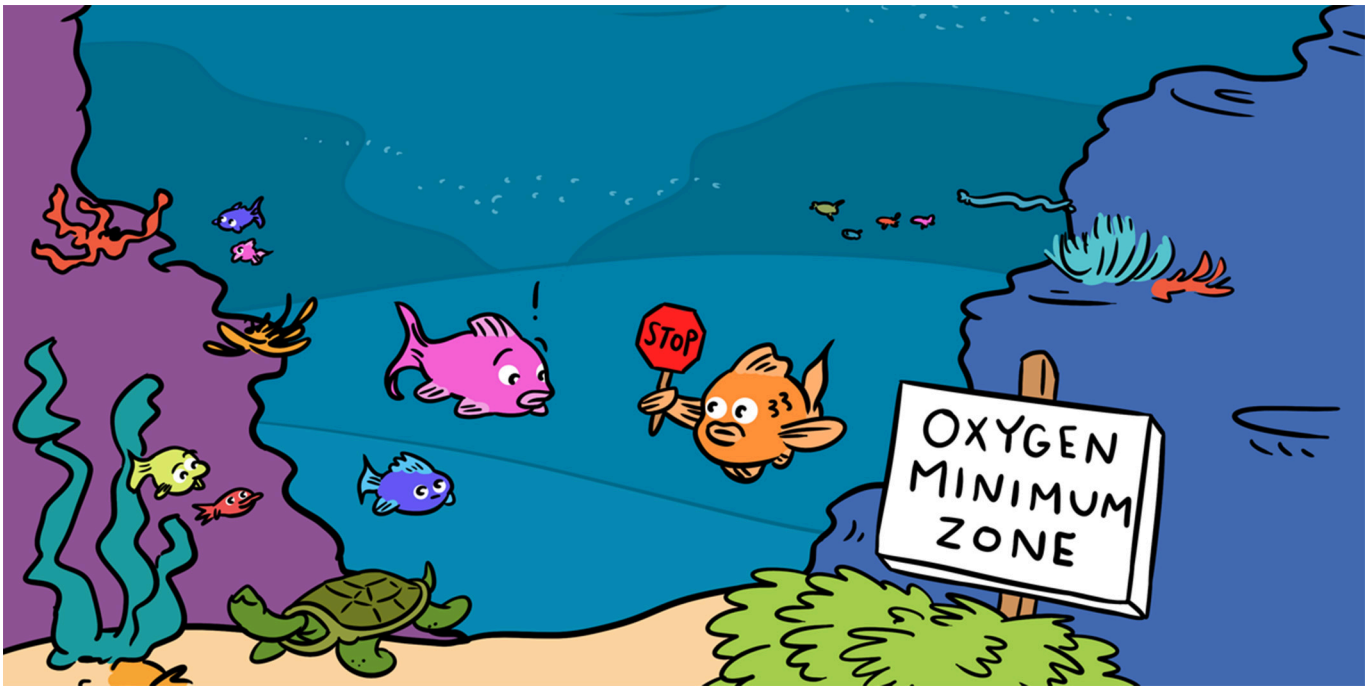
الأرض ومواردها
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 07 أبريل 2023
doi: 10.3389/frym.2018.00075-ar



كيف تتنفس المحيطات؟

Carolin R. Löscher ***و Andreas Canfield***
قسم الأحياء، بمركز نوردسي، المعهد الدنماركي للدراسات المتقدمة، جامعة جنوب الدنمارك، أودنسه، الدنمارك

