اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا

# البنية التحتية لقطاع الطاقة الكهربائية وتبادل الطاقة في الدول العربية

الأمم المتحدة
الاسكوا
ESCWA

E/ESCWA/SDPD/2016/FACTSHEET.1

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا

# البنية التحتية لقطاع الطاقة الكهربائية وتبادل الطاقة في الدول العربية

الأمم المتحدة
بيروت

## مقدمة

في إطار ما يقوم به قطاع الكهرباء من دور أساسي في توفير خدمات الطاقة الحديثة على مستوى الأفراد وعلى مستوى الأنشطة الاقتصادية للدولة، فإن البنية التحتية لهذا القطاع، من محطات إنتاج وشبكات نقل وتوزيع الطاقة، تعتبر المقياس في تحديد مدى الكفاءة والقدرة على سد احتياجات التنمية الاقتصادية والاجتماعية، فضلا عن كونها عنصراً أساسياً في تعزيز بيئة الأعمال وخلق فرص عمل. ومن المهم في البداية التطرق إلى المفهوم العام للبنية التحتية.

يوجد العديد من التعريفات العامة لمفهوم البنى التحتية، منها:

- الهياكل والنظم الأساسية اللازمة لدولة أو مؤسسة لتعمل بشكل صحيح، مثل المباني، النقل، إمدادات الطاقة، الخ[1].
- شبكة مستقلة من عدة نظم وعمليات من صنع البشر، تعمل بشكل مشترك وجهود متضافرة لاستمرار تدفق انتاج وتوزيع السلع الأساسية والخدمات[2].
- مجموعة العناصر البنيوية المترابطة لتوفير إطار دعم البنية التنموية الكاملة، ويُعتبر عامل هام في الحكم على تنمية البلد أو المنطقة[3].

يُسهم تطوير البنية التحتية في تقليص كلفة إنتاج الكهرباء، وزيادة معدل نمو الناتج المحلي الإجمالي للدولة، ويؤثر إيجابا على مستويات المعيشة. وتجدر الإشارة إلى أن الاستثمار في البنية التحتية لقطاع الكهرباء في معظم دول المنطقة لا يتواكب مع الطلب المتزايد على الطاقة الكهربائية الذي بمعدل يتراوح بين 5 و في المائة سنوياً[4] خلال هذا العقد. وقد يرجع ذلك لعدة أسباب منها تغيرات حادة في أسواق الطاقة العالمية وأثرها على معدلات النمو بالدول العربية سواء منتجة أو مستوردة للطاقة، ظروف عدم الاستقرار السياسي والنزاعات الجارية في بعض دول المنطقة، وارتفاع مخاطر الاستثمار في هذا المجال، بسبب الحاجة إلى أدوات وتدابير وآليات لتقاسم المخاطر وتقديم ضمانات للقطاع الخاص.

يتناول هذا التقرير وضع البنية التحتية لقطاع الكهرباء في المنطقة العربية، من حيث المصادر والتكنولوجيات وكفاءة شبكات النقل والتوزيع، والتي تشتمل، على إنتاج/استيراد الوقود الأحفوري، التكرير وإنتاج المشتقات النفطية ونقلها إلى محطات القوى الحرارية لإنتاج الكهرباء، والتوليد الكهرومائي،

وتكنولوجيات الطاقة المتجددة من مزارع رياح ومحطات شمسية حرارية ونظم خلايا فوتوفلطية، إلى جانب النظر إلى موقف خطط مشروعات الطاقة النووية لإنتاج الكهرباء، والتي يعتمدها عدد محدود من الدول العربية. ينتهي التقرير بتسليط الضوء على الوضع الراهن للربط وتبادل الطاقة على المستوى الإقليمي، والنظرة المستقبلية لتحسين كفاءة هذا القطاع في إطار منظومة إقليمية لتعزيز المكاسب المشتركة.

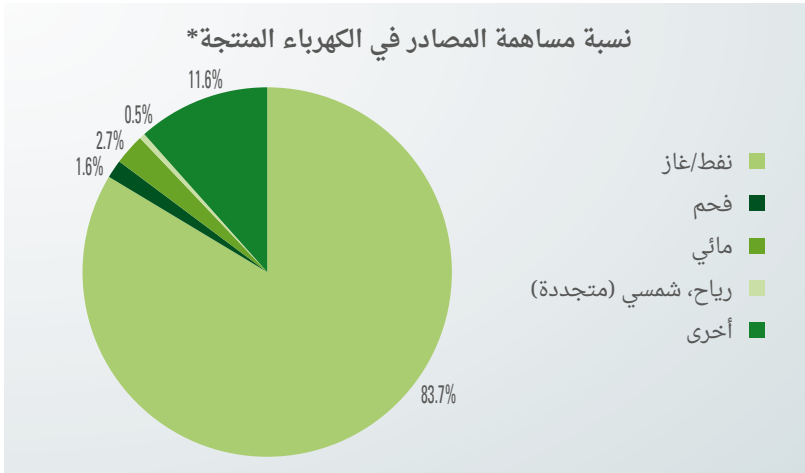
## مصادر وتكنولوجيات إنتاج الطاقة الكهربائية في المنطقة العربية

تُمثل مصادر الطاقة الأولية (المتوفرة محلياً و/أو المستوردة)، والبنية التحتية القادرة على تلبية الاحتياجات الوطنية من الطاقة أساس الإمداد بالطاقة على مستوى الدولة لتنفيذ خطط التنمية.

### مصادر الطاقة

تعتمد الدول العربية – فيما عدا السودان الذي يعتمد على نهر النيل كمصدر الطاقة - على النفط والغاز الطبيعي كمصدر أساسي للحصول على الطاقة الكهربائية (بنسبة

**الشكل 1.** نسبة مساهمة المصادر في إنتاج الكهرباء في الدول العربية في عام 2015[5]




*(أخرى: إنتاج مشترك للحرارة والكهرباء، طاقة كهربائية من مكبات النفايات)

حوالي 84 في المائة)، ثم المصادر المائية، فالطاقة المتجددة، تحديدا من طاقة الرياح والطاقة الشمسية. ويقتصر استخدام الفحم في المحطات الحرارية على المغرب، مع ملاحظة اتجاه دول أخرى مثل مصر ولبنان وعُمان لاستيراد الفحم واستخدامه في بعض الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة، إلى جانب التخطيط لإنتاج الكهرباء كما في الحالة المصرية (الشكل 1).

### أ. الوقود الأحفوري

يوجد الوقود الأحفوري (نفط، غاز طبيعي) في كثير من الدول العربية بدرجات مختلفة ما بين الثراء والكفاف. ويتركز الفحم في المغرب ويساهم إلى حد ما في المزيج الوطني للطاقة إلى جانب المصادر الأخرى. ويوضح الجدول (1) مستويات الإنتاج والاحتياطيات المؤكدة من النفط والغاز، والمساهمة في قطاع الكهرباء في الدول العربية (غاز طبيعي، وقود خفيف، وقود ثقيل، فحم حجري)، في نهاية عام 2015.

