A Mycle Schneider Consulting Project, Paris

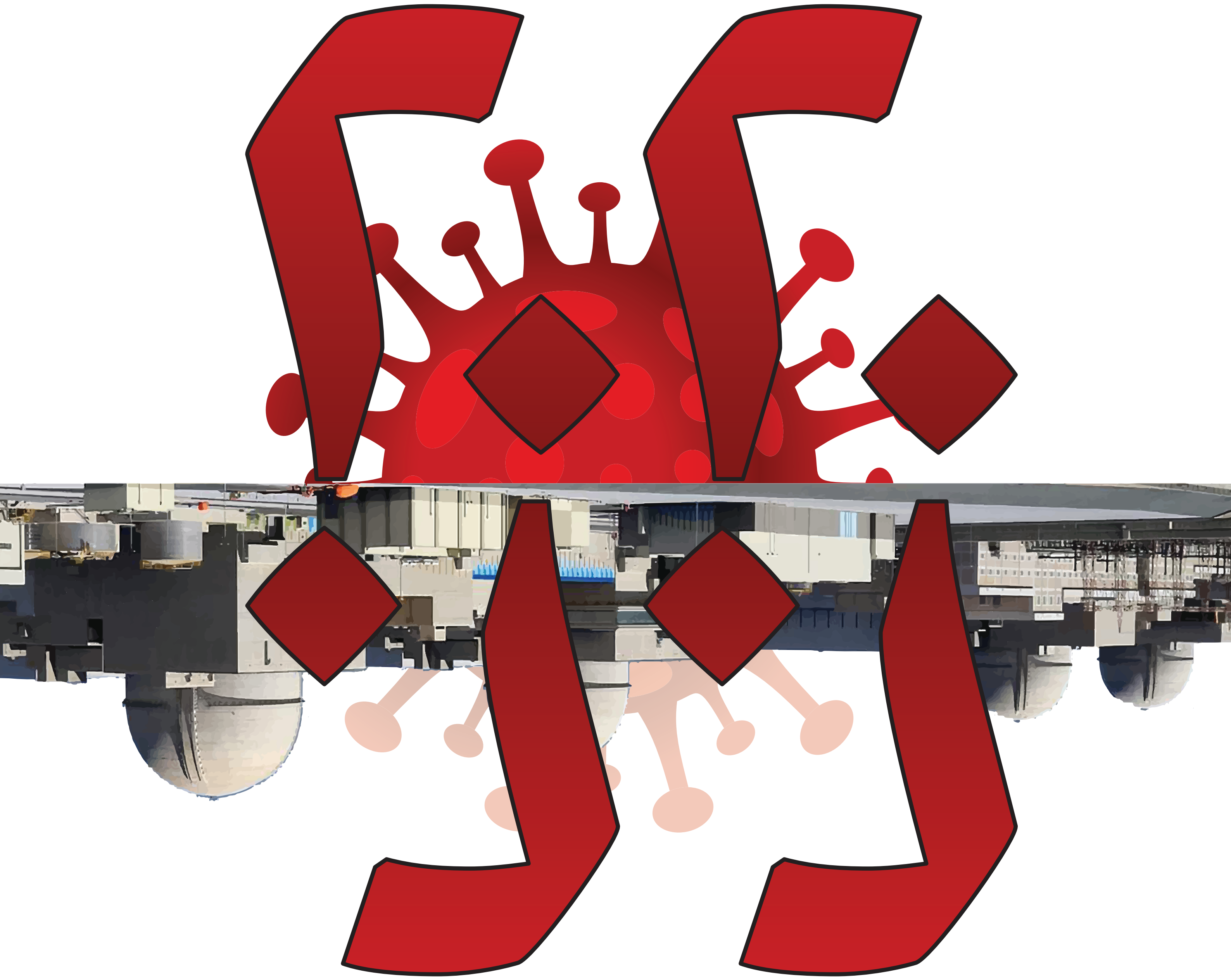
HEINRICH BOLL STIFTUNG بيروت

معهد عصام فارس للسياسات العامة والشؤون الدولية

AUB American University of Beirut الجامعة الأميركية في بيروت

وضع الصناعة النووية العالمية

النسخة العربية لتقرير العام ٢٠٢٠



stiftung zukunftserbe · SES energiestiftung.ch · THE GREENS/EFA in the European Parliament · EWS Elektrizitätswerke Schönau · NRDC · MacArthur Foundation

بيروت © أيار/مايو ٢٠٢١ جميع الحقوق محفوظة.

يُصدر معهد عصام فارس للسياسات العامة والشؤون الدولية في الجامعة الأميركية في بيروت (IFI) بالتعاون مع مؤسسة هينرش بل (Heinrich Boll Stiftung) نسخة الشرق الأوسط من تقرير الصناعة النووية العالمية ٢٠٢٠. تتضمن هذه النسخة مقاطع من التقرير الأساسي الصادر باللغة الإنجليزية المتعلّقة بدول الشرق الأوسط تمّت ترجمتها إلى اللغة العربية.

بالإمكان تحميل هذا التقرير من موقع المعهد الإلكتروني *www.aub.edu.lb/ifi* كما بالإمكان تحميل التقرير الكامل باللغة الإنجليزية والذي يتضمن ٣٦١ صفحة مجانًا عبر الموقع التالي
https://www.worldnuclearreport.org/-World-Nuclear-Industry-Status-Report-2020-.html

إن الآراء الواردة في هذا التقرير تُلزم كاتبها حصرًا ولا تعكس آراء معهد عصام فارس للسياسات العامة والشؤون الدولية أو الجامعة الأميركية في بيروت أو مؤسسة هينرش بُل - مكتب الشرق الأوسط.

تقرير وضع الصناعة النووية العالمية ٢٠٢٠
النسخة العربية

تأليف:

مايكل شنايدر
استشاري مستقل، باريس - فرنسا
منسّق المشروع ومؤلّف رئيسي

أنتوني فروغات
استشاري مستقل، لندن - بريطانيا
مؤلّف رئيسي

بالاشتراك مع:

جولي هازمان
مديرة ENERWEBWATCH، باريس - فرنسا
باحثة توثيقية، ومصمّمة بيانات

تاداهيرو كاتسوتا
أستاذ، مدرسة الحقوق، جامعة مايجي، طوكيو - اليابان
كاتب مشارك

بن ويلر
باحث مشارك، جامعة برلين للتكنولوجيا، برلين - ألمانيا
مؤلّف مشارك

فريدهلم ميناس
فنان تشكيلي، رسام، رودغو - ألمانيا
مصمم الغلاف، والرسوم والصفحات

علي أحمد
زميل باحث، جامعة هارفرد ومعهد عصام فارس في الجامعة الأميركية في بيروت
كاتب مشارك

م. ف. رامانا
معهد LIU للقضايا العالمية في جامعة كولومبيا البريطانية، فانكوفر - كندا
كاتب مشارك

أنيياس ستييين
فنان، مصمّم غرافيكي وخرائط، لومان - فرنسا
مصمم الرسوم البيانات والصفحات

الكلمة التمهيدية

جوزيف باحوط
مدير معهد عصام فارس للسياسات العامة والشؤون الدولية في الجامعة الأميركية في بيروت

تمهيد

يرتبط وجود الطاقة النووية في منطقة الشرق الأوسط بعوامل عدّة، بعضها يتعلّق بالسياسة والأمن كما هي الحال مع برنامج إيران النووي، وبعضها الآخر يتعلّق بالاقتصاد السياسي والأمن الطاقوي والوضع الاقتصادي في بلدان أخرى مثل تركيا ومصر. من هنا، تبرز أهمّية وجود ملّخص علمي ودقيق عن وضع الطاقة النووية في العالم، ومنطقة الشرق الأوسط تحديداً، لفهم كيفية اتخاذ القرار حول وجهة الاستثمار في هذه التقنية الخطرة والحسّاسة، ومعاينة سياقها الاقتصادي في قطاع متحرّك ومتنوِّع كقطاع الطاقة.

يسعدني شخصياً، وأيضاً بالنيابة عن معهد عصام فارس للسياسات العامّة والشؤون الدولية في الجامعة الأميركية في بيروت، أن أقدّم تقرير «وضع الصناعة النووية العالمية» للعام ٢٠٢٠ (**WNISR2020**) نظراً إلى أهمّية محتواه، وجودة التحاليل التي يتضمّنها وعملت عليها مجموعة من أفضل الخبراء الدوليين من مجالات عدّة. عدا عن أنه يشكّل امتداداً للجهود البحثية الحثيثة لبرنامج الطاقة والأمن في معهد عصام فارس في مجال تقييم الأثر الاقتصادي والأمني لسياسات الطاقة النووية في الشرق الأوسط.

يقدّم تقرير "وضع الصناعة النووية العالمية" نظرة عامّة وشاملة على بيانات محطّات الطاقة النووية، بما فيها معلومات عن عمر المفاعلات وتقنيات تشغيلها وقدراتها الإنتاجية وعمليّات إنشائها، ويولي منطقة الشرق الأوسط اهتماماً وتغطية خاصّة. إلى ذلك، أضيف فصل جديد في تقرير هذا العام حول الطاقة النووية في عصر كوفيد-١٩، يقيّم الآثار المُترتبة على السلامة والأمن جرّاء تشغيل المرافق النووية خلال تفشّي الجائحة، ويقدّم نظرة عامّة لكلّ بلد على حدّة تبعاً للمعلومات المُتاحة حول إصابات الموظّفين وآثارها ونتائجها.

ختاماً أتوجّه بالشكر إلى مؤسّسة هينرش بل في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا على دعمها وتعاونها في إيصال المعلومات القيّمة الواردة في هذا التقرير إلى القارئ العربي، متمنياً أن يساهم في دعم سياسات الطاقة الرشيدة والعادلة والآمنة في منطقتنا.

د. جوزيف باحوط،
مدير معهد عصام فارس للسياسات العامّة والشؤون الدولية في الجامعة الأميركية في بيروت

المحتويات

الأفكار الرئيسية

الطاقة النووية في عصر كوفيد-١٩

وضع غير مسبوق

يُعدُّ كوفيد -١٩ أوّل جائحة تؤثّر بشكل كبير ومباشر على الصناعة النووية.

إنتشار كبير

أبلغت مؤسّسة "روس آتوم" الروسية عن تسجيل نحو ٤٥٠٠ إصابة بكوفيد-١٩، في مقابل ٦٠٠ إصابة في شركة كهرباء فرنسا. أمّا الولايات المتّحدة الأميركية فقد بلغ موقع نووي يعمل بموجب تقنية التزوّد بالفيول أثناء تشغيله عن وجود ٢٠٠-٣٠٠ إصابة، فيما سجّل موقع النووي الوحيد الموضوع في الخدمة في البلاد أكثر من ٨٠٠ حالة. في حين لم يُصدِر معظم المشغّلين أرقاماً دقيقة.

تردّي الأمن والسلامة

أُلغِي العديد من أنشطة الاختبار والصيانة والإصلاح، أو عُلِّقَت أو نُفِّذت في ظروف غير مناسبة مع الالتزام بقواعد التباعد الاجتماعي المعمول بها، وبالتالي لن تتضح آثارها إلّا في الأشهر والسنوات المقبلة.

قضايا الموظّفين الحرجة

يصعب استبدال مجموعات مُعيّنة من الموظّفين ذوي التدريب العالي للعمل في منشأة معيّنة (مثل مشغّلي غرفة التحكّم، موظّفي الأمن)، لذلك هم معرّضون دائماً لخطر الإصابة.

نقص العاملين

حوّلت شركة كهرباء فرنسا، على سبيل المثال، ثلثي موظّفيها في المنشآت النووية للعمل عن بعد. وقد اشتكى المقاولون من الباطن من عدم وجود رقابة في الموقع، ما أدّى إلى وقوع إصابات عرضية، وهناك على الأقل حالة واحدة موثّقة.

ساعات العمل الطويلة

سمحت الهيئة التنظيمية النووية الأميركية (NRC) للمشغّلين بإلزام الموظّفين بالعمل لمدّة ١٦ ساعة يومياً، ونحو ٨٦ ساعة في الأسبوع (خلال ٧ أيّام)، والقيام بـ ١٤ نوبة عمل مُتتالية من ١٢ ساعة لكلّ منها.

عمليات التفتيش

في الموقع تمّ تعليقها من قبل السلطات المعنية بالسلامة لأسابيع في العديد من البلدان.

الانهيار الاقتصادي

تضرّرت المنشآت النووية بشدّة من الناحية الاقتصادية مع ارتفاع تكاليف التشغيل، في حين انخفضت أسعار البيع بالجملة مؤقّتاً وانخفض استهلاك الكهرباء.

مستوى تشغيل الأسطول النووي العالمي يهوي إلى أدنى مستوى له في ٣٠ عاماً

اعتباراً من الأوّل من تموز/يوليو ٢٠٢٠، شغّلت ٣١ دولة نحو **٤٠٨ مفاعلاً نووياً**، أي بانخفاض بنحو ٩ وحدات مقارنة مع منتصف العام ٢٠١٩، وأقلّ بـ ١٠ مفاعلات مقارنة مع العام ١٩٨٩، وأقل بـ ٣٠ مفاعلاً مقارنة مع فترة الذروة في العام ٢٠٠٢ حين سُجِّل وجود نحو ٤٣٨ مفاعلاً نووياً في الخدمة.

في المجمل، دخل **٣١ مفاعلاً** – من ضمنها ٢٤ مفاعلاً في اليابان - في حالة انقطاع طويل الأمد (LTO).

أُغلقت **٣ وحدات**، ولم تُطلَق أي وحدة جديدة في النصف الأوّل من العام ٢٠٢٠.

انخفض مجمل القدرة النووية التشغيلية بنسبة ٢,٢٪ بالمقارنة مع العام السابق لتصل إلى **٣٦٢ غيغاواط** اعتباراً من منتصف العام ٢٠٢٠.

ارتفع **متوسّط عمر** الأسطول النووي العالمي بشكل مُطرد منذ العام ١٩٨٤، وهو يبلغ حالياً نحو ٣١ عاماً، مع وصول متوسّط عمر ٢٠٪ منه إلى ٤١ عاماً أو أكثر.

شهدت حصّة الطاقة النووية من مجمل إنتاج الكهرباء العالمي تقطّعاً في انخفاضها البطيء والمُطرد من ذروة بلغت ١٧,٥٪ في العام ١٩٩٦ وصولاً إلى ١٠,١٥٪ في العام ٢٠١٨، قبل أن تسجِّل ارتفاعاً طفيفاً بنسبة ٠,٢٪ لتبلغ نحو **١٠,٣٥٪** في العام ٢٠١٩.

الصين محرّك قصير الأجل، لغز طويل الأجل

زاد إنتاج الطاقة النووية في العالم بنسبة **٣,٧٪** في العام ٢٠١٩، ويعود نصفها إلى زيادة بنسبة ١٩٪ في الصين.

أُغلِقت ثلاث وحدات، ولم تُطلَق أي وحدة جديدة في النصف الأوّل من العام ٢٠٢٠ حتّى في الصين.

بعد الانخفاض المُتتالي المُسجّل على مدار ٥ سنوات، زاد عدد الوحدات قيد الإنشاء من ٦ إلى ٥٢ وحدة اعتباراً من منتصف العام ٢٠٢٠ (من ضمنها ١٥ وحدة في الصين)، لكنّها لا تزال أقل بكثير من العدد المُسجّل في العام ٢٠١٣ والبالغ نحو ٦٩ وحدة.

بدأ بناء ٦ مفاعلات في العام ٢٠١٩ (من ضمنها ٤ مفاعلات في الصين)، في مقابل مفاعل واحد في النصف الأوّل من العام ٢٠٢٠ (في تركيا).

لن تحقِّق الصين أهدافها النووية المُدرجة في الخطّة الخمسية لعام ٢٠٢٠، والتي تقضي بالوصول إلى ٥٨ غيغاوات مركّبة، إضافة إلى بدء إنشاء ٣٠ غيغاوات إضافية.

لا تزال الصين تقود استثمارات الطاقة المُتجدّدة التي تبلغ ٨٣ مليار دولار أميركي.

روسيا تقود الإنشاءات العالمية

بدأ تشغيل ٦ **مفاعلات** نووية في العام ٢٠١٩؛ ٣ منها في روسيا، و٢ في الصين، ومفاعل واحد في كوريا الجنوبية، وهي أقل بنحو ٧ مفاعلات عمّا كان مُقرّراً في بداية العام. في حين أُغلِقت ٥ وحدات.

تشارك روسيا في ١٥ من أصل ٥٢ مشروعَ بناء في ٨ من أصل ١٧ دولة.

التركيز على الشرق الأوسط

تبرز ٦ بلدان لديها مصالح في الطاقة النووية وهي: **إيران، والإمارات، وتركيا، ومصر، والسعودية، والأردن** (على التوالي وفقاً لترتيب تقدّم برامجها)، فيما يُهيمن الغاز الطبيعي كمصدر أساسي في عملية إنتاج الطاقة.

ينتج **مفاعل واحد عامل** في إيران أقل من ٢٪ من الكهرباء في البلاد. بالإضافة إلى ذلك، بدأ تشغيل محطّة براكة-١ (في الإمارات العربية المتّحدة) في آب/ أغسطس ٢٠٢٠، والتي تضمّ أوّل مفاعل نووي في العالم العربي.

هناك ٦ وحدات قيد الإنشاء في منطقة الشرق الأوسط؛ ٣ محطّات في الإمارات، و٢ في تركيا، ومحطّة واحدة في إيران. مع العلم أن خمس وحدات منها متأخّرة عن الجدول الزمني، وواحدة بدأ إنشاؤها مؤخّراً. إلى ذلك، يرجّح بدء إنشاء محطّة جديدة خلال هذا العام في المنطقة (في مصر).

تُظهر **المقارنات بين خيارات الطاقة النووية والطاقة الشمسية** وجود فجوة كبيرة آخذة في الاتساع. على سبيل المثال، حدَّد أحد عقود إنتاج ١,٢ غيغاوات من الطاقة الشمسية في العام ٢٠١٧ سعر الميغاوات ساعة بنحو ٢٤,٢ دولاراً، وقد رُبِطت بالشبكة في العام ٢٠١٩. يشار إلى أن هذا السعر هو أرخص بنحو **٥ إلى ٨ مرّات** من التقديرات الدولية لتكلفة الطاقة النووية التي تبلغ ١١٨ - ١٩٢ دولاراً/ ميغاوات ساعة.

تأخير مُتزايد في الإنشاءات العالمية

هناك ما لا يقل عن **٣٣** من أصل ٥٢ وحدة قيد الإنشاء متأخّرة عن الجدول الزمني. من ضمنها ١٢ وحدة سجّلت تأخيراً متزايداً في إنشائها، و٤ وحدات سجّلت أوّل تأخير لها في الإنشاء خلال العام الماضي.

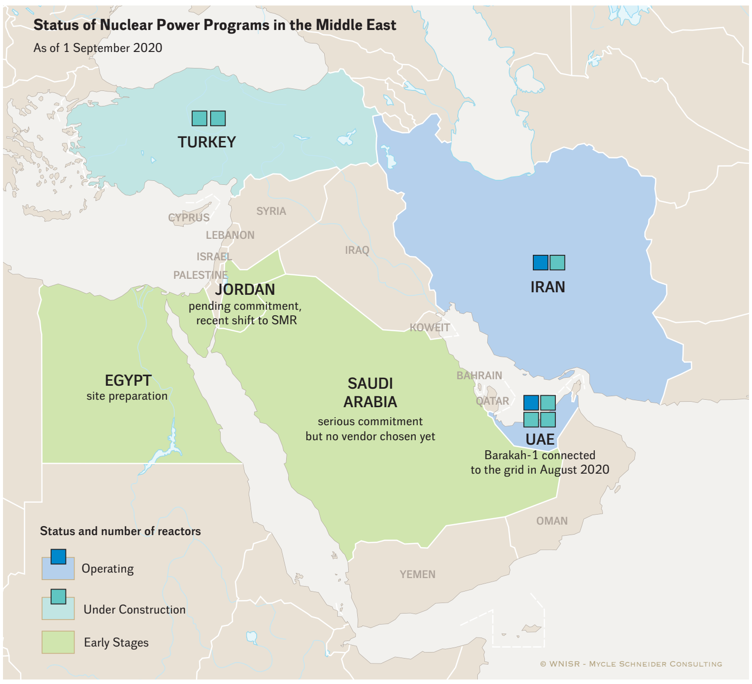
بالنسبة إلى **٨ حالات** (تشكّل نحو ١٥٪ من مجمل الوحدات قيد الإنشاء)، بدأت عمليّات الإنشاء قبل ١٠ سنوات أو أكثر، ومن ضمنها وحدتين بدأ إنشاؤهما منذ ٣٥ عاماً وواحدة قبل ٤٤ عاماً.

الطاقة المُتجدّدة تستمرّ في الازدهار

سجّل إنتاج نحو **١٨٤ غيغاوات** (+ ٢٠ غيغاوات) من مصادر الطاقة المُتجدّدة غير المائية في العام ٢٠١٩، وهو رقم قياسي جديد يضاف إلى شبكات الطاقة العالمية. في الواقع، أضافت طاقة الرياح نحو ٥٩,٢ غيغاوات، والطاقة الشمسية الكهروضوئية نحو ٩٨ غيغاوات، بالمقارنة مع زيادة صافية بنحو ٢,٤ غيغاوات من الطاقة النووية.

تجاوز مُجمل الاستثمار في الكهرباء المُتجدّدة الجديدة الـ **٣٠٠ مليار دولار**، وهو ما يشكّل ١٠ أضعاف قيمة الاستثمارات العالمية المُقرّرة والمبلّغ عنها في الطاقة النووية.

على مدى العقد الماضي، انخفضت تقديرات التكلفة المستوية للطاقة الشمسية (LCOE) على نطاق المرافق بنسبة ٨٩٪، والرياح بنسبة ٧٠٪، بينما زادت الطاقة النووية بنسبة ٢٦٪.



الملخّص التنفيذي والاستنتاجات

يقدّم تقرير «وضع الصناعة النووية العالمية» (WNISR2020) نظرة عامّة وشاملة على بيانات محطّات الطاقة النووية، بما فيها معلومات عن عمر المفاعلات وعن تشغيلها وإنتاجها وإنشائها. إلى ذلك، أضيف فصل جديد في تقرير هذا العام يتمحور حول الطاقة النووية في عصر كوفيد-١٩، ويقيّم الآثار المُترتبة على السلامة والأمن جرّاء تشغيل المرافق النووية خلال تفشّي الجائحة، ويقدّم نظرة عامّة لكلّ بلد على حدة تبعاً للمعلومات المُتاحة حول إصابات الموظّفين وآثارها ونتائجها. هناك أيضاً فصل خاصّ آخر يركّز على الطاقة النووية في الشرق الأوسط، ويُحلّل مدى أهمّية محطّة الطاقة النووية الأولى العاملة في العالم العربي، ووضع البرامج النووية في ٥ بلدان أخرى في المنطقة.

يقيّم تقرير «وضع الصناعة النووية العالمية» برامج البناء الجديدة في ٣١ بلداً نووياً (اعتباراً من منتصف العام ٢٠٢٠)، وكذلك في البلدان النووية الجديدة المُحتملة. يتضمّن التقرير أيضاً أقساماً عن ٧ بلدان رئيسية تمثّل نحو ثلثي الأسطول العالمي. إلى ذلك، يعاين قسم «حالة فوكوشيما» آثار الكارثة، التي بدأت في العام ٢٠١١، على الموقع وخارجه، فيما يقدّم قسم «حالة وقف التشغيل» نظرة عامّة على المفاعلات النووية التي أُغلِقت بشكل دائم. أمّا القسم الخاصّ بـ«الطاقة النووية مقابل الطاقة المُتجدّدة» فيقدّم بيانات مقارنة حول الاستثمار بالطاقة النووية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية حول العالم، وقدرة وإنتاج كلّ منها. أخيراً، يقدّم الملحق ١ لمحات عامّة عن الطاقة النووية في البلدان التي لم تُذكَر في الأقسام حول البلدان الرئيسية.

بدء تشغيل المفاعل وإغلاقه

بدء التشغيل. في بداية العام ٢٠١٩، كان من المُقرّر بدء تشغيل نحو ١٣ مفاعلاً، إلّا أن ٦ مفاعلات فقط نجحت في ذلك، ثلاثة منها في روسيا و٢ في الصين وواحد في كوريا الجنوبية. إلى ذلك، لم يبدأ تشغيل أي مفاعل جديد في جميع أنحاء العالم في النصف الأوّل من العام ٢٠٢٠، بما فيها الصين[1].

عمليّات الإغلاق. أُغلِقت ٥ وحدات في العام ٢٠١٩، ٢ منها في الولايات المتحدة وواحدة في كلّ من ألمانيا والسويد وسويسرا. أيضاً أغلِقت ٨ مفاعلات إضافية رسمياً؛ ٥ منها في اليابان وواحد في كلّ من روسيا وكوريا الجنوبية وتايوان، علماً أن معظمها لم ينتج الطاقة منذ سنوات[2]. في النصف الأوّل من العام ٢٠٢٠، أُغلِقت ٣ وحدات إضافية، ٢ منها في فرنسا وواحدة في الولايات المتحدة.

١ – تم إيصال وحدة واحدة بالشبكة في الصين في آب/ أغسطس ٢٠٢٠، بعد أكثر من عام على عدم البدء بإنشاء أي وحدة. وهو ما سجّل خلال الفترة التي أعقبت كارثة فوكوشيما في العام ٢٠١١، حين مرّ أكثر من سنة من دون البدء بإنشاء أي وحدة في الصين. يشار إلى أن محطّة البركة-١ في الإمارات العربية المتحدة بدأ إنشاؤها في آب/ أغسطس ٢٠٢٠ أيضاً.

