IRENA
International Renewable Energy Agency
الوكالة الدولية للطاقة المتجددة

هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة
NREA

آفاق الطاقة المتجددة

مصر

استناداً إلى تقييم جاهزية الطاقة المتجددة وتحليل REmap

© الوكالة الدولية للطاقة المتجددة 2018 (IRENA)
يجوز، ما لم يرد بخلاف ذلك، استخدام المادة الواردة في هذا المنشور بحرّية ومشاركتها ونسخها وإعادة إنتاجها وطباعتها و/ أو تخزينها شريطة أن تتم الإشارة بشكل 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 وقيود منفصلة، وقد يستلزم الحصول على إذن تلك الأطراف قبل استخدام هذه المادة بأي شكل كان.

الرقم الدولي الموحد للكتاب: ISBN 978-92-9260-070-9

هذا التقرير مترجم من **"Renewable Energy Outlook: Egypt ISBN: 978-92-9260-069-3"** (*آفاق الطاقة المتجددة: مصر*).
(IRENA 2019 ©) يرجى اعتماد النسخة الإنجليزية كمرجع أساسي للتقرير.

للاقتباس:
الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (2018)، *توقعات الطاقة المتجددة: مصر*، الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة (IRENA)، أبوظبي.

نبذة عن الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة
الوكالة الدولية للطاقة المتجددة هي منظمة حكومية دولية تدعم بلدان العالم في التحول نحو استخدام الطاقة المتجددة بطريقة مستدامة في المستقبل؛ وتعد الوكالة منصةً رئيسيةً للتعاون الدولي ومركزاً عالمياً للتميّز، فضلاً عن دورها الفعال كملتقىً لرواد السياسة والتكنولوجيا والموارد الفنية والمالية المتخصصة في مجال الطاقة المتجددة. وتشجّع الوكالة على اعتماد واستخدام جميع أشكال الطاقة المتجددة على نطاق واسع بما فيها الطاقة الحيوية، والطاقة الحرارية الجوفية، والطاقة المائية، 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 مع مراعاة تخفيض نسب الانبعاثات الكربونية للوصول إلى مستقبل أكثر ازدهاراً.

شكر وتقدير
أعدت الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA) هذا التقرير بالتعاون الوثيق مع حكومة مصر، مُمثلةً في هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة. ونتوجه بشكرٍ خاص إلى العديد من المسؤولين الآخرين من مصر، وبخاصة من وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة وجهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحمايةِ المستهلك (الهيئة التنظيمية) والشركة المصرية لنقل الكهرباء.

استفاد التقرير من مدخلات العديد من الخبراء، ونخصُّ بالذكر أحمد مرتضى (البنك الأوروبي للإنشاء والتعمير، وخالد الدجوي (أوراسكوم) وأسماء كامل (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة). ومن بين زملاء الوكالة الدولية للطاقة المتجددة الذين أسهموا بالمراجعات والدعم القيِّم: أحمد عبد اللطيف، عبد الملك أوريتشا علي، سافياتو آلزوموا، سماح السيد، هيوي تشن، يونغ تشن، رابيا فاروقي، دولف غيلين، ديالا هاويلا، لينارت كونتزي، أسامي ميكيتا، جوان جونغمين لي (موظفة سابقة لدى الوكالة الدولية للطاقة المتجددة)، غاياثري براكاش، مايكل رينر، ديغر سايغين (موظف سابق لدى الوكالة الدولية للطاقة المتجددة)، دينيس فولك (موظف سابق لدى الوكالة الدولية للطاقة المتجددة)، هينينغ ويستير، وعلي ياسر.

المُساهمون: زهير حامدي، ريم قربان، غوربوز غونول، نيكولاس واغنر، رودريغو ليمي (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة) مصطفى تومي ولارا يونس (موظفين سابقين لدى الوكالة الدولية للطاقة المتجددة) ومحمد صلاح السبكي وأنهار حجازي (مستشارين)

إخلاء المسؤولية
يُقدَّم هذا المنشور والمادة التي يحتوي عليها "بحالتيهما". 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 أعضاء الوكالة الدولية للطاقة المتجددة. 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.

آفاق
الطاقة المتجددة

مصر

تمهيد
من وزير الكهرباء والطاقة المتجددة

تهدف رؤية مصر 2030 إلى بناء اقتصاد تنافسي ومتوازن ومتنوع في إطار التنمية المستدامة. وتلعب الطاقة المتجددة دوراً محورياً في ذلك، وهو دور تفصله استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام 2035 التي أطلقتها وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة عام 2015.

وتسعى استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام 2035 إلى تنويع مصادر الطاقة وضمان أمن الطاقة واستمراره، كما تحدد الشروط الضرورية لدعم نمو مصادر الطاقة المتجددة بمشاركة جميع القطاعات. علاوةً على ذلك، تعكس الاستراتيجية طموح مصر بأن تصبح نقطة مركزية على خارطة الطاقة تصل بين أوروبا وآسيا وأفريقيا عبر تعزيز ترابط شبكة الكهرباء في المنطقة العربية وخارجها. وتمتلك مصر العديد من موارد الطاقة غير المستغلة؛ مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية. وتشير استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام 2035 أن الطاقة المتجددة ينبغي أن تسهم بنسبة 42% من إجمالي قدرة الطاقة بحلول عام 2035.

وسيساعد تقييم جاهزية الطاقة المتجددة وتحليل REmap- اللذين يشكلان معاً دراسة آفاق الطاقة المتجددة- مصر على تحقيق تلك الأهداف. وتوضح هذه التقييمات طرق دعم المبادرات التي أطلقتها مصر لتعزيز انتشار تقنيات الطاقة المتجددة. فقد اعتمد قطاع الكهرباء المصري، على سبيل المثال، برنامجاً للتوطين ونجح في تحقيق هدفه بزيادة المكوّن المحلي في إجمالي متطلبات محطات الرياح بنسبة 30%، مع السعي لزيادة هذه النسبة إلى 70% بحلول 2020. كما ينبغي أن يشكل المكوّن المحلي 50% من محطات الطاقة الشمسية المركزة في ذلك العام أيضاً.

تم إجراء هذا التحليل بالتعاون بين وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة والوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)، وبدعم من هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة في مصر. ويوفر التحليل معلومات مهمة لأصحاب المصلحة في قطاع الطاقة المتجددة، بما في ذلك الهيئات الحكومية والخاصة.

ويظهر هذا التقرير الإمكانات التي تتمتع بها مصر وتخولها الحفاظ على زخم نموها الاقتصادي واستدامتها وأمن الطاقة لديها، كما أنه يوضح كيف يمكن ضمان مساهمة القطاع الخاص في تحقيق ذلك، ويحدد أبرز التحديات المتعلقة بالسياسات والسوق والمهارات والتحديات المؤسسية، ويستعرض الإجراءات الموصى بها للتغلب على تلك التحديات.

وبالنيابة عن وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، أود أن أعرب عن خالص الشكر والتقدير للوكالة الدولية للطاقة المتجددة لجهودها ودعمها المتواصلين لحفز انتشار الطاقة المتجددة في مصر. كما أتوجه بالشكر لجميع المشاركين في هذا المشروع على تعاونهم ومساهماتهم المميزة. وكلّي ثقةٌ بأن هذا التقرير سيدعم بصورة كبيرة الاستراتيجية التي تعتمدها مصر حالياً لتحقيق أهدافها في النهوض بقطاع الطاقة المتجددة.

معالي الدكتور محمد شاكر
وزير الكهرباء والطاقة المتجددة
جمهورية مصر العربية

تمهيد
من المدير العام للوكالة الدولية للطاقة المتجددة

تُعدّ مصر أكبر بلدان منطقة الشرق الأوسط من حيث عدد السكان، وبالتالي فإنها تواجه زيادة في الطلب على الطاقة نتيجة تسارع وتيرة النمو السكاني والتوسع الاقتصادي. ويفرض ذلك تحديات كبيرة للحفاظ على إمدادات مستقرة ودائمة من الطاقة. ويمكن لمصر الاستفادة من موارد الطاقة المتجددة ليس لتلبية حاجتها من الطاقة وحسب، وإنما لضمان نموٍ اقتصادي مستدام، وتوفير فرص عمل جديدة، والمساهمة في تحقيق الأهداف العالمية بخصوص المناخ والتنمية المستدامة.

وقد أقرّت الحكومة المصرية الفرص المجزية التي توفرها هذه الموارد في استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام 2035، والتي تسعى إلى ضمان أمن الطاقة واستقرارها واستدامتها من خلال اعتماد تقنيات الطاقة المتجددة على نطاق واسع. ويجري العمل حالياً على مجموعة من مشاريع الطاقة المتجددة المهمة، في خطوة تعكس تصميم الحكومة على تحويل تلك الرؤية إلى واقعٍ ملموس. كما استقطبت العديد من المناقصات التي جرت مؤخراً اهتماماً دولياً كبيراً وعروضاً واعدة يمكنها المساهمة في زيادة نسبة الكهرباء المولدة من الطاقة المتجددة خلال السنوات المقبلة. وأعلنت الحكومة مؤخراً عن سعيها إلى توليد 20% من الكهرباء في مصر من موارد الطاقة المتجددة بحلول عام 2022، و42% بحلول عام 2035.

ويسلط تقرير *"آفاق الطاقة المتجددة: مصر"* الضوء على الإجراءات المتعلقة بالسياسات، والشؤون التنظيمية والمالية، وتطوير القدرات اللازمة لبلوغ هذه الأهداف وحتى تجاوزها. وتم إعداده بالتعاون بين الوكالة الدولية للطاقة المتجددة وهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة في مصر لتحديد أبرز الفرص والتحديات التي تواجه البلاد لتوسيع نطاق استخدام الطاقة المتجددة.

ويجمع التقرير اثنتين من المنهجيات التي تعتمدها الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، وهي: تقييم الجاهزية للمصادر المتجددة بالاستناد إلى مشاورات مع أصحاب المصلحة المحليين، وسلسلة "خارطة طريق الطاقة المتجددة" (REmap) التي تطلقها الوكالة لتحليل مختلف المسارات التكنولوجية بما يسهم في تعزيز إمكانات أي بلد من الطاقة المتجددة إلى أقصى درجة ممكنة.

ومـع اعتمـاد السياسـات المناسـبة الآن، يمكـن لمصـر بحلـول عـام 2030 توليـد 53% مـن الكهربـاء التـي تحتاجهـا مـن الطاقـة المتجـددة. وسـيثمر الاعتمـاد المتزايـد علـى الطاقـة المتجـددة عنـد اقترانـه مـع اسـتخدام مصـادر الطاقـة المتجـددة لأغـراض التدفئـة والنقـل، عـن خفـض التكاليـف الإجماليـة؛ بمـا فـي ذلـك التكاليـف المتعلقـة بالطاقـة والبيئـة والصحـة، بمقـدار 9 مليـار دولار أمريكـي وسـطياً فـي العـام، وذلـك بالمقارنـة مـع الخطـط التـي تعتمدهـا البـلاد حاليـاً. عـلاوةً علـى ذلـك، تحظـى مصـر بميـزة تفاضليـة تتمثـل فـي قدراتهـا التصنيعيـة فـي مختلـف مراحـل سلسـلة القيمـة لمصـادر الطاقـة المتجـددة. وعليـه، فـإن تعزيـز كفـاءات التصنيـع المحليـة، سـيعود علـى البـلاد بفوائـد اجتماعيـة واقتصاديـة كبيـرة، لا سـيما فيمـا يتعلـق بتوفيـر فـرص العمـل.

وأود أن أتوجـه بخالـص الشـكر والتقديـر لمعالـي الدكتـور محمـد شـاكر المرقبـي، وزيـر الكهربـاء والطاقـة المتجـددة فـي مصـر، وهيئـة الطاقـة الجديـدة والمتجـددة لدعمهمـا ومسـاهمتهما القيمـة فـي إنجـاز هـذا المشـروع. والشـكر موصـول إلـى مختلـف أصحـاب المصلحـة والشـركاء الدولييـن لمسـاندتهم الكبيـرة.

وفـي الختـام، أشـدد علـى أن القـرارات التـي تتخذهـا مصـر اليـوم بخصـوص الطاقـة سـيكون لهـا انعـكاس كبيـر لـن يقتصـر عليهـا وحسـب. ويحدونـا أمـل كبيـر بـأن يسـهم هـذا التقريـر فـي تسـريع وتيـرة تحـوّل مصـر إلـى الطاقـة المسـتدامة مسـتقبلاً، كمـا أننـا نتطلـع إلـى العمـل عـن كثـب مـع الحكومـة المصريـة لترجمـة توصياتـه علـى أرض الواقـع.

عدنان أمين
مدير عام
الوكالة الدولية للطاقة المتجددة

المحتويات

الأشكال البيانية ..... -ح-
الجداول ..... -ط-
الإطارات التوضيحية ..... -ط-
الاختصارات ..... -ي-
وحدات القياس ..... -ك-
الملخّص التنفيذي ..... -ل-

01 مقدمة 01
1-1 معلومات أساسية عن البلد 01
2-1 الطاقة من أجل التنمية في مصر 03
3-1 المنهجيات 04

02 سياق الطاقة 07
1-2 إدارة قطاع الطاقة 08
2-2 مصادر الطاقة 08
3-2 العرض والطلب على الطاقة 08
4-2 دعم الطاقة 10
5-2 إدارة قطاع الكهرباء 11
6-2 قدرات توليد الطاقة 12
7-2 النقل والتوزيع 15
8-2 التكلفة والتعرفة 16
9-2 الربط بين شبكات الكهرباء وتجارة الكهرباء 19

03 الطاقة المتجددة 21
1-3 مساهمة موارد الطاقة المتجددة في إنتاج الطاقة الأولية 22
2-3 مساهمة الطاقة المتجددة في قدرات الطاقة المركَّبة 22
3-3 إمكانية الطاقة المتجددة واستخدامها 22
- الطاقة الكهرومائية 22
- طاقة الرياح 23
- الطاقة الشمسية 26
- الطاقة الشمسية الكهروضوئية المركزية المتصلة بالشبكة 27
- الطاقة الشمسية الكهروضوئية الموزَّعة 28
- الطاقة الشمسية المركّزة 29
- تسخين المياه بالطاقة الشمسية 30
- الكتلة الحيوية 30
4-3 إطارٌ لتمكين الطاقة المتجددة 31
- أهداف الطاقة 31
- قوانين الطاقة المتجددة ولوائحها التنظيمية 35

5-3 مخططات دعم الطاقة المتجددة 40
- طرح المناقصات التنافسية 40
- نظام البناء فالامتلاك فالتشغيل مع اتفاقيات شراء الطاقة 40
- نظام التعرفة التفضيلية 42
- حالة تنفيذ التعرفة التفضيلية 43
- آليات الدعم الأخرى 44

6-3 سياسات تعزيز الفوائد المحلية بالشكل الأمثل 45
7-3 الاختبار والترخيص 47

04 آفاق الطاقة المتجددة 49

1-4 الحالة المرجعيّة 51
- المُستجدات على صعيدَي الاقتصاد والطلب على الطاقة 51
- حصة الطاقة المتجددة والتطورات التكنولوجية 52

2-4 حالة خارطة الطريق REmap - تسريع وتيرة انتشار الطاقة المتجددة 54
- عوامل محرّكة للطاقة المتجددة 54
- ملخّص استنتاجات REmap 55
- قطاع الطاقة 61
- قطاع المباني 65
- القطاع الصناعي 66
- قطاع النقل 68

3-4 تكاليف ومنافع الطاقة المتجددة 69
- التكاليف والوفورات 70
- تلوّث الهواء وآثار غاز ثاني أكسيد الكربون 72
- الاحتياجات الاستثمارية 74

05 أبرز التحديات والتوصيات لتوسيع نطاق انتشار الطاقة المتجددة في مصر 77

1-5 تبسيط السياسة التمكينية والإطار التنظيمي والمؤسسي للطاقة المتجددة *(التحديات والتوصيات العملية)* 78

2-5 تحسين هيكلية السوق من أجل استيعاب أعلى للطاقة المتجددة *(التحديات والتوصيات العملية)* 80

3-5 مسحُ موارد الطاقة المتجددة وتكاملها مع الشبكة *(التحديات والتوصيات العملية)* 81

4-5 فهم وزيادة المنافع المتأتية من نشر الطاقة المتجددة إلى أقصى حدّ *(التحديات والتوصيات العملية)* 82

الملحق 1: مقارنة بين سيناريوهات الطاقة الوطنية والآفاق المستقبلية للطاقة 84

الملحق 2: منهجية REmap، نهج التقييم ومصادر البيانات 86

المَراجع 90

الأشكال البيانية

الشكل 1: الآفاق الاقتصادية لمصر 02
الشكل 2: مجموع إمدادات الطاقة الأولية في عامي 2015/2014 09
الشكل 3: دعم الطاقة للأعوام 2015/2014-1999/1998 10
الشكل 4: إدارة قطاع الكهرباء في مصر 11
الشكل 5: القدرة المركبة لمحطات توليد الطاقة طبقاً لنوع المحطة 12
الشكل 6: تطوير القدرات المركَّبة وذروة الطلب 13
الشكل 7: تطور توليد الكهرباء واستهلاكها من الفترة 2005/2004 إلى 2016/2015 14
الشكل 8: توليد الكهرباء ومصادرها في عام 2015 14
الشكل 9: استهلاك الكهرباء بحسب القطاع 15
الشكل 10: إجمالي تبادل الطاقة الكهربائية من 2012/2011 إلى 2016/2015 15
الشكل 11: تعرفة الكهرباء المنزلية (من 0 إلى 100 كيلووات ساعي) 17
الشكل 12: تعرفة الكهرباء المنزلية (من 101 إلى 000 1 كيلووات ساعي) 17
الشكل 13: تعرفة الكهرباء المنزلية (> 000 1 كيلووات ساعي) 18
الشكل 14: تعرفة الكهرباء الصناعية لمستخدمي الجهد العالي والمتوسط ذوي الاستهلاك الكثيف للطاقة 18
الشكل 15: أطلس الطاقة الشمسية في مصر 24
الشكل 16: الكهرباء المولدة من الرياح خلال الفترة من 2005/2004 إلى 2016/2015 25
الشكل 17: أطلس الطاقة الشمسية في مصر 27
الشكل 18: استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام 2035 32
الشكل 19: إمداد الطاقة الأولية (ألف طن من المكافئ النفطي) في إطار السيناريو 4ب 34
الشكل 20: إجمالي القدرة المركَّبة وفقَ السيناريو 4ب 34
الشكل 21: إجمالي القدرة المركَّبة مقابل ذروة الطلب حتى 2035 35
الشكل 22: نظرة عامة على سنوات REmap ووصف الحالات 50
الشكل 23: زيادة في المؤشرات الرئيسية على صعيدَي الاقتصاد والطاقة، 2014-2030 52
الشكل 24: مستجدات مختارة في إمدادات الوقود الأحفوري والطاقة المتجددة في الحالة المرجعية، 2014، 2030 54
الشكل 25: الطاقة المتجددة في مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة، 2014، 2030 57
الشكل 26: الحصص المتجددة في قطاع الطاقة وتوليدها، 2014، 2030 62
الشكل 27: تطوّرات قدرات قطاع الطاقة، 2014، 2030 63
الشكل 28: حصة قطاع المباني من الطاقة المتجددة والإضافات تحت مسمى مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة، 2014، 2030 65
الشكل 29: حصة قطاع الصناعة من الطاقة المتجددة والإضافات تحت مسمى مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة، 2014، 2030 67
الشكل 30: حصة قطاع النقل من الطاقة المتجددة والإضافات تحت مسمى مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة، 2014، 2030 68
الشكل 31: منحنى التكلفة-الإمداد لخيارات REmap، المنظور الحكومي 70
الشكل 32: تكلفة ومنافع خيارات REmap 72
الشكل 33: التغيّرات في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المتصلة بالطاقة حسب القطاع، 2014، 2030 73
الشكل 34: متوسط الاستثمار السنوي في قدرة الطاقة المتجددة في الحالة المرجعية، 2014، 2030-REmap 74

الجداول

الجدول 1: مؤشرات التنمية لرؤية مصر 2030 03
الجدول 2: الربط الدولي لشبكات الكهرباء 19
الجدول 3: نمو القدرة المركَّبة للطاقة المتجددة بالجيجاوات 22
الجدول 4: محطات الكهرباء المائية وقدراتها 23
الجدول 5: مشاريع الرياح المخطط لها حتى عام 2023 26
الجدول 6: المشاريع الكهروضوئية المخطط لها حتى عام 2023 28
الجدول 7: مبادرات الطاقة الكهروضوئية الموزعة صغيرة النطاق 29
الجدول 8: متوسط معدل النمو السنوي للإمدادات من الطاقة الأولية للسيناريو المعتمد 33
الجدول 9: نظرة عامة على السياسات والتشريعات و اللوائح التنظيمية الداعمة للطاقة المتجددة 36
الجدول 10: المؤسسات المشاركة في مخططات الطاقة المتجددة 37
الجدول 11: المؤسسات المشاركة في مخطط الطاقة المتجددة 38
الجدول 12: التعرفة التفضيلية لمشاريع الطاقة الكهروضوئية ذات القدرات المركبة > 500 كيلووات 42
الجدول 13: التعرفة التفضيلية لمشاريع طاقة الرياح ذات القدرات المُركّبة > 500 كيلووات 42
الجدول 14: الطاقة الكهروضوئية في ظل المرحلة الثانية من التعرفة التفضيلية في مصر 43
الجدول 15: طاقة الرياح في ظل المرحلة الثانية من التعرفة التفضيلية في مصر 43
الجدول 16: الأراضي المخصصة لمشاريع الطاقة المتجددة 44
الجدول 17: حصص الطاقة المتجددة حسب القطاع بناءً على الخطط والسياسات الحالية 53
الجدول 18: حصص الطاقة المتجددة في عام 2030 مع الوضع في الاعتبار تفاوت حالات النمو في مصادر الطاقة المتجددة 56
الجدول 19: خارطة الطريق لتوسيع انتشار الطاقة المتجددة في مصر حتى عام 2030 58
الجدول 20: وصف موجز للسيناريو 84
الجدول 21: نتائج تقييم السيناريو 85
الجدول 22: تكلفة وأداء التكنولوجيا الرئيسية 89

الإطارات التوضيحية

الإطار التوضيحي 1: تنامي مزادات الطاقة المتجددة 41
الإطار التوضيحي 2: تسخير القدرات المحلية في الصناعات الكهروضوئية الشمسية وطاقة الرياح 46
الإطار التوضيحي 3: إمكانية النمو في الطاقة الحيوية 60

الاختصارات

AFD	الوكالة الفرنسية للتنمية
BEV	سيارة كهربائية تعمل بالبطارية
BF	فرن لافح
bln	مليار
BOO	البناء فالامتلاك فالتشغيل
BOOT	البناء فالامتلاك فالتشغيل فنقل الملكية
BSP	مقدم خدمات الطاقة الحيوية
BSRD	الطاقة الحيوية للتنمية الريفية المستدامة
CCGT	توربين غازي بدورة مركبة
CO	فرن فحم الكوك
CO_2	ثاني أكسيد الكربون
CoM	مجلس الوزراء
CPI	مؤشر أسعار المستهلك
CREMP	الخطة الرئيسية المشتركة للطاقة المتجددة
CSP	الطاقة الشمسية المركّزة
EEA	هيئة كهرباء مصر
EEAA	جهاز شؤون البيئة
EEHC	الشركة القابضة لكهرباء مصر
EETC	الشركة المصرية لنقل الكهرباء
EGAS	الشركة المصرية القابضة للغازات الطبيعية
EGPC	الهيئة المصرية العامة للبترول
EgyptERA	جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك
EIB	البنك الأوروبي للاستثمار
EPC	الهندسة والمشتريات والتشييد
EV	سيارة كهربائية
FAO	منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة (فاو)
FEI	اتحاد الصناعات المصرية
FIT	التعرفة التفضيلية لإمدادات الطاقة المتجددة
GANOPE	شركة جنوب الوادي القابضة
GDP	الناتج المحلي الإجمالي
HV	جهد عالٍ
IFC	مؤسسة التمويل الدولية
IOC	شركة نفط دولية
IPP	مُنتج طاقة كهربائية مستقل
IRENA	الوكالة الدولية للطاقة المتجددة
ISES	استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة
JICA	الوكالة اليابانية للتعاون الدولي
LNG	الغاز الطبيعي المُسال
LPG	غاز نفطي مُسال
LV	جهد منخفض
MOERE	وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة
MOF	وزارة المالية
MV	جهد متوسط
N/A	لا ينطبق
NDC	مساهمة محددة وطنياً
NREA	هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة
NUCA	هيئة المجتمعات العمرانية الجديدة

الاختصارات

OCGT	توربين غازي بدورة مفتوحة
O&M	التشغيل والصيانة
PPA	اتفاقية شراء الطاقة
PV	كهروضوئية
RCREEE	المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة
RDF	وقود مستخلص من الفضلات
RE	الطاقة المتجددة
REmap	خارطة طريق الطاقة المتجددة
RRA	تقييم جاهزية المصادر المتجددة
R&D	البحث والتطوير
SEC	المجلس الأعلى للطاقة
SIPHS	أنظمة الطاقة الشمسية الحرارية للعمليات الصناعية
SMEs	المؤسسات الصغيرة والمتوسطة الحجم
SPV	كيان لأغراض خاصة
SWHs	سخّان مياه شمسي
TARES	المساعدة الفنية لدعم إصلاح قطاع الطاقة في مصر
TFEC	إجمالي استهلاك الطاقة النهائي
TPES	إجمالي إمدادات الطاقة الأولية
TSO	مُشغِّل منظومة نقل
T&D	النقل والتوزيع
UHV	جهد فائق
VAT	ضريبة القيمة المضافة
VRE	طاقة متجددة متغيرة
yr	عام

وحدات القياس

bbl	برميل
EJ	إكساجول
GJ	جيجاجول
GW	جيجاوات
GWh	جيجاوات/ ساعة
GWth	جيجاوات حراري
km	كيلو متر
km²	كيلو متر مربع
ktoe	ألف طن من المكافئ النفطي
kV	كيلو فولط
kW	كيلووات
kWh	كيلووات/ ساعة
kWh/m²	كيلووات/ساعة/متر مربع
m²	متر مربع
m/s	متر لكل ثانية
Mt	مليون طن
Mtoe	مليون طن من المكافئ النفطي
MVA	ميجافولت أمبير
MW	ميجاوات
MWh	ميجاوات ساعي
PJ	بيتاجول
toe	طن من المكافئ النفطي
TWh	تيراوات ساعي
C°	درجة مئوية

الملخّص التنفيذي

شحن أعمدة إنارة الشوارع بالطاقة الشمسية نهاراً
الصورة: Shutterstock

تُعدّ جمهورية مصر العربية البلد الأكثر سكاناً في شمال أفريقيا والمنطقة العربية، ويُعتبر سكانها في عداد السكان الأسرع نمواً في العالم. وقد أدّى التضخّم المطرد في عدد السكان إلى زيادة سريعة في الطلب على الطاقة، مما ألقى بثقله على موارد الطاقة المنزلية في البلاد على الرغم من اكتشافات الغاز الطبيعي البحرية الكُبرى التي اكتُشِفَت في الآونة الأخيرة. ومع تصاعد أزمة الوقود في عام 2014، كافحت قدرات توليد الكهرباء في البلاد من أجل مواكبة الطلب المتزايد على الطاقة.

تعتمد التنمية الاقتصادية في مصر على قطاع الطاقة، الذي يمثل 13.1% من الناتج المحلي الإجمالي. وتلبيةً للطلب المتنامي على الطاقة، وضعت الحكومة المصرية استراتيجية لتنويع مصادر الطاقة تُعرف باسم استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام 2035، وذلك لضمان الأمن والاستقرار المستمرين لإمدادات الطاقة في البلاد. وتنطوي هذه الاستراتيجية على مضاعفة تطوير الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، وتحقيق ذلك جزئياً من خلال العديد من برامج إعادة التأهيل والصيانة في قطاع الطاقة.

لذلك فإن مصر ملتزمة بنشر تقنيات الطاقة المتجددة على نطاق واسع. وإلى اليوم، يبلغ إجمالي القدرات المركَّبة لمصادر الطاقة المتجددة 3.7 جيجاوات، تشمل 2.8 جيجاوات من الطاقة الكهرومائية وقُرابة 0.9 جيجاوات من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. وطبقاً لما هو محدد في استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام 2035، وضعت الحكومة المصرية أهدافاً للطاقة المتجددة تبلغ 20% من مزيج الطاقة الكهربائية بحلول 2022 و42% بحلول 2035.

لدى مصر إمكانات جمّة لتحقيق هذه الأهداف الطموحة، نظراً لأنها تتمتع بقدرٍ وافر من موارد الطاقة المتجددة وإمكانات كبيرة في مجال نشر استخدام هذه الطاقة، بما فيها الطاقة المائية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية والكتلة الحيوية. كان إنشاء هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة عام 1986 علامةً فارقةً في جهود مصر لتحسين انتشار الطاقة المتجددة. وعلى الرغم من تركيز هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة على تقنيات الرياح والطاقة الشمسية بصفة خاصة، إلا أن مؤسسات أخرى كرست جهودها لتطوير الكتلة الحيوية. ومن بين هذه المؤسسات، الهيئات المملوكة للدولة، المعنية بتوليد الكهرباء ونقلها وتوزيعها والتي تعمل تحت إشراف الشركة القابضة لكهرباء مصر.

وتقدم هذه الدراسة التي أجرَتها الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA) تقييماً معمقاً للتحديات السياساتية والتنظيمية والمالية وتلك المتعلقة بمدى جاهزية القدرات اللازمة للتغلّب على التحديات بُغيةَ تحقيق الأهداف المحددة في استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام 2035. وفي هذا الصدد، فإن الدراسة تتبع منهجية تقييم الاستعداد للطاقة المتجددة، حيث تُيسِّر الوكالة الدولية للطاقة المتجددة المشاورات القُطرية مع أصحاب المصلحة المتعددين، التي تهدف إلى تحديد التحديات الرئيسية وإلقاء الضوء على الحلول لتعزيز انتشار استخدام الطاقة المتجددة. كما تُقدِّم أيضًا تحليلاً عميقاً يستند إلى نهج تحليل "خارطة طريق الطاقة المتجددة" (REmap) الذي وضعته الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، والذي يحدد إمكانات الطاقة المتجددة الإضافية كما يحدد القيمة الكمّية لعوامل أخرى مثل التكاليف والاستثمارات اللازمة والأثر على الجوانب الخارجية المتعلقة بتلوث الهواء والبيئة.

واستناداً إلى تحليل REmap هذا، يمكن لمصر أن توفِّر 53% من مزيج الطاقة الكهربائية من المصادر المتجددة بحلول عام 2030. ويعني هذا مضاعفة حصة الطاقة المتجددة وهو ما يُمكِن توقعه من خلال تنفيذ الخطط والسياسات الموجودة بالفعل في الوقت الحاضر (والتي يُشار إليها في هذه الدراسة بمصطلح الحالة المرجعيّة) بالإضافة إلى ارتفاع كبير مقارنةً مع نسبة 9% المُسجّلة في عام 2014 (وهو عام خط الأساس بالنسبة للتحليل). ويتسق هذا التقييم مع النتائج التي تحققت للسيناريو رقم 3 من استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام 2035. ومع أخذ الطاقة المتجددة والحرارة والوقود جميعاً في الاعتبار، يُظهر تحليل REmap أن الطاقة المتجددة يمكن أن توفر 22% من مُجمَل إمدادات الطاقة النهائية لمصر في عام 2030، بزيادة عن نسبة 5% فقط في المُجمل عام 2014.

يمكن للطاقة المتجددة أن توفر 22% من مجمل إمدادات الطاقة لمصر في عام 2030

كما يخلُص تحليل REmap إلى أنه نظراً لانخفاض تكاليف تقنيات الطاقة المتجددة، فإن زيادة انتشارها تؤدي إلى تخفيض في إجمالي تكاليف الطاقة بمقدار 900 مليون دولار أمريكي في عام 2030، وهو ما يكافئ انخفاض التكلفة بمقدار 7 دولارات أمريكية لكل ميجاوات/ساعة. وهذا ما ينطبق حتى قبل أن تؤخذ في الاعتبار الانخفاضات في التكاليف الجانبية الناجمة عن تلوث الهواء، والتي سوف تؤدي إلى فوائد اجتماعية وصحية واسعة النطاق تصل قيمتها إلى 4.7 مليار دولار أمريكي سنوياً في عام 2030. وسوف يلزم زيادة الاستثمارات في قدرات الطاقة المتجددة على مدار الفترة، من 2.5 مليار دولار أمريكي سنوياً بناءً على السياسات الراهنة (انظر الحالة المرجعيّة) إلى 6.5 مليار دولار أمريكي سنوياً مع تسريع انتشار المصادر المتجددة (حالة REmap).

يجب تحديث الاستراتيجيات والخطط بانتظام لتعكس التطورات المستجدّة

إلاَّ أن النجاح في تحقيق مثل هذا الانتشار سوف يتطلَّب تعديلات كبيرة في استراتيجية مصر للطاقة المستدامة. فالاستراتيجية الحالية التي وُضِعت عام 2014، لا تعكس التغيرات الاقتصادية والتقنية السريعة التي تجري على المستويين الوطني والإقليمي. وعلاوةً على ذلك، هناك حاجة إلى وضع تكلفة العناصر الخارجية في الاعتبار لحساب تكلفة الآثار الجانبية، وبخاصة في ظل الدعم المرتفع الذي تحظى به أسعار الطاقة في مصر. ويمكن أن يؤدي إلغاء مثل هذا الدعم إلى تخفيف العبء المالي الكبير الملقى على كاهل الحكومة، والذي أضحى عبئاً في ظل انخفاض موارد الدولة. ولكي تحصل مصر على المنافع الكاملة للمصادر المتجددة، يجب أن تضع الحكومة في اعتبارها كلاً من التحديات المالية والتقنية.

وتحاول هذه الدراسة تحديد هذه التحديات وإلقاء الضوء على الإجراءات الرئيسية اللازمة للتغلب على القيود الحالية. واستناداً إلى هذه الإجراءات العملية، يمكن لمصر أن تحقق الأهداف المحددة في استراتيجية الطاقة المستدامة، وأن تتجاوزها في اللحظة المناسبة.

التحديات والإجراءات العملية

- **تحديث استراتيجيات قطاع الطاقة والقدرة لكي تعكس المزايا المتنامية للمصادر المتجددة من حيث التكلفة وغيرها من الفوائد:** تستند استراتيجية الطاقة المستدامة لمصر، التي تُعرف باسم استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام 2035، إلى النهج الأقل تكلفة، حيث يُلغى دعم الطاقة بحلول عام 2022 ويتسنّى لمصادر الطاقة المختلفة أن تصبح منافِسةً في إطار بنيةٍ سوقٍ حرٍّ وعادل. وتتوخّى الاستراتيجية التي وُضعت عام 2014 حصةً إجمالية قدرها 16% للفحم و33% للطاقة النووية و42% للطاقة المتجددة من مزيج القدرة المركَّبة بحلول عام 2035.

لقد كان الدافع الرئيسي لإدخال الفحم ضمن مزيج الطاقة في مصر هو عجزٌ في إمداد الكهرباء عام 2014، حيث قدم الفحم المستورد حلاً سريعاً للحدّ من الاعتماد على الغاز المستورد. واليوم، يخضع هذا النهج لتغير جذري في أعقاب انخفاض تكاليف المصادر المتجددة، إلى جانب اكتشافات الغاز الطبيعي التي جرت مؤخراً وتصاعد المخاوف البيئية بشأن توليد الطاقة من الفحم.

وتحقيقاً لهذه الغاية، يجب تحديث استراتيجيات وخطط قطاع الطاقة والكهرباء في مصر بصفة دورية لكي تعكس التطورات الجديدة، التي تسمح بأن تصل حصة المصادر المتجددة في توليد الكهرباء التي يمكن تحقيقها بحلول عام 2030 إلى ما يصل حتى 53%. كما سوف يؤدي ذلك إلى تخفيض، بل وحتى القضاء على الحاجة للفحم والواردات المتصلة بالمواد النووية، وبالتالي تعزيز أمن الطاقة في البلاد. ويمكن أن تعكس التحديثاتُ المستقبليةُ للاستراتيجيةِ التنافسيةَ السعرية وسهولة الوصول إلى التمويل بصفة عامة بالنسبة للمصادر المتجددة، ولا سيما عند مقارنتها بعمليات التخطيط المضنية التي تتطلَّبها التكنولوجيا النووية.

- **أن تعكس التحديثات المستقبلية لاستراتيجية الطاقة إمكانات الكتلة الحيوية:** على الرغم من تناول الإطار التنظيمي لأنظمة إنتاج الكهرباء التي تستخدم الرياح والطاقة الشمسية، إلا أن الاستراتيجية لم تُركِّز بالقدر الكافي على استغلال إمكانات الكتلة الحيوية. ويتجلّى هذا من خلال التقدم المحدود المُحرز في مجال الكتلة الحيوية والذي يرجع بصفة رئيسية إلى ضعف القدرات المحلية، فضلاً عن ارتفاع التكلفة الأولية المرتبطة بتوليد الكهرباء من الكتلة الحيوية.

سوف يلزم زيادة الاستثمارات في قدرات الطاقة المتجددة، بناءً على السياسات الراهنة، من 2.5 مليار دولار أمريكي سنوياً حتى عام 2030

ويلزم إجراء دراسات جدوى لتقييم إمكان تطوير إطار تنظيمي قوي لتمكين مخططات دعم السياسات المناسبة. وبالإضافة إلى ذلك، فإن انخفاض الوعي بنطاق تقنيات الطاقة المتجددة المتاحة لقطاعات الاستخدام النهائي. يحدُّ من تطبيق الكتلة الحيوية. وبالتالي، على الهيئة أن تطوِّر برنامجاً لزيادة الوعي يتضمن حملات دعائية، بالإضافة إلى برامج التثقيف والتدريب، لضمان تحقيق جميع منافع الطاقة المتجددة.

- **تبسيط اللوائح التنظيمية وتوضيح الأدوار والمسؤوليات المؤسسية لتنمية طاقة الرياح والطاقة الشمسية:** تحظى عمليات نشر محطات طاقة الرياح والطاقة الشمسية بالدعم من خلال القوانين واللوائح التنظيمية ومخططات التنفيذ. وعلى الرغم من البيئة التمكينية التي تُشجِّع مشاركة القطاع الخاص، إلا أن مطوّري المشاريع يُحجمون بسبب تعقيد الإجراءات الإدارية، بما في ذلك عدم إتاحة الوثائق التعاقدية للمشاريع وتعدد جهات التنسيق لنشر الطاقة المتجددة. وللتغلب على هذه التحديات، يتعيّن تحديد الأدوار المؤسسية بصورة أوضح.

ويمكن تحقيق ذلك من خلال تحديد هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة باعتبارها المُنسِّق الوطني للطاقة المتجددة على مدار فترة المشروع، وبالتالي تمكين الهيئة من القيام بدور "النافذة الواحدة" لتسريع العمليات ضمن أي مخطط لتطوير الطاقة المتجددة، وتحسين مساهمة القطاع الخاص في تطوير الطاقة المتجددة مع تعزيز دوره كمُيسِّر وليس كمطوِّر للمشاريع. وبالتالي، سوف يتيح ذلك تحديداً واضحاً للمسؤوليات المؤسسية لمنع تداخل الأدوار في ظل مخططات الشراء والمخططات السوقية المختلفة.
وإلى اليوم، حظيت هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، بصفتها جهةً مطوِّرةً بالأولوية استناداً إلى أحقيتها الحالية في ملكية الأراضي لأغراض مشاريع الطاقة المتجددة، في حين تلقت أيضاً معظم القروض الميسرة المخصصة لتلك المشاريع.

- **إصلاح الإطار الحالي للسوق لتحسين الجدوى الاقتصادية للمشاريع:** بموجب قانون الكهرباء الجديد الصادر في يوليو 2015، يمكن أن توجد علاقات تعاقدية مباشرة بين الموردين والمستخدمين النهائيين، مما يؤكد تحول الشركة المصرية لنقل الكهرباء، وهي الشركة المملوكة للدولة والمتعهدة بشراء الطاقة الكهربائية، إلى جهة مسؤولة عن تشغيل الشبكة. أما على صعيد تنفيذ اتفاقات شراء الطاقة، فقد واجهت الشركة المصرية لنقل الكهرباء صعوبات في التعامل مع التزاماتها المالية وتأمين اتفاقات لشراء الطاقة تتسم بالجدوى الاقتصادية. وهذا ما يُبرِزُ الحاجة إلى مراجعة الشروط والأحكام الحالية لاتفاقات شراء الطاقة المتجددة بُغيةَ معالجة المخاوف التي أثارها المستثمرون، بما في ذلك وضع نماذج مُوحَّدة لوثائق مشاريع الطاقة المتجددة.

- **تجميع مشاريع الطاقة المتجددة لتعزيز الحدّ من المخاطر وضمان الملاءمة المالية للمشاريع:** في الوقت الراهن، لا تنظر المؤسسات المالية المحلية للمصادر المتجددة باعتبارها استثمارات منخفضة المخاطر، على الرغم من قدرتها التنافسية من حيث التكلفة. إنَّ العامل المحدد للمصادر المتجددة هو حجم المشروع، إذ تخضع مشاريع الطاقة المتجددة الأصغر حجماً لمعدلات فائدة أعلى من المؤسسات المالية المحلية، في حين يُمكن لمشاريع الطاقة المتجددة الأكبر حجماً الحصول على معدلات فائدة أقل من المؤسسات التي تعمل خارج مصر، مع معاوضة تقلّبات سعر الصرف.

إلاَّ أنَّ مشاريع الطاقة المتجددة الأصغر حجماً يمكن أن تُدمَج لتحقيق النطاق المطلوب، وتخفيض تكلفة المعاملات وتعزيز ثقة المؤسسات المالية المحلية في المشاريع. وبالتالي، سوف يتيح تحسين الثقة للمجتمع المالي المحلي أن يطوّر مخططات إقراض مخصصة لمشاريع الطاقة المتجددة باستخدام موارد مُيسّرة الشروط، مما يتيح ازدهار مشاريع الطاقة المتجددة.

يمكن أن تُدمج مشاريع الطاقة المتجددة الأصغر حجماً لتحقيق النطاق المطلوب، وتخفيض تكلفة المعاملات وتعزيز ثقة المصارف

- **إجراء حملات شاملة لقياس إمكانات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح:** القد أُجرِيَ العديد من تقييمات مصادر طاقة الرياح والطاقة الشمسية؛ ولكنها لم تُستكمَل بالتفاصيل الكافية لضمان الجدوى الاقتصادية للمشاريع. وتتضمن استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام 2035 قدرات تصل إلى 52 جيجاوات للطاقة المتجددة المرتبطة بالشبكة سواء المشاريع ذات القدرة الكبيرة أوالتوليد الموزَّع بحلول عام 2035. ويبين تحليل "خارطة طريق الطاقة المتجددة" (REmap) أنه بحلول عام 2030 يمكن بالفعل أن تتجاوز القدرات المركَّبة من مصادر الطاقة المتجددة والمرتبطة بالشبكة 62 جيجاوات.

ويستلزم هذا تقسيم الأماكن التي تنطوي على إمكانات عالية في فعالية التكلفة على صعيد الطاقة المتجددة إلى مناطق؛ مع المواءمة بين جميع ممارسات تشغيل الشبكة ونقل الطاقة لكي تستوعب التغير المتوقع في الإمداد في أعقاب الاستثمارات واسعة النطاق في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. يمكن إجراء حملات القياس، التي تقتضي تقييم المواقع، بواسطة المطور، مما قد يُخفِّفُ العبء عن كاهل هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، التي تضطلع حالياً بمسؤولية تقييم الموارد. وفي هذا السياق، سوف تتطلب زيادة دور مصادر الطاقة المتجددة المتغيرة أن تحدد هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة خيارات قابلة للتحقيق وذلك لتحسين مرونة نظام الطاقة بما في ذلك تعزيز ترابط الشبكات العابرة للحدود.

- **وضع خطة رئيسية لتحسين قدرات التصنيع المحلية وإنشاء صناعة محلية مزدهرة في مجال الطاقة المتجددة:** لم تتناول استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام 2035 إمكانيات تصنيع معدات الطاقة المتجددة وتطوير قطاع الخدمات المرتبط بها. ويُمثِّل دمجُ متطلبات المكوِّن المحلي ضمن عمليات شراء الطاقة المتجددة تحدياً، إذ تُحجِم معظم المؤسسات المالية الدولية، وهي الممول الرئيسي لمشاريع الطاقة المتجددة واسعة النطاق، عن قبولها شرط المكوِّن المحلي لأسباب تتعلق بالمنافسة.

غير أنّ الدراسات التي قامت بها الوكالة الدولية للطاقة المتجددة تُسلّط الضوء على الميزة النسبية لمصر في قطاعات مختلفة من سلسلة القيمة للمصادر المتجددة، وبخاصة في قطاعات المصبّ من تطوير المشروع وتشغيله وصيانته. ومن شأن استغلال هذه الإمكانات بزيادة حصة المكوِّن المحلي في التصنيع أن يفضي إلى تيسير العديد من المنافع الاجتماعية والاقتصادية.

لقد وفرت المرحلة الحالية من نشر الطاقة المتجددة 6000 وظيفة مباشرة وغير مباشرة في المُجمل، حيث وفرت الطاقة الشمسية الكهروضوئية وحدها نصف عدد الوظائف المُستحدثة. لذلك، يتعيّن على الحكومة وضع خطة وطنية رئيسية لتطوير قدرات التصنيع المحلية، وخصوصاً لتعزيز نقل المعارف والتكنولوجيا مما يؤدي إلى خلق فرص عمل محلية.

الإجراءات الموصى بها

آفاق الطاقة المتجددة: مصر يوصى باتخاذ سبعة إجراءات أساسية لتسريع إقبال البلاد على الطاقة المتجددة:

- تحديث استراتيجيات قطاع الطاقة والكهرباء لتعكس مزايا التكلفة المتنامية وغيرها من فوائد الطاقة المتجددة
- تبيان قدرات الكتلة الحيوية في التحديثات المستقبلية لاستراتيجية الطاقة
- تعميم اللوائح وتوضيح الأدوار والمسؤوليات المؤسساتية لتطوير طاقة الرياح والطاقة الشمسية
- إصلاح إطار السوق الحالي لتحسين القابلية المصرفية للمشروع
- تجميع مشاريع الطاقة المتجددة لتعزيز التخفيف من المخاطر وضمان حيويتها المالية
- إجراء حملات قياس شاملة لقدرات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح
- تطوير خطة رئيسية لتحسين إمكانات التصنيع المحلية وخلق صناعة طاقة متجددة محلية نابضة

مقدمة

ألواح طاقة شمسية بالقرب من أهرامات الجيزة
الصورة: Shutterstock

01

1-1 معلومات أساسية عن البلد

يحدُّ جمهورية مصر العربية، التي تقع في الجزء الشمالي الشرقي من قارة أفريقيا، البحر المتوسط شمالاً والبحر الأحمر شرقاً، لذا فهي تقع في ملتقى الطرق بين أوروبا والشرق الأوسط وآسيا وأفريقيا. ونظراً لمساحتها التي تزيد عن 1 مليون كيلومتر مربع (كم²)، فإن مصر تحتل المركز الثلاثين بين أكبر بلدان العالم، وتغلُب الصحراء على طبيعتها مع وجود بعض الواحات المتناثرة. ويتركز 95% من إجمالي السكان في وادي النيل الضيّق والدلتا التي تشكِّل مساحتها نحو 5% فقط من إجمالي المساحات البرية (البنك الدولي، 2017). وفي عام 2016، تجاوز عدد السكان 95 مليون نسمة. ويُشكِّل السكان ممن تتراوح أعمارهم بين 15 إلى 29 عاماً نسبةَ 27% من إجمالي السكان (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، 2017). كذلك تُعد مصر أكبر بلدان شمال أفريقيا والمنطقة العربية من حيث عدد السكان، وهي تحتل المركز الخامس عشر بين أكثر بلدان العالم سكّاناً، ويعيش نصف سكانها في مناطق حضرية.

تنتمي مصر إلى بلدان الشريحة الدنيا من فئة الدخل المتوسط، ويتركز نشاطها الاقتصادي في قطاعات الخدمات والصناعة والزراعة التي تُساهم بنِسب 55% و33% و12% على الترتيب في الناتج المحلي الإجمالي (تريدينغ إيكونوميكس، 2017). وتؤدي الزيادة السكانية المطردة في البلاد إلى ضغوط على البنية التحتية والخدمات القائمة. وفي عام 2015، كان 28% من إجمالي السكان يعيشون تحت خط الفقر الوطني، حتى أنَّ هذا المعدّل سجَّل رقماً أعلى من ذلك ليصل إلى 60% في صعيد مصر. وبالإضافة إلى ذلك، وصل معدل البطالة إلى 12% في منتصف عام 2016 (يتألف هذا الرقم بصفة رئيسية من 26% من الشباب في الفئة العمرية ما بين 15 إلى 29 عاماً)، وهو أعلى من معدل البطالة قبل عام 2011 الذي كان يبلغ 9% (تريدينغ إيكونوميكس، 2017).

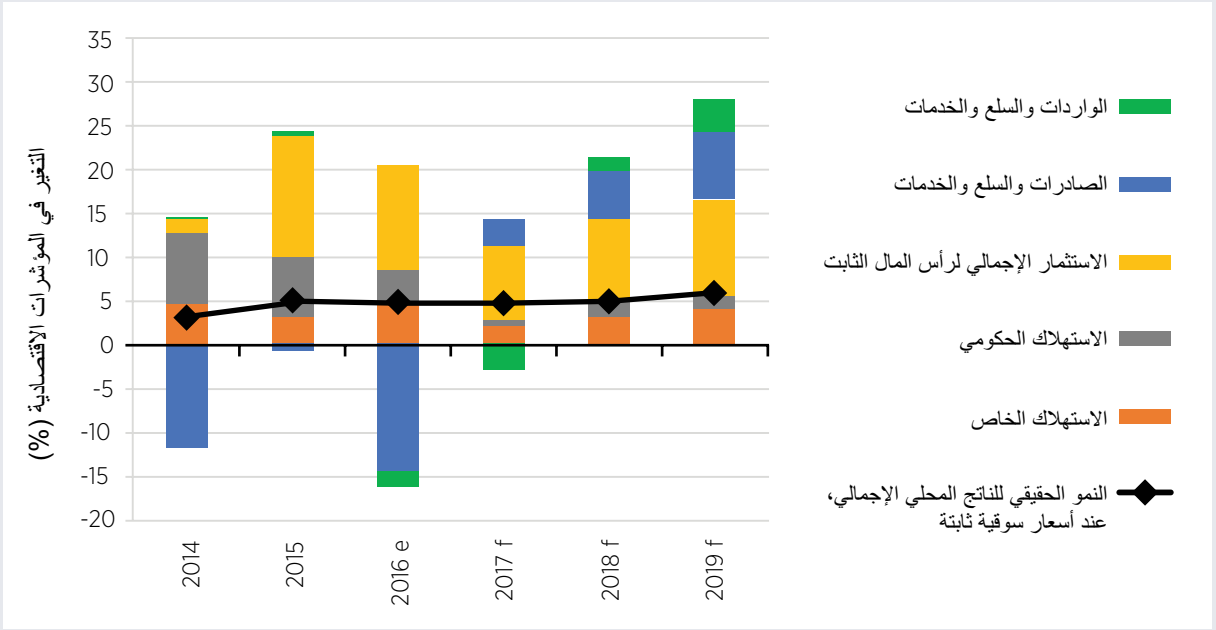
وبدءاً من التسعينات، تحول اقتصاد مصر الذي تقوده الدولة إلى نظام اقتصاد السوق معتمداً على التجارة والخصخصة والاستثمار، وهو ما أدّى بالتالي إلى استقرار سعر الصرف الذي اقترن بزيادة كبيرة في الاستثمارات الأجنبية بفضل اعتماد العديد من الإصلاحات التشريعية والترتيبات الهيكلية التي استهدفت الضرائب على الشركات وضرائب الدخل والمبيعات، إلى جانب إصلاحات مالية أخرى سبقها تخفيف أعباء الديون من قِبل صندوق النقد الدولي. وفي السنوات القليلة التي تلت عام 2010، أظهرت المؤشرات الاقتصادية انخفاضاً مطّرداً في قيمة الواردات والصادرات، حيث انخفض الميزان التجاري كنسبة مئوية من الناتج المحلي الإجمالي من 45.2% في عام 2011 إلى 30% في عام 2016 (تريدينغ إيكونوميكس، 2017). وفي عام 2014، ونتيجةً للاختلالات المالية والعجز في الطاقة، وضعت الحكومة برنامجاً شاملاً للإصلاح تضمَّن من بين تدابير أخرى مخططاً لفرض التعرفة والإلغاء التدريجي للدعم.

بدأ الاقتصاد المصري في التعافي مع نهاية عام 2015، حيث حقق الناتج المحلي الإجمالي معدلات نمو سنوية أكثر ارتفاعاً واستقراراً (4.3% خلال السنة المالية 2016/2015 و4.0% في 2016/2017، ووصل نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي إلى 3 514 دولار أمريكي في عام 2017/2016 (البنك الدولي، 2017) مصحوباً بانخفاض طفيف في إسهام الدين العام والديون الخارجية في الناتج المحلي الإجمالي.

ومع أن مُجمل الظروف الاقتصادية تحمل علامات تدل على الاستقرار، إلا أن العديد من العوامل تمثل تحدياً للوضع الاقتصادي على المستوى الوطني في الوقت الحالي. فما يزال التضخم من بين المخاوف الكبرى، حيث سجَّل رقماً قياسياً وصل إلى 32% في شهر أغسطس 2017. وبالإضافة إلى ذلك، أدى اختلال سعر الصرف نتيجة تخفيض سعر العملة، بالإضافة إلى فرض ضريبة القيمة المضافة وزيادة الاقتراض الأجنبي، إلى اتّباع البنك المركزي المصري سياسةً نقدية أكثر صرامة شكّلت تهديداً لاستقرار أوضاع المالية العامة (البنك الدولي، 2017). علاوةً على ذلك، فإن الديناميات الاقتصادية الخارجية، في سياق انخفاض أسعار النفط الدولية والتحويلات النقدية، تُسهم هي الأخرى في مناخ عدم اليقين بالنسبة للاستثمار.

وطبقاً لتقرير "الآفاق الاقتصادية لمصر عام 2017"، من المتوقع أن يتعافى اقتصاد البلاد في عام 2019 حسبما هو موضح في الشكل رقم 1 (البنك الدولي، 2017) الذي يُقدم مزيداً من التفاصيل بشأن التغيرات التي جرت على المؤشرات المستخدمة لحساب تقديرات النمو الاقتصادي وفقاً لما هو وارد في تقرير "الآفاق".

الشكل 1- الآفاق الاقتصادية لمصر



ملاحظات: e = تقدير؛ f = تنبؤ.

استناداً إلى: البنك الدولي (2017)، الآفاق الاقتصادية لمصر 2017.

2-1 الطاقة من أجل التنمية في مصر

استراتيجية التنمية المستدامة: تم الإعلان عن رؤية مصر 2030 (وزارة التخطيط، 2015) في فبراير 2016، وهي تجسد تطلعات البلاد لتحقيق اقتصاد تنافسي متوازن ومتنوع بحلول عام 2030 لضمان تنمية مستدامة في بيئة محمية لكل المصريين.

وقد حددت هذه الاستراتيجية مجموعة من مؤشرات التنمية المستهدفة ليتم بلوغها بحلول عامَي 2020 و2030، ويتعلق العديد من هذه المؤشرات بالطاقة مع تحديد أهداف كبيرة لنسبة انتشار الطاقة المتجددة كما يبين الجدول رقم 1.

الجدول 1- مؤشرات التنمية لرؤية مصر 2030

مؤشرات التنمية المستهدفة	2016*	2020	2030
النمو الحقيقي في الناتج المحلي الإجمالي (%)	4.2	10.0	12.0
نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي	3 436	4 000	10 000
مُعدَّل التضخم (مؤشر أسعار الاستهلاك، سنوياً %)	11.8	8.0	5.3
معدل التنمية الصناعية (%)	5.0	8.0	10.0
حصة الصناعة من الناتج المحلي الإجمالي (%)	12.5	15.0	18.0
حصة قطاع الطاقة من الناتج المحلي الإجمالي (%)	13.1	20.0	25.0
حصة المصادر المتجددة من الطاقة الأولية (%)	1.0	8.0	12.0
المصادر المتجددة في إنتاج الكهرباء (%)	1.0	21.0	32.5
النساء في القوى العاملة (%)	22.8	25.0	35.0
معدل البطالة (%)	12.8	10.0	5.0
معدل الفقر (%)	26.3	23.0	15.0
الفقر المدقع (%)	4.4	2.5	0.0

* بيانات عام 2016 هي البيانات الفعلية لذلك العام طبقاً لما ورد في تقرير استراتيجية التنمية المستدامة الذي يشير إلى 31 مؤشراً (وزارة التخطيط، 2015).

ملحوظة: CPI = مؤشر أسعار الاستهلاك.

يُعدُّ قطاع الطاقة المصري أحد العوامل الرئيسية للدفع قُدُماً بالتنمية الاجتماعية والاقتصادية في مصر، إذ يمثل نحو 13% من الناتج المحلي الإجمالي؛ وبالتالي فإن النمو الاقتصادي في البلاد يتوقف على أمن موارد الطاقة واستقرارها. ومنذ عام 2007، عانت مصر عجزاً في موارد الطاقة نتيجة الزيادة المتسارعة في استهلاك الطاقة واستنفاذ موارد النفط والغاز المحلية، مما غيّر وضعها من مُصدِّر صافٍ للمركبات الهيدروكربونية على مدار العقود الثلاثة الماضية إلى مستورد صافٍ. وقد فرضَ هذا مجموعة من التحديات على مستوى قطاع الطاقة، بما في ذلك العجز في الكهرباء الذي يعزى جزئياً إلى تراجع إنتاج الغاز الطبيعي المحلي باعتبار أن الغاز الطبيعي هو المصدر الرئيسي للكهرباء، ناهيكَ عن أسعار الطاقة المدعومة بقدر كبير، والتداعيات المالية السلبية لتراجع الإيرادات الحكومية.

واستجابة لهذا الواقع، اتخذت حكومة مصر خطوات جريئة لاعتماد استراتيجية لتنويع مصادر الطاقة مع زيادة تطوير الطاقة المتجددة وتنفيذ إجراءات كفاءة الطاقة، بما في ذلك تبني برامج صارمة لإعادة التأهيل والصيانة في قطاع الطاقة. ويكتسب انتشار تقنيات الطاقة المتجددة زخماً متنامياً، إذ يصل إجمالي القدرات المركَّبة من الطاقة المتجددة إلى 3.7 جيجاوات (2.8 بصفة أساسية من الطاقة المائية و0.887 جيجاوات من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح) مع التزام الحكومة بتطوير

10 جيجاوات إضافية من مشاريع طاقة الرياح والطاقة الشمسية بحلول عام 2022، بحيث تُسهم المصادر المتجددة عندئذ بنسبة 20% من مزيج الكهرباء (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2018أ).

3-1 المنهجيات

تم إعداد هذه الدراسة بالتعاون بين الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA) وهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة المصرية (NREA)، وهي تعتمد منهجيتين وضعتهما الوكالة الدولية للطاقة المتجددة مُسبقاً وهما عملية "تقييم الجاهزية للمصادر المتجددة" وتحليل "خارطة طريق الطاقة المتجددة" (REmap).

تقييم الجاهزية للمصادر المتجددة

طورت الوكالة الدولية للطاقة المتجددة عملية تقييم الجاهزية للمصادر المتجددة لتكون أداة تقييم شاملة لتعزيز ونشر الطاقة المتجددة. تشمل هذه العملية منهجية مُصمّمة لتحديد قائمة تفصيلية بالمعايير اللازمة للاستمرار بتشغيل مرافق الطاقة المتجددة القائمة، إلى جانب زيادة تطوير الطاقة المتجددة. ويوفر تطبيق هذا الإطار على كل بلد بمفرده تحليلاً شاملاً لمدى وجود الظروف التمكينية لتطوير المصادر المتجددة أو غيابها.

