مساهمة الفريق العامل الثالث
في تقرير التقييم الرابع
للهيئة الحكومية الدولية المعنيّة بتغيّر المناخ

الملخّص الفني

المؤلفون

تيري باركر (المملكة المتحدة)، إغور بشماكوف (روسيا)، ليني بيرنستين (الولايات المتحدة الأميركية)، جان إ. بغنر (الولايات المتحدة الأميركية)، بيتر بوش (هولندا)، روتو دايف (هولندا)، أغونلاد دايفدسون (سيراليون)، براين س. فيشر (أستراليا)، سوجاتا غوبتا (الهند)، كرستن هلسنس (الدانمرك)، برت يان هيج (هولندا)، سوزانا خان ربيرو (البرازيل)، شيغيكي كوباياشي (اليابان)، مارك د. ليفين (الولايات المتحدة الأميركية)، دانييل ل. مارتينو (أوروغواي)، عمر ماسيرا (المكسيك)، برت متز (هولندا)، ليو مييز (هولندا)، غيرت–جان نابورز (هولندا)، أديل نجم (الباكستان)، نيبويسا ناكيسينوفيك (النمسا / الجبل الأسود)، هانس–هولغر ورغنر (ألمانيا)، جوياشري روي (الهند)، جاياانت سازاي (الولايات المتحدة الأميركية)، روبرت شوك (الولايات المتحدة الأميركية)، بريادارشي شوكلا (الهند)، رالف إ. ه. سيمز (نيوزيلاندا)، بيتر سميث (المملكة المتحدة)، دينيس أ. تيرباك (الولايات المتحدة الأميركية)، ديانا أورج – فورساتز (المجر)، دادي زو (جمهورية الصين الشعبية)

المحرر المراجع

موكيري وا غيزيندو (كينيا)

يجب ذكر الملخّص الفني على الشكل التالي:

باركر ت.، إ. بشماكوف، ل. بيرنستين، ج. إ. بغنر، ب. بوش، ر. دايف، أ. دايفدسون، ب. س. فيشر، س. غوبتا، ك. هلسنس، ب. ي. هيج، س. خ. ربيرو، ش. كوباياشي، م. د. ليفين، د. ل. مارتينو، ع. ماسيرا، ب. متز، ل. مييز، غ.ج. نابورز، أ. نجم، ن. ناكيسينوفيك، ه.–ه. ورغنر، ج. روي، ج. سازاي، ر. شوك، ب. شوكلا، ر. إ. ه. سيمز، ب. سميث، د. أ. تيرباك، د. أورج – فورساتز، د. زو، ٢٠٠٧: الملخّص الفني في: تغيّر المناخ: التخفيف. مساهمة الفريق العامل الثالث في تقرير التقييم الرابع للهيئة الحكومية الدولية المعنيّة بتغيّر المناخ [ب. ميتز، أ. ر. ديفدسون، ب. ر. بوش، ر. دايف، ل.أ. مييز (محررون)]. مطبعة جامعة كامبردج، كامبردج، المملكة المتحدة ونيويورك، الولايات المتحدة الأميركية.

المحتويات:

١–المقدّمة.....٣١

٢– المسائل الإطارية.....٣٩

٣– المسائل المتعلقة بالتخفيف في سياقٍ طويل الأمد.....٤٣

٤– إمدادات الطاقة.....٥٢

٥– النقل وبنيته التحتية.....٥٨

٦– المباني السكنية والتجارية.....٦٤

٧– الصناعة.....٧١

٨– الزراعة.....٧٧

٩– الحراجة.....٨٢

١٠– إدارة النفايات.....٨٧

١١– التخفيف من منظار عابر للقطاعات.....٩٣

١٢– التنمية المستدامة والتخفيف.....١٠٠

١٣– السياسات والأدوات وإتفاقات التعاون.....١٠٦

١٤– الفجوات في المعرفة.....١١٢

١ المقدمة

بنية التقرير ومسبباته ودور القضايا المتداخلة والأساسية

يكمن هدف التقرير الأساسي في تقييم خيارات تخفيف تغيّرالمناخ. كما يفصّل التقرير كل ما يربط تغيّر المناخ بقضايا التنمية، ويحدد نقاط التعزيز المتبادلة بين تغيّر المناخ والتنمية المستدامة.

تختلف إحتياجات التنمية الإقتصادية والموارد الطبيعية والقدرات التخفيفية والتكيّفية بحسب المناطق. ما من مقاربة واحدة لمشكلة تغيّر المناخ، بل يجب أن تأتي الحلول تبعاً للمناطق كي تعكس الأوضاع الإجتماعية – الإقتصادية المختلفة من جهة، والإختلاف الجغرافي إلى حد ما من جهة أخرى. على الرغم من شموليته، يحاول التقرير التمييز في تقييم مختلف الوقائع العلمية والتقنية في المناطق المختلفة.

نظراً لشدّة إختلاف خيارات التخفيف بين القطاعات الإقتصادية المختلفة، تم إستعمال تلك القطاعات في سبيل تنظيم المواد الخاصة بخيارات التخفيف في الأمدَين القصير والمتوسط. بعكس ما جاء في تقرير التقييم الثالث، تتم مناقشة أشكال خيارات التخفيف القطاعي كافةً، كالتكنولوجيا والكلفة والسياسات إلخ.، معاً، كي توفّر للمستخدم نقاشاً شاملاً في خيارات التخفيف القطاعي.

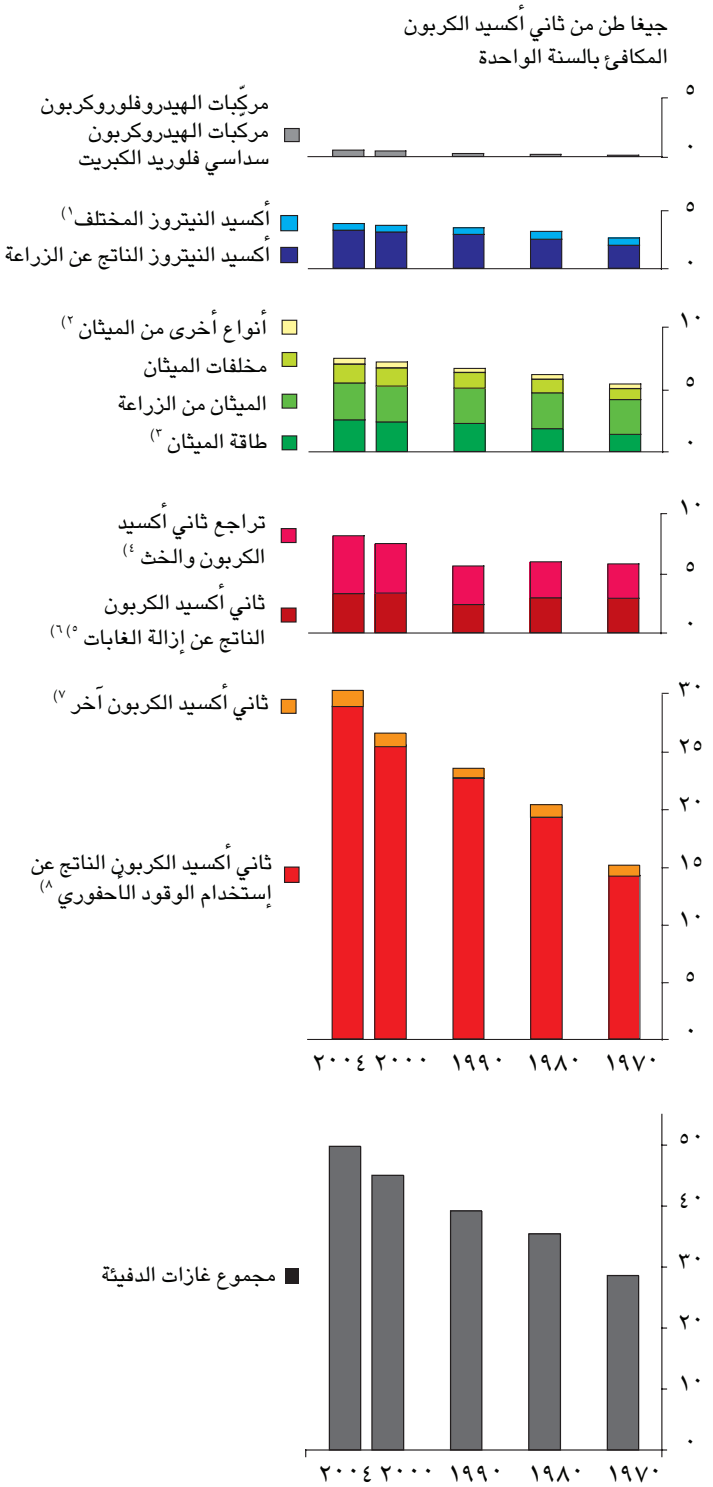
تالياً، يتضمن التقرير أربعة أجزاء. يحتوي الجزء أ (الفصلان١و٢) على المقدمة، ويحدّد أطر وضع التخفيف من تغيّر المناخ في سياق السياسات وصنع القرارات. يقدّم مفاهيم هامة (مثل المخاطر وعدم اليقين وعلاقات التخفيف والتكيّف وأشكال التوزيع والإنصاف والإندماج الإقليمي)، كما يحدّد المصطلحات الهامة الواردة في التقرير. بالنسبة إلى الجزء ب (الفصل ٣)، فهو يقيّم أهداف التثبيت الطويل الأمد وكيفية تحقيقها وكلفتها، وذلك عبر التمعّن في سيناريوهات التخفيف في مجالات أهداف التثبيت. كما تتم مناقشة العلاقة بين التكيّف والتخفيف من تغيّر المناخ وتلافي الأضرار الناجمة عنه في ضوء صنع القرارات الخاصة بالتثبيت (المادة ٢ من إتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ UNFCCC). أما الجزء ج (الفصل ٤–١٠) فيصف بشكل تفصيلي مختلف القطاعات المسؤولة عن إنبعاثات غازات الدفيئة (GHG)، وخيارات التخفيف على الأمدَين القصير والمتوسط، وتكاليف تلك القطاعات، والسياسات الهادفة إلى تحقيق التخفيف وما يعيقها، بالإضافة إلى العلاقة مع التكيّف وسياسات أخرى تؤثر على إنبعاثات غازات الدفيئة.

يقيّم الجزء د (الفصل ١١–١٣) المسائل المشتركة بين القطاعات والتنمية المستدامة والصعيدين الوطني والدولي. يُعنى الفصل ١١ بإمكانية التخفيف الإجمالية والآثار الإقتصادية الكليّة وتطوير التكنولوجيا ونقلها وأوجه التآزر والتنازلات المتبادلة مع سياسات أخرى والتأثيرات العابرة للحدود (أو الآثار غير المباشرة). يربط الفصل ١٢ التخفيف من تغيّر المناخ بالتنمية المستدامة ويقيّم الفصل ١٣ السياسات المناخية المحلية وأشكال التعاون الدولي المختلفة. يضم الملخّص الفني الفصلَ ١٤ الإضافي الذي يتناول الثغرات في المعرفة.

الماضي والحاضر والمستقبل: منحى الإنبعاثات

إزدادت إنبعاثات غازات الدفيئة المشمولة بموجب بروتوكول كيوتو بنسبة ٧٠٪ (من ٢٨,٧ إلى ٤٩,٠ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ) بين عامي ١٩٧٠ و٢٠٠٤ (بنسبة ٢٤٪ بين العامين ١٩٩٠ و٢٠٠٤)، علماً أن ثاني أكسيد الكربون هو أهم مصادر تلك الإنبعاثات حيث أنه إزداد بنسبة ٨٠٪ [أنظر الرسم ١ في الملخّص الفني]. أما الزيادة الأكبر في إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون فنتجت عن توليد الطاقة والنقل البري. وإزدادت إنبعاثات الميثان بنسبة ٤٠٪ منذ العام ١٩٧٠، وتعود نسبة ٨٥٪ من هذا الإزدياد إلى إحتراق وإستخدام الوقود الأحفوري، إلا أن الزراعة تشكل المصدر الأول لإنبعاثات الميثان. وإزدادت إنبعاثات أكسيد النيتروز بنسبة ٥٠٪ خاصة بسبب الإستعمال المتزايد للأسمدة والنمو الزراعي. وخلال هذه الفترة، إنخفضت إنبعاثات أكسيد النيتروز (توافق عالٍ، أدلة وافية)[١,٣].

أما إنبعاثات المواد المستنزفة لطبقة الأوزون (ODS) التي يضبطها بروتوكول مونتريال، وتتضمن غازات الدفيئة ومنها الكلوروفلوروكربون (CFCs) والمركّبات الهيدروكلوروفلوروكربون (HCFCs)، فقد إرتفعت بالنسبة إلى المستوى المنخفض المسجّل في العام ١٩٧٠ لتبلغ حوالي ٧,٥ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ في العام ١٩٩٠ (أي حوالي ٢٠٪ من مجموع إنبعاثات غازات الدفيئة وهي غير بارزة على الرسم ١ في الملخّص الفني)، إلا أنها عادت وإنخفضت لتبلغ حوالي ١,٥ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ($GtCO_2$-eq) في العام ٢٠٠٤. كما يتوقع أن تسجّل مزيداً من التراجع بسبب إلغاء الكلوروفلوروكربون في الدول النامية. أما إنبعاثات الغازات المعالجة بالفلور (F-gases) (ومنها مركّبات الهيدروفلوروكربون (HFCs)ومركّبات الهيدروكربون الكاملة الفلورة (PFCs) وسداسي فلوريد الكبريت (SF_6) التي يضبطها بروتوكول كيوتو، فقد إزدادت خلال التسعينيات بشكل سريع (خاصةً مركّبات الهيدروفلوروكربون) عندما حلّت إلى حدّ كبير محل المواد المستنزفة لطبقة الأوزون (ODS) وقدّرت بحوالي

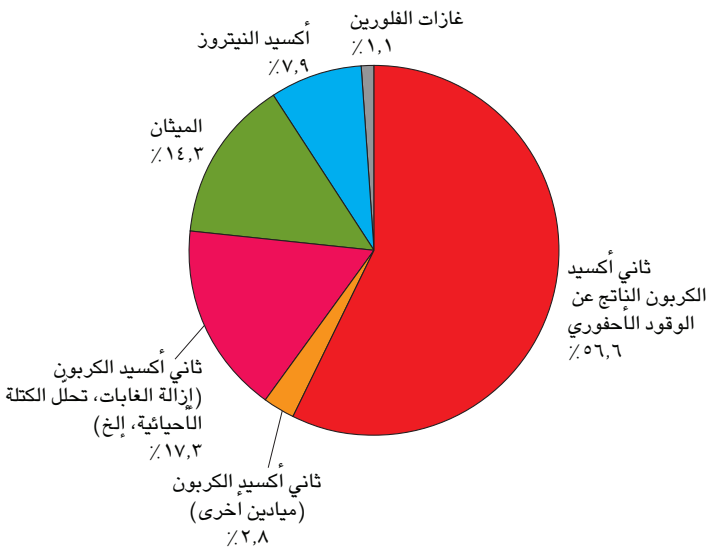


الرسم ١أ في الملخّص الفني: إنبعاثات غازات الدفيئة العالمية البشرية المنشأ، ١٩٧٠–٢٠٠٤ تم إستخدام مئة عام من إمكانيات الإحترار العالمي (GWPs) الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنيّة بتغيّر المناخ IPCC في تقرير التقييم الثاني (SAR) في العام ١٩٩٦ لتحويل الإنبعاثات إلى ثاني أكسيد الكربون المكافئ (CO_2-eq). (أنظر الخطوط العريضة عن كيفية وضع التقارير لإتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ).

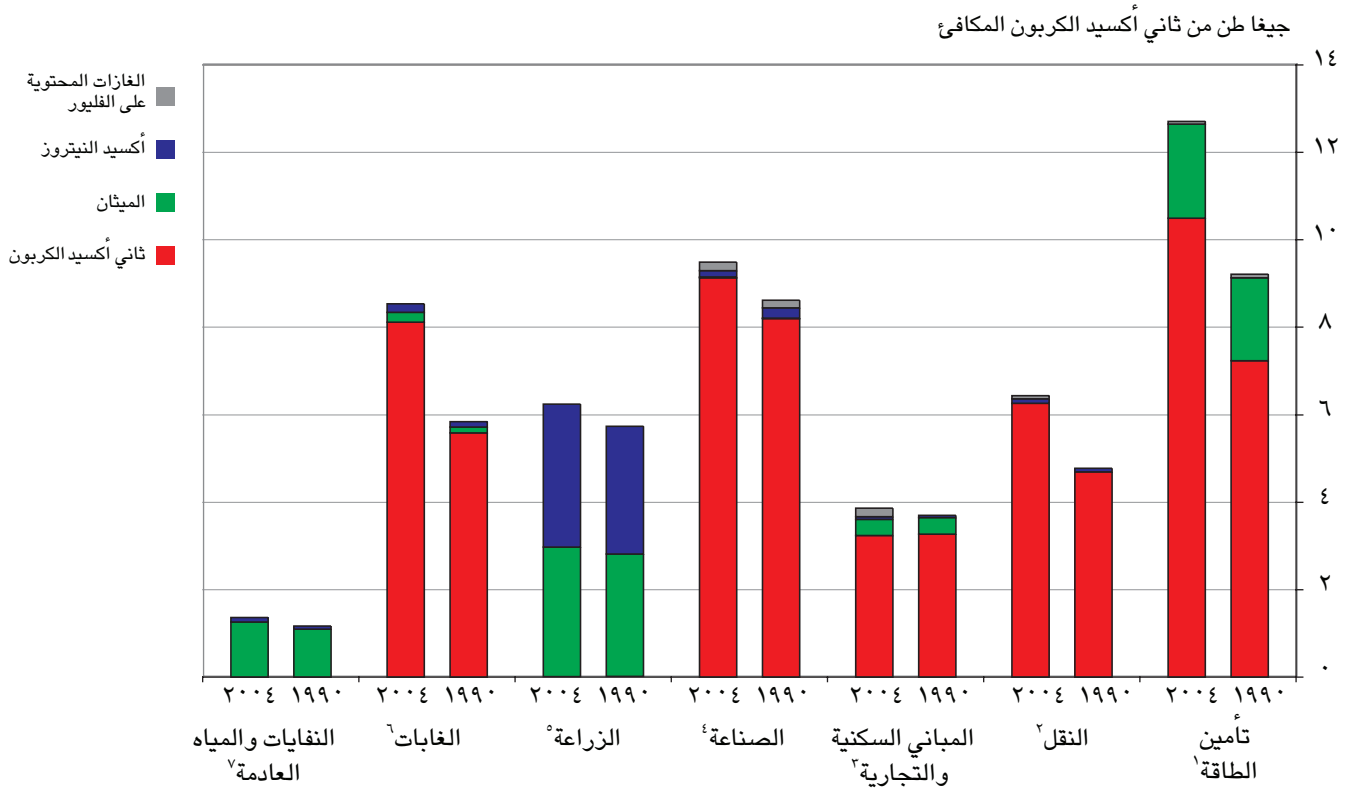
أما الغازات فهي تلك المُشار إليها في الخطوط العريضة لكيفية وضع التقارير لإتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ. يعتبر غياب اليقين شديداً على مستوى الميثان وأكسيد النيتروز (يبلغ حوالي ٣٠٪–٥٠٪) ويزداد شدّة على مستوى ثاني أكسيد الكربون المتأتي عن الزراعة والتشجير. [الرسم ١,١أ].

ملاحظات:

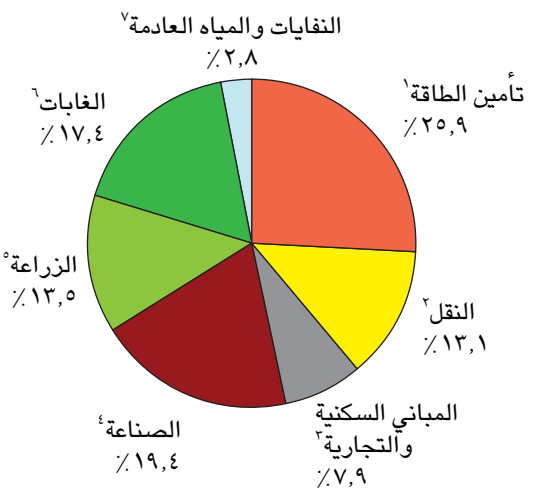
١. تتضمن الميادين الأخرى أكسيد النيتروز الناتج عن المخلّفات الصناعية وإزالة الغابات وحرق السفناء والمياه العادمة وحرق النفايات.
٢. تتضمن الميادين الأخرى الميثان الناتج عن المخلفات الصناعية وحرق السفناء.
٣. بما فيها الإنبعاثات الناتجة عن إنتاج الطاقة الأحيائية وإستخدامها.
٤. إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتج عن العفن (التحلّل) الذي تسببه الكتلة الأحيائية فوق الأرض، وهي تبقى بعد التجذيب وإزالة الغابات، ناهيك عن ثاني أكسيد الكربون المتأتي عن حرائق الخث وعفونة تربة الخث الجافة.
٥. بالإضافة إلى إستخدام ١٠٪ من الكتلة الأحيائية التقليدية، مع إفتراض أن نسبة ٩٠٪ متأتية عن إنتاج الكتلة الأحيائية المستدام. تم التصحيح نسبة ١٠٪ من الكربون في الكتلة الأحيائية حيث أن تلك النسبة يفترض أن تصبح فحماً بعد الإشتعال.
٦. متوسط الحرائق في الغابات المتسعة الرقعة والكتلة الأحيائية في الأراضي التي تزرع فيها الجنبات بحسب معلومات الأعوام ١٩٩٧–٢٠٠٢ المبنية على بيانات قائمة معطيات إنبعاثات الحرائق العالمية.
٧. إنتاج الإسمنت والإنارة بواسطة الغاز الطبيعي.
٨. يتضمن الوقود الأحفوري الإنبعاثات من المواد الأولية.



الرسم ١ب في الملخّص الفني: إنبعاثات غازات الدفيئة العالمية البشرية المنشأ في العام ٢٠٠٤ [الرسم ١,١ب].



الرسم ٢أ في الملخّص الفني: إنبعاثات غازات الدفيئة بحسب القطاعات خلال الأعوام الممتدة ما بين ١٩٩٠– ٢٠٠٤. تم إستخدام مئة عام من إمكانيات الإحترار العالمي (GWPs) الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنيّة بتغيّر المناخ IPCC في تقرير التقييم الثاني (SAR) عام ١٩٩٦ لتحويل الإنبعاثات إلى ثاني أكسيد الكربون المكافئ (CO_2-eq). يعتبر غياب اليقين شديداً على مستوى الميثان وأكسيد النيتروز (يبلغ حوالي ٣٠–٥٠٪) ويزداد شدّة على مستوى ثاني أكسيد الكربون المتأتي عن الزراعة والتشجير. بالنسبة إلى حرائق الكتلة الأحيائية الواسعة النطاق، تمت العودة إلى المعطيات الخاصة بمتوسط النشاطات خلال فترة ١٩٩٧–٢٠٠٢، والصادرة عن قاعدة بيانات إنبعاثات الحرائق العالمية، والمرتكزة بدورها على المعلومات التي تؤمنها السواتل. أما إنبعاثات العفونة الناجمة عن الحرائق والتحلّل فترتكز على معلومات حديثة أمّنتها من مجموعة Hydraulics Group في جامعة ديفلت. [الرسم ٣,١١أ].



الرسم ٢ب في الملخّص الفني: إنبعاثات غازات الدفيئة حسب القطاعات في العام ٢٠٠٤ [الرسم ١,٣ ب].

ملاحظات خاصة بالرسمَين ٢أ و٢ب في الملخّص الفني

١. بإستثناء المصافي ومصانع فحم الكوك التي تحتسب من ضمن الصناعات.
٢. بالإضافة إلى النقل الدولي (مستودعات الوقود) وباستثناء مصائد الأسماك والمعدّات والمركّبات (للطرق غير المعبّدة) الخاصة بالزراعة والغابات.
٣. بما فيها الإستعمال التقليدي للكتلة الأحيائية. وتُذكر الإنبعاثات في الفصل ٦ أيضاً على أساس المخصصات ذات الإستعمال الهادف (بالإضافة إلى حصّة القطاع من الإنبعاثات الناتجة عن التوليد المكثّف للكهرباء)، ويؤدي إذاً تراجع إستخدام الكهرباء إلى إنجازات التخفيف كافة في هذا القطاع، ويعود عليه بالمنفعة.
٤. بالإضافة إلى المصافي وأفران الكوكا إلخ.، وتلاحظ أيضاً الإنبعاثات المذكورة في الفصل ٧ على أساس المخصصات ذات الإستعمال الهادف (بالإضافة إلى حصة القطاع من الإنبعاثات الناتجة عن التوليد المكثّف للكهرباء)، ويؤدي إذاً تراجع إستخدام الكهرباء إلى إنجازات التخفيف كافة في هذا القطاع، ويعود عليه بالمنفعة.
٥. بالإضافة إلى حرائق المخلفات الزراعية والسفناء (غير ثاني أكسيد الكربون). ولم تقدَر إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون و/أو إزالته من الأراضي الزراعية في قاعدة البيانات هذه.
٦. تتضمن المعطيات إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون بفعل إزالة الغابات وتحلّل الكتلة الأحيائية فوق سطح الأرض، التي تبقى بعد قطع الأشجار وإزالة الغابات، ناهيك عن ثاني أكسيد الكربون الناتج عن حرائق الخث وتحلل تربة الخث المصرّفة. ويذكر الفصل ٩ الإنبعاثات الناتجة عن إزالة الغابات فقط.
٧. تتضمن الميثان الموجود في التربة، والميثان وأكسيد النيتروز في المياه العادمة، وثاني أكسيد الكربون بسبب إحراق النفايات (الكربون الأحفوري فقط).

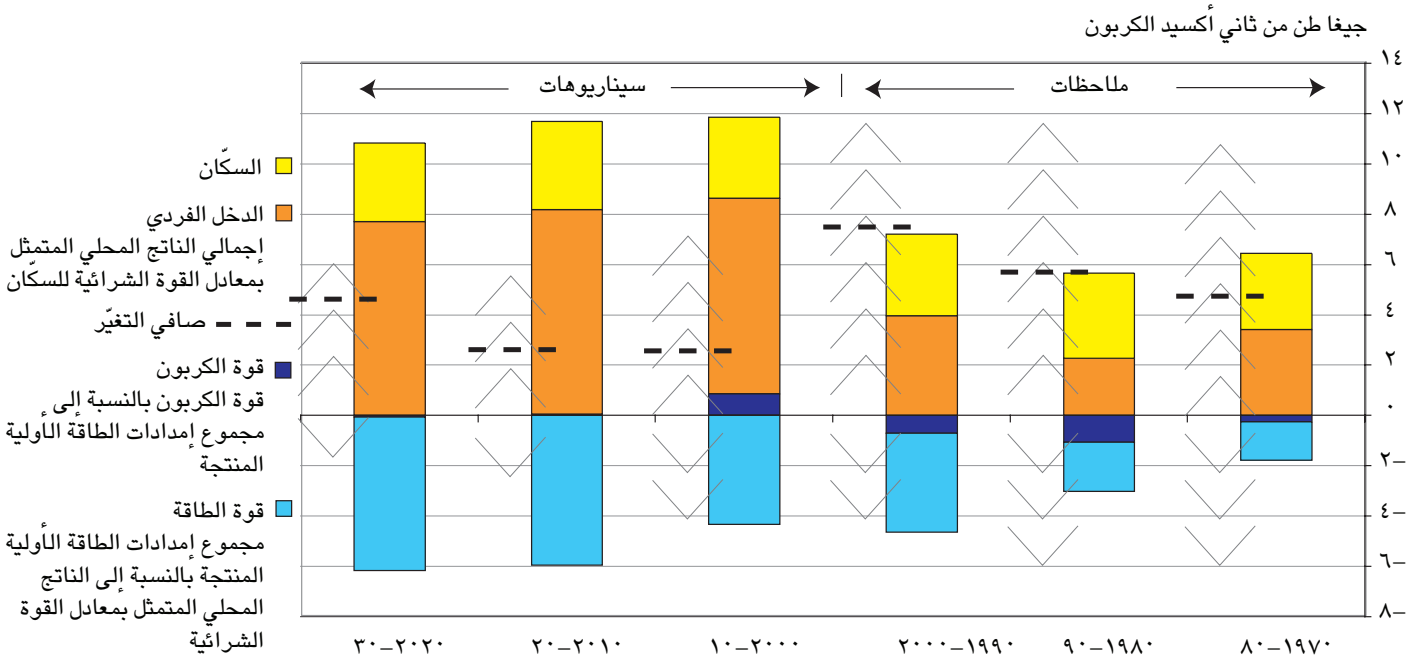
٠,٥ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ في العام ٢٠٠٤ (أي ١,١٪ تقريباً من إجمالي الإنبعاثات على أساس مئة عام من إمكانية الإحترار العالمي (GWP)) (توافق عالٍ، أدلة وافية)[١,٣].

إرتفعت معدّلات ثاني أكسيد الكربون في الجو بحوالي ١٠٠ جزء في المليون منذ أن حقق مستوياته التي سبقت الثورة الصناعية، فبلغ ٣٧٩ جزءاً في المليون في العام ٢٠٠٥، مع معدّلات نمو سنوية خلال فترة ٢٠٠٠–٢٠٠٥ فاقت المعدّلات المسجّلة خلال التسعينيات. يبلغ اليوم إجمالي معدّل ثاني أكسيد الكربون المكافئ لجميع غازات الدفيئة التي دامت طويلاً حوالي ٤٥٥ جزءاً في المليون. وتتحول ملوثات أخرى للهواء والغازات إلى معدّلات التكافؤ متضمنةً آثار الهباء المُبردة مما يؤدي إلى معدّل فعلي لثاني أكسيد الكربون المكافئ يتراوح بين ٣١١–٤٣٥ جزءاً في المليون (توافق عالٍ، أدلة وافية).

ما زالت شكوك عديدة يحيط بتقديرات إنبعاثات الهباء البشري المنشأ. أما إنبعاثات الكبريت العالمية، فيبدو أن معدّلاتها قد تضاءلت من ٧٥ +\– ١٠ ميغا طن في العام ١٩٩٠ إلى ٥٥–٦٢ ميغا طن في العام ٢٠٠٠. أما المعلومات الخاصة بالهباء فغير متوفرة وتخمينية للغاية (توافق معتدل، أدلة معتدلة).

في العام ٢٠٠٤، نتج عن مولدات الطاقة حوالي ٢٦٪ من إنبعاثات غازات الدفيئة، في حين أدّت الصناعة إلى إنتاج ١٩٪ منها، والغازات المتأتية عن الغابات وتغيّر إستخدام الأراضي ١٧٪، والزراعة ١٤٪، والنقل ١٣٪، وقطاعات السكن والتجارة والخدمات ٨٪، والنفايات ٣٪ (أنظر الرسم ٢ في الملخّص الفني). يجب إعتبار تلك النسب مؤشرات هامة، مع إستمرار وجود شيء من عدم اليقين خاصة في ما يخص إنبعاثات الميثان وأكسيد النيتروز (يقدّر هامش الخطأ بحوالي ٣٠–٥٠٪)، ويرتفع هامش الخطأ في إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتج عن الزراعة والغابات. (توافق عالٍ ، أدلة معتدلة)[١,٣].

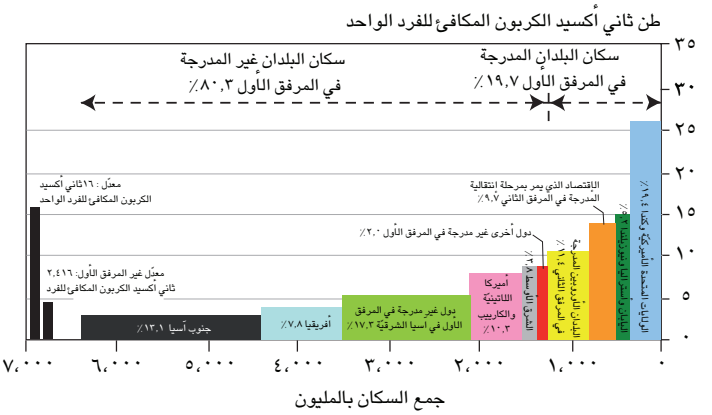
يحدد الرسم ٣ في الملخّص الفني المساهمات الفردية في إطلاق إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون المتعلّقة بالطاقة عبر التغيّر السكّاني، والدخل الفردي (إجمالي الناتج المحلي) المتمثل بمعادل القوة الشرائية للشخص الواحد[١] (GDP_{ppp}/cap)، وقوة الطاقة (مجموع إمدادات الطاقة الأولية المنتجة) بالنسبة إلى معادل القوة الشرائية (TPES/GDP_{ppp})، وقوة الكربون بالنسبة إلى مجموع الإمدادات من الطاقة الأولية المنتجة (.(CO_2/TPES) وتعزز بعض العوامل المذكورة إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون (ملليبار يتعدى الصفر) في حين تخفضها إنبعاثات أخرى (ملليبار ما دون الصفر). أما التغيّر الفعلي في الإنبعاثات خلال عقد زمني فتظهره الخطوط السوداء المتقطعة. وبحسب

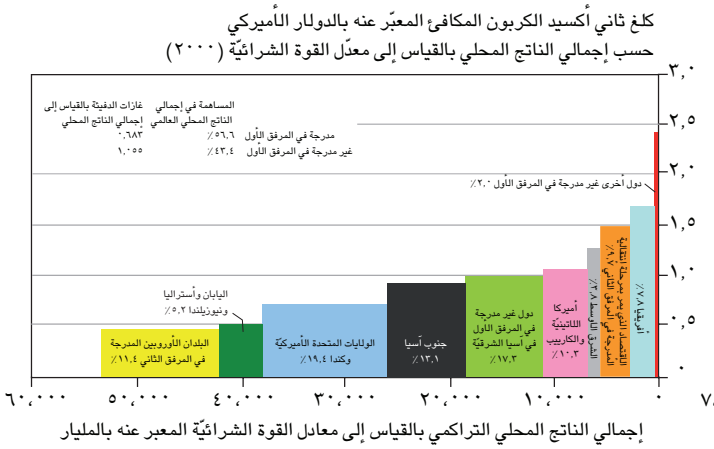


الرسم ٣ في الملخّص الفني: تغيّر التقلّبات العالمية لإنبعاثات ثاني أكسيد الكربون المتعلقة بالطاقة على الصعيد العالمي خلال العقود الثلاثة الماضية والعقود الثلاثة المقبلة [الرسم ١,٦ ب].

[١] يستخدم مقياس إجمالي الناتج المحلي المتمثل بمعادل القوة الشرائية GDP_{ppp} المتري لأهداف توضيحية فقط في هذا التقرير.

الرسم ٣ في الملخّص الفني، فإن الزيادة السكّانية وإرتفاع معادل القوة الشرائية للشخص الواحد (وبالتالي إستعمال الطاقة للشخص الواحد GDP_{ppp}/cap) قد فاقا، ويتوقع أن يستمران بالتفوق على تراجع قوة الطاقة ($TPES/GDP_{ppp}$). ما يحجب واقع أن إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون لوحدة معادل القوة الشرائية GDP_{ppp} قد تراجعت اليوم بنسبة ٤٠٪ مقارنة بأوائل السبعينيات، وتراجعت بسرعة أكبر على مستوى الطاقة الأولية لوحدة معادل القوة الشرائية GDP_{ppp} أو بسرعة أكبر من ثاني أكسيد الكربون لوحدة الطاقة الأولية. أدّت قوة الكربون لإنتاج الطاقة (CO2/TPES) إلى تعديل إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون بين منتصف الثمانينات والعام ٢٠٠٠، إلا أنها مذّاك إستمرت بالإزدياد ويتوقع أن يزول تأثيرها بعد العام ٢٠١٠ (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١,٣].





الرسم ٤أ في الملخّص الفني: توزيع إنبعاثات غازات الدفيئة للشخص الواحد (جميع الغازات الخاصة ببروتوكول كيوتو بما فيها تلك الناتجة عن إستخدام الأراضي) بالنسبة إلى سكّان مجموعات مختلفة من الدول في العام ٢٠٠٤. تظهر النسب في الأعمدة حصة المناطق من إنبعاثات غازات الدفيئة العالمية [الرسم ٤,١أ].

الرسم ٤ب في الملخّص الفني: توزيع إنبعاثات غازات الدفيئة للشخص الواحد (جميع الغازات الخاصة ببروتوكول كيوتو بما فيها تلك الناتجة عن إستخدام الأراضي) بحسب إجمالي الناتج المحلي المتمثل بمعادل القوة الشرائية GDP_{ppp} بالدولار الأميركي بالنسبة إلى إجمالي الناتج المحلي لمجموعات مختلفة من البلدان في العام ٢٠٠٤. تظهر النسب في الأعمدة حصة المناطق من إنبعاثات غازات الدفيئة العالمية [الرسم ٤,١ب].

ملاحظة: تم جمع البلدان بحسب تصنيف إتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ (UNFCCC) وبروتوكزول كيوتو الملحق بها، ما يعني أن الدول المنضمة إلى الإتحاد الأوروبي ستُدرج تحت خانة الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية والمدرج في المرفق الأول. لم تتوفر مجموعة كاملة من المعلومات عن البلدان كافة في العام ٢٠٠٤. تضم كل من المجموعات الإقليمية البلدان التالية:

- **الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية والمدرج في المرفق الأول:** بيلاروسيا، بلغاريا، كرواتيا، الجمهورية التشيكية، أستونيا، هنغاريا، لاتفيا، ليتوانيا، بولندا، رومانيا، الفيديرالية الروسية، سلوفاكيا، سلوفانيا، أوكرانيا.
- **أوروبا المرفق الثاني وM&T:** النمسا، بلجيكا، الدانمارك، فنلندا، فرنسا، ألمانيا، اليونان، إيسلندا، إيرلندا، إيطاليا، ليتشنشتاين، لكسنبرغ، هولندا، النروج، البرتغال، إسبانيا، السويد، سويسرا، المملكة المتحدة، موناكو، تركيا.
- **يانز:** اليابان، أستراليا، نيوزيلاندا.
- **الشرق الأوسط:** البحرين، إيران، إسرائيل، الأردن، الكويت، لبنان، عُمان، قطر، المملكة العربية السعودية، سوريا، الإمارات العربية المتحدة، اليمن.
- **أميركا اللاتينية ومنطقة الكاريبي:** أنتيغوا وبربودا، الأرجنتين، جزر الباهاما، بابادوس، بليز، بوليفيا، البرازيل، شيلي، كولومبيا، كوستاريكا، كوبا، دومينيكا، جزر الدومينيكان، الإيكوادور، السالفادور، غرينادا، غواتيمالا، غيانا، هاييتي، هاندوراس، جامايكا، المكسيك، نيكاراغوا، باناما، باراغواي، البيرو، سانتا لوسيا، سان كيتس ونيفس –أنغيلا، سانت فنسنت وغرينادين، سورينام، ترينيداد وتوباغو، أوروغواي، فنزويلا.
- **دول آسيا الشرقية غيرالمدرجة في المرفق الأول:** كمبوديا، الصين، جمهورية كوريا الديموقراطية الشعبية، جمهورية لاو الديموقراطية الشعبية، منغوليا، جمورية كوريا، فييتنام.
- **آسيا الجنوبية:** أفغانستان، بنغلادش، بوتان، جزرالقمر، جزر كوك، فيجي، الهند، أندونيسيا، كيريباتي، ماليزيا، المالديف، جزر مارشال، ميكرونيزيا، (الجمهوريات الفديرالية لـ) ميانمار، ناورو، نيووي، نيبال، باكستان، بالاو، بابوا غينيا الجديدة، الفيليبين، ساموا، سينغافورة، جزر سليمان، سريلانكا، تايلندا، تيمور – ليستي، تونغا، توفالو، فانواتو.
- **أميركا الشمالية:** كندا، الولايات الأميركية المتحدة.
- **دول أخرى غير مدرجة في المرفق الأول:** ألبانيا، أرمينيا، أذربيجان، البوسنة والهرسك، قبرص، جورجيا، كازاخستان، قيرغيزستان، مالطا، مولدافيا، سان مارينو، صربيا، طاجيكستان، تركمانستان، أوزباكستان، جمهورية مقدونيا.
- **أفريقيا:** الجزائر، أنغولا، بنن، بوتسوانا، بوركينا فاسو، بوروندي، كاميرون، الرأس الأخضر، جمهورية أفريقيا الوسطى، تشاد، الكونغو، جمهورية الكونغو الديموقراطية، ساحل العاج، جيبوتي، مصر، غينيا المدارية، أريتريا، أثيوبيا، غابون، غامبيا، غانا، غينيا، غينيا بيساو، كينيا، ليسوتو، ليبيريا، ليبيا، مدغشقر، مالاوي، مالي، موريتانيا، موريشيوس، المغرب، موزامبيق، ناميبيا، النيجر، نيجيريا، رواندا، سان تومي وبرينسيبي، السنغال، سيشيل، سيراليون، جنوب أفريقيا، السودان، سوازيلاند، توغو، تونس، أوغاندا، جمهورية تانزانيا الإتحادية، زامبيا، زمبابوي.

في العام ٢٠٠٤، ضمّت مجموعة البلدان المدرجة في المرفق الأول ٢٠٪ من سكّان العالم وكانت مسؤولة عن ٤٦٪ من إنبعاثات غازات الدفيئة، في حين ضمّت البلدان غير المدرجة في المرفق الأول ٨٠٪ من السكّان وكانت مسؤولة عن ٥٤٪ من إنبعاثات غازات الدفيئة فقط. ويبرز الإختلاف ما بين المنطقة التي تصدر أعلى نسب إنبعاثات غازات الدفيئة للشخص الواحد (أميركا الشمالية) وتلك التي تصدر أدنى النسب (بلدان آسيا الجنوبية غير المدرجة في المرفق الأول) (أنظر الرسم ٤أ في الملخّص الفني): ٥٪ من سكّان العالم (أميركا الشمالية) ينتجون نسبة ١٩,٤٪، في حين أن ٣٠,٣٪ من سكّان العالم (بلدان آسيا الجنوبية غير المدرجة في المرفق الأول) ينتجون نسبة ١٣,١٪. وتختلف الصورة عند إستعمال إنبعاثات غازات الدفيئة لوحدة إجمالي الناتج المحلي المتمثل بمعادل القوة الشرائية GDP_{ppp} المتري (أنظر الرسم ٤ب في الملخّص الفني). بالتالي، ولدت البلدان المدرجة في المرفق الأول ٥٧٪ من الناتج العالمي الإجمالي مع قوة إنتاج غازات الدفيئة تبلغ ٠,٦٨ كغ من ثاني أكسيد الكربون المكافئ بالنسبة إلى إجمالي الناتج المحلي المتمثل بمعادل القوة الشرائية (البلدان غير المدرجة في المرفق الأول ١,٠٦ كغ من ثاني أكسيد الكربون المكافئ بالنسبة إلى إجمالي الناتج المحلي المتمثل بمعادل القوة الشرائية) (توافق عالٍ، أدلة وافية)[١,٣].

يتوقع أن يستمر إستعمال الطاقة العالمية وتوليدها بالإزدياد، علماً أنهما العاملان المسؤولان الأساسيان عن إنبعاثات غازات الدفيئة، خاصة مع محاولة الدول النامية للتصنيع. إن لم تتغيّر السياسات الخاصة بالطاقة فسيبقى مزيج الطاقة المولدة لتحريك الإقتصاد العالمي في إطار فترة ٢٠٢٥–٢٠٣٠ على حاله، مع أكثر من ٨٠٪ من الطاقة المنتجة مرتكزاً على الوقود الأحفوري، ما يؤثر تالياً على إنبعاثات غازات الدفيئة . وبناءً على ما تقدّم، يتوقع أن تفوق إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون المتعلقة بالطاقة في العام ٢٠٣٠ الإنبعاثات المسجّلة في العام ٢٠٠٠ بنسبة تتراوح ما بين ٤٠–١١٠٪، علماً أن ثلثَي أو ثلاثة أرباع تلك الزيادة يصدر عن البلدان غير المدرجة في المرفق الأول، وعلماً أن معدّل الإنبعاثات للشخص الواحد في الدول النامية سيبقى أكثر ارتفاعاً بشكل كبير، أي ما بين ٩,٦ طن من ثاني أكسيد الكربون للشخص الواحد و١٥,١ طن من ثاني أكسيد الكربون للشخص الواحد في مناطق المرفق الأول، مقابل ما بين ٢,٨ طن من ثاني أكسيد الكربون للشخص الواحد و٥,١ طن من ثاني أكسيد الكربون للشخص الواحد في المناطق غير المدرجة في المرفق الأول (توافق عالٍ، أدلة وافية)[١,٣].

تظهر توقعات إجمالي إنبعاثات غازات الدفيئة للعام ٢٠٣٠ (غازات كيوتو) زيادة نسبتها ما بين ٢٥–٩٠٪ مقارنة مع العام ٢٠٠٠، مع مزيد من التوقعات الحديثة التي تفوق التوقعات السابقة (توافق عالٍ، أدلة وافية).

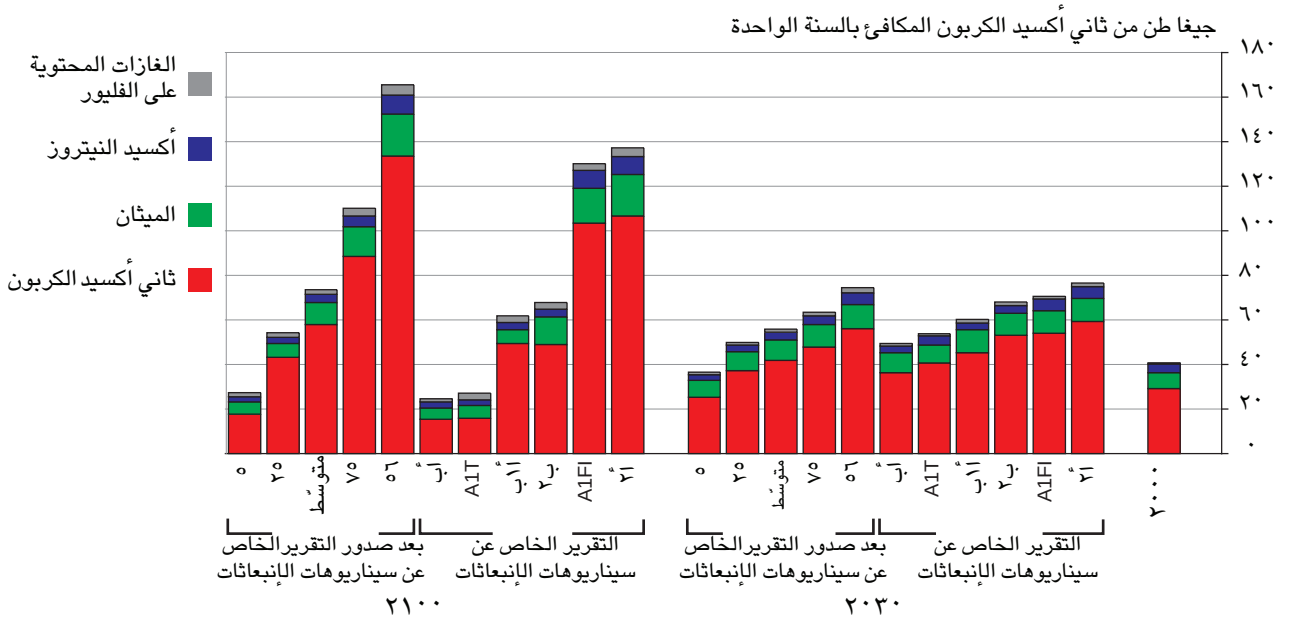
بالنسبة إلى العام ٢١٠٠، لا تزال النسب المذكورة في التقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات (تراجع ٤٠٪ إلى زيادة ٢٥٠٪ مقارنة مع العام ٢٠٠٠) تعبّر عن الواقع الحالي. يتجه مزيد من التوقعات مؤخراً إلى تسجيل إرتفاع: نسبة الإزدياد تتراوح ما بين ٩٠٪ و٢٥٠٪ مقارنة مع العام ٢٠٠٠(أنظر الرسم ٥ في الملخّص الفني). أيضاً، تظهر السيناريوهات الخاصة بالسياسات المناخية التي تتم مناقشة تطبيقها حالياً، تزايد الإنبعاثات العالمية خلال عدّة عقود.

تظهر توقعات إجمالي إنبعاثات غازات الدفيئة للعام ٢٠٣٠ (غازات كيوتو) زيادة ما بين ٢٥–٩٠٪ مقارنة بالعام ٢٠٠٠، مع مزيد من التوقعات الحديثة التي تفوق التوقعات السابقة (توافق عالٍ، أدلة وافية).

بالنسبة إلى العام ٢١٠٠، لا تزال النسب المذكورة في التقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات[٢] (تراجع ٤٠٪ إلى زيادة ٢٥٠٪ مقارنة مع العام ٢٠٠٠) تعبّر عن الواقع الحالي. يتجه مزيد من التوقعات مؤخراً إلى تسجيل الإرتفاع: نسبة الإزدياد تتراوح ما بين ٩٠٪ و٢٥٠٪ مقارنة بالعام ٢٠٠٠(أنظر الرسم ٥ في الملخّص الفني). أيضاً تظهر السيناريوهات الخاصة بالسياسات المناخية التي تتم مناقشة تطبيقها حالياً، تزايد الإنبعاثات العالمية خلال عقود عدة.

أما الدول النامية (مثل البرازيل والصين والهند والمكسيك) التي بذلت جهوداً لأسباب غير التغيّر المناخي، فقد خفضت من نمو إنبعاثاتها خلال العقود الثلاث الماضية بحوالي ٥٠٠ مليون طن من ثاني أكسيد الكربون في السنة الواحدة، أي ما يفوق التخفيضات المنصوص عليها في بروتوكول كيوتو والمطلوبة من البلدان المدرجة في المرفق الأول. تحفز التنمية الإقتصادية والحدّ من الفقر والأمن في مجال الطاقة وحماية البيئة المحلية جزءاً كبيراً من تلك الجهود. تالياً، يبدو أن المقاربات الواعدة لجهة السياسات هي التي تعتمد على أوجه التآزر بين حماية المناخ من جهة والأولويات التنموية من

[٢] تعني SRES السيناريوهات التي جاءت في التقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنيّة بتغيّر المناخ. تصف مجموعة السيناريوهات أ١ مستقبلاً فيه نمو إقتصادي سريع للغاية ونمو سكاني منخفض وإستخدام تكنولوجيات حديثة وأكثر فاعلية. أما مجموعة السيناريوهات ب١ فتصف عالماً متقارباً مع عدد السكان ذاته في العالم، يبلغ أعلى مستوياته في أواسط القرن، ثم يتراجع مع تغييرات سريعة في الهيكليات الإقتصادية. أما مجموعة السيناريوهات ب٢ فتصف عالماً »يتم فيه التشديد على الحلول المحلية للإستدامة الإقتصادية والإجتماعية والبيئية«، وفيه نمو سكاني معتدل، ومعدلات تنمية إقتصادية متوسّطة وتغيير تكنولوجي أقل سرعة وتنوّع من سيناريو أ١ب.



الرسم ٥ في الملخّص الفني: إنبعاثات غازات الدفيئة للعام ٢٠٠٠ وخط الأساس للإنبعاثات المتوقعة في سنتي ٢٠٣٠ و٢١٠٠ بحسب التقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنيّة بتغيّر المناخ وما تلاه. يظهر الرسم الإنبعاثات الناتجة عن السيناريوهات التوضيحية المذكورة في التقرير، بالإضافة إلى وتيرة توزع الإنبعاثات في سيناريوهات ما بعد التقرير(المئين الخامس، الخامس والعشرين، الوسطي، الخامس والسبعين، الخامس والتسعين) مثلما جاء في الفصل ٣، فالغازات المعالجة بالفلور تتضمن مركّبات الهيدروفلوروكربون ومركّبات الهيدروكربون الكاملة الفلورة وسداسي فلوريد الكبريت [انظر الرسم ١,٧]

جهة أخرى، في سبيل إحراز التقدّم على هذين الصعيدين في آن واحد. (توافق عالٍ، أدلة معتدلة) [١,٣].

الرد الدولي

تعتبر إتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ المحرك الرئيسي لتعزيز ردود الأفعال الدولية على التغيّر المناخي. دخلت حيز التنفيذ في مارس / آذار ١٩٩٤، وتمّت المصادقة عليها عالمياً –١٨٩ دولة من أصل ١٩٤ دولة أعضاء في الأمم المتحدة (ديسمبر / كانون الأول ٢٠٠٦). أُطلِق في العام ٢٠٠٥ إجتماع مؤتمر الأطراف[٣] لتشجيع التبادل الصريح وغير الملزم لوجهات النظر والمعلومات من أجل دعم تطبيقٍ أفضل للإتفاقية.

اعتُمد بروتوكول كيوتو في العام ١٩٩٧، وهو الإضافة الأولى للإتفاقية، ودخل حيز التنفيذ في فبراير / شباط ٢٠٠٥. ومنذ فبراير / شباط ٢٠٠٧، صادقت ١٦٨ دولة على البروتوكول، بالإضافة إلى المجتمع الإقتصادي الأوروبي. وبموجب البند ٣,١ من البروتوكول، وافقت البلدان المدرجة في المرفق الأول بشكل عام على خفض إنبعاثات غازات الدفيئة الإجمالية الصادرة عنها إلى نسبة تكون على الأقل أدنى بـ ٥٪ مقارنةً بمستويات العام ١٩٩٠. يشكّل دخول بروتوكول كيوتو سابقةً، على الرغم من أنه خطوة خجولة على طريق تحقيق الهدف الأساسي لإتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ من أجل تلافي التدخّل البشري المنشأ بالنظام المناخي. إلا أن التطبيق الكامل لبروتوكول كيوتو من قبل الدول الموقّعة ما زال يبعد كل البعد عن عكس إجمالي توجهات إنبعاثات غازات الدفيئة العالمية. وتكمن عناصر قوة بروتوكول كيوتو في أحكام آليات السوق، مثل تجارة إنبعاثات غازات الدفيئة والهندسة المؤسساتية الخاصة بها. أما إحدى نقاط ضعف البروتوكول فتكمن في كون بعض أهم البلدان المنتجة لإنبعاثات غازات الدفيئة لم تصادق عليه. أُنشئت خلال إجتماع مؤتمر الأطراف الأول مجموعة عمل AWG خاصة بإلتزامات البلدان المدرجة في المرفق الأول بموجب بروتوكول كيوتو حتى ما بعد العام ٢٠١٢. وتمّ، خلال إجتماع مؤتمر الأطراف الثاني، الموافقة على أن تجري المراجعة الثانية للبند ٩ من بروتوكول كيوتو في العام ٢٠٠٨.

توجد أيضاً مبادرات دولية طوعية من أجل تطوير تكنولوجيات جديدة وتطبيقها لكي تخفّض إنبعاثات غازات الدفيئة، منها: منتدى القيادات لتنحية

[٣] يشكل مؤتمر الأطراف الهيئة العليا في إتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ، وهو يعتبر إجتماعاً للأطراف في بروتوكول كيوتو. يعتبر إجتماع الأطراف١ الإجتماع الأول لمؤتمر الأطراف الذي يعمل كمؤتمر الأطراف في بروتوكول كيوتو.

أيونات الكربون (لتعزيز إلتقاط الكربون وتخزينه)، وشراكة الهيدروجين، وشراكة آسيا – المحيط الهادئ للتنمية والمناخ النظيفة (٢٠٠٥) التي تتضمن أستراليا والولايات المتحدة واليابان والصين والهند وكوريا الجنوبية. وبات التغيّر المناخي مصدر قلق متزايد بالمسبة إلى مجموعة الثماني منذ الإجتماع في غلينيغلز، سكوتلاندا في العام ٢٠٠٥. وفي ذلك اللقاء، تم تطوير خطة عمل فُرضت على الوكالة الدولية للطاقة، والبنك الدولي، وشراكة الطاقة المتجددة، وكفاءة إستخدام الطاقة، ودعمت جهودها. أيضاً، أطلق إجتماع غلينيغلز الحوار الخاص بالطاقة النظيفة والتغيّر المناخي والتنمية المستدامة في أهم البلدان المنتجة لإنبعاثات غازات الدفيئة. وأنيطت مهمة تقديم المشورة في هذا الحوار بالوكالة الدولية للطاقة والبنك الدولي [١,٤].

البند ٢ من الإتفاقية والتخفيف

ينص البند ٢ من إتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ على وجوب الحؤول دون التدخل الخطير بالنظام المناخي، وبالتالي يجب تثبيت تركيز غازات الدفيئة في الجو عند مستويات معينة وضمن إطار زمني من شأنه أن يحقق هذا الهدف. أما المعيار في البند ٢ الذي يحدد (مخاطر) التغيّر المناخي الخطير والبشري المنشأ فيضم: الأمن الغذائي وحماية النظام الإيكولوجي والتنمية الإقتصادية المستدامة. ويؤدي تطبيق البند ٢ إلى مواجهة عدد من المسائل المعقدة:

أي مستوى من التغيّر المناخي يعتبر خطيراً؟

تحدد القرارات المتعلقة بالبند ٢ هدف السياسات الخاص بالتغيّر المناخي، ويؤدي إلى آثار أساسية في التوجهات الآيلة إلى خفض الإنبعاثات، بالإضافة إلى درجة التكيّف المطلوبة. يتطلب اختيار مستوى تثبيت موازنة مخاطر التغيّر المناخي (من التغيّر التدريجي والحوادث الهامة، والتغيّر المناخي غير القابل للعكس بما في ذلك ما يتعلّق بالأمن الزراعي والأنظمة الإيكولوجية والتنمية المستدامة) مقابل مخاطر تدابير الرد التي قد تهدد الإستدامة الإقتصادية. وعلى الرغم من أن كل حكم خاص في «التدخل الخطير» يكون أولاً حكماً إقتصادياً وإجتماعياً بحسب مستوى الخطر الذي يعتبر مقبولاً، فمن الضروري خفض الإنبعاثات على نحو واسع من أجل تحقيق التثبيت. وكلما تراجع مستوى التثبيت، وجب تحقيق ذلك الخفض الكبير بشكل أسرع (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١,٢].

التنمية المستدامة:

يبدو أن التغيّر المناخي البشري المنشأ المتوقع يؤثر سلباً معاكساً على التنمية المستدامة مع توجه الآثار نحو الإزدياد، مع تركيز أكبر في غازات الدفيئة (الفصل ١٩ من مساهمة الفريق العامل الثاني في تقرير التقييم الرابع للهيئة الحكومية الدولية المعنيّة بتغيّر المناخ). يمكن أن يشكّل الرد المناسب على التغيّر المناخي جزءاً لا يتجزأ من التنمية المستدامة، ويمكن لهذين العنصرين أن يحفزا بعضهما البعض. وبإمكان تخفيف التغيّر المناخي المحافظة على رأس المال الطبيعي وأن يحسّنه (الأنظمة البيئية والبيئة، كمصادر ومصارف للنشاطات الإقتصادية)، كما يمكنه أن يحمي أو يحول دون وقوع الأضرار في الأنظمة الإنسانية، وبالتالي، يسهم في إجمالي إنتاجية رأس المال الضروري للتنمية الإجتماعية – الإقتصادية، بما في ذلك المقدرة التخفيفية والتكيّفية. من جهتها، يمكن لأساليب التنمية المستدامة أن تخفف الضعف أمام التغيّر المناخي وخفض إنبعاثات غازات الدفيئة (توافق معتدل، أدلة وافية) [١,٢].

مسائل خاصة بالتوزيع:

يتعرض التغيّر المناخي إلى توزيع غير متجانس للإنبعاثات والآثار ومواقع الضعف المستقبلية. ويمكن النظر إلى الإنصاف في كيفية توزيع تكاليف التخفيف أو التكيّف وتوزيع حقوق الإنبعاثات المستقبلية وضمان العدل المؤسساتي والإجرائي. ونظراً إلى أن البلدان الصناعية تشكّل المصدر الأكبر لإنبعاثات الدفيئة الماضية والحاضرة بالإضافة إلى قدرتها الفنية والمالية على التحرّك، تحمّلها الإتفاقية مسؤولية العبء الأكبر في القيام بالخطوات الأولى لتخفيف التغيّر المناخي. وهذا ما يكرّسه مبدأ «مسؤوليات مشتركة لكن متفاوتة» (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١,٢].

التوقيت:

بسبب القصور الذاتي للنظام المناخي والنظام الإقتصادي – الإجتماعي، لن تؤدي منافع أعمال التخفيف التي بدأت اليوم إلى تفادي كبير للتغيّر المناخي إلا بعد مرور عقود عدة. ما يعني أن أعمال التخفيف يجب أن تبدأ على المدى القصير من أجل تحقيق منافع على الأمدَين المتوسط والطويل، ومن أجل تلافي التكنولوجيات الكثيفة الكربون (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١,٢].

التخفيف والتكيّف:

يعتبر التخفيف والتكيّف شكلَين من الرد على التغيّر المناخي عبر السياسات التي قد تكون مكملة لبعضها البعض أو مستقلة تماماً، كما يمكن تبديلها. بغض النظر عن درجة تدابير التخفيف المتخذة، تعتبر التدابير التكيّفية ضرورية حالاً بسبب القصور الذاتي في النظام المناخي. خلال فترة السنوات العشرين المقبلة تقريباً، لن تستطيع أكثر السياسات المناخية حدّة أن تؤدي إلى تفادي الإحترار المخزّن في النظام المناخي. ولن تظهر منافع تفادي التغيّر المناخي إلا بعد انقضاء هذه الفترة. وكلما طالت الفترات الزمنية إلى ما بعد العقود القليلة

المقبلة، ستزداد إمكانية إستثمارات التخفيف من أجل تفادي أضرار التغيّر المناخي، وهذه الإمكانية أكبر من خيارات التكيّف التي يمكن تصورها حالياً (توافق معتدل، أدلة معتدلة)[١,٢].

المخاطر وعدم اليقين:

يعتبر عدم اليقين وجهاً هاماً من تطبيق البند٢ علماً أنه يساعد في تقييم المخاطر وقساوة آثار التغيّر المناخي وقياس مستوى أعمال التخفيف (وكلفتها) الضرورية لخفض المخاطر. نظراً إلى عدم اليقين، يمكن للقرار الخاص بتطبيق البند ٢ الإفادة من تضمين مبادئ إدارة المخاطر. تتضمن مقاربة إحترازية وإستباقية لإدارة المخاطر تدابير تخفيف تكيّفية ووقائية بناءً على تكاليف ومنافع تلافي أضرار التغيّر المناخي، مع أخذ بعين الإعتبار الإمكانية البسيطة لحصول أسوأ النتائج (توافق معتدل، أدلة معتدلة) [١,٢].

٢ المسائل الإطارية

التخفيف من تغيّر المناخ والتنمية المستدامة

تظهر علاقة مزدوجة المسار بين تغيّر المناخ والتنمية المستدامة. فمن جهة، يتعرّض المناخ للتغيّر بحسب أنماط التنمية ومستويات الدخل ويتأثر بها كثيراً. وقد تملك القرارات المتعلّقة بالتكنولوجيا والإستثمار والتجارة والفقر وحقوق المجتمع والسياسات الإجتماعية أو الحوكمة، تأثيرات عميقة على الإنبعاثات ومستوى التخفيف المطلوب والكلفة والفوائد الناتجة عنه، وإن بدت كأنها قرارات غير مرتبطة بسياسة المناخ [٢,٢,٣].

ومن جهة أخرى، قد تملك سياسات تغيّر المناخ والتكيّف والتخفيف نفسها تأثيراً إيجابياً على التنمية، أي في جعلها تنمية مستدامة. ما يسمح لنا بإعتبار سياسات تغيّر المناخ ١) سياسات قائمة بذاتها (المناخ أولاً)؛ أو ٢) عنصرٍ من عناصر سياسات التنمية المستدامة (التنمية أولاً). أما وضع تلك السياسات ضمن منظار مشكلة التنمية المستدامة بدلاً من البيئة فقط فقد يؤدي إلى إستجابة أفضل لحاجات الدول، مع الإعتراف بأن قوى الإنبعاثات الدافعة ترتبط بدرب التنمية الأساسي [٢,٢,٣].

وتتطوّر مسارات التنمية نتيجة الصفقات الإقتصادية والإجتماعية المتأثرة بالسياسات الحكومية ومبادرات القطاع الخاص وذوق المستهلك وخياراته. ما يضمّ عدداً واسعاً من السياسات المتعلّقة بحفظ البيئة والأطر القانونية وحقوق الملكية وحكم القانون والضرائب، والتنظيم، والإنتاج، والأمن الغذائي والسلامة، وأنماط الإستهلاك، وجهود بناء القدرات البشرية والمؤسساتية، والبحث والتطوير، وكفاءة الطاقة وخياراتها. وغالباً ما لا تظهر تلك السياسات كجزء من رزمة سياسات تنموية عامة، بل غالباً ما تُوجَّه نحو أهداف سياسية خاصة، مثل معايير تلوّث الهواء والأمن الغذائي والمسائل المتعلّقة بالصحة والحد من إنبعاثات غازات الدفيئة، وزيادة دخل مجموعات محددة أو تنمية صناعات للتكنولوجيا غير المضرة بالبيئة. ولكن، من الممكن أن تتأتى عن تلك السياسات تأثيرات كبيرة على الإستدامة والتخفيف من عامل الدفيئة ونتائج التكيّف. وتنطبق العلاقة المتينة بين التخفيف وتغيّر المناخ والتنمية على الدول النامية والمتقدمة. ويتناول الفصل ١٢ والفصلين ٤ و١١ تلك المسائل بالتفصيل [٢,٢,٥–٢,٢,٧].

