

الحياة برخاء للعالم في سنة 2050: نظرات متعمقة من الحاسبة العالمية



المحتويات

| | |
|----|----------------------------------|
| 3 | نظرة عامة |
| 4 | استنتاجات مفصلة |
| 4 | نمط العيش |
| 6 | التقنيات والوقود |
| 8 | الأراضي |
| 10 | التكاليف |
| 13 | لم هدف الدرجتين المنويتين؟ |
| 13 | دحض المفاهيم الخاطئة |
| 13 | التحول لاستخدام وقود أحفوري أنظف |
| 14 | استنفاد الوقود الأحفوري بالكامل |
| 14 | امتصاص الكربون من الأجواء |

- 14 تحديد النمو السكاني
- 14 مزيد من المعلومات
- 14 كيف تم الخروج بهذه الرسائل؟
- 15 ملحق: أربعة مسارات محتملة لتحقيق هدف الدرجتين المنويتين
- 16 1. جهود موزعة
- 16 2. تردد المستهلكين
- 16 3. جهود قليلة بشأن الغابات
- 17 4. نشاط المستهلكين
-

نظرة عامة

من المتوقع بحلول سنة 2050 أن يرتفع تعداد سكان العالم من 7 مليارات كما هو اليوم إلى 10 مليارات، كما أن من المتوقع أن ينمو حجم الاقتصاد العالمي إلى ثلاثة أضعاف¹. بحلول سنة 2050 علينا خفض انبعاث غازات الدفيئة الضارة إلى نحو نصف المستوى الذي هي عليه اليوم لتتاح لنا فرصة الإيفاء بالتزاماتنا الدولية بضبط متوسط ارتفاع درجة الحرارة العالمية ليكون بحدود درجتين مؤويتين. هل من الممكن فعليا الإيفاء بأهدافنا المتعلقة بالمناخ وضمان أي ينعم الجميع بمستوى حياة جيدة بحلول 2050؟

للإجابة على هذا السؤال، اجتمع خبراء دوليون من أكثر من عشر منظمات دولية رائدة لإعداد نموذج للطاقة والأراضي والغذاء وأنظمة المناخ في العالم لسنة 2050. ابتكر هذا الفريق "الحاسبة العالمية" لإعداد نموذج نمط العيش الممكن عمليا لسكان العالم - من عدد الكيلومترات التي يقطعها كل شخص وحتى عدد السرعات الحرارية والأغذية التي يستهلكها - والطاقة والمواد والأراضي اللازمة لتلبية كل ذلك. كما يمكن توضيح الآثار المناخية لمختلف المسارات عن طريق ربط النموذج بأحدث علوم المناخ من الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC). وقد تم اختبار هذا النموذج مع خبراء من أكثر من 150 منظمة من أنحاء العالم. يمكنك أنت أيضا استخدام هذه الحاسبة بنفسك - وقد تم نشر النموذج وطريقته والافتراضات جميعا (على الموقع www.globalcalculator.org).

يتبين من أداة الحاسبة العالمية وجود العديد من المسارات المختلفة لتحقيق هدف الدرجتين المؤويتين. وقد خرج الفريق بأربعة مسارات محتملة لتحقيق هدف الدرجتين المؤويتين تتيح نمط عيش جيد، لكن الحساسية تختبر النقاط الأساسية لعدم اليقين المتعلقة بالتقنيات والوقود واستغلال الأراضي. يتبين من هذه المسارات الأربعة المحتملة لتحقيق هدف الدرجتين المؤويتين بأن:

- نعم، من الممكن فعليا لكافة سكان العالم البالغ عددهم 10 مليارات الأكل جيدا والسفر أكثر والعيش في بيوت مريحة أكثر، مع خفض الانبعاثات بنفس الوقت بما يتماشى مع فرصة 50% لتحقيق هدف ارتفاع درجة الحرارة بمجرد درجتين مؤويتين.
- لكن لفعل ذلك، علينا تغيير التقنيات التي نطبقها والوقود الذي نستخدمه. على سبيل المثال، هناك حاجة لخفض كمية انبعاث الكربون لكل وحدة من الكهرباء عالميا بنسبة 90% على الأقل بحلول 2050. كما أن نسبة البيوت التي تستخدم الكهرباء أو مصادر الطاقة النظيفة تماما من الكربون يجب أن ترتفع من 5% اليوم إلى 25-50% بحلول 2050.
- وعلينا أيضا استغلال موارد الأرض المحدودة المتاحة لنا بحكمة أكبر. وبشكل خاص، علينا حماية وتوسيع غاباتنا عالميا بنحو 5-15% بحلول 2050 لأن الغابات تؤدي دور مصرف مهم جدا يمتص الكربون.

يتوفر بالحاسبة العالمية تفاصيل جغرافية محدودة، وبالتالي لا يمكنها تحديد أي من الدول يتعين تعميم التقنيات فيها أو من الذي سيدفع تكاليف هذه التقنيات. كما أنها تحسب نماذج متوسط استهلاك الفرد عالميا²، وليس حسب البلد. لذا بينما أن هذه الأداة تبين إمكانية ارتفاع متوسط استهلاك الغذاء واستخدام وسائل النقل والأجهزة المنزلية عالميا إلى مستويات تتماشى مع نمط العيش الجيد بحلول 2050، فإنها لا تحدد كيفية توزيع هذا الاستهلاك حسب البلد (مثلا، ما إذا كان يتوجب على من هم أكثر ثراء خفض الاستهلاك). هذه أسئلة سياسية بطبيعتها، وهي خارج نطاق أداة الحاسبة العالمية.

إلا أن الحاسبة العالمية تبين بما لا يدع مجالا للشك أن من الممكن فعليا تحقيق كل من أهدافنا بشأن التنمية الاقتصادية وتغير المناخ بحلول 2050. حيث يتوفر في العالم ما يكفي من الطاقة والأراضي والموارد الغذائية لنعيش جميعنا حياة جيدة. وتتوفر لنا حاليا التقنيات والوقود وطرق استغلال الأراضي التي نتيج لنا تحقيق أهداف التنمية الاقتصادية، بينما نعالج تغير المناخ بنفس الوقت.

لكن تحقيق الانتقال إلى خفض انبعاث الكربون يتطلب جهودا هائلة في كافة القطاعات، وهذا إجراء لا بد وأن يبدأ عاجلا. ونحن بحاجة لتغيير كبير في تبني التقنيات النظيفة في الكهرباء والمباني والنقل وقطاعات التصنيع، وإدخال تحسينات كبيرة في طريقة إدارتنا للأراضي. وسنة 2050 ليست نهاية المطاف: بل يجب أن تستمر إصلاحاتنا المتعلقة بالتقنيات المستخدمة وإدارة

الأراضي طوال القرن بحيث تصبح النسبة الصافية لانبعاث غازات الدفيئة صفراً بحلول 2100 لتكون على مسار تحقيق هدفنا بشأن الدرجتين المؤبطين.

ولضمان تعميم هذه التغييرات، من الضروري إبداء قيادة قوية من الشركات والمجتمع المدني والساسة لمساندة اتخاذ إجراء عاجل لخفض الانبعاثات من خلال الاتفاق على هدف عالمي طموح بمفاوضات اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ التي ستجرى في ديسمبر 2015.

استنتاجات مفصلة

نمط العيش

تجد هذه الأداة أن باستطاعتنا تحقيق هدفنا بشأن الدرجتين المؤبطين وفي نفس الوقت توفير الكهرباء لمزيد من البيوت (84% اليوم مقارنة بنسبة 94% في سنة 2050)³. ويمكن تدفئة وتبريد بيوتنا لدرجة مريحة أكثر (على سبيل المثال، في البيوت الحضرية يمكن أن يرتفع معدل درجة الحرارة داخل البيوت شتاء من 16 درجة مئوية اليوم إلى 19 درجة مئوية بحلول 2050، وفي الصيف يمكن أن ينخفض معدل درجة الحرارة داخل البيوت من 27 درجة مئوية اليوم إلى 24 درجة مئوية بحلول 2050). كما قد يكون باستطاعتنا امتلاك مزيد من الأجهزة (مثلاً، من نسبة 0.8 غسالة كهربائية لكل منزل حضري اليوم إلى غسالة كهربائية واحدة لكل منزل حضري بحلول 2050).

