IRENA
International Renewable Energy Agency

تقرير عن تكاليف توليد الطاقة المتجددة لعام 2022

© الوكالة الدولية للطاقة المتجددة 2022 (IRENA)

يجوز، ما لم يرد بخلاف ذلك، استخدام المادة الواردة في هذا المنشور بحرّية، ومشاركتها ونسخها وإعادة إنتاجها وطباعتها، أو تخزينها شريطة أن يُشار بشكلٍ واضح إلى "الوكالة الدولية للطاقة المتجددة" بوصفها مصدر هذا المنشور، ومالك حقوق نشره وطباعته. وقد تكون المعلومات المنسوبة إلى أطراف ثالثة ضمن هذه المادة خاضعة لحقوق النشر والتأليف الخاصة بها، وكذلك لشروط استخدام وقيودٍ منفصلة، وقد يستلزم استخدام هذه المادة بأي شكلٍ الحصول المسبق على إذن تلك الأطراف.

التوثيق: الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (2022)، تقرير "تكاليف توليد الطاقة المتجددة لعام 2022، الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، أبوظبي.
تم ترجمة هذا التقرير عن "Renewable power generation costs in 2022" الرقم المعياري الدولي: 978-92-9260-544-5 (2023).
وفي حال وجود تعارض بين هذه الترجمة والنص الإنجليزي الأصلي؛ تُعتمد النسخة الإنجليزية دون غيرها.

حول الوكالة الدولية للطاقة المتجددة

الوكالة الدولية للطاقة المتجددة منظمة حكومية دولية تدعم بلدان العالم في الانتقال إلى مستقبل قائم على الطاقة المستدامة. وتعتبر الوكالة مركزاً عالمياً، ومنصةً رئيسيةً للتعاون الدولي، وملتقى لرواد السياسة والتكنولوجيا والموارد والمعرفة المالية المتخصصة في مجال الطاقة المتجددة. وتشجّع الوكالة على اعتماد واستخدام جميع أشكال الطاقة المتجددة على نطاق واسع بما فيها الطاقة الحيوية، والطاقة الحرارية الأرضية، والطاقة الكهرومائية، وطاقة المحيطات، والطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، وذلك في إطار سعيها المتواصل لتحقيق التنمية المستدامة، وتعزيز سبل الحصول على الطاقة، وتحقيق أمن الطاقة، ودفع عجلة النمو الاقتصادي منخفض الكربون للوصول إلى مستقبل مزدهر. www.irena.org

شكر وتقدير

أُعِدّ هذا التقرير بإشراف رولاند روش (مدير "مركز التكنولوجيا والابتكار" التابع لـ "الوكالة الدولية للطاقة المتجددة")، ومايكل تايلور (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة).

وتتضمن قائمة المؤلفين مايكل تايلور، وسونيا الزغول، وبابلو رالون (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة)، وبمشاركة أولغا سوروكينا (مجموعة يوروبيان إنرجي لينك).

ويتوجه المؤلفون بخالص الشكر والامتنان لكل من إريك رويز أرايا، وفرانسيس دي يايغر، وخوان بابلو خيمينيز نافارو، وبينو بارثان، ولودوفيكو ديل فيكيو (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة)؛ لمساهماتهم القيّمة في إعداد هذه الدراسة.

واستفاد هذا التقرير من التنقيحات والملاحظات القيّمة التي قدمتها كوكبة من الخبراء، منهم: آنا أندرادي (المديرية العامة للطاقة والجيولوجيا- البرتغال)، وأليكس كامبل، وريبيكا إليس (الرابطة الدولية للطاقة الكهرومائية)، ومانويل كويرو (سنتيكس)، وألكسندر هوجيفين روتر (التحالف الدولي للطاقة الشمسية)، وكريستوف والتر (DEA)، ويوتاو شي (المعهد الصيني لهندسة الطاقة المتجددة)، وفينغ زاو (المجلس العالمي لطاقة الرياح). ويتحمل المؤلفون مسؤولية جميع الآراء والأخطاء الواردة طيّه.

وقدم كل من: فرانسيس فيلد، وستيفاني كلارك، ونيكول بوكستالر، وداريا غازولا الدعم في مجال المطبوعات والتحرير والاتصالات.
وحرّر التقرير جوناثان جورفيت وستيفاني دوربين. وتولى بول كومور المراجعة الفنية. بينما تولى إغناسيو دي لا كونسيبسيون سانز التصميم الجرافيكي.

لمزيد من المعلومات أو لتقديم الملاحظات، يُرجى التواصل عبر البريد الإلكتروني التالي: info@irena.org
يمكن تحميل هذا التقرير من خلال الموقع الإلكتروني التالي: www.irena.org/publications

إخلاء المسؤولية

يُقدَّم هذا المنشور والمادة التي يحتوي عليها "بحالَتِهما". وقد اتخذت الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة جميع الاحتياطات المعقولة للتحقق من ثبوت صحة المادة التي يحتوي عليها هذا المنشور. ومع ذلك، لا تتحمّل الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة أو أي من مسؤوليها أو وكلائها، أو مزودي البيانات، أو الأطراف الثالثة الأخرى من مزودي المحتوى -مسؤولية تقديم أي ضمانات صريحةً كانت أم ضمنية؛ كما لا يتحملون أي مسؤولية حيال تبعات استخدام هذا المنشور والمواد الواردة فيه.
إنّ المعلومات الواردة في هذا المنشور لا تمثّل بالضرورة وجهات نظر الوكالة الدولية للطاقة المتجددة أو أي من أعضائها. ولا ينطوي ذِكر شركات محددة أو مشاريع أو منتجات معيّنة على أي تأييد أو تزكيةٍ لها من طرف الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة تفضيلاً لها عن سواها مما له طبيعة مماثلة ولم يرد ذِكره. لا تنطوي التسميات المستخدمة في هذا المنشور، ولا طريقة عرض المادة، على أيّ إعرابٍ عن أي رأيٍ من جانب الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة بشأن المركز القانوني لأي منطقة أو بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة خاضعة لسلطاتها، أو تتعلّق بترسيم حدودها أو تخومها.