**الجدول 1.** الإنتاج والاحتياطيات المؤكدة من النفط[6] والغاز[7]، والمساهمة في قطاع الكهرباء[8] في نهاية عام 2015

| الدولة | الاحتياطيات المؤكدة من النفط (مليون طن) | الإنتاج من خام النفط وسوائل الغاز (مليون طن/سنة) | الاحتياطيات المؤكدة من الغاز الطبيعي (تريليون متر مكعب) | الإنتاج من الغاز الطبيعي (مليون طن مكافئ نفط) | الوقود المستهلك في قطاع الكهرباء (مليون طن مكافئ نفط) |
|---|---|---|---|---|---|
| الأردن | متواضع | متواضع | غير متاح | غير متاح | 3.9 |
| الإمارات العربية المتحدة | 13,300 | 186 | 6.1 | 50.2 | 30.11 |
| البحرين | 13.6 | 10.5 | 0.2 | 14 | 6.27 |
| تونس | 54.4 | 2.6 | | | 4.04 |
| الجزائر | 1,659 | 83 | 4.5 | 74.7 | 15.68 |
| المملكة العربية السعودية | 36,244 | 565 | 8.3 | 95.8 | 54.21 |
| السودان | 204 | 6 | 85 | | 1.23 |

| الدولة | الاحتياطيات المؤكدة من النفط (مليون طن) | الإنتاج من خام النفط وسوائل الغاز (مليون طن/سنة) | الاحتياطيات المؤكدة من الغاز الطبيعي (تريليون متر مكعب) | الإنتاج من الغاز الطبيعي (مليون طن مكافئ نفط) | الوقود المستهلك في قطاع الكهرباء (مليون طن مكافئ نفط) |
|---|---|---|---|---|---|
| الجمهورية العربية السورية | 340 | 0.5 | 0.3 | 3.9 | 4.76 |
| العراق | 19,461 | 175 | 3.7 | 0.9 | 17.15 |
| عُمان | 721.6 | 48.8 | 0.7 | 31.4 | 7.48 |
| فلسطين | | | | | 0.08 |
| قطر | 7,140 | 85.5 | 24.5 | 163.3 | 10.50 |
| الكويت | 13,804 | 150 | 1.8 | 13.5 | 17.38 |
| لبنان | | | | | 2.05 |
| ليبيا | 6,732 | 22.6 | 1.5 | 11.5 | 9.75 |
| مصر | 476 | 37.8 | 1.8 | 41 | 34.115 |
| المغرب | متواضع | متواضع | غير متاح | غير متاح | 4.975 (شاملاً الفحم) |
| موريتانيا | متواضع | متواضع | غير متاح | غير متاح | غير متاح |
| اليمن | 408 | 1.4 | 0.3 | 2.4 | غير متاح |

## تكنولوجيات محطات القوى الحرارية في الدول العربية

يعتمد إنتاج الكهرباء من المحطات الحرارية في أغلب الدول على تكنولوجيات تستخدم تربين/عنفة بخارية أو غازية أو ذات دروة مركبة، أو محركات الديزل أو الفحم كوقود. ويعرض الجدول (2) أنواع المحطات الأكثر انتشارا في المنطقة، وتُمثل 84.4 في المائة من إجمالي القدرات المركبة.

### أ. كفاءة الأداء في المحطات الحرارية بدول المنطقة

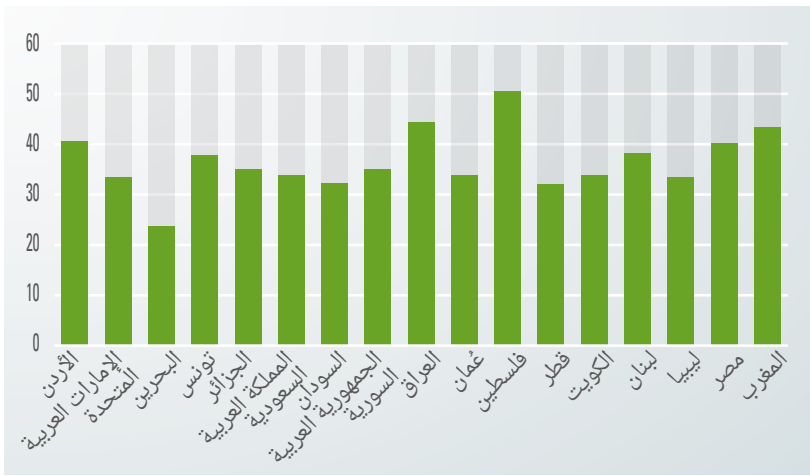
يُعتبر معدل الكفاءة الحرارية في المنطقة العربية – بشكل عام – منخفضاً، حيث وصل المتوسط إلى حوالي 36 في المائة في عام 2015 (الشكل 2).

**الجدول 2.** أنواع المحطات الحرارية الأكثر انتشارا في المنطقة العربية*

| البخارية | الغازية | الدورة المركبة |
|---|---|---|
| تستخدم الوقود الثقيل أو الغاز الطبيعي، أو الفحم في حالة المغرب، في إنتاج البخار المحمص (خالي من الرطوبة) تحت ضغط عال، واللازم لإدارة التربين/العنفة التي تتصل بمولد إنتاج الكهرباء، ويمكن استخدام السولار كبادئ إشعال | تعتمد على إشعال الغاز الطبيعي أو زيت الوقود أو الوقود الثقيل في وجود الهواء الجوي بغرفة الاحتراق، واستخدام عادم الاحتراق في إدارة التربين/العنفة، التي تتصل بمولد لإنتاج الكهرباء. ومناسبة في أوقات الطوارئ والذروة | تعتمد على استخدام تربين/عنفة غازية في إنتاج الكهرباء، مع الاستفادة من العادم في تسخين الماء الذي يتم تحويله إلى بخار محمص لإدارة تربين/عنفة بخارية تتصل بالمولد. ويستخدم الغاز الطبيعي كوقود رئيسي، أو زيت الوقود أو الوقود الثقيل |
| تمثل 26.7 في المائة من إجمالي القدرات المركبة | تمثل 32.2 في المائة من إجمالي القدرات المركبة | تمثل 25.5 في المائة من إجمالي القدرات المركبة |
| الكفاءة في المحطة الجديدة حوالي 42 في المائة | الكفاءة في المحطة الجديدة حوالي 37 في المائة. | الكفاءة في المحطة الجديدة لا تقل عن 60 في المائة |

* استنادا إلى النشرة الإحصائية 2015، العدد الرابع والعشرون، الاتحاد العربي للكهرباء.

**الشكل 2.** متوسط كفاءة المحطات الحرارية (في المائة) في دول المنطقة العربية




**المصدر:** تم احتساب نسب الكفاءة الحرارية بناءً على بيانات كميات الوقود المستهلكة والطاقة المنتجة من المحطات الحرارية والواردة في النشرة الإحصائية 2015 للاتحاد العربي للكهرباء، ص. 6، 14، ولم تُذكر اليمن وموريتانيا لغياب البيانات الخاصة بكل منهما.

من الملاحظ أن نسبة الكفاءة ترتفع إلى 40 في المائة فأكثر في بعض الدول لأسباب مختلفة، منها تطبيق برامج تحسين كفاءة الطاقة والتوسع في استخدام تكنولوجيا الدورة المركبة، كما الحال في مصر والأردن (تمثل حوالي 33 في المائة، 48 في المائة - على الترتيب - من إجمالي القدرات المركبة في كل منهما)، أو دخول محطات جديدة في الخدمة (مثل العراق). وفي حالة فلسطين، توجد محطة حرارية وحيدة ذات الدورة المركبة، والتي تتسم بكفاءة عالية لا تقل عن 55 في المائة.