٢ –يحتسب تقرير وضع الصناعة النووية العالمية عمليّات الإغلاق في السنوات الأخيرة التي أنتجت فيها الكهرباء من هذه الوحدات، ويعدل الإحصاءات بشكل رجعي في حال لم تنتج الوحدات المذكورة الطاقة في السنة قيد المراجعة.

بيانات التشغيل والبناء[٣]

تشغيل المفاعل والإنتاج. في الأوّل من تموز/ يوليو ٢٠٢٠، سُجِّل نحو ٣١ بلداً يشغّلون ٤٠٨ مفاعلات نووية - باستثناء المفاعلات ذات الانقطاعات الطويلة الأجل (LTOs) – وهو ما يشكّل انخفاضاً بنحو ٩ وحدات مقارنة مع العام ٢٠١٩، وأقل بـ ١٠ وحدات بالمقارنة مع العام ١٩٨٩، وأقل من ٢٠ مفاعلاً بالمقارنة مع العام ٢٠٠٢ الذي سجّل الذروة في عدد المفاعلات والتي بلغ عددها ٤٣٨ مفاعلاً[٤]. إلى ذلك، من أصل ٢٨ مفاعلاً في حالة انقطاع طويل الأجل سُجِّل في منتصف ٢٠١٩، أعيد تشغيل مفاعل واحد وأغلق آخر، فيما ارتفع عدد المفاعلات في حالة الانقطاع الطويل الأجل إلى ٣١ مفاعلاً مع دخول ٥ وحدات جديدة إلى هذه في منتصف العام ٢٠٢٠[٥]. يشار إلى أن جميع هذه المعاملات تخضع لإشراف الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA)، وتتوزّع كالآتي: ٢٤ مفاعلاً في اليابان (من دون تغيير)، و٣ في المملكة المتحدة، و٢ في كوريا الجنوبية، وواحد في كلّ من الصين والهند.

انخفض مجمل القدرة التشغيلية النووية بنسبة ٢,١٪ بالمقارنة مع العام السابق، ووصل إلى ٣٦٢ غيغاوات في منتصف العام ٢٠٢٠[٦].

إلى ذلك، بلغ إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية نحو ٢٦٥٧ تيراوات/ ساعة (كلّ تيراوات ساعة توازي مليار كيلووات/ ساعة) في العام ٢٠١٩، بزيادة بنسبة ٣,٧٪ عن العام السابق، نصفها ناتج عن زيادة إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية في الصين بأكثر من ١٩٪، وبنحو ٣ تيراوات/ ساعة أقل من الذروة التاريخية المُسجّلة في العام ٢٠٠٦.

أنتجت الدول الخمس الكبرى المولّدة للطاقة النووية نحو ٧٠٪ من مجمل الكهرباء النووية في العالم في العام ٢٠١٩، وهي بالترتيب: الولايات المتحدة، وفرنسا، والصين، وروسيا، وكوريا الجنوبية. إلى ذلك، حاز بلدان، الولايات المتحدة وفرنسا، على ٤٥٪ من الإنتاج النووي العالمي لعام ٢٠١٩، أي أقل بـ ٢٪ مقارنة مع العام السابق، إذ انخفض إنتاج فرنسا بنحو ٣,٥٪.

حصّة في مزيج الكهرباء/ الطاقة. شهدت حصّة الطاقة النووية من مجمل إنتاج الكهرباء التجاري العالمي تقطّعاً في انخفاضها البطيء والمُطرد، من ذروة بلغت ١٧,٥٪ في العام ١٩٩٦، وصولاً إلى ١٠,١٥٪ في العام ٢٠١٨، لترتفع بنسبة ٠,٢٪ في العام ٢٠١٩ مُسجّلة ١٠,٣٥٪.

بقيت حصّة الطاقة النووية من الاستهلاك التجاري العالمي للطاقة الأوّلية مستقرّة منذ العام ٢٠١٤ عند ٤,٣٪.

عمر المفاعل. في ظل غياب برامج إنشاء مفاعلات جديدة في جميع البلدان باستثناء الصين، يستمرّ متوسط عمر أسطول المفاعلات النووية العاملة العالمي في الارتفاع، وقد وصل إلى ٣٠,٧ عاماً في منتصف العام ٢٠٢٠، وهو منحى متواصل منذ العام ١٩٨٤ تاريخ دخل هذا الأسطول في حالة ركود.

هناك نحو ٢٧٠ مفاعلاً، أي ثلثي أسطول التشغيل العالمي، يعملون منذ ٣١ عاماً أو أكثر، ومن ضمنها ٨١ مفاعلاً (٢٠٪ من مجمل المفاعلات) عاملاً منذ ٤١ عاماً أو أكثر.

٣ – يمكن الاطلاع على الأقسام حول البلدان المحورية والملحق ١ للحصول على نظرة عامّة للمفاعلات العاملة أو قيد الإنشاء لكلّ بلد على حدة بالإضافة إلى حصّة الطاقة النووية من مجمل إنتاج الطاقة في كلّ بلد.

٤ – إلا في حال ذكر العكس، فإن كلّ الأرقام تعكس وضع الطاقة النووية في ١ تموز/ يوليو ٢٠٢٠. وقد تمّ إيصال وحدة نووية بالشبكة في الامارات العربية المتحدة في آب/ أغسطس ٢٠٢٠، ما يجعلها البلد الـ ٣٢ الذي يدير محطّات عاملة على الطاقة النووية، بالإضافة إلى محطة أخرى بدأ تشغيلها في الصين في العام نفسه.

٥ – + ٢ جدد + ١ أعيد تشغيله – ٥ دخلوا في خانة المفاعلات ذات الانقطاعات الطويلة – ٧ أغلقوا = -٩ صافي.

٦ – كل الأرقام تعود لصافي القدرة الاسمية لإنتاج الكهرباء. الـGW تعني غيغاوات أو الف ميغاوط.

توقّعات حول عمر المفاعلات. إذا استمرّ تشغيل جميع المفاعلات العاملة حالياً حتى نهاية المدة المرخّصة لها، بما فيها العديد من المفاعلات التي لديها تصاريح تمديد (PLEX Projection) بالإضافة إلى الوحدات قيد الإنشاء، من المفترض أن يبدأ أو يُعاد تشغيل نحو ١٣٥ مفاعلاً إضافياً بقدرة ١٠٥ غيغاوات (مقارنة بالعام ٢٠١٩) قبل نهاية العام ٢٠٣٠ من أجل الحفاظ على الوضع الراهن. ما يعني أن هناك حاجة إلى مضاعفة معدّل البناء السنوي من ٥٫٨ مفاعلاً في العقد الماضي إلى ١٣٫٧ مفاعلاً خلال العقد الحالي. في الواقع، تأخذ عملية إنشاء مفاعلات جديدة اتجاهاً هبوطياً، لذلك قد يكون عدد الوحدات الجديدة المطلوب أعلى لأن العديد من المفاعلات تُغلِق قبل وقت طويل من انتهاء تراخيص تشغيلها. عملياً بلغ متوسّط العمر عند إغلاق ١٧ وحدة وإخراجها عن الشبكات نحو ٤٢٫٤ عاماً بين العامين ٢٠١٥ و٢٠١٩.

البناء. هناك ١٧ بلداً يبني محطّات طاقة نووية حالياً مقارنة مع ١٦ بلداً في منتصف العام ٢٠١٩، وذلك بعد أن استأنفت إيران بناء موقع بوشهر-٢ الذي أُطلِق أساساً في العام ١٩٧٦. في الأول من تموز/يوليو ٢٠٢٠، كان هناك ٥٢ مفاعلاً قيد الإنشاء، أي أكثر بـ ٦ مفاعلات مقارنة مع ما ورد في تقرير "وضع الصناعة النووية العالمية ٢٠١٩"، وأقل بـ ١٧ مفاعل مقارنة مع العام ٢٠١٣ - من ضمنها ١٥ مفاعلاً في الصين بسعة ١٤ غيغاوات، وهو أقل من نصف الهدف الذي كان مخطّطاً الوصول إليه في غضون ٥ سنوات من خلال إنشاء وحدات بسعة ٣٠ غيغاوات بحلول نهاية العام ٢٠٢٠.

ارتفع مجمل القدرة الإنتاجية قيد الإنشاء في العالم بنحو ٨٫٩ غيغاوات ووصلت إلى ٥٣٫٥ غيغاوات. أمّا متوسط الوقت المتوقّع لإنهاء أعمال الإنشاء في ٥٢ وحدة فقد بلغ ٧٫٣ سنوات، في ارتفاع عن متوسّط ٦٫٢ سنوات في منتصف العام ٢٠١٧. ما يعني أن العديد من الوحدات لا تزال على بعد سنوات من الاكتمال.

- جميع المفاعلات قيد الإنشاء في ما لا يقل عن ١٠ بلدان من أصل ١٧ بلداً، تعرّضت لتأخير في التنفيذ لمدّة عام. تأخّر ما لا يقل عن ٣٣ مشروعاً (أي ٦٤٪ من جميع مشاريع البناء).
- من بين ٣٣ مفاعلاً متأخّراً عن الجدول الزمني، أبلغ ١٢ مفاعلاً على الأقل عن ارتفاع وتيرة التأخير لديه خلال العام الماضي، في مقابل ٤ مفاعلات سجّلت تأخيرات للمرّة الأولى.
- كان من المقرّر بدء تشغيل ١٣ مفاعلاً خلال العام ٢٠١٩، لكن ٦ منها تمكّنت من ذلك فعلياً.
- يعود تاريخ بدء إنشاء مشروعين إلى نحو ٣٥ عاماً وهما: Mochovce-3 وMochovce-4 في سلوفاكيا، وقد تأخّر بدء تشغيلهما حتى ٢٠٢٠-٢٠٢١. إلى ذلك، بدأت عمليات البناء في محطّة بوشهر-٢ في العام ١٩٧٦، أي قبل ٤٤ عاماً، واستؤنفت الأعمال في العام ٢٠١٩ بعد توقّف دام ٤٠ عاماً، ووضع جدول زمني لربطه بالشبكة في العام ٢٠٢٤.
- صنّفت ٥ مفاعلات على أنها "قيد الإنشاء" لمدة عقد أو أكثر وهي: النموذج الأولي لمفاعل التوليد السريع (PFBR) في الهند، وOlkiluoto-3 في فنلندا، وShimane-3 في اليابان، و Flamanville-3 في فرنسا، وLeningrad 2-2 في روسيا. تأخّر المشروع الفنلندي أكثر هذا العام، ومن المرجّح تأجيل إيصال الوحدتين الفرنسية واليابانية بالشبكة مجدداً، فيما لم يحدّد أي تاريخ لبدء التشغيل المؤقّت للمفاعل الياباني.
- أكملت ٩ بلدان بناء ٦٣ مفاعلاً - ٣٧ مفاعلاً منها في الصين - خلال العقد الماضي، بمتوسّط ١٠ سنوات بدءاً من إطلاق عملية البناء وصولاً إلى الاتصال بالشبكة.

إطلاق عمليّات البناء والمشكلات الجديدة المرتبطة بها

بدء عمليّات البناء. في العام ٢٠١٩، بدأ بناء ٦ مفاعلات - ٤ في الصين وواحد في كلّ من روسيا والمملكة المتّحدة - وواحد في تركيا في النصف الأول من العام ٢٠٢٠. وقد شكّلت أولى عمليات بناء مفاعلات تجارية جديدة في الصين منذ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٦، بالمقارنة مع بدء ١٥ عمليّة بناء في العام ٢٠١٠، و١٠ عمليّات في العام ٢٠١٣. فيما سُجِّلت عمليات البناء الجديدة ذروتها في العام ١٩٧٦ مع ٤٤ عملية.

بين العامين ٢٠١٠ و٢٠١٩، بدأ بناء ٦٧ مفاعلاً في العالم. وفي منتصف العام ٢٠٢٠، بدأ بناء ١٨ مفاعلاً فقط، بينما لا يزال هناك ٤٤ مفاعلاً قيد الإنشاء (فيما أُلغِي بناء ٥ مفاعلات).

إلغاء عمليات البناء. بين العام ١٩٧٠ ومنتصف العام ٢٠٢٠، تم التخلّي عن أو تعليق ٩٣ مفاعلاً - أي أقلّ بمفاعل واحد بالمقارنة مع العام ٢٠١٩، حين استُئنِفت أعمال البناء في محطّة بوشهر-٢ - وهو ما يشكّل ثِمْن الإنشاءات التي تمّ التخلّي عنها أو تعليقها في ١٩ بلداً (٧٧٣ منشأة) في مراحل مختلفة من التقدّم النووي.

الطاقة النووية في عصر كوفيد -١٩

يُعدُّ كوفيد -١٩ أوّل جائحة بهذا الحجم في تاريخ الطاقة النووية. في الواقع، انتشرت المرافق النووية بسرعة في إشارة إلى الدور «الحاسم» الذي لعبه هذا المصدر الطاقوي الطاقة النووية في إنتاج الكهرباء خلال تفشّي الوباء. لكن عملياً الصورة هي أكثر تعقيداً، خصوصاً أن إجراءات السلامة والأمن تصبح أكثر صعوبة أو مستحيلة أثناء تفشّي الوباء:

- **تُجرى الاختبارات الدورية والمُتكرّرة** عادةً على الأنظمة لضمان أن الوظائف الحيوية، مثل عمليات غرفة التحكّم أو إمدادات الكهرباء أو التبريد الأساسي في حالات الطوارئ، في حالة جيدة.
- عادة تُجرى الفحوصات والاختبارات الدورية وفقاً **لمبدأ العيون الأربع (أي يجب أن يكون هناك شخصان على الأقل حاضرين دائماً)**، وهو ما يصبح صعباً إذا اتُبِعت قواعد التباعد الاجتماعي.
- لا يمكن بسهولة استبدال مجموعات معيّنة من الموظّفين مثل موظّفي غرفة التحكّم الذين لديهم معرفة ومؤهّلات مُحدّدة للعمل في منشآت مُحدّدة.
- يمكن لحالات الطوارئ، مثل وقوع حريق أو تراكم الغازات السامّة في غرفة التحكّم، أن تتفاقم بسهولة بسبب الحاجة إلى التباعد الاجتماعي؛ ويكمن التحدّي الأكبر في غرفة التحكّم في حالات الطوارئ.
- يمكن أن تؤدّي العدوى بين **أفراد الأمن**، وإصابة عدد محدود من القوات المدرّبة بشكل محترف لحماية منشآت معيّنة، أن تخفّض مستوى الحماية بسرعة.

العدوى واستراتيجيّات استجابة المُشغّل. لم تُعدّ أية تقارير وطنية مُنتظمة عن الإصابات بين الموظّفين النوويين في أي مكان، باستثناء مؤسّسة روس آتوم الروسية التي نشر مديرها العام عروض فيديو أسبوعية حول تطوّر الحالات النشطة والأشخاص المتعافين.

- تشير الرسوم التوضيحية التي أعدّتها **روس آتوم الروسية** إلى وجود نحو ٤٥٠٠ إصابة في نهاية تموز/ يوليو ٢٠٢٠، من ضمنها ١٢٠٠ حالة في طريق التعافي.
- تم الإبلاغ عن عدد قليل من الإصابات في المنشآت النووية في **اليابان وكوريا الجنوبية**.

- أشارت **شركة كهرباء فرنسا** إلى وجود نحو ٦٠٠ حالة بين الموظّفين النوويين في منتصف حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، وقد رُصِدوا على مدار ١٢ أسبوعاً، ووصلوا إلى نحو ٢٪ في ذروة الوباء.
- أبلغت الهيئة التنظيمية **السويدية** عن "حالات قليلة" من دون أن تقدم أي أرقام.
- في موقع سيلافيلد في **المملكة المتحدة**، عَزَل نحو **ألف موظّف** أنفسهم وأُغلِق مصنع إعادة المعالجة. في الواقع، يموت موظّف واحد على الأقل في فرنسا بسبب كوفيد-١٩ في موقع Hinkley Point C-2، ولم تنشر أي أرقام عن الموظّفين المصابين.
- في **الولايات المتحدة**، أبلغت العديد من مواقع محطّات الطاقة النووية عن إصابة عشرات الموظّفين (مثل Limerick وWaterford) في مفاعل Milestone ثبتت إصابة ٣ مشغّلين. فيما قد يؤدي انقطاع التيار في Fermi-2 إلى وقوع ٢٠٠-٣٠٠ إصابة، لكن المشغّل DTE Energy رفض الكشف عن الأرقام الدقيقة.

فيما أُغلِق العديد من منشآت دورة الوقود النووي والأبحاث، لم تبلغ أي دولة عن أي إغلاق قسري لأي محطّة للطاقة النووية. وقد اتخذت إجراءات مختلفة منها:

- **خفّض المشغّلون أعداد الموظّفين** في المحطّات النووية بشكل كبير، في فرنسا على سبيل المثال وضِع ١٥ آلاف موظّف من قسم الإنتاج النووي في شركة كهرباء فرنسا للعمل عن بُعد (أي ثلثي الموظّفين). وقد أدّى انخفاض عدد الموظّفين في المواقع إلى تراجع الرقابة على المقاولين من الباطن[7].
- سمح المنظّمون للمشغّلين **بفرض العمل لساعات طويلة**. في الولايات المتّحدة الأميركية على سبيل المثال، يعمل الموظّفون لنحو ١٦ ساعة يومياً، ونحو ٨٦ ساعة عمل في الأسبوع، أو حتّى وفقاً لنوبات من ١٢ ساعة لنحو ١٤ يوماً مُتتالياً.
- في بعض الحالات، على سبيل المثال في روسيا والسويد، **عُزِل** موظّفو غرفة التحكّم والموظّفون الأساسيون، و/ أو تم تأمين سكن في الموقع للعمّال أثناء انقطاع التيار (الأمر نفسه حصل في الولايات المتحدة).
- **اتُبِعت قواعد التباعد الاجتماعي والعمل عن بعد** على نطاق واسع، لكن يبدو أن التنفيذ تفاوت لناحية درجات السرعة والصرامة. في بعض الحالات، أبلغت النقابات العمّالية عن وجود ممارسات مختلفة كلّياً عن تصريحات المشغّل، إذ اشتكت من نقص الأقنعة وعدم احترام قواعد التباعد الاجتماعي. في فرنسا، خرج العمّال من ٣ مواقع على الأقل لأن صحّتهم وسلامتهم غير محميتين بشكل مناسب.
- **عُلِّقت** تمارين اختبار وتحسين فعالية القوة الأمنية في المحطّات والمرافق النووية في الولايات المتحدة، بالإضافة إلى العديد من الدورات التدريبية الأخرى المُتعلّقة بالأمن والسلامة في العديد من البلدان أثناء تفشّي الوباء، ما أدّى إلى تدهور مستوى الجهوزية.
- في كثير من الحالات، تمّ تغيير **عمليات إعادة التزوّد بالوقود وصيانة الانقطاعات** لإلغاء "الأعمال غير الضرورية"، أو **أُجِّلت بالكامل** حتى نهاية العام ٢٠٢٠ أو حتى العام ٢٠٢١. في بعض الحالات، إسوة بـ Grohnde في ألمانيا وTrillo-1 في إسبانيا، مُدِّدت فترة إنجاز هذه العمليّات تماشياً مع استخدام عدد أقل من العمّال.
- في بعض الحالات، على سبيل المثال في Darlington -3 الكندية أو Cernavoda-1 الرومانية، **أعيد جدولة عملية الإصلاح الشامل** المُخطّط له. في فرنسا، تأخّر تركيب مولّدات الطوارئ العاملة على

٧ – على سبيل المثال، أدّى عدم وجود رقابة إلى إصابة عاملين خلال انفجار هيدروجين واندلاع حريق في محطّة بيلفيل Belleville في نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

المازوت في ٥ مفاعلات حتى شباط/ فبراير ٢٠٢١، وذلك للمرّة الثانية بعد عامين من التأجيل الأوّل.

- **تأثّرت وتيرة البناء** في ما لا يقلّ عن ١٢ بلداً من أصل ١٧ بلداً يبني مفاعلات نووية حالياً، لكن يبدو أن أنشطة البناء لم تتوقّف بالكامل إلّا في الأرجنتين (Carem-25). إلى ذلك، سُجِّل تفشٍّ كبير في الوباء في محطّة Vogtel في ولاية جورجيا، وهو موقع البناء النووي الوحيد في الولايات المتّحدة، إذ ثبتت إصابة **أكثر من ٨٠٠ موظّف**، وحتى أواخر آب/ أغسطس كان لا يزال هناك أكثر من ١٠٠ مصاب. في أواخر أيار/ مايو ٢٠٢٠، أُبلِغ عن نحو ١٠٠ حالة في موقع Ostrovets في بيلاروسيا.

العدوى واستراتيجيّات استجابة المنظّم. أُعلِنت معلومات قليلة عن انتشار العدوى بين أعضاء سلطات السلامة الوطنية ومنظّمات الدعم الفني (TSO). من الأمثلة على مستويات الإصابة والتدابير المُتخذة:

- تدّعي الجهة المنظّمة الفرنسية ASN عدم تسجيل أي إصابة في أوائل آب/ أغسطس ٢٠٢٠. في أواخر نيسان/ أبريل ٢٠٢٠، **أشار معهد الحماية من الإشعاع والسلامة النووية الفرنسي إلى إن ٥٩** شخصاً كانوا "مصابين أو يرجّح إصابتهم"، وجميعهم تعافوا. لكن الغريب أن متحدّثاً آخر باسم معهد الحماية من الإشعاع والسلامة النووية الفرنسي قال في أوائل أيلول/ سبتمبر ٢٠٢٠ أن ٩ أشخاص فقط ثبُتت إصابتهم بالوباء، وأن ١٣ فقط من مجمل ١٨٠٠ موظّف أجريت لهم اختبارات وفحوص[٨]. من هنا، يبدو أنه لا يوجد لدى هيئة الأمان النووي (ASN) ولا معهد الحماية من الإشعاع والسلامة النووية الفرنسي (IRSN) برامج اختبار منهجية.
- قرّرت سلطات السلامة ومنظّمات الدعم الفني في العديد من البلدان (مثل كندا وفنلندا وفرنسا والولايات المتحدة) **وقف الزيارات الميدانية (إلّا في حالات الطوارئ)**. نفذت هيئة الأمان النووي نحو ٦٪ من عدد عمليّات التفتيش التي تجريها عادةً. كما علّق معهد الحماية من الإشعاع والسلامة النووية أخذ العيّنات البيئية بالكامل.
- كانت الهيئات التنظيمية بشكل عام "**براغماتية**" و"**مرنة**" للغاية في اتخاذ قراراتها ووافقت على معظم طلبات المشغّل للإعفاءات والاستثناءات والتأجيلات.

تدهور الأمن والسلامة. ادّعى المسؤولون النوويون في المنظّمات الدولية والمجموعات الصناعية والمرافق والسلطات التنظيمية بطريقة أو بأخرى أن جميع هذه التدابير قد تم اتخاذها "مع الحفاظ على المستوى المطلوب من الأمان"، على حدّ تعبير هيئة الأمان النووي. إلى ذلك، وجد مكتب التنظيم النووي في المملكة المتحدة (ONR) أنه "لم يسجّل أي تغيير كبير في تحسين سلامة المُكلّفين بمهام وبقدرة التعافي وكذلك مرونة الأنظمة الأمنية".

يصعب فهم هذه الثقة لأن ظروف العمل تدهورت بشكل واضح في العديد من المنشآت النووية، ولأن أعمال الإصلاح والتحديث المجدولة لم تُنفّذ أو تأخّرت في كثير من الأحيان لأشهر عدّة، وترك مشغّلو العديد من محطّات الطاقة النووية في العالم من دون أي رقابة مباشرة نتيجة بقاء المفتّشين في منازلهم. لذلك لم يتمّ فحص الصمّامات والمفاصل والأنابيب واللحام كما يجب، ولم يُجرَ أي تحقيق مادي للتأكّد من أن العمّال يقومون بعملهم فعلاً. نظراً إلى القائمة الطويلة لحالات الاحتيال في الصناعة النووية (للاطلاع على بعض الخيارات يمكن العودة إلى: introduction to Nuclear Power in the Age of COVID-19) تبقى الهيئات التنظيمية المستقلّة العاملة بكامل طاقتها ومنظّمات الدعم الفني الخاصّة بها مكوّناً حاسماً للسلامة والأمن النوويين.

حتى لو تباطأ انتشار الوباء – طبعاً لا توجد ضمانات لعدم بروز أي موجة ثانية قد تصيب البلدان النووية - فإن الوضع سوف يستغرق وقتاً ليتحسّن بشكل ملحوظ. سوف يكافح المشغّلون

٨ – أودري لوبو- ليفيه، اتصال شخصي، معهد الحماية من الإشعاع والسلامة النووية، بريد إلكتروني إلى مايكل شنايدر، ١ ايلول/ سبتمبر ٢٠٢٠.

والمنظّمون للعودة إلى مستوى التشغيل نفسه في الحالات العادية، بالتوازي مع التخلّي عن جميع الأنشطة المتأخّرة أساساً، والتي يرجّح أن تستغرق سنوات عدّة قبل استئناف العمل فيها.

بالإضافة إلى ذلك، تراجعت أسعار الجملة مع ارتفاع تكاليف التشغيل، وانخفضت كذلك بالتوازي مع انخفاض استهلاك الكهرباء. قد تكون الجدوى المالية لبعض هذه المرافق على المحكّ، خصوصاً تمارين خفض التكاليف التي لا غنى عنها سوف تؤدّي إلى تفاقم الضغط. وهو أمر لن ينتهي قريباً.