حدّدت المؤلفات الحديثة مقاربات منهجية لتحديد علاقات التفاعل بين التنمية المستدامة وإستجابات تغيّر المناخ ووصفها وتحليلها. وإقترح عددٌ من المؤلفين التعامل مع التنمية المستدامة على أنها إطار تقييم مشترك للأوجه الإجتماعية والبشرية والبيئية والإقتصادية. وتكمن إحدى طرق التعامل مع تلك الأوجه في إستخدام عدد من المؤشرات الإقتصادية والبيئية والبشرية والإجتماعية لتقييم تأثيرات السياسات على التنمية المستدامة، بما في ذلك معايير القياس الكمّي والنوعي (توافق عالٍ، أدلة محدودة)[٢,٢,٤].

أخذ القرار، والخطر وعدم اليقين

يتم تطوير سياسات التخفيف إستجابة للمخاوف المتعلّقة بخطر تأثيرات تغيّر المناخ، إلا أن أخذ القرار على مستوى الإستجابة الملائمة يعني التعامل مع أوجه عدم اليقين. فبينما يعود الخطر إلى حالات يمكن تحديد نتائجها وتداعياتها بواسطة نظريات معروفة ذات بيانات كاملة يمكن الإعتماد عليها، يعود عدم اليقين إلى حالات قد تكون البيانات الملائمة فيها متجزئة أو غير متوفّرة. ومن بين أسباب عدم اليقين، نذكر الأدلة غير الكاملة أو المتعارضة، فضلاً عن تصرّف الإنسان، حيث تشكّل أبعاد عدم اليقين البشرية، خاصة في مسائل التنسيق والتصرّفات الإستراتيجية، جزءاً كبيراً من أوجه عدم اليقين المتعلّقة بالتخفيف من تغيّر المناخ (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٢,٣,٣,٢,٣,٤].

يمكن لتحاليل دعم القرار أن تساعد صانعي القرار، خاصةً في ظل غياب التوافق على السياسة الأمثل. لذا، يتوفّر عددٌ من المقاربات التحليلية، لكل منها نقاط ضعفها ونقاط قوّتها، تساعد على إبقاء المعلومات حول مشكلة تغيّر المناخ ضمن الحدود الإدراكية لعدد واسع من صانعي القرار، وتدعم حواراً أكثر فاعلية يكون فيه مختلف الأطراف المشاركة على بيّنة أكثر بالموضوع

المطروح. ولكن، هناك مشاكل كبيرة تتعلّق بتحديد وقياس ومعرفة كميّة مختلف المتغيّرات التي تشكّل مداخل هامة لأي إطار في تحاليل دعم القرار، خاصة التأثيرات على النظم البشرية والصحة البشرية، التي لا تملك قيمة سوقية، والتي تعتبر كل المقاربات المتعلّقة بها مجرّد تبسيط للواقع (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٢,٣,٧].

عندما يشارك العديد من صانعي القرار تبعاً لقيم مختلفة في صنع القرار، من المفيد قدر الإمكان توخّي الوضوح حول الأحكام المبنية على القيم، التي تهدد أي نتائج تحليلية من المفترض أن يُتّخذ قرار بها. وهي مهمة قد تزداد صعوبة وحساسية عندما تهدف التحاليل إلى توضيح الخيارات المتعلّقة بمستويات عالية من الخطر وعدم اليقين (توافق متوسّط، وأدلة متوسّطة) [٢,٣,٢، ٢,٣,٧].

بإمكان التقييمات المتكاملة أن تُعلم صانعي القرار عن العلاقة بين التغيّر الجغرافي الفيزيائي للمناخ والتوقّعات المتعلّقة بتأثير المناخ وإمكانيات التكيّف وتكاليف الحد من الإنبعاثات والفوائد الناتجة عن أضرار تغيّر المناخ التي أمكن تجنّبها. وتملك تلك التقييمات أطر عمل للتعامل مع البيانات غير الكاملة أو غير الواضحة.

ولعرض أوجه عدم اليقين الموجودة، يستخدم التقرير المفردات المعروضة في الجدول ١ في الملخّص الفني، لوصف المستويات النسبية لتوافق الخبراء حول مختلف البيانات في إطار المؤلفات ذات الصلة (الصفوف) وعدد ونوعية المصادر المستقلة التي تستجيب لقوانين[٤] التقييم المعتمدة من قبل الفريق الحكومي الدولي المعنيّ بتغيّر المناخ في أبحاثه (الأعمدة). أما المقاربات الأخرى المبنية على «الأرجحية» و«الثقة» فهي غير مستعملة في هذا التقرير على مستوى خيارات الإنسان، كما لا يؤمّن أيّ من المقاربات المستخدمة الأخرى تشخيصاً كافياً لمسائل عدم اليقين المتصلة بالتخفيف (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٢,٤].

تكاليف وفوائد ومفاهيم بما في ذلك آفاق التكاليف الخاصة والإجتماعية والعلاقات مع أطر أخرى لصنع القرار

تختلف طرق تحديد إمكانية التخفيف، لذا، من الهام معرفة ماهية الإمكانية أولاً. تُستخدم مفردة «إمكانية» لتشير إلى درجة الحد من غازات الدفيئة، يمكن تحقيقها بواسطة خيار تخفيف ذي كلفة محددة لكل طن من الكربون يتمّ تجنّبه خلال فترة محددة، بالمقارنة مع خط أساس أو حالة مرجع. أما القياس فيعبّر عنه عادة بمليون طن من إنبعاثات الكربون أو ثاني أكسيد الكربون المكافىء الذي تمّ تجنّبه بالمقارنة مع إنبعاثات خط الأساس [٢,٤,٣].

الجدول ١ في الملخّص الفني: تحديد نوعي لعدم اليقين [جدول ٢,٢].

مستوى التوافق (على نتائج معيّنة)	توافق عالٍ، أدلة محدودة	توافق عالٍ، أدلة متوسّطة	توافق عالٍ، أدلة عالية
	توافق متوسّط، أدلة محدودة	توافق متوسّط، أدلة متوسطة	توافق متوسّط، أدلة عالية
	توافق متدنٍ، أدلة محدودة	توافق متدنٍ، أدلة متوسطة	توافق متدنٍ، أدلة عالية

كمية الأدلة[٣٣] (عدد المصادر المستقلة ونوعيتها) ←

ملاحظة: الجدول الحالي مبنيّ على بعدين من عدم اليقين: كمية الأدلة ومستوى التوافق، حيث تُقيّم كمية الأدلة[٥] المتوفّرة حول تكنولوجيا ما، من خلال تحليل عدد المصادر المستقلة ونوعيتها. أما مستوى التوافق فيشير إلى إحتمال ذاتي للنتائج المسيطرة.

[٤] تسمح قوانين الفريق الحكومي الدولي المعنيّ بتغيّر المناخ بإستخدام المؤلفات التي إستعرضها الأقران أو غير المستعرضة ولكن يُعتبر مؤلفوها ذوو مستوى مشابه.
[٥] يحدّد التقرير «الأدلة» على أنّها: معلومات أو إشارات تدلّ على صدق أو صحة معتقد أو إقتراح ما. راجع معجم المصطلحات.

إمكانية السوق هي إمكانية التخفيف المبنية على تكاليف خاصة وعلى معدّلات الخصم الخاص[٦]، ويمكن توقّعها بوجود ظروف توقّع السوق، بما في ذلك السياسات والإجراءات المعتمدة حالياً، مع الإشارة إلى أن الحواجز تحدّ من الإمتصاص الفعلي.

الإمكانية الإقتصادية هي كمية التخفيف من غازات الدفيئة مع الأخذ بالتكاليف الإجتماعية والفوائد ومعدّلات الخصم الإجتماع[٧]، على اعتبار أنّ كفاءة السوق تتحسّن بفضل سياسات وإجراءات ما ومن خلال إلغاء الحواجز. إلا أن فاعلية الدراسات الحالية المصمّمة من الأعلى إلى الأسفل ومن الأسفل إلى الأعلى، حول الإمكانية الإقتصادية، محدودة كلما تعلّق الأمر بالنظر في الخيارات المرتبطة بنوع الحياة أو بضمّ كافة التأثيرات الخارجية مثل تلوّث الهواء المحلي.

الإمكانية الفنية هي الكمية التي يمكن بواسطتها الحد من إنبعاثات غازات الدفيئة بتطبيق تكنولوجيا أو ممارسة سبق أن تمّت برهنتها. وما من إشارة واضحة هنا إلى التكاليف، بل إلى «معوقات عملية» فحسب، رغم الأخذ بالأوجه الإقتصادية غير الواضحة في بعض الحالات (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٢,٤,٣].

يمكن إستخدام الدراسات عن إمكانية السوق من أجل إعلام واضعي السياسات عن إمكانية التخفيف بواسطة السياسات والحواجز الموجودة، بينما تشير دراسات الإمكانيات الإقتصادية إلى ما يمكن تحقيقه من خلال وضع سياسات جديدة أو إضافية ملائمة وإدخال التكاليف والفوائد الإجتماعية. ما يعني تالياً أن الإمكانية الإقتصادية أكبر بشكل عام من إمكانية السوق. وتُقدّر إمكانية التخفيف بإستخدام أنواع مختلفة من المقاربات.

وهناك نوعان كبيران، وهما المقاربة «من الأعلى إلى الأسفل» والمقاربة «من الأسفل إلى الأعلى»، وتمّ إستخدامهما بشكل أساسي لتقييم الإمكانية الإقتصادية:

- الدراسات من الأسفل إلى الأعلى هي دراسات مبنية على تقييم خيارات التخفيف، مع التركيز على تكنولوجيات وتشريعات خاصة. وهي عادة دراسات مبنية على القطاعات تعتبر الإقتصاد الكليّ عاملاً ثابتاً. وتمّ جمع التقديرات القطاعية، على غرار ما قام به التقرير الثالث، وذلك بهدف تأمين التقدير لإمكانية التخفيف العامة لهذا التقييم.
- الدراسات من الأعلى إلى الأسفل هي دراسات تقيّم الإمكانية على مستوى الإقتصاد لخيارات التخفيف. وتستخدم أطر العمل التي تلائم المنظار العام والمعلومات المجمّعة حول خيارات التخفيف، كما تأخذ بتجاوب الإقتصاد الكليّ والسوق.

وتعتبر الدراسات من الأسفل إلى الأعلى مفيدة بشكل خاص عند تقييم خيارات سياسة محددة على المستوى القطاعي، أي الخيارات المرتبطة بتحسين كفاءة الطاقة، بينما تظهر فائدة الدراسات من الأعلى إلى الأسفل في تقييم سياسات تغيّر المناخ العابرة للقطاعات أو المتعلّقة بالإقتصاد الكليّ، مثل الضرائب على الكربون أو سياسات التثبيت. وإزداد تشابه النماذج من الأعلى إلى الأسفل ومن الأسفل إلى الأعلى منذ تقرير التقييم الثالث، بعدما ضمّت النماذج من الأعلى إلى الأسفل مزيداً من خيارات التخفيف التكنولوجية (أنظر الفصل ١١)، وضمّت النماذج من الأسفل إلى الأعلى مزيداً من ردود أفعال السوق والإقتصاد الكليّ، فضلاً عن إعتماد تحليل الحواجز ضمن هيكلية النماذج.

العلاقات بين التخفيف والتكيّف: القدرات والسياسات

تجمع بعض العناصر المشتركة بين التخفيف من تغيّر المناخ والتكيّف، وقد يكمّل أحدهما الآخر أو يحلّ محله، أو يكون مستقلاً عنه، أو يتنافس معه في مواجهة التغيّر المناخي. ويملك كل منهما مميزات وجدولاً زمنياً مختلفين [٢,٥].

يحتاج التكيّف والتخفيف إلى قدرات المجتمعات المتصلة بشكل وثيق بالتنمية الإجتماعية والإقتصادية. تعتمد الردود على التغيّر المناخي وعلى التعرض للمخاطر المناخية وعلى موجودات المجتمع الطبيعية ورأس المال البشري المنشأ، ورأس المال والدخل البشري والمؤسساتي. تحدد هذه العناصر جميعها قدرات المجتمع على التكيّف والتخفيف. قد تجمع بعض العناصر المشتركة أو لا تجمع بين السياسات التي تدعم التنمية وتلك التي تطوّر القدرات التكييفية والتخفيفية. وقد تُعتمد سياسات ذات تأثيرات تآزر على النظام الطبيعي والإقتصادي الإجتماعي، لكن من الممكن أن تظهر ضرورة القيام بتنازلات متبادلة صعبة في بعض الأحيان. تتضمن العوامل الأساسية التي تحدد قدرة أصحاب الشأن كأفراد ومجتمعات، في إعتماد التكيّف مع تغيّر المناخ والتخفيف منه: الولوج إلى الموارد والأسواق والمال

٦ تشير معدّلات الخصم الخاص إلى منظار المستهلك والشركات الخاصة؛ راجع معجم المصطلحات لوصف شامل.

٧ تشير معدّلات الخصم الإجتماعي إلى منظار المجتمع. وتقلّ معدّلات الخصم الإجتماعي عن تلك التي يستخدمها المستثمرون الخاصون؛ راجع معجم المصطلحات لوصف شامل.

والمعلومات وعدد من المسائل الخاصة بالحوكمة (توافق معتدل، أدلة محدودة) [٢,٥,٢].

أوجه التوزيع والتكافؤ

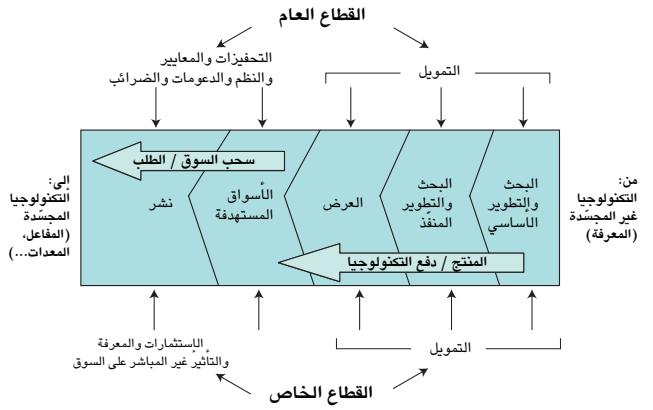
تؤثر القرارات الخاصة بالتغيّر المناخي بشكل كبير على التكافؤ المحلي والوطني والإقليمي – البيني، وذلك على أجيال مختلفة. كما أن إعتماد مقاربات التكافؤ المختلفة يؤثر بشكل كبير على توصيات السياسات وعلى توزيع تكاليف السياسات المناخية ومنافعها [٢,٦].

يمكن تطبيق مقاربات مختلفة للعدالة الإجتماعية على تقييم التكافؤ الناتج عن سياسات التغيّر المناخي. وكما ورد في تقرير التقييم الثالث، يكون البحث عن مقاربات عملية تجمع ما بين مبادئ التكافؤ، ذلك أن هناك من بين أصحاب الشأن المختلفين مَن يفضّل بعض مبادئ التكافؤ لأسباب ذاتية. وتتنوع مقاربات التكافؤ من الإقتصادية التقليدية وصولاً إلى تلك المبنية على الحقوق. أما المقاربة الإقتصادية فهي التي تقيّم الخسارة في درجة الرفاه والربح لمختلف المجموعات وللمجتمع بشكل أوسع، في حين أن المقاربة المبنية على الحقوق تركّز على الحقوق وما يتعلّق بها، على سبيل المثال معدّل الإنبعاثات للشخص الواحد أو إجمالي الناتج المحلي المخصص لجميع البلدان، بغض النظر عن تكاليف التخفيف أو القدرة التخفيفية. تتضمن أيضاً الكتب مقاربةَ القدرة التي تسليط الضوء على الفرص والحرية التي تُفسّر بعبارات السياسة المناخية بصفتها القدرة على التخفيف أو التكيّف أو تلافي موقف ضعيف أمام التغيير المناخي (توافق معتدل، أدلة معتدلة) [٢,٦,٣].

البحوث والتنمية التكنولوجية ونشر التكنولوجيا وتعميمها ونقلها

تعتمد سرعة وتكاليف الرد على أية مخاوف متعلقة بالتغيّر المناخي، بشكل كبير، على كلفة وأداء وتوفّر التكنولوجيات التي من شأنها أن تخفّض الإنبعاثات في المستقبل، على الرغم من أهمية عوامل أخرى مثل زيادة الثروات والسكان [٢,٧].

تؤثر التكنولوجيا على حجم مشكلة التغيّر المناخي وتكلفة حلّها في آن. فالتكنولوجيا مجموعةٌ واسعة من المهارات والأدوات التي تشمل الدراية والخبرة والمعدّات التي يستخدمها الإنسان لإنتاج الخدمات وتحويل الموارد. يكمن دور التكنولوجيا الرئيسي، على مستوى تخفيف إنبعاثات غازات الدفيئة، في السيطرة على الكلفة الإجتماعية للحد من الإنبعاثات. ويظهر العديد



الرسم ٦ في الملخص الفني: دورة التطور التكنولوجي وأبرز قواه المحرّكة [الرسم ٢,٣].

ملاحظة: يوجد تفاوت وتراجع هام بين مراحل دورة حياة التكنولوجيا البارزة في هذا الرسم. إذاً، لا يقترح الرسم نموذج ابتكار «مخطوط». من الهام الإعتراف بالحاجة إلى عبارات أكثر دقة لتمييز «التكنولوجيا»، خاصة عند مناقشة خيارات مختلفة من التكيّف والتخفيف.

من الدراسات القيمة الإقتصادية الكبرى لتطوير تكنولوجيات تستخدم حالياً وتخفّف من الإنبعاثات، بالإضافة إلى تطوير تكنولوجيات متطورة لتخفيف الإنبعاثات ونشرها (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٢,٧,١].

يمكن التوقع بأن تساهم مجموعة واسعة من التكنولوجيات في تحقيق هدف إتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ وإدارة مخاطر التغيّر المناخي بسبب الحاجة إلى خفض الإنبعاثات بشكل كبير والتقلّبات الهامة في الأوضاع الوطنية، بالإضافة إلى غياب اليقين في أداء الخيارات الفردية. ولا تحدد السياسات المناخية وحدها التغيّر التكنولوجي. إلا أن مراجعة سيناريوهات مستقبلية (أنظر الفصل ٣) تشير إلى أن نسبة التغيّر الإجمالية في التكنولوجيات، في ظل غياب السياسات المناخية، قد توازي أو تفوق حتى حجم أثر السياسات المناخية (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٢,٧,١].

يعتبر التغيّر التكنولوجي هاماً للغاية في الفترات الزمنية الطويلة، وهي إحدى خصائص التغيّر المناخي. يُعد العقد أو القرن فترة زمنية نموذجية بالنسبة إلى التأخر بين الإبتكار التكنولوجي والإنتشار الواسع من جهة، وميزة معدّلات عائدات رأس المال، ألا وهي تخزين رأس مال الطاقة والبنية التحتية، من جهة أخرى.

اعتاد العديد من المقاربات تجزئة مسار التغيّر التكنولوجي إلى مراحل مختلفة. تعتبر إحداها التغيّر التكنولوجي مساراً يقسم إلى جزئين: ١)

إنشاء ووضع وتطوير تكنولوجيات جديدة أو تحسين تكنولوجيات موجودة – التقدّم «بالحدود التكنولوجية»، ٢) نشر أو تعميم تلك التكنولوجيات. يتطور فهمنا للتكنولوجيات ولدورها في مواجهة التغيّر المناخي بشكل دائم. فلا تخلو العمليات التي تتأتى عنها التكنولوجيات، وهي تتطور وتنتشر وتُستبدل في نهاية المطاف، من التعقيد (أنظر الرسم ٦ في الملخص الفني). ولا يمكن وصف تلك العمليات بشكل بسيط إذ تشوب تطوير التكنولوجيا ونشرها مشكلتان ترتبطان بالسلع العامة. أولاً، ما زال مستوى البحث والتطوير دون المطلوب لأن صانعي القرار في القطاع الخاص لا يستطيعون إلتقاط قيمة الإستثمارات الخاصة الكلية. ثانياً: توجد مشكلة بيئية كلاسيكية خارجية، لذا، لا تعكس الأسواق الخاصة إجمالي تكاليف التغيّر المناخي (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٢,٧,٢].

أما مصادر التغيير التكنولوجي الأهم فهي ثلاثة: البحث والتطوير والتعلّم والتأثيرات غير المباشرة.

- يتضمن البحث والتطوير مجموعة واسعة من النشاطات توسّع فيها الشركات والحكومات وغيرها من الكيانات مواردها للحصول على مزيد من المعرفة التي يمكن أن تتجسد في تكنولوجيات جديدة أو متطورة.
- يشكّل التعلم نتيجةَ مجموعةٍ من الموارد الكامنة للتقدم التكنولوجي، غالباً ما تتضمن مساهمات هامة في البحث والتطوير والتأثير غير المباشر ووفورات الحجم.
- تعني التأثيرات غير المباشرة نقل المعرفة أو منافع الإبتكار الإقتصادية من الفرد أو الشركة أو الصناعة أو أي كيان آخر أو حتى من التكنولوجيا.

وبالإجمال، تبيّن الأدلة النظرية والقائمة على التجربة أن العناصر الثلاثة تؤدي دوراً هاماً في إحراز التقدّم التكنولوجي، وليس هناك ما يدعي إلى الإعتقاد بأن أحدها أهم من سواه. كان للتأثيرات غير المباشرة من القطاعات الأخرى أثر كبير على الإبتكار في قطاع الطاقة، لكن قد تكون أيضاً لقاعدة تكنولوجية قوية وواسعة أهميةٌ كبيرة من أجل تطوير التكنولوجيات الخاصة بالتغيّر المناخي، وفي ميدان التغيّر المناخي الملحوظ، أو على مستوى البحوث في مجال الطاقة. وتعتبر حقيبة جديدة من البحوث ضرورية لأنه من غير الممكن تحديد الرابحين أو الفائزين مسبقاً. وغالباً ما تدرج مصادر التغيّر التكنولوجي في خانة «دفع الموارد قدماً» (عبر البحث والتطوير مثلاً) أو «سحب الطلب» (عبر التعلّم مثلاً). إلا أنها لسيت بدائل بسيطة، بل تتفاعل فيما بينها بشكل متكامل (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٢,٧,٢].

في ما يخص نقل التكنولوجيات، لا يزال التقرير الخاص بشأن القضايا المنهجية والتكنولوجية في مجال نقل التكنولوجيا (٢٠٠٠) الصادر عن الهيئة الحكومية المعنيّة بتغيّر المناخ، ينطبق على واقع الحال، وقد جاء فيه: يجب إنشاء بيئة مناسبة وممكنة في الدول المضيفة والمستقبلة (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٢,٧,٣].

الأبعاد الإقليمية

استخدمت دراسات التغيّر المناخي العديد من التحديدات الإقليمية المختلفة تبعاً لما يميّز كل مشكلة، وبحسب الفوارق بين المقاربات المنهجية. يعيق تعدّد التمثيل الإقليمية المحتملة القدرة على المقارنة بين المعلومات ونقلها على أشكال الدراسات المختلفة التي تعنى بمناطق معينة أو بفترة محددة. اختار التقرير هذا، بالمرتبة الأولى، طريقة عملية لتحليل المعلومات الإقليمية وتقديم الحقائق [٢,٨].

٣ المسائل المتعلقة بالتخفيف في سياقٍ طويل الأمد

محرّكات سيناريو الخط الأساس

باتت التوقّعات السكّانية اليوم أقل مما جاء في التقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات، بناءً على معطيات جديدة تُظهر أن معدلات الولادة في مناطق مختلفة من العالم قد انخفضت بشدة. وحتى اليوم، لم تُطبّق تلك التوقعات الخاصة بالسكان في العديد من سيناريوهات الإنبعاثات الجديدة في مجال المصطلحات. ينتج عن الدراسات المُستخدمة معدّلات الإنبعاثات الإجمالية نفسها، بسبب التغيّرات في القوى المحرّكة الأخرى مثل النمو الإقتصادي (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٣,٢,١].

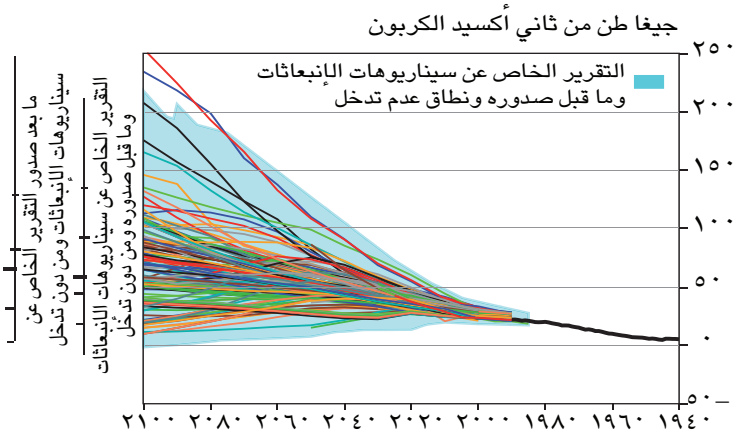
أما توقعات النمو الإقتصادي فلم تتغيّر كثيراً، لكن يوجد تفاوت كبير في أرقام الناتج المحلي الإجمالي المنشورة، مع إنتقال بسيط إلى ما دون متوسط السيناريوهات الجديدة بما نسبته ٧٪ تقريباً، مقارنةً مع المتوسط المذكور في الكتب التي سبق نشرها التقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات. وبحسب المعطيات، ما من تغيّر يذكر في التوقعات الخاصة بتوزيع إجمالي الناتج المحلي. وجاءت توقعات النمو الإقتصادي بالنسبة إلى إفريقيا وأميركا اللاتينية والشرق الأوسط أقل مما ذُكر في سيناريوهات التقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٣,٢,١].

إنبعاثات سيناريو خط الأساس (جميع الغازات والقطاعات)

أما كميّة إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون الصناعية والمتعلقة بالطاقة في العام ٢١٠٠ في سيناريوهات خط الأساس فجاءت كبيرة للغاية في مؤلّفات ما قبل فترة التقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات، إذ تراوحت ما بين ١٧ و١٣٥ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ (٤,٦– ٣٦,٨ جيغا طن من الكربون)[٨]، أي نسبة التفاوت ذاتها المذكورة في التقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات تقريباً (الرسم ٧ في الملخّص الفني). قد تساهم أسباب مختلفة في عدم تراجع الإنبعاثات، على الرغم من التوقعات الأدنى إلى حد ما، لجهة السكان وإجمالي الناتج المحلي. ونظراً للتساوي ما بين جميع العوامل الأخرى، تؤدي التوقعات السكانية المتدنية إلى تراجع الإنبعاثات. لكن، في السيناريوهات التي ترتكز على توقعات أدنى، قد تعادل التغييرات الطارئة على محرّكات إنبعاثات أخرى، جزئياً، آثار سكانية أدنى. تضمّنت بعض الدراسات توقّعات سكانية أدنى، إلا أنها، في هذه الحال، تقابل معدّلات نمو إقتصادي أكثر ارتفاعاً و / أو إنتقالاً باتجاه نظام طاقة كثيف الكربون، مثل الإنتقال إلى إستعمال الفحم بسبب أسعار النفط والغاز المتزايدة. تشير أغلبية السيناريوهات زيادة في الإنبعاثات في خلال القسم الأكبر من القرن. لكن توجد بعض سيناريوهات خط الأساس (مرجعية) في المؤلفات الجديدة والقديمة تصل فيها الإنبعاثات إلى ذروتها ومن ثم تتراجع (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٣,٢,٢].

في ما يخص إنبعاثات غازات الدفيئة المتعلقة بالأرض كخط أساس، فيتوقع أن تزيد مع تزايد متطلبات الأراضي الزراعية لكن بوتيرة أقل سرعة من الإنبعاثات المتعلقة بالطاقة. بالنسبة إلى إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن التغيّر في إستخدام الأراضي (خاصة إزالة الغابات)، فتظهر سيناريوهات ما بعد التقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات، توجّهات مماثلة: تراجع بطيء قد يؤدي في نهاية القرن إلى صافي إنبعاثات يبلغ الصفر.

من المتوقع أيضاً أن ترتفع إنبعاثات غازات الدفيئة غير الكربونية كمجموعة (من الزراعة خاصةً)، لكن بسرعة أقل من إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون، ذلك أن أهم مصادر إنبعاثات الميثان وثاني أكسيد النيتروز ستزيد حتى نهاية القرن الحالي مع إمكانية تضاعفها في بعض خطوط الأساس. وفي حين يتوقع أن تتراجع إنبعاثات بعض المكونات المعالجة بالفلور، يُنتظر أن تزداد أنواع مختلفة منها بشكل كبير بسبب النمو السريع لبعض الصناعات التي تولدها، وبسبب إستبدال المواد المستنزفة لطبقة الأوزون بمركّبات الهيدروفلوروكربون (توافق عالٍ، أدلة معتدلة) [٣,٢,٢].



الرسم ٧ في الملخّص الفني: مقارنة سيناريوهات إنبعاث ثاني أكسيد الكربون الصناعي والمتعلّق بالطاقة، بحسب التقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات وما قبل صدوره [الرسم ٣,٨].

ملاحظة: يظهر عمودان إلى الجهة اليمنى، ويمتدان من النسبة الأقل إلى الأكبر لتوزيع السيناريوهات، وتشير إلى المئين الخامس، والخامس والعشرين، والخمسين، والخامس والسبعين، والخامس والتسعين من توزيع العام ٢١٠٠.

حصلت تغيّرات ملحوظة في توقعات إنبعاثات سلائف الأهباء الجوية، وأكسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت منذ صدور التقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات. وتشير دراسات جديدة إلى نمو بطيء على مدى أقصر مقارنةً بالتقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات. فتتفاوت، بنتيجة ذلك، مصادر إنبعاثات هذين الغازين على المدى الطويل، في الدراسات الحديثة. ويتوقع مشروع السيناريوهات الجديدة أن تبلغ إنبعاثات الكبريت ذروتها وبمستويات أدنى من تلك المذكورة في التقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات. وبدأ عدد صغير من السيناريوهات بإستكشاف مسالك الإنبعاثات التابعة للكربون الأسود والعضوي والهيدروفلوروكربون (توافق عالٍ، أدلة معتدلة) [٣,٢,٢].

وبشكل عام، تظهر مقارنة ما بين التقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات والسيناريوهات الحديثة أن نطاق القوى المحرّكة الأساسية والإنبعاثات لم تتغير كثيراً.

قياس إجمالي الناتج المحلي

في سيناريوهات الطويلة الأمد، يُعرض النموّ الإقتصادي عادة على أنه النمو في إجمالي الناتج المحلي أو إجمالي الناتج القومي. ومن أجل الحصول على مقارنة ذات قيمة في معرفة الحجم الحقيقي للنشاط الإقتصادي عبر

[٨] المئين الخامس إلى المئين الخامس والتسعين من إجمالي التوزيع

الزمن وبين الدول، يُقدّم إجمالي الناتج المحلي بأسعار ثابتة مأخوذة عن سنة أساس.

أما إختيار عامل التحويل، مثل معدّل الصرف السائد في السوق أو معادل القوة الشرائية، فيعتمد على نوع التحاليل قيد الإجراء. ولكن، عندما يتعلّق الأمر بقياس الإنبعاثات (أو قياسات فيزيائية أخرى، مثل الطاقة)، فلا فرق بين التمثيل المستند إلى معادل القوة الشرائية أو ذلك المستند إلى معدّل الصرف السائد في السوق لقياس إجمالي الناتج المحلي، وذلك نظراً إلى أن قوّة الإنبعاثات ستتغيّر (بشكل تعويضيّ) مع تغيّر أرقام إجمالي الناتج المحلي. أي، عند إستعمال مجموعة متماسكة من القياسات، لا يجب أن يؤثّر إختيار القياس المستخدم على مستوى الإنبعاثات الأخير بشكل ملموس. ويتوافق عدد من الدراسات الجديدة في الكتب المنشورة على الإشارة إلى أن الإختيار الحالي لمعدّلات الصرف لا يؤثّر بحد ذاته بشكل ملموس على إسقاطات الإنبعاثات الطويلة الأمد. أما في ما يتعلّق بالتقرير الخاص بالإنبعاثات فلا تتغيّر مسارات الإنبعاثات إن تمّ قياس النشاط الإقتصادي في السيناريوهات الأربعة بالإستناد إلى معدّلات الصرف أو معادل القدرة الشرائية.

وتشير بعض الدراسات إلى وجود إختلافات في مستويات الإنبعاثات بين التقديرات المستندة إلى معدّلات الصرف السائدة في السوق وتلك المستندة إلى معادل القدرة الشرائية. وتعتمد تلك النتائج بشكل كبير على توافق التقديرات، من بين أمور أخرى. وفي بعض السيناريوهات القصيرة الأمد (مع أفق يمتدّ حتى العام ٢٠٣٠)، يتمّ إعتماد نهج من الأسفل إلى الأعلى عندما تكون الإفتراضات المتعلّقة بنمو الإنتاجية والقرارات المتعلّقة بالإستثمار / الإدخار، الدافع الأساسي للنموّ في النماذج. أما في السيناريوهات الطويلة الأمد فيتمّ عادةً إستخدام نهج من الأعلى إلى الأسفل، عندما تقدّم معدّلات النمو بشكل أكثر مباشرة على أساس التوافق أو على أساس إفتراضات أخرى لإمكانيات النموّ. وقد يعود إختلاف النتائج إلى أوجه عدم توافق في تعديل قياسات تحسّن كفاءة الطاقة، عند الإنتقال من حسابات مبنية على معدّل الصرف السائد في السوق إلى تلك مبنية على معادل القوة الشرائية.

وتشير الأدلة المأخوذة من الدراسات الجديدة المبنية على معادل القوة الشرائية إلى أن إختيار مقياس إجمالي الناتج المحلي (معادل القوة الشرائية أو معدّل الصرف السائد في السوق) بالكاد يؤثر على الإنبعاثات المسقطة، عند إستعمال القياسات بشكل ملائم. أما الإختلافات، وإن وجدت، فهي صغيرة مقارنةً بعدم اليقين الناتج عن الإفتراضات المبنية على بارامترات أخرى، مثلاً التغيّر التكنولوجي. وعلى الرغم من ذلك، يشير النقاش السائد، بوضوح، إلى الحاجة بأن يكون واضعو النماذج أكثر شفافية في شرحهم عوامل التحويل، وأن ينتبهوا عند عرض الإفتراضات حول العوامل الخارجية (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٣,٢,١].

سيناريوهات التثبيت

تعتبر الكتب عادةً أن الهدف يكمن في تثبيت تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. وعند دراسة أكثر من غاز دفيئة واحد، من الأفضل تحديد هدف على مستوى تركيزات غازات الدفيئة، يعبّر عنه من حيث تركيز ثاني أكسيد الكربون المكافئ أو التأثير الإشعاعي، أي وزن تركيزات الغازات المختلفة من خلال خصائصها الإشعاعية. ومن بين الخيارات الأخرى، هناك تثبيت المتوسّط العالمي لدرجات الحرارة أو إستهدافه. أما فائدة الأهداف المستندة إلى التأثير الإشعاعي فتكمن في أنّها لا تعتمد على حساسية المناخ، وتكمن سلبيتها في إمكانية وجود تأثيرات عديدة على درجات الحرارة في كل مستوى من مستويات التأثير الإشعاعي. ولا تملك الأهداف المستندة إلى درجات الحرارة، من جهة أخرى، إيجابيات هامة إثر إرتباطها مباشرة بتأثيرات تغيّر المناخ. ويعتمد نهج آخر على إحتساب المخاطر أو إحتمال تخطي بعض القيم في إرتفاع متوسّط درجات الحرارة السنوي العالمي منذ فترة ما قبل الثورة الصناعية، من أجل أهداف تثبيت أو تأثير إشعاعي خاصة.

تَظهر، في الدراسات المنشورة، علاقة وثيقة وقوية بين تركيزات ثاني أكسيد الكربون المكافئ (أو التأثير الإشعاعي) وتركيزات ثاني أكسيد الكربون وحده بحلول العام ٢١٠٠، لأن ثاني أكسيد الكربون هو المساهم الأكبر في التأثير الإشعاعي. وإنطلاقاً من تلك العلاقة، وتسهيلاً للمقارنة ما بين السيناريوهات ولتقييمها، تمّ جمع سيناريوهات التثبيت (متعددة الغازات والمتعلّقة بثاني أكسيد الكربون وحده) ضمن فئات متعددة تختلف في صرامة الأهداف (الجدول ٢ في الملخّص الفني).

مبدئياً، يحتاج أي هدف محدد يتعلّق بالتركيزات أو التأثير الإشعاعي أن ينزل إلى المستويات الدُنيا نظراً إلى أن عمليات الإستعادة التابعة لنظم الأرض والمحيطات تقارب التشبّع. وصحيح أن أهداف تثبيت أعلى تعود بنا إلى الوراء من حيث التوقيت فتتخطى النتيجة النهائية العام ٢١٠٠. لكن، من أجل تحقيق هدف تثبيت معيّن، يجب الحدّ في النهاية من الإنبعاثات إلى ما دون المستويات الحالية بكثير. لكن، من أجل تحقيق فئتي التثبيت الأولى والثانية، من الضروري الحصول على إنبعاثات سلبية بنهاية القرن في العديد من السيناريوهات المدروسة (الرسم ٨ في الملخّص الفني) (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٣,٣,٥].

الجدول ٢ في الملخّص الفني: تصنيف آخر سيناريوهات التثبيت (بعد صدور تقرير التقييم الثالث) بموجب أهداف التثبيت المختلفة وقياسات التثبيت البديلة (الجدول ٣,٥).

فئة	التأثير الإشعاعي (واط في المتر المربّع الواحد)	تركيز ثاني أكسيد الكربون [ج] (جزء في المليون)	تركيز ثاني أكسيد الكربون المكافئ [ج] (جزء في المليون)	توازن المتوسّط العالمي لزيادة درجات الحرارة ما بعد الثورة الصناعية، باستخدام «أفضل تقدير» لحساسية المناخ [ب] [ج] (درجة مئوية)	السنة الذروة لثاني أكسيد الكربون (سنة) [د]	تغيّر في الإنبعاث العالمي لثاني أكسيد الكربون سنة ٢٠٥٠ (٪ إنبعاثات ٢٠٠٠) [د]	عدد السيناريوهات المقيّمة
I	٣,٠–٢,٥	٤٠٠–٣٥٠	٤٩٠–٤٤٥	٢,٤–٢,٠	٢٠١٥–٢٠٠٠	–٨٥ الى –٥٠	٦
II	٣,٥–٣,٠	٤٤٠–٤٠٠	٥٣٥–٤٩٠	٢,٨–٢,٤	٢٠٢٠–٢٠٠٠	–٦٠ الى –٣٠	١٨
III	٤,٠–٣,٥	٤٨٥–٤٤٠	٥٩٠–٥٣٥	٣,٢–٢,٨	٢٠٣٠–٢٠١٠	–٣٠ الى +٥	٢١
IV	٥,٠–٤,٠	٥٧٠–٤٨٥	٧١٠–٥٩٠	٤,٠–٣,٢	٢٠٦٠–٢٠٢٠	+١٠ الى +٦٠	١١٨
V	٦,٠–٥,٠	٦٦٠–٥٧٠	٨٥٥–٧١٠	٤,٩–٤,٠	٢٠٨٠–٢٠٥٠	+٢٥ الى +٨٥	٩
VI	٧,٥–٦,٠	٧٩٠–٦٦٠	١١٣٠–٨٥٥	٦,١–٤,٩	٢٠٩٠–٢٠٦٠	+٩٠ الى +١٤٠	٥
						المجموع	١٧٧

ملاحظات:

أ) تجدر الإشارة إلى أن المتوسط العالمي لدرجات الحرارة عند التوازن يختلف عن المتوسط العالمي المتوقّع لدرجات الحرارة للعام ٢١٠٠ إثر قصور المناخ الذاتي.

ب) تُستخدم العلاقات البسيطة الحرارة عند التوازن = و. وقد تسبب اللاخطية في التأثيرات التفاعلية (بما في ذلك الغطاء الجليدي مثلاً ودورة الكربون) إرتباط حساسية المناخ بعامل الوقت، كما تؤدي إلى المزيد من عدم اليقين في مستويات إحترار أكبر. ويشير أفضل تقدير لحساسية المناخ (٣ درجات مئوية) إلى القيمة الأكثر ترجيحاً، ما يتوافق مع تقييم الفريق العامل الأول لحساسية المناخ بالإستناد أيضاً إلى شروحات الإطار ١٠,٢، الرسم ٢، في تقرير الفريق العامل الأول المساهم في تقرير التقييم الرابع.

ج) توازي النطاقات المئين ١٥ و٨٥ لتوزيع السيناريوهات بموجب تقرير التقييم الثالث. وتظهر إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون بما يسمح بمقارنة السيناريوهات المتعددة الغازات مع سيناريوهات ثاني أكسيد الكربون وحده.

وتجدر الإشارة إلى ضرورة الإنتباه عند التصنيف. وتضم كل فئة نطاقاً من دراسات الحدّ الأعلى إلى الحد الأدنى. وتم تصنيف الدراسات على أساس الأهداف المعروضة (أي بضم نمذجة أوجه عدم اليقين). أما العلاقة التي تم الإستناد عليها للربط بين قياسات التثبيت المختلفة فهي عرضة بدورها لعدم اليقين (أنظر الرسم ٣,١٦).

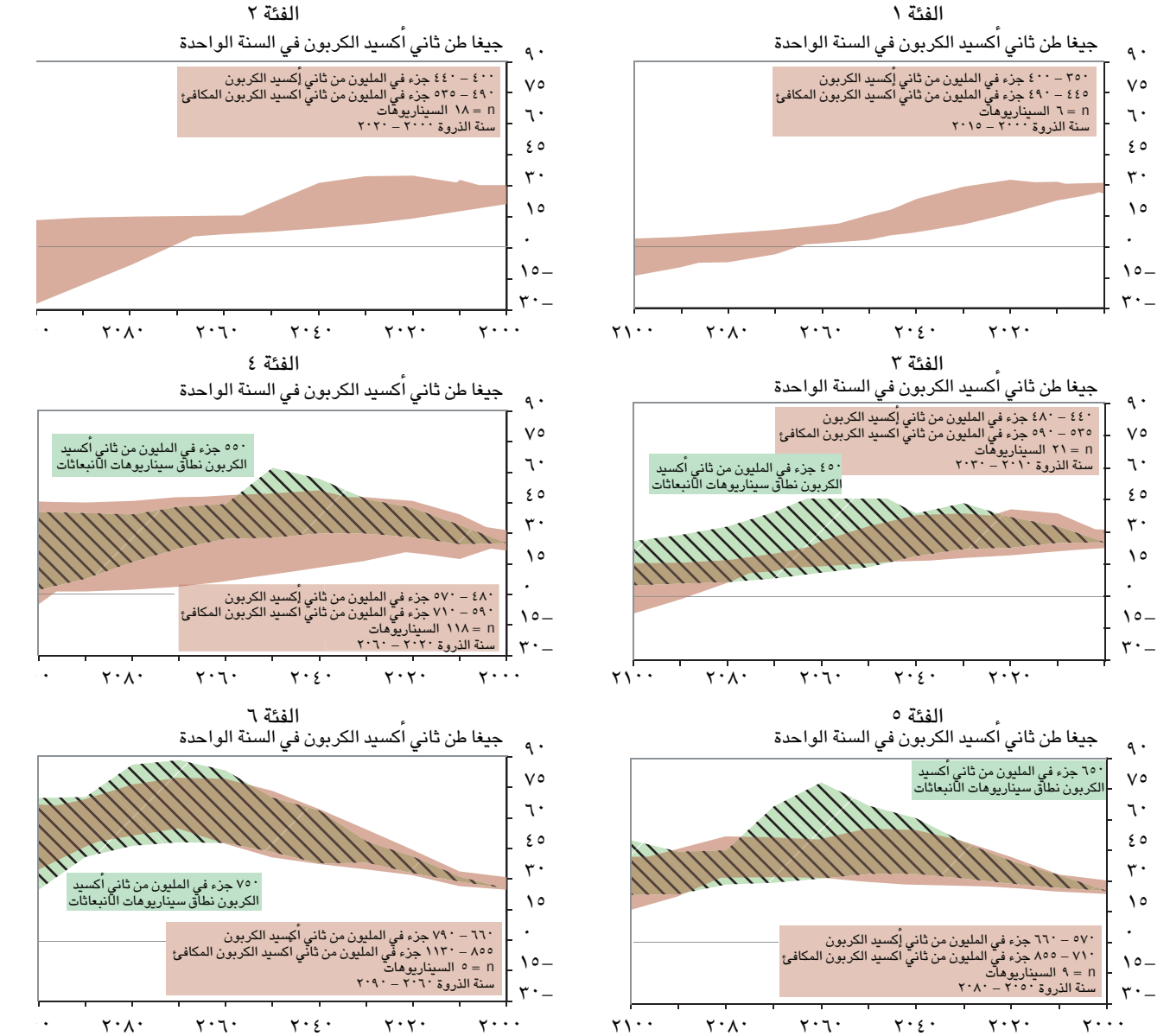
ويرتبط توقيت الحدّ من الإنبعاثات بمدى صرامة هدف التثبيت. فالهدف الصارم يحتاج إلى ذروة أبكر لإنبعاثات ثاني أكسيد الكربون (أنظر الرسم ٨ في الملخّص الفني). وفي معظم السيناريوهات، من المطلوب بموجب فئة التثبيت الأولى الأكثر صرامة الحدّ من الإنبعاثات قبل العام ٢٠١٥، ومن ثم خفض المزيد منها إلى ما دون نسبة ٥٠٪ من إنبعاثات اليوم، بحلول العام ٢٠٥٠. أما بالنسبة إلى الفئة الثالثة فتبلغ الإنبعاثات العالمية ذروتها في السيناريوهات بين العامين ٢٠١٠ و٢٠٣٠، وتعود إلى مستويات العام ٢٠٠٠ كمعدّل، وذلك بحلول العام ٢٠٤٠. أما بالنسبة إلى الفئة الرابعة فمتوسط الإنبعاثات يبلغ ذروته في العام ٢٠٤٠ تقريباً (الرسم ٩ في الملخّص الفني) (توافق عالٍ، أدلة وافية).

وترتبط كلفة التثبيت بهدف التثبيت ومستواه، وبخط الأساس، وبمحفظة التكنولوجيات المأخوذة بعين الإعتبار، فضلاً عن معدّل التغيّر التكنولوجي. وترتفع تكاليف التخفيف العالمية[٩] مع مستويات أدنى من التثبيت، وإنبعاثات أعلى لخط أساس. وفي العام ٢٠٥٠، تتراوح تكاليف التثبيت عند ٦٥٠ جزءاً في المليون من ثاني أكسيد الكربون المكافئ (الفئة الرابعة) بين خسارة نسبتها ٢٪ وزيادة نسبتها ١٪[١٠] من إجمالي الناتج المحلي للعام ٢٠٥٠. أما لتثبيت ٦٥٠ جزءاً في المليون من ثاني أكسيد الكربون المكافئ (الفئة الثالثة) فتتراوح الكلفة بين زيادة طفيفة وإنخفاض نسبته حوالي ٤٪ من إجمالي الناتج المحلي[١١]. أما عند مستويات تثبيت تتراوح ما بين ٤٤٥ و٥٣٥ جزءاً في المليون من ثاني أكسيد الكربون المكافئ فتقل التكاليف عن نسبة ٥,٥٪ من إجمالي الناتج المحلي، لكن عدد الدراسات محدود وغالباً ما تستخدم خطوط أساس متدنية.

[٩] إن الدراسات حول محفظات التخفيف وتكاليف الإقتصاد الكلي التي يقيّمها التقرير الحالي مبنية على نهج يبحث عن الكلفة العالمية الأدنى. ففي حال تم إستثناء مناطق أو إختيار محفظات لا تؤمن نسب التخفيف القصوى، سترتفع الأسعار العالمية. ويعود سبب الإختلاف بين محفظات التخفيف وكلفته عند مستوى تثبيت معيّن، إلى تعدد الإفتراضات، كتلك المبنية على خطوط الأساس (خطوط أساس أدنى تعطي تكاليف أدنى)، وإلى غازات الدفيئة وخيارات التخفيف التي يتم إختيارها (مزيد من الغازات وخيارات التخفيف يؤدي إلى تكاليف أدنى)، وإلى منحنيات خيارات التخفيف ومعدّل التغيّر التكنولوجي.

[١٠] تمّ إعطاء نطاق المئين المتوسط والعاشر والتسعين للبيانات المحلّلة.

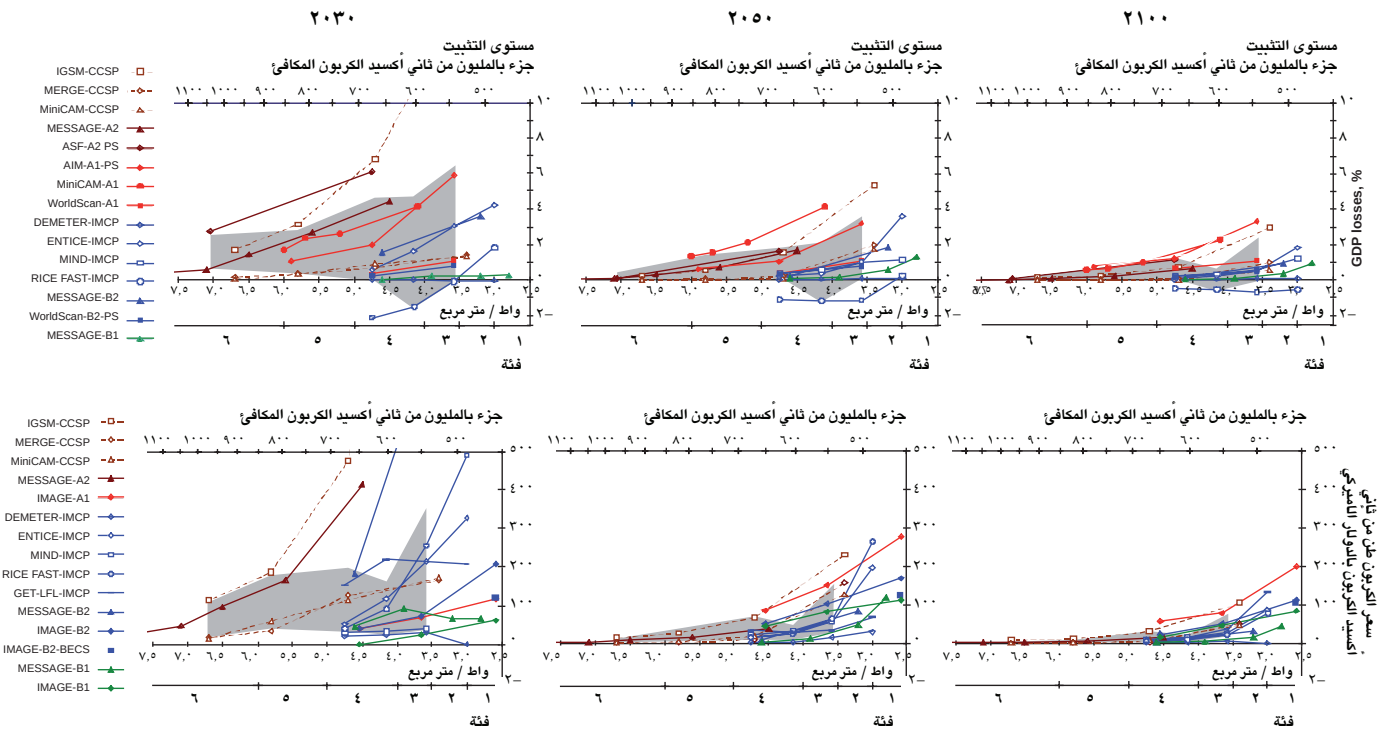
[١١] تساوي خسارة نسبة ٤٪ من إجمالي الناتج المحلي في العام ٢٠٥٠ إنخفاضاً في النمو العالمي لإجمالي الناتج المحلي بحوالي ٠,١ نقطة مئوية.



الرسم ٨ في الملخّص الفني: توجّهات إنبعاثات سيناريوهات التخفيف لفئات بديلة عن أهداف التثبيت (الفئة ١ إلى الفئة ٦ كما يحددها الإطار الموجود في كل شكل). أما المناطق المظلّلة باللون البني الفاتح فهي تشير إلى إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون في أحدث سيناريوهات التخفيف التي طُوّرت بعد تقرير التقييم الثالث. بالنسبة إلى المناطق المظلّلة باللون الأخضر فهي تشير إلى نطاق أكثر من ٨٠ سيناريو تثبيت بموجب تقرير التقييم الثالث (موريتا إتز ال.، ٢٠٠١). تنظر سيناريوهات الفئتين ١ و٢ إلى أهداف تثبيت تنخفض عن أدنى المستويات المذكورة في تقرير التقييم الثالث. يمكن أن تختلف الإنبعاثات بين النماذج بسبب فروقات في القطاعات وغطاء صناعي. للوصول إلى أدنى مستويات التثبيت، تنشر بعض السيناريوهات إزالة إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الجو (الإنبعاثات السلبية) عبر إستخدام تكنولوجيات مثل إنتاج الطاقة من الكتلة الأحيائية عبر وسائل إلتقاط الكربون [الرسم ٣,١٧].

غالباً ما تخفّف مقاربة الغاز المتعدد وتضمين مصارف الكربون، بشكل كبير، تكاليف إنخفاض إنبعاثات الكربون فقط. يغيب اليقين في ما يخص المعدّل العالمي لتكاليف التثبيت، بسبب الإفتراضات حول خيارات الخطوط الأساس والتخفيف في نماذج تختلف للغاية وتتمتع بأثر كبير. بالنسبة إلى بعض البلدان والقطاعات، وعلى فترات زمنية قصيرة، يمكن أن تختلف التكاليف بشكل ملحوظ عن المعدّل العالمي والطويل الأمد (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٣,٣,٥].

أظهرت دراسات التثبيت الحديثة أن خيارات تخفيف إستخدام الأراضي (ثاني أكسيد الكربون أو غيره) تؤدي إلى إنخفاض مرن وفاعل بالقياس إلى كلفة تحقيق أهداف التثبيت للعام ٢١٠٠. في بعض السيناريوهات، تُعد الطاقة (الوقود الصلب والسائل) المتزايدة التجارية المتأتية عن الكتلة الأحيائية هامةً للتثبيت، إذ تؤمن نسبة ٥٪ – ٣٠٪ من الإنخفاض التراكمي، وحوالي نسبة ١٠٪ – ٢٥٪ من الطاقة الأولية خلال القرن، خاصةً كإستراتيجية إنبعاثات سلبية صافية تجمع ما بين طاقة الكتلة الأحيائية وإلتقاط الكربون وتخزينه.



الرسم ٩ في الملخّص الفني: العلاقة بين كلفة التخفيف وأهداف التثبيت الطويل الأمد (التأثير الإشعاعي مقارنة مع مستوى ما قبل المرحلة الصناعية واط / متر مربع وتركيز ثاني أكسيد الكربون المكافئ) [الرسم ٣,٢٥].

ملاحظات: تحدد الأشكال التكاليف التي تقاس كنسبة خسارة في إجمالي الناتج المحلي (في الأعلى) وسعر الكربون (في الأسفل). أما الأشكال إلى اليسار فهي للعام ٢٠٣٠، وفي الوسط للعام ٢٠٥٠ وإلى اليمين للعام ٢١٠٠. بالنسبة إلى الأسطر الملونة فهي تشير إلى دراسات محددة مع ديناميات تمثيلية للكلفة، من تقدير كلفة مرتفعة كثيراً إلى منخفضة للغاية. وتُظهر أيضاً السيناريوهات نماذج ذات إفتراضات مماثلة تشكّل خط الأساس. تمثّل المناطق المظللة باللون الرمادي المئين الثمانين في تقرير التقييم الثالث، وما بعد السيناريوهت التي وضعها. تمثّل الخطوط الصلبة سيناريوهات تمثيلية تدرس جميع الغازات الناشطة إشعاعياً. وتمثّل الخطوط المتقطعة سيناريوهات الغاز المتعدد، حيث يُحدد الهدف بالغازات الستة المنصوص عليها في بروتوكول كيوتو (سيناريوهات الغاز المتعدد الأخرى تتناول جميع الغازات الناشطة إشعاعياً). تضاف سيناريوهات تثبيت ثاني أكسيد الكربون بناءً على العلاقة بين تركيز ثاني أكسيد الكربون وأهداف التأثير الإشعاعي الواضحة في الرسم ٣,١٦.

ولا غنى عن خيار خط الأساس من أجل تحديد نوع التثبيت وكلفته. يعود هذا التأثير بشكل أساسي إلى الإفتراضات المختلفة الخاصة بالتغيّر التكنولوجي في سيناريوهات الخط الأساس.

دور التكنولوجيات

تعتبر جميع السيناريوهات أن التغيّرات التكنولوجية والهيكلية تحدث خلال هذا القرن، ما يؤدي إلى تخفيف نسبي للإنبعاثات مقارنةً مع الحالة النظرية للمحافظة على بقاء قوة هيكليات إجمالي الناتج المحلي والإقتصاد على حالها اليوم (أنظر الفصل ٢، المقطع ٢,٩,١,٣).

غالباً ما تفترض سيناريوهات الخط الأساس تغيّراً تكنولوجياً كبيراً ونشر تكنولوجيات حديثة ومتطورة. في سيناريوهات التخفيف، يوجد المزيد من التغيّر التكنولوجي الذي يسبّبه مختلف السياسات والتدابير. تشدّد سيناريوهات تثبيت الأمد الطويل على أهمية التقدّم التكنولوجي والتكنولوجيات المتطورة والتعلّم عبر الفعل وتغيير التكنولوجيا المحلية الداخلية من أجل تحقيق أهداف التثبيت وتخفيف الكلفة على حد سواء. وفي حين أن التقدّم التكنولوجي وإستخدام التكنولوجيات المتطورة قد أُدخلا في سيناريوهات من الخارج في أغلبية الآداب، تركز الآداب الجديدة على مبدأ التعلّم عبر الفعل وتغيير التكنولوجيات الداخلية. تظهر تلك السيناريوهات منافع أكبر للعمل المبكر، وتفترض النماذج أن نشر التكنولوجيات المبكر يؤدي إلى المنفعة العلمية وخفض التكاليف (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٣,٤].

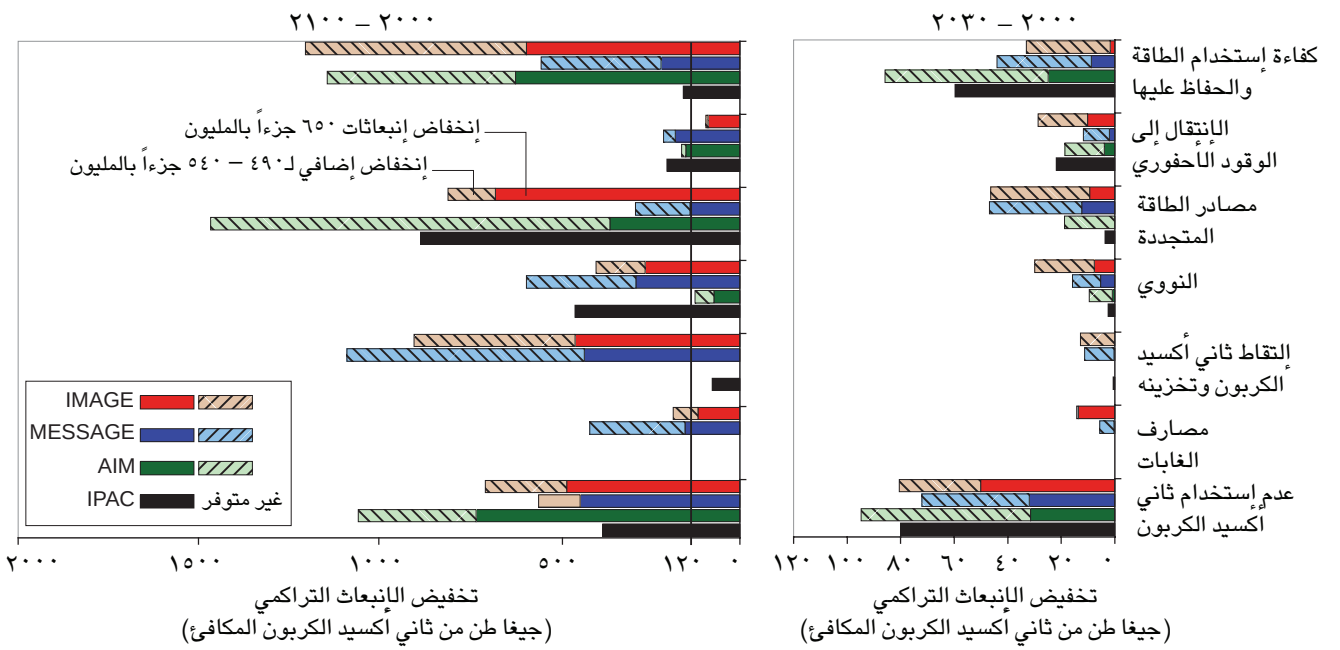
[١٢] إنّ توازن حساسية المناخ هو قياس لإستجابة النظام المناخي للتأثير الإشعاعي المستدام. وهو ليس إسقاطاً، بل يُحدد كمتوسّط عالمي للإحترار السطحي الذي يتبع تضاعف تركيزات ثاني أكسيد الكربون [الملخّص لواضعي السياسات للفريق العامل الأول من تقرير التقييم الرابع].

تعكس فئات السيناريوهات المختلفة المساهمات المتعددة لتدابير التخفيف. لكن، بحسب جميع سيناريوهات التثبيت، تتأتى نسبة ٦٠٪ – ٨٠٪ من الخفض الإجمالي عن قطاعي الطاقة والصناعة. تساهم الغازات غير الكربون وإستخدام الأراضي بنسبة ٣٠٪ – ٤٠٪ المتبقية (أنظر الأمثلة التوضيحية في الرسم ١٠ في الملخّص الفني). تظهر دراسات جديدة لمستويات تثبيت قاسية أن هناك حاجة إلى مجموعة أوسع من التكنولوجيات تتضمن: إلتقاط الكربون وتخزينه نووياً وطاقة أحيائية مع إلتقاط الكربون وتخزينه جيولوجياً (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٣,٣,٥].

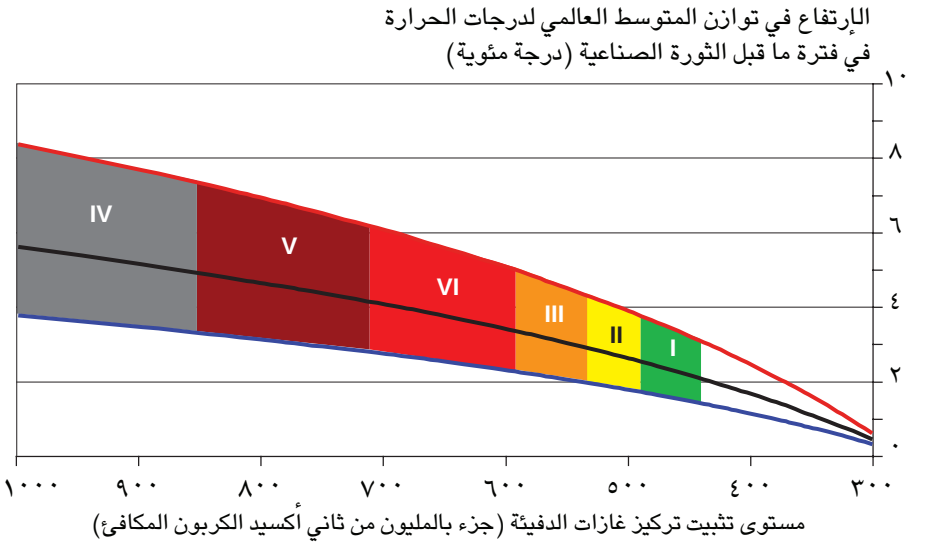
التخفيف والتكيّف على ضوء تأثيرات تغيّر المناخ وصنع القرار بوجود أوجه عدم اليقين

سيؤثّر القلق المرتبط بأهم أوجه التعرّض لتغيّر المناخ ومفاهيم التغيّر الخطير للمناخ، على القرارات المتعلّقة بأهداف المناخ الطويلة الأمد، وبالتالي على مسالك التخفيف. وتتجاوز أوجه العرضة الأساسية النظم الطبيعية والبشرية وتتواجد على مستويات مختلفة من تغيّر درجات الحرارة. ويحقق مزيدٌ من سيناريوهات التثبيت الصارمة مزيداً من أهداف مناخية صارمة، مخفّضاً خطر توليد أوجه العرضة الأساسية لتغيّر المناخ. وبإستخدامها «التقدير الأفضل» لحساسية المناخ[١٢]، يمكن لمعظم السيناريوهات الصارمة (التثبيت عند ٤٤٥–٤٩٠ جزءاً في المليون من ثاني أكسيد الكربون المكافئ) أن تحدّ زيادات المتوسّط العالمي لدرجات الحرارة عند ٢–٢,٤ درجة مئوية فوق المستوى القائم قبل الثورة الصناعية، ما يؤدي إلى إرتفاع الإنبعاثات خلال ١٥ سنة لتصبح أعلى بما نسبته تقريباً ٥٠٪ من المستويات الحالية، بحلول العام ٢٠٥٠. وبوسع السيناريوهات المثبّتة عند ٥٣٥–٥٩٠ جزءاً في المليون من ثاني أكسيد الكربون المكافئ أن تحد من الزيادة إلى ٢,٨–٣,٢ درجة مئوية فوق مستويات ما قبل الثورة الصناعية، بينما تحدّ مستويات التثبيت عند ٥٩٠–٧١٠ جزءاً في المليون من ثاني أكسيد الكربون المكافئ على ٣,٢–٤ درجات مئوية، ما يؤدي إلى بلوغ الإنبعاثات ذروتها خلال السنوات ٢٢ و٥٥ على التوالي (أنظر الرسم ١١ في الملخّص التنفيذي) [٣,٣، ٣,٥].

