي.
2. **أن يكون صلبًا عادة**: يستثني هذا المتطلب معظم الموائع والغازات كلها.
3. أن تكون له صيغة كيميائية محددة.
4. **أن تكون له بنية بلورية مميّزة في معظم الأحيان**: على الرغم من أن بعض الجيولوجيين يطلبون أن تكون للمادة بنية بلورية، إلا أنّ تعريف المعدن عُدّل في منتصف التسعينيات ليشمل بعض الأجسام الصلبة غير البلورية، وحتى بعض السوائل مثل الزئبق.

يمكن أن تكون المعادن عناصر أو مركبات، وقد ناقشنا العناصر من قبل، أمّا المركب فهو مادة تتكوّن من عنصر أو أكثر يمكن تمثيله بصيغة كيميائية، مثل (PbS) أو كبريتيد الرصاص، وهو معدن الجالينا الموجود بصورة طبيعية الذي نعدنه للحصول على الرصاص، وهكذا يمكن أن تتكوّن المعادن، إما من عنصر واحد مثل معدن الماس الذي يتكوّن من الكربون، أو من عناصر عدة في مركب مثل معدن الجالينا، وكبريتيد الرصاص (PbS).

## المعادن والارتباط الكيميائي

## MINERALS AND CHEMICAL BONDING

الذرات التي تكوّن معدنًا ما ترتبط ببعضها ارتباطًا كيميائيًّا، ويتألف الربط من قوى تجاذب بين الذرات، وتشارك في الإلكترونات، أو كليهما. تحدد أنواع الروابط بعض الخصائص الفيزيائية الأساسية للمعادن، حيث تشرح جزئيًّا مثلًا، لِمَ أن للماس والجرافيت الصيغة الكيميائية نفسها من الكربون الحر بينما هما مختلفان.

Orbicon.com

هناك أربعة أنواع رئيسة من الروابط الكيميائية في المعادن، هي: تشاركية أو أيونية وقوى فان درفال وفلزية. فالروابط التشاركية تتكوّن عندما تتشارك الذرات بالإلكترونات، على سبيل المثال: الماس أحد أقسى المركبات على وجه الأرض، يتكوّن من ذرات كربون ترتبط ببعضها بروابط تشاركية الشكل (أ.3)، والماس بوصفه أحجارًا كريمة ذات بلورات واضحة وصلبة يستطيع الصاغة قطعها لتشكل أحجارًا كريمة جميلة ومرتفعة القيمة. تُعدّ الروابط التشاركية أكثر قوّة من الروابط الأيونية، التي تتكوّن بسبب التجاذب بين الأيونات الموجبة والأيونات السالبة، ويُعدّ التجاذب بين أيونات الصوديوم الموجبة والكلور السالبة مثالا على الرابطة الأيونية، ويؤدّي إلى تكوين كلوريد الصوديوم، وهو معدن الهاليت، أضف إلى ذلك أنّ المركبات ذات الروابط الأيونية قابلة للإذابة، وتذوب بسهولة في الماء أكثر من المركبات ذات الروابط التشاركية؛ لأنها نشطة كيميائيًّا وقادرة على الحركة في البيئة.

تشمل روابط فان درفال تجاذبًا ضعيفًا بين سلاسل أو صفائح أيونية، ترتبط هي نفسها بروابط أيونية أو تشاركية، فمعدن الجرافيت مثل الألماس يتكوّن من الكربون الخالص كما ذكر سابقًا، إلا أنّ التشابه ينتهي هنا، فالجرافيت لدن أسود، ويتكوّن من صفائح طرية من ذرات الكربون التي يمكن أن تنفصل عن بعضها بسهولة، والجرافيت هو الرصاص المستخدم في أقلام الكتابة، وهو مشحم جاف جيّد يُرش بوصفه غبارًا على أقفال الأبواب؛ لمساعدة أجزاء القفل على الحركة بسهولة. وأمّا الروابط الفلزية فتتكوّن بين ذرات الفلزات، فالذهب مثلًا يحتوي على روابط فلزية، وخصائصه تتجلى في مقدرته على توصيل التيار الكهربائي والصفائحية (قدرته على تكوين صفائح رقيقة مثل الورق) ناتجة عن الروابط الفلزية، حيث تتشارك الإلكترونات في الروابط الفلزية عن طريق ذرات الجسم الصلب كلها، وليس فقط عن طريق ذرات معينة كما هو الحال في الروابط التشاركية، أضف إلى ذلك أنّ بإمكان الإلكترونات السيلان أو التحرّك، ما يجعل الذهب موصلا ممتازًا للكهرباء، ومن السهل تحويله إلى صفيحة رقيقة؛ ونتيجة لذلك، فهناك طلب عالٍ على الذهب في المعالجات الإلكترونية.

عندما تتعلم عن الروابط الكيميائية في المعادن، تذكر أنك تتعامل مع موضوع معقّد، فالربط في المعادن قد لا يكون من نوع واحد، بل بخصائص من أنواع مختلفة؛ لذلك، قد يوجد في المعدن الواحد أكثر من نوع من الروابط أحيانًا.

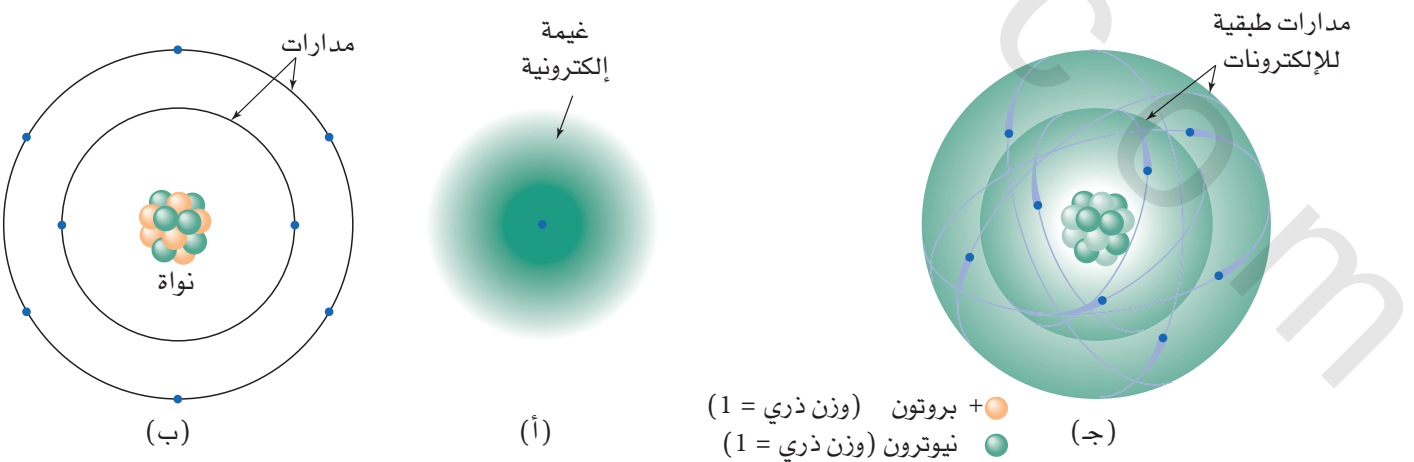
## البنية البلورية للمعادن
## CRYSTALLINE STRUCTURE OF MINERALS

عرفنا أنّ الروابط الكيميائية تربط ذرّات المعادن ببعضها، لنتفكر الآن في مصطلح بلوري، الذي يشير إلى الأنماط الهندسية المتكرّرة بانتظام للذرات الموجودة في معظم المعادن، أمّا الوحدة الأصغر لهذا النمط الهندسي في بلورة، فتسمى خلية الوحدة (unit cell)، وتتكوّن البلورة من تراكم خلايا وحدة متعدّدة، تحتوي البنية البلورية لمعدن معيّن عادة على تماثل معيّن يحدد الهيئة الخارجية للبلورة. يبين الشكل (أ.4) بعض الصور البلورية الشائعة لمعادن مختارة.

البنية البلورية الداخلية/ أو هيكل الهاليت مبينة في الشكل (أ.5أ). البنية عبارة عن مكعب تحتل أيونات الصوديوم رؤوسه، بينما تقع أيونات الكلور في مواقع متوسطة في الشبكة البلورية (Crystal lattice)، وهو الإطار أو الهيكل الذي يحدّد النمط الهندسي المنتظم للذرات في البلورة. لاحظ في الشكل ملحق (أ.5ب) والمرسوم بحسب مقياس نسبي، أنّ حجم أيونات الصوديوم نصف حجم أيونات الكلور تقريبًا، والطول على إحدى الحواف قرابة (0.56) نانومتر (نانومتر واحد: جزء من ألف مليون جزء)، فهذه المسافة قصيرة جدًّا لدرجة أنها تحتاج إلى تكبير مقداره مليون مرة تقريبًا؛ لتصبح في حجم حبّة الرمل أو رأس الدبوس.

## الخصائص المميزة للمعادن
## CHARACTERISTICS PROPERTIES OF MINERALS

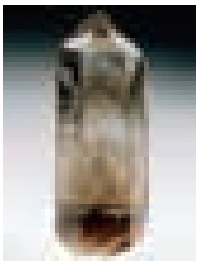
الخصائص المميزة لمعادن معينة، وتكون لها أحيانًا قيمة جمالية أو استعمال خاص عند الناس، على سبيل المثال: أعطى أهل العصر الحجري قيمة عالية لكل من زجاج الأوبسيديان البركاني الطبيعي والكوارتز ناعم الحبّات المسمّى (flint) في عمل بعض الأدوات، وقد جُمعت الأدوات الحجرية عالية النوعية، وتمّت التجارة بها بين القبائل المختلفة على مستوًى إقليمي، وبطريقة مشابهة عندما اكتشف الأمريكيون الأصليون النحاس الطبيعي في منطقة البحيرات العظمى، فقد عُدّ ذا قيمة لخصائصه الفلزية من بريق وصفائحية (سنناقش لاحقاً)، واستعمل لصناعة الأدوات وصياغة الجواهر.



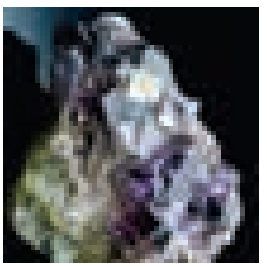

**الشكل (أ.3) الماس.** (أ) بلورة الماس. (J & L Weber/Peter Arnold, Inc.) (ب) شكل توضيحي لبنية الماس الداخلية، حيث تمثل الكرات ذرات كربون متصلة بعصي تمثل روابط تساهمية قوية.

obeikandi.com

(أ) مكعب
بلورة رباعية الأوجه،
من أمثلتها معادن
الهاليت والبيريت



(ب) هكساجون (سداسي)
بلورة لها (6) أوجه،
من أمثلتها معدن
الكوارتز



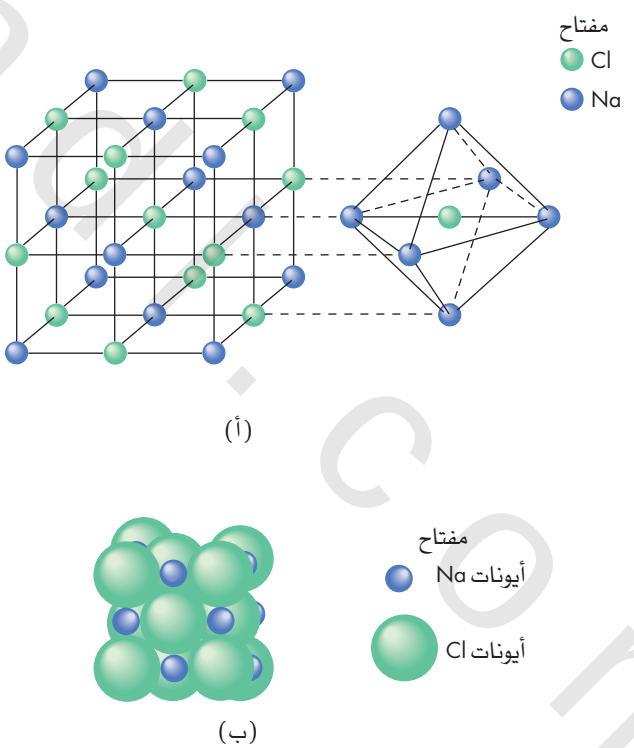
(جـ) أوكتاهيدرون (ثمانية أوجه)
بلورة لها (8) أوجه،
من أمثلتها معادن
الماس والفلوريت

(د) دوديكاهيدرون
بلورة لها (12) وجهًا،
من أمثلتها معدن
الجارنت

**الشكل (أ.4) أشكال البلورات.** الأشكال البلورية الشائعة لبعض المعادن المختارة.

a. Alfred Pasieka/SPL/Photo Researches, Inc. (b) Charles D. Winters/Photo Researchers, Inc. (c) Charles D. Winters/ Photo Researchers, Inc. (d) E. R. Degginger/Photo Researchers, Inc.

لقد أعطت كثير من الثقافات القديمة، إضافة إلى ثقافتنا قيمة عالية للأحجار الكريمة، مثل الياقوت الأحمر (rubies) والأصفر (Sapphires) لجمالهما، وقد كان الملح عبر التاريخ أحد أهم المعادن قيمة، وهو نفسه ملح الطعام الشائع المستخدم في موائد الطعام؛ لأن الحيوانات كلها بما فيها الإنسان تريد أن تبقى على قيد الحياة، وقد عُدن الهاليت، واستخلص من برك التبخير آلافًا عدّة من السنين، أضف إلى ذلك أنّ بعض أنواع المعادن الطينية ذات قيمة عالية؛ لأننا نستطيع تشكيلها في الكثير من الأواني المفيدة والأوعية والتماثيل، المدهونة بلون أسود، أو أحمر، أو برتقالي، والمصنوعة من معادن أخرى، وتُستعمل اليوم خصائص فيزيائية معينة لكثير من المعادن المختلفة في كل شيء، بدءًا من الخزف إلى الإلكترونيات واستخلاص الفلزات والزراعة والصياغة الفردية (الشخصية). لنلقِ الآن نظرة أقرب على خصائص المعادن.




**الشكل (أ.5) البنية البلورية.** (أ) بنية كلوريد الصوديوم تبين ترتيب (6) أيونات موجبة من الصوديوم حول أيون كلور سالب. (ب) البنية نفسها، لكن الأيونات مرسومة وفق احجامها النسبية.

*(After Gribble, C. D., ed., 1988, Rutley's Elements of Mineralogy, 27 th ed. Boston, Unwin Hyman)*

## التعرّف إلى المعادن

## IDENTIFYING MINERALS

تعرّف المعادن من العيّنات اليدوية خليط من معرفة الأنماط، إضافة إلى اختبار لبعض الخصائص أو المميزات للمعادن، وتشمل: اللون والكثافة والانفصام والهيئة البلورية والتشقق والصلابة والبريق والخصائص المميزة الأخرى، التي تحدّد نوعًا واحدًا من المعادن أو مجموعة من المعادن.

obeikandl.com

## اللون COLOR

يمكن أن يكون لون المعدن مضللًا؛ لأن لبعض المعادن ألوانًا عدة، وكذلك قد يكون لأكثر من معدن اللون نفسه. فبحسب الشوائب الموجودة، يمكن أن يكون الكوارتز (المرو) شفافًا أو زهريًّا أو أصفر أو أسود مدخّنًا، وعند حكّ المعدن بقطعه من بلاط الخزف أو صفيحة المخدش، فإنّ لون مسحوق المعدن الناتج يمكن الاعتماد عليه بصورة أكبر، وقد يكون معدن الهيماتيت أسود شاحبًا أو مشعًا أو غامقًا أو فضيًّا، لكن مخدشه أحمر دائماً.

## الكثافة النسبية SPECIFIC GRAVITY

هي كثافة المعدن بالنسبة إلى كثافة الماء، حيث تتراوح الكثافة النسبية للمعادن من (2.2) للهاليت إلى (19.3) للذهب، وتتراوح الكثافة النسبية لمعظم المعادن بين (2.5 و4.5)، ففي الممارسة العملية تُمسك عيّنة المعدن باليد، وتقدر فيما إذا كانت خفيفة، أم متوسطة أم ثقيلة.

## الانفصام CLEAVAGE

طريقة انفصال المعدن على طول مستويات الضعف، وهذه تتحدّد بالبنية البلورية الداخلية وأنواع الروابط الكيميائية في المعدن، أمّا أنواع الانفصام الشائعة، فهي مبيّنة في الشكل (أ6.).

## الشكل البلوري CRYSTAL FORM

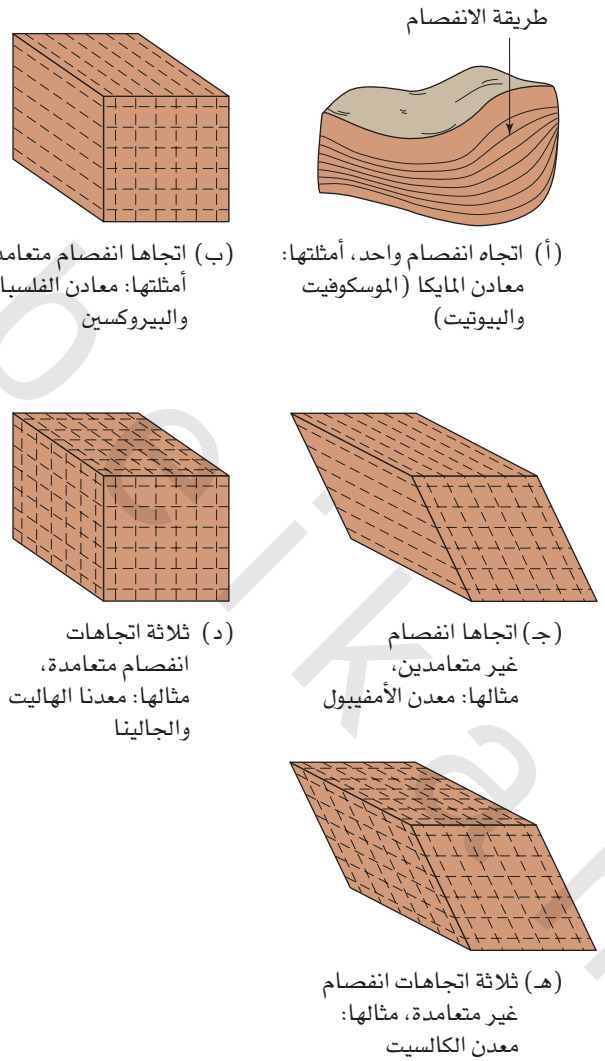
أيضًا خاصية مميزة ومفيدة في تعرّف المعادن (انظر الشكل أ. 5)، على سبيل المثال: بلورات الكوارتز $SiO_2$ المدبّبة سداسية الأوجه بغض النظر عن لون عيّناتها، وهذه خاصية مميزة، وكذلك البلورات المكعّبة لمعدن البيريت ($FeS_2$).

## المكسر FRACTURE

الطريقة التي ينكسر بها المعدن أو يتشقق قد تكون مميزة له أيضًا، حيث تشمل المصطلحات التي تصف التشقق كلًّا من: الكتلي، المتشظي، الليفي، أو المحاري الذي يعني أنّ المادة تتشقق مثل الزجاج، وتكون عادة على صورة أسطح منحنية تبدو نوعًا ما مثل الصدفة.

## الصلابة HARDNESS

تتحدّد الصلابة النسبية للمعادن باستخدام مقياس اقترحه عالم المعادن النمساوي فردريك موهس، ويتراوح المقياس بين (1 و10)، حيث (1) صلابة معدن الطلق (Talc)، وهو الأكثر طراوة أو الأقل صلابة، و (10) هي صلابة الماس (Diamond)، وهو المعدن الأكثر صلابة، (الجدول أ.2). زيادة رقمية مقدارها وحدة في المقياس لا تكافئ زيادة متساوية في الصلابة. الشكل (أ.6) يبيّن بعض الأنواع الشائعة من الانفصام مع بعض الأمثلة المعدنية، حيث تُحدَّد صلابة معدن ما بسلسلة اختبارات باستعمال




**الشكل (أ.6) بعض أنواع الانفصام الشائعة مع أمثلة عليها من المعادن.** الانفصام باستثناء المايكا (خطوط مستمرة)، مبيّن بخطوط متقطعة: (أ) هناك انفصام ذو اتجاه واحد في المايكا، التي عندما تنكسر تكون بصورة صفائح. (ب) الفلسبار والبيروكسين فيهما انفصام في اتجاهين وكسّارات قائمة الزاوية تقريبًا. (جـ) الأمفيبول فيه انفصام في اتجاهين غير متعامدين. (د) الهاليت والجالينا فيهما ثلاثة اتجاهات انفصام متعامدة، وتنكسر بقطع قائمة الزوايا تقريبًا. (هـ) الكالسيت أيضًا فيه ثلاثة اتجاهات انفصام غير متعامدة، وينكسر على صورة قطع معينية.

مقياس صلابة موهس، ومحاولة خدش عيّنة معدن غير معروف الصلابة بسكين (صلابتها 5.5) ينبئك إن كان معدنك المجهول أقسى أو أطرى من (5.5) على مقياس موهس، ثم باستخدام معادن أو مواد أخرى تستطيع تحديد الصلابة/ القساوة النسبية لعيّنة المعدن المجهول.

## اللمعان/ البريق LUSTER

يشير اللمعان إلى الطريقة التي ينعكس بها الضوء عن المعدن، فبعض المعادن لها لمعان فلزي وانعكاسية عالية، والمعادن الأخرى نصف شفافة أو شفافة بالنسبة إلى الضوء ولمعان غير فلزي، وبعض المعادن لها أكثر من نوع من اللمعان، فمثلا: بعض عيّنات الجرافيت لها لمعان فلزي، بينما

openkandi.com

**الجدول (أ.2): مقياس صلابة موهس**

| | الصلابة النسبية | المعدن | ملاحظات | صلابة المواد الشائعة |
|---|---|---|---|---|
| أكثر طراوة | 1 | طلق | أكثر المعادن طراوة، يستخدم في عمل المساحيق | الجرافيت رصاص الأقلام (1–2)<br>ظفر الإصبع (2.5)<br>عملة نحاسية (3)<br>حدّ سكين، زجاج (6)<br>مبرّد فولاذي (6.5) |
| | 2 | جص | يستخدم في عمل ألواح الجدران | |
| | 3 | كالسيت | المعدن الرئيس في صخر الرخام | |
| | 4 | فلوريت | يُعدّن من أجل الفلور، يستخدم في الزجاج والطلاء | |
| | 5 | أباتيت | طلاء لأسنانك | |
| | 6 | أورثوكليس | معدن شائع مكوّن للصخور | |
| | 7 | كوارتز | الأرجواني حجر كريم (أميثيست)، حجر الميلاد لشهر فبراير | |
| | 8 | توباز | حجر كريم عندما يكون شفافًا، حجر الميلاد لشهر نوفمبر | |
| أقسى | 9 | كورندم | الأحمر حجر الياقوت حجر الميلاد لشهر يوليو، الأزرق الصفير حجر الميلاد لشهر سبتمبر | |
| | 10 | الماس | أقسى معدن معروف، أحجاره الكريمة شديدة اللمعان | |

ملاحظة: المقياس نسبي وزيادة وحدة في رقم الصلابة لا تمثل زيادة متساوية فيها.

عيّناته الأخرى بريقها غير فلزي، وتشمل المصطلحات المستخدمة في وصف اللمعان كلًّا من: اللؤلؤي (pearly)، والشحمي (greasy)، والترابي (earthy).

يحتوي الجدول (أ.3) على قائمة لبعض المعادن الشائعة وخصائصها. دليل تعرّف المعادن (أ.4) قد يساعدك على التحديد الفعلي للمعادن. في الجدول (أ.4)، قرّر فيما إذا كان بريق المعدن فلزيًّا أم غير فلزي، والخطوة الثانية تحديد الصلابة/ القساوة النسبية، أما الخطوة الثالثة، فهي تحديد فيما إذا كان المعدن يحتوي على انفصام أم لا، والخطوة الرابعة استعمال خصائص مميزة تساعد على التحديد النهائي للمعدن.

من المهم ملاحظة أن عملية التمييز الفعلي الحقلي أو المخبري باستخدام عيّنات صغيرة، وربما بالاستعانة بالعدسة اليدوية لتحديد الانفصام والخصائص الأخرى، ما هي إلّا تمرين على معرفة الأنماط المختلفة.

بعد أن تكون قد اطلعت على عدد من المعادن على امتداد فترة من الزمن، وتعلمت كيف تتغيّر المعادن، ستصبح محترفًا أكثر في تمييز عيّنة معدنية محدّدة، وعندما يكون التمييز الإيجابي ضروريًّا، يستخدم علماء المعادن أجهزة معقّدة في تحديد التركيب الكيميائي والبنية الداخلية؛ لمساعدتهم على تمييز المعادن.

## المراجع REFERENCES


1. **Gribble, C. D.**, ed. 1988. *Rutley's Elements of Mineralogy*, 27th ed. Boston: Unwin Hyman.
2. **Davidson, J. P., Reed, W. E., and Davis, P. M.** 1997. *Exploring Earth*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
3. **Nickel, E. H.** 1995. Definition of a Mineral. *Mineralogical Magazine* 59:767–68.


obeikandl.com

**الجدول (أ.3): خصائص بعض المعادن الشائعة المختارة وأهميتها البيئية.**

| المجموعة المعدنية | المعدن | الصيغة الكيميائية | اللون | الصلابة | مميزات أخرى | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|---|
| سليكات | فلسبار بلاجيوكليس | $(Na, Ca)\ AlSi_3O_8$ | عادة أبيض-رمادي، وقد يكون بألوان أخرى | 6 | مجموعتان متعامدتان من الانفصام الجيد، تحززات على أحد أسطح الانفصام | أحد أكثر المعادن المكوّنة للصخور شيوعًا، مجموعة من الفلسبار الغنية بالصوديوم-الكالسيوم، معادن مهمّة صناعيًّا |
| | فلسبار قلوي | $(Na, K)\ AlSi_3O_8$ | رمادي، أبيض-وردي | 6 | مجموعتان متعامدتان من الانفصام الجيد، شفاف- قاتم، لمعان زجاجي، حكاكة بيضاء | أحد أكثر المعادن المكوّنة للصخور شيوعًا، أورثوكليس: الفلسبار القلوي الغني بالبوتاسيوم، يستعمل لصناعة الخزف وكثير من العمليات الصناعية |
| | كوارتز (مرو) | $SiO_2$ | شفاف-أبيض، رمادي، بنفسجي، ألوان أخرى (بحسب الشوائب) | 7 | أحيانًا على صورة بلورات سداسية الأوجه، مكسّر محاري | معدن شائع جدًّا، مكوّن للصخور، مقاوم لمعظم أنواع التجوية، مادة تقلل درجة حرارة الصهر، يستخدم بوصفه مادة حاكة، الكوارتز الملون (الدخاني والأنواع الأخرى) يشكل أحجارًا نصف كريمة |
| | بيروكسين | $(Ca, Mg, Fe)\ Si_2O_6$ | عادة أخضر – أسود | 6-5 | بلوراته قصيرة وعريضة نسبيًّا، مجموعتان متعامدتان من الانفصام | مجموعة مهمّة من المعادن المكوّنة للصخور، شائع الوجود خصوصًا في الصخور، يتجوّى بسرعة، مصدر تجاري مهم للإسبست، عندما يكون متبلورًا، يكون كتلة من الألياف التي يسهل فصلها عن بعضها |
| | أمفيبول | $(Na,Ca)\ (Mg, Al,Fe)\ 5Si_{22}\ O_{22}\ (OH)_2$ | عادة أخضر فاتح إلى أسود | 6-5 | يتميز عن البيروكسين بزاوية الانفصام (120°)، نوعية الانفصام واللمعان أفضل من تلك في البيروكسين | معدن مهم مكوّن للصخور خصوصًا المتحوّلة منها، غير مقاوم للتجوية نسبيًّا |
| | أوليفين | $(Mg, Fe)\ 2SiO_4$ | عادة أخضر، أحيانًا أصفر | 7-6,5 | لمعان زجاجي عادة، يخلو من الانفصام | معدن مهم مكوّن للصخور خصوصًا المتحوّلة منها، غير مقاوم للتجوية الكيميائية نسبيًّا |
| | المعادن الطينية | سيليكات ألومينية مائية متعددة فيها عناصر، مثل: $Ca, Na, Fe, Mg$ | أبيض عادة، وألوان أخرى بحسب الشوائب | 2-1 | تتوافر عادة بوصفها كتلًا ترابية طرية، حبيباتها ناعمة جدًّا، رائحتها مثل رائحة الأرض الممطورة عندما تكون مبتلة، صعبة التمييز في العينة اليدوية | المعادن الطينية مهمّة جدًّا بيئيًّا، استعمالاتها الحالية كثيرة، التربة الغنية بالطين تعاني كثيرًا من المشكلات الهندسية |

**الجدول (أ.3): تتمة.**

| المجموعة المعدنية | المعدن | الصيغة الكيميائية | اللون | الصلابة | مميزات أخرى | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|---|
| سليكات | بيوتيت (الميكا السوداء) | $K(Mg,Fe)_3AlSi_3O_{10}(OH)_2$ | أسود- بني غامق | 2,5-3 | عندما ينكسر ينفصل إلى صفائح متوازية نتيجة الانفصام الممتاز في اتجاه واحد فيه | معدن مهمّ مكوّن للصخور خصوصًا النارية والمتحوّلة |
| | موسكوفيت (الميكا البيضاء) | $KAl_2(AlSi_3)O_{10}(OH)_2$ | لا لون له – رمادي فاتح أو حتى بني (إذا كان سُمك العيّنة بضعة مليمترات) | 2-3 | عندما ينكسر ينفصل إلى صفائح متوازية نتيجة الانفصام الممتاز في اتجاه واحد فيه | معدن مهمّ مكوّن للصخور خصوصًا النارية والمتحوّلة، استعمالات متعددة مثل مواد صناعية للأسقف وفي الدهانات والمطاط |
| كربونات | كالسيت | $CaCO_3$ | لا لون له، ألوان عدّة بحسب الشوائب | 3 | يتفاعل مع حمض الكلوردريك بشدّة منتجًا فقاعات، ينكسر أحيانًا إلى معينات مميزة؛ بسبب مجموعتي الانفصام اللتين تصنعان زاوية 78°، انعكاس ثنائي في العينات الشفافة: نقطة على سطح ورقة تظهر نقطتين إذا تمّ النظر إليها من خلال بلورة المعدن | المكون الأساسي للحجر الجيري (رسوبي) والرخام (متحوّل)، له ارتباط بمشكلات بيئية عدة مثل الحفر الغائرة، يتجوّى كيميائيًّا بسرعة، يستعمل كثيرًا من العمليات الصناعية، مثل: الأسفلت، والأسمدة، ومبيدات الحشرات، والبلاستيك |
| | دولوميت | $CaMg(CO_3)_2$ | أبيض عادة، ملوّن أحيانًا مثل بني فاتح-وردي | 3,5-4 | عندما يطحن إلى مسحوق يتفاعل ببطء مع حمض الكلوردريك، مجموعتا انفصام بزاوية 78°، شفاف إلى نصف شفاف، لمعان زجاجي إلى لؤلؤي | معدن شائع في صخر الدولوميت والحجر الجيري الدولوميتي (صخران رسوبيان) |
| | مالاكيت | $CuCO_3\,CuOH_2$ | أخضر لامع- زمردي، أخضر غامق | 3,5-4 | يتفاعل ببطء مع حمض الكلوردريك المخفف، يحوّل لون محلول الحمض إلى اللون الأخضر، أحيانًا بنية دائرية من أشرطة متعاقبة فاتحة وداكنة | حجر زينة، يستعمل لصناعة المجوهرات، خام للنحاس |
| أكاسيد | هيماتيت | $Fe_2O_3$ | درجات من البني المحمر- أحمر- رمادي غامق | 5,5- 6,5 | حكاكته لونها أحمر غامق | معدن شائع، موجود بكميات قليلة في الصخور النارية خصوصًا البازلت |
| | ماجنيتيت | $Fe_3O_4$ | أسود | 6 | مغناطيسي | أهمّ خامات الحديد |

**الجدول (أ.3): تتمة.**

| المجموعة المعدنية | المعدن | الصيغة الكيميائية | اللون | الصلابة | مميزات أخرى | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|---|
| أكاسيد | بوكسيت | أكاسيد ألمونيوم مائية | أصفر، بني رمادي، أبيض | 3–1 | بريق ترابي، كتل ترابية، الحكاكة لا لون لها | معدن أوّلي للألمنيوم، ينتج عن التجوية الشديدة للصخور في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية |
| | ليمونيت | أكسيد حديد مائي مع القليل من العناصر الأخرى | أصفر- بني مصفر، أسود | 5.5–1 | كتل ترابية أو على صورة قشور أحيانًا | الليمونيت مصطلح يصف مجموعة أكاسيد مائية ناعمة الحبيبات، يتكوّن أحيانًا من التجوية الكيميائية للمعادن الحديدية، يوجد على صورة صدأ |
| كبريتيدات | بيريت | $FeS_2$ | عادة أصفر نحاسي يغمق إلى البني | 6.5–6 | أحيانًا على صورة مكعبات جيدة التبلور محزّزة الأسطح | يستخدم في إنتاج حمض الكبريتيك، مشهور أكثر في إضافة محتوًى كبريتي للفحم، يسهم في تكون المياه الغنية بالأحماض التي تنتج عن تجوية المعدن |
| | كالكوبيريت | $CuFeS_2$ | غامق- نحاسي للأصفر، يغمق إلى أغشية ملونة حمراء- زهرية مزرقة | 4–3.5 | يتكسر بسهولة، حكاكة سوداء مخضرة، لا يوجد فيه انفصام | خام مهمّ للنحاس يرافق أحيانًا خامات الذهب والفضة |
| | جالينا | PbS | رمادي فضي | 2.5 | حكاكة رمادية إلى سوداء، كثافة عالية، لمعان فلزي | خام أوّلي للرصاص |
| كبريتات | جص | $CaSO_4\,2H_2O$ | بلا لون إلى أبيض، يتلوّن بحسب الشوائب | 2 | أحيانًا شفافة- قاتمة، مجموعة انفصام مثالية، كتل ترابية لكن قد يشكل بلورات ليفية | استعمالات صناعية متعددة: جص باريس، الأسمدة، تقلل درجة الانصهار في صناعة الخزف |
| | أنهيدريت | $CaSO_4$ | عادة أبيض أو بلا لون | 3.5–3 | عادة ركام ناعم كتلي، نصف شفاف-شفاف، حكاكة لا لون لها | يستعمل لإنتاج حمض الكبريتيك، مادة مالئة في الورق، حجر زينة أحيانًا |
| هاليدات | فلوريت | $CaF_2$ | ألوان متباينة: زهرية، صفراء، بيضاء، خضراء | 4 | كتليّ عادة لكن أحيانًا بلورات مكعبة، أربع مجموعات انفصام مثالية | استعمالات صناعية متعددة منها: تقليل حرارة صهر الفلزات، بعض أنواع العدسات، إنتاج حمض الكلوردريك |
| | هاليت | NaCl | لا لون له، يتلوّن بحسب الشوائب | 2.5–2 | طعمه مالح، بلورات مكعبة ناتجة عن وجود ثلاث مجموعات انفصام مثالية | ملح الطعام الشائع، يرش على الشوارع المتجمّدة في الشتاء، قد يلوّث الماء، مخزن مقترح للنفايات النووية |

**الجدول (أ.3): تتمة.**

| المجموعة المعدنية | المعدن | الصيغة الكيميائية | اللون | الصلابة | مميزات أخرى | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|---|
| عناصر طبيعية | ذهب | Au | أصفر ذهبي | 2.5 – 3 | بلورات (نادرة)، كثافة عالية جدًّا، مطالية عالية، قابل للطرق | معيار للنقود (استعمال أساسي)، في الصياغة وإنتاج رقائق الكمبيوتر |
| | ماس | C | عادة لا لون له، لكن يمكن أن يتوافر بدرجات متعددة من الأصفر والأزرق | 10 | يُقصّ لتوضيح بريقه اللامع | يستخدم في إنتاج المواد الحاكة الصناعية والجواهر |
| | جراقيت | C | أسود- رمادي | 1–2 | كتل متورقة أحيانًا، حكاكة سوداء، يعلم على الورق، الرصاص في أقلام الرصاص | استعمالات صناعية منها: مواد تزييت وتشحيم، صبغات، الرصاص في أقلام الرصاص |
| | كبريت | S | أصفر عندما يكون نقيًّا، بني-أسود من الشوائب | 1.5–2.5 | رائحة كبريت مميزة | منتج ثانوي في الصناعة النفطية، إنتاج حمض الكبريتيك أحيانًا |

ملاحظة: المقياس نسبي، وزيادة وحدة واحدة في الصلابة لا تمثل زيادة متساوية فيها.

المصدر:

*Modified after Davidson, J. P., Reed. W.E., and Davis, P. M., 1997. Exploring Earth. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall; and Birchfield, B. C., Foster, R. J., Keller, E. A.Melhom, W. N., Brookins, D. G., Mintt, L. W. and Thurman, H. V.1982. Physical Geology, Columbus, OH: Charles E. Merril.*

**الجدول (أ.4): مفتاح للمساعدة على تعرّف المعادن، لاستعمال هذا الجدول (1)، قرر هل أن بريق المعدن فلزي أو لافلزي. وإن كان لا فلزيًا، فقرر إن كان فاتح اللون أم غامقًا. (2) استعن بسكين لتقرّر إن كانت عيّنة المعدن أكثر صلابة أم أكثر طراوة منه. (3) ابحث عن دليل لوجود الانفصام. (4) قارن خصائص عيّناتك بالخصائص الأخرى المبينة هنا، واستخدم الجدول (أ.2) في تعرّف المعدن بصورة نهائية.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| بريق لافلزي فاتح اللون | لا يخدشه حد السكين قاسٍ | انفصام فيه | أبيض- لحمي، مجموعتا انفصام متعامدتان تقريبًا، الصلابة (6)، تبين وجود عروق منتظمة وبيرثيت | أورثوكليس (فلسبار بوتاسي) |
| | | | أبيض-أخضر رمادي، مجموعتا انفصام متعامدتان تقريبًا، الصلابة (6)، خطوط على أسطح الانفصام | بلاجيوكليس |
| | | انفصام بلا | أبيض، واضح، أو أيّ لون، لمعان زجاجي، شفاف- نصف شفاف، بلورات سداسية الأوجه، الصلابة (7)، مكسر محاري | كوارتز |
| | | | درجات متفاوتة بين الأخضر والأصفر، لمعان زجاجي، كتل حبيبية وبلورات في الصخور، الصلابة (6.5-7)، إلّا أنّ الصلابة الفعلية قد تكون أقل كثيرًا | أوليفين |
| | يخدشه حد السكين طري | انفصام فيه | أبيض- من غير لون، طعم مالح، (3) مجموعات انفصام مثالية تكون قطعًا مكعبة، الصلابة (2-2.5) | هاليت |
| | | | أبيض- أصفر- من غير لون، (3) مجموعات انفصام مثالية تكون قطعًا معينية، الصلابة (3)، يتفاعل مع حمض الكلولردريك المخفف | كالسيت |
| | | | وردي- من غير لون-أبيض- قاتم، انفصام معيني، الصلابة (3.5-4)، مسحوقه يتفاعل مع حمض الكلولردريك المخفف | دولوميت |
| | | | أبيض- شفاف، مجموعة انفصام مثالية واحدة، الصلابة (2) | جص |
| | | | أخضر- أبيض، ملمس صابوني، مجموعة انفصام واحدة، الصلابة (1) | طلق |
| | | | بلا لون- أصفر أو أخضر فاتح، شفاف، صفائح رقيقة مرنة جدًّا، مجموعة انفصام مثالية واحدة، الصلابة (2-3)، مايكا بيضاء | موسكوفيت |
| | | | أخضر- أبيض، ليفي، فيه انفصام، قد يشكل عروقًا | إسبست |
| | | انفصام بلا | أخضر- أبيض، ملمس صابوني، الصلابة (1) | طلق |
| | | | أبيض- شفاف، الصلابة (2) | جص |
| | | | أصفر- مخضر، لمعان صمغي، الصلابة (2.5 – 1.5) | كبريت |

obeikandi.com

**الجدول (أ.4): تتمة.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| لمعان لافلزي قاتم اللون | صلب لا يمكن خدشه بالسكين | فيه انفصام | أسود- أخضر غامق، مجموعتا انفصام متعامدتان، الصلابة (5-6) | بيروكسين |
| | | | أسود- أخضر غامق، مجموعتا انفصام بزاوية (120°)، الصلابة (5-6) | أمفيبول |
| | | بلا انفصام | درجات متفاوتة بين الأخضر والأصفر، لمعان زجاجي، كتل حبيبية وبلورات في الصخور، الصلابة (7 – 6.5)، القساوة الفعلية أقل كثيرًا | أوليفين |
| | | | أبيض-واضح، أو أي لون، لمعان زجاجي، شفاف-نصف شفاف، بلورات سداسية الأوجه، الصلابة 7، مكسر محاري | كوارتز |
| | | | أحمر- بني، حكاكة حمراء، مظهر ترابي، الصلابة (6.5 – 5.5)، القساوة الفعلية يمكن أن تكون أقل كثيرًا | هيماتيت |
| | طري يمكن خدشه بالسكين | فيه انفصام | بني- أسود، مجموعة انفصام في اتجاه واحد، الصلابة (3 – 2.5) (الميكا السوداء) | بيوتيت |
| | | | درجات متفاوتة من الأخضر، انفصام في اتجاه واحد، الصلابة (2.5 – 2) (الميكا الخضراء) | كلوريت |
| | | بلا انفصام | أحمر- بني، حكاكة حمراء، مظهر ترابي، الصلابة (6.5 – 5.5)، القساوة الفعلية يمكن أن تكون أقل كثيرًا | هيماتيت |
| | | | أسود بلون قلم الرصاص، يوسخ اليدين، الصلابة (2 – 1)، مجموعة واحدة من الانفصام واضحة في البلورات الكبيرة | جرافيت |
| | | | أصفر، بني، بني غامق، أسود تقريبًا، الحكاكة صفراء إلى بنية، ترابي، القساوة (5.5 – 1) (طري عادة) | ليمونيت |
| لمعان فلزي | | | أسود، قوي المغناطيسية، الصلابة (6) | ماجنيتيت |
| | | | أسود بلون قلم الرصاص، يوسخ اليدين، الصلابة (2 – 1)، مجموعة واحدة من الانفصام واضحة في البلورات الكبيرة | جرافيت |
| | | | أصفر نحاسي، حكاكة سوداء، بلورات مكعبة، مع تحززات، الصلابة (6.5 – 6) | بايريت |
| | | | أصفر نحاسي-ألوان غامقة، حكاكة سوداء، الصلابة (4 – 3.5) | كالكوبيريت |
| | | | لامع-رمادي، حكاكة سوداء، ثقيل جدًّا، انفصام مكعب، الصلابة (2.5) | جالينا |

المصدر

*Birchfield, B. C., Foster, R. J., Keller, E. A.Melhom, W. N., Brookins, D. G., Mintt, L. W. and Thurman, H. V.1982. Physical Geology, Columbus, OH: Charles E. Merril.*

obeikandl.com

obeikandl.com

# الملحق ب APPENDIX B
# الصخور ROCKS

قلنا في الفصل الثاني: إنّ الصخر تجمّع لمعدن أو أكثر من المعادن، وهذا هو التعريف الأكثر استعمالًا في التمرينات الجيولوجية الروتينية، أمّا علم المصطلح في الجيولوجيا البيئية، فيختلف نوعًا ما، فنحن معنيون في الجيولوجيا البيئية بصورة رئيسة بالخصائص التي تؤثر في التصميم الهندسي والمسائل البيئية، ويُحتفظ في الجيولوجيا البيئية والهندسية بمصطلح صخر للمواد الأرضية، التي لا يمكن تحريكها من مكانها دون أن تنسف باستعمال المتفجرات، مثل الديناميت، فالمواد الأرضية التي يمكن تحريكها باستخدام أدوات إزالة التربة الاعتيادية مثل الشبل أو الجرافة تسمى تربة، وعليه، فإن حجرًا رمليًّا مفتّتًا أو قليل التراص أو الالتحام يمكن أن يُعدّ تربة، بينما يُعدّ الطين المرصوص جيّدًا صخرًا، هذا التصنيف العملي ينقل إلى المخططين معلومات أكثر فائدة من المصطلحات الاعتيادية أو الروتينية، حيث يفترض المتعهد أنّ المادة الموصوفة بالطين تربة، وقد يتقدّم بعطاء منخفض القيمة لأعمال الإزالة والنقل اعتمادًا على أنّ المادة يمكن إزالتها دون اللجوء إلى التفجير، إلّا أنه إذا ثبت أنّ الطين مرصوص جيّدًا، فقد يتعيّن اللجوء إلى التفجير، وهو خيار أكثر كلفة؛ لذا، فإنّ إجراء التحري الأولي وتحذير المتعهد قبل تقدّمه للعطاء، بأن الطين يتعيّن أن يُعدّ صخرًا، يجنب الوقوع في مثل هذا الخطأ. (التربة وخصائصها تمّ التطرق إليها بالتفصيل في الفصل الثالث).