القدرة التنافسية المتنامية للطاقة المتجددة تُعزّز جاذبية المصادر المتجددة باعتبارها المسار الأكثر قدرة على إزالة الكربون من نظام الطاقة العالمي.

© Jason Winter/Shutterstock.com

نقاط رئيسية

في عام 2022، انخفض المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للكهرباء لمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية، والرياح البرية، والطاقة الشمسية المركزة (CSP)، والطاقة الحيوية والطاقة الحرارية الأرضية المُنفذة حديثاً على نطاق المرافق، على الرغم من ارتفاع تكاليف المواد والمعدات.

كانت الصين المحرك الرئيسي للانخفاض العالمي في تكاليف الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح البرية، حيث شهدت الأسواق الأخرى نتائج متباينة أظهرت زيادة التكاليف في العديد من الأسواق الكُبرى.

وسجلت مشاريع الرياح البرية المُنفذة حديثاً انخفاضاً في المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للكهرباء بنسبة 5% بين عامي 2021 و2022، من 0.035 إلى 0.033 دولار / كيلوواط ساعة. فيما انخفض المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للكهرباء لمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية على نطاق المرافق بنسبة 3% على أساس سنوي في عام 2022 إلى 0.049 دولار / كيلوواط ساعة. وشهدت طاقة الرياح البحرية زيادة في تكلفة الكهرباء للمشاريع الجديدة بنسبة2% مقارنة بعام 2021، حيث ارتفعت من 0.079 إلى 0.081 دولار / كيلوواط ساعة في عام 2022.

أزمة أسعار الوقود الأحفوري في عام 2022 خير دليل على الفوائد الاقتصادية المجزية لموارد الطاقة المتجددة على أمن الطاقة. ففي عام 2022، أسهمت موارد الطاقة المتجددة المنشورة عالمياً منذ عام 2000 في توفير نحو 521 مليار دولار من تكاليف الوقود في قطاع الكهرباء.

ونظراً لارتفاع أسعار الوقود الأحفوري، شهد العامان 2021-2022 أكبر تحسن في القدرة التنافسية للطاقة المتجددة خلال العقدين الماضيين. ومن أبرز الملاحظات التي يمكن استنباطها بقراءة معطيات الطاقة منذ عام 2010، ما يأتي:

- في عام 2010، كان المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للكهرباء لمشاريع الرياح البرية أعلى بنسبة 95% من أقل حل يعمل بالوقود الأحفوري؛ وفي عام 2022، كان المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للكهرباء لمشاريع الرياح البرية الجديدة أقل بنسبة 52% من أرخص الحلول التي تعمل بالوقود الأحفوري.
- وتجاوز هذا التحسن الارتفاع المسجّل في الطاقة الشمسية الكهروضوئية؛ حيث كان مصدر الطاقة المتجددة هذا أغلى بنسبة 710% بالمقارنة مع أرخص الحلول التي تعمل بالوقود الأحفوري في عام 2010؛ ورغم ذلك، انخفضت تكاليفها في عام 2022 بنسبة 29% بالمقارنة مع أرخص الحلول التي تعمل بالوقود الأحفوري مدفوعةً بالانخفاض الكبير في التكاليف.

الجدول H.1: إجمالي التكاليف شاملة التركيب، وعوامل القدرة الإنتاجية، واتجاهات التكلفة المستوية لإنتاج الكهرباء حسب نوع التكنولوجيا، لعامي 2010 و2022

	إجمالي التكاليف شاملة التركيب			عامل القدرة الإنتاجية			التكلفة المستوية للكهرباء		
	(2022 دولار /كيلو واط)			(%)			(2022 دولار /كيلو واط ساعة)		
	2010	2022	نسبة التغيير	2010	2022	نسبة التغيير	2010	2022	نسبة التغيير
الطاقة الحيوية	2 904	2 162	-26%	72	72	1%	0.082	0.061	-25%
الطاقة الحرارية الأرضية	2 904	3 478	20%	87	85	-2%	0.053	0.056	6%
الطاقة الكهرومائية	1 407	2 881	105%	44	46	4%	0.042	0.061	47%
الطاقة الشمسية الكهروضوئية	5 124	876	-83%	14	17	23%	0.445	0.049	-89%
الطاقة الشمسية المركزة	10 082	4 274	-58%	30	36	19%	0.380	0.118	-69%
طاقة الرياح البرية	2 179	1 274	-42%	27	37	35%	0.107	0.033	-69%
طاقة الرياح البحرية	5 217	3 461	-34%	38	42	10%	0.197	0.081	-59%

الملخص التنفيذي

تحسنت القدرة التنافسية لمصادر الطاقة المتجددة بشكل ملحوظ في عام 2022، على الرغم من تضخم التكاليف.

فبعد عقود من انخفاض التكاليف وتحسن الأداء في تقنيات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، أصبحت الفوائد الاقتصادية لتوليد الطاقة المتجددة - بالإضافة إلى فوائدها البيئية - أكثر إقناعاً من ذي قبل.

وقد شهد العامان 2021-2022 أكبر تحسنٍ في القدرة التنافسية للطاقة المتجددة خلال العقدين الماضيين نتيجة ارتفاع أسعار الوقود الأحفوري.

حدث ذلك رغم ارتفاع أسعار معدات وحدات الطاقة الشمسية الكهروضوئية وتوربينات الرياح في معظم الأسواق باستثناء الصين ورغم التضخم العام في إجمالي تكاليف طاقة الرياح والطاقة الشمسية في العديد من الأسواق كذلك.

