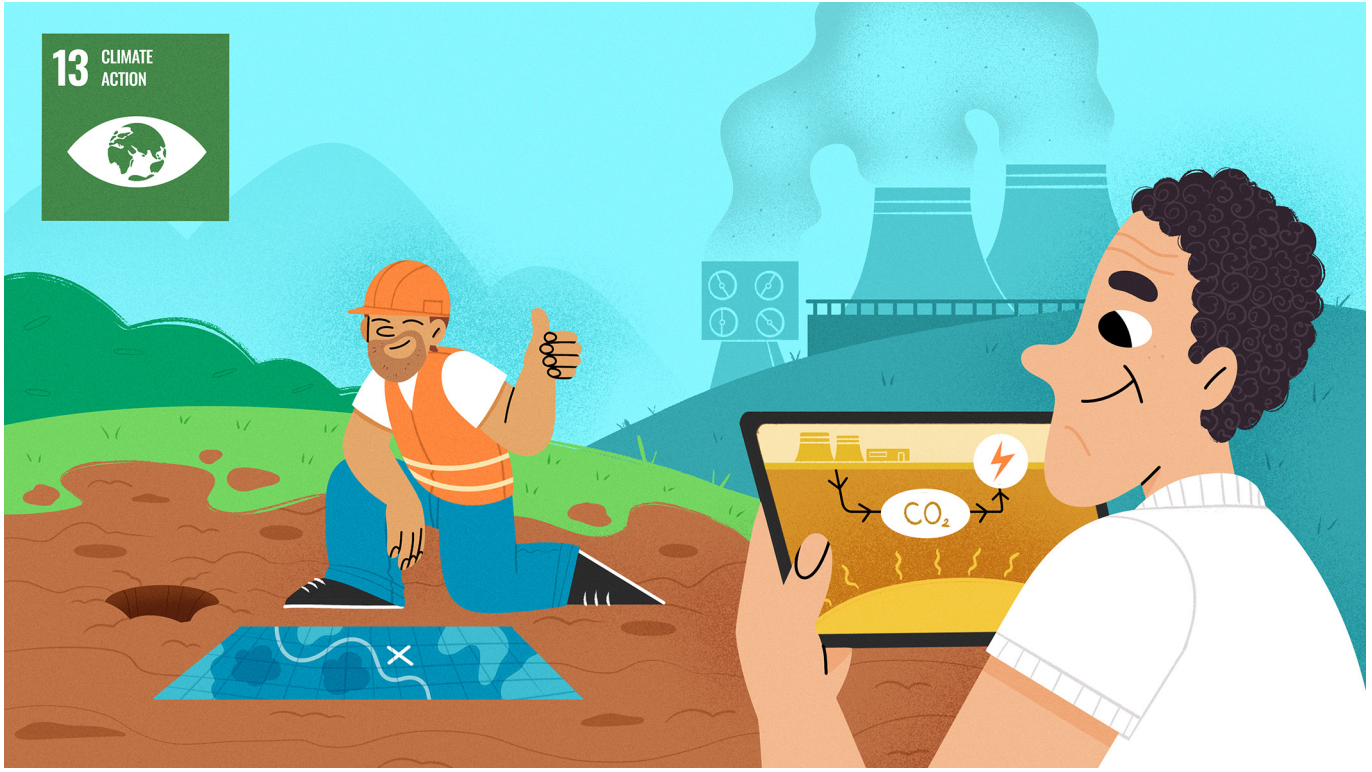




مَعًا لتحقيق الهدف 13 من أهداف التنمية المستدامة: تحويل ثاني أكسيد الكربون من مشكلة إلى حلّ باستخدام الحرارة الطبيعية للأرض

Simon Zougheib¹, Martin Hoecherl¹, Hussain AlQahtani¹, P. Martin Mai¹, Hussein Hoteit¹, Volker Vahrenkamp¹, Justin Ezekiel^{2,3} و Thomas Finkbeiner^{1*}

¹قسم العلوم والهندسة الفيزيائية بجامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية، ثول بالملكة العربية السعودية

²قسم علوم الأرض والطاقة والبيئة، جامعة كالجارى، كالجارى، ألبرتا، كندا

³كلية السياسة العامة، جامعة كالجارى، كالجارى، ألبرتا، كندا

المراجعون الصغار

ANNAMARIA

العمر: 15



DEAN

العمر: 14



الهدف 13 من أهداف التنمية المستدامة هو العمل المناخي، وهو أحد الأهداف الـ 17 التي وضعتها الجمعية العامة للأمم المتحدة في عام 2015. يركّز هذا الهدف على الحدّ من تغير المناخ وآثاره، وضمان اتخاذ إجراءات لحماية كوكبنا. وأكبر سبب لتغير المناخ هو انبعاث غازات الدفيئة، وعلى وجه الخصوص ثاني أكسيد الكربون (CO₂). ينبعث غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء عندما نحرق الوقود الأحفوري لاستمداد الطاقة اللازمة لقيادة السيارات وتشغيل المصانع وإنتاج الكهرباء. فكيف يمكننا إذاً تقليل انبعاثات هذا الغاز مع ضمان حصولنا على الطاقة التي نحتاجها؟ في هذا المقال، سنتعرّف على تكنولوجيا جديدة تحتجز غاز ثاني أكسيد الكربون وتحقنه في

الصخور تحت الأرض، ثم تستخدمه لإنتاج الكهرباء للمنازل والمباني. وبالقيام بذلك، يتحوّل هذا الغاز من مشكلة إلى جزء من حلول العمل المناخي.