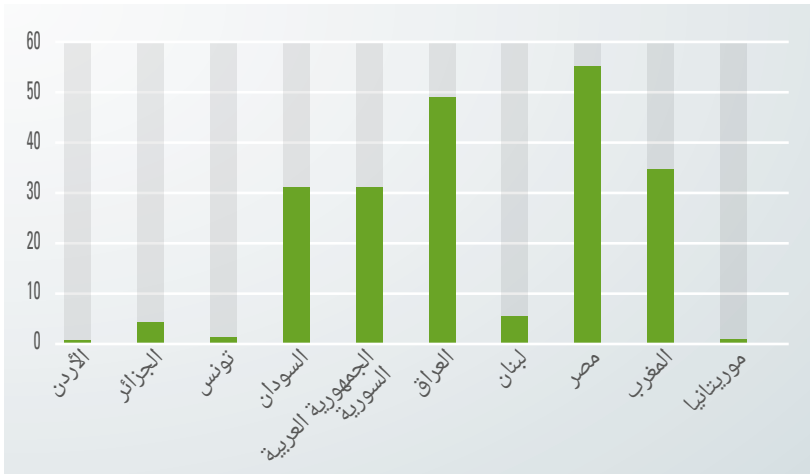
## ب. الطاقة المتجددة

### المصادر المائية السطحية

تسهم بنسبة لا تتجاوز 3 في المائة في مزيج الطاقة الكهربائية المنتجة بالمنطقة العربية. وتتركز في كل من السودان (المصدر الأول في مزيج الطاقة)، ومصر، والعراق، والجمهورية العربية السورية، ولبنان، والمغرب، والجزائر، وتونس.

وصل إجمالي القدرات المركبة، في نهاية 2015، من المحطات الكهرومائية نحو 11 ألف ميجاوات (م و)، بما يعادل حوالي 4 في المائة من إجمالي القدرات العربية (الشكل 3)[9].

**الشكل 3.** القدرات المركبة (م و) للمحطات الكهرومائية



### طاقة الرياح

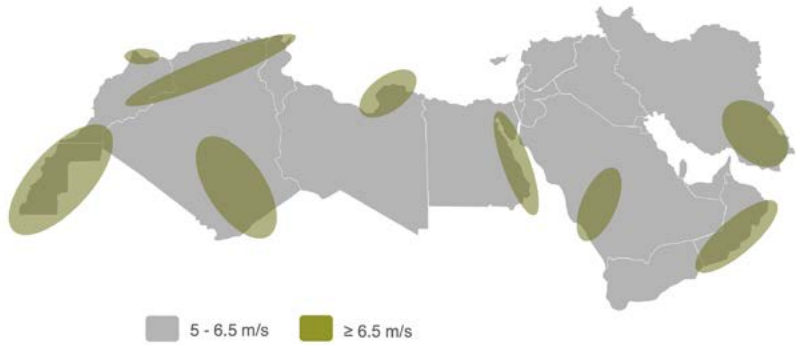
يمكن استغلال طاقة الرياح عند توفر متوسط سرعات من 3 إلى 5 متر/ثانية، أخذا في الاعتبار أن:

القدرة (الطاقة الكامنة في الرياح) تتناسب طردياً مع مكعب سرعة الرياح (اللحظية) X مساحة دوران الريشة المثبتة على البرج المعدني (3.14 X مربع نصف قطر دوران الريشة) X كثافة الهواء X ثابت (0.5)[11].

تعتمد الجدوى الاقتصادية لتنفيذ مزارع رياح على:

الخصائص الطبوغرافية لموقع المشروع، وكذلك هيكل سرعات الرياح من حيث توزيع وتردد السرعات والاتجاه، والمتوسط على مدار العام، وتكنولوجيا معدات الرياح المستخدمة (التربين/العنفة ثلاثية الريش، متغيرة الزاوية، على برج من الصلب، مُثبت على قاعدة خرسانية على الأرض) في الموقع. وتوجد إمكانات كبيرة لطاقة الرياح في عديد من الدول العربية (الشكل 4).

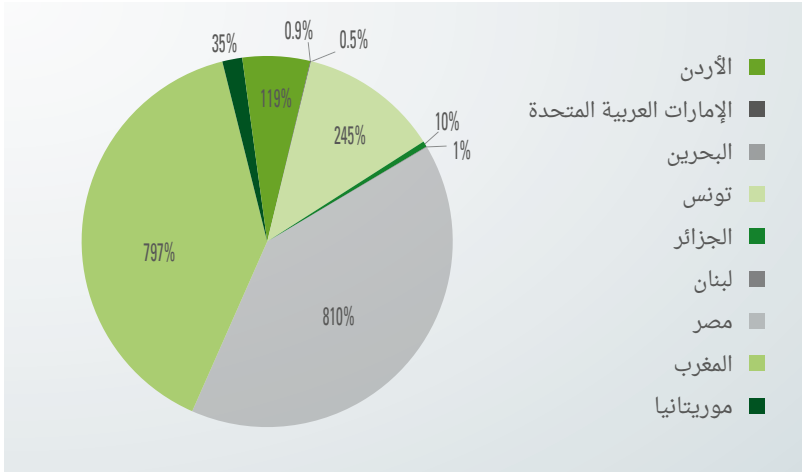
**الشكل 4.** أهم المواقع في المنطقة العربية، ذات سرعات رياح لا تقل عن 6.5 متر/ثانية فأكثر، مقاسة على ارتفاع 80 متر فوق سطح الأرض[10]




تتراوح سعة التربين السائدة في المنطقة العربية حالياً بين 1 و3 م و/للوحدة.

وصل إجمالي قدرات مزارع الرياح في المنطقة العربية حوالي 2 جيجاوات، في نهاية عام 2015 (الشكل 5).

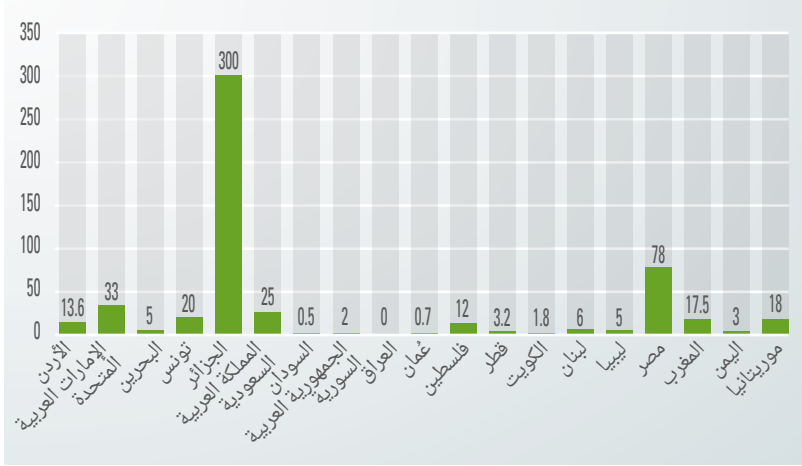
**الشكل 5.** القدرات المركبة (م و) لمحطات الرياح