ومن خلال البيانات التفصيلية التي تمتلكها "آيرينا" لـ 20 دولة في هذا الصدد، شهدت 9 دول في عام 2021 تحسناً في القدرة التنافسية[1] لأنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية على نطاق المرافق، تجاوز المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للكهرباء في ذلك العام. وقد شهدت 8 دول تحسناً مماثلاً في عام 2022 كذلك.

بالنسبة لطاقة الرياح البرية، كان التحسن أكثر وضوحاً. فخلال عامي 2021-2022، شهدت 15 دولة من الدول العشرين أكبر تحسن في القدرة التنافسية لمصادر طاقة الرياح البرية منذ توفر البيانات التفصيلية. وشمل ذلك الأسواق التي شهدت زيادة في إجمالي التكاليف شاملة التركيب، مع ارتفاع أسعار الوقود الأحفوري بنسبة أكبر بكثير من أسعار بدائله المتجددة.

علاوةً على ذلك، فقد ارتفع معدل تحسن القدرة التنافسية للطاقة الشمسية وطاقة الرياح بشكل ملحوظ في ظل انخفاض ملحوظ أيضاً في تكلفة الكهرباء المولدة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.

وفي عام 2010، بلغ المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للكهرباء لمشاريع طاقة الرياح البرية 0.107 دولار /كيلوواط ساعة، لتكون تكلفتها أعلى بنسبة 95% من تكلفة أرخص خيارات التوليد باستخدام الوقود الأحفوري والبالغة 0.056 دولار /كيلوواط ساعة. وبحلول عام 2022، بلغ المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للكهرباء لمشاريع طاقة الرياح البرية 0.033 دولار /كيلوواط ساعة، لتكون تكلفتها أقل

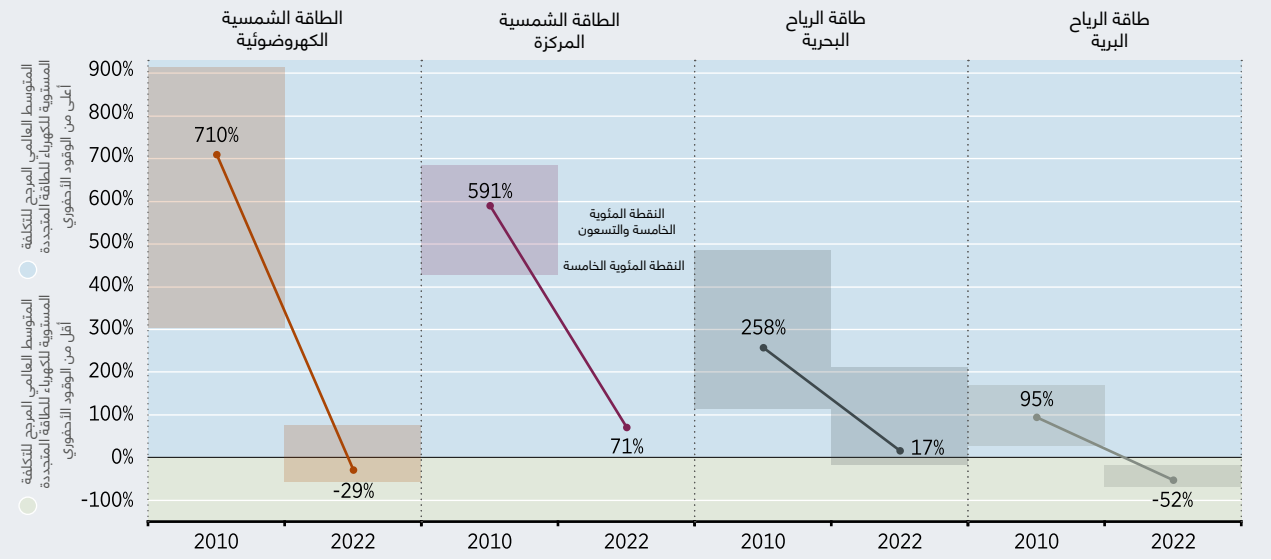
1 حسبت الوكالة الدولية للطاقة المتجددة مقياس القدرة التنافسية لـ 20 دولة، ويستند المقياس إلى متوسط التكلفة المرجح لمشاريع الوقود الأحفوري الجديدة والذي يُحْتسب بناءً على بيانات تكلفة رأس المال على مستوى المشروع ومؤشرات أسعار الغاز الأحفوري ووقود الفحم الخاصة بكل بلد إلى مولدات الكهرباء. مقياس القدرة التنافسية يطرح المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية لإنتاج الكهرباء من مشاريع الوقود الأحفوري من قيمة المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية لإنتاج الكهرباء من مشاريع الطاقة المتجددة، لذا تمثل القيم السلبية للتكاليف المستوية للكهرباء لمشاريع الطاقة المتجددة قيماً أقل من تلك الخاصة بالوقود الأحفوري.

بنسبة 52% من أرخص خيارات التوليد باستخدام الوقود الأحفوري، الذي ارتفع بدوره إلى 0.069 دولار / كيلوواط ساعة (الشكل S.1).

وخلال الفترة نفسها، انخفض المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للكهرباء لمشاريع طاقة الرياح البحرية من 258% إلى 17% فقط مقارنةً بأرخص خيارات الوقود الأحفوري، حيث انخفضت التكلفة من 0.197 إلى 0.081 دولار/ كيلوواط ساعة.

وشهدت مشاريع الطاقة الشمسية المركزة انخفاضاً في المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للكهرباء من 591% في عام 2010 إلى 71% في عام 2022 مقارنةً بأرخص خيارات الوقود الأحفوري.

