الفصل العاشر
(فصل المحور)

آفاق التوليد الكهربائي باستخدام مصادر الطاقات المتجددة في الدول العربية

نظرة عامة

تعتبر الطاقة المحور الرئيسي لتحقيق التنمية المستدامة والاستقرار والتقدم لأي مجتمع، أخذاً في الاعتبار فعالية إدارة وتنويع مصادرها الأولية، وتحسين كفاءة وترشيد استخدامها وتوافر تكنولوجياتها، وتأمين الحصول عليها بأسعار مقبولة من جانب المستهلك.

أولت الدول العربية، خلال العقود الماضية، اهتماماً كبيراً بقطاع الكهرباء، وتمكنت من تحقيق إنجازات ملموسة في إنشاء وتطوير بنية هذا القطاع، حيث ارتفعت كمية الطاقة الكهربائية المولدة بحوالي الضعف خلال الفترة (2005 – 2017)، وارتفع الطلب على الحمل الأقصى بالمقدار ذاته.

والطاقة المتجددة هي الطاقة المستمدة من المصادر التي يمكن أن تعيد الطبيعة توليدها بشكل مستمر، وبدون تدخل الإنسان، مثل المياه وطاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة الحرارية الأرضية والكتلة الحيوية. تتميز الطاقة المتجددة عن الوقود الأحفوري "نفط، فحم و غاز طبيعي" بأن مصادرها طبيعية وغير ناضبة، ومتوفرة في الطبيعة، ومتجددة باستمرار، كذلك فهي طاقة نظيفة لا ينتج عن إنتاجها تلوث بيئي.

تتمتع الدول العربية بوفرة كبيرة في مصادر الطاقة المتجددة، خاصة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، حيث تقع معظم الدول العربية في منطقة الحزام الشمسي، متمتعة بأعلى فيض إشعاعي شمسي على مستوى العالم. كما تتمتع معظم دول المنطقة العربية أيضاً بإمكانات جيدة في مجال طاقة الرياح لتوليد الكهرباء، علاوة على مصادر الطاقة المائية وطاقة الكتلة الحيوية.

وفي إطار تخفيض الاستهلاك المستقبلي من النفط والغاز، وللحفاظ على البيئة وتخفيض الانبعاثات من محطات التوليد الحرارية، توجه العديد من الدول العربية إلى زيادة الاعتماد على التوليد الكهربائي من محطات التوليد التي تعمل على الطاقات المتجددة. وقد حققت الإمارات والأردن ومصر والسودان والمغرب وموريتانيا شوطاً كبيراً في هذا المجال، وقطعت السعودية وتونس والجزائر بعض التقدم، بينما تسعى باقي الدول العربية للتوسع في استخدام تلك الطاقات في مجال التوليد الكهربائي.

إلا أن هناك العديد من الأمور الفنية الواجب أخذها في الاعتبار عند إنشاء محطات توليد كهربائية تعمل بالطاقات المتجددة، أهمها اختيار موقع المشروع وقربه من شبكة الكهرباء، وذلك لتحقيق عائد اقتصادي مناسب منه. وبالنظر إلى أن الطاقة المولدة من المحطات الهوائية والشمسية غير مؤكدة، تحرص شركات الكهرباء على أن تكون القدرة المركبة من المحطات الحرارية مساوية، على الأقل، للحمل الأقصى على الشبكة، وبالتالي لا يؤدي التوسع في إنشاء محطات توليد هوائية وشمسية إلى تخفيض الاستثمارات في محطات التوليد الحرارية.

وقد قامت الدول العربية، خلال العقدين الماضيين، بربط أغلب شبكات الكهرباء لديها على التوترات المختلفة، إلا أن نسب الاستفادة من شبكات الربط القائمة لا تتجاوز 10 في المائة من سعات الخطوط. وعليه، تمثل مشاريع التوليد باستخدام الطاقات المتجددة فرصةً جيدةً لزيادة نسبة استغلال خطوط الربط القائمة، حيث يمكن استغلال خطوط الربط، مثلاً، لتقليل التذبذبات في مستوى التوليد من محطات التوليد التي تعمل بطاقة الرياح، حيث أن احتمال توقف كافة التربينات الهوائية، في كل الدول العربية، عن العمل في وقت واحد ضئيل للغاية.

منظومة الكهرباء في الدول العربية

شـــهدت الفترة (2005 – 2017) ارتفاعاً كبيراً في الطلـب على الحمـل الأقصـــى في الـدول العربيـة، حيـث ارتفع الطلـب من حوالي 107 ج.و. عـام 2005 إلى حوالي 210 ج.و. عـام 2017، أي بمتوسط زيادة سنوية حوالي 5.8 في المـائـة خلال تلـك الفترة. عليـه، قـامـت الـدول العربية بإضافة قدرات توليد حرارية وكهرومائية وهوائية وشمسية مقدارها حوالي 158.3 ج.و.، بحيث ارتفعت قدرات التوليد المركبة عام 2017 إلى حوالي 288.0 ج.و.، تمثل حوالي ضـــعف إجمـالي قـدرات التوليـد المركبـة عـام 2005، متجـاوزة إجمـالي الحمـل الأقصـــى في الـدول العربية بنســبة حوالي 27 في المائة، وهو ما يعد احتياطي توليد مناسب.

كمـا ارتفع إجمـالي الطـاقـة المولـدة في الـدول العربيــة، خلال الفترة (2005 – 2017)، من حوالي 599 ت.و.س. عـام 2005 إلى حوالي 1076 ت.و.س. عام 2017، أي بمتوســط زيادة ســـنوية حوالي 5.0 في المائة خلال تلك الفترة. وقد تمكنت أغلب الدول العربية من تلبية الطلب على الطاقة الكهربائية في شبكاتها باستثناء لبنان والعراق، حيث لم تقم هاتان الدولتان بإنشاء العدد الكاف من محطات التوليد الجديدة لمواكبة الزيادة في الطلب على الطاقة، إضافةً إلى اليمن وسوريا وليبيا نتيجة للأوضاع الداخلية التي تشهدها.

يوضـــح الجدول رقم (1) تطور أهم المؤشـــرات الرئيســـية الإجمـالية للقدرة والطـاقة في الدول العربية خلال الفترة (2005 – 2017).

الجدول رقم (1)
تطور أهم المؤشرات الرئيسية الإجمالية للقدرة والطاقة في الدول العربية
(2005– 2017)

	2005	2010	2016	2017
القدرة المركبة (ج.و.)	131.7	188.0	271.7	288.0
الطلب على الحمل الأقصى (ج.و.)	106.6	152.8	204.9	209.9
الطاقة المنتجة (ت.و.س.)	598.7	833.5	1139.1	1075.5
الطاقة المستهلكة (ت.و.س.)	497.7	688.9	892.2	888.2

المصدر: الملحقان (1/10)، (2/10) و (3/10).

إطار (1)
تعريف بأهم المصطلحات المستخدمة في التوليد الكهربائي

يعبر مصطلح القدرة (Power)عن كمية الكهرباء المولدة في لحظة معينة. يتم استخدام مقياس الكيلووات لتعريف قدرة وحدات التوليد الصغيرة ومقياس الميجاوات لتعريف قدرة وحدات التوليد الكبيرة.

1 كيلووات (ك.و.) = 1000 وات
1 ميجاوات (م.و.) = 1000 ك.و.
1 جيجاوات (ج.و.) = 1000 م.و.

يعبر مصـــطلح الطاقة (Energy) عن إجمالي كمية الكهرباء المولدة خلال فترة زمنية، عادة ما تعرف بالســـاعة. على ســـبيل المثال، لو تم توليد 1 ك.و. بصفة مستمرة لمدة ساعة، فإن الطاقة المولدة هي 1 كيلووات ساعة (1 ك.و.س.).

1 كيلووات ساعة (ك.و.س.) = 1000 وات ساعة
1 ميجاوات ساعة (م.و.س.) = 1000 ك.و.س.
1 جيجاوات ساعة (ج.و.س.) = 1000 م.و.س.
1 تيراوات ساعة (ت.و.س.) = 1000 ج.و.س.

يُعرف معامل سعة التوليد (Generation Capacity Factor) لمحطة كهربائية بنسبة الطاقة الفعلية المولدة من المحطة خلال عام، مقارنة بالطاقة التي كان من الممكن توليدها من المحطة لو تم تشـــغيلها بكامل قدرتها خلال العام. بافتراض أنه يتم تشـــغيل

المحطات الحرارية عند مستوى حوالي 90 في المائة من قدراتها التصميمية، وأنه يتم إخراج المحطة من الخدمة لمدة حوالي 3 أسابيع كل عام لإجراء عمليات الصيانة، يتم استخدام معامل سعة للمحطة يساوي حوالي 85 في المائة على أساس أن 85 في المائة = 0.9 × (49/ 52).

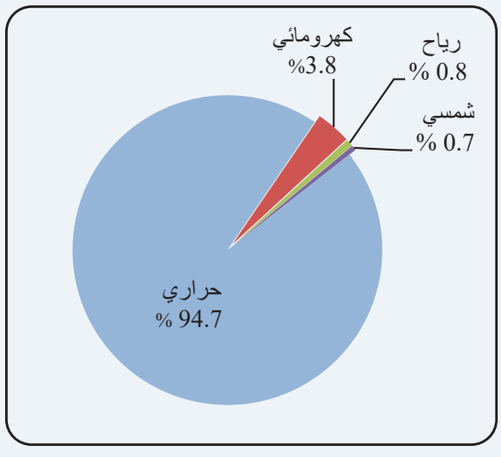
عادة ما يبلغ معامل سعة التوليد للمحطات الشمسية التي تعمل باستخدام أنظمة الخلايا الفوتوفولطية حوالي 15 في المائة، بينما عادة ما يبلغ معامل سعة التوليد للمحطات التي تعمل بطاقة الرياح ما يتراوح بين 30 إلى 35 في المائة.

يمكن حساب الطاقة المولدة من محطة توليد باستخدام المعادلة التالية: الطاقة المولدة (ج.و.س.) = 8.76 × قدرة المحطة (م.و.) × معامل سعة التوليد.

توزع إجمالي قدرات التوليد المركبة عام 2017 على النحو التالي: حوالي 272.7 ج.و. من وحدات توليد حرارية، وحوالي 10.9 ج.و. من وحدات توليد كهرومائية، وحوالي 2.1 ج.و. من وحدات توليد تعمل بالطاقة الشمسية، وحوالي 2.3 ج.و. من وحدات توليد تعمل بطاقة الرياح. عليه، فقد شكل إجمالي قدرات التوليد التي تعمل على الطاقة المتجددة حوالي 5.3 في المائة من إجمالي قدرات التوليد على الشبكات العربية، قامت بتوليد حوالي 26.9 ت.و.س.، مثلت حوالي 2.5 في المائة من إجمالي الطاقة المولدة في الدول العربية في ذلك العام، الشكل رقم (1)، الملحق (3/10)، والملحق (4/10).

من المتوقع أن يرتفع الطلب على الحمل الأقصى في الدول العربية إلى حوالي 246 ج.و. بحلول عام 2020، وإلى حوالي 368 ج.و. بحلول عام 2030، وأن يرتفع إجمالي الطاقة المولدة من وحدات التوليد الموجودة على شبكات الدول العربية إلى حوالي 1428 ت.و.س. وحوالي 2104 ت.و.س. في عامي 2020 و2030. وقد بلغ استهلاك الدول العربية، عام 2017، حوالي 241 مليون طن مكافئ نفط (ط.م.ن.) لأغراض توليد الكهرباء، وهو ما يعادل استهلاك حوالي 4.6 مليون برميل مكافئ نفط يومياً. واستناداً إلى دراسة فنية[1] أجريت عام 2014، فإنه لو استمر اعتماد الدول العربية بصفة شبه كاملة على التوليد الكهربائي من مصادر الطاقة الحرارية، وباستخدام سعر نفط يساوي 60 دولار للبرميل خلال الفترة التي شملتها الدراسة، فإن تكلفة الوقود اللازم للتوليد سوف تبلغ حوالي 58 مليار دولار عام 2020، ترتفع إلى حوالي 95 مليار دولار عام 2030، وهو ما سيمثل عبئاً مالياً كبيراً على الدول العربية سواءً المستوردة للنفط أو المنتجة والمصدرة له، بإضاعة الفرصة البديلة المتمثلة في تصدير هذا الوقود.

الشكل رقم (1): توزيع قدرات التوليد بين أنماط التوليد المختلفة في عام 2017



المصدر: الملحق (4/10).

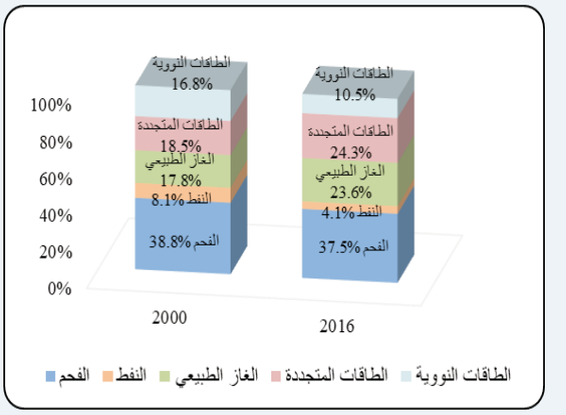
حصة محطات التوليد باستخدام الطاقات المتجددة من إنتاج الكهرباء في العالم

ارتفع إجمالي الطاقة الكهربائية المنتجة من محطات التوليد التي تعمل بالطاقات المتجددة من 2868 ت.و.س. عام 2000 إلى حوالي 6018 ت.و.س. عام 2016. شكلت تلك الطاقات حوالي 24.3 في المائة من إجمالي الطاقة الكهربائية المنتجة في العالم عام 2016، مقارنة بحوالي 18.5 في المائة في عام 2000، أي بمعدل نمو سنوي بلغ حوالي 4.7 في المائة خلال الفترة (2000 – 2016). أما بالنسبة لمصادر التوليد الأخرى، فقد ساهمت محطات التوليد التي تعمل على الفحم بنسبة حوالي 37.5 في المائة من

[1] الصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي (2014). "تقرير دراسة الربط الكهربائي العربي الشامل واستغلال الغاز الطبيعي".

إجمالي الطاقة الكهربائية المنتجة عام 2016، بينما ساهمت محطات التوليد التي تعمل على الوقود والغاز الطبيعي والطاقة النووية بنسب 4.1 و23.6 و10.6 في المائة على التوالي، الشكل رقم (2).

الشكل رقم (2): تطور توزيع الطاقة الكهربائية المنتجة حسب مصادر التوليد (2016 – 2000)



المصدر: وكالة الطاقة الدولية (2017). "تقرير آفاق الطاقة

مصادر وخصائص الطاقات المتجددة في الدول العربية

التوليد باستخدام الطاقة الكهرومائية

يتم التوليد الكهرومائي بإنتاج الكهرباء عن طريق تحويل طاقة الوضع للمياه إلى طاقة حركية، حيث ينحدر الماء بكميات ضخمة من ارتفاع عالٍ ليدير تربيناً، فيدير بدوره مولداً كهربائياً لينتج طاقة كهربائية. تعتمد كمية الطاقة المنتجة على كمية المياه المتدفقة بالثانية وعلى ارتفاع الماء، فكلما زاد معدل كمية المياه المتدفقة في التربين زادت الطاقة المنتجة، وكلما زاد ارتفاع الماء زادت أيضاً الطاقة المنتجة.

تتميز محطات القوى التي تنتج الكهرباء من السدود بدرجة كفاءة عالية، حيث يمكن أن تصل كفاءة التربينات والمولدات الكهربائية إلى 50 في المائة في تحويل طاقة الحركة إلى طاقة كهربائية. وعادة ما تكون تكلفة التوليد الكهرومائي أقل من تكلفة التوليد من أية مصادر أخرى، نظراً لأن عمر السدود قد يصل إلى أكثر من مائة عام، كما أن التكاليف التشغيلية لمحطات التوليد الكهرومائي الملحقة بالسدود أقل بكثير من التكاليف التشغيلية لمحطات التوليد الحراري. عادة ما يتم استخدام التوليد الكهرومائي لغرضين، الأول هو تلبية جزءً من حمل القاعدة، نظراً لانخفاض تكلفة التوليد منه، والثاني هو الاستجابة لأية تغيرات في الأحمال أو في التوليد، حيث يمكن، عن طريق تغيير اتجاه شفرات التربينات، زيادة أو تخفيض القدرة المولدة من التربينة، بسرعة كبيرة. وعليه، فإن وجود توليد كهرومائي في دول مثل مصر والمغرب يعد من أفضل الوسائل لتخفيض تأثير التذبذبات في مستوى التوليد من مزارع الرياح الموجودة في تلك الدول، أو المخطط إنشاؤها، كنتيجة للتغيرات غير المتوقعة في سرعة الرياح المندفعة نحو التربينات الهوائية. وقد قامت كل من مصر وسورية ولبنان والعراق والمغرب والجزائر والسودان بالاستفادة من مصادر الطاقة الكهرومائية الموجودة لديها، حيث تبلغ قدرات التوليد الكهرومائي المركبة في مصر حوالي 2800 م.و.، تليها العراق بقدرة حوالي 2513 م.و.، بينما تبلغ قدرات التوليد الكهرومائي المركبة في المغرب والسودان وسورية ولبنان والجزائر حوالي 1770 و1753 و1494 و280 و228 م.و.، على التوالي.

التوليد الكهربائي باستخدام الطاقة الشمسية

تزود الشمس الأرض بطاقة تزيد عن إجمالي احتياجات العالم من الطاقة بحوالي 5000 مرة، حيث أن الطاقة التي يمكن الحصول عليها من أشعة الشمس لمدة 105 دقيقة تكفي احتياجات العالم لمدة عام. تتمتع المنطقة العربية بأعلى فيض إشعاع شمسي في العالم، حيث يصل متوسط كثافة الإشعاع الشمسي إلى حوالي 250 وات / متر مربع في الساعة، أي ما يعادل حوالي 6 ك.و.س./ متر مربع/ اليوم، أو 2000 ك.و.س./ متر مربع/ السنة. تتفاوت كثافة الإشعاع الشمسي في الدول العربية من دولة لأخرى.