شاهد مقابلة مع مؤلفي هذا المقال لمعرفة المزيد. (الفيديو 1)

مكافحة تغير المناخ وحماية مستقبل كوكبنا

ثاني أكسيد الكربون (CO₂)
(CARBON DIOXIDE
(CO₂))

غاز ينبعث عند احتراق الوقود الأحفوري، ويتسبب في احتباس الحرارة في الغلاف الجوي، ما يزيد من درجة حرارة كوكب الأرض ويؤدي إلى تغير المناخ.

صافي الانبعاثات الصفري
(NET ZERO)

حالة يتم فيها محايدة غازات الدفيئة المنبعثة في الغلاف الجوي عن طريق إزالة الغازات من الغلاف الجوي.

الطاقة النظيفة
(CLEAN ENERGY)

هي الطاقة الواردة من مصادر متجددة خالية من الانبعاثات ولا تلوث الغلاف الجوي عند استخدامها، وكذلك الطاقة التي يتم توفيرها من خلال تدابير كفاءة استخدام الطاقة.

الوقود الأحفوري
(FOSSIL FUELS)

الوقود الطبيعي مثل الفحم أو النفط أو الغاز الذي تكوّن على مدى ملايين السنين تحت الأرض من بقايا الكائنات الحية والنباتات الميتة.

غازات الدفيئة (GHGS)
(GREENHOUSE GASES
(GHGS))

غازات في الغلاف الجوي تحبس الحرارة، فترفع درجة حرارة سطح الأرض.

في عام 2015، وضعت الأمم المتحدة 17 هدفًا للتنمية المستدامة (SDG) ليتم اعتمادها من جانب كل الدول الأعضاء بهدف تحسين الجودة العامة للحياة وحماية البيئة في العالم أجمع. والهدف 13، أي العمل المناخي، أحد هذه الأهداف. فهو يطالب جميع الدول "باتخاذ إجراءات عاجلة لمكافحة تغير المناخ وآثاره"، وبالتالي مساعدتها في الاستعداد لتغير المناخ والكوارث الطبيعية المصاحبة له والتعامل مع هذه المشاكل. يسعى الهدف 13 للتنمية المستدامة إلى تحقيق عدة أغراض لمساعدة البشر في الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO₂) بنسبة 45% في عام 2030، والوصول إلى صافي انبعاثات صفري بحلول عام 2050. وتشمل هذه الأغراض تثقيف الناس بشأن تغير المناخ وجمع الأموال لدعم الدول النامية في إدارة آثار تغير المناخ وضمان أن يكون لدى كل البلدان خطط لحماية سكانها من الكوارث المناخية. يرتبط الهدف 13 بالهدف 7 للتنمية المستدامة (طاقة نظيفة وبأسعار معقولة) والهدف 11 (المدن المستدامة) [1]. فلمكافحة تغير المناخ، علينا استخدام الطاقة النظيفة والحدّ من التلوث. ما زال الكثير من الناس يستخدمون الوقود الأحفوري (مثل الفحم والنفط والغاز) لأنه رخيص، ولكنه يطلق العديد من غازات الدفيئة. وإذا عثرنا على بدائل طاقة نظيفة ميسورة التكلفة، سيقل عدد الناس الذين يضطرون إلى حرق الوقود الأحفوري، ما يعني زيادة نقاء الهواء وسلامة البيئة وقلة تغير المناخ. ولكن ما المقصود بتغير المناخ وما أسبابه؟

كيف وصل بنا الحال إلى الوضع الآن ولماذا التغير ضروري؟

على مدى تاريخنا في أغلبه، استخدم البشر أدوات بسيطة وكانوا يعتمدون على أشكال بدائية من الطاقة، مثل النار والرياح. ولكن قبل 200 عام تقريبًا، حدث تحوّل كبير وهو الثورة الصناعية. فقد تم اختراع الآلات لإنجاز الأعمال بكفاءة أعلى. وأدى ذلك إلى تطورات هائلة للبشرية مثل التكنولوجيا والنقل، ولكن هذه الآلات تعمل عن طريق حرق الوقود الأحفوري، فينبعث ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي حيث يحتبس ويزيد درجة حرارة كوكب الأرض. ويُعرّف هذا بظاهرة الدفيئة. وإذا لم يتم حلّ الأمر، ستغيّر هذه الظاهرة المناخ بطرق بغیضة، من بينها ارتفاع درجات الحرارة طويل المدى والأحداث الجوية المتطرفة، مثل الأعاصير والجفاف والفيضانات وارتفاع مستويات سطح البحار. بل وقد نشهد موجات حارة في القطب الشمالي أو درجات حرارة متجمدة في المناطق الاستوائية. ويمكن أن يتسبب الاحترار العالمي أيضًا في انقراض بعض الحيوانات والنباتات.