ويتم تقييم الجاهزية للمصادر المتجددة بمبادرة من البلدان وتحت قيادتها، وهي توفِّر سبيلاً للحوار بين أصحاب المصلحة المتعددين لمعرفة التحديات التي تواجه نشر الطاقة المتجددة واقتراح توصيات عمليةٍ للتغلب على هذه التحديات. وينطوي هذا على أربع مراحل رئيسية: الشروع وإظهار النية؛ والتقييم القُطري وخطة العمل؛ والتحقق القُطري من تقييم الجاهزية للمصادر المتجددة والانتهاء منه؛ وأخيراً المتابعة. وتتضمن العملية ملء مجموعة من النماذج وإعداد تقرير نهائي. وفي إطار تقييم الجاهزية للمصادر المتجددة، يتولى البلد قيادة جميع العمليات والوثائق التي تستمد المدخلات من النقاشات مع أصحاب المصلحة والتي تُيسرها جهةُ التنسيق القُطرية - هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة - بمساعدة الوكالة الدولية للطاقة المتجددة وغيرها من شركاء التنمية.

ويساعد تقييم الجاهزية للمصادر المتجددة في اتّخاذ نهج متسق ووضع ترتيبٍ للأولويات من شأنه تيسيرُ المناقشات بين وكالات التعاون الثنائية والمتعددة الأطراف والقطاع الخاص فيما يتعلق بتنفيذ التوصيات العملية المنبثقة عن تقرير تقييم الجاهزية للمصادر المتجددة.

بدأ تقييم الجاهزية لمصادر الطاقة المتجددة في مصر مع شهر أبريل 2016 بالاشتراك مع هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، وتضمَّن سلسلة من المشاورات مع أصحاب المصلحة في البلاد على مدار عملية تنفيذ التقييم ذات المراحل الأربع. ويتمثل الهدف الإجمالي من هذا المشروع في تسليط الضوء على النتائج الرئيسية التي يمكن أن تُسهِم في صياغة خطة عمل تنمية الطاقة المتجددة في مصر، وأن تساعد في حشد جميع القطاعات اللازمة لتنفيذ الإجراءات المُحدّدة وإبراز المشكلات الممكنة التي تحتاج إلى مزيد من المعالجة. وبصورةٍ أكثر تحديداً، يهدف تقييم الجاهزية للمصادر المتجددة إلى:

- تحديد القضايا الحاسمة والناشئة المرتبطة بتطوير قطاع الطاقة في مصر بوجه عام، والاستخدام واسع النطاق لموارد الطاقة المتجددة على وجه الخصوص.
- اقتراح مجموعة من التوصيات العملية بالاستفادة من الفرص التي أظهرتها دراسة قطاع الطاقة في مصر، والمناقشات المستفيضة التي جرت مع أصحاب المصلحة أثناء عملية تقييم الجاهزية للمصادر المتجددة، وتحديد كيفية تحويل إمكانات الموارد التي تم تقييمها إلى استغلال حقيقي فعال لموارد الطاقة المتجددة.
- تحديد أنشطة المتابعة لضمان وضع التوصيات العملية موضع التنفيذ خلال الإطار الزمني القريب والمتوسط وبما يتفق مع الاستراتيجيات المُقرَّة وطنياً.

وأخيراً، يساهم هذا التقرير في تيسير سُبُلِ التنسيق بين أصحاب المصلحة المشاركين للمساعدة في تنفيذ أهداف استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة لمصر حتى عام 2035.

تحليل خارطة طريق الطاقة المتجددة (REmap)

بدأت مشاركة مصر مع الوكالة الدولية للطاقة المتجددة في خارطة طريق الطاقة المتجددة (REmap) مطلع عام 2015. وتم نشر نتائج التحليل القطري المبدئي لخارطة طريق الطاقة المتجددة كجزء من تقرير REmap العالمي لعام 2016 تحت عنوان "خارطة طريق لمستقبل الطاقة المتجددة". وفي مطلع عام 2016، بدأ فريق REmap بمراجعة تحليل خارطة الطريق وتوسيع نطاقه لكي يوفر تقييماً أكثر تفصيلاً. وساعد في هذا الجهد خبيرٌ مسؤول مُنتدب من هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة المصرية كان قد عمل في مركز الوكالة الدولية للطاقة المتجددة للابتكار والتكنولوجيا في بون بألمانيا لمدة ثلاثة أشهر لدعم التقييم الموسّع والمُفصّل المبين في هذا التقرير. وقُدِّمت نتائج هذا التحليل في القاهرة في مايو 2017 أثناء ورشة عمل تقييم الجاهزية لمصادر الطاقة المتجددة وREmap. وقدَّم المشاركون وجهات نظر وآراء نقدية متعمقة تم على إثرها تنقيح التحليل. وفي سبتمبر 2017، تمت مشاركة التحليل المُنقّح مرة أخرى مع

هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة والوكالة الدولية للطاقة المتجددة طلباً لمزيد من التعليقات.

يستخدم تحليل REmap لمصر أداةً تم تطويرها داخلياً في الوكالة الدولية للطاقة المتجددة لصالح تحليل REmap، وهي تدمج البيانات والتحليل الذي أجراه خبراء الوكالة الدولية للطاقة المتجددة والخبراء المصريون في مجال تطوير أنظمة الطاقة وإمكانات المصادر المتجددة في البلاد، كما تُقدِّم افتراضات ونهج موحد لتحليل REmap من أجل تقييم التقنيات من ناحية التكلفة والاستثمار والفوائد.

ويتطلع تحليل REmap إلى عام 2030 (بما يتسق مع السنة التقويمية المصرية 2030/2029). وقد اختيرت هذه السنة كإطار زمني معياري لتقييم REmap كونها تقع في المدى المتوسط، وهي سنة مشتركة مع جهود عالمية مثل أهداف التنمية المستدامة، وكذلك مع جهود مصرية بالنسبة للأهداف المحددة على المستوى الوطني (لفترة 2030/2029).

يبدأ تحليل REmap ببناء توازن الطاقة في البلاد مع تبني سنة 2014 (2014/2013) كسنة أساس للتحليل استناداً إلى البيانات والإحصاءات الوطنية وغيرها من الاعتبارات والمصادر؛ ومن ثم تقدِّم مصر أحدث خطط وسيناريوهات الطاقة الوطنية لديها في مجال المصادر المتجددة والوقود الأحفوري مع الجمع بينها لإنتاج منظور 'العمل المعتاد' لمنظومة الطاقة، والذي يُشار إليه بمصطلح 'الحالة المرجعيّة' أو خط الأساس. ويشمل ذلك إجمالي استهلاك الطاقة النهائي لكل قطاع من قطاعات الاستخدام النهائي (مباني، صناعة، نقل)، ويُفرِّق بين الإنارة والتدفئة المركزية والاستخدامات المباشرة للطاقة مع التفصيل طبقاً لناقل الطاقة خلال الفترة 2014-2030.

وبمجرد اكتمال الحالة المرجعيّة، تتم دراسة إمكانات الطاقة المتجددة الإضافية لكل قطاع مصنفةً طبقاً للتكنولوجيا. ويرد وصف إمكانات هذه التقنيات في خيارات REmap.[1] ويستبدل كل خيار من خيارات REmap إحدى تقنيات الطاقة غير المتجددة[2] لتقديم نفس خدمة الطاقة، ويُطلق على الحالة الناتجة - عند تجميع هذه الخيارات كافةً - حالة REmap.

وعلى مدار هذه الدراسة، تُقدّر حصة الطاقة المتجددة الأولية بالنسبة لاستهلاك الطاقة النهائي الإجمالي[3] بوجه عام، ولكنها تُقدّر من حينٍ لآخر بالنسبة لمجموع إمدادات الطاقة الأولية لغرض المقارنة مع الأهداف أو المؤشرات بدلاً من التركيز على الطاقة الأولية. ولا تتضمن الطاقة المتجددة الحديثة الاستخدامات التقليدية للطاقة الحيوية.[4] ويتم احتساب حصة الطاقة المتجددة الحديثة في إجمالي استهلاك الطاقة النهائي بقسمة قيمة استهلاك الطاقة المتجددة الحديثة في قطاعات الاستخدام النهائي (بما في ذلك استهلاك الكهرباء المتجددة وشبكات التدفئة المركزية والاستخدامات المباشرة للمصادر المتجددة) على إجمالي استهلاك الطاقة النهائي. كما يتم احتساب حصة المصادر المتجددة في توليد الطاقة الكهربائية. ويمكن أيضاً التعبير عن حصة الطاقة المتجددة من خلال الاستخدامات المباشرة للمصادر المتجددة فقط. ويغطّي استخدام الطاقة المتجددة من قِبل المستخدمين النهائيين قطاعات المنزلي والتجاري والعام.

ويشمل القطاع الصناعي قطاعي التصنيع والتعدين اللذَين يتم فيهما استهلاك الطاقة المتجددة في تطبيقات الاستخدام المباشر (مثل عمليات التسخين أو التبريد) وعلى شكل كهرباء من المصادر المتجددة، ويتضمن ذلك أيضاً الزراعة.

ويمكن لقطاع النقل أن يستخدم المصادر المتجددة مباشرةً من خلال استهلاك الوقود الحيوي السائل والغازي أو من خلال الكهرباء المولَّدة باستخدام تقنيات الطاقة المتجددة.

[1] استخدام نهج يستند إلى خيارات وليس سيناريوهات هو أمرٌ متعمّد. إنَّ REmap هي دراسة استكشافية وليست عملية لتحديد الأهداف.

[2] تتضمن التقنيات غير المتجددة الوقود الأحفوري والاستخدامات غير المستدامة للطاقة الحيوية (والتي يشار إليها هنا بعبارة الطاقة الحيوية التقليدية) والطاقة النووية. وترد قائمة بهذه التقنيات والبيانات الأساسية المتعلقة بها على موقع REmap الإلكتروني كجزءٍ مكمّلٍ لملحقات هذا التقرير.

[3] استهلاك الطاقة النهائي الإجمالي هو الطاقة التي تصل إلى المستهلكين في صورة كهرباء أو حرارة أو وقود والتي يُمكن استخدامها مباشرةً كمصدرة للطاقة. وعادةً ما يتوزع هذا الاستهلاك على قطاعات النقل والصناعة والمباني السكنية والتجارية والعامة والزراعة، وهو لا يتضمن الاستخدامات غير المولدة للطاقة.

[4] تُعرِّف منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة (الفاو) الكتلة الحيوية التقليدية على أنها استخدام وقود الأخشاب والمنتجات الزراعية الثانوية وحرق الروَث لأغراض الطهي والتدفئة (فاو، 2000). في البلدان النامية لا تزال الكتلة الحيوية التقليدية مستخدمة على نطاق واسع بطريقة غير آمنة وغير كفؤة وغير مستدامة، ويتم تداولها في معظم الأحيان بصورة غير رسمية وغير تجارية. وفي المقابل، يتم إنتاج الكتلة الحيوية الحديثة بأسلوب مستدام من النفايات الصلبة وبقايا الزراعة والغابات، وتعتمد على أساليب أكثر كفاءة (الوكالة الدولية للطاقة والبنك الدولي، 2015).

سياق الطاقة

ألواح طاقة شمسية فوق أعمدة كهربائية، مصر
الصورة: Shutterstock

02

تحتل مصر المرتبة الخامسة بين البلدان المنتجة للنفط في أفريقيا، حيث يبلغ إنتاجها اليومي 588 000 برميل، وهي أكبر مستهلك للنفط والغاز على مستوى القارّة. غيرَ أن عدم استقرار سوق النفط العالمي وزيادة الاستهلاك الداخلي من الطاقة يحدّان من مساهمة مصر في صادرات المركبات الهيدروكربونية إلى الأسواق الدولية. وفي هذا السياق، وطبقاً لتنبؤات "بلومبيرغ لتمويل الطاقة الجديدة"، فإنَّ قدرات توليد الكهرباء ستكون عاجزةً عن مواكبة الطلب المتنامي الذي سوف يُصبح واحداً من بين الأعلى في أفريقيا بحلول منتصف العقد الثاني من القرن الحالي. واستجابةً لهذا الواقع، تهدف البلاد إلى زيادة القدرة من خلال التوسع في استخدام المصادر المتجددة.

وتهدف البلاد إلى مضاعفة قدرات الكهرباء المركّبة لديها بحلول عام 2020 من مستواها الحالي الذي يبلغ حوالي 50 جيجاوات في عام 2018، وذلك من خلال إدخال المصادر المتجددة والفحم والطاقة النووية. وقد اتخذت الحكومة مبادرات عديدة في قطاع الطاقة للتعامل مع حالة عدم التوازن في الطاقة، بما في ذلك زيادة الاعتماد على واردات الغاز، وتنويع مزيج الطاقة بإدخال مصادر متجددة، وتدابير كفاءة استهلاك الطاقة، وبرامج التشغيل والصيانة.

وتقترب مصر من إتاحة الوصول الشامل إلى الكهرباء، حيث تتجاوز نسبة الإمداد بالكهرباء لديها 99.8% (البنك الدولي، 2017). ويحصل معظم الشعب المصري، بما في ذلك سكان المناطق الريفية، على خدمات كهربائية مناسبة. غير أن أزمة الطاقة في البلاد بلغت ذروتها عام 2014، وبالتالي تأكَّدت حاجة الحكومة المصرية إلى إعطاء الأولوية لتنفيذ استراتيجية تنويع مصادر الكهرباء لضمان الإمداد المستدام والموثوق. وشهد سوق الكهرباء في عام 2014 العديد من الاضطرابات وحوادث انقطاع الكهرباء نتيجة العجز الحاصل في الوقود، وقصور البنية التحتية، وتدهور أسعار الوقود المُصدَّر، والنمو السكاني، إضافةً إلى عوامل أخرى؛ وقد أسهمت هذه العوامل مجتمعةً في توسع الفجوة بين العرض والطلب. وذكرت التقارير أن عجز الطاقة وصل إلى أعلى نقطة له في شهر أغسطس عام 2014، حيث بلغت قيمته القصوى 28 جيجاوات. وعلى الرغم من إتاحة القدرات المركَّبة، إلاّ أن المحطات لم تكن قادرة على مواكبة ارتفاع الطلب نتيجة للقيود التي فرضتها أزمات الوقود، مما أدى إلى انقطاع الكهرباء.

1-2 إدارةُ قطاع الطاقة

تسترشد إدارة قطاع الطاقة في مصر على مستوى الاستراتيجية والسياسات في المُجمَل باللوائح التنظيمية والتوجيهات الصادرة عن المجلس الأعلى للطاقة، وتُدار على المستوى التنفيذي من خلال وزارة البترول والموارد المعدنية ووزارة الكهرباء والطاقة المتجددة. وتعمل كلا الوزارتين بالتعاون مع الوزارات المختصة والجهات العامة الأخرى، وبالتشاور مع القطاع الخاص والمنظمات غير الحكومية. وتقدِّم الأقسام الواردة أدناه لمحةً عامةً على مسؤوليات هذه الجهات الحكومية الثلاث. ويقدم الجدولان 10 و11 ملخصاً لدور المؤسسات المشاركة في مخططات الطاقة المتجددة في مصر والوظائف الرئيسية لأصحاب المصلحة الرئيسيين في مصر والنشطين بمجال نشر استخدام المصادر المتجددة في البلاد.

1- تم إنشاء **المجلس الأعلى للطاقة** عام 1979 بموجب قرار رئيس الوزراء رقم 1093 وأعيد تشكيله في عام 2014. ويتولى رئيس الوزراء رئاسة المجلس الذي يضم جميع الوزارات المعنية، وتوكل إليه مهمة مراجعة استراتيجيات وسياسات الطاقة الوطنية والتصديق عليها، ورصد أداء القطاع وسياسات تسعير الطاقة وإقرار السياسات واللوائح التنظيمية المتعلقة بأسعار الطاقة والحوافز الممنوحة للاستثمار في الطاقة (بما في ذلك تعزيز كفاءة الطاقة والاستثمارات في الطاقة المتجددة).

2- تتولى **وزارة البترول والثروة المعدنية** مهمة الإدارة الشاملة لجميع الأنشطة البترولية في البلاد بما في ذلك التنقيب عن النفط ومنتجات النفط والغاز وإنتاجها وتوزيعها، بالإضافة إلى كافة الخدمات المرتبطة بها. وتنهض الوزارة بمهمتها من خلال ثلاث جهات تابعة هي: الهيئة المصرية العامة للبترول، والشركة المصرية القابضة للغازات الطبيعية، وشركة جنوب الوادي القابضة.

3- تتولى **وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة** الإدارة الشاملة لقطاع الكهرباء في مصر من خلال الشركة القابضة لكهرباء مصر التابعة لها، وبالتنسيق مع جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك، وهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، وهيئة تنفيذ مشاريع المحطات المائية لتوليد الكهرباء، وهيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء، وهيئة الطاقة الذرية.

2-2 مصادر الطاقة

تعدّ ثروات مصر الطبيعية من مصادر طاقة الوقود الأحفوري محدودةً (بما في ذلك النفط والغاز الطبيعي وكميات لا تُذكر من الفحم المنخفض الجودة). وفي نهاية عام 2014، بلغت احتياطيات طاقة البترول المُثبَتة (النفط الخام والغازات الطبيعية) حوالي 14.8 مليار برميل من المكافئ النفطي، منها 3.4 مليار برميل على هيئة نفط خام وحوالي 11.4 مليار في صورة غاز طبيعي (تكافئ 64 تريليون قدم مكعب من الغاز الطبيعي) (الشركة البريطانية للبترول، 2017أ).

وعلى الرغم من تراجع موارد الوقود الأحفوري، إلا أن مصر تتمتع بوفرة في موارد الطاقة المتجددة -الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والكتلة الحيوية والطاقة المائية؛ حيث يبلغ متوسط الساعات المُشمِسَة حوالي 9 إلى 11 ساعة يومياً، وتبلغ شدة الإشعاع الشمسي المباشر قُرابةَ 000 2 -200 3 كيلووات/ساعة لكل متر مربع سنوياً مما يمكن استخدامه سواء لتوليد الطاقة أو للتطبيقات الحرارية. وبالإضافة إلى ذلك، تتمتع مصر بموارد واسعة من الرياح، حيث يبلغ متوسط السرعات السنوية 8-10 متر لكل ثانية على ساحل البحر الأحمر و6-8 متر/ث على امتداد ضفاف النيل الجنوبية-الغربية وفي جنوب الصحراء الغربية، وهو ما يمكن استخدامه لتوليد الكهرباء. ويتم إنتاج أكثر من 30 مليون طن من نفايات الكتلة الحيوية سنوياً من كِلا المصادر الزراعية والمنزلية. وعلى الرغم من وفرة الكتلة الحيوية والطاقة المائية والمصادر الشمسية المتجددة، إلا أن الإمكانات الكبيرة للحصول على الطاقة من هذه المصادر لا تزال غير مستغلة.

3-2 العرض والطلب على الطاقة

يتكون مجموع إمدادات الطاقة الأولية لمصر بصفة أساسية (مرتبة بحسب الاستخدام) من الغاز الطبيعي والنفط والمنتجات النفطية والطاقة المائية، بالإضافة إلى طاقة الرياح والطاقة الشمسية (الشكل رقم 2). وفي عام 2015/2014، شكّل الغاز الطبيعي نسبة 45% من مجموع إمدادات الطاقة الأولية، حيث بلغ الإنتاج 36.23 مليون طن من المكافئ النفطي؛ وشكّل النفط (بما في ذلك النفط الخام والغاز الطبيعي المُسال والمواد الأولية) 34% من مجموع إمدادات الطاقة الأولية بإنتاج وصل إلى 27.09 مليون طن من المكافئ النفطي؛ وشكّلت المنتجات النفطية، التي تتكون من الغاز النفطي المُسال والكيروسين للتدفئة والطهي، وزيت الديزل والبنزين للنقل، نسبة 17% من مجموع إمدادات الطاقة الأولية (الوكالة الدولية للطاقة، 2017). ولتعويض زيادة الطلب المحلي، شهدت واردات النفط ومنتجات النفط، المصحوبة بتناقص موارد الغاز الطبيعي، ارتفاعاً حاداً من حيث إسهامها في مجموع إمدادات الطاقة الأولية. وفيما يتعلق بإنتاج الكهرباء، كانت المحطات التي تعمل بالغاز الطبيعي والوقود المزدوج تمثل نسبة 92% من الطاقة المنتجة في عام 2015. كما يُستهلك الغاز الطبيعي أيضاً في قطاعات

الصناعة والبترول (الاستعادة المُحسّنة للنفط) وقطاع الطاقة المنزلية والقطاع التجاري وقطاع النقل. وبلغت نسبة الطاقة الكهربائية المائية والمتجددة (بما في ذلك طاقة الرياح والطاقة الشمسية الكهروضوئية) 7.5% و1% من مزيج الكهرباء على التوالي وفقَ ما هو مبيّن في الشكل رقم 8.

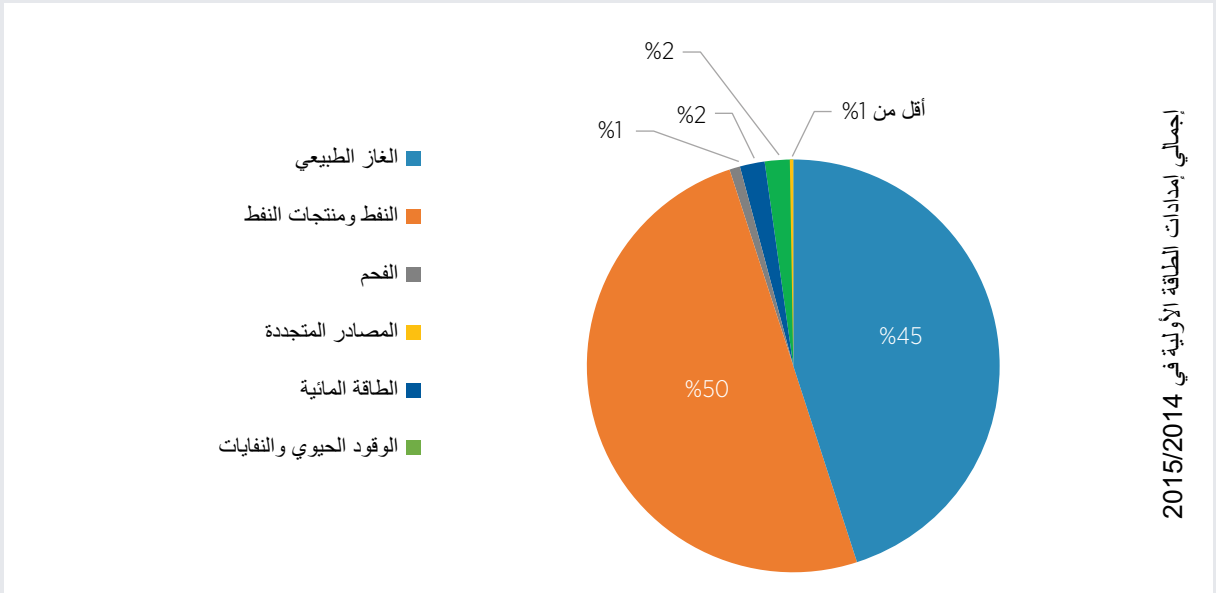
ونظراً لعدم كفاية إنتاج النفط الخام والمنتجات النفطية، فإن إجمالي الواردات البترولية واصل الارتفاع ليبلغ 90.44 مليون برميل بقيمة 11 مليار دولار أمريكي في 2013/2012 و13.2 مليار دولار أمريكي في عام 2014. وبالإضافة إلى ذلك، أدى انخفاض إنتاج الغاز الطبيعي إلى استيراد البلاد للغاز الطبيعي المُسال منذ عام 2014 (الشركة البريطانية للبترول، 2017ب). وتبلغ حصة الطاقة المتجددة في استهلاك الطاقة النهائي الإجمالي 8.7% متضمنة الطاقة المائية والشمسية وطاقة الرياح.

وعلى المدى القصير، عالجت الحكومة قضية استنفاذ احتياطيات الغاز وضمنت استمرار إمدادات الغاز من خلال إيجار وحدات عائمة للتخزين وإعادة التغويز لإتاحة استيراد الغاز الطبيعي المُسال. واستطاعت بذلك تأمين قدرات توليد طاقة كهربائية كافية تعمل بالغاز الطبيعي من خلال: أ) تنفيذ برنامج للاستثمار السريع يستهدف قدرات توربينات البخار وقدرات التوربينات الغازية ذات الدورة المفتوحة، وَ: ب) إنشاء قدرة توربينات غازية بدورة مركّبة تبلغ 14.4 جيجاوات تتألف من ثلاث محطات توليد - طاقة كل منها 4.8 جيجاوات - من المتوقع الانتهاء منها بحلول مايو 2018 (الشركة القابضة لكهرباء مصر، 2016أ).

ويمثل تطوير الطاقة المتجددة في مصر عنصراً هاماً في مجابهة التحديات التي تواجهها البلاد لتأمين إنتاج الطاقة المناسب نتيجة عدم اتساق مستويات إنتاج الغاز، وكذلك في التصدي للزيادات الكبيرة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2).

وبلغ استهلاك الطاقة النهائي الإجمالي 51.86 مليون طن من المكافئ النفطي في 2015/2014. ويمثل قطاع النقل المستهلك الرئيسي بنسبة تبلغ 35%، يليه القطاع الصناعي بنسبة 27%، والقطاعان المنزلي والتجاري بنسبة 24% و7 على التوالي، والاستعمال غير المولّد للطاقة (لإنتاج السماد بصفة أساسية) بنسبة 6%، والزراعة بنسبة 3%، والقطاعات الأخرى بنسبة 2% (الشعبة الإحصائية في الأمم المتحدة، 2015).

الشكل 2- إجمالي إمدادات الطاقة الأولية في 2015/2014



استناداً إلى: الاتحاد الأوروبي (2015أ) استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة "؛ الاتحاد الأوروبي (2015 ب) "المدخلات والتحليل للنموذج، تايمز-مصر؛ "الوكالة الدولية للطاقة (2017) موازنات الوكالة الدولية للطاقة لعام 2015، مصر.

4-2 دعم الطاقة

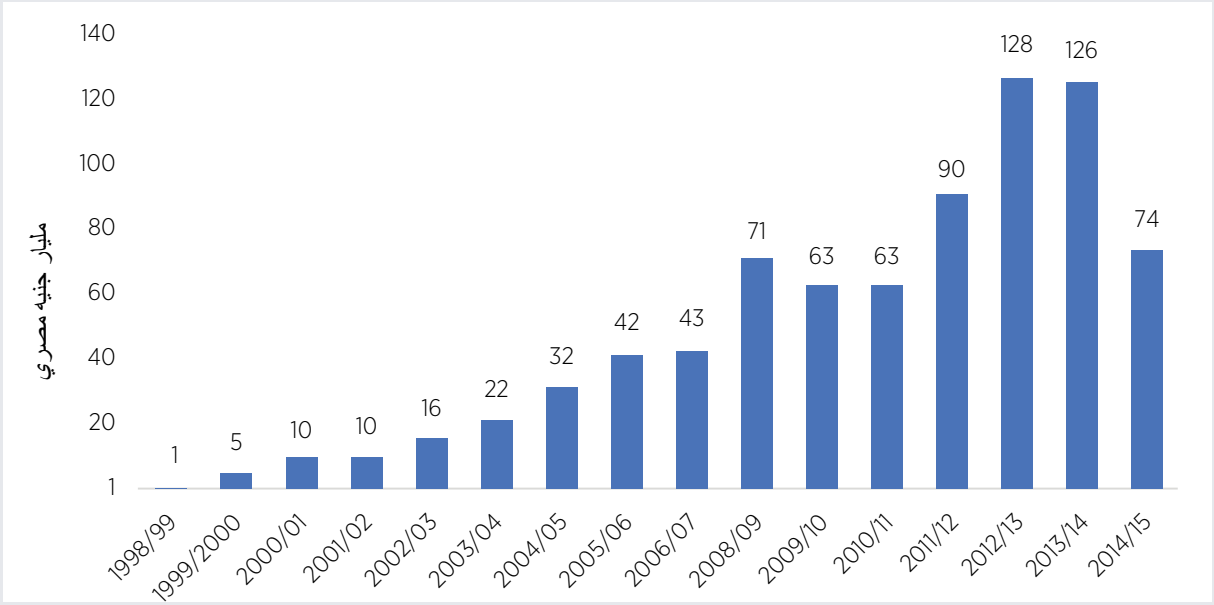
اعتمدت مصر طيلة عقودٍ على أسعار الطاقة المدعومة كأداة للحماية الاجتماعية وتقاسم الثروة. وأدى هذا إلى زيادة مطردة في الطلب مع تزايد فاتورة الدعم بمعدل سنوي مركب يصل إلى 26% بين عامي 2002 و2013. ووصل دعم الطاقة لمنتجات النفط والغاز الطبيعي إلى 128 مليار جنيه مصري (حوالي 20 مليار دولار أمريكي) في 2013/2012 كما هو موضّح في الشكل رقم 3، بالإضافة إلى 27 مليار جنيه مصري إضافية (حوالي 4.2 مليار دولار أمريكي) لقطاع الكهرباء.

وفي فترة 2014/2013، مثّل دعم الطاقة (غير المباشر والمباشر والدعم المتبادل) نسبة 22% من موازنة الحكومة وقرابة 7% من الناتج المحلي الإجمالي (وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، 2017)، حيث مثل دعم الكهرباء 20% من فاتورة دعم الطاقة.

وانخفض دعم الطاقة إلى 73.9 مليار جنيه مصري في 2015/2014 كما هو موضح في الشكل رقم 3. وأدى انخفاض أسعار النفط (إلى 36 دولار أمريكي في نهاية 2015 لخام برنت) إلى تخفيض فاتورة دعم الطاقة بما يقارب 10 مليارات دولار أمريكي في عام 2015 بالمقارنة مع الإجمالي المسجّل عام 2013 والذي بلغ 25 ملياراً. ولكن انخفاض الموارد وقدرات التكرير فرض عبئاً كبيراً على موازنة الحكومة، وأسهم في العجز المالي في قطاع الطاقة الذي ارتفع من 1.3% في 2011/2010 إلى 16.8% في 2014/2013.

ولمعالجة التراجع الحاصل في قدرات الموارد، قررت الحكومة المصرية عام 2014 إطلاق حملات استكشافية من خلال شراكات بين شركة النفط الوطنية وشركات النفط الدولية للنهوض بإنتاج الغاز الطبيعي المصري وبالتالي خفض الاعتماد على الواردات. وتمَّ بيع الوقود المُنتج إلى شركة توزيع الكهرباء المملوكة للدولة أو إلى موزِّعين من القطاع الخاص دون أخذ تذبذب الأسعار الدولية في الاعتبار، بالإضافة إلى تخفيض قيمة العملة. وتهدِف مصر إلى إدارة عجز الطاقة من خلال زيادة الإنتاج المحلي كبديل للواردات المكلفة. ونظراً لما يُمثِّله دعم الوقود من عبء كبير على الحكومة، أعلنت البلاد في عام 2014 عن إصلاحٍ تدريجي لدعم الطاقة بالنسبة للبنزين ووقود الديزل والغاز الطبيعي مع رفع الدعم تدريجياً عن الكهرباء بحلول عام 2019. وتم تحديد هدف تخفيض الدعم إلى 4 مليارات جنيه مصري لعام 2017 من 30 مليار جنيه مصري في عام 2016 (الأهرام أونلاين، 2016)، والتخلص التدريجي من جميع أشكال دعم الطاقة بعد ذلك بخمس سنوات، ويرد شرح ذلك بمزيد من التفصيل في الفصل الثاني.

الشكل 3- دعم الطاقة لفترة 2015/2014–1999/1998



استناداً إلى: جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك (2016أ)، إصدار قانون الكهرباء رقم 87 لعام 2015؛ الاتحاد الأوروبي(2015أ)، "استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة"؛ الاتحاد الأوروبي(2015ب)، "المدخلات والتحليل للنموذج TIMES-EG".

5-2 إدارة قطاع الكهرباء

يدار قطاع الكهرباء المصري من خلال وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، ويخضع لرقابة المجلس الأعلى للطاقة. ويتولى جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك تنظيم القطاع، وهو مسؤول عن تنفيذ قرارات السياسات وإدارة التراخيص، ومنذ عام 2015 أصبح مسؤولاً عن تحديد الأسعار مع اعتماد قانون الكهرباء الجديد رقم 87 لسنة 2015؛ حيث منحت وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة لجهازِ تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك سلطةَ تحديد تعرفة الكهرباء، وبالتالي قدمت حلاً للعبء الثقيل الذي تتحمله الحكومة (جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك، 2015).

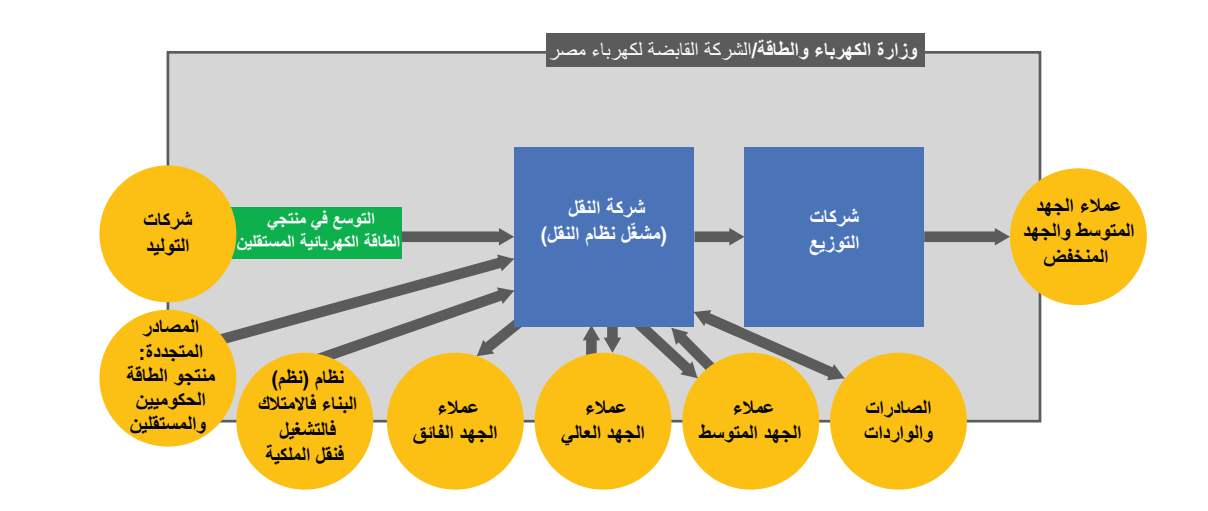
تاريخياً، كانت أصول التوليد والنقل والتوزيع مملوكةً بالكامل للحكومة ويتم تشغيلها تحت إشراف هيئة الكهرباء المصرية التي أصبحت الآن تعرف باسم الشركة القابضة لكهرباء مصر. وبدأ قطاع توليد الكهرباء في التحول نحو مشاركة القطاع الخاص في أواخر التسعينات[5] على الرغم من أن هذه المشاركة لم تُصبح شائعة إلا في عام 2001. وبالتالي بدأت الشركة القابضة لكهرباء مصر في فصل التوليد عن النقل والتوزيع. وتمتلك الشركة القابضة لكهرباء مصر 90% من قدرات التوليد في مصر (من خلال ست شركات توليد) وشبكة النقل والتوزيع المملوكة للدولة بالكامل (التي تتألف من شبكة نقل وتسع شركات توزيع)، إلاَّ أنَّ احتكار الشركة القابضة لكهرباء مصر بدأ في التراجع لإفساح المجال أمام منافسة محدودة بين شركات التوزيع الخاصة. وقد تأسست كل شركة من شركات التوليد والتوزيع الفرعية التي تعمل تحت مظلة الشركة القابضة لكهرباء مصر ككيان اعتباري منفصل له مجلس إدارة خاص به (الاتحاد الأوروبي، 2015ب).

وأدى إصدار قانون الكهرباء الجديد رقم 87 لسنة 2015 (جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك، 2016أ) إلى إنهاء احتكار النقل والتوزيع وإنشاء سوق طاقة تنافسي جديد يقوم على العقود الثنائية. ولكن المشاركة الخاصة لا تزال محدود النطاق، إذ لا تمثل سوى 10% من إجمالي توليد الطاقة الكهربائية بمدخلات طاقة مولدة من مصادر غير متجددة.

وتعدّ هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة الوكالة الحكومية المسؤولة عن تطوير الطاقة المتجددة. وفي حين تعمل هذه الهيئة بصورة مستقلة عن الشركة القابضة لكهرباء مصر وغيرها من شركات الكهرباء المملوكة للدولة، إلا أنها تتبع كلاً من وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة وجهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك.

يوضِّح الشكل رقم 4 إدارة قطاع الكهرباء الموصوفة أعلاه.

الشكل 4- إدارة قطاع الكهرباء في مصر



ملاحظات: BOOT = البناء فالامتلاك فالتشغيل فنقل الملكية؛ HV = جهد عالٍ؛ IPP = مُنتج طاقة كهربائية مستقل؛ LV = جهد منخفض؛ MV = جهد متوسط؛ PP = مُنتج طاقة كهربائية؛ TSO = مُشغّل منظومة نقل؛ UHV = جهد فائق.

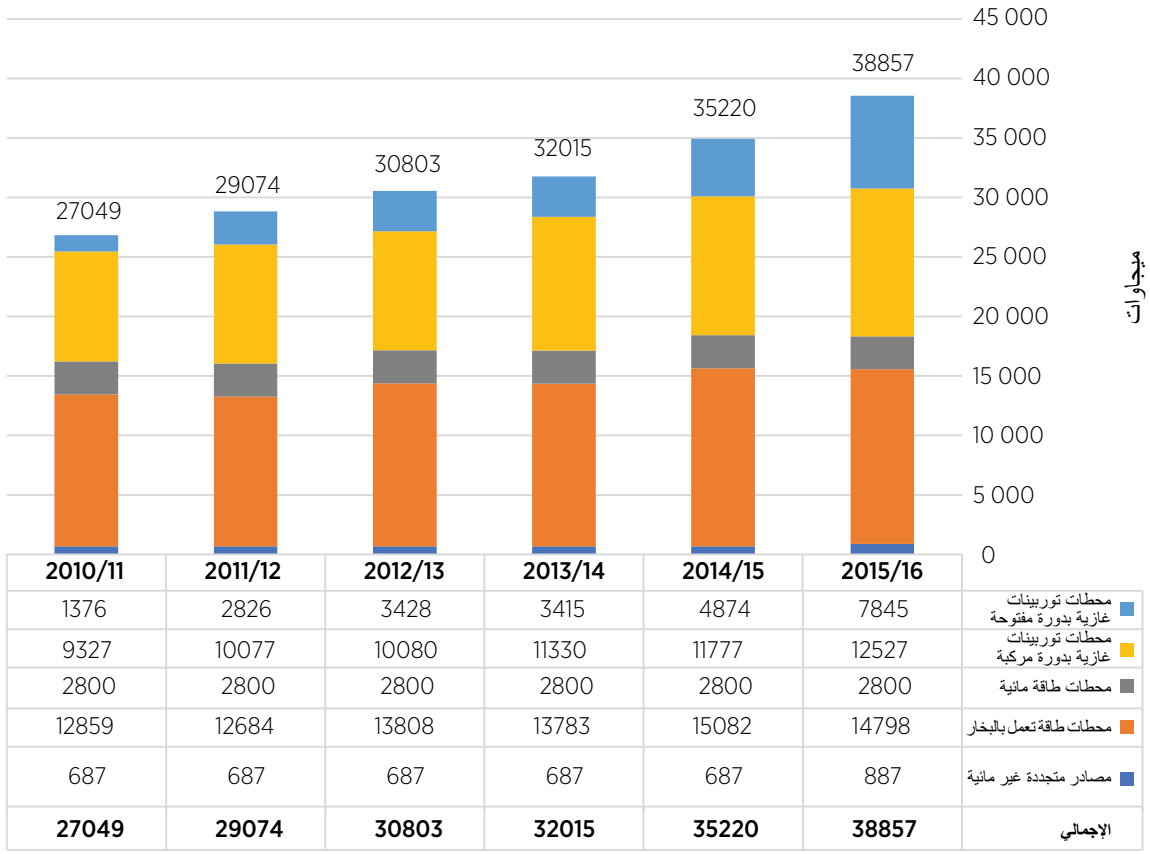
المصادر: محمد صلاح السبكي (2017)، "دمج الطاقة المتجددة في شبكة الكهرباء المصرية"؛ الشركة القابضة لكهرباء مصر(2016أ)، التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر.

[5] للمزيد من المعلومات انظر: www.medreg-regulators.org/Portals/45/capacitybuilding/2nd/2nd_Capacity_Building_Session1_EGYPTERA.pdf.

6-2 قدرات توليد الطاقة

وصل إجمالي قدرة توليد الكهرباء المركَّبة في عامي 2016/2015 إلى 38 857 ميجاوات (الشركة القابضة لكهرباء مصر، 2016أ)، وهي تتألف من محطات توربينات غازية بدورة مفتوحة (7 845 ميجاوات)، ومحطات توربينات غازية بدورة مركبة (12 527 ميجاوات)، ومحطات طاقة مائية (2 800 ميجاوات)، ومحطات طاقة تعمل بالبخار (14 798 ميجاوات) ومصادر متجددة غير مائية (887 ميجاوات) حسبما هو موضح في الشكل رقم 5 أدناه. كما وصلت مساهمات القطاع الخاص إلى 2 048 ميجاوات من خلال نظام البناء فالامتلاك فالتشغيل فنقل الملكية لقدرات توليد الكهرباء الحرارية. وتم تسجيل أقصى حِمل بقيمة 29.2 جيجاوات في عام 2016/2015 (الشكل رقم 6) (الشركة القابضة لكهرباء مصر، 2016أ).

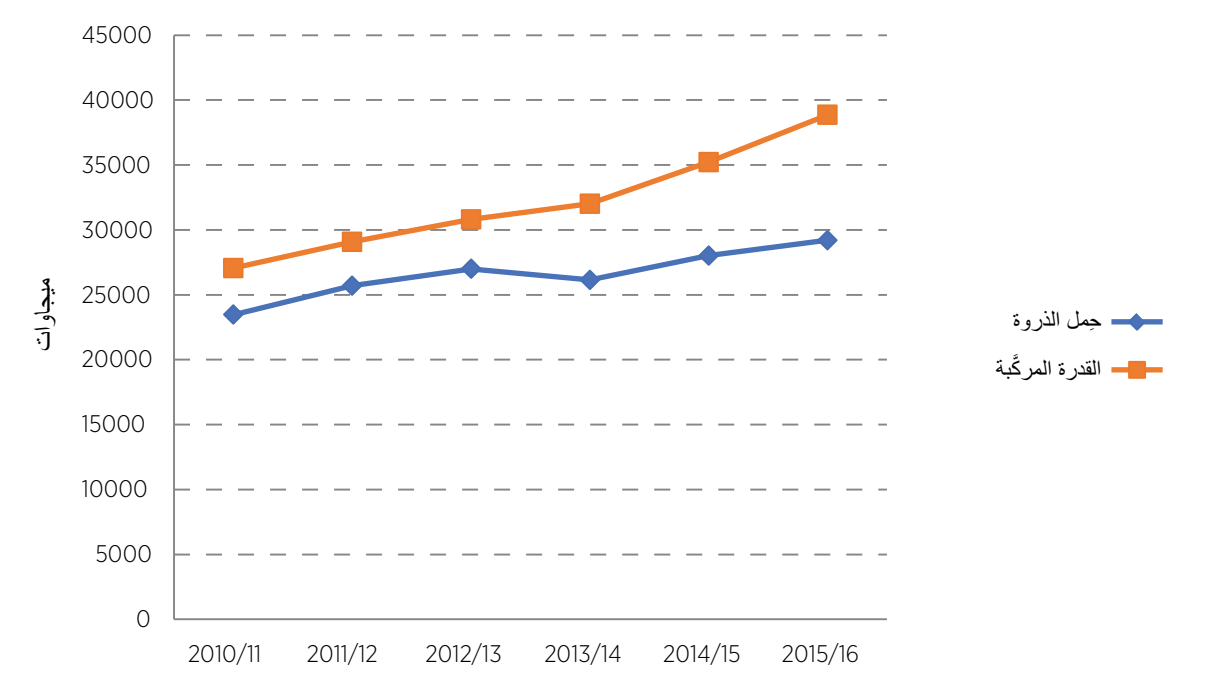
الشكل 5- تحسين قدرات محطات توليد الطاقة طبقاً لنوع المحطة



	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16
محطات توربينات غازية بدورة مفتوحة	1376	2826	3428	3415	4874	7845
محطات توربينات غازية بدورة مركبة	9327	10077	10080	11330	11777	12527
محطات طاقة مائية	2800	2800	2800	2800	2800	2800
محطات طاقة تعمل بالبخار	12859	12684	13808	13783	15082	14798
مصادر متجددة غير مائية	687	687	687	687	687	887
الإجمالي	**27049**	**29074**	**30803**	**32015**	**35220**	**38857**

المصدر: الاتحاد الأوروبي (2015أ)، "استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة".

الشكل 6- تطوير القدرات المركَّبة وذروة الطلب



ملحوظة: لم يكن عجز الكهرباء ناتجاً عن عدم وجود القدرات المركَّبة وإنما نتيجة عدم كفاية إمدادات الوقود للحفاظ على استمرار توليد الطاقة.

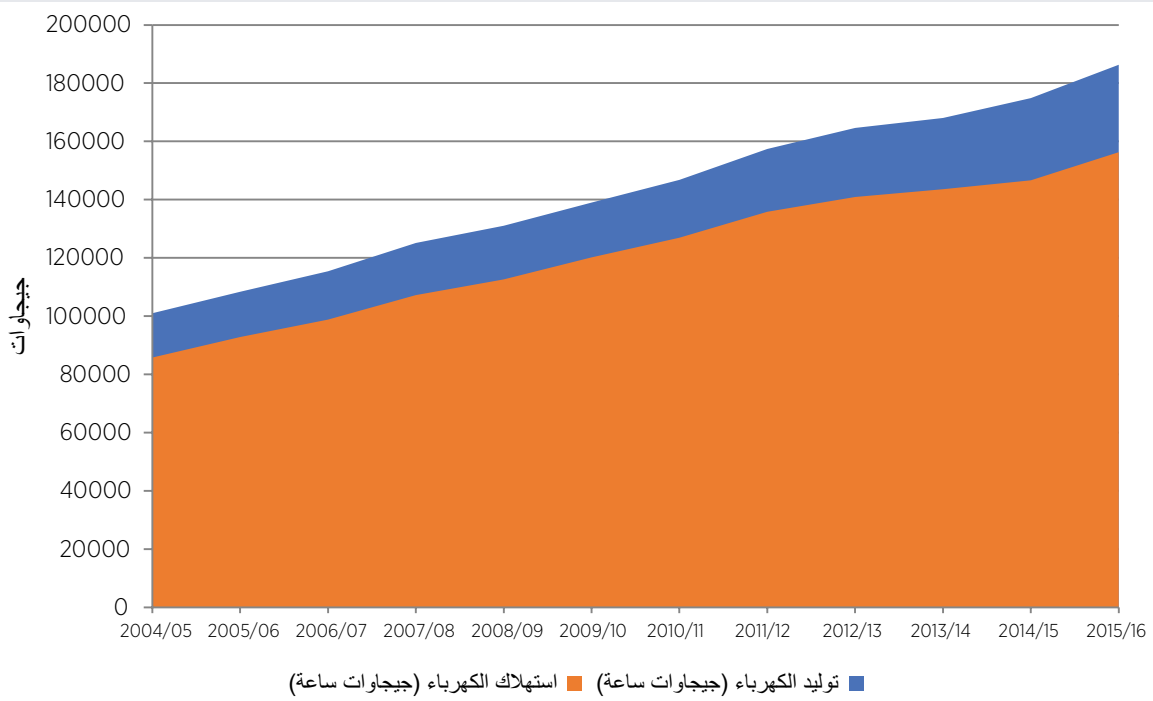
استناداً إلى: الشركة القابضة لكهرباء مصر (2016أ)، التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر2015/2016؛ الشركة القابضة لكهرباء مصر (2015)، التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر 2015/2014.

وتزايدَ الطلب على الطاقة في مصر بصورة مُطردة على مدار العقد الماضي مُسجلاً معدل نمو سنوي وصل إلى 6%. وفي عام 2016، اقتربت القيمة القصوى للأحمال من القدرة المركَّبة (وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، 2017).

وفي عام 2014، بدأت وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة خططاً لإضافة 51.3 جيجاوات من المصادر التقليدية والمتجددة استجابةً لاحتياجات الطاقة المتنامية بناءً على تقديرات متطلبات القدرات الجديدة سنوياً التي تبلغ 2.5 جيجاوات تقريباً (ولكن ليس بصورة متسقة) كما هو موضح في الشكل رقم 7 أدناه.

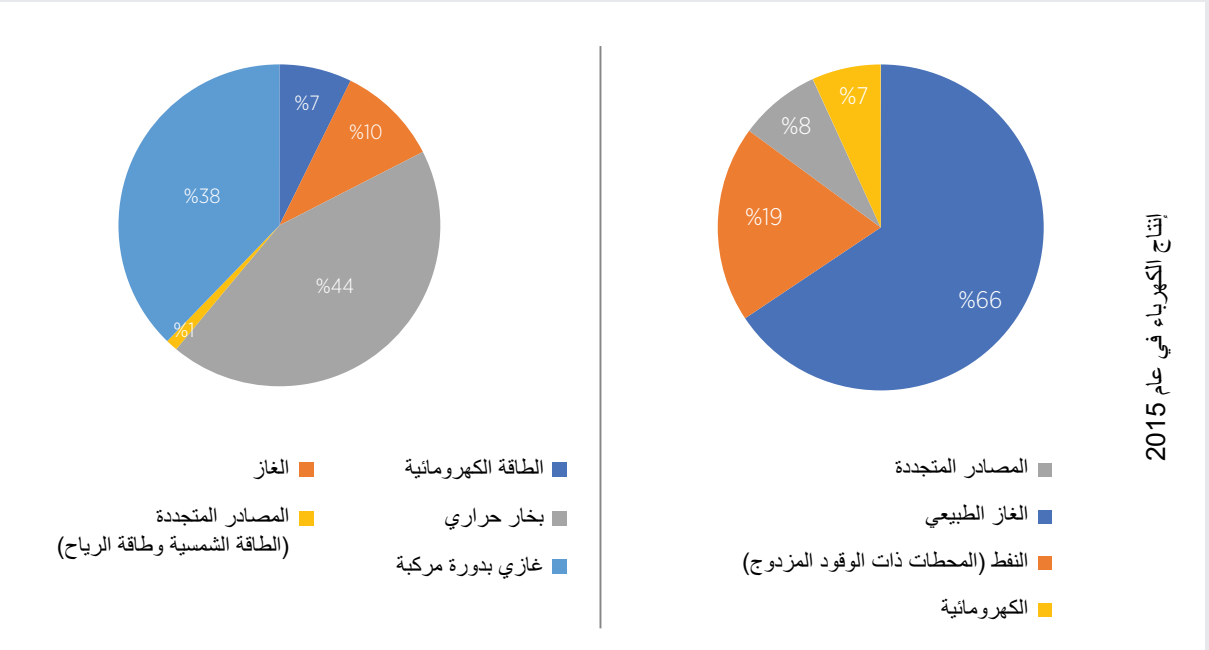
وبالنظر إلى زيادة القدرات المثبتة، فإن إجمالي توليد الكهرباء في 2016/2015 بلغ 186 320 جيجاوات/ساعة، في حين وصل إجمالي استهلاك الكهرباء إلى 156 300 جيجاوات/ساعة في 2016/2015، مما أدى إلى توفّر احتياطيات كافية تزيد عن 16.11% لتلبية الارتفاع المفاجئ في الطلب على الكهرباء.

الشكل 7- تطور توليد الكهرباء واستهلاكها من الفترة 2005/2004 إلى 2016/2015



استناداً إلى: الشركة القابضة لكهرباء مصر (2016أ)، التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر2016/2015؛ الشركة القابضة لكهرباء مصر (2015)، التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر 2015/2014.

الشكل 8- توليد الكهرباء ومصادرها في عام 2015

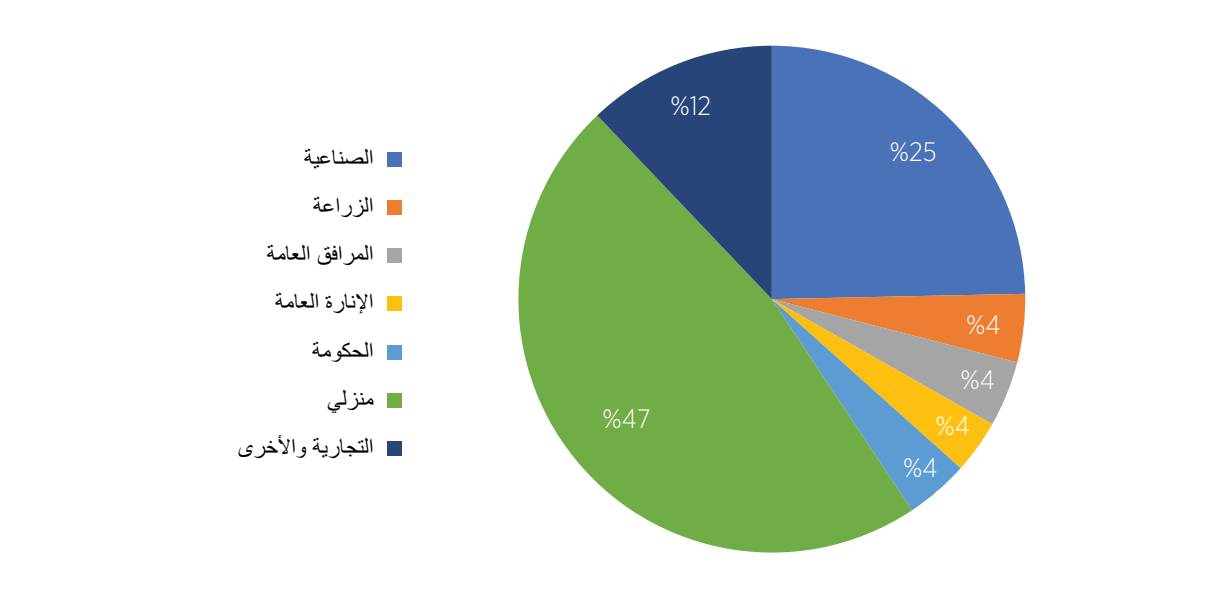


استناداً إلى: الشركة القابضة لكهرباء مصر (2016أ)، التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر 2016/2015؛ الشركة القابضة لكهرباء مصر (2015)، التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر 2015/2014. أرصدة الطاقة لمصر الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة.2015.

ويتم استهلاك الكهرباء من قِبل مستخدمين نهائيين مختلفين في الاقتصاد المصري موزَّعين بين الاستخدامات المنزلية بنسبة (47%) والصناعية (25%) والتجارية (12%)، فيما يستخدم الباقي من قبل القطاع الحكومي والزراعة والإنارة العامة والمرافق العامة بنسبة (4%) كما هو موضح في الشكل رقم 9.

شهد الطلب على الطاقة في مصر نمواً ثابتاً

الشكل 9- استهلاك الكهرباء بحسب القطاع



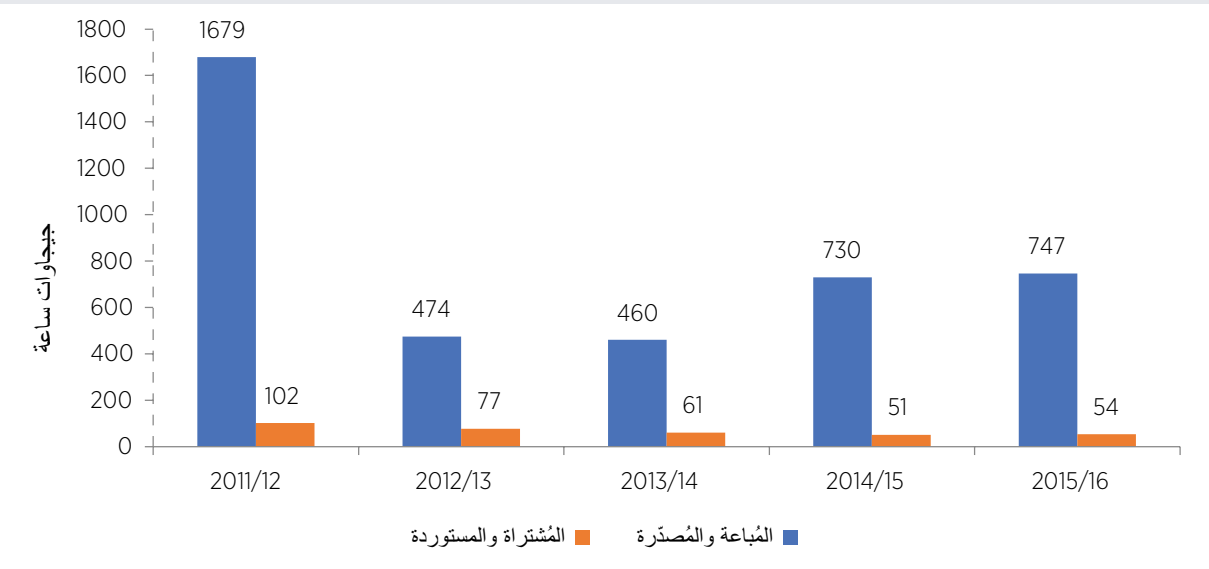
استناداً إلى: الشركة القابضة لكهرباء مصر (2016أ)، التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر 2016/2015؛ الشركة القابضة لكهرباء مصر (2015)، التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر 2015/2014.

7-2 النقل والتوزيع

تتألف شبكة النقل في مصر من خطوط نقل هوائية وكوابل أرضية يبلغ إجمالي أطوالها 44 200 كيلو متراً، وبإجمالي سعة محولات يبلغ 600 99 ميجافولط أمبير. علاوةً على ذلك، توجد لدى مصر خطوط للربط مع جيرانها الأردن وليبيا كما هو مبين في الشكل رقم 10 الذي يشير إلى تبادل الكهرباء بدءاً من عام 2012/2011 إلى 2016/2015 (الشركة القابضة لكهرباء مصر، 2016أ). وتتألف شبكة التوزيع في مصر من 460 897 كم من خطوط وكابلات الجهد المنخفض والجهد المتوسط، وتبلغ سعة المحولات الإجمالية 103 71 ميجافولط أمبير (الشركة القابضة لكهرباء مصر، 2016أ).

ووصل عدد المستهلكين الذين تخدمهم شركات النقل والتوزيع التابعة للشركة إلى 32.4 مليوناً في 2016/2015 مقابل 31.4 مليوناً في 2015/2014 بمعدل زيادة يبلغ 3.2% (الشركة القابضة لكهرباء مصر، 2016أ).

الشكل 10- إجمالي تبادل الطاقة الكهربائية من 2012/2011 إلى 2016/2015



استناداً إلى: الشركة القابضة لكهرباء مصر (2016أ)، التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر 2016/2015؛ الشركة القابضة لكهرباء مصر (2015)، التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر 2015/2014.