الشكل S.1: تغيُّر تنافسية الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في كل دولة بناءً على المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للكهرباء، بين عامي 2010 و2022.



تنويه: بيانات المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للكهرباء حسب التكنولوجيا وبيانات التكلفة المستوية للكهرباء لمشاريع الوقود الأحفوري المستخدمة في هذا المخطط معروضة بالتفصيل في الفصل الأول.

وعلى الرغم من تفوق الطاقة الشمسية الكهروضوئية على الطاقة الشمسية المركزة، فقد بلغ المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للكهرباء لمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية 0.445 دولار /كيلوواط ساعة في عام 2010؛ لتكون تكلفتها أعلى بنسبة 710% من أرخص خيارات الوقود الأحفوري. إلا أن عام 2022 شهد انخفاضاً مذهلاً في التكاليف بلغت 0.049 دولار/ كيلوواط ساعة، ليغدو المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للكهرباء لمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية أقل بنسبة 29% من أرخص خيارات الوقود الأحفوري.

ومع زيادة تكاليف التوليد باستخدام الوقود الأحفوري بين عامي 2021 و-2022 لا سيما بسبب ارتفاع أسعار الوقود الأحفوري- كانت تكاليف الكهرباء المولدة في 86%، أو 187 جيجاواط، من مشاريع توليد الطاقة المتجددة على نطاق المرافق المُنفذة حديثاً في عام 2022، أقل من المتوسط العالمي المرجح للوقود الأحفوري وفقاً للدولة/للمنطقة. وكان هذا الرقم أعلى بنسبة 8% من كمية التوليد المتوقعة في عام 2021 والبالغة 174 جيجاواط.

وعموماً ففي عامي 2010 و2022، أضيفت مشاريع توليد باستخدام الطاقة المتجددة بقدرة إنتاجية قدرها 1120 جيجاواط، ذات تكلفة مستوية للكهرباء، أقل من المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للكهرباء لمشاريع الوقود الأحفوري وفقاً للدولة/للمنطقة.

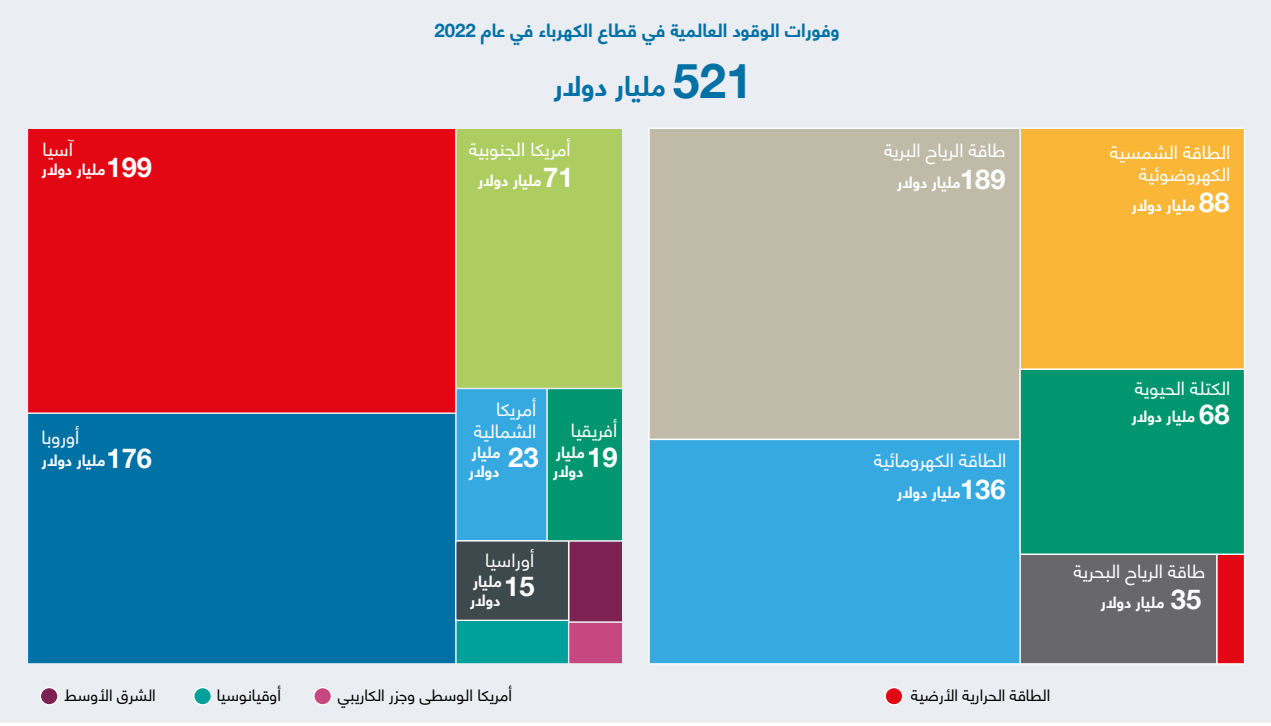
الطاقة المتجددة تقدم مزايا كبيرة من حيث أمن الطاقة

أعادت أزمة أسعار الوقود في عام 2022 المزايا الاقتصادية الكبيرة للطاقة المتجددة إلى الواجهة، ولا سيما من حيث أمن الطاقة. وبالفعل فقد سلّط عام 2022 الضوء من جديد على مزايا أمن الطاقة التي تتمتع بها مصادر الطاقة المتجددة.