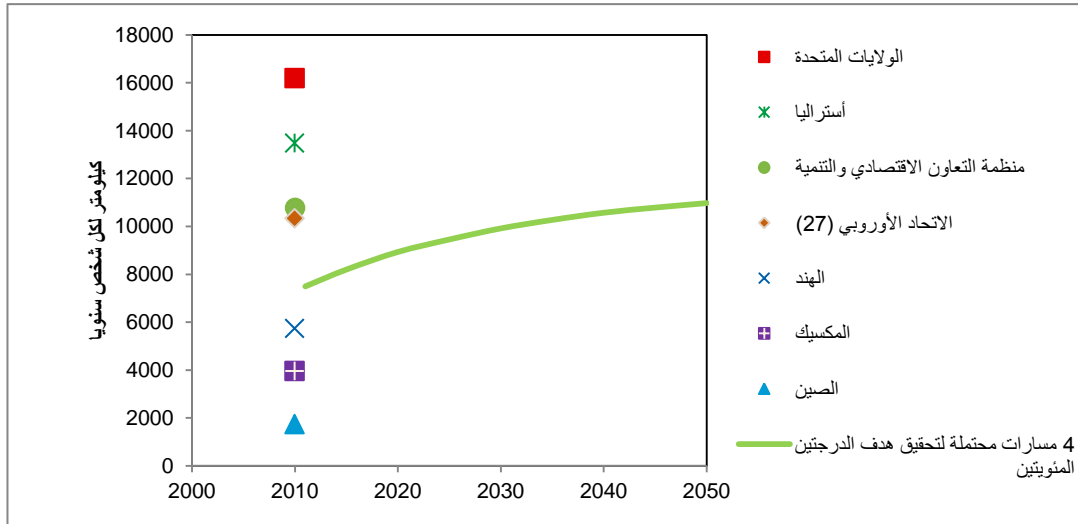
وكذلك قد يكون باستطاعتنا السفر لمسافات أبعد: حيث سوف تزداد المسافة التي يقطعها كل شخص من 8,300 كم للرأس كما هو الحال اليوم إلى 12,400 كم للرأس في 2050). وهذا يشمل زيادة بمعدل 400 كم لكل شخص بالسفر جواً بين الآن وسنة 2050 (أي ما يعادل رحلة جوية من لندن إلى أمستردام). وقد ترتفع نسبة السفر بالسيارة بدرجة بسيطة من 37% كما هو الحال اليوم إلى 40-45% في 2050.

ولدينا أيضاً ما يكفي من الأراضي لضمان أن يتوفر ما يكفي من الغذاء للجميع: 2,180 سعرة حرارية لكل شخص اليوم سترتفع إلى 2,330 سعرة حرارية بحلول 2050 (أعلى من مستوى 2,100 سعرة حرارية لكل شخص الذي توصي به منظمة الصحة العالمية، وهو المستوى اللازم لحياة صحية مليئة بالنشاط).

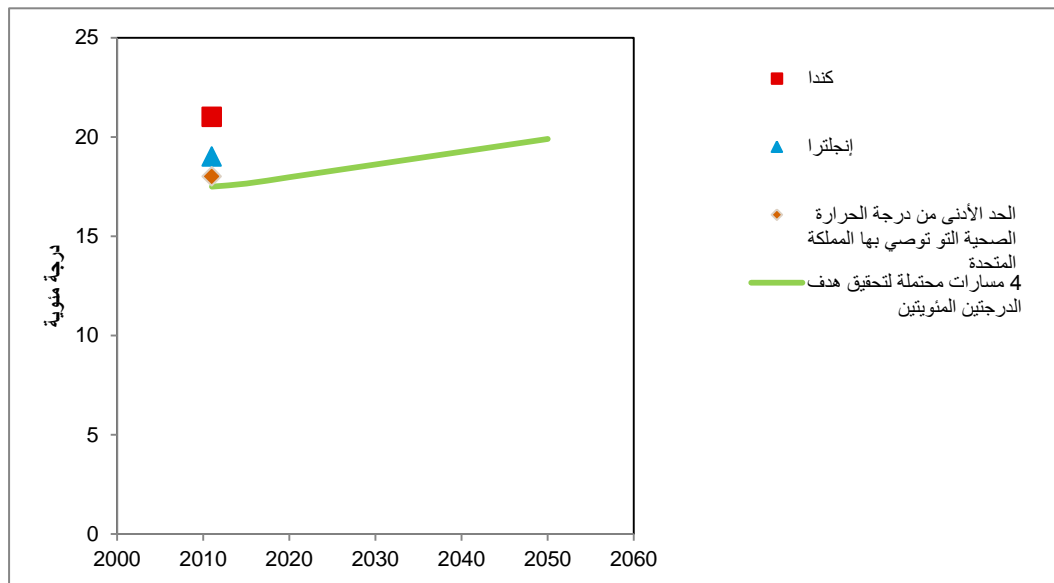
ما المقصود بنمط العيش "الجيد"؟

إن المسارات الأربعة المحتملة لتحقيق هدف الدرجتين المؤبطين المشار إليها في هذا التقرير تشمل مؤشرات لأنماط العيش تماثل تقريباً سيناريو الاستهلاك كالمعتاد⁴ حيث تواصل أنماط العيش التحسن مع النمو الاقتصادي. وبمقارنة هذه المؤشرات بالتوجهات التاريخية ومختلف البلدان اليوم، يمكن أن نرى أن متوسط الاستهلاك العالمي يتحرك تجاه المستويات الحالية التي نشهدها في البلدان المتطورة، كالدول في أوروبا. وبما أن الحاسبة العالمية تنظر إلى المتوسط العالمي فقط، فهذا قد يعني انخفاض عدم المساواة بحلول 2050 وأن يعيش عدد أكبر من الناس حياة أقرب إلى نمط العيش المعتدل، أو قد يعني وجود مزيد من التفاوتات بين الدول مثلما نرى اليوم (كالإفراط باستهلاك الغذاء في بعض المناطق).

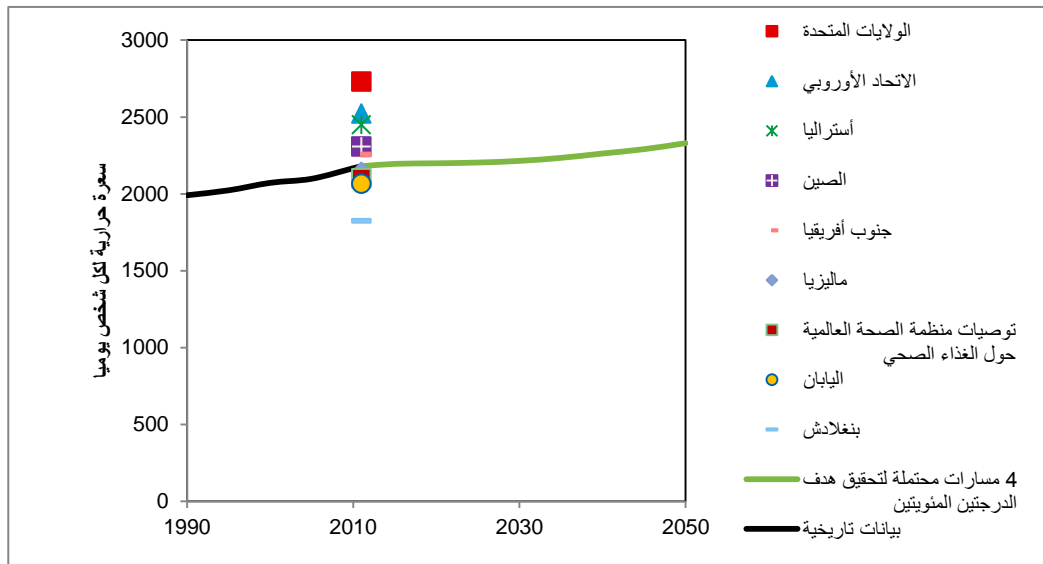
في مساراتنا الأربعة المحتملة لتحقيق هدف الدرجتين المؤبطين، قد تزداد مسافة السفر المحلي في المناطق الحضرية والريفية بين 2011 و2050 من 7,500 إلى 11,000 كم لكل شخص سنوياً^{5,6,7}.



في مساراتنا الأربعة المحتملة لتحقيق هدف الدرجتين المنويتين، قد ترتفع درجات الحرارة داخل البيوت بين 2011 و2050 من 17.5 إلى 19.9 درجة مئوية^{8،9،10}



في مساراتنا الأربعة المحتملة لتحقيق هدف الدرجتين المنويتين، قد يرتفع المتوسط العالمي لاستهلاك السرعات الحرارية بين 2011 و2050 من 2,180 إلى 2,330 درجة حرارية لكل شخص يوميا.



التقنيات والوقود

سوف تؤدي الزيادة بتعداد سكان العالم ومتوسط الاستهلاك إلى زيادات كبيرة بالطلب على الطاقة في العالم. وفق سيناريو الاستهلاك كالمعتاد (بموجب نفس معايير نمط العيش الموصوفة أعلاه)، سوف يزداد الطلب على الطاقة بنحو 70% بين الآن وسنة 2050. لكن بموجب المسارات المحتملة لتحقيق هدف الدرجتين المنويتين المشار إليها في هذا التقرير، يمكن أن تتحقق نفس معايير نمط العيش بزيادة لا تتجاوز على أقصى تقدير 25% في الطلب على الطاقة بحلول 2050.