وطبقاً لقانون الكهرباء الجديد رقم 87 لسنة 2015، سوف تعمل الشبكة وفقَ نظامين سوقيين، أحدهما خاضع للتنظيم والآخر تنافسي، بحيث تعمل شركة النقل - وهي الشركة المصرية لنقل الكهرباء - بمثابة مشغِّل لمنظومة النقل في كلا السوقين ولكن بأدوار مختلفة. وفي إطار السوق الخاضع للتنظيم، تقوم الشركة المصرية لنقل الكهرباء بشراء الكهرباء من المولِّدين وبيعها للعملاء غير المؤهلين في مخطط السوق التنافسي بما في ذلك العملاء على المستوى المنزلي منخفض الجهد ومتوسط الجهد؛ في حين أنَّ المستخدمين في السوق التنافسي الصناعي مرتفع الجهد وفائق الجهد يشترون الكهرباء من المولدين مباشرة (وهو ما يمثل 16% من الاستهلاك الحالي). وفي هذا السوق، لن يدفع المولِّدون لمشغِّل منظومة النقل، أي الشركة المصرية لنقل الكهرباء، سِوى رسوم نقل الطاقة إلى خارج الشبكة كما هو موضح في الشكل رقم 4.

وفي نظام السوق الخاضع للتنظيم، تبيع شركات التوزيع (التي تضم تسع شركات عامة وسبع شركات خاصة) إلى المستخدمين النهائيين مباشرةً، حيث تشتري الكهرباء من الشركة المصرية لنقل الكهرباء لتوزيعها على المستخدمين النهائيين مثل عملاء الجهد المتوسط والجهد المنخفض. إلاَّ أنه في السوق التنافسي، تخسر شركات التوزيع دورها وتخرج تدريجياً من هذه الشبكة كما هو مبين في الشكل رقم 4.

8-2 التكلفة والتعرفة

ينص قانون الكهرباء الجديد رقم 87 لسنة 2015 على تحديد تعرفة الكهرباء طبقاً لتكلفة إنتاج الطاقة (أو خدمة الطاقة) والمتغيرات المتعلقة بها بما في ذلك تكلفة نقل الطاقة، ومعدل التضخم، ومعامل الوقود، وأضيف إليها مؤخراً الأهداف التي حددتها سياسة إصلاح منظومة الدعم. ويستند هذا إلى منهجية حساب وضعها جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك (جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك، 2016ب).

وبلغ متوسط تكلفة إنتاج الكهرباء في مصر 0.045 دولار أمريكي (0.855 جنيه مصري) لكل كيلووات/ساعة في عام 2017، حيث ارتفعت من 0.04 دولار أمريكي (0.64 جنيه مصري) لكل كيلووات/ساعة في عام 2016a[6]، ومن 0.03 دولار أمريكي (0.47 جنيه مصري) لكل كيلووات/ساعة في عام 2014.[7]

وبالمقارنة مع البلدان الأخرى في المنطقة، تعتبر تعرفة الكهرباء منخفضةً إن لم تكن الأكثر انخفاضاً. وباستخدام نظام الشرائح، تتفاوت تعرفة الكهرباء في مصر طبقاً لمستوى الجهد المُغذِّي ونوع مجموعة المستهلكين، وكمية الاستهلاك وتوقيت فترات الاستهلاك (وقت الذروة/خارج وقت الذروة). وتتوزَّع التعريفات المنزلية على سبع شرائح تتراوح ما بين 0.13 جنيه مصري[8] للشريحة الأولى التي يصل استهلاكها الشهري حتى 50 كيلووات/ساعة، إلى 1.35 جنيه مصري للاستهلاك الذي يزيد عن 1 000 كيلووات/ساعة تُدفع كسعر ثابت لإجمالي الاستهلاك.

وتمت المصادقة رسمياً على خطة خمسية للوقف التدريجي للدعم الداخلي في قطاع الكهرباء طبقاً لقرار رئيس مجلس الوزراء رقم 1257 لعام 2014. وفي يوليو 2014، تم اتخاذ خطوات لتنفيذ مبادرةٍ لإصلاح الدعم على مدار خمس سنوات تتضمن زيادات سنوية في التعرفة لمعظم قطاعات المستخدمين في الأول من شهر يوليو كل عام وصولاً إلى عام 2018. واعتبرت الحكومة أن زيادة التعرفة سنوياً أمرٌ ضروريٌ للتخلص من الدعم الذي تفاقمت آثاره نتيجة انخفاض سعر الصرف والتزامات وزارة المالية لسدِّ العجز في ميزان المدفوعات الناتج من انخفاض عائدات بيع الكهرباء التي تعرضت لها الشركة الوطنية (الهيئة المصرية العامة للبترول) في الشبكة. وبالتالي لا يساعد هذا الوضعُ الشركةَ القابضة لكهرباء مصر في تغطية ديونها المالية المستحقة لشركات النفط الدولية التي أنشأت مواقع للتنقيب لدعم الإنتاج المحلي للوقود الأحفوري؛ ولذلك يجب على وزارة المالية أيضاً أن تعوِّض هذه المديونية (على سبيل المثال 0.75 مليار جنيه مصري لزيادة قدرة الشبكة والصيانة ولسداد ديون شركات النفط الدولية).

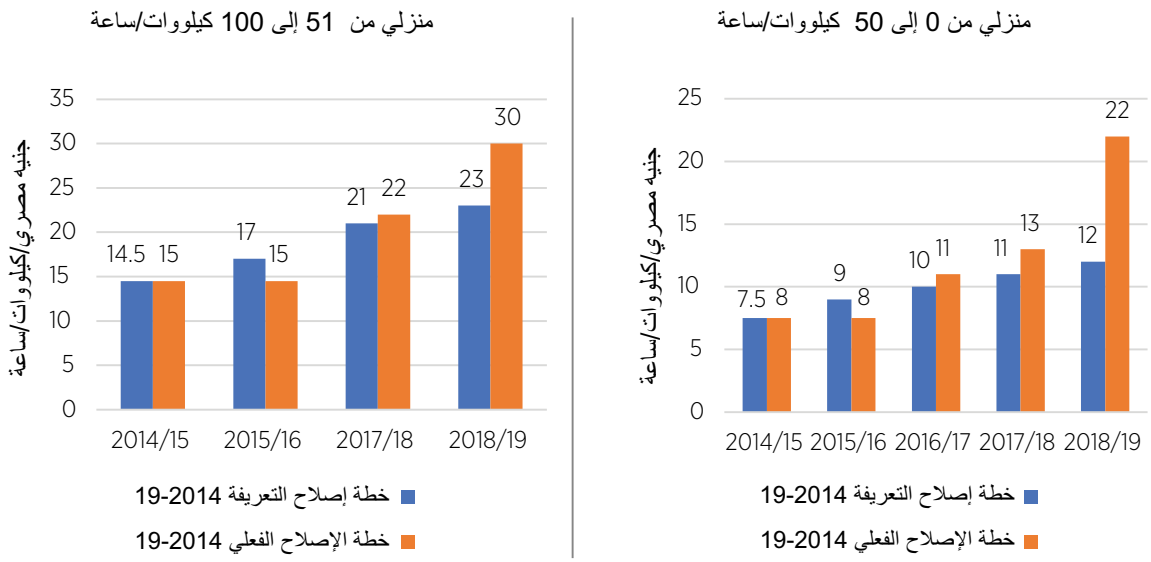
وعلى الرغم من أن الزيادة السنوية للتعرفة أتاحت للحكومة توفير 18 مليار جنيه مصري من فاتورة دعم الكهرباء، إلا أن الحكومة قامت مؤخراً بتمديد الدعم حتى عام 2022. وخضعت الخطة للمراجعة مرتين، في يوليو 2015 و2016، لضمان حماية المستهلكين محدودي الدخل وتعويض الزيادة المتسارعة في إنفاق القطاع على المحطات الجديدة مع أخذ تغيرات سعر صرف الدولار الأمريكي في الاعتبار (الشبكة المصرية للطاقات المتجددة والمياه، 2017).

[6] طبقاً لسعر الصرف البالغ 16 جنيهاً مصرياً/دولار أمريكي.

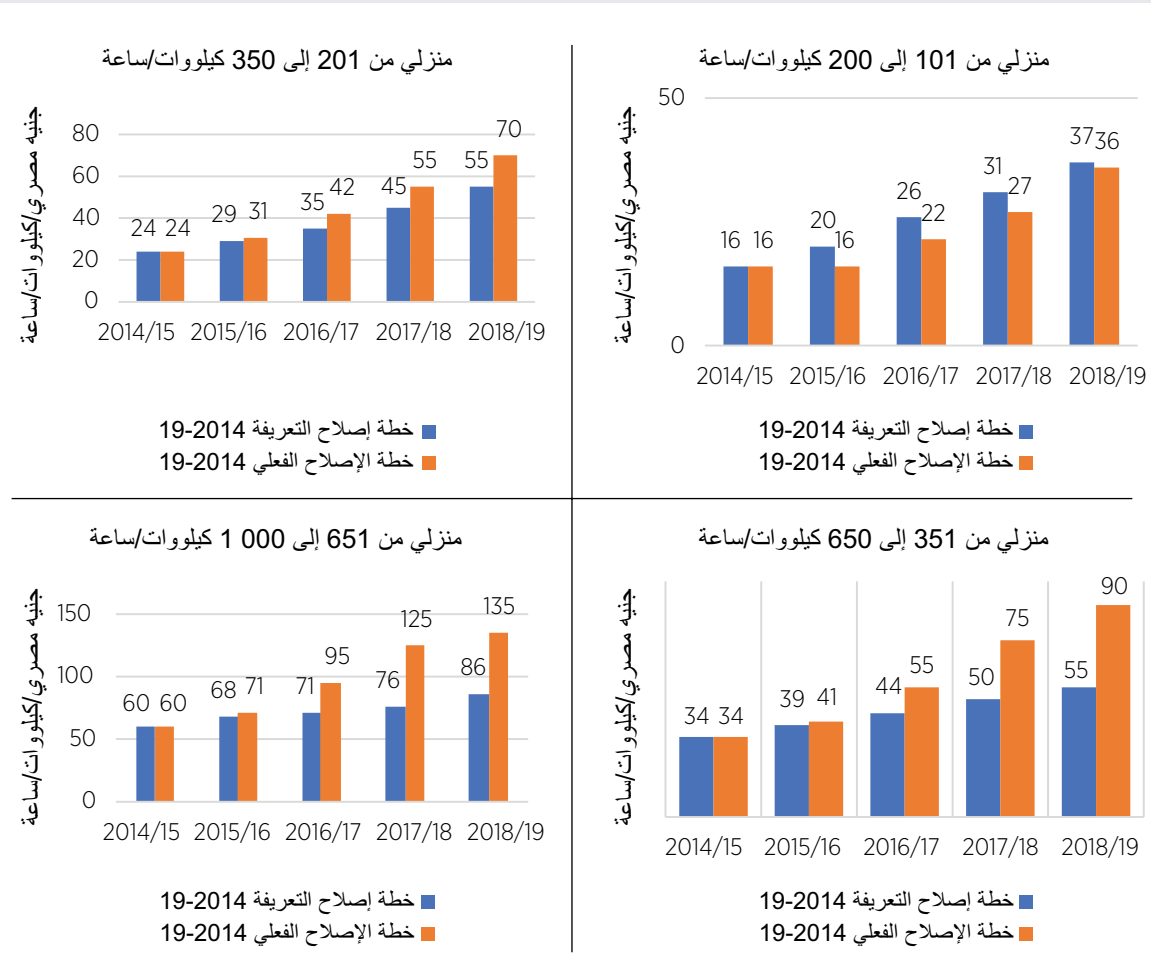
[7] طبقاً لسعر الصرف البالغ 15.6 جنيهاً مصرياً/دولار أمريكي.

[8] تتفاوت أسعار الصرف على النحو التالي: 7.6 جنيه مصري/دولار أمريكي (2014-2015)؛ 8 جنيه مصري/دولار أمريكي (2015-2016)؛ 9 جنيه مصري/دولار أمريكي (2016-2017)؛ 17.9، (2017-2018 جنيه مصري/دولار أمريكي (2018-2019).

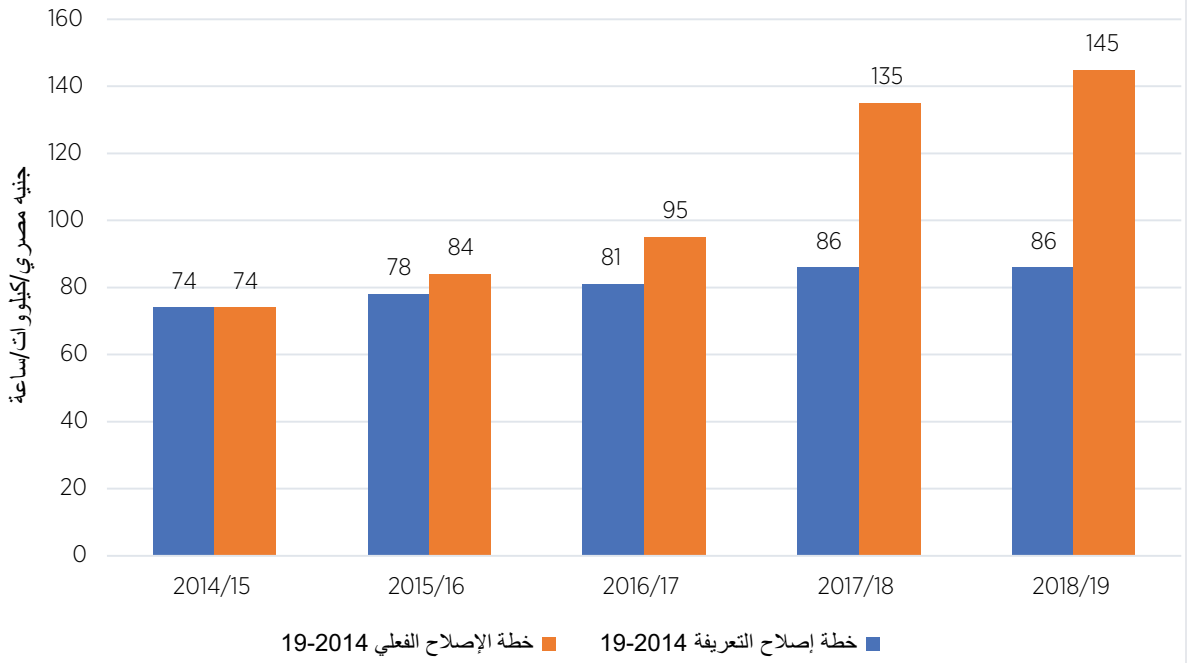
الشكل 11- تعرفة الكهرباء المنزلية من 0 إلى 100 كيلووات/ساعة



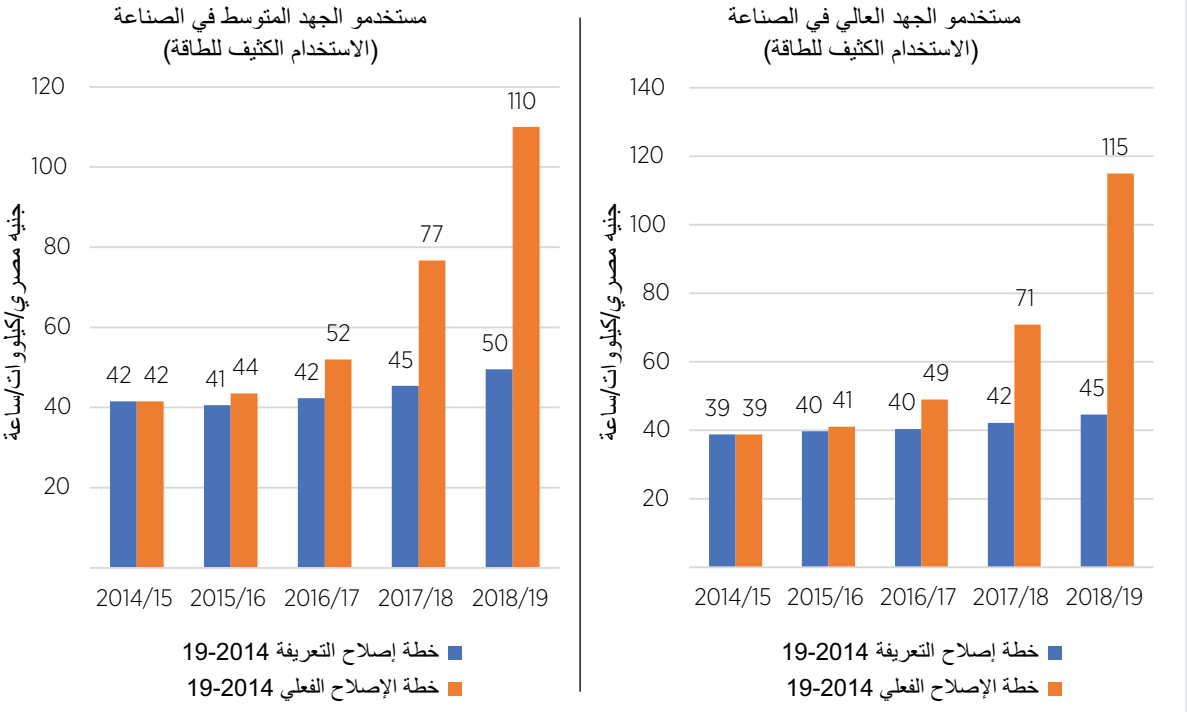
الشكل 12- تعرفة الكهرباء المنزلية (من 101 إلى 1 000 كيلووات/ساعة)



الشكل 13- تعرفة الكهرباء المنزلية (> 1 000 كيلووات/ساعة)



الشكل 14- تعرفة الكهرباء الصناعية لمستخدمي الجهد العالي والمتوسط ذوي الاستخدام الكثيف للطاقة



9-2 الربط بين شبكات الكهرباء وتجارة الكهرباء

منذ أواخر الثمانينات، كرّست الحكومة المصرية جهودها لتحديد وتنفيذ العديد من مشاريع ربط شبكة الكهرباء بالتعاون مع بلدان أخرى في المنطقة العربية لتحسين موثوقية القطاع والسماح بتبادل الكهرباء المولّدة على المستوى دون الإقليمي. وقد أُجريت دراسات جدوى لتقييم إمكانية الربط مع بلدان أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى وبالتعاون مع البلدان الأوروبية من خلال العديد من المشاريع التي يمولها الاتحاد الأوروبي.

وأدت مشاريع الربط في المنطقة العربية إلى ربط مصر بالعراق والأردن ولبنان والجمهورية العربية السورية وتركيا على النحو المبين في الجدول رقم 2. واستخدمت المرحلة الأولى من مشاريع الربط البينيّ هذه خطوطَ 400 كيلوفولط لربط مصر والأردن ولبنان والجمهورية العربية السورية، وقد تم الانتهاء من هذه المرحلة في أواسط التسعينات. وتأخرت المرحلة الثانية نتيجة عدم الاستقرار السياسي في المنطقة.

ويصل خط الربط الشبكي المسمّى المغرب العربي بين مصر وليبيا منذ عام 1998 من خلال خط قدرة بجهد 220 كيلوفولط، وسيتم دمجه أيضاً مع المغرب وتونس من خلال خطٍّ بجهد 500/400 كيلوفولط من المقرر أن يكتمل في نهاية عام 2018.

ومن المتوقع تشغيل خط الربط بين مصر والسعودية قبل عام 2021 بطاقة تبادل تصل إلى 3 000 ميجاوات (الأهرام أونلاين، 2017). كما اعتمدت الجامعة العربية قراراً في سبتمبر 2016 لدعم إجراءات دمج سوق الكهرباء العربي بهدف إنشاء سوق مشترك للكهرباء في المنطقة (جامعة الدول العربية والمركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، 2016).

وتم اتخاذ خطوات عديدة لاستكشاف إمكانية الربط مع بلدان أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى. وقد تم الانتهاء من دراسة جدوى الربط بين مصر وإثيوبيا والسودان لتبادل 3 200 ميجاوات، منها 2 000 ميجاوات يمكن تخصيصها لمصر. وفي موازاة ذلك، يجري تنفيذ مشروعٍ تصل قدرته إلى 200 ميجاوات لربط مصر والسودان. وهناك جهود أخرى يجري استطلاعها لتقييم إمكانية الربط مع جمهورية الكونغو الديمقراطية (جامعة الدول العربية والمركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، 2016).

وتواصِلُ مصر العمل مع الاتحاد الأوروبي من أجل تقييم الخيارات الممكنة لتيسير تبادل الطاقة الكهربائية في المستقبل عبر البحر المتوسط - ولا سيّما من مصادر الطاقة المتجددة - من خلال الربط المحتمل بين تونس وإيطاليا، وكذلك الربط المحتمل بين مصر وقبرص واليونان. ويمكن لمحطات الربط المزمع إنشاؤها أن تعمل على نقل الكهرباء المولّدة من مصادر الطاقة المتجددة إلى أوروبا (الشركة القابضة لكهرباء مصر، 2016ب).

الجدول 2- الربط الدولي لشبكات الكهرباء

الوصف	مصر/ليبيا	مصر/الأردن		
تاريخ الربط	مايو 1998	أكتوبر 1998		
جهد الربط (كيلوفولط)	220	400		
البلدان المربوطة	ليبيا	الأردن	الجمهورية العربية السورية	لبنان
الطاقة المُباعة والمُصدّرة (جيجاوات/ساعة)	292	454.7	-	-
الطاقة المُشتراة والمستوردة (جيجاوات/ساعة)	15.98	37.8	-	-

استناداً إلى: الشركة القابضة لكهرباء مصر (2016أ)، التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر 2016/2015.

الطاقة المتجددة في مصر

مصنع إنتاج الغاز الحيوي في شركة "كيه سي إف" للطاقة الخضراء
الصورة: IRENA/Yong Chen

03

يغطِّي هذا الفصل موارد الطاقة المتجددة المتاحة في مصر، ووضعها الحالي وإمكانات تطويرها في المستقبل. كما يتناول البيئة التمكينية للطاقة المتجددة والإطار التنظيمي المرتبط بها.

يمكن للمصادر المتجددة أن تحقق ما لا يحصى من المنافع: فعادةً ما تُوفِّر تقنيات الطاقة المتجددة بديلاً آمناً وموثوقاً للطاقة، في حين تجلب الاستثمارات في البنية التحتية والخدمات للطاقة المتجددة المحلية قيمةً مضافة محلية كبيرة من خلال توفير فرص العمل ودعم نمو الاقتصاد المحلي (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2017ج). علاوةً على ذلك، يمكن أن تؤدي الطاقة المستمدة من المصادر المتجددة إلى تحرير الاحتياطيات الهيدروكربونية الآخذة في الانخفاض، وتخفيض تشويه أسواق الطاقة من خلال تخفيف العبء الثقيل الذي يلقيه الدعم على كاهل التمويل والاستثمار الحكوميَّين.

تنعم مصر بوفرةٍ من مصادر الطاقة المتجددة مع إمكانية عالية لنشرها. وتتمثل هذه الموارد بصفةٍ أساسيةٍ في الطاقة المائية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية والكتلة الحيوية. وقد بدأت الحكومة المصرية منذ أواخر السبعينات برامج لتجربة واختبار وتقييم مختلف تطبيقات الطاقة المتجددة وأنظمتها التكنولوجيَّة بالتعاون مع مختلف البلدان والجهات الدولية، بما في ذلك فرنسا وألمانيا وإيطاليا وإسبانيا والدنمارك واليابان والاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة. تُرجِمَ التعاون مع هذه الجهات إلى تثبيت سخّانات المياه الشمسية في المدن الجديدة، وأنظمة الطاقة الشمسية الحرارية للعمليات الصناعية، ومزارع الرياح وتطبيقات الطاقة الكهروضوئية في ضخ المياه ومحطات التخزين البارد والتحلية بالإضافة إلى هاضمات الغاز الحيوي في المناطق النائية.

لقد شكَّل إنشاء هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة عام 1986 (بموجب القانون رقم 102 لعام 1986) إحدى العلامات الهامة على طريق تطوير مصادر الطاقة المتجددة في مصر. وتركز هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة بصفة خاصة على تقنيات طاقة الرياح والطاقة الشمسية وقد وسعّت مؤخراً من تركيزها ليشمل تطوير الكتلة الحيوية. كما كرست مؤسسات وطنية أخرى جهودها أيضاً لتطوير الكتلة الحيوية، من بينها الشركة القابضة لكهرباء مصر ووزارة البيئة.

1-3 مساهمة موارد الطاقة المتجددة في إنتاج الطاقة الأولية

بلغت مساهمة موارد الطاقة المتجددة في إنتاج الطاقة الأولية 4% في 2010/2009، ويرجع هذا بصفة أساسية إلى طاقة المياه (3%) وطاقة الرياح (1%). ومن المتوقع أن يبلغ إجمالي إسهامها نسبة 8% بحلول عامي 2022/2021 و14% في 2035/2034، وهو ما يعادل 22.8 مليون طن من المكافئ النفطي في ذلك العام. وعلى أساس هذه المساهمات، من المتوقع أن تُشكِّل الطاقة المتجددة 20% و42% من توليد الكهرباء في 2022/2021 و2035/2034 على التوالي (الاتحاد الأوروبي، 2015أ). ويصل متوسط معدل نمو الطاقة المتجددة في إمداد الطاقة الأولية إلى 7.3%، كما يظهر من الشكل رقم 19.

2-3 مساهمة الطاقة المتجددة في قدرات الطاقة المركَّبة

من المتوقع أن يبلغ إجمالي القدرة المركَّبة من مصادر الطاقة المتجددة 19.2 جيجاوات بحلول 2022/2021 وأن يزداد ليصل إلى 49.5 جيجاوات و62.6 جيجاوات في الأعوام 30/2029 و35/2034 على التوالي. يبين الجدول 3 نمو القدرات الكهربائية المركَّبة لاثنتين من التقنيات المتجددة من 2009 حتى 2035 (الاتحاد الأوروبي، 2015أ). وعدّلت وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة ووزارة الاستثمار والتعاون الدولي مؤخراً استراتيجية الطاقة طويلة الأمد، لزيادة مساهمة الطاقة المتجددة في مزيج القدرة لتصل إلى 42% في عام 2035، جنباً إلى جنب مع تعظيم تدابير كفاءة الطاقة. تتناول الأقسام الفرعية التالية مختلف مصادر تقنيات الطاقة المتجددة المستخدمة في مصر

3-3 إمكانية الطاقة المتجددة واستخدامها

الطاقة الكهرومائية

يعدّ نهر النيل المصدر الرئيسي للطاقة الكهرومائية في مصر، وتنطوي أسوان على الإمكانات الأعلى من هذه الطاقة، حيث توجد سلسلة من محطات الطاقة يبلغ إجمالي إنتاجها 2 800 ميجاوات، تُعادل توليد كهرباء بمقدار 13 545 جيجاوات/ساعة سنوياً. وكانت الكهرباء المولدة من المصادر المائية تشكِّل ما يقرب من 50% من إجمالي الكهرباء المولدة في مصر في الستينيات والسبعينيات من القرن العشرين. ولكن، نظراً لزيادة حصة محطات الطاقة الحرارية، لم تُشكِّل الموارد المائية سوى 7.2% من إجمالي الكهرباء المولدة في 2016/2015 (الشركة القابضة لكهرباء مصر، 2016أ).

وتعتبر الطاقة الكهرومائية أكثر تقنيات الطاقة المتجددة نضوجاً في مصر، حيث بلغ متوسط معدل نمو الطاقة المولدة من محطات الطاقة الكهرومائية 1.2% سنوياً أثناء الفترة 2012/2011 إلى 2016/2015. وفي هذا السياق فقد نُفِّذَ العديد من المشاريع وفق ما يعرضه الجدول رقم 4 الذي يتضمن تفاصيل المحطات الكهرومائية في عام 2015.

الجدول 3- نمو القدرة المركَّبة للطاقة المتجددة بالجيجاوات

نوع محطة الطاقة	10/2009	22/2021	30/2029	35/2034
الطاقة المائية	2.8	2.8	2.9	2.9
طاقة الرياح	0.5	13.3	20.6	20.6
الطاقة الكهروضوئية	0.0	3.0	22.9	31.75
الطاقة الشمسية المركَّزة	0.0	0.1	4.1	8.1
الإجمالي	**3.3**	**19.2**	**50.5**	**62.6**

استناداً إلى: الشركة القابضة لكهرباء مصر (2016أ)، التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر 2016/2015؛ الاتحاد الأوروبي (2015أ)، "استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة"؛ إيفرشيدس وبرايسووترهاوسكوبرز، (2016)، تطوير مشاريع الطاقة المتجددة: دليل لتحقيق النجاح في الشرق الأوسط، الطبعة الرابعة .

الجدول 4- محطات الكهرباء المائية وقدراتها

المحطة	القدرة (ميجاوات)	الكهرباء المولّدة سنوياً (جيجاوات/ساعة)
السد العالي	2 100	9 484
أسوان 1	280	1 578
أسوان 2	270	1 523
إسنا	86	507
نجع حمادي	64	453
الإجمالي	**2 800**	**13 545**

استناداً إلى: الشركة القابضة لكهرباء مصر (2016أ)، التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر 2016/2015؛ الاتحاد الأوروبي (2015أ)، "استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة"؛ إيفرشيدس وبرايسووترهاوسكوبرز (2016)، تطوير مشاريع الطاقة المتجددة: دليل لتحقيق النجاح في الشرق الأوسط، الطبعة الرابعة.

ويجري تطوير محطات جديدة للطاقة الكهرومائية في أسيوط في صعيد مصر بقدرة تصل إلى 32 ميجاوات، ومن المنتظر تشغيلها في أواخر عام 2018.

في عام 2015، بدأت خطط لبناء محطة كهرومائية بقدرة 2 400 ميجاوات تعمل بنظام التخزين بالضخ في عتاقة، ومن المنتظر إتمام بنائها في عام 2022 (آندريتز، 2016). ومن المنتظر أن يعمل هذا المشروع أثناء ساعات الذروة اعتماداً على المياه المتدفقة من خزّان علوي إلى خزّان سُفلي بفارق منسوب قدرُه 28 متراً. وخارج أوقات الذروة، يُعكَس اتجاه التدفق، ويعاد ملء الخزّان العلوي عادةً باستخدام التوربينات كمضخات والمولدات كمحركات كهربائية.

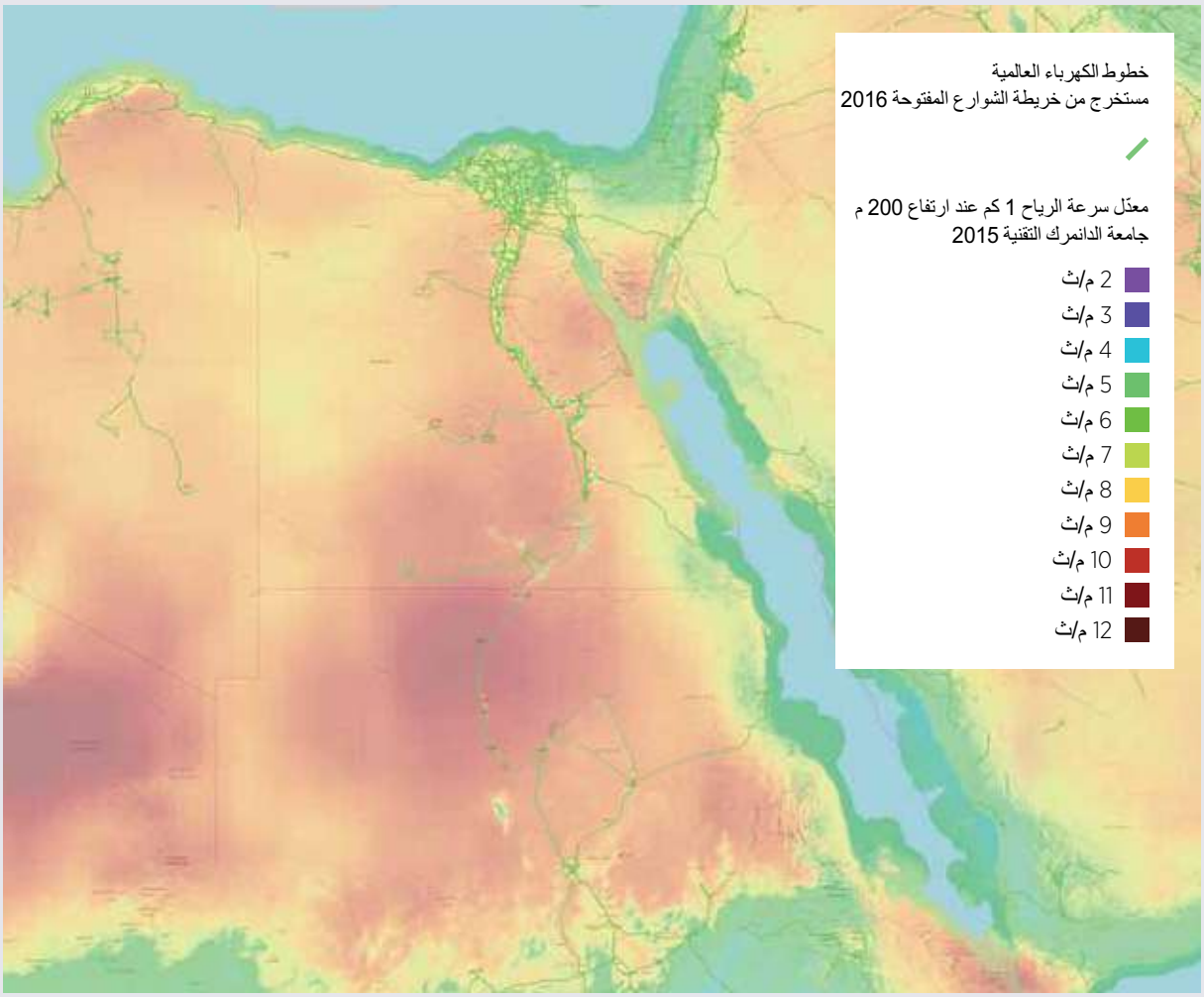
ويتم إنتاج الكهرباء اللازمة لتشغيل المولدات التي تعمل بالمحركات الكهربائية من فائض القدرة المتاح خارج فترات الذروة. وقد وُقِّع عقدٌ مشروط مع شركة سانيو في الصين لبناء المحطة بشرط قبول وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة والشركة القابضة لكهرباء مصر للعرضين الفني والمالي. ومن المتوقع بدء تشغيل المشروع في أواخر عام 2022.

طاقة الرياح

طبقاً لأطلس الرياح في مصر (قياس ونَمذجةُ أطلس الرياح في مصر 1991-2005)، فإن البلاد تتمتع بموارد وفيرة من طاقة الرياح، وخصوصاً في منطقة خليج السويس. ويُعد هذا أحد أفضل المواقع في العالم للاستفادة من طاقة الرياح نظراً لسرعات الرياح المرتفعة والمستقرة التي تصل إلى ما بين 8 و10 م/ث في المتوسط على ارتفاع 100 متر، بالإضافة إلى توافر مناطق صحراوية كبيرة غير مأهولة بالسكان.

علاوةً على ذلك، تم اكتشاف مناطق واعدة جديدة شرق وغرب النيل في محافظتي بني سويف والمنيا وواحة الخارجة في محافظة الوادي الجديد. وهي توفر سرعات رياح تتراوح ما بين 5 و8 م/ث وهي مناسبة لتوليد الكهرباء من الرياح ولتطبيقات أخرى مثل ضخ المياه. يعرض الشكل رقم 15 أطلسَ الرياح الجديد المنشور في عام 2016 على منصة *الأطلس العالمي* للوكالة الدولية للطاقة المتجددة، مقاساً بدقة تبلغ 1 كم وعلى ارتفاع 200 متر.

الشكل 15- أطلس الرياح في مصر



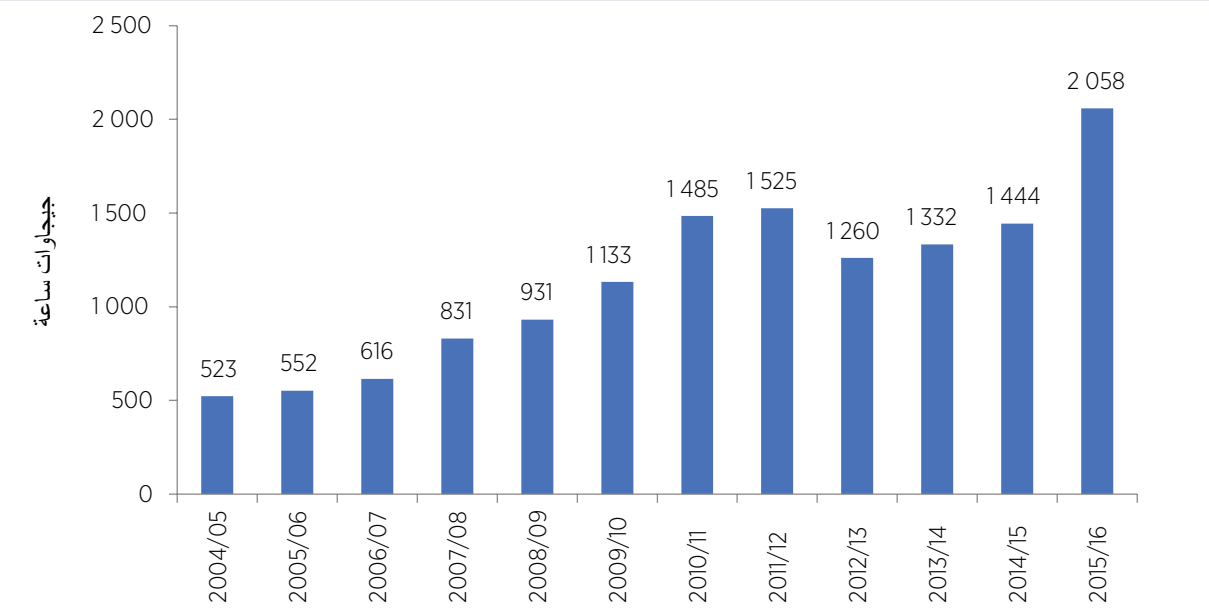
الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (بدون تاريخ) *الأطلس العالمي للطاقة المتجددة*، مجموعة بيانات الرياح العالمية الخاص بجامعة الدنمارك التقنية، سرعة الرياح 1 كم في البر عند ارتفاع 200 متراً.

لا تنطوي التسميات المستخدمة في هذه الخريطة، 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.

أُنشئت أول مزرعة للرياح في مصر في الغردقة عام 1993 باستخدام 42 وحدة تعتمد تقنيات مختلفة وبإجمالي طاقة يبلغ 5.2 ميجاوات. ومنذ عام 2001، أنشأت هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، بالتعاون مع ألمانيا وإسبانيا واليابان والدنمارك، سلسلة من مزارع الرياح على نطاق واسع بلغ إجمالي قدراتها 545 ميجاوات في 2011/2010- ارتفعت إلى 750 ميجاوات في نوفمبر 2015- بنظام الهندسة والمشتريات والتشييد في كل من الزعفرانة (545 ميجاوات) وخليج الزيت (200 ميجاوات).

وتُعادل هذه القدرة المركَّبة إجمالي كهرباء مولدة من الرياح يتراوح ما بين 260 جيجاوات/ساعة في 2002/2001 إلى 2 058 جيجاوات/ساعة في 2016/2015. وبالتالي، زاد إجمالي الوفورات من الوقود التقليدي بسبب طاقة الرياح المستخدمة في توليد الكهرباء من 58 مليون طن من المكافئ النفطي في 02/2001 إلى 432 مليون طن من المكافئ النفطي في 2016/2015. وبناءً على ذلك، تُقدّر قيمة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تم تجنبها بنحو 143 000 طن في 2002/2001 وَ 1.131 مليون طن في 2016/2015 (الشركة القابضة لكهرباء مصر، 2016أ). وفي هذا السياق، يقدم الشكل رقم 16 المزيد من التفاصيل عن تطور الكهرباء المولدة من الرياح في مصر خلال الأعوام العشرة الماضية.

الشكل 16- الكهرباء المولدة من الرياح خلال الفترة من 2005/2004 إلى 2016/2015



استناداً إلى: الشركة القابضة لكهرباء مصر (2016أ)، التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر 2016/2015؛ الاتحاد الأوروبي (2015أ)، "استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة".

ومن المُزمَع تركيب أربع محطات لطاقة الرياح، بإجمالي قدرة مركَّبة تصل إلى 2 610 ميجاوات، وسوف يتم تشغيلها بحلول عام 2023. ويجري تطويرها بالتعاون بين هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة والشركة المصرية لنقل الكهرباء، وسوف تُنشأ بوساطة جهات القطاع الخاص الدولية والمصرية بموجب نظام البناء فالامتلاك فالتشغيل أو الهندسة والمشتريات والتشييد. وبالإضافة إلى ذلك، تقوم شركة سيمنز بتنفيذ مشاريع لطاقة الرياح بطاقة 2 000 ميجاوات بموجب نظام تمويل ونظام الهندسة والمشتريات والتشييد، وهي تتضمن إنشاء مرفق لتصنيع شفرات المراوح اللازمة، طبقاً لمذكرة تفاهم موقعة بين هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة وشركة سيمنز في أبريل 2015. ويُبرز الجدول رقم 5 المزيد من التفاصيل حول مشاريع الرياح المخططة حتى عام 2023.

الجدول 5- مشاريع الرياح المخططة لها حتى عام 2023

المشروع	التكنولوجيا	الحالة	الحجم	العقد
خليج السويس	طاقة الرياح	قيد التطوير	250 ميجاوات	هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة- المؤسسة الائتمانية الألمانية للتعمير، البنك الأوروبي للاستثمار، الوكالة الفرنسية للتنمية نظام الهندسة والمشتريات والتشييد
خليج السويس	طاقة الرياح	قيد التطوير	250 ميجاوات	GDF السويس، تويوتا، أوراسكوم نظام البناء فالامتلاك فالتشغيل
خليج السويس	طاقة الرياح	قيد التطوير	200 ميجاوات	هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة - نظام مصدر للهندسة والمشتريات والتشييد
خليج السويس	طاقة الرياح	قيد التطوير	200 ميجاوات	الوكالة الفرنسية للتنمية- المؤسسة الائتمانية الألمانية للتعمير نظام الهندسة والمشتريات والتشييد
خليج السويس	طاقة الرياح	قيد التطوير	2 000 ميجاوات	سيمنز نظام الهندسة والمشتريات والتشييد
جبل الزيت	طاقة الرياح	قيد الإنشاء	220 ميجاوات	هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة-اليابان- الوكالة اليابانية للتعاون الدولي نظام الهندسة والمشتريات والتشييد
جبل الزيت	طاقة الرياح	قيد الإنشاء	320 ميجاوات	إيتالجِين نظام البناء فالامتلاك فالتشغيل
جبل الزيت	طاقة الرياح	قيد الإنشاء	120 ميجاوات	إسبانيا-هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة
غرب النيل-1	طاقة الرياح	قيد التطوير	250 ميجاوات	نظام البناء فالامتلاك فالتشغيل
غرب النيل	طاقة الرياح	قيد التطوير	200 ميجاوات	اليابان نظام الهندسة والمشتريات والتشييد
غرب النيل	طاقة الرياح	مرحلة المناقصات والعطاءات	600 ميجاوات	هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة - نظام منتجي الطاقة الكهربائية المستقلين

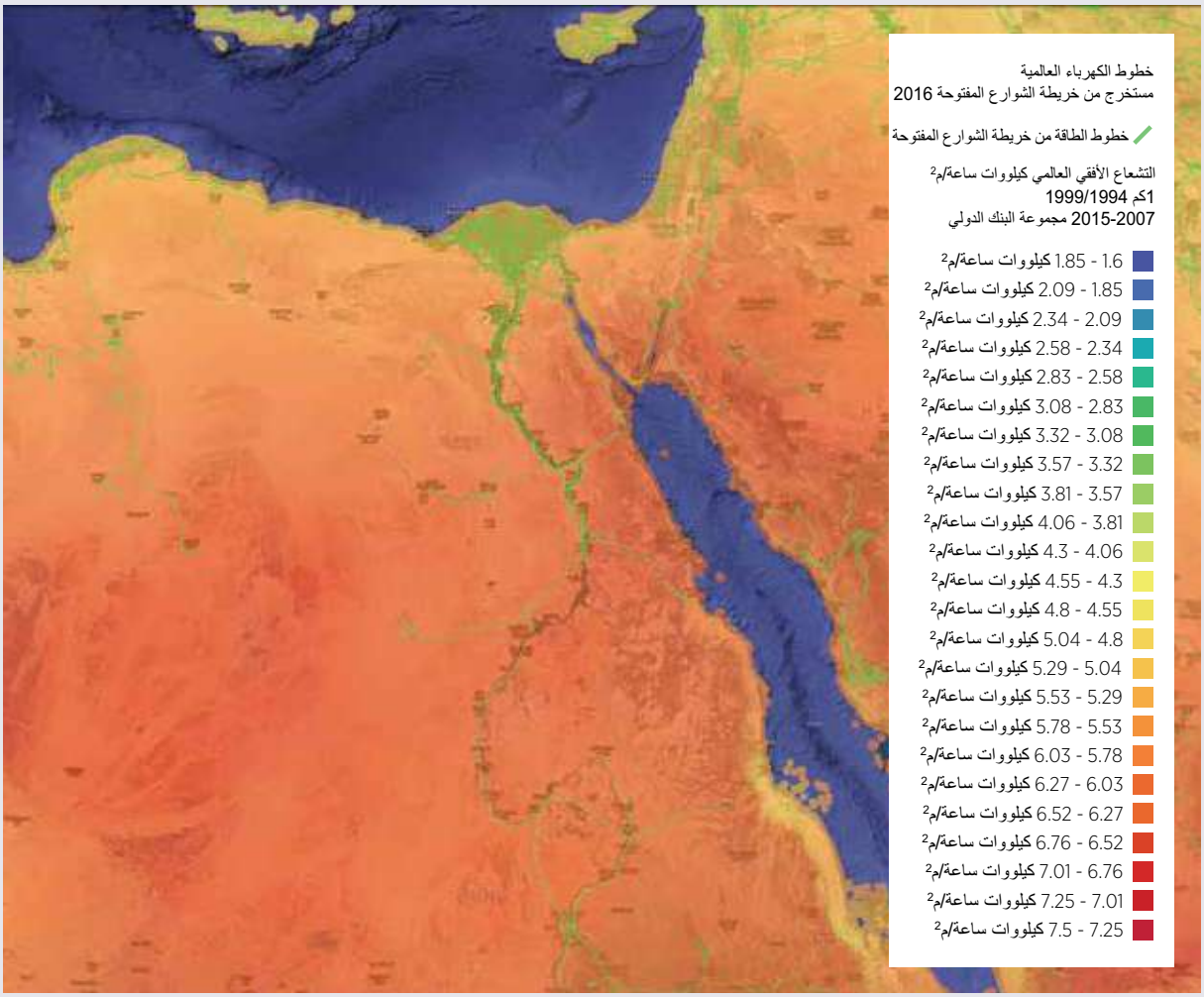
ملاحظات: AFD = الوكالة الفرنسية للتنمية؛ EIB = البنك الأوروبي للاستثمار؛ JICA = الوكالة اليابانية للتعاون الدولي.
استناداً إلى: الشركة القابضة لكهرباء مصر (2016أ)، التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر 2016/2015؛ الاتحاد الأوروبي (2015أ)، "استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة"؛ إيفرشيدس وبرايسووترهاوسكوبرز (2016) تطوير مشاريع الطاقة المتجددة: دليل لتحقيق النجاح في الشرق الأوسط، الطبعة الرابعة؛ وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة (2017)، البرنامج الكامل للطاقة المتجددة في مصر؛.

الطاقة الشمسية

تتمتع مصر بشدة إشعاع شمسي مناسبة. وفي عام 1991، صدر أطلس الطاقة الشمسية في مصر وقد أشار إلى أن البلاد تتمتَّع بسطوع الشمس لفترات تتراوح ما بين 2 900 إلى 3 200 ساعة سنوياً، حيث تتراوح الكثافة العمودية المباشرة سنوياً بين 1 970 إلى 3 200 كيلووات/ساعة/م^2 وتتراوح شدة الإشعاع الإجمالية بين 2 000 إلى 3 200 كيلووات/ساعة/م^2/سنة من شمال مصر إلى جنوبها، على النحو المبين في الشكل رقم 17.

تجمع منصة *أطلس العالم* الخاصة بالوكالة الدولية للطاقة المتجددة بين الإمكانات الحالية من الإشعاع الشمسي وتتضمن أطلساً جديداً للطاقة الشمسية صدر في عام 2016، وبالتالي فإنها تؤكد مجدداً على إمكانات مصر الكبيرة في مجال الطاقة الشمسية. وعلى المستوى العالمي، تعد مصر أحد أنسب المناطق لاستغلال الطاقة الشمسية، سواء لتوليد الكهرباء أو لتطبيقات التسخين الحراري.

الشكل 17- أطلس الطاقة الشمسية في مصر



المصدر: الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (بدون تاريخ)، *الأطلس العالمي للطاقة المتجددة* (www.irena.org/GlobalAtlas)، البنك الدولي، برنامج تقديم المساعدة في إدارة قطاع الطاقة، مجموعة البيانات العالمية للطاقة الشمسية التشعيع الأفقي في العالم (GHI) بدقة 1 كم.

لا تنطوي التسميات المستخدمة في هذه الخريطة، 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.

مع أوائل الثمانينات، تمت تجربة أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية في مصر لتطبيقات مختلفة تشمل الضخ والإضاءة والإعلانات والتخزين البارد والتحلية. وقد استُخدمت التكنولوجيا للتطبيقات التجارية في المناطق النائية، وبخاصة لإنارة الطرق والملاحة في حالات الطوارئ.

إجمالي القدرة المركَّبة لأنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية صغيرة النطاق 6 ميجاوات عام 2013، في حين كان قد تم تثبيت محطات طاقة خارج الشبكة بقدرة إجمالية تصل إلى 30 ميجاوات قبل نهاية عام 2016. وقد بدأت وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة في تطوير أنظمة للطاقة الكهروضوئية بقدرات أعلى، ولا سيما بعد اعتماد مخطط التعرفة التفضيلية في عام 2014. ومع تفاقم أزمة الكهرباء في مصر عام 2014، التي اقترنت بانخفاض تكلفة الألواح الكهروضوئية، وجهت عدة هيئاتٍ مصرية أخرى جهودها نحو اعتماد التطبيقات الكهروضوئية، وخصوصاً الأنظمة التي تُثبَّتُ فوق الأسطح وأنظمة إنارة الشوارع. ويوجز القسم التالي الإنجازات الرئيسية الحالية في مصر في هذا الصدد (الرابطة الدولية لتداول الانبعاثات، 2017).

الطاقة الشمسية الكهروضوئية المركزية المتصلة بالشبكة

انتهت هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة من دراسات الجدوى لمحطتي طاقة كهروضوئية كبيرتين بقدرات مُركّبة تبلغ 20 ميجاوات و26 ميجاوات على التوالي، ليتم إنشاؤهما في الغردقة وكوم امبو، ومن المتوقع الانتهاء منها في أواخر عام 2019. وسوف يتم تمويل المحطة الأولى من خلال الوكالة اليابانية للتعاون الدولي (اليابان) فيما ستموَّل الثانية من خلال الوكالة الفرنسية للتنمية(فرنسا). ومن المتوقع أن تُنتج كلٌّ منهما نحو 32 جيجاوات/ساعة و42 جيجاوات/ساعة سنوياً على التوالي، وبالتالي سوف تُخفضان معاً نحو 40 000 طن من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ويحتوي الجدول رقم 6 على المزيد من التفاصيل بشأن المشاريع المخطط لها والمتصلة بالشبكة.

الجدول 6- المشاريع الكهروضوئية المخطط لها حتى عام 2023

المشروع	النوع	الحالة	الحجم	العقد
كوم امبو	كهروضوئية	مُلزِم	200 ميجاوات	نظام البناء فالامتلاك فالتشغيل
غرب النيل	كهروضوئية	مُلزِم	600 ميجاوات	سكاي باور والشركة المصرية لنقل الكهرباء نظام البناء فالامتلاك فالتشغيل
غرب النيل	كهروضوئية	مُلزِم	200 ميجاوات	الشركة المصرية لنقل الكهرباء. نظام البناء فالامتلاك فالتشغيل
غرب النيل	كهروضوئية	مُلزِم	600 ميجاوات	نظام البناء فالامتلاك فالتشغيل
التعرفة التفضيلية لإمدادات الطاقة المتجددة	كهروضوئية	قيد التشغيل	50 ميجاوات	الشركة المصرية لنقل الكهرباء. اتفاقية شراء الطاقة.
التعرفة التفضيلية لإمدادات الطاقة المتجددة	كهروضوئية	قيد التطوير	1 415 ميجاوات	الشركة المصرية لنقل الكهرباء. اتفاقية شراء الطاقة.
الغردقة	كهروضوئية	تقديم العطاءات	20 ميجاوات	هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة-ا لوكالة اليابانية للتعاون الدولي نظام الهندسة والمشتريات والتشييد
الزعفرانة	كهروضوئية	قيد التطوير	50 ميجاوات	هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة-الوكالة الفرنسية للتنمية نظام الهندسة والمشتريات والتشييد
كوم امبو	كهروضوئية	قيد التطوير	26 ميجاوات	هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة-الوكالة الفرنسية للتنمية نظام الهندسة والمشتريات والتشييد
كوم امبو	كهروضوئية	قيد التطوير	50 ميجاوات	هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة-الوكالة الفرنسية للتنمية نظام الهندسة والمشتريات والتشييد

استناداً إلى: الشركة القابضة لكهرباء مصر (2016أ)، التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر 2016/2015؛ إيفرشيدس وبرايسووترهاوسكوبرز (2016)، تطوير مشاريع الطاقة المتجددة: دليل لتحقيق النجاح في الشرق الأوسط، الطبعة الرابعة، الاتحاد الأوروبي (2015أ)، "استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة"؛ ميزا، إي. (2015)، "فرص الطاقة الشمسية في مصر .. نحو الارتفاع"؛ وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة (2017)، برنامج شامل للطاقة المتجددة في مصر.

ملاحظة: BOO = البناء فالامتلاك فالتشغيل؛ EETC = الشركة المصرية لنقل الكهرباء؛ PPA = اتفاقية شراء الطاقة؛ NREA = هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة(مصر)؛ JICA = الوكالة اليابانية للتعاون الدولي؛ EPC = الهندسة والمشتريات والتشييد؛ AFD = الوكالة الفرنسية للتنمية (Agence Française de Développement).

الطاقة الشمسية الكهروضوئية الموزَّعة

لم يبدأ تثبيت أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية الموزعة المتصلة بالشبكة حتى منتصف عام 2014 من خلال مبادرتين حكوميتين لأنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية فوق أسطح المباني العامة، وقد تم بموجبهما تثبيت نحو 3 ميجاوات من أنظمة الطاقة الكهروضوئية وربطها بشبكة التوزيع. وقد أدى هذا إلى زيادةٍ تبلغ نحو 10 ميجاوات بعد اعتماد المرحلة الأولى من التعرفة التفضيلية.

في فترة 2016/2015 نفذّت هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، بالتعاون مع دولة الإمارات العربية المتحدة، العديد من المشاريع الكهروضوئية خارج الشبكة لإمداد القرى النائية بالكهرباء بإجمالي قدرة يصل إلى 32 ميجاوات، تتضمن: 942 6 نظاماً قائماً بذاته بقدرة إجمالية 2 ميجاوات، وثمانية أنظمة مركزية بقدرة إجمالية 30 ميجاوات، بالإضافة إلى أنظمة إنارة الشوارع، وأنظمة الطاقة الهجينة ما بين الطاقة الكهروضوئية والديزل.

وأُطلِقَ عدد من المبادرات المحدودة النطاق للطاقة الكهروضوئية لتُضافَ إلى القدرة المركَّبة البالغة 6 ميجاوات حتى عام 2013. ويجري تطوير تقنيات الطاقة الشمسية الكهروضوئية الموزعة بسرعة كبيرة إلى جانب العديد من المشاريع قيد التحضير. ومع إلغاء دعم الكهرباء وارتفاع التعرفة، يمكن لقطاعَي الصناعة والتجارة دمج أنظمة الطاقة الكهروضوئية صغيرة النطاق لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة وتخفيض فواتير المرافق الخاصة بها. وترد تفاصيل العديد من مشاريع الطاقة الكهروضوئية صغيرة النطاق في الجدول رقم 7.

الجدول 7- مبادرات الطاقة الكهروضوئية الموزعة صغيرة النطاق

مبادرة الطاقة الكهروضوئية الموزعة صغيرة النطاق	الوصف
مبادرة مجلس الوزراء	• أُطلِقت في ديسمبر 2013. • تُلزم جميع الجهات الحكومية بتنفيذ أنظمة الطاقة الكهروضوئية على الأسطح بإجمالي قدرات مركَّبة تصل 20-30 ميجاوات (لـ 1 000 مبنى حكومي). • وفي إطار هذه المبادرة، نفّذَت الشركة القابضة لكهرباء مصر والشركات التابعة لها 30 نظاماً شمسياً من أنظمة الطاقة الكهروضوئية بقدرة إجمالية تبلغ 840 كيلووات بتكلفة استثمارية قدرها 8.2 مليون جنيه مصري.
برنامج التعرفة التفضيلية لإمدادات الطاقة المتجددة	• تم تنفيذ تركيبات أنظمة أسطح صغيرة النطاق بقدرة 300 ميجاوات من خلال التعرفة التفضيلية في عام 2014، وكان الهدف في البداية هو إنجاز ذلك في غضون عامين. ثم جرى تمديد البرنامج في عام 2016 مع تعديل التعرفة.
مبادرة "شمسك يا مصر"	• صُمِّمَت ونُفِّذَت بواسطة وحدة ترشيد الطاقة المركزية بمجلس الوزراء. • تُعزِّز تركيب أنظمة الإضاءة المدمجة عالية الكفاءة وكذلك الأنظمة الكهروضوئية في المباني الحكومية. • توفِّر الدعم الفني للموظفين في مختلف المحافظات. • نُفِّذ 52 مشروعاً في 14 محافظة خلال الفترة من شهر مارس 2014 إلى يونيو 2015. • ساعدت المحافظات على تحويل قدرات تزيد عن 2 ميجاوات، ثلثها من الطاقة الكهروضوئية.
مبادرة الإمارات العربية المتحدة لإمداد المناطق الريفية بالكهرباء	• دعمت مشاريع الطاقة الكهروضوئية بهدف توفير الكهرباء من خلال المشاريع صغيرة النطاق بإجمالي قدرة تصل إلى 32 ميجاوات • تضمَّنت 942 6 نظاماً قائماً بذاته بقدرة إجمالية 2 ميجاوات في القرى التي لا توجد فيها كهرباء، و8 أنظمة مركزية بقدرة إجمالية 20 ميجاوات، بالإضافة إلى إنارة الشوارع والعديد من الأنظمة الهجينة بين الطاقة الكهروضوئية والديزل.

ملاحظات: kW = كيلووات؛ CoM = مجلس الوزراء.

استناداً إلى: الشركة القابضة لكهرباء مصر (2016أ)، التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر 2016/2015؛ وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة (2017)، البرنامج الكامل للطاقة المتجددة في مصر.

الطاقة الشمسية المركّزة

أُنشِئت أول محطة طاقة تعمل بالدورة المركبة في منطقة الكريمات بقدرة إجمالية تبلغ 140 ميجاوات، تشمل 20 ميجاوات لمكوّنٍ يعمل بالطاقة الشمسية، و120 ميجاوات لمحطة مركَّبة الدورات تعمل بالغاز الطبيعي ممولة بصورة أساسية من مرفق البيئة العالمية. يبلغ إ جمالي مساحة الحقل الشمسي المتكامل نحو 000 644 متراً مربّعاً (م^2)، بمساحة تجميع شمسي إجمالية قدرها 1920 م^2 تحتوي على 760 53 مرآة.

