سلسلة كتب المستقبل

انتقال الطاقة

سلاسل الإمدادات ومسارات مستقبل الطاقة المتجددة حول العالم

إبراهيم الغيطاني

المستقبل
للأبحاث والدراسات المتقدمة

انتقال الطاقة
سلاسل الإمدادات ومسارات مستقبل الطاقة المتجددة حول العالم

تأليف
إبراهيم الغيطاني

المستقبل
للأبحاث والدراسات المتقدمة

بطاقة فهرسة:

الغيطاني، إبراهيم.
انتقال الطاقة: سلاسل الإمدادات ومسارات مستقبل الطاقة المتجددة حول العالم / تأليف إبراهيم الغيطاني.- ط 1.- أبوظبي: المستقبل للأبحاث والدراسات المتقدمة، 2024 .
166 ص؛ 24 سم.- (سلسلة كتب المستقبل)

ردمك (النسخة المطبوعة) 978-9948-771-09-8
ردمك (النسخة الإلكترونية) 978-9948-771-08-1

1. انتقال الطاقة
2. الطاقة المتجددة
3. مصادر الطاقة المتجددة
4. مشاريع الطاقة المتجددة

أ. العنوان
ب. السلسلة

الإخراج الفني: عبدالله خميس
التدقيق اللغوي: محمذن الغوث

© جميع الحقوق محفوظة لمركز المستقبل للأبحاث والدراسات المتقدمة - أبو ظبي - 2023
www.futureuae.com

عن المستقبل:

مركز تفكير (Think Tank) مستقل، أنشئ عام 2014، في أبوظبي، بدولة الإمارات العربية المتحدة، للمساهمة في تعميق الحوار العام، ومساندة صنع القرار، ودعم البحث العلمي، فيما يتعلق باتجاهات المستقبل، التي أصبحت تمثل إشكالية حقيقية بالمنطقة، في ظل حالة عدم الاستقرار وعدم القدرة على التنبؤ، خلال المرحلة الحالية، من خلال رصد وتحليل وتقدير "المستجدات" المتعلقة بالتحولات السياسية والاتجاهات الأمنية، والتوجهات الاقتصادية والتطورات التكنولوجية، والتفاعلات المجتمعية والثقافية، المؤثرة على مستقبل منطقة الخليج، وفي نطاق الشرق الأوسط عموماً.

للاتصال والمعلومات:

برج سكاي تاور، جزيرة الريم، الطابق (31)
ص.ب 111414 أبوظبي, الإمارات العربية المتحدة
هاتف: 4513 444 02 971+
فاكس: 4732 444 02 971+
Email: info@futureuae.com
www.futureuae.com

*حقوق النشر محفوظة ولا يجوز الاقتباس من مواد الإصدار من دون الإشارة إلى المصدر

المستقبل
للأبحاث والدراسات المتقدمة

المدير التنفيذي
حسام إبراهيم

المستشار الأكاديمي
د. إبراهيم غالي

رئيس التحرير
عبداللطيف حجازي

نائب رئيس التحرير
آية يحيى

باحثو المركز
علي صلاح
أحمد عليبه
أحمد عاطف
د. إيهاب خليفة
هالة الحفناوي
مصطفى ربيع
إبراهيم الغيطاني
يارا منصور
محمد محمود السيد
محمد العربي
شريف هريدي
محمود قاسم