المراجعون الصغار

STRETTON STATE COLLEGE
العمر: 12-13

GREG
العمر: 15

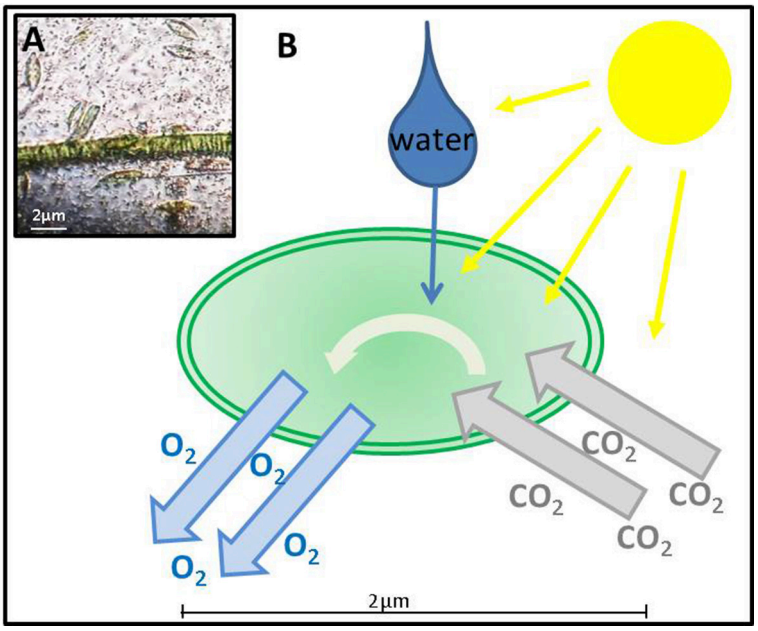
لا نشغل بالنا عادةً بالتفكير في الطريقة التي نلتقط بها أنفاسنا إلا إذا واجهتنا صعوبة في التنفس مثل التي تواجهنا عندما نُصاب بنزلة برد أو عندما نمارس الرياضة. ولا يخفى على أحد منا أن التنفس لا غنى عنه لحياة الإنسان وللعديد من أشكال الحياة على وجه الأرض، لأنه يمد أجسامنا بالأكسجين (O_2). ولكن، لماذا نحتاج إلى الأكسجين؟ بالأكسجين وحده يتحول طعامنا إلى طاقة. فيتحول الطعام الذي نأكله -عند معالجته في أجسامنا- إلى عناصر منها ثاني أكسيد الكربون (CO_2) ويخرج ثاني أكسيد الكربون CO_2 مع الزفير. وهذا هو الحال أيضًا مع المحيط الذي يتنفس مثلنا؛ فهو يستنشق الأكسجين في أماكن معينة، ولكنه يفقده أيضًا في أماكن أخرى. ويحدث هذا بصورة طبيعية، من خلال مجموعة من العمليات الفيزيائية والبيولوجية. ولكننا ننتج -نحن البشر- في الوقت الحاضر كميات متزايدة من ثاني أكسيد الكربون CO_2 لأننا نحرق الكثير من الوقود في صناعاتنا ونقود السيارات ونفعل العديد من الأشياء الأخرى التي تؤدي إلى زيادة كمية ثاني أكسيد الكربون CO_2 في غلافنا الجوي. وينتج عن هذا اضطراب الأداء الطبيعي للأرض، لأن ثاني أكسيد الكربون CO_2 يساهم في الاحترار العالمي. ومن عواقب الاحترار العالمي

الجفاف والفيضانات وذوبان الغطاء الجليدي القطبي، ناهيك عن أن الاحترار العالمي قد يتسبب أيضًا في اضطراب طريقة تنفس المحيط.

كيف يتنفس المحيط؟

سنتناول في هذا المقال الطرق المختلفة التي يتنفس بها المحيط. أولًا، ثمة كائنات دقيقة، منها الزراقم والعوالق النباتية، التي تمتص ثاني أكسيد الكربون CO_2 من الغلاف الجوي وتنتج الأكسجين في عملية تُسمى التمثيل الضوئي (انظر شكل 1). ولما كان الضوء عنصرًا أساسيًا في عملية التمثيل الضوئي، فلا يمكن حدوث هذه العملية إلا في طبقات المياه الأقرب إلى السطح، في أعلى 10 إلى 100 متر تقريبًا من المحيط. تبدو هذه المنطقة رفيعة للغاية، ومع ذلك، فعملية التمثيل الضوئي في المحيط بالغة الأهمية للأرض، حيث تشير التقديرات إلى إنتاجها ما يصل إلى 70% من الأكسجين الموجود على كوكبنا [1] وإزالتها 30% من ثاني أكسيد الكربون CO_2 الذي يصنعه الإنسان من الغلاف الجوي [2]. ومن المهم أن يواصل المحيط أداء مهمته، للحفاظ على كوكبنا في حالة مستقرة تضمن استمرار الحياة التي نعرفها بشكلها الحالي.

وثمة طريقة أخرى يدخل بها الأكسجين في المحيط هي التي تحدث عند انكسار الأمواج واندفاع فقاعات الهواء إلى الماء بالأسفل. تحدث هذه الآلية غالبًا في المياه السطحية وعلى السواحل، وتُعد فقاعات الهواء الموجودة في الماء هي السبب الرئيسي وراء ظهور الأمواج باللون الأبيض عند انكسارها على الشاطئ.



شكل 1

الزراقم (CYANOBACTERIA)

هي بكتيريا يمكنها إجراء عملية التمثيل الضوئي وإنتاج الأكسجين. ولها أشكال مختلفة؛ فبعضها عبارة عن خلايا مستديرة صغيرة، والبعض الآخر عبارة عن مستعمرات تشبه السلاسل (يوضح شكل 1A واحدًا من تلك المستعمرات التي تشبه السلاسل).