## تمييز الصخور IDENTIFYING ROCKS

تتكوّن الصخور من معادن، بعضها من معدن واحد ومعظمها من معادن عدّة، ومثلما هو الحال بالنسبة إلى المعادن، فإن تمييز الصخور من العينة اليدوية، هو بصورة رئيسة تمرين على تعرّف الأنماط المختلفة، إلّا أن هناك بعض التلميحات المفيدة التي يمكن أن تساعدك، فالمهمة الأولى هي تقرير فيما إذا كان الصخر ناريًّا أم رسوبيًّا أم متحولا، وهذا القرار في بعض الأحيان ليس سهلًا مثلما تعتقد؛ إذ يصعب تحديد أنواع الصخور ناعمة الحبيبات، وتُعدّ العينة ناعمة الحبيبات إذا لم تستطع تمييز معادنها المكوّنة لها بالعين المجردة، وينصح باستخدام زجاجة مكبرة أو عدسة يدوية لتساعدك على تقييم خصائص المعادن والصخور، وهذه بعض القواعد العامة التي ستساعدك على بدء هذه العملية: (1) إذا كانت العيّنة مكوّنة من قطع من صخور أخرى، فالاحتمال الأكبر أن تكون رسوبية. (2) إذا كانت العيّنة متورّقة (خاصة تسمّى أحيانًا انفصام الصخر تنتج عن ترتيب المعادن بصورة متوازية) فهي متحولة. (3) إذا كانت بلورات المعادن المكوّنة خشنة نسبيًّا، وهذا يعني أنك تستطيع أن تراها بالعين المجردة أو بعدسة يدوية بسهولة، والبلورات متداخلة وتتكوّن من معادن مثل الكوارتز والفلسبار، فيحتمل أن تكون صخرًا ناريًّا جوفيًّا. (4) إذا كان الصخر في معظمه ناعم الحبّات، لكنه يحتوي على بعض البلورات الكبيرة، فيحتمل أن يكون الصخر ناريًّا سطحيًّا أو خارجيًّا. (5) إذا كان الصخر ناعمًا نسبيًّا، وينتج فقاعات عند تفاعله مع حمض الكلوردريك المخفف، فيحتمل أن يكون صخرًا جيريًّا أو رخامًا متحوّلًا. (6) إذا كان الصخر طريًّا نسبيًّا وعالي التجوية، أو قد تعرّض للتحلل أو الفساد، مثلما كثير من الصخور في الطبيعة، فستواجه مشكلة في تعرّفه.

## قوة أنواع الصخور الشائعة
## STRENGTH OF COMMON ROCK TYPES

قوة الصخر يعبر عنها من خلال قوّته الضغطية، وهو الضغط الذي يتم تسليطه ميكانيكيًّا في ماكينة تشبه القبضة (Vise) بوصفها وحدة قوة لكل وحدة مساحة، وهي في النظام المتري نيوتن لكل متر مربع. مديات قوة الضغط للصخور الشائعة مبينة في الجدول (ب.1).

## الخصائص الفيزيائية للصخور
## PHYSICAL PROPERTIES OF ROCKS

تشمل الخصائص الفيزيائية للصخور اللون، والكثافة النسبية، والصلابة البينية، والمسامية، والنفاذية، والنسيج، والقوة.

### اللون Color

يتغير لون الصخر اعتمادًا على المعادن الموجودة وكمية التجوية التي تعرضت لها، فالصخور في بيئاتها الطبيعية ألوانها درجات متفاوتة من اللون الرمادي الفاتح إلى البني إلى الأسود. وفي بعض الأحيان على سطحها صبغات خطية سوداء- برتقالية ناتجة عن أكاسيد الحديد.

### الكثافة النسبية والصلابة النسبية
### Specific Gravity and Relative Hardness

ينطبق التعريف نفسه الذي أعطيناه للكثافة النسبية في المعادن على الصخور، ويشير إلى وزن الصخر بالنسبة إلى وزن الماء، فبعض الصخور أخف من الماء، وعليه، فإنها تطفو على سطح الماء مثل صخر الخفاف (Pumice)، وهو صخر بركاني فاتح اللون يتميز بوجود ألـ (Vesicles) أو الفجوات، حيث تصبح الصخور أثقل عندما تزداد المعادن الفيرومغنيسية في الصخر، ولا يوجد مقياس نسبي لصلابة الصخر كما هو الحال بالنسبة إلى مقياس موهس للمعادن، فيمكنك أن تكسر الصخور الطرية بأصابعك، بينما تحتاج إلى مطرقة كبيرة (مهدّة) لكسر الصخور القوية.

### المسامية والنفاذية
### Porosity and Permeability

المسامية: نسبة حجم الصخر الذي يحتوي أمكنة فارغة بين الحبيبات أو فراغًا مفتوحًا (متّصلًا) في الشقوق، أمّا النفاذية فهي قدرة صخر مسامي

**الجدول (ب 1): قوة الصخور الشائعة.**

| | نوع الصخر | مدى القوة الضغطية مليون نيوتن/م² | تعليقات |
|---|---|---|---|
| نارية | جرانيت | 280 – 100 | الجرانيت ناعم الحبيبات منعدم الشقوق، وهو الأقوى تقريبًا، وبوجه عام، الجرانيت مناسب لمعظم التطبيقات الهندسية |
| | بازلت | 50 إلى أكثر من 80 | مناطق البريشيا، الأنابيب المفتوحة، والشقوق تقلل من القوة |
| متحوّلة | رخام | 125–100 | فتحات الإذابة والشقوق تضعف الصخر |
| | نايس | 190–160 | وبوجه عام، مناسب لمعظم التطبيقات الهندسية |
| | كوارتزيت | 600–150 | صخر قوي جدًّا |
| رسوبية | غضار | أقل من 2 إلى 215 | قد يكون ضعيفًا جدًّا للأغراض الهندسية، التقييم الحذر ضروري |
| | حجر جيري | 60–50 | قد يحتوي على طبقات فاصلة من الطين، فتحات إذابة أو شقوق يمكن أن تضعف الصخر |
| | حجر رملي | 110 –40 | تتغير قوة الصخر مع درجة الالتحام ونوع المادة اللاحمة، والمعادن المكوّنة، وطبيعة الشقوق وامتدادها |

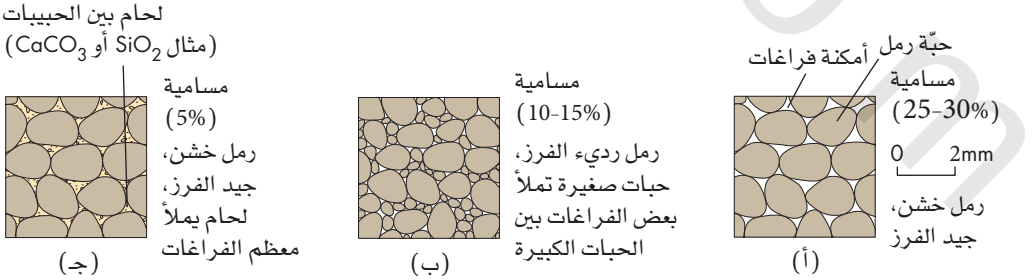
المصدر: المعلومات مأخوذة بصورة رئيسة من:
*Bolz, R. E. and Tuve, G. L., eds., 1973, Handbook of Tables for Applied Engineering Science, Cleveland, OH: CRC Press.*

على نقل مائع عادة النفط أو الماء (انظر الفصل الثاني عشر)، ويعرّف معامل النفاذية بالتوصيلية الهيدروليكية التي لها وحدات سرعة (طول/لكل وحدة زمن). قيم المسامية والتوصيلية الهيدروليكية لعدد من الصخور مبينة في الجدول (12–2). إنّ خصائص المسامية والنفاذية مهمّتان في فهم الكثير من المسائل البيئية والأخطار الجيولوجية، بما فيها التخلص من النفايات، وتلوث الماء، والانزلاقات الأرضية، وحتى الزلازل.

## النسيج Texture

يشير نسيج الصخر إلى حجم البلورات أو الحبيبات وهيأتها وترتيبها فيه، ففي العادة يكون الصخر ناعم الحبيبات إذا لم تستطع رؤية بلوراته المعدنية بعينك المجردة، بينما يُعدّ الصخر خشن الحبّات إذا كانت البلورات أو الحبّات مرئية، وتتباين هيأة البلورات والحبّات من المنتظم إلى المدوّرة إلى المتداخلة والزاوية، والحبّات الزاوية غير منتظمة ولها زوايا حادة، وقد يحتوي الصخر على كثير من الفتحات بين الحبّات أو في شقوق مسامية عالية نسبيًّا، أمّا المسامية فتقل إذا كانت هذه الفتحات ممتلئة جزئيًّا بحبيبات أصغر أو مواد لاحمة، حيث تقل من (30% – 5) عندما تمتلئ الأمكنة الفارغة بحبيبات أصغر أو بمواد لاحمة، مثل: الكالسيت $CaCo_3$ أو الكوارتز $SiO_2$، أو الجص $CaSO_4, 2H_2O$. حبيبات الرمل الخشنة (1–2 ملم في القطر) مبينة في الشكل (ب 1أ)، فإذا كان مدى حجم الحبّات واسعًا، يكون توزيع الحبّات رديئًا أو سيئًا (الشكل ب 1ب)، وعلى العكس من ذلك، إذا كانت حجوم الحبّات كلها متساوية تقريبًا، فيوصف توزيع حجم الحبّات بأنه جيّد الفرز أو التصنيف (الشكل ب 1أ،جـ).

بعض الأنسجة الأخرى تتميز بوجود (Vesicles) أو فجوات تتكوّن بتجدد الغاز في أثناء تكوّنها، على سبيل المثال: تتوافر ألـ (Vesic rooks) عادة بالقرب من سطح جريان اللابة، حيث يهرب الغاز من الصخر.




**الشكل (ب 1)** (أ) مسامية رمل جيد الفرز. (ب) رمل رديء الفرز. (ج) رمل جيد الفرز مع حبّات ملتحمة جيّدًا

obeikandl.com

# الملحق جـ APPENDIX C
# الخرائط والمواضيع المتعلقة بها
# MAPS AND RELATED TOPICS

## الخرائط الطوبوغرافية
## TOPOGRAPHIC MAPS

توضّح الخرائط الطوبوغرافية، كما يشير اسمها التضاريس على سطح الأرض، إضافة إلى أنها توضّح الملامح الطبيعية وتلك التي من صنع الإنسان بصورة بيانية، أمّا الارتفاعات وبعض الملامح الطبيعية الأخرى، فتكون مبينة بخطوط الكنتور التي لها الارتفاعات نفسها، وتكون الخطوط المتتالية على الخريطة الطوبوغرافية مفصولة عن بعضها بما يعرف بالفترة الكنتورية، حيث يشيع استعمال الفترات الكنتورية الآتية: 5، 10، 20، 40، 80، و100م أو قدم، أضف إلى ذلك أن الفترة الكنتورية الفعلية في الخريطة تعتمد على التضاريس الممثلة وعلى مقياس الخريطة، فإذا كانت الطوبوغرافيا ذات تضاريس قليلة نسبيًّا (الفرق في الارتفاع بين أعلى وأخفض نقطة على الخريطة)، فقد تكون الفترة الكنتورية صغيرة نسبيًّا، أمّا إذا كانت التضاريس كثيرة، فيلزم عندها استعمال فترات كنتورية كبيرة نسبيًّا، وإلّا فستكون الخطوط الكنتورية فوق بعضها، وتصبح قراءة الخريطة مستحيلة.

يمكن التعبير عن مقياس أيّ خريطة طوبوغرافية (أو أيّ خريطة لهذا الغرض) بطرق مختلفة: أوّلًا، من الممكن التعبير عنه بوصفه نسبة، مثلًا: 1 إلى 24000 (24000 : 1)، وهذا يعني أن كل إنش على الخريطة الطوبوغرافية يكافئ 24000 إنش أو 2000 قدم على الأرض. ثانيًا، يمكن أن تحتوي الخريطة الطوبوغرافية على مقياس (bar scale)، الموجود عادة عند الحافة السفلى للخريطة، ويفيد في قياس المسافات، أخيرًا، يعبّر عن مقاييس بعض الخرائط باستخدام وحدات طولية معيّنة على الخريطة، على سبيل المثال: يمكن أن تنصّ الخريطة على أنّ كل إنش يكافئ (200) قدم على الخريطة، أي) 2400 (إنش على الأرض، في هذا المثال كنا نستطيع القول: إنّ المقياس هو (2400 : 1)، أمّا المقياس الطبوغرافي الأكثر استعمالًا في المساحة الجيولوجية الأمريكية، فهو (1:24000)، إلّا أنّ مقياس (125000 : 1) والمقاييس الأصغر مستعملة أيضًا. تذكّر أنّ (1÷24000) أكبر من (1÷125000)؛ لذلك، فإنّ الأخير هو الرقم الأصغر، فكلما كان مقياس الخرائط للخريطة الفيزيائية نفسها أصغر، كانت المساحة التي تغطيها الخريطة أكبر.

إضافة إلى الخطوط الكنتورية تحتوي الخرائط الطوبوغرافية أيضًا على عدد من المنشآت الحضرية، مثل: الطرق والبيوت والبيئات الأخرى، فإنّ بعض المظاهر مثل الجداول والأنهار يتم توضيحها بلون أزرق على الخريطة، حيث تُستعمل في حقيقة الأمر مجموعة كاملة من الرموز في الخرائط الطوبوغرافية. يبين الشكل (جـ 1) هذه الرموز.

## قراءة الخرائط الطوبوغرافية
## READING TOPOGRAPHIC MAPS

إنّ قراءة الخرائط الطوبوغرافية أو تفسيرها فن بقدر ما هو علم، فبعد أن تكون قد اطلعت على عدد من الخرائط الطوبوغرافية، التي تمثل أشكالًا أرضية ومظاهر متباينة على سطح الأرض، ستكون قادرًا على تعرّف أشكال الأرض من أشكال الخطوط الكنتورية، حيث تستغرق هذه العملية وقتًا طويلًا من الزمن والخبرة في الاطلاع على خرائط متباينة، إلّا أنّ هناك بعض القواعد العامة التي تساعد بالفعل على قراءة الخرائط الطوبوغرافية.

- تحتوي الأودية على أنهار أو جداول صغيرة هيأة كنتوراتها مثل حرف ألـ (V) في الإنجليزية، الذي يشير رأسه إلى اتجاه أعلى النهر، تسمّى هذه القاعدة أحيانًا قاعدة الحرف (V)، وهكذا إن كنت تحاول أن ترسم النمط التصريفي الذي يبين الجداول كلها، فيجب أن تكمل الجدول في اتجاه أعلى النهر، طالما أنّ الخطوط الكنتورية مازالت هيأتها بحرف ألـ (V)؛ إذ لا يلاحظ وجود أحرف ألـ (V) عند خط تقسيم المياه.
- عندما تكون الخطوط الكنتورية قريبة من بعضها، يكون الانحدار عاليًا، أمّا عندما تكون الخطوط الكنتورية متباعدة لتصبح متقاربة، فنقول: إنه قد حدث تغيّر في الانحدار، حيث يلاحظ هذا عادة عند أقدام الجبال أو في الأمكنة التي تتغير فيها منحدرات الأودية الجانبية إلى بيئة سهول فيضية.
- الكنتورات الواقعة بالقرب من أعالي التلال أو الجبال قد تكون مغلقة، وتكون هذه بيضوية إلى دائرية الهيأة في قمة مخروطية، بينما تكون أطول وأضيق في حالة الحافات أو الجروف. تذكّر أنّ الارتفاع الفعلي للقمة أكثر من قيمة آخر كنتور مبين، ويمكن تقديره بأخذ نصف الفترة الكنتورية، أي إنه إذا كان ارتفاع آخر كنتور في قمة (1000) متر عند استعمال فترة كنتور في قمة (1000) متر عند استعمال فترة كنتورية مقدارها (50م)، فإنك سوف تفترض أنّ ارتفاع أعلى الجبل هو (1025) م.
- المنخفضات الطوبوغرافية التي تشكل كنتورات مغلقة تشير، وتفيد في الدلالة على وجود مثل هذه المنخفضات.
- تكون طوبوغرافية المنحدر متباينة وشاذة عن الطوبوغرافية العامة للمنطقة، مثل هذه الطوبوغرافيا المتباينة تشير أحيانًا إلى وجود حركات كتلية ورسوبيات الانزلاقات الأرضية.

باختصار بعد مشاهدة خرائط طوبوغرافية متعددة والعمل بها لبعض الوقت، ستبدأ برؤية نمط الخطوط الكنتورية كلاندسكيب فعلي يتكوّن من تلال وأودية وظواهر أخرى.

**معطيات تحكم ومعالم تذكارية**

**تحكم عمودي**

من الدرجة الثالثة أو أفضل مع قرص — BM 16.3

من الدرجة الثالثة أو أفضل، علامة مستعادة — 120.0

نقطة مرجعية في زاوية مقطع — BM 18.6

ارتفعت نقطة — 5.3

**كنتورات**

**طوبوغرافية**

متوسطة

دالة

إضافية

منخفض

حفر أو ردم

**عمقية**

متوسطة

دالة

أوّلية

دالة أوّلية

إضافية

**الحدود**

وطنية (دولية)

بين الولايات

بلدة متمدّنة (أو ما يكافئها)

مدينة مدمجة (أو ما يكافئها)

متنزّه، محمية، معلم تذكاري

**معالم سطحية**

جسر نهر — Levee

منطقة رملية أو طينية، كثبان، رمل متحرّك — Sand

منطقة سطحية صعبة — Strip mine

شاطئ حصوي أو موراين جليدي — Gravel

بركة مخلفات — Tailings pond

**مناجم وكهوف**

محجر حفرة منجم مفتوح

حفرة حصى، رمل طين، مرملة

مكب منجم

مخلفات — Mine dump

Tailings

**غطاء نباتي**

غابات

شجيرات

أشجار بستان

كروم (عنب)

المنغروف (شجر استوائي) — Mangrove

**الجليديات وحقول الجليد الدائمة**

مونتورات وحدود

خطوط أشكال

**شاطئ بحري**

**خرائط طوبوغرافية**

معدّل مستوى المياه المرتفع (التقريبي)

غير مؤكد أو غير ممسوح

**خرائط طوبوغرافية عمقية**

معدّل الماء المرتفع

طرف الغطاء النباتي

**معالم شاطئية**

مسطح في الشاطئ الأمامي — Mud — Sand

صخر أو شعاب مرجانية

صخر مكشوف أو مغسول

مجموعة صخور مكشوفة أو مغسولة

حطام مكشوف

منحنى عمقي، جس — 3

مياه منكسرة، رصيف ميناء، مرسى

جدار بحري

**أنهار، بحيرات، قنوات**

جدول مائي متقطع

نهر متقطع الجريان

جدول يختفي تحت الأرض

جدول دائم

نهر دائم

شلال صغير، منحدر نهري صغير

شلال كبير، منحدر نهري كبير

سد بنائي

سد بقفل

سد عليه طريق

بئر أو نبع، نبع أو نزّاز

بحيرة دائمة، بحيرة أو بركة غير دائمة — Dry lake

بحيرة جافة

منطقة اندفاع موج ضيقة — Wide wash

منطقة اندفاع موج عريضة

قناة، مسيل، قناة ماء بقفل

**مناطق مغمورة ومستنقعات**

مستنقع

مستنقع مغمور

مستنقع في منطقة غابات

مستنقع مغمور في منطقة غابات

حقل أرز — Rice

أرض معرّضة للطوفان — Max pool 43

**المباني وما يتعلق بها**

بناية

مسجد، مدرسة

منطقة مبنية

مسار سباق

مطار

مكان هبوط طائرات

بئر (غير مائي)، طاحونة هواء

خزانات

خزان مغطّى

محطة قياس

علامة أرضية

منطقة تخييم، منطقة تنزّه

مقبرة: كبيرة، صغيرة — Cem

**الطرق وما يتعلق بها**

طريق سريع رئيس

طريق سريع ثانوي

طريق خفيف

طريق غير مطور

أثر طريق

طريق سريع باتجاهين

طريق سريع باتجاهين مع جزيرة في الوسط

**سكك حديدية ومتعلقاتها**

سكة قياسية بمسار واحد، محطة

سكة قياسية متعددة المسارات

مهجورة

**خطوط نقل وأنابيب**

خط نقل كهربائي، عمود، برج

خط تليفون — Telephone

خط أنابيب نفط أو غاز فوق الأرض

خط أنابيب نفط أو غاز تحت الأرض — Pipeline

**الشكل (جـ 1) بعض الرموز الشائعة** المستخدمة في الخرائط الجيولوجية التي تُعدّها المساحة الجيولوجية الأمريكية.

*(U. S. Geological Survey)*

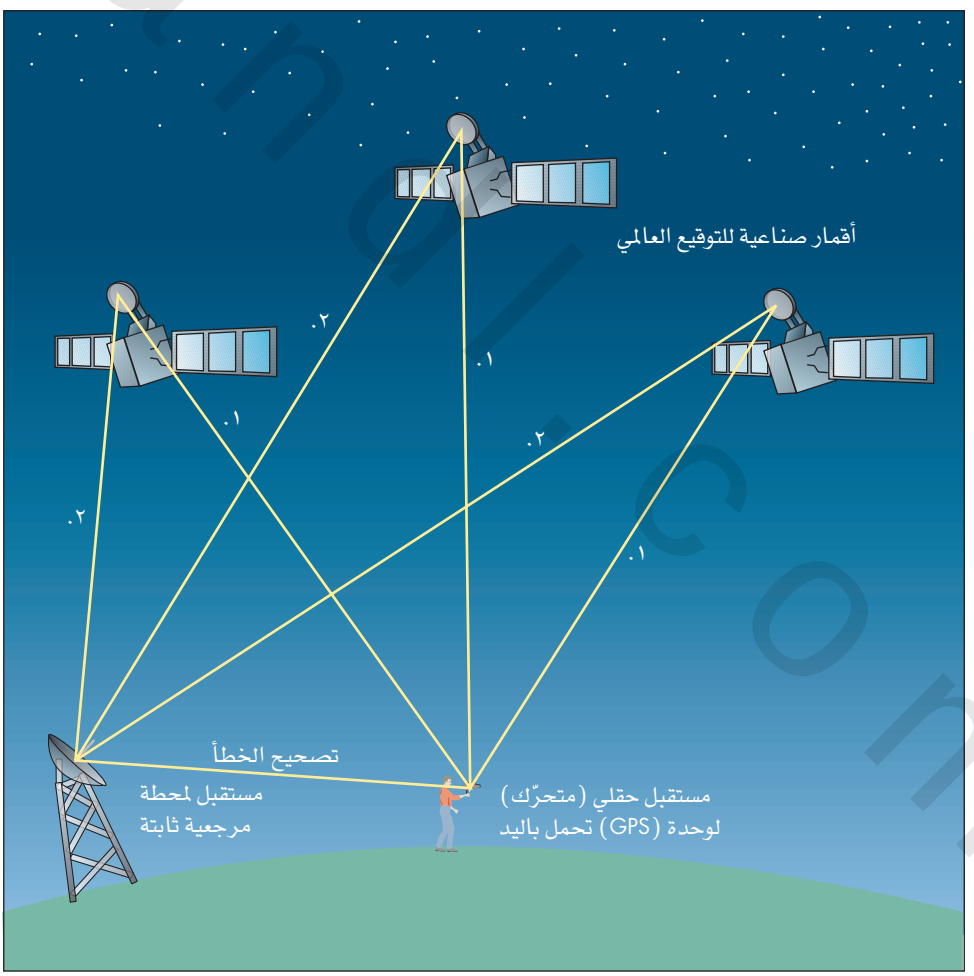
obeikandl.com

## تحديد موقعك على الخريطة
## LOCATING YOURSELF ON A MAP

قد تجد بعض الصعوبة في تحديد مكانك في المرة الأولى التي تأخذ معك خريطة طوبوغرافية إلى الحقل، فتحديد المكان مهم جدًّا في محاولة عمل خرائط تبيّن ملامح معينة، على سبيل المثال: مواقع السهول الفيضية، والانزلاقات والمعالم الأخرى. إحدى الطرق لتعيين المكان على الخريطة، معرفة بعض المعالم مثل قمم الجبال، أو تقاطعات الطرق، أو الانحناءات الملحوظة في طريق أو نهر، أو أيّ معلم بارز آخر. بعدها تستطيع إكمال العمل باستخدام البوصلة، أي إنك تستطيع أن تأخذ اتجاهًا (bearing) – باستعمال البوصلة– من مكانك إلى عدد من المعالم، ورسم هذه المعالم على الخريطة، فيكون مكانك حيث تتقاطع هذه المعالم، إلّا أن لدينا هذه الأيام تكنولوجيا أكثر حداثة لتحديد مواقعنا والعمل في الخرائط، فأنظمة التوقيع العالمية (GPS) متوافرة بتكلفة بسيطة، وتساعد على تحديد الموقع على سطح الأرض، إضافة إلى أنظمة التوقيع العالمية اليدوية المتوافرة أيضًا هذه الأيام، وتستطيع من خلالها تحديد موقعك على الأرض بدقة في حدود ألـ (30) م، إنّ الأساس الذي تعمل عليه مستقبلات ألـ (GPS) هو استقبال إشارات من (4–3) أقمار صناعية، وقياس المسافة من موقع القمر الصناعي إلى موقعك، ويتمّ ذلك بقياس الزمن اللازم للإشارة من مستقبلك إلى أن تصل إلى القمر الصناعي، ثم العودة إلى موقعك، ويمكن تقليل الخطأ في تحديد موقعك إلى (1 m) تقريبًا باستخدام مستقبل مرجعي على الأرض، يتصل مع الأقمار الصناعية، ثم يحسب موقعك بالنسبة إلى المستقبل المرجعي كما هو مبين في الشكل (جـ 2)، وعليه، يمكن أن يرسم الموقع الذي يُعرف مباشرة على خريطة مبينة على شاشة الحاسوب، لقد أدّت تكنولوجيا أنظمة التوقيع العالمية إلى ثورة في طريقة عمل الخرائط، وأصبحت متوافرة بصورة كبيرة، وهي إحدى أدوات البحث القيمة في هذا المجال. سنوضح هنا معلومة عن مصطلح في الحقل (in the field)، فعندما يستعمل الجيولوجيون مصطلحًا في الحقل، فإنهم يعنون بذلك خارج (المكتب) على سطح الأرض، ولا يشيرون إلى تخصص الجيولوجيا، على سبيل المثال: أنا الآن على وشك الذهاب خارجًا لدراسة شاطئ كاليفورنيا بعد حدوث عواصف النينو، فأقول لزملائي: أنا ذاهب إلى الحقل.

## مثال من لاندسكيب شاطئي
## AN EXAMPLE FROM A COASTAL LANDSCAPE

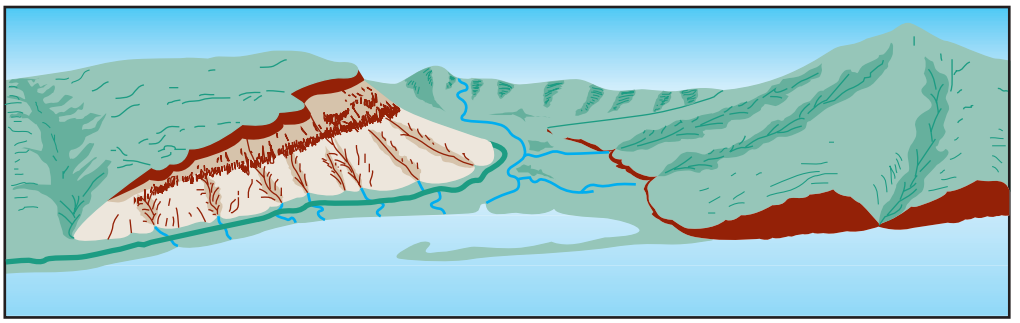
يبين الشكل (جـ 3) لاندسكيب شاطئي كما هو موضح في (أ)، وهو منظر مائل للطوبوغرافيا (التضاريس)، حيث تتميز المنطقة بتلتين بينهما وادٍ.



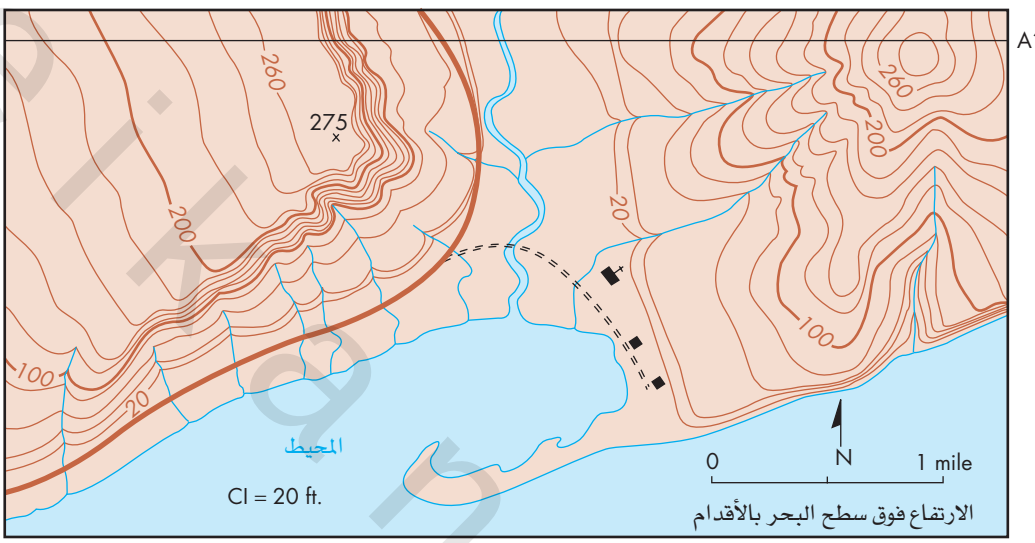

**الشكل (جـ 2) شكل توضيحي** يبيّن كيف تعمل أنظمة التوقيع العالمية.

1. Field receiver and satellites — accuracy of position ~ 100 m of true position
2. Field receiver with stationary base station (differential GPS) — accuracy of position ~ 6 m of true position

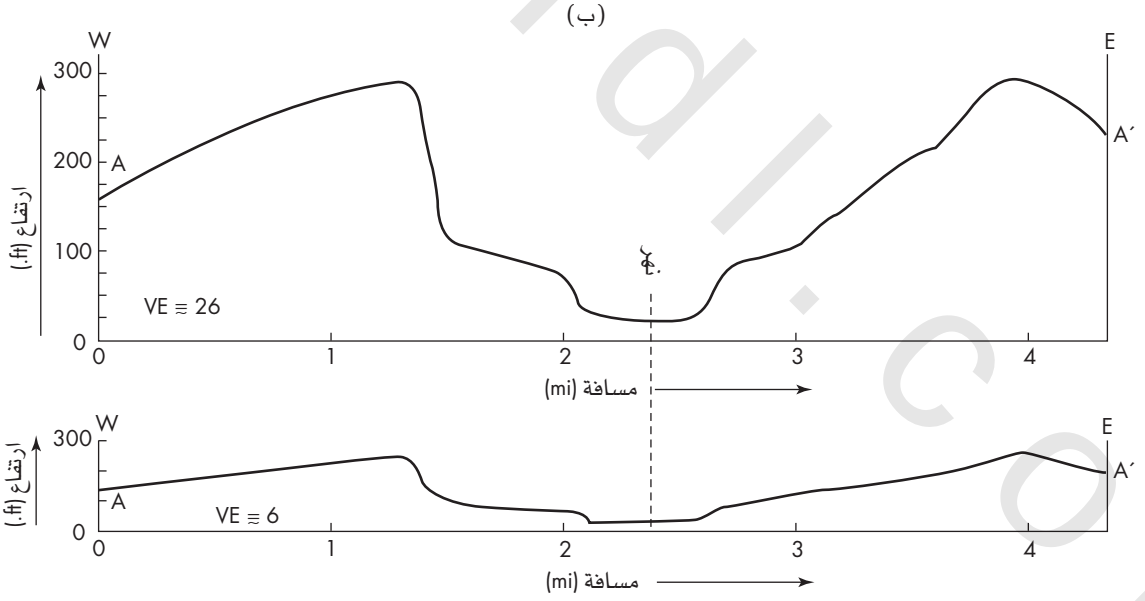
Obeikan.com



(أ)




(ب)




(جـ)

**الشكل (جـ 3) رسم اللاندسكيب على طول منطقة شاطئية.** (أ) مجموعة من الأشكال توضّح الخرائط الطوبوغرافية. (ب) خريطة طوبوغرافية للمنطقة نفسها بفترة كنتورية مقدارها (20) قدمًا. (جـ) مقاطع طوبوغرافية على طول الخط (T) المحدد على الخريطة الطوبوغرافية، بمبالغة في المقياس العمودي مقدارها (26) مرّة و(8) مرّات تقريبًا. المبالغة العمودية هي النسبة بين المقياسين العمودي والأفقي على المقطع الطبوغرافي. والنسبة في المقطع العلوي (26) مرّة تقريبًا؛ لذلك نقول: إنّ المبالغة في المقياس العمودي (26) مرّة. بالنسبة إلى المقطع السفلي المبالغة العمودية قرابة (8) مرّات. لا توجد مبالغة عمودية في العالم الحقيقي (المقياسان العمودي والأفقي متساويان)، وبوصفها تجربة يمكنك أن تحاول عمل مقطع طبوغرافي على طول الخط (T) من غير مبالغة عمودية. ماذا تستنتج؟ (من *U. S. Geological Survey*)

obeikandl.com

يتّضح وجود جرف بحري شاطئي في الجزء الشرقي (اليمين) من الشكل، ولسان رملي ناتج عن العمليات الموازية للشاطئ (انظر الفصل العاشر)، مع عقفة في النهاية تشير إلى أنّ اتجاه انتقال الرمل في منطقة تصادم الأمواج مع الشاطئ من الشرق (اليمين) إلى الغرب (اليسار) على طول هذه المنطقة الشاطئية، هناك خريطة طوبوغرافية للمنطقة مبينة في(ب). لاحظ أنّ المسافة الكنتورية (CI) هي (20 ft)، سيكون الارتفاع على قمة أعلى تلة في الجانب الشرقي من الشكل نحو (290 ft)، لأن آخر كنتور (280 ft)، ولا يمكن أن يكون ارتفاع التلة أكثر من (300 ft)، فنقسم الفرق إلى قسمين. تصب بضع قنوات في الوادي الرئيس. لاحظ أنّ خطوط الكنتور تعمل صورة (V) في اتجاه أعلى النهر، خصوصًا في اتجاه قمة الارتفاع (270 ft) تقريبًا. تشمل المعلومات الأخرى التي يمكن قراءتها من الخريطة الطوبوغرافية ما يأتي:

- صورة الأرض في الجزء الغربي من الخريطة (الجزء اليسار) تلة ارتفاعها (275 m)، وميل لطيف إلى الغرب وميل حاد إلى الشرق (اليمين) وفي اتجاه المحيط، إذ إنّ الميل الشرقي حادّ بالذات بالقرب من أعلى الجبل، حيث الخطوط الكنتورية قريبة جدًّا من بعضها.
- الجزء المركزي للخريطة يبين نهرًا يجري إلى خليج محمي- لسان رملي على هيئة التواء في الطرف، أمّا الأرض المستوية نسبيًّا في منطقة النهر، فهي سهل فيضي ضيق فيه طريق للسيارات الخفيفة (انظر الشكل جـ 3)، وموضحة بخطين كنتوريين قريبين من بعضهما، ويمتدان على طول الجهة الغربية. طريق آخر غير مطور/ محدث يقطع النهر، ويمتد إلى رأس اللسان الرملي، موفرًا وسيلة للوصول إلى المسجد وبنايتين أخريين، حيث يتّضح السهل الفيضي على جانبي النهر بخط كنتور (20 ft) الذي فوقه كونتور آل (20 ft)، والذي يُعدّ تغيّرًا وانكسارًا في الميل على حافة الوادي.
- الميول الشرقية والجنوبية للتلّ على الجانب الغربي (اليسار) للخريطة بارتفاع (7,5) م تقريبًا، فيها عدد من الجداول (القنوات) الصغيرة تسيل جنوبًا في اتجاه المحيط، ويمكن تحديد هذه الجداول وتعريفها على أنها قنوات شديدة الانحدار تقطع التلة (أو تحتها).
- بالمقارنة بالتلّ على الجزء الغربي من الخريطة، التلّ على الجزء الشرقي بارتفاع (290 m) تقريبًا طرفها الغربي يميل بلطف، ويؤكد هذا وجود قنوات متباعدة نسبيًّا تسيل في اتجاه النهر والمحيط، وهكذا يمكننا القول: إنّ القنوات التي تسيل في اتجاه النهر الرئيس من الشرق قطعت أو حتت سطح الأرض أكثر (إلى ميول أقل) من القنوات التي تسيل إلى الوادي الرئيس من الغرب.
- لاحظ بالتحديد قناة الوادي الواقعة مباشرة جنوب التلة بارتفاع (275 m) تقريبًا على الجانب الغربي من الخريطة، حيث تقوم هذه القناة بالحت الرأسي النشط مكوّنة واديًا صغيرًا ضيقًا ومنحدرًا (Narrow Steep gully)، ومحددًا بخطوط كنتورية قريبة من بعضها، وذات صورة مقعرة انتقالية إلى التضاريس الأكثر لطفًا، التي تشكل السطح المائل غربًا من أعلى الجبل.

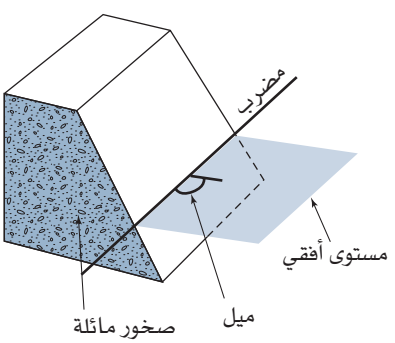
وللاستمرار في دراسة هذه المنطقة، يمكننا إنشاء مقاطع طوبوغرافية شرق- غرب أكثر فيها، وكذلك إنشاء مقاطع لبعض الجداول التي تسيل في الوادي الرئيس، وقد تكون المهمة اللاحقة الحصول على صور جوّية وخرائط جيولوجية للخروج باستنتاجات أكثر عن طوبوغرافية المنطقة جيولوجيتها.

## الخرائط الجيولوجية
## GEOLOGIC MAPS

يهتم الجيولوجيون بأنواع الصخور الموجودة في موقع محدّد وتوزّعاتها المكانية، فإنشاء خريطة جيولوجية خطوة أساسية في فهم جيولوجية منطقة ما، حيث إنها مصدر المعلومات الرئيس الذي يمكن من خلاله تفسير جيولوجية منطقة ما، إضافة إلى أن الحصول على خرائط مرجعية جيّدة (طوبوغرافية عادة) أو صور جوية يمكننا من نقل المعلومات الجيولوجية عليها، ويذهب الجيولوجي بعد ذلك إلى الميدان، ويجمع معلومات عن الصخور من تكشفاتها السطحية، وتوضع أنواع الصخور المختلفة على الخريطة على صورة خطوط، ويوضّح سلوك وحدات الصخور الرسوبية باستخدام رمز يشبه حرف ألـ (T) في الإنجليزية، ويشير إلى اتجاه كل من الميل والمضرب فيها، إذ إنّ خط المضرب هو قياس البوصلة لاتجاه (امتداد) طبقة الصخر الأفقية، والميل هو أقصى زاوية يصنعها الصخر مع المستوى الأفقي (الشكل جـ4). يبين الشكل (جـ 5أ) خريطة جيولوجية بسيطة جدًّا فيها (3) أنواع من الصخور: حجر رملي وغضار وحجر جيري في منطقة مساحتها ( $1350\ km^2$ ) تقريبًا، ويشير ترتيب أو شكل توزع رموز المضرب- الميل إلى أنّ التركيب الرئيس طيّة محدّبة. المقطع الجيولوجي العرضي المنشأ على طول الخط EE مبين في الشكل (جـ5ب)، ويقوم الجيولوجيون أحيانًا بعمل مقاطع عرضية عدّة؛ ليفهموا جيولوجية منطقة ما بصورة أفضل، تجدر الإشارة إلى أن الخرائط الجيولوجية بمقاييس مختلفة من (1: 250000) إلى (1: 24000) متوافرة عادة في مصادر عدّة، بما فيها دائرة المسح الجيولوجي الأمريكي.