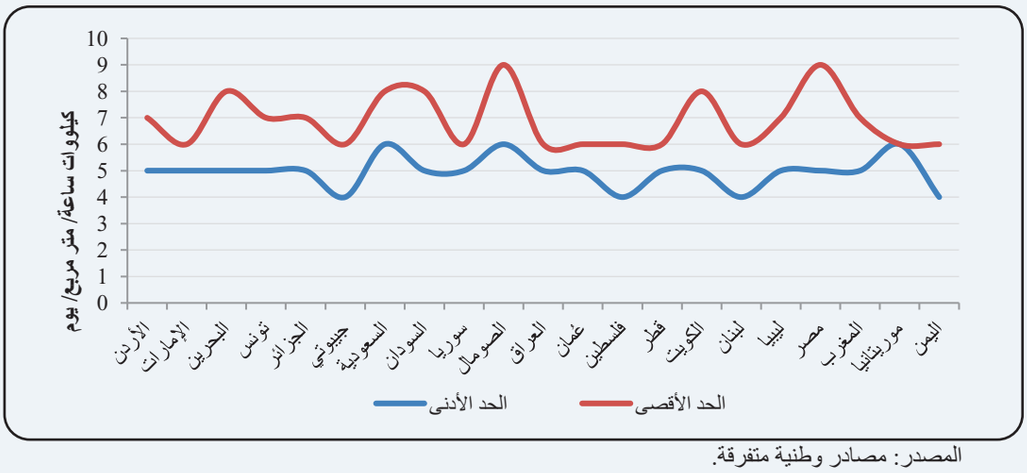
تختلف كثافة الإشعاع الشمسي من منطقة لأخرى داخل الدولة الواحدة، كما تختلف بين فصلي الشتاء والصيف. على سبيل المثال، يقع أدنى مستوى لكمية الإشعاع الشمسي في شمال مصر في شهر يناير، لتلبد السماء بالسحب، حيث يمكن أن ينخفض إلى مستوى 5 ك.و.س./متر مربع/ اليوم، بينما قد يصل إلى حوالي 8 ك.و.س./متر مربع/ اليوم في صعيد مصر. أما في السعودية، فيقع أعلى معدل للإشعاع الشمسي في الجزء الغربي من المملكة، القريب من الحدود الأردنية، الشكل رقم (3).

يلاحظ أن كل هذه الأرقام تتجاوز الأرقام المشابهة في الدول الغربية، حيث لا يتعدى متوسط كثافة الإشعاع الشمسي حوالي 3 ك.و.س./متر مربع/ اليوم في ألمانيا وإسبانيا، وهي من الدول التي قامت بإنشاء محطات توليد كبيرة تستخدم الطاقة الشمسية.

بصفة عامة، هناك تقنيتان لتوليد الكهرباء بواسطة الطاقة الشمسية، هما التوليد باستخدام أنظمة الخلايا الفوتوفولطية، والتوليد باستخدام مركزات الطاقة الشمسية. يتم في أنظمة الخلايا الفوتوفولطية تحويل الطاقة الشمسية مباشرة إلى طاقة كهربائية. تتميز هذه التقنية بانخفاض تكاليف التشغيل والصيانة خلال العمر الافتراضي للمحطة الذي تتراوح ما بين 25 إلى 30 سنة، إلا أنه يعيبها أنها تقوم بتوليد الكهرباء أثناء فترات النهار فقط. أما بالنسبة لأنظمة مركزات الطاقة الشمسية، فيتم فيها استخدام مرايا لتركيز الطاقة الشمسية على موقع محدد، ذلك لتسخين سائل أو مادة صلبة وإنتاج بخار، يتم توجيهه إلى تربين بخاري لتوليد الكهرباء. يتميز هذا النظام بأنه يمكنه توليد كهرباء أثناء النهار ولمدة حوالي 4 ساعات إضافية، بعد غروب الشمس، نتيجة لاحتفاظ السائل (المادة الصلبة) الذي يجري تسخينه بواسطة الأشعة المسلطة عليه بدرجة حرارة مرتفعة لهذه الفترة. إلا أن تكلفة التوليد بواسطة نظام مركزات الطاقة الشمسية عادة ما تكون حوالي ضعف تكلفة التوليد باستخدام أنظمة الخلايا الفوتوفولطية.

قامت كل من المغرب والجزائر ومصر والإمارات بإنشاء محطات توليد فوتوفولطية بقدرات 481 و324 و100 و213 م.و.، على التوالي. وتم إنشاء مشروعين للتوليد الكهربائي بواسطة الطاقة الشمسية المركزة في المغرب والإمارات. تبلغ قدرة مشروع ورزازات (نور) في المغرب حوالي 160 م.و.، بينما تبلغ قدرة مشروع شمس "1" في أبوظبي حوالي 100 م.و. كذلك تم إنشاء ثلاث محطات توليد هجينة في الجزائر ومصر والمغرب. تتكون تلك المحطات من جزء حراري وجزء يعمل بالطاقة الشمسية. يبلغ إجمالي قدرة المحطة الجزائرية 150 م.و.، منها 20 م.و. قدرة توليد شمسية، ويبلغ إجمالي قدرة المحطة المصرية 140 م.و.، منها 40 م.و. قدرة توليد شمسية، بينما يبلغ إجمالي قدرة توليد المحطة المغربية 462 م.و.، منها 20 م.و. قدرة توليد شمسية.

الشكل رقم (3): كثافة الإشعاع الشمسي في الدول العربية



المصدر: مصادر وطنية متفرقة.

التوليد الكهربائي باستخدام طاقة الرياح

يتم في محطات توليد الكهرباء التي تستخدم طاقة الرياح تحويل طاقة الرياح الحركية إلى طاقة كهربائية، من خلال تسبب تدفق الهواء في تدوير مجموعة من الشفرات ذات تصميم انسيابي يشبه كل منها إلى حد كبير جناح الطائرة.

تبدأ التربينات عادة في توليد الكهرباء عندما تصل سرعة الرياح إلى حوالي 3 أو 4 متر/ الثانية، ومن ثم ترتفع القدرة المولدة منها تدريجياً مع ارتفاع سرعة الرياح لتصل إلى أعلى مستوى للتوليد عند سرعة ما بين 10 و14 متر/ الثانية.

يظل التوليد في حدود هذه القدرة مع زيادة السرعة حتى تصل سرعة الرياح إلى أقصى حد من الممكن أن تتحمله مكونات وأجزاء التربينة من حيث الإجهادات الميكانيكية، وهو عادة ما يكون حوالي 25 متر/ الثانية. عندها، يجب استخدام الفرامل وإيقاف التربينة عن العمل.

تتركز طاقة الرياح في العالم العربي في مناطق بعينها، ولا تتوفر في كل مكان. على سبيل المثال، فإن دولاً مثل مصر والمغرب وعُمان لديها مواقع بها متوسط سرعات رياح سنوي يتراوح ما بين 9 و11 متراً في الثانية، خلال فترات طويلة من العام.

وتوجد كذلك في تلك الدول مواقع بها متوسط سرعات رياح سنوي يتراوح ما بين 7 و8 متراً في الثانية، وبالتالي فهي تصلح لتوليد الكهرباء، ولكن بمعاملات سعة توليد أقل، وبالتالي بتكلفة توليد أعلى، الشكل رقم (4).

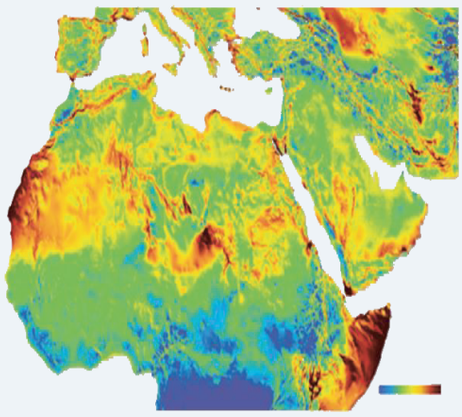
شهدت السنوات الماضية زيادة في قدرة التوليد التي يمكن توليدها من التربينة الواحدة بسبب تطور التقنيات، وما صاحب ذلك من ارتفاع في أطوال الأبراج.

على سبيل المثال، كانت أكبر قدرة توليد يمكن الحصول عليها عام 1995، من التربينة، حوالي 1.5 م.و.، بارتفاع للبرج حوالي 50 متراً. وقد ارتفع هذان الرقمان بصفة مضطردة إلى حوالي 8.8 م.و.، وارتفاع حوالي 126 متراً، على التوالي، في عام 2017، الشكل رقم (5).

قامت المغرب ومصر والأردن بإنشاء مزارع للرياح بقدرات تبلغ 1018 م.و.، و747 م.و. و198 م.و.، على التوالي، وقامت تونس والجزائر وموريتانيا بإنشاء مزارع للرياح بقدرات أقل، كلها على اليابسة (Onshore).

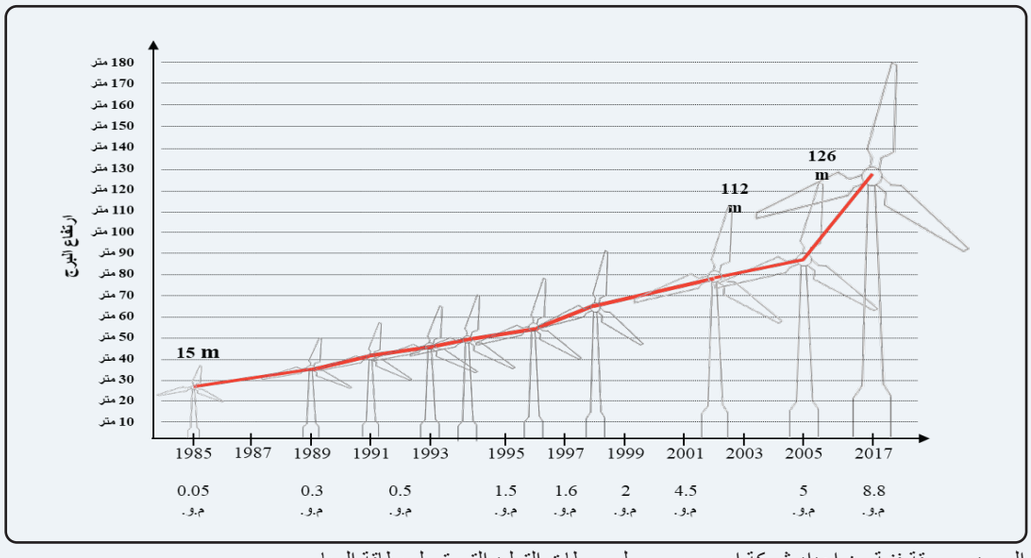
ولا توجد في الدول العربية حتى الآن مشاريع لإنشاء مزارع للرياح في البحار (Offshore)، وذلك لأن متوسط تكلفة التوليد منها يصل إلى حوالي ضعف تكلفة التوليد من الأبراج التي تقام على اليابسة.

الشكل رقم (4): أطلس الرياح للدول العربية



المصدر: موقع شركة فايسالا.

الشكل رقم (5): تطور أطوال أبراج التربينات الهوائية والقدرة المولدة منها (2017 – 1985)



المصدر: ورقة فنية من إعداد شركة إي.بي.بي. حول محطات التوليد التي تعمل بطاقة الرياح.

التوليد باستخدام الطاقات المتجددة الأخرى

تشمل مصادر الطاقات المتجددة الأخرى الطاقة الحرارية الجوفية، والوقود الحيوي المستدام، وغيرها. والطاقة الحرارية الجوفية هي طاقة حرارية تولدت وتم تخزينها في باطن الأرض. ويعود مصدرها الأساسي من عمليات تحلل عضوي لبعض العناصر في مركز الأرض، وجزء صغير منها مصدره الحرارة المصاحبة لنشأة الأرض، التي تصل درجة حرارة مركزها إلى حوالي 5000 درجة مئوية. تنشأ من هذه الحالة تيارات مستمرة من الغازات، أهمها الهيليوم ونظائره، تحمل معها الطاقة الحرارية، وتتجه بها نحو سطح الأرض. تقوم هذه التيارات بصهر بعض الصخور مكونة ما يسمى بالصهارة، التي تنقل حرارتها إلى المياه الجوفية التي قد تصل درجة حرارتها إلى 370 درجة مئوية.

أوضحت الأبحاث والاستكشافات ودراسات الجدوى بأن محطات توليد الكهرباء التي تستخدم الطاقة الحرارية الجوفية اقتصادية التكلفة وذات اعتمادية عالية وذات إنتاج مستمر، كما أنها صديقة للبيئة. وعليه، فهي تصلح كوحدات توليد لتلبية الأحمال الأساسية على الشبكة، لكونها محصنة عموماً من تقلبات الطقس والتباين الموسمي، اللذين يعاني منهما التوليد الشمسي الفوتوفولطي والتوليد بواسطة طاقة الرياح.

أما الوقود الحيوي، فهو وقود يستخلص من بعض المحاصيل الزراعية، وأشهر أنواعه هو الديزل الحيوي والإيثانول، حيث يستخدما في تشغيل المحركات والمركبات وتوليد الكهرباء داخل خلايا الوقود. وحتى الآن، لم يتم استخدام الوقود الحيوي بصورة كبيرة لتوليد الكهرباء في الدول العربية.

تكلفة التوليد من مصادر الطاقات المتجددة مقارنة بتكلفة التوليد الحراري

تعتمد تكلفة التوليد من محطات التوليد من مصادر الطاقات المتجددة على عدة عوامل، منها حجم المشروع، وطبيعة المنطقة، ونوع التمويل، والتسهيلات المقدمة من الدولة لتشجيع الاستثمار في تلك المحطات.

عادة ما تتراوح تكلفة التوليد الهوائي ما بين 5 و7 سنت/ ك.و.س.، إلا أنها يمكن أن تنخفض حتى حوالي 3 سنت/ ك.و.س. عندما يتجاوز معامل سعة التوليد حوالي 50 في المائة. أما بالنسبة للتوليد الشمسي الفوتوفولطي، فتتراوح

تكلفته ما بين 5 سنت/ ك.و.س. و9 سنت/ ك.و.س.، اعتماداً على حجم المحطة.

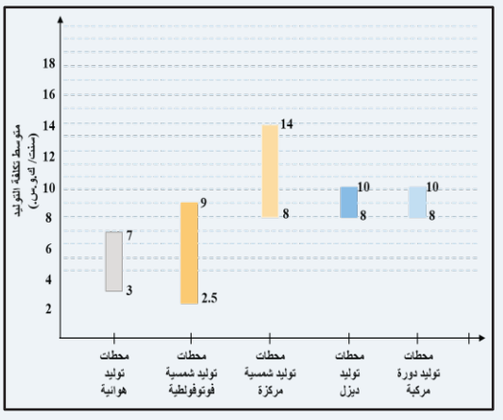
على سبيل المثال، تكون تكلفة التوليد في حدود 9 سنت/ ك.و.س. لمحطات توليد صغيرة، ذات قدرات تتراوح بين 10 إلى 20 م.و.، وتنخفض إلى حوالي 2.5 سنت/ ك.و.س.، بالنسبة لمحطات عملاقة، إجمالي قدراتها في حدود 800 م.و.، الشكل رقم (6).

وكنتيجة للتطورات الكبيرة المتوقعة في كفاءة الألواح الضوئية المستخدمة في محطات التوليد الشمسية الفوتوفولطية، وانخفاض تكاليف إنتاجها مع زيادة الكميات المصنعة منها، فمن المتوقع أن ينخفض متوسط تكلفة التوليد من المحطات الفوتوفولطية، بقدرة تتراوح ما بين 50 و100 م.و.، من حوالي 5 – 10 سنت/ ك.و.س. عام 2015 إلى حوالي 3.5 – 5 سنت/ ك.و.س. عام 2035، حيث يتوقع أن يكون متوسط تكلفة التوليد، عام 2035، أقل من متوسط تكلفة التوليد من مزارع الرياح، بقدرات مشابهة، والذي من المتوقع أن يبقى عند مستوى حوالي 4 – 5 سنت/ ك.و.س.، وتكلفة التوليد من محطات الشمسية المركزة الذي سوف يتراوح ما بين 11 – 15 سنت/ ك.و.س.، الشكل رقم (7).

من المتوقع أن يستمر متوسط تكلفة التوليد من محطات التوليد باستخدام الديزل ومحطات التوليد التي تعمل بنظام الدورة المركبة عند مستواه الحالي، حيث أن أغلب التكلفة هي تكلفة الوقود، والذي تتوقع أغلب الدراسات أن لا ينخفض سعره عن حوالي 60 دولار/ برميل في المديين القصير والمتوسط[2].

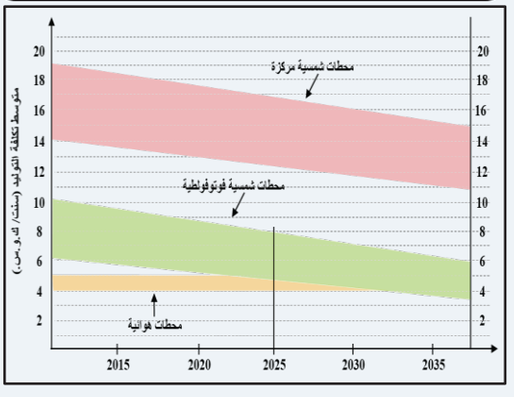
عليه، ستكون لمحطات التوليد الهوائية والشمسية ميزة نسبية كبيرة من ناحية التكلفة، مقارنة بمحطات التوليد الحرارية، خاصة إذا ما تم استخدام تلك المحطات مع بطاريات لتخزين الكهرباء المولدة منها، حيث سيتم شحن تلك البطاريات في الصباح، وتفريغها في المساء لزيادة معامل سعة التوليد من محطات التوليد الشمسية الفوتوفولطية، ولتنظيم كمية القدرة المنتجة من مزارع الرياح عند تذبذب مستوى التوليد منها نتيجة للتغير غير المتوقع في سرعة الرياح.