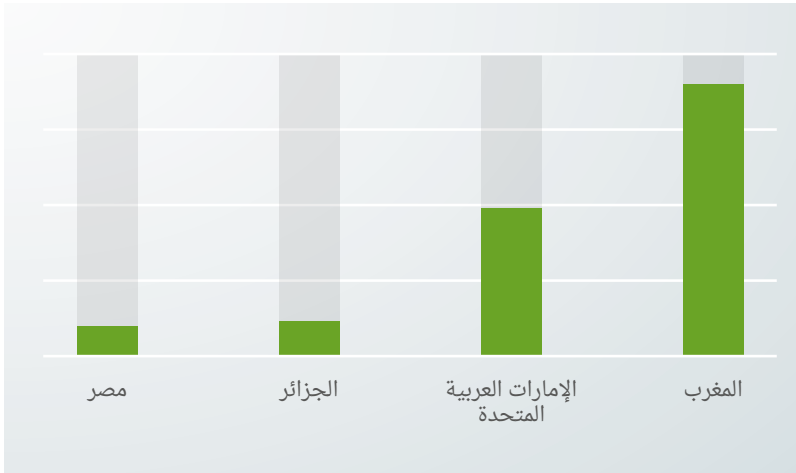

### الطاقة الشمسية

تُعتبر تكنولوجيا نظم الخلايا الشمسية الكهرضوئية (الفوتوفلطية) الأكثر انتشاراً (سواء النظم الموزعة أو المرتبطة بالشبكة). وقد وصل إجمالي القدرات المركبة من هذه النظم لإنتاج الكهرباء وأغراض تحلية/ضخ المياه، الاتصالات اللاسلكية، وغيرها، بالمنطقة العربية إلى حوالي 544 م و. ويوضح الشكل (6)[13] القدرات المركبة من نظم الخلايا في الدول العربية في نهاية عام 2015.

**الشكل 6.** القدرات المركبة من نظم الخلايا الكهرضوئية (م و) في نهاية عام 2015



**الشكل 7.** القدرات المركبة من المحطات الشمسية الحرارية (م و)




تتركز محطات الطاقة الشمسية الحرارية، اعتماداً على تكنولوجيا القطع المكافئ، وربطاً بالشبكات الوطنية، في المغرب والإمارات المتحدة والجزائر ومصر، بإجمالي 325 م و، في نهاية عام 2015 (الشكل 7)[14].

في إطار الاهتمام العالمي المتزايد بقضايا تغير المناخ وتخفيض الانبعاثات الضارة، فضلاً عن أهداف الخطة العالمية للتنمية المستدامة 2030، فقد باشرت عدد من الدول العربية، خاصةً الخليجية منها، إعتماد تكنولوجيا الطاقة الشمسية الحرارية لإنتاج الكهرباء في خططها المستقبلية في إطار نشر استخدام الطاقة المتجددة لتنويع المزيج الوطني للطاقة وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري.

### ج. الطاقة النووية[15]

توجد احتياطيات من خام اليورانيوم - كمصدر للطاقة النووية - في الأردن (حوالي 65 ألف طن)، والجزائر (حوالي 29 ألف طن)، كما توجد كميات بسيطة من اليورانيوم في مصر. وتوجد كميات كبيرة من الصخور الفوسفاتية، التي يمكن استخلاص اليورانيوم منها، في الأردن وتونس ومصر والمغرب والمملكة العربية السعودية. ويوضح الجدول (3) الوضع الراهن فيما يخص توجه بعض الدول العربية نحو الخيار النووي لإنتاج الكهرباء، أخذاً في الاعتبار تنويع مزيج الطاقة.

**الجدول 3.** الوضع الراهن لتنفيذ مشروعات محطات نووية كبرى لإنتاج الكهرباء وتحلية المياه في بعض الدول العربية

| الدولة | المخطط | الوضع الراهن |
|---|---|---|
| **الأردن** | محطة نووية بقدرة 2000 م و، على مرحلتين | تم تحديد موقع المشروع (العمرة)، وتوقيع مذكرة تفاهم مع شركة روسية لبناء المفاعل الأول في 28 كانون الثاني/ يناير 2013.<br>المشروع بنظام بناء – تملك – تشغيل (BOO)، ومخطط بدء التشغيل تباعاً في الفترة بين 2023 – 2025. |
| **الجزائر** | إنشاء المحطة الأولى قدرة 1000 م و، بين 2030 – 2040. | يوجد مفاعلان بحثيان<br>إعداد الدراسات الفنية الخاصة بإنشاء أول مفاعل نووي باستثمارات حكومية.<br>توقيع اتفاقية مع روسيا للتعاون في الاستخدام السلمي الطاقة النووية، وبناء محطة نووية لإنتاج الكهرباء، في 3 أيلول/سبتمبر 2014، ولم يتم تحديد الموقع بعد. |
| **الإمارات العربية المتحدة** | قدرات مركبة 5600 م و، على 4 مراحل. | إنشاء هيئة الطاقة النووية، وإصدار التشريعات ذات الصلة في 2009.<br>التعاقد في تموز/يوليو 2012 مع تجمع شركات القوى الكهربائية بكوريا الجنوبية لإنشاء المفاعل الأول (حوالي 1400 م و)، في موقع البركة، والتشغيل في 2017. |
| **المملكة العربية السعودية** | محطات نووية بقدرات مركبة 18 ج و، حتى 2032. | إنشاء الشركة النووية القابضة عام 2013.<br>توقيع مذكرات تفاهم للتعاون مع فرنسا وكوريا الجنوبية والصين وروسيا.<br>وضع قائمة لثلاث مواقع للمفاضلة بينها، ولم يتم تحديد الموقع بعد. |
| **مصر** | 4800 م و، على مراحل، في الفترة بين 2022 – 2026. | يوجد مفاعلان بحثيان.<br>اختيار موقع الضبعة على ساحل المتوسط شمال مصر، ووضع المواصفات الفنية، وإعداد مستندات التناقص، وتوقيع مذكرة تفاهم مع روسيا في شباط/فبراير 2015،<br>توقيع عقود الإنشاء مع الجانب الروسي في 2017. من المخطط بدء تشغيل المفاعل الأول (1200 م و) عام 2022. |

من الملاحظ أن:

- المنطقة العربية فقيرة في مصدر اليورانيوم، حيث يوجد في كل من الأردن والجزائر ومصر، بما يُمثل حوالي 0.5 في المائة، 0.3 في المائة، وأقل من 0.1 في المائة - على التوالي - من المخزون العالمي16. وسوف تضطرّ الدول العربية التي تعتمد التوجه النووي إلى تأمين إمدادات اليورانيوم من خارج المنطقة.
- المرحلة الأولى لمشروع المحطة النووية في الإمارات العربية المتحدة سوف تكون الأولى في المنطقة العربية من حيث التشغيل التجاري، طبقا للمخطط، في عام 2017،
- سوف تحتل المرحلة الأولى للمشروع المصري المركز الثاني عربياً في الدخول إلى حيز التشغيل في العقد القادم، وذلك في ضوء الخطوات الجاري تنفيذها فعلياً (تأمين التمويل اللازم، إعداد البنية الأساسية لموقع المشروع، طرح المناقصة عالمياً، تحليل العروض واختيار الأنسب، مفاوضات ما قبل التعاقد وتوقيع عقود الإنشاء، إلخ)
- توجد أربع دول عربية في الجدول أعلاه وقعت مذكرة تفاهم/اتفاقية تعاون في هذا المجال مع روسيا تحديداً، ولم تتضح بعد الإجراءات التنفيذية ذات الصلة.