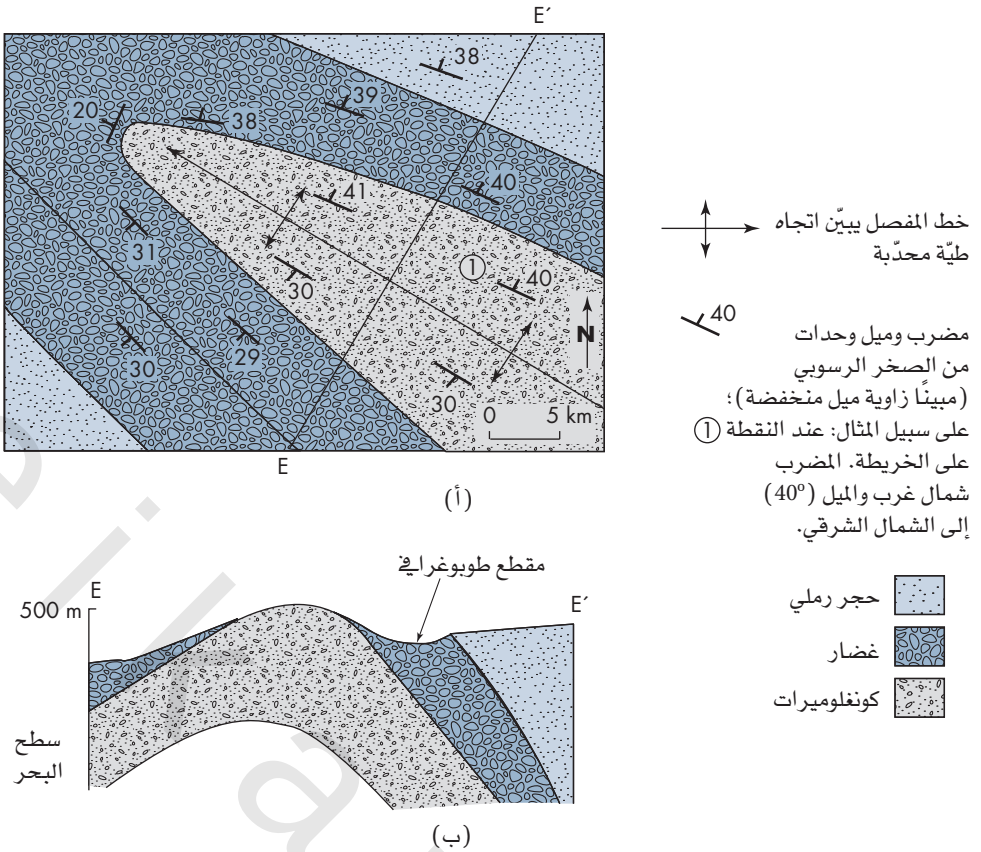
## نماذج الارتفاع الرقمية
## DIGITAL ELEVATION MODELS

المعطيات الطوبوغرافية لكثير من المناطق في الولايات المتحدة وأجزاء أخرى من العالم متوافرة الآن على قرص كمبيوتر. تنسيق قيم الارتفاع التي يمكن أن تشمل على سبيل المثال: ارتفاعات الأرض على شبكة أرضية أبعادها

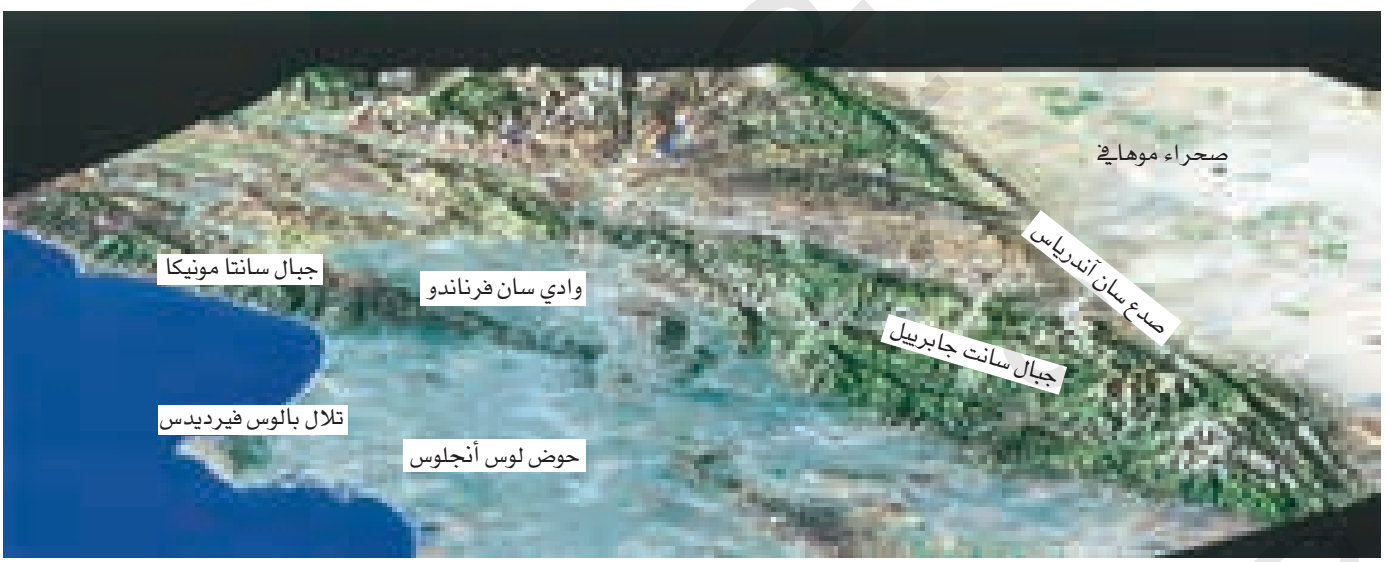



**الشكل (جـ 4) شكل ثلاثي الأبعاد** يبيّن المضرب والميل لصخور رسوبية مائلة

Obeikandl.com




**الشكل (جـ 5)** (أ) **شكل توضيحي** يبيّن خريطة مبسّطة جدًّا فيها (3) أنواع من الصخور. (ب) مقطع جيولوجي عرضي يبيّن طوبوغرافية وتركيب طيّة محدّبة.




**الشكل (جـ 6)** **خريطة ملوّنة للتضاريس** تمّ تحضيرها من نموذج ارتفاع رقمي لمنطقة لوس أنجلوس مع بعض المبالغة الرأسية. المنطقة المستوية في وسط الصورة هي حوض لوس أنجلوس. الحوض الأصغر إلى اليسار قليلًا وادي سان فرناندو، وينفصل حوض لوس أنجلوس بجبال سانتا مونيكا.

*(Courtsey of Robert Crippin, NASA, Jet Propulsion Laboratory)*

30 m × 30 m (أي مساحتها 900 $m^2$) هي المعلومات الطوبوغرافية الأساسية. هذا هو نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، لتستخدم بعد ذلك برامج كمبيوتر في معاينة المعطيات، وقد يستخدم التظليل الملوّن ليوضّح الطوبوغرافيا التي هي أحد نواتج ألـ (DEM). يُذكر أنّ نماذج الارتفاعات الرقمية توفر تمثيلًا لسطح الأرض يمكن رؤيته بالعين المجردة، ويمكن النظر إليه من زوايا مختلفة، أي إنك قد تقرر مشاهدة التضاريس بصورة مائلة من الجنوب والشمال والشرق والغرب، ومن الممكن أيضًا المبالغة في البعد العمودي حتى تتّضح الاختلافات الطوبوغرافية الثانوية. يبين الشكل (جـ 6) خريطة تضاريس أنشئت اعتمادًا على نموذج ارتفاع رقمي لحوض لوس أنجلوس، حيث يوضّح النموذج أنّ لوس أنجلوس محاطة بجبال وتلال تعرّضت للرفع عن طريق الأنشطة التكتونية الحديثة، لقد أصبحت نماذج الارتفاع الرقمي أدوات مهمّة في أبحاث تقييم طوبوغرافية المناطق المختلفة، ويمكن أن تستعمل لتحديد معالم وتخريطها، مثل الجروف الصدعية، وأحواض التصريف، والشرفات البحرية، والسهول الفيضية، وكثير من المعالم البارزة في سطح الأرض.

أمّا عند الحاجة إلى إجراء دراسات مفصلة لمنطقة صغيرة نسبيًّا، فيمكن عمل نماذج ارتفاعات رقمية من معطيات مفصلة (high resolution)، تتكوّن من نقاط ارتفاع البعد الأفقي بينها متر واحد فقط، حيث يكون التفصيل الأفقي والعمودي (resolution) نصف متر، وتتوافر الآن معدّات (التّحسس والرصد الضوئي) (LIDAR) متحرّكة تستطيع تجميع معطيات طوبوغرافية أرضية في الموقع، ومن الممكن الحصول على معطيات عالية التفاصيل بالرصد المسافي والاستشعار الضوئي (التّحسس والرصد الضوئي) (LIDAR) باستخدام طائرة، حيث إن مسوحات ألـ (التّحسس والرصد الضوئي) (LIDAR) المتكررة على فترات تمتد من سنة إلى (10) سنوات، يمكنها تحسس التغيّرات في أشكال الأرض، مثل الجروف البحرية المتراجعة أو الانزلاقات بطيئة الحركة.

## ملخص SUMMARY

برهنت مناقشتنا وجود أنواع متعدّدة من الخرائط التي تفيد في تقييم منطقة معينة وجيولوجيتها، وبالذات، فإن للخرائط الطوبوغرافية والجيولوجية أهمّية خاصة، حيث يمكن عمل نماذج الارتفاع الرقمي من المعطيات الطوبوغرافية، ويتوافر إلى جانب ذلك عدد من الخرائط المختصة. تشمل الأمثلة خرائط الانزلاقات الحديثة، وخرائط السهول الفيضية، وخرائط الهندسة الجيولوجية التي تبيّن الخصائص الهندسية للمواد الأرضية.

openkandi.com

obeikandl.com

# الملحق د APPENDIX D
# كيف يحدد الجيولوجيون الزمن الجيولوجي؟
# HOW GEOLOGISTS DETERMINE GEOLOGIC TIME?

يتعيّن علينا تحديد العمر الفعلي للصخور والرسوبيات لفهم تاريخ الأرض، حيث يعرف علم تأريخ الصخور والرسوبيات بأنّه (geochronology). فعلى الرغم من إمكانية إنشاء تاريخ نسبي اعتمادًا على الأحافير والعلاقات الجيولوجية، مثل قوانين (superposition) وعلاقات التقاطع (انظر الفصول الأول والثالث)، إلّا أنّ التاريخ المطلق (الرقمي)، هو الذي يوفر التأريخ اللازم لإنشاء سرعات العمليات الجيولوجية وتقدير أعمار الصخور. أمّا علم الجيوكرنولوجي فينمو بسرعة، ويشمل عددًا من التقنيات التي تعطي أعمارًا رقمية من بضع سنوات إلى بضعة بلايين من السنين (عمر الأرض).

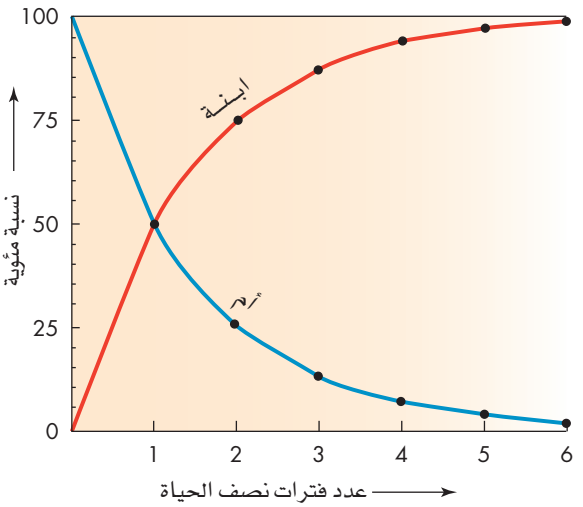
من المهم من منظور بيئي إيجاد سرعات العمليات الجيولوجية ووقت حدوث عمليات، مثل الاندفاعات البركانية والزلازل والفيضانات والانزلاقات التي حدثت في الماضي، إذ إنّ تحديد أعمار أحداث الأخطار الطبيعية مهمّ جدًّا في إيجاد زمن رجوعها، بوصفه جزءًا من فهم أفضل للأخطار وتوقع الوقت المحتمل لحدوثها في المستقبل، أي إننا نرغب في تحديد سرعات العمليات الجيولوجية المهمّة للمجتمع.

الزمن الجيولوجي مختلف كثيرًا عن إطار وقتنا الاعتيادي، فعلى الرغم من أن الزمن الجيولوجي والزمن العادي يستعملان وحدات القياس نفسها (سنوات)، إلا أنهما يختلفان كثيرًا في ألـ (duration) وفي الأجهزة المستعملة لقياسهما، إذ يعدّ الوقت العادي بالساعات والأيّام والفصول والعقود، وتستعمل الساعة لقياسها. أما الزمن العميق (الزمن الجيولوجي)، فيقاس بملايين إلى مئات ملايين إلى بضعة بلايين السنين.

يستفيد الجيولوجيون من النظائر الموجودة في الطبيعة، مثل اليورانيوم (235 و238) والبوتاسيوم (40) والكربون (14) لتأريخ الصخور التي تتوافر فيها هذه النظائر، إذ إن التأريخ ممكن؛ لأنّ التحلل الطبيعي لكل نوع من النظائر المشعّة غير المستقرة يحدث بسرعة ثابتة، ويمكن استعماله لتحديد عمر الصخور التي يتوافر فيها النظير، أمّا عملية التحلل الإشعاعي، فهي عملية تلقائية تتعرّض خلالها نواة نظير معيّن لتغيّر في الوقت الذي تطلق فيه صورة أو أكثر من الإشعاع (انظر الفصل الخامس عشر، نظرة متفحصة: الإشعاعية). أنواع الإشعاع الرئيسة الثلاث التي تنبعث خلال التحلل الإشعاعي تسمّى جسيمات ألفا، وجسيمات بيتا، وإشعاع جاما، ويُعدّ تحلل ألفا مهمًّا بالتحديد؛ لأنه يتكوّن من بروتونين ونيوترونين، أمّا النظير الذي يوجد قبل تحلل ألفا، فيعرف بالأم أو الوالدة والنظير الذي ينتج بعد تحلل الابنة، وهو نظير لعنصر آخر. تمرّ النظائر المشعّة خاصة للعناصر الثقيلة جدًّا في سلسلة من خطوات التحلل الإشعاعي، تنتهي بإنتاج نظير مستقر غير مشعّ، على سبيل المثال: يمرّ اليورانيوم (238) في (14) تحوّلًا نوويًّا، ينطلق فيه إشعاع ألفا وبيتا وجاما في الخطوات المختلفة، لينتهي برصاص (206–) المستقر، أي غير المشع، أما الخاصية المهمّة للنظائر الإشعاعية مثل اليورانيوم (238–)، فهي فترة نصف حياته، أي الزمن المطلوب كي يتحلل نصف كمّيته إلى صورة أخرى، إذ إن لكل نظير مشعّ فترة نصف منفردة ومتميزة. يبين الجدول (د 1) أربعة نظائر أم مشعة والنظائر المستقرة لبناتها مع أنصاف أعمارها المميزة، ويبين الشكل (د 1) بيانيًّا النقصان في النظير المشع الأم واليادة المرافقة في النظير الابنة، على سبيل المثال: بعد فترة نصف حياة واحدة، يتبقى (50%) من النظير الأصلي الأم، وتنقص إلى (25%) بعد فترتي نصف حياة وإلى (12,5%) بعد (3) فترات نصف حياة، وفي الوقت الذي تنقضي فيه (6) فترات نصف حياة، تكون المادة الأصلية كلها قد فقدت بالتحلل الإشعاعي، ومع تناقص المادة الأم تتزايد كمية المادة الابنة، لتصبح 100% تقريبًا بعد (6) فترات أنصاف حياة؛ ولأن عملية التحلل الإشعاعي غير منعكسة، وتحدث بسرعة ثابتة، فإنها تخدم بوصفها ساعة توقيت يمكن استعمالها للتاريخ الزمني المطلق (الرقمي) بالسنوات؛ ولأن نظائر إشعاعية مثل يورانيوم (238 و235) وبوتاسيوم (40) لها أنصاف أعمار طويلة نسبيًّا (الجدول د 1)، فإن تحللها مفيد في تاريخ صخور يتراوح عمرها من ملايين إلى بلايين السنين، على سبيل المثال: استعمل اليورانيوم المشعّ لتاريخ صخور الأرض التي عمرها (4,6) بلايين سنة تقريبًا. الطرق الفعلية لقياس كمّيات نظائر الأم والابنة وحساب تواريخ رقمية منها معقدة ومملة، على الرغم من أن المبدأ سهل الاستيعاب، وقد استخدمت هذه الطرق بنجاح في تطوير تقسيم زمني ضروري لوضع التواريخ الرقمية في جدول الزمن الجيولوجي، وتوضيح أحداث تاريخ الأرض المهمّة مثل بناء الجبال، والعصور الجليدية، وظهور صور الحياة.

**الجدول (د 1): النظائر الأم وبناتها وفترة نصف العمر لـ (4) عناصر تستخدم عادة في التأريخ المطلق (الرقمي) للمواد الأرضية، مثل الصخور والمواد العضوية.**

| النظائر الإشعاعية الأم | النظائر المتولدة المستقرّة | فترة نصف العمر |
|---|---|---|
| يورانيوم (238–) | رصاص (206–) | (4,5) بليون سنة |
| يورانيوم (235–) | رصاص (206–) | (700) مليون سنة |
| بوتاسيوم (40–) | أرجون (40–) | (1,3) بليون سنة |
| كربون (14–) | نيتروجين (14–) | (5730) سنة |




**الشكل (د 1) نقصان نظير مشع أصيل** إلى نظير متفرع عنه مع ازدياد عدد فترات نصف الحياة.

ويهتمّ علماء الآثار وعلماء الإنسان المعنيون بتاريخ البشر، بتطوير تقسيم زمني يمتد بضعة ملايين سنة أو أقل، وهي الفترة التي وجدت فيها أحافير الإنسان الأول والحالي، إضافة إلى أننا نهتمّ أحيانًا من منظور جيولوجي بيئي بإنشاء تقسيم زمني يمتد بضع مئات إلى مئات آلاف السنين من تاريخ الأرض بطرق محتملة عدة، مثلًا: النظير المشعّ يورانيوم (234) يتحلل إشعاعيًّا إلى ثوريوم (230) بسرعة معروفة، وتُعدّ نسبة هذين النظيرين مفيدة في التاريخ الرقمي لكثير من المواد، مثل المرجان الذي يعود إلى بضع مئات آلاف السنين، ويستعمل الكربون (14) في الرسوبيات الأحدث من (40000) سنة بصورة واسعة للتاريخ الرقمي، أمّا أكثر صور الكربون شيوعًا، فهي الكربون (12) المستقر، إلا أنّ الكربون (14) المشع يتوافر بكميات صغيرة، ويخضع لتحلل إشعاعي إلى النظير المستقر نيتروجين (14) بفترة نصف حياة تصل (5730) سنة، حيث تعمل طريقة الكربون (14) جيّدًا؛ لأنّ المادة العضوية تحتوي على كربون (14) في أنسجتها الحية، ويبدأ التحلل الإشعاعي عندما يموت الكائن، وأمّا المواد الشائعة التي تؤرّخ بالكربون (14)، فتشمل الخشب والعظم والفحم والأنواع الأخرى من المادة العضوية المدفونة. تُعدّ فترة نصف حياة الكربون (14) قصيرة نسبيًّا؛ نتيجة لذلك، تكون كمية الكربون (14) المتبقية بعد (40000) سنة صغيرة جدًّا وصعبة القياس؛ وتبعًا لذلك، فإن استعمال هذه التقنية محدود.

يتوسع حقل تخصص تقسيم الزمن الجيولوجي بسرعة، حيث تُطوّر تقنيات جديدة لذلك، على سبيل المثال: من الممكن الآن التأريخ المباشر للفترة التي كان فيها شكل أرضيّ متكشّفًا على سطح الأرض، ويسمى هذا تاريخ التكشف، حيث إنّ الفكرة الأساسية لذلك، أن بعض النظائر مثل: البريليوم (10-) والألمنيوم (26-) والكلور (36-)، التي تنتج عندما تتفاعل الأشعة الكونية مع جو الأرض، تتراكم بكميات يمكن قياسها في المواد السطحية، مثل التربة والرسوبيات النهرية وأسطح الصخور المتكشفة، وهكذا، فإن كمية تراكم هذه النظائر مقياس لأقل وقت تكشف للبيئة السطحية.

وتستخدم طرق جديدة أخرى في تطوير تقسيم زمني لمنطقة ما، مثل الأشنات، وهي نباتات تشبه الطحالب التي تنمو على أسطح الصخور، إذ إنه من المعروف أنها تعطي سرعات نمو لأجناس محددة، وتميل إلى أن تنمو بصورة حزم دائرية، حيث توفر القياسات الدقيقة لحجم هذه الحزم إضافة إلى سرعة النمو المعروفة أعمارًا رقمية دنيا للصخور التي تتوافر عليها، وقد استخدمت هذه الطريقة بنجاح في كاليفورنيا ونيوزيلندا؛ لتأريخ تساقطات صخرية محلية نتجت عن زلازل كبيرة أي تأريخ لما بعد النشاط الزلزالي. من الممكن أن تعطي طريقة التاريخ بالأشنات أعمارًا تعود لألف سنة قبل الآن، ويمكن أن تؤرخ الرسوبيات بدقة أيضًا باستعمال التأريخ بحلقات الأشجار، التي هي تحليل للنمو السنوي لحلقات الأشجار، وتستعمل لقياس عمر المادة الخشبية الموجودة في الرسوبيات، وقد استخدم علماء الآثار هذه الطريقة بصورة واسعة في تأريخ مواقع سكن الإنسان ما قبل التاريخ، واستخدمها علماء المناخ بوصفها طريقة لإنشاء المناخات القديمة من خلال السنوات الرطبة والجافة، إذ إنّ حلقات النمو تسجل المناخ؛ لأنها تكون ضيقة خلال السنوات الجافة مقارنة بالسنوات الرطبة، ويمكن الحصول أيضًا على تاريخ دقيق جدًّا من عدّ الرقائق (varves)، التي تمثل كل منها سنة من الترسيب في بحيرة عادة أو في المحيط، فمن الممكن أن يمدّ العد الدقيق التقسيم الزمني إلى الخلف بضعة آلاف من السنين.

أمّا السجل التاريخي، فهو التقسيم الزمني الأكثر دقة؛ لكنه في كثير من بقاع العالم بضع مئات من السنين فقط (على سبيل المثال في الولايات المتحدة)، ويمتدّ في مناطق أخرى مثل الصين إلى بضعة آلاف من السنين، إلّا أنه تبعًا لقصر التاريخ البشري مقارنة بالتاريخ الجيولوجي الأطول بصورة أكبر، فإننا نلجأ إلى طرق التاريخ الرقمي لإنشاء التقسيم الزمني، إذ إنّ هناك أكثر من (20) طريقة مفيدة لإنشاء التقسيم الزمني الذي يعطي تواريخ رقمية، وقد ذكرت هذه المناقشة القليل منها فقط، وعلى الرغم من أنّ علم تقسيم الزمن معقد، إلا أنه مهمّ جدًّا في فهم سرعات العمليات الجيولوجية وترتيب الأحداث الجيولوجية ضمن إطار زمني.

## المراجع REFERENCES


1. **Ausich, W. I., and Lane, G. N.** 1999. *Life of the past*, 4th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
2. **Bull, W. B., and Brandon, M. T.** 1998. Lichen dating of earthquake-generated regional rock fall events. Southern Alps, New Zealand. *Geological Society of America Bulletin* 110(l):608–84.
3. **Bull, W. B.** 1996. Dating San Andreas fault earthquakes with lichenometry. *Geology* 24:111–14.

# مسرد المصلحات

**أفق التربة *A soil horizon A***: أعلى أفق في التربة يشار إليه أحيانًا بمنطقة الغسل.

**تآكل *Abrasion***: يستخدم مع العمليات الريحية ليشير إلى حت أسطح الصخور؛ نتيجة تصادم حبيبات الرمل أو الغرين التي ينقلها الريح مع أسطح الصخور؛ فيتسبب في صقلها وتكون فجوات حبيبية فيها.

**امتصاص *Absorption***: أخذ مادة أو استيعابها أو تمثيلها.

**تصريف مياه المنجم الحمضي *Acid mine drainage***: مشكلة بيئية تتعلق بالتخلص من المياه الحمضية الناتجة عن تجوية المعادن الكبريتيدية، مثل بيريت الحديد المرافق للفحم والتمعدنات الكبريتيدية لفلزات مهمّة، مثل: النحاس، والفضة، والزنك.

**المطر الحمضي *Acid rain***: المطر الذي يصبح حمضيًّا بالملوّثات خصوصًا أكاسيد الكبريت والنيتروجين، ومياه الأمطار الطبيعية حمضية قليلًا بسبب ثاني أكسيد الكربون المذاب في الماء.

**صدع نشط *Active fault***: له تعريفات عدة أحدها إزاحة في الصدع في آخر 10000 سنة، وتعريف ثانٍ: إزاحات متعددة خلال آخر 35000 سنة.

**طريقة نشطة *Active method***: تشير بالنسبة إلى الانجماد الدائم إلى طريقة تذويب الأرض المتجمدة قبل إنشاء المباني والمنشآت الأخرى، تستخدم عادة عندما يكون الانجماد رقيقًا أو متقطعًا.

**إدارة تكيفية *Adaptive management***: تطبيق العلم على إدارة المشروعات البيئية مثل الاسترجاع، وهي طريقة مستمرة تشمل تقييمًا ومراقبة تأخذ في الحسبان التغيرات التي تمليها الظروف خلال المشروع وبعده.

**امتزاز (امتصاص سطحي) *Adsorption***: عملية تتعلق فيها جزيئات الغاز أو المواد الذائبة على أسطح المواد الصلبة التي هي في حالة تماس معها.

**معالجة متقدمة *Advanced treatment***: بالنسبة إلى معالجة المياه العادمة، تشمل عددًا من العمليات، مثل استخدام المواد الكيميائية، والمصفيات الرملية، أو الكربونية للتنقية الإضافية وإزالة الملوثات من المياه العادمة.

**هوائي *Aerobic***: يتميز بوجود أكسجين حر.

**علم الجمال *Aesthetics***: في الأصل فرع من الفلسفة يعرفه اليوم الفنانون والنقاد.

**هزات بعدية *Aftershocks***: الزلازل التي تحدث بعد دقائق أو أشهر إلى سنة تقريبًا من الزلزال الرئيس.

**الأجلوميرات *Agglomerate volcanic breccia***: انظر بريشيا بركانية.

**ركام حصمة *Aggregate***: أي مادة صلبة، مثل: كسارة الصخر، والرمل، والحصى، والمواد الأخرى التي تضاف إلى الأسمنت لعمل الخرسانة.

**معامل نوعية الهواء *Air Quality Index***: طريقة معتادة يتم عن طريقها عرض نوعية الهواء في المناطق الحضرية، وتحدد مستويات ومراحل تلوث الهواء من خلال المواصفات الوطنية لنوعية الهواء.

**مواصفات نوعية الهواء *Air Quality Standards***: تراكيز ملوثات الهواء التي تحدد مستويات مقبولة من التلوث ضمن فترة محددة عادة.

**توكسين هوائي *Air toxin***: ملوث هوائي يتسبب في السرطان أو أمراض خطيرة أخرى.

**البيدو *Albedo***: مقياس لانعكاسية أو كمية عشريًّا أو مئويًّا الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي تعكسه مادة أو سطح.

**تربة قلوية *Alkaline soil***: توجد في المناطق الجافة، وتحتوي على كميات كبيرة من الأملاح المعدنية الذائبة الصوديوم بصورة أساسيّة، التي تظهر خلال فصل الصيف على السطح بوصفها قشرة أو مسحوقًا.

**مروحة نهرية *Alluvial fan***: رواسب تشبه المروحة اليابانية، وهي جزء من مخروط يتكوّن عندما يخرج النهر من منطقة جبلية، تشمل الرسوبيات المتوضّعة رسوبيات قناة الجريان، ورسوبيات الأطيان الجارية والحطام.

**رسوبيات نهرية *Alluvium***: رسوبيات غير متصلبة تشمل الرمل والحصى والغرين.

**جسيمات ألفا *Alpha particles***: أحد أنواع الإشعاع النووي الذي يتكوّن خلال التحلل الإشعاعي من بروتونين ونيوترونين.

**طاقة بديلة *Alternative energy***: تشير إلى مصادر الطاقة البديلة للطاقة التي مصدرها الوقود الأحفوري المستخدم بكثرة حاليًّا.

**لا هوائي *Anaerobic***: يتميز بغياب الأكسجين.

**أنديسيت *Andesite***: صخر بركاني من الفلسبار والمعادن السيليسية الأخرى الغنية بالحديد والماغنسيوم، ومحتواة من السليكا متوسط قرابة 60%، ويُعدّ جبل فوجي في اليابان مثالًا جيدًا عليه.

**زاوية الاستقرار *Angle of repose***: أقصى زاوية يصنعها كوم من المواد الحبيبية السائبة.

**أنهيدريت *Anhydrite***: من المتبخّرات، وهو كبريتات كالسيوم $CaSO_4$.

**آنثراسيت *Anthracite***: نوع من الفحم يتميز بنسبة عالية من الكربون ونسبة منخفضة من المواد المتطايرة، يعطي قيمة حرارية عالية، ويتكوّن أحيانًا من تحول الفحم البيتومين.

**طيّة محدّبة *Anticline***: نوع من الطيّات في صخر يتميز بوجود طيّة رأسية أو قوس، توجد الصخور الأقدم في مركز الطيّة.

**قانون سياسة تخصيص الماء *Appropriation doctrine water law***: ينصّ على أنّ الاستخدام السابق للماء عامل مهم، وأول من يستعمل الماء لأغراض مفيدة له حق يسبق حقوق الغير.

**أكويكلود *Aquiclude*** أو أكويتارد: مادة أرضية تحجز المياه الجوفية، ولا تنقلها بسرعات كافية لضخها من بئر. انظر غير منفذ كتيم.

**خزّان مائي *Aquifer*:** مادة أرضية تحتوي على كمية كافية من المياه الجوفية التي يمكن ضخها. وتكون الصخور شديدة التكسير والرمال والحصى غير الملتحمة خزانات مياه جيدة.

**أكويتارد *Aquitard*:** مادة أرضية تعيق جريان المياه الجوفية.

**مصدر تلوث مساحي *Area source*:** نوع من الهواء اللا نقطي، أو تلوث مائي منتشر مثل الجريان من منطقة حضرية أو من عوادم السيارات.

**تعدين مساحي شريطي *Area strip mining*:** نوع من التعدين الشريطي المستعمل في المناطق المسطحة نسبيًّا.

**أفق التربة الطيني B *Argillic B soil horizon*:** يكتب Bt غني بالمعادن الطينية التي انتقلت إلى أسفل عن طريق عمليات تكوين التربة.

**جاف *Arid*:** يشير إلى المناطق التي معدل هطلها السنوي أقل من 25سم/سنة تقريبًا.

**ارتوازي *Artesian*:** يشير إلى نظام المياه الجوفية الذي تنفصل فيه المياه الجوفية عن السطح بطبقة عازلة، ويكون الماء فيه تحت الضغط. المياه الجوفية الواقعة تحت ضغوط كافية ستجري على السطح بحرية من ينبوع أو بئر من غير استعمال مضخة.

**الأسبست *Asbestos*:** مادة معدنية ليفية تستخدم في العزل. هناك شك بأنها مادة مسرطنة أو حاملة لعناصر شحيحة مسرطنة.

**رماد بركاني *Ash, volcanic*:** حطام بركاني غير ملتحم قطر حبيباته أقل من 4 ملم يطير في الهواء عند اندفاع البركان أو انفجاره.

**رماد متساقط *Ash fall*:** انفجار رماد بركاني يطير في الهواء، ثم ينزل على سطح الأرض مثل المطر.

**جريان رماد *Ash flow*:** خليط من الرماد البركاني والغازات الحارة وكسارات الصخور والزجاج تسيل بسرعة على حافة البركان، يمكن أن يكون هذا حدثًا خطيرًا جدًّا.

**كويكبات *Asteroid*:** جسيمات فضائية صخرية أو فلزية قطرها 10-1000كم.

**أسثينوسفير *Asthenosphere*:** الجزء العلوي من ستار الأرض تحت الغلاف الصخري مباشرة. طبقة حارة من الصخر الضعيف نسبيًّا، تسيل ببطء، وتسمح بحدوث حركة الصفائح.

**الجو *Atmosphere*:** طبقة من الغازات المحيطة بالأرض.

**انعكاس جوي *Atmospheric inversion*:** عندما يعلو الهواء البارد هواءً دافئًا في طبقات الجو السفلى.

**ذرة *Atom*:** أصغر جزء من عنصر كيميائي يمكنه المشاركة في التفاعل الكيميائي أو الاندماج مع عنصر آخر.

**تيهور جليدي *Avalanche*:** نوع من الانزلاقات التي تشمل كتلة كبيرة من الثلج والجليد وحطام الصخر، تنزلق وتتدفق بسرعة هائلة على السفوح الجبلية.

**أفق التربة B *B soil horizon*:** أفق تربة متوسط، يعرف أحيانًا بمنطقة التجمع.

**توازن الطبيعة *Balance of nature*:** يعتقد البعض أنّ فكرة الطبيعة غير المتوازنة بسبب نشاط الإنسان ستصل إلى توازن أو حالة اتزان، أنها فكرة قديمة غير صحيحة وغير موجودة في الطبيعة.

**جزيرة حاجزية *Barrier island*:** جزيرة بحرية مفصولة عن اليابسة بسبخة ملحية، تتكوّن عادة من نظام متعدد من المرتفعات الشاطئية، وتنفصل عن الجزر الحاجزية الأخرى بالمداخل التي تسمح بتبادل مياه البحر مع مياه اللاغون.

**البازلت *Basalt*:** صخر بركاني يتكوّن من الفلسبار والمعادن السيليسية الأخرى الغنية بالحديد والماغنسيوم، أمّا محتواه من السليكا فمنخفض قرابة 50%، وهو أكثر أنواع الصخور المكوّنة لبراكين الدروع.

**بازلتي *Basaltic*:** مصطلح جيولوجي هندسي للصخور النارية ناعمة الحبيبات.

**جريان قاعدي *Base flow*:** الجريان المنخفض لجدول أو نهر ينتج عن تسرب المياه الجوفية إلى القناة.

**مستوى القاعدة *Base level*:** أكثر ارتفاعات حت النهر انخفاضًا بصورة نظرية هو عادة مستوى سطح البحر أو بالقرب منه.

**الباثوليث *Batholith*:** اندفاع هائل من الصخور النارية يبلغ حجمه آلاف الكيلومترات المكعبة، ويغطي مساحة تزيد على 100 كم$^2$. يتكوّن في العادة من اندفاعات عدّة يسمى كل منها بلوتون.

**بوكسيت *Bauxite*:** صخر يتكوّن بصورة كلية تقريبًا من أكاسيد الومينات مائية، خام شائع للألمنيوم.

**الشاطئ *Beach*:** تجمع أو تراكم للمادة الشاطئية السائبة عادة رمل وحصى وأصداف صغيرة وأشياء أخرى ناتجة بفعل الأمواج.

**ميزانية الشاطئ *Beach budget*:** قائمة تحتوي على مصادر الرسوبيات وطرق فقدها في جزء معين من خط الشاطئ.

**وجه الشاطئ *Beach face*:** ذلك الجزء من البيئة الشاطئية المستوي تقريبًا ضمن مقطع الشاطئ، ويقع تحت ألـ berm، ويتعرض عادة إلى فعل الأمواج.

**تغذية الشاطئ *Beach nourishment*:** طريقة صناعية لإضافة الرسوبيات الرمل إلى الشاطئ لأغراض جمالية واستجمامية إضافة إلى توفير منطقة محايدة تقلل من الحت.

**مستوى تطبق *Bedding plane*:** المستويات التي تفصل طبقات الصخور الرسوبية.

**الحمل القاعدي *Bed load*:** الجزء الخشن من حمولة النهر الذي يتحرك بالدحرجة والانزلاق والقفز على قاع القناة.

**مادة القاع *Bed material*:** الرسوبيات المنقولة والمتوضعة على قاع قناة النهر.

**بنتونيت *Bentonite*:** نوع من الطين غير مستقر كثيرًا، ينتفخ إلى أضعاف حجمه عند تعرضه للبلل.

**بيرم *Berm*:** الجزء المستوي نسبيًّا من مقطع الشاطئ ينتج بالترسيب من الأمواج، وهو ذلك المكان على الشاطئ، حيث يأخذ الناس حماماتهم الشمسية.

obeikandl.com

**جسيمات بيتا *Beta particles*:** إشعاع نووي من الإلكترونات المنبعثة خلال التحلل الإشعاعي.

**متطلب الأكسجين البيو كيميائي *Biochemical oxygen demand* BOD**: مقياس لكمية الأكسجين الضرورية لتحليل المواد العضوية في حجم الوحدة من الماء. يستخدم أكسجين أكثر مع زيادة النفايات العضوية في الماء ما يؤدي إلى ارتفاع في أل **BOD**.

**تنوّع حيوي *Biodiversity*:** يشير بوجه عام إلى صور الحياة المختلفة في منطقة أو إقليم أو في الأرض كلها، ويشير أيضًا إلى العدد الكلي من الأجناس الغنى أو الأجناس الرئيسة السائدة السيادة.

**وقود حيوي *Biofuel*:** أنواع من الوقود تحتوي على الإيثانول كحول المشتق من النبات.

**دورة بيوجيوكيميائية *Biogeochemical cycle*:** دورة عنصر أو مركب كيميائي خلال أنظمة الأرض المتباينة الشاملة للغلافات الغازية والصخرية والحيوية والمائية.

**غسيل حيوي *Bioleaching*:** استخدام الكائنات الدقيقة في استعادة الفلزات، مثلًا تحرير الذهب المتناثر، ثم معالجته بالغسل بالسيانيد.

**تكبير حيوي *Biomagnification*:** تركيز بيولوجي، طريقة تتراكم فيها الكيميائيات بتراكيز متزايدة في سلسلة الغذاء.

**كتلة حيوية *Biomass*:** مادة عضوية، يمكن أن تُحرق مباشرة بوصفها وقودًا مثل الخشب، أو تحول إلى شكل أكثر ملاءمة فحم أو كحول، ثم تحرق.

**بقاء حيوي *Biopersistence*:** مقياس لطول الفترة التي تبقى فيها مادة محددة في الغلاف الحيوي.

**علاج حيوي *Bioremediation*:** يستخدم مع تلوث التربة، ويشير إلى طريقة استغلال النشاط الميكروبي الطبيعي أو المحسن في التربة لتحطيم الملوثات العضوية في الموقع، لا تتطلب حفرًا للتربة ونقلًا.

**الغلاف الحيوي *Biosphere*:** المنطقة المحاذية لسطح الأرض، وتوجد فيها الكائنات الحية جميعها.

**تقنية حيوية *Biotechnology*:** تستخدم في إدارة الموارد، وتشير إلى استعمال الكائنات في المساعدة على تعدين الخامات أو تنظيف النفايات الناتجة عن الأنشطة التعدينية.

**بيوتيت *Biotite*:** معدن حديد ومغنيسي شائع، وهو من عائلة الميكا.

**فحم بيتومني *Bituminous coal*:** نوع شائع من الفحم يتميز بمحتوًى عالٍ من الكربون وكمية منخفضة من المواد المتطايرة. يسمى أحيانًا الفحم الطري.

**أفق التربة *Bk soil horizon* Bk**: يتميز بتراكم كربونات الكالسيوم التي يمكن أن تغطي جسيمات التربة، وتملأ بعض الفراغات، لكنها لا تسود مورفولوجية هذا الأفق.

**انفجار بئر *Blowout*:** انهيار بئر نفطي أو غازي، أو تخلص من نفايات ينتج عن الضغوط الضارة التي تستطيع أن تنسف جزءًا من تغليف البئر إلى الأعلى، ويرتبط أحيانًا بتسرب النفط أو الغاز أو المواد الكيميائية المؤذية.

**نهر مجدول *Braided river*:** قناة نهرية تتميز بكثرة الجزر التي تفصل باستمرار الجريان في النهر.

**منطقة تكسير الأمواج *Breaker zone*:** الجزء الضحل من بيئة الشاطئ والمنطقة القريبة منه، حيث تصل الأمواج القادمة إلى قمة نشاطها، فتصبح غير مستقرة، وتتكسر.

**كاسرات الماء *Breakwater*:** منشأ مثل الجدار يتصل بالشاطئ أو بعيدًا في اتجاه البحر، يصمم لحماية الشاطئ أو الميناء من فعل الأمواج العاتية.

**بريشيا *Breccia*:** صخور رسوبية وبركانية وتكتونية تتكوّن من كسّارات زاوية.

**مفاعل مولد *Breeder reactor*:** نوع من المفاعلات النووية التي تنتج وقودًا أكثر انشطارًا مما تستهلك.

**محلول ملحي مركز *Brine*:** ماء يحتوي على تركيز عالٍ من الأملاح.

**الوحدة الحرارية البريطانية Btu *British thermal unit***: وحدة حرارية تعرف على أنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة باوند واحد من الماء درجة مئوية واحدة.

**هش *Brittle*:** مادة تتمزّق قبل حدوث أي تشوّه لدن مهم فيها.

**مفاعل حارق *Burner reactor*:** مفاعل نووي يستخدم في توليد الكهرباء، يستهلك مواد انشطارية أكثر مما ينتج.

**أفق التربة C *C soil horizon***: أكثر أفق انخفاضًا في التربة، يعرف أحيانًا بنطاق المادة الأصلية المتغيرة جزئيًّا.

**الكالسيت *Calcite*:** كربونات الكالسيوم $CaCO_3$، معدن جيري شائع، وهو المكوّن الرئيس في الحجر الجيري يتجوى بعمليات الإذابة، والفجوات الكبيرة والشقوق المجواة المفتوحة شائعة في الصخور التي تحتوي على الكالسيت.

**كالديرا *Caldera*:** فوّهة بركانية عملاقة تنتج عن اندفاعات بركانية عنيفة نادرة الوقوع، أو انهيار منطقة القمة في بركان درعي بعد انفجاره.

**كاليش *Caliche*:** ترسيب أبيض-رمادي من كربونات الكالسيوم في تربة المناطق الجافة.

**سعر *Calorie*:** كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة جرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة.

**أفق التربة الكامبي *Cambic soil horizon*:** أفق تربة مميّز لتطور بروفيل التربة الابتدائي، يتميز بلون أكثر احمرارًا من الآفاق الأخرى.

**قدرة النهر *Capacity*:** مقياس للحمولة الكلية التي ينقلها النهر.

**النشاط الشعري *Capillary action*:** ارتفاع الماء في الممرات الأنبوبية الضيقة؛ سببها التوتر السطحي الذي يسهل حدوث هذه العملية كذلك.

**المنطقة الهامشية الشعرية *Capillary fringe*:** النطاق أو الطبقة الواقعة فوق مستوى المياه الجوفية، يمتص الماء فيها إلى أعلى عن طريق النشاط الشعري.

**مياه شعرية *Capillary water*:** الماء المحتجز في التربة بسبب الخاصية الشعرية.

**الكربون – 14 *Carbon-14*:** نظير مشع للكربون فترة نصف الحياة فيه 5740 سنة؛ يستخدم في التاريخ الإشعاعي للمواد التي يصل عمرها إلى 40000 سنة تقريبًا.

**جيري *Carbonate*:** مركب أو معدن يحتوي على أل $CO_3$. الكالسيت هو معدن الجير الشائع.

obeikandl.com

**دورة الكربون *Carbon cycle*:** إحدى الدورات البيوجيوكيميائية الأرضية المهمة، التي تشمل حركة الكربون في الأغلفة الغازية والصخرية والحيوية والمائية.

**أول أكسيد الكربون *Carbon monoxide CO*:** غاز لا لون ولا رائحة له، سام جدًّا للبشر والكائنات الأخرى عند مستويات تركيز منخفضة. 10٪ من تركيز الانبعاثات من الأنشطة البشرية الآتية من الحرائق وعوادم السيارات والمصادر الأخرى للاحتراق غير الكامل للمركبات العضوية. تعرّض عدد من الناس للاختناق بأول أكسيد الكربون مصادفة في أماكن التخييم والخيم والبيوت نتيجة التهوية السيئة.

**مادة مسرطنة *Carcinogen*:** أي مادة يمكن أن ينتج عنها السرطان في البشر والحيوانات الأخرى.

**قدرة التحمّل *Carrying capacity*:** أقصى عدد من أفراد جنس معين في بيئة معينة، دون التسبب في تدهور تلك البيئة والإبقاء على ذلك المجتمع في المستقبل.

**كارثة *Catastrophe*:** حدث أو وضع يتسبب في دمار كثير للناس والممتلكات أو المجتمع بوجه عام، ويستغرق التأهيل أو التخلص من نتائجه الضارة وقتًا طويلًا. تشمل العمليات الطبيعية الأكثر احتمالًا في التسبب بالكوارث: الفيضانات، والأعاصير، والسونامي (الزلازل البحرية)، والبراكين، والحرائق الكبيرة.