وبخلاف سياسات أمن الطاقة التي تركز على الواردات الفعلية للوقود الأحفوري، تخفض الطاقة المتجددة التكاليف الاقتصادية الناجمة عن الأسعار المتقلبة أصلاً للوقود الأحفوري من خلال خفض الطلب عليه واستيراده. ويمكننا القول إن الحلول البديلة للوقود الأحفوري التي تتمتع بأسعار ثابتة خلال دورة حياتها، مثل الطاقة المتجددة وكفاءة استخدام الطاقة، التي يمكن نشرها بسرعة، تقدم أعلى المزايا على الإطلاق لناحية أمن الطاقة. وقد يبدو استغلال هذه المزايا بديهياً، إلا أنه كان أولوية ثانوية في أوساط صانعي القرار في ظل التسابق على تأمين واردات إضافية من الوقود الأحفوري في عام 2022 [2].

وفي عام 2022، حققت مشاريع الطاقة المتجددة التي دخلت حيّز الخدمة على مستوى العالم منذ عام 2000 وفورات في تكاليف الوقود بحوالي 521 مليار دولار[3]، في قطاع الكهرباء وحده (الشكل S.2). وبلغ هذا الرقم في أوروبا 176 مليار دولار. ومن المحتمل أن يكون الاستثمار في الطاقات المتجددة منذ عام 2010 قد جنّب القارة أزمة اقتصادية شاملة، إذ كانت ستشهد التكاليف الاقتصادية المباشرة لأسعار الوقود الأحفوري ارتفاعات كبيرة للغاية في ظل غياب التوليد باستخدام الطاقة المتجددة [4].

الشكل S.2: الوفورات العالمية في تكاليف الوقود الأحفوري في قطاع الكهرباء في عام 2022 نتيجة الطاقة المتجددة المضافة منذ عام 2000.

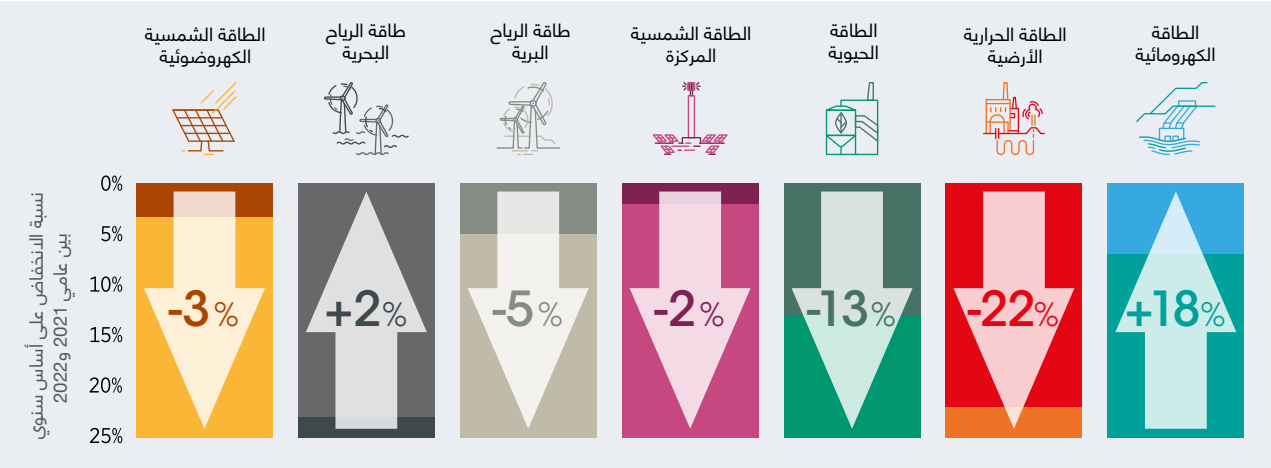


2 تجدر الإشارة إلى الأثر الكبير الذي تركته أزمة أسعار الوقود الأحفوري في عام 2022 على صانعي السياسات. وبالتالي ليس مستغربًا أن تُعطى الأولوية إلى مجالات أخرى؛ نظراً إلى الموارد المؤسسية المحدودة والضغط المتنامي على صانعي السياسات، على الرغم من كون ذلك يمثل فرصة ضائعة.
3 قد يكون هذا تقديراً منخفضاً. من المحتمل أن يكون الطلب الكبير على الوقود الأحفوري في عام 2022 – نتيجةً للانخفاض الافتراضي في نشر مصادر الطاقة المتجددة – قد أسهم في رفع الأسعار بنسبة أكبر مما هي عليه وجعل صدمة سلسة التوريد أكثر ضرراً.
4 قبل احتساب تأثير استخدام المضخات الحرارية، وسخانات المياه الشمسية الحرارية، وإجراءات رفع كفاءة استخدام الطاقة.

شهد عام 2022 انخفاض المتوسط العالمي المرجح لتكلفة توليد الكهرباء من مشاريع الألواح الشمسية الكهروضوئية، وطاقة الرياح البرية، والطاقة الشمسية المركزة، والطاقة الحيوية، والطاقة الحرارية الأرضية.

فيما يخص مشاريع طاقة الرياح البرية المُنفذة حديثاً، انخفض المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للكهرباء بنسبة 5% في الفترة بين عامي 2021 و2022، من 0.035 إلى 0.033 دولار/ كيلوواط ساعة (الشكل S.3). وفي عام 2022، تصدرت الصين مجدداً السوق باستحواذها على أكبر إضافات جديدة من قدرات طاقة الرياح البرية، حيث نمت حصتها من المشاريع الجديدة من 41% إلى 50% بين عامي 2021 و2022، مما نتج عنه خفض حصة الأسواق ذات التكلفة شاملة التركيب الأعلى مقارنةً بعام 2021. وفي حال استثناء الصين، يظل منحنى المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية لتوليد الكهرباء من طاقة الرياح البرية ثابتاً خلال هذه الفترة.