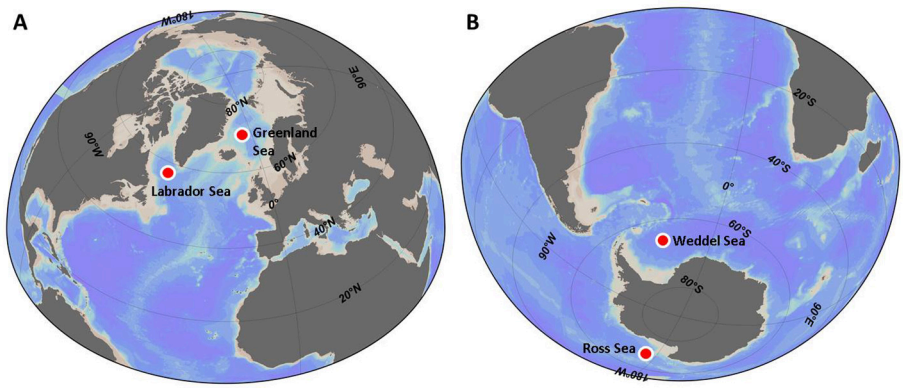
العوالق النباتية (PHYTOPLANKTON)

هي كائنات دقيقة حرة الحركة، تعيش في المحيط والمسطحات المائية الأخرى، ويمكنها إجراء عملية التمثيل الضوئي. وتحتوي العوالق النباتية على صبغة تسمى الكلوروفيل، هي التي تمنحها لونها الأخضر. ولها العديد من الأشكال المختلفة وقد تتكون من خلية واحدة أو العديد من الخلايا. وتختلف العوالق النباتية عن الزراقم لأن خلايا العوالق النباتية لها نواة وجدار خلوي، وتحتوي خلاياها أيضًا على هياكل خاصة أخرى.

شكل 1

(A) صورة مجهرية لنقطة من مياه البحر تحتوي على زراقم وعوالق نباتية. وتنتج هذه الكائنات الأكسجين في مياه المحيط السطحية، التي يصل إليها ما يكفي من ضوء الشمس لتوفير الطاقة اللازمة لهذه العملية. **(B)** هذا نموذج للخلية -على سبيل المثال الزراقم- التي تمتص ثاني أكسيد الكربون CO_2 أثناء عملية التمثيل الضوئي. وهي بذلك تزيل بعض ثاني أكسيد الكربون CO_2 الذي صنعه الإنسان من كوكبنا وتساعد على تقليل الاحترار العالمي. وتحتاج الخلية إلى الماء وضوء الشمس لإجراء عملية التمثيل الضوئي، وتنتج الأكسجين، الذي يُطلق في البيئة. يشير الشريط الموجود أسفل كل شكل إلى الحجم. المكرومتر يساوي 1,000/1 من المليمتر.

غير أن ثمة مكان في المحيط يُستنشق فيه الأكسجين بعمق لدرجة إنزاله إلى المياه العميقة حيث يمكنه البقاء لآلاف السنين. وتحدث هذه الظاهرة في أقصى شمال المحيط الأطلسي، في بحر غرينلاند وبحر لابرادور [3]، وتحدث أيضًا في بحري ويديل وروس قبالة ساحل القارة القطبية الجنوبية (انظر شكل 2). فهنا، يذوب الأكسجين في المياه الباردة، وكلما زادت برودة الماء، ذاب المزيد من الأكسجين (ويحدث العكس عندما تغلي الماء عند طهي المعكرونة مثلًا).



شكل 2

يمكنك أن ترى هناك أن الغازات -بما فيها الأكسجين- تبدأ في الخروج من الماء في شكل فقاعات، وكلما زاد دفء الماء، زاد عدد الفقاعات التي تخرج منه. لذا يكون امتصاص معظم الأكسجين في فصل الشتاء، ولأن الماء البارد أيضًا أكثر كثافة من الماء الحار، يغوص الماء البارد المُحمل بالأكسجين في أعماق المحيط، حيث يكون الأكسجين نادرًا إلى حدٍ ما. وتُسمى هذه العملية بالحمل الحراري العميق.

ويُطلق على الطريقة التي يدور فيها الماء عبر المحيطات «الحزام الناقل العالمي» وتظهر في شكل 3. وتبدأ حركة المياه هذه عبر المحيط في مناطق المياه العميقة (شكل 2)، مثل بحر لابرادور، حيث تعمل المياه الحارة القادمة من تيار الخليج (انظر شكل 3) على تسخين الغلاف الجوي في تلك المناطق الباردة. وعندما يبرد الماء، يصبح أكثر كثافة. ثم يغوص هذا الماء البارد الكثيف إلى قاع المحيط. ويُنقل المزيد والمزيد من المياه السطحية الحارة إلى بحر لابرادور بفعل التيارات المائية الناجمة عن قوة الرياح، حيث يواصل الماء البارد الغوص إلى أعماق البحار، مما يفسح المجال للمياه الحارة القادمة.