إن ضبط ارتفاع الطلب على الطاقة يعود إلى حد كبير للدور الكبير الذي تلعبه كفاءة الطاقة. حيث يجب أن تكون مبانينا معزولة حرارياً على نحو أفضل بنسبة 50-65% وأن تكون أجهزتنا أكثر كفاءة مما هي اليوم (على سبيل المثال، يجب أن تكون كفاءة ثلاجتنا أعلى بنسبة 40%). ويتعين أن تكون سياراتنا أكثر كفاءة بنسبة 50%. ويمكن أيضاً لسلع كالسيارات والغسالات خفض الطاقة المستخدمة في إنتاج هذه المنتجات بمعدل 25% بحلول 2050 بالاعتماد على التصاميم الذكية للمنتجات¹¹. وكذلك يمكن أن يوفر مصنعو المواد الخام باستهلاك الطاقة: باستطاعة قطاع المنتجات الكيماوية مثلاً خفض استهلاك الطاقة بنحو 10% من خلال تحقيق كفاءة أكبر بالطاقة وتغيير الوقود المستخدم¹².

كما أن تغيير التقنيات يلعب دوراً هاماً. فعلى سبيل المثال، نسبة 25-50% من الطاقة المستخدمة لتدفئة بيوتنا في العالم يجب أن يكون مصدرها الكهرباء أو مصادر لا ينتج عنها أي انبعاثات كربونية نهائياً، كمضخات الحرارة أو التدفئة بالطاقة الشمسية. ويجب أن يكون ما يصل إلى 35% من سياراتنا إما كهربائية أو هيدروجينية بحلول 2050.

ووجود بدائل بعيداً عن الوقود الأحفوري ضروري أيضاً. حيث يجب أن ينخفض استخدام الوقود الأحفوري كمصدر أساسي للطاقة من 82% اليوم إلى 40% بحلول 2050. ويتعين أن ينخفض الطلب على الفحم خصوصاً من نحو 160 إكساجول كما

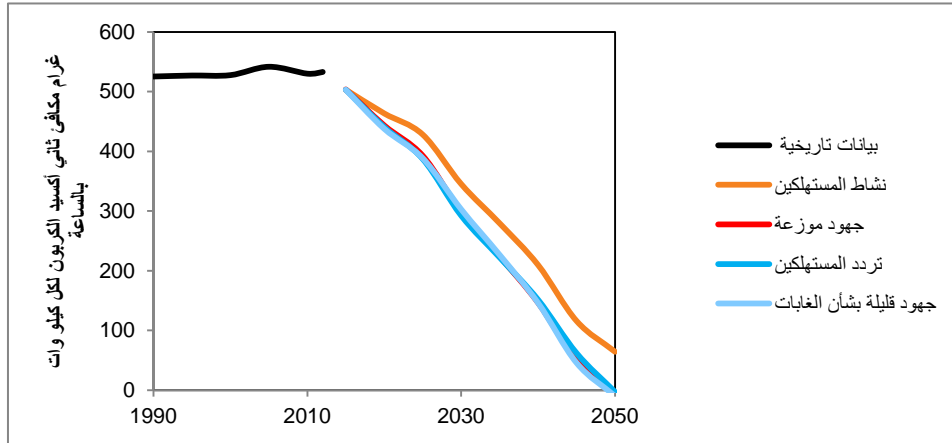
هو الحال اليوم إلى 35-60 إكساجول بحلول 2050. هذا يعني أن 35-40% من احتياطي النفط الحالي، و50% من احتياطي الغاز، و80-85% من احتياطي الفحم يجب أن يظل في باطن الأرض بحلول 2050.

إن تغيير طريقة تشغيلنا لتقنياتنا في سنة 2050 يتطلب إمدادات عالمية من الكهرباء تعادل تقريبا ضعف مستويات سنة 2011. وهناك حاجة لتلبية هذه الإمدادات إلى حد كبير من الكهرباء الخالية من الكربون، حيث تنخفض كمية ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن كل وحدة من الكهرباء عالميا بما لا يقل عن 90% بحلول 2050. وسوف تكون أكبر مصادر توليد الكهرباء هي الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة المائية والنووية وحجز وتخزين الكربون، ونحن بحاجة لجهود طموحة جدا في اثنين على الأقل من مصادر الطاقة هذه. لكن سنكون مازلنا بحاجة لتوليد بعض من الكهرباء من الوقود الأحفوري (على سبيل المثال لموازنة الكهرباء) لكن يجب تنظيفها. علينا الابتعاد فورا عن الاستعانة بمحطات توليد الطاقة باستخدام الفحم دون حجز وتخزين الكربون، وتجهيز 500 إلى 1,500 غيغاوات من مصادر توليد الطاقة التي تستخدم الوقود الأحفوري بوسائل حجز وتخزين الكربون بحلول 2050 (أي ما يعادل نحو 700 إلى 2,100 محطة لتوليد الطاقة).

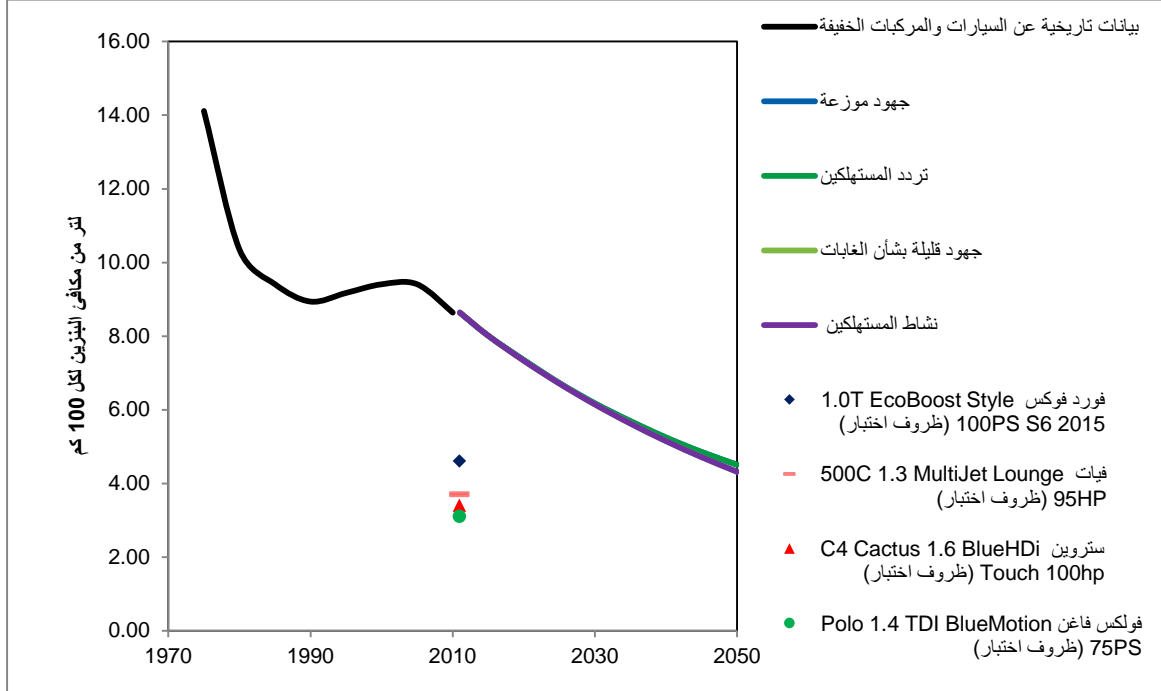
ما مدى صعوبة تنظيف تقنياتنا ووقودنا؟

لكي نتولد لدينا فكرة عن مدى صعوبة تنظيف تقنياتنا ووقودنا، يمكننا مقارنة التغييرات المطلوبة مع التوجهات التاريخية. فيما يلي بعض المقاييس الأساسية حول ما يمكن تحقيقه من تقدم.

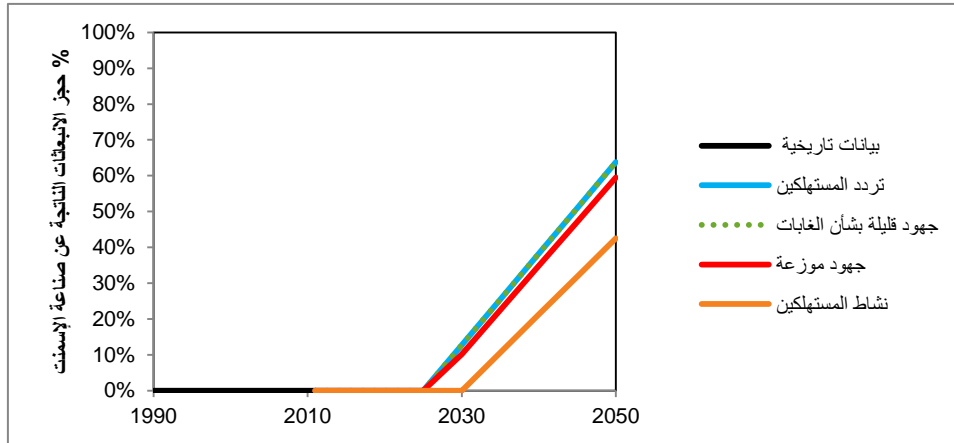
في مساراتنا الأربعة المحتملة لتحقيق هدف الدرجتين المنويتين، هناك حاجة لخفض المتوسط العالمي لكثافة الكربون في توليد الكهرباء إلى الصفر تقريبا بحلول 2050¹³



في مساراتنا الأربعة المحتملة لتحقيق هدف الدرجتين المنويتين، هناك حاجة لخفض المتوسط العالمي لاستهلاك وقود السيارات ما بين 2011 و2050 من 8.6 إلى 4.3-4.5 لتر من مكافئ معادل البنزين لكل 100 كم¹⁴



في مساراتنا الأربعة المحتملة لتحقيق هدف الدرجتين المنويتين، يتعين حجز ما يصل إلى 64% من الانبعاثات الناتجة عن صناعة الإسمنت بحلول 2050، مقارنة بنسبة صفر في 2011.