يساهم العلم بدور رئيسي في تحقيق الهدف 13 للتنمية المستدامة. على سبيل المثال، يمكن أن ينشئ العلماء نماذج مناخية تعتمد على بيانات الطقس لتوقع الكوارث الطبيعية. ولكن أكبر إسهام يمكن أن يقدمه العلم هو إيجاد طرق جديدة لإنتاج الطاقة النظيفة.

يدرك العلماء الآن أن خفض انبعاثات الكربون في الهواء يمكن أن يحل مشكلة تغير المناخ.

خفض انبعاثات الكربون (DECARBONIZATION)

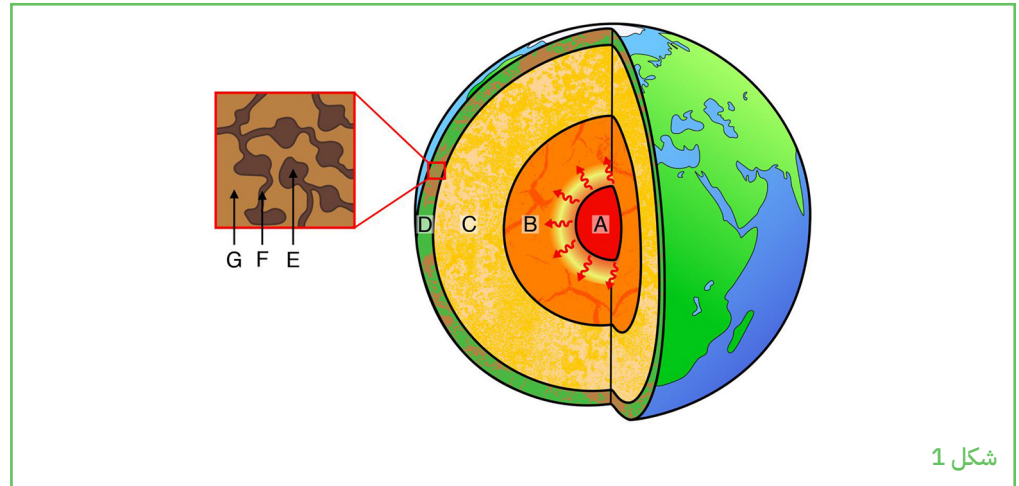
عملية خفض كمية ثاني أكسيد الكربون (CO_2) المنبعثة في الهواء، والتي تتم غالبًا باستخدام مصادر للطاقة النظيفة واحتجاز بعض غاز ثاني أكسيد الكربون المنبعث.

استكشاف مصادر جديدة للطاقة

هل تساءلت يومًا عن شكل كوكبنا من الداخل وعما يوجد في أعماق الأرض؟ تتكون الأرض من طبقات، نواة شديدة السخونة في المنتصف، ووشاح يحيط بالنواة، وقشرة رقيقة على السطح حيث نعيش جميعًا. وحيث يمكن العثور على كنوز ثمينة مثل الذهب والألماس والنفط والغاز (الشكل 1). وقشرة الأرض مؤلفة من عدة أنواع مختلفة من الصخور التي تحتوي على قنوات وثقوب صغيرة بداخلها، وكأنها تلّ من النمل. وعلى الرغم من عدم اهتمام أغلب الناس بما يوجد في أعماق الأرض، يستكشف العلماء الطرق التي يمكن الاستفادة فيها من هذه المكونات لمكافحة تغير المناخ وإنتاج الطاقة النظيفة. تسمع كثيرًا عن بدائل الوقود الأحفوري، مثل طاقة الشمس والرياح ولكن هل كنت تعرف أن لدينا كمية هائلة من الطاقة الساخنة التي يمكننا استخراجها من أعماق الأرض؟ إن الصخور الواقعة في أعماق الأرض يمكن أن توفر لنا حلاً لاحتياجات الطاقة، وأن تقلل من انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

شكل 1

(A) في قلب الأرض توجد النواة الداخلية، وهي شديدة الحرارة والصلابة. (B) النواة الداخلية محاطة بالنواة الخارجية، وهي شديدة الحرارة أيضًا وتساعد في نقلها للخارج لأنها سائلة. (C) الوشاح عبارة عن طبقة سمكية من الصخور تزل فيها الحرارة شيئًا فشيئًا باتجاه السطح. (D) القشرة هي الطبقة الخارجية الرقيقة والصلبة التي نعيش فيها نحن البشر. (E) تتكوّن القشرة من أحجار صلبة تحتوي على (F) ثقوب صغيرة تُعرف باسم "المسامات" و (G) قنوات واصله، تُعرف باسم "المجارات الضيقة". والمسامات والمجارات الضيقة مليئة بالياه أو النفط أو الغازات.