بلغ إجمالي الكهرباء المولّدة من محطة الطاقة 164 جيجاوات/ساعة في عام 2016/2015. وبهذا فإن إجمالي الانخفاض السنوي في الوقود التقليدي نتيجة استغلال الطاقة الشمسية في محطة طاقة الكريمات يُقدَّر بنحو 000 10 طن سنوياً، مما يؤدي إلى تجنب ما يقدَّر بنحو 000 20 طن من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

في عام 2015، بدأت الشركة المصرية لنقل الكهرباء وهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة في استدراج العروض لبناء محطة جديدة للطاقة الشمسية المركّزة من خلال نظام البناء فالامتلاك فالتشغيل بطاقةٍ تبلُغ 100 ميجاوات. إلاَّ أنَّ العروض لم ترد حتى الآن. وفي سياق منفصل، اقترحت دراسة ممولة من الوكالة الألمانية للتعاون الدولي (وكالة التنمية الألمانية) في نوفمبر 2013 زيادة إنتاج الكهرباء من خلال إضافة مرافق الطاقة الشمسية المركّزة إلى محطات الطاقة المصرية القائمة بالفعل. ويمكن أن يؤدي ذلك إلى تحسين الإمداد من هذه المحطات التي تعتمد بصورةٍ كبيرة على حرق الغاز والنفط، والبدء فعلياً في "تهجينها" (اللجنة المصرية-الألمانية للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة وحماية البيئة وجهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك، 2013).

تسخين المياه بالطاقة الشمسية

في بداية الثمانينات انصبَّت الجهود على تطوير تطبيقات تسخين المياه بالطاقة الشمسية في الصناعة، وكخطوة أولى، استوردت وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة 1 000 سخّان مياه شمسي بسعة 100 إلى 500 لتر يومياً واختبرتها واختارت عيِّنات لأنواع مختلفة من التطبيقات، كما قامت بتأجير أخرى للعموم.

وأدت هذه المبادرة إلى إنشاء العديد من شركات القطاع الخاص لتجميع وتصنيع سخّانات المياه الشمسية في مصر. وبالإضافة إلى ذلك، أصدرت وزارة الإسكان والمجتمعات العمرانية قراراً في عام 1986 يُلزِم باستخدام سخّانات المياه الشمسية في المدن الجديدة، مما أدى إلى تركيب سخّانات للمياه الشمسية تكافئ تغطية قدرها 800 000 م^2. ولكن، نتيجةً لأسعار الطاقة المدعومة بقدرٍ كبير ونظراً لسوء إدارة عملية التوزيع بسبب الافتقار إلى الموظفين المدرَّبين وانعدام الوعي، فقد تراجع السوق حتى عام 2013.

وبحلول عام 2013، كانت هيئة المجتمعات العمرانية الجديدة قد بدأت في إدخال سخّانات المياه الشمسية في المدن الجديدة بالتعاون مع بلدان الاتحاد الأوروبي. وفي الوقت الحالي، هناك 22 شركة مسجّلة في سجل اتحاد الصناعات المصرية يشمل نطاق أنشطتها إنتاجَ و/أو استيراد تقنيات الطاقة الشمسية الحرارية. ويشارك نحو 12 إلى 14 من هذه الشركات حالياً في التصنيع، في حين تعمل الشركات المتبقية في الاستيراد، ويبلغ إجمالي السعة المركَّبة نحو 750 000 م^2.

وتمتلك مصر إمكانيات مُثبتة للتطبيقات الصناعية لسخّانات المياه الشمسية في تسخين العمليات الصناعية وأنظمة الطاقة الشمسية الحرارية نظراً لتنفيذ العديد من المشاريع الإرشادية في الصناعات الغذائية وصناعة النسيج في أوائل التسعينات. وبالتالي بدأت وزارة التجارة والصناعة تنفيذ مشروع بموازنة تبلغ 5 ملايين دولار أمريكي في نهاية عام 2014 للمؤسسات صغيرة ومتوسطة الحجم، لتعزيز استخدام التقنيات منخفضة انبعاثات الكربون، ولا سيّما الطاقة الشمسية الحرارية، للتبريد والتسخين في التطبيقات الصناعية (برنامج الأمم المتحدة للبيئة، 2014).

الكتلة الحيوية

تمتلك مصر موارد كبيرة من الكتلة الحيوية من النفايات الزراعية ورَوَث الحيوانات والنفايات الحضرية الصلبة. ويصل إجمالي النفايات الزراعية إلى نحو 35 مليون طن سنوياً، يُستخدَم 40% منها لإطعام الحيوانات، فيما يتاحُ المتبقي منها لأغراض الطاقة (يكافئ 5 مليون طن من المكافئ النفطي/سنة). يبلغ متوسط النفايات الصلبة الحضرية 0.5 كيلو غرام للفرد يومياً، مما يمثل 10 000 طن يومياً في القاهرة الكبرى لوحدها (الوكالة الألمانية للتعاون الدولي، 2014).

نُفِّذَت مشاريع إرشادية لتقنيات الكتلة الحيوية المختلفة في مصر، وبخاصة لإنتاج الغاز الحيوي من النفايات الحيوانية في المناطق الريفية، بالإضافة إلى جمع النفايات الزراعية وتصنيفها. وتؤدي مثل هذه التقنيات إلى خلق فرص العمل، فضلاً عن الحد من هجرة الشباب إلى المدن الكبرى.

وتقود وزارة البيئة في الوقت الحالي، بالتعاون مع وزارة التنمية المحلية، برنامجاً لمعالجة النفايات الصلبة البلدية في المدن الكبرى (الوكالة الألمانية للتعاون الدولي، 2014).

بدأ مشروع الطاقة الحيوية للتنمية الريفية المستدامة (جهاز شؤون البيئة وآخرون، 2013)، تحت قيادة جهاز شؤون البيئة المصري في عام 2009، وتلقّى التمويل من برنامج الأمم المتحدة الإنمائي ومرفق البيئة العالمية. يهدف المشروع إلى تشجيع الخرّيجين الشباب على أن يصبحوا روّاد أعمال، مع توفير دعم خاص للنساء وإيلاء اعتبار خاص للمناطق الريفية.

وقد حقق المشروع تقدماً ملحوظاً في تطوير ونشر هاضمات الغاز الحيوي وإنشاء شركات تقديم خدمات الطاقة الحيوية لدعم النفاذ إلى سوق الطاقة الحيوية في البلاد. ونتج عن المشروع شركات تقديم خدمات الطاقة الحيوية التي تأسست لتوفير فرص عمل لشباب الخريجين من خلال التدريب في المواقع على الإنشاء والمعالجة والتغذية وإنتاج الغاز لهاضِمات الكتلة الحيوية في المناطق الريفية.

وخلال فترة تشغيله التي استمرت ثلاث سنوات، قام مشروع الطاقة الحيوية للتنمية الريفية المستدامة بتطوير وتشغيل 960 وحدة غاز حيوي بأحجام مختلفة في 18 محافظة مصرية. كما تم إنشاء عشرون شركة لتقديم خدمات الطاقة الحيوية وانتشرت في شتى قرى مصر لتقدم خدماتها لأكثر من 1 000 أسرة. وينظر مشروع الطاقة الحيوية للتنمية الريفية المستدامة في وضع لائحة تنفيذية للتعرفة التفضيلية لأنظمة الكتلة الحيوية تماثل تلك المستخدمة لطاقة الرياح والطاقة الشمسية التي أصدرها رئيس الوزراء في أكتوبر 2014 (الشركة القابضة لكهرباء مصر، 2016أ).

4-3 إطارٌ لتمكين الطاقة المتجددة

اعتمدت مصر استراتيجيتها الأولى للطاقة المتجددة عام 1982، حيث استهدفت إنتاج 5% من الكهرباء المولّدة من مصادر الطاقة المتجددة بحلول عام 2000. إلاَّ أن هذا الهدف لم يتحقق نتيجة التكلفة المرتفعة نسبياً لتقنيات الطاقة المتجددة وأسعار الطاقة عالية الدعم خلال تلك الفترة.

وفي فبراير 2008، في أعقاب ظهور فجوة بين العرض والطلب في الطاقة عام 2007، أقرَّ المجلس الأعلى للطاقة هدفاً جديداً يتمثَّل في أن تشكِّل مصادر الطاقة المتجددة نسبة 20% من الكهرباء المولّدة بحلول عام 2022. وقد وضع المجلس الأعلى للطاقة خططاً لتحقيق هذه الأهداف الطموحة من خلال نشر مصادر مختلفة للطاقة المتجددة، منها 12% من طاقة الرياح و2% من الطاقة الشمسية و6% من الطاقة الكهرومائية.

ولتحقيق هذه الأهداف، من المقرر أن تُنفِّذ الحكومة معظم القدرة الإجمالية المخطط تركيبها، في حين يتولى القطاع الخاص تنفيذ ما يتبقى منها. وبحلول يناير 2011، أدى انعدام الاستقرار السياسي، مقترناً بعدم اليقين الاقتصادي، إلى أن تبقى الأهداف الاستراتيجية للطاقة المتجددة دون تنفيذ.

وفي يناير 2013، بدأت حكومة مصر في تطوير استراتيجية جديدة لمدة 20 سنة، وهي استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة 2015 إلى 2035، من خلال مشروع يموّله الاتحاد الأوروبي ويُنفّذ بالتعاون مع جميع الشركاء الوطنيين ذوي الصلة. في أكتوبر 2016، وافق المجلس الأعلى للطاقة على استراتيجية جديدة للطاقة في مصر، بموجب المساعدة الفنية لدعم إصلاح قطاع الطاقة في مصر التي تمت الموافقة عليها في 2016 (الاتحاد الأوروبي، 2015أ).[9]

أهداف الطاقة

تتمثل أهداف التنمية المستدامة لمصر فيما يتعلق بالطاقة (استراتيجية التنمية المستدامة لمصر، رؤية مصر 2030، إصدار عام 2015) فيما يلي:

الهدف 1 – ضمان أمن الإمدادات

- يتمثل الهدف الرئيسي في ضمان توفُّر إمدادات موثوقة من الطاقة لتلبية الاحتياجات المستقبلية للبلاد من خلال اعتماد المزيد من مزيج الطاقة المتنوع والاستثمار المباشر لتوفير باقة متنوعة من تقنيات الوقود الأحفوري، والطاقة المتجددة والتكنولوجيا النووية. وبالإضافة إلى ذلك، يتضمن الهدف 1 ترشيد جانب الطلب وإصلاح دعم الطاقة، دون تحميل المواتنين تكاليف مالية باهظة.

الهدف 2 – ضمان الاستدامة

- يتمثل الهدف الأساسي في تحقيق كلٌّ من الاستدامة الفنية والاستدامة المالية لقطاع الطاقة، مع ضمان الإمداد الكافي من مصادر متنوعة يمكن استغلالها لتوليد الطاقة، وتحقيق الاستدامة المالية من خلال القدرة على تمويل البنية التحتية اللازمة وتكاليف التشغيل بضمان دخلٍ كافٍ لرفع مستوى الكفاءة في جميع العمليات.

الهدف 3 – تحسين الإدارة المؤسسية وإدارة الشركات

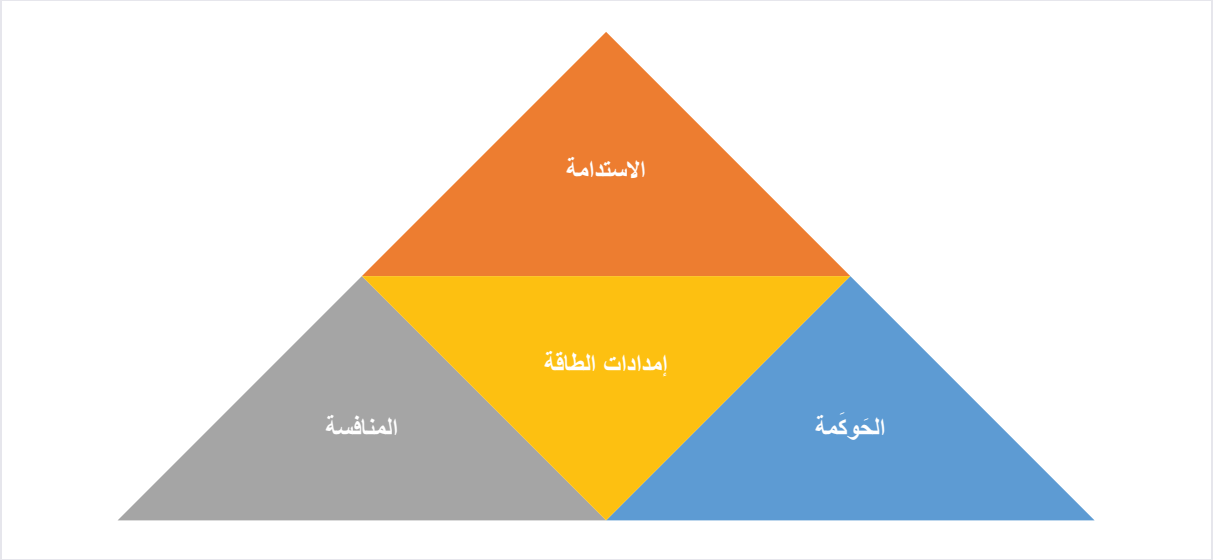
- يتمثل الهدف الأساسي في تحديث الهيكل المؤسسي الحالي للمؤسسات العامة لكي يلبّي احتياجات إطارٍ يتسّم بطابعٍ تجاريّ أكثر من خلال إعادة تنظيم الهياكل التنظيمية لكل من الشركة القابضة لكهرباء مصر والهيئة المصرية العامة للبترول والشركات التابعة لكلٍ منهما، واستحداث المساعدة التدريبية اللازمة للجهات المسؤولة، بالإضافة إلى خطط عمل لتحسين التخطيط للطاقة وكفاءة الطاقة.

الهدف 4 – تعزيز الأسواق واللوائح التنظيمية التنافسية

- يتمثل الهدف الأساسي في خلقِ بيئة يمكنها المساعدة في بناء أسواق طاقة تنافسية كخطوة رئيسية على طريق خفضِ التكاليف وتعزيز تحرير الأسواق لدعم المزيد من الشفافية والكفاءة داخل أسواق الكهرباء والغاز والنفط.

[9] TARES = المساعدة الفنية لدعم إصلاح قطاع الطاقة في مصر.

الشكل 18- استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام 2035



المصدر: الاتحاد الأوروبي (2015أ)، "استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة".

استندت استراتيجية الطاقة **التي أقرَّها المجلس الأعلى للطاقة** في أكتوبر عام 2016 إلى:

- البيانات المتاحة من كِلا قطاعي البترول والكهرباء.
- تقرير التنمية المستدامة لمصر لعام 2015 (وزارة التخطيط، 2015).
- دراسة بعنوان "الخطة الرئيسية المشتركة للطاقة المتجددة"، في صورتها النهائية الصادرة في ديسمبر 2015.
- تقرير "استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام 2035"، الصادر في نوفمبر 2015 (الاتحاد الأوروبي، 2015أ).

قامت استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام 2035 بدمج نتائج الدراسات السابقة، بما في ذلك الخطة الرئيسية المشتركة للطاقة المتجددة، بالإضافة إلى الخطط القائمة لتنويع الإمداد واستغلال الطاقة النووية والفحم. وحددت استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة عدة سيناريوهات لمزيج الطاقة حتى عام 2035. جرى تقييم السيناريوهات استناداً إلى القضايا الرئيسية في منظومة الطاقة المصرية، والتي تشمل ما يلي:

- الاعتماد على استيراد الطاقة
- التنويع في مصادر الطاقة الأولية
- التنويع في توليد الكهرباء
- كثافة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون
- وفوراتُ الطاقة النهائية بعد أخذ تحسين كفاءة الطاقة بعين الاعتبار
- كثافة الطاقة الأولية
- إجمالي الدعم المخفض
- إجمالي تكاليف النظام المُخفضة.

استُخدِمَت قيمة المؤشرات، المذكورة أعلاه، لعام 2030/2029 وللحالة "الأكثر ترجيحاً" بالنسبة لإنتاج النفط والغاز لإجراء المقارنة بين السيناريوهات. تُمثل الحالات منظوراً متوسط/طويل الأجل لمنظومة الطاقة، بما يتيح بعض الوقت لكي يظهر أثر التغييرات في السيناريوهات المختلفة. وفي هذا الخصوص، شمل التقييم ثمانية سيناريوهات وأعطيت درجات لكل منها مقارنةً بالآخر واختير السيناريو الحاصل على أعلى الدرجات، وهو السيناريو 4ب. ويحتوي الملحق 1 على وصف مُفصّل للسيناريوهات المختلفة.

وتتمثل أبرز أهداف السيناريو 4ب فيما يلي:

1- الطاقة المتجددة

- إمداد ما نسبته 20% من الكهرباء المولّدة من المصادر المتجددة بحلول عام 2022.
- إمداد ما نسبته 42% من الكهرباء المولّدة من المصادر المتجددة بحلول عام 2035.

2- الكفاءة:

- تخفيض استخدام الطاقة بأكثر من 8% بحلول عام 2022 مع اعتبار سنة 2007/2006 بمثابة سنة الأساس.

3- العمل على الصعيد المناخي

- قدمت مصر مساهمتها المحددة وطنياً في سبتمبر 2015،
- وهي تنصّ على تحقيق "مستويات مرتفعة من تخفيف انبعاثات ثاني أكسيد الكربون" من خلال تدابير تتضمن التخلص التدريجي من دعم الطاقة في غضون ثلاثة إلى خمسة أعوام، مع إمكانية وجود سوق وطني للكربون بهدف استخدام المصادر المتجددة ومصادر الطاقة النووية.
- صدقت مصر على اتفاق باريس في 29 يونيو 2017 ودخل حيز التنفيذ في 29 يوليو 2017.

4- النووية

- تركيب 4-5 جيجاوات بحلول عام 2026/2025.
- أن تُشكِّل 4% من قدرات توليد الكهرباء المركَّبة بحلول عام 2030.

5- الغاز الطبيعي والمشتقات النفطية

- الإسهام بنسبة 49% من قدرات توليد الكهرباء المثبتة بحلول عام 2030، وهو ما يُعدُّ انخفاضاً عن نسبة 90% المسجلة في الفترة 2015/2014.

6- الفحم

- أن تصِل نسبة الكهرباء المولّدة من الفحم إلى 15% بحلول عام 2030.

يبين الجدول رقم 8 أدناه متوسط معدل النمو السنوي للإمدادات من الطاقة الأولية للسيناريو المعتمد.

في الأشكال من 18 إلى 20، تظهر المؤشرات البالغة الأهمية لاستراتيجية الطاقة المعتمدة (استناداً إلى السيناريو 4ب) للسيناريو "الأكثر ترجيحاً". يتبع السيناريو 4 بالنهج الأقل من حيث التكاليف حيث يُلغى الدعم بعد عام 2020 ويمكن لمصادر الطاقة المختلفة أن تتنافس في إطار الهيكل السوقي المحدد، حيث تتنافس محطات الفحم والطاقة النووية مباشرةً مع مصادر الطاقة المتجددة.

ولكن، في السيناريو 4ب، يؤدي برنامج الطاقة النووية المُحدَّث إلى ثبات حصة الغاز الطبيعي والفحم في إمداد الطاقة الأولية في إطار الهيكل السوقي الحالي.

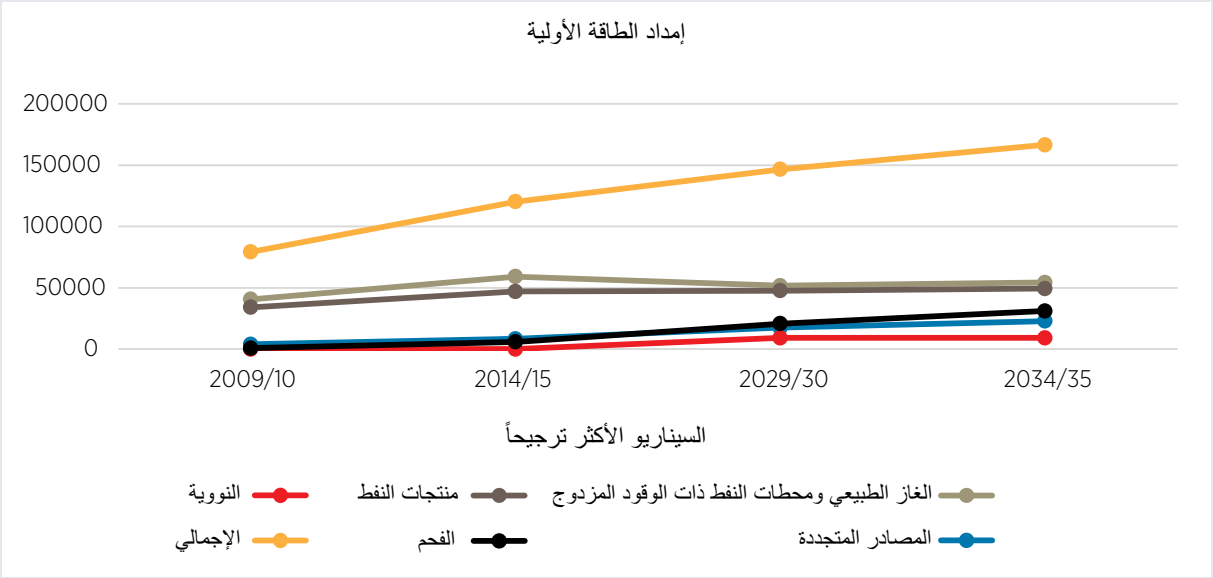
الشكل 8- إمداد الطاقة الأولية (ألف طن من المكافئ النفطي) في إطار السيناريو 4ب

متوسط معدلات النمو السنوي خلال الفترة 2034–10/2009 35/	الناتج المحلي الإجمالي	إجمالي إمدادات الطاقة الأولية	إمداد الطاقة الأولية من الفحم	إمداد الطاقة الأولية من النفط الخام ومشتقات البترول	إمداد الطاقة الأولية من الغاز الطبيعي	إمداد الطاقة الأولية من المصادر النووية	إمداد الطاقة الأولية من المصادر المتجددة
السيناريو 4ب	%5.58	%3.00	%16.2	%1.5	%1.2	%21.5	%7.3

ملاحظة: سوف تكون الطاقة النووي متاحةً بعد 27/2026، لذلك فإن معدل النمو السنوي يناظر الفترة 2034-7/2026.

المصدر: الاتحاد الأوروبي (2015أ)، "استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة"؛ وزارة التخطيط (2015)، استراتيجية التنمية المستدامة: رؤية مصر 2030؛ هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة (2013)، الخطة الرئيسية المشتركة للطاقة المتجددة.

الشكل 19- إمداد الطاقة الأولية (ألف طن من المكافئ النفطي) في إطار السيناريو 4ب

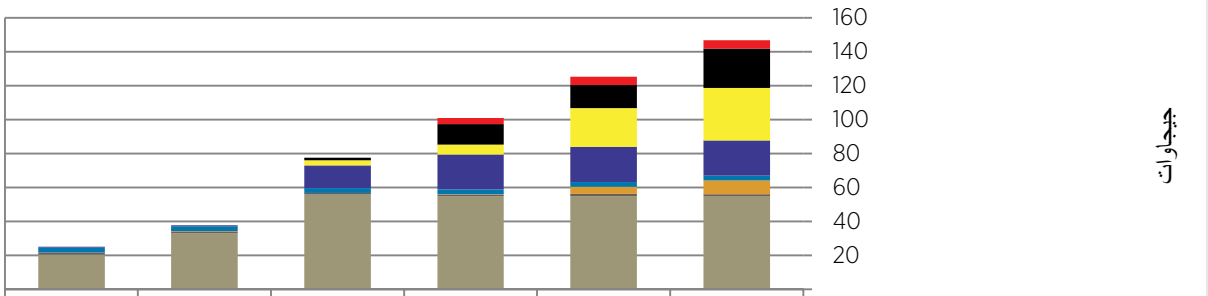


ملاحظة: ktoe = ألف طن من المكافئ النفطي.
استناداً إلى: الاتحاد الأوروبي (2015أ)، "استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة"؛ وزارة التخطيط (2015)، استراتيجية التنمية المستدامة: رؤية مصر 2030؛ هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة (2013)، الخطة الرئيسية المشتركة للطاقة المتجددة.

في السيناريو المُفترض 4ب، من المتوقع أن تمثل الطاقة المتجددة (بما في ذلك الطاقة المائية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية) حوالي 25% من إجمالي قدرات توليد الكهرباء المركّبة في عام 2020/2019 في حين يمثل الفحم 2.1%، كما هو مبيّن في الشكل رقم 20.

ولكن مع دخول الطاقة النووية عام 2025، من المتوقع أن تزداد حصة مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الكهرباء إلى 42% من إجمالي القدرات المركَّبة، في حين يمثل الفحم والغاز الطبيعي والطاقة النووية نِسبَ 15.8% و37.35% و3.27% على التوالي في العام 2035/2034 (الشكل 20)

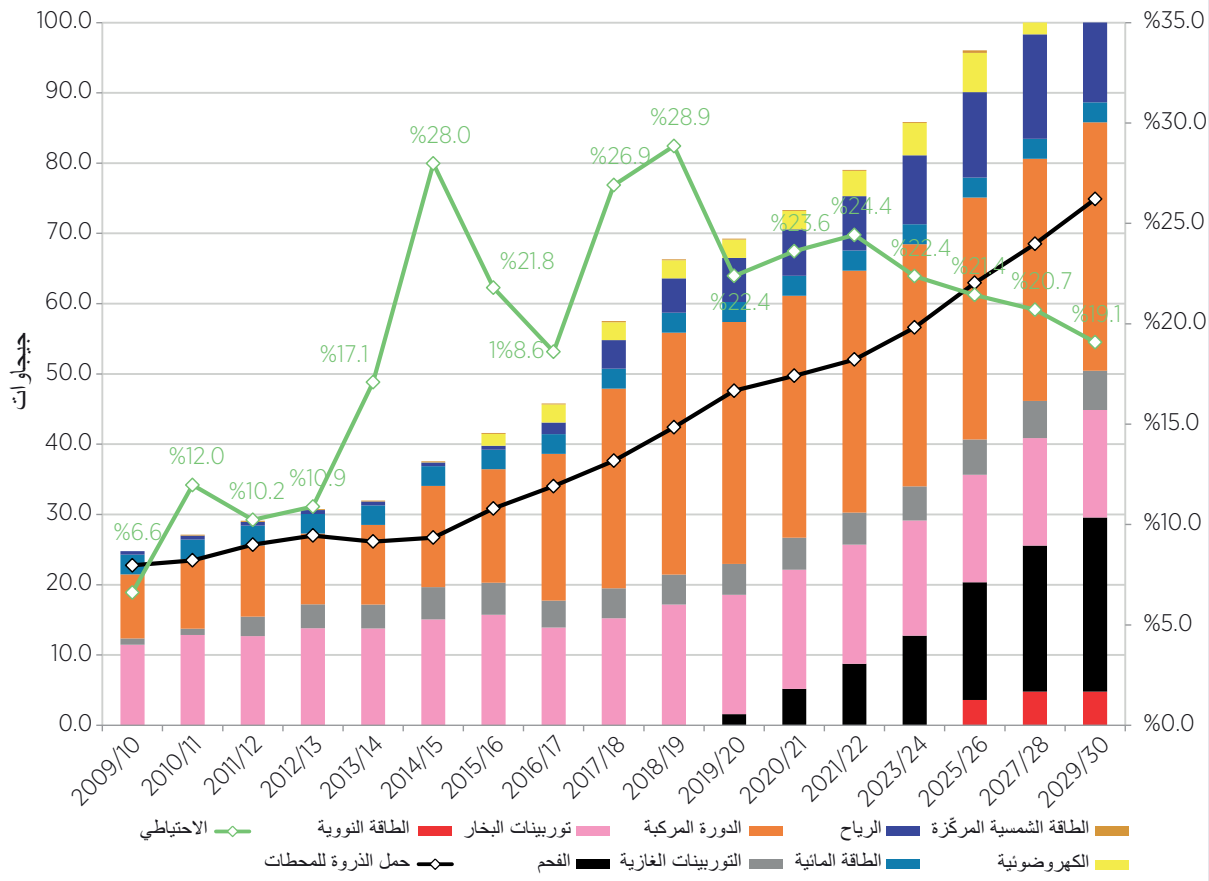
الشكل 20- إجمالي القدرة المركَّبة وفقَ السيناريو 4ب



	2009/10	2014/15	2019/20	2025/26	2029/30	2034/35
النووية	0.0	0.0	0.0	3.6	4.8	4.8
الفحم	0.0	0.0	1.6	12.0	13.6	23.2
الكهروضوئية	0.0	0.0	3.0	5.9	22.9	31.0
الرياح	0.5	0.5	13.3	20.5	20.6	20.6
الطاقة المائية	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9
الطاقة الشمسية المركّزة	0.0	0.1	0.1	0.1	4.1	8.1
منتجات النفط	1.4	1.3	0.9	1.0	1.3	1.3
الغاز الطبيعي ومحطات النفط ذات الوقود المزدوج	20.4	33.0	55.9	54.9	55.0	54.8

استناداً إلى: الاتحاد الأوروبي (2015أ)، "استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة"؛ وزارة التخطيط (2015)، استراتيجية التنمية المستدامة: رؤية مصر 2030؛ هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة (2013)، الخطة الرئيسية المشتركة للطاقة المتجددة.

الشكل 21- إجمالي القدرة المركَّبة مقابل ذروة الطلب حتى 2035



استناداً إلى: الاتحاد الأوروبي (2015أ)، "استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة"؛ وزارة التخطيط (2015)، استراتيجية التنمية المستدامة: رؤية مصر 2030؛ هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة .

قوانين الطاقة المتجددة ولوائحها التنظيمية

تحتاج الحكومة المصرية إلى سَن مجموعة قوانين ولوائح تنظيمية جديدة لتيسير تنفيذ أهداف عامي 2022 و2035، بما يتماشى مع استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام 2035 على النحو المبين أعلاه. ويلقي الجدول رقم 9 الضوء على أهم القوانين واللوائح التنظيمية التي يستند إليها هذا التحول في مجال الطاقة.

قانون الكهرباء المصري الجديد لعام 2015 يسمح بإبرام تعاقدات مباشرة بين الموردين والمستخدمين النهائيين

الجدول 9- نظرة عامة على السياسات والتشريعات واللوائح التنظيمية الداعمة للطاقة المتجددة

التشريع	العناصر الرئيسية
القانون رقم 102 لسنة 1986 الخاص بإنشاء هيئة تنمية واستخدام الطاقة الجديدة والمُتجددة (وتعديله عام 2015)	• تأسيس هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة. • تنهض هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة بالدور الرئيسي في تعزيز وتنمية الطاقة المتجددة في مصر.
دستور جمهورية مصر العربية، 2014 (المادة 32)	• الحصول على أقصى قدرٍ من المنافع من مصادر الطاقة المتجددة، وحفز الاستثمار فيها، وتشجيع البحث والتطوير، بالإضافة إلى التصنيع المحلي.
قانون الطاقة المتجددة (مرسوم رئاسي بالقانون 2014/203)	• دعم إيجاد بيئة اقتصادية مواتية لتحقيق زيادة ملحوظة في استثمارات الطاقة المتجددة في البلاد.
قرار مجلس الوزراء رقم 1947 لسنة 2014 بشأن التعرفة التفضيلية	• يُرسي الأساس اللازم للتعرفة التفضيلية للكهرباء المنتَجة من مشاريع الطاقة المتجددة ويشجع الاستثمار في مجال الطاقة المتجددة.
قرار رئيس مجلس الوزراء رقم (14/15/4/37) لسنة 2015	• أنظمة تخصيص الأراضي لمشاريع الطاقة المتجددة.
قانون الكهرباء الجديد رقم 87 لسنة 2015	• توفير الإطارين التشريعي والتنظيمي اللازمين لتحقيق أهداف إصلاح سوق الكهرباء.
قانون الاستثمار رقم 72 لسنة 2017	• يكفَل توفير ضمانات للاستثمار، بالإضافة إلى تعديلاته في مايو 2017. • يُنشئ مركز تحكيم جديداً لتسوية المنازعات. • يُقنِّن المسؤولية الاجتماعية. • يشجّع الاستثمارات الأجنبية في مصر.

ملاحظة: R&D = البحث والتطوير.

استناداً إلى: الشركة القابضة لكهرباء مصر (2016أ) التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر 2016/2015؛ جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك (2016ب)، إصدار قانون الكهرباء رقم 87 لعام 2015؛ الاتحاد الأوروبي (2015أ)، "استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة"؛ وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة (2017)، البرنامج الكامل للطاقة المتجددة في مصر؛ وزارة التخطيط (2015)، استراتيجية التنمية المستدامة: رؤية مصر 2030؛ هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة (2013)، الخطة الرئيسية المشتركة للطاقة المتجددة.

الجدول 10- المؤسسات المشاركة في مخطط الطاقة المتجددة

المؤسسة	المناقصات التنافسية		مُنتج طاقة كهربائية مستقل	التعرفة التفضيلية لإمدادات الطاقة المتجددة				قياس صافي الاستهلاك
	الهندسة والمشتريات والإنشاء	البناء فالامتلاك فالتشغيل		0–0.2 ميجاوات	0.2–0.5 ميجاوات	0.5 ≥ 20 ميجاوات	20≤–50 ميجاوات	
وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة/الشركة القابضة لكهرباء مصر	X	X	X	X	X	X	X	X
هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة	X	X	X	X	X	X	X	X
جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك	X	X	X	X	X	X	X	X
الشركة المصرية لنقل الكهرباء	X	X	X			X	X	X
شركات التوزيع				X	X	X		X
وزارة الاستثمار والتعاون الدولي	X	X	X			X	X	X
المركز الوطني لتخطيط استخدامات أراضي الدولة	X	X	X			X	X	X
وزارة المالية	X	X				X	X	
المحافظات		X	X		X	X	X	X
المطوّرون	X	X	X	X	X	X	X	X
وكالات التمويل	X	X	X			X	X	X

استناداً إلى: الشركة القابضة لكهرباء مصر (2016أ) التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر 2016/2015؛ الاتحاد الأوروبي (2015أ)، "استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة"؛ وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة (2017)، البرنامج الكامل للطاقة المتجددة في مصر؛ وزارة التخطيط (2015)،استراتيجية التنمية المستدامة: رؤية مصر 2030؛ هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة (2013)،الخطة الرئيسية المشتركة للطاقة المتجددة.

الجدول 11- المؤسسات المشاركة في مخطط الطاقة المتجددة

المؤسسة	المناقصات التنافسية		مُنتج طاقة كهربائية مستقل	التعرفة التفضيلية لإمدادات الطاقة المتجددة				قياس صافي الاستهلاك
	الهندسة والمشتريات والإنشاء	البناء فالامتلاك فالتشغيل		0–0.2 ميجاوات	0.2–0.5 ميجاوات	0.5 ≥ 20 ميجاوات	20≤ 50– ميجاوات	
وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة/الشركة القابضة لكهرباء مصر	• التنسيق والتيسير بوجه عام							
هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة	• اقتراح المشروع بعد إجراء الدراسات اللازمة • إعداد الوثائق والموافقات اللازمة • إعداد طُرُق التمويل • حشدُ المبالغ المالية اللازمة • مسؤولة عن صياغة اتفاقيات التعاقد مع المقاول المؤهل	• البت في عروض إنشاء المشاريع • تخصيص الأراضي		• تقييم التعرفة التفضيلية والتقييم الفني والاقتصادي		• البت في عروض إنشاء المشاريع • تخصيص الأراضي		• إمكانية تخصيص الأراضي • عملية التأهيل لمقدّم الخدمة
جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك	• إصدار التراخيص وتعديل تعرفة المشروع المقترحة • تحديد رسوم النقل	• إصدار التراخيص وتعديل تعرفة المشروع المقترحة • تحديد رسوم النقل		• اقتراح التعرفة واللائحة التنفيذية للحصول على موافقة مجلس الوزراء • اقتراح التعرفة واللائحة التنفيذية للحصول على موافقة مجلس الوزراء		• اقتراح التعرفة واللائحة التنفيذية للحصول على موافقة مجلس الوزراء • إصدار التراخيص اللازمة • اقتراح التعرفة واللائحة التنفيذية للحصول على موافقة مجلس الوزراء • إصدار التراخيص اللازمة		• إصدار قانون التنظيم
الشركة المصرية لنقل الكهرباء	• توقيع اتفاقية شراء الطاقة واتفاقية القرض كضمان مؤقت • أولوية نقل المصادر المتجددة					• البت في عروض إنشاء المشاريع	• التأهيل • إعداد خدمات الاتصال اللازمة للمشاريع • سداد تكلفة الطاقة للمنتجين	

الجدول 11- تتمّة

المؤسسة	المناقصات التنافسية		مُنتج طاقة كهربائية مستقل	التعرفة التفضيلية لإمدادات الطاقة المتجددة				قياس صافي الاستهلاك
	الهندسة والمشتريات والإنشاء	البناء فالامتلاك فالتشغيل		0–0.2 ميجاوات	0.2–0.5 ميجاوات	0.5 ≥ 20 ميجاوات	20≤ 50 ميجاوات	
شركات التوزيع				• إعداد الربط اللازم • سداد المدفوعات اللازمة للمنتجين • سداد تكلفة الطاقة للمنتجين				• إعداد خدمات الاتصال اللازمة • سداد المدفوعات اللازمة للعملاء
وزارة الاستثمار والتعاون الدولي	• تيسير الموافقات اللازمة للمشروع • إنشاء كيان لأغراض خاصة					• تيسير الموافقات اللازمة للمشروع • إنشاء كيان لأغراض خاصة		• توفير الشروط الضريبية الخاصة لاستيراد المعدات اللازمة
المركز الوطني لتخطيط استخدامات أراضي الدولة	• تخصيص الأراضي من خلال هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة أو غيرها من الجهات العامة.					• تخصيص الأراضي		• إمكانية تخصيص الأراضي من خلال هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة أو غيرها من الجهات العامة.
وزارة المالية	• إصدار الضمانات اللازمة للقروض أو اتفاقية شراء الطاقة مع الشركة المصرية لنقل الكهرباء			• تمويل المشروع أو توفير الشروط الضريبية الخاصة لاستيراد المعدات اللازمة				
المحافظات	• تخصيص الأراضي			• تخصيص الأراضي				• إمكانية تخصيص الأراضي
المطوّرون	تطوير المشروع							
وكالات التمويل	تمويل المشروع							

استناداً إلى: الشركة القابضة لكهرباء مصر (2016) التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر 2016/2015؛ الاتحاد الأوروبي (2015أ)، "استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة"؛ وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة (2017)، البرنامج الكامل للطاقة المتجددة في مصر وزارة التخطيط (2015)، استراتيجية التنمية المستدامة: رؤية مصر 2030؛ هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة (2013)، الخطة الرئيسية المشتركة للطاقة المتجددة.

5-3 مخططات دعم الطاقة المتجددة

في الإطار التنظيمي المذكور أعلاه، تُطبّق المخططات التالية لتنفيذ مشاريع الطاقة المتجددة في مصر:

طرح المناقصات التنافسية

في بداية التسعينات من القرن العشرين بدأت هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة عملية طرح المناقصات التنافسية لقدرات توليد الكهرباء المتجددة للمشاريع الحكومية. في عام 2009، أطلقت الشركة المصرية لنقل الكهرباء المزادات الأولى لمشاريع خاصة على نطاق واسع باستخدام نظام البناء فالامتلاك فالتشغيل حيث وفرت هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة الأراضي والبيانات المتعلقة بالموارد. في السنوات اللاحقة، أطلقت الشركة المصرية لنقل الكهرباء عدداً من المناقصات الأخرى: 200 ميجاوات من الطاقة الشمسية الكهروضوئية في عام 2013 و250 ميجاوات من طاقة الرياح و200 ميجاوات من الطاقة الشمسية الكهروضوئية و100 ميجاوات من الطاقة الشمسية المركّزة في عام 2015 (إيفرشيدس وَبرايسووترهاوسكوبرز 2016).

ونتيجة انخفاض تكلفة مصادر الطاقة المتجددة، تحولت مصر في عام 2017 إلى آلية المزادات (العطاءات التنافسية) لمشاريع الطاقة الشمسية وطاقة الرياح الكبرى. أُعلن عن مزايدات لمشاريع طاقة شمسية كهروضوئية واسعة النطاق، لكي يتم تنفيذها بموجب عقود الهندسة والمشتريات والإنشاءات المملوكة للدولة مع هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، أو بموجب مخطط البناء فالامتلاك فالتشغيل مع مُنتج طاقة كهربائية مستقل من خلال اتفاقيات شراء الطاقة مع الشركة المصرية لنقل الكهرباء. وفي هذا الصدد، أصدرت الشركة المصرية لنقل الكهرباء عطاءً لقدرة كهروضوئية تصل إلى 600 مليون ميجاوات في منطقة غرب النيل في ديسمبر 2017.

نظام البناء فالامتلاك فالتشغيل مع اتفاقيات شراء الطاقة

اعتباراً من يوليو 2015، تم اعتماد مخطط منتجي الطاقة الكهربائية المستقلين في قطاع الطاقة المصري، وأصدر جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك اللوائح التنظيمية والعقود ذات الصلة لتزويد المطورين بالمستوى اللازم من الثقة. وتُباع الكهرباء المولّدة مباشرةً إما للمستخدمين النهائيين أو لمرافق التوزيع اعتماداً على أعداد المستهلكين. في الأوضاع التي يولّد فيها فائضٌ من الطاقة الكهربائية، فإنها تُستهلك في تلبية مطالب الكهرباء الخاصة بالمطوِّرين أنفسهم (الاتحاد الأوروبي، 2015أ). يخفف نظام منتجي الطاقة الكهربائية المستقلين من التكاليف الأولية لتطوير المشروع ويضمن استمرار الاستثمار نظراً لزيادة المنافسة.

أعلنت الشركة المصرية لنقل الكهرباء عن مناقصات لمشاريع طاقة الرياح والطاقة الشمسية الكهروضوئية والطاقة الشمسية المركّزة بقدرة إجمالية تزيد على 1 000 ميجاوات في خليج الزيت، تشمل تحالفات مع إيتالجين، ولاكيلا وإنيرجي-آي (الشركة المصرية لنقل الكهرباء، 2016ب). وبالإضافة إلى ذلك، هناك مشاريع للطاقة الشمسية المُركّزة بقدرة 100 ميجاوات وللطاقة الشمسية الكهروضوئية بقدرة 1 000 ميجاوات بموجب ثلاثة مخططات للمناقصات التنافسية، بالإضافة إلى مشروع بقدرة 600 ميجاوات يتم من خلال التفاوض المباشر، أقرَّها جميعاً مجلس الوزراء.

وسيتم الانتهاء من محطة الطاقة الشمسية الكهروضوئية بنظام البناء فالامتلاك فالتشغيل بقدرة 600 ميجاوات السابق ذكرها، بموجب التفاوض المباشر وقد أقرَّها مجلس الوزراء في ديسمبر 2017. وفي هذا السياق، ستكون الشركة المصرية لنقل الكهرباء هي الطرف المُشتري للكهرباء بموجب اتفاقية حق انتفاع مع هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة لمدة المشروع البالغة 25 عاماً (إيفرشيدس وساثرلاند، 2017).

ومع استمرار مصر في تطوير المناقصات في ظل نظام المزادات، إما من خلال التمويل والملكية الخاصَيْن أو العامَيْن، ولضمان الاستخدام الفعال لهذه الأداة، يمكن أن تستفيد هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة والشركة المصرية لنقل الكهرباء من اعتماد المبادئ التوجيهية المذكورة في إصدار الوكالة الدولية للطاقة المتجددة بعنوان مزادات الطاقة المتجددة (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، وَالمؤتمر الوزاري العالمي للطاقة النظيفة 2015). يقدم التقرير سيناريوهات لتصميمات محددة بالنسبة للسياق، مع تحليل متعمق للمزادات المرتكزة إلى القدرات والطاقة، مع إلقاء الضوء على أمثلة محددة قطرياً لأفضل الممارسات. يمكن للمبادئ التوجيهية الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة المتجددة أن تساعد الشركة المصرية لنقل الكهرباء في تطوير وتقييم المواصفات الفنية والمالية للمشاريع القادمة، مثل منشأة الطاقة الكهروضوئية الحالية التي تبلغ قدرتها 200 ميجاوات في كوم امبو. تعتبر المزادات أداة سياسات فعّالة لمساعدة مصر في بلوغ أهدافها لعامي 2022 و2035 بأسلوب يتسم بالفعالية من حيث التكلفة.

الإطار التوضيحي 1:

تنامي مزادات الطاقة المتجددة

بنهاية عام 2016، كان أكثر من 70 بلداً قد اعتمد نظام المزادات (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، الوكالة الدولية للطاقة، وشبكة سياسات الطاقة المتجددة للقرن 21، 2018، الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2017ز).

ويعكس اعتماد المزادات على نطاق واسع فعاليتها المثبتة في توسيع نشر الطاقة المتجددة، وبخاصة في البلدان النامية حيث غالباً ما تتم بأسعار غير مسبوقة نظراً لشدة المنافسة. أتاحت المزادات استكشاف السعر الآني وتخفيض عدم تماثل المعلومات بين تمويل القطاع العام والتمويل الخاص من المستثمرين والمطوّرين. يحلل دليل عام 2015 بشأن تصميم المزادات عناصر التصميم، ويقدم سيناريوهات تصميم مفصَّلة ومحددة بالنسبة للسياق ويلقي الضوء على أمثلة لأفضل الممارسات المحددة بالنسبة للبلدان، وبالتالي يخفض من تكلفة تقنيات الطاقة المتجددة (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2017ح؛ الوكالة الدولية للطاقة المتجددة والمؤتمر الوزاري العالمي للطاقة النظيفة، 2015).

وأفضت المزادات إلى أسعار منخفضة بمستويات قياسية على مستوى العالم، بما في ذلك بلدان الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. وفي عام 2016، منح المغرب عقوداً لطاقة الرياح بمتوسط يبلغ 30 دولاراً أمريكياً لكل ميجاوات ساعي، في حين حققت دولة الإمارات العربية المتحدة (إمارة أبوظبي) متوسطاً وصل إلى 24.2 دولار أمريكي لكل ميجاوات ساعي للطاقة الشمسية الكهروضوئية. ومن الأهمية بمكان ملاحظة العوامل التي تُعزى إليها الأسعار التي تحققت في مختلف الأسواق. تعكس أسعار المزادات مزيجاً من الظروف الخاصة بكل بلد (مثل إتاحة الموارد وتكلفة الأراضي والعمالة والتمويل)، وثقة المستثمرين وغيرها من سياسات دعم الطاقة المتجددة (مثل الحوافز الضريبية والسياسات التي تدعم الصناعة المحلية) وتصميم المزاد في حدّ ذاته (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2017ح).

كما اكتسبت المزادات شعبية في سياقات مختلفة في السنوات الأخيرة نتيجة مرونة تصميمها. ويمكن تخصيصها للسياق والأهداف المحددة لكل بلد. على سبيل المثال، يمكن تصميم المزادات بطريقة تحقق الحد الأقصى من الفوائد الاجتماعية الاقتصادية. أدرك صنّاع السياسات الفوائد المحتملة للمزادات في خلق الوظائف وتحسين المكوّن المحلي. في جنوب أفريقيا، أُدمِجت المزادات مع متطلبات المكوّن المحلي لدعم تطوير الصناعة المحلية. أتاحت مقتضيات المزادات للبلاد زيادة قدراتها التصنيعية من الحد الأدنى للمكوّن المحلي في الجولة الأولى، إلى ما يقرب من 45% في الجولة الرابعة لمختلف تقنيات الطاقة المتجددة (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2017ح).

نظام التعرفة التفضيلية

تماشياً مع خلقِ بيئة داعمة لتطبيقات الطاقة المتجددة، وافقت الحكومة في 17 سبتمبر 2014 على نظام التعرفة التفضيلية لتشجيع الاستثمار في توليد الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة، ولا سيّما طاقة الرياح والطاقة الشمسية، بمشاركة فعالة من القطاع الخاص في تطوير السوق.

ويهدف نظام التعرفة التفضيلية إلى حشد الاستثمار لتحقيق قدرة إجمالية تصل إلى 4 300 ميجاوات على مدار الفترة 2014-2018 تشمل:

- 300 ميجاوات من تركيبات الطاقة الكهروضوئية الصغيرة التي تقل عن 500 كيلووات
- 2 000 ميجاوات من تركيبات الطاقة الكهروضوئية ذات القدرات التي تتراوح ما بين 500 كيلووات إلى 50 ميجاوات
- 2 000 ميجاوات من تركيبات طاقة الرياح ذات القدرات التي تتراوح ما بين 20 ميجاوات إلى 50 ميجاوات.

وأُعلِنَ عن المرحلة الثانية من نظام التعرفة التفضيلية من خلال قرار رئيس الوزراء رقم 2532 بتاريخ 30 سبتمبر 2016 ونُفِّذَ اعتباراً من 27 أكتوبر 2016. وحددت فترة اتفاقيات شراء الطاقة المتعلقة بها بمدة 25 عاماً لمشاريع الطاقة الكهروضوئية و20 عاماً لمشاريع طاقة الرياح. وضع جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك اللوائح التنظيمية والإجراءات المطلوبة لتنفيذ المشاريع ذات الصلة.

ولضمان الجدوى الاقتصادية لاتفاقيات شراء الطاقة، سوف يتم تثبيت حصة أكبر من تعرفة طاقة الرياح والطاقة الشمسية، خلال هذه المرحلة الثانية، عند سعر الصرف 8.88 جنيهاً مصرياً/دولار أمريكي. وسوف يتم احتساب التعرفة التفضيلية لمشاريع الطاقة الكهروضوئية التي تزيد قدرتها المركَّبة عن 500 كيلووات بالجنيه المصري، بحيث يُحتسب 30% من تعرفة مشروع الطاقة الشمسية الكهروضوئية بناءً على سعر الصرف المُثبَّت اليوم في مقابل 15% أثناء المرحلة الأولى (سعر الصرف 7.15 جنيهاً مصرياً/دولار أمريكي)، في حين تبلغ حصة التعرفات 40% لمشاريع طاقة الرياح، على النحو الموضح بمزيد من التفصيل في الجدولين رقم 12 ورقم 13.

الجدول 12- التعرفة التفضيلية لمشاريع الطاقة الكهروضوئية ذات القدرات المركبة > 500 كيلووات

التعرفة التفضيلية لمشاريع الطاقة الكهروضوئية > 500 كيلووات
في المرحلة الثانية: (30% من قيمة التعرفة) X 8.88 (قيمة الجنيه المصري في وقت إصدار التعرفة بالنسبة للدولار الأمريكي) + (70% من قيمة التعرفة) X (قيمة الجنيه المصري في وقت الاستحقاق بالنسبة للدولار الأمريكي).
في المرحلة الأولى: (15% من قيمة التعرفة) X 7.15 (قيمة الجنيه المصري في وقت إصدار التعرفة بالنسبة للدولار الأمريكي) + (85% من قيمة التعرفة) X (قيمة الجنيه المصري في وقت الاستحقاق بالنسبة للدولار الأمريكي).

المصدر: هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة.

الجدول 13- التعرفة التفضيلية لمشاريع طاقة الرياح ذات القدرات المُركّبة > 500 كيلووات

التعرفة التفضيلية لمشاريع طاقة الرياح > 500 كيلووات
في المرحلة الثانية: (40% من قيمة التعرفة) X 8.88 (قيمة الجنيه المصري في وقت إصدار التعرفة بالنسبة للدولار الأمريكي) + (60% من قيمة التعرفة) X (قيمة الجنيه المصري في وقت الاستحقاق بالنسبة للدولار الأمريكي).
في المرحلة الأولى: (15% من قيمة التعرفة) X 7.15 (قيمة الجنيه المصري في وقت إصدار التعرفة بالنسبة للدولار الأمريكي) + (85% من قيمة التعرفة) X (قيمة الجنيه المصري في وقت الاستحقاق بالنسبة للدولار الأمريكي).

المصدر: هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة.

يعرض الجدولان رقم 14 ورقم 15 أسعار التعرفة التفضيلية للمرحلة الثانية لمشاريع الطاقة الكهروضوئية ومشاريع طاقة الرياح لأعداد مختارة من ساعات التشغيل.

الجدول 14- الطاقة الكهروضوئية في ظل المرحلة الثانية من التعرفة التفضيلية في مصر

وصف مشروع الطاقة الكهروضونية	أسعار التعرفة التفضيلية
منزلي	1.0288 (جنيه مصري/كيلووات ساعي)
القدرة المركَّبة < 500 كيلووات	1.0858 (جنيه مصري/كيلووات ساعي)
500 كيلووات ≥ القدرة المركّبة < 20 ميجاوات	0.0788 (دولار أمريكي/كيلووات ساعي)
20 ميجاوات ≥ القدرة المركّبة ≥ 50 ميجاوات	0.0840 (دولار أمريكي/كيلووات ساعي)

الجدول 15- طاقة الرياح في ظل المرحلة الثانية من التعرفة التفضيلية في مصر

وصف مشروع طاقة الرياح	عدد ساعات التشغيل/سنة	تعرفة التفضيلية (دولار أمريكي/كيلووات ساعي)
إما 20 ميجاوات أو 50 ميجاوات	2 500	0.0796
	3 000	0.0663
	3 500	0.0569
	4 000	0.0497
	5 000 أو أكثر	0.0400

استناداً إلى: الشركة القابضة لكهرباء مصر(2016أ) التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر 2016/2015؛ الاتحاد الأوروبي (2015أ)، "استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة"؛ وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة (2017)،البرنامج الكامل للطاقة المتجددة في مصر ؛ وزارة التخطيط (2015)،استراتيجية التنمية المستدامة: رؤية مصر 2030؛ هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة (2013)،الخطة الرئيسية المشتركة للطاقة المتجددة.

لن تُطبّق أسعار المرحلة الثانية من التعرفة التفضيلية إلاَّ على المؤهلين من المرحلة الأولى وبما يخص العقود الموقعة في 28 أكتوبر 2016 أو بعد ذلك. وتم تحديد الإغلاق المالي لمشاريع الطاقة الكهروضوئية بعد عام واحد من التوقيع، في 28 أكتوبر 2017، أما بالنسبة لمشاريع طاقة الرياح فقد تم تحديد الإغلاق المالي بفترة 18 شهراً، في 28 أبريل 2018.

حالة تنفيذ التعرفة التفضيلية

بالنسبة للمرحلة الأولى، تمكن اثنان من مطوري أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية الكبرى من تحقيق الإغلاق المالي، أما في المرحلة الثانية، فهناك 30 شركة تقترب من تحقيق الإغلاق المالي لمشاريع الطاقة الكهروضوئية الخاصة بها بطاقة إجمالية تصل إلى 1 465 ميجاوات بحلول شهر أكتوبر 2017.[10] وقد أبرمت تلك الشركات اتفاقيات شراء الطاقة الخاصة بها مع الشركة المصرية لنقل الكهرباء، كما أبرمت اتفاقيات الأراضي الخاصة بها مع هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة

وتتولى الشركات المحلية، المُمثَّلة لشركات أجنبية، تنفيذ معظم أنظمة الطاقة الكهروضوئية الموزَّعة. وهناك أكثر من 220 شركة حاصلة على ترخيص من هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، إلا أن ما يقرب من عشر شركات منها فقط نشطة ميدانياً. ويصل إجمالي القدرة التي تم تركيبها على أساس التعرفة التفضيلية إلى حوالي 1.7 ميجاوات، فيما قد تصل القدرات الجاري تركيبها إلى 12.4 ميجاوات.

ويرجع السبب في محدودية القدرة التي تم تركيبها إلى عدم تطبيق منظومة قياس صافي الاستهلاك بفعالية حتى الآن، ولأن أسعار التعرفة التفضيلية لم تكن مغريةً بالقدر الكافي للمستثمرين المحتملين. ويدعم هذا حقيقة قيام الكثيرين بتركيب أنظمة دون الاعتماد على التعرفة التفضيلية، بل بالاعتماد على الاستهلاك الذاتي بدلاً من ذلك. وقد ثبت أن هذا أكثر فائدة لمثل هؤلاء المستخدمين، نظراً لأنه يخفض استهلاكهم من الشبكة إلى شريحة ذات تعرفة أقل.

[10] يستند هذا القسم إلى المشاورات مع هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة والشركة المصرية لنقل الكهرباء وجهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك.

وسوف يتيح تحول مصر إلى نظام المزادات تحقيق المزيد من الانخفاض في الأسعار ويمكن أن يؤدي إلى تحفيز المكوّن المحلي المُحسّن وتوفير فرص العمل.

آليات الدعم الأخرى

صدر قرار رئيس مجلس الوزراء رقم (37/4/15/14) لعام 2015 لتخصيص الأرض لصالح مشاريع الطاقة المتجددة من خلال حقوق الانتفاع. وتماشياً مع القرار، خصصت الحكومة نحوَ 7 600 كم^2 في خليج السويس، وفي شرق النيل وغربه، في منطقتي بنبان وكوم امبو، منها نحو 5 700 كم^2 لمشاريع الرياح (بنسبة 75%) وحوالي 1 900 كم2 لمشاريع الطاقة الشمسية (بنسبة 25%)، كما هو موضح في الجدول رقم 16.

وتلتزم مرافق النقل والتوزيع بإعطاء الأولوية لتوصيل الكهرباء المولَّدة من المصادر المتجددة. بالإضافة إلى ذلك، تم تطوير آلية جذّابة لتشجيع شراء الكهرباء المولَّدة من مصادر متجددة من خلال تحديد تعرفة لكل فئة من فئات الاستهلاك. وعلاوةً على ذلك، تم خفض التعرية الجمركية المطبقة على مكونات المشاريع وقطع غيارها إلى 2% بالمقارنة مع النسبة السابقة 5%، وفي الوقت الحالي فإنَّ معدّل ضريبة القيمة المضافة هو 5% بدلاً من 14%.

وتُكمِّل الحوافز الإضافية التالية تنفيذ التعرفة التفضيلية:

1- توفير ضمانات سيادية للمشاريع التي تزيد عن 20 ميجاوات والتي تُمنَح بموجب اتفاقيات شراء الطاقة بين الشركة المصرية لنقل الكهرباء ووزارة المالية ومنتجي الطاقة الكهربائية المستقلين.

2- توفير قروض ميسرة بفائدة قدرها 4% للمشاريع المنزلية حتى 200 كيلووات، وبفائدة تصل إلى 8% للمشاريع التي تتراوح ما بين 200 كيلووات و500 كيلووات.

3- اتخاذ قرار باستثمار 2 مليار جنيه مصري إضافية لتعزيز شبكات النقل والتوزيع لتمكين التحول إلى الشبكات الذكية.

وفي سبيل تقديم مزيد من الدعم لأنظمة الطاقة المتجددة، اقترحت الشركة المصرية لنقل الكهرباء وناقشت مع كل من هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة وجهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك وضع رمزِ نقل للربط البيني لمشاريع طاقة الرياح. وقد اعتمد جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك الرمز بالإضافة إلى القواعد واللوائح التنظيمية لتوصيل أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية بشبكات الجهد المنخفض والجهد المتوسط.

الجدول 16- الأراضي المخصصة لمشاريع الطاقة المتجددة

المنطقة		المساحة (كم^2)
خليج السويس (رياح)		1 220
شرق النيل	رياح	841
	شمسية	1 290
غرب النيل	رياح	3 636
	شمسية	606
بنبان (شمسية)		37
كوم امبو (شمسية)		7
الإجمالي		**7 637**

استناداً إلى: الشركة القابضة لكهرباء مصر (2016ب)، خطة الطاقة المتجددة في مصر.

6-3 السياسات الرامية إلى زيادة الفوائد المحلية إلى الحد الأقصى

يطرح نشر الطاقة المتجددة في مصر فرصاً كبيرة لجني الفوائد الاجتماعية والاقتصادية، ولتوليد القيمة على الصعيد المحلي. فبالإضافة إلى زيادة أمن الطاقة، وتحسين الحصول على الطاقة وتخفيف التغير المناخي، توفر مشاريع الطاقة المتجددة فرصاً في قطاعات مختلفة من سلسلة القيمة، بما في ذلك تحديد مواد أولية جديدة، وتصنيع المكونات وتجميعها، والتشييد والتركيب، والتشغيل والصيانة. واستناداً إلى سوق الرياح الراسخ، نجح قطاع الكهرباء في مصر في توطين 30% من متطلبات محطات توليد طاقة الرياح. وقد تم وضع هدفٌ يرمي إلى تحقيق نسبة 70% بحلول عام 2020، بالإضافة إلى 50% في محطات الطاقة الشمسية المركّزة.