الأراضي

إن تنظيف نظام الطاقة جزء من الحل، وليس كل الحل. ففي السنوات العشر الماضية أزيلت مساحات من الغابات الطبيعية تبلغ نحو 200 مليون هكتار، وذلك مرجعه جزئياً للطلب على توفير الأراضي الزراعية. وإجمالي الطلب على الغذاء قد يرتفع بنحو 45% بحلول 2050¹⁵ مع زيادة تعداد السكان ونمو ثروتهم، وبالتالي هناك خطر استمرار هذا الجنوح نحو إزالة الغابات. لكن لحماية مناخنا علينا توسيع مساحات الغابات بنسبة 5-15% بحلول 2050 لأن الغابات هي بمثابة مصرف للكربون (أي أنها

تزيل فعليا ثاني أكسيد الكربون من الأجواء وتخزنه على شكل كربون في الأشجار والتراب). لتحقيق ذلك، علينا استغلال أراضينا الزراعية على نحو أكثر إنتاجية.

وبشكل خاص، علينا التركيز على إدارة الماشية والإنتاج. على سبيل المثال، نريد أن تكون نسبة لحم الأبقار التي تنتج من مزارع الأبقار المغطاة (6% اليوم) ما بين 3% و15% بحلول 2050. وبالنسبة للأبقار التي ترعى في الأراضي، نحن بحاجة لزيادة متوسط عدد الأبقار في كل هكتار (100م × 100م) من 0.6 اليوم إلى 1 بحلول 2050. والمحاصيل الزراعية يجب أن ترتفع بنسبة 40% - 60% بحلول 2050 مقارنة بما كانت عليه في 2011. وهناك أيضا مجال لزيادة الإنتاجية باستغلال الأراضي لعدة أغراض (كزراعتها بنوعين أو أكثر من المحاصيل)، وهو ما يلزم لخفض مساحات الأراضي اللازمة لإنتاج المحاصيل بنسبة إضافية تبلغ 10%.

والتحول عن استهلاك لحوم الأبقار تجاه استهلاك مزيد من لحوم الدواجن والخضار والحبوب يمكن أي يؤدي أيضا إلى انخفاض كبير بمساحات الأراضي اللازمة لإنتاج الغذاء. فعلى سبيل المثال، يمكن حاليا استغلال مساحة من الأرض تساوي ساحة ملعب لكرة القدم لإنتاج 250 كجم من لحوم الأبقار أو 1,000 كجم من لحوم الدواجن (وكلاهما يتغذى على الحبوب ومخلفات المحاصيل) أو 15,000 كجم من الفواكه والخضار.

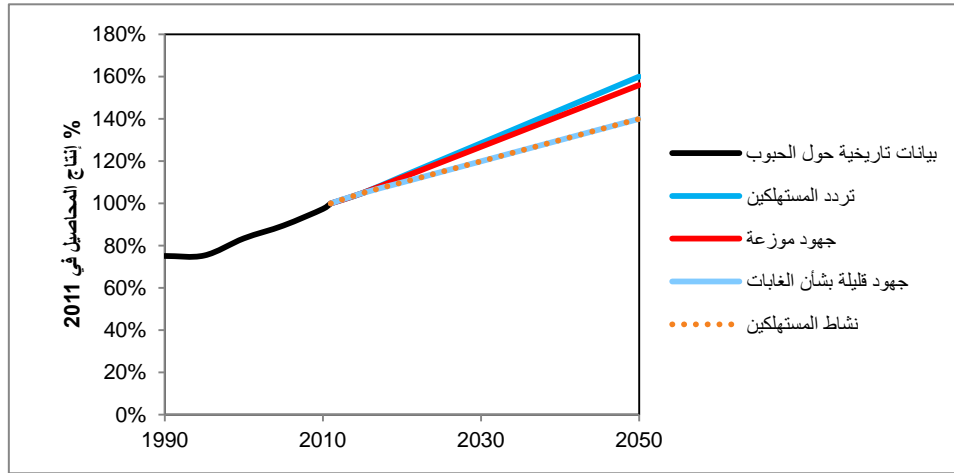
كما إن خفض نسبة اللحوم المستهلكة في الغذاء المعتاد على مستوى العالم يعود بفوائده أيضا على المناخ وصحة الإنسان. ففي حال اتبع الجميع نظاما غذائيا صحيا بحلول 2050 بموجب توصيات منظمة الصحة العالمية (2,100 سعرة حرارية، من بينها 160 سعرة حرارية من اللحوم)، فإن من شأن ذلك توفير 15 غيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بحلول 2050¹⁶ حيث سوف تستغل الأراضي التي تصبح شاغرة لزراعة الغابات وإنتاج الطاقة الحيوية. وهذا التوفير بانبعثات الكربون يمكن مقارنته من حيث حجمه بنحو ثلث إجمالي انبعثات ثاني أكسيد الكربون في 2011.

هناك احتمال وجود تضارب بين استغلال الأراضي لإنتاج الغذاء أو الطاقة الحيوية. لكن ذلك ليس حتميا: حيث أن استغلال أراضينا بحكمة قد يكفل استطاعتنا حماية أو حتى توسيع غاباتنا، وإنتاج كافة الغذاء الذي نحتاجه، وزيادة مساحات الأراضي المستغلة لإنتاج الطاقة الحيوية من 98 مليون هكتار كما هو الحال اليوم إلى 350 مليون هكتار بحلول 2050. وهذه الطاقة الحيوية يمكن أن تمثل نسبة 15-20% من احتياجاتنا الأساسية من الطاقة بحلول 2050.

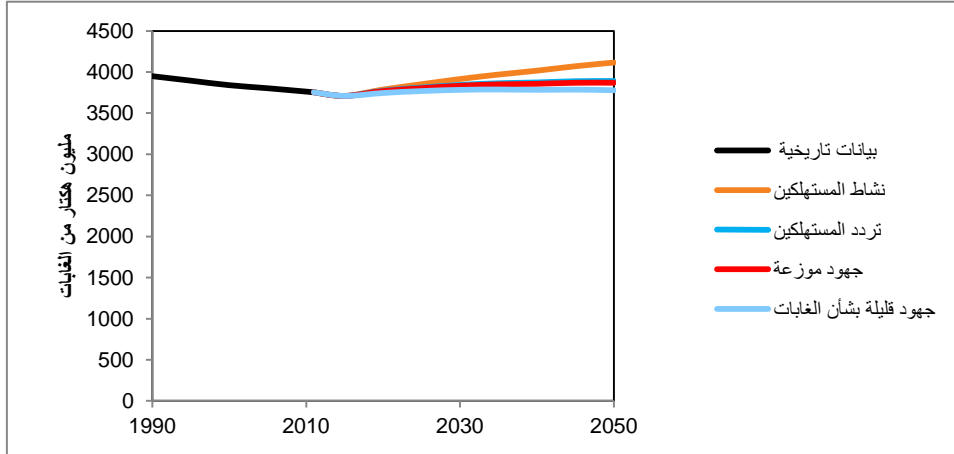
ما مدى طموح هذه التغييرات باستغلال الأراضي؟

لتكوين فكرة أفضل عن مدى كون هذه التغييرات طموحة، يمكن بحث التوجهات التاريخية بمقاييس أساسية بهذا المجال.

في مساراتنا الأربعة المحتملة لتحقيق هدف الدرجتين المنويتين، يتعين زيادة المحاصيل بنسبة 40-60% ما بين 2011 و2050.



في مساراتنا الأربعة المحتملة لتحقيق هدف الدرجتين المنويتين، يتعين زيادة مساحات الغابات الطبيعية بمعدل 25- 360 مليون هكتار ما بين 2011 وحتى 2050



التكاليف

تقدّر الحاسبة العالمية إجمالي رأس المال اللازم، وتكاليف تشغيل ووقود نظام الطاقة العالمي حتى سنة 2050. فهي تشمل، على سبيل المثال، تكاليف بناء وصيانة محطات توليد الطاقة، وتوربينات الرياح، ومضخات حرارية، إلى جانب السخانات والسيارات والقطارات والطائرات والطرق والسكك الحديدية، والتقنيات النظيفة المستخدمة في التصنيع، وكذلك الوقود - كالوقود الأحفوري والطاقة الحيوية - المستخدم في تشغيل هذه التقنيات.

