IAEA
الوكالة الدولية للطاقة الذرية

الطاقة النووية في مسارات التخفيف للوصول بالانبعاثات إلى مستوى الصفر

الحديث عن اختيار "الطاقة النووية أم الطاقة المتجددة" سرد خاطئ. ومثل هذا السرد الخاطئ يتم على حساب الجميع، ولا سيما عندما يتعلق الأمر بتحقيق بيئة استثمارية عادلة وتمكينية".

المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية، السيد رافائيل ماريانو غروسي

أقل من

1,5

درجة مئوية

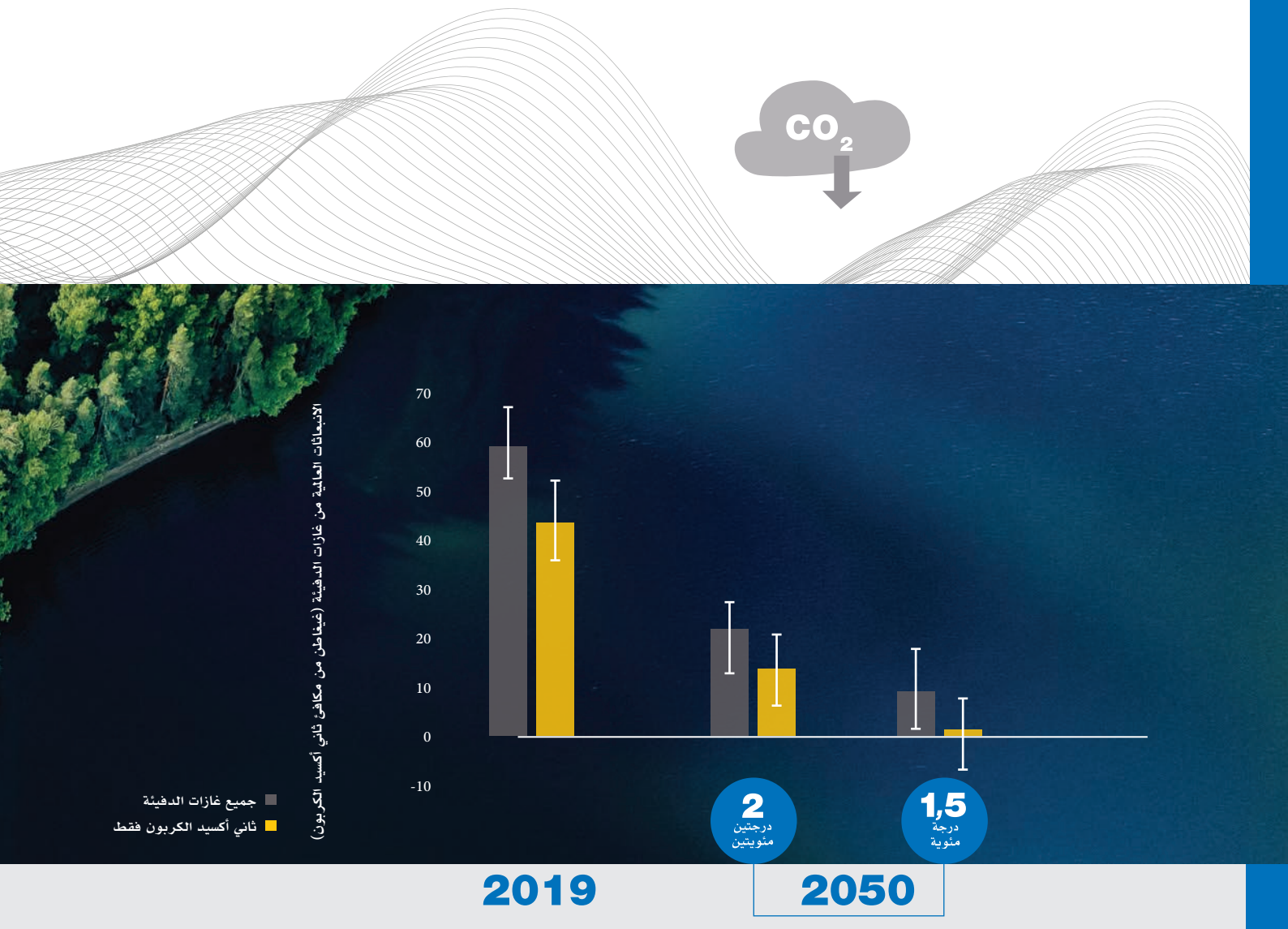
إنَّ جميع تكنولوجيات الطاقة المنخفضة الكربون، ومنها القوى النووية، ضرورية لكي نزيد إلى أقصى حد من فرصنا لبلوغ هدف اتفاقية باريس.

تُظهر مسارات سيناريوهات التخفيف العالمية أن هناك حاجة إلى المزيد من الكهرباء النووية للحد من ظاهرة الاحتباس الحراري إلى 1,5 درجة مئوية أو 2 درجتين مئويتين. ويسلط تقرير التقييم السادس الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ التابعة للأمم المتحدة وتوقعات الطاقة العالمية الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الضوء على دور هام ستؤديه الطاقة النووية، إلى جانب مصادر الطاقة الأخرى المنخفضة الكربون، في المسارات الانتقالية المتوافقة مع أهداف اتفاق باريس. وتتوقع معظم المسارات المنخفضة الكربون توليد الضِعف أو أكثر من الكهرباء النووية العالمية بحلول عام 2050.

ويمكن تعزيز سيناريوهات التخفيف بأن يكون هناك تمثيل أكثر كثافة للحرارة النووية والهيدروجين. وبعيداً عن الكهرباء، فإن إمكانات التخفيف التي تنطوي عليها الطاقة النووية في التطبيقات غير الكهربائية – على سبيل المثال، استخدام الحرارة النووية والهيدروجين لإزالة الكربون من الأنشطة التي يصعب تخفيفها في الصناعات الثقيلة وفي النقل – قد لا تكون مُجسَّدة بالكامل في مسارات السيناريوهات الحالية. ويبيِّن ذلك وجود فرصة لتعزيز تمثيل التكنولوجيات والعمليات ذات الصلة في التحليلات المستقبلية لزيادة دعم العمل المناخي الفعال.

ويمكن نشر الطاقة النووية بسرعة لتحقيق الإمكانات الكامنة في مسارات التخفيف. وتزخر الطاقة النووية بسجل حافل يثبت نشرها بسرعة، وذلك أيضاً في المشاريع الأخيرة، وهو أمر بالغ الأهمية لإزالة الكربون بشكل عاجل من نظام الطاقة العالمي بما يتماشى مع مسار الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ ومسارات التخفيف الأخرى.

توفر الطاقة النووية اليوم نحو ربع الكهرباء العالمية المنخفضة الكربون، مما يساعد على تجنب أكثر من مليار طن من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) سنويا مع دعم موثوقية نظام الطاقة وأمنه [1]. ومع ذلك، وعلى الرغم من مساهمة مصادر الطاقة النووية وغيرها من مصادر الطاقة المنخفضة الكربون، لا تزال انبعاثات غازات الدفيئة العالمية أعلى بكثير من المستويات اللازمة للحد من متوسط الزيادة في درجات الحرارة العالمية إلى أقل من 1,5 درجة مئوية أو 2 درجتين مئويتين — وهو الهدف الرئيسي لاتفاق باريس (انظر الشكل 1). ولتجنب بلوغ الاحترار مستويات أعلى من هذه المستويات، سيحتاج نظام الطاقة العالمي إلى الوصول بصافي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون إلى مستوى الصفر بحلول عام 2050 تقريبا (فيما يتعلق بـ1,5 درجة مئوية) أو بُعيد ذلك بوقت قصير (فيما يتعلق بـ2 درجتين مئويتين).



الشكل 1– انبعاثات غازات الدفيئة العالمية، أهداف 2019 والأهداف المقدرة لعام 2050 والبالغة 2 درجتين مئويتين أو 1,5 درجة مئوية. الشكل مستنسخ من المرجع [2] بعد الحصول على الإذن.