**كهف *Cave*:** فجوة طبيعية تحت سطحية، تتكوّن من سلسلة من الحجرات التي تتسع للإنسان أحيانًا، وتتكوّن في أغلب الأحيان في صخور الحجر الجيري والرخام.

**تفاعل متسلسل *Chain reaction*:** في الانشطار النووي، يشير إلى انقسام نواة الذرة بقذف النيوترونات التي تنتج انشطارًا في اليورانيوم، وتطلق نيوترونات أكثر. وإذا لم يتمّ التحكم في مثل هذا النشاط، فتحدث الانفجارات النووية، بينما التفاعلات المستقرة المدعومة (المخطط لها) تحدث في المفاعلات النووية الانشطارية لإنتاج الكهرباء.

**التقنية *Channelization*:** طريقة هندسية لتوسعة قنوات الأنهار أو تعميقها أو تعديلها أو جعلها مستقيمة.

**نمط القناة *Channel pattern*:** هيأة قناة النهر، كما تبدو من أعلى (رؤية بعين الطائر)، وتشمل الأنماط المستقيمة والمتعرجة والمجدولة.

**ترميم القناة *Channel restoration*:** عملية استرجاع قناة النهر إلى صورة طبيعية أكثر.

**الربط الكيميائي *Chemical bonding*:** تماسك الذرات أو تلاصقها مع بعضها عن طريق قوى التجاذب أو التشارك في الإلكترونات فيما بينها.

**مخروط رماد *Cinder cone*:** تلة مخروطية بركانية تتكوّن من تراكم الرماد البركاني والرسوبيات النارية الحطامية الأخرى.

**حزام حول المحيط الهادي *Circum-Pacific belt*:** إحدى المناطق الرئيسة التي تحدث فيها الزلازل، وهي بصورة رئيسة حافة صفيحة المحيط الهادي، حيث كثير من البراكين النشطة، وتعرف كذلك بحلقة النار.

**طين *Clay*:** قد يشير إلى عائلة معدنية أو توضّعات دقيقة الحبيبات. تتسبب في الكثير من المشكلات البيئية، مثل انكماش التربة وانتفاخها والتلوث الرسوبي.

**قشور طينية *Clay skins*:** صفائح متجهة من المعادن الطينية تحيط بحبيبات التربة، وتملأ الفراغات المسامية فيما بينها.

**مناخ *Climate*:** الظروف الجوية المميزة (الجو) في مكان أو منطقة ما خلال فصول وسنوات وعقود.

**نظام مغلق *Closed system*:** له حدود تحدّ من حركة الطاقة والمادة، مثلًا: بالنسبة إلى الموارد المعدنية يمكن أن تُعدّ الأرض نظامًا مغلقًا.

**فحم *Coal*:** صخر رسوبي من مواد نباتية دفنت وانضغطت، فتغيرت.

**ميثان طبقة الفحم *Coal-bed methane*:** الميثان المخزون على أسطح المادة العضوية في الفحم.

**حتّ شاطئي *Coastal erosion*:** حتّ خط شاطئي بعمليات عدة تشمل النشاط الموجي، والانزلاقات، والمياه الجارية.

**إنتاج مشترك *Cogeneration*:** متعلق بموارد الطاقة، إعادة تدوير النفايات الحرارية لزيادة فعالية محطة توليد كهربائي أو مصنع، قد تشمل إنتاج الكهرباء بوصفه ناتجًا جانبيًّا في العمليات التصنيعية.

**تماسك تلاصق *Cohesion*:** متعلق بالخصائص الهندسية للتربة، تشير إلى القوى الهيدروستاتيكية التي تربط حبيبات التربة الناعمة ببعضها، وتكون جزءًا من قوة قصّ التربة.

**رسوبيات سفوح *Colluvium*:** خليط من الصخر المجوّى والتربة والمواد الأخرى، المزوّاة منها بوجه خاص.

**فواصل عمدانية *Columnar jointing*:** نظام شقوق (فواصل) تجزئ الصخر إلى مضلعات خماسية أو سداسية تشكل أعمدة، شائعة في البازلت، وتتكوّن بانكماش الحمم عند تبردها. **مذنب *Comet*:** جسم فضائي يتكوّن من لب صخري محاط بالجليد يتراوح قطره من بضعة أمتار إلى بضعة كيلومترات.

**الحفر العادي *Common excavation*:** الذي يمكن إنجازه عن طريق (earthmover أو backhoe) أو غارفة.

**كفاءة النهر *Competency*:** مقياس لأكبر حجم حبيبي يستطيع أن ينقله النهر.

**استجابة معقدة *Complex response*:** آلية عمل لنظام تحدث التغيرات فيه في أوقات مختلفة وعلى مستويات عدّة، من غير مدخلات تشويش أو اضطراب من خارج النظام.

**بركان مركب *Composite volcanoe*:** مخروط بركاني جوانبه شديدة الانحدار، ينتج عن طبقات متعاقبة من الحطام الناري وجريانات الحمم.

**الكومبوستنج *Composting*:** طريقة بيوكيميائية تتحلل فيها المواد العضوية إلى مادة تشبه الدبال عن طريق الكائنات الهوائية.

**مركب *Compound*:** في الكيمياء أي مادّة تحتوي على أكثر من عنصر بنسب وزنية محددة.

**خطة شاملة *Comprehensive plan*:** وثيقة تخطيط تتبناها الحكومات المحلية على السياسات العامة وطويلة المدى حول كيفية التخطيط للتعامل مع التنمية المستقبلية.

**انضغاطية تربة *Compressibility*:** قياس ميل التربة للنقصان في حجمها.

**معامل تركيز *Concentration factor*:** تتعلق بتعدين الموارد. النسبة بين التركيز الضروري للتعدين المربح إلى متوسط تركيز الخام في قشرة الأرض.

**مكسر محاري *Conchoidal fracture*:** كسور مقوّسة ملساء في الصخر أو المعدن مثل الصدفة.

**مخروط التناقص *Cone of depression*:** انخفاض مخروطي الشكل في مستوى المياه الجوفية؛ سببه ضخّ الماء بسرعات أكثر من تلك التي يستطيع أن يعوضها الجريان الطبيعي للمياه الجوفية.

**خزّان محصور *Confined aquifer*:** خزّان مائي يعلوه طبقة حاصرة (إكويتارد).

**كونغلوميرات (رواهص) *Conglomerate*:** صخر رسوبي حطامي مكوّن من حبيبات دائرية نسبة الحصى فيها (أكثر من 2 ملم) أكثر من 10٪.

**المحافظة (على الموارد) *Conservation*:** خطة للموارد مثل الماء والطاقة تعدل كمية المطلوب منها لتقليل المصاريف عليها إلى الحدّ الأدنى، قد يعني هذا أن نتدبر أمورنا بكمية أقل من خلال التكنولوجيا المتطورة لتأمين الكمية اللازمة من المورد فقط.

**استعمال استهلاكي *Consumptive use*:** استعمال الماء، بحيث لا يعود إلى الأنهار أو المياه الجوفية بعد الاستعمال؛ يتبخر الماء، أو يدخل في المحاصيل والمنتجات أو يستهلكه الناس والحيوانات.

**تحول تماسي *Contact metamorphism*:** نوع من التحول ينتج عندما تكون صخور المنطقة في حالة تماس مع جسم من الماجما (الصهير) في حالة تبرد موجود تحت سطح الأرض.

**انجراف قاري *Continental drift*:** حركة القارات استجابة لانتشار قاع البحر. آخر أحداث الانجراف القاري بدأت قبل 200 مليون سنة، عندما تحطمت قارة بانجايا العملاقة.

**رفّ قاري *Continental shelf*:** نسبيًّا، منطقة محيطية ضحلة بين خط الشاطئ والانحدار القاري تحيط بالقارة، وتصل إلى قرابة 600 قدم في العمق.

**معادلة الاستمرارية *Continuity equation*:** متعلقة بهيدرولوجية الأنهار تشير إلى المعادلة التي تنصّ على أنّ تدفق الجريان يساوي حاصل ضرب مساحة المقطع العرضي للجريان في سرعة الجريان.

**تعدين كونتوري *Contour strip mining*:** نوع من التعدين الشريطي يستعمل في مناطق التلال.

**الحرث الكونتوري *Contour plowing*:** ممارسة حرث الأرض بموازاة الخطوط الكونتورية بصورة معامدة مع اتجاه الميل إلى الأسفل، وذلك للتقليل من تأثير الحتّ.

**انتقال الحرارة بالحمل *Convection*:** انتقال حراري يشتمل على حركة الجسيمات، على سبيل المثال: غليان الماء الذي يرتفع فيه الماء الدافئ إلى السطح مزيحًا الماء البارد الذي يتحرك بدوره إلى الأسفل.

**تلاقي أو تقارب معامدات الموجة *Covergence of wave normals*:** متعلق بالعمليات الشاطئية، ويشير إلى المناطق التي فيها ارتفاعات الموجة أعلى، وعليه، تكون قوة الحتّ المحتملة للأمواج أعظم؛ نتيجة تضاريس قاع البحر في المنطقة البعيدة عن الشاطئ، أو أي أسباب أخرى تقوم بتركيز طاقة الأمواج.

**حدّ تقاربي *Convergent boundary*:** الحدّ بين صفيحتين أرضيتين تغطس خلاله إحداهما تحت الأخرى (استهلاك).

**لبّ الأرض *Core*:** متعلقة بباطن الأرض، حيث ينقسم الجزء المركزي من الأرض تحت الستار إلى لبّ داخلي صلب قطره قرابة 1300كم، ولبّ خارجي منصهر بسمك يصل إلى 2000كم؛ ويعتقد أن اللبّ فلزي، ويتكوّن في معظمه من الحديد.

**تآكل كيميائي *Corrosion*:** تجوية كيميائية بطيئة أو تحلل كيميائي يحدث من السطح إلى الداخل؛ تعاني الأجسام مثل الأنابيب التآكل الكيميائي، عندما تدفن في التربة.

**احتمال التآكل الكيميائي *Corrosion potential*:** احتمال أن تتسبب تربة معينة في التآكل الكيميائي للأنابيب الحديدية نتيجة لكيمياء التربة.

**تحليل الفوائد والتكاليف *Cost-benefits analysis*:** نوع من اختيار الموقع لمشروع معين، تقارن فيه فوائد مشروع معين وتكاليفه، حيث إنّ أفضل المشروعات هي تلك التي تكون فيها نسبة الفوائد إلى التكاليف أكثر من 1.

**زحف *Creep*:** نوع من الحركات في اتجاه أسفل المنحدر تتميز بالبطء والانزلاق أو زحف التربة والمواد الأرضية الأخرى.

**قشرة الأرض *Crust*:** آخر طبقة إلى الخارج من الأرض الصلبة توجد في أعلى الغلاف الصخري الذي يتراوح سمكه من 6–7كم تحت المحيطات إلى أكثر من 70كم تحت السلاسل الجبلية القارية.

**بلوري *Crystalline*:** مادة ذات تركيب داخلي محدد تكون الذرات فيها مرتبة بصورة متكررة.

**تبلور *Crystallization*:** عمليات تكون البلورات.

**استقرار أو هبوط بلوري *Crystal settling*:** هبوط البلورات المتكونة قبلًا إلى قاع حجرة الماجما.

**تسمم غذائي *Cultural eutrophication*:** زيادة سريعة في وفرة الحياة النباتية خصوصًا الطحالب في البيئات البحرية أو المياه العذبة، ناتجة عن توافر الأغذية من مصدر إنساني، ويؤدي تحلل هذه النباتات إلى القضاء على الحياة الحيوانية عن طريق حرمان الأخيرة من الأكسجين.

**خندق مقطوع أو محفور *Cutoff trench*:** خندق يحفر على عرض المنحدر لاعتراض المياه السطحية والجوفية، يساعد على التصريف ما يقلل من احتمالية حدوث الانزلاقات.

**تدفق دارسي *Darcy flux*:** حاصل ضرب التوصيلية الهيدروليكية في الانحدار الهيدروليكي له وحدات سرعة.

قانون دارسي ***Darcy's law*** علاقة عملية تنصّ على أنّ سرعة الجريان الحجمية مثل م3/يوم ينتج عن حاصل ضرب التوصيلية الهيدروليكية في الانحدار الهيدروليكي في مساحة المقطع العرضي للجريان، طوره هنري دارسي عام 1856م.

**انهيار حطامي فتاتي *Debris avalanche*:** نوع من الانهيارات الكتلية يتميز بحركة سريعة للتربة والحطام الصخري في اتجاه أسفل المنحدر، قد يحدث بسبب الإشباع بعد هطل أمطار غزيرة أو بسبب عمليات أخرى، مثل الاندفاعات البركانية التي تتسبب في انهيار الحوافّ الجانبية للبركان.

openkandi.com

**جريان الحطام (جريان الطين/ لاهار) *Debris flow:*** حركة سريعة لمواد التربة تشمل المواد المشبعة غير المتصلبة التي أصبحت غير مستقرة بسبب الأمطار الغزيرة.

**التخلص باستخدام الآبار العميقة *Deep-well disposal:*** طريقة للتخلص من النفايات تشتمل على ضخّ النفايات في مواقع تخلص تحت سطحية، مثل الصخور المشققة أو المسامية.

**التذرية *Deflation:*** عملية فصل الرمل السائب والغبار بفعل الرياح.

**دلتا *Delta:*** رسوبيات من التوضعات التي تتكوّن حيثما يصبّ النهر في بحيرة أو في المحيط شكلها عادة يشبه حرف دلتا في اليونانية. قد يكون الشكل الفعلي أكثر تعقيدًا، ويعتمد على الأهمية النسبية للعمليات النهرية والعمليات الشاطئية. يتميز هذا الشكل الأرضي بتضاريس قليلة جدًّا تقوم فيه القنوات الموزعة بنشر الجريان خلال نظام من القنوات.

**التأريخ باستخدام حلقات الأشجار *Dendrochronology:*** دراسة حلقات الأشجار للاستفادة منها في التأريخ (تحديد الأعمار).

**التحلية *Desalination:*** عملية وتكنولوجيا هندسية تقلل من ملوحة الماء، بحيث يمكن استعماله للشرب والزراعة.

**صحراء *Desert:*** مصطلح صعب التعريف علميًّا، إلّا أنه يعتمد التصنيف في أغلب الأحيان على المعطيات المناخية، ونوع الغطاء النباتي، ونوع التربة، والمظهر العام للتضاريس، عادة في منطقة جافة أو شبه جافة.

**تصحّر *Desertification:*** تحويل الأرض من حالة منتجة إلى حالة تشبه الصحراء.

**حطامي (فتاتي) *Detrital:*** كسّارات معدنية أو صخرية مصدرها الصخور سابقة التكوين.

**تحوّر *Diagenesis:*** عمليات فيزيائية وكيميائية وتغيّرات في الرسوبيات، حيث تنتج الصخور الرسوبية، بعد الترسيب.

**الماس *Diamond:*** معدن صلب جدًّا من عنصر الكربون.

**قاطع *Dyke:*** بوجه عام، اندفاع ناري طويل وضيق نسبيًّا.

**ديوكسين *Dioxin*:** مركب عضوي يتكوّن من الأكسجين والهيدروجين والكربون والكلور، ناتج جانبي عن التفاعلات الكيميائية التي تنتج كيميائيات أخرى، مثل مبيدات الأعشاب، يمكن أن تكون سامّة جدًّا للثديات، وتدمر الأنظمة البيئية.

**الاتجاهية *Directivity:*** متعلقة بأخطار الزلازل، تشير إلى حقيقة أنه خلال الزلازل المتوسطة إلى الشديدة يكون تمزق الصدع في اتجاه معين، وأقصى شدّة للاهتزاز الزلزالي في ذلك الاتجاه.

**استعداد لمواجهة الأخطار *Disaster preparedness*:** متعلق بالأخطار الطبيعية، ويشير إلى الأعمال التي يقوم بها الأفراد والعائلات والمدن والولايات والأمة كلها قبل وقوع حدث خطير؛ من حيث التخطيط لمواجهته والتقليل من الخسائر الناتجة عنه.

**حمولة *Discharge:*** كمية الماء المارة عند نقطة معينة في مجرى الوادي، تقاس عادة بالقدم المكعب/ثانية أو بالمتر المكعب/ثانية.

**مرض *Disease:*** من وجهة نظر بيئية، يمكن أن يُعدّ المرض عدم توازن ينتج جزئيًّا عن عدم التكيف بين الفرد والبيئة التي يعيش فيها.

**خام معدني متناثر *Disseminated:*** خام معدني يكون فيه الخام متفرقًا أو منتشرًا خلال الصخر كله، ومن أمثلته الماس في الكمبرليت وكثير من خامات النحاس.

**الحمولة الذائبة *Dissolved load:*** الجزء من حمولة النهر الناتج عن الذوبان الكيميائي للصخور في حوض التصريف.

**اضطراب *Disturbance:*** يشير من وجهة نظر بيئية إلى حدث يؤدّي إلى تفسّخ النظام، ومن أمثلته الحرائق الكبيرة أو الأعاصير التي تتسبب في تغيرات بيئية كبيرة.

**تباعد معامدات الموجة *Divergence of wave normals*:** متعلق بالعمليات الشاطئية، ويشير إلى المناطق التي تكون فيها ارتفاعات الموجة وقدرتها الحتية منخفضة نسبيًّا، مقارنة بالمواقع الأخرى. توجد أحيانًا في الخلجان والمناطق الأخرى التي يحتمل أن يترسب الرمل فيها على الشواطئ.

**حدّ تباعدي *Divergent boundary:*** حدّ بين الصفائح الأرضية يتميز بإنتاج غلاف صخري جديد، يوجد على طول الحيود المحيطية.

**الاعتماد على الجرعة *Dose dependency:*** يشير إلى تأثيرات عنصر شحيح معين على كائن معين، ويعتمد على الجرعة أو تركيز العنصر.

**منحنيات الجرعة-الاستجابة *Dose-response curves:*** رسم بياني يبين العلاقة بين الاستجابة والجرعة بالنسبة إلى عنصر شحيح معين. على مجتمع محدد من الكائنات.

**وقت المضاعفة *Doubling time:*** الوقت اللازم لمضاعفة أيّ كمية يتم قياسها.

**فيضانات عند مصبات الأنهار *Downstream floods:*** الفيضانات التي تنتج عن العواصف المطرية التي تمتد فترات طويلة، والتي تؤدي إلى إشباع التربة وزيادة في المياه السطحية الجارية التي تغطي مساحات واسعة. تمتد إقليميًّا أحيانًا.

**حوض تصريف *Drainage basin:*** المنطقة التي تسهم بمياهها السطحية إلى شبكة من الأودية.

**التحكم في التصريف *Drainage control*:** تشير إلى إنشاء مصارف سطحية وتحت سطحية لزيادة استقرارية المنحدر.

**شبكة تصريف *Drainage net:*** نظام من قنوات الأودية تلتحم ببعضها، فتكون نظامًا نهريًّا.

**حفر النفايات تحت الماء *Dredge spoils:*** مادة صلبة مثل الرمل والغرين والطين أو الصخر المتراكم من النفايات الصناعية ونفايات البلديات، التي تتم إزالتها من قاع الجسم المائي بهدف تحسين الملاحة.

**قوى محفزة *Driving forces:*** قوى تشجع على حدوث انزلاق أرضي.

**مطالي *Ductile:*** مادة تتمزق بعد أن تتشوّه تشوّهًا مرنًا وتشوّها لدنًا.

**أفق التربة *E soil horizon E*:** أفق فاتح اللون يقع تحت الأفق A المغسول من المركبات الحاملة للحديد.

**النفايات الإلكترونية *E-waste*:** النفايات الناتجة عن الأدوات الإلكترونية مثل الحواسيب، الهواتف الخلوية، وألـ iPods وما شابهها.

**نطاق *E-zone E*:** يتعلق بالحتّ الشاطئي، ويشير إلى المنطقة المتوقع أن تتعرض للحت خلال فترة زمنية محددة.

**جريان أرضي *Earth flow***: نوع من الانزلاقات أو الحركات الكتلية، يتميز بمواد أرضية مشبّعة، تتحرّك نحو أسفل المنحدر وأحيانًا بوجود انزلاق في جزئها العلوي وجريان في جزئها السفلي.

**زلزال *Earthquake***: اهتزاز طبيعي أو ذبذبة للأرض استجابة لتكسّر الصخور على طول الصدوع في المناطق الزلزالية في الأرض تُقارن بوجه عام بحدود الصفائح الصخرية.

**دورة زلزال *Earthquake cycle***: فرضية تشرح حدوث الزلازل دوريًّا اعتمادًا على الانخفاض في قيمة الانفعال المرن بعد حدوث زلزال، وإعادة تراكم الانفعال قبل الزلزال المقبل.

**توازن طاقة الأرض *Earth's energy balance***: تشير إلى التوازن بين الإشعاع الشمسي القادم للأرض والخارج منها، تشمل حساب التغيرات في صورة الطاقة عند حركتها في الغلاف الجوي، والمحيطات وعلى اليابسة وخلال الأشياء الحية قبل أن تشعّ من جديد إلى الفضاء.

**علم نظام الأرض *Earth system science***: دراسة الأرض بوصفها نظامًا.

**سهولة الحفر والإزالة تربة *Ease of excavation soil*:** مقياس لسهولة إزالة التربة من موقعها بالعمال والمعدات.

**التبيؤ *Ecology***: فرع من علم الأحياء يتطرق إلى العلاقات بين الكائنات وبيئاتها.

**استعادة التبيؤات *Ecological restoration***: تطبيق علم التبيؤ لاستعادة أنظمة بيئية تعرضت للتدهور، مثل: الأنهار والأراضي الرطبة والشواطئ والكثبان الرملية. واستعادة الأرض أيضًا بعد أنشطة مثل التعدين وقطع الأخشاب الجائر.

**الجيولوجيا الاقتصادية *Economic geology***: استعمال الجيولوجيا لتحديد مواقع المواد المعدنية وتقييمها.

**نظام تبيؤ *Ecosystem***: مجتمع من الكائنات الحية وبيئتها غير الحية التي يحصل فيها جريان الطاقة ودوران العناصر الكيميائية.

**فعالية *Efficiency***: تتعلق بمصادر الطاقة، وتشير إلى تصميم أجهزة تنتج قدرة أكبر باستخدام كمية محددة من الطاقة، وينتج عن ذلك التقليل من الطاقة الضائعة على صورة حرارة.

**نهير من الملوثات *Effluent***: أيّ مادة تنبعث للخارج من أيّ شيء، وتشمل الأمثلة المياه العادمة من المحطات الكهرومائية والماء الآتي من مواقع التخلص من النفايات الذي يصرف في اتجاه الأودية.

**نهر دائم *Effluent stream***: نهر يستمر جريانه خلال الفصل الجاف بارتشاح المياه الجوفية إليه.

**تشوه مرن *Elastic***: نوع من التشوّه تعود المادة فيه إلى صورتها الأصلية بعد إزالة الإجهاد المؤثر فيها.

**العنصر *Element***: مادة كيميائية تتألف من ذرات متطابقة لا يمكن فصلها إلى مواد مختلفة بالطرق الكيميائية العادية.

**النينو *El Nino***: حدث تضعف خلاله الرياح التجارية أو تنعكس، ويصبح الجزء الشرقي الاستوائي من المحيط الهادي دافئًا بصورة غير مألوفة، والتيارات الاستوائية التي تتحرك غربًا تضعف أو تنعكس.

**التخطيط لحالات الطوارئ *Emergency planning***: التخطيط للمشروعات بعد الأحداث الكارثية، مثل: الأعاصير والفيضانات والأحداث الأخرى.

**الجيولوجيا الهندسية *Engineering geology***: استعمال المعلومات الجيولوجية لحل المشكلات الهندسية.

**البيئة *Environment***: الظروف الفيزيائية والثقافية المحيطة بالفرد أو المجتمع، وتشير أحيانًا إلى مجموعة من الظروف التي تحيط بموقع معين، على سبيل المثال: بيئات الترسيب.

**تدقيق بيئي *Environmental audit***: دراسة استعمالات الأرض في الماضي في موقع محدد، ويمكن تحديده أحيانًا من تحليل الخرائط السابقة والصور الجوية، إلّا أنه قد يشمل الحفر وأخذ عيّنات من التربة والمياه الجوفية.

**أزمة بيئية *Environmental crisis***: تشير إلى أنّ التدهور البيئي وصل إلى مرحلة الأزمة نتيجة إساءة استعمال البشر للبيئة.

**جيولوجيا بيئية *Environmental geology***: استعمال المعلومات الجيولوجية لحل المشكلات البيئية.

**خريطة جيولوجية بيئية *Environmental geology map*:** خريطة تدمج فيها المعلومات الجيولوجية والهيدرولوجية، وتعرض باستخدام مصطلحات مبسطة والهدف من ذلك أن يفهمها أكبر عدد من الناس.

**تقرير الأثر البيئي *Environmental impact assessment EIS***: تقرير مكتوب يقيّم، ويستكشف التأثيرات الممكنة لمشروع في بيئة البشر؛ وهو مطلوب بحسب تشريع صدر عام 1969م من السياسة البيئية الوطنية.

**قانون بيئي *Environmental law***: تخصص في القانون يعنى بالمحافظة على الموارد الطبيعية واستعمالها، وكذلك التحكم في التلوث.

**وحدة مورد بيئي *Environmental resource unit ERU*:** جزء من البيئة فيه الظروف الفيزيائية والبيولوجية نفسها، ومن المفترض أنه تقسيم طبيعي يتميز بأنماط أو تجمّعات محددة من المكوّنات البنائية، مثل (الصخور والتربة والغطاء النباتي والعمليات الطبيعية)، مثل (الحت والمياه الجارية وعمليات التربة).

**الوحدة البيئية *Environmental unity***: مبدأ في الدراسات البيئية ينصّ على أنّ الأشياء متصلة ببعضها.

**مؤقت *Ephemeral***: غير دائم أو قصير الحياة، يميز الشواطئ والبحيرات، وبعض قنوات الأنهار التي تتغير بسرعة.

**مركز خارجي *Epicenter***: نقطة على سطح الأرض تقع مباشرة فوق المركز التحتي للزلزال.

**قابلية الحت النحر *Erodibility***: مقياس لسهولة حت التربة.

**رسوبيات التبخر *Evaporite deposits***: رسوبيات توضعت من الماء نتيجة للتبخر الشديد في ماء البحر أو البحيرة، المواد الذائبة المتخلفة عن التبخر.

**تربة قابلة للتمدد *Expansive soil***: تتعلق بالخصائص الهندسية للتربة، وتشير إلى أنواع التربة التي تتمدد، وتتقلص بصورة متكررة عند تعرضها للبلل والتجفيف؛ ما يتسبب في حدوث مشكلات في أساسات المباني والمنشآت الأخرى.

obeikandi.com

**نمو أسي** ***Exponential growth***: نوع من النمو المركب تتزايد فيه الكمية أو العدد الكلي بنسبة معينة كل سنة، وتُضاف نسبة النمو السنوي إلى الكمية الكلية في السنة السابقة، وتتميز بالتحديد من خلال وقت المضاعفة، أي الزمن اللازم بالسنوات للرقم الأصلي لكي يتضاعف، وهو شائع الاستعمال في المسائل المتعلقة بنمو السكان.

**صخور نارية خارجية** ***Extrusive igneous rocks***: صخر ناري يتكوّن عندما تصل الماجما إلى سطح الأرض، أي صخر بركاني.

**سحنات** ***Facies***: تتعلق بالرسوبيات، وتشير في صخر رسوبي إلى المميزات التي تعكس في أغلب الأحيان طريقة أو ظروف الترسيب الأصلي بالنسبة إلى مكوّنات الرسوبيات وحجم حبيباتها.

**تساقط** ***Falling***: يتعلق بالحركات الكتلية والانزلاقات، ويشير إلى المواد الأرضية، مثل الصخور التي تتساقط من الميول المنحدرة.

**صدع** ***Fault***: شق أو نظام من الشقوق عانى حركة على طول جوانبه المتعاكسة.

**حطام صدعي** ***Fault gouge***: منطقة طينية تتكوّن من صخر مسحوق خلال زلزال، ويمكن أن تشكل حاجزًا مائيًّا.

**جرف صدعي** ***Fault scarp***: منحدر عالٍ يتكوّن بسبب تمزق صدعي لسطح الأرض.

**تجزؤ الصدوع** ***Fault segmentation***: مفهوم يتضمن أن الصدوع يمكن أن تنقسم إلى أجزاء محددة اعتمادًا على صورتها وتركيبها وتاريخها الزلزالي.

**بكتيريا** ***Fecal coliform***: نوع من البكتيريا يوجد عادة في أمعاء البشر والحيوانات الأخرى، وهي غير مؤذية عادة، لكن يمكنها التسبب في بعض الأمراض، تستخدم في العادة بوصفها مقياسًا للتلوث البيولوجي.

**تغذية راجعة** ***Feedback***: استجابة النظام التي تخدم مخرجاته بوصفها مدخلات في النظام، وتتسبب في حدوث تغير.

**فلسبار** ***Feldspar***: العائلة المعدنية الأكثر شيوعًا في قشرة الأرض، وهي سليكات كالسيوم أو صوديوم أو بوتاسيوم.

**معدن حديدومغنيسي** ***Ferromagnesian mineral***: معادن سليكاتية تحتوي على الحديد والماغنسيوم، وتتميز بألوانها القاتمة.

**مادة خصبة مخصبة** ***Fertile material***: مادة مثل اليورانيوم 238- لا تنشطر بصورة طبيعية، وإنما عندما تقذف بالنيوترونات، حيث تتحول إلى بلوتونيوم 239-، وهو مادة منشطرة.

**جهد الريح** ***Fetch***: مسافة هبوب الريح فوق جسم مائي، أحد العوامل المهمة في تحديد ارتفاع أمواج الرياح.

**انشطار** ***Fission***: انقسام الذرة إلى أجزاء أصغر، ويرافق ذلك انبعاث للطاقة.

**فيضان سريع** ***Flash flood***: نوع من الفيضانات التي تحدث في أعالي الأنهار، الذي يتميز بارتفاع مستوى الماء فيه بصورة سريعة.

**تفريغ سريع** ***Flashy discharge***: جريان نهري يتميز بوقت تأخير قصير أو وقت استجابة بين وقت هطل الأمطار ووقت الحمولة القصوى للنهر.

**تخريط أخطار الفيضان** ***Flood-hazard mapping***: تخريط السهل الفيضي ومستويات مياه الفيضان الناتجة عن فيضانات ذات قيم محددة؛ بهدف توضيح خطر الفيضان.

**الفيضان** ***Flooding***: يشير من منظور بيئي إلى جريان الماء في النهار فوق الضفاف، ما يؤدي إلى تخريب محتمل في منشآت الخدمات، وبوصفه عملية طبيعية، يشير إلى الجريان فوق الضفاف، وقد تؤدي إلى تكوين سهول فيضية محاذية لقناة النهر.

**سهل فيضي** ***Floodplain***: طبوغرافيا مستوية محاذية لقناة النهر، تنتج عن الجريان فوق الضفاف والهجرة الجانبية لانحناءات النهر.

**تنظيم السهول الفيضية** ***Floodplain regulation***: طريقة لتحديد السهول الفيضية وتنظيم استخدام أراضيها.

**تقسيم السهول الفيضية** ***Floodplain zoning*** إلى نطاقات: تحديد استعمالات مناسبة للأرض في المناطق التي حدثت فيها فيضانات أو تلك المتوقع حدوث الفيضانات فيها.

**مقاومة الفيضان** ***Flood-proofing***: متعلقة بأخطار الفيضان، وتشير إلى إنشاء وإجراء تعديلات على المباني والمنشآت الأخرى، بحيث لا تغرق بمياه الفيضان.

**جريان** ***Flowage flow***: يتعلق بالحركات الكتلية والانزلاقات، ويشير إلى حركة المواد الأرضية في اتجاه أسفل المنحدر التي تتشوّه كما تتشوّه الموائع.

**قدرة المائع** ***Fluid potential***: القوة الرئيسة القائدة للمياه الجارية في البيئات السطحية وتحت السطحية، تشير بالعادة إلى ارتفاع أو علوّ كتلة مائية فوق نقطة مرجعية معينة.

**الفلور** ***Flourine***: عنصر شحيح مهم وأساسي للتغذية.

**نهري** ***Fluvial***: معني بـ أو متعلق بالأنهار.

**رماد متطاير** ***Fly ash***: جسيمات ناعمة جدًّا (رماد ينتج عن حرق وقود كالفحم).

**البؤرة** ***Focus***: نقطة أو موقع على الأرض أول ما تنطلق منها طاقة الزلزال، وتشعّ الطاقة الزلزالية من البؤرة خلال الزلزال.

**طيّة** ***Fold***: تقوّس في صخور متطبّقة ناتجة عن قوًى تكتونية.

**تورّق** ***Foliation***: خاصية في الصخور المتحولة التي تتميز بترتيب متوازٍ للحبيبات المعدنية الصفائحية أو المتطاولة، مهم بيئيًّا؛ لأنه يمكن أن يؤثر في قوة الصخر وخصائصه الهيدرولوجية.

**إرغام** ***Forcing***: متعلق بالاحترار العالمي، عامل أو متغير يسهم في الاحترار العالمي، مثل التأثير البشري من حرق الوقود الأحفوري.

**تنبؤ** ***Forecast***: متعلق بالأخطار الطبيعية، ويشير إلى الإعلان عن أو التصريح أن حدثًا محددًا، مثل فيضان محتمل الحدوث في وقت معين، أحيانًا مع احتمالية رقمية لوقوع الحدث.

**هزات قبلية** ***Foreshocks***: زلازل صغيرة إلى متوسطة تحدث قبل الزلزال الرئيس.

**تكوين** ***Formation***، **تشكيلة صخرية**: أيّ وحدة صخرية يمكن تخريطها (تمثيلها على الخريطة).

Obeikandi.com

**أحفورة *Fossil***: بقايا أو أدلة الحياة الماضية المحفوظة طبيعيًّا في السجل الجيولوجي، وتشمل العظام والأصداف والطبعات وآثار الحركة.

**وقود أحفوري *Fossil fuel***: وقود مثل الفحم والنفط والغاز، تكوّن من تغيّر النباتات والحيوانات وتحللها من زمن جيولوجي سابق.

**منطقة أو نطاق تشقق *Fracture zone***: نظام شقوق نشط أو غير نشط، وقد يحتوي أو لا يحتوي على منطقة تغير (فساد) على طول مستويات الشقوق، وهي مهمّة بيئيًّا؛ لأن نطاقات الشقوق تؤثر كثيرًا في قوة الصخور.

**تردد تكرار *Frequency***: عدد الموجات التي تمر من نقطة مرجعية في الثانية، وحداتها دورة في الثانية أو هيرتز، عكس زمن الموجة.

**احتكاك *Friction***: متعلق بتشوه مواد الأرض، مثلًا التصدع أو الانزلاقات، ويشير إلى القوى التي تقاوم الحركة، ويحدد عادة على طول مستوًى مثل شق أو سطح انزلاق في انهيار أرضي. جهاز ينتج كهرباء مباشرة عن تفاعل خلية وقود ***Fuel cell*** كيميائي. عادة يستخدم الهيدروجين بوصفه وقودًا تُضاف إليه مادة مؤكسدة.

**مصادر ثابتة *Fugitive sources***: مصادر ثابتة لتلوث الهواء تولد الملوثات من مساحات فارغة مفتوحة ومعرضة لعمليات الهواء.

فوارة ***Fumarole*** فتحة طبيعية تنبعث منها الأدخنة والأبخرة، مثل الحمامات المعدنية والعيون الحارة، وهي تميز مناطق الصخور البركانية.

**انصهار نووي *Fusion***: دمج العناصر الخفيفة لتكوين عناصر ثقيلة، ويصاحب هذه العملية انطلاق للطاقة.

**الجابرو *Gabbro***: صخر ناري قاتم وخشن الحبات، يحتوي على معادن، مثل: الفلسبار الغني بالكالسيوم، والأوليفين، والبيروكسين.

**محطة قياس *Gauging station***: موقع على مجرى النهر يُقاس تدفق الماء فيه.

**فرضية جيا *Gia hypothesis***: سلسلة من الفرضيات تشرح كيف تعمل الأرض بوصفها نظامًا بالنسبة إلى الحياة، ويمكن مجازيًّا تصور الأرض على أنها كائن عملاق يتكوّن من أنظمة تفاعلية مع تغذية راجعة مميزة وعتبات تنتج عنها بيئة مفيدة لكثير من صور الحياة على الأرض. زيادة على ذلك، فإن الحياة مكون أساسي في إنتاج تلك البيئة.

**إشعاع جاما *Gamma radiation***: إشعاع نووي يتكوّن من أشعة حاملة للطاقة وأخرى اختراقية تشبه أشعة أكس، تنبعث خلال التحلل الإشعاعي.

**تحويل إلى غاز *Gasification***: طريقة إنتاج غاز من الفحم.

**دورة جيوكيميائية *Geochemical cycle***: مسارات هجرة العناصر خلال التغيرات والعمليات الجيولوجية.

**الجيوكيمياء *Geochemistry***: كيمياء الأرض، دراسة توافر العناصر الكيميائية وتوزعها في التربة، والصخر والماء.

**علم تقسيم الزمن الجيولوجي *Geochronology***: تأريخ الأحداث الجيولوجية باستخدام الطرق الرقمية.

**نظام المعلومات الجغرافي *Geographic information system (GIS)*:** تقنية لها القدرة على خزن المعطيات البيئية المكانية واسترجاعها وتحويلها وعرضها.

**دورة جيولوجية *Geologic cycle***: مجموعة من الدورات المتعلقة ببعضها، تعرف بالدورات الهيدرولوجية والصخرية والتكتونية والجيوكيميائية.

**زمن جيولوجي *Geologic time***: الزمن الممتد من بدايات الأرض إلى الوقت الحالي، حُسب جزئيًّا من تاريخ الأرض الموثق في الصخور والرسوبيات التي توضّعت، وتكوّنت مرات عدة. مقياس الزمن الجيولوجي هو ترتيب الصخور زمنيًّا بحسب عمرها من الأقدم إلى الأحدث.

**الجيولوجيا *Geology***: علم الأرض، ويشمل تركيبها ومكوناتها وتاريخها.

**الجيومورفولوجيا *Geomorphology***: دراسة صور الأرض والعمليات السطحية.

**نظام منضغط جيولوجيًّا *Geopressured system***: نوع من أنظمة الطاقة الجيوحرارية ينجم عن حجز جريان الحرارة العادية من الأرض عن طريق الصخور الكتيمة، مثل صخر الغضار.

**طاقة حرارية أرضية *Geothermal energy***: التحويل المفيد للحرارة الطبيعية من باطن الأرض.

**انحدار حراري أرضي *Geothermal gradient***: سرعة ازدياد الحرارة تحت سطح الأرض مع العمق؛ معدل الزيادة قرابة 25°/كم.

**فوّارات الماء *Geysers***: نوع خاص من العيون الساخنة يدفع بالمياه الساخنة والبخار فوق سطح الأرض، أشهرها ألـ Old Faithful في متنزه يلوستون الوطني.

**اندفاع جليدي *Glacial surge***: تقدم سريع أو مفاجئ لجليدية.

**جليدية *Glacier***: كتلة من الجليد المتحرك للأسفل على اليابسة.

**نماذج الدوران العالمية *Global circulation models*:** نشير إلى موديلات الحاسوب المستعملة في التنبؤ بالتغير العالمي، مثل الزيادة في متوسط الحرارة، أو الهطل، أو أي متغير مناخي آخر.

**تخفيف الضوء الأرضي *Global dimming***: تبريد خفيف بفعل الإنسان عند إطلاقه لجسيمات تتسبب في تلويث الهواء، وتقوم بعكس الإشعاع الشمسي القادم إلى الأرض ثانية إلى الفضاء.

**احترار عالمي *Global warming anthropogenic*** بفعل الإنسان: تشير إلى أنّ فرضية متوسط درجة الحرارة السنوية للجزء السفلي من الغلاف الجوي، تزداد نتيجة لحرق الوقود الأحفوري وانبعاث غازات الدفيئة إلى الغلاف الجوي.

**نايس *Gneiss***: صخر متحوّل خشن الحبّات ومتورّق، يتكون من حزوز متعاقبة من المعادن الفاتحة والدّاكنة.

**تدريج منحدر *Grading of slope***: أعمال قطع وردم تهدف إلى زيادة استقرار المنحدر.

**جرانيت *Granite***: صخر داخلي ناري خشن الحبّات يتكوّن من الفلسبار الغني بالبوتاس والكوارتز والميكا.

**حصى *Gravel***: غير متصلبة، من كسارات صخرية ومعدنية مدورة قطرها أكثر من (2 ملم).

**ماء جاذبي *Gravitational water***: الماء الذي يوجد في الفراغات المسامية للتربة، وينصرف بحرية من كتلة التربة تحت تأثير الجاذبية.

obeikandl.com

**تأثير البيت الزجاجي غازات الدفيئة *Greenhouse effectt:*** حجز بخار الماء وثاني أكسيد الكربون والميثان وكلور فلور الكربون للحرارة في الغلاف الجوي.

**جروين *Groin***: منشأ مصمّم لحماية خط الشاطئ وحجز الرسوبيات في منطقة الانجراف الشاطئي، تنشأ عادة معامدة للشاطئ.

**حقل جروينات *Groin field***: متعلق بالعمليات الشاطئية، مجموعة جروينات.

**ماء جوفي *Groundwater***: الماء الموجود تحت سطح الأرض ضمن منطقة الإشباع.

**تدفق مياه جوفية *Groundwater discharge***: يشير إلى جريان المياه الجوفية إلى الخارج، مثلًا من بئر أو ينبوع أو نزازة إلى قنوات الأنهار.

**جريان مياه جوفية *Groundwater flow***: حركة الماء تحت سطح الأرض وتحت مستوى المياه الجوفية.

**نظام مياه جوفية *Groundwater system***: متعلق بالطاقة الحرارية الأرضية، ويشير إلى استعمال موارد المياه الجوفية ذات الحرارة العادية لتوفير طاقة تستعمل للتبريد والتسخين.

**معالجة مياه جوفية *Groundwater treatment***: يشير إلى عدد من العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية المستعملة لإزالة الملوثات من المياه الجوفية.

**مادة حقن *Grout***: خليط من الأسمنت والرسوبيات مائع بدرجة كافية ليضخّ في الشقوق أو الكسور المفتوحة في الصخور، ما يزيد من قوة أساس المنشأ الهندسي.

**سرعة النمو *Growth rate***: تقاس عادة بوصفها نسبة مئوية للسرعة التي يتغير بها شيء ما، مثلًا: إذا كان حسابك البنكي يكسب فائدة 5% كل سنة، فإنّ نسبة النمو 5% سنويًّا.

**الجبس *Gypsum***: معدن من المتبخرات $CaSO_4, 2H_2O$.

**فترة نصف حياة *Half-life***: الزمن اللازم لتحلل نصف عدد ذرّات عنصر إشعاعي معين.

**الهاليت *Halite***: معدن شائع، NaCl (ملح).

**أفق تربة صلب *hardpan soil horizon***: أفق تربة صلب مرصوص أو ملتحم، في أغلب الأحيان يتكوّن من الطين؛ لكنه ملتحم أحيانًا بكربونات الكالسيوم، أو أكسيد الحديد، أو السليكا، وهو غير منفذ تقريبًا، وفي بعض الأحيان يعيق حركة ماء التربة إلى أسفل.

**مسار صعب *Hard path***: من منظور بيئي يشير إلى استعمال محطات توليد كهربائية مركزية كبيرة. يمكن أن يزاوج مع الحفاظ على الطاقة وإعادة التوليد.