الشكل رقم (6): متوسط تكلفة التوليد من محطات التوليد المختلفة



المصدر: مؤسسة فراونهوفر لنظم الطاقة الشمسة، تكلفة التوليد من محطات الطاقة المتجددة.

الشكل رقم (7): التكلفة المتوقعة للتوليد من المحطات التي تعمل بالطاقات المتجددة حسب المصدر (2015- 2035)



المصدر: مؤسسة فراونهوفر لنظم الطاقة الشمسة، تكلفة التوليد من محطات الطاقة المتجددة.

آفاق التوليد الكهربائي في الدول العربية باستخدام مصادر الطاقات المتجددة

تتفاوت الدول العربية في مصادر الطاقة المتجددة الموجودة لديها، وفي مدى مناسبة كل من تلك

[2] وكالة الطاقة الدولية (2016). "تقرير آفاق الطاقة في العالم".

المصـــادر لمناخ الدولة وطبيعتها الجغرافية. وقد تمكنت كل من مصر وسورية والعراق والجزائر من الاســتفادة شــبه الكاملة من مصــادر التوليد المـائي في أراضــيهـا، وتتبقى فرص للتوليـد الكهرومائي في السـودان والمغرب. على سـبيل المثال، تخطط الحكومة السـودانية لإنشـاء ثلاثة سـدود رئيسـية على نهر النيل إجمالي قدراتها حوالي 2500 م.و.، إلا أنه لا يتوقع أن يتم اكتمال تنفيذ أي من هذه السـدود قبل نهاية عام 2030، نظراً لارتفاع تكلفتها وصعوبة توفير تمويل لازم لها في المستقبل القريب.

تتفاوت فرص الاستفادة من الطاقة الشمسية بين دولـة عربيـة وأخرى نظراً لأن كفـاءة الخلايـا الضـوئية تنخفض بمعدل حوالي نصـف بالمائة لكل درجة حرارة تزيد عن 25 درجة مئوية، كما تنخفض كفاءة تلك الخلايا عندما تتجمع الأتربة عليها، حيث تقدر الدراسـات أن القدرة المولدة منها قد تنخفض إلى النصـف عند تراكم الأتربة على الخلايـا الضـوئيـة. عليـه، فـإن التوليـد الكهربائي باستخدام الطاقة الشمسية مناسب لدول مثل مصـر والأردن وتونس والجزائر والمغرب لاعتدال درجة الحرارة فيها، بينما هو أقل مناسبة في دول الخليج لارتفـاع درجـة الحرارة فيهـا ووجود العديد من العواصف الرملية.

أما بالنسبة للتوليد بواسطة طاقة الرياح، فيتركز في المناطق السـاحلية، على الأخص في دول شـمال إفريقيا. عليه، من المتوقع أن تقوم مصـر خلال الأعوام السـبعة القادمة بإنشـاء مزارع لـلـريـاح بـقـدرة حـوالـي 3700 م.و.، وأن تقوم المغرب والجزائر، خلال الفترة ذاتهـا، بإنشاء مزارع للرياح بقدرة حوالي 2200 م.و. و 1800 م.و.، على التوالي. ونسـتعرض فيما يلي طبيعـة التوليـد الحـالي في كـل الـدول العربيـة وبرامجها المستقبلية لنشـر اسـتخدامات الطاقات المتجددة لتوليد الكهرباء.

دول المشرق العربي

تشـمل دول المشـرق العربي مصـر وسـورية والعراق والأردن ولبنـان وفلسـطين، وكلهـا، تسـتورد جزءاً أو كلاً من احتياجاتها من الوقود. وعليه، فإن لديها حافزاً كبيراً لإنشـاء محطات توليـد تعمـل بـالطـاقـات المتجـددة لتقليـل تكلفـة الاستيراد. خطت كل من مصر والأردن خطوات كبيرة فيما يخص السياسات والتشريعات الخاصة بمشـاركـة القطـاع الخـاص في إنشـاء تلـك المحطات، مثل قيام أجهزة تنظيم قطاع الكهرباء في كل منهما باسـتحداث تعرفة لتغذية الشـبكة، وإعداد عقود نمطية لشـراء الطاقة من القطاع الخاص، وتحديد جهات فض النزاعات، وهو ما انعكس بصورة إيجابية في عدد المشاريع التي تم تنفيذها أو جاري إنشـاؤها. وفيما يلي موجز لأهم مشـاريع التوليد من مصـادر الطاقة المتجددة في دول المشرق العربي.

مصـــر: بلغت القدرة الكهربـائيـة المركبـة على الشـبكة المصـرية، عام 2010، حوالي 24.7 ج.و.، موزعـة على النحو التـالي: وحـدات توليـد حراريـة بقـدرة 21.4 ج.و.، وحـدات توليـد كهرومـائيـة بقدرة حوالي 2.8 ج.و.، ومحطـات توليد تعمل بطاقة الرياح والطاقة الشمسية بقدرة حوالي 490 م.و. وشـكلت الطـاقـة الكهربـائيـة المولـدة من المحطـات الكهرومـائيـة والهوائيـة والشـمسية حوالي 7 في المائة من إجمالي الطاقة المولدة على الشـبكة. شـهدت الفترة (2011-2017) زيادة كبيرة في قدرات التوليد في مصر، تمثل أغلبها في إنشـاء محطات توليد حرارية، حيث قامت الحكومة المصـرية خلال تلك الفترة بإنشـاء محطات توليد بخارية ومحطات توليد تعمـل بنظـام الـدورة المركبـة إجمـالي قـدراتهـا حوالي 20 ج.و.، بينما لم تقم بإضافة سوى 397 م.و. قدرات توليد هوائية وشمسية.

من المتوقع أن تشـهد الفترة (2018 – 2022) طفرة كبيرة في قدرات التوليد من مصادر الطاقة المتجـددة، حيـث تقوم هيئـة الطـاقـة المتجـددة بالإشراف على تنفيذ مشاريع توليد بطاقة الرياح والطاقـة الشمسية الفـوتوفـولطية في منـاطق جبل الزيت وخليج السـويس والغردقة وكوم أمبو عن طريق قروض ميسرة، بينما يقوم القطاع الخاص بتنفيذ محطـات توليـد بطـاقـة الرياح وبـالطـاقـة الشـمسـية الفوتوفولطية ضـمن مشـروع تعرفة التغذية (Feed-in-Tariff)، أكبرها مجمع بنبان للطاقة الشمسية الفوتوفولطية، بقدرة 1450 م.و.، والذي سـيكون عند اكتماله من أكبر المجمعات الشـمسـية في العالم. وكذلك يتم الإعداد لمشـاريع بالطاقة الشـمسـية الفوتوفولطية وطاقة الرياح بقـدرة إجمـاليـة حوالي 2400 م.و.، تنفـذ عن طريق نظام البناء والتملك والتشـغيل (BOO)، الإطار رقم (2).

إطار (2)

محطات توليد الكهرباء بالطاقة الشمسية في صعيد جمهورية مصر العربية

تعتبر الطاقة الشمسية إحدى أهم مصادر الطاقة المتجددة في مصر، ذلك لوقوع معظم الأراضي المصرية في الحزام الشمسي الشمالي للكرة الأرضية، والمحدد بخطي العرض (10 – 30) شمال، حيث يتراوح الإشعاع الشمسي المباشر فيه، بين 2000 و3200 كيلوات ساعة/ م^2/ سنة. كما تتميز مناطق صعيد مصر، بجفاف المناخ وطول ساعات الإشعاع الشمسي التي تتراوح بين 9 إلى 11 ساعة على مدار السنة.

أصدرت الحكومة المصرية في أكتوبر 2014 قراراً لإنشاء محطات توليد مرتبطة بالشبكة وتعمل بتعريفة التغذية. وينص القرار على شراء الحكومة، بسعر تشجيعي، لقدرات توليد بالطاقة الشمسية الفوتوفولطية. خصصت الحكومة أراضي لهذا الغرض في منطقة بنبان التي تبعد حوالي 80 كم شمال مدينة أسوان، وغرب الطريق الدولي، في منطقة الزعفرانة على خليج السويس. تم تقسيم الأراضي إلى 29 قطعة، تكفي كل منها لإقامة محطة توليد بقدرة 50 م.و. وقد تمت ترسية عطاءات هذه القطع على 32 مستثمراً. وقد دخلت أولى تلك المحطات في الخدمة في بداية عام 2018، ومن المتوقع أن تدخل باقي المحطات الـ 28 الأخرى في الخدمة بنهاية عام 2019.

كذلك خصصت الحكومة المصرية ثلاث مواقع إضافية في منطقة كوم أمبو القريبة من بنبان، حيث من المتوقع أن تطرح الشركة المصرية لنقل الكهرباء مشروعاً لإنشاء محطة توليد بالطاقة الشمسية الفوتوفولطية بقدرة 200 ميجاوات تعمل بنظام البناء والتملك والتشغيل (BOO)، بينما خصصت موقعين لهيئة الطاقة المتجددة لإنشاء محطتي توليد تعملان بالطاقة الشمسية الفوتوفولطية بقدرة 20 و50 ميجاوات، على التوالي. يتم حالياً تنفيذ المشروع الأول بتمويل من الوكالة الفرنسية للتنمية (AFD)، بينما يسهم الصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي في تمويل المشروع الثاني.

وكنتيجة للإقبال المتزايد من جانب القطاع الخاص على تنفيذ مشاريع للتوليد في مصر، فقد قامت الحكومة المصرية، مؤخراً، بتعديل مخططها لإنشاء محطات توليد تعمل بنظام الطاقة المتجددة، لتشمل إضافة حوالي 20 ج.و. محطات توليد تعمل بالطاقة الشمسية، وحوالي 20 ج.و. أخرى لمحطات توليد تعمل بطاقة الرياح خلال الفترة (2018 – 2030)، إلا أن السيناريو الأكثر واقعية، نتيجة لطبيعة إجراءات التعاقد على المشاريع في مصر، هو إنشاء محطات توليد شمسية إجمالي قدراتها حوالي 7.9 ج.و.، ومحطات توليد، تعمل بطاقة الرياح، إجمالي قدراتها حوالي 13.6 ج.و.، خلال تلك الفترة، الجدول رقم (2).

الجدول رقم (2)

قدرات التوليد الحالية والمتوقع إضافتها على الشبكة المصرية

نوع التوليد	قدرة التوليد الحالية (م.و.)	قدرات التوليد (م.و.) متوقع إضافتها على الشبكة خلال الفترة			إجمالي القدرات المتوقع وجودها على الشبكة (2030)
		(2020-2018)	(2023-2021)	(2030-2024)	
توليد حراري	41582	13890	-	-	55472
توليد كهرومائي	2800	32	-	-	2832
محطات توليد شمسية فوتوفولطية	140	1740	1500	4620	8000
مزارع للرياح	747	1042	2970	9541	14300
المجمـوع	**45269**	**16704**	**4470**	**14161**	**80604**

المصدر: المنتدى العربي لمنظمي الكهرباء، تقرير حول التجربة المصرية لتنمية الطاقات المتجددة.

يتضح أنه، بحلول عام 2030، سوف تشكل قدرات التوليد من مصادر الطاقة المتجددة في مصر حوالي 31.2 في المائة من إجمالي قدرات التوليد على الشبكة، وسوف يمثل التوليد الكهرومائي حوالي 3.5 في المائة من تلك القدرات، بينما ستشكل القدرة المركبة لمحطات التوليد الشمسية والهوائية حوالي 10.0 و17.8 في المائة، على التوالي، من تلك القدرات.

سورية: توجد في سورية عدة سدود لإنتاج الكهرباء إجمالي قدراتها حوالي 1494 م.و. شكل إجمالي قدرات التوليد المركبة في محطات التوليد الملحقة بتلك السدود حوالي 15 في المائة من إجمالي قدرات التوليد المركبة في سورية عام 2010، بينما شكلت الطاقة المولدة منها حوالي 9 في المائة من الطاقة المنتجة في ذلك العام.

تعتمد نصف محطات التوليد الحرارية في سورية على الغاز الطبيعي المنتج محلياً، بينما يعتمد النصف الآخر على زيت الوقود الثقيل. وبالنظر إلى أن احتياطيات الوقود والغاز الطبيعي في سورية كان من المتوقع أن تكفي فقط حتى عام 2020، شرعت الحكومة السورية، خلال الفترة (2005 – 2011)، في البحث عن بدائل لتوليد الكهرباء باستخدام مصادر للطاقة المتجددة. وفي سبيل ذلك قامت بإعداد أطلس للرياح وأطلس للطاقة الشمسية بتمويل من الاتحاد الأوروبي. إلا أن الأوضاع الداخلية في سورية، خلال الأعوام السبعة الأخيرة، أدت إلى عدم تنفيذ أي مشروع جديد لإنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة.

العراق: بلغت قدرة التوليد على الشبكة العراقية، بنهاية عام 2017، حوالي 26.1 ج.و. منها حوالي 23.6 ج.و. قدرات توليد من محطات حرارية وحوالي 2.5 ج.و. من وحدات توليد كهرومائية موجودة في سد حديثة بقدرة 660 م.و. وسد الموصل الرئيسي بقدرة 750 م.و.، وعدد من السدود الأخرى.

بلغ إنتاج الطاقة الكهربائية في العراق، عام 2017، حوالي 85.6 ت.و.س.، منه حوالي 78.7 ت.و.س. (92 في المائة) من المحطات الحرارية، وحوالي 6.9 ت.و.س. (8 في المائة) من محطات التوليد الكهرومائية. إلا أن إجمالي الطلب على الطاقة في ذلك العام بلغ حوالي 117.5 ت.و.س.، أي أنه كان هناك عجز في التوليد مقداره حوالي 31.9 ت.و.س. وقد قامت الحكومة العراقية خلال ذلك العام باستيراد حوالي 4.9 ت.و.س. من الشبكة التركية، وعليه، بلغ العجز في تلبية الطلب على الكهرباء حوالي 27 ت.و.س.، يمثل حوالي 23 في المائة من إجمالي الطلب على الكهرباء. وبالتالي، عانت الشبكة العراقية من العديد من الانقطاعات نتيجة لعدم قدرتها على تلبية ذلك الطلب.

في سبيل زيادة قدرة التوليد، خاصة التوليد من مصادر الطاقة المتجددة، تعاقدت الحكومة العراقية مع مستثمرين من القطاع الخاص لتنفيذ ثلاثة عشر مشروعاً للتوليد الكهربائي باستخدام الطاقة الشمسية الفوتوفولطية، إجمالي قدراتها حوالي 970 م.و.، أهمها محطة توليد الإسكندرية بقدرة 225 م.و. ومحطة توليد الرمادي بقدرة 100 م.و. من المتوقع أن تدخل كل هذه المشاريع في الخدمة قبل نهاية عام 2019، وسوف تشكل إضافة مقدارها حوالي 3.6 في المائة لقدرات التوليد الموجودة على الشبكة. ومن المتوقع أيضاً أن تقوم تلك المحطات بتوليد حوالي 1455 ج.و.س. عام 2020، تشكل أقل من 1 في المائة من إجمالي الطلب على الكهرباء في ذلك العام. ولا تتوافر الآن معلومات أخرى حول الخطط المستقبلية للحكومة العراقية لإنشاء محطات توليد بالطاقة المتجددة بعد عام 2014.

الأردن: نظراً لعدم وجود أية مصادر للوقود الأحفوري في الأردن، اعتمدت الحكومة الأردنية على استيراد النفط الخام وتكريره في مصفاة الزرقاء، واستخدام زيت الوقود الثقيل المُنتج من المصفاة لتوليد الكهرباء من محطات توليد بخارية. تمثلت أهم تلك المحطات في محطة توليد العقبة بقدرة حوالي 650 م.و.، والتي شكلت قدرة التوليد فيها حوالي نصف قدرات التوليد في البلاد عام 2010.

شهدت الفترة (2008 – 2011)، اعتماد الأردن على الغاز الطبيعي المصري لتوليد الكهرباء من خلال خط الغاز العربي الذي تم إنشاؤه لتصدير الغاز المصري إلى كل من الأردن وسورية وتركيا وقبرص، حيث قامت الحكومة الأردنية بتحويل محطة توليد العقبة لتعمل على الغاز الطبيعي، بدلاً من زيت الوقود الثقيل، وإنشاء

محطة تحويل السمرا الحكومية، والسماح للقطاع الخاص بإنشاء محطتي توليد شرق عمّان والقطرانة، والتي تعمل كلها بنظام الدورة المركبة، وتستخدم الغاز الطبيعي المستورد من الشبكة المصرية كوقود.

إلا أنه نتيجة عدم انتظام إمدادات الغاز المصري، ولانخفاض مستوى إنتاج الحقول المصرية خلال الفترة (2012 – 2017)، فقد انخفض مستوى الغاز المصري المُصدر إلى الأردن إلى أقل من 6 في المائة من مستواه في عام 2010، مما سبب مشاكل كثيرة لمنظومة التوليد في الأردن، حيث اضطرت الحكومة الأردنية إلى استيراد زيت الغاز الخفيف، مرتفع التكلفة، لتشغيل تلك المحطات، مما أدى لتكبد الحكومة خسائر تقدر بحوالي 1.5 مليار دولار سنوياً نتيجة لارتفاع تكلفة التوليد وعدم قدرتها على رفع سعر الكهرباء، بالمقابل، لتغطية الزيادة في التكاليف.