وعندما تصل المياه العميقة إلى أعماق المحيط، فإنها تتدفق جنوبًا وتمر عبر المحيط الأطلسي، ثم عبر المحيط الهندي، ثم عبر المحيط الهادي. وفي نهاية المطاف، تعود المياه الباردة إلى السطح غالبًا من خلال المزج وعملية تُسمى التيار الصاعد. وعندما تصل المياه الباردة إلى السطح، ترتفع درجة حرارة المياه وتنقلها الرياح مرة أخرى إلى بحر لابرادور. ومن ثم، فالحزام الناقل العالمي عبارة عن نظام دوران كبير يربط جميع المحيطات.

عملية التمثيل الضوئي (PHOTOSYNTHESIS)

هي عملية امتصاص الكائنات الحية، مثل النباتات والطحالب، والكائنات الدقيقة مثل الزراقم والعوالق النباتية ثاني أكسيد من الغلاف الجوي وتحويله إلى أكسجين وسكر. وعادةً ما توجد الكائنات التي تجري عملية التمثيل الضوئي في أعلى 10 إلى 100 متر من المحيط، لأن هذه الكائنات تحتاج إلى ضوء الشمس بوصفه مصدرًا للطاقة لعملية التمثيل الضوئي.

شكل 2

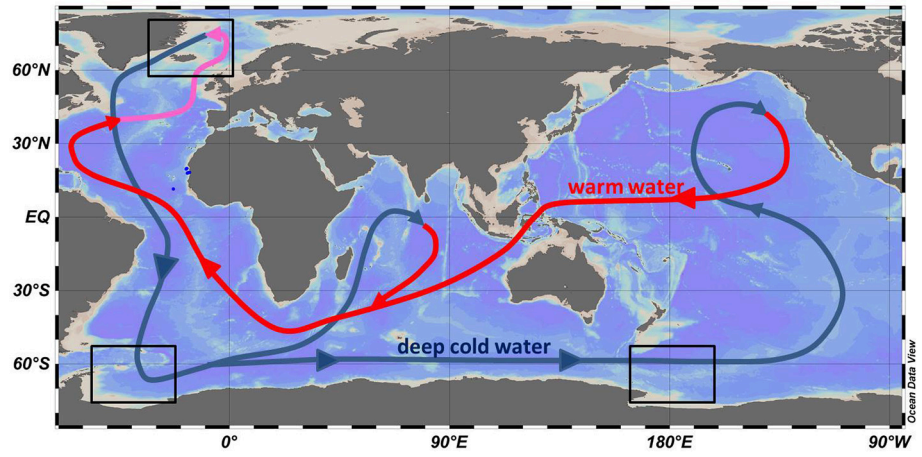
(A) تُسحب المياه السطحية في نصف الكرة الشمالي إلى أعماق المحيط في بحري غرينلاند ولابرادور. **(B)** يحدث الأمر نفسه في نصف الكرة الجنوبي حول ساحل القارة القطبية الجنوبية وفي بحر روس وبحر ودل. وتُميز المناطق التي تُنقل فيها المياه إلى أعماق المحيط من خلال عملية الحمل الحراري العميق بنقاط حمراء.

الحمل الحراري العميق (DEEP CONVECTION)

عندما تبرد المياه السطحية في البحار القطبية، فإنها تمتص الأكسجين وتغطس في قاع المحيط. وتوفر هذه العملية مياهًا غنية بالأكسجين لنقلها حول الحزام الناقل العالمي.

الحزام الناقل العالمي (GLOBAL CONVEYOR BELT)

عندما تدور المياه عبر المحيط الأطلسي أولًا، ثم عبر المحيط الهندي، ثم عبر المحيط الهادئ، فإننا نعتبر أن الماء يتنقل على طول الحزام الناقل العالمي. ويوفر هذا الحزام الناقل الأكسجين لمختلف الكائنات الحية في المحيط.



شكل 3

كيف يفقد المحيط أنفاسه؟

يعتمد الحمل الحراري العميق في المحيط على درجة حرارة الماء، وعلى ملوحة الماء أيضًا. وكلما زادت برودة الماء وملوحته، زادت كمية الأكسجين التي يمكنه امتصاصها. والآن بعد أن ارتفعت درجة حرارة الأرض، قد يذوب الجليد والأنهار الجليدية والغطاء الجليدي القطبي. ويتجلى سوء هذه الظاهرة تحديدًا في المناطق القطبية، لأن المياه العذبة الناتجة من ذوبان الجليد تتدفق إلى البحر وتشكّل طبقة من المياه أقل ملوحة بكثير من مياه البحر. وقد يؤدي هذا إلى امتصاص المحيط لكمية أقل من الأكسجين، مما يعني أن كمية الأكسجين المتاحة للحياة في المحيطات ستكون يعني.