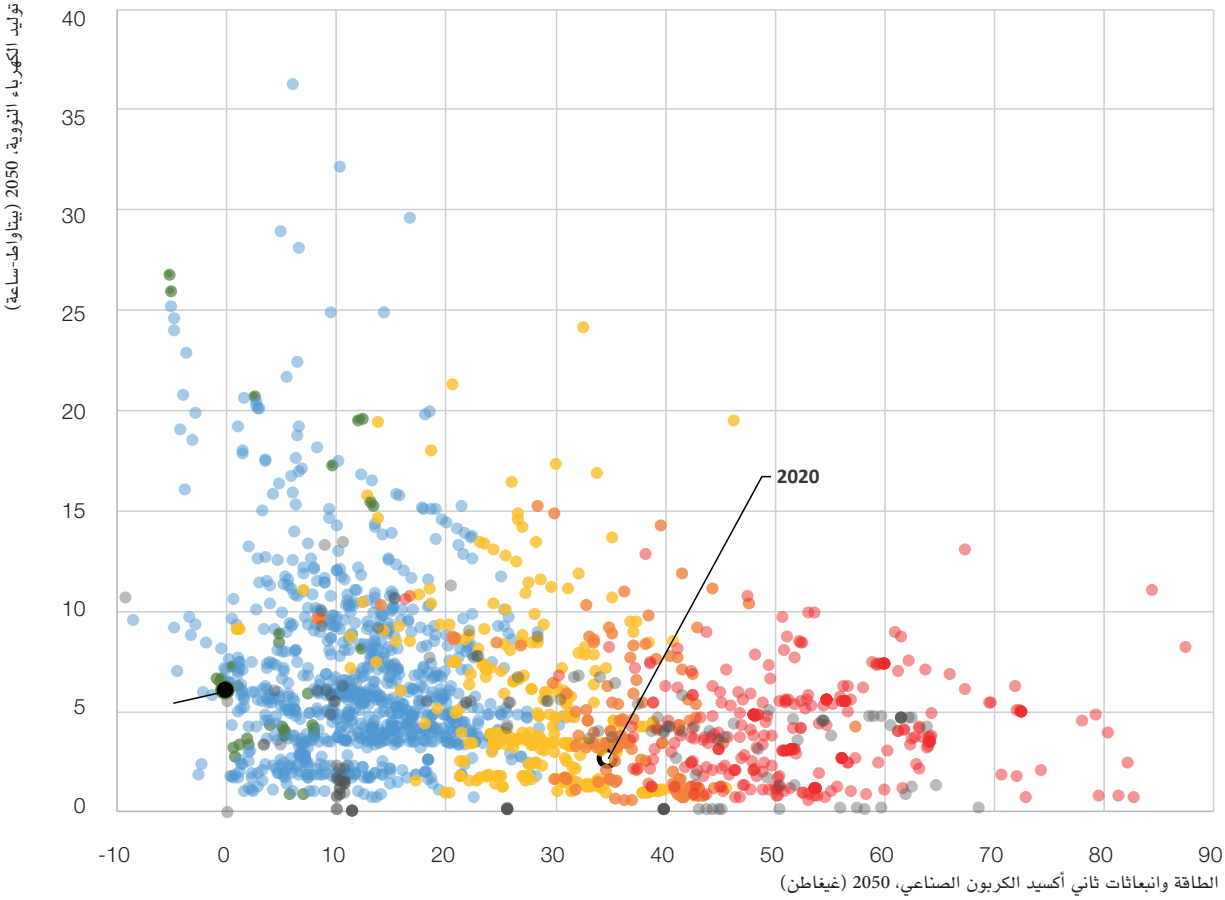
الطاقة النووية في مسارات الوصول بالانبعاثات إلى مستوى الصفر

قامت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ بتجميع وتقييم أكثر من 3000 سيناريو استعرضه النظراء فيما يتعلق بالتخفيف من حدة تغيُّر المناخ كجزء من تقرير التقييم السادس الصادر عن الهيئة بين العامين 2021 و2023 [2–5]. وتغطي هذه السيناريوهات مجموعة واسعة من التصورات حول الانتقال إلى مصادر أخرى من الطاقة وهي توفر رؤى شاملة حول دور مختلف مصادر الطاقة المنخفضة الكربون في بلوغ أهداف التخفيف من حدة تغيُّر المناخ. ونشرت الوكالة الدولية للطاقة كذلك سيناريوهات تستكشف مسارات تطوير نظام الطاقة العالمي في منشورها السنوي لتوقعات الطاقة في العالم [6].

وتتفاوت مساهمة الطاقة النووية تفاوتاً كبيراً في جميع جوانب مسارات السيناريوهات هذه. ويتضح ذلك في الشكل 2، الذي يرسم توليد الكهرباء النووية العالمية وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بالطاقة في عام 2050، حيث تمثل كل نقطة سيناريو مختلفا عن تقرير التقييم السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ، وهي ملونة وفقا لمستوى الاحترار المتوقع (مع وجود احتمال بنسبة أكثر من50٪) [7] [1]. وعلى سبيل المقارنة، فإنَّ المستوى الحالي (2020) لتوليد الكهرباء النووية وانبعاثات الطاقة يرد مرسوماً كدائرة.

توفر الطاقة النووية اليوم نحو ربع الكهرباء العالمية المنخفضة الكربون

1 جرت تصفية المجموعة الكاملة من السيناريوهات لاختيار السيناريوهات التي تفيد بالمتغيرات الرئيسية لعام 2050، مثل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية المتعلقة بالطاقة، وتوليد الكهرباء وغير ذلك من المتغيرات، وهو ما ينطبق على مجموعة فرعية من أكثر من 1800 سيناريو وُضع مع نحو 30 عائلة نموذجية (تشمل العائلة النموذجية صيغا نموذجية مختلفة استناداً إلى النموذج الأساسي نفسه [7]).

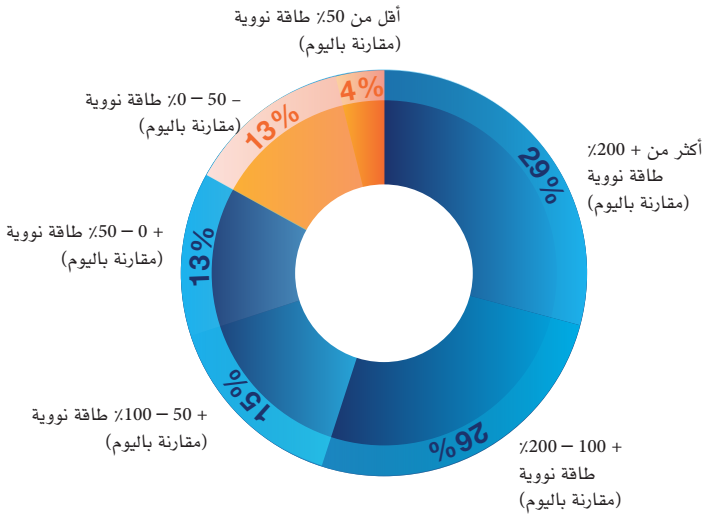


مستويات الاحترار المقدرة (مع وجود احتمال بنسبة أكثر من 50٪)

أقل من أو يساوي 1,5 درجة مئوية | أقل من أو يساوي 2 درجة مئوية | أقل من أو يساوي 2.5 درجة مئوية | أقل من أو يساوي 3 درجة مئوية | أكثر من 3 درجات مئوية | غير محدد

(يشار أيضا إلى سيناريو الوكالة الدولية للطاقة بشأن الوصول بصافي الانبعاثات إلى مستوى الصفر بحلول عام 2050)

80٪ من السيناريوهات التي تقل فيها الانبعاثات عن 20 غيغاطن ترى أنَّ دور توليد الكهرباء النووية سيكون أوسع نطاقاً



الشكل 2– توليد الكهرباء النووية العالمية وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في مسارات التخفيف الواردة في تقرير التقييم السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ، 2050 [2–5، 6، 8].