شكل 1

يعمل العلماء على تطوير حلول لاحتجاز غاز ثاني أكسيد الكربون من الهواء وتخزينه بأمان تحت الأرض، مما يؤدي إلى إزالة الانبعاثات الضارة بكفاءة وبصورة نهائية. قد تكون المسامات والقنوات الصغيرة في صخور قشرة الأرض أقل حجمًا من شمع الشعرة الواحدة، ولكن هناك المليارات منها. وتشكّل معًا مساحة هائلة من الفراغ لدرجة أنها يمكن أن تستوعب بسهولة كل انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون من

المنشآت الصناعية [2]. وبالتالي يمكننا حقن غاز ثاني أكسيد الكربون في هذه المسامات في أعماق الأرض واحتجازه بطريقة تمنعه من الهرب إلى السطح مرة أخرى.

ولكن كيف يمكن أن ينتج غاز ثاني أكسيد الكربون الطاقة؟ تخيل الأرض مثل البطاطس المخبوزة المغمورة بالزبدة الساخنة الذائبة في وسطها والمغطاة بورق الألومنيوم (قشرة الأرض). لا نعلم بالتحديد درجة الحرارة الموجودة في النواة الداخلية، ولكن نعتقد أنها تبلغ 6,000 درجة مئوية تقريبًا.

الطاقة الحرارية الجوفية (GEOTHERMAL ENERGY)

طاقة ناشئة من الحرارة الطبيعية المخزنة داخل الأرض، وهي مصدر طاقة نظيف ومتجدد.

الطاقة الحرارية الجوفية من عمود ثاني أكسيد الكربون (CPG) (CO₂-PLUME GEOTHERMAL (CPG))

طريقة تستخدم غاز ثاني أكسيد الكربون لإنتاج طاقة نظيفة من خلال زيادة درجة حرارته في الصخور الساخنة تحت الأرض واستخدامه لإنتاج الكهرباء.

ودرجة الحرارة هذه أكبر 30 مرة من أعلى درجة حرارة للموقد في مطبخك [3]. تقل درجة الحرارة بالطبع باتجاه قشرة الأرض. ولكن يمكن جمع هذه الحرارة من الصخور الساخنة باستخدام سوائل (مياه في العادة) ونقلها إلى السطح كمصدر طاقة متجددة يُسمى **الطاقة الحرارية الجوفية**.

اقترح العلماء تكنولوجيا جديدة أسموها "**الطاقة الحرارية الجوفية من عمود ثاني أكسيد الكربون (CPG)**" وفيها يتم نقل ثاني أكسيد الكربون المخزن تحت الأرض إلى السطح لاستخراج حرارة الأرض وإنتاج الكهرباء.

من مشكلة إلى حل

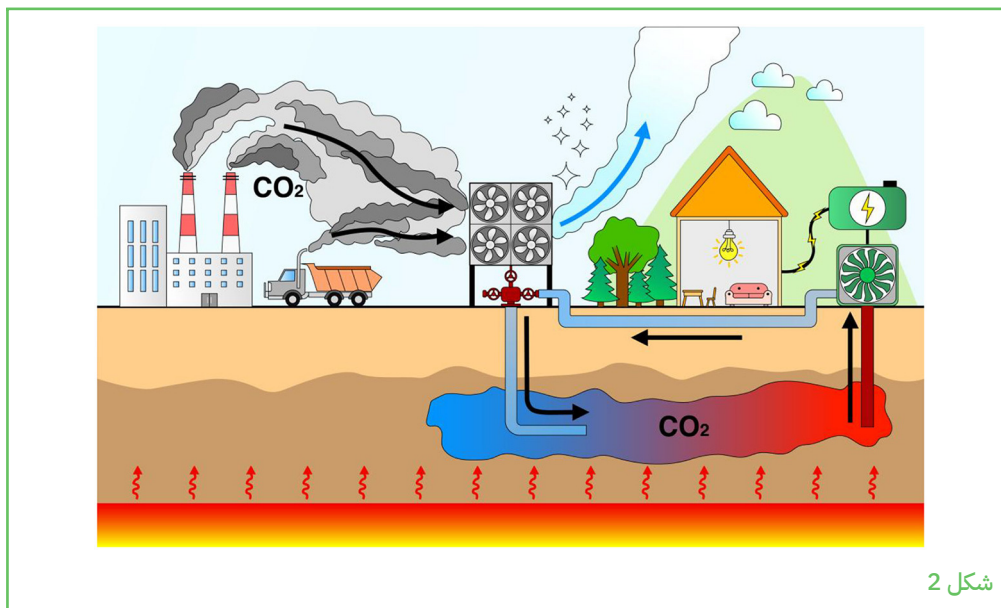
تركز أبحاثنا في جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (كاوست) على كيفية جعل تكنولوجيا CPG ميسورة التكلفة. تتضمن العملية ضخّ ثاني أكسيد الكربون تحت الأرض من خلال الحفر العميقة وصولاً إلى الصخور الساخنة حيث يمكن أن تتراوح درجات الحرارة بين 150 و250 درجة مئوية [4]. ترتفع درجة حرارة ثاني أكسيد الكربون وهو يتحرك داخل مسامات وقنوات الصخور. يصل بعد ذلك إلى حفرة أخرى تعيده إلى السطح كسائل ساخن. ثم نستخرج تلك الحرارة كطاقة حرارية جوفية لإنتاج الكهرباء التي يمكن بيعها. يعود ثاني أكسيد الكربون البارد تحت الأرض، ثم تبدأ العملية من جديد مرارًا وتكرارًا (الشكل 2). وهذه طريقة رائعة لأن التكلفة العالية لحفر الحفر العميقة من أكبر تحديات تخزين ثاني أكسيد الكربون. ولكن باستخدام طريقتنا مزدوجة الغرض، يمكننا خفض تكاليف تخزينه من خلال إنتاج طاقة نظيفة يمكن بيعها.