وإحدى الأسباب الأخرى وراء فقدان المحيط لأنفاسه هي أن ارتفاع درجة حرارة الطبقة السطحية للمياه، لا يجعلها تمتزج جيدًا مع طبقات المياه الأعمق. وعندما تتوقف الطبقات عن الامتزاج، لن يتمكن الأكسجين الناتج من عملية التمثيل الضوئي ومن التبادل مع الهواء من الوصول إلى المياه الأعمق بعد الآن. وتتنفس الكثير من الكائنات الحية في أعمق مناطق المحيط الأكسجين، ومنها السمك ونجم البحر والروبيان وقناديل البحر والميكروبات. ويؤدي هذا -خاصة في المناطق التي تعج بأشكال الحياة- إلى تكوين مناطق الحد الأدنى من الأكسجين، وهي المناطق التي تحتوي مياهها على القليل من الأكسجين أو لم يتبق بها أكسجين (شكل 4). وتوجد مناطق الحد الأدنى من الأكسجين المذكورة غالبًا في المحيطات الاستوائية، حيث تعيش معظم الأسماك.

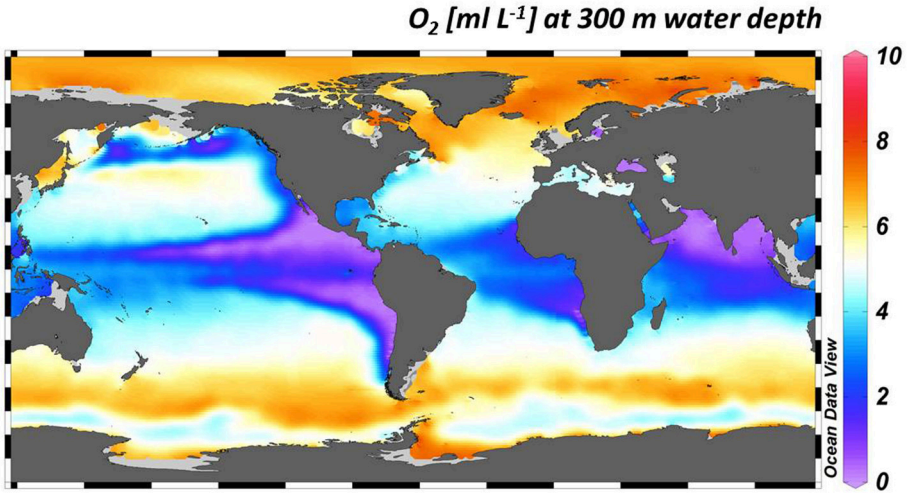
وإذا فقدت تلك المياه المزيد والمزيد من الأكسجين، وإذا وصلت كمية أقل من الأكسجين إلى المياه العميقة، فلن يتبقى متسع كبير للأسماك والحيوانات الأخرى للعيش فيه. ويعني هذا أيضًا أن كمية الأسماك المتبقية للبشر للتغذي عليها ستقل أكثر وأكثر. ويمثل انخفاض كمية الأسماك مشكلة كبيرة، لأن الأسماك تشكّل 16% من البروتين الحيواني الذي يستهلكه البشر حول العالم [4]. وعلاوةً على ذلك، توفر الأسماك أحماض دهنية صحية قل أن تجدها في أي أطعمة أخرى. وعندما تتعرض

شكل 3

وبعد أن تمتص المياه الأكسجين من الهواء في المناطق القطبية، تبدأ رحلتها في أعماق المحيط (الخطوط الزرقاء)، حيث تمر عبر المحيطات الأطلسي والهندي والهادي. وعندما تعود المياه إلى السطح مرة أخرى، ترتفع درجة حرارتها وتنتقل مرة أخرى عبر المحيطات إلى السطح (الخطوط الحمراء). أما في المحيط الأطلسي، فينقل تيار الخليج المياه مرة أخرى إلى بحري لابرادور وغرينلاند (الخط الوردي)، ويمكن أن يبدأ الانتقال مرة أخرى. ويُعد نظام الدوران الكبير، المسمى بالحزام الناقل العالمي، أهم نظام دوران في المحيط. فينقل الأكسجين لأسفل إلى المياه العميقة، يسمح النظام للحيوانات بالعيش هناك. ويُشار إلى المناطق التي يحدث فيها الحمل الحراري العميق بمربعات سوداء.