يزيد خطر حساسيات المناخ الأكثر إرتفاعاً، إمكانية تخطي أية عتبة لأوجة عرضة محددة. ويمكن لسيناريوهات الإنبعاثات أن تؤدي إلى إرتفاع مفرط



الرسم ١٠ في الملخّص التنفيذي: خفض تراكمي للإنبعاثات ضمن إجراءات التخفيف البديلة للفترة الممتدة ما بين العامين ٢٠٠٠ و٢٠٣٠ (الرسم إلى اليسار) وللفترة الممتدة ما بين العامين ٢٠٠٠ و٢١٠٠ (الرسم إلى اليمين). ويعرض الرسم الكامل السيناريوهات المأخوذة عن أربعة نماذج (AIM, IMAGE, IPAC, MESSAGE) بهدف تحقيق التثبيت على المستوى المتدني (٤٩٠–٥٤٠ جزءاً في المليون من ثاني أكسيد الكربون المكافئ) والمستوى المتوسّط (٦٥٠ جزءاً في المليون من ثاني أكسيد الكربون المكافئ). وتشير الخطوط العريضة باللون الداكن إلى مستوى الحد من الإنبعاثات تحقيقاً لهدف الـ ٦٥٠ جزءاً في المليون من ثاني أكسيد الكربون المكافئ، بينما تشير الخطوط العريضة باللون الفاتح إلى الخفض الإضافي المطلوب لتحقيق هدف الـ٤٩٠–٥٤٠ جزءاً في المليون من ثاني أكسيد الكربون المكافئ. وتجدر الإشارة إلى أن بعض النماذج لا تأخذ بالتخفيف من خلال تعزيز مصارف الغابات (AIM وIPAC) أو إلتقاط الكربون وتخزينه (AIM)، وإلى أن حصّة خيارات الطاقة المتدنية الكربون من مجمل إمدادات الطاقة ترتبط أيضاً بإدخال تلك الخيارات في خط الأساس. وتعتمد عملية CCS على إلتقاط كربون الكتلة الأحيائية وتخزينه. وتضمّ مصارف الغابات الحد من الإنبعاثات الناتجة عن إزالة الغابات [الرسم ٣,٢٣].



الرسم ١١ في الملخّص الفني: فئات سيناريوهات التثبيت كما جاء في الرسم ٨ في الملخّص الفني (الخطوط العريضة الملوّنة) وعلاقتها بالمتوسّط العالمي لتغيّر درجات الحرارة فوق مستوى ما قبل الثورة الصناعية [الرسم ٣,٣٨].

ملاحظات: الخط الأسود في الوسط – «التقدير الأفضل» لحساسية المناخ لثلاث درجات مئوية؛ والخط الأحمر الأعلى – الحد الأعلى لنطاق حساسية المناخ المرجّح عند ٤,٥ درجات مئوية؛ والخط الأزرق الأدنى – الحد الأدنى لنطاق حساسية المناخ المرجّح عند درجتين مئويتين. وتشير الظلال الملوّنة إلى تركيزات تثبيت غازات الدفيئة في الغلاف الجوي بموجب سيناريو التثبيت الأول و سيناريو التثبيت السادس كما جاء في الجدول ٢ في الملخّص الفني.

في حدود التركيزات القصوى، ما يؤدي بدوره إلى معدّلات أعلى لتغيّر المناخ مع مرور القرن، ويزيد من تخطي عتبات أوجه العرضة الأساسية. وتشير الدراسات التي نظرت في تأثير دورة الكربون والتأثيرات التفاعلية للمناخ إلى إمكانية التقليل من قيمة مستويات التركيزات المقدّرة المذكورة أعلاه والإحترار ذات الصلة لسيناريو إنبعاثات محدد. وتظهر الحاجة إلى تدابير تخفيف أبكر وأكثر صرامة في ظل وجود حساسية أعلى للمناخ، من أجل تحقيق مستوى التركيز ذاته.

يشكّل صنع القرار المتعلّق بمستوى التخفيف المطلوب عمليةً متكررة لإدارة المخاطر، تنظر في الإستثمار في مجال التخفيف والتكيّف، وفي المنافع المشتركة الناتجة عن هذا القرار أو ذاك إزاء تغيّر المناخ، وفي الضرر الناتج عن تغيّر المناخ. وتتشابك تلك العملية مع القرارات المتعلّقة بمسالك الإستدامة والتكافؤ والتنمية. وتحاول عملية تحليل المنافع المشتركة، وهي إحدى الأدوات المتوفّرة، أن تحدّد كمية الضرر الناتج عن تغيّر المناخ من حيث القيمة النقدية (ككلفة الكربون الإجتماعية، أو كضرر مخصوم من حيث الوقت). ونتيجة غياب اليقين الواسع والمشاكل المتعلّقة بتحديد كمية الضرر غير السوقي، ما زال من الصعب تقدير كلفة الكربون الإجتماعية بكلّ ثقة وتأكيد. وتعتمد النتائج على عدد كبير من الإفتراضات المعيارية والتجريبية غير الأكيدة. وتشير النتائج المبكّرة والمحدودة للتحاليل التكاملية لتكاليف التخفيف ومنافعه، إلى إمكانية المقارنة من حيث الحجم من دون إمكانية التأكيد على مسلك الإنبعاثات أو مستوى تثبيت تتخطى فيه المنافع التكاليف، تأكيداً لا إلتباس فيه. أما التقييم المتكامل للتكاليف الإقتصادية لمختلف مسالك التخفيف ومنافعها فيشير إلى إرتباط التوقيت الأقصى إقتصادياً ومستوى التخفيف بالمنحنى غير الواضح المعالم والخصائص، لتحديد تكاليف الضرر الناتج عن تغيّر المناخ.

ويظهر هذا الإرتباط على الشكل التالي:

- إذا نما منحنى كلفة الضرر الناتج عن تغيّر المناخ نمواً بطيئاً ومنتظماً، وفي ظل وجود موجّه أمامي جيّد (يزيد من إمكانية الإحسان في إختيار توقيت التكيّف)، فمن الأفضل إقتصادياً إعتماد تخفيف أكثر تأخّراً وأقلّ صرامة.
- إذا بقي المنحنى ينمو بشكل سريع أو يحتوي على نقاط لاخطية (مثل عتبات العرضة أو حتى إمكانيات وقوع أحداث كارثية) فمن الأفضل إقتصادياً إعتماد تخفيف أكثر إبكاراً وأكثر صرامة. (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٣,٦,١].

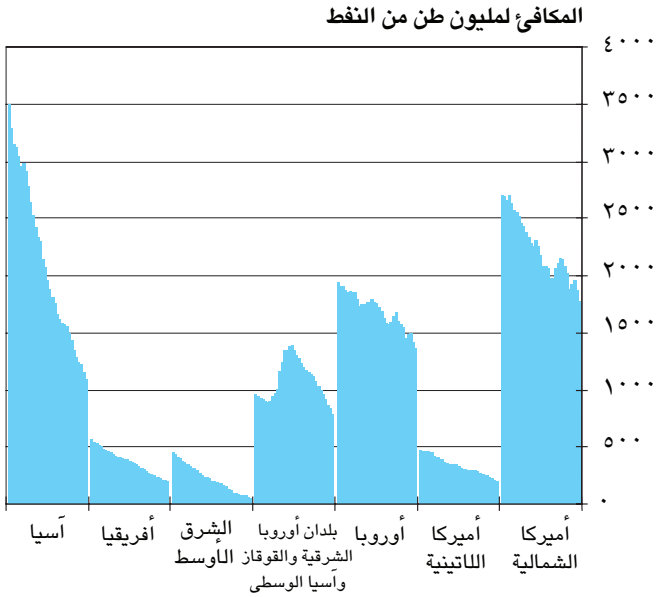
العلاقات بين الأمد الطويل والأمد القصير

يمكن إتّخاذ قرارات قريبة لأي هدف تثبيت إنبعاثات غازات الدفيئة، تتعلّق بفرص التخفيف، وذلك بعد المساعدة على الإبقاء على مسار ملائم

للإنبعاثات ضمن نطاق أهداف تثبيت طويلة الأمد. وبوسع النمذجة، على مستوى الإقتصاد، لأهداف التثبيت الطويلة الأمد أن تساعد على تأمين المعلومات المطلوبة لإتخاذ القرارات القريبة لجهة التخفيف. ويشير تراكم النتائج للنماذج الطويلة والقصيرة الأمد بإستخدام السيناريوهات لأهداف تثبيت ضمن النطاق ٣–٥ واط / م٢ (الفئتان الثانية والثالثة)، إلى أنه في العام ٢٠٣٠، يمكن توقّع تخفيف للإنبعاثات يتراوح بين ٩–١٨ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة، على مستوى كافة أنواع غازات الدفيئة، بأسعار كربون تقلّ عن ٢٠ دولاراً أميركياً / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ. ويمكن توقّع تخفيف يتراوح بين ١٤–٢٣ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة بأسعار كربون تقلّ عن ٥٠ دولاراً أميركياً / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ. ويتراوح التخفيف بين ١٧–٢٦ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة بأسعار كربون تقلّ عن ١٠٠ دولار أميركي / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ. (توافق عالٍ، أدلة وافية).

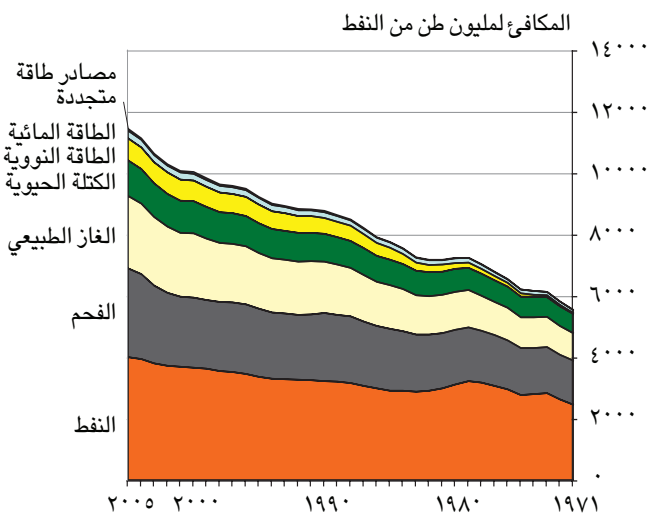
ويجب تذكّر ثلاثة أمور هامة لا بدّ من الأخذ بها، وهي تتعلّق بالتكاليف الحدّية المعلن عنها. أولاً، تعتبر سيناريوهات التخفيف أن هناك مرونة كاملة لجهة «ماذا» و«أين»؛ أي أن هناك إستبدال كامل بين غازات الدفيئة، ويحصل الحدّ من الإنبعاثات في أي مكان من العالم ما أن تبدأ النماذج بإجراء تحاليلها. ثانياً، تزداد التكاليف الحدّية من أجل تحقيق مستويات التخفيف تلك في نطاق زمني يلي العام ٢٠٣٠. ثالثاً، على مستوى القطاع الإقتصادي، تختلف قدرة الحدّ من إنبعاثات غازات الدفيئة كافة، بشكل كبير، مع إختلاف سيناريوهات النماذج (توافق عالٍ، أدلة وافية).

يمكن لإدارة المخاطر أو نهج «التحوّط» أن يساعد صانعي السياسات في إتخاذ القرارات المتعلّقة بالتخفيف، في ظل غياب هدف طويل الأمد، وبوجود نطاق واسع من عدم اليقين في كلفة التخفيف، وفاعلية التكيّف، وتأثيرات تغيّر المناخ السلبية. أما نطاق إستراتيجية «التحوّط» المرغوب فيها وتوقيتها فيعتمدان على المصالح والغرائب ومواقع المجتمعات إزاء المخاطر، كالأخذ مثلاً بمخاطر التغيّر المفاجئ في النظم الجغرافية الفيزيائية ونقاط الضعف الأساسية الأخرى. وهناك مجموعة من أنهج التقييم المتكاملة المختلفة من أجل تقييم منافع التخفيف في إطار سياسات القرارات المتعلّقة بأهداف شبيهة، طويلة الأمد. وستظهر فرصة تعلّم واسعة وإمكانية كبيرة لإجراء التعديلات في منتصف الطريق كلّما توفّرت معلومات جديدة. إلا أنه، على المدى القصير، ستؤثر الأنشطة بشكل كبير على المتوسّط العالمي لدرجات الحرارة على المدى الطويل، وبالتالي، تحدد ما هي تأثيرات تغيّر المناخ التي يمكن تجنّبها. أما الخفض المتأخّر للإنبعاثات فيؤدي إلى إحتجاز الإستثمارات في بنى تحتية ومسارات تنموية أكثر إطلاقاً للإنبعاثات، ما يعيق بشكل كبير الفرص التي



الرسم ١٢ في الملخّص الفني: الإستهلاك السنوي للطاقة الأولية، بما في ذلك الكتلة الأحيائية التقليدية، ١٩٧١ إلى ٢٠٠٣ [الرسم ٤,٢].

ملاحظة: يُشار إلى بلدان أوروبا الشرقية والقوقاز وآسيا الوسطى بالإنكليزية = EECCA.



الرسم ١٣ في الملخّص الفني: الإستخدام العالمي للطاقة الأولية من حيث نوع الوقود [الرسم ٤,٥].

تسمح بتحقيق مستوات تثبيت أدنى ويزيد من خطر تأثيرات تغيّر المناخ أكثر حدّة. لذلك، لا يجب الفصل بين التحاليل المتعلّقة بالقرارات القصيرة الأمد وتلك المتعلّقة بنتائج تغيّر المناخ على المدى الطويل (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٣,٦، ٣,٥,٢].

٤ إمدادات الطاقة

وضع القطاع والتنمية حتى العام ٢٠٣٠

يستمرّ الطلب على الطاقة العالمية في النمو على الرغم من التباينات على المستوى الإقليمي. وشهد المتوسّط العالمي لنمو إستهلاك الطاقة العالمية إرتفاعاً بلغت نسبته ١,٤٪ سنوياً خلال الفترة الممتدة من العام ١٩٩٠ إلى العام ٢٠٠٤، رغم نسبة نمو أدنى سجّلت خلال العقدين السابقين إثر الإنتقال الإقتصادي في دول أوروبا الشرقية والقوقاز وآسيا الوسطى، إلا أنه سرعان ما عاد إستهلاك الطاقة لينمو من جديد في تلك المنطقة (الرسم ١٢ في الملخّص الفني) (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٤,٢,١].

يشهد العديد من الدول النامية نمواً سريعاً في إستهلاك الطاقة بالنسبة إلى الفرد الواحد. تسجّل أفريقيا نسبة الإستهلاك الأصغر بالنسبة إلى الفرد الواحد. أما تزايد الأسعار على الغاز والنفط فيعيق النفاذ إلى الطاقة والتكافؤ والتنمية المستدامة في الدول الأكثر فقراً، ويحول دون تحقيق أهداف الحدّ من الفقر التي تسمح بنفاذ أفضل إلى الكهرباء وأنواع حديثة من وقود الطبخ والتدفئة والنقل (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٤,٢,٤].

وإزداد إجمالي إستهلاك الوقود الأحفوري بشكل منتظم خلال العقود الثلاثة الماضية، كما إستمرّ إستهلاك الطاقة النووية في النمو، رغم معدّل أدنى من المعدّل الذي عرفته الثمانينيات. أما الإستخدام الواسع النطاق للطاقة المائية والحرارية الأرضية فما زال ثابتاً. وبين العامين ١٩٧٠ و٢٠٠٤، إنخفضت حصة الوقود الأحفوري من ٨٦٪ إلى ٨١٪. أما الطاقة الهوائية أو الشمسية فتستمرّ في الإرتفاع، لكن إنطلاقاً من أساس شديد التدني (الرسم ١٣ في الملخّص الفني) (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٤,٢].

يشير المزيد من سيناريوهات «العمل كالعادة» (BAU) إلى إستمرار نمو سكان العالم (وإن بنسب أدنى من توقّعات العقود الماضية) وإجمالي الناتج المحلي، ما يؤدي إلى نموّ كبير في الطلب على إستخدام الطاقة. ومن المتوقّع أن تستمرّ معدّلات النمو العالية في الطلب على الطاقة في آسيا (٣,٢٪ في السنة الواحدة بين العامين ١٩٩٠ و٢٠٠٤)، وهو طلبٌ ستتمّ تلبيته بالوقود الأحفوري في معظم الأحيان (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٤,٢].

ولا تشكّل الندرة المطلقة على المستوى العالمي للوقود الأحفوري عاملاً هاماً عند النظر في تخفيف تغيّر المناخ. كما سيبلغ الإنتاج التقليدي للنفط ذروته في النهاية، لكننا لا نعرف متى وما هي تداعيات ذلك. أما الطاقة الناتجة عن الغاز الطبيعي التقليدي فهي أكبر بكثير عن تلك الناتجة عن النفط، ولكن، على غرار النفط، لا تُوزّع بشكل متساوٍ في العالم. وفي المستقبل، قد يؤدي النقص في أمن إمدادات النفط والغاز للدول المستهلكة إلى الإنتقال إلى إستخدام الفحم والطاقة النووية و/أو مصادر الطاقة المتجددة. كما يظهر التوجّه نحو حاملي الطاقة الأكثر كفاءة وملاءمةً (الكهرباء والوقود السائلة والغازية) (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٤,٣,١].

إزداد التشديد في كافة أنحاء العالم على أمن الإمدادات، منذ تقرير التقييم الثالث. وتزامن ذلك مع إنخفاض الإستثمار في البنية التحتية، وزيادة الطلب العالمي واللا-إستقرار السياسي في أهم المجالات ومخاطر النزاع والإرهاب وأحداث الطقس المتطرّفة. أما الإستثمار في بنية تحتية جديدة في مجال الطاقة في الدول النامية وتحسين قدرة الدول النامية فسيفتحان باب الفرص الجديدة لإستغلال المنافع المشتركة الناتجة عن الخيارات المتعلّقة بخلط الطاقة بهدف الحدّ من إنبعاثات غازات الدفيئة أكثر مما ستكون عليه (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٤,٢,٤، ٤,١].

وبات تحدي العديد من الحكومات يكمن في إيجاد الطريقة الأمثل للإستجابة إلى الطلب المتزايد على خدمات الطاقة التي يمكن الإعتماد عليها، مع الحدّ من التكاليف الإقتصادية المترتبة على المواطن، وتأمين أمن الطاقة والحدّ من الإعتماد على موارد الطاقة المستوردة، وخفض قدر الإمكان الإنبعاثات المرتبطة بغازات الدفيئة والملوّثات الأخرى. أما إختيار نظم إمدادات الطاقة لكلّ منطقة من العالم فسيرتبط بتنميتها والبنية التحتية المتوفّرة والتكاليف المحلية القابلة للمقارنة لموارد الطاقة المتوفّرة (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٤,١].

إذا بقيت أسعار الوقود الأحفوري عالية، قد ينخفض الطلب مؤقتاً عليها، حتى تصبح موارد هيدروكربون أخرى، كالنفط الرملي أو تلك الناتجة عن تحويل الفحم أو الغاز إلى سوائل أو ...، قابلة للبقاء تجارياً. وفي حال حصل ذلك بالفعل، من المفترض أن تزداد الإنبعاثات مع إزدياد كثافة الكربون، إلا في حال تمّ تطبيق طريقة إلتقاط ثاني أكسيد الكربون وتخزينه. ونتيجة المخاوف المتزيدة إزاء أمن الطاقة، والإرتفاعات الأخيرة لأسعار الغاز، يزداد

الإهتمام بإنشاء محطات إنتاج الطاقة جديدة تكون أكثر فاعلية وتعمل على الفحم. أما المسألة الحرجة اليوم في إنبعاثات غازات الدفيئة فتتعلّق بالسرعة التي سيتمّ خلالها تجهيز تلك المنشآت بتكنولوجيا إلتقاط الكربون وتخزينه، ما سيزيد من تكاليف الكهرباء. أما معرفة ما إذا كانت المنشآت ذات المباني الجاهزة لإلتقاط الكربون وتخزينه أكثر كفاءة بالقياس إلى التكلفة مقارنةً مع التحسين التجهيزي للمحطات أو مع بناء محطات جديدة يُدمج فيها نظام إلتقاط الكربون وتخزينه، فترتبط بالإفتراضات الإقتصادية والفنية. كما يمكن لإستمرار بقاء أسعار الوقود الأحفوري عالية أن يولّد إستخداماً أكبر للطاقة النووية و / أو المتجددة، رغم تذبذب الأسعار الذي لن يشجّع المستثمرين على إختيار ذلك المجال، فالمخاوف المتعلّقة بالسلامة وإنتشار الأسلحة والنفايات ما زالت تشكّل عائقاً أمام إنتاج الطاقة النووية. وقد يسام الهيدروجين بدور حامل للطاقة مع إنبعاثات كربون متدنية، ولكن بحسب مصدر الهيدروجين ومدى إمتصاص عملية إلتقاط الكربون وتخزينه في إنتاج الهيدروجين من الفحم أو الغاز. ويجب إستخدام الطاقة المتجددة إما بشكل موزّع أو بالتركيز على الطلب الكثيف على إستخدام الطاقة في المدن والصناعات، لأنه، خلافاً لمصادر الوقود الأحفوري، توزّع مصادر الطاقة المتجددة بشكل واسع مقابل إرادات طاقة محدودة في المنطقة المستغلّة (توافق متوسّط، أدلة متوسّطة) [٤,٣].

وفي حال إستمرّ الطلب على الطاقة في الإزدياد بحس المسلك الحالي، فستحتاج البنية التحتية المحسّنة ونظام التحويل بحلول العام ٢٠٣٠ إلى إستثمار تراكمي إجمالي تبلغ قيمته حوالي ٢٠ ترليون دولار أميركي بالقياس إلى قيمة دولار العام ٢٠٠٥ (أي ٢٠ x 10^{12}). ومن باب المقارنة فقط، يبلغ مجمل الإستثمار العالمي الحالي في قطاع الطاقة حوالي ٣٠٠ مليار دولار أميركي سنوياً (٣٠٠ x 10^{9}) (توافق متوسّط، أدلة متوسّطة) [٤,١].

توجّهات الإنبعاثات العالمية والإقليمية

بإستثناء دول أوروبا الشرقية والقوقاز وآسيا الوسطى (حيث إنخفضت الإنبعاثات بعد العام ١٩٩٠ وعادت لترتفع الآن من جديد) وأوروبا (الإنبعاثات إستقرّت حالياً)، إستمرّت إنبعاثات الكربون في الإرتفاع. وستزداد إنبعاثات «العمل كالعادة» بحلول العام ٢٠٣٠ بشكل كبير. وبغياب تدابير مبنية على سياسة فاعلة، من المتوقّع أن ترتفع إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن إحتراق الوقود الأحفوري بنسبة ٤٠٪ على الأقل، من ٢٥ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة (٦,٦ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ سنة ٢٠٠٠)، إلى ٣٧–٥٣ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة (١٠–١٤ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ بحلول سنة ٢٠٣٠) [٤,٢,٣].

وفي العام ٢٠٠٤، بلغت الإنبعاثات الناتجة عن توليد الطاقة والتدفئة وحدهما حوالي ١٢,٧ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ (٢٦٪ من إجمالي الإنبعاثات)، بما في ذلك ٢,٢ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ من الميثان. أما في العام ٢٠٣٠، بحسب خط أساس توقّعات الطاقة العالمية للعام ٢٠٠٦، فسترتفع تلك الإنبعاثات إلى ١٧,٧ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٤,٢,٢].

وصف وتقييم تكنولوجيات التخفيف وممارساته وخياراته وإمكانياته وتكاليفه في قطاع توليد الكهرباء

يملك قطاع الكهرباء إمكانية تخفيف كبيرة بإستخدام عدد من التكنولوجيات (الجدول ٣ في الملخّص الفني). وتعتمد إمكانية التخفيف الإقتصادية التابعة لكلّ تكنولوجيا منفصلة، على ما قد يُعتبر توقّعاً واقعياً لإنتشار التكنولوجيا المختلفة في حال تمّ بذل قصارى الجهود، ولكن مع الأخذ بالمعوقات العملية التي تؤثّر على معدّل الإمتصاص، وبتقبّل الرأي العام، وببناء القدرات والتسويق. أما المنافسة بين الخيارات المختلفة وتأثير توفير طاقة الإستخدام النهائي والتحسّن في الكفاءة فكلّها غير مضمونة في ما سبق ذكره [٤,٤].

يتوفّر عدد واسع من خيارات التخفيف في مجال إمدادات الطاقة وهي فاعلة بالقياس إلى الكلفة بأسعار كربون تقلّ عن ٢٠ دولاراً أميركياً / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ، بما في ذلك التحوّل في إستخدام الوقود، وتحسّن كفاءة محطات توليد الطاقة، ونظم الطاقة النووية والطاقة المتجددة. وستصبح عملية إلتقاط الكربون وتخزينه فاعلة بالقياس إلى الكلفة بأسعار كربون أعلى. وتضم خيارات أخرى في طور التطوير، الطاقة النووية المتقدّمة ومصادر طاقة متجددة متقدّمة، والوقود الأحفوري من الجيل الثاني، وتضمّ، على المدى الطويل، إمكانية إستخدام الهيدروجين كحامل للطاقة (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٤,٣، ٤,٤].

نظراً إلى أن التقديرات المعروضة في الجدول ٣ في الملخّص الفني هي لخيارات تخفيف فردية، أي أنّها لا تأخذ بمجمل الإمدادات، لا تمكن إضافتها. لذا، تمّ القيام بتحليل إضافي لخليط الإمدادات تجنّباً للإحتساب التكراري. وإعتبر التحليل أنّه سيتمّ تدريجياً إستبدال القدرة على توليد الكهرباء

الجدول ٣ في الملخّص الفني: إنبعاثات غازات الدفيئة الممكن تجنّبها بحلول العام ٢٠٣٠ بإستخدام إحدى تكنولوجيات تخفيف في مجال توليد الكهرباء (الفائضة عن خط الأساس المرجّح في توقّعات الطاقة العالمية (٢٠٠٤) التابعة للوكالة الدولية للطاقة) المستعملة بالعزل عن حصص إمكانية التخفيف المنتشرة حول كل فئة من فئات الأسعار (٢٠٠٦ دولار أميركي / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ) [الجدول ٤,١٩].

	التجمّعات الإقليمية	إمكانية التخفيف؛ مجموع الإنبعاثات الموفرة في العام ٢٠٣٠ (جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ)	إمكانية التخفيف (٪) لفئات محددة من أسعار الكربون (ما تمّ توفيره في الدولار الأميركي / طن من ثاني اكسيد الكربون المكافئ)				
			<٠	٠–٢٠	٢٠–٥٠	٥٠–١٠٠	>١٠٠
تغيّر في إستخدام الوقود وكفاءة محطّة توليد الطاقة	دول منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٠,٣٩		١٠٠			
	الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية	٠,٠٤		١٠٠			
	دول غير أعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٠,٦٤		١٠٠			
	العالم	١,٠٧					
الطاقة النووية	دول منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٠,٩٣	٥٠	٥٠			
	الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية	٠,٢٣	٥٠	٥٠			
	دول غير أعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٠,٧٢	٥٠	٥٠			
	العالم	١,٨٨					
الطاقة المائية	دول منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٠,٣٩	٨٥	١٥			
	الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية	٠,٠٠					
	دول غير أعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٠,٤٨	٢٥	٣٥	٤٠		
	العالم	٠,٨٧					
الطاقة الهوائية	دول منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٠,٤٥	٣٥	٤٠	٢٥		
	الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية	٠,٠٦	٣٥	٤٥	٢٠		
	دول غير أعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٠,٤٢	٣٥	٥٠	١٥		
	العالم	٠,٩٣					
الطاقة الأحيائية	دول منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٠,٢٠	٢٠	٢٥	٤٠	١٥	
	الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية	٠,٠٧	٢٠	٢٥	٤٠	١٥	
	دول غير أعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٠,٩٥	٢٠	٣٠	٤٥	٥	
	العالم	١,٢٢					
الطاقة الحرارية الأرضية	دول منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٠,٠٩	٣٥	٤٠	٢٥		
	الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية	٠,٠٣	٣٥	٤٥	٢٠		
	دول غير أعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٠,٣١	٣٥	٥٠	١٥		
	العالم	٠,٤٣					
الطاقة الفولطية الضوئية الشمسية والطاقة الشمسية المركّزة	دول منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٠,٠٣				٢٠	٨٠
	الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية	٠,٠١				٢٠	٨٠
	دول غير أعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٠,٢١				٢٥	٧٥
	العالم	٠,٢٥					
إلتقاط الكربون وتخزينه + الفحم	دول منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٠,٢٨			١٠٠		
	الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية	٠,٠١			١٠٠		
	دول غير أعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٠,٢٠			١٠٠		
	العالم	٠,٤٩					
إلتقاط الكربون وتخزينه + الغاز	دول منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٠,٠٩				١٠٠	
	الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية	٠,٠٤			٣٠	٧٠	
	دول غير أعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٠,١٩				١٠٠	
	العالم	٠,٣٢					

الجدول ٤ في الملخّص الفني: الزيادة المُسقطة للطلب على الطاقة من العام ٢٠١٠ إلى العام ٢٠٣٠ لتلبية محطات إضافية وبديلة أكثر كفاءةً، وإمكانية تخفيف مرتفعة عن خط أساس توقّعات الطاقة العالمية للعام ٢٠٠٤ [الجدول ٤,٢٠].

	كفاءات محطات توليد الطاقة بحلول العام ٢٠٣٠ (بحسب الوكالة الدولية للطاقة ٢٠٠٤[أ]) ٪	الخليط المتوفّر لتوليد الطاقة تيرا واط ساعة	توليد الطاقة من محطات توليد إضافية جديدة بحلول العام ٢٠٣٠ تيرا واط ساعة	توليد الطاقة من محطات توليد جديدة حلّت محل المحطات الموجودة حتى العام ٢٠١٠، بحلول العام ٢٠٣٠ تيرا واط ساعة	حصة خليط الطاقة المولّدة من مجمل محطات توليد جديدة وبديلة تمّ إنشاؤها بحلول العام ٢٠٣٠، بما في ذلك التقاط الكربون وتخزينه بأسعار كربون مختلفة (دولار أميركي / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ) [ب]			مجمل توفير جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ إثر الإنتقال في إستخدام الوقود، وبفضل نظام إلتقاط الكربون وتخزينه، وإستبدال بعض أنواع التوليد العاملة على الوقود الاحفوري بخيارات متدنية الكربون كالطاقة الهوائية والشمسية والحرارية الأرضية والمائية والنووية والكتلة الهوائية		
					<٢٠ دولاراً أميركياً تيرا واط ساعة	<٥٠ دولار أميركي تيرا واط ساعة	<١٠٠ دولار أميركي تيرا واط ساعة	<٢٠ دولاراً أميركياً / طن	<٥٠ دولار أميركي / طن	<١٠٠ دولار أميركي / طن
منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي		١١،٣٠٢	٢٩٤٢	٤٥٢١	٧٤٦٣			١,٥٨	٢,٥٨	٢,٦٦
الفحم	٤١	٤٠٧٩	٦٥٧	١٦٣٢	٨٩٩	١٢١	٠			
النفط	٤٠	٤٧٢	–١٦٣ [ج]	١٨٩	١٣	٢	٠			
الغاز	٤٨	٢٣٧٤	١٧٧١	٩٥٠	١٧٩٣	٦٣٧	٤٥٨			
الطاقة النووية	٣٣	٢٤٦٢	–٣٢٥	٩٨٥	٢٠٨٤	٢٠٨٤	١٧٧٧			
الطاقة المائية	١٠٠	١٤٠٢	١٢٧	٥٦١	١٢٩٥	١٢٩٥	١١١١			
الكتلة الأحيائية	٢٨	٢٣٧	١٦٨	٩٥	٢٦٣	٤٩٩	٥٠٩			
مصادر طاقة متجددة أخرى	٦٣	٢٧٦	٧٠٧	١١٠	١١١٦	١٥٤٤	١٥٢٦			
					٠	١٢٨٢	٢٠٨٢			
دول غير أعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي ولا يمرّ إقتصادها بمرحلة إنتقالية		١٧٤٦	٧٢٢	٦٩٨	١٤٢٠			٠,٣٢	٠,٤٢	٠,٤٩
الفحم	٣٢	٣٨١	١٣	١٥٢	٧٢	٤٦	٢٩			
النفط	٢٩	٦٩	–٨	٢٨	١١	٧	٤			
الغاز	٣٩	٦٥٢	٦٧٢	٢٦١	٥٣٧	٣٥٧	٢٤٠			
الطاقة النووية	٣٣	٢٩٢	–٢٠	١١٧	٤٤٢	٤٤٢	٤٤٢			
الطاقة المائية	١٠٠	٣٣٨	٣٥	١٣٥	١٧٠	١٧٠	١٧٠			
الكتلة الأحيائية	٤٨	٤	٧	٢	٤٧	١٠٩	١٢١			
مصادر طاقة متجددة أخرى	٣٦	١٠	٢٣	٤	١٤٢	١٦٧	١٩١			
					٠	١٢٣	٢٢٢			

ملاحظات:

[أ] الكفاءة المناسبة والمحتسبة بناءً على آفاق الإقتصاد العالمي سنة ٢٠٠٤ (الوكالة الدولية للطاقة ٢٠٠٤ ب) = مدخلات الطاقة (إكزا جول) / متوقّع مدخلات الطاقة (إكزا جول). أنظر المرفق ١ للفصل ١١.

[ب] عند أسعار كربون أعلى، يُستبدل المزيد من توليد الطاقة العامل على الفحم والنفط والغاز بخيارات متدنية أو منعدمة الكربون. نظراً إلى تنافسية الطاقتين النووية والمائية في الأسعار عندما تقل عن ٢٠ دولاراً أميركياً / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ في معظم المناطق (الفصل ٤، الجدول ٤,٤,٤)، فإنّ حصّتهما تبقى مستقرّة.

[ج] تشير البيانات السلبية إلى إنخفاض في التوليد، وهو مضمون في التحليل.

بإستخدام الطاقة الحرارية، وأنّه سيتمّ بناء محطات جديدة لتوليد الطاقة إستجابةً للطلب، وذلك بموجب الشروط التالية:

١) الإنتقال من الفحم إلى الغاز قُدِّر لنسبة حوالي ٢٠٪ من محطات توليد الطاقة العاملة على الفحم نظراً إلى أنّه الخيار الأرخص.

٢) إعتُبر إستبدال المحطات العاملة على الوقود الأحفوري المتوفّرة وبناء محطات جديدة حتى العام ٢٠٣٠، إستجابةً للطلب على الطاقة، مشتركاً بين محطات الوقود الأحفوري ذات الكفاءة، ومصادر الطاقة المتجددة ومحطات الطاقة النووية والفحم وإحراق الغاز مع نظام إلتقاط الكربون وتخزينه. ولم يُقدّر أي توقّف مبكّر في عمل تلك المحطات أو أية صعوبات لجهة الموجودات.

٣) تُستخدم التكنولوجيا المتدنية أو المنعدمة الكربون بالتوازي مع الحد الأقصى من حصصها المقدّرة في مجال توليد الكهرباء في العام ٢٠٣٠. وتمّ تحديد الحصص بالإستناد إلى الكتب، مع الأخذ بالموارد المتوفّرة والتكاليف النسبية وتقلبية العرض المتعلّقة بأوجه عدم إنتظام داخل شبكة توليد الطاقة، وتمّ الفصل بينها بحسب مستويات أسعار الكربون.

وتُقدّر إمكانية التخفيف الإقتصادية التي نحصل عليها في قطاع إمدادات الطاقة بحلول العام ٢٠٣٠، والناتجة عن الكفاءة المحسّنة لمحطّات توليد الطاقة العاملة على الطاقة الحرارية والنقلة في إستخدام الوقود وإستخدام مزيد من الطاقة النووية ومصادر الطاقة المتجددة ونظام إلتقاط الكربون وتخزينه إستجابةً للطلب المتزايد، بحوالي ٧,٢ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ بأسعار كربون أقل من ١٠٠ دولار أميركي / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ. وتُقدّر إمكانية الحدّ من الإنبعاثات بأسعار كربون تقلّ عن ٢٠ دولاراً أميركياً / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ، بحوالى ٣,٩ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ (الجدول ٤ في الملخّص الفني). وفي ظل وجود سعر كربون شبيه، ستزداد حصّة الطاقة المتجددة في مجال توليد الكهرباء من نسبة ٢٠٪ في العام ٢٠١٠ إلى حوالي ٣٠٪ في العام ٢٠٣٠. أما إن خفّضت أسعار كربون عن ٥٠ دولاراً أميركياً / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ، فسترتفع الحصة إلى نسبة ٣٥٪ من مجمل توليد الكهرباء. وستبلغ حصة الطاقة النووية حوالي ١٨٪ في العام ٢٠٣٠ بأسعار كربون أدنى من ٥٠ دولاراً أميركياً / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ، ولن تتغيّر كثيراً في حال إرتفعت الأسعار نظراً إلى تنافسية التكنولوجيات الأخرى.

ومن أجل تقييم الإمكانية الإقتصادية، تمّ إفتراض الحصص الفنية الأقصى لإستخدام التكنولوجيات المتدنية أو المنعدمة الكربون، وهذا الإفتراض إذاً يقع على الطرف الأقصى من مجموعة الكتب ذات الصلة. وفي حال لم يتمّ بلوغ مثلاً سوى نسبة ٧٠٪ من الحصص المفترضة، ستنخفض إمكانية التخفيف مع أسعار كربون أقل من ١٠٠ دولار أميركي / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ إلى حوالي النصف تقريباً. ويسمح توفير الطاقة عند الطلب على الكهرباء في قطاع الإستخدام النهائي، بالحدّ من الحاجة إلى تدابير التخفيف في قطاع الطاقة. وعند الأخذ بتأثير تدابير التخفيف في قطاعي الصناعة والبناء على الطلب على الكهرباء (شرح موسّع في الفصل ١١)، نحصل على إمكانية تخفيف أدنى في قطاع إمدادات الطاقة مقارنة مع الرقم المستقلّ المعروض هنا (توافق متوسّط، أدلة محدودة) [٤,٤].

تفاعلات خيارات التخفيف مع التعرّض والتكيّف

يعتبر العديد من أنظمة الطاقة عرضة بحد ذاته لتغيّر المناخ. وتتعرّض منشآت الوقود الأحفوري الساحلية وأنظمة إستخراج النفط والغاز الساحليين لحوادث طبيعية متطرّفة. وفي حال إرتفعت حرارة مياه الأنهار، قد يصبح من الصعب تبريد محطات توليد الطاقة التقليدية والنووية. كما يمكن لمصادر الطاقة المتجددة أن تتأثر هي أيضاً تأثّراً عكسياً بتغيّر المناخ (أنظمة الطاقة الشمسية المتأثرة بالتغيّرات في غطاء السحب، وتوليد الطاقة المائية المتأثّر بتغيّرات في تدفّق المجرى المائي، وذوبان الأنهار الجليدية والثلوج، والطاقة الهوائية المتأثرة بتغيّر سرعة الرياح، وعائدات محاصيل إنتاج الطاقة، المقلّصة بفعل الجفاف ودرجات حرارة أكثر إرتفاعاً). وتستخدم بعض تدابير التكيّف لتغيّر المناخ، مثل تكييف الهواء ومضخات الماء، الطاقة وبإمكانها أن تساهم في زيادة إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون، ما يتطلّب مزيداً من التخفيف (توافق عالٍ، أدلة محدودة) [٤,٥,٥].

فاعلية السياسات والإمكانيات والحواجز والفرص المعنية بالمناخ ومسائل التطبيق والخبرة ذات الصلة

تظهر الحاجة إلى القيام بأعمال قصيرة الأمد كي يصبح التأثير ملموساً على المدى الطويل، إلى جانب الحاجة إلى تطبيق سلسلة واسعة من الأدوات السياساتية، نظراً إلى عجز أداة واحدة على توليد نقلة واسعة النطاق في أنظمة التزويد بالطاقة على المستوى العالمي. وتملك تكنولوجيات تحويل الطاقة الواسعة النطاق مدة حياة تمتدّ على عدة عقود ما يجعل مقدار إستهلاكها يتراوح ما بين ١٪ و٣٪ للسنة الواحدة. ما يعني أن السياسات المقرّة اليوم ستؤثّر على معدّل نشر التكنولوجيا المطلقة لثاني أكسيد الكربون لعقود طوال، ما سيؤثّر بدوره تأثيراً كبيراً على مسالك التنمية خاصة في عالم متزايد النمو [٤,١].

وتمّ إستخدام أدوات إقتصادية وتنظيمية. وتضمّ الأنهج الهادفة إلى تشجيع إعتماد أكبر لأنظمة التزويد بالطاقة المتدنية من حيث إطلاق ثاني أكسيد الكربون، إعانات الحدّ من الوقود الأحفوري وتشجيع الرواد في إستخدام تكنولوجيات محددة من خلال مشاركة حكومية ناشطة في خلق الأسواق (كما جرى في الدانمارك مع الطاقة الهوائية، وفي اليابان مع الطاقة الكهربائية الشمسية الضوئية). وصَعبَ خفض الإعانات بسبب المصالح المكتسبة. أما في ما يتعلّق بدعم مشاريع إستخدام الطاقة الكهربائية المتجددة فتبيّن أن التعريفات المفروضة أكثر فاعلية من أنظمة التداول بالرخص الخضراء المبنية على مبدأ الحصص. لكن، مع إزدياد شرائح الطاقة المتجددة في الطاقة المختلطة، يشكّل تعديل تلك التعريفات مسألةً شائكة. ومن المتوقّع أن تساهم نظم الرخص القابلة للتداول وإستخدام آليات كيوتو الليّنة مساهمةً ملموسة في الحدّ من الإنبعاثات (توافق متوسّط، أدلة متوسّطة) [٤,٥].

سياسات متكاملة وغير مناخية ومنافع سياسات التخفيف المشتركة

من الممكن أن تكون المنافع المشتركة في التخفيف من غازات الدفيئة منافع كبيرة في قطاع إمدادات الطاقة. فالمستهلك يستفيد فوراً من تكاليف الطاقة المتدنية بمجرّد تطبيق تدابير فاعلة بالقياس إلى الكلفة، وذات كفاءة على مستوى الطاقة. وتظهر عادةً، على المستوى المحلي، منافع مشتركة أخرى لجهة أمن إمدادات الطاقة والإبتكار التكنولوجي ومكافحة تلوّث الهواء والعمالة. ما ينطبق على الطاقة المتجددة التي بإمكانها أن تحدّ من الإعتماد على الواردات، وفي العديد من الحالات، أن تخفّض إلى حدّها الأقصى الخسائر والتكاليف الإنتقالية. كما تتأثّر الكهرباء ووقود النقل والتدفئة المزوّدة من قبل طاقة متجددة بنسبة أقل بتقلّبات الأسعار، لكنّ الكلفة تزيد في الكثير من الأحيان. ونظراً إلى أن تكنولوجيات الطاقة المتجددة تتطلّب مزيداً من اليد العاملة مقارنةً مع التكنولوجيا التقليدية، سيؤدي إستخدامها إلى إزدياد العمالة. لكن، من الممكن أن تشكّل تكاليف الإستثمار العالية في البنى التحتية لنظم الطاقة الجديدة، حاجزاً كبيراً في وجه التطبيق.

وستحتاج الدول النامية التي ما زالت تشهد نمواً إقتصادياً، إلى أن تزيد بشكل كبير خدماتها في مجال الطاقة التي تؤمّنها حالياً بإستخدام الوقود الأحفوري في أغلب الأحيان. ويحمل النفاذ إلى خدمات الطاقة الحديثة منافع عدة، إذ بإمكانها أن تحسّن نوعية الهواء، خاصةً في المناطق الحضرية الواسعة النطاق، وأن تحدّ من إنبعاثات غازات الدفيئة. وستحتاج الدول النامية إلى محطات توليد الطاقة جديدة بقوة ٢٤٠٠ جيغا واط تقريباً، بحلول العام ٢٠٣٠، للإستجابة إلى طلب المستهلك، ما يتطلّب إستثماراً قدره ٥ مليارات دولار أميركي تقريباً (٥×١٠^{١٢}). وفي حال وُجّهت بشكل جيّد، تؤمن إستثمارات بهذا الحجم فرص تنمية مستدامة. ويمكن لإدخال سياسات تنموية ضمن أهداف التخفيف من غازات الدفيئة أن يؤمن المنافع المذكورة أعلاه وأن يساهم في تحقيق الأهداف التنموية المتعلّقة بالعمالة والفقر والتكافؤ. ومن المفترض أن تأخذ تحاليل السياسات الممكنة بتلك المنافع المشتركة. ولكن، تجدر الإشارة، مرة أخرى، إلى أنه، في بعض الظروف، قد تؤدي مكافحة تلوّث الهواء أو محاولات تأمين أمن الطاقة إلى إستخدام أكبر للطاقة بما ينتج عن ذلك من إنبعاثات لغازات الدفيئة.

وتهدف سياسات تحرير السوق والخصخصة من أجل تنمية أسواق خالية من الطاقة، إلى تعزيز التنافسية وخفض أسعار المستهلك، إلا أنها لم تنجح دائماً في هذا المجال، ما أدّى في معظم الأحيان إلى نقص في إستثمار رأس المال وإهتمام بسيط بالتأثيرات البيئية (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٤,٢,٤، ٤,٥,٢، ٤,٥,٣، ٤,٥,٤].

البحث والتطوير والنشر والإنتشار في مجال التكنولوجيا

إنخفض الإستثمار في أنشطة البحث والتطوير في مجال تكنولوجيا الطاقة بشكل عام منذ المستويات التي بلغها في أواخر السبعينيات، وذلك نتيجة أزمة البترول. فبين العامين ١٩٨٠ و٢٠٠٢، إنخفض إستثمار القطاع العام في أنشطة البحث والتطوير المتعلّقة بالطاقة بنسبة ٥٠٪ من حيث الأرقام الحقيقية. وإرتفعت المستويات الحالية، لكنها ما زالت غير ملائمة لتنمية التكنولوجيات المطلوبة من أجل الحدّ من إنبعاثات غازات الدفيئة والإستجابة إلى الحاجة المتزايدة على الطاقة. وتظهر الحاجة إلى مزيدٍ من الإستثمار من القطاعين العام والخاص، من أجل نشر سريع للتكنولوجيات المنخفضة الكربون، مع الحاجة إلى تنمية تكنولوجيا محسّنة لتحويل الطاقة، وطرق نقلها وتخزينها، وإدارتها فضلاً عن التوليد المشترك والخدمات المبنية على المجتمع (توافق عالٍ، وأدلة محدودة) [٤,٥,٦].

الآفاق الطويلة الأمد

تزداد توقّعات الوكالة الدولية للطاقة ومشروع مجلس الطاقة العالمي في الطلب على الطاقة الأولية بحوالي ٤٠٪ إلى ١٥٠٪ بحلول العام ٢٠٥٠ مقارنةً مع طلب اليوم، بحسب سيناريوهات السكان والتنمية الإقتصادية ومعدّل التنمية التكنولوجية. ومن المتوقّع أن يزداد إستخدام الطاقة بنسبة تتراوح ما بين ١١٠٪ و٢٦٠٪. وتدرك المنظمتان عدم ملاءمة سيناريوهات «العمل كالعادة». ومن المتوافق عليه أنه حتى في ظل صناعة قرار جيّدة وتعاون

وثيق بين القطاعين العام والخاص، ستحتاج المرحلة الإنتقالية المطلوبة إلى وقت، وكلّما بدأت أبكر كلّما إنخفضت التكاليف (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٤,٢,٣].

٥ النقل وبنيته التحتية

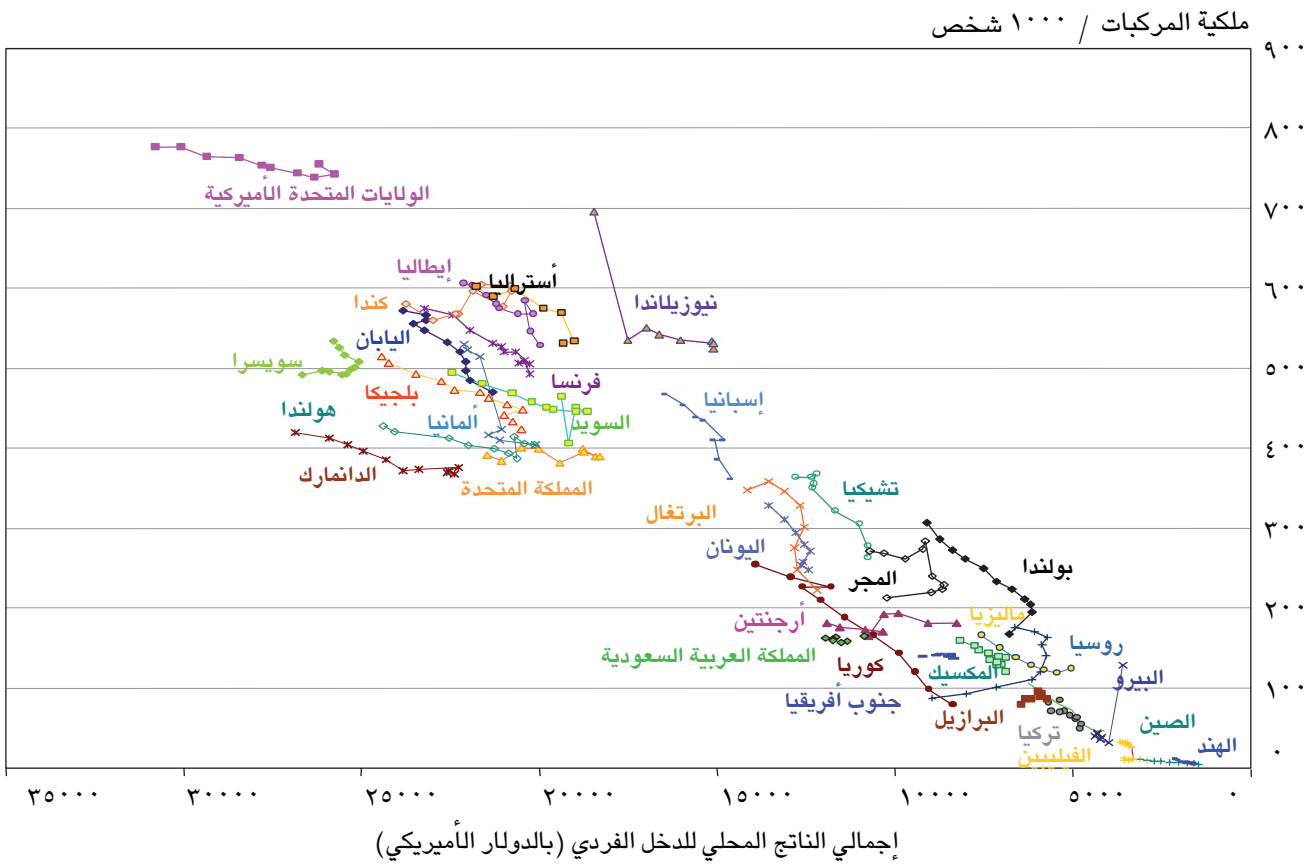
حالة القطاع وتنميته

يزداد نشاط قطاع النقل في العالم مع نمو الإقتصاد. وينطبق ذلك على العديد من مناطق العالم النامي حيث تقوم العولمة بتوسيع التدفقات التجارية وزيادة الدخل الفردي، ما يؤدي إلى زيادة الطلب على وسائل النقل الآلية. ويعتمد النقل بشكل أساسي حالياً على محرّكات الحرق الداخلي العاملة على وقود نفطي (٩٥٪ من ٨٣ إكزا جول من الطاقة المستخدمة عالمياً سنة ٢٠٠٤). وأدّى ذلك إلى نمو إستخدام النفط مع نمو النشاط في قطاع النقل. وفي العام ٢٠٠٤، شكّلت الطاقة المستخدمة في قطاع النقل ٢٦٪ من إجمالي الإستخدام العالمي. وما زال إستخدام الطاقة في إزدياد مستمرّ في العالم المتقدّم بنسبة خفيفة تقدّر بحوالي ١٪ في كل عام، حيث يستهلك نقل المسافرين حالياً ما بين ٦٠٪ و٧٥٪ من إجمالي نقل الطاقة. أما الدول النامية فتشهد إرتفاعاً أعلى في إستخدام الطاقة للنقل (٣٪ إلى ٥٪ في كل عام) ومن المتوقّع أن يرتفع من ٣١٪ في العام ٢٠٠٢، إلى ٤٣٪ من الإجمالي العالمي لإستخدام الطاقة للنقل بحلول العام ٢٠٢٥ [٥,٢,١، ٥,٢,٢].

من المتوقّع أن يزداد نشاط قطاع النقل بشكل كبير خلال العقود العديدة المقبلة. وفي حال لم يتمّ الإبتعاد عن التوجّهات الحالية في إستخدام الطاقة، تتوقّع الإسقاطات نمواً متزايداً في الإستخدام العالمي للطاقة من أجل النقل بحوالي ٢٪ في كل عام، مع إستخدام للطاقة وإنبعاثات كربون تصل إلى حوالي ٨٠٪ أعلى من مستويات العام ٢٠٠٢ بحلول ٢٠٣٠ [٥,٢,٢].

في حالات الإقتصاد المتقدّمة، تقارب ملكية المركبات الآلية الخمس إلى ثماني سيارات لكل ١٠ مواطنين (الرسم ١٤ في الملخّص الفني)، ويقلّ العدد بكثير

الرسم ١٤ في الملخّص الفني: ملكية المركبات والدخل للفرد الواحد كخط زمني لكلّ دولة [الرسم ٥,٢].



إجمالي الناتج المحلي للدخل الفردي (بالدولار الأميركي)

ملاحظة: البيانات للفترة الممتدة ما بين العامين ١٩٠٠ و٢٠٠٢، إلا أن سنوات جمع المعلومات تختلف بين الدول، بحسب توفّر البيانات.

في العالم النامي حيث يؤدي النقل غير الآلي دوراً بارزاً، فضلاً عن الإعتماد الكبير على المركبات الآلية بدولابين أو ثلاثة دواليب ووسائل النقل العام. أما النقل الآلي في العالم النامي فمن المتوقّع أن يزداد بسرعة رغم ذلك، في العقود المقبلة. ومع إرتفاع الدخل وازدياد قيمة الوقت في تنقّل المسافر، من المتوقّع أن يختار المسافر وسائل نقل أسرع، وأن ينتقل تالياً من وسائل النقل غير الآلية إلى المركبات الآلية والجوّ والقطار السريع. وأدّى إرتفاع السرعة بشكل عام إلى طاقة أكثر قوةً وإلى نسبة أعلى من إنبعاثات غازات الدفيئة.

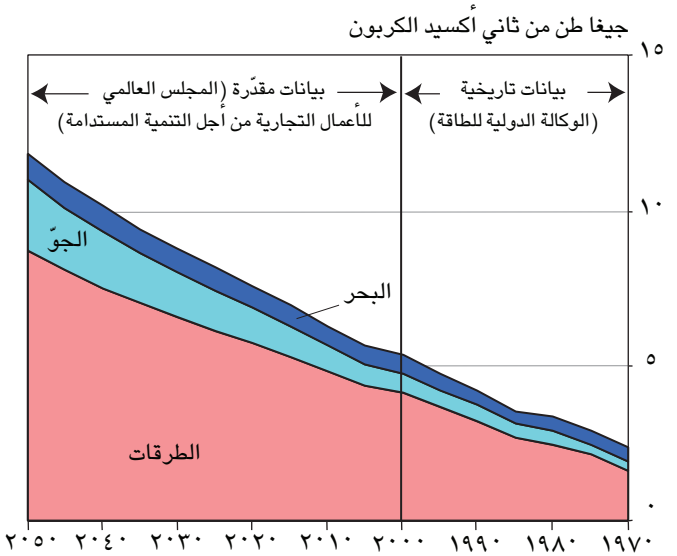
بالإضافة إلى إزدياد إنبعاثات غازات الدفيئة، أدّى النقل الآلي إلى الإزدحام، وإلى مشاكل ناتجة عن تلوّث الهواء في المدن الكبرى في كافة أنحاء العالم (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٥,٢,١، ٥,٢,٢، ٥,٥,٤].

توجّه الإنبعاثات

في العام ٢٠٠٤، بلغت نسبة مساهمة النقل في مجمل إنبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن إستخدام الطاقة حوالي ٢٣٪ مع إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون وأكسيد النيتروز بلغت حوالي ٦,٣–٦,٤ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ. وإزدادت إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع الطاقة (٦,٢ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ للعام ٢٠٠٤) بحوالي ٢٧٪ منذ العام ١٩٩٠، ومعدّل نموّها هو الأعلى بين قطاعات الإستخدام النهائي. ويشكّل النقل على الطرقات حوالي ٧٤٪ من إجمالي إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن قطاع النقل. وتبلغ حصّة الدول غير الأعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي ٣٦٪ الآن، لكنّها سترتفع بسرعة إلى ٤٦٪ بحلول العام ٢٠٣٠ في حال إستمرّت التوجّهات الحالية (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٥,٢,٢].

كما يساهم قطاع النقل في إطلاق كميات صغيرة من إنبعاثات الميثان وأكسيد النيتروز الناتجة عن حرق الوقود والغازات المفلورة المنبعثة من مكيّفات الهواء. وتتراوح إنبعاثات الميثان بين ٠,١٪ و٠,٣٪ من مجموع الإنبعاثات الناتجة عن النقل، وإنبعاثات أكسيد النيتروز بين ٢,٠٪ و٢,٨٪ (البيانات مأخوذة عن الولايات المتحدة الأميركية واليابان والإتحاد الأوروبي فقط). وبلغت إنبعاثات الغازات المفلورة (CFC-12 + HFC-134a + HCFC-22) عالمياً، في العام ٢٠٠٣ نسبة ٤,٩٪ من إجمالي إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن النقل (توافق متوسّط، أدلة محدودة) [٥,٢,١].

وإزدادت تقديرات إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن الملاحة الجوية العالمية بمعدّل واحد يبلغ ١,٥، من ٣٣٠ طن متري من ثاني أكسيد



الرسم ١٥ في الملخّص الفني: إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون التاريخية والمقدَّرة الناتجة عن قطاع النقل [الرسم ٥,٤].

الكربون / سنة، في العام ١٩٩٠، إلى ٤٨٠ طن متري من ثاني أكسيد الكربون / سنة، وتقدّر بنسبة ٢٪ من مجموع إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون البشرية المنشأ. ومن المتوقّع أن تستمرّ إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن الملاحة الجوية في الإرتفاع بقوة. وفي غياب إجراءات إضافية، سيتخطّى نمو الملاحة بحوالي ٥٪ في كل عام التحسّن السنوي المتوقّع في كفاءة وقود الطائرات ونسبته ١٪ – ٢٪، ما سيؤدي إلى زيادة سنوية في الإنبعاثات بنسبة ٣٪ – ٤٪ (توافق عالٍ، أدلة متوسّطة). كما أن التأثير الإجمالي للمناخ الناتج عن الملاحة الجوي هو أقوى بكثير من تأثير ثاني أكسيد الكربون وحده. وتساهم الملاحة الجوية، إلى جانب إطلاقها ثاني أكسيد الكربون، في تغيير المناخ من خلال إطلاقها لأكاسيد النيتروجين، وهي فاعلة جداً في تشكيل غازات الدفيئة في طبقة الأوزون عند إطلاقها على إرتفاعات عالية. كما تعزز الملاحة الجوية تَشكّل سحب ذيول التكثيف التي يعتبر أنها تزيد من تشكّل الطخاء التي تعزز بدورها الإحترار العالمي. ويقدّر أن تلك التأثيرات أكبر بضعفين إلى ٤ أضعاف من تأثير ثاني أكسيد الكربون الناتج عن الملاحة الجوية، حتى مع إستثناء المفعول الممكن لسحب الطخاء المكثّفة. لذا، ستعتمد الكفاءة البيئية لسياسات التخفيف المستقبلية على مدى التطرّق إلى تأثيرات غير ثاني أكسيد الكربون أيضاً (توافق عالٍ، أدلة متوسّطة) [٥,٢,١، ٥,٢,٢].

تعتبر كل الإسقاطات المذكورة أعلاه أن إمدادات النفط العالمية ملائمة جداً لدعم النمو المتوقّع في حركة النقل. ويدور النقاش حالياً حول ما إذا كان العالم يقترب من الذروة في إنتاج النفط التقليدي، ما سيتطلّب نقلة نوعيّة وسريعة نحو مصادر الطاقة البديلة التي لا تعرف نقصاً، ومن بينها الرمال النفطية والصخور النفطية وتحويل الفحم إلى سوائل والكهرباء والهيدروجين. ومن

بين البدائل تلك، ستنتج مصادر الكربون الأحفوري غير التقليدي الوقود الأقل كلفةً والأكثر ملاءمةً للبنية التحتية المتوفّرة في قطاع النقل. ولكن، لسوء الحظ، إن إستخدام تلك الموارد الأحفورية بهدف تعزيز النقل سيزيد من إنبعاثات الكربون السابقة للإنتاج، ما سيزيد بشكل كبير من مدخلات الكربون في الغلاف الجوي [٥,٢,٢، ٥,٣].

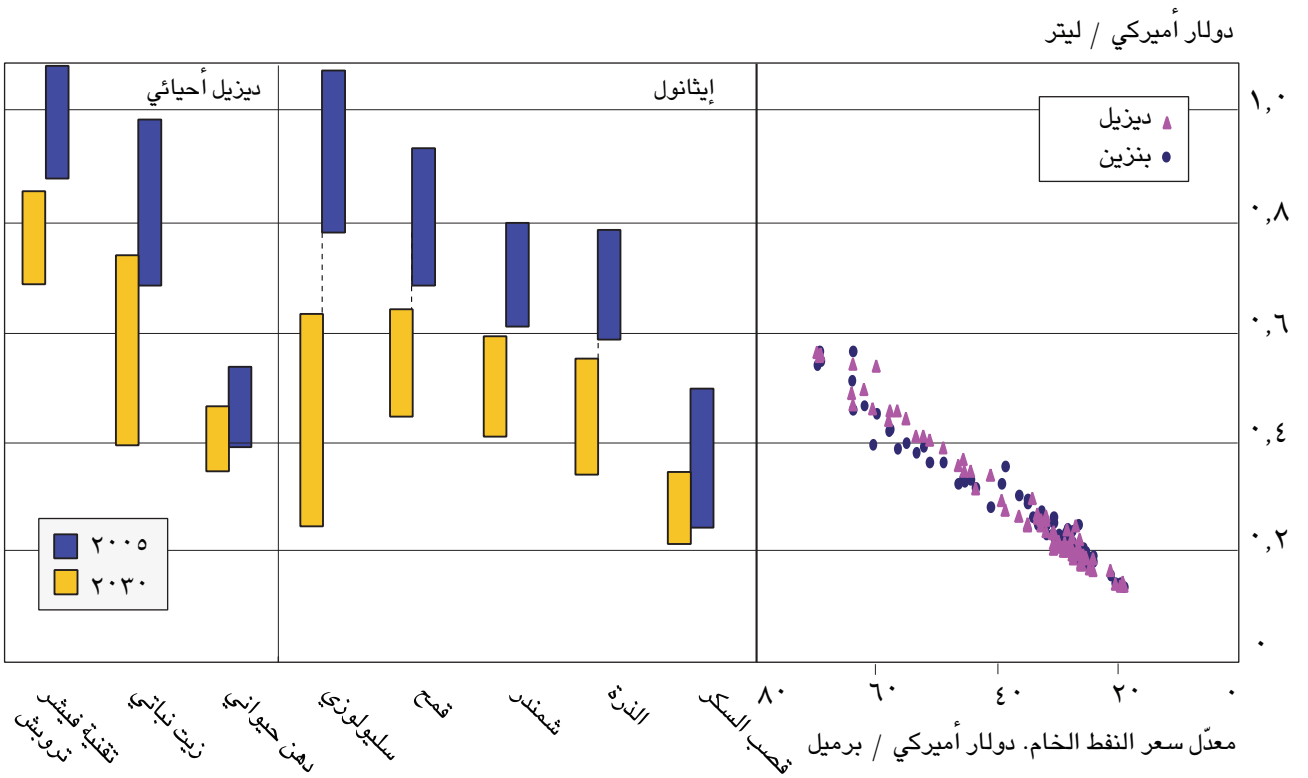
وصف وتقييم تكنولوجيات التخفيف وممارساته وخياراته وإمكانياته وتكاليفه

يتميّز قطاع النقل عن القطاعات الأخرى المستخدمة للطاقة بإعتماده الطاغي على مورد أحفوري واحد وبعدم إمكانية إلتقاط إنبعاثات الكربون من مركبات النقل بأية من التكنولوجيات الجديدة الموجودة. ومن الأهمية النظر في تخفيض إنبعاثات غازات الدفيئة بالإرتباط مع مشاكل تلوّث الهواء والإزدحام وأمن الطاقة (إستيراد النفط). أما الحلول فعليها بالتالي أن تجرّب حلّ مشاكل النقل بشكل عام، بأفضل طريقة ممكنة، وليس فقط إنبعاثات غازات الدفيئة [٥,٥,٤].

وحصلت تطوّرات كبيرة في تكنولوجيات التخفيف منذ تقرير التقييم الثالث، وشهد العالم إنتشار برامج البحوث والتطوير والعرض حول مركبات عاملة على بطاريات الهيدوجين، بالإضافة إلى وجود فرص عديدة لتحسين التكنولوجيا التقليدية. وما زال الوقود الأحفوري هاماً في بعض الأسواق ويتمتع بإمكانيات مستقبلية أكبر بكثير. كما تمّ تطوير أنظمة لتكييف الهواء مبنية على مبرّدات ذات إمكانية إحترار عالمي متدنية [٥,٣].