الشكل S.3: التكلفة العالمية المستوية للكهرباء لتقنيات الطاقة المتجددة على نطاق المرافق المُنفذة حديثاً، بين عامي 2021 و2022



أما فيما يخص مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية على نطاق المرافق المُنفذة حديثاً، فقد شهد المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للكهرباء انخفاضاً بنسبة 3% بين عامي 2021 و2022، ليصل إلى 0,049 دولار/ كيلوواط ساعة. ويُعزى ذلك إلى هبوط بنسبة 4% في المتوسط العالمي المرجح لإجمالي التكلفة شاملة التركيب لهذه التكنولوجيا، من 917 دولار / كيلوواط ساعة في عام 2021 إلى 876 دولار/ كيلوواط ساعة للمشاريع المنفذة في عام 2022.

عموماً، اتسم مشهد الطاقة الشمسية الكهروضوئية في عام 2022 بالتفاوت، مع اختلاف التوجهات بين الأسواق المختلفة. وكان انخفاض التكلفة المستوية للكهرباء في عام 2022 أقل من الانخفاض البالغ 13% على أساس سنوي في عام 2021، حيث شهد 11 من أبرز الأسواق العشرين لناحية مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية على نطاق المرافق - والتي تمتلك "آيرينا" بيانات تفصيلية حولها - ارتفاعاً في القيمة الفعلية لإجمالي التكلفة شاملة التركيب، كما شهد 12 منها ارتفاعاً في القيمة الأسمية. وكانت بعض هذه الارتفاعات كبيرة للغاية، حيث شهدت فرنسا وألمانيا قفزة بنسبة 34% على سبيل المثال، في حين شهدت اليونان زيادة في التكلفة تقدر بحوالي 51%، وتُعزى هذه الزيادة إلى ارتفاع أسعار الوحدات الكهروضوئية والسلع في الفترة بين نهاية عام 2021 وبداية عام 2022. ويعكس بعض هذا التفاوت التباين الطبيعي في تكاليف المشروع الواحد، إلا أنه لا يجب إغفال تأثير تضخم تكاليف السلع والعمالة على بعض الأسواق.

ويُعزى الانخفاض في المتوسط العالمي المرجح لتكلفة توليد الكهرباء في محطات التوليد الشمسية الكهروضوئية على نطاق المرافق المُنفذة حديثاً في عام 2022، إلى حقيقة أن التكاليف في الصين أقل من مثيلاتها في معظم الأسواق فضلاً عن ارتفاع حصتها العالمية من مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية من 38% في عام 2021 إلى نحو 45% في عام 2022.

أضاف سوق طاقة الرياح البحرية قدرة إنتاجية جديدة بواقع 8.9 جيجاواط في عام 2022. وكان من الممكن أن يكون هذا رقماً قياسياً جديداً لولا التوسع غير المسبوق الذي شهده السوق عام 2021 عندما أُضِيفت 21 جيجاواط من طاقة الرياح البحرية على المستوى العالمي مدفوعةً بزيادة القدرة الإنتاجية في الصين. كما أدى انخفاض حصة الصين في القدرات الإنتاجية المضافة وبدء تشغيل المشاريع في أسواق جديدة إلى زيادة المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للمشاريع الجديدة بنسبة 2% من 0.079 دولار/كيلوواط ساعة في عام 2021 إلى 0.081 دولار /كيلوواط ساعة في عام 2022. و عُوضت الزيادة في المتوسط العالمي المرجح لإجمالي تكاليف الطاقة شاملة التركيب (من 3052 دولار /كيلوواط ساعة في عام 2021 إلى 3461 دولار /كيلوواط ساعة في عام 2022) جزئياً من خلال زيادة عامل القدرة الإنتاجية للمشاريع المُنفذة حديثاً من 39% في عام 2021 إلى 42% في عام 2022.

وفيما يخص مشاريع الطاقة الحيوية الجديدة، فقد شهد المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية لهذه المشاريع بين عامي 2021 و2022 انخفاضاً بنسبة 13% من 0.071 دولار /كيلوواط ساعة إلى 0.061 دولار أمريكي/كيلوواط ساعة. وحدث ذلك بالتوازي مع زيادة حصة المشاريع الجديدة منخفضة التكلفة المُنفذة في الصين والبرازيل خلال عام 2022.

أما بالنسبة لمشاريع الطاقة الحرارية الأرضية، فقد سجل المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للمشاريع العشرة المُنفذة بين عامي 2021 و2022 انخفاضاً بنسبة 22% ليصل إلى 0.056 دولار /كيلوواط ساعة.

وفي المقابل، شهدت **مشاريع الطاقة الكهرومائية الجديدة** زيادة في المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية بنسبة 18% بين عامي 2021 و2022، من 0.052 دولار /كيلوواط ساعة إلى 0.061 دولار /كيلوواط ساعة. وفي عام 2022، تم إطلاق عدد من المشاريع - التي شهدت تأخيرات عدة وتكاليف زائدة - بشكل جزئي أو كامل. ونتيجة لذلك، ارتفع المتوسط العالمي المرجح لإجمالي تكاليف الطاقة شاملة التركيب لمشاريع الطاقة الكهرومائية الجديدة من 2299 دولار /كيلوواط ساعة في عام 2021 إلى 2881 دولار /كيلوواط ساعة في عام 2022، بزيادة قدرها 25%.

الطاقة الشمسية وطاقة الرياح: انخفاض ملحوظ في التكلفة بين عامي 2010 و2022

غيّرت خبرة العامين الماضيين طريقة فهم أصحاب المصلحة لتوقعات الأسعار في أسواق الوقود الأحفوري، وكشفت عن هشاشة الاقتصادات التي تعتمد على الوقود الأحفوري لتوليد الطاقة.