منطقة الحد الأدنى من الأكسجين (OXYGEN MINIMUM ZONE)

منطقة في المحيط تنخفض بها كمية الأكسجين للغاية.



شكل 4

إمدادات أكسجين الأسماك حول العالم للتهديد، فإن هذا يهدد بدوره احد مصادرنا الغذائية الأساسية [5].

ماذا سيحدث إذا فقد المحيط أنفاسه؟

ليس لدينا فكرة عما سيحدث. أكد العلماء أن المحيط يفقد أنفاسه بالفعل، أي أن تركيزات الأكسجين آخذة في الانخفاض، في مناطق معينة من المحيط على الأقل. ويعني هذا أن مناطق الحد الأدنى من الأكسجين تتوسع [6]. ومن الصعب التنبؤ بما سيحدث أيضًا، ويرجع هذا في المقام الأول إلى أننا لا نمتلك سوى بيانات مستمدة من الخمسين إلى الستين عامًا الأخيرة. وهذا ليس وقتًا طويلًا، إذا قارنته بالمدة التي يستغرقها الماء للتنقل على طول الطريق عبر الحزام الناقل العالمي (آلاف السنين) أو إذا قارنته بعمر كوكبنا، الذي يبلغ حوالي 4.6 مليار سنة.

وتتمثل إحدى الطرق التي يحاول بها العلماء فهم الموقف في مقارنة حاضر الأرض بماضيها: فقد مرت الأرض والمحيطات بأوقات مشابهة أو أسوأ منها، من حيث الاحترار العالمي ومستويات ثاني أكسيد الكربون CO_2. وقد حدثت تغيرات هائلة -مثلًا- في العصر الطباشيري، وهي فترة في تاريخ الأرض بدأت منذ 145 مليون سنة وانتهت منذ 65 مليون سنة. وفي هذه الفترة، كان هناك أكثر من ثلاثة أضعاف ثاني أكسيد الكربون CO_2 في الغلاف الجوي للأرض مما هو عليه الآن. وكان مصدر ثاني أكسيد الكربون CO_2 الانفجارات البركانية [7]. ووصلت درجة حرارة المياه السطحية للمحيط 40 درجة مئوية، وهو ما يزيد عن ضعف درجات حرارة المحيطات اليوم. وقد فقد المحيط كميات كبيرة من الأكسجين في العصر الطباشيري، إلى أن وصل به الأمر إلى افتقاره إلى الأكسجين لفترتين طويلتين تُسميان أحداث نقص الأكسجين في المحيط. وشهدت هذه الأحداث انقراض الكثير من الكائنات الحية. ولكن، بعد ذلك، تطورت حياة جديدة وتعافت الأرض والمحيطات مرة أخرى.

شكل 4

هذا هو توزيع الأكسجين في المحيط على عمق مياه يبلغ 300 متر (بيانات مُستمدة من بيانات أطلس محيطات العالم، WOA09). ويُظهر المقياس الموجود في جهة اليمين تركيز الأكسجين في الماء، مُقاسًا بالملليترات من الأكسجين لكل لتر من الماء. وثمة مناطق في المحيط يوجد بها الكثير من الأكسجين في المياه، معظمها في المناطق القطبية، ويظهر هذا باللون البرتقالي/الأحمر. وتميز الألوان الزرقاء المناطق التي يكون فيها الأكسجين منخفضًا. وتُسمى هذه المناطق بمناطق الحد الأدنى من الأكسجين. ولا يوجد أكسجين مُتبقٍ في أجزاء كبيرة من المحيطين الأطلسي والهندي (كما هو مُوضح باللون الأرجواني). وتلك هي أقوى مناطق الحد الأدنى من الأكسجين في المحيط. وتُعد منطقة الحد الأدنى من الأكسجين في المحيط الهادي أيضًا واحدة من أهم مناطق الصيد في العالم.

الاحترار العالمي (GLOBAL WARMING)

عندما تزيد كمية الغازات مثل ثاني أكسيد الكربون CO_2 في الغلاف الجوي للأرض، ترتفع درجة حرارة الأرض. ويُعرف هذا التأثير بالاحترار العالمي. ويمكن أن ينبعث ثاني أكسيد الكربون CO_2 من البراكين، ولكنه ينبعث في وقتنا الحالي من حرق الوقود الأحفوري، الذي يشمل الزيت المدفون في أعماق المحيط. ويُستخدم الوقود الأحفوري لتوليد الكهرباء وتزويد سياراتنا بالوقود وإنتاج/تشغيل الكثير من الأشياء في حياتنا اليومية، مثل الملابس والثلاجات وأجهزة الكمبيوتر، وما إلى ذلك.