إزدحام الطرقات: تكنولوجيات فاعلة ووقود بديل

منذ تقرير التقييم الثالث، تحسّنت مركبات السير من حيث كفاءة الطاقة بفضل نجاح ديزيل أنظف يعتمد على ضاغط عنقي موجّه الحقن (TDI) وبفضل الخرق المستمر للعديد من التكنولوجيات ذات الكفاءة للسوق. كما أدّت المركبات المركّبة دوراً هاماً بدورها، رغم خرقها المحدود للسوق. ومن المتوقّع أن تشهد التكنولوجيا مزيداً من التقدّم على مستوى المركبات المركّبة ومحرّكات الديزيل العاملة على الضاغط العنقي الموجّه الحقن. وبإمكان التكنولوجيا المذكورة أعلاه، مع تكنولوجيات أخرى منها إستبدال المواد والحد من المقاومة الحركية الهوائية والمقاومة المحرِّكة المخفّضة والحد من



الرسم ١٦ في الملخّص الفني: مقارنة بين تكاليف الإنتاج الحالي والمستقبلي للوقود الأحيائي مقابل أسعار البنزين والديزيل ما قبل التكرير (أسعار فوب) لنطاق من أسعار النفط الخام [الرسم ٥,٩].

ملاحظة: لا تضمّ الأسعار الضرائب

إحتكاك المحرّكات وخسائر الضخ، أن تضعّف إقتصاد الوقود للمركبات «الجديدة» للإستخدامات الخفيفة بحلول العام ٢٠٣٠، وسيقلّص إنبعاثات الكربون بحوالى النصف تقريباً لكل ميل تقطعه المركبة (يرجو الإنتباه إلى أن ذلك لا ينطبق إلا على السيارات الجديدة وليس على مجمل المركبات) (توافق متوسّط، أدلة متوسّطة) [٥,٣,١].

يملك الوقود الأحيائي القدرة على الحلول محل جزءٍ هام من النفط المستخدم للنقل، لكن ليس كله. ويشير تقرير حديث للوكالة الدولية للطاقة إلى إمكانية إزدياد حجم الوقود الأحيائي بحوالي ١٠٪ بحلول العام ٢٠٣٠ بكلفة ٢٥ دولاراً أميركياً لكل طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ، ما يضمّ مساهمةً صغيرة من الوقود الأحيائي من الكتلة الأحيائية السليولوزية. لكن، ترتبط الإمكانية بشكل كبير بكفاءة الإنتاج وبتنمية تقنيات متطوّرة، مثل تحويل السليولوز بواسطة عمليات أنزيمية أو التغويز أو التركيب، والتكاليف والمنافسة مع إستخدامات أخرى للأرض. واليوم، يعتبر الإيثانول غير مفيد لا من حيث الكلفة ولا من حيث الأداء لجهة إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون، إلا في ما يخص إنتاجه من قصب السكر في الدول المتدنية الدخل (الرسم ١٦ في الملخّص التنفيذي) (توافق متوسّط، أدلة متوسّطة) [٥,٣,١].

ما زالت إمكانية مركّبات الهيدروجين الإقتصادية والسوقية غير أكيدة، وتملك المركّبات الكهربائية العالية الكفاءة (أكثر من ٩٠٪)، ولكن المتدنية نطاق القيادة، إمكانية محدودة لإختراق السوق. ويتمّ تحديد الإنبعاثات الناتجة عن كلا الخيارين من حيث إنتاج الهيدروجين والكهرباء. أما إذا جاء إنتاج الهيدروجين من الفحم أو الغاز مع إلتقاط الكربون وتخزينه (وهي الطريقة الأرخص حالياً) أو من الكتلة الأحيائية أو الطاقة الشمسية أو النووية أو طاقة الرياح، فمن الممكن شبه القضاء على إنبعاثات الكربون "well-to-wheel". وستظهر الحاجة إلى مزيد من التقدّم التكنولوجي أو / و إنخفاض في التكاليف على مستوى خلايا الوقود وتخزين الهيدروجين وإنتاج الهيدروجين أو الكهرباء بإنبعاثات كربون متدنية أو منعدمة، والبطاريات (توافق عالٍ، أدلة متوسّطة) [٥,٣,١].

و في العام ٢٠٣٠، سيبلغ إجمالي قدرة التخفيف في خيارات كفاءة الطاقة المطبّقة على مركّبات الإستخدامات الخفيفة، حوالي ٠,٧–٠,٨ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ بتكاليف أدنى من ١٠٠ دولار أميركي / طن ثاني أكسيد الكربون. ولكن البيانات غير كافية لتقدير مشابه لمركّبات الإستخدامات الثقيلة. وسيعطي إستخدام الوقود الأحيائي الحالي أو المتقدّم، كما جاء أعلاه، مزيداً من إمكانية الحد من الإنبعاثات لما يقارب ٦٠٠–١٥٠٠ طن متري إضافي من ثاني أكسيد الكربون المكافئ، في العام ٢٠٣٠، بتكاليف أدنى من ٢٥ دولاراً أميركياً / طن ثاني أكسيد الكربون (توافق متدنٍ، أدلة محدودة) [٥,٤,٢].

ويشكّل إستخدام التكنولوجيات الإقتصادية في مجال الوقود خطراً كبيراً بالنسبة إلى إمكانية الحدّ المستقبلي من إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون، في حال تمّ إستخدامها لزيادة قوّة المركّبات وحجمها بدلاً من تحسين مجمل إقتصاد الوقود والحدّ من إنبعاثات الكربون. إذ إستهلكت السوق، في إعطائها الأفضلية للقوة والحجم كثيراً، إمكانية الحدّ من إنبعاثات غازات الدفيئة بواسطة التخفيف، المحققة خلال العقدين الماضيين. وفي حال إستمرّ التوجّه الحالي، ستتقلّص بشكل كبير إمكانية التخفيف من غازات الدفيئة التي تملكها التكنولوجيات المتقدّمة المعروضة أعلاه (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٥,٢، ٥,٣].

الملاحة الجوية

يمكن تحسين كفاءة الوقود في الملاحة الجوية بواسطة عدة وسائل، بما في ذلك تكنولوجيا الملاحة الجوية وعملها وإدارتها. وقد تحسّن التطوّرات التكنولوجية كفاءة الوقود بنسبة ٢٠٪ بالقياس إلى مستويات العام ١٩٩٧، بحلول العام ٢٠١٥، وبنسبة ٤٠٪ – ٥٠٪ متوقّعة بحلول العام ٢٠٥٠. ومع إستمرار نمو الطيران المدني بنسبة ٥٪ تقريباً سنوياً، لن يتمكّن ذلك التحسّن على الأرجح من منع إرتفاع إنبعاثات الكربون الناتجة عن مجمل حركة السفر الجوي. لذا، فإن إدخال الوقود الأحيائي قادر على أن يخفف بعضاً من إنبعاثات الكربون الناتجة عن الملاحة الجوية، في حال تم تطويره لكي يستجيب إلى خصائص الطلب في صناعة الطيران، رغم عدم توفّر معلومات أكيدة حالياً عن تكاليف نوع شبيه من الوقود وعن الإنبعاثات الناتجة عن عملية الإنتاج (توافق متوسّط، أدلة متوسّطة) [٥,٣,٣].

ويمكن تعزيز عمل الطائرات إلى حدّه الأقصى في إستخدام الطاقة (مع حد أدنى من إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون) من خلال إختصار مدّة الدروج إلى أقصى حدّ، والطيران على أعلى المرتفعات الممكنة للسفر، والطيران ضمن مسارات الدائرة العظمى الأقصر مسافة، والتخفيف من الدوران حول المطارات إلى حدّها الأقصى. وتقدّر إمكانية إستراتيجيات شبيهة في الحد من غازات الدفيئة بنسبة حوالي ٦٪ – ١٢٪. ومؤخراً، بدأ الباحثون النظر في إمكانية تقليص إلى أقصى حدّ مجمل التأثير المناخي الناتج عن عمليات الطيران الجوي، بما في ذلك مناطق التأثيرات وذيول السحب وإنبعاثات أكاسيد النيتروجين. وتقدّر إمكانية التخفيف للعام ٢٠٣٠ بالنسبة إلى الطيران بحوالي ٢٨٠ طناً متريا من ثاني أكسيد الكربون / سنة بتكاليف أقل من ١٠٠ دولار أميركي / طن من ثاني أكسيد الكربون (توافق متوسّط، أدلة متوسّطة) [٥,٤,٢].

النقل البحري

منذ تقرير التقييم الثالث، وجد تقييم المنظمة البحرية الدولية أنه بإمكان تركيبة من الوسائل الفنية أن تحدّ من إنبعاثات الكربون بحوالي ٢٠٪ – ٤٠٪ في السفن الأقدم، وبحوالي ٥٪ – ٣٠٪ في السفن الجديدة، من خلال تطبيق المعرفة المتوفّرة عن الحالة، مثل تصميم الهيكل والمروحة وصيانتهما. ولكن، نظراً إلى طول مدة حياة المحرّكات، سنحتاج إلى عقود قبل تطبيق تلك التدابير على السفن الموجودة على نطاق واسع. وتتراوح الإمكانية القصيرة الأمد للتدابير التشغيلية، بما في ذلك تخطيط المسالك والحد من السرعة بين ١٪ و٤٠٪. وتشير الدراسة إلى أن الحد الأقصى لخفض الإنبعاثات الناتجة عن الملاحة العالمية هو ١٨٪ بحلول العام ٢٠١٠، و٢٨٪ بحلول العام ٢٠٢٠، بعد تطبيق كافة التدابير. ولا تسمح البيانات المتوفّرة بتقدير مطلق إمكانية التخفيف، ولا يتوقّع أن تكون الإمكانية كافية لموازنة نمو النشاط البحري خلال الفترة الزمنية ذاتها (توافق متوسّط، أدلة متوسّطة) [٥,٣,٤].

النقل بواسطة السكك الحديدية

تُحسّن الفرص الأساسية المرتبطة بتخفيف إنبعاثات غازات الدفيئة المرتبطة بالنقل بالسكك الحديدية، الحركة الهوائية، والحدّ من وزن القطارات، وإدخال فرامل إسترجاعية، وتخزين الطاقة على متن القطارات، وبالطبع، الحدّ من إنبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن توليد الكهرباء. وما من تقديرات متوفّرة حول مجمل إمكانية التخفيف وتكاليفه [٥,٣,٢].

نقلات في وسائل النقل والنقل العام

بإمكان تأمين أنظمة النقل العام وبنيتها التحتية، وتعزيز النقل غير الآلي، أن يساهما في التخفيف من غازات الدفيئة. إلا أن الظروف المحلية هي التي تحدد مدى إمكانية التحوّل في وسائل النقل نحو أنماط أقلّ إستخداماً للطاقة. كما تحدّد معدّلات التشغيل ومصادر الطاقة الأولية لأنماط النقل المختلفة، إمكانية التخفيف [٥,٣,١].

وتتأثر إحتياجات الطاقة في النقل الحضري، بشكل كبير، بكثافة هيكلية البيئة المبنية ونطاقها، فضلاً عن موقع بنية النقل التحتية وإتساعها وطبيعتها. ويزداد إستخدام الباصات العالية الإتساع والسكك الحديدية للإستخدامات الخفيفة، والمترو والسكك الحديدية في الضواحي لتوسيع النقل العام. وتبيّن أن أنظمة الباصات السريعة (Bus Rapid Transit) متدنية رأس المال والكلفة التشغيلية نسبياً، ولكن من غير المؤكد أنه يمكن تطبيقها في الدول النامية بالنجاح ذاته التي شهدته في أميركا الجنوبية. وفي حال إزدادت حصص الباصات في النقل العام بنسبة حوالي ٥٪ – ١٠٪، ستنخفض إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة حوالي ٤٪ – ٩٪، وبكلفة تتراوح ما بين ٦٠–٧٠ دولار أميركي / طن من ثاني أكسيد الكربون [٥,٣,١].

أكثر من ٣٠٪ من الرحلات بواسطة السيارات في أوروبا لا تتخطى ٣ كلم، و٥٠٪ منها لا تتخطى ٥ كلم. ورغم إمكانية إختلاف الأرقام في قارات أخرى، تظهر إمكانية تخفيف إثر الإنتقال من إستخدام السيارات إلى النقل غير الآلي (المشي وإستخدام الدراجات)، أو منع نمو النقل بالسيارات مقابل النقل غير الآلي. وتعتمد إمكانيات التخفيف بشكل كبير على الظروف المحلية، لكن هناك فوائد مشتركة على مستوى نوعية الهواء والإزدحام وأمن الطرقات (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٥,٣,١].

إجمالي إمكانية التخفيف في قطاع النقل

لا يمكن تقدير إجمالي إمكانية التخفيف من ثاني أكسيد الكربون وكلفته إلا جزئياً بسبب نقص البيانات لمركبات الإستخدامات الثقيلة، والنقل بواسطة السكك الحديدية والسفن، وتعزيز الإنتقال إلى النقل العام. أما مجمل الإمكانية الإقتصادية الناتجة عن تحسين كفاءة مركبات الإستخدام الخفيف والطائرات وإستبدال الوقود الأحفوري التقليدي بوقود أحيائي مقابل سعر كربون يصل إلى ١٠٠ دولار أميركي / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ، فيقدّر بحوالي ١٦٠٠ – ٢٥٥٠ طناً متريا من ثاني أكسيد الكربون. إلاّ أنه تقدير يقلل من إمكانية التخفيف في قطاع النقل (توافق عالٍ، أدلة متوسّطة) [٥,٤,٢].

فاعلية وخبرة السياسات المناخية والإمكانيات والحواجز والمسائل المرتبط بالفرص / التطبيق

سياسات النقل البري وتدابيره

نظراً إلى التأثيرات الإيجابية الناتجة عن زيادة الكثافات السكانية على إستخدام نقل العام والمشي والدراجات وإنبعاثات ثاني أكسيد الكربون، يشكّل تخطيط مكاني متكامل محسّن عنصراً هاماً في السياسات المتعلّقة بقطاع النقل. وتظهر أمثلة جيّدة في المدن الكبرى في العديد من الدول. ويمكن لإدارة الطلب على النقل أن تكون فاعلة في الحدّ من النقل من خلال إستخدام المركبات الخاصة في حال تمّ تطبيقها ودعمها بقوة. أما الإجراءات الخفيفة، مثل تأمين المعلومات وإستخدام إستراتيجيات الإتصالات والتقنيات التربوية، فهي قادرة على أن تدفع إلى الأمام تغيّراً في سلوك الفرد، ما سيؤدي إلى خفض في إستخدام السيارات بنسبة ١٤٪ في مدينة أستراليّة، و١٢٪ في مدينة ألمانيّة، و١٣٪ في مدينة سويديّة (توافق متوسّط، أدلة متوسّطة) [٥,٥,١].

وبُرهنت مقاييس إقتصاد الوقود أو مقاييس ثاني أكسيد الكربون في الحدّ من إنبعاثات غازات الدفيئة، ولكن حتى الآن، طغى نموّ قطاع النقل على تأثيرها هذا. ووضعت معظم الدول المتقدمة وبعض الدول النامية مقاييس لإقتصاد الوقود على مستوى مركبات الإستخدامات الخفيفة. ولكن تختلف المقاييس من حيث الشكل والصرامة وتمتدّ من مقاييس موحّدة إلى مقاييس طوعية على نطاق الصناعة، مروراً بمقاييس تدريجية بحسب وزن السيارة وحجمها. وأظهرت مقاييس إقتصاد الوقود فاعليتها عالمياً بحسب صرامتها في تحسين إقتصاد وقود المركبات وزيادة إقتصاد الوقود الذي يستخدمه متوسّط أسطول المركبات على الطرقات، والحد من إستخدام الوقود وإنبعاثات الكربون. وفي بعض الدول، إعترضت بعض أوساط صناعة السيارات على مقاييس إقتصاد الوقود لمروحة أسباب، من كفاءة الإقتصاد إلى الأمن. ويمكن تعزيز إجمالي فاعلية المقاييس بشكل ملحوظ في حال تزامنت مع محفّزات ضريبية وتوعية المستهلك (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٥,٥,١].

وتحدد الضرائب على شراء السيارات وتسجيلها وإستخدامها وعلى وقود المحرّكات وسياسات تسعير المواقف، بشكل كبير، وعلى إستخدام الطاقة للمركبات، وعلى إنبعاثات غازات الدفيئة. وتستعملها دول عدة لزيادة المردود العام ولإدخال جزئي لتكاليف إستخدام المركبات أو مراقبة الإزدحام على الطرقات العامة. ويكمن أحد الأسباب الهامة التي تحدّ فاعلية ضريبة الوقود أو ثاني أكسيد الكربون في أن مرونة الأسعار هي أصغر من مرونة الدخل المرتبط بالطلب. وعلى المدى الطويل، ستزيد مرونة الدخل المرتبط بالطلب بـ١,٥–٣ من مرونة الأسعار في مجمل الطلب على النقل، ما يعني أنّ مؤشرات الأسعار ستصبح أقل فاعلية مع زيادة الدخل. وبرهنت المستردات على شراء المركبات وضرائب تسجيل المركبات أنها فاعلة على مستوى الوقود. وتطبّق دول عدة سياسات تسعير إستخدام الطرقات والمواقف ما يؤثّر بشكل ملحوظ على إستخدام المسافرين للسيارات (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٥,٥,١].

أدخلت حكومات عديدة، أو ترغب في إدخال، سياسات تهدف إلى تعزيز الوقود الأحيائي في الإستراتيجيات الوطنية لمكافحة الإنبعاثات. ونظراً إلى أن منافع الوقود الأحيائي في التخفيف من ثاني أكسيد الكربون ترتبط بشكل أساسي بمبدأ well-to-tank، تكون محفّزات إستخدام الوقود الأحيائي أكثر فاعلية كسياسات مناخية، في حال تمّ ربطها بكفاءات ثاني أكسيد الكربون لجهة well-to-wheels. وبالتالي، يجب أن تتوازن معدّلات الضرائب التفضيلية والإعانات والحصص من أجل خلط الوقود مع المنافع على مستوى إدخارات ثاني أكسيد الكربون خلال دورة well-to-wheel كاملة، بالنسبة إلى كل نوع من أنواع الوقود. وبهدف تجنّب التأثيرات السلبية لإنتاج الوقود الأحيائي على التنمية المستدامة (مثلاً التأثيرات على التنوّع الأحيائي)، لا بدّ من ربط المحفّزات بشروط إضافية عند إستخدام الوقود الاحيائي.

سياسات النقل الجوي والبحري وتدابيره

بهدف الحد من إنبعاثات النقل الجوي والبحري الناتجة عن إحتراق وقود الخزانات، تحتاج سياسات أطر العمل إلى التنمية. ودرست منظمة الطيران المدني الدولي والمنظمة البحرية الدولية خيارات الحد من إنبعاثات غازات الدفيئة. ولكن لم يتمّ حتى الآن تصميم إطار ملائم لتطبيق السياسات. إلا أن منظمة الطيران المدني الدولي إعتمدت مفهوم نظام دولي مفتوح للتداول بالإنبعاثات يُطبّق بموجب آلية طوعية أو بإدخال الطيران الدولي ضمن أنظمة التداول بالإنبعاثات الموجودة.

وبالنسبة إلى الطيران، يملك كل من الرسوم المفروضة على الوقود والإنبعاثات والتداول إمكانية الحد من الإنبعاثات بشكل ملحوظ. وسيشكّل النطاق الجغرافي (الطرقات والتغطية)، وكمية المخصصات لقطاع الطيران والتغطية عناصر أساسية في تحديد طريقة التداول بالإنبعاثات الأكثر فاعلية للحد من تأثيرات الطيران على المناخ. وقد يؤدي فرض الرسوم على الإنبعاثات أو التداول بفرضها إلى زيادة في تكاليف الوقود، ما سيؤثر إيجاباً على كفاءة المحرّك [٥,٥,٢].

وتعتمد معظم المبادرات الحالية على مستوى السياسات في قطاع السفن على خطط طوعية تستخدم مؤشرات كفاءة السفن على مستوى الوقود. وتعتمد الرسوم على إستخدام مرافئ تختلف تعباً للظروف البيئية، وذلك في العديد من المناطق. ومن بين السياسات الأخرى الهادفة إلى الحد من إنبعاثات السفن، نذكر إدخال الملاحة البحرية الدولية ضمن النظم الدولية للتداول بالإنبعاثات، والضرائب على الوقود والأدوات التنظيمية (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٥,٥,٢].

السياسات المتكاملة غير المناخية التي تؤثر على إنبعاثات غازات الدفيئة والمنافع المشتركة المتأتية من سياسات التخفيف من غازات الدفيئة

ركّز التخطيط والسياسات المتعلّقان بالنقل مؤخراً، بشكل أكبر، على أوجه التنمية المستدامة، ما يضمّ الحد من واردات النفط، وتحسين نوعية الهواء، والحد من التلوّث الناتج عن الضجيج، وزيادة السلامة، والحد من الإزدحام، وتحسين النفاذ إلى منشآت النقل. ويمكن لسياسات كهذه أن تحسّن التآزر مع خفض إنبعاثات غازات الدفيئة (توافق عالٍ، أدلة متوسّطة) [٥,٥,٤، ٥,٥,٥].

٦ المباني السكنية والتجارية

وضع القطاع وتوجّهات الإنبعاثات

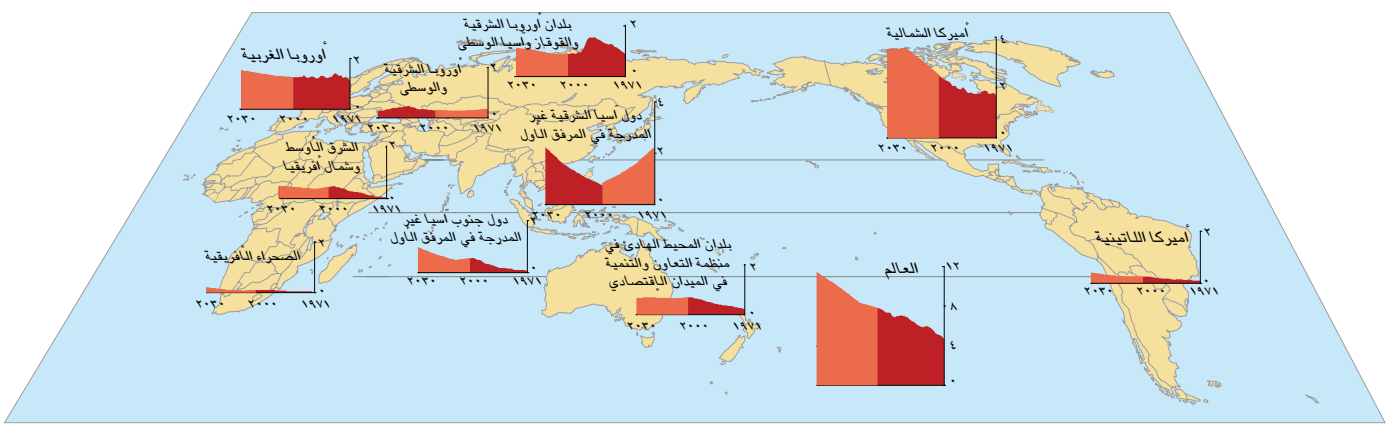
سنة ٢٠٠٤، بلغت إنبعاثات غازات الدفيئة في قطاع المباني (بإستثناء إنبعاثات إستخدام الكهرباء) حوالي ٥ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة (٣ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة للكربون، ٠,١ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة لأكسيد النيتروز، ٠,٤ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة للميثان، و١,٥ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة للهيدروكربون). وتضمّ الأرقام الأخيرة الغازات المفلورة التي يغطيها بروتوكول مونتريال وحوالي ٠,١–٠,٢ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة لغازات الهيدروفلوروكربون). ونظراً إلى أن التخفيف في هذا القطاع يضمّ العديد من التدابير الهادفة إلى توفير الكهرباء، تُقاس إمكانية التخفيف عادة مع الأخذ بإجراءات توفير الكهرباء. ومن باب المقارنة، غالباً ما تُعرض أرقام الإنبعاثات الناتجة عن قطاع المباني مع الإنبعاثات الناتجة عن إستخدام الكهرباء في هذا القطاع. ومع إدخال الإنبعاثات الناتجة عن إستخدام الكهرباء، بلغت إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بالطاقة على مستوى قطاع المباني، ٨,٦ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة أي حوالي ٣٣٪ من المجموع العالمي للعام ٢٠٠٤. ويقدّر بالتالي مجموع إنبعاثات غازات الدفيئة، بما في ذلك الإنبعاثات الناتجة عن إستخدام الكهرباء، بحوالي ١٠,٦ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة (توافق عالٍ، أدلة متوسّطة) [٦,٢].

إنبعاثات الكربون المستقبلة المتأتية من إستخدام الطاقة في المباني

تستخدم الكتب التي تتناول قطاع المباني مزيجاً من خطوط الأساس. فتمّ، في الفصل الحالي، تحديد خط أساس لقطاع المباني بين سيناريو ب٢ في التقرير الخاص وأ١ب٢، مع إنبعاثات غازات الدفيئة قدرها ١٤,٣ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ (بما في ذلك الإنبعاثات الناتجة عن إستخدام الكهرباء) في العام ٢٠٣٠. أما إنبعاثات ب٢ في التقرير الخاص وأ١ب فهي ١١,٤ و١٥,٦ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ. أما بحسب السيناريو ب٢ في التقرير الخاص بالسيناريوهات (الرسم ١٧ في الملخّص الفني)، المبني على نمو إقتصادي أدنى نسبياً، فتملك أميركا الشمالية ودول آسيا الشرقية غير المدرجة في المرفق الأول الشريحة الأكبر من زيادة الإنبعاثات. وفي سيناريو التقرير أ١ب الذي يشير إلى نمو إقتصادي سريع، تزداد كافة إنبعاثات الكربون في العالم النامي: آسيا والشرق الأوسط وشمال أفريقيا وأميركا اللاتينية والصحراء الأفريقية، بحسب التدرّج المذكور. وبشكل عام، يبلغ المعدّل السنوي لإنبعاثات ثاني أكسيد الكربون بين العامين ٢٠٠٤ و٢٠٣٠، نسبة ١,٥٪ بحسب سيناريو ب٢، و٢,٤٪ بحسب سيناريو أ١ب (توافق عالٍ، أدلة متوسّطة) [٦,٢، ٦,٣].

تكنولوجيات التخفيف وممارساته

تندرج تدابير الحد من إنبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن المباني ضمن ثلاث فئات: ١) الحد من إستهلاك الطاقة[١٣] وطاقة المباني؛ ٢) الإنتقال إلى وقود بمحتوى متدنٍ من الكربون، بما في ذلك إستخدام أوسع للطاقة



الرسم ١٧ في الملخّص الفني: إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون (جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون) الناتجة عن المباني، بما في ذلك الإنبعاثات الناتجة عن إستخدام الطاقة، ١٩٧١–٢٠٣٠ [الرسم ٦,٢].

ملاحظة: الأحمر الداكن – إنبعاثات تاريخية؛ الأحمر الفاتح – إسقاطات بموجب سيناريو التقرير الخاص ب٢. يُشار إلى بلدان أوروبا الشرقية والقوقاز وآسيا الوسطى بالإنكليزية EECCA

المتجددة؛ ٣) مراقبة إنبعاثات غازات الدفيئة غير ثاني أكسيد الكربون. وتسمح تكنولوجيات حالية عديدة بالتخفيف من إستهلاك طاقة المباني بواسطة أغطية حرارية أفضل[١٤]، وطرق تصميم أفضل وعمليات أفضل، وتجهيزات أكثر كفاءة، وطلب مخفّض على خدمات الطاقة. وترتبط أهمية التدفئة والتبريد النسبية بالمناخ، وهي لذلك تختلف إقليمياً، بينما ترتبط كفاءة تصميم التكنولوجيا السلبي أيضاً بالمناخ، مع إختلاف هام بين المناطق الحارة – الرطبة والحارة – الجافة. وهناك عوامل هامة أخرى تساهم في الحد من إستخدام طاقة المباني، مثل سلوك سكّان المباني، بما في ذلك تجنّب التشغيل غير الضروري للتجهيزات، ومعايير درجات الحرارة متكيّفة بدلاً من أن تكون ثابتة (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٦,٤].

إمكانية التخفيف في قطاع المباني

يمكن تحقيق خفض كبير في إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن إستخدام الطاقة في المباني خلال السنوات المقبلة بالمقارنة مع الإنبعاثات المسقطة. وتعود هذه الثقة إلى التجربة الكبيرة لعدد واسع من التكنولوجيات والممارسات والأنظمة من أجل تأمين كفاءة الطاقة، فضلاً عن خبرة مشابهة من حيث الأهمية في البرامج والسياسات التي تعزز كفاءة الطاقة في المباني. ويمكن توفير جزء كبير من الطاقة بأساليب تقلل من تكاليف دورة الحياة، وتحقق تالياً خفضاً لإنبعاثات ثاني أكسيد الكربون الذي يملك كلفة سلبية صافية (يعني ذلك عادةً كلفة إستثمار أعلى، لكن كلفة تشغيل أدنى) (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٦,٤، ٦,٥].

ويدعم مسحٌ تألف من ثمانين دراسة تلك الإستنتاجات (الجدول ٥ في الملخّص الفني)، ويشير إلى أن تكنولوجيات الإضاءة ذات الكفاءة هي من أبرز التدابير الواعدة بمكافحة غازات الدفيئة في المباني في معظم الدول تقريباً، لإمكانية التوفير والفاعلية بالقياس إلى التكلفة. بحلول العام ٢٠٢٠، تمكن مكافحة حوالي ٧٦٠ طناً متريا من ثاني أكسيد الكربون من خلال إعتماد أنظمة الإضاءة الأقل كلفة لدورة الحياة الواحدة، عالمياً، وذلك بمعدّل كلفة أقل من ١٦٠ دولاراً أميركياً / طن من ثاني أكسيد الكربون (أي بمنفعة إقتصادية صافية). أما بالنسبة إلى حجم التوفير فتضع معظم الدراسات في المقدمة العزل المحسّن وتدفئة المباني في المناخات الباردة وتدابير الكفاءة المتعلّقة بتبريد الأماكن وبتهوئتها في المناخات الحارة، بالإضافة إلى أفران الطبخ في الدول النامية. ومن بين الإجراءات الهامة الأخرى لإمكانية توفير الطاقة، نذكر: التدفئة المائية العاملة على الطاقة الشمسية وأنظمة التطبيق الفاعل وإدارة الطاقة.

وعندما يتعلّق الأمر بالكفاءة قياساً إلى الكلفة، تأتي أفران الطبخ ذات الكفاءة في المرتبة الثانية بعد الإضاءة في الدول النامية، بينما تختلف إجراءات المرتبة الثانية في الدول المتقدّمة نظراً إلى إختلاف المناخ والمنطقة الجغرافية. ووجدت معظم الدراسات التي تنظر في حالات الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية (عادةً في المناطق الأكثر برداً) أن تدابير التدفئة هي الأكثر كفاءة من حيث الكلفة، بما في ذلك عزل الجدران والسقف والنوافذ والأرض، إلى جانب مراقبة أفضل لنظام تدفئة المباني. وتعتبر إجراءات التطبيق في الدول المتقدمة، عادةً، الأكثر كفاءةً بالقياس إلى الكلفة، مع رفع مستوى تصنيف التجهيزات المرتبطة بالطبخ في مناخات أكثر دفئاً. أما توفير الطاقة المستخدمة لتبريد الهواء فبإمكانه أن يكون عملية أكثر كلفة مقارنة مع إجراءات كفاءة أخرى، ولكنه فاعل بالقياس إلى الكلفة لأنه يؤدي إلى نقل ذروات طاقة أكثر كلفة.

ويمكن في المباني الفردية الجديدة توفير نسبة ٧٥٪ أو أكثر من الطاقة مقارنةً مع الممارسات الحالية، وذلك بكلفة إضافية صغيرة أو من دون أية كلفة إضافية. ويحتاج هذا التوفير إلى عملية تصميم متكاملة تجمع المهندسين والمقاولين والزبائن، مع الأخذ بكامل الفرص للحد سلبياً من الطلب على الطاقة داخل المباني [٦,٤,١].

أما التخفيف من غازات الدفيئة في المباني في الدول النامية فيشكّل أهمية كبرى، إذ يمكن للطبخ بإستخدام الأفران أن يصبح أكثر كفاءة وأن يحرق الجزيئيات بشكل أكثر إكتمالاً، فيستفيد بالتالي سكان القرى من نوعية الهواء المحسّنة، مع تخفيف إنبعاثات غازات الدفيئة. ويمكن تحديد مصادر محلية للمواد المحسّنة والمتدنية من حيث إطلاق غازات الدفيئة. وتظهر الحاجة في المناطق الحضرية، خاصة في المدن، إلى كامل التكنولوجيا الحديثة المستخدمة في الدول المتقدّمة، بهدف الحدّ من إنبعاثات غازات الدفيئة [٦,٤,٣].

وتضم المجالات الجديدة لتوفير الطاقة داخل المباني التجارية تطبيق المراقبة وتكنولوجيا المعلومات من أجل الإستمرار في المراقبة والتشخيص ونقل الأخطاء الملحوظة داخل المباني التجارية (المراقبة الذكية)؛ يقرن ذلك بمقاربات مبنية على النظم للحدّ من الحاجة إلى التهوئة والتبريد وإزالة الرطوبة. كما تظهر أهمية النوافذ المتقدّمة والتصميم الشمسي السلبي وتقنيات الحدّ من التسرّبات من المباني والأنابيب، والإستخدامات ذات الكفاءة على مستوى الطاقة، ومراقبة إستهلاك الطاقة المثلى والجاهزة للإستخدام، فضلاً عن إضاءة صلبة، وذلك في القطاعين السكني والتجاري (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٦,٥].

[١٣] ينطبق ذلك على كافة أشكال إستخدامات الطاقة في المباني، بما في ذلك الكهرباء.
[١٤] يشير مفهوم »الغطاء الحراري« إلى غطاء المبنى الذي يؤدي دور الحاجز للحار غير المرغوب فيه، أو لتنقّل الكتلة الحرارية بين داخل المبنى وخارجه.

الجدول ٥ في الملخّص الفني: إمكانية الحد من إنبعاثات غازات الدفيئة في قطاع المباني للعام ٢٠٢٠ (أ) [الجدول ٦,٢].

المنطقة الإقتصادية	الدول / مجموعات الدول المستعرضة للمنطقة المذكورة	الإمكانية كنسبة مئوية من خط الأساس لقطاع المباني (ب)	التدابير التي تغطي الإمكانية الأكبر	التدابير التي تؤمن أرخص خيارات التخفيف
الدول المتقدّمة	الولايات المتحدة الأميركية، كندا، استراليا، اليونان، جمهورية كوريا، المملكة المتحدة، المانيا، اليابان	فنية: ٢١٪–٥٤٪ (ج) إقتصادية: (< ٠ دولار أميركي / طن من ثاني اكسيد الكربون المكافئ): ١٢٪ – ٢٥٪ (د) سوقية: ١٥٪ – ٣٧٪	١. تجهيز تحسيني للطبقة الخارجية، عزل داخلي للنوافذ والجدران بشكل خاص؛ ٢. انظمة تدفئة المكان ٣. إضاءة فاعلة خاصةً الإنتقال إلى المصابيح الفلورية المدمجة وصابورت ذات كفاءة	١. استخدام قليل لأجهزة التلفاز ومعدّات ملحقة ذات كفاءة (مستخدمة أو جاهزة للإستخدام)، برّادات، ثلّاجات، مراوح ومكيّفات هواء. ٢. سخّانات المياه. ٣. أفضل ممارسات الإضاءة.
الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية	المجر، روسيا، بولندا، كرواتيا، وكمجموعة واحدة: لاتفيا، إستونيا، ليتوانيا، سلوفاكيا، سلوفينيا، المجر، مالطا، قبرص، بولندا، جمهورية تشيكيا	فنية: ٢٦٪ – ٤٧٪ (ه) إقتصادية: (< ٠ دولار أميركي / طن من ثاني اكسيد الكربون المكافئ): ١٣٪ – ٣٧٪ (و) سوقية: ١٤٪	١. عزل قبل وبعد، وإستبدال القطع المختلفة داخل المبنى، خاصة النوافذ؛ ٢. إضاءة فاعلة خاصةً الإنتقال إلى المصابيح الفلورية المدمجة؛ ٣. إستخدامات ذات كفاءة مثل البرادات وسخّانات المياه.	١. إضاءة ذات كفاءة ومراقبتها. ٢. انظمة مراقبة أجهزة التدفئة وسخّانات المياه. ٣. تجهيز تحسيني للقطع داخل المباني وإستبدالها، خاصةً النوافذ.
الدول النامية	ميانمار، الهند، أندونيسيا، البرازيل، الصين، الإكوادور، تايلاندا، باكستان، جنوب افريقيا	فنية: ١٨٪ – ٤١٪ إقتصادية: (< ٠ دولار أميركي / طن من ثاني اكسيد الكربون المكافئ): ١٣٪ – ٥٢٪ (ز) سوقية: ٢٣٪	١. إضاءة فاعلة خاصةً الإنتقال إلى المصابيح الفلورية المدمجة، تجهيز تحسيني للإضاءة، مصابيح كاز ذات كفاءة؛ ٢. انواع مختلفة من أفران الطبخ المحسّنة، خاصةً أفران الكتلة الأحيائية، تليها الأفران العاملة على الغازين النفطية المسَيَّلة والكاز. ٣. إستخدامات ذات كفاءة لتجهيزات مثل البرادات ومكيّفات الهواء.	١. إضاءة محسّنة، وخاصةً الإنتقال إلى المصابيح الفلورية المدمجة، تجهيز تحسيني للإضاءة، مصابيح كاز ذات كفاءة؛ ٢. انواع مختلفة من أفران الطبخ المحسّنة، خاصةً أفران الكتلة الأحيائية، تليها الأفران العاملة على الكاز. ٣. إستخدامات ذات كفاءة لتجهيزات مثل البرادات ومكيّفات الهواء.

ملاحظات:

(أ) بإستثناء الإتحاد الأوروبي–١٥، هناك اليونان وكندا والهند وروسيا التي إتخذت من العام ٢٠١٠ هدفاً لها، والمجر والإكوادور وجنوب أفريقيا التي إتخذت من العام ٢٠٣٠ هدفاً لها.

(ب) تظهر إمكانية السوق أكبر من الإمكانية الإقتصادية في الدول المتقدّمة بسبب الدراسات المحدودة المتعلّقة بنوع واحد من الإمكانيات، فتنقص بالتالي المعلومات التي تشير على الأرجح إلى إمكانية إقتصادية أعلى.

(ج) الإثنتان للعام ٢٠١٠، في حال إستعملنا المعادلة التقريبية: إمكانية ٢٠٢٠ = (١–(١–إمكانية ٢٠١٠) لإسقاط الإمكانية كنسبة مئوية لخط الأساس في المستقبل (تعتبر سنة ٢٠٠٠ سنة الإنطلاق)، وتتراوح النسبة الفاصلة بين ٣٨٪ و٧٩٪.

(د) النسبتان للعام ٢٠١٠، في حال تم إستعمال المعادلة المقترحة، تصبح النسبة الفاصلة ٢٢٪ – ٤٤٪.

(ه) الرقم الأخير للعام ٢٠١٠، ويوازي نسبة ٧٢٪ في العام ٢٠٢٠ عند إستعمال المعادلة المذكورة أعلاه.

(و) الرقم الأخير للعام ٢٠١٠، ويوازي ٢٤٪ في العام ٢٠٢٠ عند إستعمال المعادلة المذكورة أعلاه.

(ز) الرقم الأخير للعام ٢٠٣٠، ويوازي ٣٨٪ في العام ٢٠٢٠ عند إستعمال المعادلة المذكورة أعلاه لتحديد الإمكانية المتوسّطة.

ويعتبر سلوك شاغري المباني والثقافة وإختيار المستهلك وإستخدام التكنولوجيا، عوامل هامة في تحديد إستخدامات الطاقة داخل المباني، وتؤدي دوراً اساسياً في إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون. لكن، قلّما يتم تقييم إمكانية الحدّ من الإنبعاثات من خلال خيارات غير تكنولوجية، وقلّما تأخذها السياسات بعين الإعتبار (توافق عالٍ، أدلة متوسّطة).

وتظهر فرص الحدّ من الإنبعاثات المباشرة للغازات المفلورة في قطاع المباني بشكل كبير من خلال إعتمادٍ عالمي لأفضل الممارسات وطرق الإستعادة، مع إمكانية تخفيف كافة الغازات المعالجة بالفلور تقدّر بحوالي ٠,٧ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ، للعام ٢٠١٥. ويقضي تخفيف المبرّدات الهالوكربونية بشكل أساسي بتجنّب التسرّب

الجدول ٦ في الملخّص الفني: إسقاطات إمكانية التخفيف العالمية من ثاني أكسيد الكربون للعام ٢٠٢٠، بالإرتباط مع الكلفة [الجدول ٦,٣].

مناطق عالمية	إنبعاثات خط الأساس في العام ٢٠٢٠	إمكانيات التخفيف من ثاني أكسيد الكربون كجزء من إسقاطات إنبعاثات خط الأساس في فئات الكلفة في العام ٢٠٢٠ (تكاليف بالدولار الأميركي / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ)				إمكانيات التخفيف من ثاني أكسيد الكربون بالقيم المطلقة في فئات الكلفة للعام ٢٠٢٠، جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ (تكاليف بالدولار الأميركي / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ)			
	جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ	٠>	٢٠–٠	١٠٠–٢٠	١٠٠>	٠>	٢٠–٠	١٠٠–٢٠	١٠٠>
العالم	١١,١	٢٩٪	٣٪	٤٪	٣٦٪	٣,٢	٠,٣٥	٠,٤٥	٤,٠
دول منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي (الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية)	٤,٨	٢٧٪	٣٪	٢٪	٣٢٪	١,٣	٠,١٠	٠,١٠	١,٦
الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية	١,٣	٢٩٪	١٢٪	٢٣٪	٦٤٪	٠,٤	٠,١٥	٠,٣٠	٠,٨٥
دول غير أعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٥,٠	٣٠٪	٢٪	١٪	٣٢٪	١,٥	٠,١٠	٠,٠٥	١,٦

ملاحظة: تعتمد الإمكانية العالمية المجمّعة بالقياس إلى الكلفة والمنطقة على ١٧ دراسة فصّلت الإمكانية بالقياس إلى الكلفة.

من مكيّفات الهواء وتجهيزات التبريد (أي خلال الإستخدام العادي والصيانة، وعند انتهاء صلاحيته) والحدّ من إستخدام الهالوكربون في التجهيزات الجديدة. ويكمن المحدد الأساسي لإمكانية تحقيق ما تقدّم، في التكاليف المرتبطة بتطبيق التدابير بهدف تحقيق الحدّ من الإنبعاثات. وهي تتراوح بين المنفعة الصافية و٣٠٠ دولار أميركي / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٦,٥].

إمكانية التخفيف في قطاع المباني

تظهر إمكانية عالية للحدّ من حوالي ٣٠٪ من إنبعاثات خط الأساس المسقطة داخل القطاعين السكني والتجاري بشكل فاعل بالقياس إلى الكلفة، بحلول العام ٢٠٢٠ (الجدول ٦ في الملخّص الفني). ويمكن تجنّب حوالي ٣٪ إضافية من إنبعاثات خط الأساس بكلفة تصل إلى ٢٠ دولاراً أميركياً / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ، و٤٪ إضافية في حال تم النظر في التكاليف التي تصل إلى ١٠٠ دولار أميركي / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ. لكن، نظراً إلى عدد الإمكانيات المتدنية الكلفة المتوفّرة، لم يتم تقييم الإمكانية المرتفعة الكلفة إلا بشكل محدود، ولذلك أتى التقدير أصغر من القيمة الحقيقية. وتمثّل التقديرات المبنية على إستخدام إسقاطات إنبعاثات خط الأساس العالمية على مستوى المباني[١٥]، حوالي ٣,٢، ٣,٤ و٤,٠ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ للعام ٢٠٢٠، بكلفة تساوي الصفر و٢٠ دولاراً أميركياً / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ، و١٠٠ دولار أميركي / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ (توافق عالٍ، أدلة كافية) [٦,٥].

وعلى الأرجح، فإن الإمكانية الحقيقية هي أعلى نظراً إلى أنه لم يتم النظر في كافة خيارات كفاءة الإستخدام النهائي في الدراسات، كما لم تُذكر الخيارات غير التكنولوجية ومنافعها المشتركة العالية عادةً، مع الأخذ بالمباني المتكاملة العالية الكفاءة. لكن قدرة السوق تبقى أصغر بكثير من الإمكانية الإقتصادية.

نظراً إلى المعلومات المحدودة المتوفّرة للعام ٢٠٣٠، تمّ إجراء إستقراء خارجي من النتائج للعام ٢٠٢٠، إلى الإمكانية الإقتصادية للعام ٢٠٣٠ بهدف المقارنة مع قطاعات أخرى. وتظهر التقديرات في الجدول ٧ في الملخّص الفني. أما الإستقراء الخارجي لتقدير إمكانيات العام ٢٠٣٠ فيشير إلى إمكانية الحدّ عالمياً من ٤,٥ و٥,٠ و٥,٦ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون / سنة بتكاليف <٠، و<٢٠ و<١٠٠ دولار أميركي / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ على التوالي. ما يوازي ٣٠٪ و٣٥٪ و٤٠٪ من إنبعاثات خط الأساس المسقطة. وترتبط تلك الأرقام بمستويات أدنى بكثير من اليقين مقارنة مع العام ٢٠٢٠، وذلك نتيجة الأبحاث المحدودة المخصصة للعام ٢٠٣٠ (توافق متوسّط، أدلة متدنية).

[١٥] يعتمد إحتساب إسقاطات إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون على ١٧ دراسة إستخدمت لتحديد الإمكانية العالمية (وفي حال غاب خط أساس عن دراسة ما، يتمّ إستخدام إسقاطات من تقرير وطني آخر عن التخفيف).

الجدول ٧ في الملخّص الفني: إسقاطات إمكانية التخفيف العالمية من ثاني أكسيد الكربون للعام ٢٠٣٠ بالقياس إلى الكلفة، بناءً على الإستقراء الخارجي إنطلاقاً من أرقام العام ٢٠٢٠، بالجيغا طن من ثاني أكسيد الكربون [الجدول ٦,٤].

خيار التخفيف	المنطقة	إسقاطات خط الأساس للعام ٢٠٣٠	الإمكانية بكلفة أقل من ١٠٠ دولار أميركي / طن من ثاني اكسيد الكربون المكافئ		الإمكانية بالقياس إلى أنماط الكلفة المختلفة		
			متدنٍ	عالٍ	< ٠ دولار أميركي / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ	٠–٢٠ دولاراً أميركياً / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ	٢٠–١٠٠ دولار أميركي / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ
			< ٠ دولار أميركي / طن من الكربون		٠–٧٣ دولاراً أميركياً / طن من الكربون		٧٣–٣٦٧ دولاراً أميركياً / طن من الكربون
توفير الكهرباء[أ]	منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٣,٤	٠,٧٥	٠,٩٥	٠,٨٥	٠,٠	٠,٠
	الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية	٠,٤٠	٠,١٥	٠,٢٠	٠,٢٠	٠,٠	٠,٠
	دول غير أعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي ولا يمرّ إقتصادها بمرحلة إنتقالية	٤,٥	١,٧	٢,٤	١,٩	٠,١	٠,١
توفير الوقود	منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٢,٠	١,٠	١,٢	٠,٨٥	٠,٢	٠,١
	الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية	١,٠	٠,٥٥	٠,٨٥	٠,٢٠	٠,٢	٠,٣
	دول غير أعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي ولا يمرّ إقتصادها بمرحلة إنتقالية	٣,٠	٠,٧٠	٠,٨٠	٠,٦٥	٠,١	٠,٠
المجموع	منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٥,٤	١,٨	٢,٢	١,٧	٠,٢	٠,١
	الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية	١,٤	٠,٧٠	١,١	٠,٤٠	٠,٢	٠,٣
	دول غير أعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي ولا يمرّ إقتصادها بمرحلة إنتقالية	٧,٥	٢,٤	٣,٢	٢,٥	٠,١	٠,٠
	المجموع العالمي	١٤,٣	٤,٨	٦,٤	٤,٥	٠,٥	٠,٧

ملاحظة:

[أ] لا تنطبق القيم المطلقة من الإمكانيات الناتجة عن توفير الكهرباء في الجدول ٨ في الملخّص الفني على الفصل ١١ الجدول ١١,٣، بسبب تطبيق خطوط أساس مختلفة، إلا أن تقديرات الإمكانيات كنسبة مئوية لخط الأساس هي ذاتها في الحالتين. كما يستثني الجدول ١١,٣ حصة الإنبعاثات التي تم الحدّ منها والتي سبق أن تم الأخذ بها في قطاع إمدادات الطاقة، بينما لا يفرّق الجدول ٧ في الملخّص الفني تبعاً لتلك الإمكانية.

وتحدد توقّعات المدى الطويل لخيارات قطاع المباني بكلفة تصل إلى ٢٥ دولاراً أميركياً / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ، إمكانية الحدّ من الإنبعاثات بحوالي ٧,٧ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ في العام ٢٠٥٠.

تفاعلات خيارات التخفيف مع التعرّض للإحترار والتكيّف معه

يؤدي الإحترار العالمي إلى إنخفاض إستخدام الطاقة للتدفئة في المناخات المعتدلة (مثل أوروبا وأجزاء من آسيا وأميركا الشمالية)، وإزدياد الطلب على التبريد في معظم أنحاء العالم. ويشير العديد من الدراسات إلى أن الطلب الزائد على التبريد، في الدول المعتدلة المناخ، سيغطي على إنخفاض الطلب على التدفئة. وفي جنوب أوروبا، من المتوقّع أن يزداد الطلب بشكل كبير خلال ذروة الصيف. وقد يؤدي صافي تأثير الإحترار إلى زيادة إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون، بحسب المزيج المعتمد من قبل دول خاصة لتوليد الطاقة، وذلك حتى في ظل إنخفاض إجمالي في الطلب على الطاقة، ما يؤدي إلى حلقة تأثير تفاعلي إيجابي: مزيد من التبريد الآلي يؤدي إلى مزيد من إنبعاثات غازات الدفيئة، ما يؤدي بدوره إلى زيادة الإحترار (توافق متوسّط، أدلة متوسّطة).

ومن الممكن أن تخفف الإستثمارات في قطاع المباني إجمالي كلفة تغيّر المناخ في حال عالجت، في آن، مسألتي التخفيف والتكيّف. وتضم أهم أوجه التآزر تلك: الحدّ من الحاجة إلى التبريد أو إستخدام الطاقة من خلال تدابير مثل تطبيق التصميم المتكامل للمباني، والبناء الشمسي السلبي، وإستخدام مضخّات حرارة ذات كفاءة عالية للتبريد والتدفئة، ونوافذ بألواح ملائمة، وإستخدامات عالية الكفاءة تطلق نسبة أقل من الطاقة بعد الإستخدام، فضلاً عن التجهيز التحسيني الذي يضم العزل المعزز أو المقوّى إلى أقصى حدّ ممكن لمناخات خاصة، والحماية من العواصف. وبرهن التخطيط المديني الملائم، بما في ذلك زيادة المساحات الخضراء والسطوح الباردة في المدن، كفاءته في الحدّ من تأثير «جزر الحرارة»، ما يخفف الحاجة إلى التبريد وأرجحية حصول الحرائق داخل المدن. وغالباً ما تأخذ التصاميم بالراحة التكييفية، حيث يقبل الشاغر بدرجات حرارة (راحة) أعلى عندما تكون الحرارة الخارجية عالية (توافق عالٍ، أدلة متوسّطة) [٦,٩].

الجدول ٨ في الملخّص الفني: تأثير الأدوات المختارة وفاعليتها في مجال التخفيف من غازات الدفيئة الناتجة عن قطاع المباني بإستخدام أفضل الممارسات [الجدول ٦,٦].

أداة سياساتية	كفاءة الحد من الإنبعاثات [أ]	الكفاءة بالقياس إلى الكلفة [ب]	ظروف النجاح الخاصة وأهمّ نقاط القوة والحدود والمنافع المشتركة
معايير التجهيزات	عالية	عالية	عوامل النجاح: تيويم دوري للمقاييس، مراقبة مستقلة، توفّر المعلومات، الإتصالات والتربية.
قوانين البناء	عالية	متوسّطة	ما من حوافز لبلوغ الهدف المرجو. ليست فاعلة من دون الإلزام بها.
برامج القيادات العامة، تضم التشريعات المعنية بالمشتريات	عالية	عالية / متوسّطة	يمكن إستعمالها بشكل فاعل في عرض التكنولوجيات والممارسات الجديدة. تملك البرامج الإلزامية إمكانية أكبر من البرامج الطوعية. عامل النجاح: وضع العلامات والإختبار طموحان.
واجبات تأمين كفاءة الطاقة وحصصها	عالية	عالية	مطلوبة تحسينات مستمرة: تدابير كفاءة الطاقة، حوافز قصيرة الأمد بهدف تحويل الأسواق، إلخ
برامج إدارة جهة الطلب	عالية	عالية	تبدو أكثر كفاءة بالقياس إلى الكلفة في القطاع التجاري من القطاع السكني.
التعاقد على أداء الطاقة / دعم شركة خدمات الطاقة [ج]	عالية	متوسّطة	القوة: ما من حاجة للإنفاق العام أو تدخّل السوق، منافع مشتركة في التنافسية المحسّنة.
شهادات منشأ كفاءة الطاقة	متوسّطة	متوسّطة	ما من خبرة طويلة الأمد. يمكن لتكاليف الصفقات أن تكون عالية. الحاجة إلى هيكليات مؤسساتية. تفاعلات عميقة مع السياسات المتوفّرة. منافع العمالة.
آلية ليونة تابعة لبروتوكول كيوتو [د]	متدنية	متدنية	حتى الآن، مشاريع محدودة مرتبطة بآلية التنمية النظيفة والتطبيق المشترك داخل المباني.
الضرائب	متدنية	متدنية	يرتبط التأثير بليونة الأسعار. أما الأجور فيمكن تخصيصها لمزيد من الكفاءة. أكثر فاعلية عند إستخدامها مع أدوات أخرى.
إعفاءات / تخفيضات ضريبية	عالية	عالية	في حال تمت هيكلتها بالشكل الملائم، تعزز إدخال تجهيزات عالية الكفاءة ومبانٍ جديدة.
إعانات لرأس المال، منح، قروض مدعومة	عالية	متدنية	إيجابية بالنسبة إلى الأسر المتدنية المدخول، خطر المستفيدين بالمجان، قد تشجّع الإستثمارات الريادية.
برامج وضع العلامات ومنح الشهادات	متوسّطة / عالية	عالية	برامج إلزامية أكثر فاعلية من البرامج الطوعية. يمكن تعزيز الفاعلية من خلال جمعها بأدوات أخرى وبإجراء تيوم منتظم.
إتفاقات طوعية ومتفاوض عليها	متوسّطة / عالية	متوسّطة	فاعلة عندما تكون التشريعات صعبة الإلزام. تزداد فاعليتها مع إعتماد الحوافز كآلية، والتهديد بتحويلها إلى تشريع.
برامج المعلومات والتربية	متدنية / متوسّطة	عالية	أكثر تطبيقاً في القطاع السكني منها في القطاع التجاري. شرط النجاح: تطبيقها مع تدابير أخرى.
تدقيق إلزامي، ومتطلّبات إدارة الطاقة	عالية لكن متغيّرة	متوسّطة	أكثر فاعلية عند تطبيقها مع تدابير أخرى مثل الحوافز المالية.
برامج فواتير والكشف المفصّلان	متوسّطة	متوسّطة	ظروف النجاح: جمعها مع تدابير أخرى وإجراء تقييم دوري.

ملاحظات:

[أ] تضمّ سهولة التطبيق والجدوى وبساطة الإلزام وقابلية التطبيق في العديد من المواقع وعوامل أخرى تساهم في تعزيز مجمل حجم التوفير المحقق.

[ب] ترتبط الكفاءة بالقياس إلى الكلفة بكلفة إجتماعية خاصة على إنبعاثات الكربون التي تمّ تجنّبها.

[ج] يشار إلى شركات خدمة الطاقة بالإنكليزية على النحو التالي: ESCO.

[د] التطبيق المشترك، وآلية التنمية النظيفة، والتداول الدولي بالإنبعاثات (يضم خطط إستثمار خضراء).

كفاءة السياسات والخبرة ذات الصلة في مجال الحدّ من إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن إستخدام الطاقة داخل المباني

يتطلّب تحقيق الحدّ من الإنبعاثات حتى العام ٢٠٢٠ تصميماً سريعاً لسياسات قوية، وتطبيقاً وإنفاذاً فاعلين لتعزيز كفاءة الطاقة للمباني والتجهيزات والطاقة المتجددة (ذات كفاءة بالقياس إلى الكلفة)، فضلاً عن تقنيات تصميم متقدّمة للمباني الجديدة (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٦,٥].

لكن، تظهر حواجز هامة تحتاج إلى حل من أجل تحقيق إمكانية التخفيف السلبية أو المتدنية الكلفة المذكورة. ومن الحواجز: التكاليف المخفية، وعدم التطابق بين الحوافز والمنافع (بين أصحاب الأرض والمستأجرين)، والنفاذ المحدود في التمويل، والإعانات على أسعار الطاقة، فضلاً عن تفكك الصناعة وعملية التصميم. وتزيد قوة الحواجز تلك وتعددها في القطاعين

السكني والتجاري. وبالتالي، لا يمكن تخطيها إلا من خلال محفظة من أدوات سياساتية مدعومة بإلزام قوي (توافق عالٍ، أدلة وافية).

برهن عدد كبير من السياسات فاعليته في العديد من الدول في مجال الحدّ من إنبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن المباني. ويلخّص الجدول ٨ في الملخّص الفني الأدوات الأساسية المعتمدة في السياسات، ويقارن في ما بينها من حيث فاعلية كل أداة بناءً على الممارسات الفضلى. ويملك معظم الأدوات المدروسة إمكانية توفير كبير للطاقة ولثاني أكسيد الكربون. ويشير تقييم لستين سياسة معتمدة في حوالي ثلاثين دولة إلى أنه تم تحقيق النسب الأعلى في خفض إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون من خلال قوانين البناء وتطبيق المقاييس وسياسات الإعفاء من الضرائب. وتبيّن أن مقاييس التجهيزات والحصص والموجبات ذات الصلة بكفاءة الطاقة، وبرامج إدارة جهة الطلب والوضع الإلزامي للعلامات، هي من بين الأدوات الأكثر فاعلية بالقياس إلى الكلفة في السياسات. وظهرت الإعانات وضرائب الطاقة والكربون على أنها الأقل كفاءة بالقياس إلى الكلفة، خاصةً إذا ما جاءت لتكمّل معظم الإجراءات الأخرى (توافق متوسّط، أدلة متوسّطة) [٦,٨].

بإمكان السياسات والتدابير الهادفة إلى الحدّ من التسرّب، أو إستخدام البرّادات التي تحتوي على الفلور، أن تخفف من إنبعاثات الغازات المفلورة بشكل كبير في المستقبل (توافق عالٍ، أدلة متوسّطة) [٦,٨,٤].

يعود سبب محدودية مجمل تأثير السياسات إلى العديد من العوامل: (١) عمليات تطبيق بطيئة؛ (٢) قلّة التيويم المنتظم لقوانين البناء (غالباً ما تشبه متطلّبات العديد من السياسات الممارسات العامة، رغم إمكانية بناء مبانٍ لا تطلق ثاني أكسيد الكربون من دون تضحيات مالية عالية) وتقليص التجهيزات ووضع العلامات؛ (٣) تمويل غير ملائم؛ (٤) إلزام غير كافٍ. يعاني تطبيق سياسات كفاءة إستخدام الطاقة في الدول النامية وحالات الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية، من قلّة التطبيق المحدد مع آلية إلزام ضعيفة أو معدومة. ويكمن تحدٍّ آخر في تعزيز تدابير القضاء على غازات الدفيئة في قشرة المباني الموجودة، نظراً للفترات الطويلة الفاصلة بين التجهيز التحسيني المنتظم وتحوّل المباني البطيء في الدول المتقدّمة (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٦,٨].

منافع مشتركة والروابط مع التنمية المستدامة

تؤمّن كفاءة الطاقة وإستخدام الطاقة المتجددة في المباني أوجه تآزر مع التنمية المستدامة والقضاء على غازات الدفيئة. وتبدو الإجراءات الأكثر موائمةً مما سبق في الدول الأقل نمواً هي إستخدام أفران الطبخ سليمة وفاعلة تسمح بخفض إنبعاثات غازات الدفيئة والحدّ بشكل ملحوظ من الوفيات والإعتلال، وذلك من خلال تخفيفها تلوّث الهواء الداخلي. كما تقوم الأفران السليمة وذات الكفاءة بتخفيف عبء العمل على النساء والأطفال المسؤولين غالباً عن جمع الوقود التقليدي للأفران، بالإضافة إلى خفض الطلب على الموارد الطبيعية النادرة. ويشكّل الحدّ من التلوّث الخارجي للهواء منفعةً مشتركة أخرى.

بشكل عام، في الدول النامية والمتقدّمة، تؤدي كفاءة إستخدام الطاقة في المباني والإستخدام النظيف والفاعل لموارد الطاقة المتوفّرة محلياً، إلى:

- توفير كبير في الإستثمار المرتبط بالطاقة، نظراً إلى أن كفاءة الإستخدام أقل كلفة من الإمدادات الجديدة؛
- توفير إستثمارات يمكن توظيفها في خدمة أهداف أخرى من إستثمارات البنية التحتية؛
- تحسين موثوقية النظام وسلامة الطاقة؛
- نفاذ أوسع إلى خدمات الطاقة؛
- الحد من فقر الوقود؛
- تحسين النوعية البيئية المحلية؛
- تأثيرات إيجابية على العمالة من خلال خلق فرص عمل جديدة ومن خلال التأثيرات المضاعفة لصرف المال الذي تم توفيره، على تكاليف الطاقة بطريقة مختلفة.

وتكثر الأدلة على أن المباني ذات الكفاءة في إستخدام الطاقة وجيدة التصميم غالباً ما تعزز إنتاجية الشاغر وصحّته (توافق عالٍ، أدلة متوسّطة) [٦,٩].

وفي حال دعمت الدول المتقدمة تنمية السياسات الهادفة إلى زيادة كفاءة إستخدام الطاقة في المباني والتجهيزات في الدول النامية وفي حالات الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية، بإمكانها أن تساهم بشكل كبير في الحد من نمو إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون وفي تحسين رفاه السكان. ويمكن من خلال تخصيص المساعدة العالمية، أو أية أموال أخرى من القطاعين العام والخاص تهدف إلى تحقيق التنمية المستدامة، وإستثمارها في مبادرات الطاقة المتجددة وكفاءة إستخدام الطاقة داخل المباني، تحقيق عدد واسع من الأهداف التنموية والتوصّل إلى تأثيرات طويلة الأمد. أما نقل المعرفة والخبرة والدراية إلى الدول النامية فبإمكانه أن يسهّل إعتماد التجهيزات الفولطية الضوئية، بما في ذلك الإضاءة الفولطية الضوئية بصمام ثنائي مشعّ للضوء (LED). مواد بناء عالية العزل، تجهيزات وإضاءة ذات كفاءة، تصميم متكامل، أنظمة إدارة الطاقة في المباني، والتبريد الشمسي. ولكن، من الضروري أيضاً تأمين التمويل المطلوب [٦,٨,٣].

البحوث والتطوير والنشر والإنتشار والنقل في مجال التكنولوجيا

رغم توفّر العديد من التكنولوجيات والممارسات العملية والفاعلة بالقياس إلى الكلفة اليوم، تظهر الحاجة إلى البحث والتطوير في مجالات مثل: أنظمة مراقبة للأداء العالي[١٦]، وضع ألواح النوافذ الزجاجية، مواد جديدة للألواح العازلة، وأنظمة مختلفة لإستخدام مصادر طاقة سلبية ومصادر أخرى من الطاقة المتجددة، ومواد تغيير المراحل بهدف زيادة التخزين الحراري، ومضخّات حرارة قابلة للتعديل عالية الأداء تستخدم مصادر الطاقة الأرضية، وتجهيزات متكاملة وأجهزة أخرى لإستخدام الحرارة الناتجة عن النفايات، وتكنولوجيا التبريد المستحدثة، وإستخدام شبكات إمدادات الحرارة وخدمات التبريد والتدفئة داخل المباني، على مستوى المجتمع بأكمله. ويشكّل عرض تلك التكنولوجيات والنظم وتبريد المختصّين، خطوات ضرورية نحو تسويق تلك التكنولوجيات الجديدة [٦,٨,٣].

التوقّعات الطويلة الأمد

يحتاج الحدّ الطويل الأمد من إنبعاثات غازات الدفيئة داخل المباني إلى تطبيق قريب، نظراً إلى التغيير البطيء في مخزون البناء. ومن أجل توفير واسع النطاق داخل المباني الجديدة على المدى الطويل، يجب تعليم الأنهج الجديدة للتصميم المتكامل وعمل المباني، ونشرها ووضعها حيّز الممارسة الواسعة النطاق بأسرع وقت ممكن. ولا يتوفّر تدريب شبيه لأكثرية المختصين في قطاع البناء. ونظراً إلى الدور الفرص غير التكنولوجية الهام في المباني، قد يحتاج الحدّ الطموح من إنبعاثات غازات الدفيئة إلى نقلة ثقافية نحو مجتمع يعتمد حماية المناخ وتأمين التنمية المستدامة كقيمتين من قيمه الأساسية، ما يولّد ضغطاً إجتماعياً من أجل بناء مبانٍ وإستخدامها بأقل أثر بيئي ممكن (توافق عالٍ، أدلة متوسّطة) [٦,٤,١، ٦,٨,١].

٧ الصناعة

وضع القطاع وتوجّهات تطوّره وتداعياتها

تشكّل الصناعات المحفّزة لإستخدام الطاقة، مثل الحديد والفولاذ والمعادن غير الحديدية والمواد الكيميائية والأسمدة وتكرير البترول واللب والورق، نسبة حوالي ٨٥٪ من إستهلاك الطاقة في القطاع في معظم الدول.