وبالنسبة للطاقة الشمسية الكهروضوئية، لا يتم إنفاق سوى 30% من تكاليف المحطات المركَّبة على الوحدات (و10% على محولات الطاقة) فيما يُنفَقُ المتبقّي على موازنة النظام. وبالتالي، يمكن توطين 60% من التكلفة من خلال موازنة النظام فقط والتي تشمل أعمال الإنشاء وهياكل التركيب والكابلات وما إلى ذلك. وبعد الانتهاء من أعمال التركيب الخاصة بالمشروع، تنشأ قيمة كبيرة من خلال التشغيل والصيانة.

أما بالنسبة إلى التصنيع، فيمكن لمصر أن تواكب محتوى التصنيع المحلي بنسبة تزيد عن 80% (البنك الأوروبي للاستثمار والوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2015). وتعدّ مصر رائدة في المجال الصناعي في الشرق الأوسط وأفريقيا، ويمكنها الاستفادة من صناعات الصلب والزجاج والكابلات المتطورة لديها لإنتاج مكونات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح محلياً. وعلى سبيل المثال، تمتلك شركات إنتاج الزجاج المسطح الدولية الثلاث العاملة في مصر، وهي سان جوبان وسفينكس وغارديان، مرافق إنتاج يمكنها إنتاج رمل السليكا عالي النقاء المستخدم في صناعات مختلفة منها إنتاج الوحدات الكهروضوئية (البنك الأوروبي للاستثمار والوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2015). وبالمثل، يمكن لشركات الصلب المصرية توريد هياكل الدعم اللازمة للوحدات.

وفضلاً عن ذلك، يمكن لمصر أن تنهض بإمكاناتها التقنية والبشرية من خلال السياسات التي تُيسّر الاستثمارات المحلية الأجنبية والمشاريع المشتركة مع الشركات متعددة الجنسيات. فعلى سبيل المثال، تقوم شركة السويدي لتوليد الطاقة من الرياح بتوفير فرص عمل محلية من خلال مشاريع مشتركة في توربينات الرياح وتصنيع الأبراج وإنتاج الكابلات والمحولات (شركة السويدي للكهرباء، 2018). وبالنسبة لطاقة الرياح البرية، فإن أحد حوافز التصنيع المحلي للأجزاء الكبيرة، مثل ريش المراوح والأبراج، يتمثّل في ارتفاع تكاليف نقلها وانخفاض الحاجة للتكنولوجيا المتقدمة[11].

تُنتج مصر نصف الأجزاء اللازمة لمزارع رياحها
الصورة: Shutterstock

[11] ويرد تحليل إمكانية توليد الدخل وإيجاد فرص العمل بالنسبة للطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح البرية في عمل الوكالة الدولية للطاقة المتجددة بعنوان فوائد الطاقة المتجددة: تسخير القدرات المحلية (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2017أ، 2017ب).

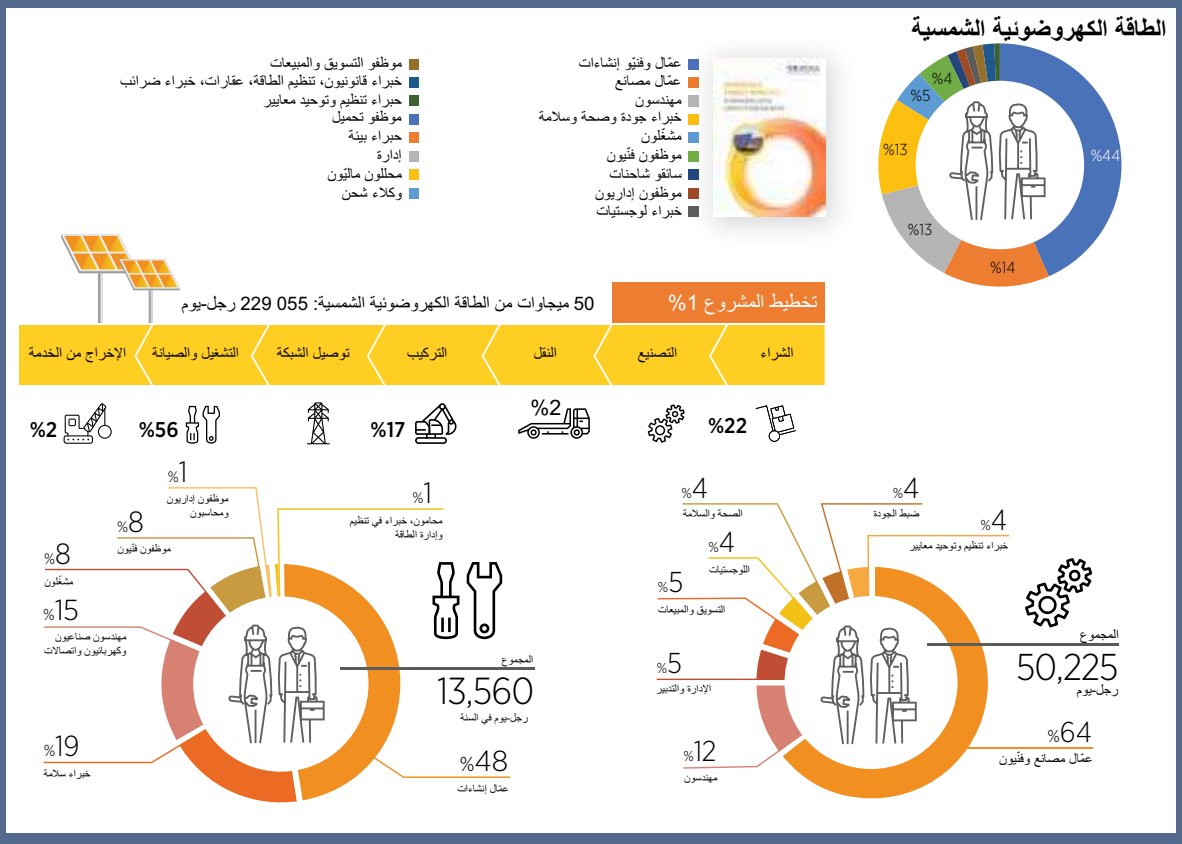
الإطار التوضيحي 2:

تسخير القدرات المحلية في الصناعات الكهروضوئية الشمسية وطاقة الرياح

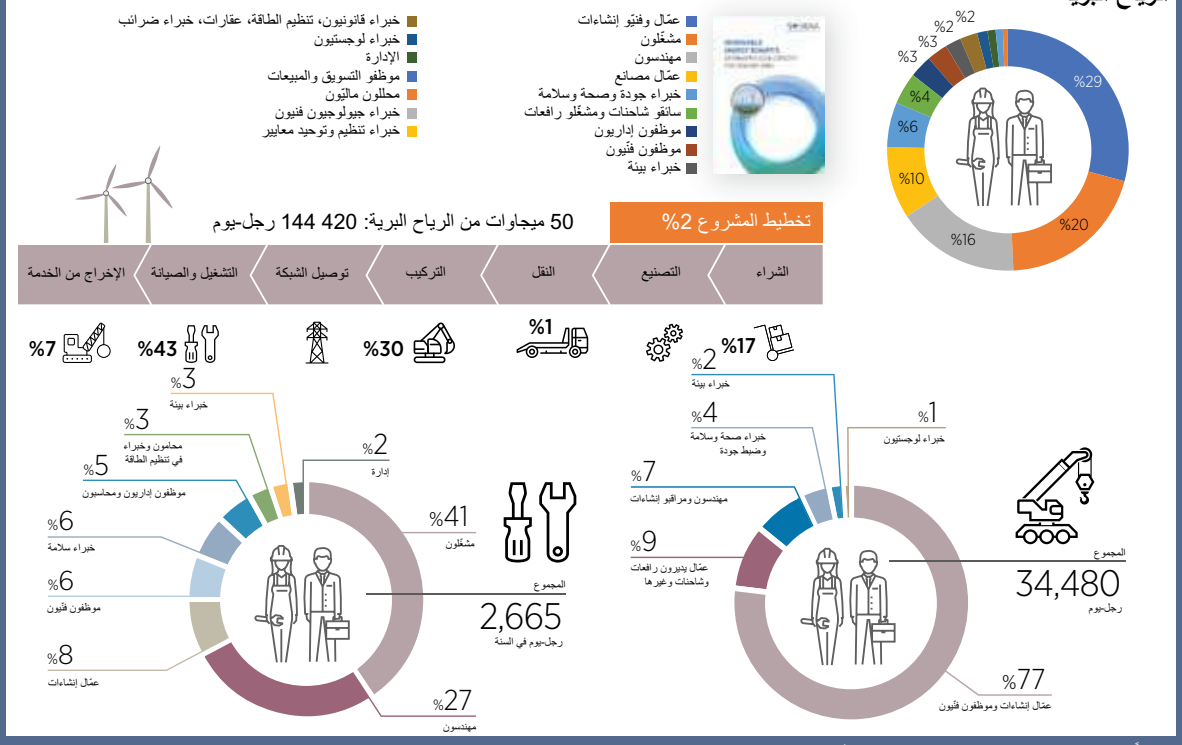
ثمة حاجة لتكوين فهمٍ أعمق لمتطلبات العمالة والمهارات والمواد والمعدات عند تصميم السياسات اللازمة لدعم تحقيق القيمة من تنمية قطاع الطاقة المتجددة المحلي.

وبالنسبة للطاقة الشمسية الكهروضوئية، يُظهر تحليل الوكالة الدولية للطاقة المتجددة أن 56% من إجمالي الوظائف يقع في قطاع التشغيل والصيانة، و22% من الوظائف تُستحدث في التصنيع و17% في التركيبات والتوصيل بالشبكة. وتذهب نسبة كبيرة من الوظائف المستحدثة إلى عمّال المصانع والفنيين، مما يمكن أن يساعد على التخفيف من حدة البطالة في مصر. وبالإضافة إلى ذلك، تُستحدث وظائف إدارية ومالية وقانونية وهندسية، مما قد يكون أمراً واعداً لخريجي الكليات أو الجامعات الذين يعانون للحصول على وظيفة.

وبالنسبة لطاقة الرياح، يتركز القدر الأكبر من الوظائف المستحدثة في التشغيل والصيانة بنسبة (43%) والتركيبات والربط بالشبكة (30%)، يليها التصنيع بنسبة (17%). ومن الجدير بالذكر أنَّ الوظائف المستحدثة في التصنيع والتركيب هي وظائف مؤقتة، بينما تمتد الوظائف المستحدثة في التشغيل والصيانة على مدار فترة المشروع.



استناداً إلى الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (2017ب)، فوائد الطاقة المتجددة: تسخير القدرات المحلية في الطاقة الشمسية الكهروضوئية.



استناداً إلى: الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (2017أ)، فوائد الطاقة المتجددة: تسخير القدرات المحلية في طاقة الرياح البرية

يعتمد النشر الناجح للطاقة المتجددة على وجود قوى عاملة قادرة على الاضطلاع بالأنشطة من خلال سياسات التدريب والتعليم. ومنذ منتصف التسعينات، دأبت هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة على تنظيم وتطبيق العديد من برامج التدريب في مجال تقييم مصادر الطاقة المتجددة وتقنياتها وتطبيقاتها لمجموعات مصرية وعربية وإفريقية. وبحلول أكتوبر 2017، تجاوز عدد المتدربين 5 000 متدرباً، قَدِموا من جامعات ومنظمات مصرية أخرى فضلاً عمَّن وفدوا من البلدان الأعضاء في المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة والدول الأفريقية. وفي مجال بناء القدرات، أجرت هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة تدريباً للمهندسين والفنيين لصالح شركات الطاقة الكهروضوئية المنشأة حديثاً للحصول على الترخيص بموجب اللائحة التنظيمية للتعرفة التفضيلية وطبقاً للمعايير الوطنية والدولية على حدٍّ سواء.

ومن بين المبادرات الأخرى، مبادرة أكاديمية الطاقة الشمسية في مصر التي تتم بالشراكة بين أكاديمية الطاقة المتجددة (RENAC)، ألمانيا، وبين أكاديمية الواحة للطاقة المتجددة (ORE). وقد أتاحت المبادرة دورات تدريبية ذات توجه عملي وبناء القدرات في مجال الطاقة المتجددة لصنّاع القرار والاستشاريين والمهندسين وفنيي التركيب منذ عام 2010.[12] وفي الآونة الأخيرة، في عام 2018، أطلقت الحكومة مقرراً دراسياً عن الطاقة المتجددة في المدارس الفنية لتشجيع التخصص في الطاقة المتجددة والتدريب في مجالي الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. كما وضعت وزارة التعليم ووكالة التنمية الدولية التابعة للولايات المتحدة البرنامج المؤهل للحصول على شهادة بعد ثلاث سنوات، وهو يهدف إلى تدريب أكثر من 300 من طلاب المدارس الفنية.[13]

7-3 الاختبار والترخيص

منذ إنشاء هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة في عام 1986، تم تشغيل مجموعة من معامل الاختبار الداخلية والخارجية، تُغطّي معظم مكونات تقنية الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، ومن بينها معامل لاختبار سخّانات المياه الشمسية، وأنظمة تركيز الطاقة الشمسية، والألواح الكهروضوئية، ومكونات النظام، وهاضمات الكتلة الحيوية، وأجهزة التغويز.

وتتولى هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة ترخيص سخّانات المياه الشمسية والأجهزة المنزلية (المبردات والغسّالات ووحدات تكييف الهواء وغسّالات الأطباق) ومعدات الإضاءة للمُصنِّعين المحليين، بالإضافة إلى مستوردي المعدات. وتؤثر معامل الاختبار على نوعية المعدات التي توضع في السوق وتحميه من الأنظمة منخفضة الجودة.

[12] www.renac.de/projects/current-projects/solar-academy-egypt-rosae/.

[13] www.al-monitor.com/pulse/originals/201802//egypt-launches-renewable-energy-curriculum.html#ixzz5FfXczpH1).

آفاق
الطاقة المتجددة

ظهرت الرياح كمصدر هام للطاقة
الصورة: Shutterstock

04

استعرضت الفصول السابقة سياق الطاقة في مصر، وقدمت لمحةً حول كيفية التطور المُحتملة لمشهد الطاقة في البلاد على مدار السنوات القادمة استناداً إلى خطط الحكومة وأهدافها وإلى استراتيجية الطاقة في البلاد، المعروفة باسم استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام 2035. وتتسم منظومة الطاقة في مصر بالديناميية العالية، ويمكن للحكومة أن تستفيد من إعادة تقييم أهداف الطاقة طويلة الأمد بصفةٍ دوريةٍ لكي تعكس ديناميات السوق المتغيرة وكذلك تغيُّر أولويات البلاد.

وبينما يركز نهج تقييم الجاهزية للمصادر المتجددة على تحليل السياسات القائمة والأطر المؤسسية، يقدّم تحليل REmap الذي تقوم به الوكالة الدولية للطاقة المتجددة منظوراً لإمكانات الطاقة المتجددة في البلاد على المدى المتوسط. كما يُلقي مكوِّن REmap هذا، الذي يُقدّمه هذا الفصل، الضوء على مجالات أو قطاعات يمكن زيادة نطاق استخدام الطاقة فيها.

ويركز الفصل أولاً على التعريف المختصر بالتطورات التي يمكن أن تحدث فيما يُسمى اصطلاحاً بالحالة المرجعيّة، والتي تستند إلى السياسات الحالية وتوجهات السوق والتنبؤات المتعلقة به. وبعد ذلك يتعمّق الفصل في الإمكانات المُتسارعة للطاقة المتجددة التي تتجاوز ما يُتوقَّع حدوثه في الحالة المرجعيّة. ويطلق على هذه تسمية 'خيارات REmap' وهي تتناول قطاعات الاستخدام النهائي للصناعة والمباني والنقل بالإضافة إلى توليد الطاقة الكهربائية. ويُطلق على الحالة الناتجة عن ذلك، التي تتسم بالاستخدام المرتفع للطاقة المتجددة، اسمَ 'حالة REmap'.

وينظر تحليل REmap إلى العام 2030، الذي اختير باعتباره إطاراً زمنياً معيارياً لـ REmap، نظراً لأنه يقع في المدى المتوسط، وهو عام مشترك مع جهود عالمية مثل أهداف التنمية المستدامة، وعام مشترك في مصر بالنسبة للأهداف على المستوى الوطني (لفترة 30/2029). للمزيد من المعلومات عن توجه REmap ومنهجيَّتها ومصادرها، يرجى الاطلاع على المُلحق 2.

تتضمن خطوات إجراء تحليل REmap لمصر التي يعرضها هذا التقرير ما يلي:

وتم وضع حالة مرجعية لعام 2030 وُضِعَت استناداً إلى السيناريو المستخلص من نموذج الطاقة الوطني على النحو الوارد في تقرير المساعدة الفنية لدعم إصلاح قطاع الطاقة في مصر (الاتحاد الأوروبي، 2015ج). وتُعطي نتيجة الحالة المرجعيّة المقدمة هنا فكرةً عن سيناريو خط الأساس، وليس عن استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة تحديداً. وتُمثل هذه الحالة التطورات الممكنة في نظام الطاقة مفترضةً أن الحكومة لن تتخذ أيَّ تدابير إضافية لدعم انتشار الطاقة المتجددة.

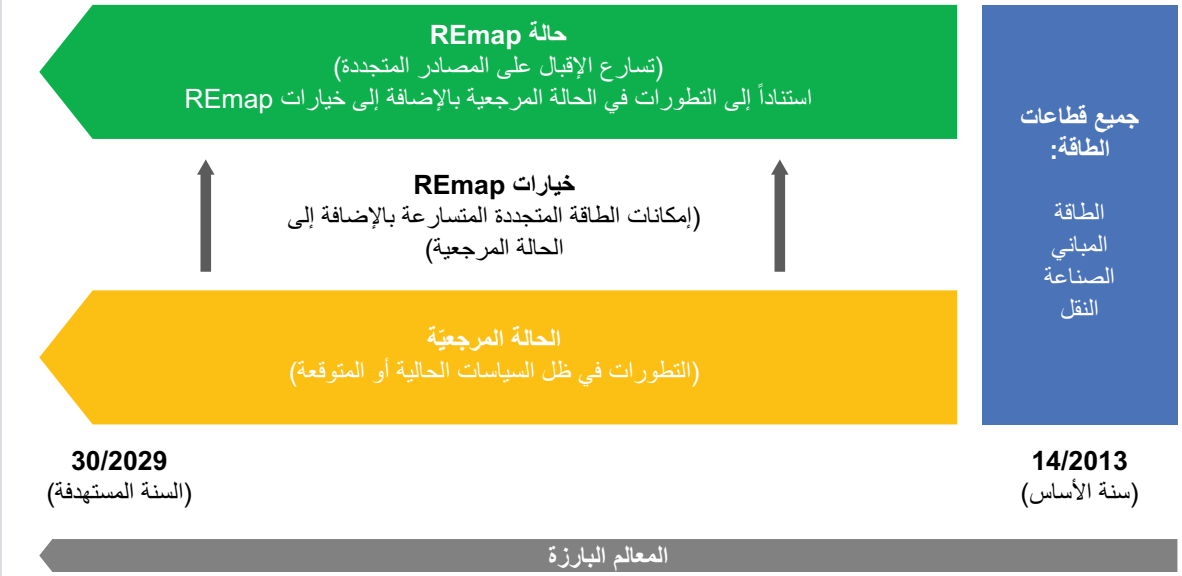
ثم يجري بعد ذلك تقييم خيارات إضافية لنشر الطاقة المتجددة. ويطلق على هذه الخيارات تسميةَ خيارات REmap، وهي تستند جزئياً إلى المشاورات القطرية، بما في ذلك تحليل أحد خبراء الطاقة المصريين من هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة المُنتدب إلى الوكالة الدولية للطاقة المتجددة لدعم المشروع والمساعدة في تحديد هذه الخيارات، وورشة عمل للتحقُّق أُجريت مع الخبراء المصريين. وبالإضافة إلى ذلك، استُخدمت أيضاً نتائج المساعدة الفنية لدعم إصلاح قطاع الطاقة في مصر بالنسبة للسيناريو 3ب والسيناريو 4 وتحليل الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (انظر المُلحق 2 للمزيد من المعلومات عن المصادر).

ونتج عن هذا التحليل للخيارات حالة REmap، التي تُفَصِّل الإمكانات المتسارعة لاستخدام المصادر المتجددة وما قد يعنيه ذلك من ناحية التطورات التكنولوجية والتكاليف والفوائد. ومن المهم بمكان أنَّ حالة REmap تُقدم منظوراً حول آفاق الإمكانات الإضافية للطاقة المتجددة خارج قطاع الطاقة، أي في قطاعات الاستخدام النهائي في المنشآت والصناعة والنقل ولخدمات الطاقة المتعلقة بالحرارة وأنواع الوقود وغيرها من الاستخدامات المباشرة.

وأخيراً، تم التنبؤ بأسعار الوقود استناداً إلى الوثائق الموجودة وإلى تقديرات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، كما قُدِّرت تكلفة التكنولوجيا ومعايير الأداء (مثل عوامل السعة) لكي تعكس الظروف الخاصة بمصر. ثم حُدِّدَت نتائج هذه الخيارات في صورةٍ كميّة من جهة تكاليفها واحتياجاتها من الاستثمارات والفوائد الناتجة عن انخفاض مستويات تلوث الهواء وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون وغيرها من الآثار.

يقدم الشكل رقم 22 نظرة عامة على الحالات الرئيسية التي يُناقشها هذا الفصل والأعوام التي يُسلّط الضوء عليها.

الشكل 22- نظرة عامة على سنوات REmap ووصف الحالات



1-4 الحالة المرجعيّة

تُمثل الحالة المرجعيّة منظوراً للعرض والطلب على الطاقة بموجب سيناريو خط الأساس. وتُمثِّل هذه الحالة التطورات المتوقعة في سوق الطاقة مُفترِضةً عدم اتخاذ الحكومة لإجراءات تدعم الأهداف المحددة في استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة. ولأغراض التحليل، تستند الحالة المرجعيّة إلى سيناريو العرض والطلب على الطاقة المستمدة من تقرير المساعدة الفنية لدعم إصلاح قطاع الطاقة في مصر (الاتحاد الأوروبي، 2015ج)، وتحديداً بالنسبة لسيناريو خط الأساس. ولكن الحالة المرجعيّة تم تعديلها أيضاً استناداً إلى التعليقات القُطرية الواردة من خلال المشاورات المباشرة وأثناء ورشة عمل التحقق التي انعقدت في منتصف عام 2017. ولذلك فإنَّ الحالة المرجعيّة تعكس منظور سيناريو خط الأساس في أواخر عام 2017 -بينما لن تعكس هذه الحالة أي تطورات حدثت بعد ذلك التاريخ.

وتكون النتيجة حالة مرجعية توفِّر خطَّ أساسٍ يمكن من خلاله حساب قياس الأهداف الأكثر جرأةً لاستخدام الطاقة المتجددة وفق ما هو مبيّنٌ في استراتيجية الطاقة المستدامة المتكاملة، ومثلما يرِد تفصيله في حالة REmap. وبشرط عدم اتخاذ إجراءٍ داعِم، فإنّ الحالة المرجعية هي الحالة التي من المحتمل أن تحدث إذا ما أخذنا في الاعتبار التطورات الحالية للسوق والتطورات على مستوى السياسات في مصر. وحتى لو كانت مصر ملتزمة التزاماً حازماً بتحقيق أهداف أكثر توازناً بخصوص الموارد المتجددة، فإنّ عرض الحالة المرجعية يكون ضرورياً، إذ يتيح لتقييم خيارات REmap بتوفير تحليلٍ للفجوة وفكرةً حول التقنيات الرئيسية التي يلزم دعمها بهدف بلوغ تلك الأهداف، مع السماح بالتقدير الكمّي لتلك التقنيات من حيث تكاليفها وفوائدها وآثارها الأخرى.

ولا يتناول هذا الفصل تطوّرات محددة بالتفصيل في الحالة المرجعيّة، غيرَ أنّ الفصل يُناقش بعض التغيرات الرئيسية في مؤشرات الطاقة والاقتصاد، ويقدم لمحةً حول الحصص الرئيسية والمستجدات على صعيد الطاقة في الحالة المرجعيّة ضمن الأقسام التالية:

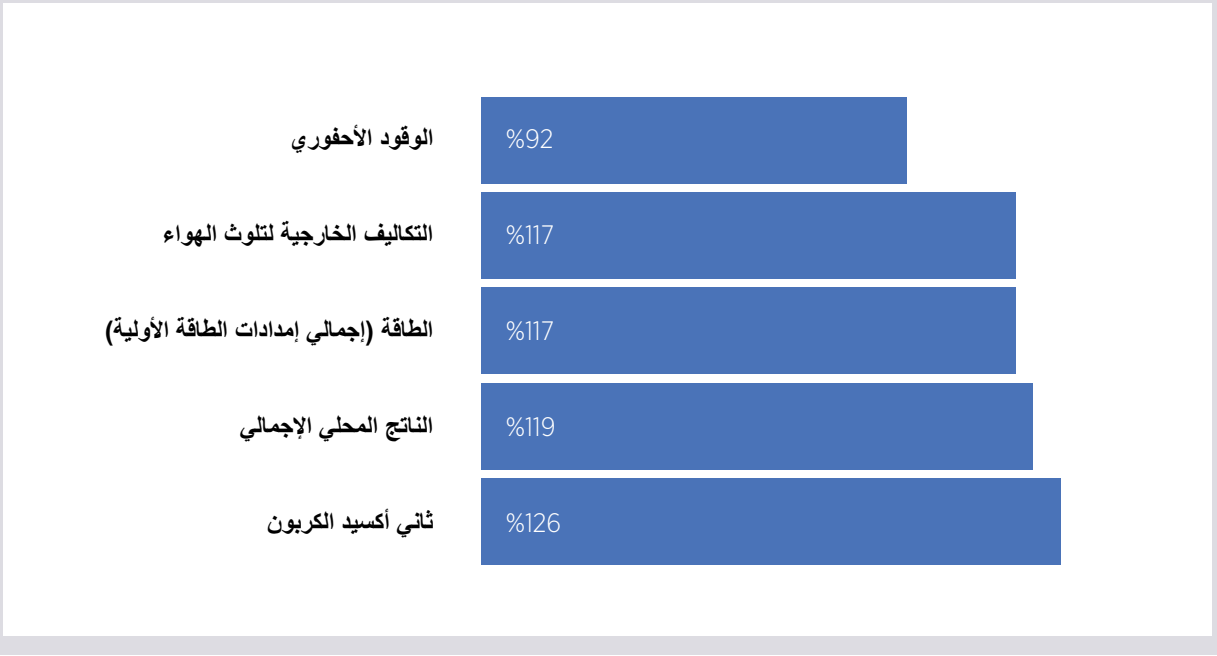
المُستجدات على صعيدَي الاقتصاد والطلب على الطاقة

- في الحالة المرجعية، يرتفع الطلب على الطاقة للفترة 2014-2030 بنسبة 117%. ويتزايد استهلاك الوقود الأحفوري بشكل طفيف بنسبة 92%. كما يتزايد الطلب على الطاقة بوتيرة مماثلة لنمو الناتج المحلي الإجمالي، والذي يرتفع بنسبة 119% على مدار هذه الفترة، مما يشير إلى اقتران نمو الطلب على الطاقة بالنمو الاقتصادي.
- أما النمو الناتج عن استهلاك الوقود الأحفوري فيشهد زيادة في واردات الفحم والغاز الطبيعي والنفط. وتفوقُ الزيادة المقابلة في انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون المتصلة بالطاقة ما نسبته 126%، وترتفع التكاليف الجانبية المتصلة بتلوث الهواء من الوقود الأحفوري بنسبة 117% لتصل إلى ما يتراوح بين 13-53 مليار دولار سنوياً بحلول عام 2030.

من المتوقع أن تشهد مصر نمواً اقتصادياً نشِطاً حتى عام 2030، مع بلوغ متوسّط الارتفاعات في الناتج المحلي الإجمالي نحو 4% سنوياً طِوالَ هذه الفترة. والنتيجة هي زيادة في الناتج المحلي الإجمالي بنسبة 119% بحلول عام 2030. يتزايد توريد الطاقة الأولية بنسبة 117%، من 62 مليون طن من مكافئ النفط في عام 2014 إلى 133 مليون طن من مكافئ النفط بحلول عام 2030 (الشكل 22). ويتزايد الطلب على الوقود الأحفوري بنسبة 92%، فيما يسجل الغاز الطبيعي أقل زيادةٍ بنسبة 8% فقط. كذلك يتزايد الطلب على المنتجات النفطية بنسبة 60%، وتبرز أهمية الفحم بشكل كبير مع ظهور 53 مليون طن من مكافئ النفط من الطلب على الفحم، مرتفعاً من أقل من 1 مليون طن سنوياً في عام 2014.

وتتوقع الحالة المرجعية زيادات في الناتج المحلي الإجمالي تعادل نمو الطلب على الطاقة، مع زيادة في كليهما بنسبة 120% تقريباً حتى عام 2030. ويشير ذلك إلى عدم حدوث تحسن ملحوظ على صعيد كثافة الطاقة في اقتصاد البلاد في الحالة المرجعية، مما يشير إلى إمكانية كبيرة لإجراء تحسينات في كفاءة الطاقة في البلاد.

الشكل 23- زيادة في المؤشرات الرئيسية على صعيدَي الاقتصاد والطاقة، 2014-2030



وترتفع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بالطاقة من 156 مليون طن في عام 2014 إلى 354 مليون طن في عام 2030 -ويُعدُّ هذا أعلى ارتفاعٍ في أي مؤشر، وهو يعزى إلى النمو الملحوظ في استخدام الوقود الأحفوري كما يتجاوز النمو في مجموع إمدادات الطاقة الأولية نظراً لظهور الطاقة الكهربائية المولدة من الفحم. ويُعد قطاع توليد الكهرباء أكبر مَصدر لثاني أكسيد الكربون المتصل بالطاقة، إذ يصل إلى 157 مليون طن، يليه قطاع الصناعة بواقع 78 مليون طن.

ولا يُفضي الاستخدام الأكبر للفحم إلى انبعاثات أعلى في ثاني أكسيد الكربون فحسب، بل يؤدي كذلك إلى ارتفاع مستويات تلوث الهواء. علاوة على ذلك، تُعد الزيادة بنسبة 63% في استخدام النفط، ومعظمها في المناطق الحضرية للنقل، ضارة على نحو خاص بسبب تأثيرها على تلوث الهواء المحلي. ولذلك، تتزايد التكاليف الجانبية المتعلقة بتلوث الهواء من الوقود الأحفوري -التي تتكون غالباً من آثار ضارة على صحة الإنسان -بنسبة 117% حتى عام 2030. وتزيد التكاليف السنوية لتلوث الهواء من نطاق يتراوح ما بين 6-25 مليار دولار أمريكي في عام 2015، إلى نطاق يتراوح بين 13-53 مليار دولار بحلول عام 2030. وينجُم معظم الزيادات عن الاستخدام الأعلى للوقود الأحفوري، ولا سيّما النفط المُستخدم في النقل، وكذلك من الفحم المستخدم في توليد الطاقة.

ونتيجة لذلك، تُظهر الصورة العامة للتطور في الحالة المرجعية حتى عام 2030 أنه يمكن لمصر أن تتوقع نمواً كبيراً في الطلب على الطاقة وفي التكاليف الجانبية المرتبطة بها، التي تترافق مع تلبية هذا الطلب بواسطة الوقود الأحفوري.

وتعرض المستجدات الأخيرة وجهات نظر حول كيفية تطور أسواق الطاقة والكهرباء في مصر. وتوضح إحدى وجهات النظر أنَّ النمو في قدرة توليد الطاقة يتجاوز الطلب على الكهرباء. ففي عام 2017، بلغت قدرة شبكة الطاقة الكهربائية 45 جيجاوات في حين بلغ الحد الأقصى للحمل خلال ذروة الطلب صيفاً نحو 31 جيجاوات. علاوة على ذلك، فقد ظهرت اكتشافات حديثة للغاز الطبيعي في حقول المياه العميقة. وقد يؤثر هذان التطوّران على صُنع السياسات المتعلقة بالطاقة على المدى القريب، وهو ما قد يؤثر على الحالة المرجعية.

حصة الطاقة المتجددة والتطورات التكنولوجية

- تتزايد حصة استخدام الطاقة المتجددة في جميع القطاعات في الحالة المرجعية بحلول عام 2030 ما عدا القطاع الصناعي. وتُسجَّل أكبر زيادة في حصة الطاقة المتجددة في توليد الكهرباء. أما في قطاعات الاستخدام النهائي، فإنّ استخدام الوقود وغيره من الاستخدامات المباشرة للطاقة في أغراض الاستخدامات الحرارية والنقل قد لا يشهد سوى تغيّراً طفيفاً في حصة الطاقة المتجددة. وإجمالاً، تنمو حصة الطاقة المتجددة في مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة من 5% في عام 2014 إلى 11% في الحالة المرجعيّة.

- تقتصر المساهمات الكبيرة الوحيدة من المصادر المتجددة في الحالة المرجعية على قطاع الطاقة دون غيره. ويشهد هذا القطاع زيادة في مجموع قدرة النظام تفوق نسبتها 250% لتصل إلى 117 جيجاوات مع نمو في الفحم والغاز الطبيعي وطاقة الرياح والطاقة الشمسية الكهروضوئية. وفي الحالة المرجعية، تشهد كل من طاقة الرياح والطاقة الشمسية الكهروضوئية زيادات كبيرة، وترتفع حصة الطاقة المتجددة في إجمالي الكهرباء المولَّدة إلى 25%.

وفي الحالة المرجعية، تزيد حصة مصادر الطاقة المتجددة في جميع القطاعات باستثناء القطاع الصناعي (انظر الجدول 17)؛ غير أنّ الزيادة الكبيرة الوحيدة تحدث في قطاع الطاقة الكهربائية. إجمالاً، تتضاعف حصة المصادر المتجددة في مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة لتصل إلى 11%. وتتزايد حصة الطاقة المتجددة في توليد الكهرباء من 9% إلى 25%. وهي زيادة تستحق الإعجاب إذا أخذنا في الاعتبار أنّ الزيادة في إجمالي توليد الكهرباء تبلغ حوالي 125% وتصل إلى 385 تيراوات/ساعة. وبالتالي فإنّ توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة يزيد من 15 تيراوات/ساعة (كلّها تقريباً من الطاقة المائية) إلى 96 تيراوات/ساعة بحلول عام 2030 في الحالة المرجعية. يرتفع مجموع قدرة شبكة الطاقة الكهربائية بما يزيد عن 250% إلى 117 جيجاوات في عام 2030.

أما في قطاعات الاستخدامات النهائية للمباني والصناعة والنقل، فإنّ حصة الوقود من الطاقة المتجددة والاستخدامات المباشرة للطاقة لأغراض الاستخدامات الحرارية والنقل قد لا تشهد سوى تغيّر طفيف في حصة الطاقة المتجددة (انظر الجدول 17). ويتفرّد القطاع الصناعي بأعلى حصة متجددة بين قطاعات الاستخدام النهائي الثلاثة، مع 10% في عام 2030، ويشهد زيادات طفيفة في استخدام الطاقة الحيوية في الحالة المرجعية.

مع ذلك، وبسبب النمو الإجمالي في الطلب على الطاقة في قطاع الصناعة، تنخفض حصة الطاقة المتجددة من 11% إلى 10% خلال الفترة المعنيّة.

وفي قطاع النقل، ترتفع الحصة إلى 2% بحلول عام 2030 لظهور بعض أنواع الوقود الحيوي السائل، لكن مساهمتها ثانوية إذا ما قورنت باستخدام الطاقة في القطاع إجمالاً، والذي لا يزال النفط مهيمناً عليه. ويشهد قطاع المباني زيادة في حصته من الطاقة المتجددة من نسبةٍ تقل عن 1% إلى نسبةٍ تبلغ حوالي 1.5% بسبب بعض النمو في الطاقة الشمسية الحرارية للمياه الساخنة والغاز الحيوي للطبخ. يستثنى من هذه الحصص استخدام الكهرباء. وإذا خضعت القطاعات للتحليل بما يشمل حصة الطاقة المتجددة المستهلكة فيها، فإن الحصة الإجمالية المتجددة ترتفع نظراً لأن نسبة الطاقة المتجددة في توليد الكهرباء هي أعلى بشكل ملحوظ بنسبة 25% مقارنة بنصيبِ الوقود المتجدد.

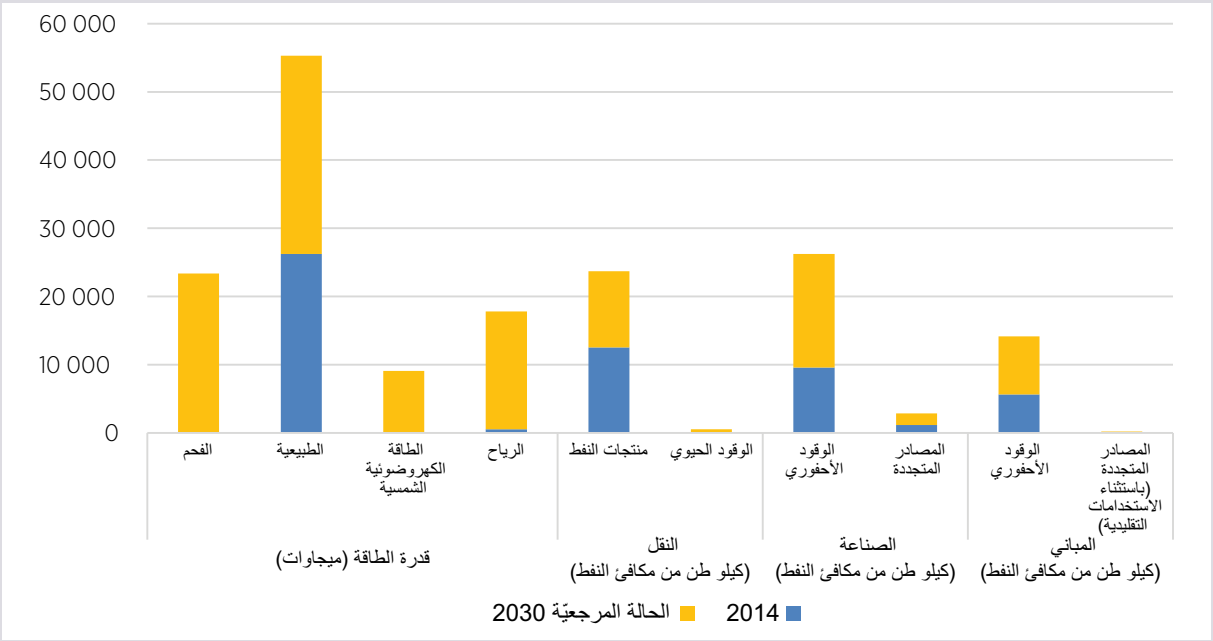
يشهد قطاع الكهرباء إضافات ملحوظة في قدرة التوليد في الحالة المرجعية. فقد تمّ تركيب أكثر من 20 جيجاوات من الطاقة الجديدة لكل من الفحم والغاز الطبيعي، و18 جيجاوات من طاقة الرياح، و9 جيجاوات من الطاقة الشمسية الكهروضوئية (انظر الشكل 24).

الجدول 17- حصص الطاقة المتجددة حسب القطاع بناءً على الخطط والسياسات الحالية

نوع الانتفاع من الطاقة		حصة الطاقة المتجددة الحديثة	
		2014 الفعلي	2030 المتوقع في الحالة المرجعيّة
توليد الكهرباء		%9	%25
الاستخدام النهائي القطاعات	الصناعة (الوقود الحديث والاستخدامات المباشرة، باستثناء الكهرباء)	%11	%10
	النقل (الوقود، باستثناء الكهرباء)	%1>	%2
	المباني (أنواع الوقود الحديث والاستخدامات المباشرة، باستثناء الكهرباء)	%1>	%1.5
مجموع استهلاك الطاقة النهائي		%5	%11
مجموع الإمداد من الطاقة الأولية		%4	%8

ملاحظة: تُظهر حصص قطاع الاستخدام النهائي (الصناعة والنقل والمباني) حصة الطاقة المتجددة في الطلب على الطاقة في كل قطاع باستثناء الكهرباء، أي أنواع الوقود واستخدامات الطاقة المباشرة الأخرى. ويشير مصطلح "حديث" إلى حصة الطاقة المتجددة الحديثة المستهلكة في قطاع المباني والطاقة بشكل عام (مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة ومجموع إمدادات الطاقة الأولية). تُعرّف الطاقة المتجددة الحديثة بأنها تشمل كل أشكال الطاقة المتجددة، باستثناء الاستخدامات التقليدية للطاقة الحيوية (وهي جانب ملحوظ من استخدام الطاقة في قطاع المباني).

الشكل 24- تطورات مختارة في إمدادات الوقود الأحفوري والطاقة المتجددة في الحالة المرجعية، 2014، 2030



ويُعد نمو الطلب على الوقود عاملاً مهماً في قطاع النقل، إذ ارتفع بنسبة 93%. وتبقى المنتجات النفطية المصدرَ الرئيسي للوقود بإمداداتٍ تصل إلى ما يقرب من 98% من احتياجات قطاع الطاقة في عام 2030. ويوفّر الوقود الحيوي السائل أكبر حصة من الطاقة المتبقية بنسبة 2%، ويغلب عليه الإيثانول الحيوي المُنتَج من قصب السكر.

ويشهد القطاع الصناعي أكبر زيادة في الطلب على الطاقة في أي قطاع استخدام نهائي، بنمو نسبته 150% تقريباً. ويتضاعف الطلب على الوقود الأحفوري في القطاع بما يزيد عن الضعف، مع مزيج من الفحم والغاز الطبيعي والمشتقات النفطية، ويشهد القطاع زيادة طفيفة في استخدام الطاقة المتجددة بسبب احتراق مخلفات الكتلة الحيوية المدفوع بتنامي ناتج صناعات معالجة الكتلة الحيوية مثل صناعة قصب السكر. كما يساهم الغاز الحيوي الناتج عن مخلفات معالجة الكتلة الحيوية في زيادة حصة الطاقة المتجددة.

وأخيراً، يشهد قطاع المباني زيادة بنسبة 135% في الطلب على الطاقة، وزيادة ضئيلة جداً في استخدام الطاقة المتجددة من خلال استخدام الطاقة الشمسية الحرارية المحدودة لمرافق الماء الساخن والغاز الحيوي للطبخ.

2-4 حالة REmap -تسريع وتيرة نشر الطاقة المتجددة

يتناول هذا القسم حالة REmap، وهي عبارة عن تقييم لإمكانات الطاقة المتجددة المتسارعة في مصر. وترتبط النتائج الرئيسية بخيارات REmap، وهي تقنيات الطاقة المتجددة والمصادر ذات الإمكانات الإضافية لاستخدامها أو نشرها بالإضافة إلى التطورات في الحالة المرجعية. ويحدد الهدف الرئيسي لهذا القسم جوانب الإمكانيات الإضافية للطاقة المتجددة في مصر، سواء في تلبية استراتيجية الطاقة المستدامة المتكاملة أو في زيادة مصادر الطاقة المتجددة.

وتستكشف خيارات REmap إمكانات زيادة الطاقة المتجددة في جميع قطاعات منظومة الطاقة في مصر -إذ تستعين بنهجٍ مختلط يهدف إلى زيادة نشر الطاقة المتجددة إلى أقصى حد وينظر في خيارات استعمالها في الكهرباء والحرارة والنقل والطهي. وتحدد خيارات الطاقة المتجددة من حيث تكاليفها ومنافعها واحتياجاتها الاستثمارية. ويتوافر مزيدٌ من المعلومات حول نهج تحديد خيارات ومصادر REmap في الملحق 2.

عوامل محرّكة للطاقة المتجددة

تحدد خيارات REmap المجالات التي توجد فيها إمكانية إضافية لاستخدام الطاقة المتجددة على مستوى كامل منظومة الطاقة في مصر. ولا تعتمد معايير تحديد هذه الخيارات على التكلفة فحسب، بل وعلى عوامل محفزة إضافية تحثُّ الحكومات على دعم زيادة نشر تقنيات الطاقة المتجددة. وقد تشمل هذه العوامل الجهود المبذولة في تحسين أمن الطاقة، وتعزيز الصناعة المحلية، والحد من الآثار الصحية الضارة والأضرار البيئية.

ومع ذلك، تُظهِر خيارات REmap أن مصادر الطاقة المتجددة هي في كثير من الحالات الخيار الأقل تكلفة لإمدادات الطاقة في مصر. حتى أنَّ حالة التكلفة تغدو أكثر جاذبية عند النظر في الفوائد الناجمة عن تقليل تلوث الهواء وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وكما يُظهر قسم التكلفة، فإن تجميع التقنيات المحددة في REmap لا يقلل فقط تكاليف نظام الطاقة ككل -ما يعني تكبد تكاليف طاقة إجمالية أقل على المستهلكين -بل يُفضي أيضاً إلى مضاعفة الوفورات الناتجة عن انخفاض التكاليف الجانبية نتيجة لانخفاض مستويات تلوث الهواء والضرر البيئي.

أما الوقود الأحفوري فينطوي على مخاطر تقلب الأسعار، خاصةً عند استيراده. وليس تقييم هذا الخطر بالأمر اليسير، ولكن لا بُد من أخذه في الحسبان عند تقييم استثمارات نظام الطاقة. إن مصادر الطاقة المتجددة المحددة في هذا القسم إما تكون عديمة التقلّب في أسعار الوقود (مثل الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح أو الموارد المائية)، أو أنها تعتمد في حالة الطاقة الحيوية على الاقتصاد الزراعي المحلي إلى حد كبير، وهو ما يمنح الحكومة عموماً تحكماً أكبر في السوق والتيقّن من كيفية تطور التكاليف بمرور الوقت.

وبالتالي، يُعَد أمن الطاقة وتنويعها محركاً رئيسياً لسياسات الطاقة في مصر. ووفقاً لاستراتيجية الطاقة المستدامة المتكاملة في مصر، بلغ معدل الاعتماد على إمدادات الوقود الأحفوري 10% في 2015/2014، وفي سيناريو الحالة المرجعية من ذلك التقرير، وهو أساس الحالة المرجعية لهذا التقرير، من المتوقع أن تصل النسبة إلى 50% في 2035/2034. ويشير ذلك إلى الحاجة الملحة لمصر لتعزيز وتعجيل جهودها لتنمية كل من كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة.

وتتناول الأقسام التالية بمزيد من التعمق الإمكانات الإضافية المتاحة، والتي تشمل التقنيات والقطاعات. وتحدد أيضاً تلك التقنيات والمصادر من حيث تكاليفها ومنافعها واحتياجاتها الاستثمارية.

ملخّص استنتاجات REmap

- في الحالة المرجعية لـREmap، تزيد حصة مصادر الطاقة المتجددة في جميع القطاعات، مع وجود الزيادة الأكبر في قطاع الطاقة. وعموماً، يمكن للطاقة المتجددة أن توفر 22% من إمدادات الطاقة في مصر من مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة في عام 2030، بزيادة عن نسبة 5% فقط في عام 2014. وتزيد الطاقة المتجددة في مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة من 3.2 مليون طن من مكافئ النفط في عام 2014 إلى 11.5 مليون طن من مكافئ النفط في الحالة المرجعية و21.7 مليون طن من مكافئ النفط في حالة REmap بحلول عام 2030 -أي بزيادة نسبتها 600% في القيمة المطلقة خلال عام 2014.

- يتغير مزيج الطاقة الكهربائية المتجددة من مزيج تهيمِن عليه الطاقة الكهرومائية إلى مزيج أكثر تنوعاً بكثير من التقنيات التي تشمل توليداً ضخماً من الطاقة الكهروضوئية الشمسية والطاقة الشمسية المركزة وطاقة الرياح. ولئِن كان الغاز الطبيعي لا يزال أكبر مصدر لتوليد الطاقة، فإنَّ الطاقة الكهروضوئية الشمسية تحتلّ المرتبة الثانية، تَليها طاقة الرياح، ثم الطاقة الشمسية المركّزة. وفي REmap بحلول عام 2030، تشكّل مصادر الطاقة المتجددة 53% من توليد الكهرباء، أي أنَ حصتها تتضاعف في الحالة المرجعية مسجِّلةً زيادةً عن نسبة 9% في عام 2014.

- ويُعد استخدام مصادر الطاقة المتجددة في قطاعات الاستخدام النهائي مهماً أيضاً في نتائج REmap، حيث يُلبّي حوالي 10% من استخدام الوقود في جميع قطاعات الاستخدام النهائي بواسطة مصادر الطاقة المتجددة، بما في ذلك الطاقة الحيوية والحرارة الشمسية.

- ويحدد تحليل REmap إمكانات الطاقة المتجددة الإضافية عبر كامل قطاعات الطاقة المصرية. ومع ذلك، يُظهر التحليل أنَّ قطاع الطاقة الكهربائية هو القطاع الذي يتسم بالإمكانات الأضخم والنمو الأعلى، إذ يشهد قطاع الطاقة الكهربائية نمواً كبيراً بسبب الإمكانات غير المستغلة، ولا سيّما في قطاع الطاقة الشمسية الكهروضوئية والطاقة الشمسية المركزة، وفي طاقة الرياح أيضاً. في كل من الحالة المرجعية وفي حالة REmap، تبلغ حصة الطاقة المتجددة في مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة نحو الثلثين، ويتشكّل الباقي إلى حدٍّ كبير من الوقود المتجدد وغيره من الاستخدامات المباشرة في القطاع.

وبصفةٍ عامة، يمكن للطاقة المتجددة أن توفر 22% من مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة في مصر، مما يعني مضاعفة الحصة في الحالة المرجعيّة بزيادة تبدأ من 5% فقط في عام 2014 (انظر الجدول 18). أما على مستوى القطاعات، يُسجِّلُ قطاع الكهرباء الحصة الأكبر إذ يتم توليد أكثر من نصف الكهرباء من مصادر متجددة. وعبر جميع قطاعات الاستخدام النهائي، تتراوح حصة الطاقة المتجددة في الوقود والاستخدامات المباشرة من 9% إلى 12% (أي حصة الطاقة في القطاع باستثناء الكهرباء). وإذا شملت قطاعات الاستخدام النهائي طاقة الكهرباء المستهلكة فيها أيضاً، فستكون الحصة المتجددة في كل قطاع أعلى نسبةً، عند 19% في الصناعة، و 11% في النقل، و35% في المباني. ويعود السبب في زيادة هذه الحصص عند إضافة الكهرباء إلى أن أكثر من نصف تغذية الكهرباء هي طاقة متجددة.

الجدول 18- حصص الطاقة المتجددة في عام 2030 مع الوضع في الاعتبار تفاوت حالات النمو في مصادر الطاقة المتجددة

نوع الانتفاع من الطاقة		حصة الطاقة المتجددة الحديثة		
		2014 الفعلي	الحالة المرجعيّة 2030	REmap لعام 2030
توليد الكهرباء		%9	%25	%53
الاستخدام النهائي القطاعات	الصناعة (الوقود الحديث والاستخدامات المباشرة، باستثناء الكهرباء)	%11	%10	%12
	النقل (الوقود، باستثناء الكهرباء)	%1>	%2	%10
	المباني (أنواع الوقود الحديث والاستخدامات المباشرة، باستثناء الكهرباء)	%1>	%1.5	%9
مجموع استهلاك الطاقة النهائي		%5	%11	%22
مجموع الإمداد من الطاقة الأولية		%4	%8	%22

ملاحظة: تُظهر حصص قطاع الاستخدام النهائي (الصناعة والنقل والمباني) حصة الطاقة المتجددة في الطلب على الطاقة في كل قطاع باستثناء الكهرباء، أي أنواع الوقود واستخدامات الطاقة المباشرة الأخرى. ويشير مصطلح "حديث" إلى حصة الطاقة المتجددة الحديثة المستهلكة في قطاع المباني والطاقة بشكل عام (مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة ومجموع إمدادات الطاقة الأولية). تُعرّف الطاقة المتجددة الحديثة بأنها تشمل كل أشكال الطاقة المتجددة، باستثناء الاستخدامات التقليدية للطاقة الحيوية (وهي جانب ملحوظ من استخدام الطاقة في قطاع المباني).

عند النظر إلى كيفية ترجمة هذه النسب المئوية إلى إمدادات الطاقة من حيث الطاقة النهائية، تبرُز أمامنا عدّة نتائج رئيسية واضحة، مثلما يظهر في الشكل 25. ويشهد توليد الطاقة الكهربائية المتجددة نمواً له أهميته النسبية، إذ ترتفع مساهمته بحوالي ثلث الطاقة المتجددة المستهلكة في عام 2014 لتصل إلى ما يزيد عن الثلثين في REmap في عام 2030. ويتغير مزيج الطاقة الكهربائية المتجددة كذلك، متحولاً من مزيج تهيمن عليه الطاقة الكهرومائية إلى مزيج أكثر تنوعاً من التقنيات بحيث تأتي معظم الكهرباء المولّدةِ من الطاقة الكهروضوئية الشمسية والطاقة الشمسية المركزة وطاقة الرياح. وفي الواقع، لئِن كان توليد الطاقة من الغاز الطبيعي لا يزال أكبر مصدر لتوليد الطاقة، فإنَّ الطاقة الكهروضوئية الشمسية تحتلّ المرتبة الثانية، تَليها طاقة الرياح، ثم الطاقة الشمسية المركّزة. وعلى وجه العموم، يتزايد توليد الطاقة المتجددة في البلاد بأكثر من عشرة أضعاف، من 16 تيراوات/ساعة في عام 2014 ليصل إلى 186 تيراوات/ساعة في REmap في عام 2030.

وعلى الرغم من الإمكانات الكبيرة للطاقة المتجددة، لا بُد أيضاً من دراسة استخدامها في قطاعات المباني والصناعة والنقل. وفي قطاعات الاستخدام النهائي هذه، يلزم أن تكون الطاقة على شكل وقود وتُستَخدم بشكل مباشر في الاستعمالات الحرارية والطهي والنقل. وفي الواقع، من حيث الطاقة النهائية، تُشكّل احتياجات الطاقة هذه ما يقلّ بالكادِ عن ثلاثة أرباع الطلب على الطاقة، أما من حيث الطاقة الأولية، فهي تشكل نحو 60% من الطلب على الطاقة. لذلك، تستدعي الحاجة وجود رؤية شاملة للطاقة، مع مراعاة إمكانات الطاقة المتجددة للحرارة والوقود والاستخدامات المباشرة الأخرى..

وبالرغم من البيئة القاحلة في مصر، تظل الطاقة الحيوية مصدراً هاماً في استعمالات الطاقة للاستخدام النهائي نظراً لقابلية استخدامها في الوقود الحراري ووقود النقل. تُعد الطاقة الحيوية المصدر الأساسي المتجدد للحرارة والوقود في قطاعات الاستخدام النهائي في عام 2014، وهي كذلك في الحالة المرجعية. وقد تم تحديد الإمكانات الإضافية للطاقة الحيوية في REmap وإيضاحها بمزيد من التفصيل في المناقشات الخاصة بالقطاع في موضعٍ لاحق من هذا الفصل. ففي حالة REmap، تشكّل الطاقة الحيوية حوالي 5% من مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة في عام 2030، أي بزيادة عن نسبة 3.5% في الحالة المرجعية في عام 2030 و2.5% في عام 2014.

وتُعد الطاقة الشمسية الحرارية أيضاً مصدراً هاماً للطاقة المتجددة في قطاعات الاستخدام النهائي للمباني والصناعة.

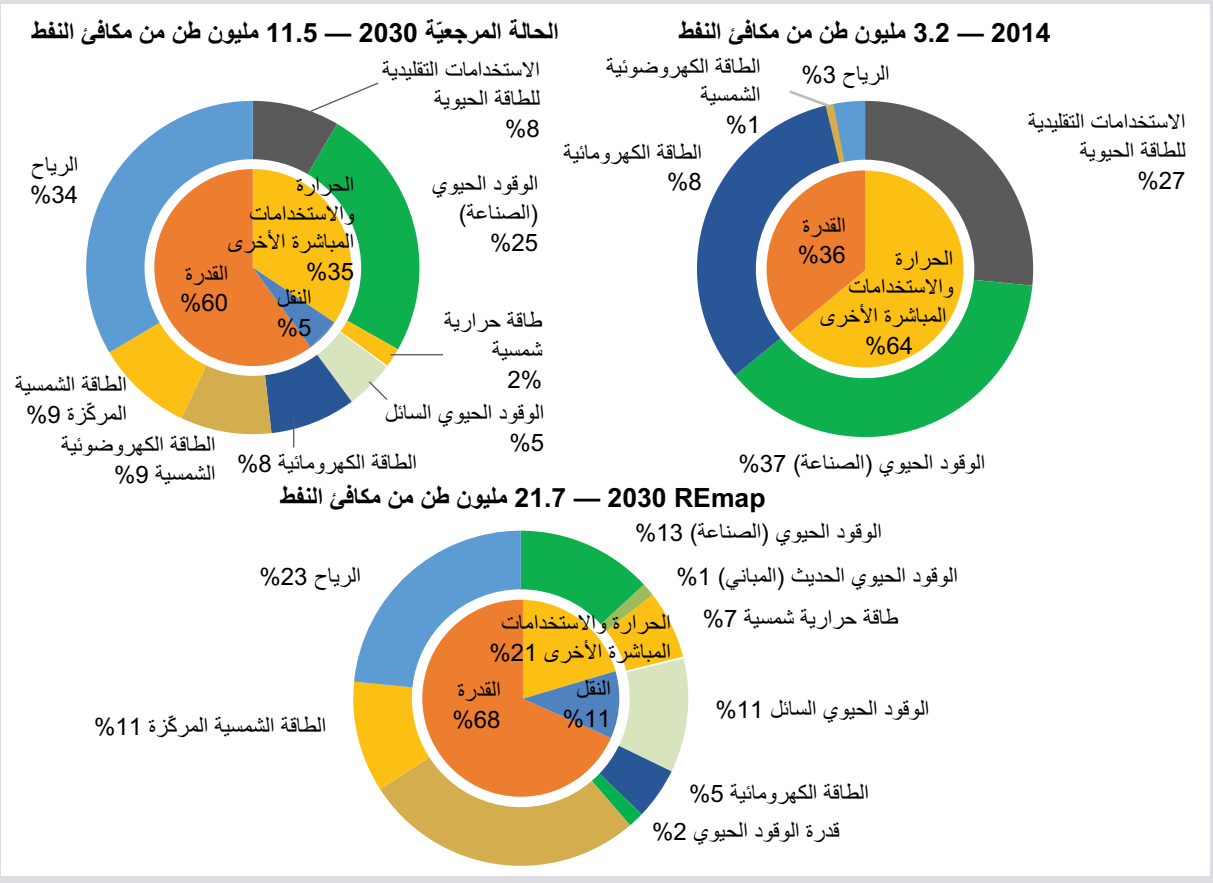
فبإمكان التكنولوجيا أن توفر الماء المنزلي الساخن في القطاع السكني، وفي القطاعات الفرعية التي تشمل الاستخدامات السياحة والتجارية. وفي قطاع الصناعة، يمكن للأنظمة الحرارية الشمسية توفير التدفئة منخفضة الحرارة والتسخين المسبق أو عمليات أخرى لاستعمالات التدفئة. وتشهد الحالة المرجعية زيادة طفيفة في الأنظمة الحرارية الشمسية في قطاع المباني، مع أنها لا توفّر سوى 0.6% من طاقة القطاع. وفي حالة REmap، تم تحديد إمكانات إضافية كبيرة، بما يرفع حصة قطاع المباني في الإمدادات الكهربائية التي تُلبيها الطاقة الحرارية الشمسية إلى 2.7%، ويُدخِلُ الطاقة الشمسية الحرارية المحدودة في القطاع الصناعي التي يمكنها توفير حوالي 1.5% من طاقة القطاع.