وحتى قبل حدوث أزمة أسعار الوقود الأحفوري في عام 2022، كانت مصادر الطاقة المتجددة أكثر تنافسية من الوقود الأحفوري. وعندما استدعت الحاجة إضافة قدرات جديدة لتوليد الكهرباء في عام 2021، كان لمصادر الطاقة المتجددة اليد الطولى في تراجع الإضافات الجديدة للوقود الأحفوري بشكل كبير حتى أنها أدّت إلى تراجع المحطات القائمة أصلاً في العديد من المواقع بمجرد مراعاة تأثير الدعم المالي. وشهدت القدرة التنافسية للطاقة المتجددة نقلة كبيرة في عام 2022 مع ارتفاع أسعار الوقود الأحفوري.

وشهدت الطاقة الشمسية الكهروضوئية أسرع وتيرة لانخفاض التكلفة منذ عام 2010، حيث شهد المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية لمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية على نطاق المرافق المُنفذة حديثاً انخفاضاً من 0.445 دولار / كيلوواط ساعة إلى 0.049 دولار / كيلوواط ساعة بين عامي 2010 و2022 – بانخفاض قدره 89% (الشكل S.4). ويُعزى هذا الانخفاض في المقام الأول إلى انخفاض أسعار ألواح الطاقة الشمسية بنسبة 90% تقريباً بين ديسمبر 2009 وديسمبر 2022 بالرغم من ارتفاع هذه الأسعار في عام 2022. كما حدثت انخفاضات كبيرة في الموازنة الشاملة لتكاليف محطات التوليد والعمليات التشغيلية والصيانة وتكلفة رأس المال.

انخفض المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية **لمشاريع طاقة الرياح البرية** بنسبة 69% بين عامي 2010 و2022، من 0.107 دولار / كيلوواط ساعة إلى 0.033 دولار /كيلوواط ساعة.

وكان انخفاض تكلفة مشاريع طاقة الرياح البرية مدفوعاً بعاملين رئيسيين هما: انخفاض تكلفة توربينات الرياح، وزيادة عامل القدرة الإنتاجية بفضل تطور تكنولوجيا التوربينات. وقد انخفضت أسعار توربينات الرياح خارج الصين بنسبة تتراوح بين 39% و55% بين عامي 2010 و2022 وفقاً لمؤشر أسعار التوربينات، بينما بلغ الانخفاض في الصين حوالي الثلثين تقريباً (64%). وارتفع المتوسط العالمي المرجح لعامل القدرة الإنتاجية للمشاريع المُنفذة حديثاً من 27% في عام 2010 إلى 39% للمشاريع المُنفذة في عام 2021. ثم انخفض هذا المتوسط مجدداً إلى 37% في عام 2022 مع ارتفاع حصة الصين من المشاريع الجديدة نتيجة ضعف إنتاجية مواقع طاقة الرياح في البلاد عموماً.

أما بالنسبة لمشاريع طاقة الرياح البحرية المُنفذة حديثاً، فقد سجل المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية فيها بين عامي 2010 و2022 انخفاضاً بنسبة 59%، من 0.197 دولار /كيلوواط ساعة إلى 0.081 دولار /كيلوواط ساعة.

وفي عام 2010، بلغ المتوسط المرجح للتكلفة المستوية لمشاريع الطاقة البحرية في الصين وأوروبا 0.189 دولار /كيلوواط ساعة و0.198 دولار /كيلوواط ساعة على التوالي. وفي عام 2021، كان المتوسط المرجح للتكلفة المستوية للمشاريع الأوروبية المُنفذة حديثاً 0.056 دولار/كيلوواط ساعة، وهذا أقل من التكلفة المسجلة في الصين لذلك العام والبالغة 0.083 دولار /كيلوواط ساعة. أما في عام 2022، فقد ارتفع المتوسط المرجح للتكلفة المستوية لمشاريع الطاقة البحرية في أوروبا إلى 0.074 دولار أمريكي/كيلوواط ساعة مع اكتمال مجموعة من المشاريع الأكثر تكلفة ومنها مشاريع في الأسواق الجديدة. ومع ذلك لا يزال المتوسط المرجح للتكلفة في أوروبا أقل بحوالي 4% من المشاريع الصينية المنجزة في عام 2022، حيث بلغ المتوسط المرجح للتكلفة 0.077 دولار أمريكي/كيلوواط ساعة.

ما زال نشر أنظمة الطاقة الشمسية المركزة (CSP) مخيباً للآمال، حيث أُضيف أقل من 0.1 جيجاواط في عام 2022 واستقرت القدرة الإنتاجية التراكمية العالمية عند 6.5 جيجاواط في نهاية عام 2022.