الشرق الأوسط

مع دخول أول محطّة طاقة نووية مرحلة التشغيل في دولة عربية، وهي محطة براكة في الإمارات العربية المتحدة، يقدم تقرير "وضع الصناعة النووية العالمية" لمحة عاقّة عن طموحات الطاقة النووية في ٦ بلدان في الشرق الأوسط وهي: إيران، والإمارات، وتركيا، ومصر، والسعودية، والأردن (بالترتيب وفقاً لمستوى تقدّم برامجها).

تعتمد المنطقة بشكل أساسي على الغاز الطبيعي لإنتاج الكهرباء، حيث تقوم ٥ من البلدان الـ٦ الخاضعة للتقييم بإنتاج أكثر من نصف طاقتها من الغاز؛ ومن بينها ٣ بلدان (مصر والأردن والإمارات) تعتمد على الغاز لإنتاج أكثر من ٧٥٪ من الكهرباء.

لدى إيران مفاعل واحد عامل وآخر قيد الإنشاء بالإضافة إلى نشاطات مختلفة ضمن دورة الوقود النووي. أمّا الإمارات العربية المتّحدة فقد بدأت في تشغيل وحدة نووية في أوائل آب/ أغسطس ٢٠٢٠، وهناك ٣ مفاعلات أخرى قيد الإنشاء. إلى ذلك، تمتلك تركيا وحدتين قيد الإنشاء. فيما تُعدُّ الخطط النووية في كلّ من مصر والسعودية والأردن متطوّرة إلى حدّ ما لكن لم يبدأ بناء أي مفاعل فيها بعد. تعاني مصر والأردن وتركيا من أعباء ديون عالية وتصنيفات ائتمانية غير مواتية (ضمن فئتي المضاربة العالية أو الديون الرديئة و"غير المرغوب فيها"). وهو ما يجعل الاستثمارات التي تتطلّب رأس مال كثيف، مثل الطاقة النووية، صعبة ما لم يتم توفير التمويل من البلدان المورّدة. إلى ذلك، فيما استفادت مصر وتركيا من المساعدات المالية الروسية، لم تحصل الأردن بعد على أي مساعدة مالية.

إيران

- تعطّلت أعمال **البناء** بسبب تعليق هذه العمليّات لعقود. حتى بعد إعادة تفعيل بناء محطة بوشهر -١ في العام ١٩٩٦، واجه المشروع تأخيرات ولم يربط بالشبكة إلّا في العام ٢٠١١، أي بعد ٣٥ عاماً من بدء بنائه للمرّة الأولى، وبعد ١٥ عاماً من استئناف عمليّة البناء.
- لا يزال **الإنتاج** متواضعاً. ففي العام ٢٠١٩ استحوزت محطّة بوشهر ١ على أقل من ٢٪ من مجمل إنتاج الكهرباء في البلاد.
- وفقاً للتقديرات الرسمية، تبلغ **إمكانات الطاقة الشمسية** في إيران نحو ٤٠ تيراواط (٤٠ ألف غيغاوات).

الإمارات العربية المتّحدة

- تأخّر إنشاء محطّة البراكة من قبل الشركة الكورية للطاقة الكهربائية (كيبكو) نحو ٣ سنوات عن الموعد المحدّد. كان مُخطّطاً أن يبدأ تشغيل المحطّة في العام ٢٠١٧، على أن يتم تشغيل الوحدات ٢ و٣ و٤ على التوالي بفارق سنة واحدة بين كلٍّ منها. ومن بين أسباب التأخير تبرز مشكلات البناء (الشقوق/ الفراغات في الاحتواء) وصعوبات في تشكيل قوة عاملة محلّية مُدرّبة لتشغيل الوحدات.

- تظهر مقارنات التكلفة بين الخيارات النووية والطاقة الشمسية أن:
  - التكلفة التقديرية الرسمية للطاقة المُنتجة في محطة براكة والتي بلغت ٧٢ دولاراً أميركياً/ ميغاوات ساعة في العام ٢٠١٢، كانت أقل من المستوى الأدنى لنطاق التكلفة الدولية لشركة لازارد والتي بلغت ٧٨-١١٤ دولاراً أميركياً في العام نفسه.
  - وقِّعت اتفاقية شراء طاقة (PPA) كهروضوئية شمسية بقدرة ١,٢ غيغاوات في العام ٢٠١٧ بسعر ٢٤,٢ دولاراً أميركياً/ ميغاوات ساعة، ورُبطت المحطة بالشبكة في العام ٢٠١٩.
  - في وقت سابق من العام ٢٠٢٠، قدّمت EDF/Jinko عرضاً يقضي بتوفير طاقة شمسية بقدرة ١,٥ غيغاوات بسعر ١٣,٥ دولاراً أميركياً/ ميغاوات ساعة، أي أقل بنحو خمس مرّات من التكلفة الأصلية لمحطّة براكة التي قدِّرت أساساً بأقل من كلفتها الفعلية، و٩-١٤ مرّة أقل من تقديرات لازارد لتكلفة الطاقة النووية في العام ٢٠١٩ التي راوحت بين ١١٨ و١٩٢ دولاراً أميركياً/ ميغاوات ساعة.

تركيا

- أطلقت عمليات بناء محطّة Akkuyu-1 من قبل شركة البناء الروسية روس أتوم في نيسان/ أبريل ٢٠١٨، وألحِقت ببدء بناء محطّة Akkuyu-2 في نيسان/ أبريل ٢٠٢٠. كان من المخطّط أن يبدأ تشغيل الوحدة الأولى في العام ٢٠٢٣، لكن من غير المُرجّح حدوث ذلك. في الواقع، بدأ التخطيط لمشروع Akkuyu منذ السبعينيات وتأجّل مرّات عدّة. واجهت عمليّات البناء مشكلات فنية بما فيها اكتشاف وتحديد شقوق في الأساسات كان لا بدّ من إصلاحها، فضلاً عن أن الطاقة النووية واجهت معارضة شرسة على الصعيدين الوطني والمحلّي لاعتبارات مُرتبطة بالسلامة النووية ومخاطر الزلازل والآثار الاجتماعية السلبية. وفي استطلاع أُجرِي في العام ٢٠١٨ عارض ثلثا الأتراك الطاقة النووية.
- تُظهر **مقارنات التكلفة** بين الخيارات النووية والطاقة الشمسية أن في العام ٢٠١٨ بلغت تكلفة شراء الطاقة الشمسية ٦٥ دولاراً أميركياً/ ميغاوات ساعة، أي نحو نصف تكلفة الكهرباء النووية المُقدّرة في العام ٢٠١٢.

الأردن

- **تخطيط المشروع.** بعد ١١ عاماً من إعداد دراسة الجدوى الأولى للطاقة النووية، أوقف الأردن في العام ٢٠١٨ كلّ مشاريع محطّات الطاقة النووية الكبيرة وركّز التخطيط على المفاعلات الصغيرة (SMRs). لكن لم يحرز أي تقدّم لاحق بعد توقيع إتفاقيّات التعاون مع البائعين المُحتملين من الصين وروسيا والمملكة المتّحدة والولايات المتحدة.
- تُظهر **مقارنات التكلفة** بين الخيارات النووية والطاقة الشمسية أن التكلفة النووية لعام ٢٠١٢ قُدِّرت بنحو ١٠٠ دولار أميركي، بالمقارنة مع إتفاقية شراء ٥٠ ميغاوات من الطاقة الشمسية في العام ٢٠١٧ بنحو ٥٩ دولاراً أميركياً/ ميغاوات ساعة رُبِطت بالشبكة في أواخر العام ٢٠١٩، ومناقصة بنحو ٢٥ دولاراً/ ميغاوات ساعة في العام ٢٠١٨. من هنا، حدّدت الدولة هدفها بالحصول على مزيج طاقة مؤلّفة بنسبة ٢٠٪ من مصادر الطاقة المُتجدّدة بحلول العام ٢٠٢٥.

مصر

- **تخطيط المشروع.** تأسّست الهيئة المصرية للطاقة الذرية في منتصف خمسينيات القرن الماضي، وبرزت فكرة بناء محطّات الطاقة النووية في وقت مُبكر من منتصف السبعينيات. لكن استغرق الأمر حتّى العام ٢٠١٦ لتوقيع إتفاقية قرض مع روسيا لبناء ٤ مفاعلات من قبل روس آتوم. في آذار/ مارس ٢٠١٩، صدر ترخيص لبناء موقع الضبعة على ساحل البحر المتوسط، ومن المقرّر أن يبدأ البناء في العام ٢٠٢٠.

- تُظهر **مقارنات التكلفة** أن تقديرات الطاقة النووية بلغت ١١٠ دولارات أميركية/ ميغاوات ساعة في العام ٢٠١٥، في مقابل ٢٤,٨ دولاراً أميركياً/ ميغاوات ساعة لإتفاقية شراء طاقة في العام ٢٠١٩، أي أرخص بأربع مرّات. إلى ذلك، حدّدت الحكومة في العام ٢٠١٦ هدفها بالوصول إلى مزيج طاقة مؤلّف بنسبة ٣٧٪ من الطاقة المُتجدّدة في مقابل ٣٪ من الطاقة النووية بحلول العام ٢٠٣٥.

المملكة العربية السعودية

- **تخطيط المشروع.** في العام ٢٠١٨، وافقت الحكومة على برنامج نووي يقضي بإنشاء مفاعلين في العقد المُمتد بين ٢٠٢٠-٢٠٢٩، مع احتمال بناء المزيد من المفاعلات في وقت لاحق. مع ذلك، لم يتمّ اختيار المورِّد أو تحديد موقع البناء. أيضاً كانت الحكومة مهتمّة بتطوير تعدين اليورانيوم المحلّي وتخصيبه للوقود، فضلاً عن تطوير مفاعلات صغيرة الحجم (مفاعلات نمطية) لكن من دون إحراز أي تقدّم ملموس حتّى الآن.

- تُعدُّ **مقارنات التكلفة** بين خيارات الطاقة النووية والمُتجدّدة غير مُمكنة بسبب عدم وجود تقديرات لتكلفة الطاقة النووية. إلّا أن اتفاقية شراء الطاقة الشمسية بنحو ١٦ دولاراً أميركياً/ ميغاوات ساعة الموقّعة في العام ٢٠١٦، تؤكّد على القدرة التنافسية للكهرباء الكهروضوئية في المنطقة.

البلدان التي يجرى التركيز عليها

تمثّل البلدان السبعة التالية التي يغطّيها هذا التقرير بالتفصيل ربع البلدان النووية حيث ينتشر نحو ثلثي أسطول المفاعلات العالمية. فيما يلي نعدّد الوقائع الأساسية لعام ٢٠١٩:

الصين. نما إنتاج الطاقة النووية بنحو ١٩,٢٪ في العام ٢٠١٩، وساهم بنحو ٤,٩٪ من مجمل الكهرباء المُنتجة في الصين، بارتفاع من ٤,٢٪ في العام ٢٠١٨. مع ذلك، لا تزال خطط التوسّع المستقبلي غير مؤكّدة.

فنلندا. بلغ إنتاج الطاقة النووية رقماً قياسياً جديداً في العام ٢٠١٩. تأجّل مشروع Olkiluoto-3 EPR مرّة أخرى، ووفقاً لإعلان صادر في نيسان/ أبريل ٢٠٢٠، لن يحدث أي "انتظام في إنتاج الكهرباء" قبل شباط/ فبراير ٢٠٢٢؛ وهو ما يشكّل نحو عامين من التأخير الإضافي منذ الإعلان السابق قبل عام واحد، وبعد ١٣ عاماً من تاريخ بدء التشغيل المُخطّط له[٩].

فرنسا. أنتجت المحطّات النووية طاقة أقل بنسبة ٣,٥٪ مقارنة مع العام ٢٠١٨، وشكّلت ٧٠,٦٪ من الكهرباء في البلاد، وهي أقل نسبة مُسجّلة في ٣٠ عاماً. أمّا حالات الانقطاع عند السعة الصفرية فقد راكمت ٥٥٨٠ مفاعل-يوم، أي أكثر من ٣ أشهر لكلّ مفاعل في المتوسّط. مُدِّدت جميع حالات الانقطاع في ٥٤ من أصل ٥٨ وحدة نووية إلى ما بعد المدة المُخطّط لها، ما أدّى إلى زيادة متوسّط الانقطاع بنسبة ٤٤٪. انتقد تقرير صادر عن ديوان المحاسبة عدم وجود إشراف حكومي على مشروع إنشاء Flamanville-3 EPR المتأخِّر ١٠ سنوات على الأقل عن الجدول الزمني المُحدّد أساساً، ما أعاد حساب التكلفة بأكثر من ٢٠ مليار يورو في العام ٢٠١٥ (أي ٢٠ مليار دولار بأسعار العام ٢٠٢٠) بما فيها التمويل.

٩ – شركة TVO للطاقة، «OL3 EPR regular production of electricity starts in February 2022»، بيان صحافي، ٢٨ آب/ أغسطس ٢٠٢٠، يمكن الاطلاع عليه عبر الرابط التالي: *https://www.tvo.fi/en/index/news/pressreleasesstockexchangereleases/2020/ol3eprregularproductionofelectricitystartsinfebruary2022.html*. تم الدخول إلى الرابط في ٤ أيلول/ سبتمبر ٢٠٢٠. وقد جاء الإعلان الأخير بعد الموعد النهائي لتحرير النصّ الرئيسي لهذا التقرير.

اليابان. أنتجت المحطّات النووية طاقة أكثر من أي عام آخر منذ بدء كارثة فوكوشيما في العام ٢٠١١، ووفّرت ٧,٥٪ من الكهرباء في العام ٢٠١٩. اعتباراً من منتصف العام ٢٠٢٠، أعيد تشغيل ٩ مفاعلات لكن هذا العدد لم يرتفع منذ منتصف العام ٢٠١٨. سُحِبت ٤ وحدات من الشبكة مُجدّداً في منتصف العام ٢٠٢٠ لأسباب مختلفة، ومن المتوقّع أن ينخفض إنتاج الطاقة بنحو النصف في العام ٢٠٢٠. إلى ذلك، اهتزّت الصناعة بفضيحة رشوة كبيرة شملت إدارة "كيبكو" ورئيسها.

كوريا الجنوبية. تعافى إنتاج الطاقة النووية بنسبة ٩٪، بعد انخفاض بنسبة ١٩٪ منذ العام ٢٠١٥، وبالتالي أمّن ٢٦,٢٪ من الكهرباء في البلاد. إلى ذلك، من المتوقّع أن يقلّل مشروع قانون الطاقة، الخاضع للمراجعة حالياً، دور الطاقة النووية لتوفّر نحو ١٠٪ فقط من الطاقة بحلول العام ٢٠٣٤ في حال اعتماده.

المملكة المتّحدة. انخفض الإنتاج النووي مرّة أخرى وأمّن ١٤٪ فقط من الطاقة في البلاد متراجعاً عن ١٧,٧٪ في العام ٢٠١٨. إن وحدات الأسطول المُتقادمة، التي يبلغ عمرها أكثر من ٣٦ عاماً في المتوسّط، تعاني من مشكلات فنية عدّة، لا سيّما الأضرار التي لا يمكن إصلاحها في أحجار الغرافيت الوسيطة، ما يؤدّي إلى انقطاعات مطوّلة في المفاعلات المتطوّرة المُبرّدة بالغاز (AGRs). إلى ذلك، صنّفت ٣ وحدات حديثاً ضمن فئة المفاعلات ذات الانقطاع الطويل الأمد. في المقابل، بدأ البناء رسمياً في Hinkley Point C-2، فيما لا تزال احتمالات البدء بمشاريع بناء جديدة أخرى غير مؤكّدة.

الولايات المتّحدة. سجّل الإنتاج في محطّات الطاقة النووية رقماً تاريخياً جديداً وصل بحدّه الأقصى إلى ٨٠٩ تيراوات ساعة (+١,٤ تيراوات ساعة)، فيما بقيت حصّتها في مزيج الطاقة أقل من ٢٠٪ (١٩,٧٪). إلى ذلك، إن الإنتاجية الممتازة لأسطول الولايات المتحدة القديم، والذي بلغ متوسّط عمره نحو ٤٠ عاماً، تُعدُّ مثيرة للاهتمام وتتعارض مع أداء البرامج القديمة الأخرى. أصدرت الهيئة التنظيمية النووية التمديد الأوّل لترخيص التشغيل لمدّه ٨٠ عاماً، لكن الوحدات النووية تواجه صعوبات مُتزايدة للمنافسة اقتصادياً في السوق. وقد مُنح دعم حكومي لـ ٤ محطّات نووية غير اقتصادية لتجنّب "إغلاقها المُبكر". بعد الكشف عن مخطّط فساد غير مسبوق في ولاية أوهايو، تورّط فيه رئيس مجلس النواب في الولاية، ربّما يتمّ توقيف أو عكس اثنتين من "عمليات الإنقاذ" المذكورة. إلى ذلك، لا تزال العديد من الوحدات الأخرى مُهدّدة بالإغلاق المُبكر لأسباب اقتصادية، وقد كُشِف عن سلسلة من القضايا الجنائية الأخرى المُتعلّقة بالصناعة النووية خلال الشهرين الماضيين[١٠].

المفاعلات الصغيرة الحجم والنمطية (SMRs)

بعد تقييم حالة تطوير مفاعلات صغيرة الحجم (SMR) وآفاقها في تقرير العامين ٢٠١٥ و٢٠١٧، لا تكشف المعطيات الواردة في تقرير هذا العام عن وجود تغييرات كبيرة.

الأرجنتين. بدأ إنشاء مشروع CAREM-25 منذ العام ٢٠١٤ وقد اكتمل بنسبة ٥٥٪. توقّفت أعمال البناء الكبيرة في تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٩ بسبب تأخّر المدفوعات والتغييرات في التصميم، فيما أدّى وباء كوفيد-١٩ إلى توقّف البناء بالكامل.

كندا. تبنّت ٣ حكومات إقليمية فكرة تعزيز المفاعلات الصغيرة للمجتمعات النائية وعمليات التعدين. يتم التحقيق في نماذج مختلفة، وتجري الآن دراسة الأثر البيئي للمفاعل عالي الحرارة التجريبي الأول المُقترح.

١٠ – حدثت هذه التطوّرات بعد انتهاء المهلة المُحدّدة لصياغة النص الأساسي من هذا التقرير. يمكن العودة إلى المقدّمة للتعرّف إلى جوهر هذه الحالات.

الصين. هناك مفاعل عالي الحرارة قيد التطوير منذ سبعينيات القرن الماضي، وأطلِقت عمليّات إنشائه منذ العام ٢٠١٢. تأخّر بدء التشغيل مرّات عدّة، لكن من المُقرّر أن يبدأ تشغيله في العام ٢٠٢١، بعد أربع سنوات من الموعد الأساسي.

الهند. كان تصميم مفاعل الماء الثقيل المتقدّم (AHWR) قيد التطوير منذ تسعينيات القرن الماضي، لكن إطلاق عمليات بنائه تتأخّر باستمرار، ولا توجد أخبار عنه منذ صدور تقرير «وضع الصناعة النووية العالمية» لعام ٢٠١٩.

روسيا. أخيراً ربُطِ «مفاعلان عائمان» بالشبكة في كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٩. بدأت عمليات البناء في العام ٢٠٠٧، واستغرقت ٤ أضعاف المدّة المُخطّط لها، فيما قُدِّرت التكاليف بنحو ٧٤٠ مليون دولار أميركي في العام ٢٠١٥ (ربّما تكون التقديرات أقل من الواقع) أو ١١,٦٠٠ دولار أميركي لكلّ كيلوات مركّب، وهو أغلى بكثير من أغلى مفاعلات الجيل الثالث.

كوريا الجنوبية. يُعدُّ مفاعل النظام المُتكامل المتقّدم (SMART) قيد التطوير منذ العام ١٩٩٧. حصل التصميم على موافقة هيئة السلامة في العام ٢٠١٢، لكن لا توجد رغبة واضحة لدى أي طرف في الدولة لبنائه كونه غير تنافسي من حيث الكلفة.

المملكة المتحدة. تُعدُّ Rolls-Royce الشركة الوحيدة المُهتمة بالمشاركة في مناقصة المفاعلات الصغيرة والمتوسّطة الحجم الحكومية، ولكنّها طلبت دعماً كبيراً يتضمّن الاستثمار في أحد المعامل. إلى ذلك، لا يزال التصميم الأوّلي للمفاعل في مرحلة مُبكرة جدّاً، ولكنّه ليس صغيراً إذ تصل قدرته إلى ٤٤٠ ميغاوات. في الأوّل من أيلول/ سبتمبر ٢٠٢٠، لم يخضع التصميم لأي اختبار من المُنظِّم.

الولايات المتحدة. موّلت وزارة الطاقة (DOE) بسخاء الشركات التي تروّج لتطوير مفاعلات صغيرة الحجم. لكن هناك تصميم واحد من NuScale وصل إلى المرحلة النهائية من عملية اعتماد التصميم[١١]. مع ذلك، حدّدت الهيئة التنظيمية النووية واللجنة الاستشارية لحماية المفاعلات بعض مشكلات الأمان المهمّة التي سوف يتعيّن حلّها في المستقبل.

بشكل عام، هناك القليل من الدلائل التي تشير إلى حصول تقدّم كبير في المفاعلات الصغيرة والمتوسّطة الحجم، سواء فيما يتعلّق بالتكنولوجيا أو بالجانب التجاري.

تقرير الوضع في فوكوشيما

مرّت أكثر من ٩ سنوات على حادثة محطّة فوكوشيما دايتشي للطاقة النووية، التي نتجت عن زلزال كبير ضرب شرق اليابان في ١١ آذار/ مارس ٢٠١١ (يشار إليه بـ ٣/١١ في التقرير) والأحداث التي لحقت به. لا يزال الوضع في الموقع غير مستقرّ، فضلاً عن وجود العديد من التحدّيات خارج الموقع.

التحدّيات في الموقع

بدأت عمليّة **إزالة الوقود المستنفد** من مجمع الوحدة ٣ في نيسان/ أبريل ٢٠١٩، وبعد مرور عام على بدء الأعمال لم تتم إزالة سوى خُمس كمية الوقود فقط، فيما لم تتجاوز الوحدتان ١ و٢ المرحلة التحضيرية.

١١ – الهيئة التنظيمية النووية الأمركية، «NRC Issues Final Safety Evaluation Report for NuScale Small Modular Reactor»، الهيئة التنظيمية النووية، ٢٨ آب/ أغسطس ٢٠٢٠، يمكن الاطلاع على التصميم عبر الرابط التالي: *www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/news/2020/20-043.pdf*، تمّ الدخول في ٤ أيلول/ سبتمبر ٢٠٢٠.

من المقرّر أن تبدأ **إزالة رواسب الوقود** في الوحدة ٢ بحلول العام ٢٠٢١، مع احتمال حدوث مزيد من التأخير.

إدارة المياه الملوّثة. يستمرّ حقن الماء لتبريد رواسب الوقود في الوحدات ١-٣. في الواقع، تنفد المياه الملوّثة من الحاويات المُتصدّعة إلى الطبقات السفلية حيث تختلط مع المياه التي اخترقت الأقبية من أحد الأنهار الجوفية. أدّى بدء تشغيل نظام تحويلي مخصّص وضخّ المياه الجوفية إلى تقليل تدفّق المياه من نحو ٤٠٠ متر مكعب/ اليوم إلى ١٧٠ متر مكعب/ اليوم. مع ذلك، زادت المياه الملوّثة التي ضخّت إلى ١٨٠ متر مكعب/ اليوم مجدّداً في السنة المالية ٢٠١٩. إلى ذلك، تُطهَّر كمّية مُعادلة من الماء جزئياً وتخزّن في خزانات بسعة ألف متر مكعب. بالتالي، هناك حاجة إلى خزّان جديد كلّ ٥,٥ يوماً. من المتوقّع أن تمتلأ السعة التخزينية في الموقع، والتي تبلغ نحو ١,٤ مليون متر مكعب، بحلول نهاية العام ٢٠٢٢. إلى ذلك، هناك نزاع واسع حول خطط رمي المياه الملوّثة في المحيط وما وراء البحار.

صحّة العمّال. اعتباراً من آذار/ مارس ٢٠٢٠، شارك ٧ آلاف عامل في إضراب في الموقع؛ ٨٧٪ منهم مقاولين من الباطن، و١٣٪ يعملون في شركة طوكيو للطاقة الكهربائية (طيبكو). إلى ذلك، تبيّن أن الحدّ الأقصى الفعّال والمقبول لأعداد المقاولين من الباطل هو أعلى بنحو ٨ مرّات من الحدّ الأقصى لموظّفي طيبكو.

التحدّيات خارج الموقع

من المشكلات الرئيسية خارج الموقع يبرز كلّ من مستقبل عشرات آلاف الأشخاص الذين أُجلِيوا، وتقييم العواقب الصحّية للكارثة، وإدارة النفايات الناجمة عن إزالة التلوّث والتكاليف المُترتبة عن ذلك.

قضايا قانونية. في أيلول/ سبتمبر ٢٠١٩، برّأت محكمة طوكيو ٣ من كبار المديرين السابقين في شركة طيبكو متهمين بإهمال مهني تسبّب بإصابة أو وفاة عاملين. نُدِّد بالحكم على نطاق واسع واعتبر مُعيباً، فيما قدّم محامو المدّعين استئنافاً أمام محكمة طوكيو العليا.