## خطوط نقل الكهرباء

- منظومة نقل الكهرباء هي بمثابة العمود الفقري للشبكة الكهربائية الذي يربط بين الإنتاج والتوزيع، حيث تستخدم الخطوط الهوائية والكابلات الأرضية في نقل الطاقة الكهربائية من محطات التوليد وعبر محطات المحولات مختلفة الجهود حتى تصل الى مناطق الاستهلاك، لإتاحة تدفقات الطاقة اللازمة لتنمية الاقتصاد الكلي. وتُنقل الطاقة عبر الخطوط ذات الجهود المختلفة، بدءاً من العالية جداً (أكثر من 230 كيلو فولت-ك ف)، والعالية (بين 35 – 230 ك ف) والمتوسطة (1 – 35 ك ف)، حتى المنخفضة (1 ك ف فأقل)، وذلك طبقاً للتصنيف العالمي[17]، والتي قد تكون كابلات أرضية (داخل نطاق الكتلة السكنية) أو خطوط هوائية (خارج نطاق الكتلة السكنية) أو كابلات بحرية (بعض حالات الربط الإقليمي).
- تتضمن الخطوط الهوائية لنقل الكهرباء أبراجاً معدنية (أو خشبية في حالة الجهد المنخفض في بعض المناطق الريفية) وعوازل ومُوصِلات وملحقاتها. وهي تتسم بالتكلفة الاقتصادية المنخفضة، وسهولة تحديد مكان العطل

وإصلاحه في زمن قصير، وكلفة محدودة للصيانة، مع وجود فواقد كبيرة في الطاقة المنقولة. في حين تتسم الكابلات الأرضية بالكلفة الاستثمارية العالية، وصعوبة تحديد مكان العطل واستغراق وقت أكبر في إصلاحه، وكلفة أعلى للصيانة، مع محدودية الفقد في القدرة المنقولة.

- تعمل خطوط النقل في الدول العربية - من خلال شركات مملوكة للدولة - على التيار المتردد، وتتراوح الجهود ما بين 500 ك ف في المملكة العربية السعودية ومصر والسودان، 400 ك ف في باقي الدول، مع انتشار واسع لخطوط الجهد 220 ك ف، فأقل. وتأتي المملكة العربية السعودية في المركز الأول في أطوال شبكة نقل الكهرباء على كل الجهود بإجمالي حوالي 69500 كيلومتر. دارة (كم. دارة)، تليها مصر (23100 كم. دارة تقريبا)، بينما تُعتبر لبنان أقل الدول (حوالي 1100 كم. دارة)[18]. وتفتقر البنية التحتية لهذا القطاع في المنطقة العربية إلى الكفاءة، بشكل عام، حيث يصل معدل الفقد في الطاقة الكهربائية على مستوى النقل والتوزيع إلى حوالي 19 في المائة، بينما يبلغ المعدل العالمي حوالي 8 في المائة[19].
- يعتبر فقد الطاقة على شبكة النقل، وعدم استطاعة تحديد موقع التسرب أو إصلاح الأعطال في توقيت مناسب، وغياب برامج التنبؤ والوقاية والمعدات والأجهزة الحديثة، خاصة ما يتصل بشبكات الجهد المنخفض، وعدم القدرة على رصد نوعية الطاقة بالشبكة، وغياب نظام مشغل الشبكة، من أسباب انخفاض كفاءة منظومة النقل في العديد من الدول العربية.

## شبكات التوزيع[20]

- تُمثل الشبكات وسيلة نقل الطاقة الكهربائية إلى المستهلكين كافة. فعلى المستوى القطاعي، يحتل القطاع المنزلي في المنطقة العربية المرتبة الأولي في استهلاك الكهرباء بمتوسط 43 في المائة، فالقطاع الصناعي بنسبة 20 في المائة، والقطاع التجاري بنسبة 17 في المائة، وتستهلك باقي القطاعات (زراعة، سياحة، نقل، خدمي، مباني عامة، الخ) نسبة 20 في المائة في 2015.
- يصل معدل السكان المُزودين بالكهرباء في معظم الدول العربية إلى أكثر من 98 في المائة، فيما عدا السودان (34 في المائة)، وموريتانيا (34 في المائة)، واليمن (52 في المائة)، مع ملاحظة تأثير النزاعات الدائرة في عدة دول عربية على مستويات الإمداد بالكهرباء سلباً. ويوجد

تفاوت كبير في نصيب الفرد من الطاقة الكهربائية المنتجة على مستوى البلدان العربية لأسباب متنوعة. فعلى سبيل المثال، في منطقة الخليج العربي والتي تتسم بتوفير خدمات أساسية جيدة للسكان ومستوي تنمية بشرية عالية مقارنةً بباقي الدول، مع وجود طبيعة صحراوية ذات ظروف مناخية قاسية، ترتفع فاتورة الاستهلاك، حيث يتراوح نصيب الفرد بين 16056 كيلوات ساعة (ك و س) في الكويت كحد أعلى - 6935 ك و س في سلطنة عُمان كحد أدنى. وفي الدول النفطية الأخرى، مثل الجزائر والعراق وليبيا يصل إلى 1601، 2471، 2326 ك و س/فرد. ويبلغ نصيب الفرد في الدول ذات موارد طبيعية للطاقة ولكن غير كافية لتلبية الاحتياجات الوطنية، مثل تونس ومصر والمغرب، إلى 1633، 2003، 873 ك و س على التوالي. بينما يعتمد لبنان والأردن على الاستيراد بشكل أساسي لتوفير احتياجاتهما من الطاقة، وتصل حصة الفرد في كل منهما إلى 2395، 2728 ك و س. ويحصل الفرد في كل من السودان واليمن على أقل حصة من الطاقة الكهربائية في المنطقة العربية (339، 273 ك و س). وتُمثل فلسطين حالة خاصة، حيث يصل نصيب الفرد إلى 1142 ك و س، اعتمادا على الشبكة الإسرائيلية أساساً، ومحطة حرارية وحيدة (قدرة 140 م و) بقطاع غزة، واستيراد حوالي 30 م و من الشبكة المصرية، وأنظمة خلايا شمسية (فوتوفلطية) محدودة.

- يقل متوسط الكفاءة في شبكات التوزيع، خاصة على الجهد المنخفض، في كثير من الدول لعدة أسباب، منها ما يتعلق بالنواحي الفنية، مثل قِدم الشبكة، وانخفاض معامل القدرة في النظام والذي يؤثر على جودة التغذية، وكفاءة المحولات، وتعدد الأعطال، والفقد وعدم القدرة على تحديد موقع التسرب بدقة وبالتالي استغراق وقت كبير في الإصلاح، إهمال برامج الصيانة والوقاية، وغياب/عدم كفاية القدرة على التنبؤ بالأعطال أو الأحمال الزائدة، خاصة وقت الذروة، ومنها ما يتصل بالممارسات السلبية لبعض أفراد المجتمع مثل سرقة التيار الكهربائي.
- انتشار أنماط الاستهلاك غير الكفوءة على مستوى المواطن في كثير من الدول، وعدم استخدام العدادات الذكية (Smart Meters)، والتي تتسم بالدقة وتسمح بتسجيل منحنى الاستهلاك والقراءة عن بعد لفترات أطول، ونقل المعلومات في الاتجاهين، من الشبكة إلى المستهلك وبالعكس، كما تعمل على مراقبة الخسارات على شبكة التوزيع، وتتيح إدارة الطلب على الطاقة لتفادى الاستهلاك خلال فترات الذروة.