تمثلت خطة الحكومة الأردنية، للتغلب على تلك المشكلة، في المضي قدماً على مسارين: الأول هو إنشاء محطات ديزل، تعمل على زيت الوقود الثقيل، لتلبية أحمال القاعدة، والثاني إنشاء محطات توليد تعمل بالطاقات المتجددة لتخفيض استهلاك الوقود. وعليه، قامت الحكومة الأردنية بإنشاء محطتي توليد ديزل، الأولى بقدرة 573 م.و. في محطة توليد شرق عمَّان، والأخرى بقدرة 580 م.و. في محطة توليد المناخر. وقد دخلت المحطتان في الخدمة عام 2015، وتقومان بتغطية حوالي ثلث الطلب على الطاقة في البلاد.

أما بالنسبة لمحطات التوليد التي تعمل بالطاقات المتجددة، فقد قامت الحكومة الأردنية بإنشاء مزرعة رياح الطفيلة بقدرة 117 م.و.، التي دخلت في الخدمة في نهاية عام 2015، وشكلت أول محطة توليد بالطاقات المتجددة يتم تنفيذها بعد صدور قانون الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة الذي قامت الحكومة بإصداره عام 2010، والذي ينص على أن تبلغ قدرة التوليد المركبة من محطات الطاقة المتجددة 10 في المائة من إجمالي قدرات التوليد الموجودة على الشبكة بحلول عام 2030.

شهد عام 2016 دخول مزرعة الملك حسين الهوائية بقدرة 80 م.و. الخدمة، إضافةً إلى ثلاث محطات توليد شمسية فوتوفولطية، إجمالي قدراتها 180 م.و. ومن المتوقع أن تدخل محطة "القويرة" الفوتوفولطية، بقدرة 103 م.و.، في الخدمة عام 2018، وأن تشهد الفترة 2019 – 2021 دخول 7 مزارع أخرى للرياح و12 محطة توليد شمسية أخرى في الخدمة، بحيث يتوقع أن يبلغ إجمالي قدرات التوليد لمحطات الطاقات المتجددة في الخدمة، بحلول عام 2021، حوالي 1930 م.و.، منها 715 م.و. مزارع رياح و1203 م.و. من محطات توليد شمسية فوتوفولطية، و12 م.و. محطات توليد كهرومائية. سوف تشكل قدرات تلك المحطات حوالي 29.2 في المائة من إجمالي قدرات التوليد المتوقع وجودها على الشبكة عام 2030.

فلسطين: تعتمد فلسطين، بصورة شبه كاملة، على شراء الكهرباء من الجانب الإسرائيلي، نظراً لعدم وجود أية وقود أحفوري في البلاد، وحظر استيراده من جانب قوات الاحتلال. وعليه، يعتبر التوليد من مصادر الطاقة المتجددة الوسيلة المثلى لتخفيض فاتورة الكهرباء، والتي بلغت حوالي 400 مليون دولار عام 2017.

توجد في فلسطين إمكانيات جيدة للتوليد الشمسي وبعض الإمكانيات للتوليد الهوائي، إلا أن عدد المشاريع التي تم تنفيذها قليل، نظراً لوجود العديد من العوائق التي تضعها سلطات الاحتلال الإسرائيلي، مثل عدم وجود تصاريح لإنشاء تلك المحطات، وحظر استيراد الخلايا الضوئية، وعزوف المستثمرين عن تمويل تلك المشاريع نتيجة للظروف السياسية في المنطقة.

عليه، اقتصرت مشاريع التوليد باستخدام الطاقات المتجددة في فلسطين على عدة مشاريع صغيرة، بقدرة إجمالية حوالي 12 م.و.، يتم فيها وضع خلايا ضوئية فوق أسطح المباني الحكومية الإدارية والمدارس والمستشفيات، وربطها بالشبكة الكهربائية على التوتر المنخفض أو المتوسط. تتم أغلب هذه المشاريع بتمويل من مؤسسات التمويل العربية والإقليمية وحكومات الدول الأوروبية.

لبنان: تعاني الشبكة اللبنانية من عجز كبير في التوليد يقدر بحوالي 454 م.و.، حيث بلغ الحمل الأقصى عام 2017 حوالي 3500 م.و.، بينما لم تتعدى قدرة التوليد المركبة على الشبكة حوالي 3046 م.و.، أغلبها من وحدات توليد بخارية

موجودة في محطتي الذوق والجية، ووحدات توليد تعمل بنظام الدورة المركبة في محطتي الزهراني والبداوي. وبالإضافة للوحدات الحرارية المذكورة أعلاه، توجد بعض محطات للتوليد الكهرومائي إجمالي قدراتها حوالي 280 م.و.، من سدود الليطاني والبارد والصفاة، تشكل حوالي 9 في المائة من القدرة المركبة على الشبكة.

يبلغ متوسط تكلفة التوليد على الشبكة اللبنانية، من مصادر التوليد الحراري، حوالي 7.5 سنت/ ك.و.س.، حيث تعمل تلك الوحدات على زيت الوقود الثقيل المستورد، بينما كان هذا المتوسط أقل من تكلفة التوليد المتوقعة من محطات توليد هوائية، والذي قدر عام 2013 بحوالي 11.4 سنت/ ك.و.س.، ومتوسط تكلفة التوليد من المحطات الشمسية الفوتوفولطية، والذي قدر، في العام ذاته، بحوالي 9.4 سنت/ ك.و.س. وعليه، لم يتم إنشاء أية محطات توليد كبيرة لتوليد الكهرباء باستخدام مصادر الطاقة المتجددة، حيث اقتصرت استخدامات الطاقة الشمسية على السخانات الشمسية للتدفئة.

وافقت الحكومة اللبنانية مؤخراً على شراء 200 م.و. بموجب عقد شراء طاقة من مشروع تنفذه ثلاث شركات لبنانية لتوليد الطاقة من تربينات الرياح. ومن المخطط أن يدخل هذا المشروع في الخدمة عام 2020.

مع اكتشافات الغاز الطبيعي الكبيرة في البحر المتوسط، والتي يبلغ نصيب الحكومة اللبنانية منها حوالي 7 – 10 تريليون قدم مكعب، من غير المتوقع أن تشهد الفترة المقبلة إنشاء العديد من محطات التوليد الهوائية والشمسية، ومن ثم، يتوقع استمرار اعتماد أغلب عمليات التوليد الحراري في لبنان على وحدات التوليد التي تعمل بنظام الدورة المركبة وتستخدم الغاز الطبيعي كوقود.

دول المغرب العربي

تشمل دول المغرب العربي ليبيا وتونس والجزائر والمغرب وموريتانيا. ترتبط الدول الأربع الأولى كهربائياً، بينما لا يوجد ربط كهربائي بين موريتانيا وأي من المغرب والجزائر المجاورتين لها. وبالتالي، تم تصنيف موريتانيا، لأغراض هذا الفصل، ضمن مجموعة الدول الأخرى، والتي سيتم التطرق إليها فيما بعد.

يحتل المغرب المرتبة الأولى، ضمن دول المغرب العربي، في الاهتمام بمشاريع التوليد الكهربائي باستخدام الطاقات المتجددة، حيث لا توجد لديه أية مصادر للوقود الأحفوري، بينما يوجد احتياطي كبير للغاز الطبيعي في الجزائر، مما يجعل الأخيرة تعتمد بصورة كبيرة عليه للتوليد الحراري، كما يوجد احتياطي كبير للنفط في ليبيا. تعتمد تونس، بصورة شبه كاملة، على التوليد الكهربائي من محطات توليد حرارية تعمل على الغاز الطبيعي، جزء منه محلي، والجزء الآخر يتم الحصول عليه من الجزائر نظير مرور خط الغاز الجزائري إلى إيطاليا عبر الأراضي التونسية.

ليبيا: بلغ الحمل الأقصى على الشبكة الليبية، عام 2010، حوالي 4759 م.و.، تمت تلبيته من خلال محطات توليد بخارية ومحطات توليد غازية ومحطات توليد تعمل بنظام الدورة المركبة. كانت الخطة الليبية للطاقات المتجددة تهدف إلى إنشاء محطات توليد إجمالي قدراتها حوالي 1000 م.و. تعمل بالطاقة الشمسية الفوتوفلطية، ومحطات توليد إجمالي قدراتها حوالي 1200 م.و. تعمل بالطاقة الشمسية المركزة، إلا أن الأوضاع الداخلية في ليبيا، بدءاً من عام 2011، أدت إلى توقف أية جهود لإنشاء محطات توليد تعمل بالطاقات المتجددة.

تونس: تضمنت الخطط التي وضعتها الحكومة التونسية في نهاية عام 2009 أن يتم الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة لتلبية 4 في المائة من إجمالي احتياجات البلاد من الطاقة عام 2014، وأن يتم ذلك عن طريق القطاع الخاص. إلا أن القطاع الخاص لم يقم بإنشاء أية مشاريع للتوليد باستخدام الطاقات المتجددة حتى الآن، لعدد من الأسباب منها عدم إدراج مواقع لإنشاء محطات الطاقة المتجددة على الشبكة الكهربائية، وعدم إعطاء المحطات التي يقوم القطاع الخاص بإنشائها أية أفضلية عند الربط بالشبكة الوطنية.

من أجل تسهيل تلك العقبات، قامت الحكومة التونسية، في نهاية عام 2016، باستحداث خطة

عمل للطاقة المتجددة تهدف إلى أن يتم توليد 30 في المائة من الطاقة الكهربائية في البلاد من مصادر الطاقات المتجددة، من خلال إضافة 1000 م.و. خلال الفترة (2018 – 2020) و1250 م.و. خلال الفترة (2021 – 2030)، على أن يتم توزيع القدرات الجديدة كما هو موضح في الجدول رقم (3).

عليه، من المتوقع أن ترتفع نسبة قدرات التوليد الهوائية، من إجمالي قدرات التوليد الموجودة على الشبكة التونسية، عام 2030، إلى حوالي 22.2 في المائة من تلك القدرات، وأن تبلغ حوالي 14.1 في المائة بالنسبة لقدرات التوليد الشمسية، وأقل من 1 في المائة لقدرات التوليد الكهرومائية، بحيث تشكل تلك القدرات، مجتمعة، حوالي 37 في المائة من إجمالي قدرات التوليد الموجودة على الشبكة بحلول عام 2030، الجدول رقم (3).

الجزائر: بالنظر لوجود احتياطيات كبيرة من الغاز الطبيعي في الجزائر، فقد تركزت جهود الحكومة الجزائرية في إنشاء محطات توليد غازية ومحطات توليد تعمل بنظام الدورة المركبة. بلغ إجمالي قدرات التوليد على الشبكة، بنهاية عام 2017، حوالي 19.5 ج.و.، منها حوالي 18.9 ج.و. (97 في المائة) محطات توليد حرارية، وحوالي 582 م.و. (3 في المائة) محطات توليد كهرومائية وشمسية وهوائية. وقد قامت تلك الوحدات بتغطية كامل الطلب على الطاقة الكهربائية في الجزائر في ذلك العام.

الجدول رقم (3)
قدرات التوليد المتوقع إضافتها على الشبكة التونسية
(2030 – 2018)

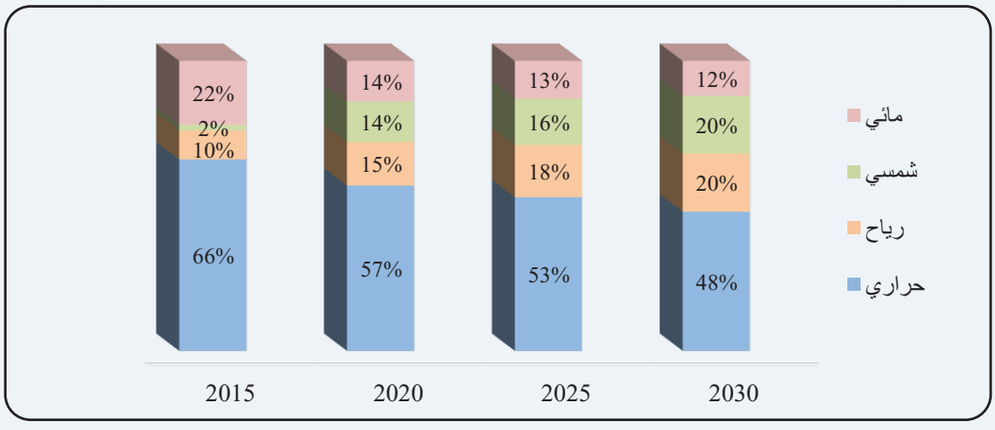
	قدرات التوليد القائمة	قدرات ستتم إضافتها (2020 – 2018)	قدرات ستتم إضافتها (2030 – 2021)	الإجمالي
كهرومائية	62	-	-	62
شمسية فوتوفولطية	46	340	100	486
شمسية مركزة	-	-	500	500
هوائية	240	660	650	1550
المجموع	**348**	**1000**	**1250**	**2598**

المصدر: المركز الإقليمي للطاقة المتجددة، وكفاءة الطاقة.

تضمنت خطط الحكومة الجزائرية، عام 2011، إضافة حوالي 11.8 ج.و. قدرات توليد هوائية وشمسية بحلول عام 2030، كانت ستشكل حوالي 41 في المائة من إجمالي قدرات التوليد الموجودة على الشبكة في ذلك العام. إلا أن الحكومة الجزائرية قامت، مؤخراً، بتعديل برامج تطوير قدرات التوليد، بحيث تشمل إضافة محطات توليد شمسية بنظام الطاقة الفوتوفولطية، بواقع 450 م.و. كل عام خلال الفترة (2022 – 2030). عليه، من المتوقع أن يبلغ إجمالي قدرات التوليد من المحطات التي تعمل على الطاقات المتجددة، عام 2030، حوالي 4632 م.و.، منه حوالي 4394 م.و. قدرات توليد من محطات توليد شمسية، وحوالي 228 م.و. قدرات توليد كهرومائية وحوالي 10 م.و. قدرات توليد من محطات توليد تعمل بطاقة الرياح، بحيث يشكل إجمالي قدرة التوليد من محطات الطاقة المتجددة حوالي 15.3 في المائة من إجمالي قدرات التوليد على الشبكة بحلول عام 2030.

المغرب: شهد المغرب خلال العقدين الماضيين نمواً كبيراً في مختلف المجالات الاقتصادية، حيث بلغ متوسط الارتفاع السنوي في الناتج المحلي الإجمالي حوالي 5.4 في المائة، وبلغ متوسط الارتفاع السنوي في استهلاك الكهرباء حوالي 6.5 في المائة. قامت الحكومة المغربية بتلبية الطلب على الكهرباء بواسطة محطات توليد حرارية تحرق الفحم وزيت الوقود الثقيل والغاز الطبيعي، ومحطات توليد كهرومائية وشمسية وهوائية، بالإضافة إلى استيراد حوالي

الشكل رقم (8): تطور التوزيع النسبي لقدرات التوليد المركبة على الشبكة المغربية (2030 – 2015)



المصدر: وزارة الطاقة والمعادن والتنمية المستدامة – المملكة المغربية، تقرير Renewable Energy in Morocco: Large Scale Deployment

4.3 ت.و.س. من الشبكة الإسبانية، شكلت حوالي 14 في المائة من إجمالي الطلب على الطاقة في البلاد.

لطالما تمتع المغرب بموارد كبيرة بالنسبة لمصادر الطاقة المتجددة، سواءً كانت الطاقات الشمسية أو طاقات الرياح. تقدر الدراسات إمكانية توليد حوالي 327 ج.و. من الطاقة الهوائية الموجودة في المناطق الساحلية، حيث تتراوح سرعة الرياح فيها ما بين 7.5 و11 متراً في الثانية، وإمكانية توليد حوالي 10.8 ألف ج.و. من محطات توليد فوتوفولطية، وحوالي 8.8 ألف ج.و. من محطات توليد تعمل بالطاقة الشمسية المركزة، وهي كميات كبيرة.

شكل إجمالي قدرات التوليد المائية والشمسية والهوائية، حتى عام 2017، حوالي 20 و2 و12 في المائة، على التوالي، من إجمالي قدرات التوليد الموجودة على الشبكة. قامت تلك القدرات بتغطية حوالي 13.5 في المائة من إجمالي الطلب على الكهرباء في ذلك العام، وقامت محطات التوليد الحرارية بتغطية حوالي 71.7 في المائة من ذلك الطلب، بينما قامت المغرب باستيراد نسبة الـ 14.8 في المائة المتبقية من الشبكة الإسبانية. في سبيل تقليل الاعتماد على التوليد الحراري والطاقة المستوردة، تحركت الحكومة المغربية على ثلاثة محاور. يتمثل الأول في زيادة قدرة التوليد الكهرومائي من 1770 م.و. عام 2015 إلى حوالي 2900 م.و. بحلول عام 2030، والثاني في زيادة قدرة التوليد الشمسي سبعة أضعاف من 661 م.و. إلى 4800 م.و.، والثالث في زيادة قدرة التوليد الهوائي بنحو خمسة أضعاف من 1018 م.و. إلى حوالي 5000 م.و.، خلال الفترة ذاتها، بحيث تشكل قدرات التوليد من تلك المحطات حوالي 52 في المائة من إجمالي قدرات التوليد المركبة على الشبكة في ذلك العام، الشكل رقم (8).

بالنسبة للتوليد الكهرومائي، هناك مشروع لإنشاء محطة توليد "مديز المنزل" بقدرة توليد 130 م.و.، وآخر لمشروع إنشاء محطة "عبد المومن" بقدرة توليد 350 م.و.، بتكلفة إجمالية حوالي 500 مليون دولار، على أن يدخلا في الخدمة بحلول عام 2020، مما سوف يرفع من قدرة التوليد الكهرومائي من 1770 م.و. إلى 2250 م.و. بحلول عام 2020، بالإضافة لمشاريع توليد كهرومائي أخرى مستقبلية إجمالي قدراتها حوالي 650 م.و.