ونظراً إلى نمو إستخدام الطاقة بسرعة أكبر في القطاعات الأخرى، إنخفضت حصّة إجمالي إستخدام الطاقة الأولية من ٤٠٪ في العام ١٩٧١ إلى ٣٧٪ في العام ٢٠٠٤ [٧,١,٣].

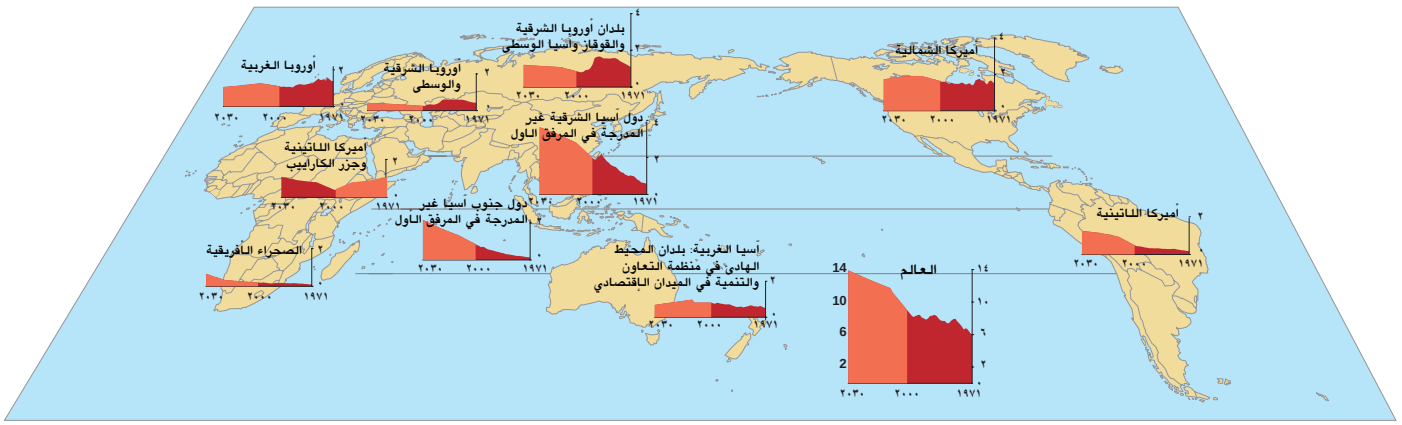
يتمركز السواد الأكبر من تلك الصناعة المحفّزة لإستخدام الطاقة حالياً في الدول النامية. وإجمالاً، كانت الدول النامية تملك في العام ٢٠٠٣ حوالي ٤٢٪ من إجمالي إنتاج الفولاذ، و٥٧٪ من إجمالي إنتاج أسمدة النيتروجين، و٧٨٪ من إجمالي إنتاج الأسمنت، وحوالي ٥٠٪ من إجمالي إنتاج الألومنيوم. أما في العام ٢٠٠٤ فبلغت نسبة إستخدام الطاقة النهائي في الصناعة ٤٦٪ في الدول النامية، و٤٣٪ في الدول المتقدمة، و١١٪ في الدول ذات إقتصاد يمرّ بمرحلة إنتقالية. وإن العديد من المنشآت (لصناعات الألمنيوم والأسمنت والأسمدة) جديد في الدول النامية ويضم أحدث التكنولوجيا بأقل نسبة إستخدام للطاقة. لكن، تبقى منشآت عديدة قديمة وغير فاعلة، على غرار ما يحصل في الدول المتقدّمة. ويولّد ذلك طلباً هائلاً على الإستثمار في الدول النامية بهدف تحسين كفاءة إستخدام الطاقة والحدّ من الإنبعاثات. ومن المتوقّع أن يستمر النمو القوي الذي شهدته الصناعات المحفّزة لإستخدام الطاقة في القرن العشرين مع نمو السكّان وإجمالي الناتج المحلي [٧,١,٢، ٧,١,٣].

رغم سيطرة الإنتاج الواسع النطاق عالمياً على تلك الصناعات المحفّزة لإستخدام الطاقة، تملك الشركات الصغيرة والمتوسّطة الحجم حصصاً كبيرة في العديد من الدول النامية. وبينما توجّه التشريعات والمنافسة الدولية الشركات الصناعية الكبرى نحو إستخدام تكنولوجيا فاعلة بيئياً، قد لا تملك الشركات الصغيرة والمتوسّطة الحجم القدرة الفنية والإقتصادية على إنشاء تجهيزات الرقابة المطلوبة أو تكون أبطأ من غيرها من الشركات في الإبتكار. تخلق قدرات الشركات الصغيرة والمتوسّطة الحجم المحدودة تحديات، خاصةً بالنسبة إلى الجهود الهادفة إلى التخفيف من إنبعاثات غازات الدفيئة (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٧,١,١].

توجّهات الإنبعاثات (عالمياً وإقليمياً)

تشكّل حالياً إنبعاثات غازات الدفيئة المباشرة الناتجة عن قطاع الصناعة حوالي ٧,٢ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ. ونظراً إلى أن خيارات التخفيف المعروضة في الفصل الحالي تضم التدابير الهادفة إلى الحدّ من الإستخدام الصناعي للكهرباء، تعتبر الإنبعاثات، بما في ذلك الإنبعاثات الناتجة عن إستخدام الكهرباء، هامةً للمقارنة. وبلغ إجمالي إنبعاثات غازات

[١٦] تظهر الحاجة إلى إنشاء نظم رقابة متقدّمة، ما سيسمح بإدخال كافة وظائف خدمات الطاقة ضمن التصميم وبتشغيل المباني التجارية («الرقابة الذكية»).



الرسم ١٨ في الملخّص الفني: إنبعاثات القطاع الصناعي من ثاني أكسيد الكربون (جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون $GtCO_2$ ، بما في ذلك إستعمال الكهرباء)، ١٩٧١–٢٠٣٠. [الجدول ٧–١، ٧–٢].

ملاحظة:

الأحمر الداكن – الإنبعاثات التاريخية؛ الأحمر الفاتح – التقديرات بموجب التقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات ب٢. بيانات مقتطفة من Price at al. (٢٠٠٦)، لم تدرج السنوات المؤقتة في الفصل ٧. يراد بالمختصر EECCA: بلدان أوروبا الشرقية والقوقاز وآسيا الوسطى.

الدفيئة في قطاع الصناعة حوالي ١٢ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ أي حوالي ٢٥٪ من المجموع العالمي. وإرتفعت إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون (بما في ذلك تلك الناتجة عن إستخدام الكهرباء) في قطاع الصناعة من ٦,٠ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ في العام ١٩٧١، إلى ٩,٩ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ في العام ٢٠٠٤. وفي العام ٢٠٠٤، بلغت نسبة إجمالي إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون المتعلّقة بالطاقة ٥٣٪ في الدول النامية و٣٥٪ في الدول المتقدمة و١١٪ في الدول ذات الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية (أنظر الرسم ١٨ في الملخّص الفني). كما يطلق قطاع الصناعة ثاني أكسيد الكربون أيضاً من إستخدام الوقود الأحفوري لغير أهداف الطاقة ومن مصادر أخرى. وبلغ إجمالي تلك الإنبعاثات في العام ٢٠٠٠ حوالي ١,٧ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٧,١,٣].

كما تطلق العمليات الصناعية غازات دفيئة أخرى، بما في ذلك الهيدروفلوروكربون–٢٣ الناتج عن صناعة المركّب الكلوروفلوروكربون–٢٢، والهيدروكربون المشبّع بالفلور الناتج عن صهر الألمنيوم وتصنيع شبه الموصلات، وسادس فلوريد الكبريت الناتج عن الإستخدام في الشاشات المسطّحة (شاشة عرض ذات البلورات السائلة) وشبه الموصلات، وصبّ قوالب المغنيزيوم، والتجهيزات الكهربائية، وصهر الألمنيوم، وإستخدامات أخرى، فضلاً عن الميثان وثاني أكسيد النيتروز الناتجَين عن مصادر صناعية كيميائية وعن مجاري نفايات صناعة الأغذية. وبلغ إجمالي إنبعاثات تلك المصادر حوالي ٠,٤ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ في العام ٢٠٠٠ (توافق متوسّط، أدلة متوسّطة) [٧,١,٣].

بحسب التقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات ب٢، ستتراوح تقديرات إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون المترتبة عن القطاع الصناعي في العام ٢٠٣٠ حوالي ١٤ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون (بما في ذلك إستخدام الكهرباء) (أنظر الرسم ١٨ في الملخّص الفني). وبحسب التقديرات، ستسجّل أعلى معدلات النمو في المتوسط في إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الصناعة في البلدان النامية. كما يقدّر أن يتباطأ النمو في مناطق أوروبا

جدول ٩ في الملخّص الفني: تقديرات إنبعاثات القطاع الصناعي من غازات الدفيئة غير ثاني أكسيد الكربون، ميغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ في السنة [الجدول ٧–٣].

المنطقة	١٩٩٠	٢٠٠٠	٢٠١٠	٢٠٣٠
بلدان المحيط الهادئ في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٣٨	٥٣	٤٧	٤٩
أميركا الشمالية	١٤٧	١١٧	٩٦	١٤٧
أوروبا الغربية	١٥٩	٩٦	٩٢	١٠٩
أوروبا الشرقية والوسطى	٣١	٢١	٢٢	٢٧
بلدان أوروبا الشرقية والقوقاز وآسيا الوسطى	٣٧	٢٠	٢١	٢٦
آسيا النامية	٣٤	٩١	١١٨	٢٣٠
أميركا اللاتينية	١٧	١٨	٢١	٣٨
الصحراء الأفريقية	٦	١٠	١١	٢١
الشرق الأوسط وشمال أفريقيا	٢	٣	١٠	٢٠
العالم	٤٧٠	٤٢٨	٤٣٨	٦٦٨

ملاحظة:

تم تضمين الإنبعاثات الناتجة عن أجهزة التبريد المستعملة في العمليات الصناعية، بينما استبعدت الإنبعاثات الناتجة عن جميع أجهزة التبريد والتكييف الأخرى.

جدول ١٠ في الملخّص الفني: أمثلة من التكنولوجيا الصناعية للحدّ من إنبعاثات غازات الدفيئة (غير شاملة). التكنولوجيات الواردة بالخط المائل هي في مرحلة التجريب أو قيد التطوير [الجدول ٧–٥].

القطاع	الكفاءة في إستخدام الطاقة	التحوّل في إستخدام الطاقة	إستعادة الطاقة	الطاقات المتجددة	تغيّر المواد الخام	تغيّر المنتج	كفاءة إستخدام المواد	غازات الدفيئة غير ثاني أكسيد الكربون	إحتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه
القطاع الشامل	وضع المعايير القياسية، نظم إدارة الطاقة، نظم المحرّكات الفاعلة، الغلّايات، الأفران، الإنارة والتدفئة / التهوئة / التكييف؛ عملية الدمج	من الفحم إلى الغاز الطبيعي والنفط	التوليد المشترك	الكتلة الأحيائية، الغاز الأحيائي، الفولطا الضوئية، العنفات الهوائية، الطاقة الكهرمائية	إعادة إستخدام الطاقة				إحتراق وقود مركّبات الأكسيجين، عزل ثاني أكسيد الكربون عن غاز الدخان
الحديد والصلب	النقص في المصاهر، إقتراب المنتوج الصناعي الأولي إلى أقصى الحدود من الشكل النهائي للمنتوج، تسخين الخردة، إخماد فحم الكوك الجاف	الغاز الطبيعي، ضخ البترول أو البلاستيك في BF	إستعادة الضغط الفوقي للغاز، المنتجات المشتقة الدورية المدمجة للغاز	الفحم الخشبي	الخردة	الصلب المتين	إعادة التدوير، الصلب المتين، خفض الخسائر المترتبة عن المعالجة	لا تتوفر معلومات	إختزال الهيدروجين، إستخدام الأكسيجين في الأفران الإنفجارية
المعادن غير الحديدية	الأنود الخامد، تصاميم خلوية فاعلة				الخردة		إعادة التدوير، رقائق وأغشية رقيقة جداً	مراقبة المركّبات الكربونية الفلورية المشبعة / سادس فلوريد الكبريت	
المواد الكيميائية	عزل الأغشية، التقطير التفاعلي	الغاز الطبيعي	عنفة الغاز المزدوجة، عنفة إستعادة الضغط، إستعادة H_2		إعادة تدوير البلاستيك، المواد الخام الأحيائية	بولي ايثيلين خطي منخفض الكثافة، بلاستيك قوي الفاعلية	إعادة التدوير، رقائق وأغشية رقيقة جداً، خفض الخسائر المترتبة عن المعالجة	مراقبة أكسيد النيتروز والمركّبات الكربونية الفلورية المشبعة والمركبات الكربونية الفلورية الهيدرولوجية	تخزين ثاني أكسيد الكربون من الأمونيا، عمليات أكسدة الإيثيلين
تكرير البترول	عزل الأغشية، تنقية الغاز	الغاز الطبيعي	عنفة إستعادة الضغط، إستعادة الهيدروجين	الوقود الأحيائي	المواد الخام الأحيائية		(لم يدرج التخفيض في أثناء عملية النقل)	مراقبة تكنولوجيا أكسيد النيتروز / الميثان	من عملية إنتاج الهيدروجين
الأسمنت	فرن التكليس، مطحنة بأسطوانات دوّارة، فرن ذو قاعدة منيعة	نفايات الوقود، الغاز الأحيائي، الكتلة الأحيائية	التجفيف بعنفة الغاز، إستعادة الطاقة	وقود الكتلة الأحيائية، الغاز الأحيائي	خبث المعادن، مادة Pozzolana	الأسمنت المسلّح، جيو بوليمر Geo-polymer		لا تتوفر معلومات	إحراق وقود مركّبات الأكسيجين في الفرن
الزجاج	تسخين الزجاج لإعادة تدويره، فرن وقود مركّبات الأكسيجين	الغاز الطبيعي	Air bottoming cycle	لا تتوفر معلومات	تزايد إعادة تدوير الزجاج	حاويات متينة ورقيقة	إعادة التدوير	لا تتوفر معلومات	إحراق وقود مركّبات الأكسيجين
اللباب والورق	كفاءة إستخدام اللباب، التجفيف الفاعل، تكنولوجيا ضغط الورق Shoe Press، تكنولوجيا تجفيف الورق Condebelt drying	الكتلة الأحيائية، غاز مدافن القمامة (الغاز الأحيائي)	الدورة المركّبة لتوليد الغاز من السائل الأسود	وقود الكتلة الأحيائية (قشر الشجر، السائل الأسود)	إعادة التدوير، الألياف غير الخشبية	توجيه الألياف، ورق رقيق جداً	خفض الخسائر المترتبة عن عملية القطع والمعالجة	لا تتوفر معلومات	إحراق وقود مركّبات الأكسيجين في أفران كلسية
الأغذية	تجفيف فاعل، التغليف	الغاز الأحيائي، الغاز الطبيعي	هضم لاهوائي، عملية توليد الغاز التركيبي	الكتلة الأحيائية، المنتجات الفرعية، التجفيف الشمسي			تخفيض الخسائر الترتبة عن المعالجة، إستخدام النظم المائية المغلقة		

الوسطى وأوروبا الشرقية وبلدان القوقاز وآسيا الوسطى والبلدان النامية في آسيا، بحسب سيناريوهات ٢٠٠٠–٢٠٣٠ على حد سواء. ومن المتوقع أن تشهد إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون إنخفاضاً في مناطق منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي لبلدان المحيط الهادئ وشمال أميركا وأوروبا الغربية، بالنسبة إلى السيناريو ب٢، بعد العام ٢٠١٠. وبالنسبة إلى إنبعاثات غازات الدفيئة غير ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن القطاع الصناعي، يقدّر أن ترتفع بشكل عام بحلول العام ٢٠٣٠ بمعامل ١،٤، أي من ٤٧٠ ميغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ (١٣٠ ميغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ) في العام ١٩٩٠ إلى ٦٧٠ ميغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ في العام ٢٠٣٠، مع إفتراض عدم إتخاذ أية تدابير إضافية لمراقبة هذه الإنبعاثات. وقد أدّت جهود التخفيف إلى إنخفاض إنبعاثات غازات الدفيئة غير ثاني أكسيد الكربون في الفترة الممتدة ما بين العامين ١٩٩٠ و٢٠٠٠، كما أن هناك العديد من برامج المراقبة الإضافية السارية المفعول (أنظر جدول ٩ في الملخّص الفني) (توافق كبير، أدلة متوسطة) [٧,١,٣].

وصف وتقييم تكنولوجيات التخفيف وممارساته، خياراته وإمكانياته، تكاليفه وإستدامته

حقق القطاع الصناعي تاريخياً إنخفاضاً في كثافة إستخدام الطاقة وكثافة الإنبعاثات، من خلال إعتماده الكفاءة في إستخدام الطاقة والتكنولوجيات الخاصة بالتخفيف، لاسيما في الصناعة المستهلكة للطاقة بكثافة. فقد حققت صناعة الألمنيوم إنخفاضاً يفوق نسبة ٧٠٪ من حيث كثافة إنبعاث المركّبات الكربونية الفلورية المشبعة خلال الفترة الممتدة ما بين العامين ١٩٩٠–٢٠٠٤، وتفيد صناعة الأمونيا بأن كثافة إستخدام الطاقة قد إنخفضت بنسبة ٥٠٪ في المصانع التي صُمّمت في العام ٢٠٠٤، مقارنةً مع مثيلاتها التي صممت في العام ١٩٦٠. وسينتج عن عملية تحديث مرافق إنتاج غاز الأمونيا المتواصلة في جميع أنحاء العالم تحسين الكفاءة في إستهلاك الطاقة أكثر فأكثر. كما أفيد عن إنخفاض كثافة تنقية الطاقة [٧,٤,٢، ٧,٤,٣، ٧,٤,٤].

وتشكّل القدرات التقنية والإقتصادية الضعيفة في المؤسسات الصغيرة والمتوسطة الحجم تحدّياً أمام إنتشار تكنولوجيا بيئية عظيمة، رغم ظهور بعض الأقسام الإبتكارية على مستوى البحث والتنمية في هذه المؤسسات.

ويوجد نطاق واسع من التدابير والتكنولوجيات التي تتمتع بإمكانية خفض الإنبعاثات الصناعية من غازات الدفيئة. ويمكن تجميع هذه التكنولوجيات ضمن فئات الكفاءة في إستخدام الطاقة، والتحوّل في إستخدام الوقود، وإسترداد الطاقة، والطاقات المتجددة، وتغيّر المواد الخام، وتغيّر المنتجات، وكفاءة إستخدام المواد (جدول ١٠ في الملخّص الفني). وضمن كل فئة، تطبّق بعض التكنولوجيات مثل إستخدام المحركات الكهربائية الأكثر فاعلية على نطاق واسع في جميع الصناعات، بينما تكون تكنولوجيات أخرى مثل إسترجاع الغاز المتولد من الضغط في الأفران الإنفجارية عمليات خاصة.

وفي وقت لاحق من الفترة الممتدة إلى العام ٢٠٣٠، ستضاف إمكانيات جوهرية، ما سيحقق المزيد من التحسّن الذي ستشهده الكفاءة في إستخدام الطاقة وتطبيق إحتجاز الكربون وتخزينه[١٧] وتكنولوجيات معالجة الغازات غير غازات الدفيئة. ومن الأمثلة عن هذه التكنولوجيات الجديدة التي تمر حالياً بمرحلة البحث والتطوير، يُذكر إستخدام الأيونات الخامدة في صناعة الألمنيوم، والهيدروجين في إنتاج المعادن (توافق كبير، أدلة وافية) [٧,٢، ٧,٣، ٧,٤].

وقد قدّرت إمكانيات التخفيف وتكاليفه للعام ٢٠٣٠ في تقييم أُجري في كل صناعة من الصناعات المستهلكة للطاقة بكثافة، وفي تقييم عام أُجري لغيرها من الصناعات. وكانت نتيجة النهج أن إمكانيات التخفيف تناهز ١,١ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ بتكلفة أقل من ٢٠ دولاراً أميركياً / طن من ثاني أكسيد الكربون (٧٤ دولاراً أميركياً / مكافئ طن من الكربون)؛ وأن ما يقارب ٣,٥ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ سيكلّف أقل من ٥٠ دولاراً أميركياً / طن من ثاني أكسيد الكربون (١٨٠ دولاراً أميركياً / مكافئ طن من الكربون)؛ وأن حوالي ٤ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ في السنة (٠,٦٠–١,٤ طن من الكربون المكافئ في السنة) سيكلّف أقل من ١٠٠ دولار أميركي / مكافئ طن من ثاني أكسيد الكربون (أقل من ١٨٠ دولاراً أميركياً / مكافئ طن من الكربون). ويتيح تطبيق تكنولوجيا إحتجاز الكربون وتخزينه إمكانية إضافية هامة، إلا إذا كانت مرتفعة الكلفة.

وتشير دراسة كاملة وشاملة أجريت مؤخراً عن تسع مجموعات تكنولوجية إلى أن إمكانية التخفيف بالنسبة إلى القطاع الصناعي في العام ٢٠٣٠ لما بين ٢,٥–٣,٠ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ في السنة (٠,٦٨–٠,٨٢ جيغا طن من الكربون المكافئ في السنة) سيكلّف أقل من ٢٥ دولاراً أميركياً / طن من ثاني أكسيد الكربون (أقل من ٩٢ دولاراً أميركياً / طن من الكربون) (دولار ٢٠٠٤). وبينما تكون التقديرات الخاصة بإمكانية

[١٧] أنظر التقرير الخاص للهيئة الدولية المعنيّة بتغيّر المناخ بشأن إحتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه.

التخفيف في إطار النطاق الموجود في هذا التقييم، تكون التقديرات الخاصة بتكاليف التخفيف منخفضة إلى أبعد الحدود (توافق متوسط، أدلة متوسطة) [٧-٥].

تفاعل خيارات التخفيف مع عوامل التأثير والتكيّف

تتميز الروابط بين التكيّف والتخفيف في القطاع الصناعي بمحدوديتها. فالعديد من خيارات التخفيف (مثلاً، الكفاءة في إستخدام الطاقة وإستعادة الحرارة والطاقة وإعادة التدوير) لا تتأثر بتغيّر المناخ، وبالتالي لا تنشئ أي رابط من روابط التكيّف. وهناك خيارات أخرى، مثل التحوّل ما بين أنواع الوقود أو المواد الخام (مثلاً، الكتلة الأحيائية أو غيرها من مصادر الطاقة المتجددة) يمكن أن يؤثر عليها تغيّر المناخ [٧,٨].

فاعلية وتجربة السياسات المعنيّة بالمناخ وإمكانياته وحواجزه وفرصه / المسائل المتعلقة بالتنفيذ

لم تستخدم الخيارات المتاحة للتخفيف إستخداماً كاملاً سواء في الدول المصنّعة أو النامية. ففي العديد من مناطق العالم، لا تتطلب قواعد السوق أو الحكومة تخفيف إنبعاث غازات الدفيئة. ففي هذه المناطق، ستستثمر الشركات في مجال تخفيف إنبعاث غازات الدفيئة إلى أن توفر عوامل أخرى عائدات من هذه الإستثمارات. وقد تكون هذه العائدات إقتصادية؛ مثلاً، توفّر مشاريع كفاءة إستخدام الطاقة عائدات إقتصادية، أو قد تكون كذلك في حال تحقيق أهداف أوسع للشركة، كإلتزامها بالتنمية المستدامة على سبيل المثال. ولن يتم تحقيق الإمكانية الإقتصادية المحددة أعلاه إلا إذا وضعت سياسات وقواعد لذلك. والمعني بالأمر في هذا الخصوص هو، كما أشير أعلاه، أن أغلب الصناعات الشديدة الإستهلاك للطاقة موجودة في البلدان النامية. كما أن بطئ معدّل معاملات أسهم رأس المال يشكّل عائقاً أمام العديد من الصناعات، والأمر ذاته ينسحب على إنعدام الموارد المالية والفنية اللازمة لتنفيذ خيارات التخفيف ومحدودية قدرة الشركات الصناعية، لاسيما المؤسسات الصغيرة والمتوسطة الحجم، على الوصول وإستيعاب المعلومات المتعلقة بالخيارات المتاحة (توافق كبير، أدلة وافية) [٧.٩.١].

تم عقد إتفاقات طوعية بين القطاع الصناعي والحكومات للحدّ من الطاقة وإنبعاثات غازات الدفيئة منذ بداية التسعينيات. ويمكن للإتفاقات المُحكمة الصياغة، والتي تحدد أهدافاً واقعية وتحظى بدعم حكومي كافٍ وتكون في الغالب جزءاً من مجموعة تدابير سياسية بيئية عامة أوسع، مع ما تتوعد به اللوائح الحكومية المتزايدة أو الضرائب المفروضة على الطاقة / غازات الدفيئة كتهديد حقيقي إذا لم تتحقق الأهداف، أن توفّر الطاقة أو إنخفاض الإنبعاثات بصفة اعتيادية. وقد أسرع البعض إلى تطبيق أفضل التكنولوجيات الموجودة، ما أدى إلى إنخفاض الإنبعاثات مقارنةً مع الخط الأساس، خاصةً في البلدان ذات أعراف التعاون الوثيق ما بين الحكومات والقطاع الصناعي. لكن معظم الإتفاقات الطوعية لم تحقق أي إنخفاض في الإنبعاثات يكون أهم من المعتاد. وتعتمد الشركات والحكومات دون الوطنية والمنظمات غير الحكومية والمجموعات المدنية عدداً كبيراً من الإجراءات الطوعية، بإستقلال عن السلطات الحكومية التي من شأنها الحدّ من إنبعاثات غازات الدفيئة وتحفيز سياسات إبتكارية وتشجيع تطوير تكنولوجيات جديدة. إلا أن تأثيرها يظل بشكل عام محدوداً نظراً لكونها تعمل وحدها.

ويمكن أن تكون السياسات الساعية إلى الحدّ من العوائق التي تحول دون إعتماد تكنولوجيا فاعلة من حيث الكلفة ومنخفضة من حيث إنبعاثات غازات الدفيئة (مثل إنعدام المعلومات والمعايير وعدم توفر التمويل الكافي لشراء تكنولوجيا حديثة للمرة الأولى)، فاعلة. وللعديد من البلدان، المتقدمة والنامية على حد سواء، خطط مالية من أجل تشجيع توفير الطاقة في المجال الصناعي. وبحسب دراسة إستقصائية للمجلس العالمي للطاقة، يقدّم ٢٨ بلداً نوعاً من المنح أو الإعانات إلى المشاريع المعنيّة بكفاءة الطاقة. كما تستعمل التدابير الضريبية لتحفيز وفورات الطاقة في الميدان الصناعي. لكن، هناك إسترداد الحوافز المالية التي غالباً ما يقدّمها أيضاً المستثمرين الذين قاموا بإستثمارهم بلا حوافز. ومن الحلول الممكنة لتحسين فاعلية الكلفة، تحديد الخطط لمجموعات و/أو تقنيات مستهدفة خاصة (قوائم مختارة من الأجهزة، التكنولوجيات الإبتكارية فقط)، أو الإستعمال المباشر لمعايير فاعلية الكلفة [٧.٩.٣].

وتوجد قيد التطوير عدة نظم تجارية خاصة بإنبعاثات ثاني أكسيد الكربون على الصعيد الوطني أو الإقليمي أو القطاعي. ويمكن أن تسترشد عملية تحسين هذه النظم التجارية بالأدلة التي توحي بذلك في بعض الجوانب الهامة، ويواجه المشاركون من القطاع الصناعي وضعاً مغايراً جداً عند المقارنة مع المشاركين من قطاع الكهرباء. فعلى سبيل المثال، تكون الاستجابة لسعر إنبعاث الكربون في الصناعة أكثر بطئا بسبب الحافظة التكنولوجية المحدودة جداً وإنعدام إمكانيات تحوّل أنواع الوقود على المدى القصير، ما يجعل التنبؤ بآليات المخصصات وإشارات إستقرار السعر من أهم المسائل بالنسبة إلى الصناعة [٧.٩.٤].

ومثلما تمت الإشارة في تقرير التقييم الثالث، تتأثر جميع أحجام المؤسسات الصناعية بالتغيّرات التي تحدث في السياسة العامة للحكومة

وإختيارات المستهلك. ولهذا السبب، تتبين الأهمية القصوى لنظام ثابت في سنّ السياسات العامة للقطاع الصناعي. (توافق كبير، أدلة وافية) [٧.٩].

السياسات المتكاملة وغير المناخية التي تؤثر على إنبعاثات غازات الدفيئة

قد تكون للسياسات التي تهدف إلى توازن أمن الطاقة وحماية البيئة والنمو الإقتصادي آثار إيجابية أو سلبية على التحقيق. وتدعم سياسات التنمية المستدامة التي تركز على كفاءة إستخدام الطاقة وفك الارتباط بالعنصر المادي وإستخدام الطاقات المتجددة، أهداف تخفيف غازات الدفيئة. وتحدّ سياسات إدارة النفايات إنبعاث غازات الدفيئة الناتجة عن القطاع الصناعي، عن طريق خفض إستعمال الطاقة عبر إعادة إستخدام المنتجات. ويمكن أن تكون للتدابير المتخذة من أجل الحدّ من ملوثات الجو، أوجه تآزر مع إنخفاض إنبعاثات غازات الدفيئة عندما يتحقق الإنخفاض بفضل التحوّل إلى إستعمال أنواع الوقود الكربوني المنخفض، ولكن إنخفاض إنبعاثات غازات الدفيئة لا يتحقق دائماً ما دام العديد يتطلب إستخدام طاقة إضافية.

بالإضافة إلى تنفيذ خيارات التخفيف التي جرت مناقشتها أعلاه، فإن تحقيق التنمية المستدامة يستدعي مسارات التنمية الصناعية التي تقلل من الحاجة إلى التخفيف في المستقبل (توافق كبير، أدلة متوسطة). وتحظى الشركات الكبرى بموارد أضخم، وحوافز أكثر في أغلب الأحيان، لإعمال الإعتبارات البيئية والإجتماعية في عملياتها، مقارنةً مع المؤسسات الصغيرة والمتوسطة الحجم، رغم أن في هذه الأخيرة يتوفّر الجزء الأكبر من العمالة والقدرة التصنيعية في العديد من البلدان. وينسجم إدماج إستراتيجية تنمية المؤسسات الصغيرة والمتوسطة الحجم ضمن إستراتيجيات وطنية أشمل للتنمية مع أهداف التنمية المستدامة. وتبادر الآن الصناعات الشديدة الإستهلاك للطاقة إلى إتخاذ عدد من التدابير تجاه تنمية رأس المال البشري، والصحة والسلامة، وتنمية المجتمعات المحلية وغير ذلك، وهي التدابير التي تنسجم مع الهدف الذي تسعى إليه المسؤولية الإجتماعية للشركة (توافق كبير، أدلة وافية) [٧.٧؛٧.٨].

الفوائد المشتركة لسياسات تخفيف غازات الدفيئة

تشمل الفوائد المشتركة لتخفيف غازات الدفيئة الصناعية: الحدّ من إنبعاثات الملوّثات الجوية والنفايات، (والتي تخفض بدورها من القيود البيئية وتكاليف التخلّص من النفايات)، وإرتفاع الإنتاج وجودة المنتجات، وتخفيض تكاليف الصيانة والتشغيل، وتحسين بيئة العمل، بالإضافة إلى فوائد أخرى مثل التقليل من المسؤولية، وتحسين الصورة العامة، ورفع معنويات العامل، وتأخير أو نقص الإنفاق الرأسمالي. وقد يساهم الحدّ من إستخدام الطاقة بصفة غير مباشرة في خفض آثار الملوثات الجوية على الصحة لاسيما في المناطق التي تنعدم فيها قوانين خاصة بالتلوّث الجوي (توافق كبير، أدلة وافية) [٧.١٠].

الأبحاث في مجال التكنولوجيا وتطويرها ونشرها وتوزيعها ونقلها

توفر التكنولوجيا الصناعية المتاحة تجارياً إمكانية واسعة النطاق للحدّ من إنبعاثات غازات الدفيئة. لكن، رغم تطبيق هذه التكنولوجيا، لا تزال عمليات صناعية عديدة تتطلب المزيد من الطاقة بدلاً من الحل المثالي المتمثل في الدينامية الحرارية، وهو ما يعني وجود إمكانية كبيرة وإضافية لتحسين كفاءة إستخدام الطاقة وإمكانية تخفيف غازات الدفيئة. وأضف إلى ذلك، تنبعث من بعض المعالجات الصناعية غازات الدفيئة لا علاقة لها بإستخدام الحرارة والطاقة. ولا توجد في الأسواق حالياً تكنولوجيا تقضي على هذه الإنبعاثات الناجمة عن بعض هذه العمليات، كتطوير الأيونات الخامدة للقضاء على الإنبعاثات الناتجة عن المعالجة في مصانع الألمنيوم وإستخدام الهيدروجين للنقص من الحديد والفلزات غير الحديدية، على سبيل المثال. ويجب أن تلبّي هذه التكنولوجيات الجديدة أيضاً بعدد كبير من المعايير، بما في ذلك الكلفة التنافسية وشروط السلامة والمتطلبات التنظيمية، فضلاً عن نيل رضا المستهلك. وتنفّذ الحكومات والشركات، في إطار عمل تكاملي مثالي، الأبحاث في مجال التكنولوجيا الصناعية وتعمل على تطويرها ونشرها وتوزيعها. ونظراً للمخاطر الإقتصادية المتأصلة في التكنولوجيات التي تهدف بصفة رئيسية إلى تخفيف إنبعاث غازات الدفيئة، فمن الأرجح أن تكون هناك حاجة إلى برامج حكومية من أجل توفير مستويات كافية للبحث والتطوير. إن الأنسب بالنسبة إلى الحكومات هو تحديد الحواجز الأساسية التي تعوق التكنولوجيا وإيجاد الحلول لتخطي هذه الحواجز، غير أنه يتعيّن على الشركات أن تتحمل المخاطر وأن تستفيد من عائدات التجارة.

وبالإضافة إلى ذلك، فإن معلومات الحكومة ومراقبة الطاقة والبرامج المعيارية تشجّع نقل التكنولوجيا وتوزيعها. وتتحدد العوامل الأساسية لنشر تكنولوجيا القطاع الخاص وتوزيعها في المزايا التنافسية وقبول المستهلك والميزات القطرية الخاصة وحماية حقوق الملكية الفكرية والأطر التنظيمية (توافق متوسط، أدلة متوسطة) [٧.١١].

التوقعات على المدى الطويل

يتيح العديد من التكنولوجيات إمكانية تخفيف إنبعاثات غازات الدفيئة الصناعية على المدى الطويل، إلا أن الإهتمام انكب على ثلاثة مجالات: المعالجة البيولوجية وإستخدام الهيدروجين والتكنولوجيات الدقيقة.

مراعاةً لطابع القطاع الصناعي المعقّد، فإن تحقيق إنبعاثات منخفضة لغازات الدفيئة هو نتيجة العديد من التحوّلات القطاعية الشاملة والفردية. وقد يحدث جمود بسبب «عطب تكنولوجي» نظراً لسرعة دوران أسهم رأس المال في بعض فروع الصناعة على الأقل. ويوفّر التعديل التحسيني فرصاً في الوقت ذاته، لكن التغيّرات الأساسية في التكنولوجيا تحدث فقط عند تثبيت أسهم رأس المال أو إستبدالها (توافق كبير، أدلة وافية) [٧.١٢].

٨ الزراعة

حالة القطاع والتوجهات المستقبلية من حيث الإنتاج والإستهلاك والأثر

سمحت التطورات التكنولوجية بتقدّم ملموس في الإنتاج الزراعي لكل وحدة أرضية، مسجّلةً بذلك إرتفاع توفّر الأغذية لكل فرد، رغم الهبوط المتواصل لمساحة الأرض الزراعية لكل فرد (توافق كبير، أدلة وافية). ومع ذلك، فقد كان التقدم المحرز متفاوتاً عبر العالم، فلا يزال الفقر في المناطق القروية وسوء التغذية مستمرَين في بعض البلدان. وإرتفعت تدريجياً حصة المنتجات الحيوانية في النظام الغذائي في البلدان النامية، بينما ظلّت مستقرة في بلدان العالم المتقدّم (توافق كبير، أدلة وافية).

وقد ساير الإنتاج الغذائي والألياف بما فيه الكفاية الإرتفاع الحاد في الطلب في عالم مكتظ بالسكان، ولهذا، إرتفع المعدّل اليومي الإجمالي من السعرات الحرارية المتوفرة لكل فرد، رغم وجود إستثناءات إقليمية. ومع ذلك، أتى هذا النمو على حساب الضغط المتزايد على البيئة وتدنّي الموارد الطبيعية، ولم تحل مشاكل الأمن الغذائي وإنتشار سوء تغذية الأطفال في البلدان الفقيرة (توافق كبير، أدلة وافية).

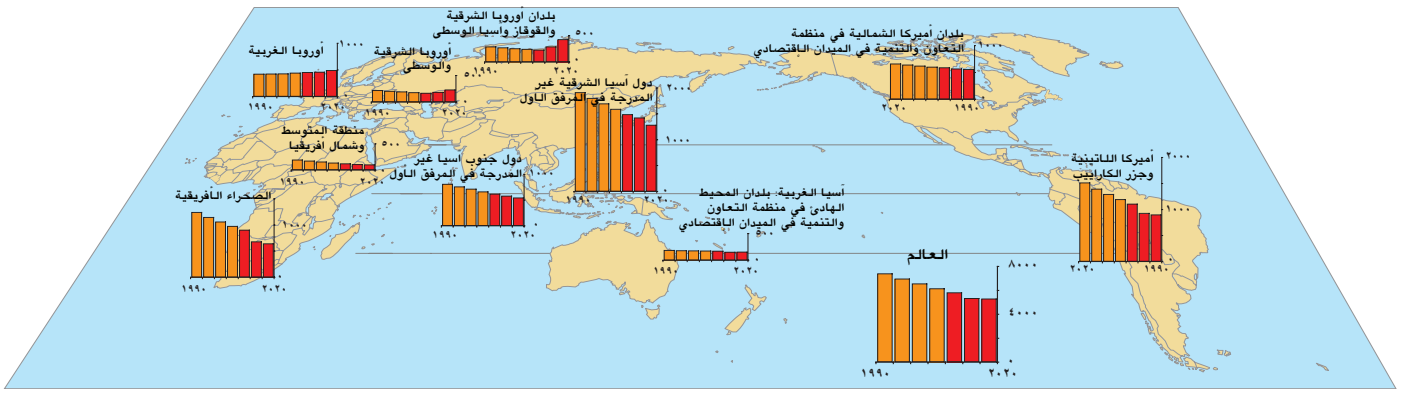
إرتفعت المساحة المطلقة لإجمالي الأراضي الصالحة للزراعة إلى حوالي ١٤٠٠ مليون هكتار، مسجّلة بذلك إرتفاعاً إجمالياً نسبته ٨٪ منذ الستينيات (إنخفضت بنسبة ٥٪ في البلدان المتقدمة، وإرتفعت بنسبة ٢٢٪ في البلدان النامية). ومن المتوقع أن يستمر هذا التوجه في المستقبل، فتشير التقديرات إلى إضافة ٥٠٠ مليون هكتار من الأراضي التي ستُحوّل إلى الزراعة في الفترة الممتدة ما بين العامين ١٩٩٧ و٢٠٢٠، معظمها في أميركا اللاتينية والصحراء الأفريقية (توافق متوسط، أدلة محدودة).

يؤدي النمو الإقتصادي وتغيّر أساليب العيش في بعض البلدان النامية إلى تزايد الطلب على اللحوم ومنتجات الألبان. ففي الفترة الممتدة ما بين العامين ١٩٦٧ و١٩٩٤، إرتفع الطلب على اللحوم في البلدان النامية من ١١ كلغ إلى ٢٤ كلغ للفرد في السنة، محققاً بذلك معدّل نمو سنوي يفوق ٥٪ في نهاية هذه الفترة. ومن المتوقع أن يرتفع الطلب الإجمالي على اللحوم أكثر فأكثر (ما يقارب ٦٠٪ بحلول العام ٢٠٢٠)، لاسيما في الأقاليم النامية مثل جنوب آسيا وجنب شرقها والصحراء الأفريقية (توافق متوسط، أدلة محدودة) [٨.٢].

توجّهات الإنبعاث

قدّرت إنبعاثات القطاع الزراعي للعام ٢٠٠٥ بقيمة ٥,١ إلى ٦,١ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ (١٠٪ – ١٢٪ من مجموع الإنبعاثات الإجمالية لغازات الدفيئة البشرية المنشأ). وساهم الميثان بقيمة ٣,٣ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ وأكسيد النيتروز بقيمة ٢,٨ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ. ومن إجمالي الإنبعاثات البشرية المنشأ في العام ٢٠٠٥، قدّرت نسبة إنبعاثات الزراعة بحوالي ٦٠٪ من أكسيد النيتروز وحوالي ٥٠٪ من الميثان (توافق متوسط، أدلة متوسطة). ورغم تبادلات ثاني أكسيد الكربون السنوية الكثيرة بين الغلاف الجوي والأراضي الزراعية، فإن تقديرات التدفّق الصافي تدلّ على أنه سيكون تقريباً متوازناً بحيث ستقارب الإنبعاثات الصافية من ثاني أكسيد الكربون ٠,٠٤ جيغ طن من ثاني أكسيد الكربون في السنة فقط (تغطي إنبعاثات إستخدام الكهرباء والوقود والزراعة، والبنايات، وقطاع النقل) (توافق ضعيف، أدلة محدودة) [٨.٣].

تستجيب التوجهات في إنبعاثات غازات الدفيئة من القطاع الزراعي للتغييرات الإجمالية، وترقب الزيادات حين تتغيّر النظم الغذائية ويؤدي النمو السكاني إلى إرتفاع الطلب على الغذاء. وفي نهاية المطاف، يمكن أن يؤدي تغيّر المناخ في المستقبل إلى إنبعاث المزيد من كربون التربة (رغم أن أثره ليس أكيداً ما دام تغيّر المناخ قد يزيد أيضاً من مدخلات كربون التربة عن طريق الإنتاج المفرط). وقد تسمح التكنولوجيات الحديثة بتخفيض الإنبعاثات لكل وحدة غذائية منتجة، غير أنه من المرجّح إرتفاع الإنبعاثات المطلقة (توافق متوسط، أدلة متوسطة).



الرسم ١٩ في الملخّص الفني: إنبعاثات أكسيد النيتروز والميثان التاريخية وتقديرات هذه الإنبعاثات من القطاع الزراعي في ١٠ مناطق في العالم، ١٩٩٠–٢٠٢٠ [الرسم ٨,٢].

ومن دون سَنّ سياسات إضافية، تدلّ التقديرات على أن إنبعاثات أكسيد النيتروز والميثان من الزراعة سترتفع على التوالي بنسبة ٣٥٪ – ٦٠٪، وما يناهز ٦٠٪ بحلول العام ٢٠٣٠، وبالتالي سيكون الإرتفاع أسرع من ١٤٪ وهي نسبة الإرتفاع التي سجّلت بالنسبة إلى غازات الدفيئة غير ثاني أكسيد الكربون خلال الفترة الممتدة من العام ١٩٩٠ إلى العام ٢٠٠٥ (توافق متوسط، أدلة محدودة) [٨.٣.٢].

تختلف كميّة الإنبعاثات والأهمية النسبية لتنوّع الموارد إختلافاً كبيراً من منطقة إلى أخرى في العالم (الرسم ١٩ في الملخّص الفني). في العام ٢٠٠٥، كانت مجموعة المناطق الخمس المكوّنة للبلدان غير المدرجة في المرفق الأول مسؤولة عن ٧٤٪ من مجموع الإنبعاثات الزراعية [٨.٣].

تكنولوجيات التخفيف وتطبيقاته وإختياراته وإمكانياته وكلفته

مع أخذ جميع الغازات بعين الإعتبار، قدّرت الإمكانيات الإقتصادية لتخفيف الإنبعاثات الزراعية بحلول العام ٢٠٣٠ بحوالي ١٦٠٠ و٢٧٠٠ و٤٣٠٠ ميغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ في السنة بسعر الكربون يصل إلى ٢٠ و٥٠ و١٠٠ دولار أميركي / مكافئ طن من ثاني أكسيد الكربون، على التوالي، بالنسبة إلى خط أساس التقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات ب٢ (أنظر الجدول ١١ في الملخّص الفني) (توافق متوسط، أدلة محدودة) [٨.٤.٣].

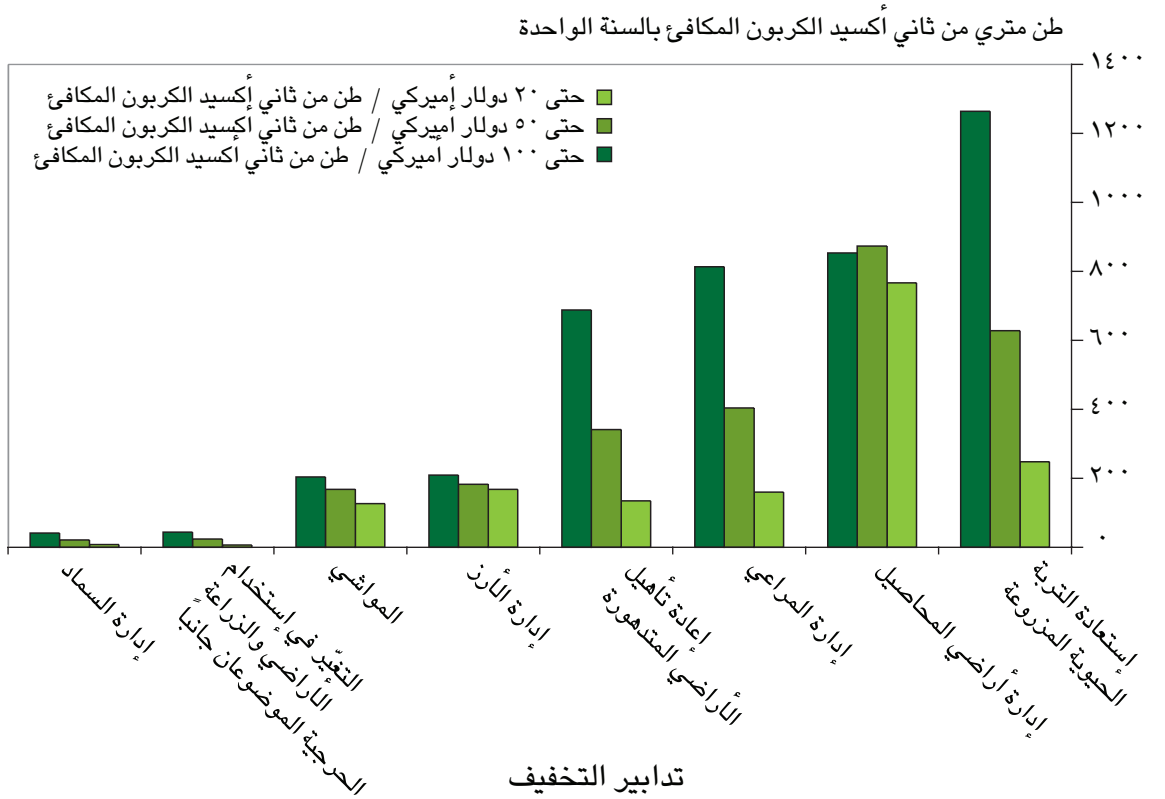
ويمكن أن تخفض إدارة زراعية جيدة صافي إنبعاثات غازات الدفيئة، والتي غالباً ما تؤثر في أكثر من صنف واحد من غازات الدفيئة. وترتكز فاعلية هذه الممارسات على عوامل مثل المناخ ونوع التربة والنظام الزراعي (توافق كبير، أدلة وافية).

وينجم ما يقدر بنسبة ٩٠٪ من التخفيف الكلّي عن تعزيز البالوعات (عزل تربة الكربون) وما يقدر بنسبة ١٠٪ عن إنخفاض الإنبعاثات (توافق متوسط، أدلة متوسطة). وأبرز خيارات التخفيف في القطاع الزراعي (بإمكانيات مبينة بميغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ في السنة بأسعار كربون تصل إلى ١٠٠ دولار أميركي / مكافئ طن من ثاني أكسيد الكربون

جدول ١١ في الملخّص الفني: التقديرات الخاصة بإجمالي إمكانية تخفيف غازات الدفيئة الزراعية الإقتصادية (ميغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ في السنة) بحلول العام ٢٠٣٠ وفقاً لأسعار كربون مختلفة ومقدّرة بالنسبة إلى خط أساس التقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات ب٢ [الجدولان ٨,٧].

	سعر الكربون (دولار أميركي / مكافئ طن من ثاني أكسيد الكربون)		
	يصل إلى ٢٠	يصل إلى ٥٠	يصل إلى ١٠٠
منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٣٣٠ (٦٠–٤٧٠)	٥٤٠ (٣٠٠–٧٨٠)	٨٧٠ (٤٦٠–١٢٨٠)
حالات الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية	١٦٠ (٣٠–٢٤٠)	٢٧٠ (١٥٠–٣٩٠)	٤٤٠ (٢٣٠–٦٤٠)
البلدان الأخرى غير بلدان منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي أو التي يمرّ إقتصادها بمرحلة إنتقالية	١١٤٠ (٢١٠–١٦٦٠)	١٨٨٠ (١٠٤٠–٢٧٤٠)	٣٠٥٠ (١٦١٠–٤٤٨٠)

ملاحظة:
تدلّ الأرقام بين قوسين إلى الإنحراف المعياري عن التقديرات الأساسية، وقد استبعدت الإمكانية تدابير الكفاءة في إستخدام الطاقة وتعويض الوقود الأحفوري من الطاقة الأحيائية.



الرسم ٢٠ في الملخّص الفني: إمكانية تخفيف غازات الدفيئة المنبعثة من القطاع الزراعي في العام ٢٠٣٠ في نطاق أسعار كربون خاصة بخط أساس التقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات ب٢ [الرسمان ٨,٩].

ملاحظة:

عرض السيناريو ب٢، رغم أن النمط هو نفسه في جميع سيناريوهات التقرير الخاص. وتتضمن إمكانية التخفيف الخاصة بالبنايات وقطاع الطاقة تدابير كفاءة إستخدام الطاقة (٧٧٠ ميغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ).

بحلول العام ٢٠٣٠) هي (أنظر أيضاً الرسم ٢٠ في الملخّص الفني):

- إستصلاح التربة العضوية المزروعة (١٢٦٠)
- تحسين إدارة الأراضي الزراعية (بما في ذلك الهندسة الزراعية وإدارة المغذيات وإدارة الحرث / بقايا المحاصيل وإدارة المياه (وتشمل السقي وتصريف المياه) وتبوير الأراضي / الحراجة الزراعية (١١١٠)
- تحسين إدارة أراضي الرعي (بما في ذلك كثافة الرعي والإنتاجية المتزايدة وإدارة المغذيات وإدارة الحرائق ونشر أنواع الكائنات في غير موائلها) (٨١٠)
- إستصلاح الأراضي المتدهورة (عن طريق مراقبة التعرية والقيام بتعديلات عضوية وغذائية) (٦٩٠)

وتظل الخيارات التالية لإمكانية التخفيف جوهرية، رغم أنها أقل أهمية:

- إدارة الأرز (٢١٠)
- إدارة الماشية (بما في ذلك تحسين الممارسات الغذائية، وإضافة المواد المغذية، وتربية الماشية والتغيّرات الهيكلية الأخرى، وتحسين إدارة السماد الطبيعي (تحسين تخزينه وإستعماله والهضم اللاهوائي) (٢٦٠) (توافق متوسط، أدلة متوسطة).

بالإضافة إلى ذلك، يمكن توفير ٧٧٠ ميغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ في كل سنة إلى حدود العام ٢٠٣٠، من خلال تحسين الكفاءة في إستخدام الطاقة في القطاع الزراعي. لكن جزءاً كبيراً من هذا الرقم يدخل ضمن إمكانية التخفيف الخاصة بالبنايات والنقل [٨.١؛ ٨.٤].

بأسعار كربون أدنى، يتم تفضيل التدابير الأقل تكلفة والماثلة إلى أبعد الحدود للممارسة الحالية (مثلاً، خيارات إدارة الأراضي الزراعية)، بينما تفضّل بأسعار كربون أكثر إرتفاعاً التدابير الأكثر كلفة ذات إمكانيات تخفيف أقوى لكل وحدة مساحية (مثلاً، إستصلاح التربة العضوية / الخثية المزروعة؛ الرسم ٢٠ في الملخّص الفني) (توافق متوسط، أدلة محدودة) [٨.٤.٣].

ومن الممكن أيضاً تخفيض إنبعاثات غازات الدفيئة عن طريق إستبدال أنواع الوقود الأحفوري بإنتاج الطاقة من المواد الأولية الزراعية (مثلاً، بقايا المحاصيل والروث والمحاصيل الطاقية)، والتي تعد من القطاعات النهائية المستعملة للطاقة (خاصةً إمدادات الطاقة والنقل). ولا تتوفر أي تقديرات دقيقة بشان إمدادات الكتلة الأحيائية المرتبطة بالزراعة في

المستقبل، حيث أن الأرقام تمتد من ٢٢ أكسا جولا في السنة عام ٢٠٢٥ إلى ما يفوق ٤٠٠ أكسا جول في السنة عام ٢٠٥٠. إلا أن المساهمة الفعلية للقطاع الزراعي في إمكانية التخفيف من خلال إستعمال الطاقة الحيوية تعتمد على الأسعار النسبية لأنواع الوقود وتوازن الطلب والعرض. وبحسب تقديرات التقييمات التنازلية التي تتضمن إفتراضات بشأن هذا التوازن، ستكون إمكانية تخفيف طاقة الكتلة الأحيائية المتولدة من الزراعة على الصعيد الإقتصادي ٧٠–١٢٠٦ ميغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ في كل عام بكلفة تصل إلى ٢٠ دولاراً أميركياً / مكافئ طن من ثاني أكسيد الكربون، و٥٦٠–٢٣٢٠ ميغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ في كل عام بكلفة تصل إلى ٥٠ دولاراً أميركياً / مكافئ طن من ثاني أكسيد الكربون. ولا تتوفر تقديرات بخصوص إمكانيات إضافية من النماذج التنازلية بأسعار كربون تصل إلى ١٠٠ دولار أميركي / مكافئ طن من ثاني أكسيد الكربون، لكن التقديرات بالنسبة إلى الأسعار التي تتعدى ١٠٠ دولار أميركي / مكافئ طن من ثاني أكسيد الكربون فهي ٢٧٢٠ ميغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ في كل عام. وتمثل هذه الإمكانيات نسب التخفيف ٥٪ – ٨٠٪، و٢٠٪ – ٩٠٪ من جميع تدابير التخفيف الزراعية مجتمعة، بأسعار كربون تصل إلى ٢٠ و٥٠ دولاراً أميركياً / مكافئ طن من ثاني أكسيد الكربون على التوالي. ورغم أن المنتجات الزراعية وبقايا المحاصيل تشكّل المواد الأولية الوحيدة، فإن الطاقة الحيوية تنافس إستخدامات الأراضي الأخرى، بالنسبة إلى ما هو متاح من أراضي ومياه وغيرها من الموارد. ولم يدرج الجدول ١١ في الملخّص الفني أو الرسم ٢٠ في الملخّص الفني، تباعاً، إمكانيات التخفيف للطاقة الحيوية وتحسّن كفاءة إستخدام الطاقة ما دامت الإمكانية تُحسب على القطاعات المستخدِمة، وبشكل خاص على قطاعي النقل والبنايات (توافق متوسط، أدلة محدودة) [٨.٤.٤].

وتتجه تقديرات إمكانية التخفيف في القطاع الزراعي نحو أدنى النطاقات المشار إليها في تقرير التقييم الثاني وتقرير التقييم الثالث. ويعود ذلك بالأساس إلى ما تمت مراعاته كمقاييس زمنية (العام ٢٠٣٠ في هذا التقرير مقابل العام ٢٠٥٠ في تقرير التقييم الثالث). وعلى المدى المتوسط، ستنتج أكثر إمكانيات التخفيف عن إزالة ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي وتحوّله إلى كربون التربة، غير أن ضخامة هذه العملية ستضمحل عندما يقترب كربون التربة من أقصى المستويات. أما عملية التخفيف الطويلة الأمد فسيتزايد إعتمادها على إنخفاض إنبعاثات أكسيد النيتروز والميثان في إستخدام الطاقة، وهي الفوائد التي ستدوم إلى ما لا نهاية (توافق كبير، أدلة وافية) [٨.٤.٣].

تفاعل خيارات التخفيف مع شدّة التأثر والتكيّف

يمكن للإجراءات الزراعية الرامية إلى تخفيف غازات الدفيئة أن: (أ) تخفض من شدّة التأثر (مثلاً، إذا كان عزل كربون التربة يحدّ آثار الجفاف) أو (ب) تزيد من شدّة التأثر (مثلاً، إذا كان الإتّكال الكلّي على طاقة الكتلة الأحيائية يجعل إمدادات الطاقة أكثر حساسية تجاه الظروف المناخية الشديدة). ويتعيّن على السياسات التي تسعى إلى تشجيع التخفيف و / أو التكيّف في القطاع الزراعي أن تأخذ هذه التفاعلات بعين الإعتبار (توافق متوسط، أدلة محدودة). وعلى المنوال ذاته، يمكن للإجراءات المتخذة بحافز التكيّف أن (أ) تحبذ التخفيف (مثلاً، إعادة بقايا المحاصيل إلى الحقول لتحسين قدرة حفظ المياه، ما سيساعد أيضاً على عزل الكربون) أو أن (ب) تعوق التخفيف (مثلاً، يؤدي الإستعمال المفرط للأسمدة النيتروجينية لتخطي إنخفاض المحاصيل إلى تزايد إنبعاثات أكسيد النيتروز).

الفوائد المشتركة لسياسات تخفيف غازات الدفيئة

تدرّ بعض الممارسات الزراعية نتائج «يربح فيها الجميع»، لكن ينطوي معظمها على تنازلات متبادلة. فالنظم الإيكولوجية الزراعية بحدّ ذاتها معقّدة. وقد تتفاوت الفوائد المشتركة والتنازلات المتبادلة في ممارسة من الممارسات الزراعية من مكان إلى آخر بسبب إختلاف المناخ أو الترب أو طرق الممارسة المعتمدة (توافق عالٍ، أدلة متوسطة).

وفي أثناء إنتاج الطاقة الأحيائية مثلاً، إذا كانت المواد الأولية مكوَّنة من مخلّفات المحاصيل، فإن مواد التربة العضوية قد تستنفد نظراً لرجوع كمية قليلة من الكربون، فتنخفض جودة التربة تالياً؛ وبعكس ذلك، إذا كانت المواد الأولية من المحاصيل الجذرية السميكة والمعمّرة، فإن مواد التربة العضوية قد تتجدد، فتتحسن تالياً جودة التربة.

ويبيّن العديد من أنشطة التخفيف الزراعية تآزراً مع أهداف الإستدامة. ويبدو أن السياسات التي تشجّع الإستخدام الفاعل للأسمدة والحفاظ على كربون التربة ودعم الإنتاج الزراعي، تتمتع بأوجه تآزر أكثر مع التنمية المستدامة (توافق عالٍ، أدلة متوسطة).

كما أن إرتفاع كربون التربة، مثلاً، قد يحسّن الأمن الغذائي والعائدات الإقتصادية. أما خيارات التخفيف الأخرى فقليلة الآثار على التنمية المستدامة. على سبيل المثال، يمكن أن يحسّن إستخدام بعض التعديلات

الجدول ١٢ في الملخّص الفني: التوقعات حول مساحة الغابات، وصافي التغيّرات فيها (تشير الأرقام السلبية إلى الإنخفاض)، مخزون الكربون في الكتلة الأحيائيّة الحيّة والمخزون المتزايد في الأعوام ١٩٩٠ و٢٠٠٠ و٢٠٠٥ [الجدول ٩–١].

المنطقة	مساحة الغابات، مليون هكتار	التغيّر السنوي، مليون هكتار في السنة		مخزون الكربون في الكتلة الأحيائيّة الحيّة، ميغا طن من ثاني أكسيد الكربون			المخزون المتزايد في العام ٢٠٠٥
	٢٠٠٥	١٩٩٠–٢٠٠٠	٢٠٠٠–٢٠٠٥	١٩٩٠	٢٠٠٠	٢٠٠٥	مليون متر مكعّب
أفريقيا	٦٣٥,٤١٢	٤,٤–	٤,٠–	٢٤١٢٦٧	٢٢٨٠٦٧	٢٢٢٩٣٣	٦٤٩٥٧
آسيا	٥٧١,٥٧٧	٠,٨–	١,٠	١٥٠٧٠٠	١٣٠٥٣٣	١١٩٥٣٣	٤٧١١١
أوروبا[أ]	١٠٠١,٣٩٤	٠,٩	٠,٧	١٥٤٠٠٠	١٥٨٠٣٣	١٦٠٩٦٧	١٠٧٢٦٤
شمال ووسط أميركا	٧٠٥,٨٤٩	٠,٣–	٠,٣–	١٥٠٣٣٣	١٥٣٦٣٣	١٥٥٤٦٧	٧٨٥٨٢
أستراليا	٢٠٦,٢٥٤	٠,٤–	٠,٤–	٤٢٥٣٣	٤١٨٠٠	٤١٨٠٠	٧٣٦١
أفريقيا الجنوبية	٨٣١,٥٤٠	٣,٨–	٤,٣–	٣٥٨٢٣٣	٣٤٥٤٠٠	٣٣٥٥٠٠	١٢٨٩٤٤
العالم	٣٩٥٢,٠٢٦	٨,٩–	٧,٣–	١٠٩٧٠٦٧	١٠٥٧٤٦٧	١٠٣٦٢٠٠	٤٣٤٢١٩

ملاحظة:
[أ] يشمل كامل الفدراليّة الروسيّة.

العضوية حجز الكربون، غير أن الآثار على جودة المياه قد تتغير تبعاً للتعديل. وغالباً ما تتحقق الفوائد المشتركة عن طريق تحسين الكفاءة وخفض الكلفة والفوائد المشتركة للبيئة. وترتبط التنازلات المتبادلة بالتنافس على الأراضي وتخفيض الإنتاجية الزراعية والإجهاد البيئي (توافق متوسط، أدلة محدودة) [٨,٤,٥].

البحث في مجال التكنولوجيا وتطويرها ونشرها وتوزيعها ونقلها

كثير من إستراتيجيات التخفيف التي وضعت للقطاع الزراعي تستخدم التكنولوجيا الموجودة. فمثلاً، سيتم تحقيق إنخفاض الإنبعاثات لكل وحدة إنتاج عن طريق تزايد المحاصيل الزراعية والإنتاجية الحيوانية. ويمكن أن تتحقق مثل هذه الزيادات في الإنتاجية من خلال نطاق واسع من الممارسات – إدارة أفضل، المحاصيل المحورة جينياً، تحسين أصناف المستنبتات، نظم عرض الأسمدة، الزراعة الدقيقة، تحسين تربية الماشية، تحسين تغذية الحيوانات، إضافة المواد المغذية ومحفّزات النمو، تحسين خصوبة الحيوانات، المواد الأولية للطاقة الأحيائية، هضم الحمأة اللاهوائية، نظم إلتقاط الميثان – كلها ممارسات تعكس التكنولوجيا الموجودة (توافق عالٍ، أدلة وافية). وتنطوي بعض الإستراتيجيات على إستخدامات جديدة للتكنولوجيا الموجودة. فعلى سبيل المثال، كانت الزيوت تستعمل في الأنظمة الغذائية للحيوانات طيلة سنوات عديدة من أجل رفع المحتوى الغذائي الطاقي، غير أن دورها وجدواها ككابح للميثان لا يزالان حديثَين، ولم يتم تحديدهما بصفة شاملة. وهناك بعض التكنولوجيات التي ستحتاج إلى المزيد من البحث والتطوير [٨,٩].

التوقّعات الطويلة الأمد

قد يتضاعف الطلب العالمي على الأغذية بحلول العام ٢٠٥٠، ما سيؤدي إلى تكثيف ممارسات الإنتاج (مثلاً، الإستخدام المتزايد الأسمدة النيتروجينية). بالإضافة إلى ذلك، سيزيد الإرتفاع المتوقع في إستهلاك المنتجات الحيوانية من إنبعاثات الميثان وأكسيد النيتروز إذا إرتفعت أعداد الماشية، ما سيؤدي إلى إرتفاع الإنبعاثات على خط الأساس بعد العام ٢٠٣٠ (توافق عالٍ، أدلة متوسطة). وستساعد تدابير التخفيف الزراعية على خفض إنبعاثات غازات الدفيئة لكل وحدة إنتاج ذات الصلة بالخط الأساس. لكن، سيكون ما يقارب ١٠٪ فقط من إمكانية التخفيف مرتبطاً بالميثان وأكسيد النيتروز لغاية العام ٢٠٣٠. وسيكون نشر ممارسات التخفيف الجديدة في نظم تربية الماشية وتطبيقات الأسمدة ضرورياً للحدّ من تزايد الإنبعاثات في القطاع الزراعي بعد العام ٢٠٣٠.

وهناك أيضاً إلتباسات أخرى تعوق توقعات إمكانات تخفيف طويل الأمد. فعلى سبيل المثال، إن آثار تغيّر المناخ غير واضحة: يمكن لتغيّر المناخ في المستقبل أن يخفض من معدّلات إحتجاز الكربون في التربة، بل يمكنه إطلاق كربون التربة، رغم أن الأثر غير أكيد بما أن تغيّر المناخ قد يرفع أيضاً من مدخلات كربون التربة من خلال إنتاج أكثر للنباتات. وتوحي بعض الدراسات أن التطورات التكنولوجية قادرة على أن تتصدى لآثار تغيّر المناخ السلبية على الأراضي الزراعية ومخزون كربون التربة في المراعي، ما يجعل تطوير التكنولوجيا عاملاً أساسياً في تخفيف غازات الدفيئة في المستقبل. ويمكن لهذه التكنولوجيات، مثلاً، أن تعمل من خلال الإنتاج المتزايد، وبالتالي، يرتفع

رجوع الكربون إلى التربة وينخفض الطلب على الأراضي الزراعية الطرية (توافق عالٍ، أدلة متوسطة)[٨,١٠].