- ينبغي أن تتسم منظومة نقل وتوزيع الكهرباء بالكفاءة الفنية والتشغيل الاقتصادي، من حيث تقليل الفقد في الطاقة أثناء النقل، إلى جانب وجود مركز تحكم عالي الأداء، وملاءمة الشبكة للتوجهات نحو زيادة مساهمة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة الوطني، خاصة ما يتصل بربط مزارع الرياح والمحطات الشمسية الكبرى بالشبكة، والحاجة إلى وضع كود للشبكة في حالة الربط بالطاقة المتجددة، فضلاً عن استخدام التكنولوجيا الرقمية وأنظمة المراقبة وغيرها، لجمع معلومات من نقاط توليد ونقل واستهلاك الكهرباء (خاصة ما يتصل بالطاقة المتجددة ذات الطبيعة المتقطعة، وأنماط استهلاك الكهرباء، ومعلومات فنية عن أداء الشبكة، الخ)، ومن ثم تعديل أداء الشبكة. إن اعتماد هذا الأسلوب في إدارة الشبكة هو ما يُعرف بالشبكة الذكية.

## الربط الكهربائي وتبادل الطاقة بين الدول العربية

بدأ تنفيذ مشروعات الربط الكهربائي العربي منذ تسعينات القرن الماضي من خلال ثلاث مناطق جغرافية كما يلي:

**الربط الثماني:** بين مصر والأردن وليبيا وفلسطين والجمهورية العربية السورية والعراق ولبنان، وتركيا.

**الربط المغاربي:** بين المغرب والجزائر وتونس وليبيا. ويوجد ربط بين الشبكتين المغربية والإسبانية. ولا يعمل خط الربط بين الشبكتين الليبية والتونسية، بسبب بعض المشاكل الفنية التي حالت دون التشغيل الفعلي للخط.

**الربط الخليجي:** بين دول مجلس التعاون الخليجي (الإمارات العربية المتحدة والبحرين وعمان وقطر والكويت والمملكة العربية السعودية).

يتضح من الجدول (4) أن التبادل الكهربائي بين الدول العربية ضعيف، وأن متوسط صافي التبادل نحو 2 في المائة من إجمالي الطاقة المنتجة في 2015.

تتضمن مشاريع الربط الجارية، تنفيذ خط الربط المصري – السعودي (500 ك ف) لتبادل أحمال بسعة حوالي 3000 م و، على أن يبدأ التشغيل التجريبي في 2018، وبالتالي سيؤدي إلى الربط الخليجي - الثُماني، فضلا عن التخطيط للربط المصري - السوداني.

**الجدول 4.** الوضع القائم لتبادل الطاقة الكهربائية[21] بين الدول العربية عبر شبكات الربط الإقليمي[22]

| الدولة | خطوط الربط القائمة | الطاقة المصدرة (ج و ساعة) | الطاقة المستوردة (ج و ساعة) | % صافي التبادل لإجمالي الطاقة المنتجة |
|---|---|---|---|---|
| الأردن | مصر، 400 كيلو فولت (ك ف)<br>سوريا، 400،230 ك ف<br>(الربط الثماني) | 50 | 604 | 2.9 |
| الإمارات العربية المتحدة | السعودية، 400 ك ف<br>عُمان، 220 ك ف<br>(الربط الخليجي) | 170 | 146 | 0.02 |
| البحرين | السعودية 400 ك ف (الربط الخليجي) | 213 | 205 | 0.05 |
| تونس | الجزائر، 90، 150، 220 ك ف<br>400 ك ف جاهز للعمل من جانب الجزائر منذ عام 2008<br>(الربط المغاربي)<br>ليبيا، 220 ك ف (لا يعمل لأسباب فنية) | 453 | 403 | 0.27 |
| الجزائر | تونس، 150، 220 ك ف<br>400 ك ف، جاهز للعمل من جانب الجزائر منذ 2008<br>المغرب، 225، 400 ك ف<br>(الربط المغاربي) | 641 | 610 | 0.05 |
| المملكة العربية السعودية | البحرين، 400 ك ف<br>الكويت، 400 ك ف<br>قطر، 400 ك ف<br>الإمارات، 200 ك ف<br>(الربط الخليجي) | 512 | 461 | 0.01 |
| السودان | أثيوبيا، 220 ك ف | 5 | 129 | 0.9 |

| الدولة | خطوط الربط القائمة | الطاقة المصدرة (ج و ساعة) | الطاقة المستوردة (ج و ساعة) | % صافي التبادل لإجمالي الطاقة المنتجة |
|---|---|---|---|---|
| الجمهورية العربية السورية | لبنان، 400 ك ف (يعمل، ولكن لا يوجد تبادل طاقي)<br>الأردن، 230، 400 ك ف<br>تركيا، 400 ك ف (يعمل)<br>(الربط الثماني) | 262 | | 1.3 |
| العراق | سوريا، 400 ك ف (الربط الثماني)<br>تركيا، 400 ك ف<br>إيران، شبكة محلية محدودة | | 6569 (أغلبها عبر الربط مع تركيا وإيران) | 7 |
| عُمان | الإمارات المتحدة 220 ك ف (الربط الخليجي) | غير متاح | غير متاح | |
| فلسطين | مصر، (إتاحة 30 م و لقطاع غزة) | | 4315 (من إسرائيل) | |
| قطر | السعودية، 400 ك ف (الربط الخليجي) | 98 | 79 | 0.05 |
| الكويت | السعودية، 400 ك ف (الربط الخليجي) | 175 | 133 | 0.06 |
| لبنان | سوريا، 400 ك ف (الربط الثماني) | | 262 | |
| ليبيا | مصر، 220 ك ف<br>تونس، 220 ك ف (لا يعمل لأسباب فنية) | غير متاح | غير متاح | |
| مصر | الأردن، 400 ك ف<br>ليبيا، 220 ك ف | 730 | 51 | 0.4 |
| المغرب | الجزائر، خطي 225 ك ف، 400 ك ف (الربط المغاربي).<br>اسبانيا، 400 ك ف | 165 | 5138 (أغلبها عبر الربط مع اسبانيا) | 16.6 |
| موريتانيا | مالي والسنغال، 225 ك ف | غير متاح | غير متاح | غير متاح |
| اليمن | لا يوجد ربط إقليمي | | 3200 | |

## الرؤية المستقبلية للبنية التحتية لقطاع الكهرباء

من المتوقع أن تعاني البنية التحتية لقطاع الكهرباء العربي من ضغوط كبيرة في السنوات القادمة، لأسباب عديدة، من بينها الطلب المتزايد على الاستهلاك بسبب الزيادة السكانية، والوفاء باحتياجات خطط التنمية المستدامة. ويحتاج القطاع إلى استثمارات كبيرة، فضلاً عن إحلال وتجديد القدرات المركبة طبقاً لدورات العمر الافتراضي خلال العقد القادم، والتي تُقدر بثلث القدرات المركبة العاملة حالياً (أي حوالي 82 جيجاوات-ج و)[23]، وتحديث ورفع قدرات محطات المحولات وخطوط النقل والتوزيع، لتأمين نقل وتوزيع كميات الطاقة الإضافية. ولا شك أن الربط الإقليمي – حال استكماله – سوف يؤدي إلى مكاسب فنية واقتصادية لقطاع الكهرباء العربي.