بالنسبة للتوليد الهوائي، فبالإضافة إلى مزارع "رياح تطوان" و"أم جدول" و"طنجة" و"العيون" و"طرفيا"، التي قام المكتب الوطني للكهرباء بإنشائها خلال الفترة (2000 – 2014)، قام المطورون من القطاع الخاص بإنشاء مزارع "رياح أخفنير" و"فم الواد"

و"الحاومه" و"جبل خلادي" بقدرات 420 م.و.، 200 م.و.، و50 م.و. ،و120 م.و.، على التوالي. كما توجد لدى المكتب الوطني للكهرباء برامج لإنشاء مزارع رياح جديدة إجمالي قدراتها حوالي ألف م.و.، موزعة على ستة مواقع. من المتوقع أن تدخل تلك المزارع في الخدمة تباعاً خلال الفترة (2018 – 2020).

أما بالنسبة للتوليد الشمسي، فتمثلت جهود الحكومة المغربية في إنشاء محطات توليد شمسية فوتوفولطية ومحطات توليد تعمل بالطاقة الشمسية المركزة إجمالي قدراتها حوالي 2000 م.و. في خمس مناطق، لتغطي حوالي 10 في المائة من إجمالي الطلب على الكهرباء بحلول عام 2020. وقد تم تكليف الوكالة المغربية للطاقة الشمسية (MASEN) بتنفيذ جزء كبير من هذا البرنامج.

وتمثل محطة توليد نور (1)، في منطقة ورزازات أول مشروع كبير للتوليد باستخدام الطاقة الشمسية المُركزة في المغرب، بقدرة 160 م.و. وقد دخلت المحطة في الخدمة عام 2015، وتقوم الوكالة المغربية حالياً بتنفيذ محطات نور (2)، ونور (3)، ونور (4) بقدرات 200 و150 و170 م.و.، على التوالي. وقد تم تصميم محطات نور (2) ونور (3) لتعملا بنظام الطاقة الشمسية المُركزة لتغطية جزء من حمل القاعدة، بينما تم اختيار تصميم محطة نور (4) بحيث تعمل على الطاقة الشمسية الفوتوفولطية منخفضة تكلفة التوليد.

بالإضافة إلى وجود العديد من مصادر الطاقة المتجددة في المغرب، فقد ساعدت عدة عوامل على نجاح الحكومة المغربية في نشر تلك الاستخدامات. تمثل أول هذه العوامل في إصدار عدد من القوانين التشجيعية، مثل القانون رقم (13 – 09) لعام 2009، الذي سمح للقطاع الخاص بإنشاء محطات توليد وبيع إنتاجها لكبار المستهلكين، بالإضافة إلى شبكة النقل، كما سمح لهم بإنشاء خطوط نقل لربط محطاتهم بالشبكة، وفي استحداث مؤسسة مستقلة عن شركة الكهرباء والماء، تكون مسؤولة عن الترويج لمشاريع الطاقة المتجددة، وشراء الطاقة المولدة منها، وتخصيص موارد مالية في ميزانية الحكومة للإنفاق على مشاريع الطاقات المتجددة. كما نجحت الحكومة المغربية في توفير التمويل اللازم من عدد من مؤسسات التمويل الدولية، مثل البنك الدولي والبنك الأوروبي لإعادة الإعمار والتنمية ومؤسسة التمويل الدولية، لعدد كبير من تلك المشاريع.

دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية

تعتمد قطر وعُمان والبحرين والإمارات، بصفة أساسية، على الغاز الطبيعي لتلبية احتياجاتها من الكهرباء، بينما تعتمد السعودية والكويت على الغاز الطبيعي وزيت الوقود الثقيل، بنسب شبه متساوية، لتوليد الكهرباء. وكنتيجة لتوفر النفط والغاز في أغلب الدول الخليجية، فقد تأخر التوجه إلى التوليد باستخدام الطاقات المتجددة، في تلك الدول، عن باقي الدول العربية.

وفيما يلي نبذة عن خطط وبرامج الدول العربية الخليجية لإنشاء محطات توليد تعمل بالطاقات المتجددة خلال السنوات العشر القادمة.

السعودية: بلغ الحمل الأقصى في السعودية، عام 2017، حوالي 59.1 ج.و.، مقارنة بحوالي 60.8 ج.و. عام 2016. يتوقع أن يرتفع مستوى الاستهلاك مجدداً بدءاً من عام 2018 كنتيجة للتحسن المتوقع في مستويات النشاط الاقتصادي. وقد تمكنت المملكة من تلبية هذا الطلب من خلال قدرات توليد إجمالي قدراتها حوالي 81 ج.و.، كلها، تقريباً، وحدات توليد حرارية.

وبلغ إجمالي استهلاك النفط والغاز لتوليد الكهرباء، عام 2017، ما يعادل مليون برميل مكافئ نفط، منها حوالي 700 ألف برميل مكافئ نفط استهلاك وقود ثقيل وزيت غاز خفيف (ديزل)، وحوالي 300 ألف برميل مكافئ فقط استهلاك غاز طبيعي. يتوقع أن يتضاعف هذا الرقم بحلول عام 2030 في حالة عدم تنفيذ أية مشاريع للتوليد باستخدام الطاقات المتجددة، بافتراض أن متوسط معدل الزيادة في استهلاك الوقود لأغراض التوليد سوف يكون بحدود 6 في المائة سنوياً، وذلك بالمقارنة مع معدل زيادة في استهلاك الوقود للتوليد يبلغ حوالي 2.5 في المائة سنوياً للدول الآسيوية وحوالي 1.5 في المائة لدول أمريكا اللاتينية، وحوالي 1.5 في المائة انخفاضاً في الاستهلاك في الولايات المتحدة و1.0 في المائة انخفاضاً في الدول الأوروبية.

في محاولة منها لتخفيض استهلاك الوقود المستخدم للتوليد، قامت المملكة العربية السعودية، عام 2010، بإنشاء مدينة الملك عبد الله للطاقة الذرية والمتجددة ضمن جهودها لزيادة قدرة المملكة على توليد الطاقة باستخدام طاقة الرياح والطاقات الشمسية والحرارية والنووية، وذلك بهدف أن يتم بحلول عام 2040 إنتاج حوالي 34 في المائة من إجمالي الكهرباء في المملكة من غير مصادر الوقود الأحفوري. وفي سبيل ذلك، تضمن البرنامج الذي أعدته المدينة إضافة حوالي 17.6 ج.و. من الطاقة النووية، و41 ج.و. من الطاقة الشمسية، بواقع 16 ج.و. من الطاقة الشمسية الفوتوفولطية و25 ج.و. من الطاقة الشمسية المركزة، بتكلفة إجمالية تقدر بحوالي 360 مليار دولار أمريكي.

إلا أنه تم، في وقت لاحق، تخفيض تلك الأرقام بنسب كبيرة ضمن "رؤية السعودية 2030"، حيث من المتوقع، وفق تلك الرؤية، أن يتم الاكتفاء بإضافة حوالي 9.5 ج.و. من الطاقات الشمسية الفوتوفولطية، بتكلفة إجمالية 24 مليار دولار أمريكي، ومشاريع للتوليد الهوائي إجمالي قدراتها حوالي 700 م.و.، وعدم المضي قدماً في تنفيذ أية مشاريع للتوليد باستخدام الطاقة النووية أو باستخدام الطاقة الشمسية المركزة.

من المتوقع، بحلول عام 2030، أن تشكل القدرات المركبة من محطات التوليد الشمسية حوالي 7.7 في المائة من إجمالي قدرات التوليد في المملكة، ومحطات التوليد الهوائية حوالي 1 في المائة من إجمالي قدرات التوليد، بينما سوف تشكل قدرات محطات التوليد الحرارية نسبة الـ 89 في المائة المتبقية. ومن المتوقع كذلك أن لا تتجاوز كمية الطاقة المولدة من المحطات الشمسية حوالي 2.4 في المائة من الطاقة المولدة في المملكة، وبالتالي لن يكون لها تأثيراً كبيراً على تخفيض استهلاك المملكة من الوقود الأحفوري. إلا أنه بالنظر إلى أن الحمل الأقصى في المملكة يحدث خلال فترات الظهيرة، وهي الفترات التي يكون فيها إنتاج محطات التوليد الشمسية في أعلى مستوياته، فمن المتوقع أن يؤدي تركيب المحطات الشمسية إلى تخفيض التكلفة التشغيلية لمحطات التوليد الحرارية، بينما لن يؤدي إلى تخفيض التكلفة الاستثمارية في محطات التحويل الحراري. وبالنظر إلى صغر قدرات التوليد الهوائي التي ستتم إضافتها للشبكة، فمن غير المتوقع أن تساهم، هي الأخرى، في تلبية جزء كبير من الطلب على الطاقة.

الكويت: تتوزع قدرات التوليد في الكويت، حالياً، ما بين محطات توليد بخارية إجمالي قدراتها حوالي 9 ج.و.، ومحطات توليد غازية إجمالي قدراتها حوالي 8 ج.و.، ومحطات توليد تعمل بنظام الدورة المركبة إجمالي قدراتها حوالي 2 ج.و. بلغ استهلاك هذه المحطات من الغاز الطبيعي ما يعادل 9.1 مليون طن مكافئ نفط، وبلغ استهلاكها من الوقود الخفيف والوقود الثقيل حوالي 770 و7800[3] ألف طن مكافئ نفط، على التوالي. وبالنظر إلى أن استهلاك الطاقة الكهربائية في الكويت، وبالتالي الوقود، سوف يتضاعف خلال الفترة (2017 – 2030)، فمن المتوقع أن يصل استهلاك الكويت من النفط والغاز، عام 2030، إلى ما يعادل حوالي 900 ألف برميل مكافئ نفط يومياً.

قامت الحكومة الكويتية، خلال الأعوام الخمسة الماضية، بإنشاء 26 مشروعاً صغيراً للتوليد الكهربائي بواسطة الطاقة الشمسية، بلغ إجمالي قدراتها حوالي 10 م.و. تمثل أغلبها في تغطية أسقف بعض المباني الحكومية ومواقف الانتظار بألواح شمسية. وتم مؤخراً تشغيل محطة توليد "الشقايا" الشمسية بقدرة حوالي 50 م.و.، ويتم حالياً إنشاء محطة توليد هوائية بقدرة 10 م.و.

كما تعاقدت الحكومة مؤخراً على إنشاء محطة توليد "الدبدبة" بقدرة 1500 م.و.، كجزء من خططها لأن تشكل إجمالي قدرات التوليد، من مصادر الطاقة المتجددة، حوالي 15 في المائة من قدرات التوليد في البلاد، في عام 2030. وستشكل قدرة هذه المحطة حوالي 6 في المائة من إجمالي قدرات التوليد الموجودة على الشبكة عام 2030، إلا أن الطاقة المولدة منها لن تغطي سوى حوالي 1 في المائة من إجمالي الطلب على الطاقة في البلاد، حيث أن معامل سعة توليدها سيكون بحدود 15 في المائة، مقارنة بمعامل حوالي 70 في المائة لمحطات التوليد الحرارية

[3] 1 برميل مكافئ نفط (ب.م.ن.) = 0.14 طن مكافئ نفط (ط.م.ن.).

العاملة في الكويت. سوف تحتاج الكويت إلى إنشاء محطات توليد أخرى تعمل على الطاقات المتجددة، إجمالي قدراتها حوالي 1 ج.و.، لتصل إلى الهدف المنشود في الخطة.

البحرين: بلغ إجمالي قدرات التوليد في البحرين، بنهاية عام 2017، حوالي 3.9 ج.و.، معظمها من وحدات توليد حرارية تعمل على الغاز الطبيعي. توزعت تلك المحطات بين محطات حكومية، مثل محطات "سترة" و"الرفاع" و"الحد" الحكومية، ومحطتي "الدور" و"العزل" اللتين قام القطاع الخاص بإنشائهما. وقد بلغ متوسط الزيادة السنوية في استهلاك الغاز الطبيعي في تلك المحطات، خلال الأعوام الخمسة الأخيرة، حوالي 5 في المائة. وعليه تعتزم الحكومة البحرينية الاعتماد على محطات التوليد الشمسية والهوائية في المستقبل لتخفيض معدل الزيادة في استهلاك الغاز، حتى لا تضطر إلى استيراده من الخارج.

تمثل أول مشاريع التوليد باستخدام الطاقة الشمسية في محطة "الأوّلي"، بقدرة 5 م.و.، والتي دخلت في الخدمة عام 2014. وهي مكونة من ألواح ضوئية موزعة على تسعة مواقع. تم تركيب تلك الألواح فوق أسطح ساحات الانتظار. ويتم حالياً تنفيذ مشروع ثان بقدرة 5 م.و. في موقع بالقرب من محطة توليد "الدور". وسوف يتضمن المشروع إنشاء محطة توليد فوتوفولطية بقدرة 3 م.و. ومحطة توليد هوائية بقدرة 2 م.و. وبالنظر لصغر حجم هذين المشروعين، يمكن القول إنهما مشروعان تجريبيان، تمهيداً لإنشاء مشاريع توليد أخرى، منها مشروع لإنشاء محطة توليد شمسية بقدرة حوالي 100 م.و.، وذلك بهدف توفير 10 في المائة من احتياجات المملكة من الطاقة الكهربائية بحلول عام 2035.

قطر: تعتبر منظومة التوليد في قطر، حالياً، من أكفأ منظومات التوليد في الدول العربية، حيث تشكل قدرات محطات التوليد، بنظام الدورة المركبة مرتفع الكفاءة، حوالي 80 في المائة من قدرات التوليد على الشبكة. كما يتم استخدام الغاز الطبيعي كوقود في كل محطات التوليد. وعليه، يبلغ متوسط تكلفة التوليد على الشبكة القطرية أقل من 6 سنت/ ك.و.س.، وهو ما يقل عن تكلفة التوليد في عدد من الدول العربية.

عليه، لا يوجد حافز كبير لدى الحكومة القطرية للاستغناء عن تشغيل محطات التوليد الحرارية الموجودة لديها واستبدالها بمحطات تحويل تعمل على الطاقات المتجددة. يتضح ذلك في أنه بالرغم من أن الهدف المعلن للحكومة القطرية هو الوصول إلى نسبة 20 في المائة من الطاقة المولدة عن طريق محطات شمسية وهوائية، إلا أن كل ما تم تنفيذه حتى الآن هو محطة شمسية بقدرة 15 م.و. في منطقة "الدهيل".

الإمارات: بلغ الحمل الأقصى في الإمارات عام 2017 حوالي 24.4 ج.و.، تمت تلبية أكثر من 99 في المائة منه بواسطة وحدات توليد حراري تستخدم الغاز الطبيعي كوقود. بالنظر إلى أن جزءاً من ذلك الغاز يتم استيراده من قطر من خلال خط أنابيب "دولفين"، ولأن الطلب على الكهرباء في الإمارات يتوقع أن يزداد بمعدل سنوي متوسط يبلغ حوالي 4.3 في المائة خلال الفترة (2018 – 2025)، فقد ركزت جهود الحكومة الإماراتية على تنويع مصادر التوليد باستخدام مصادر الطاقة الشمسية.

عليه، قامت هيئة المياه والكهرباء في أبوظبي، عام 2014، بإنشاء محطة توليد شمس "1" التي تعمل بنظام الطاقة الشمسية المركزة، بقدرة 100 م.و.، التي كانت، عند افتتاحها، تعد من أكبر محطات التوليد الشمسية المركزة. وقامت الهيئة، عام 2017، بالتعاقد مع مستثمر خاص لإنشاء محطة توليد شمسية فوتوفولطية في منطقة سويحان بقدرة 1177 م.و. من المقرر أن تدخل هذه المحطة في الخدمة عام 2019، وأن يكون السعر الذي تشتري به الهيئة الكهرباء من المستثمر هو 2.4 سنت/ ك.و.س.، والذي يعد من أرخص أسعار الكهرباء في العالم المُنتجة من محطات شمسية فوتوفولطية.

بالمثل، قامت هيئة دبي للكهرباء والمياه بالتعاقد على إنشاء العديد من محطة التوليد الشمسية، كلها في مجمع محمد بن راشد آل مكتوم للطاقة الشمسية، دخل بعضها في الخدمة وجاري تنفيذ البعض الآخر، الجدول رقم (4).

الجدول رقم (4)
خطوات تنفيذ مشروع مجمع محمد بن راشد آل مكتوم للطاقة الشمسية
(2030-2013)

المرحلة	الجزء	القدرة المركبة (م.و.)	عام الدخول في الخدمة	نوع التقنية	سعر الكهرباء (سنت/ ك.و.س.)
الأولى		13	2013	فوتوفولطية	غير معلوم
الثانية		200	2017	فوتوفولطية	5.84
الثالثة	الأول الثاني الثالث	200 300 300	2018 2019 2020	فوتوفولطية فوتوفولطية فوتوفولطية	2.99
الرابعة		700	2020	طاقة شمسية مركزة	7.3
(مراحل مستقبلية)		3287	2030-2010	غير معلوم	
المجموع		**5000**			

المصدر: الشركة العربية للاستثمارات البترولية (APICORP)، (2017). " Energy Commentary"، Vol. 03, No. 02 November.

يلاحظ الانخفاض الكبير في سعر شراء الكيلووات ساعة بين المرحلة الثانية والمرحلة الثالثة. كما يعد السعر الذي حصلت عليه الهيئة لشراء الكهرباء المولدة من المرحلة الرابعة للمجمع من أرخص الأسعار للطاقة الكهربائية المولدة من محطات توليد تعمل بنظام الطاقة الشمسية المركزة.