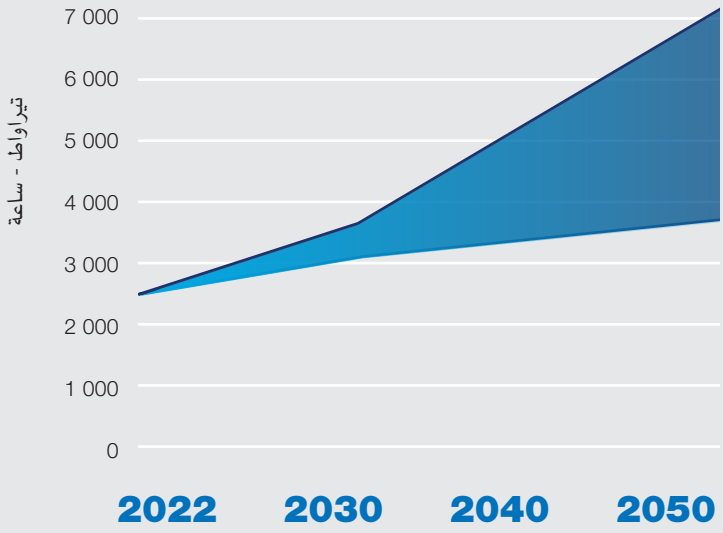
إجمالاً، تعتبر غالبية كبرى من السيناريوهات أن دور القوى النووية سيتزايد بحلول عام 2050، لا سيما في السيناريوهات التي تتحقق فيها تخفيضات كبيرة في الانبعاثات بما يتماشى مع أهداف اتفاق باريس. فعلى سبيل المثال، فإنَّ أكثر من 80٪ من السيناريوهات التي تقل فيها الانبعاثات عن 20 غيغاطن من ثاني أكسيد الكربون في عام 2050 (وهو ما يعادل تقريبا الحد من درجة الاحترار إلى أقل من 2 درجتين مئويتين) تَعتَبِر أنَّ دور توليد الكهرباء النووية سيكون أوسع نطاقاً، حيث إنَّ أكثر من نصف هذه السيناريوهات تتوقَّع أن ذلك الدور سيتضاعف على الأقل، ونحو 30٪ منها تتوقع زيادة ذلك الدور بثلاثة أضعاف أو أكثر مقارنة بمستويات عام 2020 (الرسم البياني في الشكل 2). كما يتوخى سيناريو الوكالة الدولية للطاقة الخاص بالوصول بالانبعاثات إلى مستوى الصفر بحلول عام 2050 أن يبلغ مستوى توليد الكهرباء النووية أكثر من الضعف [6].

ومن الجدير بالذكر أن توسع نطاق الطاقة النووية في العديد من مسارات التخفيف الصادرة عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ يتجاوز الزيادة المسجَّلة في التوقعات المرتفعة للوكالة الدولية للطاقة الذرية [9] (انظر الإطار 1) والمتوصَّل إليها بفضل إجراء تقييم من القاعدة إلى القمة، وبحسب كل بلد على حدة وكل مشروع على حدة استنادا إلى اتجاهات الأسواق والسياسات العامة الحالية. ومن المرجَّح أن تستدعي الاستفادة الكاملة من إمكانات التخفيف الإضافية المحددة في السيناريوهات الواردة في تقرير التقييم السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ وجود أسواق وسياسات معزَّزة أكثر من المستويات الواردة في توقعات الوكالة الدولية للطاقة الذرية. ومن المرجح أيضاً أن تكون هناك حاجة إلى بذل جهود إضافية لضمان وجود سلاسل إمدادات عالمية ورأس مال بشري وبنية أساسية أخرى لدعم المستويات المرتفعة من نشر وتوليد الطاقة النووية التي شوهدت في بعض مسارات السيناريوهات.

الإطار 1: تقديرات الوكالة الدولية للطاقة الذرية بشأن الطاقة والكهرباء والقوى النووية إلى غاية عام 2050

في عام 2023، قامت الوكالة الدولية للطاقة الذرية، للعام الثاني على التوالي، بتنقيح توقعاتها للأعلى بشأن النمو المحتمل في القوى النووية إلى غاية عام 2050، وهو ما يجسِّد وجود تحوُّل في الحوار العالمي حول الطاقة والبيئة: وأشار المدير العام للوكالة، رافائيل ماريانو غروسي، في تشرين الأول/أكتوبر 2023 إلى أن "تغيُّر المناخ هو قوة دافعة كبيرة، ولكنَّ أمن إمدادات الطاقة يعتبر أيضاً قوة دافعة كبيرةً". وأضاف قائلاً "إنَّ بلداناً كثيرة تمدِّد العمر التشغيلي لمفاعلاتها القائمة، أو تنظر في تشييد مفاعلات ذات تصاميم متقدمة، أو تستهل عملية تشييد مفاعلات من هذا النوع، وتبحث في إمكانية استخدام المفاعلات النمطية الصغيرة لأغراض عدة منها التطبيقات غير المقتصرة على إنتاج الكهرباء" [10].

ومع التنقيح الذي أدخلته الوكالة الدولية للطاقة الذرية في عام 2023، فإنَّ توقعاتها للحالة المرتفعة تصل إلى أكثر من 7000 تيراواط/ساعة (المستوى الصافي) من توليد الكهرباء النووية في عام 2050، كما هو مبين في الشكل 3، الذي يظهر متحفظاً نوعاً ما مقارنة بالكثير من السيناريوهات الواردة في تقرير التقييم السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ في الشكل 2. غير أن توقعات الوكالة الدولية للطاقة الذرية لا يُقصد بها أن تجسِّد أدنى أو أعلى المستويات الممكنة في المستقبل لتوليد الطاقة النووية، بل أن تجسِّد افتراضات متناقضة (وإن لم تكن متطرفة) بشأن العوامل الدافعة والاتجاهات الحالية للأسواق والسياسات. ومن ناحية أخرى، تساعد سيناريوهات الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ على تحديد إمكانات أكبر للتخفيف من حدة تغيُّر المناخ يمكن الاستفادة منها مع وجود دعم إضافي من الأسواق والسياسات للطاقة النووية يتجاوز الاتجاهات الحالية الواردة في توقعات الوكالة الدولية للطاقة الذرية.



الشكل 3- توليد صافي الكهرباء النووية العالمية في توقعات الوكالة الدولية للطاقة الذرية [9].

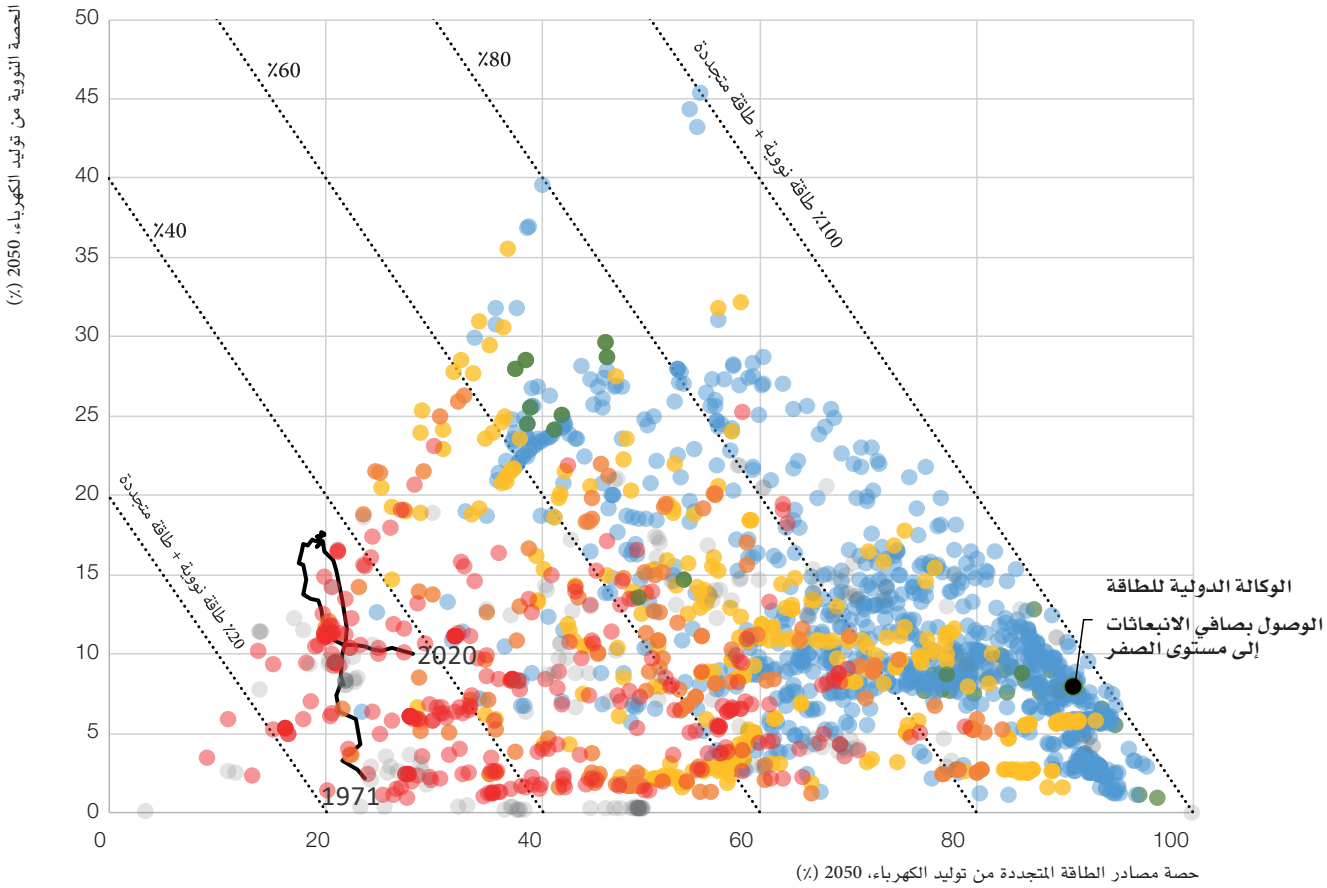
قامت الوكالة الدولية للطاقة الذرية بتنقيح توقعاتها للأعلى بشأن النمو المحتمل في القوى النووية إلى غاية عام 2050، وهو ما يجسِّد وجود تحوُّل في الحوار العالمي حول الطاقة والبيئة.