**كيميائيات خطرة *Hazardous chemicals***: كيميائيات مؤذية أو مسرطنة أو سامة للبشر أو الكائنات الحية الأخرى أو الأنظمة البيئية، معظمها ينتج عن صناعاتنا والصناعات الزراعية؛ إلّا أنّ بعضها له أصول طبيعية كذلك.

**فلزات ثقيلة *Heavey metals***: متعلقة بالجيوكيمياء والصحّة البيئية، وتشير إلى فلزات، مثل: الرصاص والسيلينيوم والزنك وفلزات أخرى، قد تكون ضارة للبيئة، حتى عندما تكون موجودة بتراكيز قليلة.

**هيماتيت *Hematite***: خام مهمّ للنحاس، وهو معدن رمزه $Fe_2O_3$.

**نفايات عالية المستوى *High-level waste***: وقود نووي تجاري ومستهلك عسكريًّا، يتكوّن جزئيًّا من اليورانيوم والبلوتونيوم شديد السمية.

**مورد عالي القيمة *High-value resource***: مواد مثل الماس والنحاس والذهب والألمنيوم، تستخرج هذه المواد حيثما توجد، وتنقل إلى أسواق متعددة في مختلف أنحاء العالم.

**نظام ناري حار *Hot igneous system***: نوع من نظام الطاقة الحرارية الأرضية يتم تزويد الحرارة فيه عن طريق وجود الماجما.

**بقعة حارة *Hot spot***: يفترض وجود مصدر حراري مكانه ثابت يقع تحت الغلاف الصخري يغذي العمليات البركانية قرب سطح الأرض.

**عين حارة *Hot spring***: تدفق طبيعي للمياه الجوفية حرارتها أعلى من حرارة جسم الإنسان.

**الينابيع الحارة والفوارات *Hot springs and geysers:*** مظاهر على سطح الأرض، حيث تنبعث المياه الحارة والبخار بصورة هادئة أو عنيفة.

**الدبال *Humus***: مادة عضوية سوداء موجودة في التربة.

**إعصار *Hurricane***: زوبعة حلزونية استوائية تتميز برياح دورانية سرعتها (100 كم/ساعة) أو أكثر، تتكوّن فوق منطقة قطرها (160 كم) تسمى تيفون في المحيط الهادي.

**توصيلية هيدروليكية *Hydraulic conductivity***: تقيس مقدرة مادة معينة على السماح للماء بالمرور من خلالها، وحداتها: طول لكل وحدة زمن، مثل م/يوم.

**انحدار هيدروليكي *Hydraulic gradient***: متعلق بحركة المياه الجوفية، يشير إلى ميل سطح المياه الجوفية أو السطح البيزومتري، مهمّ في حركة المياه الجوفية.

**رأس هيدروليكي *Hydraulic head***: متعلق بحركة المياه الجوفية، ويشير إلى ارتفاع المياه الجوفية فوق سطح مرجعي، مثل سطح البحر.

**هيدروكربون *Hydrocarbon***: مركبات عضوية تتكوّن من الكربون والهيدروجين.

**انضمام مائي *Hydroconsolidation***: انضمام المواد الأرضية، عندما تبتل.

**طاقة كهرومائية *Hydroelectric power***: انظر طاقة الماء.

**تشقق هيدروليكي *Hydrofracturing***: ضخّ ماء تحت ضغوط عالية جدًّا في الصخور التحتية لتشقيق الصخور؛ ما يؤدي إلى زيادة نفاذيتها.

**فلوريد الهيدروجين *Hydrogen fluoride***: غاز مفرط السمية، خطير حتى بتراكيز قليلة.

**كبريتيد الهيدروجين *Hydrogen sulfide***: غاز سام سريع الاشتعال له رائحة البيض الفاسد.

obeikandl.com

**هيدروجيولوجيا *Hydrogeology***: تخصص علمي يدرس العلاقات بين الجيولوجيا والمياه السطحية والجوفية.

**هيدروجراف *Hydrograph***: رسم بياني لتغير تدفق الماء في جدول نهري مع الزمن.

**دورة هيدرولوجية *Hydrologic cycle***: دوران الماء من المحيطات إلى الغلاف الجوي والعودة إلى المحيطات على صورة أمطار وتبخر ومياه جارية من القنوات والأنهار، وجريان المياه الجوفية.

**انحدار أو ميل هيدرولوجي *Hydrologic gradient***: هو القوة المتحكّمة في جريان المياه الجوفية المشبع وغير المشبع، كميًّا هو ميل أو سرعة تغير الرأس الهيدروليكي الذي هو عند نقطة القياس يمثل المجموع الجبري لرأس الارتفاع ورأس الضغط.

**هيدرولوجي *Hydrology***: دراسة المياه السطحية والجوفية.

**غلاف مائي *Hydrosphere***: البيئة المائية على الأرض وداخلها، إضافة إلى الغلاف الجوي.

**نظام حرمائي *Hydrothermal convection system* تنتقل الحرارة فيه بالحمل**: نظام طاقة حرارية أرضية يتميز بدوران مياه ساخنة، قد يسود فيه إمّا بخار الماء أو الماء الساخن.

**خام حرمائي *Hydrothermal ore deposit***: راسب معدني آتٍ من المياه الساخنة من أصل ماجماتي.

**ماء هيجروسكوبي *Hygroscopic water***: يشير إلى الماء الممتص والمحجوز بقوة على جسيمات التربة ناعمة الحبيبات.

**المركز التحتي *Hypocenter***: نقطة تحت سطح الأرض ينشأ عندها الزلزال، تسمى بؤرة.

**فرضية *Hypothesis***: قول يقصد منه أن يكون جوابًا ممكنًا لسؤال علمي، حيث تُطوّر أحيانًا فرضيات عدّة للإجابة عن سؤال معين. يمكن اختبار أفضل الفرضيات.

**جبال جليدية *Icebergs***: كتل كبيرة من الثلج الجليدي تنكسر من مقدمة الجليدية، فتنفصل، وتسقط في المحيط بعملية تسمى calving، كتلة الجليد التي يكون (90%) منها تحت سطح الماء، ثم تحركها التيارات المحيطية.

**صخور نارية *Igneous rocks***: صخور تتكوّن من تصلب الماجما، خارجية إذا تبلورت على سطح الأرض وداخلية إذا تبلورت داخلها.

**كتيم *Impermeable* غير منفذ**: مواد أرضية تعيق أو تمنع حركة الموائع خلالها.

**غطاء كتيم *Impervious cover***: متعلق بهيدرولوجية المناطق الحضرية، يمثل سطح الأرض المغطى بالخرسانة والأسقف والمنشآت الأخرى التي تعيق ارتشاح الماء في التربة، وبوجه عام، تزداد نسبة الأرض التي تقع تحت الغطاء الكتيم مع زيادة التحضر.

**نهر جليدي *Ice stream***: نهر في ثلج جليدي ضمن صفيحة جليدية يتحرك أسرع من الصفيحة الجليدية.

**إحراق النفايات *Incineration***: تقليل حجم النفايات القابلة للاحتراق بحرقها على حرارة عالية وتحويلها إلى رماد.

**تلوث هواء داخل المباني *Indoor air pollution***: يشير إلى الملوثات التي تتركز داخل المباني، حيث نعيش، ونعمل.

**التبيؤ الصناعي *Industrial ecology***: تصميم الأنظمة الصناعية، بحيث تكون شبيهة بالأنظمة البيئية، حيث تكون النفايات الناتجة في أحد الأجزاء موردًا يستعمل في جزء آخر من النظام.

**ارتشاح *Infiltration***: حركة المياه السطحية في الصخور أو التربة.

**مجرى رافد *Influent stream***: وادٍ فوق مستوى المياه الجوفية في مجراه كله وجريانه نتيجة مباشرة للأمطار، يرتشح جزء من الماء الموجود في مجراه إلى مستوى المياه الجوفية مشكلًا مرتفعًا أو هضبة تغذية.

**تحليل المدخلات والمخرجات *Input-output analysis***: نوع من تحليل الأنظمة يتم فيه حساب سرعات الإدخال والإخراج ومقارنتها.

**استخدام الماء في النهر *Instream use***: الماء الذي يستعمل دون أن يُسحب من مكانه، مثال عليه: الماء الذي يستخدم في توليد الطاقة الكهرومائية.

**الشدة بالأجهزة *Instrumental intensity***: شدة الاهتزاز الناتجة عن زلزال يستحصل عليها من المعلومات المسجلة على شبكة من أجهزة السيزموغراف عالية الجودة.

**الطريقة المتكاملة في التخلص من النفايات *Integrated IWM waste management IWM:*** مجموعة من البدائل الإدارية المعقدة للتخلص من النفايات تشمل تقليلها في مكانها الأصلي، وإعادة تدويرها، وتحويلها إلى صورة مفيدة، وطمرها في المكبات، وحرقها.

**زلزال صفيحي *Intraplate earthquake***: زلازل تحدث داخل صفيحة ضمن الغلاف الصخري بعيدًا عن حدودها.

**صخر ناري داخلي جوفي *Intrusive igneous rock:*** صخر ناري يتكوّن عندما تتصلب الماجما تحت سطح الأرض.

**جزيرة قوسية *Island arc***: مجموعة من الجزر البركانية المنحنية ترتبط بخندق محيطي عميق ومنطقة استهلاك (حدود صفائح تقاربية).

**توازن القشرة الأرضية *Isostasy***: المبدأ الذي ينصّ على أنّ القشرة الأكثر سمكًا والأكثر طفوًا أعلى طبوغرافيًّا من القشرة الأكثر نحفًا وكثافة. أيضًا بالنسبة إلى الجبال، وزن صخور أعلى القشرة يتم التعويض عنه بطفو الصخور البلورية العميقة، أي إنّ الجبال لها جذور من الصخور القشرية الخفيفة تمتد إلى الأسفل لتصل إلى صخور الستار الأكثر كثافة، مثل: الجبال الجليدية في المحيط.

**نظائر *Isotopes***: ذرّات من العنصر نفسه لها عدد البروتونات نفسه في الذرة، ولكنها تختلف في عدد النيوترونات.

**مرض إتايي إتايي *Itai itai disease***: مرض يتسبب في آلام شديدة، يهاجم العظام، ويتسبب في هشاشتها، فتنكسر بسهولة، يرتبط باستهلاك الفلزات الثقيلة أو التعرض لها خصوصًا الكادميوم، بتراكيز تصل بضعة أجزاء بالمليون في التربة أو الطعام.

**حاجز الميناء *Jetty***: ينشأ أحيانًا بصورة مزدوجة عند مصب النهر أو مدخل اللاغون أو الخليج، يصمم لتثبيت القناة (زيادة استقرارها)، والتحكم في توضع الرسوبيات، وحرف الأمواج الكبيرة.

**فاصل *Joint***: شقّ صخري لا توجد عليه إزاحة. تشكل الفواصل المتوازية مجموعة فواصل.

**ماء وليد *Juvenile***: صهاري المنشأ: ماء من باطن الأرض لم يكن موجودًا من قبل على سطح الأرض أو في الغلاف الجوي.

**أفق التربة *K soil horizon K***: أفق غني بكربونات الكالسيوم أحيانًا على صورة طبقات رقائقية موازية للسطح، يملأ الجير الفراغات الصخرية بين حبيبات التربة بصورة كاملة.

**الحدّ الكريتاسي-الثلاثي *K-T boundary***: حدّ في الزمن الجيولوجي بين فترتي الكريتاسي والثلاثي قبل (65 مليون) سنة تقريبًا.

**تضاريس الكارست *Karst topography***: نوع من التضاريس يتميز بوجود الحفر الغائرة والكهوف وتحول المجاري السطحية للماء إلى مجارٍ تحت سطحية.

**أنبوب من الكمبرليت *Kimberlite pipe***: جسم ناري جوفي يحتوي على بلورات من الماس متناثرة أو متفرقة في الصخر كله.

**وقت التأخير *Lag time***: الفترة الزمنية بين وقت هطل الكمية الرئيسة من المطر ووقت حدوث التدفق في النهر، يتناقص هذا الوقت مع التحضر أو التمدن.

**تطبيق أرضي *Land application***: أحد البدائل للتخلص من أنواع معينة من النفايات الكيميائية الخطرة، حيث توضع النفايات في التربة وتتحطم بالنشاط البيولوجي الطبيعي في التربة.

**خلق أرضي *Land ethic***: خلق يثبت حق الموارد كلها بما فيها النباتات والحيوانات ومواد الأرض في أن تستمر في الوجود، على الأقل في بعض المواقع، بصورة طبيعية.

**انزلاق أرضي *Landslide***: بالتحديد حركة سريعة نحو أسفل المنحدر، وهو أيضًا مصطلح عام لكل أنواع الحركات نحو أسفل المنحدر.

**تخطيط استعمال الأرض *Land-use planning***: عملية معقدة تتضمن تطوير خطة لاستعمال الأرض، تشمل تقريرًا عن القضايا المتعلقة باستعمال الأراضي، والأهداف والمبتغيات، وهو ملخص عن تجميع المعطيات وتحليلها، وخريطة تصنيفية للتربة، وتقرير يصف، ويشير إلى التطوير الصحيح لمناطق ذات أهمية بيئية خاصة، قضية شديدة التناقض.

**بركان جانبي *Lateral blast***: نوع من الاندفاعات البركانية يتميز بنشاط انفجاري موازٍ لسطح الأرض تقريبًا. قد يتكوّن البركان الجانبي عند حدوث انهيار كارثي لأحد جوانب البركان.

**لاتريت *Laterite***: تربة تتكوّن من تجوية كيميائية شديدة في المناطق الاستوائية أو السافانا.

**لابة حمم *Lava***: مادة منصهرة تنتج عن اندفاع بركاني أو عن صخر تكوّن من تصلب مادة منصهرة.

**جريان لابة حمم *Lava flow***: اندفاع ماجما عند سطح الأرض تسيل عادة من الفوّهات البركانية في اتجاه أسفل المنحدرات.

**أنبوب لابي *Lava tube***: موصل طبيعي أو نفق تسيل عادة من فوّهة بركانية في اتجاه أسفل المنحدرات (بعضها) بضعة كيلومترات إلى حيث يمكنها أن تظهر على السطح، بعد الاندفاعات البركانية تظهر الأنابيب على صورة فجوات مفتوحة بوصفها أحد أنواع الكهوف.

**قانون العلاقات المتقاطعة *Law of cross-cutting relationships:*** قانون رئيس في الجيولوجيا ينصّ على أنّ الصخر أكثر حداثة من أيّ صخر آخر يقطعه، تطبيق هذا القانون يساعد على تحديد الأعمار النسبية للصخور.

**قانون المجموعات الحيوية *Law of faunal assemblages:*** يعرف أيضًا بقانون التعاقب الحيوي، قانون عام في العلوم الجيولوجية ينصّ على أنّ الأحافير أو الكائنات تتعاقب مع بعضها بترتيب يمكن تعرّفه. أي إنّ المحتوى الأحفوري للصخور الرسوبية يشير إلى أعمارها النسبية.

**قانون الأفقية الأصلية *Law of original horizontality:*** قانون رئيس في العلوم الجيولوجية، ينصّ على أنّ الطبقة الرسوبية في وقت توضعها كانت أفقيّة تقريبًا. لا يعني هذا أنّ الحبيبات في الطبقة كلها توضّعت بصورة أفقية، لكن الطبقة نفسها أفقية.

**قانون التعاقب الطبقي *Law of superposition***: قانون أساسي في العلوم الجيولوجية ينصّ على أنه في أيّ تعاقب من الطبقات الرسوبية التي لم تتعرض للانقلاب، تكون الصخور الأحدث في الأعلى والأقدم في القاع أو عند قاعدة التعاقب، أو بطريقة أخرى، بالنسبة إلى أيّ طبقة في وحدة رسوبية، تكون الصخور التي في أعلاها أحدث منها، والصخور التي في أسفلها أقدم منها.

**العصارة *Leachate***: سائل مادة كريهة له القدرة على حمل البكتيريا، ينتج عند تماس المياه الجوفية أو السطحية مع نفايات صلبة.

**الغسيل *Leaching***: طريقة إذابة المواد الأرضية وغسلها أو تصريفها بارتشاح المياه الجوفية أو السوائل الأخرى.

**رصاص *Lead***: فلز ثقيل سام استُعمِل بصورة واسعة في الماضي من قبل البشر، ويُستعمل الآن للدهانات والبنزين.

**جسور نهرية *Levees***: تنتج عن الجريان فوق ضفاف الأنهار، أما التي ينشئها البشر فتكون على شكل سدود ترابية تمتدّ على طول قناة النهر لحماية الأرض المجاورة من خطر فيضان النهر.

**لجنيت *Lignite***: فحم متدني الدرجة.

**حجر جيري *Limestone***: صخر رسوبي مكوّن بأكمله تقريبًا من معدن الكالسيت.

**ليمونيت *Limonite***: صدأ، أكسيد حديد مائي.

**تسييل *Liquifaction***: تحول مادة حبيبية مشبّعة بالماء من الحالة الصلبة إلى السائلة.

**الغلاف الصخري *Lithosphere***: الطبقة الخارجية للأرض، سمكها قرابة (100 كم)، تكوّن الصفائح التي تتضمّن الأحواض المحيطية والقارات.

**قرب شاطئي *Littoral***: متعلق بالبيئات القريبة من الشاطئ.

**خلية قرب شاطئية *Littoral cell***: جزء من خط الشاطئ يحتوي على دورة كاملة من إرسالية الرسوبية إلى الشاطئ، ونقل موازٍ للشاطئ وفي النهاية فقدان الرسوبية من البيئة القريبة من الشاطئ.

**اللوس *Loess***: رسوبيات الغرين الريحي.

**مقطع طولي *Longitudinal profile***: متعلق بدراسة الأنهار، ويشير إلى مقطع قناة النهر التي تكون مقعرة عادة، وتمثل رسمًا بيانيًّا للعلاقة بين الارتفاع والمسافة من نقطة مرجعية في اتجاه أسفل النهر.

OBEIKAN Publication

**حواجز ومنخفضات موازية للشاطئ *Longshore bars and troughs:*** منخفضات طولية، وما يجاورها من مرتفعات رملية توازي الشاطئ تقريبًا، وتنتج بفعل الأمواج.

**تيار موازٍ للشاطئ *Longshore current*:** تيار من الماء والرسوبيات المتحركة ينشأ في منطقة تصنع فيها الأمواج زاوية مع الشاطئ.

**نقل الرسوبيات الموازية للشاطئ *Longshore sediment transport:*** متعلق بالعمليات الشاطئية، تشير إلى نقل الرسوبية في البيئة القريبة من الشاطئ بفعل الأمواج.

**نفاية إشعاعية منخفضة المستوى *Low-level radioactive waste:*** المواد التي تحتوي على كمّيات قليلة من المواد المشعّة.

**مورد منخفض القيمة *Low-value resource*:** موارد مثل الرمل والحصى، لها قيمة في المكان الموجودة فيه، ويُعدّ استخراجها مجديًا لوجودها بالقرب من مناطق استعمالها.

**صهير ماجما *Magma*:** مادة صخرية منصهرة طبيعية معظمها في حالة سائلة.

**حنفية على الماجما *Magma tap*:** محاولة استعادة الطاقة الحرارية الأرضية مباشرة من الماجما؛ إمكانية فعل هذا غير معروفة.

**تمايز ماجماتي *Magmatic differentiation*:** عمليات فيزيائية وكيميائية ينتج عنها تركيب كيميائي مختلف ومعادن مختلفة مكوّنة للصخور النارية من مصدر مشترك.

**انعكاس مغناطيسي *Magnetic reversal*:** يتضمّن تغيرًا في الحقل المغناطيسي بين الاستقطابية العادية والمنعكسة، تعرف أحيانًا باسم انعكاس جيومغناطيسي.

**ماجنيتيت *Magnetite*:** معدن وخام مهمّ للحديد $Fe_3O_4$.

**مفهوم القيمة-التردد *Magnitude-frequency concept:*** المفهوم الذي ينصّ على أنّ قيمة حدث ما تتناسب عكسيًا مع ترده.

**عقيدات أكسيد المنجنيز *Manganese oxide nodules:*** عقيدات منجنيز، حديد مع نحاس، ونيكل، وكوبالت ثانوية؛ تغطي مساحات شاسعة من قاع المحيط.

**ستار *Mantle*:** طبقة داخلية في الأرض سمكها قرابة (3000 كم)، تتكوّن من صخور سليكاتية غنية بالحديد والماغنسيوم. والحد السفلي للستار مع لب الأرض، والعلوي مع قشرتها (حد موهو).

**رخام *Marble*:** حجر جيري متحوّل.

**مارل *Marl*:** طين وسيلت ورمل أو خليط من هذه المواد يحتوي على كمّيات متباينة من المواد الكلسية.

**انقراض جماعي *Mass extinction*:** فقدان مفاجئ لعدد كبير من الأجناس النباتية والحيوانية بالنسبة إلى الأجناس الجديدة التي تُضاف.

**حركات كتلية للمواد *Mass wasting*:** مصطلح شامل لأي نوع من حركات المواد الأرضية نحو أسفل المنحدر.

**تكبير المادة *Material amplification*:** يشير إلى ظاهرة تكبير سعة الموجات الاهتزازية في بعض مواد الأرض. يرتبط هذا عادة بالرسوبيات الناعمة، مثل الطين والغرين.

**إدارة المواد *Materials management*:** استغلال أفضل للمواد بتقليل النفايات التي تنتجها.

**أشد زلزال محتمل *Maximum credible earthquake:*** أكبر زلزال يمكن افتراض وجوده من ناحية منطقية اعتمادًا على البيئة التكتونية، والزلازل التاريخية، والزلزالية القديمة.

**متعرج *Meandering*:** أحد صور القنوات، ويتميز بقناة منحنية مع سلسلة من الانحناءات اللطيفة التي تهاجر إلى الأمام والخلف في السهل الفيضي.

**تعرجات *Meanders*:** انحناءات في قنوات الأنهار تهاجر إلى الأمام والخلف في السهل الفيضي، وفيها توضع للرسوبيات في الجزء الداخلي من الانحناءات، ما يؤدي إلى تكون أل point bars وحتّ الجزء الخارجي من الانحناءات.

**توسط *Mediation*:** طريقة حلّ خلاف بيئي بطريقة مفيدة لمختلف الأطراف؛ طريقة تعاونية تبحث عن حلّ يراعي مصلحة البيئة، وفي الوقت نفسه يسمح بالأنشطة والمشروعات المختلفة.

**انصهار *Meltdown*:** حادثة في محطة طاقة نووية تزيد حرارة الجزء الداخلي من المفاعل بصورة مفرطة، فتذوب أنابيب الوقود.

**صخر متحوّل *Metamorphic*:** صخر يتكوّن من صخر سابق بتأثيرات الحرارة والضغط والموائع النشطة كيميائيًّا تحت سطح الأرض. في الصخور المتحوّلة المتورّقة تترتب المعادن أو تنفرز بصورة متوازية. لا يوجد أيّ من هذا في الصخور المتحوّلة غير المتورّقة.

**نيزك ميتيور *Meteor*:** جسيم يتراوح من الغبار إلى بضعة سنتمترات، يتحطم في الغلاف الغازي للأرض shooting star.

***Meteoric water*:** ماء من الغلاف الغازي للأرض.

**نيزك *Meteorite*:** جسيم حجمه من الغبار إلى الكويكب asteroid يصطدم مع سطح الأرض.

**نيزكي *Meteoroid*:** جسم فضائي حجمه من الغبار إلى أقل من (10 م) قد يتكوّن من تحطم أل asteroids.

**ميثان *Methane*:** غاز $CH_4$، المكوّن الرئيس للغاز الطبيعي.

**هيدرات الميثان *Methane hydrate*:** مركب يشبه الجليد، يتكوّن من جزيئات من غاز الميثان المحجوز في أقفاص من الماء المتجمد تحت قاع البحر على عمق (1000م) تقريبًا.

**ميكا *Mica*:** معدن شائع مكوّن للصخور.

**حيد منتصف المحيط *Mid-oceanic ridge*:** مرتفع طبوغرافي يوجد عادة في منتصف المحيطات، يتميز بالانجراف القاري. حيد وسط الأطلسي أحد الأمثلة.

**دورات ميلانكوفيتش *Milankovitch cycles*:** دورات تغيّر طبيعية للإشعاع الشمسي الذي يصل سطح الأرض، طولها: 20000، 40000، 100000 سنة.

**المعدن *Mineral*:** عنصر أو مركب كيميائي متبلور عادة، ويتكون بطرق جيولوجية.

***Mining reclamation*:** انظر Reclamation، mining.

***Mining spoils*:** انظر Spoils، mining.

obeikandi.com

**إقرار بتعديل المشروع *Metigated native declaration:*** تصريح بيئي يتم تقديمه عندما تشير الدراسة المبدئية للمشروع إلى أن أيّ مشكلات بيئية مهمّة ستنتج عن أو تحدث خلال تنفيذ المشروع، ويمكن تعديله لمعالجة هذه المشكلات.

**علاج، معالجة *Mitigation***: تحديد الإجراءات التي ستمنع أو تقلل أو تعوض عن أيّ تأثيرات بيئية ضارة محتملة.

**مصادر متحرّكة *Mobile sources***: مصادر متحرّكة لتلوث الهواء، مثل السيارات.

**مقياس ميركالي المعدل *Modified Mercali scale:*** مقياس من (12 جزءًا)، يقسم كمية وشدة الاهتزاز والدمار الناتج عن الزلزال.

**موهو *Moho***: الحدّ بين القشرة والستار، يعرف أيضًا بانقطاع موهو روفيشيش، يتميّز باختلافات في مكوّنات صخور القشرة والستار.

**قيمة عزم الزلزال *Moment magnitude***: قيمة زلزال اعتمادًا على عزمه الزلزالي، وهو حاصل ضرب معدل مقدار الانزلاق على الصدع الذي أنتج الزلزال والمساحة التي تمزقت فعليًّا، ومعامل قصّ الصخور المنهارة.

**مراقبة *Monitoring***: متعلقة بإدارة النفايات، وتشير إلى التجميع الدوري أو المستمر لعيّنات التربة والغطاء النباتي ومياه أل Vadose zone والمياه الجوفية في منشآت إدارة النفايات أو بالقرب منها، مثلًا: أماكن الطمر أو منشآت التخلص من النفايات الخطرة.

**جريان طيني *Mudflow***: خليط من ماء ومواد غير متصلبة، يسيل بسرعة في اتجاه أسفل المنحدرات وفي القنوات.

**استعمال متعدد للأرض *Multiple land use***: مبدأ لاستعمال الأرض يتضمن استعمالات متعددة في الوقت نفسه، مثل سد وخزّان للتحكم في الفيضان والتزويد بالمياه والاستجمام.

**خرافة الكميات الهائلة *Myth of super abundance:*** خرافة أنّ موارد الأرض والماء لا تنتهي؛ ولذلك، لا داعي لإدارتها.

**قانون عام 1969م لسياسة البيئة الوطنية NEPA *National Environmental Policy Act of 1969***: قانون يصرح بأنه يتعيّن تشجيع سياسة وطنية توفق بين البشر وبيئتهم الفيزيائية، أنشئ مجلس جودة البيئة والمتطلبات بإكمال دراسة الأثر البيئي قبل الإجراءات الفدرالية الرئيسة التي تؤثر بصورة مهمّة في نوعية بيئة الإنسان.

**غاز طبيعي *Natural gas***: في بعض الأحيان، يشار إليه أيضًا على أنه غاز طاقة طبيعية أو هيدروكربونات تشمل الإيثان والبروبان والبيوتان والهيدروجين.

**جسم قريب من الأرض *Near Earth object***: كويكبات تمكث، وتدور في مدارات بين الأرض والشمس أو لها مدارات تتقاطع مع مدارات الأرض.

**أخطار طبيعية *Natural hazards***: تشير إلى عمليات، مثل الزلازل والفيضانات والاندفاعات البركانية التي تشكل خطرًا على الناس والممتلكات.

**تصريح سلبي *Negative declaration***: تقديم إعلان يصرح بأنّ البيئة لن تعاني تأثيرات مهمّة من مشروع أو خطة محددة.

**تغذية راجعة سلبية *Negative feedback***: نوع من التغذية الراجعة تكون نواتجها متواضعة أو تقلل العملية، وتؤدي أحيانًا إلى نظام ثابت الحالة أو نظام شبه متوازن يوازن نفسه بنفسه.

**إجراء محادثات *Negotiation***: متعلق بالقانون البيئي، ويشير إلى الطرق التي يتبعها الفرقاء المختلفون حول قضية معينة من جلوس على طاولة واحدة والتحادث لمحاولة الوصول إلى اتفاق.

**نيوترون *Neutron***: جسيم أصغر من الذرة غير مشحون كهربائيًّا، يوجد في نواة الذرات، وهو ضروري لاستمرار الانشطار في المفاعل النووي.

**أكاسيد النيتروجين $NO_X$ *Nitrogen Oxide***: مجموعة غازات تنبعث نتيجة حرق الوقود الأحفوري في السيارات ومحطات توليد الكهرباء؛ يشمل مركبات مثل ثاني أكسيد النيتروجين $NO_2$، وهو غاز أصفر فاتح –بني إلى بني محمر وملوث رئيس يسهم في نشوء الضبخن الفوتوكيميائي.

**مصادر غير نقطية *Nonpoint sources***: مصادر منتشرة ومتقطعة لملوثات الماء والهواء.

**مورد غير متجدد *Nonrenewable resource***: مورد يدور بصورة بطيئة جدًّا بالطرق الأرضية الطبيعية، وبمجرد استعماله، لن يكون متاحًا خلال إطار زمني مفيد.

**زراعة دون حراثة *No-till agriculture***: تجميع أو دمج لممارسات زراعة لا تحتوي على حراثة الأرض.

**صدع عادي *Normal fault***: عادة صدع منحدر بإزاحة عمودية، تحرك فيها الجدار المعلق إلى الأسفل بالنسبة إلى الجدار القدمي.

**طاقة نووية *Nuclear energy***: توليد الكهرباء باستخدام مفاعل نووي.

**انصهار نووي *Nuclear fusion***: انظر انصهار نووي.

**مفاعل نووي *Nuclear reactor***: جهاز يتم فيه انشطار نووي بصورة متحكم فيها، والمركبة الرئيسة في محطة الطاقة النووية.

**أفق التربة *O soil horizon O***: أفق تربة يحتوي على نفاية النبات ومواد عضوية أخرى. يوجد فوق أفق التربة A.

**تلوث محيطي *Ocean pollution***: تلوث محيطات العالم نتيجة إقحام مباشر أو غير مباشر للملوثات إلى البيئة البحرية، بصورة متعمدة أم لا، ينتج أحيانًا عن عملية الإلقاء في المحيط، لكن هناك مصادر عدة تؤدي لتلويث المحيط.

**استعمال بعيد عن المجرى *Offstream use***: ماء يزال أو يحول عن مصدره الأساسي من أجل استعمال معين.

**النفط *Oil***: يتعلق بمصادر الطاقة، يسمى أيضًا بترول أو نفط خام، هيدروكربون سائل يستخرج عادة من الآبار.

**غضار زيتي *Oil shale***: غضار غني بالمواد العضوية، يحتوي على كميّات كبيرة من النفط الذي يمكن استخلاصه باستخدام الطرق التقليدية للتقطير الإتلافي.

**نظام مفتوح *Open system***: نظام فيه جريان مستمر للطاقة والمادة عبر حدود النظام.

**خام *Ore***: مادة أرضية يمكن استخراج سلعة مفيدة منها بصورة مجدية اقتصاديًّا.

**مكشف صخري *Outcrop***: تكشف صخري على سطح الأرض طبيعي أو من صنع الإنسان.

Obeikandl.com

**الغطاء الفوقي للخام *Overburden***: مواد أرضية تعلو رسوبيات الخام، بالتحديد مواد تعلو أو تستخرج من منجم سطحي.

**جريان انتشاري للماء *Overland flow***: جريان للماء على سطح الأرض غير محصور في قنوات؛ ينتج لأن شدة الأمطار أكبر من سرعة ارتشاحها إلى تحت سطح الأرض.

**تأكسد *Oxidation***: عملية كيميائية تشير إلى الاتحاد مع الأكسجين.

**أكاسيد *Oxides***: متعلقة بأنواع المعادن، تشير إلى مركبات المعادن التي تربط الأكسجين بعنصر فلزي أو أكثر، على سبيل المثال: معدن الهيماتيت $Fe_2O_3$.

**أوزون *Ozone***: أكسجين من (3 ذرات).

**استنزاف الأوزون *Ozone depletion***: يشير إلى فقدان الأكسجين في الستراتوسفير في القطب الجنوبي عادة، مرتبط بانبعاث كلور فلور الكربون إلى الغلاف الجوي.

**موجة *P wave P***: إحدى الموجات السيزمية الناتجة عن الزلازل، أسرع الموجات السيزمية، يمكنها أن تنتشر في المواد السائلة والصلبة.

**مغناطيسي قديم *Paleomagnetic***: تسمى أيضًا مغناطيسية قديمة، يشير إلى دراسة مغناطيسية الصخور وشدة الحقل المغناطيسي واتجاهه للأرض في العصور الجيولوجية السابقة.

**مادة دقيقة *Particulate matter***: متعلقة بملوثات الهواء، وتشير إلى الجسيمات الصغيرة من المواد الصلبة والسائلة، التي تنبعث إلى الجو بطرق طبيعية وبأنشطة الإنسان. تشمل الأمثلة الدخان والشحار والغبار، إضافة إلى جسيمات الفلزات الثقيلة، مثل: النحاس والرصاص والزنك.

**طريقة غير مباشرة *Passive method***: متعلقة بالانجماد الدائم، وتشير إلى إحدى الطرق الشائعة التي تحاول تقليل المشكلات المرتبطة بالانجماد الدائم، والتي تشمل الإبقاء على الأرض متجمدة وعدم إحداث اضطراب في التوازن الطبيعي للعوامل البيئية.

**ممرض *Pathogen***: أيّ مادة تستطيع أن تسبب المرض، مثلًا الكائنات الدقيقة بما فيها البكتريا والفطريات.

**ذروة الاستخراج النفطي *Peak oil***: الزمن الذي يتم عنده استخراج نصف البترول الموجود في الأرض.

**حصباء *Pebble***: كسارات صخرية قطرها (4–64 ملم).

**بيد *Ped*:** تجمع لجسيمات التربة تصنف بحسب صورتها إلى كروية، كتلية، منشورية.

**البيدولوجيا *Pedology***: دراسة التربة.

**بيجماتيت *Pegmatite***: صخر ناري خشن الحبيباتي، يمكن أن يحتوي على معادن نادرة، غني بعناصر الليثيوم والبورون والفلور واليورانيوم والعناصر الأخرى.

**مستوى مياه جوفية معلق *Perched water table***: مستوى مياه جوفية امتداده محدود نسبيًّا، يوجد على ارتفاعات أعلى من مستوى المياه الجوفية الإقليمي.

**فحص ارتشاح *Percolation test***: فحص قياسي لتحديد السرعة التي يرتشح فيها الماء بالتربة. يستخدم بصورة رئيسة في دراسة إمكانية وضع نظام تخلص صحّي من النفايات عن طريق الحفر الامتصاصية.

**انجماد دائم *Permafrost***: أرض متجمدة بصورة دائمة.

**نفاذية *Permeability***: مقياس لقدرة مادة أرضية على نقل موائع مثل الماء أو النفط، انظر توصيلية هيدروليكية.

**البترولوجي *Petrology***: دراسة الصخور والمعادن.

**بلورات بارزة *Phenocrysts***: بلورات كبيرة في صخر ناري ذي نسيج بورفيري.

**ضبخن ضوئي كيميائي *Photochemical smog***: يشار إليه عادة بضبخن لوس أنجلوس أو الهواء البني، يتكوّن نتيجة للتفاعلات بين أشعة الشمس وعوادم السيارات.

**خلية كهروضوئية *Photovoltaic cell***: نوع من التكنولوجيا الشمسية التي تحول أشعة الشمس مباشرة إلى كهرباء.

**تحديد موقع *Physiographic determinism***: اختيار موقع اعتمادًا على فلسفة التصميم بصورة متوافقة مع الطبيعة.

**منطقة فيزيوغرافية *Physiographic province***: منطقة متميزة بمجموعة محددة من الأشكال الأرضية، والمناخ والتاريخ الجيمورفولوجي.

**راسب تبري مكيث *Placer deposit* Ore**: راسب خام يوجد في مادة انتقلت، وتوضعت بعوامل، مثل المياه الجارية أو الجليد أو الرياح، مثلًا الذهب والماس في توضعات مجاري الأنهار.

**تشوّه لدن *Plastic deformation***: تشوّه يتضمن تغيرًا دائمًا في الشكل دون حدوث تمزق.

**تكتونية الصفائح *Plate Tectonics***: نموذج تكتونيك أرضي، يقترح أن الطبقة الخارجية للأرض المعروفة بالغلاف الصخري، تتكوّن من صفائح كبيرة عدّة، تتحرك بالنسبة إلى بعضها؛ القارات والأحواض المحيطية ركاب سلبيون على هذه الصفائح.

**تلوث ريشي *Plume***: متعلقة بالمياه الجوفية وتلوثها، وتشير إلى كتلة متطاولة ومجسمة في 3 أبعاد من المياه الجوفية الملوثة، تتحرك عادة بعيدًا عن مصدر التلوث.

**الكاسرات الغاطسة *Plunging breakers***: نوع من الأمواج أو المكسرات من عاصفة تضرب خط شاطئ منحدر المقطع، له ارتباط بالحت الشاطئي.

**بلوتون *Pluton***: واحد من أنواع عدّة من الاندفاعات البركانية المتباينة في الحجم، ويشمل القواطع والجدات الموازية، يتكوّن الباثوليث في العادة من بلوتونات عدّة.

**بلوتونيوم – 239 *Plutonium-239***: عنصر مشعّ ينتج في المفاعل النووي فترة نصف الحياة له (24000 سنة).

***PM-2.5***: متعلق بتلوث الهواء، ويشير إلى المادة الدقيقة الأقل حجمًا من 2,5 في المليون من المتر.

***PM-10***: متعلق بتلوث الهواء، ويشير إلى المادة الدقيقة الأقل حجمًا من 10 في المليون من المتر.

**حاجز رملي مركزي *Point bar***: تجمع من الرمل والرسوبيات الأخرى في الجزء الداخلي من تعرّجات القنوات النهرية.

**مصادر نقطية *Point sources***: مصادر مميزة ومحددة لملوثات الماء أو الهواء، مثل الأنابيب التي تدخل في جدول أو نهر، والمداخن التي تنبعث منها نفايات المصانع والخدمات الأخرى إلى الجو.

Openkotob.com

**ملوث *Pollutant***: أيّ مادّة في البيئة إن كانت موجودة بكميات زائدة، فيمكن أن تسبب ضررًا، أو الكائنات المرغوبة الأخرى.

**تلوث *Pollutioin***: أيّ مادة بيولوجية أو كيميائية من المعروف أن أيّ زيادة محددة فيها تكون ضارة لكائنات مرغوبة.

**بركة *Pool***: صورة طبقية شائعة تنتج عن النحر في القنوات المستقيمة والمتعرجة قليلة الميل، تتميز في حالة الجريان المنخفض بمياه عميقة بطيئة الحركة، توجد في العادة في الجزء الخارجي من التعرجات في القنوات النهرية.

**مسامية *Porosity***: النسبة المئوية للمسامات (الفراغات) في مادة أرضية مثل التربة أو الصخر.

**بورفيري *Porphyritic***: متعلق بنسيج محدد في الصخور النارية يتميز نسبيًّا بحبّات قليلة من البلورات الخشنة (البارزة) أقدم محاطة بكتلة من الحبّات الناعمة أحدث.

**تغذية راجعة إيجابية *Positive feedback***: نوع من الأنظمة المخرجات تكبر فيه المدخلات، يؤدي إلى ما يسميه البعض دورة فاسدة، كلما كان معك نقود أكثر، استطعت أن تحصل على ما تريد (أو على أشياء أكثر) طريقة أخرى للنظر للتغذية الراجعة الإيجابية.

**ماء صالح للشرب *Potable water***: ماء آمن للشرب.

**مبدأ الوقاية خير من العلاج *Precautionary principle***: أداة تخطيط بيئية تؤيد اتخاذ خطوات استباقية فعّالة اقتصاديًّا للتخلص من مشكلة بيئية أو تقليل عواقبها، حتى لو كانت تفاصيلها العلمية غير مفهومة بصورة كاملة، أو بكلمات بسيطة، أن تكون آمنًا خير من أن تصبح نادمًا.

**أحداث منذرة إرهاصات *Precursor events***: تتعلق بالأخطار الطبيعية، وتشير إلى الأحداث الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، التي تقع قبل حدث مثل الفيضان أو الزلزال أو الاندفاع البركاني.

**تنبؤ *Prediction***: تصريح بأن حدث بشدة معينة، مثل زلزال بحري أو فيضان سيقع خلال فترة زمنية محددة. يختلف عن ألـ forecast الذي يعطي نسبة مئوية لاحتمال وقوع الحدث.

**ملوثات أولية *Primary pollutants***: متعلقة بتلوث الهواء، وتشير إلى الملوثات المنبعثة مباشرة إلى الغلاف الجوي، وتشمل المواد الدقيقة، وأكاسيد الكبريت، وأول أكسيد الكربون، وأكاسيد النيتروجين، والمواد الهيدروكربونية.

**معاملة أو معالجة أولية *Primary treatment***: متعلقة بمحطات معالجة المياه العادمة، وتشمل التنخيل وإزالة ألـ grit الحبيبات المعدنية السيليسية وترسيب الحبيبات الخشنة من مجرى النفايات.

**بيريت *Pyrite*** كبريتيد حديد، معدن يسمى ذهب المجانين، مهمّ بيئيًّا؛ لأنه ينتج حمضًا ضعيفًا عند تماسه مع ماء غني بالأكسجين، ويمكن أن يلوث الماء أو يذيب الصخور الأخرى.

**نشاط ناري حطامي *Pyroclastic activity***: نوع من الأنشطة النارية، التي تتميز بنشاط اندفاعي أو انفجاري، أنواع الحطام البركاني فيه من الرماد إلى أكبر الحبيبات كلها تطير في الهواء بعد مرورها من عنق البركان.

**رسوبيات نارية حطامية *Pyroclastic deposits***: جسيمات انبعثت بقوة من عنق بركان، انفجارية النشأة، تحتوي على جسيمات رماد بركاني وحجوم أكبر، مثل: الكتل والقنابل البركانية.

**جريان ناري حطامي *Pyroclastic flow*:** جريان هوائي سريع لمواد مندفعة تتكوّن من غازات بركانية ورماد ومواد أخرى تتحرك بسرعة أسفل الحافة الطرفية للبركان، وتتكوّن أحيانًا بسبب انهيار عمود اندفاعي، تعرف أيضًا بجريان الرماد، وغيوم ملتهبة، أو nuee ardente.

**كوارتز (مرو) *Quartz*:** أكسيد سليكون، معدن شائع مكوّن للصخور.

**كوارتزيت *Quartzite*:** حجر رملي متحوّل يتكوّن من حبّات الكوارتز.

**طين سريع *Quick clay*:** نوع من الطين عندما يضطرب على سبيل المثال بالاهتزاز السيزمي، قد يعاني تسييلًا تلقائيًّا، ويفقد قوته القصية كلها.

**أفق التربة R *R soil horizon*:** يوجد الصخر الأصلي المتصلب أسفل التربة.

**نفايات إشعاعية *Radioactive waste*:** نوع من النفايات ينتج في دورة الوقود النووي، يصنف عادة إما عالي المستوى، أو منخفض المستوى.