العصر الطباشيري (CRETACEOUS)

هو فترة في تاريخ الأرض بدأت منذ 145 مليون سنة وانتهت منذ 65 مليون سنة. وخلال هذه الفترة، كانت درجة حرارة الأرض مرتفعة جدًا ومستويات ثاني أكسيد الكربون CO_2 مرتفعة وأصبح المحيط يعاني من نقص الأكسجين عدة مرات.

وبالنظر إلى كل هذا، يدرك معظم الناس السبب وراء سعي العلماء إلى إيجاد طرق للتغلب على مشكلة الاحترار العالمي ومنع المحيط من فقدان أنفاسه. نحن نريد أن نتدخل للحد من تغير المناخ لكي نحمي أنفسنا من الانقراض. لذا، علينا نحن البشر أن نتحلى بالإيجابية ونضع حدًا للاحترار العالمي. وهذا ليس بالأمر اليسير، لأن علينا أن ننجح في خفض كمية ثاني أكسيد الكربون CO_2 التي ننتجها إلى حد كبير؛ حيث ينتج كل واحد منا حاليًا أطنانًا من ثاني أكسيد الكربون CO_2 كل عام. فكل شيء في حياتنا يحتاج إلى الكهرباء، مثل ثلاجاتنا وأجهزة الكمبيوتر، علاوة على ارتداء الملابس المُصنعة واستخدام السيارات وتناول اللحوم، والعديد من الأشياء الأخرى في حياتنا اليومية تنتج جميعها ثاني أكسيد الكربون CO_2.

كيف نساعد المحيط على مواصلة التقاط أنفاسه؟

أهم طريقة يمكننا اتباعها للحفاظ على الأكسجين في المحيطات هي إبطاء الاحترار العالمي. ولحسن الحظ أن هناك مجموعات متعددة حول العالم تعمل على هذه المسألة. ويُطلق على إحدى المبادرات الرامية إلى تتبع تغير المناخ ودراسة تأثير الاحترار العالمي على الأرض ومحيطاتها اسم الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. تجمع هذه المجموعة البيانات وتتنبأ بما قد يحدث بالضبط إذا استمرت درجة حرارة المناخ في الارتفاع وتقدم توصيات للسياسيين [8]. وإذ تفعل الهيئة هذه الأشياء، فإنها تأمل في تقليل إنتاج ثاني أكسيد الكربون CO_2 بصورة مباشرة على كوكبنا. وقد وقّع العديد من الدول اتفاقًا يسمى بروتوكول كيوتو [9]. ويتضمن هذا البروتوكول إرشادات حول مقدار انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO_2 الذي يجب على كل دولة أن تلتزم بتقليله للحد من الاحترار العالمي. ومن خلال هذه التحركات يأمل العلماء والسياسيون إلى الحد من ظاهرة الاحترار العالمي، بحيث يؤدي هذا إلى عدة أمور منها توقف الجليد القطبي عن الذوبان واستمرار المحيط في التقاط أنفاسه، والذي سيؤدي بدوره إلى توقف مناطق الحد الأدنى من الأكسجين عن التوسع واستمرار وجود حياة المحيطات.

وإذا كنت تريد التحقق من مقدار ثاني أكسيد الكربون CO_2 الذي تنتجه في حياتك اليومية لترى إذا كان بإمكانك أن تؤدي الدور المنوط بك للحد من ظاهرة الاحترار العالمي ومساعدة المحيطات على مواصلة التقاط أنفاسها، يمكنك استخدام هذه الروابط: https://www.earthday.org/take-action/footprint-calculator, https://www.carbonfootprint.com/calculator.aspx.

المراجع

1. Walker, J. C. G. 1980. "The oxygen cycle," in *The Oxygen Cycle in the Natural Environment and the Biogeochemical Cycles*, ed O. Hutzinger (Berlin: Springer-Verlag), 87–104.
2. Bopp, L., Bowler, C., Guidi, L., Karsenti, E., and de Vargas, C. 2015. "The ocean: a carbon pump," in *Paris 2015 UN Climate Change Conference, COP 21*, ed F. Gaill (CNRS), 12–7.