الإخراج الفني
عبدالله خميس
عادل خطاش

التدقيق اللغوي
محمذن الغوث

العلاقات العامة
رحاب مكرم
info@futureuae.com

النشر والتسويق
أمجد محمد جروين
marketing@futureuae.com

الفهرس

المقدمة	**07**
الفصل الأول: الخريطة الراهنة للانتقال العالمي إلى الطاقة المتجددة	**13**
أولاً: تعريف انتقال الطاقة	**16**
ثانياً: محفزات وتحديات الانتقال إلى الطاقة المتجددة	**19**
ثالثاً: سمات انتقال الطاقة الراهن	**30**
رابعاً: خريطة انتشار الطاقة المتجددة حول العالم	**34**
الفصل الثاني: الآفاق المستقبلية لانتقال الطاقة حول العالم	**49**
أولاً: محددات انتشار الطاقة المتجددة في المستقبل	**52**
ثانياً: السيناريوهات المستقبلية للطلب على الطاقة المتجددة	**60**
ثالثاً: معضلات انتقال الطاقة في العالم	**74**
رابعاً: نحو سياسات أكثر فعالية لانتقال الطاقة	**76**
الفصل الثالث: سلاسل الإمداد وتأمين الانتقال نحو الطاقة المتجددة	**87**
أولاً: تحديات سلاسل إمداد الطاقة المتجددة	**90**
ثانياً: معضلات الدمج والتخزين	**104**
ثالثاً: قضايا جيوسياسية على هامش سلاسل الإمداد	**112**
الفصل الرابع: معضلة التمويل.. واقع ومستقبل الاستثمار في الطاقة المتجددة	**127**
أولاً: واقع التمويل الدولي لصناعة الطاقة المتجددة	**131**
ثانياً: إشكالات التمويل في الاقتصادات الناشئة والنامية	**145**
ثالثاً: نحو سياسات فاعلة لدعم استثمارات الطاقة المتجددة	**152**

المقدمة:

على مدار القرنين الماضيين مر نظام الطاقة العالمي بتحولات على عدة مراحل، مدفوعاً بعوامل ومتغيرات مختلفة. فقبل انطلاق الثورة الصناعية البريطانية، كان البشر يحرقون الأخشاب والسماد المجفف لتدفئة المنازل وطهي الطعام. ولكن مع ارتفاع أسعار الحطب في القرنين السادس عشر والسابع عشر، بسبب زيادة الاستهلاك من قبل كل من الأسر والصناعات، بحث العالم عن مصدر جديد أرخص للطاقة، ليتحول الأفراد والمصانع إلى استخدام الفحم بكثافة، مع تسارع اكتشافه، ليُعد ذلك أول بداية حقيقية للتحول في مجال الطاقة.

ثم تسارع اكتشاف النفط والغاز في العالم في منتصف القرن الماضي، وبدأت المصانع في استخدامهما كمصدرين للوقود، بالتزامن مع ارتفاع الطلب عليهما من قبل المركبات ذات محركات الاحتراق الداخلي. وعلى نحو مماثل، فتح اختراع "موقد بنسن" (Bunsen Burner) فرصاً جديدة لاستخدام الغاز الطبيعي في المنازل. ومع إنشاء خطوط الأنابيب، أصبح الغاز مصدراً رئيسياً للتدفئة المنزلية والطهي وسخانات المياه وغيرها من الاستخدامات. ويعتبر البعض أن سرعة انتشار استخدام النفط والغاز هي التحول الثاني في مجال الطاقة.

وحالياً، يتوسع العالم في بناء قدرات إضافية للطاقة الشمسية وطاقة الرياح، بدافع أساسي من الالتزامات الدولية تجاه تحقيق صافي انبعاثات كربونية صفرية بحلول عام 2050، ومن أجل مكافحة ظاهرة الاحتباس الحراري. ومع ذلك، يُظهر التاريخ أن مجرد إضافة قدرات جديدة للتوليد لا يكفي لتسهيل تحول الطاقة، إذ تطلب انتشار استخدام الفحم، حفر المناجم وإقامة خطوط السكك الحديدية؛ فيما اقتضى استخدام النفط حفر الآبار وإقامة خطوط الأنابيب والمصافي. وعلى نحو مماثل، يتطلب التحول الكامل إلى المصادر المنخفضة الكربون استثمارات ضخمة في الموارد الطبيعية، والبنية الأساسية، وتخزين الشبكات، جنباً إلى جنب مع التغيرات في عادات استهلاك البشر للطاقة.

في هذا الإطار، يأتي هذا الكتاب ليتعرض إلى قضية رئيسية تشغل اهتمام عالمنا الحالي ألا وهي التحول من الاعتماد على المواد الهيدروكربونية في الاقتصاد العالمي إلى مزيد من الاعتماد على مصادر الطاقة النظيفة، وكيفية بناء سلاسل إمداد متنوعة وآمنة ومستقرة في مجال تقنيات الطاقة النظيفة لضمان النشر السريع لاستخدام الطاقة المتجددة (الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح) في قطاع الكهرباء الدولي[1].