وتنظر خيارات REmap أيضاً في تقنيات التحول إلى استخدام الطاقة الكهربائية (الكهرَبة)، بصورةٍ كبيرةٍ في قطاع النقل، على شكل التنقُّل باستخدام الطاقة الكهربائية وفي قطاع المباني لتلبية احتياجات الطهي وتسخين المياه. وتبدو الكهرَبةُ في مصر فكرةً منطقيةً نظراً لموارد الطاقة المتجددة القوية المتوفرة في البلاد.

وفي المُجمَل، زادت كمية الطاقة المتجددة الحديثة المستخدمة في مصر من 3.2 مليون طن من مكافئ النفط في عام 2014 إلى 11.5 مليون طن من مكافئ النفط في الحالة المرجعية، ومن 21.7 مليون طن من مكافئ النفط في حالة REmap بحلول عام 2030 -وهي زيادة بنسبة 600% فوق مستوى عام 2014. ومن شأن ذلك أن يُضاعف حصة الطاقة المتجددة الحديثة في مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة من 5% في عام 2014 إلى 22% في REmap.

وثمة المزيد من التطورات الرئيسية موضحة حسب كل حالة في الجدول 19. ويوضح الجدول كيفية تطور قدرة وتوليد الطاقة الكهربائية من عام 2014 إلى عام 2030 في كل من الحالة المرجعية وحالة REmap. كما يبيِّن بالتفصيل كيفية تغير استخدام الوقود والاستخدامات المباشرة للطاقة في قطاعي الصناعة والمباني، مع التركيز بشكل خاص على الطاقة الشمسية الحرارية والطاقة الحيوية. وفي قطاع النقل، يوضّح الجدول كيفية تطور إنتاج الوقود الحيوي السائل، وكذلك التنقل الكهربائي. كما يحدد كيفية تغيّر مساهمات الطاقة المتجددة في الحالات المختلفة. وأخيراً، يعرض الجدول عدة مؤشرات مالية رئيسية. وتتناول الأقسام التالية بالشرح المفصل كيفية حدوث هذه التطورات على مستوى القطاع، وتناقش بتفصيل أوسع ما هي التكاليف والفوائد التي تنشأ عن التوسع في نشر مصادر الطاقة المتجددة.

الشكل 25- الطاقة المتجددة في مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة، 2014، 2030



الجدول 19- جدول خارطة الطريق، 2014، 2030

مصر			الوحدة	2014	الحالة المرجعيّة 2030	REmap لعام 2030
توليد وقدرة الطاقة	قطاع الطاقة	مجموع قدرة توليد الطاقة المركّبة	جيجاوات	33	117	137
		قدرة الطاقة المتجددة	جيجاوات	3	34	76
		الطاقة الكهرومائية (باستثناء ضخ المياه)	جيجاوات	2.8	2.9	2.9
		طاقة الرياح	جيجاوات	0.55	18	21
		الوقود الحيوي (الصلب والسائل والغازي)	جيجاوات	1>	1>	1
		الطاقة الكهروضوئية الشمسية	جيجاوات	0.1	9	44
		الطاقة الشمسية المركّزة	جيجاوات	0.2	4	8
		الطاقة الحرارية الأرضية	جيجاوات	0	0	0
		الطاقة البحرية وغيرها	جيجاوات	0	0	0
		قدرة الطاقة غير المتجددة	جيجاوات	29	84	61
		إجمالي توليد الكهرباء	تيراوات/ساعة	172	385	348
		التوليد المتجدد	تيراوات/ساعة	16	98	186
		الطاقة الكهرمائية	تيراوات/ساعة	14	14	14
		طاقة الرياح	تيراوات/ساعة	1.3	55	64
		الوقود الحيوي (الصلب والسائل والغازي)	تيراوات/ساعة	0	0	5
		الطاقة الكهروضوئية الشمسية	تيراوات/ساعة	0.2	14	74
		الطاقة الشمسية المركّزة	تيراوات/ساعة	0.6	15	29
		الطاقة الحرارية الأرضية	تيراوات/ساعة	0	0	0
		الطاقة البحرية وغيرها	تيراوات/ساعة	0	0	0
		التوليد غير المتجدد	تيراوات/ساعة	156	287	162
الاستخدام النهائي للطاقة - الاستخدامات المباشرة	المباني والصناعة	مجموع الاستخدامات المباشرة للطاقة	ألف طن مكافئ نفطي	17 474	44 672	43 437
		الاستخدامات المباشرة للطاقة المتجددة	ألف طن مكافئ نفطي	2 021	4 055	4 595
		الطاقة الشمسية الحرارية - قطاع المباني	ألف طن مكافئ نفطي	0	214	930
		الطاقة الشمسية الحرارية - قطاع الصناعة	ألف طن مكافئ نفطي	0	0	525
		الطاقة الحرارية الأرضية – المباني والصناعة	ألف طن مكافئ نفطي	0	14	14
		الطاقة الحيوية (التقليدية) - قطاع المباني	ألف طن مكافئ نفطي	839	975	0
		الطاقة الحيوية (الحديثة) - قطاع المباني	ألف طن مكافئ نفطي	0	0	274
		الطاقة الحيوية - قطاع الصناعة	ألف طن مكافئ نفطي	1 183	2 852	2 852
		الطاقة غير المتجددة - قطاع المباني	ألف طن مكافئ نفطي	5 664	14 171	13 048
		الطاقة غير المتجددة - قطاع الصناعة	ألف طن مكافئ نفطي	9 596	26 253	25 601
		الطاقة غير المتجددة - فرن الصهر / أفران فحم الكوك	ألف طن مكافئ نفطي	193	193	193
	النقل	إجمالي استهلاك الوقود	ألف طن مكافئ نفطي	12 978	24 911	24 171
		الوقود الحيوي السائل	ألف طن مكافئ نفطي	0	547	2 389
		الغاز الحيوي التقليدي	ألف طن مكافئ نفطي	0	547	239
		البنزين الحيوي المتقدّم	ألف طن مكافئ نفطي	0	0	0
		وقود الديزل الحيوي (التقليدي والمتطور)	ألف طن مكافئ نفطي	0	0	2 150
		الميثان الحيوي	ألف طن مكافئ نفطي	0	0	0
		الوقود غير المتجدد	ألف طن مكافئ نفطي	12 978	24 364	21 782
		الكهرباء	تيراوات/ساعة	1	2	6
		المركبات الكهربائية - مسافرون (آلاف)	1 000 وحدة			637
		المركبات الكهربائية - مسافرون (آلاف)	1 000 وحدة			10
		المركبات الكهربائية - مسافرون (آلاف)	1 000 وحدة			10
		3/2-المركبات ذات العجلتين أو الثلاث (آلاف)	1 000 وحدة			1 429
مجموع استهلاك الطاقة النهائي (كهرباء، تسخين مباشر، استخدامات مباشرة)			ألف طن مكافئ نفطي	45 054	99 660	98 140

الجدول 19- تتمّة

مصر		2014	الحالة المرجعيّة 2030	REmap لعام 2030
الحصة المتجددة	في توليد الكهرباء	%9	%25	%53
	في المباني -الاستخدام النهائي للطاقة، الاستخدامات المباشرة (حديث)	%1>	%1.5	%9
	في الصناعة -الاستخدام النهائي للطاقة، الاستخدامات المباشرة	%11	%10	%12
	في وقود النقل	%1>	%2	%10
	في مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة (حصة مصادر الطاقة المتجددة الحديثة)	%5	%11	%22
المؤشرات المالية	تكاليف النظام (مليار دولار/سنة بحلول 2030)	لا ينطبق	N/A	-0.9
	الاحتياجات الاستثمارية في الطاقة المتجددة (مليار دولار أمريكي/سنة [2010-2030])	لا ينطبق	2	6.5
	دعم الاستثمار لمصادر الطاقة المتجددة (مليار دولار أمريكي/سنة بحلول عام 2030)	لا ينطبق	لا ينطبق	0.6
	الوفورات من تخفيض الآثار الخارجية -تلوث الهواء (المتوسط) (مليار دولار أمريكي/سنة بحلول عام 2030)	لا ينطبق	لا ينطبق	2.9
	الوفورات من تخفيض الآثار الخارجية – ثاني أكسيد الكربون (50 دولاراً أمريكياً/طن من ثاني أكسيد الكربون) (مليار دولار أمريكي/سنة بحلول 2030)	لا ينطبق	لا ينطبق	5.2
	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الطاقة (طن متري/سنة)	156	354	249

ملاحظات: BEV = مركبة كهربائية تعمل بالبطارية؛ BF/CO = فرن الصهر وأفران فحم الكوك؛ N/A = =لا ينطبق؛ yr = سنة.

الإطار التوضيحي 3:

إمكانية النمو في الطاقة الحيوية

تمثّل الطاقة الحيوية حصة صغيرة من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في مصر. ويشير التحليل القائم على مسح للمنشورات المتوفرة بهذا الخصوص إلى أن ما يقارب 000 2 ألف طن من المكافئ النفطي من الطاقة الحيوية قد استُخدم في البلاد في عام 2014، ويمثل ما يزيد قليلاً عن 3% من مجموع إمدادات الطاقة الأولية. وتشير إحصاءات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة إلى وجود ارتفاع طفيف في القيمة عام 2015، عند حوالي 3500 ألف طن من المكافئ النفطي. يمثل القطاع السكني وحده حوالي 40% من استخدام الطاقة الحيوية، ومعظمها للطبخ والتدفئة. وتتكون معظم هذه الطاقة الحيوية من الكتلة الحيوية الصلبة على شكل مخلفات زراعية، مع استخدام قليل للوقود الخشبي والفحم النباتي. وتُستخدم نسبة 60% المتبقية في الصناعة، إذ تكون الكتلة الحيوية الصلبة مناسبة لصناعة الأغذية وقطاع الإسمنت. في قطاع الصناعات الغذائية، يُعدّ قطاع قصب السكر الأكثر ملاءمة إذ يُستخدم التفل في مصانع التوليد المشترك لتوفير احتياجات الكهرباء والحرارة الداخلية لهذا القطاع.

وفي قطاع الإسمنت، يُغذّى ما يزيد قليلاً عن 6% من احتياجات الطاقة الحرارية عن طريق ما يسمى الوقود البديل الذي يشمل الكتلة الحيوية، مثل النفايات الزراعية (قش الأرز، سويقات القطن، قش الذرة)، وحمأة مياه المجارير المجففة والوقود المشتق من النفايات، والتي تُعد جزئياً من الكتلة الحيوية على هيئة جزءٍ عضوي من النفايات الصلبة البلدية (مؤسسة التمويل الدولية، 2016). يُعد استخدام الطاقة الحيوية في قطاع النقل وتوليد الكهرباء استخداماً ضئيلاً.

وعلى الرغم من الاستخدام المحدود للطاقة الحيوية في مصر، ونظراً للقيود التي تفرضها ندرة الأراضي والمياه، تظهر بعض إمكانيات النمو في استخدام الطاقة الحيوية. إنّ استخدام المخلفات الزراعية الموجودة حالياً في الحقول أو المحروقة بطريقة غير خاضعة للرقابة يشكّل مصدراً هاماً لموارد الكتلة الحيوية التي يمكن استغلالها. ولن يساعد ذلك في تحسين توفّر الطاقة الحيوية فحسب، بل سيخفف أيضاً من تلوث الهواء المحلي من الانبعاثات الناتجة في أثناء الاحتراق غير الخاضع للرقابة. والمصدر الآخر هو مخلفات الثروة الحيوانية، وتشمل روث الحيوانات والدجاج. كذلك، يمكن أن يساهم قطاع إدارة النفايات بدرجة أكبر، من خلال دمج حلول استعادة الطاقة، في التخلص من النفايات الصلبة البلدية ومعالجة مياه الصرف الصحي. وفي الواقع، يُعدّ الاستخدام الحالي للوقود المستخلص من الفضلات وحمأة مياه المجارير المجففة في مصانع الإسمنت خطوة هامة في هذا الاتجاه. وأخيراً، هناك فرصة لتطوير محاصيل الطاقة المخصصة في الأراضي الصحراوية باستخدام مياه الصرف الصحي المستصلحة لأغراض الري. يشير تحليل مصادر الكتلة الحيوية المختلفة من مسح للمنشورات إلى وجود الإمكانات التالية حالياً:

- المخلفات الزراعية: حوالي 9 ملايين طن جاف، والتي تقابل 250 3 ألف طن من المكافئ النفطي في السنة، وبشكل رئيسي في صورة قش وقشور الأرز، ووقود الذرة، وقصب السكر، وتفل قصب السكر، وسيقان القطن (منظمة الأغذية والزراعة، 2017). وهذه التغذية هي تغذية محتملة إضافية على الاستخدامات الحالية.
- النفايات الصلبة البلدية: نحو 20 مليون طن في السنة، وتترجم إلى 820 3 ألف طن من المكافئ النفطي/سنة (بناءً على الوكالة الألمانية للتعاون الدولي، 2014).
- الحمأة الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف الصحي: حوالي 1 مليون طن سنوياً، أو 335 ألف طن من المكافئ النفطي في السنة (غازي وآخرون، 2011، وسعيد وآخرون، 2013).
- روث الماشية: 120-240 ألف طن من المكافئ النفطي عند تحويله إلى غاز حيوي (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي/ مرفق البيئة العالمية، 2008).
- بالإضافة إلى ذلك، هناك إمكانات لمحاصيل مخصصة تزرع في الأراضي الصحراوية المستصلحة باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة (الديواني وآخرون، 2008، وفوزي ورومانيولي، 2016).

ويمكن أن تترجم هذه التقديرات بتحفُّظ إلى ما يزيد عن 4 700 ألف طن من المكافئ النفطي سنوياً من الطاقة الحيوية في قطاعي الاستخدام النهائي وتوليد الكهرباء، وهو ما يضاعف التطور الحالي للطاقة الحيوية. على سبيل المثال، تشير تقديرات سعيد وآخرين (2013)، إلى إمكانات تقنية أعلى بكثير تساوي 9 960 ألف طن من المكافئ النفطي سنوياً.

يتمثل أحد التحديات الرئيسية لتحقيق هذه الإمكانات في تطوير سلاسل الإمداد الكافية للكتل الحيوية. ومعظم المنشآت الصناعية التي يمكن أن تستخدم الكتلة الحيوية لمعالجة الحرارة و / أو توليد الطاقة الكهربائية هي محطات مركزية واسعة النطاق تعمل على مستوى اقتصاديات تتطلب تدفقاً كبيراً من الطاقة من الداخل وعبر الحدود الوطنية.

وبناءً عليه، لا بُد من دعم تطوير سلاسل توريد الكتلة الحيوية لضمان توفير أنواع موثوقة وعالية الجودة وميسورة التكلفة من وقود الكتلة الحيوية لتلك الصناعات التي ترغب في استخدام الكتلة الحيوية، وتقوم في الوقت ذاته بتنويع مصادر الدخل للمزارع المحلية دون طرح مخاطر محتملة. وقد يستفيد مستخدمون متعددون من جوانب مختلفة من مخزون التغذية الحيوي بفضل تطوير سلاسل التوريد هذه.

قطاع الطاقة

- يتزايد توليد الكهرباء بما يفوق الضعف بين عامي 2014 و2030. وينمو توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة بشكل ملحوظ في كلٍ من الحالة المرجعية وREmap مع إضافات كبيرة من الطاقة الشمسية الكهروضوئية والطاقة الشمسية المركّزة وطاقة الرياح. وبحسب REmap، تبلغ حصة الطاقة المتجددة الإجمالية في توليد الطاقة 53% في عام 2030، وهي ضعف نسبة الـ 25% في الحالة المرجعية، وأعلى بكثير من نسبة الـ 9% في عام 2014.

- وتزيد قدرة شبكة الكهرباء من 33 جيجاوات في عام 2014 إلى 117 جيجاوات في الحالة المرجعية، كما تصل إلى 137 جيجاوات في REmap. ويظل الغاز الطبيعي أكبر مصدر لقدرة وتوليد الطاقة الكهربائية؛ ولكن الطاقة الكهروضوئية الشمسية تحتل المرتبة الثانية في REmap، تليها طاقة الرياح، ثم الطاقة الشمسية المركّزة.

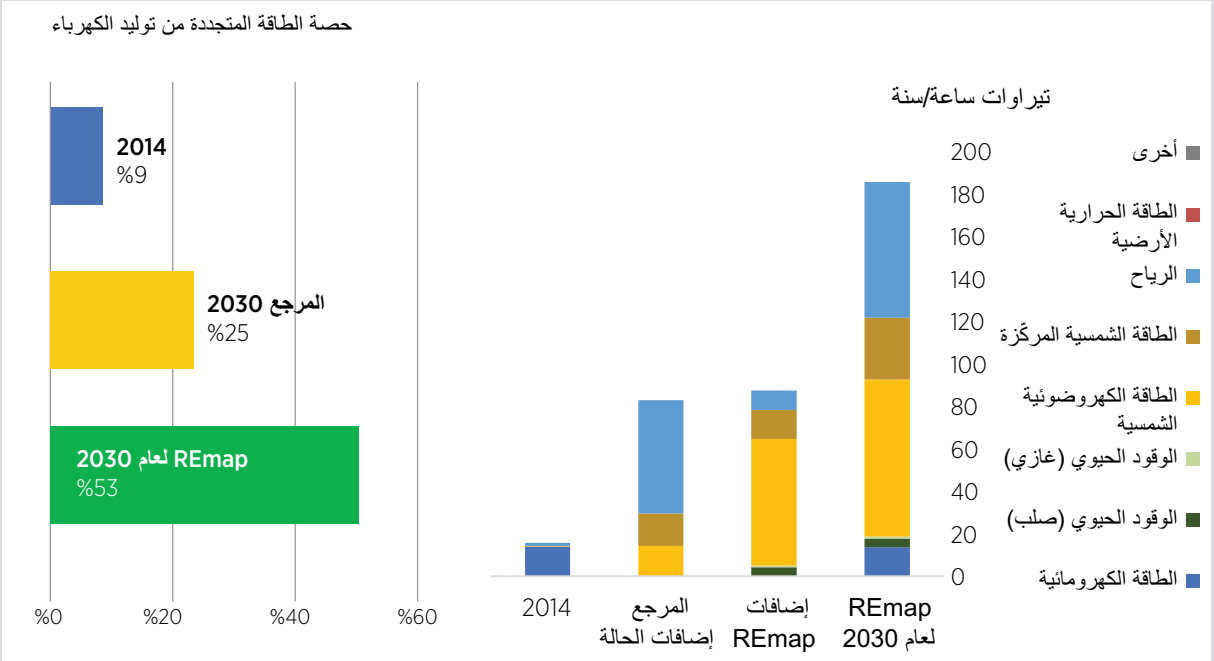
يشهد قطاع الطاقة في مصر تغيرات ملحوظة بحلول عام 2030. ويتزايد الطلب على الكهرباء بنسبة 125% تقريباً ليصل إلى 385 تيراوات/ساعة في السنة في الحالة المرجعية. ويُعزى أكثر من 80% من هذه الزيادة إلى ارتفاع الطلب على قطاع المباني نتيجة نمو عدد السكان وارتفاع الطلب على التبريد والأجهزة المنزلية. ولتلبية هذا الطلب المتزايد، تبحث مصر في مجموعة واسعة من التقنيات التقليدية والمتجددة.

ينمو توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة بشكل ملحوظ في كلٍ من الحالة المرجعية وREmap. وكما يظهر في الشكل 26، تصل حصة الطاقة المتجددة الإجمالية في توليد الطاقة إلى 53% في REmap لعام 2030، أي ضعف نسبة الـ 25% في الحالة المرجعية، وأعلى بكثير من نسبة الـ 9% في عام 2014. يبدو النمو في الحالة المرجعية مشجعاً ويشير إلى الموارد المتجددة القوية المتاحة في البلاد. ومع ذلك، تشير خيارات REmap إلى إمكانية حدوث زيادة كبيرة في مصادر الطاقة المتجددة.

وتزيد قدرة شبكة الكهرباء من 33 جيجاوات في عام 2014 إلى 117 جيجاوات في الحالة المرجعية، كما تصل إلى 137 جيجاوات في REmap. ويظل الغاز الطبيعي أكبر مصدر لقدرة وتوليد الطاقة الكهربائية؛ ولكن الطاقة الكهروضوئية الشمسية تحتل المرتبة الثانية في REmap، تليها طاقة الرياح، ثم الطاقة الشمسية المركّزة. ولا تُعزى الزيادة في قدرة النظام في REmap فقط إلى زيادة الإمداد بالكهرباء في الاستخدامات النهائية، مثل المَركبات الكهربائية، وإنما إلى عامل القدرة المنخفض للطاقة الشمسية وطاقة الرياح أيضاً، مقارنةً بمحطات الطاقة التقليدية، مما يتطلب مزيداً من القدرة المركّبة.

تختلف إضافات الطاقة المتجددة بين عامي 2014 و2030 بين الحالة المرجعية وحالة REmap (انظر الشكل 26). وتجد الحالة المرجعية أنّ ما يزيد عن نصف توليد الطاقة المتجددة الجديدة يأتي من طاقة الرياح، بينما يتوزّع الباقي بين الطاقة الشمسية الكهروضوئية والطاقة الشمسية المركزة، أما في REmap، فيأتي الجزء الأكبر من التوليد الجديد من الطاقة الشمسية الكهروضوئية. وبحسب REmap، فإن ما يقرب من نصف الإضافات من الطاقة المتجددة خلال الفترة المذكورة يأتي من الطاقة الشمسية الكهروضوئية. ويتزايد إجمالي توليد الطاقة المتجددة من 16 تيراوات/ساعة في عام 2014 إلى 186 تيراوات/ساعة في REmap عام 2030.

الشكل 26- الحصص المتجددة في قطاع الطاقة وتوليدها، 2014، 2030



وبحسب REmap، تكون الطاقة الكهروضوئية أكبر مصدر طاقة كهربائية جديد، مع 35 جيجاوات من الإضافات على 9 جيجاوات تشهدها الحالة المرجعية.

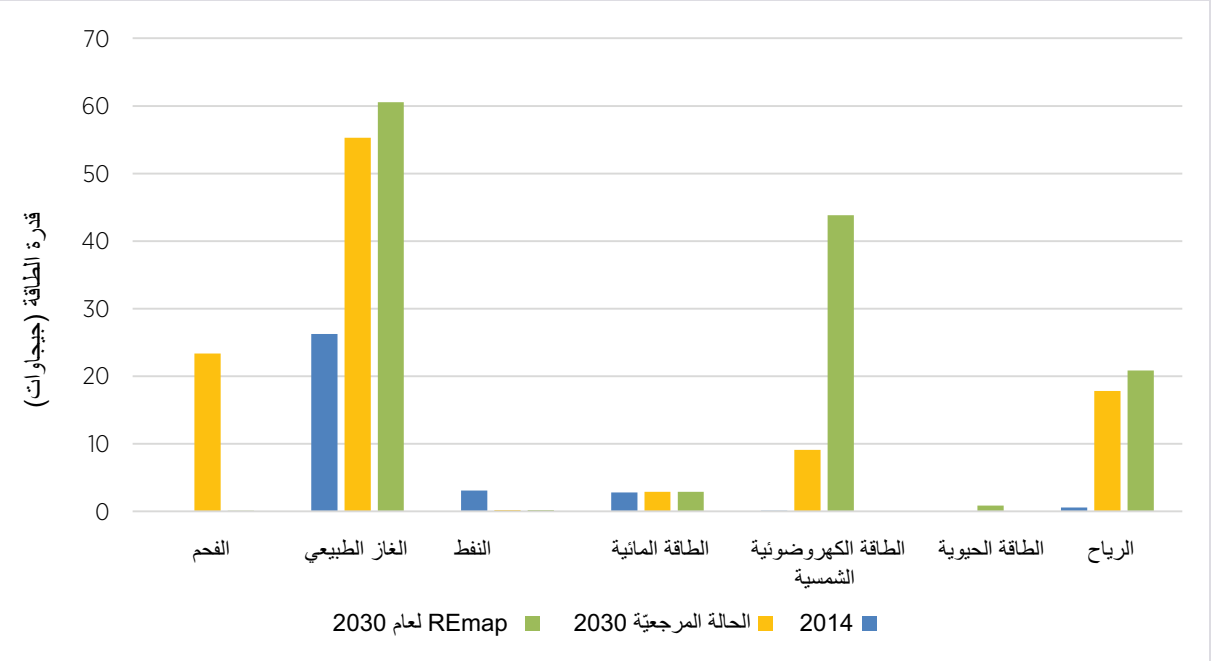
وتشهد طاقة الرياح أكبر الإضافات في الحالة المرجعية، مع تركيب ما مجموعه 18 جيجاوات بحلول عام 2030؛ وينتج عن الإضافات من خيارات REmap البالغة 3 جيجاوات ما يصل مجموعه 21 جيجاوات في حالة REmap بحلول عام 2030. وتنمو الطاقة الشمسية المركّزة بمقدار 4 جيجاوات في الحالة المرجعية و4 جيجاوات أخرى في ظل خيارات REmap. ومع ذلك، تحظى خيارات REmap بإضافات الطاقة الشمسية المركّزة التي تقترن إلى حد كبير بالتخزين.

ويبقى الغاز الطبيعي أكبر مصدر للتوليد، ويخضع لنمو قوي في الحالة المرجعية، مع قدرة إضافية تبلغ حوالي 20 جيجاوات.

كما تُظهر الحالة المرجعية نمواً قوياً في طاقة الفحم والطاقة النووية، وهما مدخلان جديدان في أسطول توليد الطاقة المصري. ومع ذلك، تحل خيارات REmap إلى حد كبير محل هذين المصدرين للطاقة، وتُضيف 5 جيجاوات أخرى من توليد الغاز الطبيعي لتساعد في تسهيل توليد الطاقة بمرونة في شبكة الكهرباء مع حصة عالية من الطاقة المتجددة المتغيرة (الشكل 27).

ويعود هذا النمو الملحوظ في الطاقة الشمسية الكهروضوئية والطاقة الشمسية المركّزة وطاقة الرياح بدرجة كبيرة إلى التحسن السريع في أحوال السوق لصالح تقنيات الطاقة هذه (التكاليف الموجزة في قسم التكلفة والمنافع في هذا الفصل) فضلاً عن القدرة على بناء محطات جديدة بسرعة لتلبية الطلب المتنامي سريعاً على الكهرباء في البلاد.

الشكل 27 - مستجدات قدرات قطاع الطاقة، 2014، 2030



يُعد استخدام الكتلة الحيوية لتوليد الطاقة محدوداً جداً في مصر حالياً. إلاّ أنَّ الاستثناء الرئيسي هو استخدام تفل قصب السكر في مصانع قصب السكر لإنتاج الكهرباء في أنظمة التوليد المشترك. ولكن، نظراً لتوافر المخلفات الزراعية التي تُحرق حالياً في الحقول أو غير المستخدمة، فإن هناك إمكانية كبيرة للنمو. وعلى وجه الخصوص، يمكن أن يشكل استخدام بقايا الأرز (القشور والقش) وتحسين كفاءة الطاقة في مصانع السكر فرصاً جديرة بالاهتمام. ولذلك تفترض خيارات REmap وجود نمو طفيف في كهرباء الطاقة الحيوية القائمة على التوليد المشترَك، ولكن المساهمة تظل متواضعة في شبكة الكهرباء إجمالاً.

وكمثال على الفرص السانحة في الصناعات القائمة على الكتلة الحيوية في مصر، تمتلك صناعة قصب السكر القدرة على زيادة توليدها لفائض الكهرباء إلى أقصى حد من خلال الاستخدام الفعال لمخلفات الكتلة الحيوية التي ينبغي تعزيزها. أمَّا المنشآت القديمة في المحطات القائمة فغالباً ما تعمل تحت ضغوط أقل، وبكفاءة حرارية منخفضة. ونظراً لتطور التكنولوجيا، وبشرط وجود الحوافز المناسبة، فإن إعادة تهيئة المحطات القديمة والترويج لتركيب أحدث التقنيات في المحطات الجديدة هو مسار يمكن اتخاذه. على سبيل المثال، قد يؤدي الاستثمار في مراجل الضغط المرتفع في أنظمة التوليد البخاري المشترك في صناعة قصب السكر إلى إمكانية توليد 30 كيلووات في الساعة لكل طن من قصب السكر في أنظمة منخفضة الكفاءة إلى 140 كيلووات/ساعة لكل طن من قصب السكر في أكثر الأنظمة تطوراً (ميتر فول، 2014). ولا بُد من تشجيع استخدام المنشآت الحديثة التي تحول الكتلة الحيوية إلى طاقة بأعلى الكفاءات، ويتوقف ذلك على آليات الحوافز الملائمة التي يتم اعتمادها.

ويُعد التوسع في خطط المشاريع المتكاملة القائمة على الكتلة الحيوية خياراً كذلك. بحث عبد الهادي وآخرون (2014) في الإمكانات التي ينطوي عليها قش الأرز لإنتاج الطاقة في مصر، وتشير التقديرات إلى أن حوالي 3 طن من قش الأرز يجري التخلص منها بالحرق في العراء كل عام، مما يتسبب في مشاكل بيئية. وفي دراستهم، أجروا تقييماً لأداء محطة توليد الطاقة التي تعمل بوقود قش الأرز ووجدوا أنها تنطوي على قدرة كبيرة لاستخدامها كوقود لتوليد الطاقة في البلاد. كما أن استخدام الغاز الحيوي المنتج من الهضم اللاهوائي للسماد الحيواني وحمأة مياه المجاري قد يعزز الإمكانيات، وفقاً لما أشارت إليه الدراسة التي أجراها سعيد *وآخرون* (2013).

إنّ خيارات REmap إذا ما نُشرت جميعها، فإن حصة الطاقة

المتجددة المتغيرة (الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية المركّزة بدون تخزين) في شبكة الكهرباء في مصر ستبلغ 40% من التوليد السنوي بحلول عام 2030. لا تحلل REmap أي نوع من معايير المرونة قد تكون مطلوبة لاستيعاب هذا القدر من طاقة الإنتاج المتغيرة. ولدى الوكالة الدولية للطاقة المتجددة مشاريع وتحليلات حول هذا الموضوع من بلدان ومناطق أخرى ولسياقات أنظمة الطاقة الكهربائية العامة. ومع ذلك، لا بُد من إجراء دراسة وتحليل آخر للنتائج في مصر من أجل إتاحة فهم أفضل للكيفية التي يمكن من خلالها لمستخدمي الكهرباء النهائيين ومشغلي الشبكات المحلية وشركات النقل والمشرِّعين الحكوميين البدء بالتخطيط لنظام طاقة كهربائية مع زيادة حصص تقنيات الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة المتغيرة.

إنّ موارد الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح غالباً ما تعمل بشكل مختلف عن محطات توليد الكهرباء التقليدية نظراً لخاصيتها المتغيّرة. اعتماداً على حصة مصادر الطاقة المتجددة المتنوّعة والميزات الخاصة بشبكة الكهرباء، وبُغيةَ ضمان توفير إمدادات كهربائية فعالة وموثوقة، فإن هذه الاختلافات قد تُحدِثُ تغييرات في طرُقِ تخطيط وتشغيل الشبكة. ويمكن أن تفرض التغيرات في مصادر الطاقة المتجدّدة المتنوّعة والقيود في التنبؤ بإنتاجها بدقة عالية تحديات جديدة أمام تخطيط وتشغيل شبكة الكهرباء. فإذا دُمجت الحصص المرتفعة من مصادر الطاقة المتجدّدة المتنوّعة، لا بُد أن تكون الشبكة قادرةً على التعامل مع حالات عدم اليقين والتغيّر التي قد تطرأ في تشغيلها.

ويبيّن تقرير نشرته الوكالة الدولية للطاقة المتجددة مؤخراً، "التخطيط لمستقبل الطاقة المتجددة: النَّمذَجة والأدوات على المدى الطويل للتوسّع في استخدام الطاقة المتجددة المتنوعة في الاقتصادات الناشئة"، وهو جزء من مشروع معالجة الطاقة المتجددة المتغيرة في تخطيط الطاقة على المدى الطويل (AVRIL)، أفضلَ الممارسات في التخطيط والنمذجة طويلة الأجل لاستيعاب حصص عالية من مصادر الطاقة المتجدّدة المتنوّعة (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2017). يجب تحديد وترسيخ متطلبات مولدات الطاقة المتجدّدة المتنوّعة لدعم التشغيل المستقر للنظام. ومن بين طرق تحقيق ذلك إجراء التحديثات لرموز الشبكة الموجودة. يوضّح تقريرٌ للوكالة الدولية للطاقة المتجددة، "توسيع نطاق الطاقة الكهربائية المتجددة المتغيرة: دور رموز الشبكة" (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2016د)، جوانبَ مختلفة من تطوير رموز توصيل الشبكة، مع الرسوم التوضيحية القُطرية التي قد تكون بمثابة مرجع لتطوير رموز الشبكة المستقبلية في مصر مع زيادة حصة الطاقة المتجددة المتغيرة.

وتشمل الجهود الإضافية تعزيز وتوسيع البنية التحتية لنقل الطاقة. كما توجد طريقة أخرى لزيادة مرونة الشبكة من خلال استخدام ما يسمى "الشبكات الذكية". وتوضّح دراسة أُجريت حول الموضوع (الوكالة الدولية للطاقة الدولية، 2013)، بالتفصيل كيف أن النشر الفعّال للشبكات الذكية قد يلعب دوراً حاسماً في تيسير تكامل الحصص الأعلى من الطاقة المتجددة. كما تدعم الشبكات الذكية الإنتاج اللامركزي للطاقة وتُمكّن من إنشاء نماذج أعمال جديدة من خلال تحسين تدفّق المعلومات. علاوةً على ذلك، تتوفّر المرونة لجهة الطلب من خلال مشاركة المستهلك وتحسين التحكم في الشبكة. تقرير آخر للوكالة الدولية للطاقة المتجددة، "الشبكات الذكية ومصادر الطاقة المتجددة: تحليل للتكلفة والمنافع للبلدان النامية (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2015)، يقدّم رؤى حول تحليل التكلفة-المنافع لأنظمة الشبكة الذكية في البلدان النامية، والتي قد تكون قابلة للتطبيق في مصر.

في السنوات الأخيرة، ومنذ صيف عام 2017، وافقت وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة على عقود جديدة لتوفير العدادات الذكية. والهدف من ذلك هو مساعدة المَرافق على تحسين إدارة وتشغيل شبكات الطاقة في البلاد. وتشكّل هذه الصفقة جزءاً من الجهود التي تبذلها الوزارة لتركيب ما يصل عدده إلى 20 مليون عدّاد ذكي في السنوات القليلة القادمة.

تسلّط نشرة الوكالة الدولية للطاقة المتجددة بشأن تكييف تصميم السوق مع الحصة المرتفعة من مصادر الطاقة المتجددة المتنوعة (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2017د) الضوء على شركات التوزيع التي ستلعب دوراً رئيسياً في نشر وتشغيل البنية التحتية المتصلة بالشبكات، مثل محطات شحن المَركبات الكهربائية في الأماكن العامة أو التخزين الموزّع. ليست لدى مصر خطط واضحة لتحقيق الانتشار الواسع لملايين المَركبات الكهربائية. ومع ذلك، تجد REmap إمكانات كبيرة، مع دخول نحو 700 000 مَركبة بحلول عام 2030. ولو كان لمصر أن تطور نظاماً لشبكة المركبات الكهربائية يسمح للمركبات الكهربائية بالمشاركة في تقديم الخدمات المساعدة للشبكة مثل تنظيم التردد، أو تبديل الحمولة، أو الاستجابة للطلب، أو دعم إدارة الطاقة في البيوت، فقد تساعد تلك الخدمات في زيادة حصص الطاقة المتجددة المتنوعة.

لا بُد أن يبدأ اليوم التخطيط لمستقبلٍ يتضمن حصصاً أعلى من احتياجات الطاقة المتجددة المتغيرة. ولفهم كيفية القيام بذلك، تُعدّ الموارد كتلك المدرجة في هذا القسم نقطة بداية لصانعي السياسات لفهم طيف واسع من الحلول التكنولوجية واللوائح التنظيمية والمقاربات السوقية التي تعالج هذه المسألة. ومع ذلك، لا بُد من إجراء دراسة وتحليل آخرَين للنتائج في مصر من أجل بلورة فهم أفضل للكيفية التي يمكن من خلالها لمستخدمي الكهرباء النهائيين ومشغلي الشبكات المحلية وشركات النقل والمشرعين الحكوميين البدء بالتخطيط لشبكة طاقة كهربائية مع زيادة في حصص تقنيات الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة المتغيرة. ويمكن أن تُستهلَّ هذه الدراسات بالتشديد على تحليل الشبكات النائية أو الريفية أو المصغّرة، والمدن والمناطق، والاستجابة للطلب، أو استخدام

العدادات الذكية، أو الشحن الكهربائي.

قطاع المباني

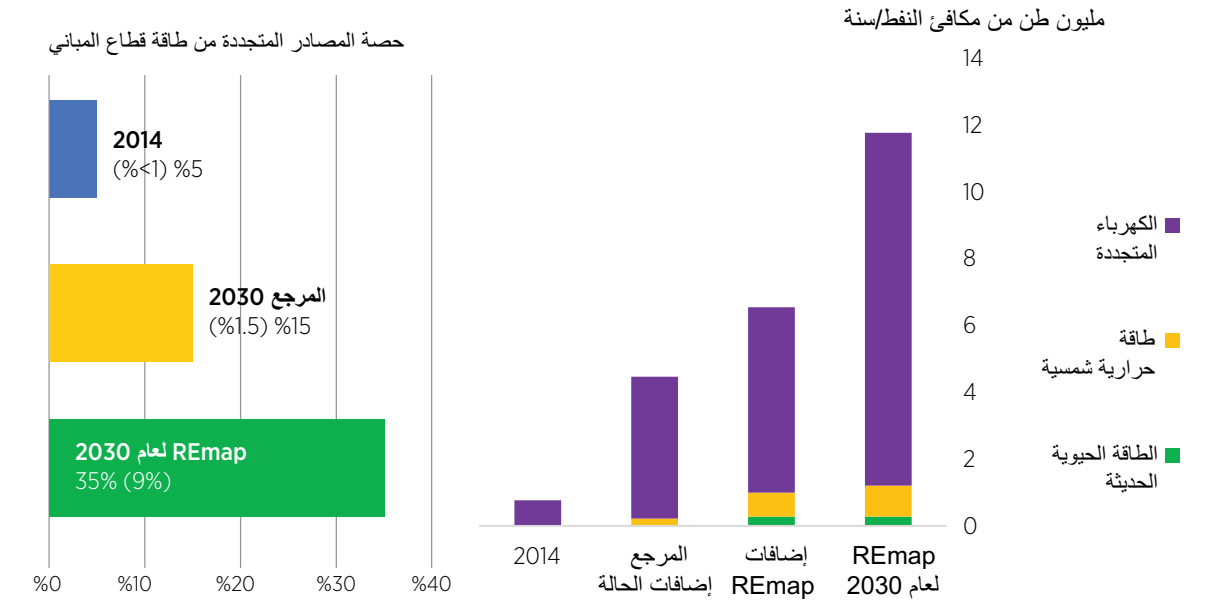
- يشهد قطاع المباني نمواً في الطلب على الطاقة بنسبة 135% خلال الفترة 2014-2030 في الحالة المرجعية. يحدث معظم هذه الزيادات بسبب النمو في استهلاك الكهرباء، ولكن بعضها يحدث أيضاً بسبب استخدام الغاز الطبيعي والنفط. تُساهم الاستخدامات التقليدية للطاقة الحيوية مساهمة بسيطة وتظل بلا تغيير في الحالة المرجعية، إذ تستوفي ما يقل عن 3% من احتياجات الطاقة في القطاع. ولا ترتفع حصة الطاقة المتجددة في الحالة المرجعية، ويعود السبب في الأغلب إلى الزيادة في الطاقة المتجددة، ولكن مع وجود بعض الإضافات أيضاً في الطاقة الشمسية الحرارية والطاقة الحيوية الحديثة.

- تركّز خيارات REmap على ثلاث تقنيات أساسية للاستخدام النهائي: الطاقة الشمسية الحرارية، والطاقة الحيوية الحديثة، والطهي باستخدام الكهرباء. إن استخدامات الطاقة الحيوية الحديثة، بما في ذلك الغاز الحيوي والكهرباء لأغراض الطهي، هي استعمالات سكنية رئيسية، إلى جانب الاستخدام المتزايد للطاقة الشمسية الحرارية لتسخين المياه. وتزيد حصة الطاقة المتجددة في الطلب على الطاقة للتدفئة والاستخدامات المباشرة الأخرى من 1.5% إلى 9% بحلول عام 2030، بينما تبلغ الحصة الإجمالية للطاقة المتجددة في القطاع عند إدراج الكهرباء 35% في عام 2030.

يتألف الطلب على الطاقة لقطاع المباني في مصر من مزيج الكهرباء للأجهزة والتبريد، وبعض الاحتياجات الحرارية المحدودة لتسخين المياه، واستخدام الوقود في الطهي. ويشهد القطاع نمواً قوياً في الطلب على الطاقة بنسبة 135% بين عامي 2014 و 2030 في الحالة المرجعية. يكون معظم هذا النمو في صورة الكهرباء المستخدمة في الأجهزة أو التبريد، والغاز الطبيعي والمنتجات النفطية (معظمها من الغاز النفطي المُسال) المستخدمة في الطهي. أما الحالة المرجعية فتشهد تغيراً لا يكاد يُذكر في استخدام الطاقة الحيوية مع مواصلة استخدام كميات قليلة من الطاقة الحيوية على هيئة استخدامات تقليدية في الطهي، وكمية قليلة من الطاقة الحرارية الشمسية المُستخدمة في تسخين المياه. وقد نتج عن هذه التطورات تغيير طفيف في حصة الطاقة المتجددة التي توفر الوقود للتدفئة أو الطهي؛ ولكن عندما يتعلق الأمر بالكهرباء المتجددة، فإن حصة الزيادة تصل إلى 15%.

تركّز خيارات REmap على ثلاث تقنيات أساسية للاستخدام النهائي: الطاقة الشمسية الحرارية، والطاقة الحيوية الحديثة، والطهي باستخدام الكهرباء. والدوافع الرئيسية هي استخدام الطاقة الحيوية الحديثة، بما في ذلك الغاز الحيوي، والكهرباء للطهي، وتنامي استخدام الطاقة الشمسية الحرارية لتسخين المياه في الأغلب. في REmap، ترتفع حصة مصادر الطاقة المتجددة التي توفر الطاقة للتدفئة والاستخدامات المباشرة الأخرى من 1.5% إلى 9%، بينما تبلغ الحصة الإجمالية المتجددة في القطاع عند تضمين الكهرباء 35% (الشكل 28).

الشكل 28- حصة قطاع المباني من الطاقة المتجددة والإضافات تحت مسمى مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة، 2014، 2030



ملاحظة: يعرض الشكل حصّتين من حصص الطاقة المتجددة؛ إذ إنّ حصة الطاقة المتجددة في قطاع الطاقة تُظهر الحصة كنسبة مئوية من كل الطاقة المستهلكة في هذا القطاع، بما في ذلك الوقود والاستخدامات المباشرة والكهرباء. وتظهر الحصة الواردة بين قوسين حصة الطاقة المتجددة من الطاقة النهائية المستهلكة في القطاع باستثناء الكهرباء، أي فقط الوقود والاستخدامات المباشرة.

تستخدم الطاقة الشمسية الحرارية في تسخين المياه في مصر منذ عقود، غير أنها تنطوي على إمكانات إضافية كبيرة. وتشهد REmap إضافة بنحو 5.2 جيجاوات من الطاقة الحرارية، أو حوالي 000 125 من الأنظمة متوسطة الحجم. وتُركّب هذه الأنظمة في المباني ذات الطلب الأكبر على التدفئة، مثل الفنادق والمباني التجارية والمجمعات السكنية. وتتمكن الأنظمة الحرارية الشمسية في REmap من تلبية حوالي 3% من الطلب على قطاع المباني.

يكون استخدام الطاقة الحيوية في القطاع السكني عادةً موضع جدل لأن الإحصاءات لا تكون موثوقة، فضلاً عن صعوبة الحصول عليها. إن التقييم العادل لاستخدام الطاقة الحيوية في هذا القطاع ضروري بالاستناد إلى الدراسات الاستقصائية الأسرية من أجل توجيه عملية صنع السياسات. وبشكل عام، تكون الاستخدامات التقليدية لمخلفات الكتلة الحيوية الصلبة الناتجة عن الزراعة والثروة الحيوانية ذات أهمية كبيرة في المناطق التي لا يتاح فيها سوى أنواع قليلة من وقود الطهي البديلة بأسعار ميسورة مثل غاز النفط المُسال والغاز الحيوي والكهرباء.

وفي مثل هذه الحالات، يمكن لاستخدام مواقد حديثة ونظيفة للطهي تحتوي على وقود بيولوجي صلب محسّن (بصورة قوالب أو كريّات، على سبيل المثال) أن يحسّن بشكل كبير استعمال الكتلة الحيوية الصلبة للتدفئة والطهي، وعلى نحو أهم، الحد من تلوث الهواء الداخلي، مع إدخال تحسينات قوية على الأحوال الصحية. ولمواقد الطهي الحديثة هذه كفاءة أكبر بأربعة أضعاف مقارنة بأساليب الطهي التقليدية، مما يقلص الوقت المستغرق في الطهي مثلما يخفّض تلوث الهواء الداخلي.

وقد حظيت مواقد الطهي التي تعتمد على هلام الإيثانول باهتمام في السنوات الأخيرة، مع نتائج واعدة في بلدان أفريقية وآسيوية مختلفة. أما الغاز الحيوي فهو بديل آخر، وذلك عند استخدامه مع دعم مناسب على المدى الطويل لضمان الصيانة الكافية لعوامل التحلل الحيوي وتحقيق نتائج إيجابية. وفي الحالة المرجعية، تظلّ هناك كمية قليلة من الاستخدام التقليدي للطاقة الحيوية، وإلى حد كبير في المناطق الريفية ومناطق النيل الأعلى في مصر. وفي REmap، من المفترض أن تُستبدل معظم الطاقة الحيوية التقليدية المتبقية بمواقد طهي عاملة بالكتلة الحيوية الصلبة الحديثة، وكذلك بعض وحدات الغاز الحيوي.

يُعتبَر الطهي باستخدام الكهرباء خياراً إضافياً، وهو اتجاه واضح في الدول المتقدمة، إلاّ أنَّ الإقبال يتفاوت بشكل كبير. ويتمثل التحدي أمام الانتشار الواسع في البلدان النامية في الحاجة إلى ربط شبكي، فتقنيات لفائف التسخين الكهربائي القديمة ذات 4 حلقات لها قدرة 1.5 كيلووات وقد تتطلب 0.5-1.5 كيلووات في أثناء التشغيل. أما تقنيات الطهي بالتوصيل الكهربائي الجديدة فقد انخفضت أسعارها بشكل ملحوظ في السنوات القليلة الماضية وهي تتصف بكفاءة أعلى واستهلاك أقل للكهرباء. فبينما تحتاج تقنيات لفائف التسخين الكهربائي إلى 2.0 كيلووات لتوليد 1.1 كيلووات من الحرارة (كفاءة 55%)، للغاز الطبيعي كفاءة مماثلة بنسبة 50% ولغاز النفط المُسال كفاءة تصل إلى 40%، وكفاءة توصيل كهربائي أقرب إلى 90%. لذلك قد تُصبح تقنيات الطهي الكهربائية الحديثة وسيلةً للحد من استخدام غاز النفط المُسال أو أنواع الوقود الأخرى ولتوفير الأموال على المستهلكين.

يُعد التبريد أحد المصادر الكبرى للطلب على الكهرباء في قطاع المباني. ومع أن كل هذه الزيادة تقريباً في الطلب على التبريد سوف تُلبّى بمكيفات الهواء التقليدية التي تشهد زيادة في كفاءتها، تظل هذه المكيفات في حاجة إلى كميات كبيرة من الكهرباء. وتوجد حلول بالفعل لتلبية الطلب على التبريد من خلال التقنيات والأساليب الجديدة. فعلى سبيل المثال، يُعد تبريد المناطق خياراً في مشاريع التطوير العقاري السكني الجديدة، ولجهات الاستخدام التجاري الكبيرة والفنادق، حيث يمكن لوحدة التبريد المركزية ذات الكفاءة العالية أن توفّر إما الماء المبرد أو الهواء المبرد لعدد كبير من المجمعات أو المباني. بيّنت دراسة حديثة أجرتها الوكالة الدولية للطاقة المتجددة الفُرصة المتاحة لهذه التكنولوجيا بمزيد من التفصيل (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2017د). ويمكن في حالات معينة أيضاً وضع بعض التقنيات في الاعتبار، مثل التخزين البارد. فخلال الليل أو في الأوقات التي تكون فيها الكهرباء وفيرة (من توليد الطاقة المتجددة المتنوعة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح)، يُنتَج الثلج ويُخزّن ثم يُستخدم عند الحاجة إلى التبريد حينما تكون الكهرباء قليلة أو مكلفة.

القطاع الصناعي

- يُعدّ الطلب على الطاقة في القطاع الصناعي الأكبر من بين جميع قطاعات الاستخدام النهائي في مصر ويشهد أكبر نمو في الطلب على الطاقة، مع ارتفاع بنسبة 150% تقريباً بين عامي 2014 و2030. في الحالة المرجعية، يُلبّى ما نسبته 80% من هذا النمو بواسطة الوقود الأحفوري، مع تلبية معظم النسبة المتبقية من خلال زيادة الطلب على الكهرباء والنمو الطفيف في الطاقة الحيوية. وتظلّ حصة الطاقة المتجددة في القطاع عند مستويات تاريخية عموماً، وتبلغ نحو 13% في الحالة المرجعية.

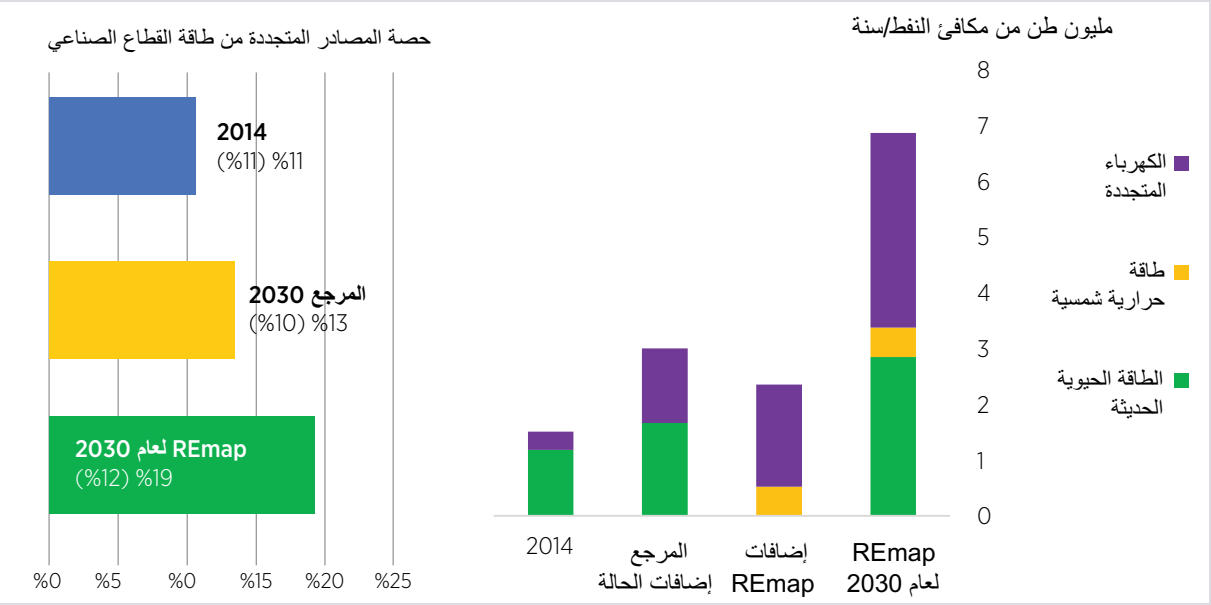
- التكنولوجيا الرئيسية المستخدمة في حالة REmap هي الطاقة الشمسية الحرارية، المستخدمة في استعمالات التدفئة الصناعية والتدفئة المسبقة. وتنمو حصة الطاقة المتجددة في القطاع نمواً طفيفاً لتصل إلى 19%.

يشهد القطاع الصناعي أكبر نمو في الطلب على الطاقة مقارنةً بأي قطاع استخدام نهائي آخر، مع نمو بنسبة 150% تقريباً بحلول عام 2030. ويلبي الوقود الأحفوري نسبة 80% من هذا النمو في الحالة المرجعية، مع وجود أكبر الزيادات في المنتجات النفطية، متبوعةً بالغاز الطبيعي والفحم. ويُلبّى الجزء المتبقي من الزيادة في الطلب على الطاقة بواسطة الكهرباء، متبوعةً بكميات صغيرة من الطاقة الحيوية. وعلى امتداد الفترة، تظل حصة الطاقة المتجددة، عند النظر إليها من حيث الوقود والاستخدامات المباشرة للطاقة، ثابتةً إلى حد ما عند حوالي 10% في الحالة المرجعية (انظر الشكل 29).

وبشكل عام، يتطلب القطاع الصناعي طاقة على هيئة كهرباء ووقود للاحتراق من أجل الحرارة المستخدمة في العمليات. وبالنسبة إلى الحرارة، تُعد الطاقة الحيوية عادة حلاً متجدداً أساسياً بسبب قابليتها للاحتراق لإنتاج حرارة معالجة بدرجة حرارة أعلى. ومع ذلك، فإن إمداد الطاقة الحيوية محدود في القطاع الصناعي في مصر ولا يُفترض بالتالي وجود إمكانية إضافية في حالة REmap. تُعد الطاقة الشمسية الحرارية التكنولوجيا الرئيسية المفترضة لزيادة الحرارة المتجددة في خيارات REmap في الصناعة، وعلى وجه التحديد التقنيات ذات درجات الحرارة المنخفضة المستخدمة بشكل رئيسي في معالجة الأغذية للتسخين المسبق والتجفيف، أو الاستخدامات الأخرى ذات درجة الحرارة المنخفضة إلى المتوسطة في القطاعات الفرعية للنسيج والمواد الكيميائية. ومع ذلك، لا تزيد هذه الإضافات عن 3 جيجاوات حراري تقريباً من الأنظمة الحرارية الشمسية، التي يمكن أن توفر حوالي 1.5% من الطاقة في القطاع.

ومع ذلك، فإن سوق الطاقة الحيوية نشطة جداً في الاستخدامات الصناعية. فاستخدام تفل القصب في أنظمة التوليد المشترك في صناعة قصب السكر يُعدّ مثالاً جيداً، ولكن قطاع الإسمنت يلعب أيضاً دوراً بارزاً في الوقت الحالي في استخدام الكتلة الحيوية كبديلٍ للوقود الأحفوري في مصر. وقد استُخدمت بنجاح المخلفات الزراعية والوقود المستخلص من الفضلات المنتجة من النفايات الصلبة البلدية وحمأة مياه المجاري المجففة من مياه الصرف الصحي في بعض مصانع الإسمنت وهناك إمكانات تسمح بالتوسّع. وحالياً يُلبّي قطاع الإسمنت ما يزيد قليلاً عن 6% من احتياجاته من الطاقة الحرارية باستخدام أنواع الوقود البديلة مثل المخلفات الزراعية والوقود المستخلص من الفضلات وحمأة مياه المجاري المجففة (مؤسسة التمويل الدولية، 2016). ولكن إمكانية النمو قائمة حيثما تتوفر موارد الكتلة الحيوية، وقد يرتفع معدل الإحلال فنياً إلى مستويات أعلى (تظهر التجربة الدولية معدلات إحلال تصل حتى إلى 40%). وأجرت مؤسسة التمويل الدولية مؤخراً تحليلاً للقطاع في مصر وتوقعت أن تتضاعف حصة أنواع الوقود البديلة في أسوأ السيناريوهات مع ارتفاعها بنسبة تصل إلى 13%، مع احتمال بلوغها 30%. كما أن هذا سيُفيد في تطوير حلول أكثر استدامة لإدارة النفايات من خلال دمج القيمة المضافة لجمع ومعالجة النفايات الصلبة والمخلفات الزراعية ومعالجة مياه الصرف الصحي معالجةً كافية.

الشكل 29- حصة قطاع الصناعة من الطاقة المتجددة والإضافات تحت مسمى مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة، 2014، 2030



ملاحظة: يعرض الشكل حصّتين من حصص الطاقة المتجددة؛ إذ إنّ حصة الطاقة المتجددة في قطاع الطاقة تُظهر الحصة كنسبة مئوية من كل الطاقة المستهلكة في هذا القطاع، بما في ذلك الوقود والاستخدامات المباشرة والكهرباء. وتظهر الحصة الواردة بين قوسين حصة الطاقة المتجددة من الطاقة النهائية المستهلكة في القطاع باستثناء الكهرباء، أي فقط الوقود والاستخدامات المباشرة.

قطاع النقل

- يشهد قطاع النقل زيادة في الطلب على الطاقة بنسبة 93% بين عامي 2014 و2030. وتلبي المنتجات النفطية 95% من هذه الزيادة على الطلب، مع إضافات قليلة من الوقود الحيوي السائل والكهرباء. وتبقى حصة الطاقة المتجددة في القطاع عند مستويات تبلغ حوالي 2% فقط في الحالة المرجعية.

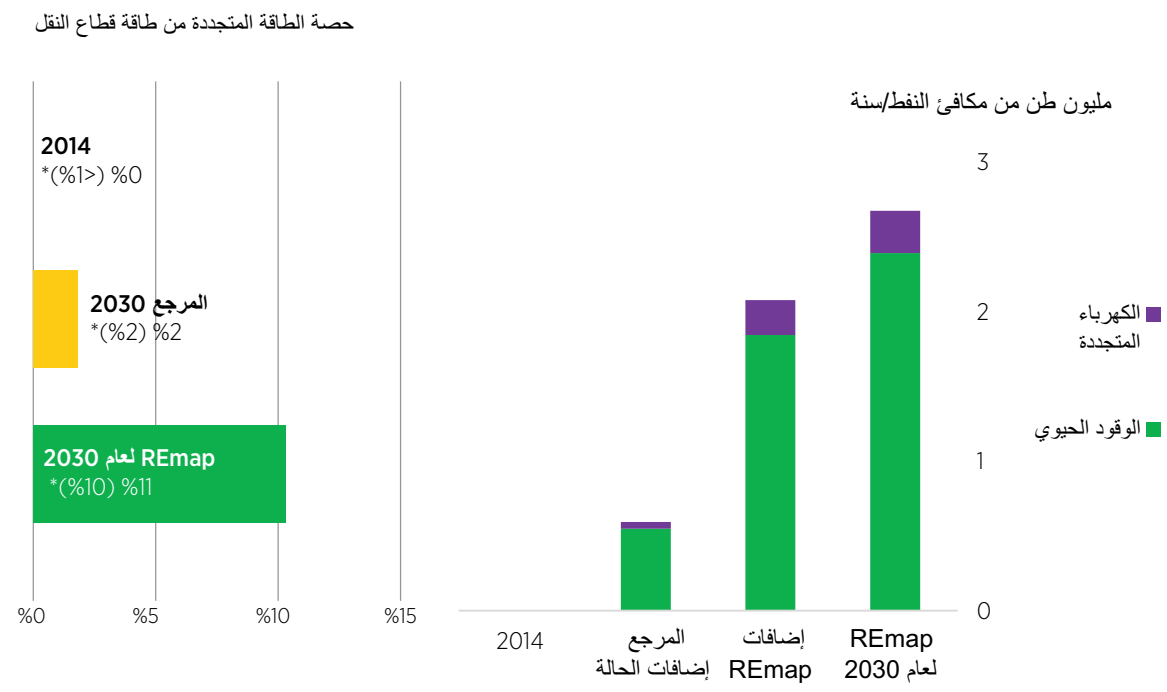
- أما REmap فتركّز على تحديد إمكانات المركبات الكهربائية في الأوضاع المختلفة، ونتيجة لذلك يرتفع الطلب على الكهرباء في القطاع إلى ثلاثة أضعاف تقريباً. من المتوقع أن يصل إجمالي عدد حافلات الركاب الكهربائية التي تدخل الخدمة بحلول عام 2030 إلى 700 000، وسوف تزيد حصة الطاقة المتجددة في القطاع إلى 11%. وتفترض REmap أيضاً كمية إضافية من الوقود الحيوي السائل، وتحديداً الديزل الحيوي.