ولا توجد بيانات حول اعتزام الإمارات الأخرى في دولة الإمارات المتحدة إنشاء محطات توليد تعمل بالطاقات المتجددة. عليه، فمن المتوقع، بحلول عام 2030، أن يكون إجمالي قدرات التوليد في دولة الإمارات من محطات الطاقة المتجددة حوالي 6500 م.و.، منها 1500 م.و. من محطات توليد شمسية في أبو ظبي، و5000 م.و. من محطات توليد شمسية في دبي. سوف يشكل إجمالي قدرات هذه المحطات حوالي 14.4 في المائة من إجمالي قدرة التوليد في دولة الإمارات المتحدة في عام 2030، وسيشكل إجمالي الطاقة المولدة منها حوالي 4 – 6 في المائة من إجمالي الطاقة المولدة في الإمارات، وذلك استناداً إلى أن نصف هذه المحطات، تقريباً، سوف يستخدم تقنية الطاقة الشمسية المركزة، التي تتراوح معاملات سعات توليدها ما بين 50 و70 في المائة، مقارنة بحوالي 15 في المائة لمحطات التوليد الشمسية الفوتوفولطية.

عُمان: تعتمد عُمان بصفة شبه كاملة على محطات التوليد الحرارية لتوليد الكهرباء. تعمل هذه المحطات على الغاز الطبيعي كوقود. وبالرغم من وجود كميات كافية من الغاز لأغراض التوليد ومقابلة عقود التصدير، إلا أن الأسعار المستخدمة في تلك العقود منخفضة وغير قابلة للمراجعة طوال فترات التعاقد. وعليه، فإن التوجه إلى التوليد الكهربائي باستخدام مصادر الطاقة المتجددة سوف يؤدي إلى توفير كميات من الغاز المنتج يمكن للحكومة العُمانية تصديرها وفق عقود جديدة بأسعار أفضل من تلك المنصوص عليها في العقود الحالية.

تقوم شركة كهرباء المناطق الريفية (RAECO) الحكومية في عُمان حالياً بإنشاء محطة توليد هوائية بقدرة حوالي 50 م.و. في منطقة "ظفار"، كما تتضمن خطة الحكومة العُمانية السماح للقطاع الخاص بإنشاء سبع محطات توليد جديدة بنظام البناء والتملك والتشغيل إجمالي قدراتها حوالي 2550 م.و.، تدخل في الخدمة تباعاً خلال الفترة (2018-2024)، الجدول رقم (5).

الجدول رقم (5)
مشاريع التوليد المستقبلية باستخدام الطاقات المتجددة في عُمان
(2024-2019)

نوع التوليد	اسم المشروع	موقع المشروع	قدرة المحطة (م.و.)	العام المتوقع للدخول في الخدمة
شمسي	Ibri II Solar IPP	محافظة الظهيرة	500	2019
	Solar IPP-2022	محافظة الظهيرة	500	2022
	Solar IPP-2023	المتاح	500	2023
	Solar IPP-2024	العدم	500	2024
هوائي	Dhofar	ظفار	150	2022
	Wind IPP-2023	ظفار	200	2023
	Wind IPP-2024	الدقم	200	2024
المجموع			**2550**	

المصدر: الشركة العُمانية لشراء الطاقة والمياه.

من المتوقع أن يبلغ إجمالي قدرات التوليد لمحطات الطاقات المتجددة الموجودة على الشبكة العُمانية، بحلول عام 2030، حوالي 2600 م.و.، سوف تشكل حوالي 18.9 في المائة من إجمالي قدرات التوليد في السلطنة.

الدول العربية الأخرى

تشمل الدول الأخرى كل من اليمن والسودان وموريتانيا وجيبوتي وجزر القُمر، وهي الدول التي لا ترتبط شبكات الكهرباء فيها بشبكات الكهرباء في دول عربية أخرى حتى الآن. تتشابه جيبوتي وجزر القُمر في أن غالبية التوليد فيها يأتي من محطات توليد ديزل صغيرة تعمل إما على زيت الوقود الثقيل أو زيت الغاز الخفيف، بينما يتم توليد حوالي نصف الطاقة الكهربائية في السودان من سدود كهرومائية. أما في اليمن، فتتوزع قدرات التوليد ما بين محطات توليد بخارية ومحطات تحويل غازية ومحطات توليد ديزل، بينما يتوزع التوليد في موريتانيا بين التوليد الحراري والهوائي والشمسي، بالإضافة لقيام موريتانيا باستيراد بعض احتياجاتها من الطاقة من شبكة الكهرباء في مالي. وفيما يلي وصف مختصر لخطط تلك الدول المستقبلية لإنشاء محطات توليد تعمل بالطاقات المتجددة.

اليمن: لا توجد، حتى الآن، أية محطات توليد بالطاقة المتجددة في اليمن، إذ تعتمد الحكومة اليمنية على محطات توليد بخارية تعمل على زيت الوقود الثقيل مثل محطات "الحسوة"، ومحطة توليد "مأرب" الغازية التي تعمل على الغاز الطبيعي الموجود في منطقة "صافر" بالقرب من موقع المحطة، ومحطات ديزل متوسطة الحجم يعمل بعضها على زيت الوقود الثقيل والبعض الآخر على زيت الغاز الخفيف. من المتوقع أن يبلغ العجز في التوليد الكهربائي حوالي 300 م.و. عام 2030 لعدم وجود مصادر للنفط في البلاد، ولأن احتياطيات الغاز تكفي فقط لتوليد حوالي 1200 م.و.، خلال الفترة (2015 – 2040)، قبل أن تنضب كلياً.

توجد إمكانات كبيرة لتوليد الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة، حيث قدرت الدراسات أن هناك إمكانية لتوليد حوالي 34 ج.و. من مصادر الرياح في منطقة المخا، وحوالي 18 ج.و. من الطاقة الشمسية وحوالي 3 ج.و. من مصادر المياه الحرارية الجوفية، في أماكن مختلفة في البلاد.

قامت وكالة التنمية الفرنسية عام 2010 بإعداد دراسة جدوى إنشاء مزرعة للرياح، بقدرة حوالي 60 م.و.، في منطقة "المخا"، حيث تتوفر إمكانية جيدة للتوليد الهوائي، على أن يتم استخدام خط النقل القائم بين محطة توليد "المخا" البخارية ومحطة تحويل في مدينة "تعز" لربط مزرعة الرياح بالشبكة الكهربائية. كان من المتوقع أن يتم البدء في تنفيذ المشروع عام 2013 وأن يدخل

في الخدمة عام 2017، إلا أن الأوضاع الداخلية في اليمن حالت دون البدء في تنفيذه.

كنتيجة للانقطاعات المتكررة للكهرباء في اليمن نتيجة الأوضاع الداخلية، وتدمير أغلب خطوط النقل الهوائية، فقد لجأ السكان إلى تركيب خلايا شمسية فوق أسطح منازلهم. يقدر إجمالي قدرات التوليد المركبة باستخدام تلك الخلايا بحوالي 450 م.و. إلا أن الشبكة الكهربائية لا تستفيد من تلك القدرات لعدم وجود تعرفة للتغذية في اليمن يمكن من خلالها لهؤلاء السكان بيع الطاقة الفائضة عن احتياجاتهم لشركة الكهرباء، ولأن جزءاً كبيراً من شبكة التوزيع تم تدميره نتيجة الأوضاع الراهنة.

السودان: بلغت القدرة المركبة على الشبكة السودانية، عام 2017، حوالي 3567 م.و.، منها حوالي 1814 م.و. من محطات توليد كهرومائية، ملحقة بسدود "مروي" و"الروصيرص" و"سنار" و"خشم القربة" المقامة على "النيل الأزرق"، وجبل "الأولياء" المقام على "النيل الأبيض"، وأعالي "عطبرة" و"ستيت" المقام على نهر عطبرة، شكلت حوالي نصف قدرات التوليد في البلاد. وبالنظر إلى الطبيعة الموسمية للتوليد من نهر النيل، فإن القدرة والطاقة الكهربائية المولدة من تلك السدود تكون عند أعلى مستوى خلال أشهر الشتاء وتنخفض إلى أدنى مستوى خلال أشهر الصيف.

تتمثل خطط الحكومة السودانية المستقبلية خلال الفترة (2018–2025) في إضافة حوالي 1000 م.و. قدرات توليد من محطات توليد شمسية ومزارع للرياح، بحيث يصبح إجمالي قدرات التوليد من مصادر الطاقات المتجددة، بحلول ذلك العام، حوالي 2814 م.و.، سوف تشكل حوالي 51 في المائة من إجمالي قدرات التوليد في ذلك العام، منها 33 في المائة قدرات توليد كهرومائية. تتمثل أهم مشاريع الطاقة المتجددة في السودان، حالياً، في إنشاء محطة توليد هوائية بقدرة 80 م.و. في مدينة عطبرة، وفي إنشاء محطات توليد شمسية إجمالي قدراتها حوالي 200 م.و. بالقرب من مدينة الخرطوم.

موريتانيا: تمثل التوليد الكهربائي في موريتانيا، حتى عام 2015، في وحدات ديزل صغيرة تعمل على زيت الغاز الخفيف، أو وحدات ديزل متوسطة الحجم تعمل على زيت الوقود الخفيف. تراوح متوسط تكلفة التوليد من الوحدات الصغيرة ما بين 25 و30 سنت/ ك.و.س.، بينما تراوح متوسط تكلفة التوليد من الوحدات متوسطة الحجم ما بين 12 و15 سنت / ك.و.س.، مما شكل عبئاً كبيراً على الحكومة الموريتانية، حيث اضطرت لاستيراد الوقود اللازم للتوليد لعدم توفره داخل البلاد.

من أجل تقليل الاعتماد على الوقود المستورد، تقوم الحكومة الموريتانية، خلال الفترة (2013–2020)، بتنفيذ برنامج طموح لإنشاء محطات توليد تعمل على الطاقات المتجددة. تمثل أول المشاريع المشمولة في البرنامج في إنشاء محطة توليد شمسية، بقدرة 15 م.و. شمال مدينة نواكشوط، دخلت الخدمة عام 2013. تبع ذلك إنشاء محطة توليد هوائية بقدرة 30 م.و. جنوب المدينة، دخلت الخدمة عام 2015. بلغ متوسط تكلفة التوليد من المحطة الشمسية عام 2015 حوالي 9 سنت/ ك.و.س. بينما بلغ متوسط تكلفة التوليد من المحطة الهوائية حوالي 6 سنت/ ك.و.س.، مما شجع الحكومة الموريتانية على التوسع في التوليد بواسطة مصادر الطاقة المتجددة. وعليه، قامت الحكومة بإنشاء محطة توليد شمسية فوتوفولطية ثانية بقدرة 50 م.و. شرق العاصمة، دخلت الخدمة نهاية عام 2017، وتقوم حالياً بإنشاء محطة توليد هوائية بقدرة 100 م.و. في مدينة بولانوار، على بعد حوالي 400 كم شمال العاصمة. من المتوقع أن يبلغ إجمالي قدرات محطات التوليد التي تعمل بالطاقات المتجددة، في عام 2030، حوالي 195 م.و. سوف تمثل حوالي 45 في المائة من إجمالي قدرات التوليد الموجودة على الشبكة الموريتانية، حينئذٍ.

تقدر تكلفة التوليد من محطة التوليد الشمسية الثانية حوالي 5.5 سنت/ ك.و.س.، بينما من المقدر أن يبلغ متوسط تكلفة التوليد من محطة توليد "بولانوار" الهوائية، عند دخولها في الخدمة عام 2020، حوالي 3.5 سنت/ ك.و.س.، حيث أن معامل سعة التوليد المتوقع منها يقدر بحوالي 57 في المائة، مقارنة بمعامل سعة يتراوح ما بين 30 و35 في المائة لأغلب المحطات الهوائية. وعليه، فمن المتوقع أن ينخفض متوسط تكلفة التوليد على الشبكة

الموريتانية من حوالي 13.5 سنت/ ك.و.س. عام 2013 إلى حوالي 6.5 سنت/ ك.و.س. بدءاً من عام 2020.

جيبوتي: اعتمدت جيبوتي، خلال الفترة (1990–2015)، على محطتي توليد ديزل صغيرتين لتلبية الأحمال على الشبكة الكهربائية، وهما محطة توليد "بولاوس" التي تحتوي على عشر وحدات توليد ديزل تتراوح قدراتها ما بين 5 و15 م.و.، تعمل كلها على زيت الوقود الثقيل، ومحطة توليد "مارابو" التي تحتوي على ست وحدات توليد ديزل، قدرة كل منها 2.5 م.و.، وتعمل كلها على زيت الغاز الخفيف.

بالنظر إلى أن متوسط تكلفة التوليد من محطة "بولاوس" حوالي 15 سنت / ك.و.س. بينما يبلغ متوسط تكلفة التوليد من محطة توليد "مارابو" حوالي 30 سنت / ك.و.س.، قامت الحكومة الجيبوتية بتنفيذ مشروع لربط الشبكة الجيبوتية بالشبكة الأثيوبية عن طريق خط نقل، بطول حوالي 300 كم، تقوم جيبوتي بموجبه باستيراد طاقة كهربائية من أثيوبيا بسعر حوالي 7 سنت / ك.و.س. أدى دخول هذا المشروع في الخدمة، عام 2015، إلى قيام الحكومة الجيبوتية بقصر تشغيل محطتي التوليد الديزل الموجودتين لديها على أوقات الذروة، أو في الفترات التي تنخفض فيها كمية الطاقة التي يمكن للشبكة الأثيوبية تزويدها للشبكة الجيبوتية.

ونظراً لوجود مصادر جيدة للطاقة الحرارية الجوفية في بحيرة عسل، التي تبعد حوالي 150 كم شرق مدينة جيبوتي، تقوم الحكومة الجيبوتية الآن بإنشاء محطة توليد بخارية بقدرة 15 م.و. في موقع جللاكوما القريب من البحيرة، وذلك كمرحلة أولى من مشروع لتوليد 100 م.و. من الموقع ذاته. سوف تتضمن محطة التوليد ثلاثة مولدات بخارية، قدرة كل منها 5 م.و. تعمل على الحرارة المولدة من المياه الجوفية الموجودة في تلك المنطقة. من المتوقع أن تبلغ تكلفة التوليد من المحطة البخارية حوالي 7 سنت/ ك.و.س.، تعادل تكلفة استيراد الكهرباء من أثيوبيا، وتقل بدرجة كبيرة عن تكلفة التوليد من محطتي الديزل. وعليه، سوف يتم استخدام الطاقة الكهربائية المنتجة من بحيرة عسل لتلبية جزء من حمل القاعدة في جيبوتي.

الجدير بالذكر أن المشروع سوف يشمل حفر حوالي 15 بئراً للطاقة الحرارية الجوفية، تكفي لإنتاج حوالي 60 م.و.، على أساس أن الحكومة الجيبوتية سوف تقوم، عند الانتهاء من المرحلة الأولى للمشروع، بطرح مراحل أخرى على القطاع الخاص لتنفيذها، بحيث يتولى المستثمرون توريد وتركيب وحدات التوليد وربطها بالشبكة، بينما تقوم الحكومة بتزويده بالمياه الساخنة التي سيتم استخراجها من الآبار التي سيتم حفرها ضمن المرحلة الأولى من المشروع (15 م.و.).

جزر القُمر: تتكون جزر القُمر من ثلاث جزر، وهي جزيرة القُمر الكبرى وإنجوان وموهيلي. تحتوي كل جزيرة على محطة أو محطتي توليد ديزل لتلبية أحمال الجزيرة. تبلغ قدرة التوليد في جزيرة القُمر الكبرى حوالي 20 م.و.، وتحتوي على عشر وحدات توليد تتراوح قدراتها ما بين 1.5 و2.5 م.و.، تعمل كلها على زيت الغاز الخفيف، مرتفع التكلفة. بالمثل، تبلغ قدرة محطات التوليد الموجودة في كل من جزيرتي إنجوان وموهيلي حوالي 3 م.و. تقدر تكلفة التوليد من المحطات المذكورة أعلاه حوالي 35 سنت/ ك.و.س. وهو رقم مرتفع للغاية، خاصة بالنسبة للموارد المحدودة لجمهورية القُمر المتحدة.

وفي سبيل تخفيض تكلفة التوليد، والاستغناء عن استيراد الوقود، قامت الحكومة القُمرية بإجراء عدة دراسات جدوى لتحديد أنسب وسائل التوليد باستخدام الطاقات المتجددة لسد كل أو جزء من احتياجاتها. بالنسبة لجزيرتي انجوان وموهيلي، تمت دراسة التوليد الكهرومائي باستخدام "تدفق الأنهار". وقد أوضحت الدراسة أن هناك إمكانية لتوليد حوالي 10 م.و. في كل من الجزيرتين، إلا أن تكلفة التوليد ستكون مرتفعة حيث تم تقدير تكلفة إنشاء السدود المطلوبة بحوالي 4 آلاف دولار/ ك.و. مركب، نظراً لصعوبة التضاريس الجغرافية في هاتين الجزيرتين، بالإضافة إلى أنه ستكون هناك فترة تقدر بحوالي 4 أشهر من كل عام يتوقف فيها تدفق المياه لعدم هطول الأمطار. وعليه، تم استبعاد بديل التوليد الكهرومائي في الوقت الراهن.

كما تمت دراسة بدائل التوليد الهوائي والتوليد الشمسي في الجزر الثلاث. وانتهت الدراسة إلى

أنه بالرغم من وجود رياح قوية في الجزر الثلاث، إلا أن سرعة تلك الرياح قد تتجاوز 40 متر/ الثانية خلال بعض الفترات، مما يستلزم تصميماً خاصاً للأبراج، وبالتالي ارتفاع التكلفة الاستثمارية بصورة كبيرة. وعليه، تم أيضاً استبعاد بديل التوليد باستخدام طاقة الرياح والاكتفاء بالتوليد باستخدام الطاقة الشمسية.