٩ الحراجة

تمّ تأمين توقعات جديدة حول التخفيف منذ تقرير التقييم الثالث، على النطاقين المحلي والعالمي. كما أصبحت المراجعات الإقتصاديّة الأساسيّة والتقييمات العالميّة متوافرة. وتتواجد دراسة حديثة حول تطبيق فرص التخفيف والتكيّف وإرتباطاتها بالتنمية المستدامة. وتجدر الإشارة إلى الإهتمام المتزايد بتخفيف الإنبعاثات الناتجة عن إزالة الغابات كفرصة تخفيف متدنية الكلفة، ما سيكون له أثر جانبي هام. تشير بعض الأدلة إلى أنه من الممكن أن تعيق تأثيرات تغيّر المناخ إمكانية تخفيف الغابات.

حالة القطاع، توجهات التنمية بما فيها الإنتاج والإستهلاك والمترتبات

تغطي الغابات العالمية ٣٩٥٢ مليون هكتار (أنظر الجدول ١٢ في الملخّص الفني)، أي ما يعادل ٣٠٪ من مساحة الأرض العالمية. وأهم ما يتعلّق بدورة الكربون هو إستمرار إجمالي إزالة الغابات بمعدّل ١٢,٩ مليون هكتار في السنة بين العام ٢٠٠٠ والعام ٢٠٠٥، ويعود ذلك إلى تحويل الغابات إلى أراضٍ زراعية، وإلى توسّع الوحدات السكنية والبنى التحتيّة. وغالباً ما يعود السبب إلى قطع الأشجار أيضاً. في التسعينيات، كان معدّل إجمالي إزالة الغابات أكثر إرتفاعاً، إذ كان يبلغ ١٣,١ مليون هكتار في السنة. وبلغ إجمالي إزالة الغابات بين العام ٢٠٠٠ والعام ٢٠٠٥، ٧,٣ مليون هكتار في السنة بسبب التشجير وإعادة تأهيل الأراضي والتوسّع الطبيعي للغابات. وقد وقعت أكبر الخسارات في أفريقيا وأميركا الجنوبيّة وجنوب شرق آسيا. وجدير بالذكر أن صافي معدّل الخسارة هذا كان أقل من ٨,٩ مليون هكتار بالسنة أي أقل من الخسارة الحاصلة في التسعينيات (توافق متوسط وأدلة متوسطة).

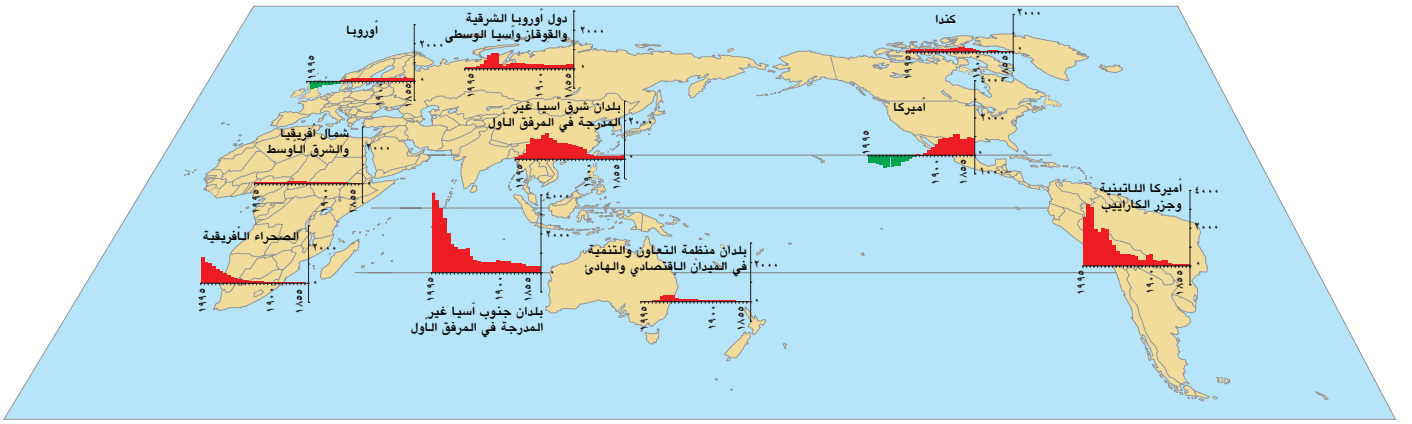
مصادر الإنبعاثات ومصارفها، التوجهات

على النطاق العالمي، تبقى الأسباب الرئيسيّة الكامنة وراء إنبعاثات ثاني أكسيد ونقلها في العقد الأخير من القرن العشرين: إزالة الغابات الإستوائيّة وإزالة الغابات من المنطقة المعتدلة ومن أجزاء من المنطقة البورالية (أنظر الجدول ١٢ في الملخّص الفني، والرسم ٢١ في الملخّص الفني). وتقدّر الإنبعاثات الناتجة عن إزالة الغابات في التسعينيات ٥,٨ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ.

لكن معادلة خسارة الكربون الناتجة عن إزالة الغابات الإستوائيّة تتم من خلال توسّع مناطق الغابات ومن خلال تراكم الكتلة الأحيائيّة الحرجية في المناطق البورالية، في حين تعتبر المناطق المعتدلة منطقة نزاع بين مراقبات الأرض الحالية وبين التوقعات المستندة إلى النماذج المصممة من الأعلى إلى الأسفل. تتوقّع الأساليب المصمّمة من الأعلى إلى الأسفل، وهي ترتكز إلى قلب نماذج نقل الغلاف الجوّي، أن يبلغ صافي مصرف الكربون الأرضي في التسعينيات وتوازن المصارف في خطوط العرض الشمالية والمصادر في المناطق المدارية ٩,٥ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ. توافقت التوقعات الجديدة في التسعينيات مع الإرتفاع السابق الموجود في مصرف الكربون الأرضي المسجّل في الثمانينيات. غير أنه من المفترض أن تكون التوقعات الجديدة حول المصرف ومعدّل الإرتفاع أقل من المعدّلات المسجّلة سابقاً. إن توقّع المصرف المتبقي الناتج عن قلب نماذج نقل الغلاف الجوي أكبر من أي توقّع حول أي مصرف عالمي يعتمد على مراقبات الأرض.

يشير الفهم المتزايد لتعقيد تأثيرات تغيّر سطح الأرض على نظام البيئة إلى أهمية الإنتباه إلى سطح البياض والتدفقات الحرارية الكامنة والحساسة، إلى جانب التبخّر وعوامل أخرى فاعلة في تكوين سياسة تخفيف تغيّر المناخ في قطاع الغابات. ومن الضروري وجود أدوات نمذجة بغية النظر بشمولية إلى التأثير المناخي لتغيّر سطح الأرض، وإدارة مخازين الكربون في الغلاف الجوي، لكنها غير متوفرة. وتبقى إمكانية تأثير تغيّر المناخ المتوقّع على صافي توازن الكربون في حالةٍ من عدم اليقين [٩,٣، ٩,٤].

وبما أن العمل الحالي للغلاف الجوي في حالةٍ من عدم اليقين، يبقى توقّع توازن الكربون للحراجة العالمية أمراً بالغ الصعوبة. وعلى العموم، تتم ملاحظة النقص في الدراسات الواسعة القبول، ما يفسّر النقص في خطوط الأساس. كما أن توجهات التنمية غير واضحة في بلدان منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي، وكذلك الأمر بالنسبة إلى معدّل إزالة الغابات. وتبقى توجهات إدارة التنمية غير واضحة في بلدان منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي وفي البلدان التي يمرّ إقتصادها بمرحلة إنتقالية، وكذلك هي الحال بالنسبة إلى سوق الخشب وتأثيرات تغيّر المناخ. تشير النماذج الطويلة الأمد المذكورة في الفصل ٣ إلى أن الخط الأساسي لإنبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن تغيّر إستخدام الأراضي والحراجة في العام ٢٠٣٠ مطابق أو أصغر بقليل مما سجّله في العام ٢٠٠٠ (توافق متوسط وأدلة متوسطة)[٩,٣، ٩,٤].



الرسم ٢١ في الملخّص الفني: توازن كربون الغابات التاريخي (ميغا طن ثاني أكسيد الكربون) حسب المنطقة ١٨٥٥–٢٠٠٠ [الرسم ٩,٢].

ملاحظات: الأخضر = المصرف، معدّل البيانات لمدة ٥ سنوات تشير السنة إلى السنة الأولى من المرحلة.

وصف وتقييم تكنولوجيات التخفيف وممارساته وفرصه وإمكانيّاته وكلفته وإستدامته

تتميّز ديناميات الكربون الأرضي بمعدّلات صغيرة لإمتصاص الكربون بالهكتار الواحد على المدى الطويل، تتخلّله فترات قصيرة يحصل فيها إنبعاث سريع وواسع للكربون خلال الإضطرابات أو موسم الحصاد. وبينما يمكن أن تشكّل مجموعات الأشجار الفرديّة في الغابة مصادر أو مصارف، يتم تحديد توازن الكربون في الغابات من خلال مجموع صافي توازن كافة مجموعات الأشجار.

تمّ جمع الخيارات المتوافرة في أربع مجموعات عامة: الخيارات من أجل تقليص الإنبعاثات من خلال المصادر و / أو إزالة النقص من خلال المصارف في قطاع الغابات:

- المحافظة على مساحة الغابة أو زيادتها.
- المحافظة على كثافة الكربون على مستوى المكان أو زيادتها.
- المحافظة على كثافة الكربون على مستوى الأرض أو زيادتها.
- زيادة مخزونات الكربون الخارجية في المنتوجات الخشبيّة وتعزيز إنتاج الوقود وإستبداله.

لكل نشاط من أنشطة التخفيف توقيت مخصص للنشاطات وتكاليف وأرباح للكربون (أنظر الرسم ٢٢ في الملخّص الفني). بالنظر إلى خط الأساس، يظهر أن أوسع الأرباح القصيرة الأمد التي يتم جنيها تحصل من خلال نشاطات التخفيف الهادفة إلى تجنّب الإنبعاثات (تقليص إزالة الغابات أو تدهورها، الحماية من الحريق وإحتراق الأغصان الميتة، إلخ).

إن كافة نشاطات إدارة الغابات التي هدفت إلى رفع مستوى الموقع ومستوى الأرض في كثافة الكربون، تشكّل ممارسات مشتركة ممكن تطبيقها تقنيّاً، لكن ينبغي زيادة الإمتداد والمساحة ليتم تطبيقها بشكل واسع. تشكّل الإعتبارات الإقتصاديّة العائق الرئيسي، إذ تؤخّر عائدات المحصول حبس الكربون الزائد في الموقع.

الرسم ٢٢ في الملخّص الفني: تلخيص عام حول الخيارات المتوافرة في قطاع الغابات ونوعها وتوقيت تأثيرها على مخازين الكربون إضافة إلى توقيت الكلفة [الرسم ٩,٤].

	نشاطات التخفيف	نوع التأثير	توقيت التأثير	توقيت الكلفة
١أ	زيادة مساحة الغابات (مثلاً غابات جديدة)	↑	⌒	⌒
١ب	المحافظة على مساحة الغابات (مثلاً، منع إزالة الغابات، تغيّر في إستخدام التربة)	↓	⌒	⌒
٢أ	زيادة كثافة الكربون على نطاق الموقع (مثلاً، الإدارة المكثّفة والتخصيب)	↑	⌒	⌒
٢ب	المحافظة على كثافة مخزونات الكربون على نطاق الموقع (مثلاً، تجنّب التدهور)	↓	⌒	⌒
٣أ	زيادة مخزونات الكربون على نطاق الموقع (مثلاً، إدارة الغابات المستدامة والزراعة، إلخ)	↑	⌒	⌒
٣ب	المحافظة على مخزونات الكربون على نطاق الموقع (مثلاً، الحدّ من التشوّهات)	↓	⌒	⌒
٤أ	زيادة كربون المنتجات خارج الموقع، لكن ينبغي ان تتلاءم مع ١ باء و٢ باء و٣ باء	↑	⌒	⌒
٤ب	زيادة إلطاقة الأحيائيّة والإستبدال (لكن ينبغي ان تتلاءم مع ١ باء و٢ باء و٣ باء)	↓	⌒	⌒

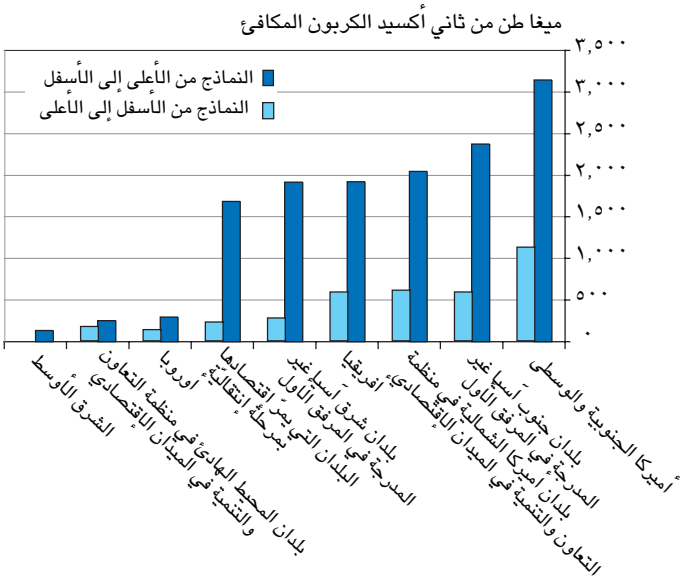
الدليل

نوع التأثير	التوقيت (تغيّر الكربون مع الوقت)	توقيت الكلفة (بالدولار الأميركي مع الوقت)
مصرف معزّز ↑	مؤجّل	مؤجّل
مصدر مقلّص ↓	فوري	أمامي
	مستدام أو قابل للتكرر	مستمر

على المدى الطويل، ستولّد إستراتيجية مستدامة لإدارة الغابات تكون أوسع فائدة ودائمة للتخفيف. وتهدف هذه الإستراتيجية إلى المحافظة على مخازين كربون الغابات أو زيادته بينما يجري سنوياً إنتاج غلّة من خشب الغابات أو يتم إنتاج الطاقة أو الألياف من الغابات.

تقييمات النمذجة الإقليمية

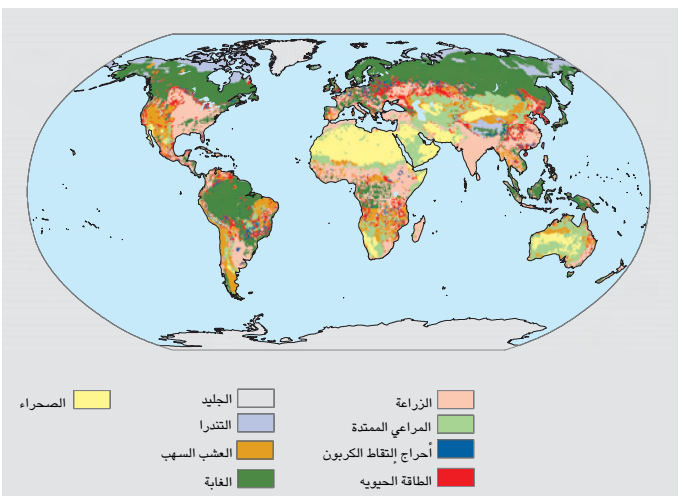
تشير الدراسات الإقليمية المصمّمة من الأسفل إلى الأعلى إلى توافر إمكانيّة إقتصاديّة لفرص تخفيف الحراجة (بتكاليف تصل إلى ١٠٠ دولار أميركي لطن ثاني أكسيد الكربون المكافئ). وهي قادرة على المساهمة بقيمة ١,٣– ٤,٢ ميغا طن من ثاني أكسيد الكربون في السنة (المعدّل ٢,٧ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون في السنة) في العام ٢٠٣٠، بإستثناء الطاقة الأحيائيّة. ويمكن تحقيق نسبة ٥٠٪ بكلفة أدنى من ٢٠ دولاراً أميركياً لطن ثاني أكسيد الكربون (١,٦جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون في السنة) مع إختلافات كبيرة بين الأقاليم. وتملك التأثيرات المزوجة لتخفيض إزالة الغابات والتدهور من جهة، والتشجير من جهة ثانية، بالإضافة إلى إدارة الغابات والحراجة الزراعيّة، إمكانية إزدياد من الوقت الراهن وحتى العام ٢٠٣٠ وما بعده. يفترض هذا التحليل تطبيقاً تدريجياً لنشاطات التخفيف إبتداءً من الآن (توافق متوسط، أدلة متوسطة) [٩,٤,٤].

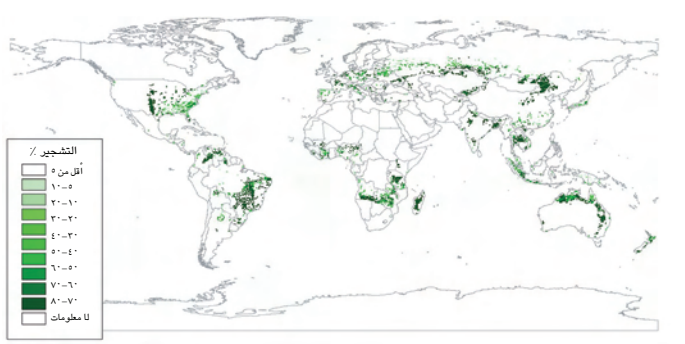


الرسم ٢٣ في الملخّص الفني: مقارنة بين عائدات إمكانية التخفيف الإقتصاديّة لأقل من ١٠٠ دولار أميركي لطن ثاني أكسيد الكربون المكافئ في العام ٢٠٣٠ في قطاع الحراجة بالإرتكاز إلى النماذج العالمية المصمّمة من الأعلى إلى الأسفل مقابل نتائج النمذجة الإقليمية [الرسم ٩,١٣].

وتتوقّع النماذج المصمّمة من الأعلى إلى الأسفل أن تبلغ في العام ٢٠٣٠ إمكانيات التخفيف ١٣,٨ جيغا طن ثاني أكسيد الكربون المكافئ في السنة، على أن تكون أسعارالكربون ١٠٠ دولار أميركي لطن ثاني أكسيد الكربون أو أقل. أمّا مجموع التوقعات الإقليمية فيبلغ نسبة ٢٢٪ من هذه القيمة في السنة ذاتها. تميل الدراسات الإقليمية إلى إستخدام بيانات أكثر تفصيلاً، كما أنها تأخذ بعين الاعتبار مجموعة أوسع من فرص التخفيف، وبالتالي يمكنها أن تعكس الظروف والعوائق الإقليمية بشكل أدق من النماذج العالمية الشاملة الأبسط. لكن، تختلف الدراسات الإقليمية من حيث هيكليّة النموذج والتغطية والمقاربة التحليليّة والفرضيات (بما فيها فرضيات خط الأساس). وينبغي إجراء المزيد من البحوث لتقليص الفجوة في التوقعات حول إمكانية التخفيف من خلال التقييمات الإقليمية والعالمية (توافق متوسط، أدلة متوسطة) [٩,٤,٣].

لا يمكن أن يكون أفضل توقّع لإمكانية التخفيف الإقتصادي في قطاع الغابات في هذه المرحلة مؤكداً إلا بنسبة تتراوح ما بين ٢,٧ و١٣,٨ جيغا





الرسم ٢٤ في الملخّص الفني: توزيع نشاطات التشجير العالمي من خلال نموذجين عالميين مصممين من الاعلى إلى الأسفل. في الاعلى: موقع الطاقة الاحيائيّة وأحراج إلتقاط الكربون حول العالم في العام ٢١٠٠. في الاسفل: نسبة خليّة الشبكة المشجرة في العام ٢١٠٠.

طن من ثاني أكسيد الكربون في السنة في العام ٢٠٣٠، بتكاليف أقل من ١٠٠ دولار أميركي لطن ثاني أكسيد الكربون المكافئ. أما بالنسبة إلى التكاليف الأدنى من ٢٠ دولاراً أميركياً لطن ثاني أكسيد الكربون فتتراوح النسبة بين ١٫٦ و٥ جيغا طن ثاني أكسيد الكربون في السنة. يتمركز أكثر من ٦٥٪ (إلى ١٠٠ دولار أميركي لطن ثاني أكسيد الكربون المكافئ) من مجموع إمكانية التخفيف في المناطق المدارية، ويمكن أن يتحقّق ٥٠٪ من المجموع من خلال تقليص الإنبعاثات الناتجة عن إزالة الغابات (توافق متوسط، أدلة متوسطة).

ويمكن أن تساهم الحراجة في التزويد بالطاقة الأحيائيّة من مخلّفات الغابات. في حين يتم قياس إمكانية الطاقة الأحيائيّة من خلال القطاعات التالية: التزويد بالطاقة والنقل (الوقود الأحيائي) والصناعة والأبنية (أنظر الفصل ١١ للحصول على نظرة عامة). بالإستناد إلى الدراسات المصمّمة من الأسفل إلى الأعلى حول إمكانية تزويد الكتلة الأحيائيّة من الحراجة، وبالإفتراض أنه سيجري إستخدام هذا كله (ما يعتمد بشكل كلّي على كلفة الكتلة الأحيائيّة في الحراجة بالمقارنة مع كلفتها من المصادر الأخرى)، ستحصل مساهمة بنسبة ٠٫٤ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون في السنة من الحراجة.

وقد بدأت النماذج المصمّمة من الأعلى إلى الأسفل بإعطاء نظرة حول كيفيّة ومكان توزّع فرص تخفيف الكربون لأفضل توزيع حول العالم (الرسم ٢٤ في الملخّص الفني).

تفاعلات فرص التخفيف مع سرعة التأثر والتكيّف

يمكن أن تصمم النشاطات حول الحراجة لتوائم التكيّف مع تغيّر المناخ، والمحافظة على التنوع الأحيائي، وتعزيز التنمية المستدامة. ستؤدي المقارنة بين المنافع المشتركة البيئيّة والإجتماعيّة والتكاليف وبين فائدة الكربون، إلى إلقاء الضوء على أوجه التآزر والتعويض، كما ستساعد في تعزيز التنمية المستدامة.

لا تزال المعلومات حول التفاعل بين تخفيف الحراجة وتغيّر المناخ في بدايتها. ومن المرجّح أن تتأثر الغابات بتغيّر المناخ، ما قد يقلّص إمكانيّتها على التخفيف. تسمح فرصة إدارة التكيّف الأوليّة بتخفيض أكبر عدد ممكن من الإجهادات الإضافيّة. تقلّص المحافظة على الإنتشار الواسع والحيوي لسكان الكائنات الفرديّة، إحتمال وقوع أحداث كارثية تتسبب بإنقراض هذه الأنواع. يشكّل إنشاء المناطق المحميّة أو المحميات الطبيعيّة أمثلة عن التخفيف وعن التكيّف أيضاً. وتؤدي حماية المناطق (من خلال الممرات) إلى المحافظة على التنوّع الأحيائي الذي يؤدي بدوره إلى تخفيض سرعة التأثر بتغيّر المناخ. وتؤمن توقعات تخفيف الحراجة منافع مشتركة ناتجة عن التكيّف في قطاعات أخرى. وتشمل الأمثلة: تقليص الحراجة النباتيّة لسرعة تأثر المحاصيل البعلية بالجفاف، وتخفيض المانغروف لسرعة تأثّر المستوطنات الساحليّة، وأحزمة الحماية التي تبطئ التصحّر (توافق متوسط، أدلة متوسطة).

فاعلية سياسات المناخ وإختبارها بالإضافة إلى إمكانياتها وحواجزها ومسائل الفرص / التطبيق

يمكن أن تساهم الحراجة بفاعلية وبكلفة منخفضة في محفظة التخفيف العالمي، تؤمّن من خلال ذلك التآزر بين التكيّف والتنمية المستدامة. يعرّف الفصل التاسع في هذا التقرير بمجموعة كاملة من الفرص والسياسات الهادفة إلى تحقيق إمكانية التخفيف. لكن، لم يتم الأخذ بهذه الفرص بسبب الإطار المؤسساتي الحالي، ونقص الحوافز الممنوحة لمدراء الغابات، وعدم دعم القوانين الحالية. في الواقع، لن يتحقق إلا جزء صغير من هذه الإمكانية إذا لم يتم وضع آليات سياسية أفضل.

يتطلّب تحقيق إمكانيّة التخفيف قدرة مؤسساتيّة ورأس مال للإستثمار وتكنولوجيا البحث والتطوير والنقل، كما أنه يحتاج أيضاً إلى سياسات ومحفّزات (دوليّة) مناسبة. ولقد كان غيابها حاجزاً أمام تطبيق نشاطات تخفيف الحراجة في العديد من الأقاليم. لكن، تظهر إستثناءات واضحة، مثل النجاحات الإقليمية في تخفيف معدّل إزالة الغابات وتطبيق برامج التشجير (توافق عالٍ، أدلة وافية).

ينبغي وضع إستراتيجيات عديدة ومحدّدة الموقع بغية إرشاد سياسات التخفيف في القطاع. تعتمد الفرص المثلى على حالة الغابات الحاليّة، وعلى المسبب الرئيسي بتغيّر المناخ وعلى الديناميات المستقبليّة المتوقع حصولها في الغابات في كل منطقة. إن مشاركة جميع أصحاب الشأن وصانعي السياسة ضرورية من أجل تعزيز برامج التخفيف، كما أنها ضرورية من أجل وضع مزيج القياسات الأمثل. من الممكن أن يكون تطبيق التخفيف الحاصل على مستوى قطاع الغابات في تخطيط إستخدام الأراضي هاماً، على هذا الصعيد.

وكان تأثير كافة السياسات الموجودة الرامية إلى إبطاء إزالة الغابات الإستوائيّة صغيراً، بسبب النقص في القدرة المؤسساتيّة والتنظيميّة، أو بسبب قلّة المحفّزات الربحية التعويضيّة. يمكن أن تساعد أسواق الكربون المشيّدة جيداً أو خطط خدمات الدفع البيئي على تخطي الحواجز أمام الحدّ

من إزالة الغابات، إلى جانب تقديم دعم أكبر للقوانين وذلك من خلال تأمين محفّزات مالية إيجابية للمحافظة على الغطاء الحرجي.

تم تقديم عدة إقتراحات من أجل إدخال نشاطات ما بعد العام ٢٠١٢ حيز التنفيذ، بما فيها النشاطات والمقاربات المرتكزة إلى السوق، كالتمويل الموجّه في التخفيض الطوعي من الإنبعاثات الناتجة عن إزالة الغابات. وجرى إستخدام الإجراءات السياسية، مثل الإعانات والإعفاءات من الضرائب، بنجاحٍ بغية تشجيع التشجير وإعادة التشجير في الدول المتطورة والنامية على حدٍ سواء. لكن ينبغي توخي الحذر من أجل تجنّب التأثيرات الإجتماعيّة والبيئية السلبية الواسعة النطاق المتأتية من إنشاء محطات توليد الطاقة.

على الرغم من الكلفة المنخفضة والتأثيرات الجانبية الإيجابية العديدة الناتجة عن التشجير وإعادة التشجير في ظل آلية التنمية النظيفة، لم يتم تنفيذ الكثير من مشاريع النشاطات بسبب عدد من الحواجز، بما فيها الإتفاق المتأخر وتعقيد القوانين المنظمة للتشجير وإعادة التشجير ضمن مشروع نشاطات آلية التنمية النظيفة. وتتطلب مشاريع تخفيف الحراجة تأكيداً على مستوى الإلتزامات المستقبليّة وقوانين مبسّطة ومنظّمة، إلى جانب تخفيضات تكاليف الصفقات حتى تصبح قابلة للتطبيق على نطاق أوسع. يمكن أن يؤدي تقييم تنميط المشروع دوراً هاماً في تخطي عدم اليقين المنتشر بين المشترين والمستثمرين والمشاركين في المشروع على حدٍ سواء (توافق عالٍ، أدلة متوسطة) [٩,٦].

الحراجة والتنمية المستدامة

بينما يحدد التقييم في الفصل المخصص للحراجة أوجه عدم اليقين إزاء حجم تكاليف ومنافع التخفيف، نجد أن التكنولوجيات والمعرفة المطلوبة لتطبيق أنشطة التخفيف باتت متوفرة اليوم. ويمكن للحراجة أن تساهم مساهمة هامة ومستدامة في محفظة التخفيف العالمية، فضلاً عن إستجابتها للعديد من الأهداف الإجتماعية والإقتصادية والإيكولوجية. ويمكن التوصل إلى منافع مشتركة كبيرة من خلال النظر في خيارات التخفيف المبني على الحراجة كعنصر في خطط أشمل لإدارة الأراضي.

ويمكن للأحراج أن تساهم إيجابياً، مثلاً، في مجال العمالة والنمو الإقتصادي والصادرات والطاقة المتجددة والقضاء على الفقر. ولكنها تؤدي أحياناً إلى تأثيرات إجتماعية سلبية، كخسارة أراضي الرعي ومصدر معيشي تقليدي. ويمكن للزراعة الحرجية أن تنتج عدداً واسعاً من المنافع الإقتصادية والإجتماعية والبيئية، ولعل منافعها تلك أوسع نطاقاً من منافع التشجير الواسع النطاق. ونظراً إلى أن المنافع الإضافية ما زالت محلية بدلاً من أن تكون عالمية، يمكن الحدّ من كلفة إجراءات التخفيف، أو التعويض جزئياً عنها في حال قمنا بتحديد تلك المنافع وإحتسابها (توافق عالٍ، أدلة متوسطة) [٩,٧].

البحث والتطوير والنشر والإنتشار والنقل تكنولوجياً

تشكّل أعمال نشر التكنولوجيات وإنتشارها ونقلها، كنظم إدارة الأحراج المتقدّمة والممارسات الحرجية وتكنولوجيات التصنيع التي يدخل فيها إستخدام الطاقة البيولوجية، مفتاح إستدامة خيارات التخفيف المختلفة الإقتصادية والإجتماعية. ويمكن للحكومات أن تؤدي دوراً حيوياً في تأمين الدعم الفني والمالي الموجّه وتعزيز مشاركة المجتمعات والمؤسسات والمنظمات غير الحكومية (توافق عالٍ، أدلة وافية) [٩,٨].

التوقّعات الطويلة الأمد

تعرف الإسقاطات حول توازن الكربون المستقبلي في الغابات تغيّرات واسعة بسبب عدم اليقين في دورة الكربون وتأثيرات المناخ غير واضحة المعالم على الغابات وكل ما ينتج عنها من تأثيرات دينامية مختلفة، والفارق الزمني بين عمليّتي الإنبعاث وتنحية الأيونات، فضلاً عن أوجه عدم اليقين في ما يتعلّق بالمسارات الإجتماعية الإقتصادية المستقبلية.

بشكل عام، من المتوقّع أن تساعد نشاطات التخفيف على المدى الطويل في زيادة مصارف الكربون، مع إرتباط صافي التوازن بالمنطقة المعنية. أما الغابات الشمالية الأولية فستشكّل إما مصادر محدودة أو مصارف تعتمد على صافي تأثير تعزيز النمو، مقابل خسارة في مواد التربة العضوية وإنبعاثات ناتجة عن زيادة الحرائق. أما غابات المناطق المعتدلة فستستمر على الأرجح في أن تكون مصارف صافية للكربون، بفضل نمو الغابات إثر تغيّر المناخ. في المناطق المدارية، من المتوقّع أن تستمر التغييرات البشرية المنشأ في إستخدام التربة إلى أداء دور القوة الدافعة للديناميات، خلال العقود المقبلة. وبعد العام ٢٠٤٠، من الممكن أن تتحوّل الغابات المدارية هي أيضاً إلى مصارف صافية، ولكن سيرتبط ذلك بشكل خاص بفاعلية السياسات الهادفة إلى الحدّ من تدهور الغابات وإزالتها، وبتأثير تغيّر المناخ. وكذلك على المستوى المتوسط إلى الطويل المدى، من المتوقع أن تزداد أهمية الطاقة الأحيائية التجارية.

ستحتاج تنمية الإستراتيجيات الإقليمية المثلى للتخفيف من تغيّر المناخ المعتمِدة على الغابات، إلى تحاليل معقّدة لأوجه التوازن (التآزر والتنافسية) في إستخدام الأراضي بين الحراجة والإستخدامات الأخرى، والتوازنات بين

الحفاظ على الغابات لتخزين الكربون وبين الخدمات البيئية الأخرى كالتنوّع البيولوجي والحفاظ على المياه العذبة والحصاد الحرجي المستدام، بغية مدّ المجتمع بالألياف المحتوية على الكربون والموارد الخشبية وموارد الطاقة الأحيائية، فضلاً عن التوازن بين إستراتيجيات إستخدام المنتجات الخشبية الهادفة إلى تعزيز التخزين إلى أقصى درجاته في ما يخص المنتجات الطويلة العمر وإعادة التدوير وإستخدام الطاقة الأحيائية [٩,٩].

١٠ إدارة النفايات

وضع القطاع وتوجّهات التنمية والتداعيات

ترتبط إدارة النفايات بالسكان والضغط الديموغرافي والتمدّن. وتُقدّر المعدّلات العالمية الحالية لتوليد نفايات ما بعد الإستهلاك بحوالي ٩٠٠–١٣٠٠ طن متري سنوياً. وشهدت المعدّلات إرتفاعاً خلال السنوات الماضية، خاصةً في الدول النامية نظراً للنمو السكّاني السريع والنمو الإقتصادي والتمدّن. أما الدول المتقدّمة جداً فتحاول اليوم أن تفصل توليد النفايات عن القوى الإقتصادية الدافعة، كإجمالي الناتج المحلي. وتشير التوجّهات الحالية إلى إمكانية بلوغ معدّلات توليد نفايات ما بعد الإستهلاك للفرد الواحد حالياً ذروتها نتيجة إعادة التدوير وإعادة الإستخدام وتقليص النفايات إلى حدّها الأدنى ومبادرات أخرى (توافق متوسط، أدلة متوسطة) [١٠,١، ١٠,٢].

وتعتبر النفايات ما بعد الإستهلاك مساهماً صغيراً في زيادة الإنبعاثات العالمية لغازات الدفيئة (<٥٪) ويشكّل الميثان أكثر من ٥٠٪ من الإنبعاثات الحالية. أما مصادر الإنبعاثات الثنائية فهي الميثان وأكسيد النيتروز الناتجان عن مياه المجارير، فضلاً عن إنبعاثات بسيطة لثاني أكسيد الكربون الناتج عن حرق النفايات المحتوية على الكربون الأحفوري. وبشكل عام، يسيطر عدم يقين كبير على كمية الإنبعاثات المباشرة وغير المباشرة وإمكانيات التخفيف في قطاع النفايات، وهو أمرٌ تمكن معالجته والتخفيف منه بواسطة جمع منسّق وتحليل على المستوى الوطني للبيانات المتوفّرة. ولا تتوفّر حالياً أساليب تسمح بالقيام بجردة إحتساب سنوي لإنبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن نقل النفايات، أو تحديد الإنبعاثات السنوية من الغازات المفلورة الناتجة عن نفايات ما بعد الإستهلاك (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٠,٣].

من الضروري التشديد على أن نفايات المستهلك تشكّل مصدراً هاماً للطاقة المتجددة قابلاً للإستغلال من خلال العمليات الحرارية (الحرق والإحتراق الصناعي المشترك) وبواسطة إستخدام غازات مطامر النفايات والهاضم اللاهوائي للغاز الأحيائي. فبالمقارنة مع العديد من موارد الكتلة الأحيائية الأخرى، تملك النفايات منفعة إقتصادية، إذ يتم جمعها بإنتظام على حساب القطاع العام. لذا، من الممكن إستغلال محتوى النفايات من الطاقة بشكل فاعل بواسطة العمليات الحرارية: خلال الإحتراق، يمكن الحصول على الطاقة مباشرة من الكتلة الأحيائية (منتجات الورقية والخشب والأنسجة الطبيعية والأغذية) ومن مصادر الكربون الأحفوري (البلاستيك والأنسجة التركيبية). وإذا إعتبرنا أن معدّل قيمة التدفئة هو ٩ جيغا جول / طن، فإن النفايات تحتوي على أكثر من ٨ إكزا جول من الطاقة المتوفّرة، ما قد يرتفع إلى ١٣ إكزا جول (أي حوالي ٢٪ من الطلب على إستخدام الطاقة الأولية) في العام ٢٠٣٠ (توافق متوسط، أدلة متوسطة) [١٠,١]. واليوم، يتم حرق أكثر من ١٣٠ مليون طن نفايات في العالم، أي أكثر من > ١ إكزا جول / سنة. وتم تسويق إستعادة ميثان مطامر النفايات كمصدر طاقة متجددة منذ أكثر من ٣٠ عاماً بقيمة طاقة حالية تبلغ أكثر من > ٠,٢ جول / سن. وعلى غرار العمليات الحرارية، بإمكان غاز مطامر النفايات وهاضم الغاز اللاهوائي أن يؤمنا مصدري طاقة إضافية محليين هامين (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٠,١، ١٠,٣].

وسمحت إستعادة غاز مطامر النفايات والإجراءات المكمّلة (إعادة تدوير مكثّفة وإنخفاض في طمر النفايات بفضل تطبيق التكنولوجيات البديلة)، بتثبيت نسب الميثان الناتج عن المطامر في الدول المتقدّمة. ويضم إختيار تكنولوجيا ذات كفاءة تسمح بإدارة واسعة النطاق للنفايات بهدف تجنّب إنبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن المطامر أو الحدّ منها، الحرق من أجل عمليات إستبدال النفايات بالطاقة والعمليات البيولوجية، مثل المعالجة المبنية على تحويل النفايات إلى سماد أو المعالجة الآلية الأحيائية للنفايات (MBT). لكن الأمر يختلف في الدول النامية، حيث تزداد إنبعاثات الميثان الناتجة عن مطامر النفايات مع تطبيق ممارسات طمر أكثر رقابة (لاهوائية). ما ينطبق بشكل خاص على مناطق التمدّن المتسارع، حيث تؤمن المطامر المهندسة إستراتيجية تخلّص من النفايات ذات قبول بيئي أكبر بالمقارنة مع مطامر الهواء الطلق، وذلك من خلال تقليص مخاطر الأوبئة والروائح السامة والحرق غير المراقب وإنبعاثات الملوّثات وإنتشارها في الهواء والماء والتربة. ولكن المفارقة تكمن في أن إنبعاثات غازات الدفيئة تزداد مع الإنتقال من الإنتاج اللاهوائي لثاني أكسيد الكربون (بواسطة الحرق أو التحلّل اللاهوائي) إلى الإنتاج اللاهوائي للميثان. ما يشبه كثيراً النقلة في المطامر الصحية التي شهدتها الدول المتقدمة بين العامين ١٩٥٠ و١٩٧٠. ويمكن التخفيف من إنبعاثات الميثان المتزايدة من خلال تسريع إدخال طرق مُهندسة لإستعادة الغاز تدعمها آليات كيوتو، كآلية التنمية النظيفة والنشاطات المشتركة التنفيذ. وبلغت مشاريع إستعادة غازات المطامر إبتداءً من أواخر أكتوبر / تشرين الأول ٢٠٠٦ نسبة ١٢٪ من المعدّل السنوي لوحدات الخفض المعتمد للإنبعاثات بموجب آلية التنمية

النظيفة. كما أنه من الممكن تطبيق إستراتيجيات إعادة التدوير والكبس لإدارة النفايات في الدول النامية، إذ بإمكان الكبس أن يؤمن بديلاً مقبول الكلفة ومستداماً للمطامر المهندسة، خاصة عندما يتم تطبيق إستراتيجيات مبنية على حجم يد عاملة أكبر وتكنولوجيا أقل في التدفقات المختارة للنفايات المتحللة أحيائياً (توافق عالٍ، أدلة متوسطة) [١٠,٣].

تقوم مبادرات إعادة التدوير وإعادة الإستخدام وتقليص النفايات إلى حدّها الأدنى، بالحدّ بشكل غير مباشر من إنبعاثات غازات الدفيئة من خلال خفضها لحجم المطامر المطلوبة. وتقوم الدول النامية بموجب تشريعاتها وسياساتها وأسواقها وأولوياتها الإقتصادية ومعوقاتها المحلية بتطبيق تطبيقاً متزايداً معدّلات إعادة تدوير أعلى بهدف الحفاظ على مواردها وعلى إستخدام الوقود الأحفوري خارج الموقع وتجنّب توليد غازات الدفيئة. ولا يمكن حالياً إحتساب معدّلات إعادة التدوير إحتساباً كمياً بسبب التحديدات وخطوط الأساس المختلفة. لكن تم تحقيق أكثر من ٥٠٪ من التخفيضات المحلية. ويمكن توسيع عملية إعادة التدوير عملياً في العديد من الدول بهدف تحقيق التخفيضات المطلوبة. ومن خلال التحريف وأنشطة إعادة تدوير صغيرة النطاق، بإمكان من يكسب عيشه من إدارة لامركزية للنفايات أن يحدّ بشكل ملموس كمية النفايات التي تحتاج إلى حلول مركزية. وتشير الدراسات إلى قدرة نشاطات إعادة التدوير التي تحتاج إلى تكنولوجيات محدودة، على توليد عمالة هامة من خلال التمويل البالغ الصغر وإستثمارات أخرى صغيرة النطاق.

أما التحدي فيكمن في تأمين ظروف عمل أكثر سلامة وصحة، خلافاً للظروف التي تحكم حالياً عاملي الكسح في مكبّات النفايات غير المراقبة (توافق متوسط، أدلة متوسطة) [١٠,٣]. أما بالنسبة إلى المياه المستعملة فلا يملك إلا ٦٠٪ من سكان العالم تغطية صرف صحي (المجارير). وقام حوالي ٩٠٪ من السكان في الدول المتقدمة وأقل من ٣٠٪ من سكان الدول النامية بتحسين نظام الصرف الصحي لإدارة المياه المستعملة (بما في ذلك المجارير وإدارة المياه المستعملة وخزانات التحليل أو المراحيض). كما أن التخفيف من غازات الدفيئة وإدارة المياه المستعملة والصرف الصحي ساهمت في تأمين عدد واسع من المنافع المشتركة البيئية والصحية (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٠,٢، ١٠,٣].

ويظهر عائقان أساسيان أمام التنمية المستدامة في الدول النامية في إدارة النفايات والمياه المستعملة، وهما غياب الموارد المالية والنقص في إختيار التكنولوجيا المستدامة فعلاً والملائمة لعمليات محددة. فالتحدي كبير ومكلف على مستوى جمع النفايات والمياه المستعملة ونقلها وإعادة تدويرها ومعالجتها وإدارة مخلّفاتها، في العديد من الدول النامية. إلا أن إرساء بنية تحتية مستدامة لإدارة المياه المستعملة والنفايات يأتي بمنافع مشتركة عديدة تساهم في تطبيق الأهداف الإنمائية للألفية من خلال تحسين قطاع الصحة العامة والحفاظ على الموارد المائية والحدّ من المخلّفات غير المعالجة في الهواء وعلى سطح المياه وفي الأراضي الجوفية والتربة والمناطق الساحلية (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٠,٤].

توجّهات الإنبعاثات

مع بلوغ الإنبعاثات في العام ٢٠٠٥ حوالي ١٣٠٠ طن متري من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة، يساهم قطاع النفايات بحوالي ٢٪ – ٣٪ من مجموع إنبعاثات غازات الدفيئة في الدول المدرجة في المرفق الأول والدول التي يمرّ إقتصادها بمرحلة إنتقالية، وبحوالي ٤٪ – ٥٪ في الدول غير المدرجة في المرفق الأول (أنظر الجدول ١٣ في الملخّص الفني). وتشير إسقاطات «العمل المعتاد» (BAU) بالنسبة إلى الفترة الممتدة ما بين العامين ٢٠٠٥ و٢٠٢٠ إلى أن الميثان الناتج عن النفايات سيبقى المصدر الأكبر للإنبعاثات مشكّلاً حوالي ٥٥٪ – ٦٠٪ من مجموع الإنبعاثات. وتشهد إنبعاثات الميثان إستقراراً أو إنخفاضاً في العديد من الدول المتقدمة بفضل زيادة إستعادة غازات النفايات وتحريف مطامر النفايات، وذلك من خلال إعادة التدوير وتقليص النفايات إلى حدّها الأقصى وإعتماد إستراتيجيات إدارة بديلة للنفايات الحرارية والأحيائية. إلا أن إنبعاثات الميثان ترتفع في الدول النامية بسبب كميات أكبر من نفايات البلديات الصلبة الناتجة عن زيادة سكان المدن والتنمية الإقتصادية وإلى إستبدال الحرق في الهواء الطلق والتخلص من النفايات في مكبّات مهندسة. ويتوقّع من دون أية قياسات إضافية، أن تزداد إنبعاثات الميثان بحوالى ٥٠٪ من العام ٢٠٠٥ إلى العام ٢٠٢٠ خاصة في الدول غير المدرجة في المرفق الأول. كما تزداد إنبعاثات الميثان وثاني أكسيد النيتروز الناتجة عن المياه المستعملة في الدول النامية بشكل سريع بسبب التمدّن المتزايد والزيادة الديمغرافية. ونظراً إلى أن إنبعاثات المياه المستعملة في الجدول ١٣ في الملخّص الفني مستندة إلى المجارير البشرية فقط وأنها غير متوفّرة في كافة الدول النامية، فقد تم التقليل من حجم تلك الإنبعاثات (توافق عالٍ، أدلة متوسطة) [١٠,١، ١٠,٢، ١٠,٣، ١٠,٤].

وصف وتقييم تكنولوجيات التخفيف وممارساته والخيارات والإمكانيات والكلفة والإستدامة

بإمكان تكنولوجيات إدارة النفايات المتوفّرة أن تخفف بشكل فاعل إنبعاثات غازات الدفيئة التي يطلقها ذلك القطاع – عدد واسع من

الجدول ١٣ في الملخّص التنفيذي: توجّهات إنبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن النفايات بإستعمال التوجيهات التابعة لجردة إتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ والإستقراء الخارجي ومشروعات إسقاطات العمل المعتاد. (طن متري من ثاني أكسيد الكربون المكافئ، رقم مدوّر) [الجدول ١٠,٣].

المصدر	١٩٩٠	١٩٩٥	٢٠٠٠	٢٠٠٥	٢٠١٠	٢٠١٥	٢٠٢٠	ملاحظات
ميثان النفايات	٥٥٠	٥٨٥	٥٩٠	٦٣٥	٧٠٠	٧٩٥	٩١٠	متوسط الإنبعاث بإستعمال توجيهات ١٩٩٦ / ٢٠٠٦
ميثان المياه المستعملة[أ]	٤٥٠	٤٩٠	٥٢٠	٥٩٠	٦٠٠	٦٣٠	٦٧٠	توجيهات ١٩٩٦
أكسيد النيتروز الناتج عن المياه المستعملة[أ]	٨٠	٩٠	٩٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	توجيهات ١٩٩٦
ثاني أكسيد الكربون الناتج عن الحرق	٤٠	٤٠	٥٠	٥٠	٥٠	٦٠	٦٠	توجيهات ٢٠٠٦
المجموع	١١٢٠	١٢٠٥	١٢٥٠	١٣٧٥	١٤٥٠	١٥٨٥	١٧٤٠	

ملاحظة:

[أ] قد تم التقليل من حجم إنبعاثات المياه المستعملة – راجع النص.

إستراتيجيات محسّنة وفاعلة بيئياً متوفّر ومسوّق للتخفيف من الإنبعاثات وتأمين المنافع المشتركة لتحسين قطاع الصحة العامة والسلامة وحماية التربة ومنع التلوّث وتأمين الإمداد المحلي للطاقة. وبإمكان التكنولوجيات تلك، مجتمعةً، أن تحدّ مباشرة من إنبعاثات غازات الدفيئة (من خلال إستعادة ميثان مطامر النفايات وإستخدامه، وتحسين ممارسات إدارة المطامر، والإدارة المهندسة للمياه المستعملة، وإستعمال هاضم الغاز الأحيائي اللاهوائي) أو أن تسمح بتجنّب توليد كبير لغازات الدفيئة (من خلال مراقبة تحويل النفايات العضوية إلى سماد، وحرق النفايات كما هي، وتوسيع نطاق إمدادات الصرف الصحي). كما يشكّل تقليص النفايات إلى حدّها الأدنى وإعادة التدوير وإعادة الإستخدام إمكانية متزايدة في تقليص مباشر لإنبعاثات غازات الدفيئة من خلال الحفاظ على المواد الخام وتحسين كفاءة الطاقة والموارد وتجنّب إستخدام الوقود الأحفوري. وفي الدول النامية، تعزز إدارة نفايات مسؤولة بيئياً وذات المستوى المطلوب من التكنولوجيا، التنمية المستدامة وتحسّن مستوى الصحة العامة (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٠,٤].

حصل تقليل من أهمية قطاع النفايات في الحدّ من إنبعاثات غازات الدفيئة العالمية نظراً إلى إتخاذ قرارات إدارة النفايات في أغلب الأحيان على المستوى المحلي من دون قياس كمّي للتخفيف المشترك من غازات الدفيئة (توافق عالٍ، أدلة متوسطة) [١٠,١، ١٠,٤]. ويمكن للإستراتيجيات الليّنة والمحفّزات المالية أن توسّع نطاق إدارة النفايات لتحقيق أهداف التخفيف من غازات الدفيئة – ففي إطار الإدارة المتكاملة للنفايات ترتبط القرارات المحلية المتعلّقة بالتكنولوجيا المطلوب إعتمادها بالعديد من المتغيّرات التنافسية، بما في ذلك كمية النفايات وخصائصها ومسائل الكلفة والتمويل والمعوقات التنظيمية ومتطلّبات البنية التحتية، فضلاً عن الأراضي المتوفّرة والمسائل المتعلّقة بالتجميع والنقل. ويمكن لتقييم دورة الحياة تأمين أدوات تدعم أخذ القرارات (توافق عالٍ، أدلة متوفّرة) [١٠,٤].

وتتقلص إنبعاثات الميثان الناتج عن النفايات مباشرةً من خلال الإستخراج المهندس للغاز وأنظمة الإستعادة المتألفة من آبار عمودية و / أو مجمَّعات أفقية. كما تلغي غازات المطامر إستخدام أنواع الوقود الأحفوري المختلفة في عملية التدفئة لأغراض صناعية أو تجارية، فضلاً عن التوليد المكاني للكهرباء أو إستعمال النفايات كمواد خام لوقود الغاز الطبيعي التركيبي.

وإزدهرت الإستعادة التجارية لميثان المطامر منذ العام ١٩٧٥ مع إستخدام موثّق في سنة ٢٠٠٣ من قبل ١١٥٠ محطة إستعادة لقيمة ١٠٥ طنّاً متريّاً من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / السنة. ونظراً إلى تعدد المشاريع التي تحرق الغاز من دون إستخدامه، تُقدّر كمية مجمل الإستعادة بضعف ذلك الرقم على الأقل (توافق عالٍ، أدلة متوسطة) [١٠,١، ١٠,٤]. ويشير إرتداد خطيّ يستخدم بيانات تاريخية من أوائل الثمانينيات حتى العام ٢٠٠٣، إلى نمو إقتصادي لإستخدام ميثان المطامر بلغ حوالي ٥٪ في السنة الواحدة. وإلى جانب إستعادة غازات المطامر، يبدو أنه كلما نمت «الأغطية الأحيائية» التابعة للمطامر وزاد إستعمالها، إستطاعت تأمين كلفة إضافية أدنى، وإنخفضت الإستراتيجية الأحيائية للتخفيف من الإنبعاثات إثر أكسدة الميكروبات اللاهوائية في تربة المطامر – الأغطية (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٠,٤].

يؤمن الحرق والإحتراق الصناعي المشترك للنفايات بهدف توليد الطاقة مصدر هاماً للطاقة المتجددة ويلغي إستعمال الوقود الأحفوري في أكثر من ٦٠٠ محطة في العالم، مع إطلاق محدود لإنبعاثات غازات الدفيئة بالمقارنة

الجدول ١٤ في الملخّص الفني: نطاقات إمكانية التخفيف الإقتصادية لإنبعاثات ميثان المطامر بفئات الكلفة المختلفة في العام ٢٠٣٠، أنظر الملاحظات [جدول ١٠,٥].

المنطقة	الإنبعاثات المسقطة للعام ٢٠٣٠ (طن متري من ثاني أكسيد الكربون المكافئ)	مجمل إمكانية التخفيف الإقتصادية بأقل من <١٠٠ دولار أميركي	إمكانية التخفيف الإقتصادية (طن متري من ثاني أكسيد الكربون المكافئ) بفئات الكلفة المختلفة (دولار أميركي / طن واحد من ثاني أكسيد الكربون المكافئ)			
			<٠	٠–٢٠	٢٠–٥٠	٥٠–١٠٠
منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٣٦٠	١٠٠–٢٠٠	١٠٠–١٢٠	٢٠–١٠٠	٠–٧	١
حالات الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية	١٨٠	١٠٠	٣٠–٦٠	٢٠–٨٠	٥	١–١٠
دول غير أعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي	٩٦٠	٢٠٠–٧٠٠	٢٠٠–٣٠٠	٣٠–١٠٠	٠–٢٠٠	٠–٧٠
المجموع العالمي	١٥٠٠	٤٠٠–١٠٠٠	٣٠٠–٥٠٠	٧٠–٣٠٠	٥–٢٠٠	١٠–٧٠

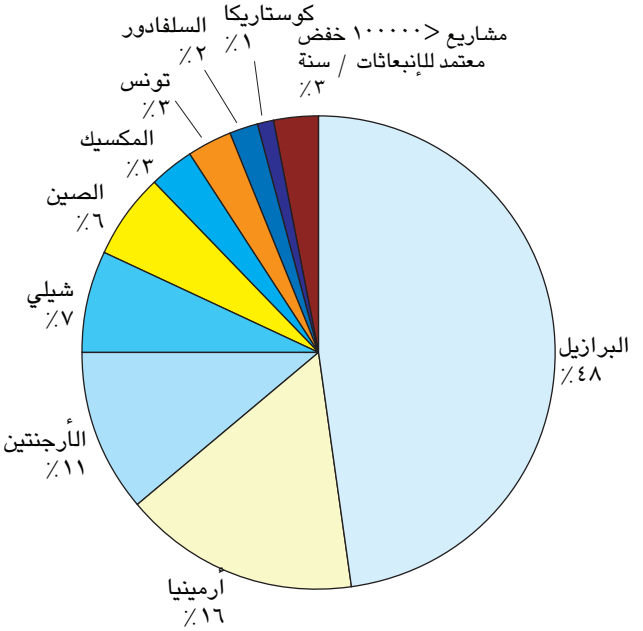
ملاحظات:
١. لا تتوفّر أرقام حول كلفة التخفيف من المياه المستعملة وإمكانياته.
٢. إن الأرقام الإقليمية هي أرقام مدوّرة للإشارة إلى عدم اليقين في التقديرات، وقد لا تساوي أرقام المجموع العالمي.
٣. لم يؤخذ بتنحية أيونات الكربون.
٤. يؤثّر توقيت إجراءات الحدّ من مطامر النفايات على إمكانية التخفيف للعام ٢٠٣٠. وتشير الحدود العليا إلى أن المطامر في السنوات المقبلة لن تشكّل أكثر من ١٥٪ من النفايات المنتجة عالمياً. أما الحدود الدُنيا فتعكس توقيتاً أكثر واقعية لتطبيق الإجراءات الهادفة إلى الحدّ من المطامر.

مع عملية طمر النفايات. وتبيّن أن العمليات الحرارية ذات مراقبة أكثر تقدّماً للإنبعاثاتتكون أكثر كلفة بالمقارنة مع مطامر إستعادة الغازات (توافق عالٍ، أدلة متوسطة) [١٠,٤].

ويمكن للعمليات الأحيائية المراقبة أن تؤمن إستراتيجيات هامة للتخفيف من غازات الدفيئة، على أن يتم إستعمال تدفّقات للنفايات منفصلة المصادر. ويسمح تحويل النفايات إلى سماد بتجنّب توليد غازات الدفيئة، ويشكّل الإستراتيجية الملائمة في العديد من الدول النامية والمتقدمة، كعملية منفصلة أو كجزء من علاج آلي أحيائي. ومارس العديد من الدول النامية، خاصةً الصين والهند، عملية الهضم اللاهوائية المبنية على إستخدام محدود للتكنولوجيا منذ عقود. ونظراً إلى عدم إستدامة محطات الحرق وتصنيع السماد العاملة على تكنولوجيات أعلى في عدد من الدول النامية، يمكن القيام بعملية تصنيع السماد أو الهضم اللاهوائي بتكنولوجيا أدنى لتأمين حلول مستدامة لإدارة النفايات (توافق عالٍ، أدلة متوسطة) [١٠,٤].

وفي العام ٢٠٠٣، تراوح إجمالي الإمكانية الإقتصادية للحدّ من إنبعاثات الميثان الناتج عن نفايات المطامر بكلفة أقل من ٢٠ دولاراً أميركياً / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ بين ٤٠٠ و٨٠٠ طن متري من ثاني أكسيد الكربون المكافئ، ومن هذا المجموع، أتت كمية ٣٠٠ – ٥٠٠ طن متري من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / السنة بكلفة سلبية (الجدول ١٤ في الملخّص الفني). أما على المستوى الطويل الأمد، وإذا إستمرّت أسعار الطاقة في الإرتفاع، فستحصل تغيّرات أعمق في إستراتيجيات إدارة النفايات المعنية بالطاقة وبإستعادة المواد في الدول النامية والمتقدمة. وتصبح عمليات الحرارة الأعلى كلفة من طمر النفايات، أكثر إستدامةً مع إرتفاع أسعار الطاقة. ونظراً إلى إستمرار المطامر في إطلاق الميثان منذ عقود طويلة، تعتبر العمليتان الحرارية والأحيائية متكاملتان في زيادة إستعادة غازات المطامر على فترات أقصر زمنياً (توافق عالٍ، أدلة محدودة) [١٠,٤].

أما المياه المستعملة فيمكن للمستويات المتزايدة من خدمات الصرف الصحي المحسّنة في الدول النامية أن تؤمن منافع عديدة لجهة التخفيف من إنبعاثات غازات الدفيئة، والصحة العامة المحسّنة، والحفاظ على الموارد المائية، والحدّ من المخلّفات غير المعالجة في الماء أو التربة. وتاريخياً، ركّزت خدمات الصرف الصحي في مدن الدول النامية على المجارير المتمركزة وعلى مصانع معالجة المياه العادمة، وهي مكلفة جداً بالنسبة إلى المناطق الريفية، وبكثافة سكانية متدنية، وقد لا تكون عمليةً قابلة للتطبيق في ضواحي المدن السريعة النمو ذات كثافة سكانية عالية. وتبيّن أنه يمكن توسيع نطاق تغطية خدمات الصرف الصحي بنجاح عند الجمع ما بين التكنولوجيا المنخفضة الكلفة وبين الجهود المكثّفة على مستوى المجتمع، بهدف الوصول إلى القبول والمشاركة والإدارة. كما تشكّل المياه المستعملة المورد الثاني من الموارد المائية في الدول التي تعاني من نقص في المياه، ويمكن لإعادة الإستخدام وإعادة التدوير أن يساعدا العديد من الدول النامية والمتقدّمة التي تعرف إمدادات مائية غير منتظمة. وتشجّع تلك الإجراءات مصانع معالجة المياه المستعملة الصغيرة، ذات تحميل صغير من المغذيات، وإنبعاثات أدنى نسبياً لغازات



الرسم ٢٥ في الملخّص الفني: توزيع مشاريع آلية التنمية النظيفة المتعلّقة بغاز المطامر، بناءً على المتوسط السنوي للخفض المعتمد للإنبعاثات في المشاريع المسجّلة أواخر أكتوبر / تشرين الأول ٢٠٠٦. [الرسم ١٠,٩].
ملاحظة:
يضم ١١ طنّاً متريّاً من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة لميثان المطامر من أصل ٩١ طنّاً متريّاً من ثاني أكسيد الكربون / سنة. وتتواجد المشاريع <١٠٠٠٠٠ خفض معتمد للإنبعاثات / سنة في إسرائيل وبوليفيا وبنغلادش وماليزيا.

الدفيئة. ولا تتوفّر حالياً تقديرات حول تكاليف التخفيف من المياه المستعملة وإمكانياته (توافق عالٍ، أدلة محدودة) [١٠,٤].

الكفاءة والخبرة في مجال السياسات والإمكانيات والحواجز والفرص / التطبيق المتعلّقة بالمناخ

نظراً إلى أن ميثان المطامر هو الغاز المسيطر على غازات الدفيئة في هذا القطاع، تعتبر الإستراتيجية الأساسية تطبيق المعايير التي تشجّع أو توكل بإستعادة ميثان المطامر. وإزدادت إستعادة ميثان المطامر في الدول المتقدمة نتيجة الإجراءات التنظيمية المباشرة التي تتطلّب إلتقاط غاز المطامر وتدابير طوعية تضمّ التداول بتراخيص إنبعاثات غازات الدفيئة والمحفّزات المالية (بما في ذلك الضرائب) للطاقة المتجدة أو للطاقة «الخضراء». أما في الدول النامية فمن المتوقّع أن تزداد إستعادة ميثان المطامر خلال العقدين المقبلين، مع إدخال مراقبة طمر النفايات على أنها الإستراتيجية الفضلى للتخلّص من النفايات. وسبق أن برهنت النشاطات المشتركة التنفيذ وآلية التنمية النظيفة فائدتهما كآليات إستثمار خارجي بالنسبة إلى الدول المتقدّمة، خاصة في مشاريع إستعادة أحد غازات المطامر حيث تشكّل قلّة الموارد المالية العائق الأكبر. أما الفوائد فتأتي على مستويين: إنبعاثات منخفضة مع فوائد الطاقة من ميثان المطامر، وتحسين تصميم المطامر والعمليات ذات الصلة. وحالياً (أواخر أكتوبر / تشرين الأول ٢٠٠٦)، وبموجب آلية التنمية النظيفة، يشكّل المتوسط السنوي للخفض المعتمد للإنبعاثات في ٣٣ مشروعَ إستعادةٍ لغاز المطامر، حوالي ١٢٪ من المجموع. وتتمركز معظم تلك المشاريع (الرسم ٢٥ في الملخّص الفني) في دول أميركا اللاتينية (٧٢٪ من الخفض المعتمد لإنبعاثات غازات المطامر)، ويجتمع عدد كبير منها في البرازيل (تسعة مشاريع، ٤٨٪ من الخفض المعتمد للإنبعاثات) (توافق عالٍ، أدلة متوسطة) [١٠,٤].

في الإتحاد الأوروبي، تُفوّض إستعادة غاز المطامر في المواقع الموجودة، بينما يوشك إتمام التوقّف عن طمر النفايات العضوية بواسطة التوجيه المتعلّق بمطامر النفايات (EC/٣١/١٩٩٩) الذي يطلب الحدّ من النفايات العضوية القابلة للتحلل الأحيائي التي يتم طمرها سنوياً بنسبة ٦٥٪ مقارنة مع العام ١٩٩٥، وذلك بحلول العام ٢٠١٦. ما يؤدي إلى تحريف نفايات ما بعد الإستهلاك نحو الحرق والمعالجة الآلية الأحيائية قبل الطمر لكي تتم إستعادة ما هو قابل لإعادة التدوير ويتم الحدّ من محتوى الكربون العضوي. وفي العام ٢٠٠٢، ولّدت مصانع تحويل النفايات إلى طاقة حوالي ٤٠ مليون جيغا جول من الطاقة الكهربائية، و١١٠ مليون جيغا جول من الطاقة الحرارية، بينما إنخفضت إنبعاثات ميثان المطامر في الإتحاد الأوروبي بنسبة ٣٠٪ بين العامين ١٩٩٠ و٢٠٠٢، بفضل التوجيه المذكور والتشريع الوطني ذي الصلة (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٠,٤، ١٠,٥].

السياسات غير المناخية المتكاملة المؤثرة على إنبعاثات غازات الدفيئة: التخفيف من غازات الدفيئة كمنفعة مشتركة للسياسات والتشريعات المعنية بالنفايات، ودور التنمية المستدامة.

غالباً ما لا يشكّل التخفيف القوة الدافعة الأولى، ولكنه يكون بحد ذاته منفعةً مشتركة في قطاع النفايات بين السياسات والتدابير التي تحاول تحقيق أهداف بيئية واسعة، وتشجّع إستعادة الطاقة من النفايات، وتحدّ من إستخدام المواد ذات الإستعمال الأول ومن الخيارات المولّدة للنفايات، وتعزز إعادة تدوير النفايات وإعادة إستخدامها، وتشجّع الحدّ من النفايات إلى مستواها الأدنى. وتقوم السياسات والتدابير الهادفة إلى تعزيز إعادة تدوير النفايات وإعادة إستخدامها للحدّ بطريقة غير مباشرة من إنبعاثات غازات الدفيئة. وتضم تلك التدابير مسؤولية المنتج الموسّعة (EPR)، وتسعير الوحدة (أو مبدأ «إدفع وأنت تكبّ»)، والضرائب على المطامر. أما التدابير الأخرى فتضم الجمع الجماعي والإنتقائي للمواد القابلة لإعاداة التدوير، في ظل نظامي الضرائب على المطامر وتسعير الوحدات.

وتشجّع بعض الدول الآسيوية «الإقتصاد الدائري» أو «المجتمع الفاعل من حيث دورة المواد» كإستراتيجية تنموية جديدة مبنية بشكل أساسي على التدفّق الدائري (مغلق) للمواد، وعلى إستخدام المواد الأولية والطاقة على مراحل متعددة. ونظراً إلى كمية البيانات المحدودة وخطوط الأساس المختلفة وظروف إقليمية أخرى، من المستحيل حالياً تحديد كمية الفاعلية العالمية لتلك الإستراتيجيات في الحدّ من إنبعاثات غازات الدفيئة (توافق متوسط، أدلة متوسطة) [١٠,٥].