وفيما يتعلق بالانتقال إلى الطاقة على نطاق أوسع، فإن مسارات التخفيف التي تتبعها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ تسلِّط الضوء أيضا على الحاجة إلى مزيج يجمع بين الطاقة النووية وغيرها من مصادر الطاقة المنخفضة الكربون لبلوغ أهداف اتفاقية باريس. ويتضح ذلك في الشكل 4، الذي يرسم حصة توليد الكهرباء العالمية في عام 2050 من مصادر الطاقة المتجددة مقارنة بحصة توليد الطاقة النووية عبر مجموعة كاملة من المسارات. ويظهر كل سيناريو مرة أخرى ممثلاً بنقطة ملونة وفقا لمستوى الاحترار المتوقع. كما تُعرَض الحصص التاريخية من مصادر الطاقة المتجددة ومن الطاقة النووية من عام 1971 إلى عام 2020 [8]. ويوضح الشكل 4 أنَّ الحصة المجمَّعة من توليد الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة والطاقة النووية المنخفضة الكربون هي أعلى في السيناريوهات التي تسجِّل مستويات أقل من الاحترار. فعلى سبيل المثال، تشير معظم السيناريوهات التي يزيد فيها مستوى الاحترار عن 3 درجات مئوية إلى حصة مجمَّعة تتراوح بين 20٪ و40٪، في حين أن السيناريوهات التي تتماشى مع أهداف اتفاقية باريس التي ترمي إلى الوصول إلى 1,5 درجة مئوية و2 درجتين مئويتين فإنها تسجِّل حصصاً تتراوح بين 60 و100٪. بالإضافة إلى ذلك، يوضِّح الشكل كيف يمكن لمجموعات مختلفة من مصادر الطاقة المتجددة والتوليد النووي أن تحقِّق أهداف التخفيف الطويلة الأجل – مع توليد ما يصل إلى أكثر من 45٪ من الطاقة النووية وأكثر من 95٪ من الطاقة المتجددة – وتشمل جميع السيناريوهات عملياً هاتين التكنولوجيتين.

مسارات التخفيف الخاصة **بالهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ**

تُسلِّط الضوء أيضا على الحاجة إلى مزيج من القوى النووية ومصادر الطاقة الأخرى المنخفضة الكربون.

مسارات التخفيف الخاصة بالهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ تُسلّط الضوء أيضا على الحاجة إلى مزيج من القوى النووية ومصادر الطاقة الأخرى المنخفضة الكربون



مستويات الاحترار المقدرة (مع وجود احتمال بنسبة أكثر من 50٪)

أقل من أو يساوي 1,5 °درجة مئوية ■ أقل من أو يساوي 2 °درجتين مئويتين ■ أقل من أو يساوي 2,5 °درجتين مئويتين ■ أقل من أو يساوي 3 °درجات مئوية ■ أكثر من 3 درجات مئوية ■ غير محدد

(يشار أيضاً إلى سيناريو الوكالة الدولية للطاقة بشأن الوصول بصافي الانبعاثات إلى مستوى الصفر بحلول عام 2050)

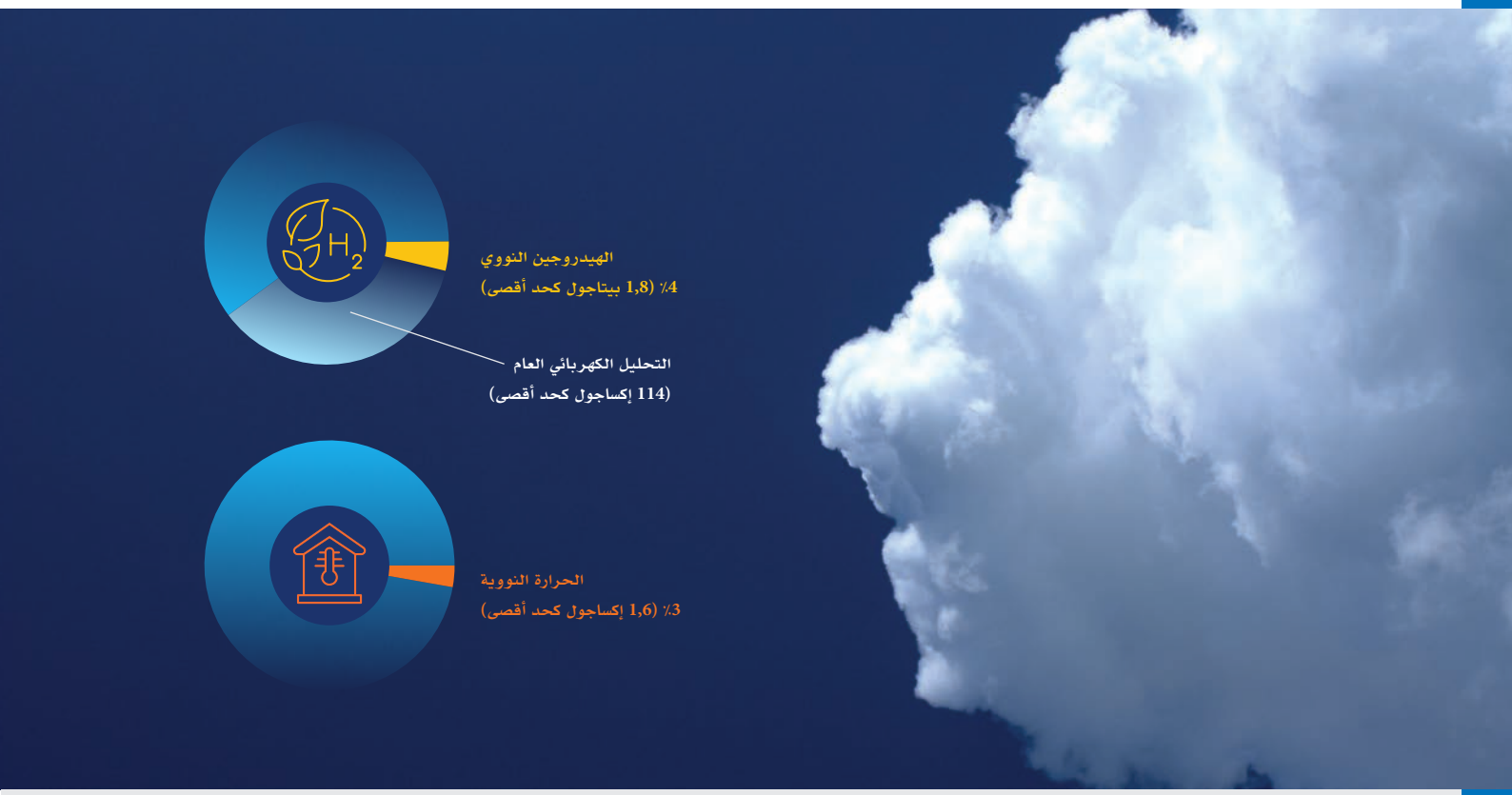
الشكل 4- الحصص العالمية لتوليد الكهرباء المتجددة والنووية في سيناريوهات تقرير التقييم السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ، 2050 [2-5، 8].