يشهد قطاع النقل في مصر نمواً قوياً في الطلب على الطاقة، إذ ارتفع بنسبة 93%، وتلبّي المنتجات النفطية كل هذه الزيادة تقريباً. ويُعدّ قطاع النقل من الناحية التقليدية القطاع الأكثر صعوبةً لناحية زيادة استخدامه للطاقة المتجددة. في الحالة المرجعية لا يتغيّر مزيج الوقود سوى تغيّراً بسيطاً. وهناك نمو طفيف في الوقود الحيوي السائل، إذ يبلغ نحو 2% من طاقة القطاع، وأما استخدام الكهرباء فيرتفع ارتفاعاً هامشياً.

ونظراً للمعوقات الشديدة في توافر الأراضي الزراعية وموارد المياه، فإن تطوير محاصيل الطاقة الحيوية لإنتاج الوقود الحيوي السائل يواجه تحديات كبيرة في البلاد، ولا يُعد استخدام الوقود الحيوي في النقل ذا أهمية في مصر. ولكن هناك حلول بديلة يمكن التماسها في السعي نحو تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري في أساطيل مركبات البنزين والديزل.

ونظراً للمساحات الشاسعة من الأراضي الصحراوية، فإن زراعة محاصيل الطاقة في هذه الأراضي باستخدام مياه الصرف الصحي المستصلحة يُعد خياراً بديلاً. وقد سُجّلت في الواقع تجارب إيجابية في استخدام مياه الصرف الصحي المعالَجة التي لا تحقق معايير الجودة المطلوبة في الاستخدامات الأخرى، وذلك في أغراض ري المحاصيل غير الصالحة للأكل في الأراضي

الشكل 30- حصة قطاع النقل من الطاقة المتجددة والإضافات تحت مسمى مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة، 2014، 2030



ملاحظة: يُعد استخدام الكهرباء في تقنيات النقل، مثل المركبات الكهربائية، أكثر كفاءة من الوقود السائل على نحو كبير عندما يُنظر إليه من حيث الطاقة النهائية (الشكل الأيمن). أما عند النظر إليه من حيث النشاط، مثل الكيلومترات التي يقطعها الركاب، فإنّ وحدة الكهرباء الواحدة قادرة على توفير الخدمة بمعدل يزيد مرّتين إلى أربع مرّات مقارنةً بالوقود الكهربائي. لذلك، يُضعف هذا الرقم إلى حد كبير من تأثير الكهرباء في وسائل النقل مثل خدمات نقل الركاب، ويظهر في خيارات REmap بنسبة 25% من المخزون الكهربائي للسيارة ويوفّر نحو 40% من خدمة الركاب. يعرض الشكل أيضاً حصّتين من حصص الطاقة المتجددة؛ إذ إنّ حصة الطاقة المتجددة في قطاع الطاقة تُظهر الحصة كنسبة مئوية من كل الطاقة المستهلكة في هذا القطاع، بما في ذلك الوقود والاستخدامات المباشرة والكهرباء. وتظهر الحصة الواردة بين قوسين حصة الطاقة المتجددة من الطاقة النهائية المستهلكة في القطاع باستثناء الكهرباء، أي الوقود فقط.

الصحراوية (وهاب، 2013). وتشمل هذه المحاصيلُ محاصيلَ الطاقة مثل الجاتروفا، والتي يمكن استخدامها في إنتاج وقود الديزل الحيوي. وخلص فوزي وورومانيولي (2016) والديواني وآخرون (2008) إلى أن إنتاج الديزل الحيوي من الجاتروفا في مصر سيعود بمنافع بيئية كثيرة، مثل مكافحة التصحر، وبآثار أقل مقارنةً بوقود الديزل الأحفوري. في ضوء النتائج التجريبية والافتراضات الاقتصادية، فإن الآفاق قد تكون إيجابية.

ويتمثل بديلٌ آخر في إنتاج الإيثانول السليلوزي. إنّ مخلفات الكتلة الحيوية السليلوزية من إنتاج المحاصيل، مثل قش الأرز وبقايا الذرة ومخلفات قصب السكر، تمثّل مواد مرشحة مناسبة لإنتاج الإيثانول وفقاً لما يذكره سعيد وآخرون. (2013) وتوفيق وآخرون. (2013). وتخلص كلتا الدراستين إلى أن مخلفات المحاصيل، وخصوصاً قش الأرز، تمثل مرشحاً مناسباً كمصدر للطاقة المتجددة في مصر، ويمكن استخدامه في إنتاج الإيثانول وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري.

يخضع الوقود الحيوي للبحث حالياً بكونه طريقة لحل مشكلة النفايات البلدية والزراعية بدلاً من كونه فرصة للطاقة، بحيث تكون الطاقة مجرّد منتج ثانوي. وفي هذا الخصوص هناك إمكانات كبيرة للنهوض باستخدامات الوقود الحيوي، لأن التخلص من الكربون في قطاع النقل لا يمكن أن يعتمد على الكهرباء وحدها. وقد يؤدي الشروع في إنتاج الوقود الحيوي السائل لتشغيل قطاع الطيران والشحن الثقيل إلى تعزيز الصناعة المحلية، بينما يساهم أيضاً في أي هدف مَعني بتأمين الطاقة. ولهذه الأسباب، تفترض REmap ظهور بعض الإضافات من الوقود الحيوي السائل. ويشكّل الديزل الحيوي نحو 90% من إمدادات الوقود الحيوي السائل، وفي الأغلب من الجاتروفا، فيما يشكّل مزيج من مخلفات قصب السكر النسبة الباقية. وإجمالاً، يمكن تلبية 10% تقريباً من طاقة القطاع بواسطة الوقود الحيوي السائل.

وتؤكد REmap أيضاً على التنقل الكهربائي في قطاع النقل. فالمركبات الكهربائية تُعد من التقنيات الناشئة القادرة على توفير رابط ذي أهمية مع شبكة الكهرباء عند اقترانها بمصادر الطاقة المتجددة المتنوعة، ومنها الطاقة الشمسية الكهروضوئية أو طاقة الرياح، والتي ستتمكن مصر من خلالها من توليد كهرباء بقدرةٍ كبيرة. كما أنّ المركبات الكهربائية هي وسيلة لخفض مستويات تلوث الهواء في المناطق الحضرية. ولا تجد الحالة المرجعية أي زيادة ملحوظة في عدد المركبات الكهربائية في شوارع مصر. ولكنّ REmap تشير إلى دخول ما يزيد عن 700 000 مركبة كهربائية إلى الخدمة بحلول عام 2030، وهو ما يمثّل 25% من إجمالي عدد السيارات ونحو 40% من نشاط نقل الركاب على الطرق، ويوفّر 8 جيجاوات ساعة من قدرة التخزين المحتملة.

تتخذ المركبات الكهربائية أشكالاً أخرى عدا السيارات، إذ تنتشر كذلك المركبات التي تسير على عجلتين وثلاث عجلات، ولا سيّما في المناطق الحضرية، وتشير توقعات REmap إلى انتشار أكثر من 1.5 مليون مركبة في الطرقات. بالإضافة إلى ذلك، ستُعتمد أيضاً المَركبات الكهربائية الأكبر حجماً. كذلك فقد بدأت الحافلات الكهربائية تظهر كأحد الحلول الرئيسية في وسائل النقل العام ذات الاستخدامات على امتداد خطوط نقل بعينها داخل نطاقات معينة، أو حيثما تتسنّى طرق الشحن العلوي أو الشحن المتقطع أو الشحن الطرفي النهائي. وتشهد مركبات الشحن الخفيف المُستخدمة في الخدمات، مثل توصيل الطرود أو استخدامات أساطيل المركبات، اعتمادها أيضاً لأشكال التنقل الكهربائي.

3-4 تكاليف ومنافع الطاقة المتجددة

استعرضت الأقسام السابقة إمكانية تسريع الإقبال على الطاقة المتجددة وناقشت التقنيات عبر جميع قطاعات الطاقة. ويُحدد هذا القسم التكاليف والمنافع المصاحبة لنشر موارد الطاقة المتجددة، ويناقش مستوى الاستثمار المطلوب.

تُقدّر REmap التكاليف والمنافع بالاستعانة بمؤشرات متنوعة، ومن بينها:

- منهجية بديلة توضح بالتفصيل ما إذا كانت هناك تكلفة متزايدة أو توفير من إحدى تقنيات الطاقة المتجددة بالمقارنة مع تقنية تقليدية بديلة. ويفحص هذا المنظور فقط التكلفة المصاحبة لخدمات الطاقة، أي التكلفة النسبية لتوفير نفس الكمية من الطاقة من تقنية متجددة مقابل تقنية تقليدية. ويُظهر مجموع هذه التكاليف ما إذا كانت هناك تكاليف أو ادّخارات تراكمية في نظام الطاقة.

- تقييم للعوامل الخارجية يُقدّر الانخفاضات الكمّية في التكاليف الجانبية نظراً للمستويات الأدنى من تلوّث الهواء وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون.

- تقييم لمستوى الاستثمار المطلوب لنشر كامل قدرة الطاقة المتجددة المحددة في الحالة المرجعيّة وحالة REmap؛ ولا تشكّل البنية التحتية التكميلية جزءاً من التقييم.

للاطّلاع على مزيدٍ من المعلومات حول النهج والمنهجية، يُرجى الرجوع إلى الملحق 1.

التكاليف والوفورات

- تؤدي خيارات REmap إلى انخفاض في تكاليف نظام الطاقة بما يقرب من 0.9 مليار دولار أمريكي في عام 2030، وهو ما يكافئ 7.0- دولاراً أمريكياً لكل ميجاوات /ساعة. وتؤدي أيضاً إلى انخفاضات في التكاليف الجانبية تبلغ 8.1 مليار دولار أمريكي سنوياً كمعدّل وسطي في عام 2030. ولذلك فإنّ حزمة التقنيات المتجددة هي أرخص تكلفةً من البدائل الأحفورية وتفضي كذلك إلى تخفيضات ملحوظة في التكاليف الجانبية.

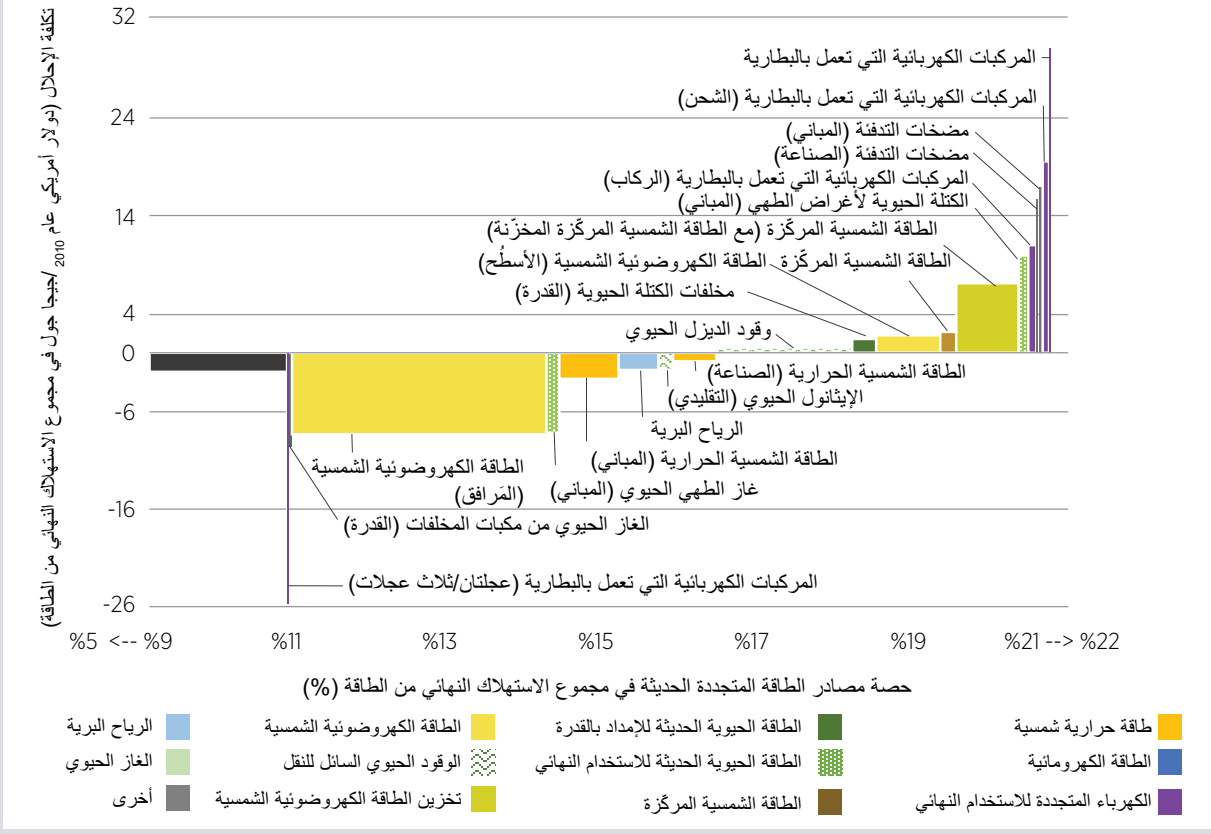
تُعدّ تكلفة الإحلال أساساً لمقارنة عامل الجذب النسبي لتقنيات الطاقة المتجددة مقابل التقليدية. وهذه المتغيرات التقليدية هي تقنيات توجد في الحالة المرجعيّة وتُستبدَل بالتقنيات المتجددة في خيارات REmap.

وعليه، تقيس تكلفة الإحلال التكلفة أو التوفير النسبيين من جرَّاء هذا الإحلال، أي كيفية تغيّر تكلفة خدمات الطاقة إذا ما نُشرت تقنية متجددة بدلاً من تقنية تقليدية. ويمكن عرضها على مستوى كل تكنولوجيا بمفردها باستخدام منحنيات تكلفة-تغذية الطاقة كما يظهر في الشكل 31، أو من خلال مقاييس أخرى مثل التكلفة الهامشية لتخفيف آثار ثاني أكسيد الكربون.

ويمكن لعوامل متنوّعة أن تؤثّر في التكلفة الإحلالية، وهي تشمل التكلفة الرأسمالية للتقنيات، وخصائص أدائها، ومعدّل الخصم المفترَض (المعدّل المرجّح لتكلفة رأس المال) وتكاليف الوقود. كما أن التكلفة تكون مدفوعة بنوع التقنية التقليدية المستبدَلة، أي إذا ما استُبدل الفحم، والذي يتميز بتكاليف وقود منخفضة، فعلى الأرجح أن تكون التكلفة الإحلالية أعلى من التكلفة الإحلالية للنفط مع تكاليف الوقود المرتفعة.

ويعتمد نوع التقنية التقليدية المستبدلة على عوامل تشمل القطاع المعنيّ، وعُمر المخزون الرأسمالي العامل، والإضافات الجديدة المزمعة. وبسبب النمو السريع في الطلب على الطاقة في مصر، ينظر هذا التقييم فقط في إما (أ) بلوغ المخزون الرأسمالي نهاية عمره التشغيلي وحاجته إلى الإحلال أو (ب) المخزون الرأسمالي الجديد على امتداد فترة التحليل. ولذلك، ليست هناك أي تكاليف إضافية لأخذ الاستغناء المبكّر بعين الاعتبار.

الشكل 31- منحنى التكلفة-الإمداد لخيارات REmap، المنظور الحكومي



ملاحظة: GJ = جيجاجول (جج).

تظهر نتيجة هذه الطريقة الإحلالية في الشكل 31، ويعرض الشكل منحنى التكلفة-الإمداد، ويُظهر على المحور y التكلفة الإحلالية للتقنية (المتوسط لأي تقنية متجددة) (خيار REmap) مقارنةً بمتغيّر تقليدي. وتُعرض التكلفة بالدولار الأمريكي لكل جيجاجول من الطاقة النهائية (3.6 جج تساوي 1 ميجاوات ساعة). وعلى المحور x، تظهر حصة الطاقة المتجددة في مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة. ولذلك، يتوافق عرضُ العمود مباشرةً مع كمية الطاقة المستهلكة من ذلك المصدر بمثابة طاقة نهائية. وكلما اتسع العمود زاد استهلاك الطاقة، وبالتالي ارتفع مقدار القدرة المطلوبة.

ويُظهر المنحنى أن مصر تزيد حصة الطاقة المتجددة في مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة من 5% في عام 2014 إلى 11% في الحالة المرجعيّة بحلول عام 2030. وتُضاعف خيارات REmap هذه الحصّة بحيث تبلغ الموارد المتجددة 22% من مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة بحلول عام 2030. ولغرض العرض التقديمي، وُضع مقياس الحالة المرجعيّة بحيث يُظهر بشكلٍ أفضل أعمدة خيار REmap في الشكل.

يبلغ متوسّط التكلفة الإحلالية لمجموعة التقنيات المتجددة، أي خيارات REmap، 7.0- دولاراً أمريكياً لكل ميجاوات/ساعة (1.9- دولاراً أمريكياً لكل جيجاجول في الشكل)، وهو ما يكافئ توفير 0.7 سنتاً أمريكياً لكل كيلووات ساعة. ويعني ذلك أن حزمة التقنيات المتجددة المعرّفة في REmap إذا ما نُشرت، فإن التكلفة لكل ميجاوات/ساعة من الطاقة النهائية عبر نظام الطاقة في مصر سيكون أقل بمقدار 7.0 دولاراً أمريكياً لكل ميجاوات/ساعة. غير أن هذا التأثير يجري عبر كامل سوق الطاقة في مصر ولا يشمل العوامل الجانبية المخفّضة، والتي إذا جرى استيعابها داخلياً في أسعار الطاقة فإنها ستُفضي إلى مزيد من الوفورات، أو إلى الحاجة المحتملة بزيادة الاستثمارات في البنية التحتية. وإذا ما حُسبت خيارات تقنية الطاقة فقط فسوف تبلغ تكلفتها الإحلالية في المتوسط 14.0- دولاراً أمريكياً لكل ميجاوات/ساعة.

وعند دراسة تقنيات معينة، سوف تُلاحَظُ كيفية اختلاف التكلفة التنافسية لخيارات REmap. وتشمل معظم التقنيات الميسورة التكلفة الطاقة الكهروضوئية الشمسية في قطاع الطاقة وأنظمة المياه الساخنة الحرارية الشمسية في المباني. وأما المصدر الآخر للإمكانات المتجددة الفعّالة من حيث التكلفة فهي طاقة الرياح؛ غير أنّ إمكاناتها محدودة نظراً للنمو الكبير الجاري فعلاً في الحالة المرجعيّة. وفي قطاع الصناعة، تُعد إمكانية التدفئة الحرارية الشمسية في الاستخدامات ذات درجة الحرارة المنخفضة (< 150° درجة مئوية) تنافسيةً من حيث التكلفة؛ غير أنّ إمكاناتها محدودة. وتعدّ الطاقة الشمسية المركّزة تقنية هامّة يمكن أن تقترن بالتخزين، وفي المنحنى تكون التكلفة الإحلالية إيجابية لكل من الطاقة الشمسية المركّزة مع التخزين وبدونه.

تُظهر تقنيات قطاع النقل صورة مختلطة. كما أنَّ للوقود الحيوي السائل تكاليف إحلال إيجابية، مثلما هي حال المَركبات الكهربائية. ولا تُظهر المَركبات الكهربائية إمكانية كبيرة في المنحنى؛ ولكن ذلك لا يعود إلى محدودية انتشارها، بل ناتجٌ بالأحرى عمّا هو معروض في المنحنى. فمن ناحية، تُعد المَركبات الكهربائية ذات كفاءة عالية وهي أكثر كفاءة من محرّكات الاحتراق الداخلي بثلاث إلى أربع مرّات في المتوسط، مما يعني أنها تستهلك رُبع مقدار الطاقة لتقديم نفس المقدار من خدمة نقل الركاب أو نقل البضائع. علاوةً على ذلك، يُظهر المنحنى فقط حصة الكهرباء المتجددة التي تستهلكها تلك المَركبات، أي نحو رُبع الطلب على الكهرباء لفئتها. لذلك، إذا ما عُرضت كل الكهرباء التي استهلكتها المَركبات الكهربائية فسوف يكون مقدار المُساهمة أعلى بمقدار أربع مرّات. ولهذه الأسباب لا يشكّل هذا الرقم الطريقة الأفضل لعرض الأهمية النسبية للمَركبات الكهربائية، أو التقنيات الكهربائية عموماً. كذلك، ولكونها تقنيات تستخدم لتلبية الطلب فإنها لا تنتج الطاقة، ولكن بسبب أهميتها في زيادة الحصة المتجددة من الطاقة في النقل (من خلال تحويل استهلاك الطاقة إلى قطاع الكهرباء حيث تُتاح خيارات تقنية متجددة وافرة) وتأثيرها المفيد على التلوث الهوائي، فإنها تظهر في المنحنى.

يُظهر الشكل 32 كيفية تأثر تكاليف نظام الطاقة والتكاليف الجانبية بخيارات REmap على مستوى القطاع. وحين تُجمع تكاليف الإحلال لمجموعة خيارات REmap ينتج عنها منظور خاص بكيفية تأثير تلك التقنيات المتجددة في تكاليف نظام الطاقة. تؤدي خيارات REmap في مصر إلى انخفاض في تكاليف نظام الطاقة بقيمة 0.9 مليار دولار أمريكي في عام 2030.

ولا تنظر تكاليف نظام الطاقة في انخفاض الآثار الجانبية التي تنتج عن مستويات أدنى من تلوث الهواء وانخفاض في انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون. وتساعد المستويات المنخفضة من التلوث الجوّي على تحسين الظروف من أجل صحة الإنسان والبيئة المحلية. ويُعد التلوث الجوي سبباً لاعتلال الصحة، ولا سيّما في المُدن، وهو السبب في معدّلات الاعتلالات والوفيات المبكّرة. ويعدّ غاز ثاني أكسيد الكربون أحد غازات الدفيئة، والتي تعتبر المُساهم الرئيسي في الاحترار العالمي، وقد تناولت عدة دراسات أثر هذا الغاز وحددت نطاقاً للتكلفة الاجتماعية للكربون. تُقدِّر REmap التلوثَ الخارجي والداخلي على حد سواء بالاستعانة بمنهجية طُورّت خصّيصاً لهذا الغرض (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2016 ج)، بينما يُقدَّر غاز ثاني أكسيد الكربون بالاستعانة بالتكلفة الاجتماعية للكربون التي تتراوح من 17 دولاراً أمريكياً إلى 80 دولاراً أمريكياً لكل طن من غاز ثاني أكسيد الكربون.

الشكل 32- تكلفة ومنافع خيارات REmap

هنالك تكاليف تراكمية في نظام الطاقة ناتجة عن نشر خيارات REmap في قطاعين ، هُما النقل والمباني. وهذا يعني أن مجموعات التقنية المحددة في REmap لهذه القطاعات هي أكثر تكلفة على أساس خدمات الطاقة من البدائل التقليدية. ومع ذلك، يشهد قطاعَي النقل والمباني وفوراتٍ ترتبط بإنخفاض مستويات تلوث الهواء، وهي في الحالتين أكبر من التكاليف التراكمية لنظام الطاقة. ويشهد قطاع الطاقة وفوراتٍ كبيرة من حيث تكاليف أقل في نظام الطاقة وانخفاض الآثار الجانبية.

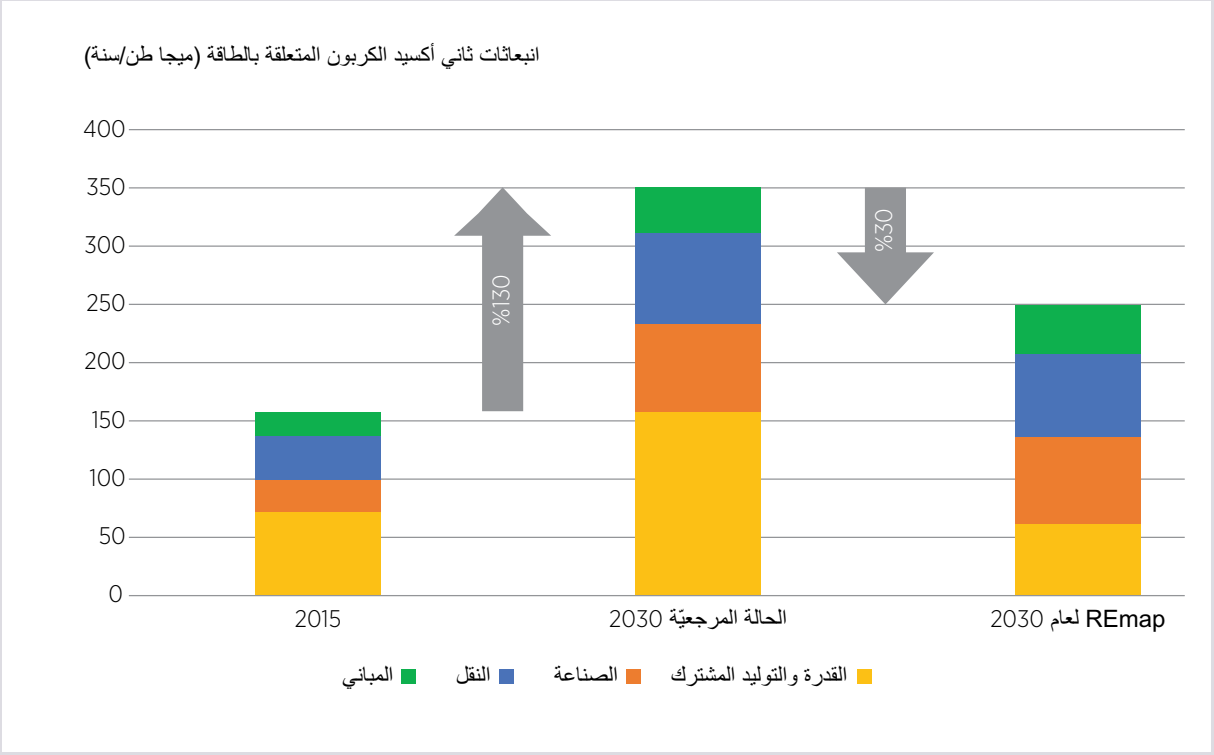
إلاَّ أنَّ تكاليف ومنافع تخفيض واردات النفط ومنتجاته، مثل الديزل والبنزين، والمنافع الاقتصادية الكلّية الأوسع العائدة على الوظائف والناتج المحلي الإجمالي التي ستترتب عن إنتاج مزيد من احتياجات الطاقة في مصر محلياً غير محسوبةٍ هنا.

في المُجمَل، تؤدي خيارات REmap إلى انخفاض في تكاليف نظام الطاقة بما يقرب من 0.9 مليار دولار أمريكي في عام 2030، وهو ما يكافئ 7.0 دولاراً أمريكياً لكل ميجاوات/ساعة. كما أنّ التخفيضات في التكاليف الجانبية بسبب انخفاض الآثار الضارة لتلوّث الهواء على الصحة البشرية وانخفاض الضرر البيئي (التكلفة الاجتماعية للكربون) تشكّل أهميةً أيضاً. وتصل قيمتها إلى ما لا يقل عن 2.9 مليار دولار أمريكي في التكاليف الجانبية المخفضة في عام 2030 استناداً إلى التقدير المنخفض، أو 8.1 مليار دولار أمريكي بناءً على متوسط التقدير. ولذلك، عند إدراج كلا تكاليف نظام الطاقة المخفضة والتكاليف الجانبية المخفضة، يصل مجموع الوفورات في الاقتصاد المصري من التقنيات المتجددة المحددة في خيارات REmap، إلى 9.0 مليارات دولار أمريكي سنوياً كقيمة وسطية في عام 2030 مقارنةً بالحالة المرجعية.

تلوّث الهواء وآثار غاز ثاني أكسيد الكربون

- تشكّل التكاليف الجانبية المتصلة بتلوّث الهواء وغاز ثاني أكسيد الكربون عوامل هامّة عند النظر في اقتراح تكلفة وفائدة الطاقة المتجددة. وعلى سبيل المثال، تُخفّض خيارات REmap التكاليف الجانبية المتصلة بتلوّث الهواء وحده بما يتراوح بين 1.1 مليار و4.7 مليار دولار أمريكي سنوياً بحلول عام 2030.
- ترتفع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المتعلقة بالطاقة بنسبة 130% في الحالة المرجعيّة إلى 350 مليون طن بحلول عام 2030، ومع إبطاء خيارات REmap لتلك الزيادة إلى 60%، بحيث تبلغ انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المتعلقة بالطاقة 250 مليون طن فقط في عام 2030 - وهو انخفاض على مدار الحالة المرجعية يبلغ 100 مليون طن سنوياً.

الشكل 33- التغيّرات في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المتعلقة بالطاقة حسب القطاع، 2014، 2030



- سوف تشهد مصر ارتفاعاً ملحوظاً في الطلب على الطاقة بنسبة 120% تقريباً بحلول عام 2030. ولذلك، تُلحظ أيضاً زيادات مُشابهة في غاز ثاني أكسيد الكربون المتصلة بالطاقة، مع زيادة متوقعة بنسبة 126% في الحالة المرجعية إلى 350 مليون طن سنوياً بحلول عام 2030 (انظر الشكل 33). ينتج عن حالة REmap انخفاض في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المتعلقة بالطاقة بنسبة 30% مقارنةً بمستوى الحالة المرجعية. وتُخفِّض خيارات الحالة المرجعية الزيادة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من 130% إلى 60% على امتداد الفترة حتى عام 2030 (مما يؤدي إلى انخفاض بنسبة 30% في الانبعاثات في حالة REmap مقارنةً بالحالة المرجعية).

عند تقييم التكاليف الجانبية فإنّ أثر الوقود الأحفوري ذي القابلية الأعلى للقياس بشكل مباشر، يكون على تلوث الهواء المحلي. وترتفع التكاليف الجانبية المتصلة بتلوث الهواء من الوقود الأحفوري، التي تنجم إلى حد كبير عن الآثار الضارة على صحة الإنسان، من 7-30 مليار دولار أمريكي في عام 2014 إلى 12-48 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2030 في الحالة المرجعية.

تُعد تكاليف تلوث الهواء المرتبطة باستخدام النفط هي الأعلى، ويرجع ذلك بدرجة كبيرة إلى تأثير استخدامها في البيئات الحضرية. وتوفّر خيارات REmap منافع كبيرة إذا ما نُشرت الطاقة المتجددة في النقل، ولا سيّما في المَركبات الكهربائية في المُدن.

ويحتل الفحم المرتبة الثانية من حيث أكبر التكاليف الجانبية عن تلوث الهواء، وغالباً في قطاع الصناعة وكذلك في قطاع الطاقة الكهربائية. وإجمالاً في جميع القطاعات، تُخفِّض خيارات REmap التكاليف الجانبية المتصلة بتلوّث الهواء وحده بما يتراوح بين 1.1 مليار و4.7 مليار دولار أمريكي سنوياً بحلول عام 2030.

وعند تناول التخفيضات في التكاليف الجانبية الناجمة عن انخفاض الآثار السلبية لتلوّث الهواء على الصحة البشرية والبيئة والضرر الاجتماعي من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون (بالاستعانة بالتقدير المتوسط)، فإنّ مجموع الوفورات سيصل إلى 2,9 مليار دولار أمريكي على الأقل (بناءً على التقدير المنخفض)، أو 8.1 مليار دولار أمريكي سنوياً بحلول عام 2030 (بناءً على التقدير المتوسط).

الاحتياجات الاستثمارية

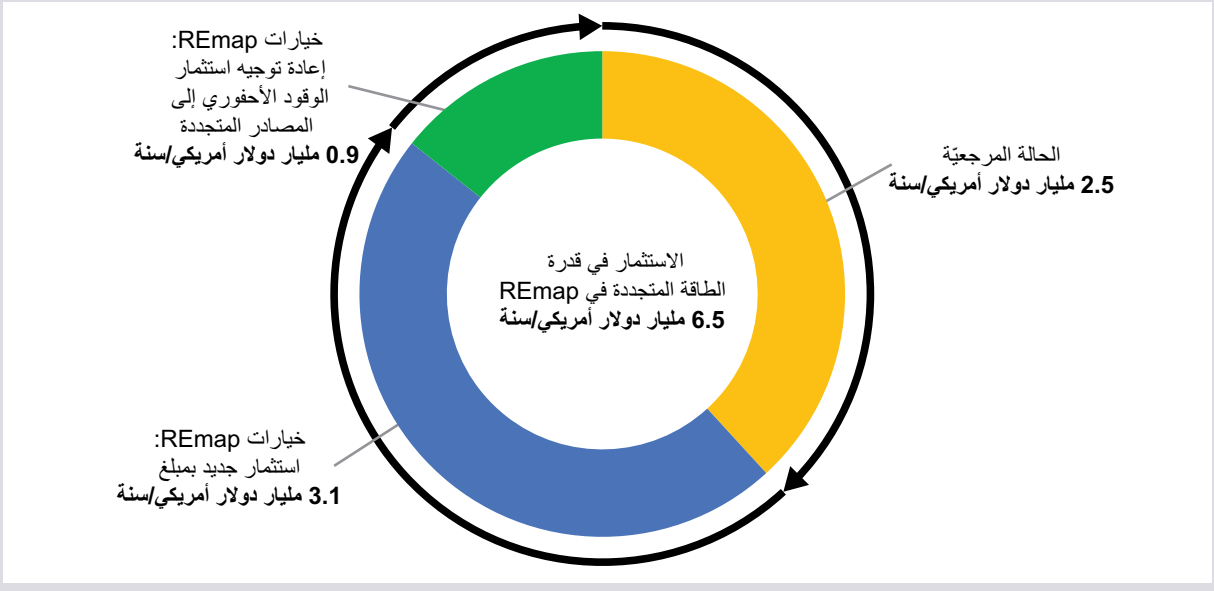
- سوف تحتاج مصر إلى بذل استثمار كبير في قدرة الطاقة بحلول عام 2030 من أجل تلبية الارتفاع في احتياجات البلاد من الطاقة، مع توقّع زيادة الطلب بنسبة 120% تقريباً على امتداد الفترة. وتجد الحالة المرجعية الاستثمار في قدرة طاقة متجددة يبلغ متوسطها 2.5 مليار لكل سنة حتى عام 2030. وتزيد خيارات REmap ذلك المتوسط الاستثماري السنوي بمقدار 4.0 مليار دولار أمريكي بما يتطلب الحاجة إلى متوسط استثمارٍ إجمالي يصل إلى 6.5 مليار دولار أمريكي في السنة حتى عام 2030 في القدرة المتجددة لاستخدامات الطاقة الكهربائية والحرارية.

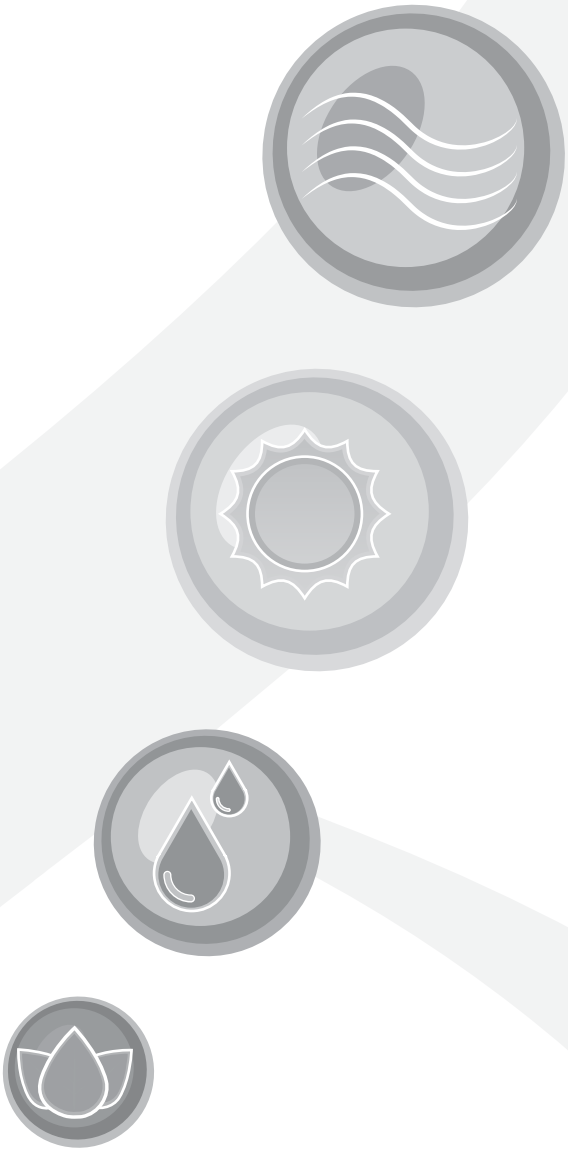
- من بين 4.0 مليار دولار أمريكي في الاستثمار التراكمي لكل سنة في قدرة الطاقة المتجددة الناتجة عن خيارات REmap، يُشكّل 0.9 مليار دولار أمريكي في السنة استثماراً يُعاد توجيهه من الوقود الأحفوري إلى الطاقة المتجددة.

هناك استثمار كبير مطلوب عبر كامل منظومة الطاقة في مصر بسبب زيادة الطلب على الطاقة بنسبة 120% تقريباً بحلول عام 2030، بما يتضمن توليد الكهرباء ونقلها، وقدرة الاستخدامات الحرارية، والتبريد والطهي، وقطاع النقل.

خلال الفترة 2014-2030 يجب أن يبلغ متوسط الاستثمار في قدرة الطاقة المتجددة في كلا تقنيات الطاقة الكهربائية والحرارية 6.5 مليار دولار أمريكي لكل سنة (انظر الشكل 34) لكي يصل إلى مستوى الطاقة المتجددة المحددة في REmap. ومن ضمن هذا المجموع، من المتوقع أن تُبذل استثمارات بقيمة 2.5 مليار دولار أمريكي سنوياً في الحالة المرجعية. وتستلزم خيارات REmap حشد مبلغ إضافي بقيمة 4.0 مليار دولار أمريكي في السنة في استثمارات الطاقة المتجددة، ومن بينها 3.1 مليار دولار كاستثمارات جديدة و0.9 مليار دولار يُعاد توجيهها من الاستثمار في الوقود الأحفوري نحو الطاقة المتجددة.

الشكل 34- متوسط الاستثمار السنوي في قدرة الطاقة المتجددة في الحالة المرجعية، REmap، 2014-2030





أبرز النتائج والتوصيات

مزرعة رياح في مصر
الصورة: Shutterstock

05

حققت مصر تقدّماً ملحوظاً في وضع سياسة تمكينية وإطار عمل تنظيمي ومؤسسي من أجل نشر الطاقة المتجددة، فضلاً عن اكتساب الخبرة في تنفيذ طيف واسع من المشاريع المتجددة ولا سيّما من أجل توليد الكهرباء بالطاقة الشمسية وطاقة الرياح.

ويسلّط هذا الفصل الضوء على المعوقات الرئيسية التي جرى تحديدها على مدار عملية تقييم الجاهزية للطاقة المُستدامة/REmap والإجراءات المقابلة للتغلّب عليها بناءً على الركائز الأربع التالية: التحديات على مستوى إطار العمل المؤسسي القانوني والتنظيمي؛ وتحسين هيكلية السوق لمصادر الطاقة المتجددة؛ وتخطيط مصادر الطاقة المتجددة ودمجها في الشبكة؛ وزيادة منافع نشر الطاقة المتجددة إلى أقصى حد ممكن.

ومن شأن اعتماد هذه التوصيات أن يساهم في توسيع انتشار استخدام الطاقة المتجددة من خلال تنفيذ البرامج الحكومية التي تضمن تحقيق الأهداف المحددة في استراتيجية الطاقة المستدامة المتكاملة حتى عام 2035.

1-5 تبسيط السياسة التمكينية والإطار التنظيمي والمؤسسي للطاقة المتجددة

التحديات

تهدف استراتيجية الطاقة المستدامة المتكاملة حتى عام 2035 إلى ضمان الاستدامة الفنّية والمالية لقطاع الطاقة مع تحقيق التنوّع في الطاقة من خلال انتشار تقنيات الطاقة المتجددة، بالإضافة إلى وضع خطة لإلغاء دعم أسعار الطاقة تدريجياً حتى عام 2022. ويتوخّى السيناريو المُختار الذي اعتمده المجلس الأعلى للطاقة في أكتوبر 2016 أن تصل حصة الطاقة المتجددة إلى 42% من مزيج توليد الكهرباء بحلول عام 2035. وتزيد الأهداف الاستراتيجية المعتمدة لنشر الطاقة المتجددة عن 15 جيجاوات بحلول عام 2022، و42 جيجاوات بحلول عام 2030، ونحو 52 جيجاوات بحلول عام 2035 وفقاً للسيناريو 4ب.

ويتطلب التحقيق الناجح لتلك القدرة المخطط لها أن تتخذ الحكومة إجراءات ملموسة للتعامل مع التحديات التي تعوق تسريع وتيرة نشر الطاقة المتجددة انطلاقاً من الأهداف الطموحة المحددة في الاستراتيجية.

ولا بُد لاستراتيجية الطاقة المستدامة المتكاملة أن تعكس استجابة قطاع الطاقة للمستجدات الاقتصادية على المستويين الوطني والإقليمي، ولا سيّما المستجدات التكنولوجية والابتكار، إلى جانب مستويات أسعار الموارد. ولا بُد أيضاً من الاستعانة بأفضل البيانات المُتاحة للبقاء في صورة منحنيات التكلفة المستقبلية للطاقة المتجددة والتحوّل السريع الذي تشهده شبكات الطاقة الكهربائية على الصعيد العالمي.

لقد وُضِعت استراتيجية الطاقة المستدامة المتكاملة حتى عام 2035 بناءً على سيناريو التكلفة الأقل، حيث من المتوخّى أن تبلغ حصة الطاقة 42% من مزيج القدرة المركّبة مع بلوغ حصة الفحم 16%. ولكن منذ أن تم وضع الاستراتيجية عام 2014، تغير سياق الكهرباء تغيراً كبيراً ولا سيما مع التراجع السريع في تكلفة تقنيات الطاقة المتجددة.

ومن شأن إدخال طاقة الفحم والطاقة النووية، كما هو متوخّى في الاستراتيجية، أن يدعم مزيج الطاقة الحالي في البلاد ويقلل الاعتماد على الغاز. ولكن ذلك قد يساهم بنحوٍ أقل في تحقيق أمن الطاقة باعتبار أن البلاد ستظلّ تعوّل على الواردات من الأسواق الدولية. ومن ناحية إدخال الفحم تحديداً، قد يعرقل ذلك جهود البلاد في تحقيق طموحها المناخي ومساهمتها المقررة وطنياً مع العلم أن مصر عُرضة للتغير المناخي بدرجة كبيرة.[14]

وبالنسبة إلى الطاقة النووية، ستتطلب عمليات إنتاج الوقود النووي تخطيطاً طويل الأجل واستثماراً مالياً كبيراً. ومع الانخفاض الحاصل في تكلفة تقنيات الطاقة المتجددة، قد يلزم في السياق المصري إعادة تحليل التكلفة مقابل القدرة على التنافس للتكنولوجيا النووية.

لقد كان الدافع الرئيسي لإدخال الفحم ضمن مزيج الطاقة في مصر هو العجزُ الذي حصل في الكهرباء عام 2014، إذ كان صنّاع السياسات المتعلقة بالطاقة يبحثون عن حل سريع للحد من اعتماد مصر على الغاز المستورد. ويخضع هذا السيناريو اليوم لتغير جذري عقب اكتشافات الغاز الأخيرة، إلى جانب التراجع الكبير في تكلفة المصادر المتجددة وتصاعد المخاوف البيئية بشأن توليد الطاقة من الفحم.

وتعيق قيود البنية التحتية التوسع في تركيب أجهزة الطاقة الشمسية الكهروضوئية على الأسطح. كما أن المساحة غير الكافية على أسطح المباني لتركيب سخانات المياه الشمسية تحدّ من فرص نمو السوق في مصر، حيث إن معظم المساحة المتوفرة تُستخدم لخزانات المياه والصحون اللاقطة للبث الفضائي.

وبينما يتناول الإطار التنظيمي أنظمة إنتاج الكهرباء باستخدام طاقة الرياح والطاقة الشمسية، إلا أنَّ الاستراتيجية لم تُركِّز بالقدر الكافي على استغلال إمكانات الكتلة الحيوية. ويتجلّى ذلك من خلال التقدم المحدود الذي أُنجِزَ في مجال الكتلة الحيوية بسبب ضعف القدرات المحلية، فضلاً عن ارتفاع التكلفة الأولية المرتبطة بتوليد الكهرباء من الكتلة الحيوية.

وبالنسبة إلى تطبيقات توليد الطاقة من النفايات، فإن التقرير الحالي يحتوي على توصية تقدم بها الوزير المعنيّ على شكل تعرفة إرشادية للغاز الحيوي والوقود الحيوي من المتوقَّع صدورها قريباً.

وتم اعتماد مجموعة من القوانين واللوائح التنظيمية ومخططات التنفيذ لإيجاد بيئة تمكينية فعالة لدعم تسريع نشر الكهرباء المتجددة وتشجيع مشاركة المستثمرين من القطاع الخاص. ولكنّ بعض المطورين والمستثمرين في مصادر الطاقة المتجددة واجهوا بعض المصاعب خلال تنفيذ المشروع. ومن بين تلك المصاعب عدم توفر الوثائق التعاقدية للمشاريع عند وقت الإعلان عن التعريفات التفضيلية.

ويشكّل الدعم الحالي لأسعار الطاقة التقليدية تشوهات في السوق، ولا يسمح ذلك للطاقة المتجددة بالتنافس على قدم المساواة ويعرقل بالتالي انتشار تقنيات الطاقة المتجددة.

[14] أشارت المساهمات المقررة وطنياً (2015) في مصر إلى أن البلاد ستفقد 12-15% من معظم أراضيها الخصبة في دلتا النيل نتيجةً لارتفاع مياه البحر وتسرب المياه المالحة.

كما تبيّن أن المخطط المبدئي لبرنامج التعريفات التفضيلية لأنظمة الطاقة الكهروضوئية الموزعة المتصلة بالشبكة لا يتمتع بالجاذبية المالية بما يكفي بسبب السعر السائد لصرف العملة. ونتيجة لذلك، فضّل الكثير من المستهلكين استخدام مخطط صافي قراءة العدادات. وفي المرحلة الثانية من مخطط برنامج التعريفات التفضيلية الذي ابتدأ في أكتوبر 2016، زادت التعرفة لتحسين الجدوى المالية لتلك الأنظمة.

ويمتلك القطاع رصيداً من العاملين المؤهلين الذين يتمتعون بالخبرة الكافية. ومع ذلك، فإنّ قدرات الوكالات المسؤولة عن تخطيط شبكة الكهرباء محدودة إلى حدٍّ ما، ولا سيّما من حيث توقّعات توليد الكهرباء والحمل لمصادر الطاقة المتجددة، وحساب رصيد القدرة لأنظمة الطاقة المتجددة لمحطات الكهرباء، ودمج أنظمة الطاقة المتجددة واسعة النطاق في أنظمة الكهرباء.

لقد تمكنت التشريعات السائدة من تحفيز سوق الطاقة المتجددة عبر مجموعة متنوعة من مخططات الدعم (أي، الهندسة والمشتريات والإنشاءات، والبناء فالتملّك فالتشغيل، وبرنامج التعرِيفات التفضيلية، وعقود مُنتج الطاقة الكهربائية المُستقل، وصافي قراءة العدّاد) من دون أي آلية محددة تستهدف استخدامات الطاقة المتصلة بالشبكة أو خارج الشبكة. وعلى الرغم من القدرة المؤسسية القوية والمتنوّعة للقطاع، فقد أكدت التجارب الحديثة الحاجة إلى توضيح الأدوار المحددة للمؤسسات المعنيّة وتعزيز فاعليّتها في تنفيذ أدوارها، وهو ما سيعطي السوق والمستثمرين إشارات إيجابية ويعزز الثقة.

وفي حين تضطلع هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة بدور قيادي واضح بموجب خطة الهندسة والمشتريات والإنشاءات، فإن إجمالي مسؤولياتها المؤسسية - بما فيه دورها في الاستحواذ على الأراضي من أجل تنفيذ مشاريع الطاقة المتجددة - يمكن توضيحه وتبسيطه أكثر لجميع مخططات الشراء المتجددة (البناء فالتملّك فالتشغيل، وعقود مُنتج الطاقة الكهربائية المُستقل، وبرنامج التعرِيفات التفضيلية، وصافي قراءة العدّاد). وتُعد الإجراءات الإدارية المتعلقة بتسجيل الأراضي المفروضة على مطوري الطاقة المتجددة معقدة نوعاً ما.

لقد وضعَت استراتيجية الطاقة المستدامة المتكاملة لعام 2035 هدفاً لتحرير سوق الكهرباء، ويُتوقّع بموجبها من هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة أن توجّه تركيزها في المقام الأول على دورها بصفة ميسِّر للمشاريع القائمة على المصادر المتجددة بينما تُنهي تدريجياً دورها الحالي كمطوّر لمشاريع الطاقة المتجددة. وحتى الآن، فقد أخذ دور الهيئة الأولوية كمطوّرٍ للمشاريع استناداً إلى أحقيتها الحالية في ملكية الأراضي لأغراض مشاريع الطاقة المتجددة، علاوةً على كونها المستفيد من معظم القروض الميسرة المخصصة لتلك المشاريع.

التوصيات العملية:

- تحديث استراتيجية الطاقة المستدامة المتكاملة حتى عام 2035 والسياسات المتصلة بها بصورة دورية لدمج التطورات في: جوانب التقدم التقنية، ولا سيّما في الطاقة المتجددة؛ ووفرة وتكلفة موارد الطاقة المستوردة والأصلية في البلاد؛ وتطورات قطاع الطاقة على المستوى الوطني والإقليمي والدولي المؤثر في قطاعات اقتصادية مختلفة؛ والأحداث الجيوبوليتيكية في المنطقة. وبناءً على أفضل الممارسات ومع الأخذ في الاعتبار الانخفاض المطرد في تكلفة تقنيات الطاقة المتجددة، يُستَحسَنُ تحديث الاستراتيجية كل عامين (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2016جـ).
- ضمن عملية مراجعة الاستراتيجية، يجب أن يؤخذ في الاعتبار سيناريو REmap الذي يشير إلى الجدوى الفنية والاقتصادية لتوليد 53% من الكهرباء من مصادر متجددة بحلول عام 2030. ويمثل ذلك مضاعفة لحصة الطاقة المتجددة في الحالة المرجعية وارتفاعاً عن نسبة 9% في عام 2014 بما يتوافق مع السيناريو رقم 3 من استراتيجية الطاقة المستدامة المتكاملة حتى عام 2035. ويُفضَّل ذلك أيضاً من أجل توفير نقطة مرجعية لبلوَرة أهداف واقعية قابلة للقياس في المراجعة المقبلة للمساهمة المقررة وطنياً.
- التشديد تحديداً في التحديث المقبل للاستراتيجية على تسريع نشر طاقة الكتلة الحيوية. واستعداداً لذلك، ينبغي إجراء دراسة لتقييم إمكاناتها، ووضعُ إطار تنظيمي قوي ومخططات دعم ذات صلة لتعزيز الاستثمارات في الكتلة الحيوية.
- إعادة تقييم جدوى إدخال طاقة الفحم والطاقة النووية في مزيج الكهرباء في ضوء المخاوف إزاء أمن الطاقة والبيئة والمناخ التي تثيرها طاقة الفحم والطاقة النووية، إلى جانب التكلفة التنافسية بالمقارنة مع مصادر الطاقة المتجددة.
- تعيين هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة كمنسّقٍ وطني للطاقة المتجددة بالتنسيق مع المؤسسات المعنية من أجل تطوير وإدارة قاعدة البيانات المركزية لقطاع الطاقة المتجددة في مصر، وبما يشمل تقييمات الموارد وأهداف الطاقة المتجددة والاستراتيجيات والسياسات واللوائح التنظيمية.
- إعادة تنظيم هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة وتمكينها بصفتها "منصة موحَّدة" لإصدار جميع التصاريح والتفويضات المطلوبة من المؤسسات والإدارات المعنية فيما يتعلق باستثمارات الطاقة المتجددة، وذلك لتسهيل تطوير وتنفيذ مشاريع الطاقة المتجددة. وقد يشمل ذلك تسريع عملية اختيار المطورين بموجب أي من مخططات تطوير الطاقة المتجددة (الهندسة والمشتريات والإنشاءات، البناء فالتملّك

فالتشغيل، برنامج التعريفات التفضيلية)، وإصدار تراخيص توليد الطاقة المتجددة، وتخصيص الأراضي لمشاريع الطاقة المتجددة المزمعة، وتولّي العملية التعاقدية (اتفاقيات الربط واتفاقيات شراء الطاقة) بين المطوّرين والشركة المصرية لنقل الكهرباء.

- ضمان مراقبة السلطات المختصة في الحكومة للإلغاء التدريجي لإعانات الوقود الأحفوري وفقاً للإطار الزمني المحدد، وذلك بُغيةَ إعطاء إشارات إيجابية لمستثمري الطاقة المتجددة وتجنّب حالة عدم اليقين في السوق.
- تقييم جدوى تطوير آليات محددة لحفز استخدام المصادر المتجددة في المباني العامة.
- إرساء إطار قانوني لإدارة النفايات الصلبة يركّز على المسؤوليات المؤسسية لجمع النفايات واختيار مواقع معالجتها وإعادة تدويرها؛ وتطوير آليّة مع وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة للطلب من السلطات المحلية إعادة تدوير النفايات العضوية.
- وضع أهداف محددة للقدرة فيما يتعلق بنشر أنظمة الطاقة الحرارية، واستكشاف خيارات مختلفة لدعم تسريع نشر أنظمة الطاقة الحرارية الشمسية في القطاعات السكنية والصناعية. وقد يشمل ذلك: تفويض مطوري المشاريع العقارية لنشر أنظمة حرارية شمسية نشطة وسلبية في تصميم المباني الجديدة والمُدن؛ وإدماج الأنظمة الشمسية في تصميم مرافق صناعية جديدة من خلال تحديد عمليات الإنتاج الأنسب لاستخدام أنظمة الطاقة الحرارية الشمسية؛ وإبدال سخانات المياه العاملة بالكهرباء أو الغاز بسخانات المياه العاملة بالطاقة الشمسية.
- تيسير التحول نحو مخطط صافي قراءة العدّاد لأنظمة الطاقة الكهروضوئية الشمسية من خلال رفع سقف القدرة المركّبة الحالية التي يجب ألا تتجاوز في الوقت الحاضر طاقة الكهرباء المتعاقد عليها مع شركات التوزيع.
- تيسير الحصول على البيانات والمعلومات أمام مطوري المشروع فيما يتعلق بتقييمات موارد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في الموقع، وإجراءات تخصيص الأراضي، وأداء محطات الكهرباء العاملة بالطاقة المتجددة تحت الظروف البيئية القاسية.

2-5 تحسين هيكلية السوق من أجل استيعاب أعلى للطاقة المتجددة

التحديات

يقوم سوق الكهرباء الحالي على نموذج المُشتري المنفرد. ونظراً إلى أنّ معظم الخطط الحالية للطاقة المتجددة تعتمد على جهة مملوكة للدولة متعهدة بشراء الطاقة الكهربائية (الشركة المصرية لنقل الكهرباء)، تجري حالياً عملية انتقال لاعتماد قواعد السوق الجديدة بموجب قانون الكهرباء رقم 87 لعام 2015، حيث يمكن أن توجد علاقات تعاقدية مباشرة بين المورّدين والمُستخدمين النهائيين. وإن السماح لمشغّل النقل بإجراء العمليات التجارية بالإضافة إلى تشغيل الشبكة وتوصيلها يعيق عملية التحول هذه.

ومن حيث تنفيذ اتفاقيات شراء الطاقة، واجهت الشركة المصرية لنقل الكهرباء - بصفتها الجهة المتعهدة بشراء الطاقة الكهربائية المُنتَجة - في بعض الأحيان صعوبة في تلبية التزاماتها المالية تجاه الطاقة الكهربائية التي اشترتها، مما سبب ضغطاً مالياً على شركات توليد الكهرباء.

وتُعد معدلات الفائدة التجارية على المشاريع الصغيرة والمتوسطة مرتفعة إلى حدٍّ ما بنسب تصل حالياً إلى 18%، وهي تثني المشاريع الصغيرة والمتوسطة عن المشاركة بنجاح في سوق الطاقة المتجددة. كما أنَّ معظم مخططات التمويل القائمة التي توفرها المؤسسات المتعددة أو ثنائية الأطراف لا تندرج ضمن مخططات الاستدانة من المصارف التجارية؛ ومع أنها توفّر أسعار فائدة منخفضة نسبياً، إلاّ أنها تستهدف مشاريع الطاقة المتجددة الكُبرى وتخضع لتقلبات أسعار صرف العملات الدولية. كما تعيق أسعار الصرف المتقلبة فرص التمويل الأوسع من مؤسسات التمويل الدولية بسبب القدرة المحدودة للبنك المركزي المصري على تلبية متطلبات احتياطي العملة الصعبة.

وتم اختبار تقنيات الكتلة الحيوية المختلفة في مصر ولا سيما في إنتاج الغاز الحيوي من النفايات الحيوانية للاستخدامات الحرارية في المناطق الريفية ومعالجة النفايات الصلبة البلدية في المدن الكبيرة. وقد تم إحراز تقدم ملحوظ في تطوير ونشر هاضمات الغاز الحيوي، وكذلك في تأسيس شركات لتوفير خدمات الطاقة الحيوية. وتتوفر مخططات دعم مالي محدودة لتوليد الكهرباء من الطاقة الشمسية ومن الكتلة الحيوية خارج الشبكة إلى جانب الأنظمة الحرارية من الكتلة الحيوية (باستثناء شركة إيجيسول).

وتحظى مشاريع الطاقة المتجددة صغيرة النطاق باهتمام محدود من المستثمرين بسبب قدرتها المحدودة ومواقعها في مناطق مختلفة عبر أنحاء البلاد.

التوصيات العملية:

- مراجعة الشروط والأحكام الحالية لاتفاقات شراء الطاقة المتجددة بُغيةَ معالجة المخاوف التي أثارها المستثمرون بما في ذلك وضع نماذج مُوحَّدة لوثائق مشاريع الطاقة المتجددة التي تطوّرها الوكالة الدولية للطاقة المتجددة ومبادرة تيراوات، الأمر الذي يتيح توفير إرشادات فاعلة في توحيد الإجراءات التعاقدية ووثائقها وفقاً لأفضل الممارسات الدولية (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2016و).
- التشجيع على تجميع المشاريع الصغيرة المتعددة للطاقة المتجددة من خلال تصميم مشاريع معيارية للمساعدة في تحقيق النطاق المطلوب. ومن شأن ذلك أيضاً أن يساعد في خفض تكاليف تجهيز وتقييم المشاريع، وزيادة اهتمام الأوساط المالية بها بما يشمل مستثمري القطاع الخاص. وقد يساهم الدعم الذي تقدّمه خطط الإقراض الميسّر في حفز مشاركة شركاء التمويل المحليين بمن فيهم المؤسسات الاستثمارية المحلية.
- استكشاف إمكانات تطوير مخططات الإقراض المخصصة لمشاريع الطاقة المتجددة بما يتيح استخداماً أفضل للموارد العامة الميسّرة المحدودة (بما فيها الموارد التي تقدّمها بنوك ومؤسسات التنمية) لتخفيف حدّة شروط التمويل الإجمالية للمشروع.

3-5 تخطيط موارد الطاقة المتجددة ودمجها مع الشبكة

التحديات

تم إجراء عدّة تقييمات لموارد الرياح والطاقة الشمسية، ومع ذلك فهي غير مفصّلة بما يكفي لضمان قابلية الجدوى الاقتصادية للمشاريع. وتنظر هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة حالياً في إمكانية إجراء قياسات مفصلة للموارد لتيسير تنفيذ مشاريع الطاقة المتجددة بشكل أكبر في المواعيد المحددة.