### أ. الربط الإقليمي وإنشاء سوق عربية للكهرباء

في ضوء الأهمية الاستراتيجية لتطوير وتحديث البنية التحتية لقطاع الكهرباء، فقد سبق أن أصدر المجلس الوزاري العربي للكهرباء في نهاية عام 2014 دراسة حول الربط الكهربائي العربي، بتمويل من الصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي. وقد تضمنت هذه الدراسة عدة بدائل لتحقيق الربط الشامل، انتهت بأن ربط شبكات الكهرباء وخطوط الغاز الطبيعي عبر بعض المسارات هو البديل الأفضل، كما هو موضح في الجدول* (5 أ، ب)[24].

**الجدول 5-أ.** مقترح مشروعات الربط الكهربائي، في ضوء نتائج دراسة المجلس الوزاري العربي للكهرباء

| الدولة | التوتر (كيلو فولت) | عدد الدوائر | سنة التشغيل (متوقع)* |
|---|---|---|---|
| ليبيا - مصر | 500/400 | 1 | 2017 |
| تونس - ليبيا | 400 | 1 | 2020 |
| المملكة العربية السعودية - الأردن | 400 | 2 | 2020 |
| المملكة العربية السعودية - اليمن | 400 | 2 | 2025 |
| العراق - الكويت | 400 | 2 | 2020 |
| مصر - الأردن | 400 (خط ثان) | إضافة دائرة جديدة | 2020 |
| الأردن - الجمهورية العربية السورية | 400 (خط ثان) | إضافة دائرة جديدة | 2020 |

* تجدر الإشارة إلى أن سنة التشغيل، طبقاً لتوصيات الدراسة، اختلفت مع الوضع الحالي في كثير من الدول العربية لأسباب اقتصادية وتمويلية وأمنية.

**الجدول 5 - ب.** مقترح مشروعات ربط أنابيب الغاز الطبيعي، في ضوء نتائج دراسة المجلس الوزاري العربي للكهرباء

| المشروع/الدولة | السعة (بليون متر مكعب/سنة) | سنة التشغيل *(متوقع) |
|---|---|---|
| أنبوب غاز بين مصر - ليبيا | 20 | 2018 |
| أنبوب غاز بين العراق - الكويت | 20 | 2017 |
| محطة لاستقبال الغاز الطبيعي المسال في البحرين | 5 | 2018 |

* تجدر الإشارة إلى أن سنة التشغيل، طبقاً لتوصيات الدراسة، اختلفت مع الوضع الحالي في كثير من الدول العربية لأسباب اقتصادية وتمويلية وأمنية.

يؤدي مشروع الربط العربي، عند استكماله، إلى زيادة تبادل الأحمال بين الدول، خاصة في أوقات الذروة، وتقليل القدرة الاحتياطية المركبة في الشبكات المرتبطة دون المساس بدرجة الاعتمادية والأمان، وتخفيض الاستثمارات اللازمة لتلبية الأحمال المطلوبة، وتحسين أداء الشبكات المرتبطة وتقليل الفقد، وتخفيض تكلفة التشغيل والصيانة، واستخدام وحدات انتاج أقل كلفة في المواقع الأعلى جدوى اقتصادياً.

قدرت الدراسة المكاسب الاقتصادية الرأسمالية المتوقعة على مدى 15 عاماً، عند استكمال تنفيذ مشاريع الربط، بحوالي 3.7 مليار دولار، بسبب الاستغناء عن إضافة وحدات توليد بقدرة حوالي 6.5 جيجاوات، في حين تُقدر المنافع الاقتصادية التشغيلية السنوية بحوالي 120 مليون دولار[25].

وافق المجلس الوزاري لجامعة الدول العربية، في 8 سبتمبر 2016، على مذكرة التفاهم الخاصة بإنشاء سوق عربية للكهرباء بحلول عام 2034[26]. ستتضمن خطوات إنشاء السوق العمل على ما يلي:

| مرحلة أولى | مرحلة ثانية |
|---|---|
| • قواعد بيانات الشبكة (الكود)،<br>• أطر عمل مؤسسية وقانونية للربط الشامل،<br>• تشريعات بشأن سوق تنافسي وشفاف للكهرباء،<br>• التعاون الإقليمي بين مجموعات الربط الثلاث. | إنشاء كيان مؤسسي له شخصية اعتبارية لعمل:<br>• التسويات المالية الناتجة عن تبادل الطاقة،<br>• الإشراف الفني على شبكات الربط، من تشغيل وتخطيط وتطوير (مركز تنسيقي). |

### ب. جودة البنية التحتية لقطاع الكهرباء

- يعتمد مفهوم جودة البنية التحتية على استدامة إمدادات الكهرباء، من خلال التخطيط الاستراتيجي لتطوير القطاع، على التحول إلى منظومة شبكة الكهرباء الذكية.

- تؤثر إجراءات وتدابير تحسين كفاءة وترشيد استهلاك الطاقة إيجاباً على فاعلية منظومة قطاع الكهرباء على مستويات الانتاج والنقل والتوزيع والاستهلاك، كما تعتبر تكنولوجيات الطاقة المتجددة ونظم تخزين الطاقة من دعائم الشبكات الذكية.

- شبكة الكهرباء الذكية عبارة عن سلسلة من الأنظمة الصغيرة اللامركزية للطاقة، تعتمد على مصادر متنوعة في إنتاج الكهرباء مع نظم للتخزين، وترتبط فيما بينها بشبكة ذات جهد عالٍ تُمثل المحور الأساسي للمنظومة التي يتم إدارتها من خلال مركز للتحكم (الشكل 8[27]).

**الشكل 8.** مثال لمنظومة شبكة الكهرباء الذكية

**تتسم منظومة الشبكة الذكية بعدد من الخصائص، منها:**

**الموثوقية:** المحافظة على اتزان المحطات، وإمكانية كشف الأعطال والإصلاح الذاتي للشبكة وبالتالي استمرارية التغذية الكهربائية، مع القدرة على مجابهة حالات الكوارث الطبيعية أو عمليات التخريب.

**اللامركزية في توليد الكهرباء:** من خلال توزيع التوليد بالقرب من مراكز الأحمال، كما تسمح بالتدفق العكسي إلى الشبكة الرئيسة عند وجود فائض في الطاقة التي تولدها الشبكة الفرعية المحلية، بعد استيفاء الاحتياجات من الاستهلاك، إلى جانب السماح بإشراك الأفراد كموردين للكهرباء، بالإضافة إلى تمكين المستهلك من اختيار المصدر الذي يود شراء الكهرباء منه.

**المرونة:** تنوع مصادر إنتاج الكهرباء، وإمكانية التوسع في استخدام الطاقة المتجددة و/أو النظم المزدوجة (تقليدية/متجددة) بالقرب من مراكز الأحمال، بما يؤدي إلى زيادة سعة الشبكة وقدرتها على إمداد الكهرباء.

**التشغيل الاقتصادي:** من خلال تحديث مركز التحكم واستخدام البرامج الخاصة بمراقبة الأداء والحفاظ على اتزان تشغيل المحطة تحت الظروف العادية، خاصة بعد حدوث أعطال أو انقطاعات، والاعتماد على توليد الكهرباء من محطات القوي المركزية، وبالتالي تقليل حوادث الانقطاع الكامل للكهرباء(blackouts)، وتخفيض الوقت اللازم لاستعادة الكهرباء عند حدوث الأعطال، بما ينعكس إيجاباً على تكاليف التشغيل والصيانة، والاستخدام الأمثل للوحدات القائمة.