تسخير الطاقة النووية من أجل إنتاج الحرارة والهيدروجين والتطبيقات غير الكهربائية الأخرى في مسارات التخفيف:

فرصة للجيل القادم من السيناريوهات

بالإضافة إلى توليد الكهرباء النظيفة، فإن الطاقة النووية لديها القدرة على توفير الحرارة والهيدروجين اللذين يمكن استخدامهما لإزالة الكربون من العمليات والأنشطة الأقل ملاءمة للإمداد بالكهرباء. ومن الأمثلة على ما يُطلق عليه الأنشطة التي يصعب تكييفها العمليات التي تجري في صناعات الصلب والفلزات غير الحديدية والأسمنت والصناعات الكيميائية والنقل الثقيل والطيران. ورغم هذه الإمكانات، فإنَّ عدداً قليلاً للغاية من السيناريوهات الواردة في تقرير التقييم السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ يتضمَّن الحرارة أو الهيدروجين المستمدة من الطاقة النووية. وهناك مسار واحد فقط يتضمَّن أكثر من 1 بيتاجول من إنتاج الهيدروجين النووي في عام 2050 (نحو 0,01٪ من توليد الكهرباء النووية اليوم)، رغم أن العديد من السيناريوهات تشير إلى إنتاج الهيدروجين من التحليل الكهربائي (العام)، الذي يمكن تشغيله عن طريق توليد الكهرباء النووية.

وبالنسبة للحرارة، هناك 50 سيناريو فقط تشير إلى إنتاج حرارة نووية غير صفرية، بمسار يبلغ 1,6 إكساجول كحد أقصى (نحو 12٪ من الاستهلاك العالمي الحالي للحرارة) [6] (انظر الشكل 5).



الشكل 5– حصة السيناريوهات المستمدة من تقرير التقييم السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ، والتي تشير إلى إنتاج الهيدروجين النووي (H2) أو الحرارة النووية في عام 2050 [2، 3، 7].

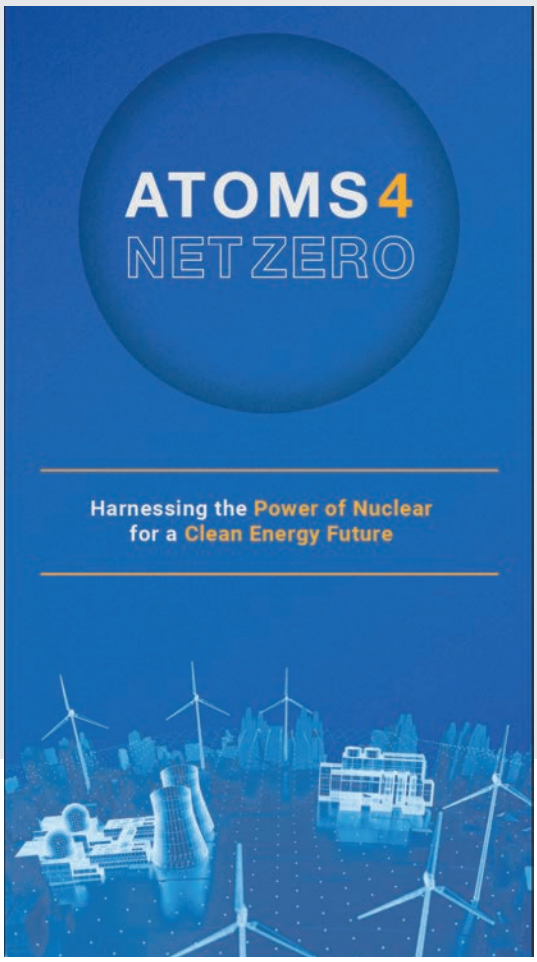
ملاحظة: المستويات القصوى لعام 2050 من إنتاج الهيدروجين النووي وإنتاج الحرارة في جميع جوانب السيناريوهات ترد بين قوسين.

يتوقَّع سيناريو الوكالة الدولية للطاقة الخاص بالوصول بالانبعاثات إلى مستوى الصفر بحلول عام 2050 أن يبلغ مستوى توليد الكهرباء النووية أكثر من الضعف.

يمكن تفسير المساهمة الضئيلة للهيدروجين النووي والحرارة من خلال التمثيل المحدود للغاية للتكنولوجيات والعمليات ذات الصلة في معظم نماذج السيناريوهات [7]، مما يشير إلى أن هذه المجموعة من خيارات التخفيف يمكن التقليل من شأنها في الجيل الحالي من السيناريوهات. ويتيح ذلك فرصة لزيادة تعزيز نمذجة مسارات انتقال الطاقة، ومن هذا المنطلق، أطلقت الوكالة الدولية للطاقة الذرية مؤخراً مبادرة تسخير الذرة من أجل عالمٍ خالٍ من الانبعاثات لدعم دولها الأعضاء في الحصول على فهم أفضل لإمكانات تكنولوجيات الطاقة النووية الحالية والناشئة في تطوير استراتيجياتها الوطنية للطاقة من أجل الوصول بصافي الانبعاثات إلى مستوى الصفر (انظر الإطار 2).

أطلقت الوكالة الدولية للطاقة الذرية مؤخراً مبادرة 'Atoms4NetZero' (مبادرة تسخير الذرة من أجل عالمٍ خالٍ من الانبعاثات)

الإطار 2: دعم الدول الأعضاء في استكشاف المسارات المؤدية إلى الوصول بصافي الانبعاثات إلى مستوى الصفر: مبادرة "تسخير الذرة من أجل عالمٍ خالٍ من الانبعاثات" التي وضعتها الوكالة الدولية للطاقة الذرية



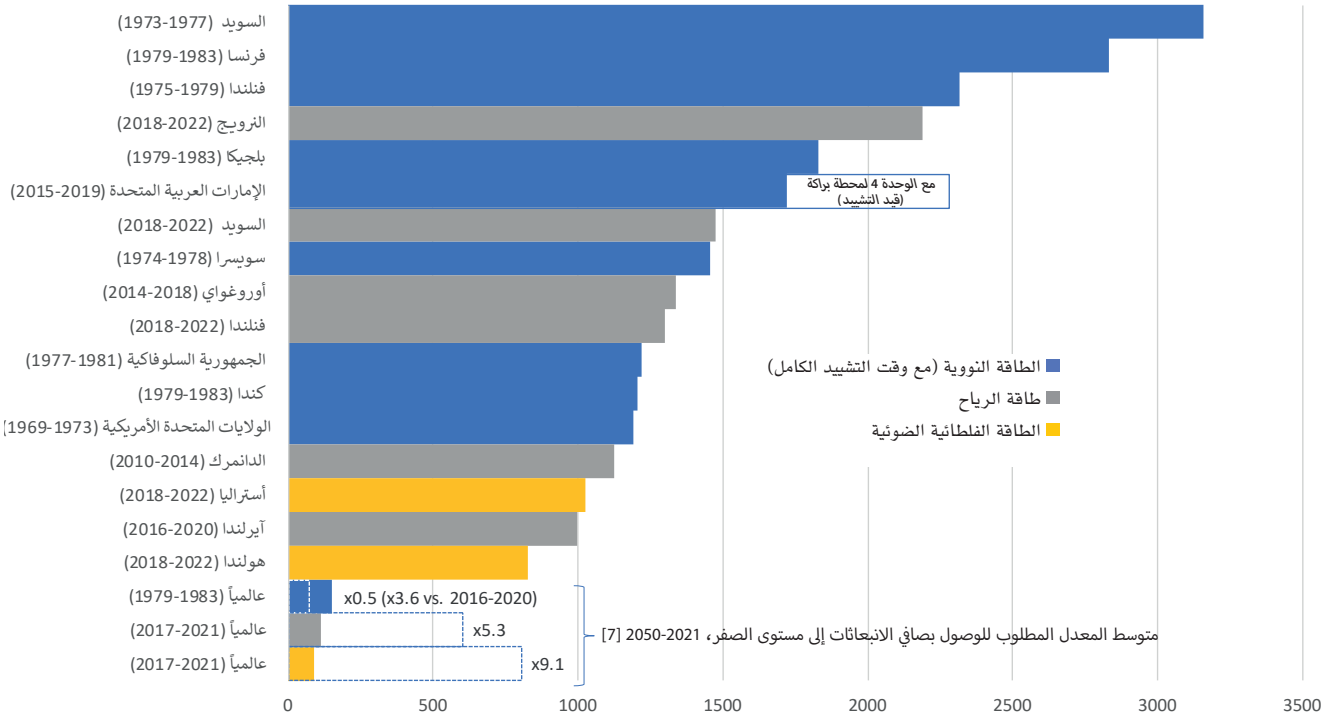
في مؤتمر المناخ COP27 (مؤتمر الأمم المتحدة المعني بتغيُّر المناخ لعام 2022، الذي عقد في شرم الشيخ بمصر)، أعلن المدير العام للوكالة رافائيل ماريانو غروسي عن مبادرة 'Atoms4NetZero' (تسخير الذرة من أجل عالمٍ خالٍ من الانبعاثات). واستناداً إلى أنشطة تقديم الدعم إلى الدول الأعضاء طيلة عقود من الزمن من أجل تطوير قدراتها في مجال تخطيط الطاقة المستدامة، ستستخدم الوكالة الدولية للطاقة الذرية من خلال هذه المبادرة الجديدة أدواتها التحليلية وخبراتها لمساعدة البلدان على وضع نموذج للكيفية التي يمكن بها للقوى النووية أن تسهم في خفض انبعاثات غازات الدفيئة إلى أقرب ما يمكن من الصفر بحلول عام 2050. وستساعد مبادرة "تسخير الذرة من أجل عالمٍ خالٍ من الانبعاثات" البلدان على تقييم إمكانات التكنولوجيات النووية الابتكارية، بما في ذلك المفاعلات النمطية الصغيرة، لدعم استراتيجياتها الطويلة الأجل من أجل إزالة الكربون من عملية توليد الكهرباء وغيرها من القطاعات الكثيفة الكربون. وستضع المبادرة سيناريوهات ذات مصداقية من خلال الأدوات التحليلية للوكالة، بما في ذلك نموذج بدائل الاستراتيجيات الخاصة بإمدادات الطاقة وآثارها البيئية العامة (النموذج MESSAGE) الذي يستخدمه أكثر من 100 بلد.