3. Körtzinger, A., Schimanski, J., Send, U., and Wallace, D. 2004. The ocean takes a deep breath. *Science* 306:1337. doi: 10.1126/science.1102557
4. Tidwell, J. H., and Allan, G. L. 2001. Fish as food: aquaculture's contribution: ecological and economic impacts and contributions of fish farming and capture fisheries. *EMBO Rep.* 2:958–63. doi: 10.1093/embo-reports/kve236
5. FAO. 1997. Review of the State of World Aquaculture. *FAO Fish. Circ.* No. 886, 1–163.
6. Schmidtko, S., Stramma, L., and Visbeck, M. 2017. Decline in global oceanic oxygen content during the past five decades. *Nature* 542:335–9. doi: 10.1038/nature21399
7. Turgeon, S. C., and Creaser, R. A. 2008. Cretaceous oceanic anoxic event 2 triggered by a massive magmatic episode. *Nature* 454:323–6. doi: 10.1038/nature07076
8. IPCC. 2013. "Climate change 2013: the physical science basis," in *Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, eds T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, et al. (Cambridge; New York, NY: IPCC), 1535.
9. Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO, Inland Water Resources and Aquaculture Service, and Fishery Resources Division. 1997. Review of the state of world aquaculture. *FAO Fish Circ.* (1997) 1–163.

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 07 أبريل 2023

المحرر: Mark A. Brandon

'مرشدو العلوم': Tina Marie Weier Oldham و Ciarán D. Beggan

الاقتباس: Canfield A و Löscher CR (2023) كيف تتنفس المحيطات؟ Front. Young Minds doi: 10.3389/frym.2018.00075-ar

مُترجَم ومقتبس من: Löscher CR and Canfield A (2018) Does the Ocean Lose its Breath? Front. Young Minds 6:75. doi: 10.3389/frym.2018.00075

إقرار تضارب المصالح: يعلن المؤلفون أن البحث قد أُجري في غياب أي علاقات تجارية أو مالية يمكن تفسيرها على أنها تضارب محتمل في المصالح.

COPYRIGHT © 2018 © 2023 Canfield و Löscher. هذا مقال مفتوح الوصول يتم توزيعه بموجب شروط ترخيص المشاركة الإبداعية Creative Commons Attribution License (CC BY). يُسمح بالاستخدام أو التوزيع أو الاستنساخ في منتديات أخرى، شريطة أن يكون المؤلف (المؤلفون) الأصلي أو مالك (مالكو) حقوق النشر مقيدًا وأن يتم الرجوع إلى المنشور الأصلي في هذه المجلة وفقًا للممارسات الأكاديمية المقبولة. لا يُسمح بأي استخدام أو توزيع أو إعادة إنتاج لا يتوافق مع هذه الشروط.

المراجعون الصغار

STRETTON STATE COLLEGE, العمر: 12-13
تقع مدرسة ستريتون ستيت خارج مدينة بريسبان بأستراليا وتتبنى منظومة من القيم العالية وتسعى جاهدة للتشجيع الطلاب والعاملين بها. مدرستنا هي المدرسة التي يتطلع فيها الطلاب إلى التحديات والفرص كل يوم، مع زيادة تركيزنا على التعلم الإلكتروني والتقدم في التعلم الرقمي. وقد أجرى هذه المراجعة طلاب متحمسون للتجربة تتراوح أعمارهم بين 12 إلى 13 عامًا.

GREG، العمر: 15
مرحبًا، أبلغ من العمر 15 عامًا وأقضي سنة انتقالية (سنة أقضيها خارج المدرسة بين دورات الإعداد للامتحان) من المنزل. الفيزياء هي اهتمامي الرئيسي ولكنني أشعر بالسعادة عند قراءة معظم المعلومات المتعلقة بالعلوم التي أجدها في طريقي.

المؤلفون

CAROLIN R. LÖSCHER
أنا أستاذة مساعدة في البيوجيوكيمياء البحرية لدى جامعة جنوب الدنمارك، ويأتي مدى تأثير تغير المناخ على الحياة في المحيط وكيف سيتغير في المستقبل على رأس اهتماماتي. وأنا منجذبة تحديدًا إلى دراسة آثار الاحترار وتحمُّض المحيطات وفقدان الأكسجين لدى الميكروبات في المحيط، لأن هذه الميكروبات بالغة الأهمية لجميع الكائنات الحية في المحيط.
*cloescher@biology.sdu.dk

ANDREAS CANFIELD
أنا طالب في جامعة جنوب الدنمارك، وأدرس حاليًا علم النفس. لم أنتهِ من تكوين الكثير من الأفكار عن مجال دراستي (علم النفس) ولكن لدي فضول للتعلم واستكشاف المزيد. أبلغ من العمر 23 عامًا، ولكني ما زلت أشعر أن أمامي الكثير والكثير لاستكشافه. كما أنني ابن دونالد كانفيلد، العالِم الذي يحتل مكانة مهمة في مجال علوم الأرض، وماريان أولسن، الحاصلة على شهادة في علم الأحياء. ومن هنا، وجدت نفسي أمام مفترق طرق بين العلوم «العملية» والعلوم «النظرية».

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية
King Abdullah University of Science and Technology