وفي العديد من الدول، تندمج سياسات إدارة المياه المستعملة والنفايات إندماجاً وثيقاً ضمن السياسات البيئية والتشريعات المتعلقة بنوعية الهواء والمياه والتربة، فضلاً عن مبادرات الطاقة المتجددة. وتضم برامج الطاقة المتجددة متطلّبات لتوليد الكهرباء من مصادر متجددة وتفوّض على شراء الطاقة من مصادر مزوّدة متجددة وصغيرة، وإستخدام قروض الطاقة المتجددة الضريبية، ومبادرة الطاقة الخضراء، ما يتيح أمام المستهلك إمكانية إختيار مصادر مزوّدة متجددة. وبشكل عام، بإمكان تحقيق اللامركزية في القدرة على توليد الطاقة الكهربائية بواسطة مواد قابلة للتجدد أن يؤمن محفّزات قوية لتوليد الطاقة من ميثان المطامر وللعمليات الحرارية في تحويل النفايات إلى طاقة (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٠,٥].

على الرغم من تشكّل معظم الأدوات السياسية في قطاع إدارة النفايات من التشريعات، هناك أيضاً التدابير الإقتصادية في عدد من الدول التي تهدف إلى تشجيع تكنولوجيات معينة لإدارة النفايات، وتشجيع إعادة التدوير والحدّ من النفايات إلى أدنى المستويات. وتضم إعانات لإستخدام المحارق أو إعفاءات ضريبية لتحويل النفايات إلى طاقة. ويمكن للعمليات الحرارية أن تستغل بشكل فاعل جداً نفايات ما بعد الإستهلاك من أجل الطاقة، لكنها تحتاج إلى مراقبة الإنبعاثات بهدف الحدّ من إنبعاثات ملوّثات الهواء الثانوية. وقام العديد من الدول بإعتماد مبدأ تقديم الإعانات مقابل بناء منشآت حرق، وغالباً ما إرتبط ذلك بمقاييس كفاءة الطاقة. كما تم إعتماد الإعفاءات الضريبية عن توليد الكهرباء بواسطة محرقات النفايات، وعن التخلّص من النفايات مع إستعادة الطاقة (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٠,٥].

ومن بين المنافع المشتركة لجمع النفايات والمياه المستعملة والنقل وإعادة التدوير والمعالجة والتخلّص من المخلّفات بشكل فاعل ومستدام، نجد التخفيف من غازات الدفيئة والصحة العامة المحسّنة والحفاظ على الموارد المائية والحدّ من إطلاق ملوّثات غير معالجة في الهواء والتربة والمياه السطحية والجوفية. ونظراً إلى كثرة الأمثلة عن محطات إدارة المياه المستعملة والنفايات متروكة في الدول النامية، من الضروري التشديد على أن أحد أهم أوجه التنمية يكمن في إختيار التكنولوجيا الملائمة والقابلة للإستمرار بوجود بنية تحتية محلية محددة (توافق عالٍ، أدلة متوسطة) [١٠,٥].

البحث والتنمية والنشر في مجال التكنولوجيا

بشكل عام، يتميّز قطاع إدارة النفايات بتكنولوجيا محسّنة تتطلّب مزيداً من الإنتشار في الدول النامية. ويضم التقدّم في إطار التنمية ما يلي:

- طمر النفايات: تنمية تطبيق أنظمة معززة لجمع الغاز عند أولى مراحل الطمر، بهدف زيادة كفاءة جمع الغاز على المدى الطويل، وتعزيز تحلّل مطامر النفايات الأحيائي إلى أقصى حدوده بهدف مراقبة أفضل للعملية والتوصّل إلى فترات حياة أقصر لتحلّل النفايات، وبناء «أغطية أحيائية» للنفايات لتعزيز أكسدة الميثان الجرثومية والمركّبات العضوية الطائرة غير الميثانية إلى أقصى الحدود، بهدف تقليص الإنبعاثات إلى أدنى حدودها.
- العمليات الأحيائية: بالنسبة إلى الدول النامية، يعني إستخدام أقل للتكنولوجيا تصنيعاً مستداماً ومقبول الكلفة للسماد، وإستراتيجيات الهضم اللاهوائي للنفايات القابلة للتحلّل الأحيائي والمنفصلة المصدر.
- العمليات الحرارية: التقدّم في إستخدام تكنولوجيات تحويل النفايات إلى طاقة ما يؤدي إلى كفاءات كهربائية أعلى من تلك التي تملكها المحرقات الحالية (١٠٪ – ٢٠٪ من صافي الكفاءة الكهربائية)، وتطبيق متزايد للحرق الصناعي المشترك المستخدم في المواد الخام من أجزاء النفايات المختلفة إلى الوقود الأحفوري خارج الموقع، وتغويز وحل حراري لأجزاء النفايات المفصّلة المصدر مكمّلان بتكنولوجيا فصل محسّنة ومتدنية الكلفة لإنتاج الوقود والمواد الأولية.
- إعادة التدوير وإعادة الإستخدام والحدّ من النفايات إلى أقصى الحدود ومرحلة ما قبل المعالجة (عمليات معالجة آلية أحيائية محسّنة): إبتكارات في تكنولوجيا إعادة التدوير وتحسّن على مستوى التطبيق، ما يؤدي إلى إستعمال مخفّض لمواد الإستعمال الأول وإلى حفظ الطاقة والوقود الأحفوري خارج المواقع، وتنمية الحلول الإبتكارية ولكن المتدنية الإستخدام التكنولوجي لإعادة التدوير في الدول النامية.
- المياه المستعملة: تصاميم إيكولوجية جديدة ومتدنية الإستعمال التكنولوجي لخدمات صحية أفضل على مستوى الأسر والمجتمع المحلي الصغير، يمكن تطبيقها بشكل مستدام لتنفيذ معالجة صغيرة النطاق وفاعلة على مستوى المياه المستعملة ومن أجل الحفاظ على المياه في الدول النامية والمتقدّمة (توافق عالٍ، أدلة محدودة) [١٠,٥؛ ١٠,٦].

توقّعات طويلة الأمد والإنتقالات في الأنظمة

بهدف الحدّ من إنبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن قطاع النفايات، من الضروري الحفاظ على خيارات محلية لنطاق واسع من إستراتيجيات إدارة مستدامة ومتكاملة. كما يمكن، بفضل التخفيض الأولي في توليد النفايات من خلال إعادة التدوير وإعادة الإستخدام وتقليص النفايات إلى أقصى الحدود، الحصول على منافع ملموسة في الحفاظ على المواد الخام والطاقة. أما على المدى الطويل، ونظراً إلى إستمرار مطامر النفايات في إنتاج الميثان منذ عقود، فستبقى إستعادة غاز المطامر في المطامر الموجودة ضرورية، وإن إنتقل العديد من الدول إلى تكنولوجيا مختلفة عن الطمر، مثل الحرق والحرق الصناعي المشترك والمعالجة الآلية الأحيائية وتصنيع الأسمدة الواسع النطاق والهضم اللاهوائي. كما أن مطامر «الدعم» ستبقى عنصراً هاماً في خطط البلديات للتخلّص من النفايات الصلبة. ويؤمّن الإستثمار في إدارة أفضل للنفايات والمياه المستعملة، في الدول النامية، منافع مشتركة عالية على مستوى الصحة والسلامة العامتين، وفي حماية البيئة وتنمية البنى التحتية.

١١ التخفيف من منظار عابر للقطاعات

خيارات التخفيف عبر القطاعات

بينما تتعلّق معظم الخيارات التكنولوجية والسلوكية والسياسية المذكورة في الفصول ٤–١٠، بقطاعات خاصة، تعبر بعض التكنولوجيات والسياسات العديد من القطاعات، كإستخدام الكتلة الأحيائية والإنتقال من الوقود العالي الكربون إلى مبدأ «الغاز المؤثّر على الطاقة» في الإمدادات والنقل والصناعة والأبنية. وإلى جانب إمكانيات إستخدام التكنولوجيات العامة، تشير تلك الأمثلة كذلك إلى إمكانية التنافس على الموارد، كالتمويل ودعم البحث والتطوير [١١,٢,١].

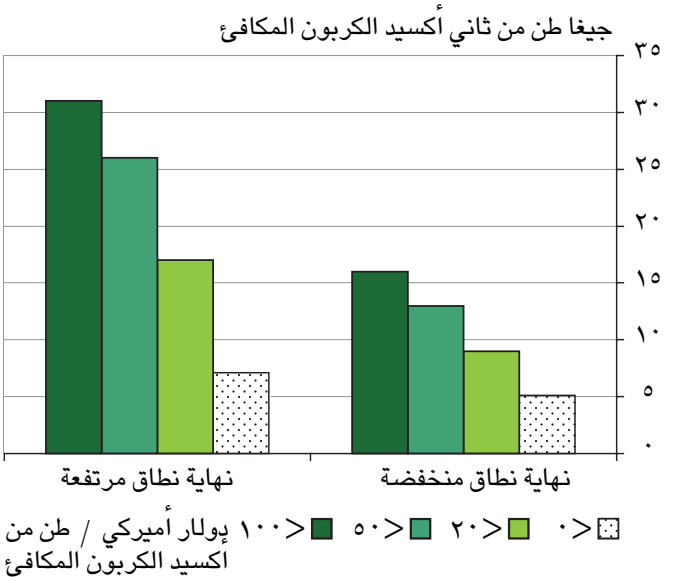
وتكمن صعوبة التجميع من الأسفل إلى الأعلى لإمكانيات التخفيف في كل قطاع، في التفاعلات والآثار العرضية بين القطاعات مع الوقت وعبر المناطق والأسواق. وتم إستخدام سلسلات من الإجراءات الرسمية لإلغاء إمكانية العدّ المزدوج، مثل الحدّ من القدرة المطلوبة في قطاع الطاقة إثر إدخار الطاقة في قطاعي الصناعة والمباني. وتظهر الحاجة إذاً إلى دمج إمكانيات القطاعات من أجل تجميع التقاييم القطاعية في الفصول ٤–١٠. ويتأثر عدم اليقين في النتائج بمسائل المقارنة بين حسابات القطاعات والإختلاف في التغطية في ما بينها (مثلاً، قطاع النقل) والتجميع بحد ذاته، حيث لا يؤخذ إلا بالتفاعلات القطاعية الأهم والمباشرة [١١,٣,١].

وتم الحصول على التقديرات من الأعلى إلى الأسفل من سيناريوهات التثبيت، أي التوجّه نحو تثبيت طويل الأمد لتركيزات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي [٣,٦].

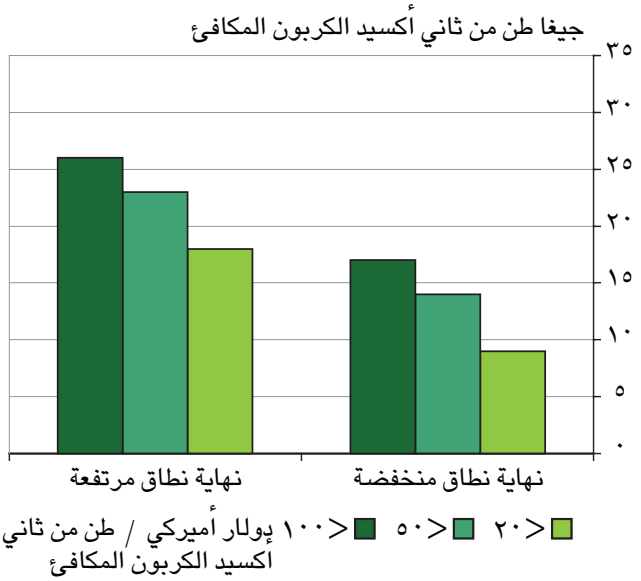
يشير الرسمان ٢٦ و٢٧ في الملخّص الفني إلى تشديد التقاييم القطاعية على إمكانيات الفرص من دون ندم في العديد من القطاعات، مع تقدير من الأسفل إلى الأعلى لكافة القطاعات بحلول العام ٢٠٣٠ بحوالي ٦ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ بتكاليف سلبية، أي صافي المنافع. وتأتي شريحة كبيرة من الخيارات من دون ندم في قطاع المباني. أما مجموع الخيارات المتدنية الكلفة من الأسفل إلى الأعلى (خيارات من دون ندم وخيارات أخرى بكلفة أقل من ٢٠ دولاراً أميركياً / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ) فيبلغ حوالي ١٣ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ (تتم في ما يلي مناقشة النطاقات). وهناك إمكانيات إضافية من الأسفل إلى الأعلى بحوالي ٦–٤ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ بكلفة إضافية أقل من ٥٠ – ١٠٠ دولار أميركي / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ على التوالي (توافق متوسط، أدلة متوسطة) [١١,٣,١].

وإلى جانب الخصائص المذكورة أعلاه، تملك التقديرات خصائص أخرى. أولاً، في التقديرات من الأسفل إلى الأعلى، تُستثنى مجموعة من خيارات الحدّ من الإنبعاثات، معظمها للتوليد المشترك، وأجزاء من خيارات قطاع النقل والخيارات غير الفنية كالتغييرات في السلوك، وذلك لأن الكتابات المتوفّرة لا تسمح بإجراء تقييم يُستند عليه. لذا، يُقدّر أنه تم التقليل من تقدير الخيارات من الأسفل إلى الأعلى بنسبة ١٠٪ – ١٥٪. ثانياً، تعرض الفصول عدداً من المسائل الحسّاسة التي لم يتمّ تحديدها كمياً حتى الآن، وتتعلّق بأسعار الطاقة ومعدلات الخصم وإرتفاع النتائج الإقليمية في خيارات الزراعة والحراجة. ثالثاً، تقل التقديرات في العديد من الدول التي يمرّ إقتصادها بمرحلة إنتقالية، وفي منطقة عدد كبير من دولها ليس من منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي أو يمرّ إقتصاده بمرحلة إنتقالية [١١,٣,١].

بفضل توفّر معلومات أكثر في الكتابات الأخيرة، نجد أن تقديرات الإمكانيات بأسعار كربون أقل من ٢٠ دولاراً أميركياً / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ هي أدنى من تقديرات تقرير التقييم الثالث من الأسفل إلى الأعلى التي تم تقييمها لأسعار كربون أقل من ٢٧ دولاراً أميركياً / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ (توافق عالٍ، أدلة وافية).



الرسم ٢٦ أ في الملخّص الفني: إمكانية التخفيف العالمية الإقتصادية في العام ٢٠٣٠ مقدّرة بالإستناد إلى دراسات من الأسفل إلى الأعلى. بيانات من الجدول ١٥ في الملخّص الفني[الرسم ١١,٣].



الرسم ٢٦ ب في الملخّص الفني: إمكانية التخفيف العالمية الإقتصادية في العام ٢٠٣٠ مقدّرة بالإستناد إلى دراسات من الأعلى إلى الأسفل. بيانات من الجدول ١٥ في الملخّص الفني [الرسم ١١,٣].

يشير الجدولان ١٦ و١٧ في الملخّص الفني إلى أنه تمكن المقارنة بين مجمل الإمكانيات من الأسفل إلى الأعلى وبين نتائج العام ٢٠٣٠ من نماذج الأعلى إلى الأسفل، كما جاء في الفصل ٣.

أما على مستوى القطاعات فالإختلافات تتوسّع بين النتائج من الأعلى إلى الأسفل ومن الأسفل إلى الأعلى، ويعود سبب ذلك بشكل أساسي إلى إختلاف التحديدات المتعلّقة بالقطاع في النماذج من الأعلى إلى الأسفل عن التقاييم من الأسفل إلى الأعلى (الجدول ١٧ في الملخّص الفني). ورغم الإختلاف البسيط المفترض في خطوط الأساس بين التقييم من الأعلى إلى الأسفل ومن الأسفل إلى الأعلى، تتقارب النتائج كفاية لتأمين تقدير قوي لمجمل إمكانية التخفيف الإقتصادية بحلول العام ٢٠٣٠. وتساوي إمكانية التخفيف بأسعار كربون

الجدول ١٥ في الملخّص الفني: إمكانية التخفيف العالمية الإقتصادية في العام ٢٠٣٠ مُقدّرة بحسب الدراسات من الأسفل إلى الأعلى.

سعر الكربون (دولار أميركي / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ)	الإمكانية الإقتصادية (جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة)	الإنخفاض نسبةً إلى أ١ب من التقرير الخاص بسيناريوهات الإنبعاثات (٦٨ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة) (٪)	الإنخفاض نسبةً إلى ب٢ من التقرير الخاص بسيناريوهات الإنبعاثات (٤٩ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة) (٪)
٠	٧–٥	١٠–٧	١٤–١٠
٢٠	١٧–٩	٢٥–١٤	٣٥–١٩
٥٠	٢٦–١٣	٣٨–٢٠	٥٢–٢٧
١٠٠	٣١–١٦	٤٦–٢٣	٦٣–٣٢

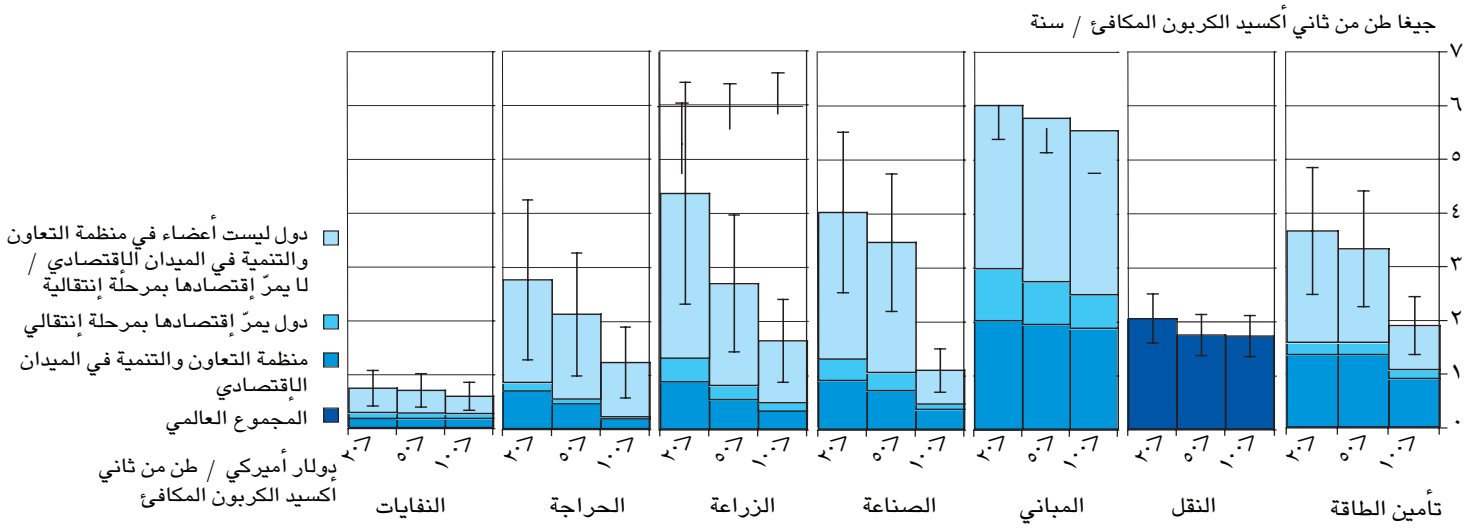
الجدول ١٦ في الملخّص الفني: إمكانية التخفيف العالمية الإقتصادية في العام ٢٠٣٠ مُقدّرة بحسب الدراسات من الأعلى إلى الأسفل.

سعر الكربون (دولار أميركي / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ)	الإمكانية الإقتصادية (جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة)	الإنخفاض نسبةً إلى أ١ب من التقرير الخاص بسيناريوهات الإنبعاثات (٦٨ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة) (٪)	الإنخفاض نسبةً إلى ب٢ من التقرير الخاص بسيناريوهات الإنبعاثات (٤٩ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة) (٪)
٢٠	١٨–٩	٢٧–١٣	٣٧–١٨
٥٠	٢٣–١٤	٣٤–٢١	٤٧–٢٩
١٠٠	٢٦–١٧	٣٨–٢٥	٥٣–٣٥

الجدول ١٧ في الملخّص الفني: الإمكانية الإقتصادية للتخفيف القطاعي بحلول العام ٢٠٣٠: مقارنة بين التقديرات من الأسفل إلى الأعلى (من الجدول ١١,٣) وبين التقديرات من الأعلى إلى الأسفل (من القسم ٣,٦) [الجدول ١١,٥].

فصل التقرير	القطاعات	الإمكانية المبنية على قطاع (من الأسفل إلى الأعلى) بحلول العام ٢٠٣٠ (جيغا طن من ثاني اكسيد الكربون المكافئ / سنة)				صورة عن التخفيف بحلول العام ٢٠٣٠ بالإستناد إلى نموذج مبني على الإقتصاد (جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ / سنة)	
		تخصيص قطاع الإستخدام النهائي (تخصيص الإدخار من الكهرباء لقطاعات الإستخدام النهائي)		تخصيص نقاط الإنبعاثات (تخفيضات الإنبعاثات من إدّخار كهرباء الإستخدام النهائي مخصصة لقطاع الإمدادات بالطاقة)			
		سعر الكربون <٢٠ دولاراً أميركياً / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ					
		متدنٍ	عالٍ	متدنٍ	عالٍ	متدنٍ	عالٍ
٤	تأمين الطاقة وتحويلها	١,٢	٢,٤	٤,٤	٦,٤	٣,٩	٩,٧
٥	النقل	١,٣	٢,١	١,٣	٢,١	٠,١	١,٦
٦	المباني	٤,٩	٦,١	١,٩	٢,٣	٠,٣	١,١
٧	الصناعة	٠,٧	١,٥	٠,٥	١,٣	١,٢	٣,٢
٨	الزراعة	٠,٣	٢,٤	٠,٣	٢,٤	٦..٠	١,٢
٩	الحراجة	٠,٦	١,٩	٠,٦	١,٩	٠,٢	٠,٨
١٠	النفايات	٠,٣	٠,٨	٠,٣	٠,٨	٠,٧	٠,٩
١١	المجموع	٩,٣	١٧,١	٩,١	١٧,٩	٨,٧	١٧,٩
		سعر الكربون <٥٠ دولاراً أميركياً / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ					
٤	تأمين الطاقة وتحويلها	٢,٢	٤,٢	٥,٦	٨,٤	٦,٧	١٢,٤
٥	النقل	١,٥	٢,٣	١,٥	٢,٣	٠,٥	١,٩
6	المباني	٤,٩	٦,١	١,٩	٢,٣	٠,٤	١,٣
٧	الصناعة	٢,٢	٤,٧	١,٦	٤,٥	٢,٢	٤,٣
٨	الزراعة	١,٤	٣,٩	١,٤	٣,٩	٠,٨	١,٤
٩	الحراجة	١,٠	٣,٢	١,٠	٣,٢	٠,٢	٠,٨
١٠	النفايات	٠,٤	١,٠	٠,٤	١,٠	٠,٨	١,٠
١١	المجموع	١٣,٣	٢٥,٧	١٣,٢	٢٥,٨	١٣,٧	٢٢,٦
		سعر الكربون <١٠٠ دولاراً أميركياً / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ					
٤	تأمين الطاقة وتحويلها	٢,٤	٤,٧	٦,٣	٩,٣	٨,٧	١٤,٥
٥	النقل	١,٦	٢,٥	١,٦	٢,٥	٠,٨	٢,٥
6	المباني	٥,٤	٦,٧	٢,٣	٢,٩	٠,٦	١,٥
٧	الصناعة	٢,٥	٥,٥	١,٧	٤,٧	٣,٠	٥,٠
٨	الزراعة	٢,٣	٦,٤	٢,٣	٦,٤	٠,٩	١,٥
٩	الحراجة	١,٣	٤,٢	١,٣	٤,٢	٠,٢	٠,٨
١٠	النفايات	٠,٤	١,٠	٠,٤	١,٠	٠,٩	١,١
١١	المجموع	١٥,٨	٣١,١	١٥,٨	٣١,١	١٦,٨	٢٦,٢

المصدران: الجداول ٣,١٦ و٣,١٧ و١١,٣
أنظر الملاحظات التابعة للجداول ٣,١٦ و٣,١٧ و١١,٣ والمرفق ١١,١.



الرسم ٢٧ في الملخّص الفني: الإمكانية الإقتصادية القطاعية المقدّرة للتخفيف العالمي بالنسبة إلى مناطق مختلفة، مرتبطةً بسعر الكربون في العام ٢٠٣٠، بناءً على الدراسات من الأسفل إلى الأعلى، وبالمقارنة مع خطوط الأساس ذات الصلة المقدّرة في تقاييم القطاعات. تجدون شرحاً كاملاً للنتائج المشار إليها في الرسم في الفقرة ١١,٣.

ملاحظات:

١. تظهر الخطوط العمودية نطاقات إمكانيات الإقتصاد الشامل مثلما هي مقدّرة في كل قطاع. تستند هذه النطاقات إلى تخصيصات الإنبعاثات للإستخدام النهائي، أي أن إنبعاثات الإستخدام الكهربائي محسوبة ضمن قطاعات الإستخدام النهائي وليس ضمن قطاع الإمداد بالطاقة.

٢. إصطدمت الإمكانيات المقدّرة بحدود توفّر الدراسات، خاصةً على مستويات أسعار الكربون المرتفعة.

٣. إستخدمت القطاعات خطوط أساس مختلفة. في الصناعة، تمّ إعتماد التقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات ب٢، وفي الإمداد بالطاقة وفي النقل تمّ إعتماد آفاق الإقتصاد العالمي للعام ٢٠٠٤ كخط أساس. أما قطاع البناء فيرتكز على خط أساس ما بين التقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات ب٢ و١ب؛ في ما يختص بالنفايات، إستُخدمت القوى المحرّكة للتقرير الخاص عن سيناريوهات الإنبعاثات أ١ب لوضع خط أساس خاص بالنفايات، فيما إستخدمت الزراعة والغابات خطوط أساس غالباً ما إرتكزت على القوى المحرّكة ب٢.

٤. يظهر المجموع العالمي للنقل فقط لأنه يتضمن الطيران الدولي [٥,٤].

٥. إن الفئات المستثناة هي التالية: الإنبعاثات من غير ثاني أكسيد الكربون في المباني والنقل، جزء من خيارات الكفاءة المادّية، إنتاج التدفئة والتوليد المشترك في الإمداد بالطاقة، مركبات المهمات الصعبة، الشحن ونقل الركاب الكثير الإنشغال، معظم الخيارات العالية الكلفة للمباني، معالجة المياه العادمة، الحدّ من إنبعاثات مناجم الفحم وأنابيب الغاز، الغازات المفلورة من الإمداد بالطاقة والنقل. إن التقليل من قيمة مجمل الإمكانيات الإقتصادية لهذه الإنبعاثات يصل إلى ١٠٪ – ١٥٪.

أقل من ١٠٠ دولار أميركي / طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ حوالي ٢٥٪ – ٥٠٪ من إنبعاثات خط الأساس للعام ٢٠٣٠ (توافق عالٍ، أدلة وافية).

يشير الجدول ١٧ في الملخّص الفني إلى أنه في كل تحليل[١٨] لنقطة إنبعاث يكمن جزء كبير من تخفيف الإمكانيات على المدى الطويل في قطاع الإمداد بالطاقة. لكن، لتحليل قطاع الإستخدام النهائي كما في نتائج جدول ٢٧ في الملخّص الفني، تكمن الإمكانيات العليا في قطاعي البناء والزراعة. بالنسبة إلى الزراعة والغابات، إن التقديرات من الأعلى إلى الأسفل هي أكثر إنخفاضاً من الدراسات من الأسفل إلى الأعلى. ويعود السبب إلى أن هذه القطاعات لا تغطّيها إجمالاً النماذج من الأعلى إلى الأسفل بشكل جيّد. أما تقديرات النماذج من الأعلى إلى الأسفل للإمداد بالطاقة والصناعة فهي عادةً أكثر إرتفاعاً من التقويمات من الأسفل إلى الأعلى (توافق عالٍ، أدلة متوسطة) [١١,٣,١].

بحلول العام ٢٠٣٠، ستكون خيارات الطاقة الأحيائية هامة للغاية في العديد من القطاعات، مع قدرات هائلة لنمو جوهري، رغم عدم توفّر دراسات كاملة متكاملة حول موازين العرض والطلب. إن الشروط المسبقة الأساسية لإسهامات مماثلة هي تنمية قدرة الكتلة الأحيائية (محاصيل الطاقة) بالتوازن مع الإستثمارات في الممارسات الزراعية، والقدرة اللوجستية والأسواق، يرافقها تسويق إنتاج الوقود الأحيائي من الجيل الثاني. بإمكان إنتاج الكتلة الأحيائية المستدام وإستخدامها، التأكيد على أن المسائل المتعلّقة بالتنافس من أجل الأرض والطعام والموارد المائية والتنوّع الأحيائي والتأثيرات الإجتماعية الإقتصادية، لا تشكل عقبات (توافق عالٍ، أدلة محدودة) [١١,٣,١,٤].

[١٨] في تحليل نقطة إنبعاث، يتم تخصيص الإنبعاثات من الإستخدام الكهربائي لقطاع الإمداد بالطاقة. في تحليل قطاع الإستخدام النهائي، يتم تخصيص الإنبعاثات من الكهرباء لقطاع الإستخدام النهائي المعني (متعلّق بشكل خاص بالصناعة والمباني).

بمعزل عن خيارات التخفيف المذكورة في الفصول القطاعية، تم إقتراح حلول جغرافية هندسية لآثار الدفيئة المتعاظمة. لكن خيارات إزالة ثاني أكسيد الكربون مباشرة من الهواء، مثلاً عبر التخصيب الحديدي للمحيطات، أو الحدّ من أشعّة الشمس، تبقى تحزّرية إلى حد كبير ومن الممكن أن تشكل خطراً تنجم عنه آثار جانبية مجهولة. إن الحدّ من أشعة الشمس لا يؤثّر على التصعيد المتوقع في مستويات ثاني أكسيد الكربون الجوي، لكن يمكن أن يقلل من الإحترار المرافق لها أو يزيله. بإمكان إنقطاع الصلة بين تركيز ثاني أكسيد الكربون والحرارة الشاملة أن يؤدّي إلى نتائج مفيدة، على غرار زيادة الإنتاجية في الزراعة والغابات (طالما إن تخصيب ثاني أكسيد الكربون فاعل)، لكن هذا لا يخفض الآثار الأخرى أو يعالجها على مثال تفاقم تحمّض المحيطات. لم تُنشر تقديرات تكاليف هذه الخيارات بالتفصيل كما أنها تفتقد إلى إطار مؤسساتي واضح للتطبيق (توافق متوسط، أدلة محدودة) [١١,٢,٢].

تكاليف التخفيف عبر القطاعات وكلفة الإقتصاد الكلّي

تم تقدير كلفة تطبيق بروتوكول كيوتو بأنها أقل بكثير من تقديرات تقرير التقييم الثالث، بسبب رفض الولايات المتحدة للبروتوكول. عند الإستخدام الكامل لآليات كيوتو المرنة، تُقدّر الكلفة بأقل من ٠,٠٥٪ من إجمالي الناتج المحلي للملحق ب (من دون الولايات المتحدة) (الملحق ب لتقرير التقييم الثالث: ٠,١٪ – ١,١٪). من دون الآليات المرنة، تُقدّر الكلفة حالياً بأقل من ٠,١٪ (تقرير التقييم الثالث: ٠,٢٪ – ٢٪) (توافق عالٍ، أدلة كثيرة) [١١,٤].

جرى تقييم دراسات نمذجة التخفيف ما بعد العام ٢٠١٢، لجهة آثارها الشاملة على الحدّ من ثاني أكسيد الكربون بحلول العام ٢٠٣٠ ولجهة أسعار الكربون المطلوبة وآثارها على إجمالي الناتج المحلي أو إجمالي الناتج القومي (للمزيد من المعلومات حول الآثار الطويلة الأمد للتثبيت ما بعد العام ٢٠٣٠، الرجاء قراءة الفصل ٣). بالنسبة إلى مسالك الفئة ٤[١٩] (تثبيت حوالي ٦٥٠ جزءاً في المليون من ثاني أكسيد الكربون المكافئ)، مع التخفيف من ثاني أكسيد الكربون إلى ما دون نسبة ٢٠٪ تحت خط الأساس وصولاً إلى ٢٥ دولاراً أميركياً مقابل كل طن من ثاني أكسيد الكربون في أسعار الكربون، تقدّر الدراسات أن إجمالي الناتج العالمي سيصل، بأسوأ حالاته، إلى ٠,٧٪ تحت خط الأساس بحلول العام ٢٠٣٠، بالتوافق مع متوسط ٠,٢٪ والنطاق المئوي ١٠ – ٩٠ من –٠,٦٪ إلى ١,٢٪ لكامل مجموعة السيناريوهات المقدّمة في الفصل ٣.

أما في ما يخص مسالك الفئة ٣ الأكثر صرامة فإن آثارها غير مؤكّدة (تثبيت حوالي ٥٥٠ جزءاً في المليون من ثاني أكسيد الكربون المكافئ)، مع التخفيف من ثاني أكسيد الكربون إلى ما دون ٤٠٪ وصولاً إلى ٥٠ دولاراً أميركياً مقابل كل طن من ثاني أكسيد الكربون في أسعار الكربون، علماً أن معظم الدراسات تتوقّع أن يصل إجمالي الناتج العالمي إلى ما دون ١٪، بالتوافق مع متوسط ٠,٦٪ والنطاق المئوي ١٠–٩٠ من ٠٪ إلى ٢,٥٪ لكامل المجموعة في الفصل ٣. لا بد من الإشارة مجدداً إلى أن هذه التقديرات تعتمد بشكل كبير على مقاربات وإفتراضات. إن الدراسات القليلة مع خطوط أساس، التي تتطلّب المزيد من التخفيف ثاني أكسيد الكربون لتحقيق الأهداف، تستلزم أسعار الكربون الأعلى، كما يبلغ معظمها عن تكاليف الأعلى لإجمالي الناتج المحلي. بالنسبة إلى الدراسات حول الفئتين ١ و٢ (تثبيت بين ٤٤٥ و٥٣٥ جزءاً في المليون من ثاني أكسيد الكربون المكافئ)، تشكل الكلفة أقل من ٣٪ من خسارة إجمالي الناتج المحلي، لكن عدد الدراسات ضعيف نسبياً ويستخدم عادةً خطوط أساس منخفضة. إن التقديرات الأكثر إنخفاضاً للدراسات المقيّمة هنا، بالمقارنةً مع كامل مجموعة الدراسات المشمولة في الفصل ٣، تسبّبت بها بشكل أساسي حصة كبيرة من الدراسات التي تسمح بالإبتكار التكنولوجي المعزّز الذي تطلقه السياسات، وخاصة سيناريوهات تخفيف أكثر صرامة (توافق عالٍ، أدلة متوسطة) [١١,٤].

تشير المقاربات كافة إلى أنه ما من قطاع واحد أو تكنولوجيا واحدة قادرة على النجاح بمعالجة تحدي التخفيف بمفردها، وتقترح محفظة متنوعة مبنيّة على معايير مختلفة. تتوافق التقييمات من الأعلى إلى الأسفل مع النتائج من الأسفل إلى الأعلى في إعتبار أسعار الكربون بحوالي ٢٠ – ٥٠ دولاراً أميركياً مقابل كل طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ (٧٣ – ١٨٣ دولاراً أميركياً مقابل كل طن من الكربون المكافئ) كافية للدفع في إتجاه تبديل واسع النطاق للوقود، كما أنها تجعل من مصادر إلتقاط الكربون وتخزينه ومصادر الطاقة المنخفضة الكربون، إقتصادية، فيما تنضج التكنولوجيا. أضف إلى ذلك أن هذا النوع من الحوافز يمكنه أيضاً أن يؤدّي دوراً كبيراً في تفادي إزالة الغابات. وتأتي النماذج القصيرة والطويلة الأمد المتعددة بتقديرات مختلفة؛ يمكن تفسير هذا الإختلاف بشكل أساسي من المقاربات والإفتراضات الخاصة بإستخدام العائدات من ضرائب أو رخص الكربون، ومعالجة

[١٩] اللجوء إلى الفصل ٣ للتعريف عن مسالك الفئتين ٣ و٤.

التغيّر التكنولوجي، ودرجة الإستبدالية بين المنتوجات المتاجر بها دولياً، وتفكك أسواق المنتوجات والأسواق الإقليمية (توافق عالٍ، أدلة كثيرة) [١١,٤، ١١,٥، ١١,٦].

من شأن تطوّر سعر الكربون وتخفيضات الإنبعاثات المرافقة له تحديد المستوى الذي يمكن تثبيت تركيزات غازات الدفيئة الجوية عنده. وتعتبر النماذج أن إرتفاعاً متدرّجاً متوقّعاً ومستمرّاً في سعر الكربون، من الممكن أن يبلغ ٢٠ – ٥٠ دولاراً أميركياً مقابل كل طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ بحلول الفترة الممتدة ما بين العامين ٢٠٢٠ و٢٠٣٠، يتوافق وتثبيت الفئة ٣ (٥٥٠ جزءاً في المليون من ثاني أكسيد الكربون المكافئ). أما بالنسبة إلى الفئة ٤ (٦٥٠ جزءاً في المليون من ثاني أكسيد الكربون المكافئ) فإن مستوى سعر مماثل يمكن بلوغه بُعيد العام ٢٠٣٠. بغية تثبيت المستويات بين ٤٥٠ و٥٥٠ جزءاً في المليون من ثاني أكسيد الكربون المكافئ، يجب أن تُبلغ أسعار الكربون المتجاوزة لمئة دولار أميركي مقابل كل طن من الكربون المكافئ بحلول العام ٢٠٣٠ (توافق متوسط، أدلة متوسطة) [١١,٤، ١١,٥، ١١,٦].

في جميع الأحوال، إن المسالك القصيرة المدى في إتجاه مستويات تثبيت أكثر إنخفاضاً، خاصةً للفئة ٣ وما دونها، يمكن أن تستلزم عدّة تدابير إضافية حول فاعلية الطاقة، والإمداد بالطاقة المنخفضة الكربون، بالإضافة إلى أنشطة تخفيف وتفادٍ للإستثمار في أسهم رأس المال المكثّفة الكربون الطويل الحياة. تشدّد دراسات صناعة القرار وسط الشكوك على الحاجة إلى تحرّك مبكر أقوى، خاصة في البنية التحتية الطويلة الحياة وأسهم رأس المال الأخرى. يُتوقّع أن تتطلّب بنية قطاع الطاقة التحتية لوحدها (بما فيها محطّات الطاقة) إستثمارات تبلغ قيمتها ٢٠ ترليون دولار أميركي على الأقل بحلول العام ٢٠٣٠، كما أن خيارات التثبيت ستتقيّد إلى حد كبير بطبيعة هذا الإستثمار وكثافة الكربون فيه. إن التقديرات الأولية لسيناريوهات كربون أكثر انخفاضاً تظهر إعادة توجيه كبيرة للإستثمار، مع صافي إستثمارات إضافية يتراوح بين لا شيء تقريباً و٥٪ (توافق عالٍ، أدلة كثيرة) [١١,٦].

في ما يتعلّق بتحليل محفظة أنشطة حكومية، تشير معلومة عامة إلى أن أي محفظة خيارات تحاول إجراء توازن في تخفيضات الإنبعاثات عبر القطاعات بطريقة تبدو متساوية (مثلاً، عبر التخفيف المئوي العادل)، من المرجّح أن تزيد كلفتها أكثر ممّا هي عليه في مقاربة يرشدها بشكل أساسي مفهوم الكفاءة الجيدة بسعر مقبول. إن محفظات خيارات الطاقة عبر القطاعات المشتملة على تكنولوجيا الكربون المنخفض ستخفّف المخاطر والكلفة، لأنه من المتوقع أن تصبح أسعار الوقود الأحفوري أكثر تطيّراً نسبة إلى كلفة الوسائل البديلة، بالإضافة إلى المنافع الإعتيادية للتنويع. كما تفيد معلومة عامة أخرى بأن الكلفة ستتراجع إذا تم مزج الخيارات التي تصحّح فشل السوق في أضرار تغيّر المناخ مع منافع الإبتكار التكنولوجي، مثلاً بواسطة إعادة تدوير العائدات من مزادات الرخص بغية مساندة إبتكارات كفاءة الطاقة والكربون المنخفض (توافق عالٍ، أدلة متوسطة) [١١,٤].

التغيير التكنولوجي عبر القطاعات

برز تطور هام منذ تقرير التقييم الثالث وهو إدخال التغيّر التكنولوجي المحلي في العديد من النماذج من الأعلى إلى الأسفل. إن دراسات النمذجة التي تستخدم مقاربات مختلفة تعتبر أن السماح بالتغيير التكنولوجي المحلي يمكنه أن يفضي إلى تخفيضات جوهرية في أسعار الكربون كما في تكاليف إجمالي الناتج المحلي، مقارنةً بمعظم النماذج المستخدمة في زمن تقرير التقييم الثالث (عندما اعتُبر أن التغيير التكنولوجي مضمون في خط الأساس ومستقل إلى حد بعيد عن سياسات التخفيف وأنشطته). تُظهر الدراسات المفتقدة إلى التغيير التكنولوجي الجديد أن أسعار الكربون المرتفعة إلى ٢٠ – ٨٠ دولاراً أميركياً مقابل كل طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ بحلول العام ٢٠٣٠، وإلى ٣٠ – ١٥٥ دولاراً أميركياً مقابل كل طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ بحلول العام ٢٠٥٠، تتوافق مع التثبيت على حوالي ٥٥٠ جزءاً في المليون من ثاني أكسيد الكربون المكافئ بحلول العام ٢٠١٠. لمستوى التثبيت نفسه، إن الدراسات منذ تقرير التقييم الثالث التي تأخذ التغيير التكنولوجي الجديد بعين الإعتبار، تخفّض نطاقات الأسعار إلى ٥ – ٦٥ دولاراً أميركياً مقابل كل طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ بحلول العام ٢٠٣٠ وإلى ١٥ – ١٣٠ دولاراً أميركياً مقابل كل طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ بحلول العام ٢٠٥٠. إن الحدّ الذي تنخفض إليه الأسعار يتوقف بشكل كبير على الإفتراضات حول العائدات من نفقات الأبحاث والتنمية لتخفيضات تغيّر المناخ، والتأثيرات غير المباشرة بين القطاعات والمناطق، والتخلّص من الأبحاث والتنمية الأخرى؛ بالإضافةً إلى معدّلات التعلّم في النماذج المشتملة على التعلّم بواسطة الفعل (توافق عالٍ، أدلة كثيرة) [١١,٥].

إن التحوّلات التكنولوجية الهامة، مثل إلتقاط الكربون وتخزينه، والتجددات المتقدّمة، والنووي والهيدروجين المطوّرين، تستلزم فترة إنتقال طويلة، فيما تتكدّس المعرفة عبر الفعل وتتوسّع الأسواق. بالتالي، من شأن تحسين فاعلية الإستخدام النهائي تقديم فرص أكثر أهمية على المدى القصير. يتظهّر ذلك في الحصة الكبيرة نسبياً لقطاع المباني والصناعة في إمكانيات العام ٢٠٣٠ (جدول ١٧ في الملخّص الفني). يمكن الخيارات والقطاعات الأخرى أن تؤدّي دوراً أكثر أهميّة في النصف الثاني من القرن (أنظر الفصل ٣) (توافق عالٍ، أدلة كثيرة) [١١,٦].

التأثيرات غير المباشرة للتخفيف في البلدان المدرجة في المرفق الأول على البلدان غير المدرجة في الملحق ١

إن التأثيرات غير المباشرة للتخفيضات من وجهة النظر القطاعية التقاطعية، هي تأثيرات سياسات التخفيف وتدابيره في بلد أو مجموعة من البلدان على قطاعات دول أخرى. وأحد جوانب هذه التأثيرات ما يعرف بـ»تسرّب الكربون»: هو إرتفاع إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون خارج البلدان ذات التدابير المحلية مقسوماً على تخفيضات الإنبعاثات داخل هذه البلدان. لا يغطّي هذا المؤشر البسيط على تسرّبات الكربون تعقيد التأثيرات ونطاقاتها، وهي تتضمن تغييرات في نمط الإنبعاثات الشاملة ومداها. وإن دراسات النمذجة تقدم نتائج واسعة النطاق حول تسرّبات الكربون، بحسب العائدات مقابل الحجم، والسلوك في الصناعة المكثّفة الطاقة، بالإضافة إلى مرونة التجارة وعوامل أخرى. أما في تقرير التقييم الثالث فإن تقديرات تسرّب الكربون من تطبيق بروتوكول كيوتو تتراوح عامةً بين ٥٪ و٢٠٪ بحلول العام ٢٠١٠. وإن الدراسات التجريبية حول الصناعات المكثّفة الطاقة، المعفيّة بموجب خطة الإتحاد الأوروبي للتجارة بالإنبعاثات، تشدّد على أن كلفة النقل وظروف السوق المحلي وتنوّع الإنتاج والنقص في المعلومات تدعم الإنتاج المحلي؛ وتختم هذه الدراسات بأنه من غير المرجّح أن يكون تسرّب الكربون جوهرياً (توافق متوسط، أدلة متوسطة) [١١,٧].

تمت دراسة تأثيرات أنشطة التخفيف الموجودة على التنافسية. يبدو أن الأدلة التجريبية تشير إلى أن خسارات التنافسية في البلدان المطبّقة لكيوتو ليست بالهامة، ما يؤكد إحدى معلومات تقرير التقييم الثالث. إن التأثير المفيد الممكن في نقل التكنولوجيا إلى البلدان النامية الناهضة من التطوير التكنولوجي، مثلما ينص نشاط الملحق الأول، يمكن أن يكون جوهرياً للصناعات المكثّفة الطاقة، لكن لم يتم قياسه حتى الآن بطريقة موثوقة (توافق متوسط، أدلة ضعيفة) [١١,٧].

ربما إحدى أهم الطرق التي تطال فيها التأثيرات غير المباشرة لأنشطة التخفيف في منطقة معينة مناطق أخرى تكون عبر التأثير على أسعار الوقود الأحفوري العالمي. عندما تقلص منطقة ما طلبها على الوقود الأحفوري بسبب سياسة التخفيف، تكون بذلك تقلص الطلب العالمي على هذه السلعة، وتشكل بالتالي ضغطاً مخفضاً للأسعار. ووفقاً لإستجابة منتجي الوقود الأحفوري، يمكن لأسعار النفط والغاز والفحم أن تهبط، ما يؤدي إلى خسارة المنتجين عائداتهم وإلى خفض كلفة الإستيراد على المستهلكين. أما في تقرير التقييم الثالث فسائر دراسات النمذجة تقريباً التي خضعت للمراجعة تشير إلى تأثيرات تكون أكثر حدّةً وضرراً على البلدان المنتجة للنفط منها على معظم بلدان الملحق الأول التي تتخذ تدابير التخفيف. يمكن لإستراتيجيات حماية أسعار النفط أن تحدّ من خسارات الدخل في البلدان المنتجة للنفط (توافق عالٍ ، أدلة محدودة) [١١,٧].

منافع التخفيف المشتركة

أظهر العديد من الدراسات الحديثة منافع هامة في إستراتيجيات التخفيف من الكربون على الصحة البشرية، خاصةً لأنها تحدّ أيضاً من الإنبعاثات الأخرى المنقولة جواً، مثل ثاني أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين والأهباء الجوية. يُتوقع أن يؤدّي ذلك إلى الوقاية من عشرات آلاف الوفيات المبكرة في البلدان الآسيوية واللاتينية سنوياً، بالإضافةً إلى عدة آلاف في أوروبا. لكن تحويل مخاطر الوفاة إلى نقد يبقى مثيراً للجدل، لذا، يمكن إيجاد مجموعة واسعة من تقديرات المنافع في المؤلفات. إلا أن كافة الدراسات توافق على أن المنافع الصحية المحوّلة إلى نقد يمكن أن تعوّض عن جزء أساسي من تكاليف التخفيف (توافق عالٍ، أدلة كثيرة) [١١,٨].

بالإضافة إلى ذلك، جرى تقدير منافع تفادي الإنبعاثات من ملوّثات الهواء على الإنتاج الزراعي وأثر التهطال الحمضي على الأنظمة البيئية الطبيعية. توفّر هذه المنافع القريبة المدى قاعدةً لسياسة خفض غازات الدفيئة من دون ندم، تتعاظم فيها الفوائد الجوهرية حتى إذا إتضح أن أثر تغيّر المناخ البشري المنشأ أقل مما تظهره التوقعات الحالية. إن إدخال منافع مشتركة، غير تلك المتعلقة بالصحة البشرية والإنتاجية الزراعية (مثلاً، إزدياد أمن الطاقة والتوظيف)، يمكن أن يعزز إدخارات الكلفة (توافق عالٍ، أدلة محدودة) [١١,٨].

أشارت مجموعة وافرة من المؤلفات إلى أن معالجة تغيّر المناخ وتلوّث الجو في الوقت عينه، بواسطة مجموعة فريدة من التدابير والسياسات، تقدّم تخفيضات تُعتبر ضخمة في كلفة الرقابة على تلوّث الجو. تبرز الحاجة إلى مقاربة متكاملة لمعالجة هذه الملوّثات والعمليات التي وُجدت لأجلها التنازلات المتبادلة. هذه، على سبيل المثال، هي حال الرقابة على أكسيد النيتروجين في المركبات ونبات حامض النتريك، ما قد يزيد من إنبعاثات أكسيد النيتروز أو الإستخدام المتزايد لمركبات الديزيل الفاعلة على مستوى الطاقة التي تنبعث منها الأهباء الجوية أرهف نسبياً مما يوازيها من البنزين (توافق عالٍ، أدلة كثيرة) [١١,٨].

التكيّف والتخفيف

بالإمكان نشوء أوجه تآزر أو تنازلات متبادلة بين الخيارات السياسية التي بإستطاعتها دعم التكيّف والتخفيف. إن إحتمال التآزر مرتفع في خيارات طاقة الكتلة الأحيائية، وإدارة إستخدام الأراضي ومقاربات أخرى لإدارة الأراضي. ويمكن لأوجه التآزر بين التخفيف والتكيّف أن تشكل إسهاماً فريداً من نوعه في التنمية الريفية، خاصةً في البلدان الأقل حظوةً: بإمكان تركيز أنشطة عديدة على إدارة الموارد الطبيعية المستدامة توفير منافع هامة للتكيّف والتخفيف في آن معاً، خاصةً في شكل تنحية الكربون. إلا أنه، في حالات أخرى، يمكن أن تجرى تنازلات متبادلة، مثل نمو محاصيل الطاقة التي قد تؤثر على الإمداد بالطعام وعلى غطاء الغابات، وبالتالي إزدياد الهشاشة في مواجهة تأثيرات تغيّر المناخ (توافق متوسط، أدلة محدودة) [١١,٩].

١٢ التنمية المستدامة والتخفيف

العلاقة بين التنمية المستدامة وتخفيف تغيّر المناخ

إعتمدت اللجنة العالمية للبيئة والتنمية مفهوم التنمية المستدامة، وجرى الإتفاق على أن التنمية المستدامة تعني مقاربة شاملة متكاملة للعمليات الإقتصادية والإجتماعية والبيئية. لكن النقاشات حول التنمية المستدامة ركّزت أساساً على البعدين البيئي والإقتصادي، أما أهمية العوامل الإجتماعية والسياسية والثقافية فلم تحظَ بالتأييد إلا مؤخّراً. لا بدّ من التكامل بغية ربط مسارات التنمية المستدامة، بما فيها معالجة مشكلة تغيّر المناخ [١٢,١].

وعلى الرغم من أن المراحل لا تزال في بداياتها، برز إستخدام متزايد للمؤشرات في قياس إستدامة التنمية وإدارتها على المستويين الكلي والقطاعي؛ ويحرّك هذه الإستدامة جزئياً الإصرار المتنامي على المحاسبة في سياق الحكم ومبادرات الإستراتيجيات. على المستوى القطاعي، بدأت الصناعة والحكومات بقياس التقدّم نحو التنمية المستدامة والإبلاغ عنه بواسطة إصدار شهادات خضراء، أو أدوات مراقبة، أو دوائر تسجيل الإنبعاثات كوسائل من بين غيرها. إلا أن مراجعة المؤشرات تظهر أن مؤشرات كلّية قليلة تتضمن تدابير التقدّم في ما يتعلق بتغيّر المناخ (توافق عالٍ، أدلة كثيرة) [١٢,١,٣].

إن تغيّر المناخ لا يتأثر بالسياسيات المتمحورة حول الطقس فحسب («مقاربة المناخ الأولى»)، بل بمزج الخيارات التنمويّة المتخذة ومسالك التنمية التي تفضي إليها هذه السياسات أيضاً («مقاربة التنمية الأولى») – وهذه النقطة مدعومة من تحليل السيناريوهات الشامل الذي نُشر بعد تقرير التقييم الثالث. من شأن جعل التنمية أكثر استدامة عبر تغيير دروب التنمية أن يشكل إسهاماً هاماً في أهداف المناخ. لكن يجدر ذكر أن تغيير دروب التنمية لا يعني إختيار درب موجودة على الخارطة، بل يعني الإبحار في مشهد مجهول وفي طور التقدّم (توافق عالٍ، أدلة كثيرة) [١٢,١,١].

كما جرى النقاش حول إمكانية التنمية المستدامة أن تقلّص هشاشة البلدان كافة، خاصة البلدان النامية، في مواجهة آثار تغيّر المناخ. ويمكن لتقديم هذا النقاش على أنه مشكلة تنموية بدلاً من بيئية أن يحقق بشكل أفضل الأهداف المباشرة للبلدان كافة، خاصة تلك النامية لهشاشتها بشكل خاص في مواجهة تغيّر المناخ، مع القيام، في الوقت عينه، بمعالجة القوى المحرّكة للإنبعاثات المتصلة بدرب التنمية الأساسية [١٢,١,٢].

جعل التنمية أكثر إستدامةً

لم يعد صنع القرار في التنمية المستدامة وتخفيف تغيّر المناخ بعد الآن مسؤولية الحكومات وحدها. وتعترف المؤلّفات بالإنتقال إلى مفهوم أكثر شمولية للحكم، يتضمّن إسهامات من مستويات مختلفة في الحكومة والقطاع الخاص وجهات غير حكومية والمجتمع المدني. كلما جرى تعميم أن مسائل تغيّر المناخ هي جزء من مشهد التخطيط على مستوى التطبيق الملائم، وكلما اضطلعت سائر هذه الجهات المعنيّة في عملية صنع القرار بطريقة مجدية، يزداد ترجيح تحقيقها الأهداف المنشودة (توافق عالٍ، أدلة متوسطة) [١٢,١,١].

بالنسبة إلى الحكومات، إن جسماً أساسياً من النظريات السياسية يتعرّف على وجود أساليب سياسة وطنية أو ثقافات سياسية ويفسّرها. إن الإفتراض الضمني في هذا العمل هو أن الدول الفردية تميل إلى معالجة المشاكل بطريقة محدّدة، بغض النظر عن تميّز أي مشكلة محدّدة أو عن ملامحها الخاصة؛ هي «طريقة وطنيّة لحلّ الأمور». بالإضافة إلى ذلك، إن إختيار وسائل السياسة يتأثر بقدرة الحكومات المؤسساتية على تطبيق هذه الوسيلة. ما يعني أن المزيج المفضّل للقرارات السياسية وفاعليتها لجهة التنمية المستدامة وتخفيف تغيّر المناخ، يعتمدان بقوّة على الخصائص الوطنيّة (توافق عالٍ، أدلة كثيرة). لكن فهمنا لأي نوع من السياسات يعتبر الأفضل بالنسبة إلى البلدان ذات الخصائص الوطنية المميزة يبقى ضئيلاً [١٢,٢,٣].

إن القطاع الخاص هو اللاعب الوسط في الإشراف البيئي والإشراف

على الاستدامة. على مر السنوات الـ٢٥ الأخيرة، إزداد بشكل تدرّجي عدد الشركات التي تتخذ خطوات لمواجهة مسائل الإستدامة، إن على مستوى الشركة أو الصناعة. رغم إحراز تقدّم، تبقى لدى القطاع الخاص القدرة على أداء دور أكبر بكثير في جعل التنمية أكثر استدامة، إذا أدرك أنه من المرجّح أن يفيد ذلك بإنماء الأداء (توافق متوسط، أدلة متوسطة) [١٢,٢,٣].

تؤدي مجموعات المواطنين دوراً هاماً في الدفع قدماً في آلية التنمية المستدامة، وهم لاعبون أساسيون في تطبيق سياسة التنمية المستدامة. ناهيك عن تطبيقهم مشاريع التنمية المستدامة بأنفسهم، بإمكانهم الحث على إصلاح السياسات عبر نشر الوعي والتعبئة وإثارة الشعب. كما بإستطاعتهم جذب النشاط السياسي عبر سدّ الثغرات وتقديم خدمات سياسة، بما فيها مجالات إبتكار السياسات ومراقبتها وإجراء الأبحاث. يمكن أن تتخذ عمليات التفاعل شكل الشراكات أو أن تتم من خلال حوارات أصحاب الشأن القادرين على تزويد مجموعة المواطنين بالدعم لزيادة الضغط على الحكومات والصناعة معاً (توافق عالٍ، أدلة متوسطة) [١٢,٢,٣].

تصل الشراكات التداولية بين القطاعين العام والخاص إلى أقصى فاعليتها عند تحلّي المستثمرين والحكومات المحلية ومجموعات المواطنين بالإرادة للعمل معاً بغية تطبيق تكنولوجيات جديدة وتأمين فسحات لمناقشة تكنولوجيات شاملة مماثلة محلياً (توافق عالٍ، أدلة متوسطة) [١٢,٢,٣].

آثار خيارات التنمية على تخفيف تغيّر المناخ

في عالم متغاير العناصر، إن فهم الظروف والأولويات الإقليمية المختلفة يعتبر أساسياً لإدماج سياسات تغيّر المناخ في إستراتيجيات التنمية المستدامة. تبيّن دراسات الحالات بالمختصة بالإقليم والبلد أن دروب وسياسات تنموية مختلفة يمكن أن تتوصل إلى تخفيضات هامة في الإنبعاثات، بحسب القدرة على تحقيق غايات الإستدامة وتغيّر المناخ [١٢,٣].

لا تزال الدول الصناعية تنظر إلى تغيّر المناخ على أنه في الدرجة الأولى مشكلة بيئية منفصلة ينبغي معالجتها بواسطة سياسات محددة لتغيّر المناخ. إن نقاشاً أساسياً وواسعاً في المجتمع حول آثار التنمية على تغيّر المناخ عامةً وتخفيف تغيّر المناخ خاصةً في الدول الصناعية لم ينطلق بشكل جدي. أما مجالات التخفيف التي تشكل أولوية لبلدان هذه المجموعة فيمكن أن تكون كفاءة الطاقة، والطاقة المتجددة، وإلتقاط الكربون وتخزينه، إلخ. غير أن مسالك الإنبعاث المنخفض لا تنطبق على خيارات الطاقة فقط. ففي بعض المناطق، تُعتبر تنمية إستخدام الأرض، خاصةً عند توسّع البنية التحتية، متغيّرة أساسية تحدّد إنبعاثات غازات الدفيئة المستقبلية [١٢,٢,١، ١٢,٣,١].

لم تعد حالات الإقتصاد الانتقالية تُعدّ مجموعة فريدة موجودة. لكن أوروبا الوسطى والشرقية ودول أوروبا الشرقية والقوقاز وآسيا الوسطى (EECCA) تشترك في بعض المزايا لجهة التنمية الإجتماعية الإقتصادية وتخفيف تغيّر المناخ والتنمية المستدامة. وإن التدابير من أجل فصل النمو الإقتصادي عن زيادة الإنبعاثات ستكون هامة لهذه المجموعة بشكل خاص [١٢,٢,١، ١٢,٣,١].

يُتوقع أن تزيد بعض الدول النامية الكبيرة إنبعاثاتها بمعدّل أكثر سرعة من العالم الصناعي ومن بقية الأمم النامية، وهي في مرحلة التصنيع السريعة. بالنسبة إلى هذه البلدان، يمكن لتخفيف تغيّر المناخ وسياسات التنمية المستدامة أن يكمّلان بعضهما؛ إلا أنه من شأن موارد مالية وتكنولوجية إضافية أن تعزّز قدرتها على السعي وراء دروب تنموية من الكربون المنخفض [١٢,٢,١، ١٢,٣,١].

بالنسبة إلى معظم الدول النامية الأخرى، إن قدرات التكيّف والتخفيف ضعيفة، ويمكن لمساعدة التنمية أن تقلص من هشاشتها في مواجهة تغيّر المناخ. كما بإستطاعتها أن تساعد على الحدّ من تنامي إنبعاثاتها فيما تعالج مشاكل أمن الطاقة والنفاذ إلى الطاقة. وبإمكان آلية تنمية نظيفة أن توّمن الموارد المالية لتنميات مماثلة. أما أعضاء منظمة الدول المصدّرة للنفط فهم وحيدون، بمعنى أنه يمكن أن يتضرروا بسبب دروب التنمية التي تحدّ من الطلب على الوقود الأحفوري. لذا، يعتبر تنويع إقتصادها من أولويات جدول أعمالها [١٢,٢,١، ١٢,٣,١].

تبرز بعض الإستنتاجات العامة من دراسات الحالات المراجعة في هذا الفصل، التي تتناول كيفية تمتّع التغيرات في مسالك التنمية على الصعيد القطاعي (أو إمكانية تمتّعها) بإنبعاثات أكثر انخفاضاً (توافق عالٍ، أدلة متوسطة) [١٢,٢,٤]:

- إن إنبعاثات غازات الدفيئة تتأثر بالنمو الإقتصادي من دون أن تكون مرتبطة به بشكل جامد: يمكن لخيارات السياسة أن تحدث فرقاً.
- تتوفر للقطاعات التي يكون فيها الإنتاج الفاعل أكثر إنخفاضاً بكثير من الإنتاج المعقول الأقصى مع كمية المدخلات عينها – أي القطاعات البعيدة جداً عن حدود إنتاجها – فرصة إعتماد سياسات «الربح مقابل الربح»، أي السياسات التي تحرّر الموارد وتعزّز النمو،

وتحقيق أهداف أخرى في التنمية المستدامة، بالإضافةً إلى الحدّ من إنبعاثات غازات الدفيئة الخاصة بخط الأساس.

- كما تتوفر للقطاعات التي يقترب فيها الإنتاج من أقصاه مع المدخلات المتوفرة – أي القطاعات الأقرب في حدود الإنتاج – فرصةً للحدّ من الإنبعاثات عبر تحقيق أهداف أخرى في التنمية المستدامة. لكن، كلما إقتربت من حدود الإنتاج، يصبح ظهور التنازلات المتبادلة أكثر إحتمالاً.
- إن الهام ليس إتخاذ خيار «جيّد» في وقت معين فحسب، بل أن تكون السياسة الأولية مستدامة أيضاً لفترة طويلة – أحياناً عدة عقود – للتوصل إلى نتائج فعليّة.
- غالباً ما تبرز الحاجة لا إلى قرار سياسي واحد بل إلى مجموعة من القرارات الضرورية للتأثير على الإنبعاثات. ما يطرح مسألة التنسيق بين سياسات القطاعات المتعددة ووفقاً لمعايير مختلفة.

يتطلب التعميم من السياسات والبرامج و/أو الأنشطة الفردية غير المتعلّقة بالمناخ أن تأخذ بعين الإعتبار تخفيف تغيّر المناخ، في الدول النامية والمتقدّمة. لكن، حتى إدخال تغيّر المناخ إلى جدول أعمال سياسي موجود سيفشل على الأرجح. ستعتمد سهولة أو صعوبة تحقيق التعميم على تكنولوجيا التخفيف أو ممارساته ودرب التنمية الأساسي. وسيكون وزن منافع التنمية الأخرى مقابل منافع المناخ المفتاح الأساسي في إختيار قطاعات التنمية للتعميم. إن القرارات بشأن سياسة الإقتصاد الكلي، والسياسة الزراعية، وإقراض مصرف التنمية المتعدّد الجهات، وممارسات التأمين، وإصلاح سوق الكهرباء، وأمن الطاقة، والحفاظ على الغابات، على سبيل المثال، التي غالباً ما تُعالَج بعيداً عن سياسة المناخ، يمكن أن تُحدث آثاراً عميقة على الإنبعاثات، ومدى التخفيف اللازم، والكلفة والمنافع الناتجة. لكن، في بعض الحالات، مثل التحوّل من طبخ الكتل الأحيائية إلى غاز النفط السائل في المناطق الريفية في الدول النامية، قد يكون خيار غض النظر على إعتبارات تغيّر المناخ عقلانياً، بسبب الإرتفاع الضئيل في الإنبعاثات بالمقارنة مع منافعه التنمويّة (أنظر جدول ١٨ في الملخّص الفنّي) (توافق عالٍ، أدلة متوسطة) [١٢,٢,٤].

بشكل عام، يبرز توافق عالي المستوى على المعلومات النوعيّة في هذا الفصل لجهة العلاقات بين التخفيف والتنمية المستدامة: هما مرتبطان ويمكن التعرّف على أوجه التآزر والتنازلات المتبادلة بينهما. لكن المؤلفات في هذه العلاقات، وبشكل خاص في كيفية تشغيلها بهدف إلتقاط أوجه التآزر وتجنّب التنازلات المتبادلة، لا تزال قليلة. الأمر ذاته ينسحب على الإرشاد بالممارسة الجيدة نحو دمج إعتبارات تغيّر المناخ في السياسات التي لا تتناول المناخ لكن تعتبر معنيّة به، بما في ذلك تحليل أدوار مختلف اللاعبين. من شأن بلورة دروب تنموية ممكنة، وبإستطاعة الأمم والمناطق المتابعة فيها – ضمن نطاق سيناريوهات إنبعاثات غازات الدفيئة الموضوعة بشكل محدود أكثر، والسيناريوهات التي تتجاهل تغيّر المناخ – أن توفّر السياق لتحليل جديد للعلاقات، لكنها قد تتطلّب وسائل منهجيّة حديثة (توافق عالٍ، أدلة محدودة) [١٢,٢,٤].