تقدِّم المبادرة الخبرات التقنية والأدلة العلمية بشأن الإمكانات التي تكفلها الطاقة النووية من أجل إزالة الكربون من قطاع إنتاج الكهرباء، وكذلك من القطاعات التي يصعب إزالته منها، كالصناعة والنقل.

الاستفادة من إمكانات الطاقة النووية ــ رفع مستواها لتتبع مسارات التخفيف وصولاً بصافي الانبعاثات إلى مستوى الصفر

إن إزالة الكربون من قطاع الطاقة العالمي بحلول عام 2050 أو بُعيد ذلك بوقت قصير، بما يتماشى مع مسارات التخفيف التي حددتها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ والمتوافقة مع الحد من متوسط الزيادات في درجات الحرارة إلى أقل من 1,5 درجة مئوية أو 2 درجتين مئويتين، سيتطلب النشر السريع لتكنولوجيات توليد الكهرباء المنخفضة الكربون. وفي هذا السياق، تزخر الطاقة النووية بسجل حافل يبيِّن انتشارها السريع، كما هو مبين في الشكل 6، ويتجلى ذلك في التجربة الأخيرة في الإمارات العربية المتحدة. ومن المتوقع أن تنتج محطة براكة للطاقة النووية نحو 25٪ من الكهرباء في دولة الإمارات العربية المتحدة بحلول عام 2025، لتحل إلى حد كبير محل توليد الكهرباء بالغاز الطبيعي، مما سيؤدي إلى خفض انبعاثات قطاع الطاقة بمقدار النصف تقريباً في إمارة أبوظبي [12].

ومع بدء أعمال التشييد في عام 2012، فإنَّ معدل نشر الطاقة النووية وإزالة الكربون يعكس إلى حد بعيد التجارب السابقة في السويد وفرنسا وبلدان أخرى (انظر الشكل 6). وحتى في البلدان التي عرفت تأخيرات في تشييد محطات جديدة هي الأولى من نوعها للقوى النووية، فإنَّ معدل النشر كثيراً ما كان يتجاوز أيضا الإقبال على مصادر أخرى منخفضة الكربون – انظر الإطار 3.



الشكل 6– إضافات الذروة لتوليد الكهرباء المنخفضة الكربون، كيلوواط ساعة للفرد على مدى خمس سنوات [8، 11].

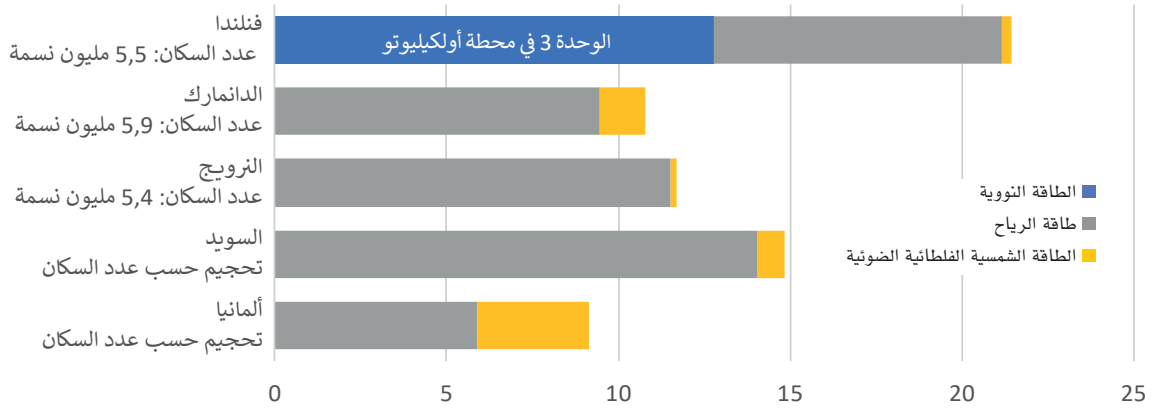
ملاحظة: يُحسَب متوسط الإضافات على مدار الفترة بأكملها من بداية التشييد إلى الربط بالشبكة/التشغيل التجاري. وفيما يتعلق بتوليد طاقة الرياح والطاقة الشمسية الفلطائية، يفترض أن يكون تكون تلك الفترة عاما واحدا أو أقل. وفيما يتعلق بالقوى النووية، تستخدم التواريخ الفعلية للتشييد والربط بالشبكة/التشغيل التجاري. وتشير الأشرطة المتقطعة الشفافة إلى متوسط معدلات النشر المقدرة اللازمة لتحقيق مزيج الكهرباء لعام 2050 في سيناريو الوكالة الدولية للطاقة الخاص بالوصول بصافي الانبعاثات إلى مستوى الصفر بحلول عام 2050 [6].

على الصعيد العالمي، تعد هذه المعدلات التاريخية لنشر توليد الكهرباء النووية أكثر من كافية لتوسيع توليدها بما يتماشى مع العديد من مسارات التخفيف التي تشير إلى 1,5 درجة مئوية و2 درجتين مئويتين. فعلى سبيل المثال، ستستدعي مضاعفة توليد الطاقة النووية بحلول عام 2050 إضافات سنوية إجمالية تبلغ حوالي 13 كيلوواط ساعة للفرد على الصعيد العالمي،[2] وهو أقل من نصف معدل الذروة التاريخي لنشر توليد الطاقة النووية المبين في الشكل 6 (بمستوى 150 كيلوواط ساعة للفرد على مدى خمس سنوات، أو 30 كيلوواط ساعة للفرد في السنة). وبناء على ذلك، فإن الطاقة النووية في وضع جيد يؤهلها للاضطلاع بدورها في التعجيل بجهود التخفيف العالمية، وعلاوة على ذلك، لديها القدرة على أداء دور أكبر، على النحو المتوخى في بعض مسارات التخفيف التي حددتها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ. وقد يكون هذا الاحتمال الإضافي للنشر السريع للطاقة النووية حاسماً نظراً إلى التوسع الطموح وغير المسبوق في طاقة الرياح والطاقة الشمسية الفلطائية الضوئية اللازمة في العديد من مسارات التخفيف: فباستخدام سيناريو الوكالة الدولية للطاقة للوصول بصافي الانبعاثات إلى مستوى الصفر بحلول عام 2050 [6] على سبيل المثال، سيكون من الضروري الحفاظ على معدلات النشر بما يتراوح بين 5 و9 أضعاف مستويات الذروة التاريخية على المدى الطويل بالنسبة لهذه التكنولوجيات. وإذا لم يكن ذلك ممكنا، فسيكون من المهم أن تكون هناك خيارات أخرى – منها الطاقة النووية – وأن تكون قادرة على أن تتقدم لسد النقص.