**الإدارة الجيدة للأحمال:** حيث أن انخفاض الطلب في وقت الذروة يُلغي التكلفة الإضافية للمولدات الاحتياطية ويطيل عمر المعدات.

**تحديد مؤشرات التكلفة للمستهلكين:** بهدف تقليل الاستهلاك في أوقات الذروة، من خلال تقديم نظام لتسعير الاستهلاك مع الوقت وعرض الثمن اللحظي للكيلوات ساعة، بحيث يستطيع العميل أن يجد مؤشراً للسعر المتغير في وقت قصير.

**يتطلب التحول إلى منظومة الشبكة الذكية استخدام ما يلي:**

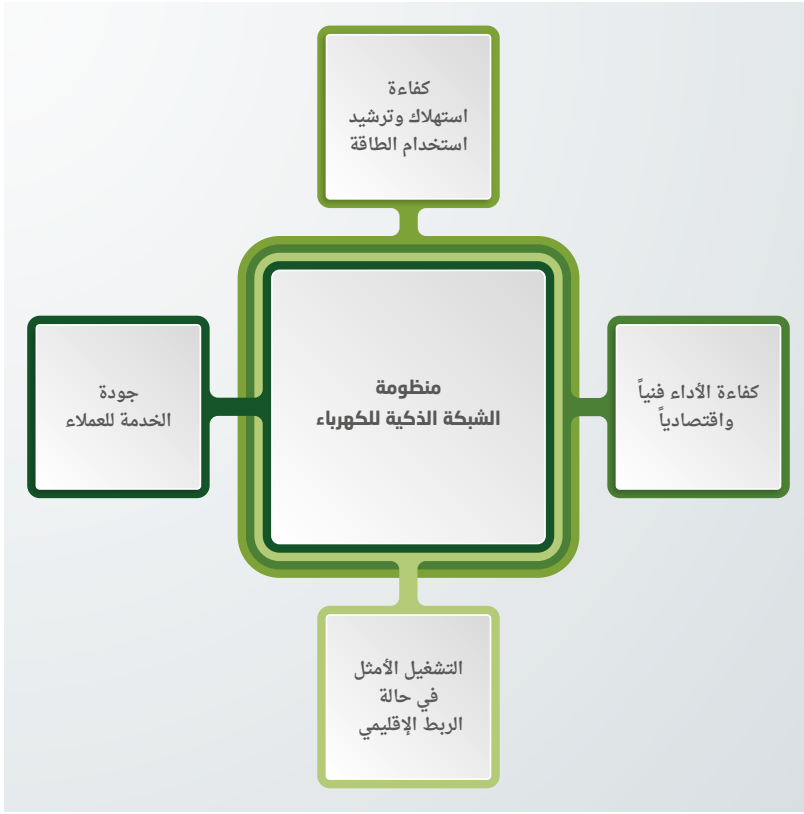
**أجهزة قياس متقدمة** في كافة أجزاء الشبكة من التوليد والنقل والوقاية والتحكم والتأكيد على سرعة نقل البيانات إليها بصفة مستمرة،

**أجهزة/برامج التنبؤ بالأعطال،** لتوقع حدوث انقطاع الكهرباء بسبب التحميل الزائد، والعمل على التنسيق بين المستهلكين والمنتجين، لتلافى حدوث هذه الأعطال،

**الأجهزة اللازمة للمستهلك** كي يحدد اختياراته، ووضع برامج خاصة بالتسعير لتحفيز المستهلكين على ضبط الاستخدام لتحقيق الاستفادة من تغير الأسعار وفقا للعرض والطلب،

**أنظمة الاتصالات المتقدمة،** عن طريق استخدام خطوط الكهرباء في نقل إشارات المعلومات، والتي تسمح بتخزين المعلومات المتوافرة عن الشبكة وتحسين التحكم في أجزاء الشبكة،

**أنظمة تخزين الطاقة،** للمساهمة في تحقيق الاستغلال الأمثل للطاقة المنتجة من المصادر المتجددة، وخفض قمة منحنى الأحمال، وتمكين المستهلك من تخطى حالات انقطاع الكهرباء، وتقليل الاعتماد على محطات التوليد، وتدعيم استقرار جهد الشبكة، وغيرها.



## الهوامش

1. http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english-thai/infrastructure http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.89.2276&rep=rep1&type=pdf, P. 12.
2. www.marefa.org/index.php.
3. E/ESCWA/SDPD/2015/4, P. 10.
4. بناء على البيانات الواردة في هذا الموقع:
5. www.auptde.org/Article_Files/inside%202016.pdf, P.6.
6. استناداً على بيانات التقرير الإحصائي السنوي لمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول "أوابك" 2016، ص 8، 14، 26.
7. BP Statistical Review of World Energy, June 2016, P.20 & 24.
8. الاتحاد العربي للكهرباء، النشرة الإحصائية 2015، العدد الرابع والعشرون، ص 14.
9. الاتحاد العربي للكهرباء، النشرة الإحصائية 2015، العدد الرابع والعشرون، ص 4.
10. MAKE, MENA Wind Power Outlook, 2 April 2015, Joffery Dupuy, P. 8.
11. استناداً إلي بيانات النشرة الإحصائية للاتحاد العربي للكهرباء 2015، ص 4، http://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC-Global-Wind-Report_2016.pdf, P.11.
12. REN21, GSR2016, P. 64.
13. E/ESCWA/SDPD/2015/4, 24 Dec. 2015, P. 34 & 34, IRENA 2015 report "Mauritania Renewable Readiness Assessment", IRENA Renewable energy statistics 2016 PDF, IRENA "Renewable Energy Market Analysis" THE GCC REGION, www.ecomena.org/renewable-energy-in-morocco/, gwec.net.
14. REN21, GSR2016, P. 146.
15. E/ESCWA/SDPD/2015/IG.1/3 (Part I), P. 15.
16. carnegie-mec.org/2016/01/28/ar-pub-62623.
17. elec4eng.blogspot.com/2013/10/blog-post_18.html.
18. الاتحاد العربي للكهرباء، النشرة الإحصائية 2015، العدد الرابع والعشرون، ص 12.
19. E/ESCWA/SDPD/2015/4, P. 32.
20. الاتحاد العربي للكهرباء، النشرة الإحصائية 2015، العدد الرابع والعشرون، ص 9، 19، 11.
21. الاتحاد العربي للكهرباء، النشرة الإحصائية 2015، العدد الرابع والعشرون، ص 4، 6، 16.
22. E/ESCWA/SDPD/2014/Pamphlet.2, Institutional Frameworks for Managing Selected Energy Subsectors in Arab Countries, P. 12.
23. E/ESCWA/SDPD/2015/4, P. 34.
24. E/ESCWA/SDPD/2015/4, 24 Dec. 2015, P. 59.
25. www.arabfund.org/default.aspx?pageId=467
26. إدارة الطاقة بجامعة الدول العربية، قرار مجلس الجامعة على المستوى الوزاري، ق: رقم 0888 – د.ع (146) – ج 2- 8/9/2016.
27. https://www.eng2all.com, 13.2.2017.

16-00350