وقد تمت دراسة بديلين للتوليد باستخدام الطاقة الشمسية الفوتوفولطية، الأول بدون تخزين، والثاني عن طريق إضافة بطاريات لتخزين الطاقة الشمسية المولدة أثناء فترات النهار لاستخدامها أثناء فترات المساء، عندما لا يكون هناك توليد. وقد أوضحت الدراسة أن تكلفة إنتاج الكهرباء من البديل الأول ستكون بحدود 28 سنت/ ك.و.س.، وأنها ستكون بحدود 35 سنت/ ك.و.س. في حالة البديل الثاني. تقوم الحكومة القُمرية حالياً بعمل قياسات للطاقة الشمسية في إحدى المواقع بجزيرة القُمر الكبرى لتحديد جدوى إنشاء محطات توليد فوتوفولطية بقدرة حوالي 2 م.و.

بعض الجوانب الفنية الواجب مراعاتها عند تنفيذ مشاريع التوليد باستخدام الطاقات المتجددة

هناك العديد من الأمور الفنية الواجب أخذها في الاعتبار عند إنشاء محطات توليد تعمل بالطاقات المتجددة. بالنسبة لمحطات التوليد الشمسية، يعتبر اختيار موقع المشروع أحد أهم هذه الأمور، حيث يجب أن تتوفر في الموقع عدة عوامل مثل ارتفاع مستوى الإشعاعات الضوئية وقلة السحب على مدار العام وقرب الموقع من شبكة الكهرباء. وعليه، عادة ما تتم الاستعانة بالخرائط الدولية التي توضح مستوى الإشعاعات الشمسية لاختيار أفضل المواقع، ثم يلي ذلك أخذ قياسات لمدة عام في الموقع الذي يتم تحديده، وذلك لتقدير بدرجة عالية من الاعتمادية كمية الطاقة المتوقع توليدها من الموقع، وتكلفة المشروع وجدواه الاقتصادية، مع الأخذ في الاعتبار أن كفاءة التوليد من الخلايا الفوتوفولطية تنخفض بمعدل حوالي 1 في المائة سنوياً خلال عمر المشروع، الذي يقدر عادة بحوالي 20 عاماً.

بالنسبة لمحطات التوليد التي تعمل بطاقة الرياح، فيلزم أيضاً عمل قياسات لسرعة واتجاه الرياح خلال عام كامل، حيث تكون أفضل المواقع تلك التي تكون فيها سرعة الرياح ثابتة بقدر الإمكان طوال العام، وأن يكون متوسطها من 7 إلى 10 متر/ الثانية وأن تهب في اتجاه واحد.

وبالنظر إلى أن المحطات الشمسية الفوتوفولطية لا تقوم بتوليد الكهرباء خلال ساعات الليل، أو في حالة مرور سحب فوق الخلايا الضوئية، عادة ما يتم إنشاء محطات التوليد في المناطق النائية، غير المتصلة بالشبكة، على هيئة محطة هجينة تتكون من جزئين: خلايا ضوئية لتوليد الكهرباء أثناء النهار، ووحدات توليد ديزل تستخدم لتوليد الكهرباء أثناء الليل أو عند مرور السحب، مما يرفع من تكلفة المحطة لتصبح تكلفة التوليد منها حوالي 9 سنت/ ك.و.س. مقارنة بحوالي 4 سنت/ك.و.س. لمحطات التوليد الشمسية الفوتوفولطية.

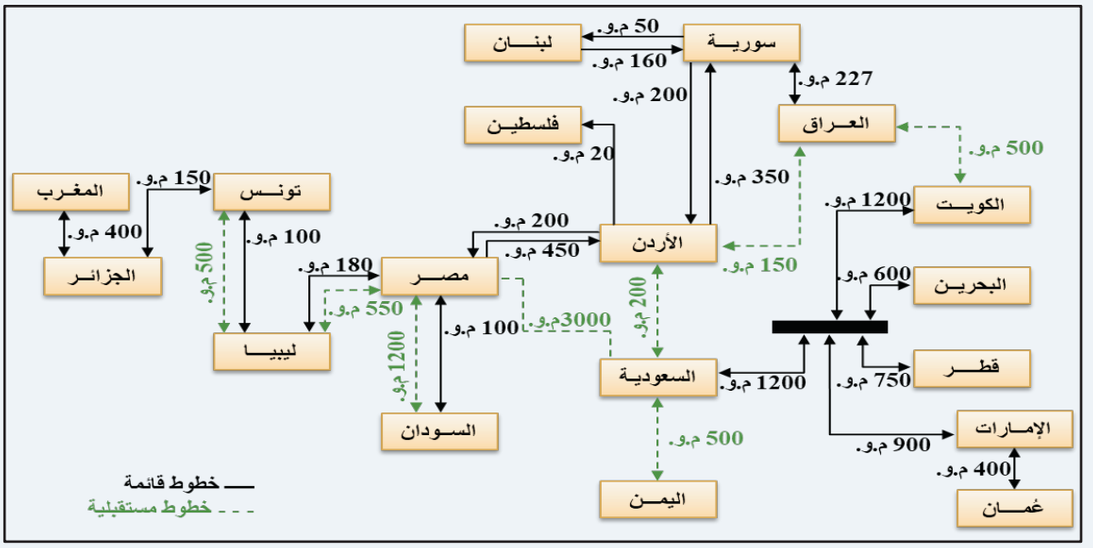
أما بالنسبة للمحطات الهوائية فيعاب عليها أن الطاقة المولدة منها غير مؤكدة، حيث يمكن أن تنخفض إلى صفر عند توقف الرياح في موقع المحطة. عليه، يجب على شركات الكهرباء إنشاء محطات توليد حرارية بقدرات تكفي لتغطية الحمل الأقصى على الشبكة، حتى في حالة توقف المحطات الهوائية عن العمل.

في السابق، كانت شركات الكهرباء تكتفي بألا يتجاوز إجمالي قدرات محطات التوليد الهوائية والشمسية الفوتوفولطية 25 في المائة من إجمالي قدرات التوليد على الشبكة. إلا أن هذا الحد الأقصى قد تمت زيادته إلى حوالي 50 في المائة، نظراً لتحسن قدرات برامج التنبؤ بالأحمال، وتحسن سرعة استجابة وحدات التوليد الحرارية لأية تغيرات في مستويات الأحمال أو التوليد، وإمكانية المزج بين المحطات الشمسية والمحطات الهوائية، حيث عادة ما يكون التوليد الهوائي في أعلى مستوياته في الليل، مما يعوض انخفاض مستوى التوليد من المحطات الشمسية في تلك الفترة.

دور شبكات الربط الكهربائي العربي في التغلب على بعض المشاكل الفنية التي قد تسببها مشاريع التوليد باستخدام الطاقات المتجددة

قامت الدول العربية، خلال العقدين الماضيين، بربط أغلب شبكات الكهرباء لديها على التوترات المختلفة. على سبيل المثال، فهناك ربط كهربائي على التوتر 400 ك.ف. بين شبكات الكهرباء في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، وربط كهربائي على التوتر 500/400 ك.ف. بين الأردن وسورية والعراق ومصر، وربط كهربائي على التوتر 200 ك.ف. بين مصر وليبيا وتونس، وربط كهربائي على التوتر 400 ك.ف. بين تونس والجزائر والمغرب. كما توجد هناك ثمانية مشاريع مستقبلية للربط، منها ثلاثة لدعم قدرات خطوط ربط قائمة، والخمسة الأخرى لتحقيق ربط بين دولتين غير مرتبطتين حالياً بصورة مباشرة، الشكل رقم (9).

الشكل رقم (9): خطوط الربط الكهربائي القائمة والمستقبلية بين الدول العربية



المصدر: الصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي (2014). "تقرير دراسة الربط الكهربائي العربي الشامل واستغلال الغاز الطبيعي"، 2014.

جدير بالذكر أن نسب استغلال خطوط الربط الكهربائي المختلفة منخفضة بدرجة كبيرة، حيث لا تتجاوز 5 في المائة من سعات الخطوط، مقارنة بحوالي 50 – 60 في المائة في حالة خطوط الربط لشبكات الكهرباء في الدول الأوروبية. يعود أحد أسباب انخفاض حجم الطاقة المتبادلة إلى أن تكلفة التوليد في أغلب الدول العربية، وفترات الذروة للاستهلاك، متقاربة، بالإضافة لعدم وجود سوق عربية مشتركة للكهرباء.

وتمثل مشاريع التوليد باستخدام الطاقات المتجددة فرصة جيدة لزيادة نسبة استغلال خطوط الربط القائمة، وذلك لعدد من الأسباب. يتمثل الأول في وجود اختلاف في التوقيت يقدر بخمس ساعات بين الدول العربية الواقعة في أقصى الشرق والدول العربية الواقعة في أقصى الغرب. بالتالي، فإن عدد ساعات اليوم التي توجد فيها إمكانية توليد كهربائي فوتوفولطي في الدول العربية مجتمعة حوالي 14 – 15 ساعة، مقارنة بحوالي 9 – 10 ساعات فقط في دول عربية بعينها. ويتمثل الثاني في أن الدول العربية تمتد على مسافة حوالي 5 آلاف كيلومتر، وبالتالي فإن احتمال توقف كافة التربينات الهوائية، في كل الدول العربية، عن العمل في وقت واحد ضئيل جداً.

ولتقدير الفوائد التي يمكن أن تنتج كنتيجة لزيادة استخدام شبكات الربط، يقوم الصندوق العربي حالياً بتمويل دراسة لتحديد الانخفاض في كمية الطاقة غير الملباه في شبكات الدول العربية، عند استخدام خطوط الربط، مقارنة بالطاقة غير الملباه في حالة عدم استخدام تلك الخطوط، الجدول رقم (6).

سوف تبلغ سعة خط الربط المصري السعودي، المتوقع تشغيله عام 2020، حوالي 42 في المائة من إجمالي قدرات التوليد الهوائي في مصر. وعليه يمكن للشبكة السعودية تقديم دعم كامل للشبكة المصرية حتى في حالة انخفاض إجمالي مستوى التوليد الهوائي على الشبكة المصرية بنسبة 58 في المائة، بينما سيمكن للشبكة الأردنية تقديم دعم كامل للشبكة المصرية في الأوقات التي ينخفض فيها مستوى التوليد الهوائي على الشبكة المصرية بنسبة لا تتجاوز حوالي 6 في المائة. ويمكن كذلك للشبكة التونسية التعويض الجزئي للشبكة الجزائرية في حالة الانخفاض اللحظي للتوليد الهوائي فيها. وبالمثل، بالنسبة لباقي الشبكات، الجدول رقم (6).

الجدول رقم (6)
سعات التبادل المتاحة على خطوط الربط، مقارنة بقدرات التوليد الهوائية المتوقع تواجدها (2030)

خط الربط	سعة التبادل المتاحة على الخط (م.و.)	قدرات التوليد الهوائية المتوقع تواجدها بحلول عام 2030			
		الدولة	القدرة (م.و.)	الدولة	القدرة (م.و.)
مصر – الأردن	450	مصر	7200	الأردن	1100
مصر – السعودية	3000	مصر	7200	السعودية	-
الأردن – سورية	350	الأردن	1100	سورية	-
الأردن – السعودية	200	الأردن	1100	السعودية	-
تونس – الجزائر	150	تونس	1500	الجزائر	5000
الجزائر – المغرب	400	الجزائر	5000	المغرب	4200

المصدر: الصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي، تقرير دراسة الربط الكهربائي العربي الشامل واستغلال الغاز الطبيعي، 2014.

بعض العقبات التي قد تعوق مساهمة القطاع الخاص في إنشاء محطات توليد باستخدام الطاقات المتجددة

يلاحظ أن اغلب الدول العربية سوف تعتمد على القطاع الخاص لإنشاء محطات توليد تعمل على مصادر الطاقة المتجددة، إلا أن هناك عدداً من التحديات قد تؤدي إلى عدم إقبال القطاع الخاص على المشاركة في ذلك، منها عدم وجود آليات تمويل مشجعة للاستثمار في ذلك المجال، مقارنة بالدول الأوروبية، ووجود قيود على تحويل العملة في بعض الدول، حيث يقوم المستثمر بشراء المعدات بالعملات الأجنبية بينما يقوم باسترداد استثماراته بالعملة المحلية، وعدم وجود ضمانات للمستثمر في حالة حدوث تغيرات في سعر صرف العملة المحلية مقارنة بالعملات الأجنبية، وافتقار عدد من الدول العربية للتشريعات المناسبة لحماية المستثمرين.

كان لقيام أغلب الدول العربية بدعم أسعار الوقود المقدم لشركات التوليد تأثيراً سلبياً كبيراً على قدرة محطات التوليد المستخدمة لمصادر الطاقة المتجددة على المنافسة. مع قيام العديد من الدول

العربية بإلغاء أو تخفيض الدعم على الوقود، وانخفاض تكلفة التوليد من المحطات الشمسية والهوائية، فسوف يزداد حافز القطاع الخاص للدخول في تمويل مشاريع التوليد بواسطة مصادر الطاقة المتجددة.

كما يوجد هناك عاملان إضافيان يحدان من سرعة انتشار الطاقات المتجددة في الدول العربية. أولهما أن أنشطة الطاقة المتجددة في بعض الدول العربية تنحصر في إدارات فرعية ضمن هيئات ومؤسسات أكبر، أو نجد مزجاً بين إدارة شؤون الطاقة المتجددة وأنشطة أخرى مثل ترشيد الاستهلاك ورفع كفاءة استخدام الطاقة. وثانيهما أنه بالرغم من وجود عدد من مراكز البحث والتطوير في مجالات الطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة، إلا أن نسبة مشاركة هذه المراكز في وضع الخطط والاستراتيجيات المستقبلية مازالت محدودة.

نظرة مستقبلية

على المستوى العالمي، شهدت الفترة (2009–2017) انخفاضاً كبيراً في تكلفة التوليد من المحطات الشمسية والهوائية، إذ بلغ متوسط هذا الانخفاض حوالي 80 في المائة للمحطات الشمسية الفوتوفولطية وحوالي 50 في المائة للمحطات الشمسية المركزة، وحوالي 40 في المائة للمحطات التي تعمل بطاقة الرياح.

كنتيجة لذلك، قامت الولايات المتحدة وعدة دول أوروبية بالتركيز على التوليد الهوائي والشمسي على حساب التوليد الحراري، مما أدى إلى انخفاض معاملات سعات تشغيل وحدات التوليد الحراري في تلك الدول من حوالي 70 في المائة عام 2006 إلى حوالي 20 في المائة عام 2017، والنسبة الأخيرة متدنية للغاية حيث يفضل أن يتم تشغيل الوحدات الحرارية بمعاملات تتراوح ما بين 60 في المائة و90 في المائة لأسباب فنية واقتصادية.

تتوقع أغلب الدراسات أن يستمر الانخفاض في تكلفة التوليد من مصادر الطاقات المتجددة، ولكن بمعدلات أقل خلال العقدين القادمين، إذ يتوقع أن تتراوح تكلفة التوليد من المحطات الشمسية الفوتوفولطية، في عام 2040، ما بين 1.8 و3.5 سنت/ ك.و.س.، وما بين 2 و3 سنت/ ك.و.س. للمحطات الهوائية. ستكون تلك التكلفة حوالي نصف تكلفة التوليد من محطات التوليد التي تعمل بنظام الدورة المركبة وحوالي ثلث تكلفة التوليد من المحطات البخارية والغازية.

ووفقاً لتقارير وكالة الطاقة الدولية، فإن نسبة الطاقة المولدة عالمياً من محطات التوليد التي تعمل باستخدام مصادر الطاقات المتجددة سوف ترتفع من 24.3 في المائة عام 2016 إلى حوالي 34.5 في المائة عام 2030، استناداً إلى الخطط المستقبلية للدول (سيناريو السياسات الجديدة)، بينما تتوقع الوكالة أن تنخفض نسبة الطاقة المولدة من محطات التوليد التي تعمل على الفحم من 37.5 في المائة إلى 30.1 في المائة وأن تنخفض نسبة الطاقة المولدة من محطات التوليد التي تعمل على النفط من 4.1 في المائة إلى 1.9 في المائة، خلال الفترة ذاتها، بينما سوف تحافظ كل من محطات التوليد الحرارية التي تعمل على الغاز الطبيعي ومحطات التوليد النووية على حصتها من إجمالي الطاقة المولدة، الجدول (7).

الجدول رقم (7)
تطور توليد الكهرباء باستخدام مصادر الوقود المختلفة، (سيناريو السياسات الجديدة)
(2016، 2025، 2030)

	2016		2025		2030	
	تيراوات ساعة	%	تيراوات ساعة	%	تيراوات ساعة	%
الفحم	9282	37.5	9675	32.6	9880	30.1
النفط	1006	4.1	719	2.4	621	1.9
الغاز الطبيعي	5850	23.6	6730	22.7	7581	23.1
مجموع الوقود الأحفوري	**16138**	**65.1**	**17124**	**57.7**	**18082**	**55.0**
الطاقة النووية	**2611**	**10.6**	**3217**	**10.9**	**3440**	**10.5**
الطاقات المتجددة:	**6022**	**24.3**	**9315**	**31.4**	**11342**	**34.5**

	2016		2025		2030	
	تيراوات ساعة	%	تيراوات ساعة	%	تيراوات ساعة	%
الطاقة الكهرومائية	4070	67.6	4804	51.6	5344	47.1
طاقة حيوية	570	9.5	867	9.3	1036	9.1
طاقة الرياح	981	16.3	2192	23.5	2837	25.0
حرارة باطن الأرض	86	1.4	140	1.5	197	1.7
الكهروضوئية	303	5.0	1264	13.6	1827	16.1
الطاقة الشمسية	11	0.2	44	0.5	89	0.8
بحري	1	0.0	4	0.0	12	0.1
الإجمالي	**24771**	**100**	**29656**	**100**	**32864**	**100**

المصدر: وكالة الطاقة الدولية، تقرير آفاق الطاقة العالمية عام 2017، مشتق من جداول الملحق A الواردة في التقرير.