حتى تعمل تكنولوجيا CPG، من الضروري اختيار الموقع المناسب تحت الأرض وفهم كيفية تدفق ثاني أكسيد الكربون تحت سطح الأرض. وقد أثبتت أبحاثنا في جامعة كاوست أنه من الممكن استخدام ثاني أكسيد الكربون بهذه الطريقة مزدوجة الغرض. فمن خلال هذه الطريقة، نزيل ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي وتصبح لدينا وسيلة فعالة من حيث التكلفة لمكافحة تغير المناخ ودعم مستقبل الطاقة النظيفة (الشكل 3) [5].

في موقع دراستنا، استطاعت تكنولوجيا CPG إنتاج 164 ميغا واط في المتوسط من الطاقة تقريبًا كل عام [5]. وهذا قدر من الكهرباء كافٍ **لآلاف المنازل كل عام**، أي ما

شكل 2

تعمل تكنولوجيا CPG على احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتحويله إلى سائل لإنتاج الطاقة الحرارية الجوفية. يتم حفر عدة حفر (تسمى الآبار) تحت سطح الأرض بعدة كيلومترات. يقوم بئر الحقن بضخ ثاني أكسيد الكربون البارد لأسفل (البئر الأزرق) حيث ترتفع درجة حرارته بسبب الصخور الساخنة. وبعد ذلك، يعيد البئر المنتج (البئر الأحمر) ثاني أكسيد الكربون إلى السطح حاملاً الطاقة في شكل حرارة. ويتم استخراج هذه الحرارة لإنتاج الكهرباء اللازمة للمنازل. وبعد ذلك، يعاد حقن ثاني أكسيد الكربون تحت الأرض. بعد أن يمتلئ خزان ثاني أكسيد الكربون، يواصل النظام إنتاج حرارة الطاقة الجوفية ويولد الكهرباء من خلال دورة ثاني أكسيد الكربون.

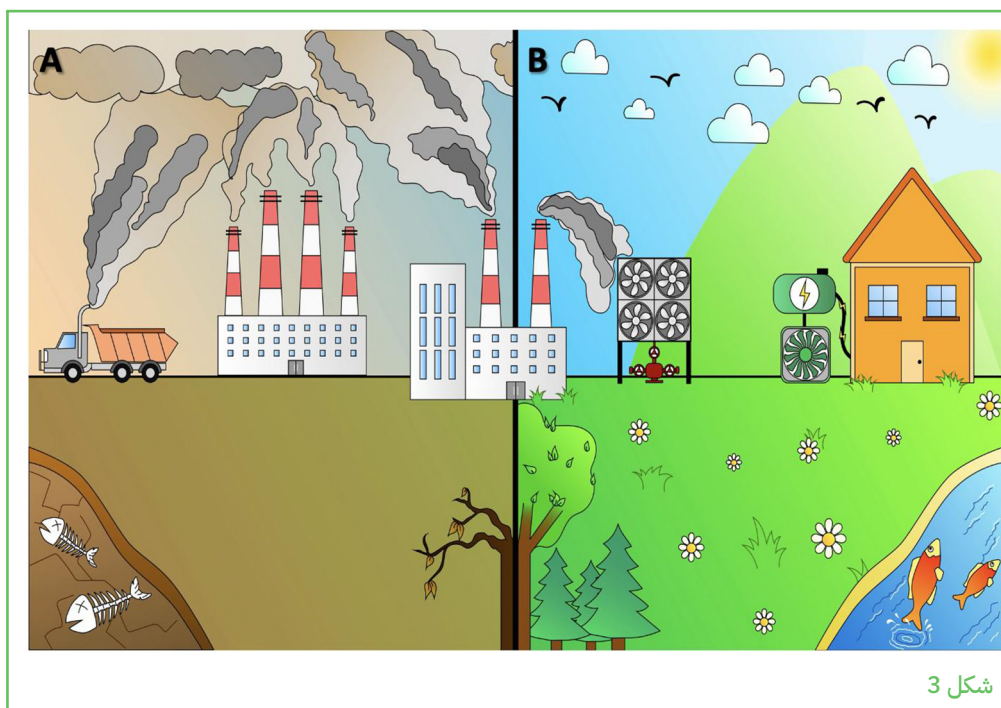


شكل 2

يعادل حوالي 2300 سيارة كهربائية. بالإضافة إلى ذلك، بناءً على حساباتنا، يوفر نظام الطاقة النظيفة هذا أسعارًا تنافسية: إذ يمكنه إنتاج الكهرباء بمتوسط تكلفة تبلغ 77 دولارًا لكل ميغا واط في الساعة، وهذا سعر أرخص من الكهرباء الناتجة من الطاقة النووية ومساوٍ تقريبًا لسعر الكهرباء الناتجة من طاقة الرياح أو الشمس أو الطاقة الكهرومائية التي يتم ضخها [5].