في حال الاستهلاك كالمعتاد، قد يكون إجمالي تكلفة نظام الطاقة في 2050 أكثر من ضعف ما كان عليه في 2011. ذلك يعكس الزيادة في ملكية السيارات والأجهزة الكهربائية المرتبطة بتنامي سكان العالم وزيادة ثرائهم، وارتفاع 70% في الطلب العالمي

على الطاقة. إلا أن إجمالي تكلفة نظام الطاقة الخالية من الكربون أعلى بنسبة طفيفة فقط مقارنة بنظام الطاقة الذي يظل معتمداً على الوقود الأحفوري، بل قد تكون أقل. على سبيل المثال، مسارات تحقيق هدف الدرجتين المؤبطين المبينة في هذا التقرير تتراوح ما بين توفير 2% من إجمالي الناتج المحلي مقارنة بالاستهلاك كالمعتاد وحتى كونها أعلى تكلفة بنسبة 3% من إجمالي الناتج المحلي¹⁷. ذلك لا يأخذ بعين الاعتبار الفوائد الاقتصادية الأوسع نطاقاً نتيجة التحول إلى أحد مسارات تحقيق هدف الدرجتين، وخصوصاً أن في حال الاستمرار بالاستهلاك كالمعتاد سوف يشهد العالم مزيداً من الفيضانات والجفاف وموجات الحرارة وقشل المحاصيل.

هناك أسباب مختلفة لكون تكلفة نظام الطاقة وفق مسارات تحقيق هدف الدرجتين المؤبطين أعلى أو أقل من استمرار الاستهلاك كالمعتاد. فمن ناحية، يمكن أن تكون مسارات تحقيق الدرجتين أعلى نظراً لأن تكاليف رأسمال التقنيات النظيفة عادة ما تكون أعلى من بدائل الوقود الأحفوري: من المتوقع مثلاً أن تكلف سيارة ذات محرك احتراق داخلي نحو 20,000 دولار بحلول 2050، بينما بالمقارنة معها تكلف سيارة كهربائية نحو 35,000 دولار. لكن، من جهة أخرى، يمكن أن تكون مسارات تحقيق هدف الدرجتين المؤبطين أقل تكلفة نظراً لتدابير كفاءة الطاقة التي تخفف الطلب الإجمالي على الطاقة. على سبيل المثال، في حال استمرار الاستهلاك كالمعتاد، سوف يصل الطلب العالمي على الطاقة إلى 610 إكساجول بحلول 2050، لكن باتباع مسارات تحقيق هدف الدرجتين المؤبطين سوف يتراوح ذلك بين 380 إلى 470 إكساجول، وبذلك يمكننا أن نرى التوفير الهائل بالوقود.

والسبب الآخر في كون مسارات تحقيق هدف الدرجتين المؤبطين أقل تكلفة هو أنها تنطوي على تغيير في نمط العيش. فعلى سبيل المثال، يفترض مسار "نشاط المستهلكين" استمرار تنقلات الناس كالمعتاد، لكنهم يتقلون باستخدام وسائل المواصلات العامة، ومزيد من تشارك عدة أشخاص بسيارة واحدة، واستغلال أكبر لخدمة استئجار السيارات (بدل تملكها)؛ وإجمالي أثر ذلك هو خفض عدد السيارات على الطرقات من 2.3 مليار سيارة في حال الاستهلاك كالمعتاد إلى 1.4 مليار سيارة في 2050¹⁸. هذا يقلل الإنفاق على السيارات والطرقات، وقيمة هذا التوفير تفوق تكاليف وسائل النقل البديلة والبنية التحتية للسكك الحديدية، ما يؤدي إلى انخفاض إجمالي تكلفة نظام الطاقة ككل. وهناك تغيير آخر في نمط العيش بموجب هذا المسار ينطوي على التحول من استهلاك لحوم الأبقار والغنم إلى استهلاك لحوم الدواجن، حيث ذلك يتطلب مساحات أقل من الأراضي لإنتاج كل كيلوغرام من اللحم. وهذا التغيير بأنواع اللحوم التي نستهلكها قد يؤدي لتوفير ما يصل إلى 290 مليون هكتار من الأراضي، التي كانت مستغلة لتغذية ورعي الماشية، لتصبح متاحة لزراعة الغابات التي تعتبر بمثابة مصرف للكربون، وبالتالي تقليل الحاجة لخفض انبعاث الكربون بمجالات أخرى¹⁹.

الحاسبة العالمية تسلط الضوء كذلك على عدم اليقين بشأن التكاليف مستقبلاً. حيث أن توقع ما ستكون عليه التكاليف بعد 35 سنة صعب للغاية – على سبيل المثال، في سنة 1980 كان من غير المحتمل نهائياً أن يتمكن أي أحد من التنبؤ بأن أسعار لوحات توليد الطاقة الشمسية قد تنخفض بمعدل 85% بحلول سنة 2010²⁰. يتبين من الحاسبة العالمية أن إجمالي تكاليف أنظمة الطاقة ما بين 2011 و2050، في حال اتباع أي مسار من المسارات، قد تكون أعلى بنسبة 45% أو أقل بنسبة 25% من افتراض النمو حسب الحالة الوسطية²¹. بل في الواقع إن عدم اليقين يدور حول تداخل الاستهلاك كالمعتاد مع مسارات تحقيق هدف الدرجتين المؤبطين، ما يعني أن في بعض الحالات (مثلاً كون أسعار الوقود الأحفوري أعلى من المتوقع أو أسعار الطاقة المتجددة أقل من المتوقع) قد تكون مسارات خفض انبعاث الكربون أقل تكلفة من استمرار الاستهلاك كالمعتاد. وبالمثل، إن كانت أسعار السيارات الكهربائية والمضخات الحرارية والطاقة الحيوية أعلى من المتوقع وكان الوقود الأحفوري أقل تكلفة، فإن مسارات خفض انبعاث الكربون قد تكون أعلى تكلفة.

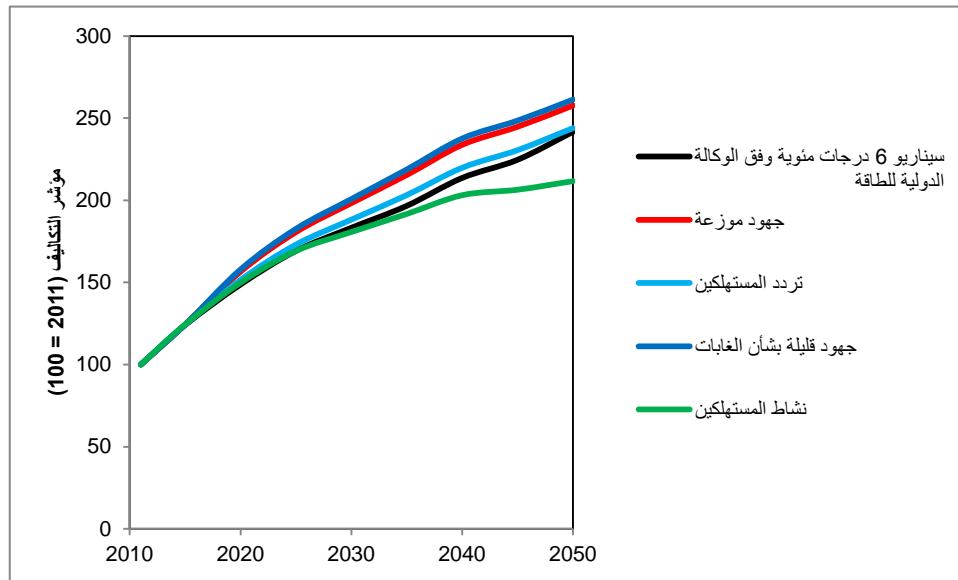
وبالتالي من الواضح أن خفض رأسمال التقنيات النظيفة ضروري جداً لخفض التكاليف عموماً. لقد استفادت التقنيات التي تستند على استهلاك الوقود الأحفوري من أكثر من 100 سنة من الأبحاث والتطوير لخفض تكاليفها. وبالتالي يتعين على العالم الآن العمل عاجلاً لزيادة وتوسيع البحوث والتطوير والإثبات والنشر فيما يتعلق بالتقنيات النظيفة. ومن بين تكاليف رأس المال هذه، تعتبر تكلفة السيارات الهجينة والكهربائية والهيدروجينية، وتخزين الكهرباء، وحجز الكربون وتخزينه، والمضخات الحرارية،

وتوليد الطاقة من الرياح ولوحات الطاقة الشمسية هي الأعلى، وبالتالي فإن بذل جهود مشتركة لخفض هذه التكاليف سيكون مفيدا جدا²². وهنا يلعب صانعو السياسات دورا حيويا بالاستثمار مباشرة وزيادة الحوافز للشركات للاستثمار بهذا المجال.