الإجلاء. في نيسان/ أبريل ٢٠٢٠، صُنِّف نحو ٣٩ ألفاً من سكّان محافظة فوكوشيما في فئة الأشخاص الذين أجليوا رسمياً، علماً أن هذا العدد لا يشمل الذين «أجليوا ذاتياً». وفقاً للمحافظة، وصل هذا العدد إلى ذروته في أيار/ مايو ٢٠١٢ حين سجّل ١٦٥ ألفاً. في المقابل، تعتزم الحكومة مواصلة رفع أوامر الحظر في البلديات المُتضرِّرة، لكن وفقاً لمسح حديث، عاد ١,٨٪ فقط من الناس إلى أوكوما تاون و٧,٥٪ إلى توميوكا تاون.

مشاكل صحية. تم تشخيص ٢٣٧ شخصاً مصاباً بورم خبيث أو يشتبه في إصابتهم بورم خبيث في الغدة الدرقية شباط/ فبراير ٢٠٢٠، وخضع ١٨٧ شخصاً منهم لعملية جراحية . في حين لم تُحدَّد رسمياً العلاقة السببية بين التعرّض للإشعاع والأمراض المرتبطة بفوكوشيما والآثار الناجمة عنها، أثيرت أسئلة عديدة حول آلية إجراء الاختبار ومعالجة المعلومات. مع ذلك، خلصت دراسة أجريت في العام ٢٠١٩ إلى أن "متوسّط معدّلات التعرّض للإشعاع في ٥٩ بلدية في محافظة فوكوشيما في حزيران/ يونيو ٢٠١١، ومعدّلات الكشف عن سرطان الغدة الدرقية بين تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١١ وآذار/ مارس ٢٠١٦ تظهِر وجود علاقات ذات دلالة إحصائية".

تلوّث الطعام. وفقاً للإحصاءات الرسمية، من بين أكثر من ٢٦٦ ألف عيّنة أُخِذت في العام ٢٠٢٠ المالية، حُدِّد نحو ١٥٧ عنصراً غذائياً ملوّثاً، وهو ما يتجاوز الحدود المسموح بها قانوناً. وبحلول آذار/ مارس ٢٠٢٠، بقيت قيود التي فرضت على الاستيراد بعد ١١/٣ سارية في ٢٠ بلداً (أقل بنحو ٣ بلدان مقارنة مع العام السابق).

معالجة التلوّث. حالياً يجري نقل التربة الملوّثة في منطقة التخزين المؤقّتة في محافظة فوكوشيما إلى مرافق تخزين وسيطة في ٨ مناطق. بحلول حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، شُحِن نحو ٥٦٪ من مجمل الكمية التي تبلغ ١٤ مليون متر مكعب، ومن المتوقّع معالجة التربة عبر مراحل مختلفة لتقليص حجمها قبل شحنها إلى مستودع نهائي.

تقرير عن وضع وقف التشغيل - ارتفاع التكاليف

مع وصول المزيد من المرافق النووية إلى نهاية عمرها التشغيلي المُحدّد مسبقاً أو إغلاقها بسبب تدهور الظروف الاقتصادية، أصبح إيقاف تشغيلها تحدّياً رئيسياً.

- بحلول منتصف العام ٢٠٢٠، أُغلق ١٨٩ مفاعلاً أي أكثر بـ ٨ مفاعلات مقارنة مع العام الذي سبق، ومن ضمنها ١٦٩ مفاعلاً في انتظار أو في مراحل مختلفة من إيقاف التشغيل.
- أوقِف تشغيل ٢٠ وحدة فقط بالكامل من الناحية الفنية، أي أكثر بوحدة واحدة مقارنة مع العام الماضي، من ضمنها: ١٤ في الولايات المتحدة، و٥ في ألمانيا، وواحدة في اليابان. ولاحقاً، أعيد ١٠ منها فقط إلى مواقع جديدة.

يبلغ متوسّط مدة عملية إيقاف التشغيل نحو ٢٠ عاماً، لكنّه يرواح بين نطاق واسع يمتدّ بين ٦ و٤٢ عاماً.

- لا يزال التقدّم في إيقاف تشغيل المشاريع في جميع أنحاء العالم بطيئاً. في فرنسا، دخل مفاعلا Fessenheim مرحلة الإحماء، فيما دخل Superphénix مرحلة الحالة الحرجة. في ألمانيا، تقدّمت ٤ مفاعلات إلى مرحلة الحالة الحرجة، في مقابل دخول مفاعل واحد في مرحلة الإحماء. في الولايات المتحدة، دخل مفاعلان في مرحلة الإحماء فيما أنهت محطة واحدة عملية إيقاف التشغيل فنياً.
- على الرغم من أنها إطلقت برامج الطاقة النووية مبكراً، إلا أن كلّ من كندا وفرنسا وروسيا والمملكة المتحدة لم يوقف تشغيل مفاعل واحد بشكل كامل حتى الآن.

الطاقة النووية مقابل انتشار الطاقة المُتجدّدة

قاومت عملية نشر الطاقة المُتجدّدة وإنتاجها تأثيرات جائحة كوفيد-١٩ بشكل أفضل من قطاع الطاقة النووية. في الربع الأول من العام ٢٠٢٠، زاد إنتاج الطاقة المُتجدّدة بنحو ٣٪، وكذلك حصّتها النسبية من الإنتاج العالمي بنحو ١,٥٪، في المقابل انخفض الإنتاج النووي بنحو ٣٪.

التكاليف. يُظهر تحليل تكلفة الطاقة المستوية (LCOE) أنه بين العامين ٢٠٠٩ و٢٠١٩، انخفضت تكاليف الطاقة الشمسية على نطاق المرافق بنسبة ٨٩٪، والرياح بنسبة ٧٠٪، فيما ارتفعت التكاليف النووية الجديدة بنسبة ٢٦٪. استمرت الفجوة في الاتساع بين العامين ٢٠١٨ و٢٠١٩.

استثمار. في العام ٢٠١٩، وللمرّة الثالثة بعد العامين ٢٠١٥ و٢٠١٧، تجاوز مجمل الاستثمار في الكهرباء المُتجدّدة ٣٠٠ مليار دولار أميركي، أي نحو عشرة أضعاف قرارات الاستثمار العالمية المُعلن عنها لبناء منشآت للطاقة النووية بسعة ٠,٨ غيغاوات بقيمة ٣١ مليار دولار أميركي. فضلاً

عن أن الاستثمار في الطاقة النووية شكّل أقل من ربع الاستثمار في طاقة الرياح (١٣٨ مليار دولار أميركي) والطاقة الشمسية (١٣١ مليار دولار أميركي) المُركّبة فردياً. إلى ذلك، لا تزال الصين أكبر مستثمر في مصادر الطاقة المُتجدّدة، إذ أنفقت ٨٣ مليار دولار أميركي في العام ٢٠١٩، أي بانخفاض بنسبة ٩٪ مقارنة مع العام ٢٠١٨.

القدرة المركّبة. في العام ٢٠١٩، أضيف رقم قياسي جديد إلى الشبكات العالمية وهو ١٨٤ غيغاوات (+٢٠ غيغاوات) من الطاقة المُنتجة من مصادر مُتجدّدة غير مائية. ساهمت طاقة الرياح بنحو ٥٩,٢ غيغاوات، والطاقة الشمسية الكهروضوئية بنحو ٩٨ غيغاوات، إلّا أن مجموعهما بقي أقل بقليل من المستويات المُحقّقة في العام ٢٠١٧، فيما حقّقت الطاقة النووية زيادة صافية بنحو ٢,٤ غيغاوات.

إنتاج الكهرباء. في العام ٢٠١٩، بلغ النمو السنوي لإنتاج الكهرباء العالمي من الطاقة الشمسية نحو ٢٤٪، في مقابل ١٣٪ لطاقة الرياح و٣,٧٪ للطاقة النووية، علماً أن نصفها أنتِج في الصين.

الطاقة منخفضة الكربون. بعدما وُقِّع على بروتوكول كيوتو بشأن تغيّر المناخ في العام ١٩٩٧، أنتِج نحو ١٤١٨ تيراوات ساعة إضافية من طاقة الرياح على مستوى العالم في العام ١٩٩٩، ونحو ٧٢٣ تيراوات ساعة من الكهرباء الكهروضوئية الشمسية، مقارنة مع ٣٩٤ تيراوات ساعة إضافية من الطاقة النووية. على مدى العقد الماضي، أضافت مصادر الطاقة المُتجدّدة غير المائية كيلواتات/ ساعة أكثر من الفحم أو الغاز، وضعف ما أنتجته الطاقة الكهرومائية، و٢٢ ضعف ما أنتجته المحطّات النووية.

الحصّة من مزيج الطاقة. بعد تحقيق أقوى نمو سنوي على الإطلاق، بلغت حصة مصادر الطاقة المُتجدّدة الجديدة (غير المائية) في إنتاج الطاقة نحو ١٠,٣٩٪، متجاوزة حصة الطاقة النووية (١٠,٣٥٪) للمرّة الأولى.

في الصين، بلغ إنتاج الكهرباء من طاقة الرياح نحو ٤٠٦ تيراوات ساعة، متجاوزاً إنتاج الطاقة النووية الذي بلغ ٣٣٠ تيراوات ساعة، في حين أن إنتاج الطاقة الشمسية بلغ ٢٢٤ تيراوات في الساعة.

في الهند، تجاوز إنتاج طاقة الرياح (٦٣ تيراوات ساعة) الإنتاج من الطاقة النووية مرّة أخرى. كذلك تجاوز الإنتاج من الطاقة الشمسية (٤٦ تيراوات ساعة) الإنتاج النووي (٤١ تيراوات ساعة) للمرّة الأولى.

في الاتحاد الأوروبي، بلغت قدرة الطاقة الشمسية المركّبة نحو ١٣٠ غيغاوات، وتجاوزت للمرّة الأولى قدرة الطاقة النووية التي بلغت ١١٦ غيغاوات . إلى ذلك، استمرّت طاقة الرياح بالتفوّق على الطاقة النووية منذ العام ٢٠١٤ موسّعة الفجوة بينهما. أمّا الإنتاج من مصادر الطاقة المُتجدّدة (بما في ذلك الطاقة المائية) فقد شكّل نحو ٣٥٪ من الكهرباء المُنتجة، فيما بلغت حصّة الطاقة النووية نحو ٢٥,٥٪ منها. في المقابل، تراجعت الكهرباء المُنتجة من الفحم الصلب بنسبة غير مسبوقة وبلغت ٣٢٪، وكذلك من طاقة الليغنيت بنسبة ١٦٪، فيما زادت الكهرباء المُنتجة من الغاز الطبيعي بنسبة ١٢٪. إلى ذلك، نما إنتاج طاقة الرياح بنسبة ١٤٪، والطاقة الشمسية بنسبة ٧٪، بينما انخفض إنتاج الطاقة النووية بنسبة ١٪.

في الولايات المتحدة، انخفض إنتاج الكهرباء من الفحم إلى أدنى مستوى له منذ ٤٢ عاماً. وفي نيسان/ أبريل ٢٠١٩، وللمرّة الأولى منذ العام ١٨٨٥، أنتج قطاع الطاقة المُتجدّدة (الطاقة المائية والعضوية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة الحرارية الأرضية) كهرباءً أكثر من الفحم النباتي المحروق. إلى ذلك، بقيت حصة الطاقة النووية مستقرّة لكن من المرجّح أن تنخفض القدرة النووية أكثر بعد إغلاق ٣ مفاعلات في العام ٢٠١٩ والنصف الأول من العام ٢٠٢٠، وتوقّع إغلاق المزيد من المفاعلات. في العام ٢٠١٩، بلغت القدرة الإنتاجية من طاقة الرياح المركّبة نحو ١٠٤ غيغاوات، وقد تجاوزت للمرّة الأولى الطاقة النووية المركبة التي بلغت ٩٨ غيغاوات. على مدى العقد الماضي، ضاعفت طاقة الرياح والطاقة الشمسية أربع مرّات حصتهما من إنتاج الكهرباء، فيما بقي الإنتاج من الطاقة النووية مستقراً.

لمحة عامّة حول العالم

إنتاج الطاقة النووية ودورها

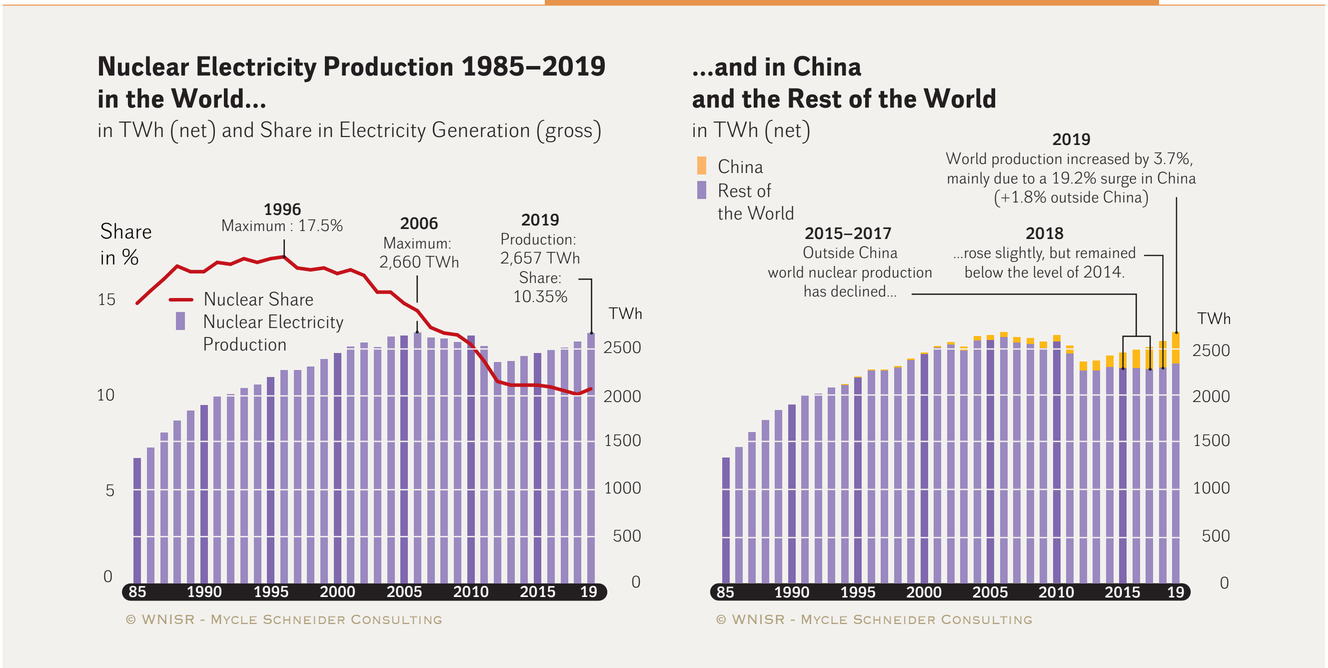
في العام ٢٠١٩، أنتج الأسطول النووي العالمي ٢٦٥٧ تيراوات/ ساعة (كلّ تيراوات ساعة توازي مليار كيلوات ساعة) من الكهرباء[١٢]، بزيادة بلغت ٣,٧٪ عن العام السابق، ويعود نصف هذا الارتفاع إلى زيادة الإنتاج النووي في الصين بأكثر من ١٩٪ - ونحو ٣ تيراوات ساعة فقط أقل من الذروة التاريخية المُسجّلة في العام ٢٠٠٦ (يمكن الاطلاع على الصورة ١). إلى ذلك، ارتفع إنتاج الطاقة النووية في العالم، من دون احتساب الصين، بشكل طفيف (+١,٨٪). وهو ما يوضح الأرقام استمرار هيمنة الصين على المؤشّرات الرئيسية في الإحصاءات النووية.

شهدت حصة الطاقة النووية من مجمل إنتاج الكهرباء التجاري العالمي تقطّعاً في انخفاضها البطيء ولكن المُطرد، إذ انخفضت من ذروة بلغت ١٧,٥٪ في العام ١٩٩٦، وصولاً إلى ١٠,١٥٪ في العام ٢٠١٨، قبل أن ترتفع بنسبة ٠,٢٪ وصولاً إلى ١٠,٣٥٪ في ٢٠١٩. إلى ذلك، سجّلت مصادر الطاقة المُتجدّدة غير المائية أقوى نمو سنوي على الإطلاق، فوفقاً للمراجعة الإحصائية السنوية لشركة بريتيش بتروليوم "تجاوزت حصتها في إنتاج الطاقة (١٠,٤٪) الطاقة النووية للمرة الأولى"[١٣].

١٢ – إن لم يذكر عكس ذلك، فإن كلّ الأرقام حول القدرة الإنتاجية النووية وإنتاج الكهرباء النووية تستند إلى وكالة الطاقة الذرية (IAEA)، نظام معلومات مفاعل الطاقة (PRIS) البيانات المتاحة إلكترونيا. يمكن الاطلاع عليها عبر الرابط التالي: *https://prisweb.iaea.org/Home/Pris.asp. Production figures are net of the plant's own consumption unless otherwise noted, from https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/NuclearShareofElectricityGeneration.aspx*..

١٣ – بريتيش بيتروليوم، «Statistical Review of World Energy 2020: a pivotal moment»، ١٧ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، يمكن الاطلاع عليه عبر الرابط التالي: *https://www.bp.com/en/global/corporate/newsand-insights/press-releases/bp-statistical-review-of-world-energy-2020-published.html*. تمّ الدخول في ٢٦ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

الصورة ١ - إنتاج الكهرباء النووية في العالم ... والصين



المصادر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، بريتيش بتروليوم، الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، ٢٠٢٠.

بقيت المساهمة النووية في إنتاج الطاقة الأولية التجارية مستقرّة عند ٤,٣٪. وهو المستوى نفسه تقريباً منذ العام ٢٠١٤[١٤].

في العام ٢٠١٩، زاد الإنتاج النووي في ١٩ من أصل ٣١ بلداً يشغّل مفاعلات تجارية، وانخفض في ٨ بلدان، وبقي مستقراً في ٤ بلدان[١٥]. حقّقت ٨ بلدان (الأرجنتين، والبرازيل، والصين، وفنلندا، والمجر، والهند، وروسيا، والولايات المتحدة) أكبر إنتاج نووي لها على الإطلاق. وبما أن هناك بلدين فقط من ضمن هذه البلدان بدآ في تشغيل وحدات جديدة (الصين وروسيا)، فإن البلدان الأخرى عمدت على إعادة تشغيل المفاعلات بعد فترات انقطاع طويلة، وتخلّل ذلك في بعض الأحيان إجراء إصلاحات كبيرة بما في ذلك زيادة السعة أو تحسين أدائها من خلال إدارة أفضل للمصانع.

توضح التطوّرات التالية الجديرة بالملاحظة لعام ٢٠١٩ الوضع التشغيلي المستمرّ بالتقلّب لأساطيل المفاعلات الوطنية (للمزيد من التفاصيل يمكن الاطلاع على الأقسام الخاصّة بكلّ بلد):

- عزّزت الأرجنتين إنتاجها بنسبة ٢٣٪ تقريباً بعد عودة أحد مفاعلاتها الثلاثة (Embalse) إلى الخدمة بعد انقطاع دام لمدة ٤ سنوات ونصف السنة خضع خلالها للتجديد.
- زاد الإنتاج النووي في بلجيكا بنسبة ٥٢٪ بعد انخفاض بنسبة ٣٢٪ في العام ٢٠١٨ بسبب تمديد فترات الانقطاع عن التشغيل للقيام بأعمال الصيانة والإصلاح والتحديث.
- بدأت الصين في تشغيل وحدتين جديدتين فقط على الرغم من ربط ٧ مفاعلات بالشبكة في العام ٢٠١٨، وهو ما ساعد على زيادة الإنتاج بنسبة ١٩,٢٪ في العام ٢٠١٩.

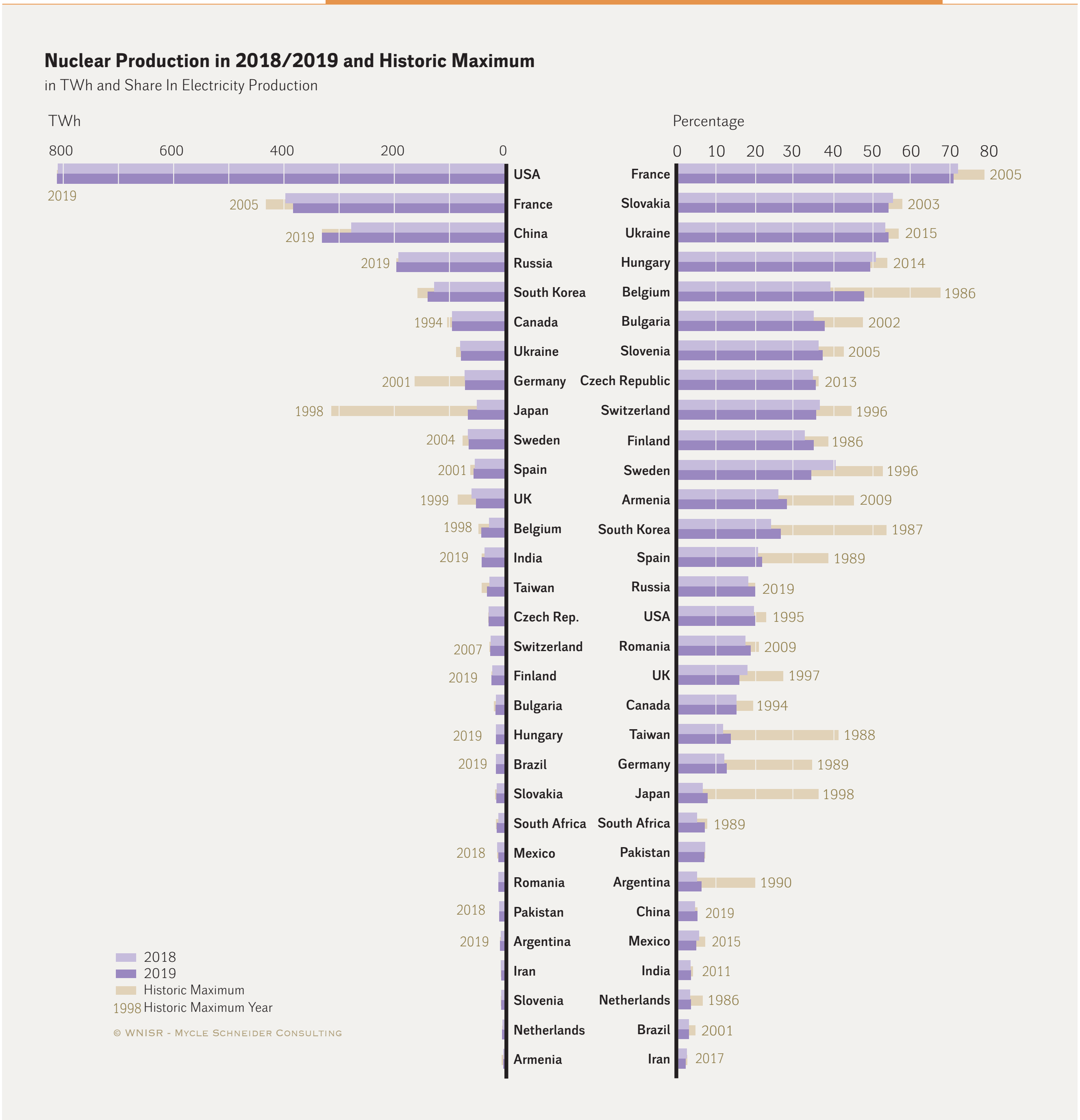
١٤ – المرجع نفسه. زاد استهلاك الغاز الطبيعي بنسبة ٢٪، واستهلاك النفط بنسبة ٠,٩٪، بينما انخفض استهلاك الفحم بنسبة ٠,٦٪ وهي أدنى حصّة من استهلاك الطاقة في ١٦ عاماً. استحوذت الصين على ثلاثة أرباع نمو المتواضع في الاستهلاك العالمي للطاقة الاولية والذي بلغ ١,٣٪، فيما سجّل كلّ من الولايات المتحدة وألمانيا الانخفاض الأكبر.

١٥ – تغيير بأقل من ١٪ مقارنة مع العام الماضي.

- انخفض الإنتاج النووي في فرنسا بنسبة ٣,٤٪ ليبقى أقل من ٤٠٠ تيروات ساعة للعام الرابع على التوالي، وهو واقع سُجِّل مرّة واحدة فقط خلال السنوات الـ١٥ المُمتدّة بين العامين ٢٠٠١ و٢٠١٥، وذلك في أعقاب أزمة العام ٢٠٠٩ (يمكن الاطلاع على القسم الخاصّ بفرنسا).
- زادت الهند الإنتاج النووي بما يزيد عن ١٥٪ بعد سنوات عدّة من الركود، وحقّقت عامل تحميل سنوي بنحو ٧٤٪ مقارنة مع عامل تحميل بنسبة ٦٠٪ طوال فترة خدمة مفاعلاتها.
- على الرغم من أن اليابان أعادت تشغيل ٤ وحدات نووية في العام ٢٠١٨ ووصل مجمل عدد المفاعلات العاملة فيها إلى ٩، إلّا أنها لم تشغِّل أي وحدات إضافية في العام ٢٠١٩، بل عزّزت إنتاجها بنحو الثلث.
- وصلت روسيا إلى ذروة جديدة في إنتاج الكهرباء النووية وتفوّقت على الصين في عدد الشركات الناشئة خلال العام (٣ شركات روسية مقابل شركتين صينيتين).
- زادت كوريا الجنوبية إنتاجها النووي بنسبة ٩,٢٪ بعد انخفاض بنسبة ١٠٪ في العام ٢٠١٨. وعلى الرغم من ربط مفاعل جديد بالشبكة في نيسان/ أبريل ٢٠١٩، إلّا أن البلاد لم تعد إلى مستويات الإنتاج التي حقّقتها في العام ٢٠١٧.
- زادت جنوب إفريقيا الإنتاج بنسبة ٢٨,٤٪ ولكنها لم تستطع تعويض الانخفاض المُسجّل في العام السابق والذي بلغ ٢٩,٨٪.
- انخفض الإنتاج النووي في المملكة المتحدة بنسبة ١٣,٧٪، بسبب الانقطاعات المُتكرّرة والطويلة في بعض مفاعلاتها.
- حسّنت الولايات المتحدة أعلى مستوى إنتاج نووي وصلته في العام ٢٠١٨، عبر زيادة ١,٣ تيراوات ساعة جديدة (٠,٢٪) في العام ٢٠١٩. وعلى الرغم من أن هذه الزيادة لا تزال هامشية، لكنّها تُعدُّ إنجازاً ملحوظاً خصوصاً مع إغلاق مفاعلين خلال العام (Pilgrim-1 في نيسان/ أبريل وThree-Mile-Island-2 في أيلول/ سبتمبر) ومن دون بدء تشغيل أي مفاعل جديد منذ العام ٢٠١٦. إلى ذلك، وصل متوسّط عمر الأسطول النووي الأميركي إلى ٤٠ عاماً في العام ٢٠٢٠، لكن إنتاجية المفاعلات لا تزال مذهلة ولا تعاني من أية صعوبات مرتبطة بتقادمها إسوة بالبلدان الأخرى[١٦].