ورغم هذه الإمكانات التي تزخر بها الطاقة النووية، يلزم مع ذلك بذل جهود لرفع معدلات نشرها على الصعيد العالمي أكثر من المستويات الحالية (التي هي أبطأ بنحو 3 إلى 4 مرات من المطلوب؛ انظر الشكل 6). ويمكن دعم ذلك، أولا وقبل كل شيء، باتخاذ مجموعة متسقة من التدابير السياساتية والتنظيمية وإرساء البنية الأساسية وما إلى ذلك من التدابير لضمان كفاءة تشغيل سوق الطاقة والاستثمار، وتوجيه الاستثمارات (وتجنب العوائق التعسفية)، وإدارة مخاطر مشاريع الطاقة النظيفة، وتسهيل التنسيق والتعاون عبر مختلف المستويات (بين القطاعين العام والخاص، وبين البلدان النامية والمتقدمة)، ودعم التكنولوجيات الجديدة الناشئة المنخفضة الكربون، من بين أمور أخرى [12، 13].

الإطار 3: محطة أولكيلوتو للقوى النووية الفنلندية تتيح إزالة الكربون بسرعة رغم حالات التأخير

حتى فيما يتعلق بمشاريع القوى النووية التي عرفت تأخيرات كبيرة في التشييد، يظل معدل النشر مثيرا للإعجاب. فعلى سبيل المثال، وعلى الرغم من أن تشييد الوحدة 3 من محطة أولكيليوتو للقوى النووية في فنلندا قد استغرق نحو 17 عاماً (بدلا من المدة المخطط لها أصلا وهي 5 سنوات تقريباً)، فإنَّ الكمية السنوية المضافة من توليد طاقة منخفضة الكربون (12,5 تيراواط–ساعة) تتجاوز توليد طاقة الرياح والطاقة الشمسية الفلطائية الضوئية مجتمعة والمضافة خلال فترة الـ17 عاماً نفسها في النرويج والدنمارك الجارَتين (واللتين لديهما أحجام سكانية مماثلة لفنلندا)، كما هو موضح في الشكل 7. وعلى أساس نصيب الفرد، تضيف الوحدة 3 في محطة أولكيليوتو أيضاً توليد كهرباء نظيفة أكثر من الإنتاج المشترك لجميع محطات طاقة الرياح والطاقة الشمسية الفلطائية الضوئية في ألمانيا.



أُضيف التوليد السنوي للكهرباء من الطاقة النووية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية الفلطائية الضوئية، 2005-2022 (تيراواط-ساعة)

الشكل 7– الإضافات التراكمية لتوليد الكهرباء بالطاقة النووية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية، 2005–2022 (تيراواط/ ساعة) [8، 11].

[2] بافتراض سحب نحو 30٪ من القدرة الحالية (بما يتماشى مع أفضل الحالات في المرجع [9])، مما يعني ضمنا تسجيل إضافات إجمالية تقارب 3600 تيراواط–ساعة بحلول عام 2050، أو 125 تيراواط ساعة سنوياً، أو 13 كيلوواط ساعة للفرد سنوياً (بالنسبة لسكان العالم البالغ عددهم 9,7 مليار نسمة بحلول عام 2050 [6]).

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, Nuclear Power and Secure Energy Transitions, International Energy Agency, Paris (2022). [1]

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change, Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge (2022). [2]

INTERNATIONAL INSTITUTE FOR APPLIED SYSTEMS ANALYSIS, AR6 Scenario Explorer and Database (2022), https://iiasa.ac.at/models-tools-data/ar6-scenario-explorer-and-database [3]

BYERS, E., et al., AR6 Scenarios Database hosted by IIASA (2022), https://data.ece.iiasa.ac.at/ar6/ [4]

RIAHI, K., et al., “Mitigation pathways compatible with long-term goals” Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change, Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge (2022). [5]

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, World Energy Outlook 2023, International Energy Agency, Paris (2023). [6]

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, Annex III: Scenarios of Modelling Methods in Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change, Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge (2022). [7]

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, World Energy Balances and Statistics, International Energy Agency, Paris (2023). [8]

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050, Reference Data Series No. 1, IAEA, Vienna (2023). [9]

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, IAEA Annual Projections Rise Again as Countries Turn to Nuclear for Energy Security and Climate Action (2023), https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/iaea-annual-projections-rise-again-as-countries-turn-to-nuclear-for-energy-security-and-climate-action [10]

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Power Reactor Information System (2023), https://pris.iaea.org/pris/ [11]

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Climate Change and Nuclear Power 2022: Securing clean energy for climate resilience (2022), https://www.iaea.org/sites/default/files/iaea-ccnp2022-body-web.pdf [12]

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Nuclear Energy for a Net Zero World (2021), https://www.iaea.org/sites/default/files/21/10/nuclear-energy-for-a-net-zero-world.pdf [13]

المراجع

ملحوظة تحريرية

حُرِّر هذا المنشور من جانب موظفي هيئة التحرير في الوكالة الدولية للطاقة الذرية بقدر ما اعتُبِر ذلك ضرورياً لمساعدة القارئ. وهو لا يتناول مسائل تتعلق بالمسؤولية، قانونية كانت أم غير قانونية، عن أفعال أو الامتناع عن أفعال من جانب أي شخص.

والإرشادات والتوصيات المقدمة في هذا المنشور فيما يتعلق بالممارسات الجيّدة المحددة تمثل آراء الخبراء ولا تشكل إرشادات وتوصيات صادرة على أساس توافق في آراء جميع الدول الأعضاء.

وعلى الرغم من توخي قدر كبير من الحرص للحفاظ على دقة المعلومات الواردة في هذا المنشور، لا تتحمل الوكالة الدولية للطاقة الذرية ولا دولها الأعضاء أي مسؤولية عن العواقب التي قد تنشأ عن استخدام تلك المعلومات.

واستخدام تسميات معيَّنة لبلدان أو أقاليم لا يعني ضمناً إصدار أي حكم من جانب الناشر، أي الوكالة الدولية للطاقة الذرية، بشأن الوضع القانوني لهذه البلدان أو الأقاليم أو سلطاتها ومؤسساتها أو تعيين حدودها.

وذكر أسماء شركات أو منتجات معيَّنة (سواء مع الإشارة إلى أنها مسجّلة أو دون تلك الإشارة) لا يعني ضمناً وجود أي نية لانتهاك حقوق الملكية، كما لا ينبغي أن يُفسَّر على أنه تأييد أو توصية من جانب الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

ولا تتحمَّل الوكالة الدولية للطاقة الذرية أي مسؤولية عن استمرارية أو دقّة الوصلات الإلكترونية للمواقع الشبكية الخاصة بطرف خارجي أو طرف ثالث المشار إليها في هذا المنشور ولا تضمن أن يكون، أو أن يظلَّ، أي محتوى يرد في تلك المواقع الشبكية دقيقاً أو ملائماً.