وضع تكاليف تخفيف الآثار في سياقها: ارتفاع بنسبة بسيطة بتكلفة عالية جدا

من المتوقع أن ترتفع تكاليف إجمالي نظام الطاقة العالمية لدرجة كبيرة تبلغ 142% بين الآن وسنة 2050 في حال استمرار الاستهلاك كالمعتاد، ومع استمرار نمو العالم. ويتبين من الحاسبة العالمية أن اختبار أحد مسارات تحقيق هدف الدرجتين المنويتين عوضا عن استمرار الاستهلاك كالمعتاد قد يضيف ارتفاعا بسيطا جدا لهذا الارتفاع الكبير بالتكاليف. حيث يتبين من أعلى المسارات المحتملة تكلفة ارتفاع التكلفة بنسبة 161% خلال نفس الفترة (أي تكلفة إضافية تعادل 3% من إجمالي الناتج المحلي العالمي). لكن بموجب أحد المسارات المحتملة (نشاط المستهلكين)، سيكون وجود نظام للطاقة خالي من الكربون أقل تكلفة بالفعل من الاستهلاك كالمعتاد (112% - بتوفير يعادل 2% من إجمالي الناتج المحلي).

بموجب الاستهلاك كالمعتاد سوف ترتفع تكلفة نظام الطاقة بين 2011 و2050 بمعدل 142%؛ وبموجب المسارات الأربعة المحتملة لتحقيق هدف الدرجتين المنويتين سوف ترتفع التكلفة إلى حد مماثل (112-161%) خلال نفس الفترة.



لم هدف الدرجتين المنويتين؟

يأتي هذا التقرير من منطلق نقطة الاتفاقية الدولية التي توصلت إليها 195 دولة من خلال عملية اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC) لخفض الانبعاثات بهدف ضمان أن يكون ارتفاع درجات الحرارة عالمياً أقل من درجتين منويتين "المنع التدخل البشري الخطير بالنظام البيئي"²³.

استندت هذه الاتفاقية، التي صاغها صانعو السياسة، على براهين من تقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) وغيرها من الأوراق العلمية. وبيّن العلم أن آثار المناخ تزداد مع ارتفاع الحرارة، وأن تحديد ارتفاعها بدرجتين منويتين يساعد في تجنب أسوأ الآثار.

تعرض الحاسبة العالمية بعض البراهين التي وردت في تقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ الذي يبلغ طوله نحو 5,000 صفحة، وتقدمه بصورة مبسطة للمستخدمين. كما تعرض عدم اليقين بشأن كيفية تأثير المناخ. تبين هذه الأداة أن في حال استمرار الانبعاثات في العالم ببساطة كالمعتاد، فإن ذلك يؤدي لارتفاع متوسط درجات الحرارة العالمية بنحو 6 درجات مئوية بحلول نهاية القرن الحالي. هذا المتوسط يخفي وراءه اختلافات كبيرة جداً بين المناطق: فبعضها قد تشهد ارتفاعاً أكبر كثيراً بدرجات الحرارة، وقد تتجاوز 10 درجات مئوية بحلول 2100 بالقطب الشمالي²⁴. والآثار الاجتماعية-الاقتصادية المرتبطة بارتفاع درجات الحرارة ستكون كبيرة. ومن المرجح أن تتكرر الأحوال الجوية الشديدة بوتيرة أكبر وتصبح أكثر شدة: على سبيل المثال، قد تصبح موجة الحر التي اجتاحت أوروبا في 2003 هي الحرارة المعتادة بحلول منتصف القرن²⁵. إن ارتفاع متوسط درجات الحرارة عالمياً بنحو 6 درجات مئوية يتجاوز أي تجربة مر بها بنو البشر: فالاختلاف بدرجات الحرارة بين الآن والعصر الجليدي الماضي قبل نحو 20,000 سنة (حين كانت مساحات كبيرة من الأراضي المسكونة حالياً مغطاة بمئات الأمطار من الجليد) كان بين 4 إلى 7 درجات مئوية فقط.

والمسارات الأربعة المستخدمة كنموذج للخروج بالرسائل الأساسية في هذا التقرير تتوافق مع وجود فرصة 50% لتحديد ارتفاع درجات الحرارة بما لا يزيد عن درجتين منويتين وفق ما تم الاتفاق عليه في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ. لكن حتى بموجب هذه المسارات سوف نشهد آثار ارتفاع درجة الحرارة. على سبيل المثال، تبين أداة الحاسبة العالمية أن حتى بموجب مسار التركيز التمثيلي 2.4 للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، الذي يبقى ارتفاع درجات الحرارة بموجبه أقل من درجتين منويتين، مازلنا سنشهد تراجع الجليد في القطب الشمالي بنسبة 43% بحلول 2100. يجادل البعض بأن على العالم أن يهدف لغاية أكثر طموحاً (بما في ذلك تحالف الدول الجزرية الصغيرة الذي يدعو للالتزام بمجرد 1.5 درجة مئوية).

دحض المفاهيم الخاطئة

في بعض الأحيان تُطرح الاقتراحات التالية كحلول أساسية محتملة لمعالجة تغير المناخ. وأهميتها مبالغ بها أحياناً:

التحول لاستخدام وقود أحفوري أنظف

لا يمكننا الاعتماد على التحول من استخدام الفحم إلى استخدام الغاز كأكبر عامل في معالجة تغير المناخ. فاستخدام كافة أنواع الوقود الأحفوري دون حجز وتخزين الكربون يساهم في تغير المناخ: على سبيل المثال، محطة توليد الطاقة بكفاءة باستخدام الغاز ينتج عنها حالياً انبعاث 350 غرام ثاني أكسيد الكربون لكل كيلو وات بالساعة²⁶. لكن للالتزام بفرصة 50% لتحديد ارتفاع درجات الحرارة بمجرد درجتين منويتين، علينا العمل على أن يكون توليد الكهرباء على مستوى العالم خالياً من الكربون بدرجة أقرب ما يمكن من صفر غرام ثاني أكسيد الكربون لكل كيلو وات بالساعة بحلول 2050.

استنفاد الوقود الأحفوري بالكامل

لسوء الحظ، لا يمكننا الاعتماد على نفاذ الوقود الأحفوري كسبيل لمنع تغير المناخ. حيث ان في العالم موارد من الوقود الأحفوري تكفي لتعريض العالم لخطر ارتفاع متوسط درجة الحرارة عالميا بأكثر من 6 درجات مئوية بحلول 2100.

امتصاص الكربون من الأجواء

لا يمكننا أيضا الاعتماد على تقنيات في المستقبل لامتصاص الكربون من الأجواء لحل مشكلة المناخ. فتقنيات كهذه من الصعب أن تكون مضمونة من حيث جدواها من الناحية الفنية، وأثرها البيئي، وتقبل الناس لها، واستهلاكها للطاقة، وتكلفتها. هناك على سبيل المثال تقنية حجز الكربون من الهواء مباشرة، وهي تقنية تنطوي على الاستعانة بعمليات كيميائية لحجز ثاني أكسيد الكربون من الهواء مباشرة ومن ثم تخزينه تحت الأرض. تشير البراهين المحدودة جدا حول هذه التقنية إلى أنها يمكن أن توفر، على أبعد تقدير، صافي انبعاثات تبلغ نحو 10 غيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون²⁷ بحلول 2050، وهو ما يعادل تقريبا 10% من إجمالي الانبعاثات في 2050 في حال استمرار الاستهلاك كالمعتاد²⁸.

تحديد النمو السكاني

من المتوقع أن يرتفع تعداد سكان العالم من 7 مليارات كما هو اليوم إلى 10 مليارات بحلول 2050. وتحديد النمو السكاني ليكون وفق التقديرات الأدنى من الأمم المتحدة (8 مليارات) سوف يوفر نحو 10 غيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون فقط بحلول 2050²⁹. هذا توفير كبير، لكن يجب ألا يُعتبر أنه "حل أمثل" للقضاء على المشكلة.

مزيد من المعلومات

باستطاعة الشركات المهمة بمعرفة آثار ذلك على قطاع عملها، والحكومات المهمة بقياس التقدم الذي تحرزه لتحقيق هدف الدرجتين المئويتين، قراءة استنتاجاتنا بمزيد من التفصيل على موقعنا الإلكتروني: www.globalcalculator.org

كما يمكنك الاطلاع على نموذج الحاسبة العالمية بنفسك - فهي متوفرة مجانا كأداة علنية، وتشمل تسجيلات فيديو مفيدة حول كيفية استخدامها. تتضمن هذه الحاسبة أيضا مسارات تحقيق هدف الدرجتين المئويتين من هيئات أخرى. باستطاعتك كذلك تجربة إعداد مسارك الخاص بك. يمكن الاطلاع على النموذج عبر موقعنا الإلكتروني: www.globalcalculator.org

نظرا لكون فعالية هذا النموذج وفق افتراضاته فقط، نشرنا أيضا النموذج بكامله بموجب ملف إكسيل لتتمكن من الاطلاع عليه. ونحن نرحب بالملاحظات والتعليقات - يمكنك إرسالها للفريق عبر البريد الإلكتروني contact@globalcalculator.org

كيف تم الخروج بهذه الرسائل؟

تبين أداة الحاسبة العالمية وجود العديد من المسارات المحتملة لتحقيق هدف الدرجتين المئويتين بحلول 2050. وللخروج بالرسائل الأساسية في هذا التقرير، أعدنا أربعة مسارات محتملة وجميعها تلتزم بفرصة 50% لتحديد ارتفاع متوسط درجات الحرارة عالميا بمجرد درجتين مئويتين³⁰. ولهذه المسارات جميعها أنماط عيش متماشية مع النمو الاقتصادي. كما أنها تتبع منحنيات وسطية بشأن التغييرات الديموغرافية العالمية.