ربما لسنا بحاجة، هنا، لإعادة تعريف ماهية مصادر الطاقة واستعراض أنواعها بالتفصيل، حيث استفاضت في تناولها كثير من الأدبيات، ولكن تجدر الإشارة إلى أن الطاقة المستمدة من المصادر المتجددة (الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة الحرارة الأرضية والطاقة الكهرومائية وغيرها) توجد في الطبيعة بوفرة كبيرة، ويمكن -نظرياً على الأقل- الاعتماد عليها لمضاعفة القدرات الكهربائية في العالم.

وتُعد الطاقة الشمسية هي الأكثر وفرة بين جميع موارد الطاقة المتجددة، ويمكن حتى توليدها في ظروف الطقس الغائم، فبإمكان الإشعاع الشمسي أن يوفر طاقة تفوق بحوالي 10 آلاف مرة معدل استهلاك الإنسان للطاقة. ويمكن استخدام الطاقة الشمسية في تطبيقات اقتصادية مختلفة، بما في ذلك توفير الحرارة، والتبريد، والإضاءة والكهرباء، وكوقود أيضاً.

وتقوم تقنيات الطاقة الشمسية بتحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة كهربائية إما من خلال الألواح الكهروضوئية أو من خلال المرايا التي تُركز الإشعاع الشمسي. فيما يتم تحويل الطاقة الحركية للهواء إلى كهرباء عن طريق استخدام توربينات الرياح، سواءً المقامة على الأرض (طاقة الرياح البرية) أم في البحر أم المياه العذبة (طاقة الرياح البحرية).

وقد تم استخدام طاقة الرياح منذ آلاف السنين، ولكن تقنيات طاقة الرياح البرية والبحرية تطورت على مدى السنوات القليلة الماضية لتوليد الكهرباء بشكل أكثر كفاءة، مع توربينات أطول وأقطار دوارة أكبر. وبرغم أن متوسط سرعات الرياح يختلف بشكل كبير حسب الموقع، فإن الإمكانات التقنية

1- Govind Bhutada, The 200-year history of mankind's energy transitions, **World Economic Forum**, April 13, 2022, available at: https://shorturl.at/iqCI8

العالمية لطاقة الرياح تتجاوز الإنتاج العالمي الحالي للكهرباء، إذ توجد إمكانات كبيرة في معظم مناطق العالم لتمكين نشر طاقة الرياح[1].

وأحد أبرز الأمثلة على القدرات الكبيرة للطاقة المتجددة، قارة إفريقيا التي تمتلك إمكانات كبيرة لتوليد الكهرباء عبر الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، إذ يبلغ معدل الإشعاع الشمسي في القارة نحو 2119 كيلووات ساعة لكل متر مربع (كيلووات ساعة/م2)، وهي معدلات كبيرة تكفي لتوليد نحو 7900 جيجاوات من الكهرباء (بافتراض استغلال نسبة 1% من مساحة أراضي القارة)، وذلك وفق تقديرات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة. كما بإمكان القارة الإفريقية استخدام تقنيات طاقة الرياح لتوليد طاقة كهربائية بقدرة تبلغ 461 جيجاوات (بافتراض استغلال 1% من مساحة أراضي القارة)، مع العلم أن الجزائر وإثيوبيا وناميبيا وموريتانيا تمتلك الإمكانات الأكبر داخل القارة[2].

وقد ساعدت السياسات الحكومية في تطوير مزيد من قدرات مصادر الطاقة المتجددة حول العالم في العقدين الأخيرين، لتبلغ نسبة مشاركتها في توليد الكهرباء حول العالم نحو 12.8% في عام 2021، مقارنة بـ7.4% في عام 2016. فيما ارتفعت حصة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وحدهما في مزيج الكهرباء العالمي من 6.9% في عام 2016 إلى 10.2% في عام 2021[3].

ومع ذلك، لا تزال إضافة قدرات جديدة من الطاقة المتجددة أبطأ مما هو مطلوب للحد من ظاهرة الاحتباس الحراري وتحقيق سيناريو صافي صفر انبعاثات كربونية بحلول عام 2050. فهناك حاجة إلى نشر أكثر من 1000 جيجاوات من الطاقة المتجددة سنوياً للبقاء على مسار درجة حرارة 1.5 درجة مئوية، وفق تقديرات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة. بينما في عام 2022، تمت إضافة أكثر من 300 جيجاوات من مصادر الطاقة المتجددة على مستوى العالم، وهو أمر يمكن مضاعفته من الناحية الفنية ومجدٍ اقتصادياً.