الدول الأعضاء في الوكالة الدولية للطاقة الذرية

الاتحاد الروسي
إثيوبيا
أذربيجان
الأرجنتين
الأردن
أرمينيا
إريتريا
إسبانيا
أستراليا
إستونيا
إسرائيل
إسواتيني
أفغانستان
إكوادور
ألبانيا
ألمانيا
الإمارات العربية المتحدة
أنتيغوا وبربودا
إندونيسيا
أنغولا
أوروغواي
أوزبكستان
أوغندا
أوكرانيا
إيران (جمهورية-الإسلامية)
آيرلندا
آيسلندا
إيطاليا
بابوا غينيا الجديدة
باراغواي
باكستان
بالاو
البحرين
البرازيل
بربادوس
البرتغال
بروني دار السلام
بلجيكا
بلغاريا
بليز
بنغلاديش
بنما
بنن
بوتسوانا
بوركينا فاسو
بوروندي
البوسنة والهرسك
بولندا
بوليفيا، دولة - المتعددة القوميات
بيرو
بيلاروس
تايلند
تركمانستان
تركيا
ترينيداد وتوباغو
تشاد
توغو
تونس
تونغا
جامايكا
الجبل الأسود
الجزائر
جزر البهاما
جزر القمر
جزر مارشال
جمهورية أفريقيا الوسطى
الجمهورية التشيكية
الجمهورية الدومينيكية
الجمهورية العربية السورية
جمهورية الكونغو الديمقراطية
جمهورية تنزانيا المتحدة
جمهورية كوريا
جمهورية لاو الديمقراطية الشعبية
جمهورية مولدوفا
جنوب أفريقيا
جورجيا
جيبوتي
الدانمرك
دومينيكا
رواندا
رومانيا
زامبيا
زمبابوي
ساموا
سان مارينو
سانت فنسنت وجزر غرينادين
سانت كيتس ونيفس
سانت لوسيا
سري لانكا
السلفادور
سلوفاكيا
سلوفينيا
سنغافورة
السنغال
السودان
السويد
سويسرا
سيراليون
سيشيل
شيلي
صربيا
الصين
طاجيكستان
العراق
عُمان
غابون
غامبيا
غانا
غرينادا
غواتيمالا
غيانا
فانواتو
فرنسا
الفلبين
فنزويلا (جمهورية-البوليفارية)
فنلندا
فيجي
فييت نام
قبرص
قطر
قيرغيزستان
كابو فيردي
كازاخستان
الكاميرون
الكرسي الرسولي
كرواتيا
كمبوديا
كندا
كوبا
كوت ديفوار
كوستاريكا
كولومبيا
الكونغو
الكويت
كينيا
لاتفيا
لبنان
لختنشتاين
لكسمبرغ
ليبيا
ليبيريا
ليتوانيا
ليسوتو
مالطة
مالي
ماليزيا
مدغشقر
مصر
المغرب
مقدونيا الشمالية
المكسيك
ملاوي
المملكة العربية السعودية
المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وآيرلندا الشمالية
منغوليا
موريتانيا
موريشيوس
موزامبيق
موناكو
ميانمار
ناميبيا
النرويج
النمسا
نيبال
النيجر
نيجيريا
نيكاراغوا
نيوزيلندا
هايتي
الهند
هندوراس
هنغاريا
هولندا
الولايات المتحدة الأمريكية
اليابان
اليمن
اليونان

وافق المؤتمر المعني بالنظام الأساسي للوكالة الدولية للطاقة الذرية الذي عُقد في المقرّ الرئيسي للأمم المتحدة في نيويورك، في 23 تشرين الأول/أكتوبر 1956، على النظام الأساسي للوكالة الذي بدأ نفاذه في 29 تموز/يوليه 1957. ويقع المقرُّ الرئيسي للوكالة في فيينا. ويتمثَّل هدف الوكالة الدولية للطاقة الذرية الرئيسي في "تعجيل وتوسيع مساهمة الطاقة الذرية في السلام والصحة والازدهار في العالم أجمع".

ملاحظة بشأن حقوق النشر

جميع المنشورات العلمية والتقنية الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية محمية بموجب الاتفاقية العالمية لحقوق التأليف والنشر بصيغتها المعتمدة في عام 1952 (برن) والمنقحة في عام 1972 (باريس). وقد عمدت المنظمة العالمية للملكية الفكرية (جنيف) لاحقاً إلى توسيع نطاق حقوق التأليف والنشر لتشمل الملكية الفكرية الإلكترونية والفرضية. ويجب الحصول على إذن باستخدام النصوص الواردة في منشورات الوكالة الدولية للطاقة الذرية بشكلها المطبوع أو الإلكتروني، استخداما كلياً أو جزئياً؛ ويخضع هذا الإذن عادة لاتفاقات متعلقة برسوم الجعالة الأدبية. ويُرحَّب بأية اقتراحات تخص الاستنساخ والترجمة لأغراض غير تجارية، وسيُنظَر فيها على أساس كل حالة على حدة.

وينبغي توجيه أية استفسارات إلى قسم النشر التابع للوكالة (IAEA Publishing Section) على العنوان التالي:

Marketing and Sales Unit,
Publishing Section
International Atomic Energy Agency
Vienna International Centre
PO Box 100 1400 Vienna, Austria
tel.: +43 1 2600 22417
email: sales.publications@iaea.org
www.iaea.org/publications

حقوق النشر محفوظة للوكالة الدولية للطاقة الذرية، 2023

طُبِع من قِبَل الوكالة الدولية للطاقة الذرية في النمسا، تشرين الثاني/نوفمبر 2023

IAEA/PAT/003

بيانات فهرسة منشورات الوكالة الدولية للطاقة الذرية

الاسم: الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

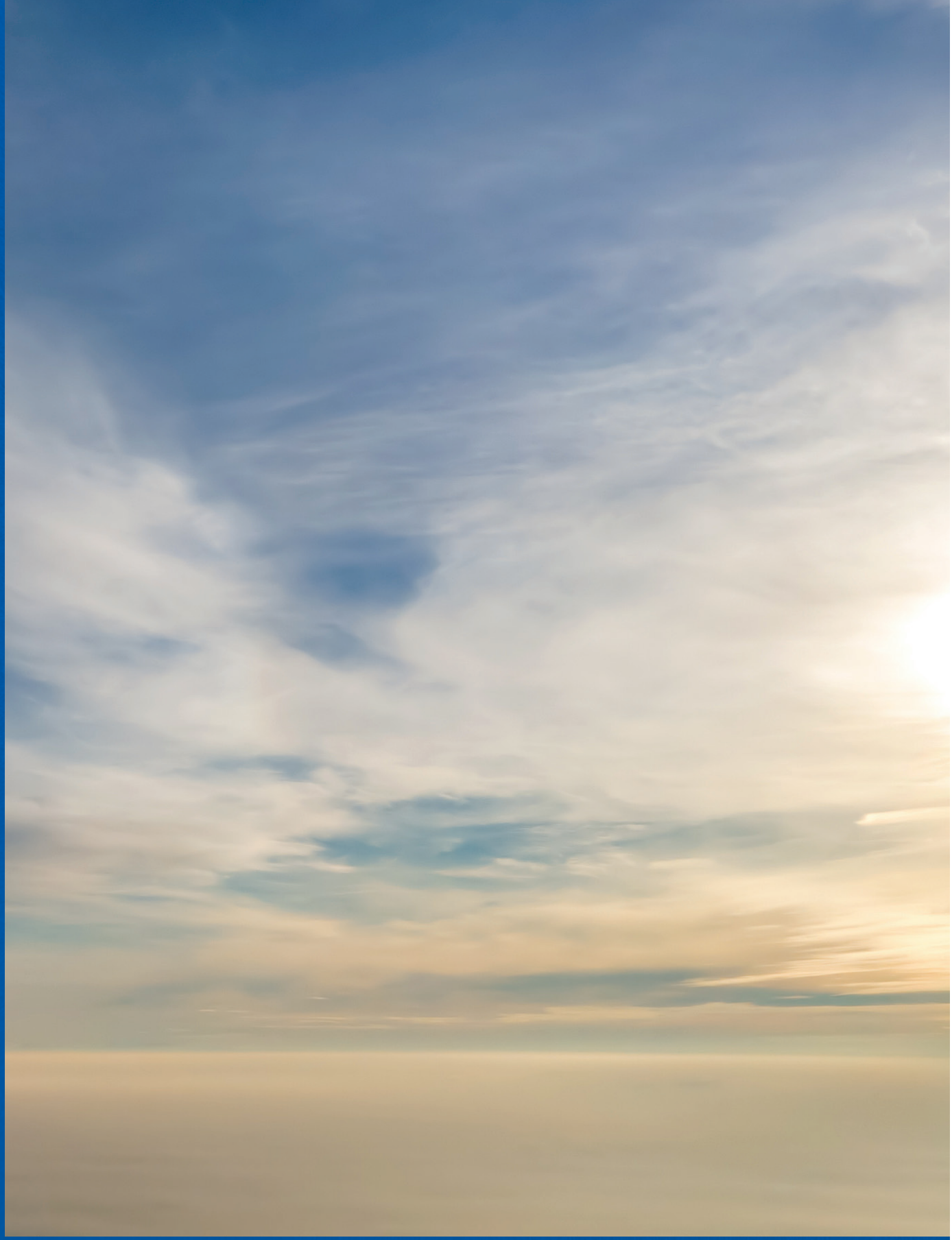
العنوان: الطاقة النووية في نظم القوى القادرة على تحمُّل تغيُّر المناخ / الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

الوصف: فيينا: الوكالة الدولية للطاقة الذرية، 2023. | يشمل مراجع ببليوغرافية.

رمز التعريف: IAEAL 23-01626

الموضوعات: رؤوس موضوعات مكتبة الكونغرس: الطاقة النووية – التغيرات المناخية. | مصادر الطاقة المتجددة. التخفيف من حدة تغير المناخ.

التصنيف: UDC 620.91 | IAEA/PAT/003



فيينا، 2023

زوروا موقعنا الشبكي

iaea.org