**إدارة النفايات الإشعاعية *Radioactive waste management***: تتعلق بسياسات وطرق إدارة النفايات الإشعاعية.

**نظير مشع *Radioisotope*:** هيئة لعنصر كيميائي يخضع تلقائيًّا لتحلل إشعاعي، فيتغير من نظير إلى آخر، ويطلق الإشعاع في هذه العملية.

**رادون *Radon*:** عنصر غازي مشعّ لا لون له.

**هبوط مائي سريع *Rapid drawdown*:** نقصان سريع في ارتفاع مستوى المياه الجوفية عند موقع معين، نتيجة لعمليات متباينة تشمل تراجعًا في مياه الفيضان أو انخفاضًا في مستوى ماء الخزان.

**ماء مستعاد *Reclaimed water*:** ماء تمّت معاملته بالمنشآت المختصّة لمعالجة الماء، ويمكن أن يستعمل لأهداف أخرى عند إطلاقه، مثل ريّ ملاعب الجولف وأرض المحاصيل.

**استرداد استصلاح، تعدين *Reclamation, mining***: استصلاح أرض استخدمت في التعدين باستعمالها لأغراض مفيدة أخرى، مثل الزراعة أو الاستجمام بعد الانتهاء من عمليات التعدين.

**تسجيل قرار *Record of decision*:** تصريح مختصر لجهة تخطط لتنفيذ مشروع مقترح بالبدائل التي أخذت في الحسبان وبالتحديد أيّ البدائل مفضلة من ناحية بيئية، أصبحت تشكل جزءًا مهمًّا من عمل الأثر البيئي.

**فترة الرجوع *Recurrence interval*:** الوقت بين أحداث مثل الفيضانات والزلازل وبين العمليات الطبيعية الأخرى. أحيانًا نكون مهتمّين بمعدل فترة التكرار أو الرجوع، التي تحدد بإيجاد معدل سلسلة من فترات الرجوع بين الأحداث

**إعادة التدوير *Recycling*:** إعادة استعمال الموارد المستصلحة من النفايات.

**تقليل، إعادة تدوير، إعادة استعمال *Reduce, recycle, and reuse***: الراءات الثلاث التي تشكل إدارة النفايات التكاملية التي تصف هدف تقليل النفايات ووجوب التخلص منها في أماكن الطمر، وباستخدام الوسائل الأخرى.

obeikandi.com

**انكسار *Refraction*:** متعلق بالعمليات الشاطئية، ويشير إلى إحداث انحناء في الأمواج السطحية عند دخولها ماء ضحلًا ولمسها للقاع، ذلك الجزء من الموجة الذي يلمس القاع أولًا، فيتباطأ ما يؤدي إلى انثناء الموجة.

**تحول إقليمي *Regional metamorphism*:** تحول على مقياس كبير للصخور المدفونة عميقًا عن طريق الإجهاد الإقليمي والحرارة والضغوط المرتفعة.

**التطور النسبي لمقطع التربة *Relative profile development*:** يتعلق بالتربة التي يمكن تطويرها بصورة ضعيفة، أو متوسطة، أو قوية اعتمادًا على الخصائص المحددة للتربة.

**طاقة متجددة *Renewable energy*:** مصادر طاقة تعوض بسرعة كافية للإبقاء على تزويد ثابت إن لم يبالغ في استعمالها، تشمل الأمثلة الطاقة الشمسية وقوة الماء وطاقة الرياح.

**مورد متجدد *Renewable resource*:** مورد مثل الأخشاب والماء أو الهواء يحصل فيه تدوير بصورة طبيعية أو بعمليات يتسبب فيها الإنسان ضمن إطار زمني مفيد.

**احتياطيات *Reserves*:** خامات معروفة ومحددة من المواد الأرضية يمكن استخلاص مواد مفيدة منها بصورة مربحة باستخدام التكنولوجيا الموجودة في ظل الظروف الاقتصادية والقانونية الحالية.

**رسوبيات متبقية *Residual deposits*:** تتعلق بالموارد المعدنية، وتشير إلى الرسوبيات التي تتكوّن نتيجة التركيز الميكانيكي لمعدن معين، مثل شذرات الذهب في جدول نهري أو التحلل في الصخور المجوّاة.

**تربة متبقية *Residual soil*:** تشير إلى التربة التي تنشأ على الصخر الأصلي.

**قوى مقاومة *Resisting forces*:** قوى تميل لمعارضة حركة المواد الأرضية في اتجاه أسفل المنحدر.

**مقاومية *Resistivity*:** مقياس لمقدرة المادّة الأرضية على إعاقة جريان الكهرباء. عكس التوصيلية.

**جدار ساند *Retaining wall*:** منشأ يبنى ليدعم المنطقة السفلية من المنحدر لتقليل احتمال حدوث انزلاق.

**موارد *Resources*:** تشمل الاحتياطيات زائد الرسوبيات الأخرى المفيدة من المواد الأرضية التي يمكن أن تصبح متوافرة في النهاية.

**صدع عكسي *Reverse fault*:** صدع تحرك فيه الجدار المعلق إلى أعلى بالنسبة إلى الجدار القدمي؛ الصدع العكسي منخفض الزاوية يسمى صدع دفع thrust.

**ريوليت *Rhyolite*:** صخر بركاني يتكوّن من معادن الفلسبار والفيرومغنيسية والكوارتز، محتوى السليكا مرتفع نسبيًّا، ويصل إلى (70٪)، يترافق مع الأحداث البركانية التي قد تكون شديدة الانفجارية.

**مقياس ريختر *Richter magnitude*:** مقياس لكمية الطاقة المنبعثة خلال زلزال، تحدد بتحويل أقصى سعة للموجة القصية باستخدام مقياس لوغاريتمي، تشير فيه القيمة (2) على سبيل المثال، إلى أقل زلزال يمكن الشعور به والقيمة (8,5) إلى زلزال مدمر.

**دفع الجبال *Ridge push*:** دفع جاذبي مشابه لانزلاق أرضي هائل مسؤول عن دفع الصفائح بعيدًا عن بعضها عند حدود الصفائح المتباعدة.

**منحدر النهر *Riffle*:** جزء من قناة النهر يتميّز عند مرحلة الجريان المنخفض بجريان سريع وضحل، يحتوي بالعادة على جسيمات خشنة نسبيًّا من حمولة أسفل القناة.

**سياسة الأراضي المحاذية لقنوات الأنهار *Riparian doctrine*:** جزء من قانوننا المائي السائد يخصّ معظمه ملاك الأراضي المحاذية لقنوات الأنهار والأجسام المائية الساكنة.

**الحقوق المائية القانونية حول قنوات الأنهار *Riparian rights, water law*:** حق صاحب/ صاحبة الأرض في استعمال الماء بصورة منطقية في أرضه أو أرضها شريطة أن يعود الماء إلى مجراه الطبيعي قبل أن يغادر حدود الأرض، لصاحب الأرض الحق في تلقي جريان القناة بكامل قوته وبصورة غير منقوصة كمّيًّا أو نوعيًّا.

**تيار ممزق *Rip current*:** جريان الماء في اتجاه البحر في منطقة ضيقة محصورة تمتد من الشاطئ إلى الموجات المنكسرة.

**حفرية قابلة للحرث *Rippable excavation*:** نوع من الحفريات يحتاج إلى تكسير التربة بالمحراث قبل تحريكها.

**دكّة حجارة *Riprap*:** طبقة أو مجموعة من الأحجار المكسّرة، تحمي الجسور من الحت بالمياه الجارية أو الأمواج المنكسرة.

**خطر *Risk*:** من وجهة نظر بيئية يمكن أن يُعدّ نتيجة لاحتمالية حدث مضروبًا في عواقب، نواتج هذا الحدث.

**تقييم الخطر *Risk assessment*:** من خلال علم السموم طريقة تحديد احتمال تأثيرات ضارة في الصحّة البيئية بعد تعرضها لمادة سامّة محددة.

**إدارة الأخطار *Risk management*:** متعلق بعلم السموم، عملية تكامل تقييم الخطر مع القضايا القانونية والاجتماعية والسياسية والاقتصادية والتقنية؛ من أجل تطوير خطة عمل بالنسبة إلى مادة سامة معينة.

**نهري *Riverine environment*:** الأراضي المحاذية للأنهار والمتأثرة بها.

**صخر *Rock*:** جيولوجيًّا: تجمع معدن أو معادن. هندسيًّا: أي مادة أرضية تحتاج إلى التفجير لتحريكها.

**دورة صخرية *Rock cycle*:** مجموعة عمليات تنتج الصخور النارية والمتحولة والرسوبية.

**ملح صخري *Rock salt*:** صخر يتكوّن من معدن الهاليت.

**نسيج الصخر *Rock texture*:** انظر نسيج، صخر.

**انزلاق دوراني *Rotational landslide*:** نوع من الانزلاقات ينشأ في المواد المتجانسة، واحتمالية أن تكون الحركة دورانية على طول سطح انزلاق محتمل.

**مياه جارية *Runoff*:** ماء يتحرك فوق سطح الأرض على هيئة جريان على المنحدرات أو في قنوات الأنهار؛ ذلك الجزء من الدورة الهيدرولوجية الممثل بالهطل أو ذوبان الثلوج التي تؤدي إلى الجريان في قنوات الأنهار.

**موجة S *S wave*:** موجة ثانوية، إحدى الموجات الناتجة عن الزلزال.

**معامل أمان *Safety factor (SF)*:** متعلق بالانزلاقات، ويشير إلى نسبة القوى المشجعة إلى القوى المقاومة، عندما تكون قيمة معامل الأمان أكثر من 1، فيشير ذلك إلى أن المنحدر مستقر.

obeikandl.com

**مالح *Saline*:** ملحي، يتميز بملوحة عالية.

**ملوحة *Salinity*:** مقياس لكمّيات الأملاح (مواد صلبة) الكلية الذائبة في الماء.

**قبّة ملحية *Salt dome*:** تركيب ينتج عن حركة كتلة ملحية إلى أعلى، ترتبط أحيانًا بالرسوبيات النفطية والغازية على أطراف القبة الملحية.

**قاطع ماء مالح *Saltwater intrusion*:** الطريقة التي يزيح بها الماء المالح المياه الجوفية العذبة، تنتج أحيانًا عن الضخّ الجائر للموارد المائية.

**رمل *Sand*:** حبيبات رسوبية قطرها من (16/1 – 2 ملم)؛ أحيانًا رسوبية مكوّنة من حبيبات كوارتز بهذا الحجم.

**كثيب رملي *Sand dune*:** مرتفع أو تلة رملية تكوّنت بفعل الرياح.

**حجر رملي *Sandstone*:** صخر رسوبي حطامي يتكوّن من حبيبات رمل ملتحمة مع بعضها.

**مكب نفايات صحّي *Sanitary landfill*:** طريقة تخلص من نفايات صلبة لا تمثل مشكلة صحّة عامة أو مصدر إزعاج. تحصر النفايات، وتضغطها وتغطيها في نهاية كل يوم بطبقة مرصوصة وكتيمة نسبيًّا مثل الطين.

**جريان مشبع *Saturated flow*:** نوع من الجريان تحت السطحي أو جريان المياه الجوفية، تكون المسامات فيه مشبّعة بالماء.

**جرف *Scarp*:** منحدر عالٍ أو جرف يرتبط عادة بالانزلاقات أو الزلازل.

**موارد المناظر الطبيعية *Scenery resources*:** الجزء البصري من الخبرة الجمالية، يعترف بالمناظر الجميلة الآن على أنها مورد طبيعي متباين القيمة.

**شيست *Schist*:** صخر متحوّل خشن الحبيبات، يتميّز بنسيج تورّقي للحبيبات المعدنية الصفائحية أو المتطاولة.

**حمى الصدفية *Schistosomiasis*:** مرض استوائي يحصل فيه انحطاط للقوة، وقد يؤدي إلى الموت.

**الطريقة العلمية *Scientific method*:** الطريقة التي يعمل بها العلماء، وتبدأ بطرح سؤال حول مشكلة معينة، يتبع ذلك تطوير فرضيات وإثباتها.

**تحديد الأهداف *Scoping*:** طريقة تحديد القضايا البيئية المهمّة، التي تتطلب تقييمًا مفصّلًا في وقت مبكر من تخطيط مشروع مقترح، جزء مهم من تحليل الأثر البيئي.

**فرك *Scrubbing*:** عملية إزالة ثاني أكسيد الكبريت عن الغازات المنبعثة من حرق الفحم في محطات توليد الطاقة الكهربائية.

**جرف بحري *Sea cliff*:** مرتفع شديد الانحدار (قريب من العمودي) عادة مجاذٍ أو مجاور للشاطئ أو البيئة الشاطئية؛ ينتج عن تشارك عمليات حت تشمل النشاط الموجي والعمليات الهوائية، مثل التجوية والانزلاقات وجريان المياه السطحية.

**اتساع انتشار قاع البحر *Sea floor spreading*:** مفهوم في الصفائح التكتونية أن قشرة جديدة تضاف باستمرار إلى حواف الصفائح الصخرية الأرضية عند حدود الصفائح المتباعدة نتيجة صعود الماجما على طول حيد منتصف المحيط.

**جدار بحري *Seawall*:** منشأ هندسي عند حافة الماء لتقليل الحت الشاطئي الناتج عن فعل الأمواج.

**إثراء ثانوي *Secondary enrichment*:** عملية تجوية رسوبيات الخامات الكبريتيدية، يمكن أن تؤدي إلى تركيز المعادن المرغوبة.

**ملوثات ثانوية *Secondary enrichment*:** متعلقة بتلوث الهواء، وتشير إلى الملوثات التي تنتج عندما تتفاعل الملوثات الأولية مع المركبات الجوية العادية؛ مثال على ذلك: الأوزون الذي يتكوّن خلال تفاعلات بين الملوثات الأولية وأشعة الشمس والغازات الجوية الطبيعية.

**معالجة ثانوية *Secondary pollutants*:** يتعلق بمعاملة المياه العادمة، يشمل الهضم الهوائي واللاهوائي للنفايات في تيار المياه العادمة، مبدئيًّا عن طريق التحطيم البكتيري، المرحلة النهائية تعقيم المياه المعاملة عادة بالكلورين.

**مكب طمر صحي آمن *Secure landfill*:** نوع من المكبات مصمم لاحتواء النفايات الكيميائية الخطرة والتخلص منها، تم إغلاق عدد من هذه الخدمات لاستحالة احتواء النفايات الخطرة.

**بيئة ترسيبية *Sedimentary environment*:** بيئات تفضي إلى توضع الرسوبيات، مثل البحيرات والسهول الفيضية والكثبان الرملية والرسوبيات الجليدية.

**صخر رسوبي *Sedimentary rock*:** صخر يتكوّن عندما تنقل الرسوبيات وتتوضع، ثم تتصلب باللحام الطبيعي أو الانضغاط أو الآليات الأخرى؛ تتكوّن الصخور الرسوبية الحطامية من قطع أو كسارات صخور سابقة، وتتكوّن الصخور الرسوبية الكيميائية بعمليات كيميائية أو بيوكيميائية تؤدي إلى ترسيب المواد الموجودة في محلول كيميائي.

**علم الترسيب *Sedimentology*:** دراسة بيئات ترسيب التوضعات الرسوبية.

**تلوث رسوبي *Sediment pollution*:** تلوث جزء من البيئة على اليابسة أو في جسم مائي برسوبيات انتقلت إلى البيئة بالرياح أو الماء، عكورة مياه التزويد (الشرب) مثال على ذلك.

**إنتاجية الرسوبيات *Sediment yield*:** حجم أو كتلة التوضعات الناتجة لكل وحدة زمن عن منطقة معينة.

**سيزمي *Seismic*:** يشير إلى اهتزاز الأرض الناتج عن الزلازل.

**ثغرة سيزمية *Seismic gap*:** مناطق على طول نطاقات صدعية نشطة قادرة على إنتاج زلازل كبيرة، إلّا أنها لم تنتج أيّ زلزال حديثًا.

**خريطة خطر سيزمي *Seismic risk map*:** خريطة ترسم الخطر السيزمي في مساحة أو منطقة معينة، أحيانًا تكون معتمدة على الأنشطة السيزمية القديمة أو على احتمالية حدوث زلزال بشدة معينة في فترة زمنية محددة.

**سيزموغراف *Seismograph*:** جهاز يسجل الزلازل.

**سيزمولوجي (علم الزلازل) *Seismology*:** دراسة الزلازل وبنية الأرض من خلال تقييم كل من الموجات السيزمية الطبيعية والمحدثة.

**سيلينيوم *Selenium*:** عنصر شحيح لافلزي مهم عدده الذري (34).

**شبه جاف *Semiarid*:** أراضٍ تتميز بهطل سنوي (25–50 سم).

**حساسية تربة *Sensitivity*:** مقياس لفقدان قوة التربة نتيجة الاضطرابات، مثل الحفريات من قبل البشر وإعادة التشكيل.

obeikandl.com

**خزان صحّي *Septic tank*:** تنك يستقبل النفايات الصلبة والسائلة مؤقتًا. يحطم النشاط البكتيري اللاهوائي النفايات، وتفصل النفايات الصلبة، وتجري النفاية السائلة إلى نظام تصريف.

**استخدام تعاقبي للأرض *Sequential land use*:** تطوير أرض استعملت سابقًا بوصفها موقعًا لدفن النفايات، يجب أن يُحدّد نوع إعادة الاستعمال بحرص شديد.

**سيربنتين *Serpentine*:** عائلة من المعادن الفيرومغنيسية، مهمّة بيئيًّا؛ لأنها تشكل أحماضًا ضعيفة جدًّا.

**رسابة مياه المجاري *Sewage sludge*:** مادة صلبة تبقى بعد معالجة البلديات للمياه العادمة.

**خريطة اهتزاز *Shake map*:** خريطة تبين نمط ومدى الاهتزاز السيزمي الناتج عن الزلازل.

**غضار *Shale*:** صخر رسوبي من جسيمات بحجم الطين والغرين، أكثر الصخور الرسوبية توافرًا.

**بركان درعي *Shield volcanoe*:** بركان محدب واسع يتكوّن من تعاقب جريانات اللابا، أكبر البراكين حجمًا.

**احتمالية الانكماش والانتفاخ تربة *Shrink-swell potential***: مقياس لميل التربة على الازدياد أو النقصان في الحجم، عندما يتغير محتواها المائي.

**معادن سيليسية *Silicate minerals*:** أهمّ مجموعة معدنية مكوّنة للصخور.

**جدة موازية *Sill*:** اندفاع ناري مستوٍ ومسطح عادة.

**غرين سيلت *Silt*:** رسوبية قطر حبّاتها بين (1/16–1/256 ملم).

**حفرة غائرة *Sinkhole*:** منخفض سطحي يتكوّن بإذابة الحجر الجيري أو انهيار فوق فتحة تحت سطحية، مثل كهف.

**قناة متعرجة *Sinuous channel*:** نوع من القنوات النهرية (غير مجدولة).

**اختيار موقع *Site selection*:** طريقة تحليل بيئي هدفها اختيار موقع أو مجموعة من المواقع لنشاط معين.

**الدفع الكتلي *Slab survey*:** مفهوم في الصفائح التكتونية يقول: مع تحرك صفيحة بعيدًا عن الحيد، فإنها تبرد، وتصبح بالتدريج أكثر كثافة من الأستينوسفير الذي تحتها. وفي الوقت نفسه، تسقط الصفيحة الثقيلة في منطقة الاستهلاك في الستار الخفيف، و يدفع وزن الكتلة النازلة الصفيحة كلها.

**سليت *slate*:** صخر متحوّل متورّق ناعم الحبات.

**انزلاق *Sliding*:** متعلق بالحركات الكتلية والانزلاقات، يشير إلى التشوّه أو الحركة في اتجاه الأسفل لكتلة متماسكة تقريبًا من المواد الأرضية على طول سطح انزلاق.

**سطح انزلاق *Slip plane*:** يشير إلى معالم مائلة مثل الشقوق الصخرية وأسطح التطبّق، يحدث عليها الانزلاق.

**سرعة الانزلاق *Slip rate*:** سرعة انزلاق (إزاحة) على المدى الطويل على طول صدع. عادة ملمترات أو سنتمترات في السنة.

**زلزال بطيء *Slow earthquake*:** زلزال ينتج عن تمزّق صدعي يستغرق أيّامًا أو شهورًا حتى يكتمل.

**انزلاق *slump*:** نوع من الانزلاقات يتميّز بإزاحة كتلة صخرية إلى الأسفل على سطح انزلاق منحنٍ.

**ضبخن *Smog*:** مصطلح عام يشير إلى تلوّث الهواء المرئي، أوّل تقييم له كان في أوائل القرن العشرين، وقد عُدّ خليطًا من الدخان والضباب.

**هيار ثلجي *Snow avalanche*:** حركة سريعة للثلج والجليد والصخر على منحدر.

**مسار سهل *Soft path*:** متعلق بموارد الطاقة، ويشير إلى تطوير سياسة طاقة تتضمّن بدائل متجددة ومرنة وغير مركزية ولطيفة بيئيًّا بالنسبة إلى بعض الناس، مقارنة بالمسار الصعب.

**تربة (علم التربة) *Soil***: مادة أرضية معدلة بعمليات بيولوجية وكيميائية وفيزيائية، بحيث تصلح لزراعة النباتات الجذرية. أمّا هندسيًّا: فهي مادة أرضية يمكن إزالتها دون تفجير.

**تعاقب زمني للتربة *Soil chronosequence***: مجموعة من أنواع التربة مرتبة من الأحدث إلى الأقدم بناءً على التطور النسبي لمقطع التربة.

**خصوبة التربة *Soil fertility***: قدرة التربة على تزويد النبات بما يحتاج إليه من الأغذية، مثل النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم عندما تكون الظروف الأخرى ملائمة لنموه.

**آفاق التربة *Soil horizons***: طبقات في التربة A، C، B إلخ: تختلف عن بعضها في خصائصها الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية.

**مقطع التربة *Soil profile***: تجوية المواد الأرضية إضافة إلى النشاط الحيوي والزمن، ينتج تربة تحتوي على آفاق عدّة تتميّز عن المادة الأم التي تكوّنت منها التربة.

**حساسية التربة *Soil sensitivity***: تقدير نسبي لمقدرة التربة على المحافظة على قوّتها الأصلية عند الاضطراب أو إعادة التشكيل؛ أنواع التربة التي تحتفظ بجزء من قوتها توصف بأنها حساسة.

**انزلاق التربة *Soil slip***: نوع من أحداث الحركات الكتلية، عرضه ضيّق وشكله خطي، يحدث خلال أحداث الترسيب على المنحدرات، توصف انزلاقات التربة الضحلة في كاليفورنيا بأنها انزلاقات طينية.

**قوة التربة *Soil strength***: قوة قصّ التربة من خلال قوى التربة التماسكية والاحتكاكية.

**مسح تربة *Soil survey***: مسح يتكوّن من خريطة مفصلة للتربة، ووصف لأنواعها، ومحددات استعمال الأراضي، تحضر عادة بالتعاون مع الحكومة المحلية.

**تاكسونومي التربة *Soil taxonomy***: متعلق بعلم التربة، ويشير إلى طريقة تصنيف التربة التي طورتها وزارة الزراعة الأمريكية. نسيج التربة: يشير إلى المكوّنات النسبية للرمل والغرين والطين في التربة.

**مجمع شمسي *Solar collector***: أي من الأجهزة المباشرة وغير المباشرة التي تقوم بتجميع الطاقة الشمسية، أكثرها شيوعًا مجمع الصفيحة المستوية الذي يُسخّن الماء.

**طاقة شمسية *Solar energy***: طاقة تجمع من الشمس.

openkandi.com

**نفاية صلبة *Solid waste***: مواد مثل ألـ refuse، garbage، trash.

**خطر محدد *Specific risk***: حاصل ضرب العناصر المعرضة للخطر في احتمالية حدوث العنصر في قابلية الحدوث نسبة العناصر المعرضة للخطر.

**الكاسرات المسفوحة *Spilling breaker***: نوع من الأمواج يرتبط بالشواطئ قليلة الميل نسبيًّا وبترسيب الرمل على الشاطئ.

**أكوام نفايات، تعدين *Spoils, mining***: ضفاف أو أكوام تمثل تجمعات من الصخور الفوقية تزال خلال عمليات التعدين، وتُلقى على سطح الأرض.

**مركز اتساع انتشار *Spreading center***: مرادف لحيد وسط المحيط، حيث يتم إضافة قشرة جديدة باستمرار إلى حوافّ الصفائح التكتونية.

**ينبوع *Spring***: متعلق بعمليات المياه الجوفية، ويشير إلى التدفق الطبيعي للمياه الجوفية عند تقاطعها مع سطح الأرض.

**مصادر ثابتة *Stationary sources***: متعلقة بملوثات الهواء، وتشير إلى المصادر الثابتة نسبيًّا في مواقعها.

**نظام ثابت الحالة *Steady state system***: نظام مدخلاته تساوي مخرجاته تقريبًا؛ لذلك ينشأ اتزان تقريبي فيه.

**موجات عاصفة *Storm surges***: أمواج محيطية تندفع بالرياح، ترافق الأعاصير عادة.

**انفعال *Strain***: تغير في هيئة أو حجم مادة نتيجة الجهد المسلط عليها.

**قدرة أو قوة القنوات المائية *Stream power***: حاصل ضرب تدفق النهر في ميل أو انحدار طاقته.

**قوة تربة *Strength***: مقدرة التربة على مقاومة التشوّه، تنتج عن قوًى احتكاكية وتماسكية تلاصقية في التربة.

**إجهاد *Stress***: القوة الواقعة على وحدة المساحة، قد يكون ضغطيًّا أو شدّيًّا أو قصيًّا.

**إزاحة مضربية *Strike-slip***: صدع تكون معظم الإزاحة فيه أفقية.

**تعدين شريطي *Strip mining***: إحدى طرق التعدين السطحي.

**استهلاك غوص *Subduction***: عملية تهبط فيها إحدى صفائح الأرض التكتونية تحت صفيحة أخرى.

**منطقة الاستهلاك *Subduction zone***: تقارب صفيحتين تكتونيتين تغوص إحداهما تحت الأخرى، وتستهلك في الستار.

**خندق تحت بحري *Submarine trench***: منخفض ضيق طويل آلاف الكيلومترات أحيانًا، وعميق بضعة كيلومترات أحيانًا في قاع المحيط، يتشكل بسبب تقارب صفيحتين تكتونيتين مع استهلاك إحداهما.

**هبوط *Subsidence***: غطس، هبوط أو أنواع أخرى من الانخفاض لأجزاء من قشرة الأرض.

**مياه تحت سطحية *Subsurface water***: المياه كلها الموجودة في الغلاف الصخري.

**ثاني أكسيد الكبريت $SO_2$ *Sulfur dioxide***: غاز لا لون ولا رائحة له، ينتج بفعل البشر من حرق للوقود الأحفوري.

**ضبخن كبريتي *Sulfurous smog***: يسمى أحيانًا ضبخن لندن أو الهواء الرمادي، ينتج بصورة رئيسة عن حرق الفحم أو النفط في محطات الطاقة الكبيرة، حيث ينتج أكاسيد الكبريت والجسيمات الدقائقية التي تؤدي إلى تكون ضبخن مركز.

**أعلى من سعة أمواج القص *Supershear***: انتشار التمزق خلال زلزال أسرع من أمواج القصّ أو الأمواج السطحية الناتجة عن التمزّق. القص والصدم الزائد قد تزيد الدمار الناتج عن زلزال بصورة كبيرة.

**الحجز السطحي *Surface impoundment***: منخفضات طبيعية أو محفورة تستخدم في حجز النفايات السائلة الخطرة. على الرغم من أن هذه المنخفضات قد تكون مبطنة أحيانًا، إلا أنها انتقدت؛ لأنها عرضة للارتشاح وتلويث التربة والمياه الجوفية.

**ماء سطحي *Surface water***: مياه فوق سطح الأرض الصلب.

**موجة سطحية *Surface wave***: إحدى أنواع الأمواج التي تنتج عن الزلزال، وتسبب بوجه عام معظم دمار المنشآت على سطح الأرض.

**منطقة الأمواج *Surf zone***: ذلك الجزء من بيئة الشاطئ والمنطقة القريبة منه المتميز بوجود موجات تشبه الحفارة، وتتحرك بعد تكسر الأمواج.

**حمولة معلقة *Sustainable load***: رسوبيات في جدول أو نهر تحمل في المائع بعيدًا عن القاع.

**الاستدامة *Sustaiability***: مصطلح صعب التعريف، إلا أنه يشير عادة إلى تطوير أو استعمال الموارد، بحيث تترك للأجيال المقبلة حصتهم منها، ويشير إلى الاستمرار في المحافظة على البيئة. أي إنّ الاستدامة تشير إلى أنواع التطوير الممكنة اقتصاديًّا، ولا تدمر البيئة، وتتحقق فيها العدالة الاجتماعية.

**سياسة الطاقة المستديمة *Sustainable energy policy***: تطوير سياسة للطاقة تجد مصادر مفيدة لها، وليس لها تأثيرات ضارة أو تقلل هذه التأثيرات بطريقة تؤدي إلى انتفاع الأجيال المقبلة من موارد الطاقة والبيئة ذات النوعية الجيدة.

**اقتصاد عالمي مستديم *Sustainable global economy***: تنمية اقتصادية عالمية لا تؤذي البيئة، وتنهض بأعباء الأجيال المقبلة، وتتحقق فيها العدالة الاجتماعية.

**منطقة تلاطم الأمواج *Swash zone***: ذلك الجزء من البيئة الشاطئية الذي تندفع الأمواج فيه إلى سفح وجه الشاطئ، ثم تعود مرة أخرى إلى المحيط، حيث تقابل الأرض الماء، وتغطي منطقة تلاطم الأمواج جزءًا من الشاطئ بالمياه الضحلة، والماء العائد إلى المحيط يكشفه مرة أخرى.

**موجة التضخم *Swell wave***: متعلق بالعمليات الشاطئية، ويشير إلى تصنيف الأمواج بحسب الفترة من عاصفة إلى مجموعة من الأمواج لها ارتفاعات وأطوال منتظمة تقريبًا، ما يسمح لمجموعات الأمواج بأن تتحرّك مسافات طويلة من العواصف إلى المناطق الشاطئية مع فقدانها لجزء قليل من طاقتها.

**طيّة مقعّرة *Syncline***: طيّة تتوافر الصخور الحديثة في مركزها، وتميل صخور جناحيها للداخل في اتجاه محور مشترك.

**نظام *Syncline***: أيّ جزء من الكون معزول في الفكر أو فعليًّا لغرض الدراسة أو ملاحظة التغيّرات التي تحدث في ظل ظروف معيّنة مفروضة.

**رمل القار *Tar sand***: رمل أو حجر رملي أو جيري طبيعي يحتوي على نفط لزوجته عالية جدًّا.

**تكتوني *Tectonic***: يشير إلى تشوّه الصخر.

**زحف تكتوني *Tectonic creep***: حركة بطيئة، لكنها مستمرة تقريبًا على طول صدع.

**دورة تكتونية *Tectonic cycle***: جزء من الدورة الجيولوجية، وعلى مستوى الكرة الأرضية هي دورة تكتونية الصفائح التي تنتج الأحواض المحيطية والسلاسل الجبلية.

**مقذوفات بركانية *Tephra***: أيّ مادة تندفع من البركان، وتطير في الهواء قبل أن تترسب، معظمها رماد بركاني.

**نسيج، صخر *Texture, rock***: حجم الحبيبات المعدنية وهيأتها وترتيبها في الصخور.

**نظرية *Theory***: قول أو تصريح علمي قوي. قد تصبح الفرضية نظرية بعد أن تختبر مرات كثيرة، وتثبت صحّتها في الحالات كلها.

**تلوث حراري *Thermal pollution***: متعلق بتلوث الماء، ويشير إلى الماء مرتفع الحرارة الناتج أحيانًا عن التخلص من الماء المستخدم في العمليات الصناعية للتبريد، أو عن إنتاج الكهرباء في بحيرة أو نهر أو محيط.

**حدّ عتبة *Threshold***: نقطة تغيّر، حيث يحدث شيء، مثلًا: يمكن أن تنحت ضفة النهر عندما تكون قوة الماء كافية لخلع الحبيبات، النقطة التي يبدأ عندها الحتّ تسمى حدًّا.

**جريان بيني *Throughflow***: جريان الماء المائل تحت سطح الأرض بقليل وفوق مستوى المياه الجوفية.

**صدع دفعي *Thrust fault***: صدع عكسي زاويته قليلة.

**طاقة المد والجزر *Tidal energy***: الكهرباء المولدة بطاقة المد.

**فيضان مدي *Tidal flood***: يحدث عند مصبّات الأنهار أو الأنهار الشاطئية نتيجة للتفاعلات بين أمواج المد العالية والأمواج العاصفة.

**طاقة المد *Tidal power***: متعلقة بموارد الطاقة، وتشير إلى التحويل المفيد لتيارات المد من أجل إنتاج طاقة كهربائية.

**التيل *Till***: مادة متجانسة غير متطبّقة، ترسبت مباشرة من الجليد.

**الحمل الكلي *Total load***: متعلقة بعمليات مجاري الأنهار، تشير إلى مجموع الحمولة الذائبة والمعلقة والقاع التي يحملها جدول أو نهر.

**سام *Toxic***: مؤذٍ، قاتل أو سام.

**علم السموم *Toxicology***: العلم الذي يدرس التوكسينات وتأثيراتها في الناس والكائنات الحية الأخرى والأنظمة البيئية؛ يهتم أيضًا بالعلاقات بين المواد السامة والعمليات الإكلينيكية والصناعية.

**حدّ مستعرض *Transform boundary***: مرادف للصدوع العرضية، يتوافر في الأماكن التي تنزلق فيها حواف صفيحتين عن بعضهما، معظمها حدود في القشرة المحيطية، مثالها على اليابسة صدع سان آندرياس في كاليفورنيا.

**صدع عرضي *Transform fault***: نوع من الصدوع المرتبطة بالحيود المحيطية، قد يشكل حدًّا صفيحيًّا مثل صدع سان آندرياس في كاليفورنيا.

**انزلاق انتقالي *Translation 9slab0 landslide***: نوع من الانزلاقات تحدث الحركة فيه على سطح شقّ محدّد، مثل مستوى تطبّق أو طبقة طين ضعيفة.

**تربة منقولة *Transported soil***: لا تشير إلى طريقة نقل التربة، لكنها تشير إلى أنّ المادة الأصلية للتربة هي مادة انتقلت إلى مكان محدّد، مثل انتقال الرسوبيات النهرية إلى السهل الفيضي أو إلى راسب جليدي.

**نفاية ما بعد اليورانيوم *Transauranic waste***: نفاية نووية مؤلفة من عناصر إشعاعية أثقل من اليورانيوم من صنع الإنسان.

**خندق *Trench***: متعلق بالصفائح التكتونية، ويشير إلى منخفض طويل في قاع البحر، يرتبط بحدود تقاربية ومناطق الاستهلاك؛ ويشار إليه أحيانًا بخنادق تحت بحرية، وهي مواقع المياه المحيطية الأكثر عمقًا على الأرض، توجد أحيانًا في الجهة البحرية من منطقة الاستهلاك.

**حدّ ثلاثي *Triple junction***: مناطق التقاء 3 صفائح وحدودها معًا.

**سيكلون استوائي تيفون *Tropical cyclone typhoon***: عاصفة شديدة تتولد من اضطراب استوائي؛ يسمى تيفون في معظم منطقة المحيط الهادي وهوريكين في نصف الأرض الغربي.

**سونامي *Tsunami***: موجة سيزمية بحرية تتولد في معظم الأحيان من زلزال تحت بحري، وأيضًا من اندفاع بركان تحت بحري أو انزلاق أو اصطدام كويكبي، يتميز بموجة طويلة جدًّا، تتحرك بسرعة في البحر المفتوح، وتسمّى خطأ موجة مد.

**طف *Tuff***: رماد بركاني مرصوص أو ملتحم.

**التيفون *Typhoon***: سيكلون استوائي يحدث فوق المحيط الهندي أو غربه، مكافئ لإعصار أل hurricane الذي يحدث في المحيط الأطلسي.

**خزّان غير محصور *Unconfined aquifer***: خزّان لا توجد فيه طبقة كتيمة تحد من سطحه العلوي في منطقة الإشباع.

**عدم توافق *Unconformity***: سطح حت مدفون، يمثل زمنًا لم يحدث فيه ترسيب، ثغرة في السجل الجيولوجي.

**نظام تصنيف التربة الموحّد *Unified soil classification system***: تصنيف للتربة شائع الاستعمال في الممارسات الهندسية، يعتمد على كمّية الجسيمات الخشنة والناعمة أو المادة العضوية.

**مبدأ النسقية *Uniformitarianism***: مفهوم أن الحاضر مفتاح للماضي، أي إننا نستطيع قراءة السجل الجيولوجي بدراسة العمليات الحالية.

**جريان غير مشبّع *Unsaturated flow***: نوع من جريان المياه الجوفية يحدث عندما يكون جزء من المسام ممتلئًا بالماء.

**خام حضري *Urban ore***: يشير إلى حقيقة أنّ رسابة منشآت التخلص من النفايات في بعض المجتمعات تحتوي على كمّيات مرتفعة من الرسوبيات الفلزية، بحيث يمكن أن تُعدّ خامًا معدنيًّا.

**منطقة ألـ vadose**: منطقة أو طبقة فوق مستوى المياه الجوفية، قد يكون بعض الماء فيها معلقًا أو مهاجرًا إلى الأسفل نحو مستوى المياه الجوفية، أو جانبيًّا إلى نقطة يخرج منها.

**مركب عضوي متطاير *Volatile organic compound***: يختصر VOC عندما يستخدم في وصف ملوثات الماء أو الهواء، مركبات هيدروكربونية عادة، مثل: الغازولين والبنزين والبروبين.

**رماد بركاني *Volcanic ash***: انظر رماد بركاني.

**بريشيا بركانية *Volcanic breccias***، أجلوميرات: قطع صخرية كبيرة مختلطة مع رماد ومواد بركانية أخرى، وملتحمة مع بعضها.

**أزمة بركانية *Volcanic crisis***: ظرف يؤدي فيه الاندفاع البركاني أو احتمال وقوعه إلى أزمة اجتماعية.

**قبّة بركانية *Volcanic dome***: نوع من البراكين التي تتميز بماجما لزجة جدًّا ومحتوًى عالٍ من السليكا ما يؤدي إلى اندفاع انفجاري.

**نطاق واداتي-بينيوف *Wadati-Benioff Zone***: منطقة مائلة من الزلازل ينتج عندما تستهلك الصفيحة التكتونية.

**تحذير *Warning***: متعلق بالأخطار الطبيعية، الإعلان عن خطر محتمل، مثل زلزال كبير أو فيضان يمكن أن يحدث في المستقبل القريب.

**دورة تجديد المياه العادمة المعالجة والمحافظة عليها *Wastewater renovation and conservation cycle***: عملية إعادة تدوير لنفاية سائلة، تشمل إعادة المياه العادمة المعالجة للمحاصيل أو الري، وتجديد مستمر من خلال تغذية المياه الجوفية، يتضمن الجزء الذي يعاد استعماله ضخّ المياه الجوفية للبلديات والصناعة والأغراض الأخرى.

**ميزانية مائية *Water budget***: تحليل المصادر والأحواض ومواقع خزن الماء في منطقة ما.

**المحافظة على الماء *Water conservation***: الإجراءات التي يتمّ اتخاذها لاستعمال المياه بفعالية أكبر، والتقليل من سحبها واستهلاكها.

**دورة مائية *Water cycle***: انظر دورة هيدرولوجية.

**إدارة مائية *Water management***: ممارسة إدارة مواردنا المائية.

**تلوث مائي *Water pollution***: تدهور في نوعية المياه عند قياسها بحسب المعايير البيولوجية والكيميائية والفيزيائية.

**طاقة الماء *Water power***: استخدام المياه الجارية مثل تلك التي في خزّان مائي في توليد طاقة كهربائية.

**مستجمع الأمطار *Watershed***: الأرض التي تسهم بمائها في نظام نهري معين. انظر حوض تصريف.

**مواصفات نوعية المياه *Water quality standards***: تشير في الولايات المتحدة إلى أقل حدّ، الحدّ الأدنى من المواصفات التي تصدرها وكالة حماية البيئة بشأن مياه الشرب والاستعمالات الأخرى للماء.

**مستوى المياه الجوفية *Water table***: سطح يفصل بين المنطقة غير المشبّعة، الفيدوز والمنطقة المشبّعة؛ السطح الذي تحته مسامات الصخر كلها ممتلئة بالماء.

**مناخ الموجة *Wave climate***: تشخيص أو تمييز إحصائي لارتفاع الموجة وفترتها واتجاهها عند موقع معين على أساس سنوي.

**ارتفاع الموجة *Wave height***: يشير إلى الفرق في الارتفاع بين قاع الموجة وقمتها.

**فترة الموجة *Wave period***: تشير إلى الزمن بالثواني لمرور قمم الأمواج المتلاحقة من نقطة مرجعية؛ عكس تردد الموجة.

**طول الموجة *Wave length***: يشير إلى الطول الأفقي بين قمم الأمواج المتتالية.

**تجوية *Weathering***: تغيّرات تحدث في الصخور والمعادن على سطح الأرض أو بالقرب منه؛ استجابة للتغيّرات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية؛ التحطم الفيزيائي والكيميائي والبيولوجي للصخور والمعادن.

**أراضٍ رطبة *Wetlands***: معالم في اللاندسكيب التضاريس، مثل المستنقعات والسبخات والبراري، يفيض عليها الماء باستمرار أو بصورة متقطعة.

**طاقة الرياح *Wind power***: تكنولوجيا معظمها طواحين هواء لتوليد الطاقة الكهربائية من الريح.

**نفايات صفرية (لا نفايات) *Zero waste***: المفهوم المرتبط بإدارة النفايات، الذي ينصّ على أنه لا يوجد هناك نفايات، بل موارد في غير محلها.

**منطقة الإشباع *Zone of saturation***: المنطقة أو الطبقة تحت مستوى المياه الجوفية في صخر أو تربة مساماتها كلها مشبّعة.

obeikandl.com

# القاموس

ملاحظة: تشير أرقام الصفحات المتبوعة بحرف (F) إلى الأشكال وحرف (T) إلى الجداول.