1- What is renewable energy?, **United Nation**, available at: https://shorturl.at/aqwPQ

2- Renewable Energy Market Analysis Africa And Its Regions, **International Renewable Energy Agency**, 2022, available at: Https://Shorturl.At/Dhuz1

3- Oguz Ozan Yolcan, "World energy outlook and state of renewable energy: 10-Year evaluation?" **Innovation and Green Developmen**t, Volume.2, Issue 04, December 2023, available at: https://shorturl.at/kpQVY

بيد أن السياسات والاستثمارات العالمية لا تتحرك صوب تحقيق الأهداف المناخية ونشر الطاقة المتجددة. وتحتاج الحكومات لمضاعفة جهودها لضمان توجيه الاستثمارات المثلى للبقاء على المسار الصحيح[1]. وتُعد هذه الاستثمارات ضرورية لبناء سلاسل إمداد متنوعة ومستقرة لضمان التحول المرن للطاقة ودعم أمن الطاقة حول العالم. فيما يلزم النشر السريع للطاقة الشمسية وطاقة الرياح وغيرها من تقنيات الطاقة المتجددة توسيع نطاق إنتاج المدخلات المعدنية والمكونات الأساسية اللازمة لها، مع تقوية شبكات نقل الكهرباء وأصول تخزين الطاقة[2].

وعليه، ينقسم الكتاب إلى أربعة فصول، يُعد الفصل الأول مدخلاً تمهيدياً، نتعرف من خلاله إلى المسارات التاريخية لانتقال الطاقة في العالم، وسمات عملية انتقال الطاقة في عالمنا المعاصر، ومحفزات وتحديات الانتقال إلى الطاقة المتجددة. كما يستعرض الفصل الخريطة الحالية لانتشار الطاقة المتجددة حول العالم (خاصة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح)، من حيث القدرات والتقنية والانتشار الجغرافي، ويتعرض الفصل أيضاً باختصار لآفاق الطاقة المتجددة في الأمد القصير.

ويتناول الفصل الثاني، الآفاق المستقبلية للانتقال العالمي نحو الطاقة المتجددة، وذلك من خلال تحديد العوامل والمتغيرات الحاكمة لانتشار استخدام الطاقة المتجددة حول العالم، والتي يأتي في مقدمتها الدعم السياسي للطاقة المتجددة، وضخ الاستثمارات الكافية، ومدى التطور التكنولوجي. ثم استعراض سيناريوهات الطلب على الطاقة المتجددة في المستقبل، وتحليل معضلات انتقال الطاقة حول العالم، والتي تتمثل في التفاوت الجغرافي والقطاعي فضلاً عن تأرجح مواقف الشركات بشأن دعم المشروعات منخفضة الكربون. وبناءً على ذلك، يطرح الفصل مجموعة من التوصيات لبناء سياسات أكثر فعالية لدعم انتقال الطاقة.

1- Executive summary, World Energy Transitions Outlook 2023, Volume 1**, International Renewable Energy,** available at: https://shorturl.at/cpFIS

2- Securing Clean Energy Technology Supply Chains, **International Energy Agency**, July 2022, available at: https://shorturl.at/ehCF7

ثم يأتي الفصل الثالث ليسلط الضوء على أهمية بناء سلاسل إمداد، متنوعة وآمنة، في مجال تقنيات الطاقة النظيفة لتعزيز النشر السريع للطاقة الشمسية وطاقة الرياح وغيرها من تقنيات الطاقة المتجددة. في هذا الإطار يتناول الفصل تحديات سلاسل إمداد الطاقة المتجددة، مثل توفير الطلب المتزايد المتوقع على المعادن الأساسية، وتطوير القدرات الصناعية في مجال تقنيات الطاقة النظيفة، وتطوير شبكات النقل الكهربائية، فضلاً عن بناء قدرات تخزينية عالية لمصادر الطاقة المتجددة. ثم يطرح الفصل مجموعة من السياسات والإجراءات الواجب اتباعها لاحتواء هذه التحديات والتغلب عليها. كما يتعرض الفصل لقضية التَرَكُّز الجغرافي لسلاسل إمداد الطاقة المتجددة في آسيا والصين، وما يثيره ذلك من مخاوف لدى القوى الغربية القلقة من احتمالية استغلال بكين ذلك سياسياً، والتحركات الغربية في هذا الصدد.