شكل 3

(A) عالم ينبعث فيه الكثير من التلوث، بما في ذلك ثاني أكسيد الكربون، في الهواء دون احتجازه، فيتغير المناخ، ما يؤدي إلى معاناة الأشجار والحيوانات والبيئة ككل. (B) فيه ثاني أكسيد الكربون قبل أن يضر الكوكب. ويساعد ثاني أكسيد الكربون الذي نحتجزه في إنتاج الطاقة المتجددة والحفاظ على نقاء الهواء والسماح للنباتات والحيوانات والناس بعيش حياة صحية أكثر.



شكل 3

من المزايا الرائعة أيضًا لهذه الطريقة هي كمية ثاني أكسيد الكربون التي يمكن تخزينها، إذ يمكن لأنظمة CPG احتجاز حوالي 1.15 جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون على

مدار 11.5 عام [5]. وهذه كمية مساوية لانبعاثات من 230 مليون سيارة في عام واحد. **30 مرة تقريباً**. وبالتالي، فإن تخزين هذه الكمية الهائلة من ثاني أكسيد الكربون بأمان تحت الأرض سيحدث ثورة في مكافحة تغير المناخ. ونأمل أن يتمكن الجيولوجيون من العثور على الكثير من الأماكن تحت الأرض لتخزين ثاني أكسيد الكربون واستخدامه بهذه الطريقة.

الملخص

في هذا المقال، تعلمت أن الطاقة ضرورية لمجتمعنا، ولكننا نعتمد على مصادر مضرّة بالبيئة لأنها تسبب تغير المناخ. يسعى الهدف 13 للتنمية المستدامة إلى العثور على مصادر طاقة نظيفة للحد من تراكم ثاني أكسيد الكربون في غلافنا الجوي. وباحتجاز ثاني أكسيد الكربون وحرقه في الصخور الساخنة تحت الأرض، نحول هذا الغاز الضار إلى مصدر للطاقة المتجددة. وهذه الطريقة مزدوجة الغرض لأنها تقلل الاحترار العالمي وتدعم مستقبل الطاقة المستدامة في الوقت نفسه. وبالتالي يصبح ثاني أكسيد الكربون جزءاً من الحل بدلاً من أن يكون مجرد مشكلة. وهذه خطوة كبيرة للأمام، ولكننا نحتاج إلى القيام بالكثير من الجهود لإتاحة هذه الطريقة بسهولة.

بالإضافة إلى ذلك، يجب ألا تكون الطاقة الحرارية الجوفية المصدر الوحيد للطاقة المتجددة الذي نعتمد عليه في المستقبل، بل نحتاج إلى كل الحلول المتاحة للتصدي لتغير المناخ. ويمكنك أنت أيضاً المساهمة. ادعم الهدف 13 للتنمية المستدامة بتوفير الطاقة في منزلك أو مدرستك (إطفاء الأنوار مثلاً عند عدم الحاجة إليها) وتعلم وتعليم الآخرين بشأن تغير المناخ وتشجيع مجتمعك على استخدام مصادر الطاقة المتجددة. فهذه الجهود اليسيرة يمكن أن تجعل كوكبنا أكثر صحة.

شكر وتقدير

نودّ أن نتوجه بالشكر لكل من روبن كوستا ونيكي تالبوت في جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية على دعمهما الثمين لنا خلال مرحلة الكتابة الأولية وعملية المراجعة، فلولاهما ما اكتملت هذه المجموعة. كما نود أن نعرب عن امتناننا لمكتب الاستدامة في جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية والمكتب القطري لبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي في المملكة العربية السعودية لتفانيهما في التوعية بأهمية أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة في رحلتنا نحو عالم أكثر استدامة.

إفصاح أدوات الذكاء الاصطناعي

تم إنشاء النص البديل (alt text) الرفق بالأشكال في هذه المقالة بواسطة "فرونترز" (Frontiers) وبدعم من الذكاء الاصطناعي، مع بذل جهود معقولة لضمان دقته، بما

يشمل مراجعته من قبل المؤلفين حيثما كان ذلك ممكناً. في حال تحديدكم لأي خطأ، نرجو منكم التواصل معنا.