Beach budget, 297–298
Beaches
  E-lines and E-zones, 318
  erosion, 297–301, 305–308, 315–317
  nourishment of, 303–304, 306
  processes, 295–296
  stabilization of, 301–305
  waves and, 295f
Beatty, Nevada, 457
Bedding planes, 50
Bed load of sediment, 139
Bentonite, 49
Berkeley Pit, 421f
Berms, 295
B horizon, 65, 66f
Big bang, 4
Big Thompson Canyon flood, 149
Bingham Canyon copper mine, 420
Biochemical oxygen demand (BOD), 374–375
Biodiversity
  coastal geology and, 98–101
  factors affecting, 103–104
  human footprint and, 104–106
  keystone species, 96
  seawalls and, 105–106
  stream processes, 96–98
  of trees, 95–96
Biofuels, 468–469
Biogenic gas, 441, 442
Biogeochemical cycles, 39–41
Biological engineering, 113
Biological processes, 415–416
Biomagnification, 382
Biopersistence, 527
Bioremediation, 85, 86f, 394f
Biosphere, 94, 495, 497–498
Biotechnology, 425–426
Bison, 101f
Bituminous coal, 436
Black shale, 444
Blocky lava, 271, 272f
BOD (biochemical oxygen demand), 374–375
Bogs, 368–369
Borneo, 440
Boston Harbor, 399
Braided channels, 144
Breakers, 294, 295f
Breaker zone, 295
Breakwaters, 302–303
Brines, 413–414, 415
Brittle materials, 44
Brown, Lester, 534
Buffering, 450
Buried faults, 215, 218f
Burner reactors, 453–454
Bush, George W., 400
Calcite, 43
Calcium carbonate, 450–451
Caldera eruptions, 267–268
Calderas, 267–268, 270f, 271f
California Water Project, 360
Cancer, 508
Capacity
Cape Hatteras Lighthouse, 319–320
Cap rock, 442
Carbonate minerals, 43
Carbon dioxide gas, 275, 440, 485f, 489f, 498–500
Capacity

ميزانية شاطئ
شواطئ
خطوط E ونطاقات E
حت
تغذية
عمليات
تحسين (زيادة استقرار)
الموجات و
بيتي، نيفادا
مستويات تطبق
حمولة الرسوبيات القاعية
بنتونيت
حفرة بيركلي
مصاطب
الأفق B
الانفجار الكبير
فيضان خانق ثوميسون الكبير
منجم خانق بنجهام النحاس
مطلب الأكسجين البيوكيميائي
تمايز حيوي
جيولوجية الشواطئ و
العوامل المؤثرة
تأثير البشر و
جبس بارز
جدران البحرية
عمليات نهرية
الأشجار
وقود حيوي
غاز حيوي
دورات بيوجيوكيميائية
هندسة حيوية
عمليات حيوية
تكبير حيوي
استمرارية حيوية
معالجة حيوية
غلاف حيوي
تقنية حيوية
البيسون (ثورأمريكي)
فحم بيتيومين
غضار أسود
لابة كتلية
متطلب الأكسجين الكيميائي
مستنقعات
بورنيو
ميناء بوسطن
قنوات مجدولة
أمواج متكسّرة
منطقة تكسّر الأمواج
مياه تكسّر الأمواج
محاليل ملحية
مواد هشّة
ليستر براون
محلول كيميائي يقاوم تغيرات إلى ألـ (PH)
صدوع مدفونة
مفاعلات احترافية
جورج بوش
كالسيت
كربونات الكالسيوم
اندفاعات كالديرا
كالديرا
مشروع مياه كاليفورنيا
سرطان
قدرة، سعة
منارة رأس هاتيراس
صخر غطاء
معادن جيرية
غاز ثاني أكسيد الكربون
قدرة، سعة

Abrupt climate change, 500–501
Acceptable risk, 126–127
Acid deposition, 449–451
Acid mine drainage, 385–386, 421, 438f
Acid rain, 449–451
Active faults, 216, 219
Active method of construction, 59
Advanced treatment of wastewater, 398
Aentonite, 49
Aerosols, 487–488
Age-dating techniques, 7
Agglomerate, 49
Agricultural practices, 78–80
A horizon, 66f
Air pollution, 422, 512–518
Air toxins, 512–513
Algae contamination, 377
Alluvial fans, 68, 140
Alluvial soils, 137
Alternative energy, 463–469
Aluminum, 416, 426
Alvarez, Luis, 335
Alvarez, Walter, 335
Amazon River, 15f
Amplitude of earthquakes, 208
Anatolian fault, 245, 247f
Andesite, 263
Angular conformity, 55
Animal behavior, 245
Antarctica, 491–492
Anthracite coal, 436
Anthropogenic climate forcing, 488, 490, 491f
Anticipatory responses, 128–129
Anticlines, 52, 53f, 215
Appalachian Mountains, 34, 52, 142, 440
Aqueducts, 361f
Aquifers, 349–351
Arctic National Wildlife Refuge (ANWR), 446–448
Arctic sea ice, 492f
Area sources, 512
*Argillic B*, 65
Arsenic, 382–383, 400
ART (average residence time), 14–16, 380–381
Artesian wells, 349, 350f
Asaro, Frank, 335
Asbestos, 515
Ash fall, 272
Ash flows, 273
Asteroids, 7, 235, 322–328, 339–340. See also Impact craters; Mass extinctions
Asthenosphere, 30
Athabasca Tar Sands, 448
Atlantic Coast, 306–307
Atmosphere, 476–479, 480f–481f
Atmospheric inversions, 515–516
Atomic mass number, 543
Atoms, 541–543
Attenuation, 224
Avalanches, 198, 199f
Average residence time (ART), 14–16, 380–381
Barrier islands, 306–307
Basalt, 262
Base level of streams, 137
Battle Mountain, 461
Bauxite, 416, 426

تغير مناخي مفاجئ
خطر مقبول
ترسيب حمضي
تصريف مياه حمضية
مطر حمضي
صدوع نشطة
الطريقة النشطة في الإنشاء
المعالجة المتقدمة للمياه العادمة
أينتونيت
هباء جوّي
طرق تأريخ الأعمار
أجلوميرات
ممارسات زراعية
الأفق A
تلوث هواء
مسمّمات الهواء
تلوّث بالطحالب
مراوح طمية
تربة طمية
طاقة بديلة
ألومنيوم
لويس الفارز
الفارز، والتر
نهر الأمازون
سعة الزلازل
الصدع الأناضولي
آنديسايت
عدم تدافق زاو
سلوك الحيوان
القارة المتجمّدة الجنوبية
فحم أنثراسيت
إكراه اجتماعي مناخي
استجابات متوقعة
طيّات محدّبة
جبال الأبالاش
قناة نقل الماء
خزّان مائي
ملجأ الحياة البرية الوطني في القارّة المتجمدة الشمالية
جليدي بحري (القارّة المتحدة الجنوبية)
مصادر مساحة
الأفق الأرجيلي الطيني B
زرنيخ
معدل وقت المكوث

أبار ارتوازية
فرانك أسارو
الأسبست
سقوط أو تساقط الرماد
انسياب رماد
كويكبات
انظر أيضًا فوّهات الارتطام، الانقراض الجماعي
أستينوسفير
رمال أثاباسكا القطرانية
شاطئ الأطلسي
غلاف جوي
انعكاس جوي
رقم الكتلة الذرية
ذرّات
تخامد
تيهورات جليدية
معدل وقت المكوث

جزر حاجزة
بازلت
المستوى القاعدي للسيول
جبل باتل
بوكسيت

geologic record, 475–476 — السجل الجيولوجي
global warming and, 14 — الاحترار العالمي
greenhouse effect, 478–479, 481, 483f–484f — ظاهرة غازات الدفيئة
mathematical models, 476 — نماذج رياضية
natural hazards and, 130 — الأخطار الطبيعية
ozone depletion and, 501–502 — واستنزاف الأوزون
potential effects of, 490–501 — والتأثيرات المحتملة
real-time monitoring, 476 — مراقبة الوقت الفعلي
reasons for, 482–490 — أسباب
temperature change, 481–482, 486f, 487t — تغير حراري
Clinton, Bill, 400 — بل كلينتون
Cloud, Preston, 4, 474 — بريستون كلاود
Coachella Valley, 467 — وادي كوشيلا
Coal-bed methane, 443–444 — ميثان طبقة الفحم
Coal mining, 202–203, 436–440 — تعدين الفحم
Coal sludge, 440 — حمأة الفحم
Coastal geology, 98–101 — جيولوجيا شاطئية
Coastal hazards. *See also* Tsunamis — أخطار شاطئية. انظر السونامي
beach stabilization and, 301–305 — تحسين الشاطئ
development and, 318–320 — تطوير و
E-lines and E-zones, 318 — خطوط ونطاقات E
erosion, 297–301, 306–308, 315–317 — حت
Hurricane Andrew, 315, 316f — إعصار أندرو
Hurricane Floyd, 168 — إعصار فلويد
Hurricane Katrina, 308–311, 314f — إعصار كاترينا
Hurricane Mitch, 131f, 308 — إعصار ميتش
hurricanes, 308, 311–315 — أعاصير
rip currents, 296–297 — تيارات تمزّق
tropical cyclones, 308, 316 — أعاصير استوائية
typhoons, 308 — تايفونات
waves, 291–295 — أمواج
Cogeneration, 469 — إنتاج مشترك
Cohesion, 71 — تماسك – تلاصق
Colbalt-enriched manganese crusts, 419 — قشور منجنيز غنية بالكوبالت
Colorado River, 363–366 — نهر كولورادو
Color of rocks/minerals, 546, 554 — لون الصخور والمعادن
Comets, 322–328 — مذنبات
Compaction shale, 50 — غضار ملتحم
Competency, 140 — سعة، قدرة
Complex landslide, 178f — انزلاق أرضي معقّد
Composite volcanoes, 263–264 — براكين مركبة
Compounds, 543 — مركبات
Comprehensive Environmental Response Compensation and Liability Act (CERCLA), 525 — قانون التعويض والاستجابة البيئية المسؤولة
Compressibility, 75 — انضغاطية
Compressional waves, 220 — موجات مضغوطة
Concave slopes, 174–175 — منحدرات مقعّرة
Concentration factor, 407–408 — معامل تركيز
Cone of ascension, 393 — مخروط الصعود
Cone of depression, 350, 351f, 393 — مخروط التناقص
Confining layers, 349 — طبقات حاجزة
Conglomerates, 50 — رواهص كونغلوميرات
Conservation, 469 — شركة أديسون المدمجة
Consolidated Edison Company, 533 — إنشاء
Construction, 59 — استخدام استهلاكي للمياه
Consumptive use of water, 360 — تحوّل تماسي
Contact metamorphism, 412 — حدود تصادم قارية
Continental collision boundary, 32 — انجراف قاري
Continental drift, 31. *See also* Plate tectonics — انظر أيضًا الصفائح التكتونية
Continuity equation, 140 — معادلة الاستمرارية
Contour interval, 556 — فترة كونتورية
Contour plowing, 79 — حراثة كونتورية
Convection, 32 — انتقال حراري
Convergent boundaries, 32–34 — حدود متقاربة
Convex slopes, 174–175 — منحدرات من
Convex straight slopes, 174–175 — منحدرات محدبة مستقيمة
Copper, 412, 417 — نحاس
Coral reefs, 103f, 497 — شعاب مرجانية
Corrosion potential, 75 — احتمالية التآكل الكيميائية
Covalent bonds, 544 — روابط تشاركية
Craters, 267, 327–328, 329f–332f, 334–339. *See also* Asteroids; Mass extinctions — فوّهات بركانية. انظر أيضًا كويكبات
Creep, 175–176, 181 — انقراض جماعي
زحف

Cape Hatteras Lighthouse, 319–320 — منارة رأس هاتيراس
Cap rock, 442 — صخر غطاء
Carbonate minerals, 43 — معادن جيرية
Carbon dioxide gas, 275, 440, 485f, 489f, 498–500 — غاز ثاني أكسيد الكربون
Carbon sequestration, 498–500 — حجز الكربون
Carcinogens, 506, 508 — مسرطنات
Cardiovascular disease, 507–508 — أمراض شريانات القلب
Carlsbad Caverns, 358 — كهوف كارلسباد
Carlsbad, New Mexico, 457 — كارلسباد ، والنيومكسيكو
Carrying capacity, 12 — قدرة الحمل
Case histories — حالات تاريخية
Cape Hatteras Lighthouse, 319–320 — منارة رأس هاتيراس
Easter Island, 3 — جزيرة إيستر
Edwards Aquifer, 358–360 — خزّان إدوارد المائي
flash floods, 153 — فيضانات سريعة
groundwater, 356 — مياه جوفية
Hudson River, 387 — نهر هدسون
Hurricane Katrina, 309–311 — إعصار كاترينا
La Conchita landslides, 193–195 — انزلاقات لا كونشيتا
Long Island groundwater, 356 — المياه الجوفية في لونج آيلاند
Minamata, Japan mercury, 380, 382 — ميناماتا، زئبق اليابان
Mount St. Helens, 277–282 — جبل سانت هيلين
Mt. Pinatubo, 277 — جبل بيناتوبو
Mt. Unzen, 282 — جبل أنزين
Northridge earthquake, 218–219 — زلزال نورث ردج
sediment pollution, 81 — تلوث رسوبي
St. Francis Dam, 54–55 — سدّ سانتا فرنسيس
Tunguska event, 326 — حدث تونجوسكا
Vaiont Dam, 187–189 — سدّ فيونت
Catastrophes, 120–122 — كوارث
Catastrophic earthquakes, 209, 232–235 — زلازل مدمرة
Cation, 543 — أيون موجب
Cave formations, 358 — تكوينات كهوف
Cavern systems, 358 — أنظمة كهوف
Cavity-filling deposits, 412 — رسوبيات تملأ الفجوات
Cemented shale, 50 — غضار ملتحم
Central Valley Project, 360 — مشروع الوادي المركزي
CERCLA (Comprehensive Environmental Response Compensation and Liability Act), 525 — قانون التعويض والاستجابة البيئّة المسؤولة الشاملة
CFCs (chlorofluorocarbons), 501–502 — كلورفلور الكربون
Chain reaction, 452 — تفاعل متسلسل
Channelization, 156, 159, 160f, 162f — حفر القنوات
Channel patterns, 140, 144–145 — أنماط القناة
Channel restoration, 159, 161f — ترميم القناة
Chemical bonding, 543–544 — ربط كيميائي
Chemical sedimentary rocks, 50 — صخور رسوبية كيميائية
Chemical weathering, 185 — تجوية كيميائية
Chemosynthesis, 417 — تصنيع كيميائي
Chernobyl, 456 — شيرنوبل
Chlorine, 501–502 — كلور
Chlorofluorocarbons (CFCs), 501–502 — كلورفلور الكربون
C horizon, 66 — الأفق C
Chronic disease, 506–507 — مرض مزمن
Churchs Ferry, North Dakota, 168 — كنيسة فيري، شمال داكوتا
Cicero, 23 — سيسرو
Cinder cones, 264–266 — مخاريط الرماد
Clay, 50 — طين
Clean Air Act, 379, 424 — قانون الهواء النظيف
Clean Water Act (1972), 400 — قانون المياه النظيفة
Clear cutting, 186–187, 532f — إزالة الغابات
Cleavage of minerals, 546 — امتصاص المعادن
Climate — مناخ
atmosphere and, 476–479 — الغلاف الجوي
defined, 476 — تعريف
forcing, 483, 485, 487, 488f, 491f — إرغام
and landslides, 182 — الانزلاق
models, 477f — نماذج
patterns, 492, 495 — أنماط
response time, 483 — وقت استجابة
and runoff, 347 — والمياه الجارية
sensitivity, 483 — حساسية
of the world, 478f — مناخ العالم
Climate change — تغير مناخي
abrupt, 500–501 — مفاجئ
earth's atmosphere and, 476–479 — الغلاف الجوي

Driving forces, 176, 178 — قوى قائدة
Ductile materials, 44 — مواد مطاطية
Dust Bowl, 494 — تجويف الغبار
Dynamic equilibrium, 141 — اتزان ديناميكي
Earthflow, 177f, 181 — جريان مواد أرضية
Earth history, 4, 5f–6f, 7 — تاريخ الأرض
Earth materials, 7, 8f — مواد أرضية
Earthquake cycle, 229–230 — دورة زلزالية
Earthquakes — زلازل
  of 1964, 185
  Alaska (2002), 252 — ألاسكا
  amplitude of, 206 — سعة
  Anatolian Fault, 245, 247f — صدع الأناضول
  catastrophic, 209, 232–235 — كارثية
  deaths and damage from, 207, 209, 233, 245, 248, 255 — القتلى والخسائر من
deep waste disposal and, 232 — تخلص عميق من النفايات
depth of focus, 228–229 — عمق بؤرة الزلزال
dilatancy-diffusion model, 230 — نموذج توسع – انتشار
directivity, 226 — مباشر، مباشرة
effects of, 232–235 — تأثيرات
faults, 46, 212, 214–220 — صدوع
focus of, 206, 228–229 — بؤرة
ground acceleration in, 226 — تسارع في الأرض
hazard evaluation, 248–251 — تقييم أخطار
hazard-reduction programs, 247–248 — برنامج تخفيض الأخطار
Kobe, Japan (1995), 210f — كوب، اليابان
Landers, California, 229, 230f, 233f — لاندرز، كاليفورنيا
Loma Prieta, 211, 225–226, 234 — لوما بريتا
magnitude, 206–209 — شدة
material amplification, 224–226 — تكبير المواد للأمواج
Mexico City, 224–225 — مدينة مكسيكو
Modified Mercalli Scale, 209, 211 — مقياس ميركالي المعدل
New Madrid, 212, 215f — مدريد الجديدة
Northridge, 127–129, 206f, 211–213, 218–219, 222, 228f — نورث ردج
nuclear explosions, 232 — انفجارات نووية
at plate boundaries, 212, 214f — عند حدود الصفائح
prediction of, 125, 241–245 — التنبؤ بـ
protective measures, 248, 251–256 — إجراءات حماية
reservoir-induced seismicity, 231–232 — زلالزل محدثة في الخزانات
  San Andreas Fault and, 28–29, 35, 46–47, 118–120, 211, 220–221, 233, 244–249 — صدع سان أندرياس و
  San Fernando (1971), 212f — سان فرناندو
  Seattle (2001), 229 — سياتل
  seismic waves, 220–224 — موجات (زلزالية) سيزمية
  slow earthquakes, 220 — زلازل بطيئة
  supershear, 228 — قصّ قوي (فائق)
  tsunamis and, 235–241, 242f — سونامي
Earthquake segment, 216 — جزء من الزلازل
Earth's climate system, 476 — نظام مناخ الأرض
Earth's energy balance, 479 — ميزانية طاقة الأرض
Earth systems science, 14–17, 474 — علم أنظمة الأرض
Ease of excavation, 75 — سهولة الحفر
Easter Island, 3 — جزيرة إيستر
*E. coli* bacteria, 375–376 — بكتيريا (*E. coli*)
Ecological community, 94 — مجتمع تبيؤ
Ecology, 93–95, 107–113. *See also* biodiversity — تبيؤ انظر أيضًا
  تمايز حيوي
Ecosystems, 94–95, 104 — أنظمة تبيُّئيَّة
Edwards Aquifer, 358–360 — خزّان إدوارد
Efficiency, 469 — فعالية
Effluent streams, 354 — مجار منسابة
E horizon, 65, 66f — أفق (E)
Elastic deformation, 44 — تشوّه مرن
Elastic rebound, 229 — ارتداد مرن
Elastic strain, 229 — انفعال مرن
Electromagnetic spectrum, 483f — طيف كهرومغناطيسي
Electrons, 541 — إلكترونات
Elements, 543 — عناصر
E-lines and E-zones, 318 — خطوط ونطاقات E
Elk, 96–98 — أيل (ظبي)
El Nino, 495, 496–497 — النينيو
Energy resources — موارد طاقة
  acid rain and, 449–451 — مطر حمضي
  coal, 436–440 — فحم
Critical thinking, 23 — تفكير ناقد
Crust, 30 — قشرة
Crystal form, 546 — شكل بلوري
Crystal lattice, 544 — وحدة الخلية البلورية
Crystalline structure, 544, 545f — بنية بلورية
Crystallization, 38, 42, 545 — تبلور
Crystal settling, 408 — استقرار بلوري
Cultural eutrophication, 376–377 — تغذية حضارية
Cut banks, 144 — ضفاف مقطوعة
Cuyahoga River, 384, 386 — نهر كوياهوجا
Cyclones, 308, 316. *See also* Hurricanes — أعاصير انظر أيضًا
  أعاصير
Damages — أضرار
  from earthquakes, 209, 233, 245, 255 — من الزلازل
  from flooding, 156 — من الفيضانات
  from hurricanes, 308 — من الأعاصير
  from natural hazards, 116–117, 120–122 — من الكوارث الطبيعية
  from tsunamis, 235–241 — من السونامي
  volcanic activity, 259 — من الأنشطة البركانية
Dams, 369–370, 466 — سدود
Darcy's Law, 352 — قانون دارسي
Dead zone, 377, 378f — منطقة ميتة
Deaths — موتى
  from air pollution, 512, 515 — من تلوث الهواء
  from earthquakes, 207, 209, 233, 245, 248, 255 — من الزلازل
  from floods, 149–150, 154t, 156 — من الفيضانات
  from hurricanes, 308–309, 311–312 — من الأعاصير
  from impacts, 338–339 — من ارتطامات
  from landslides, 189 — من الانزلاقات الأرضية
  from natural hazards, 116–117, 120–122, 130–132 — من الأخطار الطبيعية
  from radiation, 456 — من الإشعاع
  from radon gas, 508–509 — من غاز الرادون
  from tsunamis, 235–241 — من الزلازل البحرية (السونامي)
  volcanic activity and, 259, 277–282 — من النشاط البركاني
  from water pollution, 373, 375–376 — من تلوّث الماء
Debris avalanches, 176f, 181 — تيهورات فتات
Debris flows, 182, 183f, 276 — جريان الفتات
Deep waste disposal, 232 — التخلص العميق من النفايات
Deep-well disposal, 527–528 — التخلص العميق بالآبار
Deforestation, 3, 14 — قطع (إزالة) الغابات
Deltas, 122–123, 124f, 140, 141f — دلتاوات
DEMs (digital elevation models), 560–562 — نماذج الارتفاع الرقمية
Department of Energy, 459 — وزارة الطاقة
Desalination, 360 — تحلية المياه
Desertification, 86–87, 493–494 — تصحّر
*Desiderata* (Ermann), 4 — إرمان
Design Basis Ground Motion, 248 — تصميم اعتمادًا على حركة الأرض
Detrital sedimentary rocks, 50 — صخور رسوبية فتاتية
Devils Lake, North Dakota, 168 — بحيرة ديفل ، شمال دكوتا
Devil's Post Pile, 49f — عمود منطقة ويفلز
Devonian shale, 444 — غضار ديفوني
Diamonds, 408, 409f, 544f — الماس
Digital elevation models (DEMs), 560–562 — نماذج ارتفاع رقمية
Dilatancy-diffusion model, 230 — موديل توسع – انتشار
Dilate, 230 — توسع
Dinosaurs. *See* Mass extinctions — ديناصور، انظر انقراض جماعي
Dip-slip faults, 214, 217f — صدوع إزاحة مع الميل
Direct effects of disasters, 127–128 — تأثيرات مباشرة للكوارث
Directivity, 226 — مباشر
Disaster preparedness, 129 — الاستعداد لمواجهة الأخطار
Discharge-frequency curve, 146–148 — منحنى تدفق – تردد
Disconformity, 55 — عدم توافق
Disease, 235, 375–376, 382, 422, 506–508 — مرض
Disease of the dancing cats, 382 — مرض القطط الراقصة
Dissolved load of sediment, 139 — حلّ الرسوبيات الراسبة
Distant tsunami, 240 — زلزال بحري بعيد
Divergent boundaries, 32 — حدود متباعدة
Dolomite Mountains, 34f — جبال دولوميت
Donana National Park, 421 — متنزه دونانا الوطني
Doubling time, 10 — وقت التضاعف
Downstream floods, 150, 151f — فيضانات أسفل النهر
Drainage basins, 137, 139f, 345, 347 — أحواض تصريف
Drainage density, 347 — كثافة التصريف
Drainage nets, 347 — شبكات تصريف

downstream floods, 150, 151f — الفيضانات أسفل النهر
effects of, 153–154 — تأثيرات إلى
flash floods, 148–150, 152–153 — فيضانات سريعة
flood-hazard mapping, 163–167 — تخريط خطر الفيضانات
flood-proofing, 159–160 — مقاومة الفيضانات
flood stage, 148 — مرحلة الفيضان
globally, 137f — عالميًّا
insurance, 159 — تأمين
Las Vegas, Nevada, 149–150 — لاس فيجاس، نيفادا
magnitude and frequency, 146–148 — قيمة وتكرار
Mid-Atlantic floods, 168, 170f — فيضانات وسط الأطلسي
Mississippi River, 117, 125, 150, 155–159, 163 — نهر المسسيبي
physical barriers, 155–156 — حواجز طبيعية
Red River, 136, 150, 150f — النهر الأحمر
Savannah River, 151f — نهر السافانا
terminology, 146, 148 — علم المصطلحات
urbanization and, 150–153 — التحضر و
Ventura River, 140, 142, 143f — نهر فينتورا
what to do before and after, 169t — ما زال على قبل وبعد
Yangtze River, 131 — نهر ياجينتز
Floodplains. *See also* Flooding — سهول فيضية. انظر أيضًا فيضان
illustrated, 138f — موضّحة
land-use planning and, 123f, 128, 136–137 — تخطيط استعمال الأراضي
regulation of, 160–162, 163f — تنظيم
relocating people, 168 — ترحيل الناس
zoning, 167, 168f — توزيع إلى نطاقات
Floodwalls, 155–156 — جدران الفيضان
Florida Everglades, 110–111 — أراضي فلوريدا الرطبة
Flows, 175–176, 177f — جريانات
Fluid potential, 354–355 — جهود السائل
Fluid pressure, 230 — ضغط السائل
Flux, 39 — تدفق
Fly ash, 440 — رماد متطاير
Focus of earthquakes, 206, 228–229 — بؤرة زلزال
Folds, 52 — طيّات
Foliation planes, 51 — أسطح تورّق
Forecasts, 124–126 — تنبؤات
Foreshocks, 230 — هزات قبلية
Forminifera, 543f — فورامينفيرا
Fossil fuels — وقود قديم أحفوري
acid rain and, 449–451 — مطر حمضي
carbon dioxide and, 498–500 — ثاني أكسيد الكربون
coal, 436–440 — فحم
defined, 434 — تعريف
oil and gas, 441–449 — النفط والغاز
particulates and, 502 — جسيمات وقائعية
Fossil Trace Golf Club, 427 — نادي جولف فرسل تريسي
Four Corners area, 512 — منطقة الزوايا الأربعة
Fractures, 52, 546 — شقوق
Free face slope, 174 — ميل المستوى (السطح الحر)
Frequency, 117, 119–120 — تردد
Friction, 71 — احتكاك
FS (Factor of safety), 177–181 — عامل أمان
Fugitive sources, 512 — مصادر تلوث مؤقتة
Fusion, 459 — انصهار
Gaia hypothesis, 18 — فرضية جيا
Galena, 543 — جالينا
Gaseous pollutants, 512 — ملوثات غازية
Gas wells, 445 — آبار غاز
Geochemistry, 541–547 — جيو كيمياء
Geochronology, 563–564 — جيولوجيا زمنية
Geologic cycle, 29–38 — دورة جيولوجية
Geologic maps, 560 — خرائط جيولوجية
Geologic record, 475–476 — سجل جيولوجي
Geologic time, 4, 19–23, 563–564 — زمن جيولوجي
Geology, defined, 7 — الجيولوجيا ، تعريف
Geothermal energy, 459–463 — طاقة حرارية أرضية
Geothermal gradient, 459, 461 — انحدار الطاقة الحرارية
Geysers, 267, 269f — فوّارات ساخنة
Geysers facility, 461 — خدمات فوّارات ساخنة
Glacial deposits, 56 — رسوبيات جليدية
Glaciation, 56–58, 490–492 — تكون الجليد
Glicken, Harry, 282 — هاري جليكن
Global carbon cycle, 39, 40f, 41 — دورة الكربون العالمية
Global dimming, 490 — تحقيق عالمي
Global Positioning Systems — أنظمة التوقيع العالمي

conservation, efficiency and cogeneration, 469 — الحافظة والفعالية و الإنتاج المشترك
energy units, 435 — وحدات الطاقة
geothermal energy, 459–463 — طاقة حرارية أرضية
historical perspectivies, 430, 433 — جوانب تاريخية
nuclear energy, 452–459 — طاقة نووية
oil and gas, 441–449 — النفط والغاز
peak oil, 431–433 — نفط القمة
policies, 435, 469–470 — سياسات
renewable sources, 463–469 — مصادر متجددة
supply and demand, 434–435 — العرض والطلب
Enhanced recovery, 443 — استعادة محسنة
Environmental crisis, 14, 534 — أزمة بيئية
Environmental geology — جيولوجيا بيئية
components of, 7–8 — مركبات، مكوّنات
defined, 7 — تعريف
earth as a system, 14–17 — الأرض بوصفها نظامًا
hazardous earth processes, 17–19 — عمليات الأرض الخطرة
human population growth and, 9–13 — نمو عدد السكان
scientific knowledge and values, 19–23 — المعرفة العلمية والقيم،
sustainability, 13–14 — استدامة
Environmental health, 506–512 — صحّة بيئية
Environmental impact statements (EIS), 528–529 — تقارير الأثر البيئي
Environmental law, 531–534 — قانون بيئي
Environmental Protection Agency (EPA), 379–380, 395–396, 400, 421, 531 — وكالة حماية البيئة
Environmental science, 8 — علم بيئي
Environmental unity, 17 — وحدة البيئة
Epicenter, 206 — مركز خارج الزلزال
Erodibility, 75 — قابلية الحت
Erosion — حت
of beaches, 297–301, 306–308, 315–317 — الشواطئ
E-lines and E-zones, 318 — خطوط ونطاقات
landslides and, 185, 532 — الانزلاقات و
of soil, 76–78, 346t — التربة
wildlife effects on, 348f — تأثيرات الحياة البرية في
*Escherichia coli,* 375–376 — بكتيريا
Ethics, 23–24 — أخلاقيات
Eutrophication, 376–377 — تسمم من كثرة الغذاء وقلة الأكسجين
Evacuation, 129 — إخلاء
Evaporite deposits, 413–415 — رسوبيات تبخرية
Everglades, 110–111 — أراضي جنوب فلوريدا الرطبة
Evolutionary process, 7 — عملية تطورية
Exajoules, 435 — إكساجولا ($10^{18}$ طول)
Expansive soils, 75–76 — تربة قابلة للتمدد
Exponential growth, 9–11 — نمو أسي
Extraction wells, 394f — آبار استخلاص (استخراج)
Extrusive igneous rocks, 47 — صخور نارية خارجية
*Exxon Valdez,* 377–378, 378f — إكسون فالديز
Factor of safety (FS), 177–181 — معامل الأمان
Fault activity, 220 — نشاط صدعي
Fault gouge, 118, 120f — حطام صدعي
Faults, 46, 212, 214–220, 245, 247f. *See also* San Andreas Fault — صدوع انظر أيضًا صدع سان أندرياس
Fault scarp, 233 — جرف صدعي
Fault segmentation, 216 — تجزؤ الصدوع
Fault-valve mechanisms, 230 — ألياف صمام الصدع
Fault zones, 216 — مناطق صدوع
Fecal coliform bacteria, 375–376 — إخراج بكتريا
Feldspar, 42 — فلسبار
FEMA (Federal Emergency Management Agency), 159 — وكالة إدارة الطوارئ الفدرالية
Ferromagnesian, 42 — فيرو مغنيزي (حديدو مغنيسي)
Fish habitat, 93f — بيئة أسماك
Fission, 452–459 — انشطار
Flash floods, 148–150, 152–153 — فيضانات سريعة
Flashy discharge, 152 — تدفق سريع
Flood basalts, 269f — بازلت فيضي
Flooding. *See also* Floodplains — فيضان سهول فيضية
Big Thompson Canyon, 149 — خانق تومبسون الكبير
causal factors, 153 — عوامل مسببة
channelization, 156, 159, 160f, 162f — حفر قنوات
channel restoration, 159, 161f — ترميم قنوات الأنهار
deaths and damages, 149–150, 154t, 156 — خسائر في الأرواح والمعدّات

Hydroelectric power, 465 — طاقة كهرومائية
Hydrogen fuel, 465 — وقود الهيدروجين
Hydrographs, 146–148 — هيدروجراف
Hydrologic cycle, 39, 137–138, 344, 345f, 346f. *See also* Water resources — دورة هيدرولوجية؛ مصادر وقائية
Hydrologic monitoring, 283–284 — مراقبة هيدرولوجية
Hydrologic processes, 7, 8f — عمليات هيدرولوجية
Hydrothermal convention systems, 461–462 — أنظمة قوانين المياه الحارة
Hydrothermal mineral deposits, 410, 412 — خامات معدنية حرمائية
Hypothesis testing, 19 — اختبار الفرضيات
Ice, 56–59, 490–492 — جليد
Ice stream, 56, 57f — نهر (وادي) جليدي
Igneous processes, 408–410, 412 — عمليات نارية
Igneous rocks, 38, 46t, 47, 49, 554 — صخور نارية
Impact craters, 327–328, 331f–332f, 334–339. *See also* Mass extinctions — فوهات ارتطام؛ افتراضات جماعية
Imperial Sand Dunes Recreation Area, 83 — منطقة استجمام الكثبان الرملية
Impervious cover, 150, 152 — غطاء كتيم
Inactive faults, 216 — صدوع غير نشطة
Indirect effects of disasters, 127–128 — الآثار غير المباشرة للكوارث
Indoor air pollution, 517–518. *See also* Radon gas — تلوث هواء داخل المسار؛ غاز الرادون
Industrial ecology, 519 — بيئة صناعية
Infectious waste, 519–520 — نفايات معدية
Influent streams, 354–355 — مجاري مائية زائدة
Input-output analysis, 14–17 — تحليل مدخلات – مخرجات
Instream use of water, 360 — استخدام الماء في منطقة مجراه
Insurance, 129, 159, 251 — تأمين
Integrated waste management, 518 — إدارة متكاملة للنفايات
Intellectual standards, 23 — مواصفات عقلانية
Intelligent design, 23 — تصميم ذكي
Interplate earthquakes, 211 — زلازل بين الصفائح
Intraplate earthquakes, 211 — زلازل داخل الصفائح
Intrusive igneous rocks, 47 — صخور نارية جوفية
Ionic bonds, 544 — روابط أيونية
Irrigation, 388–391 — ريّ
Isocracy, 33 — التوازن الأرضي
Isotopes, 543 — نظائر
Itai-Itai disease, 422 — مرض إيتايي – إيتايي
Jefferson Island Salt Dome, 201–202 — قبة جزيرة جيفرسون
Jetties, 303 — أرصفة هوائية
Joule, 435 — جول
Karst topography, 357 — تضاريس كارستية
Kelp, 98–101 — عشب البحر
Kesterson Reservoir, 388–391 — خزّان كيشرسن
Keystone species, 96 — جنس ساند (بارز)
*K* horizon, 66 — أفق التربة K
Kimberlite, 408, 409f — كيمبرليت
Kissimmee River, 107–109 — نهر كيسيمي
Klamath Falls, Oregon, 462 — شلالات كلاماث – أوريجون
Koyakuk River, Alaska, 145f — نهر كوياكوك – ألاسكا
K-T mass extinction, 334–336, 338 — انقراض جماعي بين الكريتاس والثلاثي
Kuiper belt, 323, 324f — حزام كويبر
Kyoto Protocol, 498 — بروتوكول كيوتو
La Conchita, California, 191, 193–195 — لا كونشيتا – كاليفورنيا
Lag time, 152, 153f — وقت التأخير
Lahar, 276 — لاهار
Lake Nyos, Cameroon, 275 — بحيرة نيوس – الكاميرون
Lake Peigneur, Lousiana, 201–202 — بحيرة بينير لويزانا
Land application, 527 — تطبيق أرضي
Land ethic, 24 — خلق أرضي
Landfills, 520–523 — مطامر نفايات
Landslides. *See also* Slopes — انزلاقات أرضية. انظر أيضًا منحدرات
  benefits of, 117–118 — فوائد أل
  climate and, 182 — المناخ و
  correction of, 197–198 — تصحيح
  earth material type and, 178, 181 — نوع المواد الأرضية و
  earthquake-caused, 233–234 — بسبب الزلازل
  identifying potential areas, 191–192 — تحديد المناطق المحتملة
  La Conchita, California, 191, 193–195 — لا كونشيتا - كاليفورنيا
  minimizing hazards, 203–204 — تقليل الأخطار
  Portuguese Bend, 174f — انحناء البرتغال
  prevention of, 192, 195–197 — منع حدوث
  sea cliff erosion and, 299–301 — حت الجرف البحري
  slope processes, 174–175 — عمليات المنحدرات
(GPS), 558
Global warming. *See* Climate change — احترار عالمي. انظر أيضًا تغيير مناخي
Gneiss, 50 — نايس
Gold, 413, 420, 423, 544 — ذهب
Gould, Stephen Jay, 104 — ستيفن جاي جارلد
GPS (Global Positioning Systems), 558 — أنظمة التشريع العالمية
Grand Canyon of the Colorado River, 49f, 365–366 — الخانق العظيم لنهر كولورادو
Granite, 43, 47, 49f, 62, 124 — جرانيت
Gravel and sand, 413 — حصى ورمل
Great earthquake, 209 — الزلزال العظيم
Great Lakes, 307–308 — البحيرات العظمى
Great Southern California Shake Out, 255 — زلزال جنوب كاليفورنيا العظيم
Greenhouse effect, 478–479, 481, 483f–484f, 485t, 489f — تأثير غازات الدفيئة (البيت الزجاجي)
Green River Formation, 448 — تكوين النهر الأخضر
Grinnell Glacier, 492f — جليدية جرينل
Groins, 302 — جدران (لحماية الشاطئ)
Groundwater. *See also* Water pollution; Water resources — ماء جوفي انظر أيضًا تلوث الماء وموارد المياه
  development of, 14 — تطوير
  discharge, 350 — تدفق
  movement, 351–352, 354–355 — حركة
  pollution, 386–388, 393–394, 420–421 — تلوث
  recharge, 350 — تغذية
  supply of, 352, 353f, 370 — تزويد
  surface water and, 352, 354–355, 357–358 — المياه السطحية و
  zones, 348–349 — نطاقات
Groundwater geothermal systems, 462 — أنظمة مياه الطاقة الحرارية الأرضية (الجوفية)
Growth rate, 10 — سرعة النمو
Guano, 41, 416 — حوانو (براز الطيور)
Gulf Coast, 307 — شاطئ الخليج
Gullies, 77, 78f — أودية جبلية (قنوات)
Habitat, 94 — تبؤ
Hale-Bopp comet, 323 — مذنب هالي
Half life, 563–564 — فترة نصف العمر
Halite, 545 — هاليت
Hardness of rocks/minerals, 546, 554 — صلابة الصخور/ المعادن
Hardpan, 66 — قشرة صلبة
Hazardous earth processes, 17–19 — عمليات أرضية خطرة
Hazardous waste management, 523–528 — إدارة النفايات الخطرة
Health, 506 — صحّة
Heart disease, 507–508 — أمراض القلب
Heavy metals, 380, 382–383, 422–423 — فلزات ثقيلة
High-level radioactive wastes, 458–459 — نفايات عالية الإشعاعية
Historical perspectives — جوانب تاريخية
  of energy resources, 430, 433 — لموارد الطاقة
  of human population, 10–12 — تعداد السكان
  of natural hazards, 122–123 — للأخطار الطبيعية
  of rivers, 137 — للأنهار
  volcanic activity, 260t — للأنشطة البركانية
Holocene epoch, 22 — حين هولوسين
Homestake Mine, South Dakota, 425 — نجم هوم ستيك جنوب داكوتا
Honduras, 131 — هندوراسي
Host rock, 412 — صخور مضيفة
Hot springs, 267 — عيون ماء ساخنة
Hudson River, 387 — نهر هدسون
Human footprint, 104–106 — آثار بشرية
Hurricanes — أعاصير
  Andrew, 315, 316f — إعصار أندروا
  deaths and damages from, 308–309, 311–312 — الخسائر من الأرواح
  Floyd, 168 — فلويد
  form and process, 308, 311–315 — التكوين والعملية
  Katrina, 308–311, 314f — إعصار كاترينا
  Mitch, 131f, 308 — إعصار ميتش
  Saffir-Simpson Hurricane Scale, 312–313 — مقياس سافير سيمبسون للأعاصير
Hutton, James, 16, 18 — جيمس هاتون
Hydraulic conductivity, 351, 352t — موصلية مائية
Hydraulic gradient, 351 — انحدار هيدروليكي
Hydraulic head, 354–355 — رأس هيدروليكي
Hydrocarbons, 441–449 — هيدروكربونات
Hydrochloric acid (HC1), 501–502 — حمض الهيدروكلوريك
Hydroconsolidation, 60 — تصلب مائي