وأخيراً، يتعرض الفصل الرابع لإحدى القضايا المحورية على صعيد انتقال الطاقة، والتي تحظى باهتمام ملحوظ من قبل صناع القرار والحكومات والمؤسسات حول العالم، ألا وهي كيفية حشد التمويل الكافي لتخصيص الاستثمارات لصناعة الطاقة المتجددة. حيث يتتبع الفصل واقع التمويل والاستثمار في مجال صناعة الطاقة المتجددة على مستوى العالم، ثم ينتقل إلى تحليل الإشكاليات التي تواجه تمويل مشروعات الطاقة المتجددة في البلدان الناشئة والنامية، وبناءً عليه يطرح الفصل مجموعة من السياسات والآليات التي يمكن تبنيها لتحسين وصول مشروعات الطاقة المتجددة للتمويلات بيسر وبتكاليف منخفضة.

يُعد تأمين وتنويع سلاسل إمداد الطاقة المتجددة إحدى القضايا المُلحة المطروحة على الساحة الدولية في السنوات الأخيرة، والتي اكتسبت أهمية خاصة مؤخراً، نظراً لكونها ركيزة رئيسية في تحقيق الانتقال المنشود نحو الطاقة المتجددة وبلوغ مسار الحفاظ على درجة حرارة الأرض عند 1.0 درجة مئوية فوق مستويات ما قبل الثورة الصناعية. إذ يتطلب الإسراع في نشر الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في مختلف أنحاء العالم توفير احتياجات صناعة الطاقة المتجددة من المعادن والمواد الوسيطة اللازمة لتصنيع الألواح الشمسية وتوربينات الرياح، جنباً إلى جنب مع أهمية تعزيز شبكة نقل الكهرباء وتوزيعها، ورفع قدرات أصول تخزين الطاقة اللازمة لضمان استقرار شبكات الكهرباء المعتمدة على الطاقة النظيفة.

كما يُعد توفير التمويل أحد التحديات الأخرى القائمة أمام انتقال الطاقة في العالم، ورغم أن مصادر الطاقة المتجددة باتت تستحوذ على حصة لا يستهان بها من التمويل والاستثمارات الموجهة لقطاع الطاقة العالمي. فإن هذا التمويل يعيبه التركز الجغرافي الشديد في عدد محدود من البلدان المتقدمة، في حين تعاني الدول النامية من ضعف فرص تمويل مشروعات الطاقة المتجددة مع هشاشة أسواق التمويل والديون لديها، وسط الضغوط المالية الشديدة التي تتعرض لها منذ جائحة "كورونا". ويقتضي سد تلك الفجوة تبني نهج دولي شامل يقوم على تعزيز دور المؤسسات الدولية والدول المتقدمة في توفير التمويلات اللازمة لمشروعات الطاقة المتجددة بالدول النامية.

تأسيساً على ذلك، يأتي هذا الكتاب الذي يستعرض، في البداية، الخريطة الراهنة للتحول نحو الطاقة المتجددة في العالم، مع التركيز بالأساس على الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح، ثم ينتقل إلى تناول أبرز السيناريوهات المستقبلية للطاقة المتجددة حول العالم، ويتعرض لقضايا "سلاسل الإمداد" والتمويل والاستثمار في مشروعات الطاقة المتجددة. ويؤكد الكتاب حقيقة رئيسية مفادها أنه إذا ما أراد العالم النشر السريع للطاقة المتجددة، فعليه ضخ ما يلزم من استثمارات في قطاع التعدين العالمي لتلبية الطلب المتزايد على المعادن الحرجة، إلى جانب الاستثمار في شبكات نقل وتوزيع الكهرباء وأصول تخزين الطاقة. كما ينبغي على الحكومات مواصلة جهودها لتحسين السياسات التنظيمية وغير التنظيمية من أجل تحفيز مشروعات الطاقة المتجددة. كل هذه تدابير وإجراءات لا مفر منها لتحقيق الانتقال المنشود للطاقة المتجددة قبل نهاية منتصف العقد الحالي.

ISBN: 978-9948-771-09-8

المستقبل
للأبحاث والدراسات المتقدمة

سكاي تاور، جزيرة الريم، أبوظبي - إ.ع.م.
تليفون: 02-4444513 - فاكس: 02-4444732
www.futureuae.com

الإخراج الفني: عبدالله خميس