١٦ – لا يناقش هذا التقرير مسألة ما إذا كان الأداء يعود جزئياً إلى متطلبات الأمان والأمن وإذا كانت أقل مقارنة مع المتطلبات المطبّقة في الدول النووية الأخرى. لكن الفارق في الإنتاجية مع دول مثل فرنسا والمملكة المتحدة صاعق بالفعل، ففيما حقّقت الولايات المتّحدة عامل تحميل يزيد عن ٩٠٪ في العام ٢٠١٩، بقيت فرنسا والمملكة المتحدة تحت الـ ٧٠٪ بسبب الانقطاعات الواسعة في عمليات التجديد

الصورة ٢ - إنتاج الكهرباء النووية والحصّة من إنتاج الطاقة العالمية



المصادر: الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة،
والمصادر الوطنية لألمانيا وسويسرا، ٢٠٢٠.

مع استقرار ملحوظ، أنتجت البلدان الخمس الكبرى المولّدة للطاقة النووية – وهي بالترتيب: الولايات المتّحدة، وفرنسا، والصين، وروسيا، وكوريا الجنوبية - نحو ٧٠٪ من مجمل الكهرباء النووية في العالم في العام ٢٠١٩ إسوة بالسنوات السابقة (يمكن الاطلاع على الصورة ٢، الجانب الأيسر). في العام ٢٠٠٢، احتلّت الصين المركز الـ١٥، وفي العام ٢٠٠٧ احتلّت المركز العاشر، قبل أن تصل إلى المركز الثالث في العام ٢٠١٦. مع وجود ١٥ مفاعلاً آخر قيد الإنشاء، من المُحتمل أن تتفوّق الصين على فرنسا في غضون السنوات القليلة المُقبلة. في غضون ذلك، استحوز أكبر بلدين، أي الولايات المتحدة وفرنسا، وحدهما على ٤٥٪ من الإنتاج النووي العالمي في العام ٢٠١٩.

في كثير من الحالات، لم تواكب زيادة إنتاج الطاقة النووية مجمل الزيادات في إنتاج الكهرباء حتّى عندما ارتفع إنتاجها في السابق، وهو ما أدّى إلى استحوازها على حصّة أقل من الحدّ الأقصى التاريخي (يمكن الاطلاع على الصورة ٢، الجانب الأيمن). تمكّن بَلَدَان فقط، وهما الصين وروسيا، من الوصول إلى ذروة تاريخية جديدة في حصّة الطاقة النووية من مزيج الطاقة الخاصّ بكلّ منهما، لكن مع زيادات طفيفة تمثّلت بـ٠,٧٪ في الصين (لتصل حصّة الطاقة النووية من مجمل مزيج الطاقة إلى ٤,٩٪) و١,٨٪ في روسيا (التي وصلت حصّة الطاقة النووية فيها من مجمل مزيج الطاقة إلى ١٩,٧٪).

مع ذلك، رفع ١٢ بلداً حصّته النووية في العام ٢٠١٩ – وهو ما يشكّل ٣ أضعاف عدد البلدان في العام ٢٠١٨ –فيما بقي ١٣ بلداً عند مستوى ثابت (تغيير بأقل من ١٪)، فيما خفضت ٦ بلدان حصصها النووية.

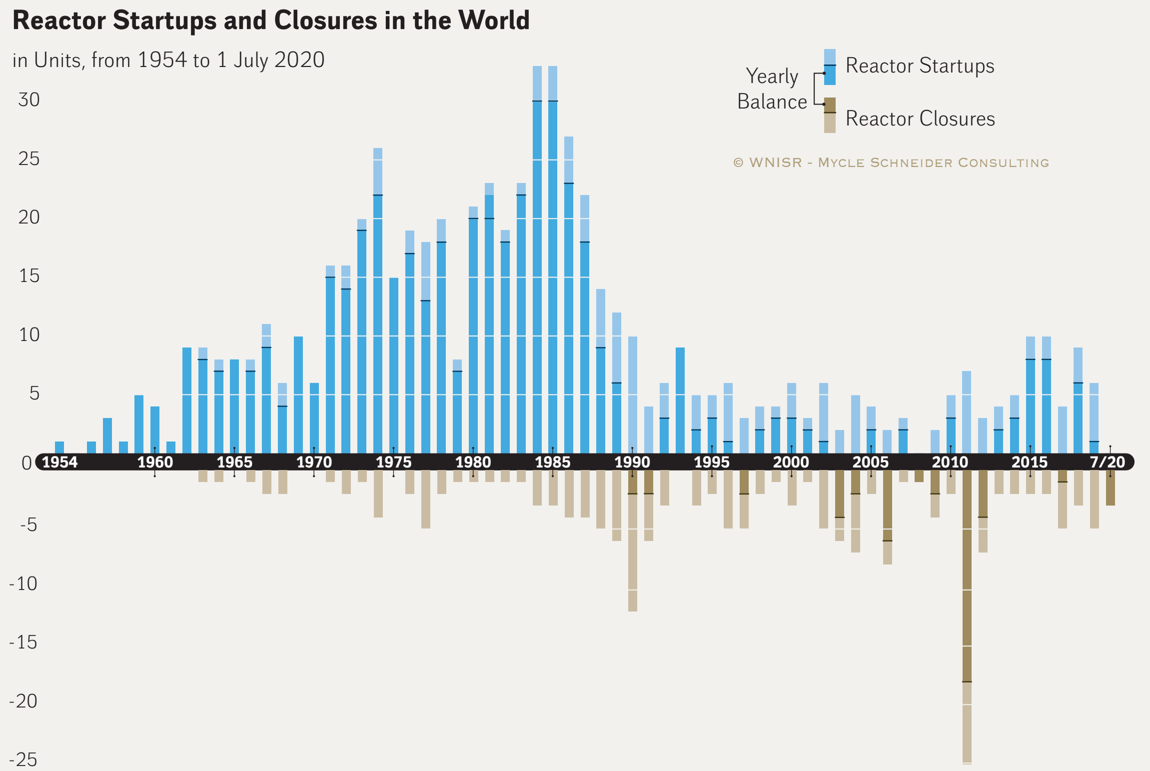
التشغيل وإنتاج الطاقة والتوزّع وفقاً للعمر

منذ ربط مفاعل الطاقة النووية الأوّل بشبكة الطاقة السوفيتية في أوبنينسك في العام ١٩٥٤، برزت موجتان رئيسيتان من عمليّات ربط مفاعلات جديدة بالشبكة. بلغت الموجة الأولى ذروتها في العام ١٩٧٤ مع ربط ٢٦ مفاعلاً جديداً بالشبكة، أمّا الموجة الثانية فقد سجّلت الحدّ الأقصى تاريخياً في العامين ١٩٨٤ و١٩٨٥، قبل حادث تشيرنوبيل مباشرة، حين رُبِط ٣٣ مفاعلاً بالشبكة في كلّ عام. بحلول نهاية الثمانينيات لم يعد يُسجّل أي زيادة صافية في عدد الوحدات العاملة، وفي العام ١٩٩٠ فاق عدد المفاعلات التي أغلقت[١٧] عدد المفاعلات الناشئة للمرّة الأولى. بين العامين ١٩٩١ و٢٠٠٠ تجاوز عدد الوحدات العاملة التي أدخلت حديثاً إلى الشبكة عدد الوحدات المُغلقة (٥٢/٣٠)، لكن بين العامين ٢٠٠١ و٢٠١٠ لم يواكب عدد الوحدات الناشئة حديثاً عدد الوحدات المُغلقة (٣٢/٣٧). فضلاً عن ذلك، استغرق الأمر عقداً كاملاً بعد العام ٢٠٠٠ لربط وحدات جديدة بالشبكة بالعدد نفسه الذي كان يسجّل في عام واحد في منتصف الثمانينيات (يمكن الاطلاع على الصورة ٣). بين العامين ٢٠١١ ومنتصف ٢٠٢٠، بدأ تشغيل ٥٨ مفاعلاً جديداً – من ضمنها ٣٥ مفاعلاً (أي ٦٠٪) في الصين وحدها – متجاوزاً عدد المفاعلات التي أُغلِقت خلال الفترة نفسها باثنين فقط (٥٦ مفاعلاً). إلى ذلك، ونظراً لعدم إغلاق أي مفاعل في الصين خلال هذه الفترة، يتبيّن أن مقابل المفاعلات الـ٥٦ التي أُغلِقت خارج الصين لم يتم تشغيل سوى ٢٣ مفاعلاً جديداً، وهو ما يعبّر عن انخفاض كبير بنحو ٣٣ وحدة خلال هذه الفترة. (يمكن الاطلاع على الصورة ٤).

بعد تشغيل ١٠ مفاعلات جديدة في كلّ من العامين ٢٠١٥ و ٢٠١٦، تراجع العدد إلى ٤ وحدات فقط في العام ٢٠١٧، ٣ منها في الصين وواحدة في باكستان (بنتها شركات صينية). في العام ٢٠١٨، بدأت ٩ مفاعلات بإنتاج الطاقة للمرّة الأولى من ضمنها ٧ في الصين ٢ في روسيا، فيما أُغلِقت ٣ وحدات: ٢ في روسيا وواحدة في الولايات المتّحدة. في العام ٢٠١٩، رُبِطت ٦ وحدات جديدة بالشبكة من ضمنها ٣ في روسيا و٢ في الصين وواحدة في كوريا الجنوبية، فيما أُغلِقت ٥ وحدات: ٢ في الولايات المتحدة وواحدة في كلّ من ألمانيا والسويد وسويسرا (يمكن الاطلاع الصورة ٤).

١٧ – في تقرير وضع الصناعة النووية العالمية لعام ٢٠١٩، أدخلنا مصطلح «الإغلاق» للتعبير عن إغلاق المفاعلات بشكل دائم، ولتجنّب الالتباس مع استخدام مصطلح «إطفاء» الذي يعبّر عن الفصل المؤقّت عن الشبكة لأغراض الصيانة أو التزوّد بالوقود أو التحديث أو بسبب الحوادث. ووفقاً للتقرير يبدأ الإغلاق عند الانفصال عن الشبكة – وليس عند اتخاذ القرار الصناعي أو السياسي أو الاقتصادي بذلك - وبما أن الوحدات لم تنتج الطاقة لسنوات عدّة، تعتبر إحصاءات «تقرير وضع الصناعة النووية العالمية» أنها أُغلِقت في آخر عام أنتجت فيه طاقة.

الصورة ٣ - مفاعلات الطاقة النووية التي رُبِطت بالشبكة وأُغلِقت في العالم



المصدر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، ٢٠٢٠.

ملاحظة:

اعتباراً من العام ٢٠١٩، يستخدم تقرير وضع الصناعة النووية العالمية مُصطلح «مُغلق» بدلاً من «إيقاف التشغيل الدائم» للمفاعلات التي توقّفت عن إنتاج الطاقة، إذ يعتبر التقرير أن المفاعلات مُغلقة اعتباراً من تاريخ آخر إنتاج لها. على الرغم من أن هذا التعريف ليس جديداً، إلّا أنه لم يطبّق على جميع المفاعلات ولم ينعكس بالكامل في قاعدة بيانات تقرير وضع الصناعة النووية العالمية؛ وهو ما ينطبق على الأمثلة المعروفة مثل Superphénix td فرنسا الذي لم ينتج طاقة في العامين اللذين سبقا إغلاقه رسمياً، أو المفاعلات الإيطالية التي أُغلِقت بحكم الواقع قبل الاستفتاء في العام ١٩٨٧، وغيرها من الحالات الأخرى. من الواضح أن هذه التغييرات تؤثّر على العديد من الأرقام المُتعلقة بأسطول المفاعلات النووية العالمية (بدء التشغيل والإغلاق، تطوّر الأسطول العالمي، عمر المفاعلات المُغلقة، وغيرها).

لم تُربط أي وحدة جديدة بشبكات الطاقة العالمية في النصف الأوّل من العام ٢٠٢٠[١٨]، بما في ذلك في الصين التي لم تبدأ بتشغيل أي وحدة جديدة منذ منتصف العام ٢٠١٩[١٩]، وهو ما لم يحدث منذ كارثة فوكوشيما في العام ٢٠١١ حين لم يبدأ تشغيل أي مفاعل جديد في الصين لمدة عام كامل[٢٠].

أُغلِقت ٣ مفاعلات بحلول منتصف العام ٢٠٢٠ وهما أقدم وحدتين في فرنسا (Fessenheim-1 و Fessenheim-2) ووحدة في الولايات المتحدة (Indian Point-2).

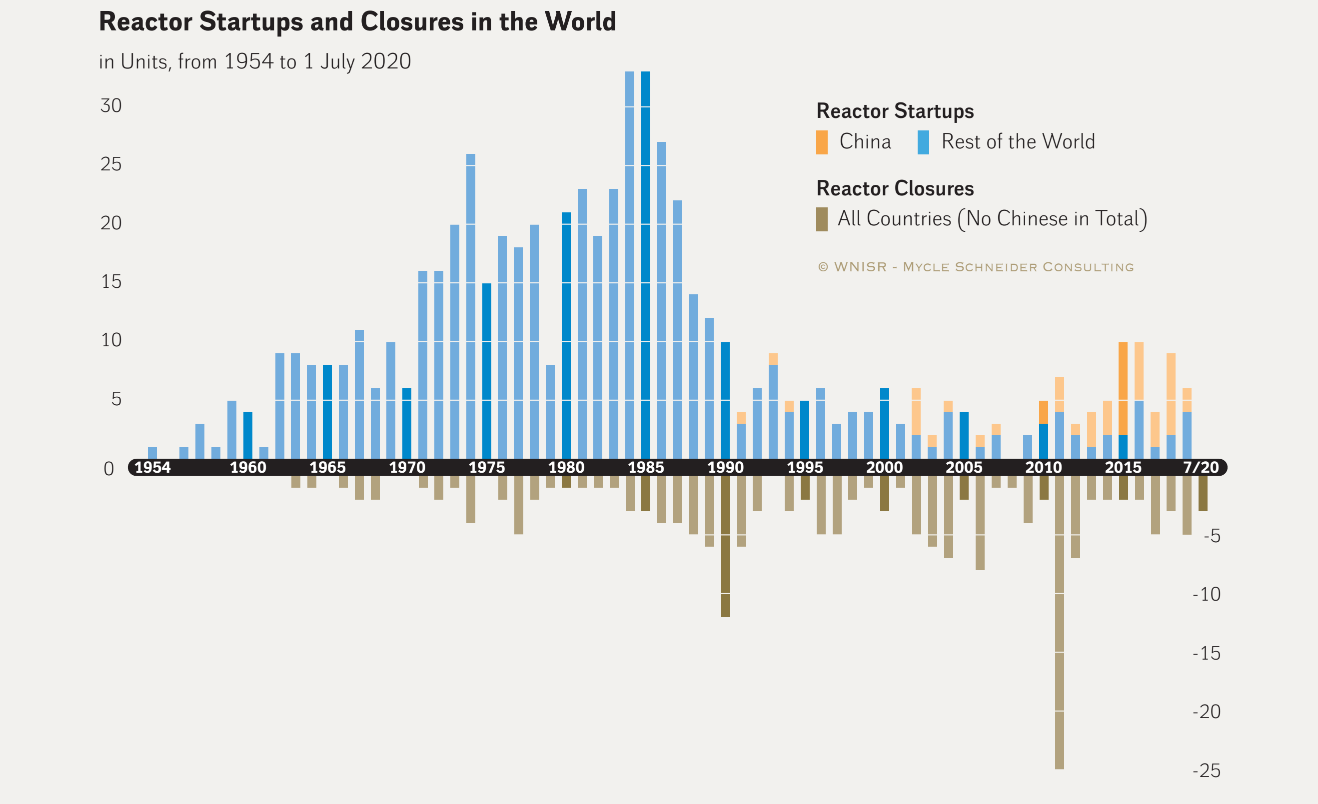
١٨ – بدأ تشغيل وحدتين في آب/ أغسطس ٢٠٢٠، واحدة في الصين والثانية في الولايات المتّحدة.

١٩ – تمّ إيصال Tianwan-5 بالشبكة في ٨ آب/ أغسطس ٢٠٢٠. يمكن الاطلاع على تقرير وضع الصناعة النووية العالمية «First Reactor Grid Connection in the World in 2020—in China»، ١٣ آب/ أغسطس ٢٠٢٠ عبر الرابط التالي: https://www.worldnuclearreport.org/First-Reactor-Grid-Connection-in-the-World-in-2020-in-China.html، تم الدخول في ٢٢ آب/ أغسطس ٢٠٢٠.

٢٠ – تم إيصال Quinshan2-4 بالشبكة في ٢٥ تشرين الثاني/ نوفمبر، وأُتبع بإيصال Ningde-1 في ٢٨ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٢.

اعتباراً من منتصف العام ٢٠٢٠، أحصت الوكالة الدولية للطاقة الذرية ٣٣ وحدة في اليابان من أصل ٤٤٠ مفاعلاً «قيد التشغيل» في العالم (وهو ما يشكّل انخفاضاً كبيراً بنحو ١١ مفاعلاً مقارنة بمنتصف العام ٢٠١٩). في الواقع، أحصت الوكالة الدولية للطاقة الذرية في اليابان أربع وحدات «عاملة» أقل مقارنة مع منتصف العام ٢٠١٩ لا سيّما بعد تصنيف مفاعلات Fukushima Daini الأربعة بحكم المُغلقة[٢١]، وهو تصنيف اتبعه تقرير وضع الصناعة النووية العالمية منذ العام ٢٠١٢، لا سيّما أن احتمال إعادة تشغيلها كان معدوماً نظراً لوقوعها وسط المنطقة المعزولة على بعد ١٥ كيلومتراً من موقع كارثة Fukushima Daiichi. إلى ذلك، لم تنتج كهرباء نووية في اليابان بين أيلول/ سبتمبر ٢٠١٣ وآب/ أغسطس ٢٠١٥، وفي الأول من تموز/ يوليو ٢٠٢٠، كان هناك ٩ مفاعلات عاملة فقط (يمكن الاطلاع على القسم الخاصّ باليابان)، وهو الرقم نفسه المُسجّل في منتصف العام ٢٠١٩. عملياً، أمّنت المحطّات النووية ٧,٥٪ فقط من الكهرباء في اليابان في العام ٢٠١٩.

الصورة ٤ - مفاعلات الطاقة النووية المربوطة بالشبكة والمُغلقة - تأثير الصين المُتباطئ



المصادر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، ٢٠٢٠.

يستمرّ تقرير الصناعة النووية العالمية في تكرير دعوته لإعادة النظر في الإحصاءات النووية العالمية عن الوضع الفريد في اليابان، خصوصاً أن الموقف الذي اتخذته الوكالة الدولية للطاقة الذرية، والحكومة اليابانية، والمرافق والصناعة والعديد من الهيئات البحثية النووية، بالإضافة إلى الحكومات والمنظّمات الأخرى لمواصلة اعتبار أسطول المفاعلات المعلّقة بالكامل في البلاد على أنها «قيد التشغيل» أو «عاملة» هو موقف مُضلِّل.

٢١ – الوكالة الدولية للطاقة الذرية (Power Reactor Information System» ،(IAEA»، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، من دون تاريخ، الرابط: *https://pris.iaea.org/pris/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=JP*، تم الدخول في ٢٢ آب/ أغسطس ٢٠٢٠.

في الواقع، أدرجت الوكالة الدولية للطاقة الذرية فئة لحالة هذه المفاعلات تطلق عليها «الإغلاق طويل الأجل» (LTS)[٢٢]. بموجب تعريف الوكالة الدولية للطاقة الذرية، يُصنّف المفاعل في هذه الخانة إذا أُغلِق «لفترة مطوّلة (عادة أكثر من عام واحد)»، بحيث لا يتم «السعي الحثيث» خلال فترة الإغلاق المُبكرة لإعادة تشغيله أو «لا يتمّ تحديد تاريخ ثابت لإعادة التشغيل أو جدولة عملية التعافي». حالياً، لا تدرج الوكالة الدولية للطاقة الذرية أي مفاعل ضمن هذه الفئة.

تُعدُّ معايير الوكالة الدولية للطاقة الذرية غامضة، وبالتالي عرضة للتقويل والتفسير الاستنسابي. فعلياً ما هي الفترات المطوّلة؟ أو السعي الحثيث؟ أو تاريخ إعادة التشغيل الثابت أو جدولة عملية التعافي؟ في مواجهة هذه المعضلة، قرّر فريق تقرير وضع الصناعة النووية العالمية استحداث فئة جديدة للمفاعلات في العام ٢٠١٤، وفقاً لتعريف بسيط وبالاستناد إلى حقيقة تجريبية من دون ترك أي مجال للتكهّنات. من هنا، يُعرّف «الانقطاع طويل الأجل» (LTO) وفقاً للآتي:

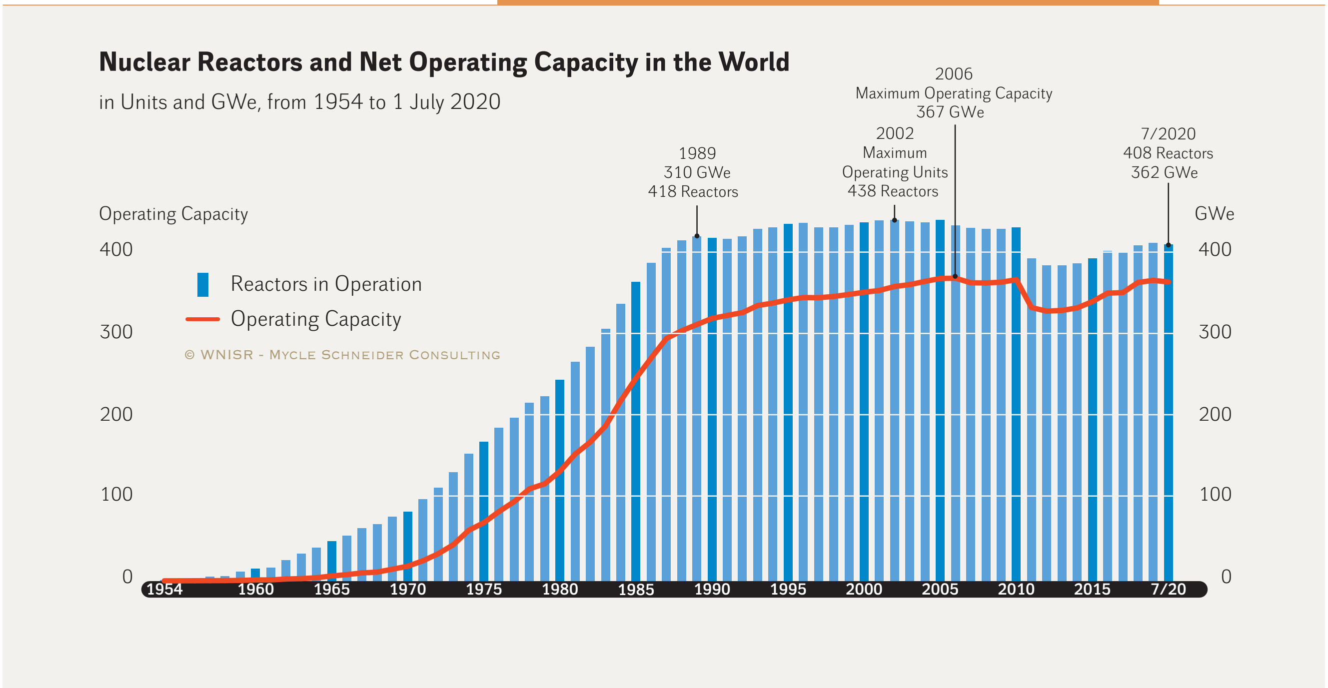
> يُعتبر المفاعل النووي في حالة انقطاع طويل الأجل (LTO) إذا لم يُنتج الكهرباء في السنة السابقة لتاريخ كتابة التقرير وفي النصف الأول من السنة التي يُكتب فيها، وبالتالي يسحب من فئة «الوضع التشغيلي» مع تطبيق أثر رجعي بدءاً من تاريخ فصله عن الشبكة.