إلا أن المسارات تختلف تبعا للتقنيات والوقود المستخدم وخيارات استغلال الأراضي لتوفير أنماط العيش هذه. وقد صُممت المسارات بحيث تتراوح بشكل معقول بين الحد الأعلى/الأدنى من الجهود في كل من قطاعات التقنيات والوقود واستغلال

الأراضي. لمزيد من التفاصيل حول هذه المسارات، يرجى الاطلاع على الملحق وزيارة موقعنا الإلكتروني:

www.globalcalculator.org

ملحق: أربعة مسارات محتملة لتحقيق هدف الدرجتين المؤيتين

يشرح هذا الملحق المسارات الأربعة المحتملة لتحقيق هدف الدرجتين المؤيتين، والتي استخدمت للخروج بالرسائل الواردة في هذا التقرير.

المزايا المشتركة بين كافة المسارات الأربعة:

- عوامل نمط المعيشة محددة وفق نفس مستوى سيناريو 6 درجات مئوية وفق الوكالة الدولية للطاقة في حال استمرار الاستهلاك كالمعتاد (باستثناء مسار نشاط المستهلكين، حيث تم تعديل "طرق المواصلات" و"حمولة وسيلة النقل من المسافرين والسلع" و"ملكية أو استئجار سيارة" و"كمية اللحوم المستهلكة" و"نوع اللحوم المستهلكة" و"مدة صلاحية المنتجات والطلب عليها"). كافة المسارات الأربعة تعتبر متماشية مع أنماط النمو الاقتصادي المتوقعة.
- توقعات السكان والمناطق الحضرية مبنية على التوقعات الوسطية للأمم المتحدة (المستوى 2).
- الانبعاثات بعد سنة 2050 مبنية على المستوى 2.8 لإتاحة استمرار الانخفاض إلى الصفر.
- لم يتم اختيار المستوى 1 أو 4 لتجنب السيناريوهات الطموحة جدا أو المتشائمة جدا.
- ليس هناك استعانة بتقنيات توقع إزالة غازات الدفيئة حيث أنها غير مبرهنة.

المستويات 1 إلى 4 في الحاسبة العالمية

في أداة الحاسبة العالمية نحو 40 مستوى من الانبعاثات العالمية لغازات الاحتباس الحراري، وهي تشمل كافة الخيارات المتعلقة بنمط العيش، والتقنية والوقود، والأراضي والغذاء، والجوانب الديموغرافية. يمكن لمستخدمي هذه الأداة التعبير عن المستويات 1 إلى 4 لكل من العوامل، وذلك كما هو مبين أدناه:



1. جهود موزعة

<http://tool.globalcalculator.org/distributedeffort>

في هذا المسار، تتوزع جهود نزع الكربون بشكل متساوٍ بين كافة القطاعات. وبشكل خاص، المستوى 2.8 موزع بين كافة عوامل التقنية والوقود، والأراضي والغذاء.

2. تردد المستهلكين

<http://tool.globalcalculator.org/consumerreluctance>

في هذا المسار، يتردد المستهلكون في قبول تقنيات جديدة يكون لها أثر مباشر عليهم. وخصوصاً:

- النقل: يواصلون استخدام محركات الاحتراق الداخلي، وإقبالهم ضعيف جداً على السيارات الكهربائية والهيدروجينية.
- المباني: يواصلون استخدام الغاز للطهي، وإقبالهم ضعيف نسبياً على عزل البيوت (لحمايتها من انخفاض الحرارة) وتقنيات انبعاث الكربون المنخفض لأن المستهلك لا يريد التغييرات الكبيرة.
- الكهرباء: استخدام أقل لطاقة الرياح مقارنة بالمسارات الأخرى لتحقيق هدف الدرجتين المؤتمتين لأن المستهلكين لا يريدون رؤية تغيير المناظر الطبيعية حولهم.
- النفايات والمخلفات: مستوى منخفض نسبياً من جمع النفايات من البيوت.

عوضاً عن ذلك، يتبنى النشاط منخفض الكربون طرقاتاً يكون المستهلك أقل دراية بها:

- استخدام أكثر للطاقة النووية وحجز وتخزين الكربون.
- جهود أكبر بشأن استغلال الأراضي (إنتاج غذائي أعلى، إلخ) ودرجة تشجيع عالية نسبياً.

هذا مسار ينطوي على انخفاض الاعتماد على الكهرباء وارتفاع استخدام الطاقة الحيوية.

يتبين من هذا المسار أن من الممكن انخفاض قبول المستهلكين بالتقنيات التي لها أثر مباشر عليهم. لكن ذلك يعني ضرورة اتخاذ إجراء طموح جداً بمجالات أخرى، وخصوصاً في كافة مجالات الأراضي وإنتاج الغذاء وكفاءة الطاقة والنقل والصناعة.

3. جهود قليلة بشأن الغابات

<http://tool.globalcalculator.org/lowactiononforests>

هناك تدابير غير كافية لتوسيع انتشار الغابات، وبالتالي فإن الغابات الطبيعية تزداد بنسبة 1% فقط بين 2011 و2050. وعدم حماية الغابات تعني وجود حافز بسيط لزيادة إنتاج الغذاء، ما يؤدي لأن يكون إنتاج المحاصيل والمواشي منخفض نسبياً. ولا تتوفر أراضي كافية لإنتاج الطاقة الحيوية، وبالتالي من الضروري استخدام الكهرباء بدرجة مرتفعة.

يتبين من هذا المسار أن لحماية وتوسيع مساحات الغابات دور حيوي في تحقيق هدف الدرجتين المؤتمتين. والفشل بتوسيع مساحات الغابات إلى حد كبير يعني ضرورة اتخاذ إجراء طموح جداً في كافة قطاعات الطاقة.

4. نشاط المستهلكين

<http://tool.globalcalculator.org/consumeractivism>

يشعر الناس بأنحاء العالم بالفلق بشأن تقنيات يعتقدون أن قد يكون لها تأثيرات جانبية شديدة على البيئة الطبيعية (كالطاقة النووية أو المحاصيل المعدلة جينيا). ويتبنى الناس بفعالية التغييرات بالتقنيات التي يستخدمونها وأوجه أنماط العيش لضمان تحقيق هدف الدرجتين المئويتين. وبشكل خاص:

- الطاقة النووية بدرجة منخفضة نسبيا.
- محاصيل قليلة نسبيا (ما يعكس التردد باستهلاك المحاصيل المعدلة جينيا والأسمدة).
- كثافة منخفضة نسبيا بمزارع الماشية (ما يعكس إعطاء أهمية كبيرة للمراعي العضوية وفي الحقول بالهواء الطلق).
- بعض التحول من استخدام وسائل النقل الخاصة إلى النقل العام.
- بعض التغييرات بكمية وأنواع اللحوم المستهلكة (ابتعاد عن لحوم الأبقار والأغنام، ومزيد من لحوم الدواجن).
- الابتعاد عن "المجتمع الاستهلاكي" ببذل جهود أكبر بشأن عامل "طول صلاحية المنتجات والطلب عليها".

يتبين من هذا المسار أن إجراء تغييرات بنمط العيش (مثلا الغذاء وخيارات التنقل) يمكن أن يؤدي إلى انخفاض كبير بالانبعاثات، ويعني وجود حاجة لاتخاذ إجراءات أقل في قطاعات أخرى.