تداعيات خيارات التخفيف بالنسبة إلى مسارات التنمية المستدامة

نلحظ فهماً متزايداً للفرص المطلوب إختيارها ضمن خيارات التخفيف وتطبيقها بطريقة لا تخلق نزاعاً مع أوجه أخرى من التنمية المستدامة، أو حتى تستفيد منها، أو تطبيقها حيث لا يمكن تفادي التنازلات المتبادلة، وذلك للسماح بإتخاذ قرارات رشيدة. ويعطي الجدول ١٩ في الملخّص الفني ملخّصاً عن تداعيات أهم خيارات تخفيف تغيّر المناخ على التنمية المستدامة [١٢,٣].

تختلف الفائدة في تطبيق خيارات تخفيف الآثار على التنمية المستدامة داخل القطاع وبين المناطق (توافق عالٍ، أدلة وافية)٥:

- بشكل عام، تأتي خيارات التخفيف من الآثار التي تحسّن إنتاجية إستخدام الموارد، كالطاقة أو المياه أو الأرض، بمنافع على الأبعاد الثلاثة للتنمية المستدامة.
- أما خيارات تخفيف الآثار الأخرى فتمارس أثراً غير أكيد وترتبط بالسياق الإقتصادي الإجتماعي الذي يشهد تطبيق الخيار.
- غالباً ما تكون السياسات المتعلقة بالبيئة، مثل كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، مفيدة وتحسّن أمن الطاقة وتحدّ من إنبعاثات الملوثات المحلية. يمكن تصميم خيارات التخفيف من آثار تأمين الطاقة بحيث تحقق فوائد التنمية المستدامة، مثل تفادي نزوح السكان المحليين وإستحداث فرص العمل والفوائد الصحية.
- الحدّ من إزالة الغابات يمكن أن يأتي بمنافع في المحافظة على التربة والماء والتنوع البيئي، لكنه يؤدي إلى خسارة في الرفاه الإجتماعي بالنسبة إلى بعض الأطراف الفاعلة.
- يمكن أن يؤدي التحريج المصمّم بطريقة ملائمة والزراعات التي تستخدم الطاقة البيولوجية إلى إستعادة الأراضي التي تعاني من التعرية، وإلى إدارة تسرب الماء، والإحتفاظ بالكربون داخل التربة،

قطاعات مختارة	أدوات وأفعال لسياسات غير مناخية، تدخل ضمن التوجّه المرجو	صانعو القرارات الأولية وفاعليّتها	مجمل إنبعاثات غازات الدفيئة العالمية لكل قطاع، يمكن مواجهتها بسياسات غير مناخية (٪ من مجمل الإنبعاثات العالمي) [أ، د]		ملاحظات
الإقتصاد الكلي	تطبيق الضرائب غير المناخية / الإعانات و / أو سياسات ضريبية أو تنظيمية أخرى تشجّع التنمية المستدامة	الدولة (الحكومات على كافة المستويات)	١٠٠	مجموع الإنبعاثات العالمي من غازات الدفيئة	مجموع من سياسات غير مناخية تتعلق بالإقتصاد والتنظيم والبنية التحتية، ويمكن إستخدامها لمواجهة مجموع الإنبعاثات العالمي
الحراجة	إعتماد ممارسات للحفاظ على الغابات ولإدارة مستدامة	الدولة (الحكومات على كافة المستويات والمجتمع المدني والمنظمات غير الحكومية)	٧	إنبعاثات غازات الدفية الناتجة عن إزالة الغابات	قوانين / تشريعات لوقف إزالة الغابات، وتحسين إدارة الغابات، وتامين بدائل معيشية بإمكانها أن تحدّ من إنبعاثات غازات الدفيئة وتؤمن منافع بيئية.
الكهرباء	إعتماد مصادر متجددة فاعلة بالقياس إلى الكلفة، برامج إدارة جهة الطلب، والحدّ من نقل الخسائر وتوزيعها	الدولة (لجان تنظيمية)، والسوق (شركات الموجودات) والمجتمع المدني (منظمات غير حكومية، مجموعات المستهلكين)	٢٠ [ب]	إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون من قطاع الكهرباء (بإستثناء المنتجين الذاتين)	يزداد توليد الكهرباء الشديد الإطلاق لغازات الدفيئة، ما يشكل مخاوف عالمية تمكن مواجهتها من خلال سياسات غير مناخية
واردات النفط	التنوّع بين إستخدام الوقود المستورد والمحلي والحدّ من كثافة الطاقة في الإقتصاد بهدف تحسين أمن الطاقة	الدولة والسوق (سوق الوقود الأحفوري)	٢٠ [ب]	إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بالواردات العالمية من المنتجات والنفط الخام	يمكن تنويع مصادر الطاقة لمواجهة المخاوف المتعلّقة بأمن النفط من دون زيادة الإنبعاثات.
طاقة الريف في الدول النامية	سياسات في الريف لتعزيز الغازات النفطية المسيّلة والكاز والكهرباء للطبخ	الدولة والسوق (شركات الموجودات والنفط)، والمجتمع المدني (منظمات غير حكومية)	<٢ [ج]	إنبعاثات غازات الدفيئة من إستخدام وقود الكتلة الاحيائية	يؤثر إستعمال الكتلة الأحيائية في الطبخ في الريف على الصحة بسبب التلوّث الداخلي، كما يطلق الاهباء الجوية التي تعزز الإحترار العالمي. ومع إلغاء إستخدام الكتلة الاحيائية في الطبخ في المناطق الريفية، مع غازات الدفيئة المسيَّلة، سيقلّص الإنبعاثات إلى ٠,٧٠ جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون المكافئ وهي كمية قليلة بالمقارنة مع المجموع العالمي لإنبعاثات غازات الدفيئةز
التأمين لقطاعي البناء والنقل	علاوات متمايزة، وإلغاء تأمين الخصوم، وتحسين الشروط لمنتجات خضراء	الدولة والسوق (شركات التامين)	٢٠	إنبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن قطاعي النقل والبناء	تشكّل الأضرار المتزايدة إثر تغيّر المناخ مصدر مخاوف لقطاع التامين. ويمكن لقطاع التامين أن يواجه تلك المشكلة بواسطة السياسات المعروضة هنا.
القطاع المالي الدولي	إعطاء قروض إلى إستراتيجيات وبرامج البلدان والقطاعات الهادفة إلى الحدّ من الإنبعاثات	الدولة (المؤسسات المالية الدولية) والسوق (المصارف التجارية)	٢٥ [ب]	إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الدول النامية (غير مدرجة في المرفق الاول)	بإمكان المؤسسات المالية الدولية ان تعتمد ممارسات تسمح بتجنّب إقراض المشاريع الكثيفة في إطلاق إنبعاثات غازات الدفيئة في الدول النامية، فهي تخزن الإنبعاثات المستقبلية.

ملاحظات:

[أ] معلومات من الفصل الأول، إلا في حال سجّل عكس ذلك.

[ب] إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة فقط عن إحتراق الوقود الأحفوري، الوكالة الدولية للطاقة (٢٠٠٦).

[ج] إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون وحدها. تقديرات المؤلفين، أنظر النص.

[د] تشير الإنبعاثات إلى أهمية القطاعات النسبية للعام ٢٠٠٤. ولا يعتبر أن الإنبعاثات القطاعية تلغي بعضها البعض، وقد تخرج عن نطاقها، وتتعدى تالياً، في حال تمّ جمعها، المجموع العالمي للإنبعاثات المذكور في فقرة الإقتصاد الكلي في الجدول.

الجدول ١٩ في الملخّص الفني : خيارات تخفيف الآثار القطاعية والتنمية المستدامة (الإقتصادية والمحلية والبيئية والإجتماعية) الإعتبارات: التآزر والتنازل المتبادل [الجدول ٤,٨٢]

خيارات التّخفيف من الآثار والقطاع	إمكانيات التآزر في التنمية المستدامة وشروط التطبيق	إمكانيات التنازل المتبادل
تأمين الطاقة واستخدامها: الفصول ٤ – ٧		
تحسين كفاءة الطاقة في كافة القطاعات (المباني والنقل والصناعة وتأمين الطاقة) (الفصول ٤ – ٧)	– تتمتع غالباً بالكفاءة بالقياس إلى الكلفة، وتحدّ من الانبعاثات المحلية الملوثة ومن آثارها الصحية او تزيلها، تحسّن الراحة الداخلية وتحدّ من مستويات الضجيج الخارجي، وتستحدث فرص عمل ووظائف وتحسّن أمن الطاقة – يمكن أن تساعد برامج الحكومة والصناعة على تخطي النقص في المعلومات والمشاكل الاساسية التي تواجهها الأطراف. – يمكن تطبيق البرامج على كافة مستويات الحكومة والصناعة. – هامة للتاكد من تلبية حاجة الاسر المنخفضة الدخل الى الطاقة، ومن أن عملية تطبيق خيارات التخفيف من الآثار او تبعاتها غير منحازة من حيث الجنس.	– لم يتم التأكد من أثر تحسين الكفاءة الحرارية لمواقد الكتلة الإحيائية في المناطق الريفية في الدول النامية على تلوّث الهواء في الداخل والصّحة.
إستبدال الوقود وخيارات أخرى في قطاعي النقل والبناء. (الفصلين ٥ و٦)	– تمكن معادلة كلفة الحدّ من ثاني أكسيد الكربون بزيادة الفائدة الصحيّة. – تعزيز النقل العام والتنقل من دون سيارات يأتي بمنافع إجتماعية كبيرة. – يمكن أن يحدّ الإنتقال من الوقود الصلب إلى الوقود الحديث عند إلطبخ والتدفئة في الداخل، من تلوّث الهواء في الداخل ويزيد من اوقات فراغ النساء في البلدان النامية. – تعتبر ماسسة انظمة التخطيط للحدّ من ثاني أكسيد الكربون من خلال التنسيق بين الحكومتين الوطنية والمحلية هامة في وضع الإستراتيجيات المشتركة لانظمة النقل المستدامة.	– تعدّ محرّكات ديزيل عامة أكثر كفاءة على مستوى الطاقة من محرّكات البنزين، لكنها تزيد من إنبعاث الجزيئات. – يمكن أن توفر تدابير أخرى (باصات الغاز الطبيعي المضغوط والباصات الهجينة الكهربائية والعاملة على الديزيل وتجديد سيارات الاجرة) فائدة مناخية خفيفة.
إستبدال الوقود الأحفوري بمصادر طاقة منزلية بديلة. (الفصل ٤)	– هام للتأكّد من أن مصادر الطاقة المنزليّة البديلة تتمتع بالكفاءة من حيث الكلفة. – تحد من إنبعاثات الهواء الملوث على الصعيد المحلي. – يمكن أن تؤدّي إلى نشوء صناعات محلية (مثلاً، برنامج الإثانول في البرازيل)، وبالتالي تولد فرص عمل جديدة.	– يتحسّن ميزان المدفوعات مقابل رأس المال المطلوب من أجل الإستثمار. – تواجه الدول التي تصدّر الوقود الأحفوري إنخفاضاً في صادراتها. – المصانع الكهرمائية قد تؤدي إلى نزوح السكان وتتسبب بضرر بيئي على الكائنات البيئية والتنوّع البيولوجي.
إستبدال الوقود الأحفوري بمصادر طاقة بديلة مستوردة. (الفصل ٤)	– يحدّ في معظم الأحيان من إنبعاث الملوثات المحليّة. – قد يكون تطبيقها اسرع من مصادر الطاقة المنزلية البديلة. – هامة للتاكد من أن مصادر الطاقة البديلة المستوردة تتمتع بالكفاءة من حيث الكلفة. – يستفيد إقتصاد الدول المصدّرة للطاقة ومجتمعاتها.	– يمكن إن تحدّ من أمن الطاقة. – يمكن أن يسوء ميزان المدفوعات، لكن الحاجة إلى رأس المال قد تنخفض.
قطاع الحراجة: الفصل ٩		
التشجير	– يمكن أن يحدّ من الأراضي القفر، ويوقف تدهور التربة، وينظم تسرّب المياه. – يمكن أن يحفظ مخزون الكربون في التربة إذا تم الحدّ من تحريك التربة عند الزرع والحصاد. – يمكن تطبيقها مع مزروعات حرجية، زراعة تحسّن الإنتاج الغذائي. – يمكن أن تستحدث فرص عمل في الريف وصناعات ريفية. – ترسيم حقوق الملكية بشكل واضح قد يسرّع تطبيق برامج التحريج.	– إستخدام الأراضي الشحيحة قد ينافس الأراضي الزراعية ويحدّ من الأمن الغذائي، بينما يزيد كلفة الأغذية. – يمكن إن تحدّ الزراعات الاحادية من التنوع البيولوجي، كما انها أكثر عرضة للامراض. – يمكن أن يعيق تحويل الفيض السهلي والأرض الرطبة الوظائف البيئية.
تفادي إزالة الغابات.	– يمكن أن يحفظ التنوّع البيولوجي، الفوائد من إدارة التربة والماء، وانماط هطول الامطار المحلية. – يحدّ من السحاب المحلي ومن تلوّث الهواء الناجم عن حرائق الغابات. – في حال تمت إدارته جيداً، يمكن أن يولّد دخلاً من السياحة البيئية ومن مبيعات الأخشاب المزروعة بطريقة مستدامة. – يتطلّب الزرع الجيد إشراك السكان المحليين في إدارة الأرض و / أو تامين طرق حياة بديلة، وتطبيق القانون بهدف منع النازحين من التعدي على ارض الغابات.	– يمكن أن يؤدي إلى خسارة الرفاه الإقتصادي لدى بعض الاطراف المعنيّة بإستثمار الغابات (أي أصحاب الاراضي، والعمال النازحين). – يمكن أن يؤدي إنخفاض تأمين الأخشاب إلى إنخفاض صادرات الاخشاب وزيادة استعمال مواد البناء التي تسبّب كميات كثيفة من غازات الدفيئة. – يمكن أن تؤدي إلى نزع الاشجار وتبعاتها على التنمية المستدامة.
إدارة الغابات.	– أنظر التحريج.	– يمكن أن يزيد إستعمال المخصبات إنتاج ثاني أكسيد النترات، وتسرّب النترات قد يتسبب بتدهور نوعية المياه (الجوفية) المحلية. – تؤدي الحماية من الحرائق والآفات إلى فوائد على المدى القصير، لكنها تزيد مخزون الوقود الذي يسبب الحرائق في المستقبل.

خيارات التّخفيف من الآثار والقطاع	إمكانيات التآزر في التنمية المستدامة وشروط التطبيق	إمكانيات التنازل المتبادل
الطاقة الأحيائية (الفصلين ٨ و٩)		
إنتاج الطاقة الأحيائية.	– إيجابية خاصة عند إستخدامها على بقايا المزروعات (النواة والقشور والالياف و / او اغصان الاشجار). – يستحدث فرص عمل في الريف. – تتطلب زراعة المحاصيل والاشجار لأغراض الطاقة الأحيائية فقط توفر ارض ويد عاملة زراعية ملائمة لتفادي التنافس مع الإنتاج الغذائي.	– يمكن أن يتسبب بتداعيات بيئية سلبية في حال إستخدامه بطريقة غير مستدامة – خسارة التنوع البيولوجي، التنافس على الموارد المائية، زيادة إستعمال المخصبات ومبيدات الآفات. – مشكلة ممكنة مع الأمن الغذائي (الموقع محدد) وزيادة كلفة الاغذية.
الزراعة: الفصل ٨		
إدارة الأراضي الزراعية (إدارة المغذيات، والحراثة، والبقايا، والحراجة الزراعية، والماء والارز، وتبوير الارض).	يمكن أن يؤدي تحسين إدارة المغذيات إلى الإرتقاء بنوعية المياه الجوفية والصحة البيئية للنظام البيئي الزراعي.	– قد تؤدي التغييرات في السياسات المائية إلى تضارب المصالح وتهدد التّرابط الإجتماعي. – يمكن ان تؤدي إلى سوء إستخدام المياه.
إدارة أراضي الرعي.	– تحسّن إنتاجية الماشية وتحدّ من التصحّر وتوفر الأمن الإجتماعي للفقراء. – تفرض إعتماد القوانين وتطبيقها بهدف منع الرعي غير المنظم.	
إدارة الماشية.	– يحسّن الدمج بين زراعة الأرز التقليدية وإدارة الماشية الدخل حتى في المناطق القاحلة وشبه القاحلة.	
إدارة النفايات: الفصل ١٠		
دفن القمامة بطريقة صحية ومنظمة وإستعادة غاز القمامة بهدف إلتقاط غاز الميثان.	– يمكن أن يزيل إغراق النفايات غير المضبوط وحرق النفايات في الهواء الطلق، ويحسّن صحة العمال والسكان وسلامتهم. – يمكن ان توفر المواقع فوائد في مجال الطاقة ومساحات عامة للترفيه ولسواها من الاهداف الإجتماعية في إطار البنية التحتية المدنية.	– عند تطبيقه بطريقة غير مستدامة، يمكن أن يتسبّب بنض يؤدي إلى تلوث التربة والمياه الجوفية، ما يؤدي إلى آثار صحية سلبية.
معالجة بيولوجية للنفايات والمياه المبتذلة (تحويل إلى اسمدة، الهضم غير الهوائي، معالجو المياه المبتذلة بطريقة هوائية وغير هوائية).	– يمكن أن تقضي على العوامل المرضة وتأتي بتعديلات مفيدة على التربة في حال تم تطبيقها جيدا عبر إستخدام النفايات العضوية المفصولة بحسب المصدر، او المياه المبتذلة المجمّعة. – يمكن إن تستحدث فرص عمل. – يمكن ان توفر العمليات غير الهوائية فوائد على الطاقة من خلال جمع الهيدروكربون وإستعماله.	– مصدر روائح وتلوث المياه في حال لم يتم ضبطه والتحكم به بطريقة ملائمة.
الإحراق والعمليات الحرارية الأخرى.	– الحصول على أكبر فائدة ممكنة على الطاقة من النفايات.	– مكلفة بالمقارنة مع الدفن المنظم والتحويل إلى أسمدة. – غير مستدام في الدول النامية في حال كانت البنية التحتية الفنية غير متوفرة. – الإستثمار الإضافي في التحكم بتلوث الهواء والفصل بحسب المصدر ضروري لمنع إنبعاثات المعادن الثقيلة وسميات الهواء الاخرى.
التدوير، وإعادة الإستعمال، والحد من النفايات.	– تأمين الوظائف على الصعيد المحلي والحدّ من إستعمال الطاقة والمواد الخام في المنتوجات الخاضعة للتدوير. – يمكن الإستفادة من مساعدة المنظمات غير الحكومية، ورأس المال في القطاع الخاص في صناعات التدوير، وتطبيق القواعد البيئية، والتخطيط المدني لفصل معالجة النفايات وانشطة التخلص من النفايات عن حياة المجتمع.	– يؤدي الكسح الطبيعي غير المنظم إلى مشاكل كبيرة على الصحة والسلامة بالنسبة إلى من يعتاشون من إلنفايات. – تنمية صناعات التدوير المحلية تتطلب توفر راس المال.

وإفادة الإقتصاد الريفي، لكنها قد تنافس الأرض المستخدمة في إنتاج الأغذية وتضر التنوّع البيولوجي.

- يمكن تعزيز التنمية المستدامة من خلال أعمال التخفيف من الآثار في معظم القطاعات، وخاصةً في قطاعات إدارة النفايات والنقل والبناء، ولا سيما من خلال النقص في إستخدام الطاقة والحدّ من التلوث.

١٣ السياسات والأدوات وإتفاقات التعاون

المقدمة

يناقش هذا الفصل أدوات السياسة الوطنية وتطبيقها ومبادرات القطاع الخاص، والحكومات المحلية والمنظمات غير الحكومية وإتفاقات التعاون الدولية. وأينما أمكن، تمت مناقشة السياسات الوطنية والإتفاقات الدولية في إطار أربعة مبادئ يمكن تقييمها على أساسها، وهي: الكفاءة البيئية، والفاعلية بالقياس إلى الكلفة، ومفهوم التوزيع، والجدوى المؤسساتية. وهناك عدد من المعايير الإضافية يمكن النظر فيها بوضوح، كتأثير التنافسية والتكاليف الإدارية. ويمكن للحكومات أن تطبّق معايير محددة عند إتخاذ قرارات، لإجراء رقابةٍ مسبقة بين الأدوات وتقييم ما بعد الأداء. [١٣,١].

أدوات السياسة الوطنية وتطبيقها وتفاعلها

ما زالت تشير الكتب إلى توفّر عدد واسع من السياسات والتدابير الوطنية لدى الحكومات بهدف الحدّ من إنبعاثات غازات الدفيئة. وتضم: التشريعات، والمقاييس، والضرائب، والرسوم، والرخص القابلة للتداول، والإتفاقات الطوعية، وإعانات الإلغاء التدريجي، وتأمين المحفّزات المالية، وأدوات البحث والتنمية والمعلومات. ويمكن لسياسات أخرى، مثل تلك المؤثرة على التجارة والإستثمارات الأجنبية المباشرة وأهداف التنمية الإجتماعية، أن تؤثر بدورها على إنبعاثات غازات الدفيئة. وبشكل عام، إذا تم دمج سياسات تغيّر المناخ مع سياسات الحكومة الأخرى، سيصبح بإمكانها أن تساهم في التنمية المستدامة في الدول النامية والمتقدّمة على حد سواء (أنظر الفصل ١٢) [١٣,١].

وتحتاج عملية الحدّ من الإنبعاثات على نطاق القطاعات والغازات كافةً إلى محفظة من السياسات الملائمة، تتوافق والظروف الوطنية. وفيما تحدد الكتب فوائد أو سلبيات هذه الأداة أو تلك، يستخدم واضعو السياسات بشكل واسع المعايير المذكورة أعلاه عند إختيار السياسات وتقييمها. ويمكن تصميم كافة الأدوات بشكل جيد أو سيء، صارم أو ليّن. وتحتاج إلى تعديل مع الوقت وتعزيز أنظمة مراقبة وإلزام تكون قابلة للعمل. كما يمكن للأدوات أن تتفاعل مع المؤسسات والتشريعات الموجودة في قطاعات المجتمع الأخرى (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٣,١].

تعطي الكتب كمّاً وافياً من المعلومات لتقييم كيفية إستجابة تلك الأدوات المختلفة للمعايير المذكورة أعلاه (أنظر الجدول ٢٠ في الملخّص الفني) [١٣,٢]، مقترحةً، بشكل عام، على النحو التالي:

- **تؤمن التدابير والمقاييس التنظيمية** عادةً يقيناً بيئياً. وقد تكون مفيدة في مَنَعَ نقص المعلومات أو حواجز أخرى الشركات أو المستهلك من الإستجابة إلى مؤشرات الأسعار. ولا تعطي المقاييس التنظيمية عادة محفّزات إلى الأطراف الملوّثة من أجل تنمية تكنولوجيات جديدة بهدف الحدّ من التلوّث، لكن تتوفّر بعض الأمثلة حيث شجّعت المقاييس التنظيمية الإبتكار التكنولوجي. وتعتبر المقاييس ممارسة شائعة في قطاع المباني، وهو كثير الإبتكار. ورغم العدد القليل نسبياً من المقاييس التي إعتُمدت خصيصاً للحدّ من إنبعاثات غازات الدفيئة، تمكّنت المقاييس من تقليص الغازات كمنفعة مشتركة (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٣,٢].
- تحظى **الضرائب والرسوم** (يمكن تطبيقها على الكربون أو على كافة غازات الدفيئة) بعلامات عالية لجهة فاعليّتها بالقياس إلى الكلفة، نظراً إلى أنها تؤمن بعض التأكيدات على مستوى الكلفة الحدية لمراقبة التلوّث. إلا أنها لا يمكنها أن تضمن مستوى معيّن من الإنبعاثات، ولكن، نظرياً، يمكن تصميم ضرائب فاعلة بيئياً. ويصعب أحياناً تطبيقها وتعديلها سياسياً. وعلى غرار التشريعات، ترتبط كفاءتها البيئية بمدى صرامتها. وكما هي الحال مع أدوات السياسات، من الضروري محاولة منع الآثار الضارة (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٣,٢].
- **الرخص القابلة للتداول** هي أدوات إقتصادية تزداد شعبيتها، وتهدف إلى مراقبة الملوّثات التقليدية وغازات الدفيئة على المستويات القطاعية والوطنية والدولية. ويحدّ حجم المخصصات سعر الكربون وكفاءة الأداة البيئية، بينما يؤثر توزيع المخصصات على التنافسية. وتشير الخبرة إلى قدرة الأحكام المصرفية على تأمين ليونة مؤقتة هامة، وإلى ضرورة تصميم أحكام الإمتثال بإنتباه كبير لتأمين فاعلية النظام (توافق عالٍ، أدلة وافية). أما عدم اليقين في سعر تخفيضات الإنبعاثات بموجب نظام تداول ما فيجعل من الصعب، مبدئياً، معرفة الكلفة الإجمالية لتحقيق أهداف الخفض المرجوّة [١٣,٢].
- **الإتفاقات الطوعية بين قطاع الصناعة والحكومات** وحملات نشر المعلومات هي أدوات جاذبة سياسياً، تقوم بتوعية أصحاب الشأن وأدّت دوراً في تطوير العديد من السياسات الوطنية. ولم تتمكن أكثرية

الجدول ٢٠ في الملخّص التنفيذي: أدوات السياسة البيئية الوطنية ومعايير التقييم [الجدول ١٣,١]

النهج	المعايير			
	الكفاءة البيئية	**الكفاءة بالقياس إلى الكلفة**	**إحترام مفهوم التوزيع**	**الجدوى المؤسساتية**
التشريعات والمقاييس	تحديد مباشر لمستويات الإنبعاثات، رغم بعض الإستثناءات. تعتمد على الإحالات والإمتثال.	تعتمد على التصميم، يؤدي غالباً التطبيق الموحّد إلى تكاليف إمتثال عامة أعلى.	يعتمد على مستوى نطاق العمل. قد لا يستفيد الأطراف المشاركون الصغار أو الجدد.	تعتمد على القدرة الفنية، مشهورة لدى المنظمين، في دول ذات أسواق ضعيفة الأداء.
الضرائب والرسوم	تعتمد على قدرة تثبيت الضرائب عند مستوى يؤدي إلى تغيير السلوك.	أفضل مع تطبيق واسع النطاق. تكاليف إدارية أعلى للمؤسسات الضعيفة.	تراجعي، يمكن تحسينه مع إعادة تدوير الدخل.	غير مشهورة سياسياً، قد يصعب إلزامها في مؤسسات تعاني من سوء التنمية.
الرخص القابلة للتداول	تعتمد على الحدّ الأقصى للإنبعاثات والمشاركة والإمتثال.	تنخفض مع مشاركة محدودة وعدد قطاعات أقل.	يعتمد على التخصيص الأولي للرخص. قد تشكّل الرخص صعوبات لصغار المصدّرين.	تحتاج إلى أسواق تعمل جيداً وإلى مؤسسات تكاملية.
الإتفاقات الطوعية	تعتمد على تصميم البرنامج، بما في ذلك أهداف واضحة وسيناريو لخط الأساس، مشاركة طرف ثالث في تصميم الاحكام ومراجعتها ومراقبتها.	تعتمد على ليونة المحفّزات والمكافآت والعقوبات الحكومية ونطاقها.	منافع متزايدة للمشاركين وحدهم.	غالباً ما تكون مشهورة سياسياً، وتحتاج إلى عدد كبير من الموظفين الإداريين.
إعانات ومحفّزات أخرى	تعتمد على تصميم البرنامج. أقل تأكيداً من التشريعات والمقاييس.	تعتمد على مستوى البرنامج وتصميمه، قابلة لزعزعة السوق.	منافع لمشاركين مختارين، ربما لمن لا يحتاج إليها فعلاً.	مشهورة بين الدول المتلقية، مقاومة ممكنة من المالكين المطلقين. يصعب إلغاءها.
البحث والتطوير	يعتمد على إستمرار التمويل، عند تطوير التكنولوجيات والسياسات المطلوب نشرها. منافع ممكنة على المدى الطويل.	يعتمد على تصميم البرنامج وعلى مستوى المخاطر.	يفيد أولاً المشاركين المختارين. وجود إمكانية سوء تخصيص الأموال بسهولة.	يحتاج إلى العديد من القرارات المنفصلة. يعتمد على قدرة البحث وعلى التمويل الطويل المدى.
سياسات نشر المعلومات	تعتمد على كيفية إستخدام المستهلك للمعلومات، تزداد فاعليتها عند الإشتراك مع سياسات أخرى.	متدنية الكلفة مبدئياً ولكن تعتمد على تصميم البرنامج.	قد تكون أقل فاعلية للمجموعات (المتدنية الدخل مثلاً) التي لا تملك النفاذ إلى المعلومات.	تعتمد على التعاون بين المجموعات ذات الأهمية الخاصة.

ملاحظات: يعتمد التقييم على الإفتراض بأن الأدوات تمثّل أفضل الممارسات بدلاً من أن تكون مثالية نظرياً. ويستند التقييم الحالي بشكل أساسي إلى خبرات وكتب من الدول المتقدّمة، نظراً إلى أن المقالات المراجعة من قبل الأقران حول كفاءة الأدوات في الدول الأخرى كانت محدودة. وقد تختلف إمكانية التطبيق في دول وقطاعات وظروف محددة بشكل كبير، خاصةً في الدول النامية وحالات الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية. ويمكن تعزيز الكفاءة البيئية والفاعلية بالقياس إلى الكلفة عندما يتم تركيب الأدوات بشكل إستراتيجي وأقلمتها مع الظروف المحلية.

الإتفاقات الطوعية من تحقيق خفض كبير للإنبعاثات لتخطي نتائج «العمل كالعادة». ولكن سرّعت بعض الإتفاقات الأخيرة في عدد من الدول تطبيق أفضل التكنولوجيات المتوفّرة، ما أدّى إلى خفض ملموس للإنبعاثات مقارنة مع خط الأساس (توافق عالٍ، أدلة وافية). وتضم عوامل النجاح أهدافاً واضحة، وسيناريو لخط الأساس، ومشاركة الطرف الثالث في التصميم والمراجعة، وأحكام المراقبة الرسمية [١٣,٢].

- **الأعمال الطوعية:** تعتمد الشركات والحكومات دون الوطنية والمنظمات غير الحكومية ومجموعات من المجتمع المدني عدداً واسعاً من مختلف الأعمال الطوعية، المستقلة عن السلطات الحكومية، ما قد يحدّ من إنبعاثات غازات الدفيئة ويعزز السياسات الإبتكارية ويشجّع نشر التكنولوجيات الجديدة. ولكنها، وحيدة، لا تملك إلا تأثيراً محدوداً على المستويين الوطني والإقليمي [١٣,٢].
- غالباً ما تُستعمل **المحفّزات المالية** من قبل الحكومات بهدف تعزيز نشر تكنولوجيات جديدة تطلق كميات أقل من الكربون. ورغم إرتفاع التكاليف الإقتصادية لبرامج كهذا في أغلب الأحيان، بالمقارنة مع الأدوات المذكورة أعلاه، تبقى ضرورية أحياناً لتخطي العوائق أمام دخول التكنولوجيا الجديدة (توافق عالٍ، أدلة وافية). وعلى غرار السياسات الأخرى، تحتاج برامج المحفّزات إلى تصميم حذر لتجنّب تأثيرات السوق الضارة. وما زالت الإعانات المباشرة وغير المباشرة لإستخدام الوقود الأحفوري وللزراعة ممارسةً شائعة في العديد من الدول رغم إنخفاض إعانات الفحم خلال العقد الماضي في العديد من دول منظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي وفي بعض الدول النامية (أنظر أيضاً الفصول ٢، و٧، و١١) [١٣,٢].

- يشكّل **دعم الحكومة للبحث والتطوير** نوعاً خاصاً من المحفّزات بإمكانه أن يكون أداة هامة لتوفير تكنولوجيا منخفضة إطلاق غازات الدفيئة على المدى الطويل. لكن، بعد أزمة البترول في السبعينيات، إنخفض تمويل الحكومات للعديد من برامج البحث في مجال الطاقة، ثم بقي مستقراً حتى بعد المصادقة على إتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ. وتظهر الحاجة إلى مزيد من الإستثمار وإلى سياسات جديدة في مجال البحث والتطوير لضمان جهوزية التكنولوجيات في التسويق بهدف تثبيت غازات الدفيئة في الغلاف الجوي (أنظر الفصل ٣)، إلى جانب الأدوات الإقتصادية والتنظيمية لتعزيز نشر التكنولوجيا وإنتشارها (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٣,٢,١].
- **أدوات نشر المعلومات:** تسمى أحياناً إحتياجات الإفصاح للرأي العام، وبإمكانها أن تؤثّر إيجابياً على النوعية البيئية من خلال السماح للمستهلك بأن يبني خياراته على معرفة أفضل. ولا تتوفّر إلا معلومات محدودة في سياق قدرة تأمين المعلومات على الحدّ من الإنبعاثات، لكن بإمكان المعلومات الإضافية أن تحسّن كفاءة السياسات الأخرى (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٣,٢].

ويحتاج تطبيق مزيج من الأدوات ذات الكفاءة الإقتصادية والفاعلية البيئية إلى فهم جيّد للمسائل البيئية المطلوب مواجهتها، ولعلاقتها بسياسات في مجالات أخرى، ولتفاعلها في ما بينها، داخل المزيج. أما على مستوى الممارسة فيتم تطبيق السياسات المتعلّقة بالمناخ بشكل عشوائي وبعزل تام، فهي تخرج عن نطاقها لتتشابك مع سياسات أخرى ترتبط بالبيئة والحراجة والزراعة وإدارة النفايات والنقل والطاقة، وتحتاج، في العديد من الحالات، إلى أكثر من أداة واحدة (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٣,٢].

مبادرات الحكومات الوطنية الفرعية والشركات والمنظمات غير الحكومية

رغم سيطرة الدراسات المبنية على أدوات حكومية وطنية، بإمكان الشركات والسلطات المحلية والإقليمية والمنظمات غير الحكومية ومجموعات المجتمع المدني أن تؤدي هي ايضاً دوراً هاماً بإعتماد عددٍ واسع من الأعمال مستقلة عن السلطات الحكومية، بهدف الحدّ من إنبعاثات غازات الدفيئة. وتمتد أعمال الشركات من مبادرات طوعية إلى أهداف الحدّ من الإنبعاثات، وفي بعض الحالات، أنظمة تداول داخلية. ومن بين الأسباب التي تجعل الشركات تقوم بأعمال مستقلة، تُذكر الرغبة في التأثير على عمل الحكومة أو الوقاية منه، وفي إنشاء قيمة مالية، وفي التميّز عن باقي الشركات والمنتجات. وتضم أعمال السلطات الإقليمية والوطنية أو السلطات على مستوى المحافظة أو على المستوى المحلي، مقاييس محفظة قابلة للتجديد وبرامج متعلّقة بكفاءة الطاقة ومحاولة تسجيل الإنبعاثات ووضع آليات قطاعية تتعلّق بالحد الأقصى وبالتداول. وتهدف تلك الأعمال إلى التأثير على السياسات الوطنية ومعالجة مخاوف الأطراف المعنيين وخلق محفّزات للصناعات الجديدة أو إنشاء منافع بيئية مشتركة. أما المنظمات غير الحكومية فتعزز برامج الحدّ من الإنبعاثات من خلال توعية الرأي العام ورفع الدعاوى وإجراء حوار مع أصحاب الشأن. وبإمكان العديد من الأعمال المذكورة أعلاه أن يحدّ إنبعاثات غازات الدفيئة ويعزز السياسات الإبتكارية ويشجّع تنمية التكنولوجيات الجديدة والإختبارات مع مؤسسات جديدة، ولكن على حدى، فتأثيرها غالباً ما يكون محدوداً. إذ يجب أن تؤدي تلك الأعمال إلى تغيير في السياسات الوطنية كي تحدّ بشكل فاعل الإنبعاثات (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٣,٤].

الإتفاقات الدولية (إتفاقات بشأن تغيّر المناخ وإتفاقات أخرى)

تمكّنت الإتفاقية الإطارية للأمم المتحدة بشأن تغيّر المناخ مع بروتوكول كيوتو من وضع مجموعة من المعايير كوسائل لحل مشكلة بيئية دولية طويلة الأمد، إلا أنها ليست إلا الخطوات الأولى نحو تطبيق إستراتيجية إستجابة دولية لمكافحة تغيّر المناخ. وأهم ما حققه بروتوكول كيوتو هو تعزيز عدد من السياسات الوطنية وإنشاء سوق كربون دولي وآليات مؤسساتية جديدة. أما تأثيراته الإقتصادية على الدول المشاركة فما زالت غير واضحة. وتمكّنت آلية التنمية النظيفة بشكل خاص من إنشاء شبكة مشاريع واسعة وتعبئة موارد مالية كبيرة، إلا أنها واجهت تحديات منهجية متعلّقة بتحديد خطوط الأساس والخطوط الإضافية. كما تمكّن البروتوكول من تعزيز تنمية أنظمة التداول بالإنبعاثات، لكنه لم ينشئ نظاماً عالمياً بالكامل بعد. وتعيقه حالياً الحدود الخجولة للإنبعاثات، وسيكون له تأثير محدود على تركيزات الغلاف الجوي. وسيكون أكثر فاعلية لو تلت مرحلة الإلتزام الأولى سلسلة تدابير تهدف إلى تحقيق المزيد من الخفض وتطبيق أدوات سياساتية تغطي شريحة أكبر من الإنبعاثات العالمية (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٣,٣].

وتشير الكتب إلى العديد من الخيارات التي حققت خفضاً في الإنبعاثات داخل وخارج الإتفاقية وبروتوكولها، على سبيل المثال: إعادة النظر في شكل أهداف الإنبعاثات وصرامتها، وتوسيع نطاق الإتفاقات القطاعية وشبه الوطنية، وتطوير سياسات مشتركة وإعتمادها، وتعزيز برامج تكنولوجيا البحوث والتطوير والعرض الدولية، وتطبيق الأعمال الموجّهة نحو التنمية، وتوسيع أدوات التمويل (توافق عالٍ، أدلة وافية). ومن الممكن إدخال عناصر مختلفة مثل التعاون على مستوى أعمال البحث والتطوير الدولية وبرامج

الحدّ الأدنى والتداول ضمن إتفاق واحد، لكن المقارنة ما بين جهود الدول المختلفة ستكون معقدة وستتطلّب الكثير من الموارد (توافق متوسط، أدلة متوسطة) [١٣,٣].

ونجد توافقاً واسعاً في الكتب يقضي بأن الإتفاق الناجح هو الإتفاق الفاعل بيئياً ومن حيث الكلفة، يأخذ بمسألة التوزيع والإنصاف، وذات جدوى مؤسساتية (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٣,٣].

وتتوفّر كتب جديدة كثيرة تتناول الهيكليات الممكنة للإتفاقات المستقبلية الدولية ومضمونها. وأشارت تقارير اللجنة الحكومية الدولية المعنيّة بتغيّر المناخ، في تقاريرها السابقة، إلى أن أي نهج لا يضم شريحة أوسع من الإنبعاثات سيكون إما أكثر كلفةً أو أقل فاعلية بيئياً، نظراً إلى أن تغيّر المناخ هو مشكلة عالمية (توافق عالٍ، أدلة وافية) (أنظر الفصل ٣) [١٣,٣].

وتقترح معظم الكتب على الإتفاقات المستقبلية مناقشة الأهداف والقيام بتدابير محددة ووضع جداول زمنية والمشاركة وإعتماد إقتراحات مؤسساتية ووضع تقارير وأحكام الإمتثال. وتتطرّق العناصر الأخرى إلى المحفّزات وعقوبات عدم المشاركة وعدم الإمتثال (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٣,٣].

الأهداف

يشكّل تحديد أهداف واضحة عنصراً هاماً في أي إتفاق بشأن المناخ. إذ بإمكان الأهداف أن تعطي رؤية مشتركة حول التوجّه القصير الأمد وتأمين يقينٍ طويل الأمد، وهو ما يطلبه قطاع الأعمال. كما يساعد وضع الأهداف على تحديد هيكلية الإلتزامات والمؤسسات، ويؤمن محفّزاً لتعزيز العمل، ويساعد على وضع معايير لمدى نجاح تطبيق الإجراءات (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٣,٣].

ويؤثر إختيار الهدف الطويل الأمد كثيراً على العمل القصير الأمد المطلوب، وبالتالي على تصميم النظام الدولي. أما كلفة المكافحة فترتبط بالهدف وتختلف مع المناطق وتعتمد على تخصيص تراخيص الإنبعاثات بين المناطق وعلى مستوى المشاركة (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٣,٣].

وقد تضم خيارات تصميم الأنظمة الدولية أهدافاً قصيرة ومتوسطة وطويلة الأمد. ويكمن أحد الخيارات في إختيار هدف لتركيزات غازات الدفيئة الطويلة الأمد أو هدف تثبيت درجات الحرارة. ويمكن لهدف كهذا أن يستند إلى التأثيرات المادية المطلوب تجنّبها، أو، نظرياً، على أساس الضرر النقدي وغير النقدي المطلوب تجنّبه. ويمكن أيضاً، بدلاً من التوافق حول تركيزات محددة من ثاني أكسيد الكربون أو مستويات معيّنة من درجات الحرارة، التوافق حول أعمال طويلة الأمد محددة، مثل تكنولوجيا البحث والتطوير وأهداف النشر – مثلاً: «القضاء على إنبعاثات الكربون الناتجة عن قطاع الطاقة بحلول العام ٢٠٦٠». وتكمن فائدة هدف شبيه في إمكانية ربطه بأعمال محددة (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٣,٣].

ومن بين الخيارات الأخرى، نجد «إستراتيجية تحوّط» وهي هدفٌ أقصر أمداً لإنبعاثات دولية، يمكن، إنطلاقاً منه، تحقيق عددٍ من الأهداف الطويلة الأمد مرجوّة. وبعد تحقيق الهدف القصير الأمد، تُتّخذ القرارات في الخطوات المقبلة إنطلاقاً من المعرفة الجديدة المتوفّرة ومستويات عدم اليقين المخفّضة (توافق متوسط، أدلة متوسطة) [١٣,٣].

المشاركة

تتراوح مشاركة الدول في الإتفاقات الدولية من خجولة إلى مكثّفة. ويمكن تحديد الفرق بين أعمال الدول المشاركة بناءً على معرفة موعد القيام بالعمل، ومن يقوم به، وما هو العمل. أما الدول المشاركة في «الإطار» ذاته فستخضع للإلتزامات ذاتها (أو متشابهة جداً). ويمكن أن تستند القرارات بشأن كيفية توزيع الدول بحسب الإطارات، إلى معايير كمية ونوعية رسمية أو أن تكون متخصصة. وبموجب مبدأ السيادة، يحق للدول إختيار الإطار الذي تود الإنضمام إليه (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٣,٣].

ويمكن لإتفاقٍ أن يحظى بمشاركة مستقرّة أو أن يتغيّر مع الوقت. وفي حال تغيّر، بإمكان الدول أن «تتدرّج» من إطار إلى إطار آخر من الإلتزامات. ويمكن للتدرّج أن يرتبط بتخطي عتبات كمية لبعض البرامترات (أو مجموعة من البرامترات) المحددة مسبقاً في الإتفاق، مثل الإنبعاثات والإنبعاثات التراكمية، وإجمالي الناتج المحلي للفرد الواحد، والمساهمة النسبية في زيادة درجات الحرارة أو أية قياسات تنموية أخرى، مثل مؤشر التنمية البشرية (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٣,٣].

يعتبر البعض أن أي إتفاق دولي لا يحتاج إلا ضم أكبر مصادر الإنبعاثات من بين الدول، كي يكون فاعلاً، نظراً إلى أن الدول الـ١٥ الأكبر (دول الإتحاد الأوروبي الـ٢٥ تحتسب كدولة واحدة) تطلق حوالي ٨٠٪ من مجمل إنبعاثات غازات الدفيئة العالمية. بينما يشدد البعض الآخر على أن تلتزم الدول المسؤولة تاريخياً عن الإنبعاثات أولاً. وفيما يقول البعض إن التنمية التكنولوجية تشكّل العامل الأساسي في حل عالمي لتغيّر المناخ، ما يعني أن على الإتفاقات أن تتوجّه بشكل خاص إلى التنمية التكنولوجية في الدول المدرجة في المرفق الأول التي قد تحوّل بعضاً من الإنبعاثات المتسرّبة أو جميعها نحو الدول غير المدرجة في المرفق الأول، يعتبر البعض الآخر أن النظام المناخي

لا يتعلّق فقط بالتخفيف بل يضم ايضاً التكيّف، وأن شريحة أكبر بكثير من الدول عرضة لتغيّر المناخ، لذا لا بد من إدخالها في الإتفاق (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٣,٣].

صرامة النظام: الربط بين الأهداف والمشاركة والتوقيت

بموجب معظم التأويلات المتعلّقة بالموجودات، ستحتاج الدول المتقدّمة كمجموعة إلى أن تحدّ من إنبعاثاتها بشكل كبير بحلول العام ٢٠٢٠ (١٠٪ – ٤٠٪ دون مستويات العام ١٩٩٠) وأن تحدّ المزيد من الإنبعاثات بحلول العام ٢٠٥٠ (٤٠٪ – ٩٥٪ دون مستويات العام ١٩٩٠) لمستويات تثبيت متدنية أو متوسطة (٤٥٠ – ٥٥٠ جزءاً في المليون من ثاني أكسيد الكربون المكافئ) (أنظر أيضاً الفصل ٣). وبموجب معظم تصاميم النظم التي أخذت بذلك المستوى من مستويات التثبيت، تحتاج إنبعاثات الدول النامية إلى أن تنحرف إلى ما دون إنبعاثات خطوط الأساس التابعة لها والمُسقطة عن العقود القليلة المقبلة (توافق عالٍ، أدلة وافية). وسيبقى إختيار مستوى الطموح الطويل الأمد أهم من تصميم نظام الحدّ من الإنبعاثات، وذلك بالنسبة إلى معظم الدول.

ويرتبط مجموع التكاليف العالمي بشكل كبير بسيناريو خط الأساس، وتكاليف المكافحة الحدية المقدّرة، ومستوى تثبيت التركيزات المفترضة (أنظر أيضاً الفصلين ٣ و١١) ومستوى المشاركة (حجم التحالف) ودرجتها (كيف ومتى توزّع المخصصات). فإذا لم تشارك مثلاً بعض أهم المناطق المطلِقة للإنبعاثات فوراً في عملية الحدّ من الإنبعاثات، ستكون تكاليف المناطق المشاركة العالمية أعلى في حال تم الإحتفاظ بالهدف ذاته (أنظر الفصل ٣). وتعتمد تكاليف المكافحة الإقليمية على المخصصات من الإنبعاثات المعطاة للمناطق، وعلى التوقيت بشكل خاص. لكن مستوى التثبيت المفترض وسيناريو خط الأساس هما أكثر أهميةً في تحديد التكاليف الإقليمية [١١,٤، ١٣,٣].

الإلتزامات والجداول الزمنية والأفعال

يحدد عدد لا بأس به من الكتب ويقيّم سلسلة متعددة من خيارات الإلتزامات التي تملكها المجموعات المختلفة. وغالباً ما يقيّم الإلتزام المتعلّق بالحد الأقصى المطلق لخفض الإنبعاثات والملزم بموجب بروتوكول كيوتو للدول المدرجة في المرفق الأول. وتستنتج الكتب بشكل عام أن أنظمة كهذه تؤمن مستوى من اليقين إزاء مستويات الإنبعاثات المستقبلية في الدول المشاركة (إذا ما إعتبرنا أنه تم إحترام الحدود القصوى). ويقترح العديد من المؤلفين أن يتم الوصول إلى الحدّ الأقصى بإستخدام سلسلة من أنهج «ليّنة» تضم العديد من غازات الدفيئة والقطاعات ودول عديدة من خلال التداول بالإنبعاثات و / أو الآليات المبنية على المشروعات. (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٣,٣].

وبينما يقترح العديد من المؤلفين تطبيق الحدود القصوى المطلقة على جميع الدول في المستقبل، أعرب العديد عن مخاوفهم من أن تحدّ صلابة نهج كهذا بشكل غير منطقي من النمو الإقتصادي. وبغياب نهج توافقي، تقدّم الكتب عدداً من البدائل لمواجهة تلك المشكلة، بما في ذلك «أهداف دينامية» (حيث تتطوّر الواجبات مع الوقت)، وحدوداً على الأسعار (سيؤدي تحديد الحدّ الأقصى لتكاليف الإلتزام إلى فائض في تحقيق الهدف البيئي، إلى جانب تثبيته التكاليف عند مستوى محدد). وتهدف تلك الخيارات إلى الإحتفاظ بفوائد التداول الدولي بالإنبعاثات مع تأمين مزيد من الليونة لجهة الإلتزام (توافق عالٍ، أدلة وافية). لكن هناك توازن بين التكاليف واليقين في تحقيق مستوى الإنبعاثات المرجو. [١٣,٣].

آليات السوق

بإمكان الأنهج الدولية المبنية على السوق أن تؤمن وسائل فاعلة بالقياس إلى الكلفة لمواجهة تغيّر المناخ إذا ما ضمّت تغطية الدول والقطاعات. وحتى الآن، لم يتم إنشاء سوى بعض الأنظمة المحلية للتداول بالإنبعاثات، ويعتبر نظام التداول بالإنبعاثات التابع للإتحاد الأوروبي الجهد الأكبر لتحقيق ذلك الهدف، مع حوالي ١١٥٠٠ محطّة يُسمح لها ببيع وشراء التراخيص (توافق عالٍ، أدلة كثيرة). [١٣,٢].

ورغم سرعة تطوّر آلية التنمية النظيفة، بقي مجموع التدفقات المالية لنقل التكنولوجيا محدوداً حتى الآن. وخصّصت الحكومات والمنظمات غير الحكومية والشركات الخاصة حوالي ٦ مليار دولار أميركي لصناديق الكربون من أجل مشاريع الحدّ من الكربون، من خلال آلية التنمية النظيفة في معظم الأحيان. وتبلغ قيمة التدفقات المالية نحو الدول النامية من خلال آلية التنمية النظيفة مليارات الدولارات الأميركية في السنة. وهو رقم أعلى من قيمة التدفقات عبر مَرفق البيئة العالمية، بالمقارنة مع تدفّقات المساعدات للتنمية الموجّهة نحو الطاقة، لكنها أدنى بدرجة واحدة على الأقل من حجم تدفّقات الإستثمارات الأجنبية المباشرة (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٣,٣].

وأكدّ الكثيرون على أن سر نجاح أي إتفاق بشأن تغيّر المناخ يكمن في قدرته على تعزيز التنمية ونقل التكنولوجيا. وبغياب الإثنين، سيصعب تحقيق خفضٍ واسع النطاق للإنبعاثات. ويعتمد نقل التكنولوجيا إلى الدول النامية بشكل أساسي على الإستثمارات. لذا، من الضروري إنشاء بيئة موائمة للإستثمار ونقل التكنولوجيا وإبرام إتفاقات دولية بشأن التكنولوجيا. وتكون إحدى

الجدول ٢١ في الملخّص الفني: تقييم الإتفاقات الدولية بشأن تغيّر المناخ[أ] [الجدول ١٣,٣].

النهج	الكفاءة البيئية	الكفاءة بالقياس إلى الكلفة	إحترام مفهوم التوزيع	إحترام مفهوم التوزيع
أهداف وطنية للحدّ من الإنبعاثات والتداول الدولي بها (بما في ذلك إنبعاثات خارج الموقع)	تعتمد على المشاركة والإمتثال.	تنخفض بوجود مشاركة محدودة وبتغطية مخفّضة للغازات والقطاعات.	يعتمد على التخصيص الأولي.	تعتمد على القدرة على تحضير جردات وعلى الإمتثال. ويزعزع أي خلل إستقرار النظام.
إتفاقات قطاعية	لا يمكن إشراك كافة القطاعات في هذا النوع من الإتفاقات، ما يحدّ من الكفاءة الشاملة المرتبطة بمدى إلزامية الإتفاق.	يزيد النقص في التداول بين القطاعات من مجمل التكاليف، رغم قدرته على أن يكون فاعلاً بالقياس إلى الكلفة ضمن قطاعات فردية. إنخفاض المخاوف التنافسية داخل كل قطاع.	يعتمد على المشاركة. القضاء على المخاوف التنافسية ضمن القطاع ذاته في حال تمّ التعامل على قدم المساواة مع الجميع على المستوى الدولي.	تحتاج إلى قرارات منفصلة وإلى قدرة فنية جيدة. قد يحتاج كل قطاع إلى مؤسسات عابرة للدول لإدارة الإتفاقات.
سياسات وتدابير منسّقة	تدابير فردية قد تكون فاعلة، ومستويات الإنبعاثات غير أكيدة، وسيرتبط النجاح بمدى الإمتثال.	ترتبط بتصميم السياسة.	قد يحدّ التنسيق الموسّع النطاق من الليونة الوطنية ولكن بإمكانه أن يزيد من التكافؤ.	تعتمد على عدد الدول (أسهل بين المجموعات الصغيرة من الدول منها على المستوى الوطني).
التعاون حول تكنولوجيا البحوث والتطوير والعرض[ب]	تعتمد على التمويل، وموعد إعتماد التكنولوجيات، وسياسات النشر.	تختلف مع إختلاف نسبة خطر البحث والتطوير. يقلّص التعاون من المخاطر الوطنية الفردية.	قد تؤثّر المخاوف المتعلّقة بالملكية الفكرية سلباً على منافع التعاون.	تحتاج إلى العديد من القرارات المنفصلة. تعتمد على القدرة على البحث والتمويل الطويل الامد.
أعمال موجّهة نحو التنمية	تعتمد على السياسات والتصاميم الوطنية لإرساء التآزر.	تعتمد على نطاق التآزر مع الأهداف التنموية الأخرى.	يعتمد على التأثيرات التوزيعية للسياسات التنموية.	تعتمد على الأولوية المعطاة للتنمية المستدامة في السياسات الوطنية وأهداف المؤسسات الوطنية.
الآليات المالية	تعتمد على التمويل.	تعتمد على الدولة ونوع المشروع.	يعتمد على معايير إختيار الدولة والمشروع.	تعتمد على المؤسسات الوطنية.
بناء القدرات	تختلف مع الوقت وتعتمد على الكتلة الحرجة.	تعتمد على تصميم البرنامج.	يعتمد على إختيار المجموعة المستلمة.	تعتمد على الدولة والأطر المؤسساتية.

[أ] ينظر الجدول في كلّ نهج بناءً على قدرته في تحقيق الأهداف الداخلية، وليس لعلاقته بتحقيق الهدف التنموي العالمي. ولا بد من إعتماد مجموعة من الأدوات لتحقيق أهداف كهذه. ولا تقيّم الكتب كل الأنهج بالطريقة ذاتها، إذ تختلف الأدلة المتعلّقة بعناصر فردية عن تلك المصفوفة.

[ب] يشار إلى البحوث والتطوير والعرض بـ RD&D

آليات نقل التكنولوجيا عبر إيجاد طرق إبتكارية لتعبئة الإستثمارات وتغطية التكاليف الإضافية للتخفيف والتكيّف مع تغيّر المناخ. ويمكن للإتفاقات الدولية أن تعزز البنية التحتية للمعرفة (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٣,٣].

وإقترح عددٌ من الباحثين أن بإمكان الأنهج القطاعية أن تؤمن إطاراً مناسباً لإتفاقات ما بعد كيوتو. فبموجب نظام شبيه، يمكن تحديد أهداف معيّنة والإنطلاق من قطاعات أو صناعات خاصة تعتبر هامة، أو أسهل من حيث التعامل السياسي، أو متناسقة عالمياً، أو معزولة نسبياً عن التنافسية مع قطاعات أخرى. وقد تؤمن الإتفاقات القطاعية درجةً إضافية من الليونة في السياسات وتسهّل المقارنة بين الجهود ضمن قطاع محدد في مختلف الدول، ولكنها قد تكون أقل فاعلية بالقياس إلى الكلفة نظراً إلى أن التداول مع قطاع واحد أغلى من التداول على مستوى القطاعات كلها (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٣,٣].

تنسيق السياسات والتوافق في ما بينها

قد تشكل السياسات والتدابير المنسّقة بديلاً عن الأهداف الدولية المتفق عليها لجهة الحدّ من الإنبعاثات أو مكمّلةً لها. وتناقش الكتب عدداً من السياسات القادرة على تحقيق ذلك الهدف، بما في ذلك الضرائب (كضرائب الكربون أو الطاقة)، والتنسيق والتجاري والتجارة الحرة، والبحث والتطوير، والسياسات القطاعية وتلك التي تغيّر الإستثمار الأجنبي المباشر. وبموجب هذا الإقتراح، تقوم كل الأمم المشاركة، صناعية ونامية، بفرض ضرائب على الإستخدام الوطني من الكربون بمعدّل مشترك ما سيسمح

بتحقيق الفاعلية بالقياس إلى الكلفة. بينما تجد كتب أخرى أنه رغم فاعلية إعتماد سعر موحّد للكربون على مستوى كافة الدول، قد يصعب تطبيقه سياسياً نظراً إلى التشوّهات الضريبية الموجودة (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٣,٣].

سياسات غير مناخية وعلاقتها بالتنمية المستدامة

نلحظ تفاعلاً ملموساً بين السياسات والتدابير المأخوذة على المستويين الوطني ودون الوطني مع تدابير القطاع الخاص، وبين سياسات التخفيف والتكيّف لجهة تغيّر المناخ والسياسات في المجالات الأخرى. ويمكن لعددٍ من السياسات الوطنية غير المناخية أن تؤثّر بشكل كبير على إنبعاثات غازات الدفيئة (أنظر الفصل ١٢) (توافق عالٍ، أدلة وافية). ويمكن لأبحاث جديدة عن الإتفاقات الدولية المستقبلية أن تركّز على فهم ذلك الترابط بين السياسات المناخية وغير المناخية والتنمية المستدامة وكيفية تسريع إعتماد التكنولوجيا الموجودة والأدوات المتوفّرة للسياسات [١٣,٣].

يعطي الجدول ٢١ في الملخّص الفني نظرة عن كيفية عمل الأنهج المختلفة لإتفاقات تغيّر المناخ الدولية، كما جاء أعلاه، بعكس المعايير المعروضة في المقدمة. وقد تحظى الإتفاقات الدولية على دعمٍ أقوى في حال إحترمت المعايير المذكورة (توافق عالٍ، أدلة وافية) [١٣,٣].

١٤ الفجوات في المعرفة

تشير الفجوات في المعرفة إلى وجهين من أوجه التخفيف من تغيّر المناخ:

- حيث يمكن لمزيد من البيانات المجمّعة والنمذجة والتحليل تقليص الهوة المعرفية، ما سيسمح للمعرفة المحسّنة والخبرة التطبيقة بالمساعدة في صنع القرار في سياسات التخفيف من تغيّر المناخ. وإنعكست تلك الفجوات، إلى حد ما، في أوجه عدم اليقين التي يعرضها التقرير الحالي.
- حيث يمكن للبحث والتطوير تحسين تكنولوجيات التخفيف و/أو الحدّ من تكاليفها. ولا يتطرّق القسم الحالي إلى ذلك الوجه الهام من التخفيف، لكنه يُعرض في الفصول ذات الصلة.

نشر المعلومات والإسقاطات

رغم تنوّع مصادر المعلومات والبيانات في التقرير الحالي، ما زالت هناك بعض الفجوات في بيانات دقيقة وموضع ثقة في الإنبعاثات ترتبط بكل قطاع وبعمليات محددة، خاصة في ما يتعلّق بغازات الدفيئة غير ثاني أكسيد الكربون، والكربون الأسود أو العضوي، وثاني أكسيد الكربون من مصادر مختلفة، مثل إزالة الغابات ومخلّفات الكتلة الأحيائية وحرائق الخث. وغالباً ما يغيب علاج ملائم لغازات الدفيئة غير ثاني أكسيد الكربون في سيناريوهات المنهجيات الأساسية لإنبعاثات غازات الدفيئة المستقبلية [الفصلان ١ و٣].

العلاقة بين تغيّر المناخ والسياسات الأخرى

إحدى أهم إبتكارات التقرير الحالي هو النهج التكاملي بين تقييم التخفيف من تغيّر المناخ وبين خيارات تنموية أوسع، مثل تأثيرات سياسات التنمية (المستدامة) على مستويات إنبعاثات غازات الدفيئة والعكس.

لكن، تنقص الأدلة التطبيقية حول حجم وتوجّه الترابط والتفاعل بين التنمية المستدامة وتغيّر المناخ، وعلاقات التخفيف والتكيّف بالأوجه التنموية، وتأثير الإنصاف على الإثنين. وما زالت الكتب محدودة في شرح العلاقات بين التخفيف والتنمية المستدامة، وبشكل خاص كيفية إلتقاط أوجه التآزر والتخفيف من التنازلات إلى حدّها الأدنى، مع الأخذ بدور السوق والمجتمع المدني. لذا، من الضروري القيام بأبحاث جديدة للنظر في العلاقات بين تغيّر المناخ والسياسات المحلية والوطنية (بما في ذلك – من بين أمور أخرى – أمن الطاقة والمياه والصحة وتلوّث الهواء، والحراجة والزراعة). ما قد يؤدي إلى نتائج مفيدة بيئياً وجاذبة إقتصادياً وذات جدوى سياسية. كما من المفيد ايضاً وضع المسالك التنموية الممكنة بإمكان الأمم والأقاليم كي تسلكها، ما قد يؤمن الروابط بين حماية المناخ والمسائل التنموية. كما يمكن لإدخال مؤشرات عن التنمية المستدامة على مستوى الإقتصاد الكلي لمعرفة التقدّم المحرز، أن يدعم هذا النوع من التحاليل [الفصول ٢ و١٢ و١٣].

الدراسات المتعلّقة بالتكاليف والإمكانيات

تختلف الدراسات المتوفّرة عن إمكانيات التخفيف وتكاليفه في معالجتها المنهجية للموضوع، كما أنها لا تغطي كافة القطاعات وغازات الدفيئة والدول. ونظراً إلى إختلاف الإفتراضات حول خط الأساس على سبيل المثال، أو تحديد الإمكانيات أو التكاليف، غالباً ما تبقى المقارنة في ما بينها محدودة. كما أن عدد الدراسات التي تتناول تكاليف التخفيف والإمكانيات وأدوات الإقتصاد الذي يمرّ بمرحلة إنتقالية ومعظم الدول النامية، يبقى أصغر من عدد الدراسات المتوفّرة عن الدول المتقدّمة والدول النامية المختارة (أهم الدول النامية).

ويقوم التقرير الحالي بمقارنة التكاليف وإمكانيات التخفيف بناءً على بيانات من الأسفل إلى الأعلى مأخوذة من تحاليل قطاعية، بالإضافة إلى البيانات من الأعلى إلى الأسفل عن التكاليف والإمكانيات، مأخوذة عن نماذج متكاملة. وما زال التطابق على مستوى القطاعات محدوداً، ويعود ذلك جزئياً

إلى غياب المعلومات أو إلى توفّر معلومات غير كافية من الدراسات من الأسفل إلى الأعلى، وإلى الإختلافات في تحديدات القطاع وإفتراضات خطوط الأساس. لذا، تظهر الحاجة إلى دراسات متكاملة تجمع العناصر من الأعلى إلى الأسفل ومن الأسفل إلى الأعلى [الفصول ٣ و٤ و٥ و٦ و٧ و٨ و٩ و١٠].

ونجد هوة كبيرة أخرى في المعرفة المتوفّرة حول التأثيرات الجانبية (تأثيرات تدابير التخفيف المحلية أو القطاعية، على دول أو قطاعات أخرى). وتشير الدراسات إلى نطاقها الواسع (تأثيرات تسرّب[٢٠] إثر تطبيق بروتوكول كيوتو تتراوح ما بين ٥٪ و٢٠٪ بحلول العام ٢٠٢٠)، لكن ينقصها أساس تطبيقي. لذا، من المفيد القيام بمزيد من الدراسات الميدانية [فصل ١١].

ويرتبط فهم إمكانيات التخفيف والتكاليف المستقبلية ليس فقط عبر تأثير البحوث والتطوير والعرض على خصائص الأداء التكنولوجي، بل أيضاً عبر «تعلّم التكنولوجيا»، ونشرها ونقلها، وهو ما لا تأخذه دراسات التخفيف غالباً بعين الإعتبار. وتملك معظم الدراسات حول تأثير التغيّر التكنولوجي على تكاليف التخفيف أسساً تطبيقية ضعيفة، وغالباً ما تكون متناقضة.

وقد يتنافس تطبيق إمكانية تخفيف ما مع أنشطة أخرى. فعلى سبيل المثال، إن إمكانيات الكتلة الأحيائية كبيرة، لكن هناك إمكانية تبادلات مع إنتاج الأغذية والحراجة أو الحفاظ على الطبيعة. ويصعب، حتى الآن، فهم إلى أي مدى يمكن نشر إمكانية الكتلة الأحيائية مع الوقت.

وبشكل عام، هناك حاجة دائمة إلى فهم أفضل لكيفية إرتباط نسب إعتماد تكنولوجيات التخفيف من تغيّر المناخ بالسياسات الوطنية والمحلية المناخية وغير المناخية، وآليات السوق (الإستثمار وتغيّر خيارات المستهلك المفضلة)، وتطوّر سلوك الإنسان والتكنولوجيا، والتغيّر في أنظمة الإنتاج، والتجارة والتدابير المالية والمؤسساتية.

[٢٠] يشكّل تسرّب الكربون أحد أوجه التأثيرات الجانبية وهو زيادة إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون خارج الدول التي إعتمدت تدابير وطنية، مقسّمة على التخفيضات في إنبعاثات تلك الدول.