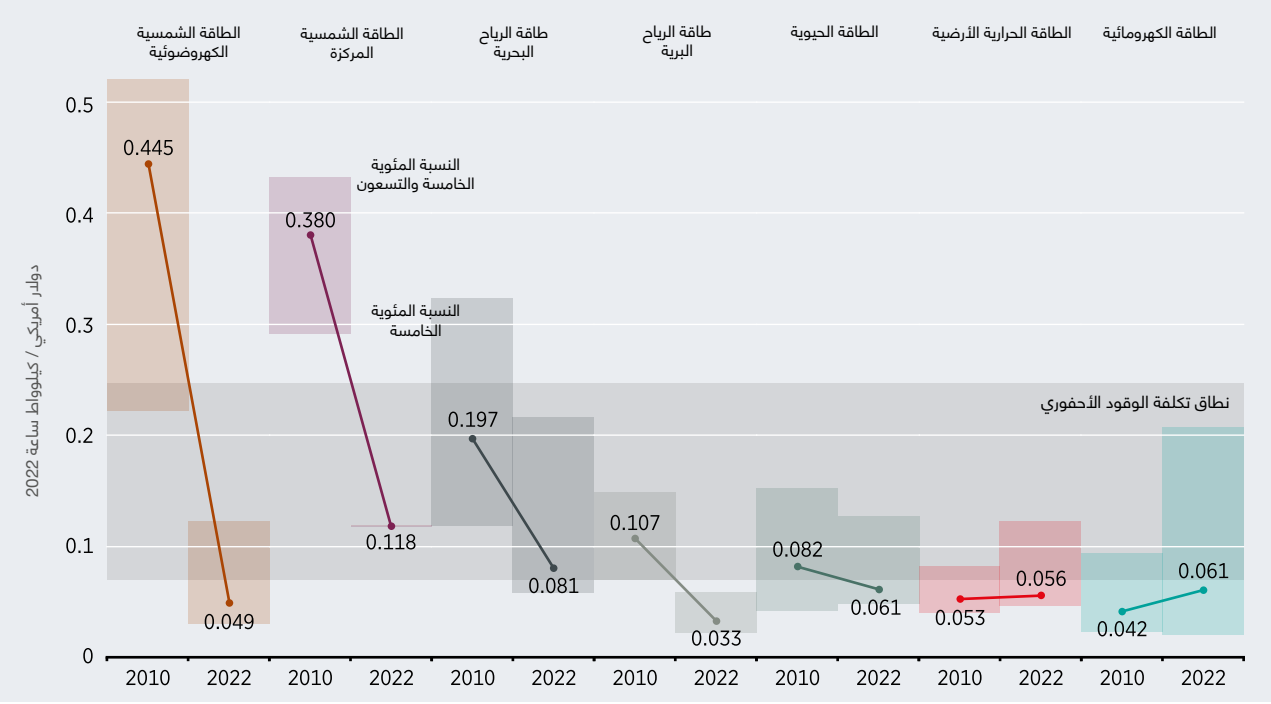
وخلال الفترة بين عامي 2010 و2022، انخفض المتوسط العالمي المرجح لتكلفة مشاريع الطاقة الشمسية المركزة المُنفذة حديثاً بنسبة 69% من 0.38 دولار /كيلوواط ساعة إلى 0.118 دولار /كيلوواط ساعة. وقد انخفض هذا المتوسط بسرعة بين عامي 2010 و2020 على الرغم من التقلبات السنوية. ومنذ عام 2020، أدّى إطلاق المشاريع التي تأخرت أو تضمنت تصميمات جديدة إلى ركود المتوسط العالمي المرجح لتكلفة الكهرباء المولدة من هذه التقنية. ومن المتوقع أن تسهم السياسات الداعمة في تعزيز مكانة الطاقة الشمسية المركزة، وذلك في ضوء وفورات التكلفة الكبيرة التي تحققت من تنفيذ مشاريع بقدرة 6.5 جيجاواط فقط.

وقد شهد المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية **لمشاريع الطاقة الحيوية** درجة معينة من التقلب خلال الفترة بين عامي 2010 و2020 دون تسجيل أي اتجاه كبير له صعوداً أو هبوطاً. ومع ذلك كان المتوسط العالمي المرجح لمشاريع الطاقة الحيوية في عام 2022 - والبالغ 0.061 دولار /كيلوواط ساعة - أقل بنسبة 13% من القيمة المسجلة عام 2021، وأقل بمقدار الربع من قيمته عام 2010، والتي كانت 0.082 دولار / كيلوواط ساعة.

وبالنسبة لمشاريع الطاقة الحرارية الأرضية، فقد انخفض المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للكهرباء في مشاريعها بنسبة 22% بين عامي 2021 و2022 ليصل إلى 0.056 دولار /كيلوواط ساعة. وكان هذا المتوسط أعلى بنسبة 6% مما كان عليه في عام 2010، ولكنه ضمن النطاق 0.053 - 0.091 دولار /كيلوواط ساعة المسجل بين عامي 2013 و2021.

وشهدت **مشاريع الطاقة الكهرومائية المُنفذة حديثاً** زيادة في المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للكهرباء بنسبة 47% بين عامي 2010 و2022، من 0.042 دولار /كيلوواط ساعة إلى 0.061 دولار /كيلوواط ساعة. وما زالت هذه القيمة أقل من أرخص الخيارات الجديدة لتوليد الكهرباء من الوقود الأحفوري في عام 2022 على الرغم من ارتفاع المتوسط العالمي المرجح للتكلفة بنسبة 18% في ذلك العام. وكان السبب في هذه الزيادة التي طرأت في عام 2022 عن مثيلتها في عام 2021 هو بدء تشغيل عدد من المشاريع التي شهدت زيادة كبيرة في التكاليف، ولا سيما في كندا.

الشكل S.4: المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية لتوليد الكهرباء من مشاريع الطاقة المتجددة المُنفذة على مستوى المرافق، 2021 – 2022



ملاحظة: هذه البيانات خاصة بسنة بدء تشغيل المشاريع. وتدل الخطوط العريضة على المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للمحطات الفردية المُنفذة في كل عام. وتُحتسب التكلفة المستوية للمشروع مع التكاليف شاملة التركيب وعوامل القدرة الإنتاجية الخاصة بالمشروع، وقد تم توضيح الافتراضات الأخرى - بما في ذلك المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال - بالتفصيل في الملحق الأول. ويمثل النطاق الرمادي تكلفة توليد الطاقة من الوقود الأحفوري في عام 2022 على افتراض أن أسعار الغاز الأحفوري لعام 2021 كانت المعيار الصحيح على المدى الطويل بدلاً من الأسعار المسجلة خلال أزمة عام 2022. بينما تمثل نطاقات كل تقنية وسنة النطاقين المئويين "الخامس" و"الخامس والتسعين" لمشاريع الطاقة المتجددة.

IRENA
International Renewable Energy Agency

www.irena.org

© IRENA 2023