عندما يُتخذ قرار إغلاق المفاعل، يصنّف في فئة «حالة الإغلاق» بدءاً من اليوم الأخير الذي أنتج فيه كهرباء، وتعدّل إحصاءات تقرير وضع الصناعة النووية العالمية بأثر رجعي وفقاً لذلك.

في الواقع، يؤدّي تطبيق هذا التعريف على أسطول المفاعلات النووية العالمي إلى تصنيف ٣١ وحدة في فئة «الانقطاع طويل الأجل (LTO) وفقاً لأرقام تموز/ يوليو ٢٠٢٠ – في المقابل، تعتبر الوكالة الدولية للطاقة الذرية كلّ المفاعلات «قيد التشغيل» – أي أكثر بـ ٣ وحدات بالمقارنة مع تقرير العام ٢٠١٩، من ضمنها ٢٤ وحدة في اليابان (من دون تغيير) وواحدة في الصين (مفاعل الصين التجريبي السريع – CEFR). أيضاً أدرِجَت ٣ وحدات في المملكة المتّحدة ضمن هذه الفئة (Dungeness-B1، Hunterston-B1، وDungeness-B2)، وواحدة في كلّ من الهند (Madras-1) وكوريا الجنوبية (Hanbit-3 مع بقاء Hanbit-4 في فئة «الانقطاع الطويل الأجل»(. إلى ذلك، أعيد تشغيل مفاعل واحد في كندا (Darlington-2) كان مُصنّفاً في فئة «الانقطاع الطويل الأجل» منذ منتصف العام ٢٠١٩، فيما انتقلت وحدة نووية في تايوان (Chinshan-2) من فئة «الانقطاع الطويل الأجل» إلى فئة «الإغلاق».

٢٢ – يمكن الإطلاع على قائمة مصطلحات الوكالة الدولية للطاقة الذرية عبر الرابط التالي: *www.iaea.org/pris/Glossary.aspx*. تم الدخول في ١ تموز/ يوليو ٢٠١٦.

الصورة ٥ - أسطول المفاعلات النووية العالمية، ١٩٥٤-٢٠٢٠



المصادر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، ٢٠٢٠.

ملاحظة:
إن التغييرات الواردة في قاعدة البيانات المُتعلّقة بمواعيد إغلاق المفاعلات أو حالة «الانقطاع الطويل الأجل» تعدّل بشكل طفيف شكل الرسم البياني مقارنة مع الإصدارات السابقة. من أبرز هذه التغييرات نذكر «السعة التشغيلية القصوى» السابقة لعام ٢٠٠٦ (التي تم تجاوزها في تموز/يوليو ٢٠١٩) وتبلغ الآن ٣٦٧ غيغاواط.

في الأول من تموز/يوليو ٢٠٢٠، كان هناك ٤٠٨ مفاعلات نووية عاملة في ٣١ بلداً، بانخفاض ٩ وحدات مقارنة مع منتصف العام ٢٠١٩[٢٣]. يبلغ مجمل القدرة الإنتاجية الصافية الاسمية للأسطول العالمي الحالي نحو ٣٦٢ غيغاواط، بانخفاض بنحو ٧,٥ غيغاواط (-٢,١٪) عن العام السابق. إلى ذلك، بقي عدد المفاعلات العاملة أقل بـ ١٠ مفاعلات مقارنة مع العام ١٩٨٩، وأقل بنسبة ٣٠٪ مقارنة مع الذروة المُحقّقة في العام ٢٠٠٢ (يمكن الاطلاع على الصورة ٥). مع إغلاق ٣ مفاعلات في النصف الأول من العام ٢٠٢٠ ومن دون بدء تشغيل أي وحدة جديدة، وتصنيف ٤ وحدات أخرى في خانة «الانقطاع الطويل الأجل»، انخفض عدد الوحدات العاملة وقدرتها الإنتاجية المُركّبة منذ نهاية العام ٢٠١٩.

لسنوات عديدة، استمرّت القدرة الإنتاجية المُركّبة الصافية في الارتفاع أكثر من صافي عدد المفاعلات العاملة، ويعود ذلك إلى التأثيرات المُجمّعة للوحدات الأكبر التي تحلّ مكان الوحدات الأصغر. من هنا، كان متوسّط حجم المفاعل النووي العامل في العام ١٩٨٩ نحو ٧٤٠ ميغاواط وارتفع إلى نحو ٨٩٠ ميغاواط في العام ٢٠٢٠. إلى ذلك، ساهمت التعديلات التقنية، أو ما يُعرف بالتحديث[٢٤]، في زيادة القدرة الإنتاجية في المحطّات القائمة وبالتالي زيادة إنتاج الكهرباء. في الولايات المتحدة وحدها، وافقت الهيئة التنظيمية النووية (NRC) على ١٦٤ عملية تحديث منذ العام ١٩٧٧. فضلاً عن أن قدرة مجمل عمليّات التحديث والتطوير التراكمية المُعتمدة في الولايات المتحدة

٢٣ – بدء تشغيل وحدتين، بالإضافة إلى إعادة تشغيل وحدة نووية، مع تصنيف ٥ وحدات جديدة في حالة «الانقطاع الطويل الأجل» وإغلاق سبع وحدات.

٢٤ – زيادة القدرة الإنتاجية للمفاعل النووي من خلال تطوير وتحديث المعدّات أي زيادة مولّدات بخارية وتوربينات أكثر قوّة.

تصل إلى نحو ٧,٩ غيغاوات أي ما يعادل قدرة ٨ مفاعلات كبيرة[٢٥]. في المقابل، لم تتمّ الموافقة على إجراء تحديثات إضافية منذ نيسان/ أبريل ٢٠١٨، وكذلك لا توجد طلبات مُعلّقة منذ منتصف العام ٢٠٢٠. في الواقع، كان من المتوقّع إجراء ٤ تحديثات إضافية في العام ٢٠١٩ وهو ما لم يحصل.

برز اتجاه مماثل في أوروبا لناحية زيادة عملية التحديث والإصلاحات الرئيسية في أعقاب تمديد فترة خدمة المفاعلات الحالية. أمّا الحافز الرئيسي لتمديد فترة الخدمة فهو اقتصادي، على الرغم من أن هذه الحجّة تواجه تحدّياً متزايداً مع ارتفاع تكاليف التجهيز والتحوّط في مقابل انخفاض تكاليف البدائل المُتاحة.

نظرة عامّة على الإنشاءات الجديدة الحالية

صنِّف نحو ٥٢ مفاعلاً قيد الإنشاء في الأول من تموز/ يوليو ٢٠٢٠. بعد الانخفاض لمدة خمس سنوات متتالية، سُجِّلت ٦ وحدات إضافية بالمقارنة مع تقرير العام الماضي، لكنّها تبقى أقل بـ ١٧ وحدة مقارنة مع العام ٢٠١٣ (تم التخلّي عن ٥ وحدات منها لاحقاً).

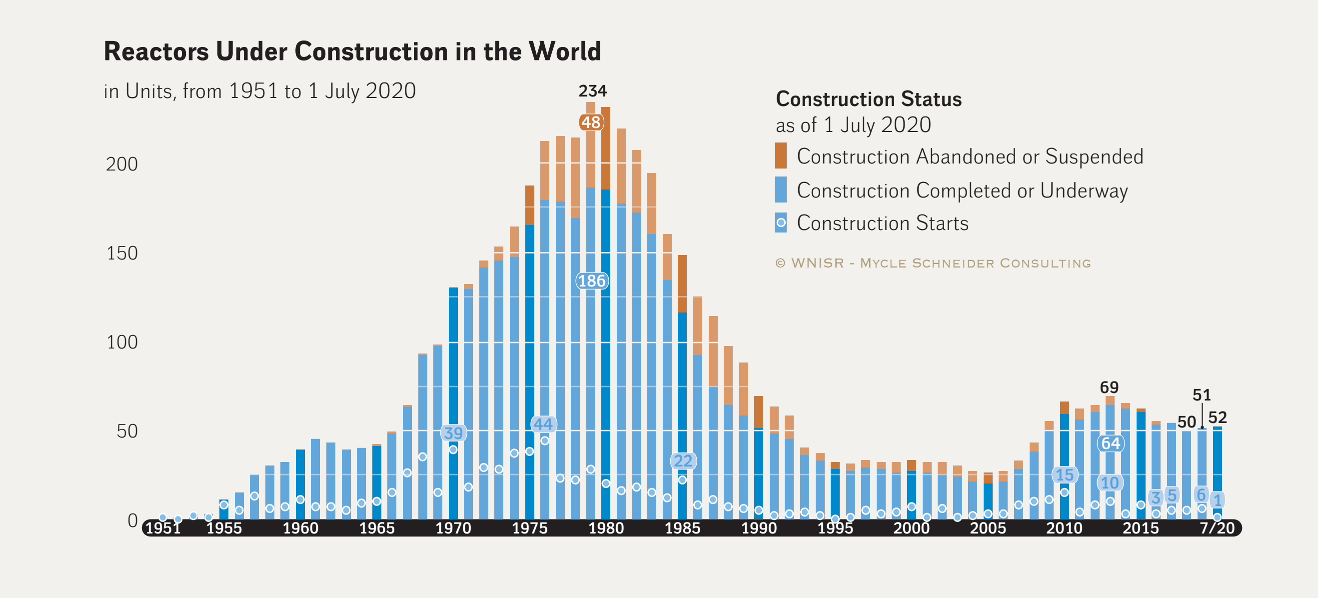
أيضاً بُنِيت ٣ وحدات في ٤ مفاعلات في آسيا وأوروبا الشرقية. في المجمل، يبني ١٧ بلداً محطّات نووية حالياً بالمقارنة مع ١٦ بلداً وفقاً لتقرير العام ٢٠١٩، وذلك بعدما استأنفت إيران عمليّات البناء في بوشهر -٢ (يمكن الاطلاع على الجدول ١). مع ذلك، هناك ٤ بلدان فقط لديها أعمال بناء جارية في أكثر من موقع واحد (للحصول على مزيد من التفاصيل يمكن الاطلاع على الملحق ٥ والصورة ٦ من تقرير وضع الصناعة النووية العالمية ٢٠١٩).

أُطلِقت ٤ مواقع بناء جديدة في الصين من ضمنها وحدتين CAP1400 في خليج Shidao حيث بدأت عمليات البناء في نيسان/ أبريل وتشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٩ على التوالي، لكن الوحدة الأولى لم تؤخذ في الاعتبار في تقرير العام ٢٠١٩ ولم يُبلغ عنها من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة منذ منتصف آب/ أغسطس ٢٠٢٠. بالإضافة إلى إطلاق عملية بناء أخرى في المملكة المتّحدة في موقع Hinkley Point C-2. أمّا عملية البناء الوحيدة التي بُلِّغ عنها فقد بدأت في النصف الأوّل من العام ٢٠٢٠ في Akkuyu-2 في تركيا.

إلى ذلك، لا تزال عملية إنشاء ٥٢ مفاعلاً وفقاً للأرقام المُسجّلة في منتصف العام ٢٠٢٠ ضعيفة جدّاً بالمقارنة مع الذروة التي سجّلت في العام ١٩٧٩، حين أطلِقت عمليات إنشاء ٢٣٤ مفاعلاً جديداً بقدرة ٢٠٠ غيغاوات. مع ذلك، لم يُنجز العديد من تلك المشاريع (٤٨) المُدرجة في العام ١٩٧٩ (يمكن الاطلاع على الصورة ٦). شهد العام ٢٠٠٥، حين سجّلت ٢٦ وحدة قيد الإنشاء، انخفاضاً قياسياً في بدء الإنشاءات النووية منذ انطلاق العصر النووي المُبكر في الخمسينيات. لكن بالمقارنة مع الوضع قبل عام، زادت القدرة الإجمالية للوحدات قيد الإنشاء في العالم بنحو ٨,٩ غيغاوات وبلغت ٥٣,٥ غيغاوات في المجمل، أي بمتوسّط ١,٠٢٨ ميغاوات لكلّ وحدة.

٢٥ – الهيئة التنظيمية النووية في الولايات المتّحدة، «Approved Applications for Power Uprates»، الهيئة التنظيمية النووية في الولايات المتّحدة، محدّث في ٢ نيسان/ أبريل ٢٠١٩، الرابط: *http://www.nrc.gov/reactors/operating/licensing/power-uprates/status-power-apps/approved-applications.html*، تم الدخول في ٢٢ آب/ أغسطس ٢٠٢٠.

الصورة ٦ - المفاعلات النووية «قيد الإنشاء» في العالم
(وفقاً للأرقام المُسجّلة في الأوّل من تموز/ يوليو ٢٠٢٠)



المصادر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، ٢٠٢٠.

ملاحظات:
تشمل هذه الصورة بناء مفاعلين من طراز CAP1400 في Shidaowan/Rongcheng، على الرغم من عدم الإعلان رسمياً عن بنائهما (يمكن الاطلاع على القسم الخاص بالصين). في الواقع، يحتوي الموقع الذي أطلقت عملية تطويره في خليج Shidao منذ العام ٢٠١٢ على مفاعلين، وبالتالي احتُسِب كوحدتين في تقرير وضع الصناعة النووية العالمية لعام ٢٠٢٠.

الجدول ١- المفاعلات النووية «قيد الإنشاء»
(وفقاً للأرقام المُسجّلة في الأوّل من تموز/ يوليو ٢٠٢٠)[٢٦]

Country	Units	Capacity (MW net)	Construction Start	Grid Connection	Units Behind Schedule
China	15	13 842	2012 - 2019	2020 - 2025	6
India	7	4 824	2004 - 2017	2020 - 2023	5
South Korea	4	5 360	2012 - 2018	2020 - 2024	4
UAE	4	5 380	2012 - 2015	2020 - 2023	4
Russia	3	3 315	2010 - 2019	2021 - 2023	1
Bangladesh	2	2 160	2017 - 2018	2023 - 2024	0
Belarus	2	2 218	2013 - 2014	2020 - 2021	2
Pakistan	2	2 028	2015 - 2016	2021	1
Slovakia	2	880	1985 - 1985	2020 - 2021	2
Turkey	2	2 228	2018 - 2020	2024 - 2025	1
UK	2	3 260	2018 - 2019	2025 - 2026	0
USA	2	2 234	2013	2021 - 2022	2
Argentina	1	25	2014	2021	1
Finland	1	1 600	2005	2021	1
France	1	1 600	2007	2022	1

٢٦ – للمزيد من التفاصيل يمكن الاطلاع على الملحق ٥ في تقرير وضع الصناعة النووية العالمية لعام ٢٠٢٠.

Country	Units	Capacity (MW net)	Construction Start	Grid Connection	Units Behind Schedule
Iran	1	1 196	1976	2024	1
Japan	1	1 325	2007	?	1
Total	52	53 475	1976 - 2020	2020 - 2026	33

المصادر: مصادر مختلفة جُمعت في تقرير وضع الصناعة النووية العالمية لعام ٢٠٢٠.

ملاحظات: لا يتضمّن هذا الجدول عمليات البناء المُعلّقة أو المهجورة.

يتضمّن هذا الجدول بناء مفاعلين من طراز CAP1400 في Rongcheng/Shidaowan، على الرغم من عدم الإعلان رسمياً عن بنائهما (يمكن الاطلاع على القسم الخاص بالصين). في الواقع، يحتوي الموقع الذي بدأ تطويره في العام ٢٠١٢ في خليج Shidao على مفاعلين، وبالتالي احتُسِب كوحدتين في تقرير وضع الصناعة النووية العالمية لعام ٢٠٢٠.

مهل البناء

مهل بناء المفاعلات قيد الإنشاء

يؤدّي التمعّن في المشاريع المُدرجة حالياً على أنها «قيد الإنشاء» إلى إظهار مستوى عدم اليقين والمشاكل المُرتبطة بالعديد من هذه المشاريع، خصوصاً أن معظم منفّذي المفاعل النووية يفترضون أن هناك حاجة لفترة بناء تمتدّ إلى ٥ سنوات. أمّا أبرز الملاحظات فهي كالآتي:

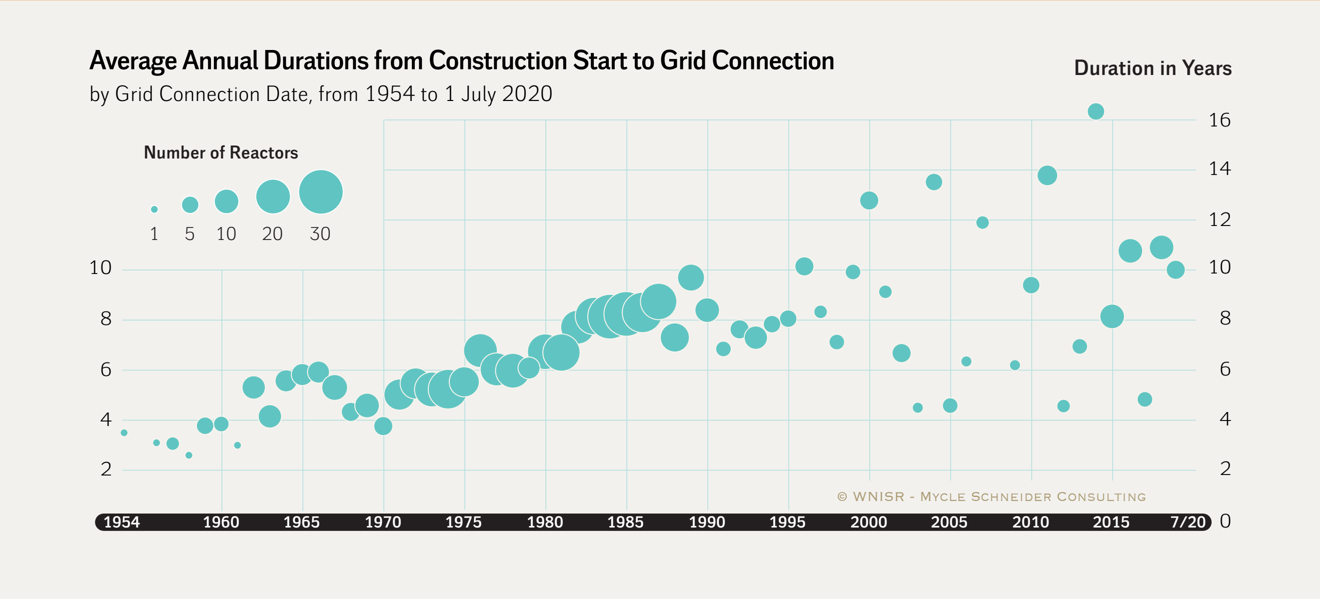
- اعتباراً من الأول من تموز/ يوليو ٢٠٢٠، يكون قد مرّ نحو ٧,٣ سنوات في المتوسط على بدء بناء ٥٢ مفاعلاً، أي بزيادة ٦ أشهر عن متوسّط منتصف العام ٢٠١٩، ومع ذلك لا يزال العديد منها غير مُكتمل.
- شهدت جميع المفاعلات قيد الإنشاء في ما لا يقلّ عن ١٠ من أصل ١٧ بلداً تأخيراً يمتدّ لنحو عام. في الواقع، تأخّر العمل في ما لا يقل عن ٣٣ مشروعاً (٦٤٪ من مجمل المشاريع). معظم الوحدات التي بُنِيت وفقاً للوقت المُحدّد بدأت خلال السنوات الثلاث الماضية أو لم تصل بعد إلى تواريخ بدء التشغيل المُرتقبة، ما يصعّب تقييم التزامها بالجدول الزمني. إلى ذلك، تسود حالة من انعدام اليقين حول مواقع البناء في بنغلاديش والصين وروسيا والمملكة المتحدة.
- من بين ٣٣ مفاعلاً متأخّراً عن الجدول الزمني وفق البيانات الموثّقة، أبلغ ١٢ مفاعلاً على الأقل عن تأخير إضافي، وأبلغت ٤ مفاعلات عن تسجيلها تأخيراً للمرّة الأولى خلال العام الماضي.
- أشار تقرير الصناعة النووية العالمية لعام ٢٠١٨ إلى وجود ١٤ مفاعلاً على جدول بدء التشغيل في العام ٢٠١٩. لكن مع بداية العام كان هناك مفاعلان مربوطان بالشبكة منذ أواخر العام ٢٠١٨، و١٠ مفاعلات موضوعة على جدول التشغيل، بالإضافة إلى ٤ مفاعلات مجدولة مسبقاً لعام ٢٠١٨، فيما تأخّرت المفاعلات الأخرى حتى العام ٢٠٢٠. ما يعني عملياً بدء تشغيل ٦ مفاعلات فقط في العام ٢٠١٩.
- يعود تاريخ بدء إنشاء مشروعين إلى ٣٥ عاماً وهما Mochovce-3 وMochovce-4 في سلوفاكيا بحيث تأخّرت عملية تشغيلهما حتى ٢٠٢٠-٢٠٢١. أيضاً أطلقت عملية بناء محطة بوشهر-٢ في العام ١٩٧٦، أي قبل ٤٤ عاماً، واستؤنفت الأعمال فيها في العام ٢٠١٩ بعد توقّف دام ٤٠ عاماً، ومن المتوقّع ربطها بالشبكة في العام ٢٠٢٤.
- أُدرجت ٥ مفاعلات على أنها «قيد الإنشاء» لمدّة عقد أو أكثر وهي: النموذج الأولي لمفاعل الإنتاج السريع في الهند (PFBR)، ومشروع مفاعل Olkiluoto-3 في فنلندا (OL3)، ومفاعل Shimane-3 في اليابان، ومفاعل Flamanville-3 الفرنسي (FL3)، وLeningrad 2-2 في روسيا. تأجّل المشروع الفنلندي أكثر هذا العام، ويُرجّح تأجيل ربط الوحدتين الفرنسية والهندية بالشبكة مرّة أخرى، علماً أن المفاعل الياباني لا يملك موعداً محدّداً مرتقباً لبدء تشغيله.

لا تشمل المهلة الفعلية لمشاريع المحطّات النووية عملية البناء فحسب، بل أيضاً الوقت المُتخذ لإنجاز إجراءات الترخيص الطويلة في معظم البلدان، ومفاوضات التمويل المُعقّدة، وإعداد الموقع، وتطوير البنية التحتية الأخرى. كما يوضح مشروع Hinkley Point C في المملكة المتحدة، فقد نفِّذت أجزاء كبيرة من الاستثمار والعمل قبل وقت طويل من دخول مرحلة البناء الرسمية (يمكن الاطلاع على القسم الخاص بالمملكة المتحدة).

مهل بناء المفاعلات السابقة والعاملة حالياً

هناك اتجاه عالمي واضح نحو زيادة مهل البناء. كانت برامج البناء الوطنية أسرع خلال السنوات الأولى للطاقة النووية، عندما كانت الوحدات أصغر وأنظمة السلامة أقل صرامة. توضح الصورة ٧ أن مهل بناء المفاعلات التي اكتملت في السبعينيات والثمانينيات مُتجانسة تماماً، بينما اختلفت بشكل كبير في العقدين الماضيين.

الصورة ٧ - متوسّط مهل البناء السنوية في العالم



المصادر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، ٢٠٢٠.

استغرقت الوحدات التسع، التي اكتملت في العامين ٢٠١٨ و٢٠١٩ في الصين، نحو ٧,٦ سنوات في المتوسّط لبنائها، بينما استغرقت المشاريع الروسية الخمسة نحو ١٦ عاماً في المتوسّط من بدء البناء إلى حين ربطها بالشبكة، ومن ضمنها Rostov-4 التي استغرق العمل فيها نحو ٣٥ عاماً منذ بدء البناء حتى البدء إنتاج الطاقة (يمكن الاطلاع على الرواية الطويلة لبناء مفاعلي روستوف ٣ و٤).

تعدُّ حالة المفاعلين «العائمين» Akademik-Lomonosov مثيرة للاهتمام. في الواقع، كان الهدف من بناء هذه المفاعلات الصغيرة بقدرة ٣٠ ميغاوات، التهيئة لتقديم جيل جديد من المفاعلات النمطية الصغيرة والمتوسّطة الحجم (SMRs)، التي تعتبر أصغر وأرخص وأسرع في البناء. مع ذلك، استغرق البناء وقتاً أطول من أي مفاعل آخر وضع على سكّة الإنشاء خلال العامين (باستثناء Rostov-4)، ونحو ٤ أضعاف المدة المتوقّعة في الأساس؛ قبل وقت قصير من بدء بناء السفينة في العام ٢٠٠٧، أعلنت روس آتوم أن المحطّة سوف تبدأ العمل في تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٠، وأنها سوف تُنهِي ٥ محطّات نووية عائمة إضافية بحلول العام ٢٠١٥[٢٧]. بدأ تشغيل المحطة الأولى في

٢٧ – روساتوم، « The first offshore nuclear heat and electrical power plant of small capacity is planned to operate in October 2010 in Severodvinsk (Arkhangelsk district)»، بيان صحافي، ١٥ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠٠٥؛ الفريق الدولي المعني بالمواد الانشاطارية، « Global Fissile Material Report 2007—Developing the technical basis for policy initiatives to secure and irreversibly reduce stocks of nuclear weapons and fissile materials»، التقرير الثاني للفريق الدولي المعني بالمواد الانشطارية، برنامج العلوم والأمن العالمي، جامعة برينستون، ١ تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠٠٧، الرابط: *http://fissilematerials.org/publications/2007/10/global_fissile_material_report_1.html*، تم الدخول في ٣ أيلول/ سبتمبر ٢٠٢٠.

كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٩. وبالتالي من غير المستغرب أن تصبح «البارجة النووية» أكثر تكلفة، فبعد أن بلغ تقدير التكلفة الأولي نحو ٦ مليارات روبل (٢٣٢ مليون دولار بأسعار العام ٢٠٠٧)[٢٨]، وصلت التكلفة إلى ٣٧ مليار روبل على الأقل في العام ٢٠١٥ (٧٤٠ مليون دولار بأسعار ٢٠١٥)[٢٩]، وانتهى بنحو ١١,٦٠٠ دولار لكلّ كيلوات مركّب، وهو أغلى بكثير من أغلى مفاعلات الجيل الثالث[٣٠].

بلغ متوسّط الوقت الذي استغرقه بناء المفاعلات الستة وربطها بالشبكة وبدء تشغيلها في العام ٢٠١٩ نحو ٩,٩ سنوات، بتحسّن عن ١٠,٩ سنوات في العام ٢٠١٨، ما يجعل متوسّط الوقت المتخذ للبناء والتشغيل قريباً من العقد. بحلول منتصف العام ٢٠٢٠، لم تبدأ أي وحدة جديدة في العمل في أي مكان في العالم.

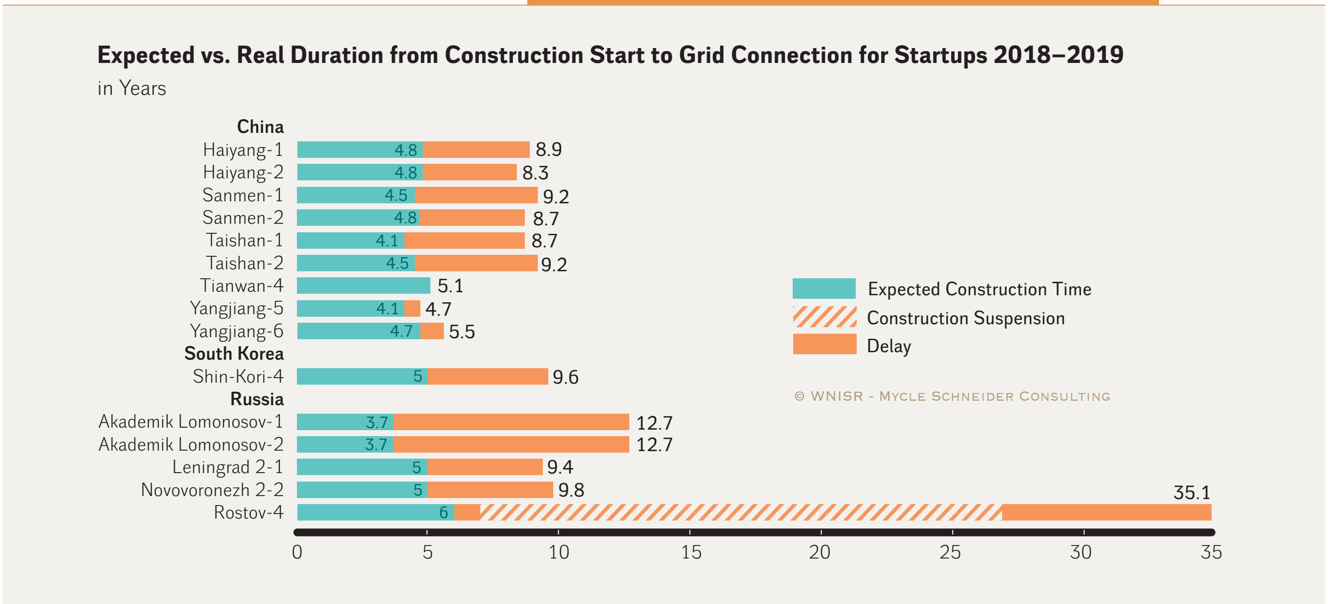
على مدار العامين ٢٠١٨ و٢٠١٩، لم تُشغّل سوى وحدة واحدة في الوقت المحدّد، وهي Tianwan-4 في الصين، بتصميم روسي VVER-1000 (طراز V-428M) وتركيب صيني، وفيما يدّعي المصممون أنها من فئة الجيل الثالث إلّا أن هناك القليل من التفاصيل المعروفة عنها. أيضاً أنجِزت الوحدتين الصينيتين Yangjiang-5 وYangjiang-6 مع تأخيرات طفيفة بنحو ٤,٧ و٥,٥ سنوات على التوالي. تنتمي هذه المفاعلات إلى طراز ACPR1000، وقد صمّمتها مجموعة الصين العامة للطاقة النووية (CGN)، التي تدعي أنها تضمّ ١٠ تحسينات على الأقل، ما يجعلها من تصميم الجيل الثالث. أمّا الوحدات الست الأخرى التي بدأت في الصين (٤ من طراز AP1000s و٢ من طراز EPRs)، والمفاعلان الكبيران في روسيا (Leningrad2-1 و Novovoronezh2-2)، ووحدة أخرى في كوريا الجنوبية (Shin-Kori-4) فقد شهدت جميعها تأخيرات لسنوات طويلة واستغرقت ضعف الوقت المُخطّط له لإنجاز عمليّات البناء، والذي رواح بين ٨,٣ و٩,٨ سنوات، بينما استغرق المفاعلان العائمان ١٢,٧ سنة تقريباً لإنجازهما أي ٤ أضعاف الوقت المتوقّع أساساً (يمكن الاطلاع على الصورة ٨).

٢٨ – «Russian floating reactor construction starts»، WNN، ١٧ نيسان/ أبريل ٢٠٠٧، الرابط: *https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Russianfloating-reactor-construction-starts*، تم الدخول في ٣ أيلول/ سبتمبر ٢٠٢٠.

٢٩ – تشارلز ديغز، «New documents show cost of Russian floating nuclear power plant skyrockets»، بيلونا، ٢٥ أيار/ مايو ٢٠١٥، الرابط: *http://bellona.org/news/nuclear-issues/2015-05-new-documents-show-cost-russian-nuclear-power-plant-skyrockets*، تم الدخول في ٢٨ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٥.

٣٠ – التكلفة الحالية في وحدة Flamanville-3 EPR (من دون تكاليف التمويل) تقدّر بنحو ٩ آلاف دولار/ كيلوات ساعة (للمزيد يمكن العودة إلى قسم التركيز على فرنسا).

الصورة ٨ - التأخيرات في تشغيل الوحدات في ٢٠١٨-٢٠١٩



المصادر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، الوكالة الدولية للطاقة الذرية
– نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، ٢٠٢٠.

ملاحظة:
يعتمد وقت البناء المتوقّع على البيانات المتوافرة عن موعد الربط بالشبكة المُقدّم عند بدء عملية البناء. لكن التقرير استخدم أفضل التقديرات بالاستناد إلى معلومات التشغيل التجاري أو اكتمال أعمال البناء أو التشغيل.

يؤكّد المنظار الطويل المدى أن فترات البناء القصيرة هي مجرد استثناءات. في الواقع، أكملت ٩ بلدان بناء ٦٣ مفاعلاً خلال العقد الماضي - منها ٣٧ مفاعلاً في الصين وحدها - وقد بلغ متوسّط وقت البناء نحو ١٠ سنوات (يمكن الاطلاع على الجدول ٢).

الجدول ٢ - المدة منذ انطلاق عمليات البناء إلى حين الربط بالشبكة ٢٠١٠-٢٠١٩

Construction Times of 63 Units Started-up 2010–2019				
Country	Units	Construction Time (in Years)		
		Mean Time	Minimum	Maximum
China	37	6.0	4.1	11.2
Russia	10	20.3	8.1	35.1
South Korea	6	6.0	4.1	9.6
India	4	10.4	7.2	14.2
Pakistan	3	5.4	5.2	5.6
Argentina	1	33.0	33.0	
Iran	1	36.3	36.3	
USA	1	43.5	43.5	
World	**63**	**10.0**	**4.1**	**43.5**

المصادر: مصادر مختلفة جُمعت في تقرير وضع الصناعة النووية العالمية لعام ٢٠٢٠.

إطلاق عمليات البناء والإلغاءات

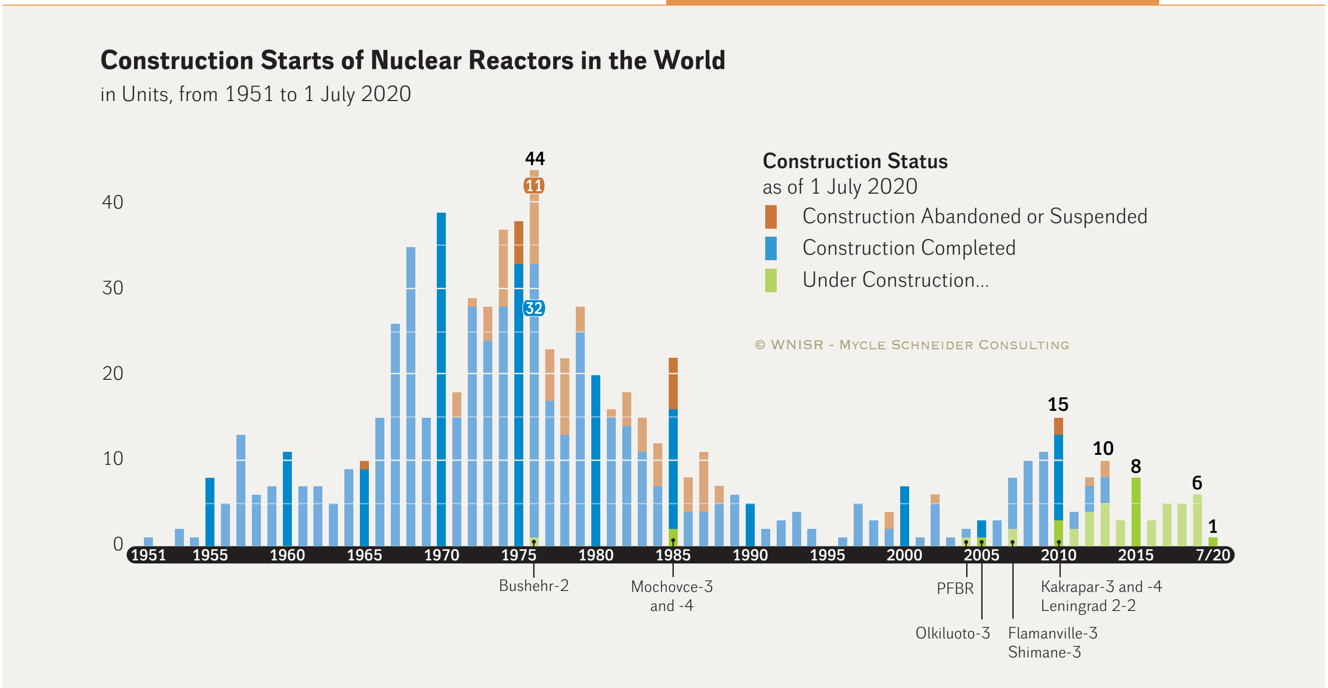
بلغ عدد عمليات البناء الجديدة[٣١] السنوية في العالم ذروته في العام ١٩٧٦ حين سُجِّلت ٤٤ عملية، من ضمنها ١٢ مشروعاً تم التخلّي عنها لاحقاً. في العام ٢٠١٠، سجّلت ١٥ عملية بناء جديدة - من ضمنها ١٠ عمليات في الصين - وهو أعلى مستوى منذ العام ١٩٨٥ (يمكن الاطلاع على الصورتين ٩ و١٠). انخفض هذا الرقم إلى ٥ عمليات في كلّ من العامين ٢٠١٧ و٢٠١٨. أمّا في العام ٢٠١٩، فقد سجّل تقرير «وضع الصناعة النووية العالمية» ست عمليات بناء في النصف الأول من العام ٢٠٢٠؛ أربع منها في الصين وواحدة في كلّ من روسيا والمملكة المتحدة. إلى ذلك، أُطلِقت عمليات بناء Akkuyu-2 في النصف الأول من العام ٢٠٢٠. إسوة بمعظم مشاريع البناء في العقود الماضية، كانت هذه العمليات مدفوعة من الشركات المملوكة أو الخاضعة لسيطرة الحكومات.

تأثّرت الصين بشكل جدي بأحداث فوكوشيما، بحيث لم تطلق أية عملية بناء في العامين ٢٠١١ و٢٠١٤، فيما باشرت بناء ٨ وحدات في العام ٢٠١٢ و٢٠١٣ معاً، وكذلك ٦ وحدات أخرى في العام ٢٠١٥، لكن العدد تقلّص إلى وحدتين في العام ٢٠١٦، وإلى مفاعل سريع تجريبي واحد في العام ٢٠١٧، في حين لم يطلق أي مشروع في العام ٢٠١٨، قبل أن يرتفع العدد إلى ٤ مفاعلات في العام ٢٠١٩ (يمكن الاطلاع على الصورة ١٠)، مع ذلك لا يزال المستوى أقل بكثير من التوقّعات. في الواقع، حدّدت الخطة الخمسية ٢٠١٦-٢٠٢٠ هدفاً يقضي بتشغيل ٥٨ غيغاوات وإطلاق عمليات بناء ٣٠ غيغاوات بحلول العام ٢٠٢٠، لكن في منتصف العام ٢٠٢٠، كان لدى الصين ٤٧ وحدة عاملة بقدرة ٤٥,٥ غيغاوات، و١٥ وحدة بقدرة ١٣,٨ غيغاوات قيد الإنشاء، وهو ما يعدُّ بعيداً من الهدف الأصلي.

على مدار العقد المُمتد بين العامين ٢٠١٠ و٢٠١٩، بدأ بناء ٦٧ مفاعلاً في العالم ومن ثمّ التخلّي عن ٥ مفاعلات منها، علماً أن ٣١ وحدة من ضمنها، أي نحو نصف المشاريع التي استمرّت، أطلقت في الصين. في منتصف العام ٢٠٢٠، بدأ تشغيل ١٨ من أصل ٦٢ وحدة فقط، فينا لا تزال ٤٤ وحدة قيد الإنشاء.

٣١ – عموماً، يعتبر المفاعل قيد الإنشاء عند البدء بصبّ الأرضية والأساسات، ولا تشمل أعمال تحضير الموقع والحفر وتطوير البنية التحتية الأخرى.

الصورة ٩ - إطلاق عمليّات البناء في العالم



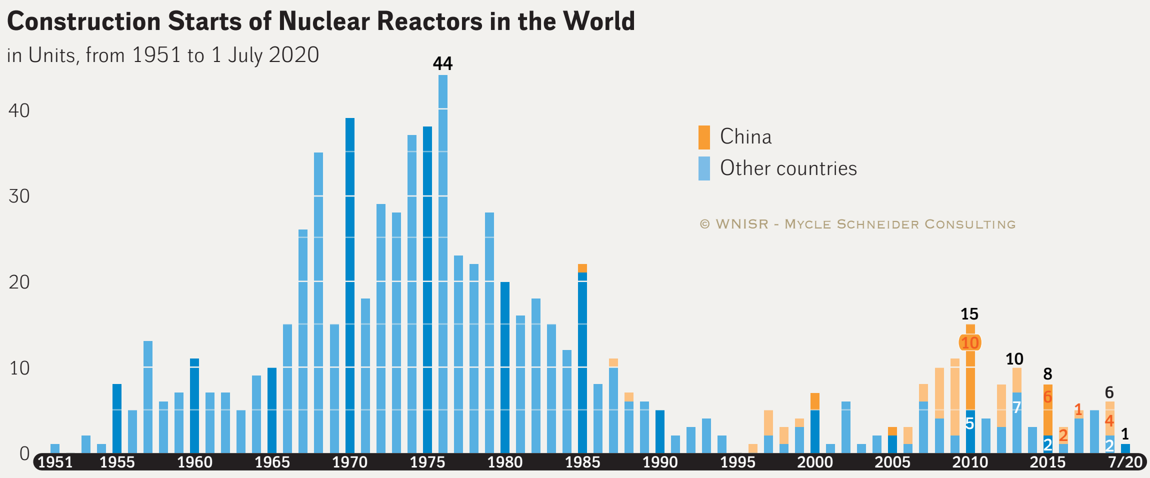
المصادر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، ٢٠٢٠.

ملاحظات:

اعتُبِر موقع بوشهر-٢، الذي بدأت عملية بنائه في العام ١٩٧٦، مهجوراً في الإصدارات السابقة. وبما أن عمليات البناء استؤنفت في العام ٢٠١٩، فإنه يظهر الآن ضمن فئة المفاعلات «قيد الإنشاء».

حالياً يُعدُّ المفاعل الصيني Shidao Bay-ا عبارة عن مفاعلين، ويعكس إطلاق عمليات البناء في العام ٢٠١٢ هذا التغيير.

الصورة ١٠ - إطلاق عمليات البناء في العالم / الصين



المصادر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، ٢٠٢٠.

ملاحظات:

اعتُبِر موقع بوشهر-٢، الذي بدأت عملية بنائه في العام ١٩٧٦، مهجوراً في الإصدارات السابقة. وبما أن عمليات البناء استؤنفت في العام ٢٠١٩، فإنه يظهر الآن ضمن فئة المفاعلات «قيد الإنشاء».

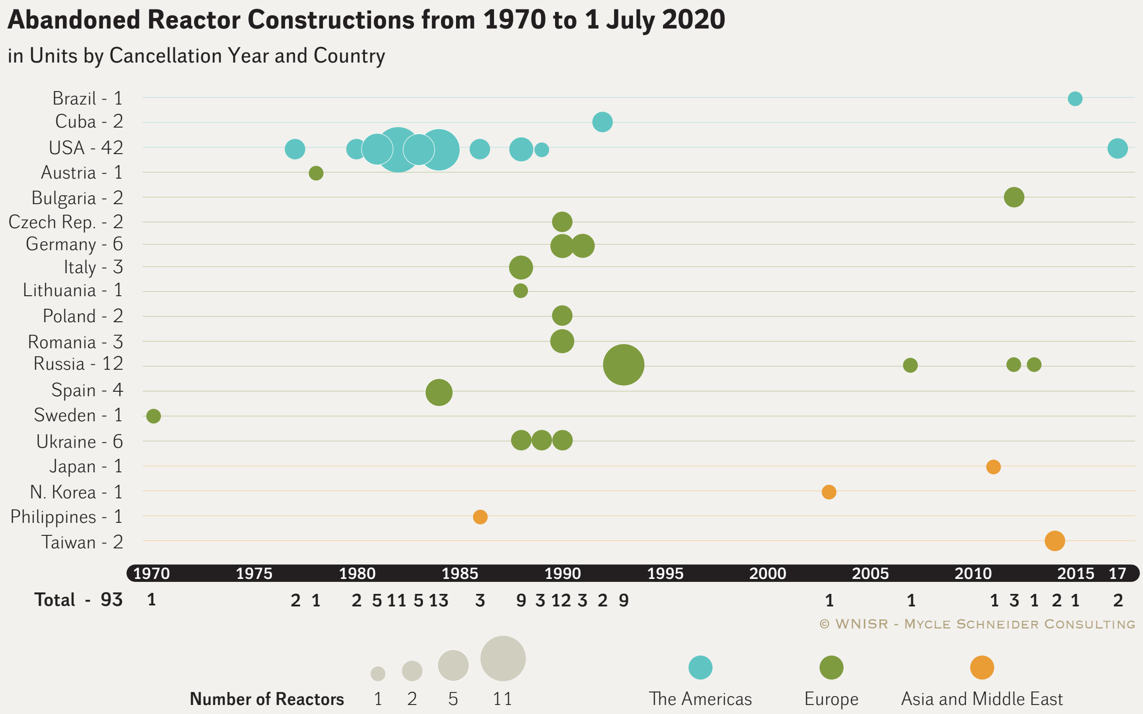
حالياً يُعدُّ المفاعل الصيني Shidao Bay-1 عبارة عن مفاعلين، ويعكس إطلاق عمليات البناء في العام ٢٠١٢ هذا التغيير.

تُظهر التجارب السابقة أن مجرّد الحصول على طلب لإنشاء مفاعل أو حتى وجود محطّة نووية في مرحلة مُتقدّمة من البناء، لا يضمن بالضرورة الاتصال النهائي بالشبكة وإنتاج الطاقة. في الواقع، إن التخلّي عن ٢ من الوحدات الصيفية V.C. في تموز/ يوليو ٢٠١٧ بعد ٤ سنوات من البناء واستثمارات بمليارات الدولارات ليس سوى المثال الأجد ضمن قائمة طويلة من مشاريع محطّات الطاقة النووية الفاشلة.

تشير إحصائيات اللجنة الفرنسية للطاقات البديلة والطاقة الذرية (CEA) إلى وجود نحو ٢٥٣ «طلباً مُلغى» في ٣١ بلداً حتى العام ٢٠١٢، كان العديد منها مراحل مُتقدّمة من البناء (يمكن الاطلاع على الصورة ١١). علماً أن ١٣٨ من هذه الطلبات سُجِّلت في الولايات المتحدة.[٣٢]

٣٢ – هيئة الطاقة الذرية، «Elecnuc—Nuclear Power Plants in the World»، هيئة الطاقة الذرية والطاقات البديلة الفرنسية، ٢٠٠٢. في نسخة العام ٢٠٠٢ لم يرد قسم «الأوامر المُلغاة».

الصورة ١١ – الإنشاءات النووية المُلغاة أو المُعلّقة



المصادر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، ٢٠٢٠.

ملاحظة: يتضمّن هذا الرسم البياني الإنشاءات التي بدأت رسمياً في صبّ الأرضية الأساسية لمبنى المفاعل فقط.

من بين ٧٧٣ إنشاءات نووية أُطلِقت منذ العام ١٩٥١، تم التخلّي عن ٩٣ وحدة - أقل بوحدة واحدة مقارنة مع العام الماضي حين استأنفت محطّة بوشهر-٢ عمليات البناء بعد ٤٠ عاماً من التعليق - في ١٩ بلداً وفقاً للإحصائيات المُسجّلة في تموز/ يوليو ٢٠٢٠، وهو ما يشكّل ١٢٪ أو ثُمن المنشآت النووية. من هنا، يتبيّن أن معدّل التخلّي عن منشآت نووية في العقد ٢٠١٠-٢٠١٩ بلغ ١/١٣، خصوصاً أن الأعمال توقّفت في ٥ من أصل ٦٧ موقع في مراحل مختلفة من العمل.

إلى ذلك، ألغيت ثلاثة أرباع المشاريع (٦٦ وحدة) بعد بدء أعمال البناء رسمياً في ٤ بلدان وهي: الولايات المتحدة (٤٢)، وروسيا (١٢)، وألمانيا وأوكرانيا (٦ لكلّ منهما). فيما أنجزت الأعمال في بعض الوحدات، ومن ضمنها Kalkar في ألمانيا وZwentendorfg في النمسا قبل اتخاذ القرار بعدم تشغيلهما.

عمر المحطّات منذ بدء التشغيلة

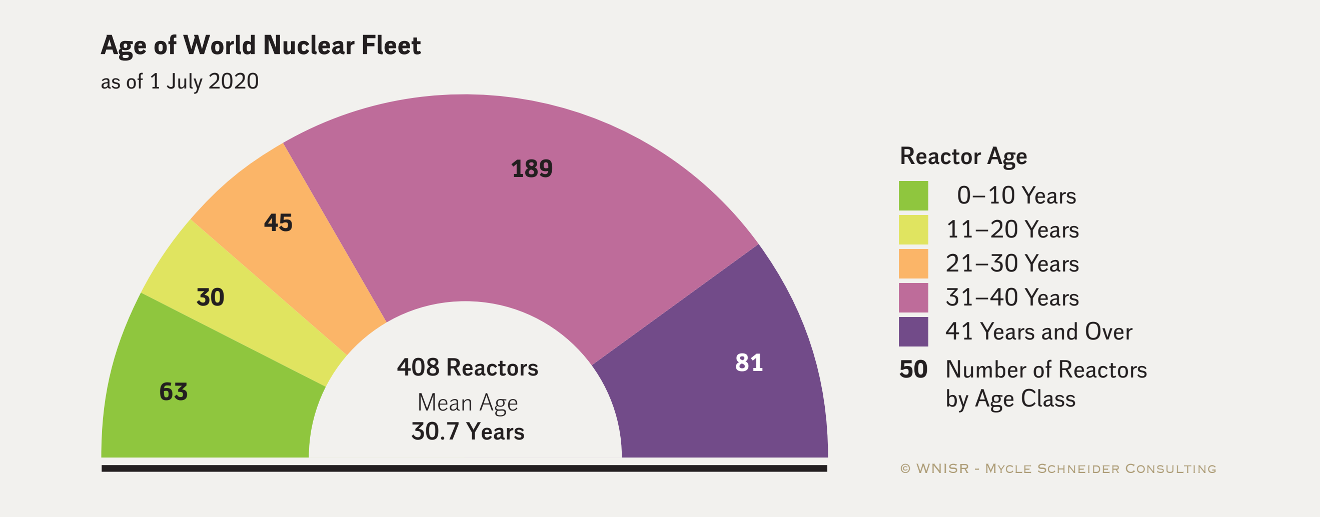
في ظل غياب عمليات البناء الجديدة الكبرى وبالتالي ربط محطّات جديدة بالشبكة على مدى سنوات عديدة، ارتفع متوسّط عمر تشغيل محطّات الطاقة النووية منذ إيصالها بالشبكة باطراد منذ العام

١٩٨٤ عندما دخل في حالة ركود، وبلغ ٣٠,٧ عاماً في منتصف العام ٢٠٢٠، مقارنة مع ٣٠,١ عاماً في منتصف العام ٢٠١٩ (يمكن الاطلاع على الصورة ١٢)[٣٣].

في الواقع، تمّ تشغيل نحو ٢٧٠ مفاعلاً، أي ثلثي الأسطول النووي العالمي، لمدّة ٣١ عاماً أو أكثر، ومن ضمنها ٨١ مفاعلاً (أي نحو ٢٠٪) يعمل منذ ٤١ عاماً أو أكثر.