المراجع

1. Ross, J. (ed.) 2023. *The Sustainable Development Goals Report: Special Edition Towards a Rescue Plan for People and Planet*. New York, NY: United Nations, Department of Economic and Social Affairs Statistics Division.
2. Basilio, E., Addassi, M., Al-Juaied, M., Hassanizadeh, S. M., and Hoteit, H. 2024. Improved pressure decay method for measuring CO₂-water diffusion coefficient without convection interference. *Adv. Water Resour.* 183:104608. doi: 10.1016/j.advwatres.2023.104608
3. Lowrie, W. 2007. *Fundamentals of Geophysics*, 2nd Edn. Cambridge: Cambridge University Press. doi: 10.1017/CBO9780511807107
4. Boden, D. R. 2016. *Geologic Fundamentals of Geothermal Energy*. Boca Raton, FL: CRC Press. doi: 10.1201/9781315371436
5. Ezekiel, J., Vahrenkamp, V., Hoteit, H. A., Finkbeiner, T., and Mai, P. M. 2024. Techno-economic assessment of large-scale sedimentary basin stored-CO₂ geothermal power generation. *Appl. Energy* 376:124270. doi: 10.1016/j.apenergy.2024.124270

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 31 أكتوبر 2025

المحرر: Jorge Gascon

مرشدو العلوم: Nicki Talbot

الاقتباس: Zougheib S, Hoecherl M, AlQahtani H, Mai PM, Hoteit H, Finkbeiner T و Vahrenkamp V (2025) مَعًا لتحقيق الهدف 13 من أهداف التنمية المستدامة: تحويل ثاني أكسيد الكربون من مشكلة إلى حلّ باستخدام الحرارة الطبيعية للأرض. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2025.1591967-ar

مُترجم ومقتبس من: Zougheib S, Hoecherl M, AlQahtani H, Mai PM, Hoteit H, Vahrenkamp V, Ezekiel J and Finkbeiner T (2025) Towards SDG 13: Turning CO₂ From a Problem to a Solution Using the Earth's Natural Heat. *Front. Young Minds* 13:1591967. doi: 10.3389/frym.2025.1591967

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

حقوق الطبع والنشر © 2025 © 2025 Zougheib, Hoecherl, Finkbeiner و AlQahtani, Mai, Hoteit, Vahrenkamp, Ezekiel. 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 مقيّدًا 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

ANNA MARIA، العمر: 15

مرحبًا، اسمي Annamaria وأدرس حاليًا في مدرسة جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (كاوست). أحب السباحة والشاطئ والقراءة، ولدي قط يرتقالي اسمه "تايجر".



DEAN، العمر: 14

مرحبًا، اسمي Dean، وأدرس في الصف التاسع بمدرسة جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (كاوست). أستمتع بقراءة الكتب ومشاهدة التلفزيون والذاكرة واللعب مع قطي. وأتمتع بالإبداع، كما أمارس التعلم البصري.



المؤلفون

SIMON ZOUGHEIB

اسمي Simon Zougheib وأنا طالب دكتوراه في جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (كاوست)، حيث أدرس الطاقة وكيفية الحصول عليها واستخدامها بحكمة أكبر. أركز في أبحاثي على إيجاد طرق أفضل لإدارة المياه في عملية إنتاج النفط وتخزين ثاني أكسيد الكربون بأمان تحت الأرض للمساعدة في حماية كوكبنا. وأحب اختبار الأفكار الجديدة، سواء بالتجارب العملية أو استخدام نماذج الكمبيوتر. هدفي هو وضع حلول مستدامة لتحديات الطاقة، حتى تستمتع الأجيال القادمة بعالم أكثر نظافة ونقاءً. وأعتقد أن العلم يمكنه مساعدتنا في حل أكبر المشكلات، وأنا فخور بكوني من أصحاب هذه الجهود.



MARTIN HOECHERL

اسمي Martin Hoecherl وأنا طالب دكتوراه أدرس هندسة البترول في جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (كاوست). بسبب الأهمية المستمرة للنفط والغاز في مزيج الطاقة العالمي في المستقبل، عاهدت نفسي على المساهمة في إنتاج الهيدروكربون بطريقة أكثر استدامة ومسؤولية. أركز في أبحاثي على تعزيز فهمنا لتدفق السوائل تحت سطح الأرض من خلال الدراسة التجريبية لكيفية تدفق السوائل خلال المسامات الصغيرة التي يقل حجمها عن شعير البشر. العمل هو مصدر متعني وأنا شغوف بالأبحاث متعددة التخصصات الهادفة إلى إيجاد حلول مبتكرة لتحديات الطاقة اليوم.





HUSSAIN ALQAHTANI

طالب دكتوراه في جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (كاوست) ولديه خبرة عملية في هندسة البترول والجيولوجيا. فقد عمل لمدة 15 عامًا في قطاع النفط والغاز، ويستفيد من معرفته العملية هذه في أبحاثه التي تركز على أنظمة الطاقة تحت سطح الأرض. يستكشف في دراسته تداخل الجيولوجيا مع الهندسة وحلول الطاقة المتكاملة. وبعيدًا عن أبحاثه، يستمتع باكتشاف الطبيعة وتعريف الآخرين بالعلوم والاستمرار في المراقبة الشغوفة لكيفية تحول حياتنا كل يوم بسبب العمليات الخفية في الأرض.