وقد وضعت الوكالة تصوراً آخر (سيناريو التنمية المستدامة)، والذي تقوم فيه الدول بزيادة اعتمادها على مصادر الطاقة المتجددة للتوليد، في سبيل تخفيض الاعتماد على الوقود الأحفوري في مجال التوليد، وتخفيض نسبة انبعاثات الغازات. وفي هذا البديل ترتفع حصة الطاقة المولدة من محطات التوليد التي تعمل على الطاقات المتجددة، عام 2030، إلى حوالي 47.2 في المائة، مقارنة بحوالي 34.5 في المائة في حالة سيناريو السياسات الجديدة.

يُشار إلى أنه لم يصاحب الانخفاض في تكلفة التوليد من محطات الطاقات المتجددة، حتى الآن، انخفاضاً مشابهاً في أسعار الكهرباء في الدول التي شهدت زيادة كبيرة في قدرات التوليد الهوائية والشمسية. على سبيل المثال، ارتفع متوسط تكلفة التوليد في ألمانيا من جميع مصادر التوليد بنسبة 51 في المائة خلال الفترة (2006-2016)، وبنسبة 24 في المائة في ولاية كاليفورنيا خلال الفترة (2011 – 2017)، وبنسبة مشابهة في الدانمارك. يعود السبب الرئيسي في ذلك إلى أن شركات الكهرباء لا تعتبر محطات التوليد الهوائية والشمسية الفوتوفولطية، حتى الآن، ضمن القدرات المؤكدة على شبكاتها، فتقوم بإنشاء (أو الإبقاء على) محطات توليد حرارية لاستخدامها في حالة عدم توفر الرياح أو أثناء الليل. وبالتالي ارتفع مستوى احتياطي التوليد لدى شركات الكهرباء التي توسعت في استخدام الطاقات المتجددة، وما يقابله ذلك من زيادة في التكاليف الاستثمارية التي تنعكس على تكلفة التوليد.

ومن أجل تخفيض نسبة احتياطي التوليد، يتم التركيز حالياً على تخفيض تكلفة البطاريات التي تستخدم في تخزين الطاقة المولدة من محطات التوليد الشمسية الفوتوفولطية لتغذية الأحمال في الليل أو في تخفيض التذبذب اللحظي في القدرة المولدة من مزارع الرياح نتيجة لتغير سرعة الرياح بشكل مفاجئ، وعلى تحسين كفاءة محطات التوليد الشمسية المركزة وتخفيض تكلفة إنشائها وتشغيلها.

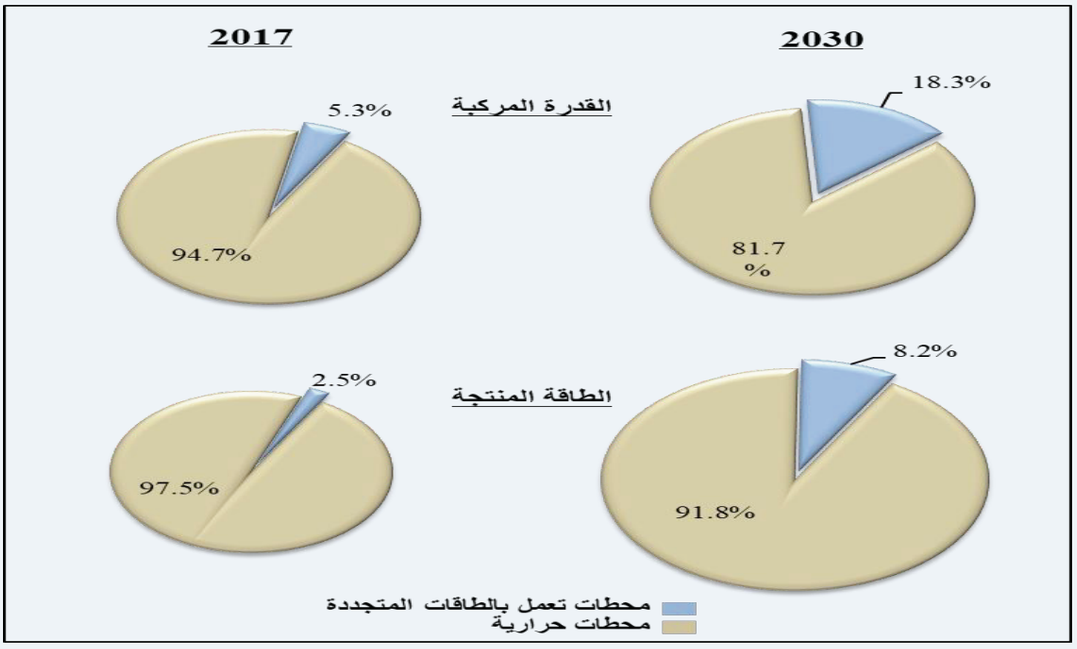
شهدت الفترة (2010 – 2017) انخفاضاً ملحوظاً في تكلفة البطاريات، حيث بلغت حوالي 250 دولار/ ك.و.س. عام 2017، مقارنة بحوالي 1200 دولار/ ك.و.س. عام 2010. من المتوقع أن يستمر الانخفاض في تلك التكلفة لتصل إلى حوالي 100 دولار/ ك.و.س. بحلول عام 2030. كما يتوقع أن ينخفض متوسط تكلفة التوليد من محطات التوليد الشمسي المركزة من حوالي 15 سنت/ ك.و.س. عام2017 إلى حوالي 5 سنت/ ك.و.س. خلال الفترة ذاتها، مما سيكون له أكبر الأثر في تخفيض متوسط تكلفة التوليد على الشبكات، حيث سوف يمكن لشركات الكهرباء عندئذٍ إخراج وحدات توليد حرارية من الخدمة على أساس اعتبار القدرات المركبة في محطات التوليد التي تعمل على الطاقات المتجددة قدرات توليد مؤكدة على الشبكة.

على مستوى الدول العربية، استناداً إلى البيانات المتوفرة حول برامج وخطط التوليد المستقبلية للدول العربية والمشاريع الجاري تنفيذها، وبافتراض أن أغلب الدول العربية سوف تقوم بسن التشريعات التي تساعد على زيادة مساهمة القطاع الخاص في هذا المجال، فمن المتوقع أن

تقوم الدول العربية خلال الفترة (2018 – 2030) بإنشاء محطات توليد تعمل بالطاقات المتجددة إجمالي قدراتها حوالي 65.0 ج.و.، منها حوالي 41.6 ج.و. (64.0 في المائة) لمحطات توليد تعمل بالطاقة الشمسية، وحوالي 22.2 ج.و. (34.1 في المائة) لمحطات توليد تعمل بطاقة الرياح، وحوالي 1.2 ج.و. (1.9 في المائة) لمحطات كهرومائية ومحطات تعمل بالطاقة الحرارية الجوفية أو الكتلة الحيوية.

وبالإضافة إلى محطات التوليد التي تعمل بالطاقات المتجددة، والتي بلغ إجمالي قدراتها حوالي 15.2 ج.و. في نهاية عام 2017، فمن المتوقع أن يبلغ إجمالي قدرات تلك المحطات عام 2030 حوالي 80.2 ج.و. سوف تشكل هذه القدرات حوالي 18.3 في المائة من إجمالي القدرات المركبة على الشبكات، مقارنة بحوالي 5.3 في المائة في عام 2017، الشكل رقم (10).

الشكل رقم (10): التوزيع النسبي لقدرات التوليد والطاقة المولدة من محطات التوليد التي تعمل بالطاقات المتجددة لبعض الدول العربية



المصدر: الملحقان (4/10) و(5/10).

ومن المتوقع أن تقوم محطات التوليد التي تعمل بالطاقات المتجددة في الدول العربية، الجديدة منها والقائمة، بتوليد حوالي 170 ت.و.س. عام 2030، سوف تغطي حوالي 8.1 في المائة من الطلب على الطاقة في ذلك العام، مقارنة بحوالي 2.5 في المائة في عام 2017، إلا أن هذه النسبة ستكون أقل بكثير من النسب المشابهة في الدول الأوروبية، حيث أصدرت الدانمارك تشريعات بأن لا تقل نسبة الطاقة المولدة من محطات التوليد التي تعمل على الطاقات المتجددة عن 50 في المائة من إجمالي الطاقة الكهربائية المولدة على الشبكة بحلول عام 2030. كما أصدرت كل من ألمانيا وانجلترا تشريعات بأن لا تقل هذه النسبة عن 30 في المائة بحلول العام ذاته.

سوف يؤدي زيادة اعتماد الدول العربية على التوليد الكهربائي من مصادر الطاقات المتجددة إلى تخفيض استهلاك الدول العربية من النفط والغاز لتوليد الكهرباء بما يعادل حوالي 750 ألف برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2030 وهو ما يمكن أن يوجه إلى زيادة صادرات الدول العربية من النفط والغاز، مقارنة باستمرار الاعتماد على محطات التوليد الحرارية. ويتوقع كذلك أن يؤدي هذا التحول إلى توفير حوالي 200 ألف فرصة عمل في قطاع الكهرباء، تشمل

مجالات تصنيع معدات التوليد وتركيبها وصيانتها، ناهيك عن تخفيض انبعاثات الغازات الضارة كنتيجة للاستغناء عن تشغيل عدد من محطات التوليد الحرارية الملوثة للبيئة.

إلا أن نسب قدرات محطات التوليد باستخدام الطاقات المتجددة سوف تتفاوت بدرجة كبيرة من دولة لأخرى، حيث يتوقع أن تتجاوز هذه النسبة 50 في المائة في كل من المغرب والسودان، وأن تبلغ حوالي 45 في المائة في موريتانيا، وحوالي 37 في المائة في تونس، وحوالي 30 في المائة في كل من مصر والأردن وجيبوتي، وأن تتراوح ما بين 10 و20 في المائة في كل من الإمارات والجزائر والسعودية وعُمان والكويت، الملحق (5/10).

جدير بالذكر أن التوقعات المستقبلية، آنفة الذكر، عالمياً وعربياً، عرضة للتغيرات التقنية والتطورات التكنولوجية التي قد تؤثر في معطيات التوليد باستخدام الطاقات المتجددة وتكاليفها وجدواها وانتشارها وحصتها في كل سوق الطاقة، في مقابل التطورات في إنتاج وتسويق النفط وأسعاره.

من غير المتوقع أن تشكل نسب التوليد المستقبلية، باستخدام الطاقات المتجددة، مشاكل كهربائية تذكر لكل من المغرب ومصر وموريتانيا وجيبوتي، حيث يوجد توليد كهرومائي في مصر والمغرب يمكنه تقليل التذبذبات غير المتوقعة في القدرة المولدة من المحطات الهوائية والشمسية، بينما ترتبط موريتانيا كهربائياً بمالي التي يوجد بها سد "مانانتالي"، كما أن خطط تلك الدول تعتمد على المزج بين التوليد الهوائي والتوليد الشمسي، بحيث يتم الاعتماد بصورة كبيرة على التوليد الشمسي أثناء ساعات النهار والتوليد الهوائي أثناء فترات الليل. أما بالنسبة للشبكة الجيبوتية، فلا يتوقع أيضاً وجود مشاكل لديها، لأنها ستظل مربوطة بالشبكة الاثيوبية، التي يتم فيها أغلب التوليد بواسطة محطات كهرومائية. وبالمثل، لا يتوقع أن تشكل محطات التوليد الشمسية والهوائية الجديدة المزمع إنشاؤها في السودان أية مشاكل للشبكة السودانية، حيث ستظل قدرات التوليد المائي في السودان تشكل أكثر من ثلث قدرات التوليد على الشبكة.

سيكون الوضع مختلفاً بعض الشيء بالنسبة للأردن وتونس والجزائر، نظراً لقلة أو عدم وجود توليد مائي لديها. عليه، من المتوقع أن تستفيد تلك الدول من مشاريع الربط الكهربائي القائمة وتلك المخطط تنفيذها لتخفيض مستوى التذبذبات المتوقعة، حيث سوف تستفيد شبكة الأردن من الربط الكهربائي القائم مع الشبكة المصرية والربط الكهربائي المخطط مع الشبكة السعودية، وهما شبكتان قادرتان على تحقيق اتزان للشبكة الأردنية. كما سوف تستفيد تونس والجزائر من الربط الكهربائي بينهما، ومن ارتباطهما بالشبكة المغربية المرتبطة بدورها بالشبكة الأوروبية من خلال خطين للربط البحري يبلغ إجمالي سعاتهما حوالي 1400 م.و.

بالنسبة لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، فمن غير المتوقع أن يكون لمشاريع إنشاء محطات التوليد الفوتوفولطية في السعودية تأثيراً كبيراً على شبكة الكهرباء فيها، نظراً لأن إجمالي قدرة التوليد لتلك المحطات لن يشكل سوى حوالي 10 في المائة من إجمالي قدرة التوليد على الشبكة، ولأن تلك المحطات ستقوم بتوليد أقصى قدرة خلال أوقات الظهيرة، وهي فترة الحمل الأقصى في السعودية. سيكون الوضع مختلفاً بعض الشيء في الإمارات، حيث أن دخول محطات الطاقة النووية الأربع، بإجمالي قدرة 5600 م.و.، سوف يؤدي إلى تقليل الاعتماد على محطات التوليد الغازية القائمة، وهي الوحدات التي يمكن من خلالها زيادة أو تخفيض قدرة التوليد بصورة سريعة لتعويض التفاوت في قدرات التوليد من المحطات الشمسية والهوائية. عليه، تبرز أهمية شبكة الربط الخليجي في تحقيق توازن لحظي بين كمية التوليد والاستهلاك على الشبكة الإماراتية.

استناداً على ما سبق، يمكن القول بأن العديد من الدول العربية قد قطعت خطوات ملموسة من أجل تذليل بعض العقبات التي قد تحول دون مساهمة القطاع الخاص في إنشاء مشاريع توليد باستخدام

الطاقات المتجددة. على سبيل المثال، أنشأت مصر والأردن والمغرب وتونس والسعودية هيئات لتنظيم قطاع الكهرباء. تتضمن مهام تلك الهيئات تنظيم العلاقة بين الحكومة والمستثمرين، بما في ذلك تحديد سعر بيع الكهرباء وإعداد عقود نموذجية لشراء الطاقة.

عليه، سيتعين على الدول التي لم تقم بعد بفتح سوق الكهرباء سن التشريعات التي تساعد على مشاركة القطاع الخاص في إنشاء مشاريع التوليد، وتمكينه من بيع الطاقة المولدة منها للمستهلكين وشركات الكهرباء الحكومية، كي تقوم بتهيئة المناخ التشريعي المناسب للمستثمرين، سواءً كان ذلك في استقرار نظم الصرف أو قابلية تحويل الأرباح خارج البلاد، بالإضافة لوجود منظم كهرباء مستقل.

أما من ناحية توفير التمويل بشروط ميسرة، فيمكن القول إن مؤسسات التمويل الدولية، مثل الاتحاد الأوروبي ووكالة إيرينا للطاقات المتجددة تقوم بتوفير قروض ميسرة للمستثمرين للدخول في هذا المجال، بينما يتم تطبيق نفس سعر الفائدة أو فترة السداد للقروض المقدمة من مؤسسات التمويل العربية سواءً كان ذلك لقروض لتمويل مشاريع للتوليد الحراري أو مشاريع للتوليد باستخدام الطاقات المتجددة. كما تقوم بعض مؤسسات التمويل الدولية، مثل البنك الأوروبي لإعادة الإعمار والتطوير، بتقديم ضمانات للمستثمرين لتعويضهم في حالة تعرضهم لخسائر نتيجة لتغير سعر الصرف. عليه، فهناك حاجة لقيام مؤسسات التمويل العربية باستحداث آليات تمويل جديدة لمشاريع التوليد باستخدام الطاقات المتجددة لتقليل المخاطر على المستثمرين.

بالإضافة إلى ذلك، يتعين على الدول العربية الاستفادة من وجود المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة بالقاهرة، الذي تم إنشاؤه بغرض تفعيل التعاون العربي والإقليمي في مجال نشر السياسات الداعمة للطاقة المتجددة وتبادل الآراء على الصعيد الإقليمي حول القضايا ذات الصلة بالطاقة المتجددة، وكذلك الاستفادة من وجود الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA) في أبوظبي.

كما يوصى **بإنشاء صندوق عربي لتمويل مشروعات الطاقة المتجددة**، على أن تكون لديه القدرة والاستعداد لتمويل مشروعات الطاقة المتجددة في كافة الدول العربية، وليس الدول التي شاركت في إنشائه فقط، على أن يتم تحديد شروط مناسبة ومحفزة لإقراض الدول العربية، بناءً على الوضع الاقتصادي لتلك الدول.

وسوف يتعين على أغلب الدول العربية **تقوية شبكات النقل الداخلية** فيها حتى تتمكن من تصريف الطاقة التي سيتم توليدها من المحطات الجديدة. وستكون هناك أيضاً حاجة **لتطوير أساليب إدارة الشبكات** بحيث يتم استخدام العدادات الذكية والبرامج المتطورة لحسن إدارة الشبكة في ظل وجود التوليد غير المركزي (Distributed Generation).

كما يجب على الدول العربية كذلك العمل على توفير البيئة الداعمة لتعزيز مصادر الطاقة المتجددة من خلال توفير الإطار التشريعي والتنظيمي والمؤسسي الداعم لنمو مصادر الطاقة المتجددة من خلال سن التشريعات الكفيلة بتطوير مساهمة القطاع الخاص في إنتاج مصادر الطاقة المتجددة وتحسين فرص الاستثمار في هذا القطاع، إضافةً إلى العمل على إيجاد إطار تنظيمي ومؤسسي كفيل بدعم نمو السوق وصياغة الاستراتيجيات الوطنية وآليات التنفيذ اللازمة لزيادة مساهمة مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة المستخدم على مستوى الدول العربية بما يضمن الاستغلال الأمثل للطاقات المتوافرة في البلدان العربية وتعزيز الكفاءة الاقتصادية.