وتوسعت القدرة المركّبة لقطاع الكهرباء المصري سريعاً خلال السنوات الثلاث الماضية لاحتواء العجز في الإمداد الكهربائي الذي حدث عام 2014. ومن المتوقع أن تصل القدرة الإجمالية إلى 125 جيجاوات بحلول عام 2030، بما في ذلك 42 جيجاوات لكل من الطاقة المتجددة واسعة النطاق والموزعة عبر الشبكة، وسوف تصل هذه الأرقام إلى 147 جيجاوات و52 جيجاوات على التوالي بحلول عام 2035. وبالنظر إلى مخططات نشر الطاقة المتجددة حتى عام 2035، لا بُد من التخطيط المتأنّي لتوسيع شبكة الكهرباء وعملياتها مع الأخذ في الاعتبار آثار مصادر الطاقة المتجدّدة المتنوّعة على استقرار الشبكة وكفاءتها.

التوصيات العملية:

- تحديد المجالات المجدية من حيث التكلفة والإمكانات العالية لتطوير مشاريع الطاقة المتجددة وتضمينها في عملية تخطيط قطاع الكهرباء. ومن شأن ذلك أن يتيح استيعاب الحصص الأكبر من الكهرباء المتجددة في مزيج الكهرباء مع تحقيق الاتساق في توسعة شبكة النقل وترقيتها وفقاً لذلك. وبناءً على نتائج عملية تحديد المجالات المجدية، ينبغي تحديد مواقع محددة باستخدام المنهجيات المتاحة مع وضع تسلسل زمني عالي الجودة لتنفيذ مشاريع طاقة الرياح والطاقة الشمسية متوسطة النطاق. ومن شأن ذلك أن يؤدي إلى اختصار إجمالي الوقت المستغرق للاستثمارات واسعة النطاق في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح المتصلة بالشبكة.
- النظر في تضمين حملات القياس كجزء من عملية المناقصة. ومع أن ذلك سيمكّن هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة من المطالبة بنفقاتها المبدئية فيما يتصل بتقييم الموارد، إلا إن الهيئة سيتم إعفاؤها من تلك المسؤولية مع إجراء أنشطة القياس بواسطة المطوّر. ومع ذلك لن يتم تطوير خبرات محلية ضمن هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة فيما يتعلق بالقياس، ويتعين ضمان إجراء العمليات في موعدها مع الحرص على جودة البيانات وشفافيتها.
- إجراء الدراسات اللازمة لتحديد الخيارات العملية التي تتيح تحسين مرونة شبكة الكهرباء لاستيعاب الحصص الأعلى من مصادر الطاقة المتجددة المتنوعة بما في ذلك تعزيز خطوط الربط البيني عبر الحدود.

4-5 فهم وزيادة المنافع المتأتية من نشر الطاقة المتجددة إلى أقصى حدّ ممكن

التحديات:

لا تتناول استراتيجية الطاقة المستدامة المتكاملة حتى عام 2035 إمكانية خلق الوظائف المحلية كنتيجة لنشر الطاقة المتجددة، وهي تفتقر إلى خطة وطنية بهذا الشأن. وفي السياق الحالي للطاقة المتجددة، تُعد هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة المطوّر الرئيسي في مصر، وهي مدعومة بصورة رئيسية من خلال أدوات التمويل التفضيلية التي يقدّمها شركاء التنمية؛ ولكنّ فرض اشتراط الحد الأدنى من المكوِّن المحلي يعيق الجدوى الاقتصادية لمشاريع الطاقة المتجددة من هذا القبيل. وقد تم بذل جهد محدود في تطوير الإمكانات المحلية عبر شرائح مختلفة من سلسلة القيمة الخاصة بتصنيع الطاقة المتجددة وخدماتها.

وتجد دراسة الوكالة الدولية للطاقة المتجددة والبنك الأوروبي للاستثمار التي أجريت عام 2015 أن مصر تحظى بميزة نسبية في تطوير مكوّنها المحلي الخاص بمشاريع الطاقة المتجددة، ولا سيما في سلسلة قيمة عمليات الإنتاج. وقد لعب عدّة لاعبين محليين، بمن فيهم مصنّعو الكابلات ومتعهّدو أعمال الهندسة والمشتريات والإنشاءات، دوراً نشطاً داخل سوق الطاقة المتجددة ولديهم حصة كبيرة في السوق من جميع تقنيات الطاقة المتجددة (الطاقة الكهروضوئية الشمسية والطاقة الشمسية المركزة وطاقة الرياح). وفي هذا السياق، تم تحقيق حصة تصنيع بنسبة 55% لأول مشروع للطاقة الشمسية المركّزة في البلاد، ويعتقد اللاعبون المحليون أنَّ الحصة قد ترتفع إلى 70% (البنك الأوروبي للاستثمار والوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2015).

علاوة على ذلك، لم يتمكن مخطط برنامج التعريفات التفضيلية من خلق استثمارات في المصادر المختلفة للطاقة المتجددة وحسب؛ بل وبحلول عام 2017، تم خلال مرحلتين من المخطط توفير نحو 000 6 وظيفة مباشرة وغير مباشرة في قطاع الإنتاج عبر سلسلة القيمة في مرحلة الهندسة والمشتريات والإنشاءات، بالإضافة إلى خفض الانبعاثات الضارة أيضاً من خلال تغذية 000 350 منزل بالطاقة النظيفة (الشبكة المصرية للطاقات المتجددة والمياه، 2017). وقد ساهمت الطاقة الكهروضوئية الشمسية وحدها بما يصل إلى 000 3 وظيفة (الوكالة الدولية للطاقة الذرية، 2018ب).

ومن شأن تطوير سوق عربية للكهرباء تيسير سُبُلِ الاستفادة من إمكانات تصدير الكهرباء إلى الأسواق الإقليمية والأسواق الأوسع الأفريقية والأوروبية. وفي المقابل، لن تقتصر أهمية ذلك على توفير سوق كهرباء أوسع للاستفادة من وفورات الحجم في تطوير موارد الطاقة المتجددة فحسب، بل وسيحفز أيضاً قدرات السوق في التصنيع المحلي عبر التقنيات المعتمدة على الطاقة المتجددة.

ولا تسمح هيكلية التعرفة السائدة بفصل تكلفة خدمة الكهرباء المُنتجة من الطاقة المتجددة على حِدة. كذلك فإنها لا تأخذ في الاعتبار المنافع التي تنشأ من خلال تخفيض الضرر البيئي (وبالتالي التكاليف الأدنى للآثار الجانبية) بناءً على زيادة استخدام الطاقة المتجددة.

إنّ السياق الحالي للطاقة المتجددة - حيث تقوم هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة بدور المطور الرئيسي لمشاريع الطاقة المتجددة في مصر من خلال التمويل الذي يقدمه شركاء التنمية - قد حدَّ من القدرة على البحث والتطوير لتسخير الإمكانات التصنيعية المحلية. وبموجب خطة إقراض ميسّر، لا يسمح شركاء التنمية بفرض متطلبات مكوّن محلي أدنى على المشاريع التي يموّلونها. وفي غياب خطة عمل شاملة، تم بذل جهود محدودة لتطوير الإمكانات المحلية فيما يتعلق بتقنيات الطاقة المتجددة واستخداماتها وتسويقها وتمويل عمليات التشغيل والصيانة لأنظمة الطاقة المتجددة. ومن شأن مشاركة القطاع الخاص المتزايدة ضمن إطار المشاريع المشتَرَكة أن تحسّن الوضع من خلال تلبية زيادة المكوّن المحلي في مشاريع الطاقة المتجددة.

إنّ اعتماد تكنولوجيا الكتلة الحيوية الحرارية من شأنه أن يسهّل التحوّل في الوقود من الغاز الطبيعي إلى الميثان الحيوي في محطات الكهرباء العاملة بالغاز عبر استخدام المخلّفات الريفية والزراعية في تصنيع الكريّات وقوالب الفحم المضغوط، وكذلك التحول إلى الميثان الحيوي المُنتج من المخلفات الريفية والنفايات الحضرية لدعم استهلاك الطاقة المحلية. وبالنسبة إلى بعض الاستخدامات الحرارية المتجددة المتاحة، يفتقر المستخدمون النهائيون إلى الوعي بشأن الخيارات المُجدية في تطبيق التكنولوجيا المتجددة للطاقة وبشأن الموردين المحليين ومقدمي الخدمات والاحتياجات التدريبية المصاحبة لتشغيل مثل تلك المنشآت.

التوصيات العملية:

- وضع خطة رئيسية وطنية لإيجاد فرص العمل المحلية في قطاع الطاقة المتجددة بالتعاون مع وزارة التجارة والصناعة ووزارة المالية ووزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، فضلاً عن اتخاذ مجموعة محددة من الإجراءات لنشر تقنيات الطاقة الكهروضوئية الشمسية والطاقة الشمسية المركزة وطاقة الرياح.
- النظر في وضع آليات متسقةً بالكامل بين جميع الجهات المعنية في البلاد لترويج الوظائف المحلية في قطاع الطاقة المتجددة مع إمكانية دعمها بمخططات وحوافز مالية.
- تشجيع تأسيس المشاريع المشتركة بين الجهات الصناعية الفاعلة على امتداد سلسلة القيمة لتعزيز الوظائف المحلية ونقل المعرفة عبر تقنيات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.
- تأسيس برامج بناء القدرات لجهات تقديم الخدمة، وتطوير حاضنات الأعمال من أجل تأسيس المشاريع.
- تطوير برامج تعليمية وتدريبية ملائمة لضمان وجود قوة عاملة ماهرة لقطاع الطاقة المتجددة.
- تطوير معايير الجودة والترخيص الخاصة بالمعدات والخدمات (التركيب والصيانة وغيرها) المتصلة بخطط الطاقة الشمسية لضمان موثوقيتها واستدامتها على المدى الطويل لصالح المستهلكين النهائيين.
- توفير المعلومات العامة حول أنظمة الكهرباء العاملة بالطاقة المتجددة ورفدها بمزيد من التفاصيل بشأن التشريعات التي تحكم قطاع الطاقة المتجددة وعمليات المناقصات والشبكة (النقل والتوزيع)؛ وتطوير نماذج العقود (استخدام الأراضي،

وعقد الربط، واستخدام الشبكة، وعقود منتج طاقة كهربائية مستقل مع المستهلكين، واتفاقيات شراء الطاقة). ويقتضي ذلك تعاوناً بين كل من هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، والشركة المصرية لنقل الكهرباء، وشركات التوزيع، والشركة القابضة لكهرباء مصر، وجهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك.

- وضع خطة عمل وطنية لإنجاز طيفٍ من إمكانات البحث والتطوير المتعلقة بالطاقة المتجددة لدعم تطوير التكنولوجيا وتوفير منصة للتمويل العام والخاص، ويجب وضع الخطة على أساس تعاوني بين ممثلي الهيئات العامة والجامعات وقطاع الصناعة.
- إجراء برامج دورية مكثفة في بناء القدرات لمواصلة تطوير خبرات البلاد في مجالات الطاقة المتجددة بما في ذلك: تقديرات مصادر الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وتخطيط وتصميم وتشغيل وصيانة محطات الكهرباء العاملة بالطاقة المتجددة؛ وتركيب وصيانة شبكات الكهرباء العاملة بالطاقة المتجددة الموزّعة؛ ومراقبة وتقييم أداء محطات الكهرباء العاملة بالطاقة المتجددة من خلال مخططات الترخيص بما يشمل تدريباً محدداً يستهدف تحسين القدرات الفنية لهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة.
- تطوير المعرفة الفنية والتدريب على التطبيقات الكهربائية المختلفة خارج الشبكة ولا سيما ما يتعلق بضخ المياه بما في ذلك المراكز السياحية النائية.
- وضع برنامج لنشر التوعية يتضمّن حملات عامة وبرامج تعليم وتدريب مصممة خصيصاً لمجموعات مستهدفة مختلفة مثل الكيانات الحكومية والشركات التجارية والجمهور.
- الحرص على أن يتناقل صنّاع القرار في الحكومة وعلى المستوى المحلي الرسائل الرئيسية بشأن فرص الأعمال القوية في مشاريع الطاقة المتجددة والطيف الواسع من المنافع الاقتصادية والاجتماعية لنشر الطاقة المتجددة.
- تصميم وتنفيذ حملات توعية تتولى تنسيقها هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة وتستهدف الجمهور عموماً، إلى جانب الحملات المركّزة الموجّهة نحو مجموعات محددة (المعماريين والمهندسين والاختصاصيين العاملين في الإنشاءات والفنادق والصناعة والبلديات).
- تحسين فهم تكلفة وفوائد الاستخدامات النهائية للطاقة المتجددة، إلى جانب الأنظمة والإجراءات الفنية والمالية ذات الصلة لتركيب شبكات طاقة متجددة كهربائية وحرارية موزعة (وتشمل أنظمة الطاقة الكهروضوئية الشمسية على الأسطح، وأنظمة حرارية شمسية لعمليات الإنتاج، وسخانات المياه العاملة بالطاقة الشمسية).
- تنسيق التواصل مع وسائل الإعلام ووكالات المعلومات العامة بشأن الفوائد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للطاقة المتجددة.

الملحق 1: مقارنة بين سيناريوهات الطاقة الوطنية/العقود الآجلة للطاقة

تم وضع استراتيجية الطاقة المستدامة المتكاملة حتى عام 2035 على أساس عدّة مؤشرات اقتصادية مرتبطة بمنظومة الطاقة المصرية وتشمل الاعتماد على استيراد الطاقة، وتنويع إمدادات الطاقة الأولية، وتوليد الكهرباء، وخفض الدعم، وتكاليف الشبكة. وبحسب الجدول 20، تم إجراء مقارنة بين تسعة سيناريوهات: خط الأساس أ وَ ب، والسيناريوهات 1أ، 1ب، 1ج، 2، 3، 4أ، 4ب. وتم استخدام "أكثر الحالات ترجيحاً" في إنتاج النفط والغاز على أساس المنظور المتوسط والطويل الأمد في نظام الطاقة. ويمثل الجدول 20 مجموع نقاط كل من هذه المؤشرات في السيناريو ذي الصلة. وتدلّ النتيجة 8 في أحد المؤشرات أن السيناريو يتميز بأفضل أداء على هذا المؤشر، بينما تُشير النتيجة 1 إلى الأداء الأسوأ. ويقدّم الجدولان 20 و21 وصفاً موجزاً للسيناريوهات إلى جانب النتائج المقارنة التي يسّرت الأهداف المحددة لمصر.

الجدول 20- وصف موجز للسيناريو

السيناريو		الوصف
خط الأساس "لإجراء الأعمال بالطريقة المعهودة"	أ	مستوى الدعم يبقى ثابتاً حتى عام 2035.
	ب	يتم خفض الدعم بنسبة 50% للفترة 2015-2020 وصولاً إلى إلغائه في عام 2025. ويتم إدخال محطات الطاقة العاملة بالفحم في الفترة 2019/2020، وكذلك تطبيق الطاقة النووية والطاقة المتجددة.
السيناريو 1	أ	نفس الميزات في خط الأساس ب مع إدخال هدف تبني الطاقة المتجددة بنسبة 20%.
	ب	سيناريو مرجعي مؤجّل للخطة الرئيسية الموحدة للطاقة المتجددة.
	جـ	سيناريو الحد الأدنى من الوقود للخطة الرئيسية الموحدة للطاقة المتجددة.
السيناريو 2		نفس الميزات في السيناريو ب مع البرنامج النووي المؤجل كما في السيناريو المرجعي المؤجل للخطة الرئيسية الموحدة للطاقة المتجددة، إلى جانب اعتماد سيناريوهات كفاءة الطاقة.
السيناريو 3		سياسة مصادر طاقة متجددة مرتفعة تتماشى مع حالة REmap.
السيناريو 4	أ	التحليل "الأقل تكلفة" حيث يجري إلغاء الدعم بحلول عام 2020 والمصادر الأخرى تتنافس فقط على التكلفة النسبية.
	ب (سيناريو مُختار)	النظر في إدخال برنامج نووي مع وحدتين تشغيليتين في الفترة 2024/2025 و2026/2027 على التوالي.

ملاحظة: ktoe = ألف طن من المكافئ النفطي.

استناداً إلى: الاتحاد الأوروبي (2015أ)، "استراتيجية الطاقة المستدامة المتكاملة"؛ الاتحاد الأوروبي (2015ب)، "المُدخلات والتحليل للنموذج، تايمز-مصر "؛ الاتحاد الأوروبي (2015جـ)، "نتائج السيناريو من نموذج الطاقة الوطني في مصر".

الجدول 21- نتائج تقييم السيناريو

المؤشِّر	خط الأساس ب	السيناريو 1أ	السيناريو 1ب	السيناريو 1جـ	السيناريو 2	السيناريو 3	السيناريو 4أ	السيناريو 4ب
الاعتماد على استيراد الطاقة	1	2	3	6	4	8	7	5
تنويع التغذية من الطاقة الأولية	6	8	7	5	3	1	2	4
تنويع توليد الكهرباء	2	5	6	8	3	1	4	7
كثافة ثاني أكسيد الكربون (CO_2)	1	2	4	7	3	8	5	6
تكلفة الضرر	1	2	5	7	3	8	4	6
كثافة الطاقة النهائية	1	2	3	4	5	8	6	7
كثافة الطاقة الأولية	1	2	3	7	4	8	6	5
إجمالي خفض الدعم	1	3	2	4	5	6	8	7
إجمالي تكاليف النظام المُخفضة.	1	3	2	1	6	5	8	7

استناداً إلى الاتحاد الأوروبي (2015أ)، "استراتيجية الطاقة المستدامة المتكاملة"؛ الاتحاد الأوروبي (2015ب)، "المُدخلات والتحليل للنموذج، TIMES-EG".

الملحق 2: منهجية REmap، نهج التقييم ومصادر البيانات

يفصّل هذا الملحق منهجية REmap مع تلخيص الافتراضات والطرق الرئيسية المستخدمة في التحليل الخاص بمصر. وتُعد REmap خارطة طريق بخيارات تكنولوجية لزيادة الحصة العالمية في المصادر المتجددة، وهي تنطوي على تحليل تكراري يشمل 70 بلداً (اعتباراً من عام 2017). وبالنسبة للبلدان المختارة، يتخذ التحليل طابعاً مفصلاً في التقارير القُطرية المعمَّقة وأوراق العمل والصيغ الأخرى. وهذا التقرير هو الثاني الذي يلخّص تحليلاً قُطرياً معمقاً لـREmap مع تقييم جاهزية المصادر المتجددة. ولذلك تقتصر مساهمة REmap على توفير منظور لتطورات استخدام الطاقة استناداً إلى تحليل REmap المعروض في الفصل 4.

بدأت مشاركة مصر مع الوكالة الدولية للطاقة المتجددة في خارطة طريق الطاقة المتجددة (REmap) مطلع عام 2015. وتم نشر نتائج التحليل القطري المبدئي لخارطة طريق الطاقة المتجددة كجزء من تقرير REmap العالمي لعام 2016 تحت عنوان "خارطة طريق لمستقبل الطاقة المتجددة". وفي مطلع عام 2016، بدأ فريق REmap بمراجعة تحليل خارطة الطريق وتوسيع نطاقه لكي يوفر تقييماً أكثر تفصيلاً. وساعد في هذا الجهد خبيرٌ مسؤول مُنتدب من هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة المصرية كان قد عمل في مركز الوكالة الدولية للطاقة المتجددة للابتكار والتكنولوجيا في بون بألمانيا لمدة ثلاثة أشهر لدعم التقييم الموسّع والمُفصّل المبين في هذا التقرير. وقُدِّمَت نتائج هذا التحليل في القاهرة في مايو 2017 أثناء ورشة عمل تقييم الجاهزية لمصادر الطاقة المتجددة وREmap. وقدَّم المشاركون وجهات نظر وآراء نقدية متعمقة تم على إثرها تنقيح التحليل. وفي سبتمبر 2017، تمت مشاركة التحليل المُنقّح مرة أخرى مع هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة والوكالة الدولية للطاقة المتجددة طلباً لمزيد من التعليقات.

يستخدم تحليل REmap لمصر أداةً تم تطويرها داخلياً في الوكالة الدولية للطاقة المتجددة لصالح تحليل REmap، وهي تدمج البيانات والتحليل الذي أجراه خبراء الوكالة الدولية للطاقة المتجددة والخبراء المصريون في مجال تطوير أنظمة الطاقة وإمكانات المصادر المتجددة في البلاد، كما تُقدِّم افتراضات ونهجاً موحداً لتحليل REmap من أجل تقييم التقنيات من ناحية التكلفة والاستثمار والفوائد.

ويتطلع تحليل REmap إلى عام 2030 (بما يتسق مع السنة التقويمية المصرية 2030/2029). وقد اختيرت هذه السنة كإطار زمني معياري لتقييم REmap كونها تقع في المدى المتوسط، وهي سنة مشتركة مع جهود عالمية مثل أهداف التنمية المستدامة، وكذلك مع جهود مصرية بالنسبة للأهداف المحددة على المستوى الوطني (لفترة 2030/2029).

يبدأ تحليل REmap ببناء توازن الطاقة في البلاد مع تبني سنة 2014 (2014/2013) كسنة أساس للتحليل استناداً إلى البيانات والإحصاءات الوطنية وغيرها من الاعتبارات والمصادر؛ ومن ثم تقدِّم مصر أحدث خطط وسيناريوهات الطاقة الوطنية لديها في مجال المصادر المتجددة والوقود الأحفوري مع الجمع بينها لإنتاج منظور 'العمل المعتاد' لمنظومة الطاقة، والذي يُشار إليه بمصطلح 'الحالة المرجعيّة' أو خط الأساس. ويشمل ذلك إجمالي استهلاك الطاقة النهائي لكل قطاع من قطاعات الاستخدام النهائي (مباني، صناعة، نقل)، ويُفرِّق بين الإنارة والتدفئة المركزية والاستخدامات المباشرة للطاقة مع التفصيل طبقاً لناقل الطاقة خلال الفترة 2014-2030.

وبمجرد اكتمال الحالة المرجعيّة، تتم دراسة إمكانات الطاقة المتجددة الإضافية لكل قطاع مصنفةً طبقاً للتكنولوجيا. ويرد وصف إمكانات هذه التقنيات في خيارات REmap.[15] ويستبدل كل خيار من خيارات REmap إحدى تقنيات الطاقة غير المتجددة[16] لتقديم نفس خدمة الطاقة، ويُطلق على الحالة الناتجة - عند تجميع هذه الخيارات كافةً - حالة REmap.

[15] استخدام نهج يستند إلى خيارات وليس سيناريوهات هو أمرٌ متعمّد. إنَّ REmap هي دراسة استكشافية وليست عملية لتحديد الأهداف.

[16] تتضمن التقنيات غير المتجددة الوقود الأحفوري والاستخدامات غير المستدامة للطاقة الحيوية (والتي يشار إليها هنا بعبارة الطاقة الحيوية التقليدية) والطاقة النووية. وترد قائمة بهذه التقنيات والبيانات الأساسية المتعلقة بها على موقع REmap الإلكتروني كجزءٍ مكمّلٍ لملحقات هذا التقرير.

وعلى مدار هذه الدراسة، تُقدّر حصة الطاقة المتجددة الأولية بالنسبة لاستهلاك الطاقة النهائي الإجمالي[17] بوجه عام، ولكنها تُقدّر من حينٍ لآخر بالنسبة لمجموع إمدادات الطاقة الأولية لغرض المقارنة مع الأهداف أو المؤشرات بدلاً من التركيز على الطاقة الأولية. ولا تتضمن الطاقة المتجددة الحديثة الاستخدامات التقليدية للطاقة الحيوية.[18] ويتم احتساب حصة الطاقة المتجددة الحديثة في إجمالي استهلاك الطاقة النهائي بقسمة قيمة استهلاك الطاقة المتجددة الحديثة في قطاعات الاستخدام النهائي (بما في ذلك استهلاك الكهرباء المتجددة وشبكات التدفئة المركزية والاستخدامات المباشرة للمصادر المتجددة) على إجمالي استهلاك الطاقة النهائي. كما يتم احتساب حصة المصادر المتجددة في توليد الطاقة الكهربائية. ويمكن أيضاً التعبير عن حصة الطاقة المتجددة من خلال الاستخدامات المباشرة للمصادر المتجددة فقط. ويغطّي استخدام الطاقة المتجددة من قِبل المستخدمين النهائيين الجوانب الواردة أدناه:

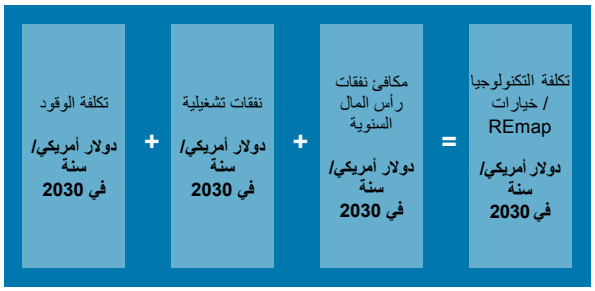
- تشمل **المباني** القطاعات السكنية والتجارية والعامة، ويتم فيها استخدام الطاقة المتجددة في تطبيقات مباشرة لأغراض التدفئة والتبريد أو الطهي أو على شكل كهرباء من مصادر متجددة.
- يشمل **القطاع الصناعي** قطاعي التصنيع والتعدين اللذَين يتم فيهما استهلاك الطاقة المتجددة في تطبيقات الاستخدام المباشر (مثل عمليات التسخين أو التبريد) وعلى شكل كهرباء من مصادر متجددة، ويتضمن ذلك أيضاً الزراعة.
- يمكن **لقطاع النقل** أن يستخدم المصادر المتجددة مباشرةً من خلال استهلاك الوقود الحيوي السائل والغازي أو من خلال الكهرباء المولَّدة باستخدام تقنيات الطاقة المتجددة.

مقاييس لتقييم خيارات REmap

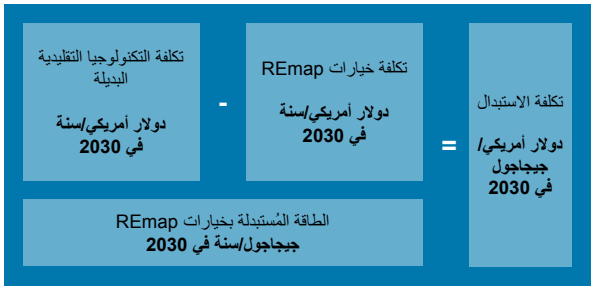
تُحسب تكاليف الإحلال لتقييم تكاليف خيارات REmap. ويناقش هذا التقرير أيضاً تكاليف ووفورات نشر الطاقة المتجددة والآثار الجانبية الناجمة عن التغير المناخي وتلوث الهواء. وهناك ثلاثة مؤشرات لهذا التقرير: تكاليف الإحلال، تكاليف النظام، ومجموع الاحتياجات الاستثمارية.

تكاليف الإحلال

لكل تكنولوجيا متجددة تكلفتها الفردية مقارنة بالطاقة غير المتجددة التي تحل محلها. ويتم شرح ذلك بالتفصيل في منهجية REmap (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2014أ)، ويُمثَّل من خلال المعادلة التالية::



ولكل خيار من خيارات REmap، ينظر التحليل في تكلفة استبدال تكنولوجيا طاقة غير متجددة لتقديم كمية مطابِقة من خدمات التدفئة أو الكهرباء أو الطاقة. ويتم تمثيل تكلفة كل خيار من خيارات REmap بواسطة تكلفتها الإحلالية:[19،20]



يوفّر هذا المؤشر مقياساً مقارناً لجميع تقنيات الطاقة المتجددة المحددة في كل قطاع. وتكاليف الإحلال هي المؤشرات الرئيسية لتقييم الجدوى الاقتصادية لخيارات REmap، وتعتمد على نوع التكنولوجيا التقليدية المستبدلة، وأسعار الطاقة، وسِمات خيار REmap. وقد تكون التكلفة إيجابية (إضافية) أو سلبية (وفُورات) لأن كثيراً من تقنيات الطاقة المتجددة تتسم بالفاعلية من حيث التكلفة أكثر من التقنيات التقليدية، أو قد تكون كذلك بحلول عام 2030.

[17] استهلاك الطاقة النهائي الإجمالي هو الطاقة التي تصل إلى المستهلكين في صورة كهرباء أو حرارة أو وقود والتي يُمكن استخدامها مباشرةً كمصدرة للطاقة. وعادةً ما يتوزع هذا الاستهلاك على قطاعات النقل والصناعة والمباني السكنية والتجارية والعامة والزراعة، وهو لا يتضمن الاستخدامات غير المولدة للطاقة.

[18] تُعرِّف منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة (الفاو) الكتلة الحيوية التقليدية على أنها استخدام وقود الأخشاب والمنتجات الزراعية الثانوية وحرق الروث لأغراض الطهي والتدفئة (فاو، 2000). في البلدان النامية لا تزال الكتلة الحيوية التقليدية مستخدمة على نطاق واسع بطريقة غير آمنة وغير كفؤة وغير مستدامة، ويتم تداولها في معظم الأحيان بصورة غير رسمية وغير تجارية. وفي المقابل، يتم إنتاج الكتلة الحيوية الحديثة بأسلوب مستدام من النفايات الصلبة وبقايا الزراعة والغابات، وتعتمد على أساليب أكثر كفاءة (الوكالة الدولية للطاقة والبنك الدولي، 2015).

[19] تكلفة الاستبدال هو الفرق بين التكلفة المحسوبة سنوياً في خيار REmap والتكلفة المحسوبة سنوياً للتكنولوجيا المستبدلة غير المتجددة المستخدمة في إنتاج نفس الكمية من الطاقة. وتُقسّم على مجموع استخدام الطاقة المتجددة المُستبدَل بخيار REmap.

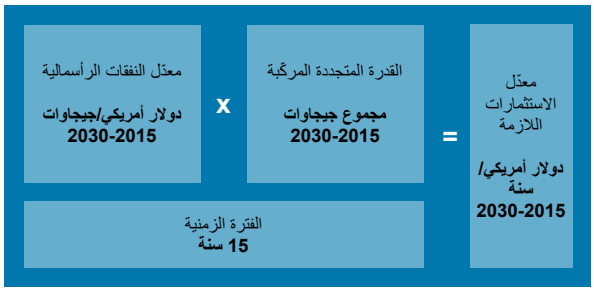
[20] 1 جيجاجول 0.0238= طن من المكافئ النفطي = 0.238 جيجا كالوري = 278 كيلووات/ساعة؛ كان 1 دولار أمريكي في المتوسط يكافئ 17.5 جنيهاً مصرياً خلال فترة هذا التحليل (منتصف عام 2017).

تكاليف النظام

بناءً على التكلفة الإحلالية يمكن الوصول إلى استنتاجات بشأن التأثير الناتج على تكاليف النظام. هذا المؤشر هو حاصل الفرق بين مجموع رأس المال والمصاريف التشغيلية لجميع تقنيات الطاقة استناداً إلى تطبيقها في REmap والحالة المرجعية في عام 2030.

الاحتياجات الاستثمارية

يمكن أيضاً تقييم الاحتياجات الاستثمارية لقدرة الطاقة المتجددة. ويكون مجموع الاحتياجات الاستثمارية للتقنيات في REmap أعلى مما هو عليه في الحالة المرجعية بسبب حصة الموارد المتجددة المتزايدة. وكمعدل وسطي، يكون لها احتياجات استثمارية أكبر من مكافئ تكنولوجيا الطاقة غير المتجددة. وتُضرَب تكلفة استثمار رأس المال بالدولار الأمريكي لكل كيلووات من القدرة المركّبة في كل سنة، بقيمة النشر في تلك السنة للحصول على مجموع التكاليف الاستثمارية السنوية. ثم تُضاف تكاليف الاستثمار الرأسمالي لكل سنة عن الفترة 2015-2030. ويُشكّل صافي الاحتياجات الاستثمارية التراكمية مجموع الاختلافات بين مجمل التكاليف الاستثمارية لجميع تقنيات الطاقة المتجددة وغير المتجددة في توليد طاقة الكهرباء والتطبيقات الثابتة في REmap والحالة المرجعية في الفترة 2015-2030 لكل سنة. وقد جرى تحويل هذا المجموع بعد ذلك إلى متوسط سنوي عن الفترة المعنية.



تحليل العوامل الدخيلة

تُحسب تقييمات تكلفة العوامل الخارجية بالنظر إلى أثر خيار REmap. وتشمل الآثار الصحية من تلوث الهواء الخارجي (أو التعرض للتلوث في الأماكن المغلقة في حالة الطاقة الحيوية التقليدية)، إلى جانب الآثار على الغلال الزراعية. بالإضافة إلى ذلك، تُقدّر التكاليف الجانبية المرتبطة بالآثار الاجتماعية والاقتصادية لغاز ثاني أكسيد الكربون (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2016هـ).

ويمكن الحصول على مزيد من الوثائق والوصف المفصّل لمنهجية REmap من موقع www.irena.org/REmap. ويمكن الاطلاع على مزيد من التفاصيل حول مقاييس تقييم خيارات REmap في ملحق التقرير العالمي لعام 2016 (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2016أ).

المصادر الرئيسية للمعلومات والافتراضات

تم استخدام المصادر الرئيسية التالية لإعداد تحليل REmap لمصر:

- **سنة الأساس 2014:** تم استخدام إحصاءات الطاقة المصرية والتي وفّرتها الحكومة. كما تم استخدام إحصاءات الطاقة من الوكالة الدولية للطاقة أو من البيانات العالمية لسد أي ثغرات في البيانات.
- **الحالة المرجعيّة:** تمت الاستعانة بالتقرير الصادر عن الوفد الأوروبي للاتحاد الأوروبي في مصر، من أجل المساعدة الفنية لدعم إصلاح قطاع الطاقة، "نتائج سيناريو نموذج الطاقة القومي في مصر" (الاتحاد الأوروبي، 2015ج)، بصورة جزئية من أجل الحالة المرجعيّة، وخصوصاً نتائج سيناريو خط الأساس؛ وتم تنقيح الحالة المرجعية لاحقاً أيضاً بالاستناد إلى تعقيبات الخبراء القُطريين واستشارتهم.
- **خيارات REmap:** تستند خيارات REmap إلى مصادر متنوعة: الاستشارة القُطرية والتعقيبات الواردة من المسؤول المُنتدب من هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة إلى الوكالة الدولية للطاقة المتجددة؛ ورشة التحقق في مايو 2017؛ تعقيبات واستشارة هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة؛ نتائج المساعدة الفنية لدعم إصلاح قطاع الطاقة للسيناريوهين 3ب و4؛ وتحليل الوكالة الدولية للطاقة المتجددة. واستند المزيد من التحليلات إلى دراسات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة التي تستكشف إمكانات الموارد المتجددة في القطاعات المختلفة. وتشمل هذه الدراسات ما يلي: "الطاقة المتجددة في الصناعة التحويلية" (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2014ب)؛ "المسار المتجدد إلى النقل المُستدام" (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2016ب)؛ موجزات التكنولوجيا حول المَركبات الكهربائية (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2017هـ)، الغاز الحيوي لأغراض الطهي (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2017و)، الطاقة الشمسية الحرارية للعمليات الصناعية (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة وبرنامج تحليل أنظمة تكنولوجيا الطاقة، 2015أ)، والتدفئة والتبريد بالطاقة الشمسية للاستعمالات السكنية (الوكالة الدولية للطاقة المتجددةوبرنامج تحليل أنظمة تكنولوجيا الطاقة، 2015ب).

تكلفة وأداء التكنولوجيا الرئيسية:

يُظهر الجدول 22 الافتراضات الرئيسية للتقنيات الأساسية المفترض استخدامها في قطاعات المباني والصناعة والكهرباء من أجل نشر القدرة أو إحلالها.

الجدول 22- تكلفة وأداء التكنولوجيا الرئيسية

التكنولوجيا (في عام 2030)	عامل القدرة (%)	تكلفة رأس المال على أساس يومي (دولار أمريكي/كيلووات)	تكاليف التشغيل والصيانة (باستثناء الوقود) (دولار أمريكي/كيلووات/سنة)	كفاءة التحويل (%)
القطاع الصناعي				
طاقة حرارية شمسية	22	400	6	100
مضخات التدفئة، درجة حرارة منخفضة	50	400	10	400
تدفئة بالوقود الحيوي، هاضم الغاز الحيوي	70	200	5	85
الكتلة الحيوية، توليد مشترَك	50	900	25	80
الفحم، المَراجل	80	300	8	90
الغاز الطبيعي، المَراجل	80	100	5	90
قطاع المباني				
طاقة حرارية شمسية، سخان شمسي بانسياب طبيعي	18	150	4	100
الكتلة الحيوية الصلبة، غاز الطهي	10	40	2	40
مضخات تدفئة، حرارية أرضية	50	1 500	40	350
الكتلة الحيوية الصلبة، غاز الطهي	10	15	1	30
منتجات بترولية، الغلايات	30	175	6	85
الغاز الطبيعي، المَراجل	30	160	5	90
الكهرباء، المَراجِل	30	150	4	85
الكهرباء، التبريد	50	150	4	250
مشتقات بترولية، غاز الطهي	10	10	1	50
قطاع الطاقة				
المائية	50	2 500–1 500	50	100
الرياح، البحرية	34	1 700	60	100
الطاقة الكهروضوئية الشمسية، المَرافق	20	1 000	10	100
الطاقة الكهروضوئية الشمسية، الأسطُح	18	1 400	18	100
الطاقة الحيوية، توليد مشترَك	70	2 750	70	80
الفحم	79	1 300	52	38
الغاز الطبيعي	60	1 000	40	55

المَراجع

عبد الهادي، إس *وآخرون* (2014)، "دراسة حيوية للكتلة الأحيائية لمحطة الكهرباء العاملة بحرق قش الأرُز في مصر"، *إينرجي بروسيديا*، المجلّد 61، ص 211-215؛ مُعرّف الوثيقة الرقمي: 10.1016/j.egypro.2014.11.1072

أهرام أونلاين (2017)، "مصر في محادثات مع المملكة العربية السعودية حول مشروع للربط الكهربائي بقيمة 1.56 مليار دولار: الوزير"، الأهرام، القاهرة، 9 ديسمبر، http://english.ahram.org.eg/NewsContent/3/12/285651/Business/Economy/Egypt-in-talks-with-Saudi-Arabia-for--bln-electric.aspx، (عرض على 2017/12/11).

أهرام أونلاين (2016)، "خفض الإنفاق في الإعانات البترولية في مصر للفترة 2016/2015 بمقدار 23%"، الأهرام، القاهرة، http://english.ahram.org.eg/NewsContent/3/12/238887/Business/Economy/Egypts--petroleum-subsidy-spending-down-pct.aspx، (عرض على 2017/9/21).

آندريتز (2016)، هبة النيل، غراتز آندريتز، www.andritz.com/hydro-en/hydronews/hydropower-africa/egypt

بي بي (بريتش بتروليوم) (2017أ)، *الاستعراض الإحصائي للطاقة المتجددة 2017*، بي بي، لندن، www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/renewable-energy.html

بي بي (2017ب)، *استعراض بي بي الإحصائي للطاقة العالمية لعام 2017*، بي بي، لندن، www.bp.com/content/dam/bp-country/de_ch/PDF/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf

الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء (2017)، إحصاءات مصر، الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، القاهرة، www.capmas.gov.eg/Pages/Publications.aspx?page_id=51099

جهاز شؤون البيئة، مصر *وآخرون* (2013)، *تقييم مشروع برنامج الأمم المتحدة الإنمائي / مرفق البيئة العالمية: الطاقة الحيوية من أجل التنمية المستدامة*، فبراير، https://unfccc.int/files/national_reports/non-annex_i_parties/biennial_update_reports/application/pdf/tnc_report.pdf

الشركة القابضة لكهرباء مصر (2016أ)، *تقرير الشركة القابضة لكهرباء مصر 2016/2015*، www.moee.gov.eg/english_new/EEHC_Rep/2015-2016en.pdf

الشركة القابضة لكهرباء مصر (2016ب)، *خطة الطاقة المتجددة في مصر*، http://auptde.org/Article_Files/Egypt.pdf

الشركة القابضة لكهرباء مصر (2015)، *التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر 2015/2014*، www.moee.gov.eg/english_new/EEHC_Rep/2014-2015en.pdf

جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك (2016أ)، *صدور قانون الكهرباء رقم 87 لسنة 2015*، http://egyptera.org/Downloads/Laws/the%20Electricity%20Law.pdf (تاريخ الاطّلاع، فبراير 2018).

جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك (2016ب)، تقرير منهجية تكلفة الخدمة، http://egyptera.org/Downloads/costofservicemethodology24-2-2016.pdf

جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك (2015)، "نظرة عامة على قطاع الكهرباء في مصر"، تقديم سلمى حسين عصمان، https://docplayer.net/16119455-Overview-of-the-electricity-sector-in-egypt.html

كفاءة الطاقة وحماية البيئة وجهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك (2013)، "تهجين محطات الكهرباء الحرارية القائمة بحقول تجميع الطاقة الشمسية"، إعداد إنفيابرونكس إس إيه إي لاستشارات صون وتطوير البيئة لصالح اللجنة المشتركة المصرية الألمانية الرفيعة المستوى للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة وحماية البيئة وجهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك.

البنك الأوروبي للاستثمار والوكالة الدولية للطاقة المتجددة (2015)، *تقييم قدرات الصناعة التحويلية المتجددة في بلدان البحر المتوسط الشريكة*، الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، أبوظبي، www.irena.org/publications/2015/Dec/Evaluating-Renewable-Energy-Manufacturing-Potential-in-the-Mediterranean-Partner-Countries

ج الديواني وآخرون (2008)، *تقدير تقني اقتصادي للديزل الحيوي من جاتروفا كوركاس: دراسة حالة مصرية*، إدارة الهندسة الكيميائية والمحطة التجريبية، المركز القومي للبحوث، مصر، www.researchgate.net/publication/259866485_Techno-Economic_Appraisal_of_Biodiesel_from_Jatropha_Curcas_An_Egyptian_case_study

ElsewedyElectric.com (2018)، *إلزويدي لتوليد طاقة الرياح (SWEG)*، www.elsewedyelectric.com/FE/Common/Companies.aspx?ID=14&g=3 (عرض على 2018/04/15)

الشبكة المصرية للطاقات المتجددة والمياه (2017)، "توقيع الإغلاق المالي لاتفاقيات برنامج التعريفات التفضيلية، 29 أكتوبر، http://egyptiannetworkforrenewables.blogspot.ae/2017/10/blog-post.html

الاتحاد الأوروبي (2015أ)، "اتفاقية الطاقة المستدامة المتكاملة" من أجل المساعدة الفنية لدعم إصلاح قطاع الطاقة، الوفد الأوروبي للاتحاد الأوروبي في مصر، http://eeas.europa.eu/archives/delegations/egypt/press_corner/all_news/news/2016/20160718_en.pdf

الاتحاد الأوروبي (2015ب)، "المُدخلات والتحليل للنموذج، تايمز-مصر" من أجل المساعدة الفنية لدعم إصلاح قطاع الطاقة، الوفد الأوروبي للاتحاد الأوروبي في مصر، نوفمبر.

الاتحاد الأوروبي (2015ج)، "نتائج سيناريو نموذج الطاقة القومي في مصر" من أجل المساعدة الفنية لدعم إصلاح قطاع الطاقة، الوفد الأوروبي للاتحاد الأوروبي في مصر، نوفمبر.

إيفرشيدز وبرايس ووترهاوس كوبرز (2016)، *تطوير مشاريع الطاقة المتجددة: دليل إلى تحقيق النجاح في الشرق الأوسط*، الإصدار الرابع، www.pwc.com/m1/en/publications/documents/eversheds-pwc-developing-renewable-energy-projects.pdf

إيفرشيدز سوذرلاند (2017)، مصر: *مناقصة بناء وتشغيل وتملُّك الطاقة الكهروضوئية الشمسية بقدرة 600 ميجاوات*، إيفرشيدز سوذربند www.eversheds-sutherland.com/global/en/what/articles/index.page?ArticleID=en/Energy/Egypt_600_MW_BOO_PV_Tender (تاريخ الاطلاع 19 ديسمبر 2017).

منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة (2017)، بيانات الغذاء والزراعة، 2017، منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة، روما، www.fao.org/faostat/en/#home

منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة (2000)، "ورقة عمل الموارد البيئية والطبيعية رقم 4"، منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة، روما، www.fao.org/3/x8054e/x8054e00.htm

فوزي، إم وإف رومانيولي (2016). "تقييم دورة الحياة البيئية لوقود الجاتروفا الحيوي في مصر"، *إينرجي بروسيديا*، المجلّد 95، ص 124-131، https://ortus.rtu.lv/science/en/publications/23497-Environmental+Life+Cycle+Assessment+for+Jatropha+Biodiesel+in+Egypt

غازي، إم وآخرون (2011). "التقييم الاقتصادي والبيئي لعمليات معالجة حمأة مياه المجاري واستخداماتها في مصر"، *مجلة تقنية المياه الدولية*، المجلّد 1، العدد 2، سبتمبر، www.researchgate.net/profile/Mohamed_Ghazy14/publication/228448022_Economic_and_environmental_assessment_of_sewage_sludge_treatment_processes_application_in_Egypt/links/56a860e008ae997e22bc3062/Economic-and-environmental-assessment-of-sewage-sludge-treatment-processes-application-in-Egypt.pdf

الوكالة الألمانية للتعاون الدولي (2014)، "التقرير القُطري لشبكة برنامج كفاءة الطاقة العالمية حسب القطاعات حول إدارة النفايات الصلبة في مصر"، الوكالة الألمانية للتعاون الدولي، بون، http://nswmp.net/wp-content/uploads/2015/05/2014_-Country-Report_SWM-EGYPT_SWEEP-Net.pdf?x67867

الوكالة الدولية للطاقة (2017)، *موازين الطاقة الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة لعام 2015*، مصر، منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي/الوكالة الدولية للطاقة، باريس www.iea.org/Sankey/#?c=Egypt&s=Balance

الوكالة الدولية للطاقة والبنك الدولي (2015)، *الطاقة المستدامة للجميع لعام 2015 - التقدم المحرز تجاه الطاقة المستدامة (إطار التتبع العالمي)*، البنك الدولي، واشنطن العاصمة، www.iea.org/media/news/2015/news/GlobalTrackingFramework2015KeyFindings.pdf

الرابطة الدولية لتداول الانبعاثات (2017)، *نشر الطاقة المستدامة في مصر*، بواسطة وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة لصالح مؤتمر الأطراف الـ23، www.ieta.org/resources/COP%2023/Side-Event-Presentations/2,1%20Renewable%20Energy%20in%20Egypt%202-11-2016.pdf

مؤسسة التمويل الدولية (2016)، *فتح آفاق القيمة: أنواع الوقود البديلة لصناعات الإسمنت في مصر*، مؤسسة التمويل الدولية، واشنطن العاصمة، www.ifc.org/wps/wcm/connect/region__ext_content/ifc_external_corporate_site/middle+east+and+north+africa/resources/alternative+fuels

الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة (بلا تاريخ)، *الأطلس العالمي للطاقة المتجددة*، www.irena.org/GlobalAtlas

الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة (2018أ)، *إحصاءات الطاقة المتجددة 2018*، وكالة الطاقة المتجددة الدولية، أبوظبي.

الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة (2018ب)، *الطاقة المتجددة والوظائف - الاستعراض السنوي 2018*، الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة، أبوظبي، https://www.irena.org/publications/2018/May/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2018

الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة (2017أ) *فوائد الطاقة المتجددة: تعزيز القدرة المحلية لطاقة الرياح البرية*، الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة، أبوظبي، www.irena.org/publications/2017/Jun/Renewable-Energy-Benefits-Leveraging-Local-Capacity-for-Onshore-Wind

الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة (2017ب)، *فوائد الطاقة المتجددة: تعزيز القدرة المحلية للطاقة الكهروضوئية الشمسية* الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، أبوظبي، www.irena.org/publications/2017/Jun/Renewable-Energy-Benefits-Leveraging-Local-Capacity-for-Solar-PV

الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة (2017ج)، *الطاقة المتجددة والوظائف - الاستعراض السنوي 2017* الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة، أبوظبي، www.irena.org/publications/2017/May/Renewable-Energy-and-Jobs--Annual-Review-2017

الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة (2017د)، التخطيط لمستقبل الطاقة المتجددة: نماذج وأدوات طويلة الأجل لتوسيع الطاقة المتجددة المتغيرة في الاقتصادات الناشئة الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة، أبوظبي، https://www.irena.org/publications/2017/Jan/Planning-for-the-renewable-future-Long-term-modelling-and-tools-to-expand-variable-renewable-power

الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة (2017 هـ)، *الوقـود الحيـوي للطيـران: موجـز التكنولوجيـا*، الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة، أبوظبـي، www.irena.org/publications/2017/Feb/Biofuels-for-aviation-Technology-brief

الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة (2017و)، *الوقـود الحيـوي للطبـخ المنزلـي: موجـز التكنولوجيـا*، الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة، أبوظبـي، www.irena.org/publications/2017/Dec/Biogas-for-domestic-cooking-Technology-brief

الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة (2017ز)، *إعـادة التفكيـر فـي الطاقـة 2017: تعجيل التحوّل في الطاقـة العالمية*، الوكالة الدولية للطاقـة المتجدّدة، أبوظبي، www.irena.org/publications/2017/Jan/REthinking-Energy-2017-Accelerating-the-global-energy-transformation

الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة (2017 ح) *مـزادات الطاقـة المتجـددة: تحليـل عـام 2016*، الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة، أبوظبـي، www.irena.org/publications/2017/Jun/Renewable-Energy-Auctions-Analysing-2016

الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة (2016أ)، REmap: *خارطـة الطريـق لمسـتقبل الطاقـة المتجـددة: إصـدار 2016*، الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة، أبوظبـي، www.irena.org/publications/2016/Mar/REmap-Roadmap-for-A-Renewable-Energy-Future-2016-Edition

الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة (2016ب)، *المسـار المتجـدد إلـى النقـل المسـتدام: ورقـة عمـل اسـتناداً إلـى REmap*، الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة، أبوظبـي، www.irena.org/publications/2016/Aug/The-Renewable-Route-to-Sustainable-Transport-A-working-paper-based-on-REmap

الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة (2016ج)، *تحليـل سـوق الطاقـة المتجـددة: منطقـة دول مجلـس التعـاون الخليجـي*، الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة، أبوظبي، www.irena.org/publications/2016/Jan/Renewable-Energy-Market-Analysis-The-GCC-Region

الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة (2016د)، *الارتقـاء بطاقـة الكهربـاء المتجـددة المتغيـرة: دور رمـوز الشـبكة*، الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة، أبوظبـي، www.irena.org/publications/2016/May/Scaling-up-Variable-Renewable-Power-The-Role-of-Grid-Codes

الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة (2016هـ)، *التكلفـة الحقيقيـة للوقـود الأحفـوري: منهجيـة تقديـر تكلفـة العوامـل الخارجيـة*، الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة، أبوظبـي، https://www.irena.org/publications/2016/Jun/Unlocking-Renewable-Energy-Investment-The-role-of-risk-mitigation-and-structured-finance

الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة (2016و), *فتـح آفـاق الاسـتثمار فـي الطاقـة المتجـددة: دور تخفيـف الخطـر والتمويـل الهيكلـي*، الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة، أبوظبـي، www.irena.org/publications/2016/Jun/Unlocking-Renewable-Energy-Investment-The-role-of-risk-mitigation-and-structured-finance

الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة (2015)، *الشـبكات الذكيـة والمصـادر المتجـددة: دليـل لتحليـل التكلفـة-الفائـدة للبلـدان الناميـة*، الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة، أبوظبـي، www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_PST_Smart_Grids_CBA_Guide_2015.pdf

الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة (2014أ)، *خارطـة طريـق للطاقـة المتجـددة (خارطـة الطريـق للطاقـة المتجـددة لعـام 2030): منهجيـة التكلفـة*، الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة، أبوظبـي، https://www.irena.org/publications/2014/Jan/REmap-2030-Summary-of-findings-January-2014

الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة (2014ب)، *الطاقـة المتجـددة فـي الصناعـة التحويليـة: خارطـة طريـق تقنيـة مـن أجـل خارطـة الطريـق للطاقـة المتجـددة لعـام 2030* الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة، أبوظبـي، www.irena.org/publications/2014/Jun/Renewable-Energy-in-Manufacturing

الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة (2013)، *الشـبكات الذكيـة والمصـادر المتجـددة: دليـل للنشـر الفعّـال*، الوكالـة الدوليـة للطاقـة المتجـدّدة، أبوظبـي، www.irena.org/documentdownloads/publications/smart_grids.pdf

الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة والمؤتمر الوزاري العالمي للطاقة النظيفة (2015)، *مزادات الطاقة المتجددة - دليل إلى التصميم*، الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة والمؤتمر الوزاري العالمي للطاقة النظيفة، www.irena.org/publications/2015/Jun/Renewable-Energy-Auctions-A-Guide-to-Design/

الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة وبرنامج تحليل أنظمة تكنولوجيا الطاقة (2013)،*إنتاج الوقود الحيوي السائل*، الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة وبرنامج تحليل أنظمة تكنولوجيا الطاقة، www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA-ETSAP-Tech-Brief-P10-Production_of_Liquid-Biofuels.ashx?la=en&hash=CC4CBB639C38A09B4FF1BF0CA457319927DC85A6

الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة وبرنامج تحليل أنظمة تكنولوجيا الطاقة (2015أ)، *الطاقة الشمسية الحرارية للعمليات الصناعية: موجز التكنولوجيا*، الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة وبرنامج تحليل أنظمة تكنولوجيا الطاقة، www.irena.org/publications/2015/Jan/Solar-Heat-for-Industrial-Processes

الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة وبرنامج تحليل أنظمة تكنولوجيا الطاقة (2015ب)، *التدفئة والتبريد بالطاقة الشمسية للاستخدامات المنزلية: موجز التكنولوجيا:*، الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة وبرنامج تحليل أنظمة تكنولوجيا الطاقة، www.irena.org/publications/2015/Jan/Solar-Heating-and-Cooling-for-Residential-Applications

الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة والوكالة الدولية للطاقة وشبكة سياسات الطاقة المتجددة للقرن 21 (2018)، *سياسات الطاقة المتجددة في زمن التحوّل*، الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة ووكالة الطاقة الدولية وشبكة سياسات الطاقة المتجددة للقرن 21، www.irena.org/publications/2018/Apr/Renewable-energy-policies-in-a-time-of-transition

جامعة الدول العربية والمركز الإقليمي للطاقة المتجددة والكفاءة في استخدام الطاقة (2016)، *دليل الطاقة المتجددة والكفاءة في استخدام الطاقة في المنطقة العربية* {جامعة الدول العربية والمركز الإقليمي للطاقة المتجددة والكفاءة في استخدام الطاقة، www.rcreee.org/projects/arab-region-renewable-energy-and-energy-efficiency-guide-daleel/

ميزا، إي (2015). "فرص الطاقة الشمسية آخذة في الصعود"، مجلة الطاقة الكهروضوئية، 28 أبريل 2015، www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/solar-opportunities-on-the-rise-in-egypt-_100019269/

ميتر فول (2014)، *دراسة حالة: تطوير التوليد المشترَك للطاقة القائم على تفل قصب السكر في قطاع السكر في تايلند*، يوليو، مشروع ميتر فول للطاقة الحيوية، www.fao.org/fileadmin/templates/rap/files/meetings/2014/140723-d1s3.Bagasse.pdf

وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة (2017)، *برنامج كامل النطاق للطاقة المتجددة في مصر* وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، القاهرة، http://egyptera.org/Downloads/taka%20gdida/renewable%20Energy.pdf

محمد صلاح السبكي (الابن) (2017)، "تكامل الطاقة المتجددة في شبكة الكهرباء المصرية"، "اجتماع مجموعة شركاء التطوير، المجموعة الفرعية للطاقة والبيئة (تقديم 7 فبراير 2017)، القاهرة، https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/22372Dr.%20Mohamed%20El%20Sobki.pdf

وزارة التخطيط (2015)، *استراتيجية التنمية المستدامة: رؤية مصر 2030*، نوفمبر 2015، www.arabdevelopmentportal.com/sites/default/files/publication/sds_egypt_vision_2030.pd

هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة (2013)، *الخطة الرئيسية الموحدة للطاقة المتجددة الخاصة بمصر: التقرير 1-2/6-6، إطار العمل المعني بالطاقة المتجددة وخطة العمل*، دراسة بواسطة لاميير إنترناشيونال، معهد فراونهوفر للأنظمة وبحوث الابتكار ومعهد فرانهوفر لأنظمة الطاقة الشمسية، مارس 2015.

بي في إنسايدر (2015)، "الطاقة الشمسية في مصر: برنامج التعرفة التفضيلية الجديدة لتطوير الطاقة الكهروضوئية"، النشرة المُطّلعة على الطاقة الكهروضوئية، لندن http://solargcc.com/?reqp=1&reqr=، (عرض على 2017/12/11).

سـعيد، إن وآخـرون (2013)، "التقييـم الكمّـي لمـوارد الكتلـة الحيويـة وإمكاناتهـا المتعلقـة بالطاقـة فـي مصـر"، *اسـتعراضات الطاقـة المتجـددة والمسـتدامة*، المجلّـد 24، أغسـطس، ص 84-91، رقـم ISSN 1364-0321، http://doi.org/10.1016/j.rser.2013.03.014

توفيـق، إس آر *وآخـرون* (2013)، "مـوارد وآفـاق الوقـود السـائل لإيثانـول السـليلوز اللغنينـي: دراسـة حالـة مصريـة"، *مجلـة البتـرول المصريـة*، المُجلّـد 22، إلسـيفيير، ص 269-276، www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110062113000548

اقتصاديات التداول (2017)، مصر - *مؤشرات اقتصادية*، اقتصاديات التداول، https://tradingeconomics.com/egypt/indicators

برنامـج الأمـم المتحـدة الإنمائـي ومرفـق البيئـة العالميـة (2008)، مسـتند مشـروع حكومـة مصـر - *الطاقـة الحيويـة للتنميـة الريفيـة المسـتدامة*، نظـام إدارة معلومـات برنامـج الأمـم المتحـدة للبيئـة 2284، برنامـج الأمـم المتحـدة الإنمائـي، نيويـورك، ولايـة نيويـورك، www.eg.undp.org/content/egypt/en/home/operations/projects/sustainable-development/BioEnergyforSustainableRuralDevelopment.html

برنامـج الأمـم المتحـدة للبيئـة (2014)، *المرفـق الاسـتثماري للبحـر المتوسـط*، برنامـج الأمـم المتحـدة للبيئـة - وزارة البيئـة والشـراكات البريـة والبحريـة فـي إيطاليـا، ص 27-29.

الشـعبة الإحصائيـة فـي الأمم المتحـدة (2015)، *موازيـن الطاقـة لمصـر 2015*، https://unstats.un.org/unsd/energy/balance/2015/bcf.pdf

وهـاب، آر إيـه (2013)، *إعـادة اسـتخدام الميـاه فـي مصـر: الفـرص والتحديـات*، الشـركة القابضـة للميـاه وميـاه الصـرف، ورشـة العمـل حـول تكنولوجيـا الميـاه المسـتدامة، القاهـرة، 18-20 فبرايـر، http://eeas.europa.eu/archives/delegations/egypt/press_corner/all_news/news/2016/euwater_en.pdf

البنـك الدولـي (2017)، *الآفـاق الاقتصاديـة فـي مصـر 2017*، البنـك الدولـي، واشـنطن العاصمـة، www.worldbank.org/en/country/egypt/publication/egypt-economic-outlook-october-2017

IRENA
International Renewable Energy Agency
الوكالة الدولية للطاقة المتجددة

ص.ب: 236
أبو ظبي، الإمارات العربية المتحدة
هاتف: 4179000 2 971+
www.irena.org

حقوق الطبع © IRENA 2018