Obeikan.com

Materials management, 518–519 إدارة المواد
Mathematical models, 476 النماذج الرياضية
Mauna Loa volcano, 264t بركان مونا لوا
Meanders, 144–145 تعرجات
Media. *See* News media وسائل الإعلام
Mediation, 531 وساطة
Meltdown, 454 انهيار جليدي
Mercury, 382, 411f, 422–423 زئبق
Metallic bonds, 544 روابط فلزية
Metamorphic processes, 412–413 عمليات تحول
Metamorphic rocks, 38, 46t, 50–51, 554 صخور متحولة
Metamorphosed rocks, 38 صخور تحولية
Meteorites, 324–328 نيازك
Meteoroids, 322–324 النيازك صغيرة
Meteor showers, 322 زخات نيزكية
Methane, 443–446, 520 ميثان
Methane hydrate, 445–446 هيدرات الميثان
Methylmercury, 382 ميثيل الزئبق
Methyl tertbutyl ether (MTBE), 379–380 ميثيل تيرتوبيوتل الأثير
Mexico City, 130, 224–225 مدينة مكسيكو
Miami Beach, Florida, 304 شاطئ ميامي – فلوريدا
Michel, Helen, 335 هيلن مايكل
Microhydropower, 466f طاقة مائية قليلة
Mid-Atlantic ridge, 266f صيد وسط الأطلسي
Milankovitch cycles, 483 دورات ميلانكوفيتش
Milankovitch, Milutin, 482–483 ميلوتين ميلانكوفيتش
Minamata, Japan, 380, 382 ميناماتا – اليابان
Mineral resources. *See also* Mining موارد معدنية . انظر أيضًا
  availability of, 406–407 توافر التعدين
  biological processes, 415–416 عمليات بيولوجية
  colbalt-enriched manganese crusts, 419 قشور منجنيز غنية بالكوبالت
  igneous processes, 408–410, 412 عمليات نارية
  manganese oxide nodules, 417–419 عقيدات أكسيد المنجنيز
  metal concentrations, 407–408 تركيز فلزي
  metamorphic processes, 412–413 عمليات متحوّلة
  overview, 403–404 مراجعة
  recycling, 425–426 تدوير
  reserves, 404, 406f احتياطيات
  rock cycle and, 38 دورة الصخور و
  sedimentary processes, 413–415 عمليات رسوبية
  sulfides, 43, 416–417 كبريتيدات
  sustainability and, 427 الاستدامة و
  types, 42–43, 404–406 أنواع أل
  value of, 406f قيمة أل
  weathering processes, 416–417 عملية تجوية
Minerals, 38, 42–43, 416–417, 543–547 معادن
Mining. *See also* Mineral resources تعدين. موارد معدنية
  acid mine drainage, 385–386, 421, 438f انظر أيضًا تصريف مياه المناجم الحمضية
  of coal, 436–440 الفحم
  environmental impact, 14, 419–425 التأثير البيئي
  excavating machines, 13f آليات معدات الحفر
Mission Creek, 163–167 وادي ميشن
Mississippi River نهر المسيسيبي
  delta, 141f دلتا
  drainage basin, 345, 347 حوض تصريف
  flooding, 117, 125, 150, 155–159, 163 فيضان
  levees, 155f, 157 جسور نهرية طولية
  pollution of, 508 تلوّث أل
Mitchell Plain, 357 سهل ميتشل
Mitigation, 529 معالجة
Mobile sources, 512 مصادر متحركة (تلوّث)
Modified Mercalli Scale, 209, 211 مقياس ميركالي المعدّل
Mohs scale, 546–547 ميتاس موهس
Moment magnitude of earthquakes, 206 قيم عزوم الزلازل
Monitoring, 476, 521 مراقبة
Mountain bikes, 85 دراجات جبلية
Mountains, 33–34 جبال
Mount Lassen volcano, 264 بركان جبل لاسين
Mount Pinatubo, 277, 278f جبل بيناتوبو
Mount Rainier, 276–277 جبل رينييه
Mount St. Helens, 263–264, 277–282 جبل سانت هيلين
Mount Unzen volcano, 282, 283f بركان جبل أونزين
MTBE (Methyl tertbutyl ether), 379–380 (مثيل يتزبيوتيل الأثير)
Mt. Lassen National Park, 461 المتنزه الوطني لجبل لاسين
Mudflows, 276–277 انسيابات طينية
Multiple land use, 530–531 استخدام متعدد للأراضي

terminology, 173 مصطلحات (التسمية)
Thistle slide, 195, 197 انزلاق ثسل
timber harvesting and, 186–187, 532f حصاد الأخشاب و
time factors, 185 عوامل زمنية
types of, 175–176, 178f أنواع أل
urbanization and, 17f, 187–190 التحضر و
Vaiont Dam, 187–189 سد فيونت
vegetation and, 184–185 الغطاء النباتي و
volcanic eruptions and, 277, 278f الاندفاعات البركانية
warning systems, 197 أنظمة إنذار
water and, 185 الماء و
Land-use planning تخطيط استخدام الأراضي
  anticipatory responses to hazards, 128–129 استجابات توقعية للأخطار
  coastal hazards and, 316–317 الأخطار الشاطئية
  defined, 7, 8f تعريف
  dynamic equilibrium and, 141–142 الانزلاق الديناميكي و
  earthquakes and, 248 الزلازل و
  floodplains and, 123f, 128, 136–137 السهول الفيضية و
  multiple land use, 530–531 الاستخدام المتعدد للأراضي
  natural hazards and, 130–133 الأخطار الطبيعية و
  process of, 529–530 عملية أل
  scenic resources, 529–530 موارد المناظر الجميلة
  sequential land use, 530 الاستخدام المتعاقب للأراضي
  soil surveys and, 87–89 مسح التربة و
La Nina, 497 النينيا
Las Vegas, Nevada, 149–150 لاس فيجاس ، نيفادا
Late magmatic processes, 408, 410 عمليات صهارية متأخرة
Lateral blasts, 272 انفجارات جانبية
Lava, 260, 269, 271–272, 273f, 274f لابة
Lava tubes, 262, 264t أنابيب لابية
Law of crosscutting relationships, 51 قوانين العلاقات المتقاطعة
Law of faunal assemblages, 7 قوانين التجمعات الفونية (الحيوية)
Law of original horizonality, 51 قانون الأفقية الأصلية
Law of superposition, 51 قانون التعاقب الطبقي
Leachate, 520 عصارة
Leaching, 420 غسيل
Lead poisoning, 507, 515 تسمم بالرصاص
Left-lateral faults, 214, 217f صدوع يسارية الأزاحة
Leighton, F.B., 189 ف. ب. لايتون
Leopold, Luna, 367 لونا ، ليوبولد
Levees, 155–158 جسور طولية نهرية
Lichens, 564 أشنات
Lignite, 436 ليجنيت
Limestone, 50, 412 حجر جيري
Liquefaction, 75, 233 إماهة
Lithification, 34 تصخّر
Littoral cell, 297 خلية شاطئية
Local tsunami, 241 سونامي محلي
Loess, 59, 60–61 اللوس
Logging, 14f تحطيب، قطع الأشجار
Loma Prieta earthquake, 211, 225–226, 234 زلزال لوما بريتا
Longshore sediment transport, 295–296 انتقال الرسوبيات بموازاة الشاطئ
Los Angeles, California, 187, 189, 190, 512 لوس أنجلوس، كاليفورنيا
Los Angeles River, 162f نهر لوس أنجلوس
Love Canal, 524–525 قناة لف
Lovelock, James, 18 جيمس لفلوك
Lovins, Amory, 469 أموري لوفنز
Low-level radioactive wastes, 457 نفايات ذات مستوى إشعاعي منخفض
Ludington, Michigan, 386 ميتشيغان لودينغتون
Luster of minerals, 546–547 بريق المعادن
Magma, 47, 259 صهارة
Magnetic monitoring, 283–284 مراقبة مغناطيسية
Magnitude, 117, 119–120 قيمة
Magnitude-Frequency concept, 119 مفهوم القيمة – التردد
Major earthquake, 209 زلزال رئيس
Mammoth Cave, 357 كهف ماموث
Mammoth Lakes, 125–126 بحيرات ماموث
Manganese oxide nodules, 417–419 عقيدات أكسيد المنجنيز
Maps, 556–562 خرائط
Marble, 51 رخام
Marcellus shale, 444 غضار مارسيل
Marine evaporites, 413–414, 414f تبخرات بحرية
Marshes, 368–369 مستنقعات
Mass extinctions, 7, 328, 331, 333–338 انقراضات جماعية
Mass wasting, 173 حركة كتلية
Material amplification, 224–226 تكبير في المادة


Online Pearson Education

Municipal solid waste (MSW), 521 — النفايات الصلبة البلدية
NASA (National Aeronautics and Space Administration), 339 — وكالة الفيضان والطيران الأمريكية
National Earthquake Hazard Reduction Program, 247–248 — البرنامج الوطني لتقليل خطر الزلازل
National Environmental Policy Act (NEPA), 528–529 — قانون سياسة البيئة الوطنية
National Flood Insurance Reform Act (1994), 159 — القانون المعدل للتأمين ضد الفيضانات
National Primary Drinking Water Standards, 395–396 — المواصفات الوطنية الأساسية لمياه الشرب
National Water Quality Assessment Program, 391, 392f — برنامج تقييم نوعية المياه الوطني
Native elements, 43 — عناصر طبيعية
Natural gas resources, 441–449 — موارد الغاز الطبيعي
Natural hazards/disasters — الأخطار / الكوارث الطبيعية
  benefits of, 117–118 — فوائد أل
  climate change and, 130 — تغير المناخ و
  death and damage, 116–117, 120–122 — خسائر بشرية ومائية
  defined, 7, 8f — تعريف
  evaluation of, 122–124 — تقييم أل
  human response to, 127–130 — استجابة البشر لِـ
  land-use changes and, 130–133 — تغيرات الاستعمالَ الأرضي
  magnitude and frequency, 117, 119–120 — القيمة والتكرار
  number of, 131f — عدد أل
  population increase and, 130 — زيادة السكان والتنبؤ
  prediction of, 124–126 — التنبؤ
  risk assessment, 126–127 — تقييم الأخطار
Near-Earth Asteroid Tracking (NEAT), 339 — تعقب الكويكبات قرب سطح الأرض
Near-Earth objects (NEOs), 340 — أجسام قرب أرضية
Negative declarations, 529 — تصريحات سلبية
NEPA (National Environmental Policy Act), 528–529 — قانون سياسة البيئة الوطنية
Neutrons, 541 — نيوترونات
Nevada Test Site, 232 — موقع اختبار نيفادا
Nevado del Ruiz, 132–133 — نيفادو دل روز
New Madrid earthquake, 212, 215f — زلزال مدريد الجديدة
New Orleans, Louisiana, 308–311, 314f — نيو أورليانز ، لويزيانا
News media, 126 — وسائل الإعلام الإخبارية
Newton, 435 — نيوتن
Niche, 94 — نيشة
Nitrogen, 376–377 — نيتروجين
Nonconformity, 55 — لا توافق
Nonmarine evaporites, 413–414 — تبخريات لا بحرية
Nonpoint sources, 383–384 — مصادر لا نمطية
Normal faults, 214, 215, 217f — صدوع عادية
Northridge earthquake, 127–129, 206f, 211–213, 218–219, 222, 228f — زلزال نورث ريج
No-till agriculture, 79 — زراعة بلا حراثة
Nuclear energy, 452–459 — طاقة نووية
Nuclear explosions, 232 — انفجاربركاني
Nuclear fission, 452–459 — انشطار نووي
Nuclear fusion, 459 — انصهار نووي
Nuclear reactors, 453–455 — مفاعل نووي
Nuclear Waste Policy Act (1982), 459 — قانون سياسة النفايات النووية
Oakland, California, 129f — أوكلاند، كاليفورنيا
Oak Ridge National Laboratory, 457 — مختبر أوك رج الوطني
Oases, 120f — واحات
Ocean conveyor belt, 483, 489f — حزام محيطي ناقل
Off-road vehicles (ORVs), 82–85 — سيارات بعيدة عن الشوارع
Offset alluvial fan, 68, 69f — مروحة نهرية مزاحة
Offstream use of water, 360 — استخدام مياه الأنهار بعيدًا عنها
Ohio River, 152 — نهر أوهايو
*O* horizon, 65, 66f — أفق التربة O
Oil and gas resources, 441–449 Oil shale, 448 — موارد النفط والغاز
Oil spills, 377–378 — غضار زيتي
Oil trap, 443f — مصيدة نفطية
Oort Cloud, 323, 324f — غيمة أورت
Ores, 43, 407–408 — خامات
ORVs (off-road vehicles), 82–85 — سيارات بعيدًا عن الرطوبة
Outer Banks, North Carolina, 306f — ضفاف خارجية، شمال كارولينا
Outwash, 56 — غسيل خارجي
Overbank flow, 146 — جريان فوق الضفاف
Overburden, 439 — ركام سطحي
Oxides, 43 — أكاسيد
Oxygen-demanding waste, 373–375 — نفايات تحتاج إلى أكسجين
Ozone, 513, 517 — أوزون
Ozone depletion, 501–502 — استنزاف الأوزون
Pahoehoe lavas, 271, 272f — لابات باهوهو
Paleoseismic data, 220 — معطيات زلزالية قديمة
Paleoseismicity, 216 — زلزالية قديمة
Paleoseismology, 216 — علم الزلازل القديمة
*Pangaea,* 35–37 — بانجايا
Paricutin cinder cone, 265 — مخروط رماد بيركوتين
Particulate-matter pollutants, 512–515 — ملوثات المواد الدقيقة
Passive method of construction, 59 — طريقة إنشاء غير مباشرة
Passive solar energy, 464 — طاقة شمسية سلبية
Pathogenic organisms, 375–376 — كائنات ممرضة
Patrick River, 146–148 — نهر باتريك
Peak oil, 431–433 — قمة النفط
Pegmatite, 410 — بجماتيت
Perched aquifers, 349, 350f — خزانات ماء معلقة
Permafrost, 58–59 — انجماد دائم
Permeability, 75 — نفاذية
Permeable treatment beds, 394f — طبقات معالجة منفذة
Persistent organic pollutants (POPs), 379 — ملوثات عضوية دائمة
Phosphates, 415–416 — فوسفات
Phosphorus cycle, 41, 376–377 — دورة الفوسفور
Photochemical smog, 517 — ضبخن ضوئي كيميائي
Photovoltaics, 464–465 — الخلايا الكهروضوئية
Piedmont region, 52, 65, 78f, 82, 83f, 142 — منطقة بيدمونت
Placer deposits, 413 — خامات تبر
Plastic deformation, 44 — تشوّه لدن
Plasticity, 71 — لدونة
Plastic recycling, 519 — تدوير البلاستيك
Plate boundary earthquakes, 211–212 — زلازل حدود الصفائح
Plate tectonics, 30–38, 266–267 — تكتونية الصفائح
Pleistocene epoch, 19, 25–26 — فترة البلايستوسين
Plutonium, 455 — بلوتونيوم
Pocket beaches, 111–112 — شواطئ بوكت
Point bars, 144 — حواجز
Point sources, 383, 384f, 512 — مصادر نقطة
Pools, 145, 146f — برك
POPs (persistent organic pollutants), 379 — ملوثات عضوية دائمة
Population, 9–13, 130 — عدد السكان
Porosity, 351, 352t — مسامية
Portuguese Bend landslide, 174f — انزلاق البرتغال
Positive feedback cycle, 490 — دورة التغذية الراجعة الإيجابية
Powell, John Wesley, 363 — باول، جون ويزلي
Prairie potholes, 368–369 — حفر البريري
Precautionary principle, 24–25 — مبدأ الوقاية
Precipitation, 348–349 — تساقط ، هطل
Precursor events, 125 — أحداث ممهدة
Prediction of natural hazards, 124–126 — التنبؤ بالأخطار الطبيعية
Primary pollutants, 513 — ملوثات أولية
Primary recovery, 443 — استعادة أولية
Primary treatment of wastewater, 397 — معالجة أولية للمياه القادمة
Protons, 541 — بروتونات
Pulido, Dionisio, 265 — بوليدو ، ديونيسيو
P waves, 220 — أمواج أولية
Pyroclastic debris, 47, 49, 262 — فتات صخور نارية
Quartz, 42 — كوارتز
Quartzite, 51 — كوارتزيت
Quick clay, 185 — طبق سريع
Radioactive decay, 563–564 — تحلل أشعاعي
Radioactive waste, 383, 457–459 — نفايات إشعاعية
Radioactivity, 453–454 — إشعاعية
Radioisotopes, 563–564 — نظائر مشعة
Radon gas, 244, 509–512 — غاز الرادون
Rain shadow, 33 — منطقة ظل الأمطار
Rapid City, South Dakota, 128 — مدينة رابد جنوب داكوتا
RCRA (Resource Conservation and Recovery Act), 523–524 — مشروع قانون المحافظة على الموارد واستعادتها
Reactive response, 127–128 — استجابة فاعلية
Reclaimed water, 398 — ماء مستعاد
Recurrence interval, 220 — فترة التكرار
Recycling, 13, 426–427 — إعادة تدوير
Red River, 136, 150 — النهر الأحمر
Reduce, recycle, reuse, 518 — تقليل حجم النفايات، إعادة تدويرها، إعادة استعمالها
Regional metamorphism, 412–413 — تحول إقليمي
Relative profile development, 67–68 — تطور البروفيل النسبي
Relief of topography, 347 — تضاريس الطوبوغرافيا
Renewable energy, 463–469 — طاقة متجددة
Replacement deposits, 412 — خامات إحلال


Obeikandl.com

Sand dunes, 59–60, 60f, 61f, 111–112 كثبان رملية
Sand spit, 303 لسان رمالي
Sandstones, 50 أحجار رملية
Sanitary landfills, 520–523 مطامر صحّية
San Joaquin Valley, 388–391 وادي سان جوكين
Santa Cruz Island, California, 175 جزيرة سانتا كروز ، كاليفورنيا
Santayana, George, 142 جورج سانتايانا
SARA (Superfund Amendment and Reauthorization Act), 525–526 إصلاح السوبرفند وقانون إعادة تفويض
Saturated soils, 69, 71f تربة مشبعة
Savannah River, 151f نهر سافانا
Schist, 50 شيست
Scientific method, 19, 20f الطريقة العلمية
Scoping, 529 تحديد الأهداف
Sea cliff erosion, 299–301 حت الجروف البحرية
Seafloor spreading, 31–32 اتساع قاع البحر
Sea ice, 490–492 جليد بحري
Sea level, 495 مستوى سطح البحر
Sea otters, 98–101
Sea urchins, 98–101 قنافذ بحرية
Seawalls, 105–106, 301–302 جدران بحرية
Secondary enrichment, 416–417 إثراء ثانوي
Secondary pollutants, 513 ملوثات ثانوية
Secondary treatment of wastewater, 398 معالجة ثانوية للمياه العادمة
Secure landfills, 527 مطامر آمنة
Sediment, 79t, 80–82, 139, 141–144, 383. *See also* Runoff رواسب انظر أيضًا مياه جارية
Sedimentary processes, 413–415 عمليات رسوبية
Sedimentary rocks, 38, 46t, 49–50, 554 صخور رسوبية
Seismic gaps, 244–245 ثغرات سيزمية
Seismicity, 220 زلزالية
Seismic waves, 220–224 أموج زلزالية
Seismogram, 221 سيزوموجرام
Seismographs, 208, 221–222, 223f سيزموجراف
Sensitivity, 75 حساسية
Septic-tank disposal systems, 396–397 أنظمة تخلص من المياه العادمة
Sequential land use, 530 استعمال متعاقب للأرض
SF (safety factor), 177–178, 181 معامل أمان
Shake map, 209, 212f خريطة اهتزاز
Shale, 50, 124 غضار
Shear waves, 220 موجات قصّ
Shield volcanoes, 262–263 براكين درعية
Shoemaker-Levy 9, 328, 332f شوماخير– ليفي
Shrink-swell potential, 75 قدرة الأنكماش والإنتاج
Silicates, 42 سليكات
Sinkholes, 199–200, 202f, 357 حفر غائرة
Site selection, 528 اختيار الموقع
Slaking, 50 تقشر
Slate, 50 سليت
Slip planes, 177 مستويات انزلاق
Slip rates, 219–220 سرعات الانزلاق
Slopes, 137, 174–178, 176–178, 181–182. *See also* Landslides منحدرات انظر أيضًا الانزلاقات
Slow earthquakes, 220 انزلاقات بطيئة
Sludge, 398 حمأة
Slumps, 175–176, 185 انزلاقات
Smog, 517 ضبخن
Snow avalanches, 198, 199f تيهور ثلجي
Soil تربة
chronosequences, 68 تتابعات زمنية
classification, 69–70 تصنيف
clips, 177, 181, 182f, 183f, 184–185
color, 66–67 لون
conservation, 78–80 المحافظة عليها
desertification, 86–87 التصحّر
engineering properties, 70–71, 75–76 الخصائص الهندسية
erosion, 76–78, 346t الحت
fertility, 68–69 الخصوبة
horizons, 65–66 آفاق التربة
land-use planning, 89 تخطيط استعمال الأرض
mechanics, 72–75 ميكانيكية
off-road vehicles and, 82–85 السيارات البعيدة عن الطرق
overview, 64–65 مراجعة
pollution, 85 تلوّث
profile development, 67 تطور المقطع
profiles, 65–68 مقاطع
properties, 77t خصائص
Reservoir-induced seismicity, 231–232 زلزالية خزانات
Reservoir rocks, 441 صخور خازنة
Reservoirs, 79t, 231–232, 369, 388–391 خزانات
Residual ore deposits, 416 رسوبيات خامات متبقية
Resisting forces, 176, 178 قوى مقاومة
Resource Conservation and Recovery Act (RCRA), 523–524
Restoration ecology, 107–113
Retaining walls, 130f, 192, 196f جدران ساندة
Retention ponds, 155f برك الاستبقاء
Reverse faults, 214, 217f صدع عكسي
*R* horizon, 66
Richter, Charles, 208 شارلز رختر
Richter magnitude, 208 مقياس رختر
Riffles, 145, 146f
Right-lateral faults, 214, 217f صدوع إزاحة يمنى
Rills, 77, 78f
Rio de Janeiro, Brazil, 187, 189 ريو دي جانيرو البرازيل
Rio Earth Summit, 24
Rio Negro, 15f ريو نيجرو
Rip currents, 296–297 تيارات تمزّق
Riprap, 159, 161f حجارة الدكّة
Risk assessment, 126–127 تقييم الخطر
Riverine environment, 145 بيئة النهر القريبة منها
Rivers. *See also* Flooding; Mississippi River; Streams; Surface-water; Water pollution الأنهار. انظر أيضًا إلى الفيضان: نهر المسسيبي أنهار، مياه سطحية، تلوث مياه
Amazon, 15f الأمازون
channel patterns, 144–145 أنماط القنوات
Colorado, 363–366 كولورادو
Cuyahoga River, 384, 386 نهر كوياهوجا
discharge, 139–140 تصريف، تدفق
historical perspectives, 137 اعتبارات تاريخية
Hudson, 387 هودسون
Kissimmee River, 107–109 نهر كيسيمي
Koyakuk River, Alaska, 145f نهر كوايا كوك، ألاسكا
land-use changes and, 143–144 تغيّرات استعمال الأراضي و
Ohio River, 152 نهر أوهايو
Patrick, 146–148 باتريك
profile, 139f مقطع (بروفيل)
Red, 136, 150, 150f رد
Savannah River, 151f نهر سافانا
sediment in, 139, 143–144 الرسوبيات في
slopes of, 137 منحدرات أل
stage of, 148 مرحلة أل
streams and, 137–139 الجداول و
urbanization and, 150–153 الأعمار و
velocity, 139–140 سرعة
Yangtze River, 131, 133 نهر يانجتز
Yuba, 156 يوبا
Rock cycle, 38–41 دورة صخرية
Rockfalls, 175–176, 183f تساقط صخري
Rock-forming minerals, 42 معادن مكوّنة للصخور
Rocks صخور
laws of, 51 قوانين أل
minerals, 38, 42–43, 416–417, 543–547 معادن
properties of, 554–555 خصائص
strength of, 43–47, 554 قوة
structures of, 52–53, 55 تراكيب
types of, 38, 47–51 أنواع
Rocky Mountain Arsenal, 232 جبال روكي
Rotational slides, 175–176, 177, 177f انزلاقات دورانية
Royal Society of Edinburgh, 18 الجمعية الملكية لأدنبرة
Runoff, 151f, 155f, 300–301, 344–348, 420. *See also* Sediment مياه جارية انظر أيضًا الرسوبيات
R waves, 221 موجات (R)
Safe Drinking Water Act (1974), 395 قانون مياه الشرب الآمنة
Safety factor (SF), 177–181 معامل أمان
Saffir-Simpson Hurricane Scale, 312–313 مقياس أعاصير سافير– سيمبسون
Salt beds, 457 طبقات ملح
Salt domes, 415 قباب ملحية
Salt mining, 200–202 تعدين الملح
Saltwater intrusion, 391–393 اندفاعات مياه ملحية
San Andreas Fault, 28–29, 35, 46–47, 118–120, 211, 220–221, 233, 244–249 صدع سان أندرياس
Sand and gravel, 413 رمل وحصى


obeikandl.com

التطور النسبي للمقطع, relative profile development, 67–68
تلوث الرسوب, sediment pollution, 79t, 80–82, 383
قوة, strength, 71
بنية, structure, 67, 68f
مسوحات, surveys, 87–89
تاكسوني (تصنيف), taxonomy, 70
نسيج, texture, 67
النظام الموحّد لتصنيف التربة, unified soil classification system, 70, 71t
لفقدان التربة, universal soil loss equation, 80
للتحضّر و, urbanization and, 82, 83f
الماء في, water in, 69
الطاقة الشمسية, Solar energy, 464–465
إرغام شمسي, Solar forcing, 487
نظام شمسي, Solar system, 324f
التخلص من النفايات الصلبة, Solid waste disposal, 519–523
صخرة مصدرية, Source rock, 441
مركز زلزال جنوب كاليفورنيا, Southern California Earthquake Center, 255
ساعة فضائية, Spacewatch, 339
كثافة نوعية, Specific gravity, 546, 554
الوقود المستعمل, Spent fuel, 458–459
حيود منتشرة, Spreading ridges, 32
عيون, Springs, 350, 351f
مرحلة الأنهار, Stage of rivers, 148
مصادر ثابتة, Stationary sources, 512
سد سان ألفيس, St. Francis Dam, 54–55
صناعة حجارة البناء, Stone industry, 413
جبل ستورم كينج, Storm King Mountain, 533–534
اندفاع العاصفة, Storm surge, 313–314, 316
منحدرات مستقيمة, Straight slopes, 174–175
انفعال, Strain, 44
ستراتوسفير, Stratosphere, 476
براكين متطبقة, Stratovolcanoes, 263
جداول انظر أيضًا أنهار, Streams. *See also* Rivers
فرع نهري, effluent and influent, 354
مراقبة الجريان, flow monitoring, 122, 123f
عمليات, processes, 96–98
الأنهار و, rivers and, 137–139
تأثير الغطاء الثنائي في, vegetation effects on, 347, 348f
جهد, Stress, 44
صدوع إزاحة مضربية, Strike-slip faults, 214, 217f
تعدين شريطي, Strip mining, 438–439
زلزال قوي, Strong earthquake, 209
فحم تحت بيتوميني, Subbituminous coal, 436
مناطق استهلاك, Subduction zones, 32
هبوط, Subsidence, 173, 176, 198–203
سدبري – أونتاريو, Sudbury, Ontario, 424
معادن كبريتيد, Sulfide minerals, 43, 416–417
غاز ثاني أكسيد الكبريت, Sulfur dioxide gas, 275
حمض كبريتيك, Sulfuric acid, 385–386, 438
ضبخن كبريتي, Sulfurous smog, 517
كالديرا قمة, Summit caldera, 263
إصلاح السوبرفند, Superfund Amendment and Reauthorization Act (SARA), 525–526
وقانون إعادة تفويض
مواقع السوبرفند, Superfund sites, 525–526
تمزق عالٍ, Supershear, 228
ماء سطحي. انظر أيضًا أنهار، جدران, Surface-water. *See also* Rivers; Streams
تطوير أل, development of, 14
المياه الجوفية, groundwater and, 352, 354–355, 357–358
نهر هودسون, Hudson River, 387
تلوث, pollution, 383–384, 386–388
مياه جارية, runoff, 344–348
أموج سطحية, Surface waves, 221
عمليات سطحية, Surficial processes, 56–62
منطقة تلاعب الأمواج, Surf zone, 295
حمولة معلقة من الرسوبيات, Suspended load of sediment, 139
استدامة, Sustainability, 13–14, 427, 534–535
سياسة طاقة مستدامة, Sustainable energy policy, 470
مستنقعات, Swamps, 368–369
نطاق رغوة الأمواج, Swash zone, 295
موجات قصيرة, S waves, 220–221
انتفاخ, Swell, 291
طيّات مقعّرة, Synclines, 52, 53f, 215
كيميائيات عضوية صناعية, Synthetic organic chemicals, 378–380
نظام ، تعريف, System, defined, 14
منحدرات ركام, Talus slopes, 174
وادي القار أوكلاهوما, Tar Creek, Oklahoma, 385–386, 421
رمال القار, Tar sands, 448
ثلاثي كلور الإيثلين, TCE (Trichloroethylene), 394
زحف تكتونية, Tectonic creep, 220, 221f
دورة تكتونية, Tectonic cycle
الغلاف الصخري للأرض, earth's lithosphere and crust, 29–30
وقشرتها
الجيولوجيا البيئية و, environmental geology and, 38
بانجايا و, *Pangaea* and, 35–37
معدّل فعل الصفائح, plate action rates, 34–35
حدود الصفائح, plate boundaries, 32–34
تكتونية صفائح, plate tectonics, 30–32
إطار تكتوني, Tectonic framework, 249
تيفرا, Tephra, 262
عمل بسطات في المنحدرات, Terracing slopes, 79–80
كارل تيرازاجي, Terzagi, Carl, 72
سد تيتون, Teton Dam, 49
نسيج الصخور, Texture of rocks, 555
النظرية ، تعريف, Theory, defined, 19
مراقبة حرارية, Thermal monitoring, 283–284
تلوث حراري, Thermal pollution, 383
عيون ماء حارة, Thermal springs, 267
الغاز الحيوي, Thermogenic gas, 441–442
انزلاق ثيستل, Thistle slide, 195, 197
سد الأودية الثلاثة, Three Gorges Dam, 466
جزيرة لثلاثة أميال, Three Mile Island, 456
صدوع دفعية, Thrust faults, 214, 217f
طاقة أمواج المد, Tidal power, 465
غاز طبيعي محصور, Tight natural gas, 444–445
حصاد أخشاب, Timber harvesting, 186–187, 532f
شاطئ تايمز ميسوري, Times Beach, Missouri, 85
تيفالو, Tivalu, 495, 496f
خرائط طوبوغرافية, Topographic maps, 556–560
مراقبة طوبوغرافية, Topographic monitoring, 284
الحمل الكلي للرسوبيات, Total load of sediment, 139
علم السموم, Toxicology, 506
عناصر شحيحة, Trace elements, 541
خط أنابيب عبر ألاسكا, Trans-Alaska pipeline, 446–448
حدود مستعرضة, Transform boundaries, 32
انزلاق انتقالي, Translational sliding, 175–176, 177, 184, 185
نفايات ما بعد اليورانيوم, Transuranic waste, 457
منجم ترابر، كولورادو, Trapper Mine, Colorado, 439f
الأشجار، انظر أيضًا حصاد أخشاب, Trees, 95–96. *See also* Timber harvesting
ثلاثي كلور الإيثلين, Trichloroethylene (TCE), 394
حدود ثلاثية, Triple junctions, 34
أعاصير استوائية, Tropical cyclones, 308, 316
تروبوبوز, Tropopause, 476
تروبوسفير, Troposphere, 476
زلازل بحرية (سونامي), Tsunamis, 125, 235–241, 242f
طف, Tuff, 49
حدث تونجوسكا, Tunguska event, 322f, 324, 326–327, 339–340
تيفون, Typhoons, 308
خزّانات مائية غير محصورة, Unconfined aquifers, 349
أسطح عدم توافق, Unconformities, 52, 55
النظام الموحّد لتصنيف التربة, Unified soil classification system, 70, 71t
مبدأ التسقية, Uniformitarianism, 16
إطار اتفاقية الأمم المتحدة حول تغيّر المناخ, United Nations Framework Convention on Climate Change, 498
المعادلة العالمية لفقدان التربة, Universal soil loss equation, 80
أصل الكون, Universe origin, 4
جامعة كاليفورنيا – سانتا باربرا, University of California, Santa Barbara, 111–112
منطقة غير مشبعة, Unsaturated zone, 349
يورانيوم, Uranium, 452–453
الإعمار, Urbanization
الفيضان, flooding and, 150–153
الانزلاقات و, landslides and, 17f, 187–190
الإعمار والمياه الجارية, and runoff, 301, 348
التربة و, soils and, 82, 84f
غرفة تجارة الولايات المتحدة, U.S. Chamber of Commerce, 400
برنامج الولايات المتحدة, U.S. National Flood Insurance Program, 159
الوطني لتأمين الطعام
منطقة تربة غير مشبعة, Vadose zones, 348–349
سد فيونت, Vaiont Dam, 187–189
روابط فان درفال, Van der Waals bonds, 544
استخلاص البخار, Vapor extraction, 394f
سرعة الأنهار, Velocity of rivers, 139–140
فوّهات, Vents, 262
نهر فينتور, Ventura River, 140, 142, 143f


obeikandl.com

برك فيرنال Vernal pools, 368–369
المياه الفعلية Virtual water, 367
ضبخن Vog, 275
رماد بركاني Volcanic ash, 49
بريشيا بركانية Volcanic breccia, 49
أزمة بركانية Volcanic crisis, 287
قباب بركانية Volcanic domes, 264
إرغام بركاني Volcanic forcing, 487–488
براكين Volcanoes
فائدتها benefits of, 118
سلسلة كاسكية Cascade Range, 268f
مخاريط رماد cinder cones, 264–266
جريان فتاتي debris flows, 276
ملامح features of, 267–269
تنبؤ forecasting, 282–286
أحداث تاريخية historic events, 260t
كيلوا Kilauea, 271, 285f
بحيرة نيوس – كاميرون Lake Nyos, Cameroon, 275
جريانات لابية lava flows, 269, 271–272
مونا لووا Mauna Loa, 264t
جبل هالجافل Mount Helgafell, 272, 274f
جبل بيناتوبو Mount Pinatubo, 277, 278f
جبل رينيير Mount Rainier, 276–277
جبل سانت هيلينز Mount St. Helens, 263–264, 277–282
جبل أونزن Mount Unzen, 282, 283f
جبل لاسن Mt. Lassen, 264t
انسيابات طينية mudflows, 276–277
نيفادو دل رويز Nevado del Ruiz, 132–133
أصول origins, 266–267
غازات سامة poisonous gases, 273, 275–276
تنبؤ بـ prediction of, 124, 126
نشاط حطامي ناري pyroclastic activity, 272–273
ريدوبت Redoubt, 273–274, 276
حلقة نارية ring of fire, 262f
أنواع types, 260–266
في الولايات المتحدة in U.S., 261f
فوّهات بركانية Volvanic vents, 267
والكرتون، أونتاريو Walkerton, Ontario, 375–376
التحذير من الأخطار الطبيعية Warnings of natural hazards, 125
إدارة النفايات ، انظر أيضًا Waste management, 518–523. *See also*
إدارة النفايات الخطرة Hazardous waste management
المياه العادمة والمحافظة عليها Wastewater renovation and conservation cycle, 398
معالجة مياه عادمة Wastewater treatment, 396–400
مرض ينتقل بالماء Waterborne disease, 375–376
عسرة المياه Water hardness, 507–508
تلوّث الماء Water pollution
تصريف مياه المناجم الحمضية acid mine drainage, 385–386, 421, 438f
معدات وقت المكوث average residence time (ART), 380–381
ميناء بوسطن Boston Harbor, 399
تعدين الفحم coal mining and, 438–439
نهر كاياهوجا Cuyahoga River, 384, 386
تشريعات مدارية Federal legislation, 400
مياه جوفية groundwater, 386–388, 393–394
التعدين و mining and, 420–421
برنامج تقييم نوعية المياه National Water Quality Assessment Program, 391, 392f
أغذية nutrients, 376–377
زيت النفط oil, 377–378
مراجعة overview, 372–373
نفايات متطلب الأكسجين oxygen-demanding waste, 373–375
كائنات ممرضة pathogenic organisms, 375–376
اندفاعات ماء ملحي saltwater intrusion, 391–393
وادي سان جواكين San Joaquin Valley, 388–391
رسوبية sediment, 79t, 80–82, 383
ماء سطحي surface water, 383–384
تلوث حراري thermal pollution, 383
مواد سامة toxic substances, 378–380
معالجة المياه العادمة wastewater treatment, 396–400
مواصفات نوعية المياه water quality standards, 395–396
طاقة الماء Water power, 465–466
نوعية الماء Water Quality Act (1987), 400
موارد المياه، انظر أيضًا Water resources. *See also*
مياه جوفية ؛ مياه جارية Groundwater; Runoff
خزّانات مائية aquifers, 349–351
المحافظة على conservation, 363
سدود dams, 369–370
تحلية المياه desalination, 360
جعله عالميًّا globalization of, 367
إدارة management of, 363–367
نقص shortages, 352, 353f, 362–363, 370
تزويد supply, 346t
مياه سطحية surface water, 14, 344–348, 352, 354–355, 357–358
استعمال use of, 360–364
دورة الماء water cycle, 39, 344, 345f, 346f
أراضٍ رطبة wetlands, 368–369
مقسمات أمطار Watersheds, 137, 345
مستوى المياه الجوفية Water table, 75, 348–349
واط Watts, 435
فترة الموجة Wave period, 224
أمواج Waves, 291–295
جو، طقس Weather, 476
تجوية Weathering, 38, 65
الفريد وجنر Wegener, Alfred, 31–32, 35
أراضٍ رطبة Wetlands, 368–369, 398
حقلُ نفط ويبورن Weyburn oil field, 500
ويلنغ- غرب ولاية فرجينيا Wheeling, West Virginia, 449
حرائق عاتية Wildfires, 129f
رياح Wind, 59–61
طاقة الرياح Wind power, 466–467
متنزّه فلوريدا الشتوي Winter Park, Florida, 200
ذئاب Wolves, 96–98, 102–103
نهر يانجتز Yangtze River, 131, 133
متنزّه يلوستون الوطني Yellowstone National Park, 24, 96–98, 267–268, 461
متنزّه يوسمايت الوطني Yosemite National Park, 85, 138f, 156, 174, 181, 183f
وادي يوسمايت Yosemite Valley, 49f
والتر يخكويست Youngquist, Walter, 448
نهر يوبا Yuba River, 156
جبل يوكا، نيفادا Yucca Mountain, Nevada, 459
منطقة التجمع Zone of accumulation, 65
منطقة الغسل Zone of leaching, 65
منطقة الإشباع Zone of saturation, 348–349


Orbeikan.com

# Geologic Time with Important Events

[1]Some scientists believe that not all dinosaurs became extinct but that some dinosaurs evolved to birds.

## معاملات تحويل أخرى

1 قدم$^3$/ث = 0,0283 م$^3$/ث = 7,48 جالون/ ث = 28,32 لتر/ ث

1 فدان – قدم= 43560 قدمًا$^3$ = 1233 م$^3$ = 325829 جالون

1 م$^3$/ ث = 35,32 قدمًا$^3$ / ث

1 قدم$^3$ / ث لكل يوم = 1,98 فدانًا – قدم

1 م/ ث = 3,6 كم/ ساعة = 2,24 ميلًا / ساعة

1 بليون جالون في اليوم = 3,785 ملايين م$^3$ في اليوم

1 ضغط جوي = 1,013 × 10$^5$ نيوتن/ م$^2$ ≈ 1 بار

1 بار ≈ 10$^5$ نيوتن/م$^2$ = 10$^5$ باسكال

## Strength of Common Rock Types

| | نوع الصخر | مدى القوة الضاغطة | ملاحظات |
|---|---|---|---|
| ناري | جرانيت | 100 إلى 280 | الجرانيت الأقوى مع القليل من الشقوق. الجرانيت عادة مناسب لمعظم الاستخدامات الصناعية |
| | بازلت | 50 إلى أكثر من 280 | مناطق البريشيا والأنابيب المفتوحة أو الشقوق تخفض القوة |
| متحول | رخام | 100 إلى 125 | الفتحات الناتجة عن الإذابة والشقوق تضعف الصخر، مناسب عادة لمعظم الاستخدامات الهندسية |
| | جنايس | 160 إلى 190 | |
| | كوارتزايت | 150 إلى 600 | صخر قوي جدًّا |
| رسوبي | غضار | أقل من 2 إلى 215 | قد يكون صخرًا ضعيفًا جدًّا بالنسبة إلى الأغراض الهندسية، التقييم الحذر ضروري |
| | حجر جيري | 50 إلى 60 | قد يحتوي على رقائق طينية، فتحات ناتجة عن الإذابة، أو شقوق تضعف الصخر. |
| | حجر رملي | 40 إلى 110 | تتغير القوة بحسب درجة المادة اللاحمة ونوعها، والمعادن المكوّنة، وطبيعة الشقوق وامتدادها |

*Source: Data primarily from Handbook of Tables for Applied Engineering Science, ed. E. Bolz and G. L.*

## مضاعفات ألـ (10) شائعة الاستعمال

| الرموز السابقة | الكمّية | الرموز السابقة | الكمّية |
|---|---|---|---|
| ألفا | $10^{18}$ (مليون تريليون) | سنتي | $10^{-2}$ (جزء في المئة) |
| بيتا | $10^{15}$ (1000 تريليون) | ميللي | $10^{-3}$ (جزء في الألف) |
| تيرا | $10^{12}$ (تريليون) | ميكرو | $10^{-6}$ (جزء في المليون) |
| جيجا | $10^{9}$ (بليون) | نانو | $10^{-9}$ (جزء في البليون) |
| ميجا | $10^{6}$ (مليون) | بيكو | $10^{-12}$ (جزء في التريليون) |
| كيلو | $10^{3}$ (ألف) | | |

obeikandi.com

# معاملات التحويل الشائعة
# COMMON CONVERSION FACTORS

obeikandi.com

### الطول Length

1 ياردة =3 أقدام، = 1 قامة = 6 أقدام

| | بوصة | قدم | ميل | سنتمتر | متر | كيلومتر |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 بوصة (in) = | 1 | 0,083 | $1,58 \times 10^{-5}$ | 2,54 | 0,0254 | $2,54 \times 10^{-5}$ |
| 1 قدم (ft) = | 12 | 1 | $1,89 \times 10^{-4}$ | 30,48 | 0,3048 | |
| 1 ميل (mi) = | 63.360 | 5.280 | 1 | 160.934 | 1.609 | 1,609 |
| 1 سنتمتر (cm) = | 0,394 | 0,0328 | $6,2 \times 10^{-6}$ | 1 | 0,01 | $1,0 \times 10^{-5}$ |
| 1 متر (m) = | 39,37 | 3,281 | $6,2 \times 10^{-4}$ | 100 | 1 | 0,001 |
| 1 كيلومتر (km) = | 39,370 | 3,281 | 0,6214 | 100,000 | 1,000 | 1 |

### المساحة Area

ميل مربع = 640 أكر، أكر = 43,650 قدمًا$^2$ = 4046,86 م$^2$ = 0,4047 ha

1 1 2,47 = $10,000\ m^2$ = ha هكتار

| | بوصة$^2$ | قدم$^2$ | ميل$^2$ | سنتمتر$^2$ | متر$^2$ | كيلومتر$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 بوصة$^2$ = $in^2$ | 1 | | — | 6,4516 | — | — |
| 1 قدم$^2$ = $ft^2$ | 144 | 1 | — | 929 | 0,0929 | — |
| 1 ميل$^2$ = $mi^2$ | — | 27.878.400 | 1 | — | — | 2,590 |
| 1 سنتمتر$^2$ = $cm^2$ | 0,155 | — | — | 1 | — | — |
| 1 متر$^2$ = $m^2$ | 1.550 | 10,764 | — | 10.000 | 1 | — |
| 1 كيلومتر$^2$ = $km^2$ | — | — | 0,3861 | — | 1.000.000 | 1 |

## الحجم Volume

| | بوصة$^3$ | قدم$^3$ | ياردة$^3$ | متر$^3$ | ربع | لتر | برميل | جالون أمريكي |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 بوصة $in^2$ = | 1 | — | — | — | — | 0,02 | — | — |
| 1 قدم $ft^2$ = | 1,728 | 1 | — | 0283. | — | 28,3 | — | 7,480 |
| 1 ياردة $yd^3$ = | — | 27 | 1 | 0,76 | — | — | — | — |
| 1 متر $m^3$ = | 61,020 | 35,315 | 1,307 | 1 | — | 1.000 | — | — |
| 1 ربع $m^3$ = | — | — | — | — | 1 | 0,95 | — | 0,25 |
| 1 لتر $m^3$ = | 61,02 | — | — | — | 1,06 | 1 | — | 0,2642 |
| 1 برميل (نفط) $m^3$ = | — | — | — | — | 168 | 159,6 | 1 | 42 |
| 1 جالون أمريكي $m^3$ = | 231 | 0,13 | — | — | 4 | 3,785 | 0,02 | 1 |

## الطاقة والكهرباء Energy and Power

كيلواط – ساعة = 3,413 Btus = 860,421 كالوري

1 Btus = 0,000293 كيلواط – ساعة = 252 = 1,055 جول

1 واط = 3,413/ في الساعة = 14,34 كالوري/ دقيقة

الكالوري = كمية الحرارة الضرورية لرفع درجة حرارة جرام واحد (1 سم$^3$) من الماء درجة سليوسية واحدة.

1 كوادريليون (1 = quadrillion Btu) إكساجول (exajoul) تقريبًا

جول 0,293 = joule كالوري = $2,788 \times 10^{-7}$ كيلواط – ساعة

## الكتلة والوزن Mass and Weight

1 باوند = 453,6 جرامًا = 0,4536 كيلوجرام = 16 أونصة

1 جرام = 0,0353 أونصة = 0,0022 باوند

1 طن قصير (2,000 = short ton) باوند = 907,2 كيلوجرام

1 طن طويل (2,240 = long ton) باوند = 1,008 كيلوجرام

1طن متري (2,205 = metric ton) باوند = 1,000 كيلوجرام

1 كيلوجرام = 2,205 باوند

## درجة الحرارة Temperature

F درجة فهرنهايتي

C درجة سلسيوس (مئوية)

$$F = \frac{9}{5}C + 32$$

| فهرنهايتي | | سلسيوس |
|---|---|---|
| | تجمّد $H_2O$ | |
| 32 | (ضغط جوّي) | 0 |
| 50 | ——— | 10 |
| 68 | ——— | 20 |
| 86 | ——— | 30 |
| 104 | ——— | 40 |
| 122 | ——— | 50 |
| 140 | ——— | 60 |
| 158 | ——— | 70 |
| 176 | ——— | 80 |
| 194 | ——— | 90 |
| | غليان $H_2O$ | |
| 212 | (ضغط جوّي) | 100 |

obeikandi.com