© حقوق الطبع محفوظة للتاج البريطاني

© جماعات المعرفة والابتكار المعنية بالمناخ والوكالة الدولية للطاقة 2015



- ¹ إجمالي الناتج المحلي العالمي بلغ 67 ترليون دولار في 2011، ومتوقع ارتفاعه إلى 200 ترليون دولار بحلول 2050 (منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، 2014؛ توقعات النمو الاقتصادي رقم 95، مايو 2014، التوقعات من خط الأساس على الأجل الطويل. الناتج المحتمل لإجمالي الاقتصاد. متوفر على الموقع <http://stats.oecd.org>)
- ² يُحسب استهلاك الغذاء بناء على معدلات عالمية. وطرق التنقل والسفر موزعة تبعاً لنوع المنطقة التي جرت فيها الرحلة (ريفية متطورة، ريفية نامية، دولية، مدينة حضرية يعتمد التنقل فيها على استخدام السيارات، مدينة حضرية تتوفر فيها شبكات النقل العام، مدينة حضرية تشهد نمواً اقتصادياً سريعاً). واستهلاك الطاقة في المباني موزع حسب: منطقة حضرية تتوفر فيها الكهرباء، ومنطقة حضرية لا تتوفر فيها الكهرباء، ومنطقة ريفية تتوفر فيها الكهرباء، ومنطقة ريفية لا تتوفر فيها الكهرباء.
- ³ كافة الأرقام المشار إليها في هذا التقرير حُسيبت، ما لم يُشر إلى خلاف ذلك، بناء على نطاق المسارات الأربعة المحتملة لتحقيق هدف الدرجتين المؤبطين: جهود موزعة، وتردد المستهلكين، وجهود قليلة بشأن الغابات، ونشاط المستهلكين. هذه المسارات متوفرة في أداة الحاسبة العالمية: <http://tool.globalcalculator.org>
- ⁴ تعريف "الإستهلاك المعتاد" في كافة أجزاء هذا التقرير هو نموذج "سيناريو 6 درجات مئوية وفق الوكالة الدولية للطاقة (تقريباً)" بالحاسبة العالمية. وهذا يفترض السياسات الحالية فقط.
- ⁵ في السيناريوهات الأربعة، المسافة المقطوعة لكل شخص في 2050 تعادل تقريباً متوسط الاتحاد الأوروبي/منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية. في بعض الدول اليوم، كالولايات المتحدة وأستراليا، المسافة التي يقطعها كل شخص أعلى من ذلك بكثير، لكن تلك دول كبيرة وكثافتها السكانية منخفضة. هذا القدر من مسافات التنقل لا يلزم في دول أصغر مساحة وأكبر كثافة سكانية، وبالتالي من غير المرجح أن تصبح هذه المسافات متوسطاً عالمياً.
- ⁶ منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، 2015. إحصائيات نقل الركاب: إجمالي عدد المسافرين في البر - مليون مسافر-كم. متوفرة عبر الرابط: http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ITF_PASSENGER_TRANSPORT
- ⁷ منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، 2015. السكان. متوفر عبر الرابط: http://stats.oecd.org/Index.aspx?DatasetCode=POP_FIVE_HIST
- ⁸ الحكومة الكندية، 2014. برمجة مقياس درجة الحرارة. متوفر عبر الرابط: <http://www.nrcan.gc.ca/science/expert/video/1499>
- ⁹ مؤسسة أبحاث البناء ووزارة الطاقة والتغير المناخي، 2013. استنبيا للاحق حول الطاقة. التقرير 2: متوسط درجات حرارة البيوت. متوفر عبر: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/274770/2_Mean_Household_Temperatures.pdf
- ¹⁰ وكالة الصحة العامة في إنجلترا، 2014. الحد الأدنى من درجات الحرارة داخل البيوت لحياة صحية في الشتاء - مراجعة منهجية. متوفرة عبر: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/365755/Min_temp_threshold_for_homes_in_winter.pdf
- ¹¹ ينخفض إجمالي الطلب على الطاقة للتصنيع بنسبة 25% عند تحديد عامل "التصميم والمواد وإعادة التدوير" لمسار الاستهلاك المعتاد (سيناريو 6 درجات مئوية وفق الوكالة الدولية للطاقة) عند المستوى 3 (هذا أكثر العوامل طموحاً من بين المسارات الأربعة لتحقيق هدف الدرجتين المؤبطين).
- ¹² ينخفض الطلب على الطاقة في قطاع المنتجات الكيماوية بنسبة 7% عند تحديد عامل "المواد الكيماوية" لمسار الاستهلاك المعتاد (سيناريو 6 درجات مئوية وفق الوكالة الدولية للطاقة) عند المستوى 3 (هذا أكثر العوامل طموحاً من بين المسارات الأربعة لتحقيق هدف الدرجتين المؤبطين).
- ¹³ بيانات كثافة الكربون الناتجة عن توليد الكهرباء عن السنوات من 1990 إلى 2010 مصدرها نشرة الوكالة الدولية للطاقة 2014: انبعاثات ثاني أكسيد الكربون نتيجة احتراق الوقود.
- ¹⁴ السيارة "الخضراء" التالية، 2015. بيانات السيارة "الخضراء" التالية. متوفرة عبر الرابط: www.nextgreencar.com/new-car-search
- ¹⁵ افتراض أن متوسط استهلاك السرعات الحرارية لكل شخص يرتفع من 2,180 سرعة حرارية في 2011 إلى 2,330 سرعة حرارية في 2050 (المستوى 2) وارتفاع تعداد سكان العالم إلى 9.6 مليار في 2050 (المستوى 2).
- ¹⁶ تم حساب ذلك بموجب مسار "تردد المستهلكين" ومقارنته مع المستويات الصحية بموجب منظمة الصحة العالمية (المستوى 4 لاستهلاك السرعات الحرارية والمستوى 3 للحم المستهلكة).
- ¹⁷ من بين المسارات الأربعة المحتملة لتحقيق هدف الدرجتين المؤبطين، أقل المسارات تكلفة هو مسار "نشاط المستهلكين": قد يكون متوسط التكلفة السنوية لنظام الطاقة بموجب هذا المسار خلال الفترة من 2011 إلى 2050 يقل 2 ترليون دولار عن تكلفة مسار الاستهلاك المعتاد (ما يعادل توفيراً يبلغ 2% من إجمالي الناتج المحلي العالمي). وأعلى المسارات الأربعة المحتملة تكلفة هو مسار "جهود قليلة بشأن الغابات": حيث أن متوسط التكلفة السنوية لنظام الطاقة بموجب هذا المسار خلال الفترة من 2011 إلى 2050 يزيد 4.2 ترليون دولار عن تكلفة مسار الاستهلاك المعتاد (تكلفته أعلى بما يعادل 3% من إجمالي الناتج القومي العالمي). ذلك يعتمد على تقديرات وسطية للتكاليف. تعريف الاستهلاك المعتاد هو مسار "سيناريو 6 درجات مئوية وفق الوكالة الدولية للطاقة (تقريباً)". متوسط الناتج المحلي العالمي السنوي في الفترة من 2011 إلى 2050 يبلغ 129 ترليون دولار.
- ¹⁸ مقارنة عدد السيارات بموجب مسار نشاط المستهلكين بعدد السيارات بموجب سيناريو 6 درجات مئوية وفق الوكالة الدولية للطاقة.
- ¹⁹ تم حساب ذلك بموجب مسار "نشاط المستهلكين" لكن مع مقارنته بالمستوى 2 من "نوع اللحم".
- ²⁰ تقرير سوق تقنيات الطاقة النووية الصادر عن المختبر الوطني للطاقة المتجددة التابع لوزارة الطاقة، يناير 2010. بموجب التكلفة بالدولار الأمريكي في 2009 لكل وات بين 1980 و2009.
- ²¹ على سبيل المثال، بالنسبة لمسار "نشاط المستهلكين"، من المتوقع ارتفاع مؤشر إجمالي تكلفة نظام الطاقة (100 في 2011) إلى 212 بحلول 2050. وأعلى تقدير لمؤشر التكاليف في 2050 يبلغ 305 (أعلى بنسبة 44% من أفضل تقدير) وأدنى تقدير لمؤشر التكاليف هو 160 (أقل بنسبة 24% من أفضل تقدير).
- ²² بناء على تقنيات الانبعاثات الكربونية المنخفضة ذات أعلى تكاليف رأسمال تراكمية في مسار "الجهود الموزعة".
- ²³ اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC)، 1992. المادة 2: الهدف. متوفرة عبر الرابط: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convvarabic.pdf>
- ²⁴ تقرير التقييم الخامس لفريق العمل الأول من الفريق الحكومي المعني بتغير المناخ، الفصل 12، الشكل 12.11

²⁵ دراسة أجراها سكوت وآخرون. أحداث 2003 متوقعة بمعدل كل سنتين بحلول أربعينيات القرن الحالي. وبموجب سيناريو استمرار الاستهلاك

المعتاد، قد يكون الصيف باردا بحلول ثمانينيات القرن الحالي.

²⁶ التوربينات الغازية بدورة مركبة التي تعمل بكامل طاقتها تتسبب حاليا بانبعث 350 غرام ثاني أكسيد الكربون لكل كيلوات بالساعة. يجرى الاطلاع على منظور تقنيات الطاقة من الوكالة الدولية للطاقة (2014)، صفحة 170.

²⁷ تم حساب ذلك بناء على مسار الجهود الموزعة مع وبدون المستوى 4 من إزالة غازات الاحتباس الحراري.

²⁸ تم حساب ذلك بموجب مسار "سيناريو 6 درجات مئوية وفق الوكالة الدولية للطاقة (تقريبي)".

²⁹ تم حساب ذلك بمقارنة الانبعاثات بموجب مسار الجهود الموزعة في 2050 (18 غيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون) مع الانبعاثات بموجب تحديد العامل السكاني بالمستوى 3 (8 غيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون).

³⁰ على وجه التحديد، ينتج عن كل من هذه المسارات تقريبا 3,010 غيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التراكمية بحلول 2100. ويشير الفريق الحكومي المعني بتغير المناخ (IPCC) إلى أن هذا المستوى من الانبعاثات التراكمية مرتبط بفرصة 50% لتحديد ارتفاع متوسط درجات الحرارة عالميا بمجرد درجتين مؤويتين.