P. MARTIN MAI

أستاذ جامعي تدرب في علم الجيوفيزياء، وهو مهتم بكل جوانب ظواهر الزلازل. يعمل هو وفريقه من الطلاب والباحثين والمتعاونين في العالم على تعزيز فهم "آلة الزلازل" وكيف تسبب هزات أرضية قوية وموجات تسونامي. وهدفهم المساعدة في التخفيف من كوارث الزلازل في المستقبل. بالإضافة إلى ذلك، فهو مهتم بأنظمة الطاقة الحرارية الجوفية وكيفية جعلها أساسًا مجديًا من الناحية الاقتصادية لزيج الطاقة المتجددة المستدامة في المستقبل. وفي غير أوقات العمل، يستمتع بممارسة أنشطة في الهواء الطلق، مثل ركوب الدراجة والركض والسباحة والتنزه مشيًا على الأقدام مع الأصدقاء والعائلة.



HUSSEIN HOTEIT

أنا الأستاذ الجامعي Hussein Hoteit وأبحث في أنظمة الطاقة تحت الأرض في جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (كاوست). أركز في عملي على فهم كيفية تحرك السوائل، مثل النفط والغاز والمياه، خلال الصخور في أعماق الأرض. على مدار الـ 25 عامًا السابقة، عملت على تحديات معقدة تجمع بين الطاقة والبيئة. ومن أبرز مشاريعي تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى حجر ومحاكاة العملية الطبيعية لتعدين الكربون للمساعدة في تخفيف تغير المناخ. بجانب الأبحاث، أستمع بتعليم الطلاب كيفية إنشاء نماذج الكمبيوتر التي تحاكي سلوك السوائل في ظل درجات الحرارة والضغط الشديدة تحت سطح الأرض. وأنا شغوف بالعثور على طرق أكثر ذكاءً واستدامة لاستخدام موارد كوكبنا وحماية البيئة في الوقت نفسه.



VOLKER VAHRENKAMP

أستاذ جامعي يدرّس علوم وهندسة أنظمة الأرض في جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (كاوست). يحب الصخور والثقوب الموجودة فيها التي تتدفق السوائل خلالها. يحاول وطلابه معرفة كيف تنشأ الأحجار الجيرية والثقوب فيها. ولهذا الغرض، يجرون أبحاثًا في البحار ويزورون العديد من المناطق الجبلية. يريد من خلال أبحاثه المساعدة في تأمين إمدادات الطاقة المستقبلية لأن الكثير من النفط والغاز والمياه الساخنة اللازمة للطاقة الحرارية الجوفية يوجد في مسامات الأحجار الجيرية. قبل العمل في جامعة كاوست، قضى 28 عامًا من حياته يبحث عن الهيدروكربونات في الأماكن البرية، من الجزر المرجانية قبالة الساحل إلى غابات "بورنيو" وصحراء شبه الجزيرة العربية. وفي عام 2016، شارك في تأسيس Nordic Geothermal LLC وأصبح المدير الإداري لها، وهي شركة مقرها دبي وتروج لاستخدام الطاقة الحرارية الجوفية في شبه الجزيرة العربية. حصل على درجة البكالوريوس في ألمانيا، ودرجة الماجستير في الجيولوجيا من جامعة ميشيغان في الولايات المتحدة الأمريكية، ودرجة الدكتوراه في الجيولوجيا البحرية من جامعة ميامي في فلوريدا.

**JUSTIN EZEKIEL**

الدكتور Justin Ezekiel هو أستاذ مساعد في جامعة كالجارى، ويعمل في كلٍّ من قسم علوم الأرض والطاقة والبيئة وكلية السياسة العامة. تمتد خبرته في التدريس والبحث إلى أكثر من 12 عامًا، وتتداخل في عمله علوم الأرض والابتكار في مجال الطاقة والتحول المستدامة. ويركز في أبحاثه على وضع نماذج متكاملة للطاقة الحرارية الجوفية والكربون تحت الأرض والهيدروجين وتخزين الطاقة وتحويل البيانات المعقدة للمكونات تحت سطح الأرض إلى حلول عملية. يكرس عمله لخفض انبعاثات الكربون في العالم، بالجمع بين العلوم والهندسة والسياسة للتعامل مع تحديات الطاقة العاجلة، كل ذلك بشغف وإبداع وروح تعاون رائعة.

**THOMAS FINKBEINER**

أستاذ جامعي باحث حاصل على درجة الدكتوراه في الجيوفيزياء. طوال مسيرته المهنية، كان وما زال يعمل في مجال علم ميكانيكا الأرض، حيث يدرس الضغوط الناشئة من القوى التكتونية في القشرة الأرضية، وكيف تؤثر على انهيار الصخور. يمكن أن يحدث انهيار الصخور حول جدران الآبار (مسببًا مشاكل أثناء الحفر) وفي الخزانات وفوقها (مؤثرًا على إنتاج الغازات والسوائل) وبطول الصدوع (منشطًا في الغالب زلازل ضعيفة). وبفهم الأوقات التي تحدث فيها هذه الانهيارات، يمكن جعل عملية إنتاج وتخزين الطاقة أكثر أمانًا ونظافة ونقاءً. في أوقات فراغه، يحب ممارسة الأنشطة الرياضية والتخييم وقضاء الوقت مع عائلته وأصدقائه.

*thomas.finkbeiner@kaust.edu.sa

جامعة الملك عبد الله
للعلوم والتقنية
King Abdullah University of
Science and Technology



النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by