في العام ١٩٩٠، بلغ متوسّط عمر المفاعلات العاملة في العالم نحو ١١,٣ عاماً، وارتفع إلى ١٨,٨ عاماً في ٢٠٠٠، وبلغ ٢٦,٣ عاماً بحلول العام ٢٠١٠. توضح مراحل التطوير المختلفة في أفضل ٥ أساطيل نووية في العالم التحوّل التاريخي في قطاع الطاقة النووية. علماً أن البلدين النوويين الرائدين يقودان أيضاً الهرم العمري. في الواقع، تجاوز متوسّط عمر المفاعلات النووية في الولايات المتحدة ٤٠ عاماً في العام ٢٠٢٠، فيما بلغ ٣٥ عاماً في فرنسا. في المقابل، قلبت روسيا المنحى بدءاً من العام ٢٠١٦، بحيث بلغ متوسّط عمر أسطولها النووي ٢٨,٥ عاماً في منتصف العام ٢٠٢٠، أي أقل من عام ونصف العام مقارنة مع ٢٠١٥. في حين يبلغ متوسّط عمر مفاعلات كوريا الجنوبية نحو ٢٠ عاماً أي نصف معدّل عمر الأسطول الأميركي، أمّا الصين فتعدُّ الوافد الأجد خصوصاً أن متوسّط عمر أسطولها يبلغ ٨,٢ عاماً فقط (يمكن الاطلاع على الصورة ١٣).

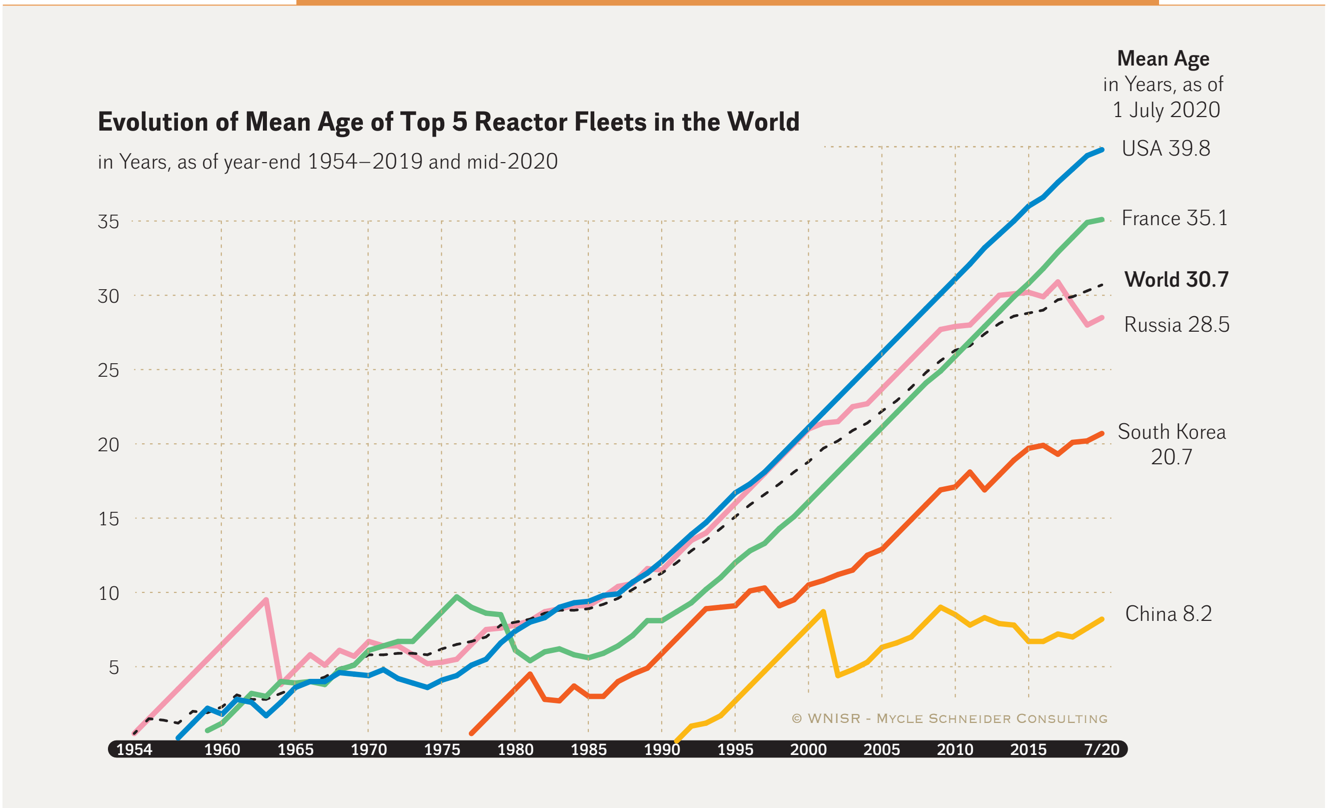
الصورة ١٢ - التوزّع العمري للمفاعلات العاملة في العالم



المصادر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، ٢٠٢٠.

٣٣ – يحتسب تقرير وضع الصناعة النووية العالمية عمر المفاعل منذ اتصاله بالشبكة إلى حين صله نهائياً عنها. وفقاً لإحصاءات التقرير، يعبّر «بدء التشغيل» عن الاتصال بالشبكة و«الإغلاق» عن الانفصال عن الشبكة. من أجل الحصول على صورة أفضل للأسطول النووي وتسهيل الحسابات، يعتبر عمر المفاعل سنة واحدة بين الذكرى السنوية الأولى والثانية لاتصاله بالشبكة. بالنسبة لبعض الحسابات نستخدم أيضاً سنوات التشغيل: يكون المفاعل في عامه التشغيلي الأول حتى الذكرى السنوية الأولى لاتصاله بالشبكة، أي عندما يدخل عام التشغيل الثاني.

الصورة ١٣ - عمر أسطول المفاعلات في أفضل ٥ بلدان مُنتجة للطاقة النووية



المصادر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، الوكالة الدولية للطاقة الذرية
– نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، ٢٠٢٠.

تحدّد بعض المرافق النووية متوسّط عمر المفاعل بما يتجاوز ٤٠ عاماً وصولاً إلى ٦٠ أو حتّى ٨٠ عاماً. في الولايات المتحدة، أعطيت رخص تشغيل لمدة ٤٠ عاماً في البداية، ولكن يمكن للمشغّلين النوويين طلب تجديد الترخيص من الهيئة التنظيمية النووية لمدة ٢٠ عاماً إضافية.

اعتباراً من منتصف العام ٢٠٢٠، حصلت ٩٧ وحدة أميركية على رخص تمديد. إلى ذلك، أغلقت ٦ وحدات في وقت مُبكر بعد تجديد تراخيصها، وأهمِل طلبَيْ تجديد لـ ٣ مفاعلات، إذ أغلق مفاعل Crystal River وسوف تغلق الوحدتين الأخرتين في Diablo Canyon عند انتهاء ترخيصهما الحالي في العامين ٢٠٢٤ و٢٠٢٥ (يمكن الاطلاع على القسم الخاص بالولايات المتحدة). إلى ذلك، من المتوقّع تجديد رخصتين لـ ٣ مفاعلات في ٢٠٢١ و٢٠٢٢[٣٤].

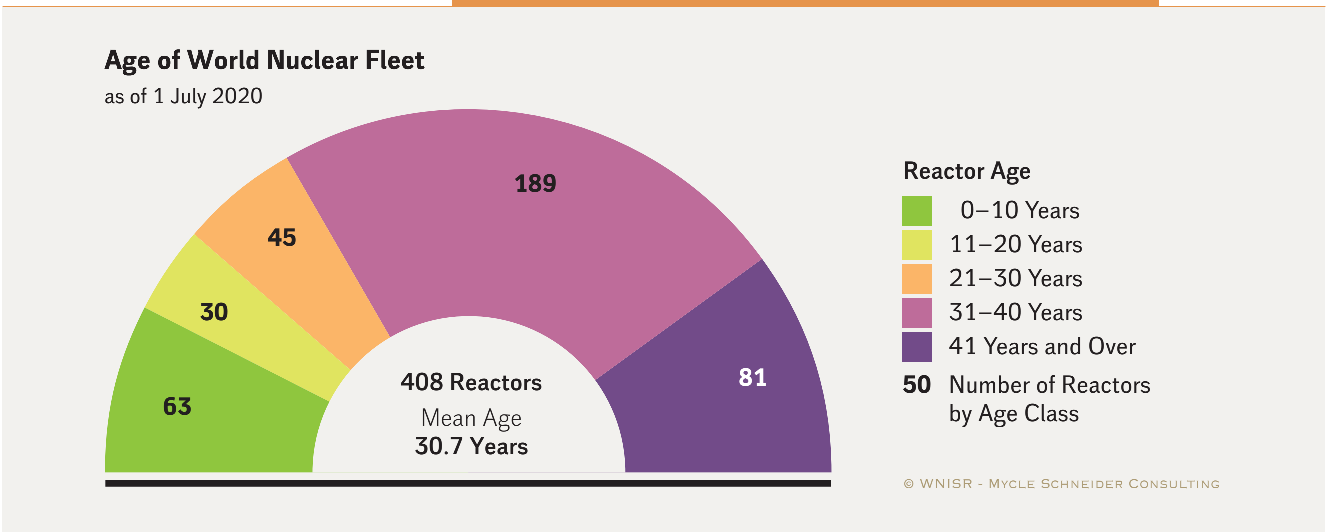
بلغ عمر ٦ وحدات من أصل ٣٨ وحدة أغلِقت في الولايات المتّحدة نحو ٤٠ عاماً. وقد حصلت جميعها على تراخيص تشغيل لمدة تصل إلى ٦٠ عاماً لكنها أغلقت لأسباب اقتصادية بشكل رئيسي. بمعنى آخر، ما لا يقل عن ربع المفاعلات المتصلة بالشبكة في الولايات المتحدة لم تصل إلى عمر التصميم الأولي الذي يبلغ ٤٠ عاماً، ولم يصل أي منهم إلى ٥٠ عاماً من التشغيل. من ناحية أخرى، من بين ٩٥ محطّة تعمل حالياً، تم تشغيل ٤٦ وحدة لمدة ٤١ عاماً أو أكثر؛ ما يعني أن نصف الوحدات التي جُدِّدت تراخيصها أنهت الفترة التشغيلية المرخّصة لها بداية ودخلت فعلياً في فترة تمديد أمد عمرها التشغيلي الأول، علماً أن هذه النسبة تنمو بسرعة، ففي منتصف العام ٢٠٢٠ بلغ عمر الأسطول التشغيلي الأميركي نحو ٤٠ عاماً (يمكن الاطلاع على القسم الخاص بالولايات المتحدة).

٣٤ – الهيئة التنظيمية النووية الأميركية، «Status of License Renewal Applications and Industry Activities»، تحديث في ٣ آذار/ مارس ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.nrc.gov/reactors/operating/licensing/renewal/applications.html*، تم الدخول في ٢٣ آب/ أغسطس ٢٠٢٠.

في الواقع، لا يوجد فترات تشغيل محدّدة في التراخيص الممنوحة في العديد من البلدان. في فرنسا، على سبيل المثال، يجب أن تخضع المفاعلات لفحص واختبار معمّقين كلّ عقد من الزمن للتأكّد من مطابقتها لمتطلّبات السلامة المُعزّزة. عملت المفاعلات الفرنسية لنحو ٣٥,١ عاماً في المتوسّط، وقد أكمل معظمها اختبار التأكّد من السلامة مع هيئة السلامة النووية الفرنسية (ASN) للسماح لها بالعمل لمدة تصل إلى ٤٠ عاماً، وهو الحدّ الأقصى المسموح به وفقاً للتصميم الأولي. مع ذلك، لا تزال تقييمات هيئة السلامة النووية متأخّرة عن الجدول الزمني الأولي بسنوات. إلى ذلك، من الواضح أن شركة الكهرباء الفرنسية التي تديرها الدولة تعطي الأولوية لتمديد العمر التشغيلي للمفاعلات إلى ٥٠ عاماً على حساب بناء مفاعلات جديدة ويعود ذلك إلى أسباب اقتصادية، وتخضع هذه المقاربة لتقييم ASN وهيئة الدعم التقني، ومن المتوقّع أن تقدّم ASN رأيها في مخطّط التقييم العام في نهاية العام ٢٠٢٠. إلى ذلك، راكم البرنامج تأخيرات مختلفة، ومن المفارقات أن Tricastin-1، وهي الوحدة النووية الأولى التي تخضع للمراجعة في عقدها التشغيلي الرابع، أنهت فعلياً عامها التشغيلي الأربعين في العام ٢٠١٩ قبل انتهاء ASN من التقييم وإعطاء موافقتها على استمرار الوحدة في العمل. بالإضافة إلى ذلك، يتطلّب تمديد العمر التشغيلي في فرنسا إلى أكثر من ٤٠ عاماً الخضوع لتحقيق عام في الموقع. أمّا المفاعلات التي تم تشغيلها مؤخّراً أو هي قيد الإنشاء في كوريا الجنوبية فلديها أو سوف تحصل على ترخص تشغيل لمدة ٦٠ عاماً منذ تاريخ ربطها على الشبكة. إلى ذلك تهدف شركة الكهرباء الفرنسية إلى الحصول على ترخيص لمدة ٦٠ عاماً لوحدات Hinkley Point C في المملكة المتحدة.

عند تقييم قدرة المفاعلات على العمل لمدة ٥٠ أو ٦٠ عاماً، من المفيد مقارنة التوزيع العمري للمفاعلات التي تعمل حالياً مع المفاعلات التي أُغلِقت بالفعل (يمكن الاطلاع على الصورتين ١٢ و١٤)، فيما يكتمل المشهد مع الهيكل العمري للوحدات الـ ١٨٩ التي أُغلِقت بالفعل (٨ مفاعلات قبل أكثر من عام). في المجموع، تم تشغيل ٧٤ وحدة لمدة ٣١ عاماً أو أكثر، ومن ضمنها ٣٠ مفاعلاً لمدة ٤١ عاماً أو أكثر. عملياً، يعمل العديد من وحدات الجيل الأول لبضع سنوات فقط، أمّا متوسّط عمر الوحدات المُغلقة فيصل إلى ٢٦,٦ عاماً.

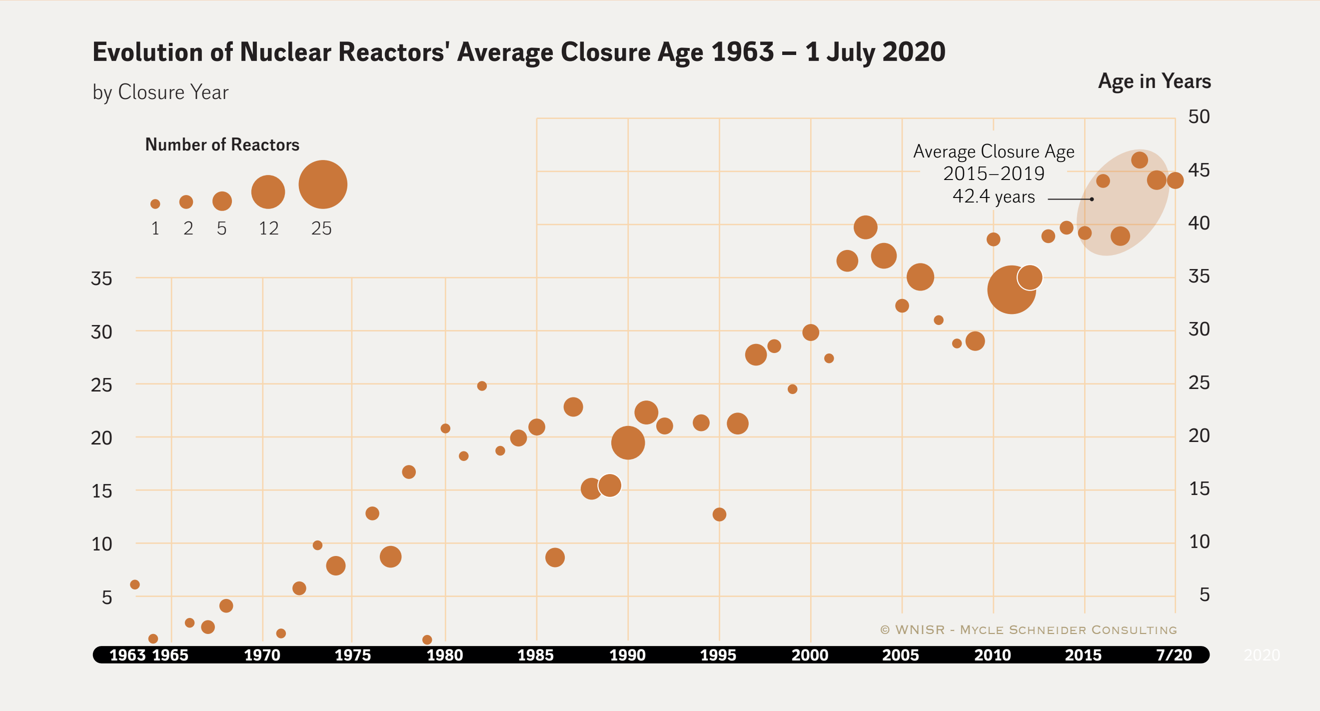
الصورة ١٤ - التوزيع العمري لمفاعلات الطاقة النووية المُغلقة



المصادر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، ٢٠٢٠.

من المؤكّد أن وقت تشغيل المفاعل قبل إغلاقه زاد بشكل مستمرّ. في الواقع، كان متوسّط العمر عند إغلاق ١٧ وحدة وإخراجها عن الشبكات بين العامين ٢٠١٥ و٢٠١٩ نحو ٤٢,٤ عاماً (يمكن الاطلاع على الصورة ١٥).

الصورة ١٥ - عمر إغلاق المفاعلات النووية بين ١٩٦٣-٢٠٢٠/٧/١



المصادر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، الوكالة الدولية للطاقة الذرية
– نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، ٢٠٢٠.

بعد كارثة فوكوشيما النووية (يشار إليها بـ ٣/١١)، أثيرت أسئلة كثيرة حول الحكمة من تشغيل المفاعلات القديمة. في الواقع، رُبطت وحدات Fukushima Daiichi 1-2-3-4 بالشبكة بين العامين ١٩٧١ و١٩٧٤. ومُدِّد ترخيص الوحدة الأولى لمدة ١٠ سنوات أخرى في شباط/ فبراير ٢٠١١ قبل شهر واحد فقط من وقوع الكارثة. بعد ٤ أيام من وقوع حوادث اليابان، أمرت الحكومة الألمانية بإغلاق ٨ مفاعلات بدأ تشغيلها قبل العام ١٩٨١، من ضمنها ٢ كانا متوقفان فعلياً ولم يعاد تشغيلهما. أمّا المعيار الوحيد للاختيار فقد ارتكز على العمر التشغيلي. لم تتبنَّ بلدان أخرى النهج نفسه، لكن من الواضح أن أحداث ٣/١١ في اليابان كان لها تأثير على الافتراضات الموضوعة مسبقاً حول تمديد العمر التشغيلي في بلدان أخرى، بما فيها بلجيكا وسويسرا وتايوان. في الواقع، أغلقت بعض البلدان النووية الرئيسية وحداتها الأقدم حتى قبل بلوغ عمرها التشغيلي الخمسين عاماً، ومن ضمنها ألمانيا (٣٧ عاماً)، وكوريا الجنوبية (٤٠ عاماً)، والسويد (٤٦ عاماً)، والولايات المتحدة (٤٩ عاماً). كذلك أغلقت فرنسا أقدم وحدتين فيها (٤٣ عاماً) في ربيع ٢٠٢٠.

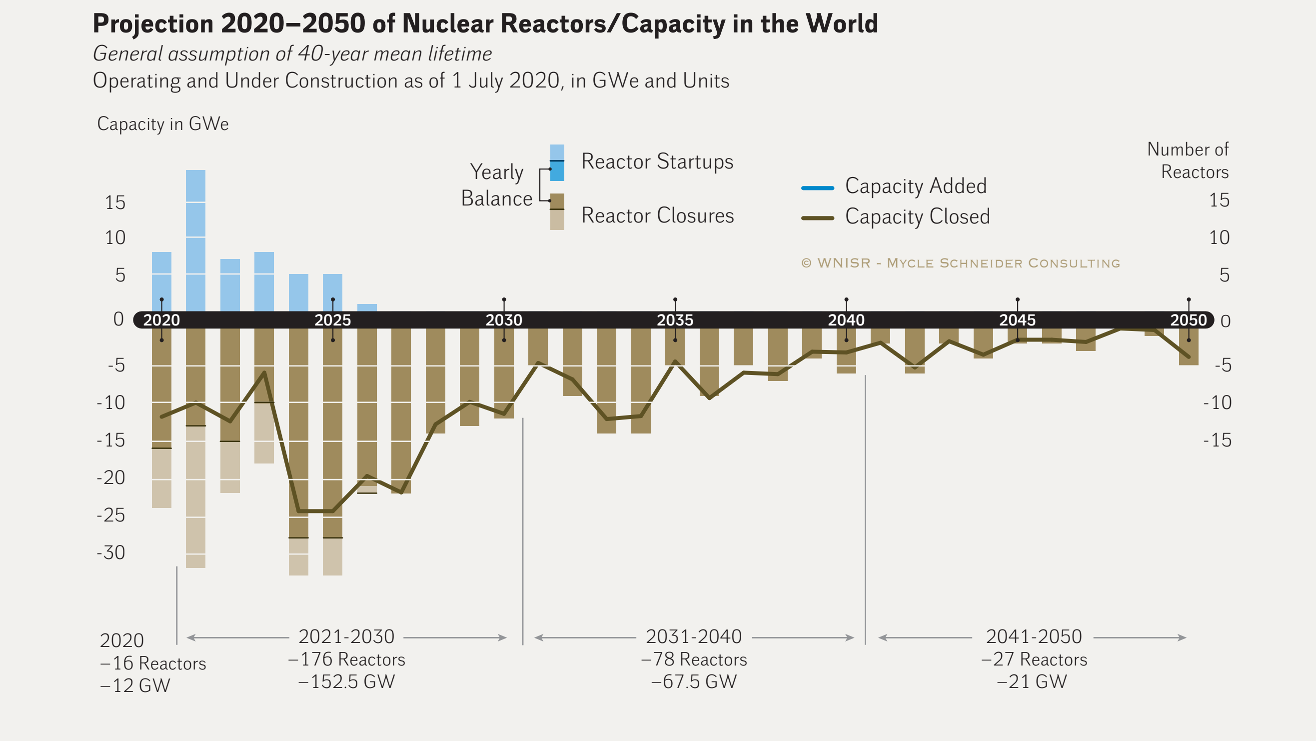
توقّعات العمر التشغيلي

يواصل العديد من البلدان تنفيذ رخص تمديد العمر التشغيلي أو التحضير لاستحصال على رخص مماثلة. كما في السنوات السابقة، وضع تقرير «وضع الصناعة النووية العالمية» سيناريوهين للعمر التشغيلي؛ يتوقّع السيناريو الأول عمراً تشغيلياً للمفاعلات العاملة لمدّة ٤٠ عاماً في جميع أنحاء العالم (يمكن الاطلاع على الصورة ١٦) - من دون أن يشمل المفاعلات المُصنّفة في حالة الانقطاع طويل الأجل (LTO)، وهو ما يتوافق مع الأعمار التشغيلية التي وضعت عند تصميم معظم المفاعلات العاملة. إلى ذلك، هناك بعض الدول التي لديها تشريعات أو سياسات (مثل بلجيكا، وكوريا الجنوبية، وتايوان) تحدّد العمر التشغيلي للأسطول النووي كلّه أو جزء منه بنحو ٤٠ أو ٥٠ عاماً. أمّا التصميمات الحديثة، ومعظمها مفاعلات قيد الإنشاء، فيبلغ عمرها التشغيلي

المتوقّع عند التصميم نحو ٦٠ عاماً (مثل APR1400 وEPR). بالنسبة إلى المفاعلات الـ ٨١ التي تجاوز عمرها التشغيلي ٤٠ عاماً، من المفترض أن تعمل إلى حين انتهاء رخصة تمديد العمر التشغيلي. أمّا السيناريو الثاني (تمديد العمر التشغيلي للمحطّة أو Plex Projection، يمكن الاطلاع على الصورة ١٧) فيأخذ في الاعتبار جميع تراخيص تمديد العمر التشغيلي.

تسمح توقّعات العمر التشغيلي بإجراء تقييم لعدد المحطّات وقدرتها الإنتاجية المتوقّعة عند ربطها بالشبكة خلال العقود المقبلة لتعويض عمليات الإغلاق والحفاظ على عدد المحطّات العاملة والمستوى نفسه من القدرة الإنتاجية. مع بدء تشغيل جميع الوحدات قيد الإنشاء، سوف تستمر القدرة النووية المركّبة بالانخفاض بنحو ١٠,٥ غيغاوات بحلول نهاية العام ٢٠٢٠. في المجمل، يفترض البدء بتشغيل أو إعادة تشغيل ١٦ مفاعلاً إضافياً (مقارنة بنهاية العام ٢٠١٩) قبل نهاية العام ٢٠٢٠ من أجل الحفاظ على الوضع الراهن لوحدات التشغيل.

الصورة ١٦- توقّعات تمديد العمر التشغيلي إلى ٤٠ عاماً



المصادر: مصادر مختلفة جُمعت في تقرير وضع الصناعة النووية العالمية لعام ٢٠٢٠.

ملاحظات على الصور ١٦، ١٧ و١٨:

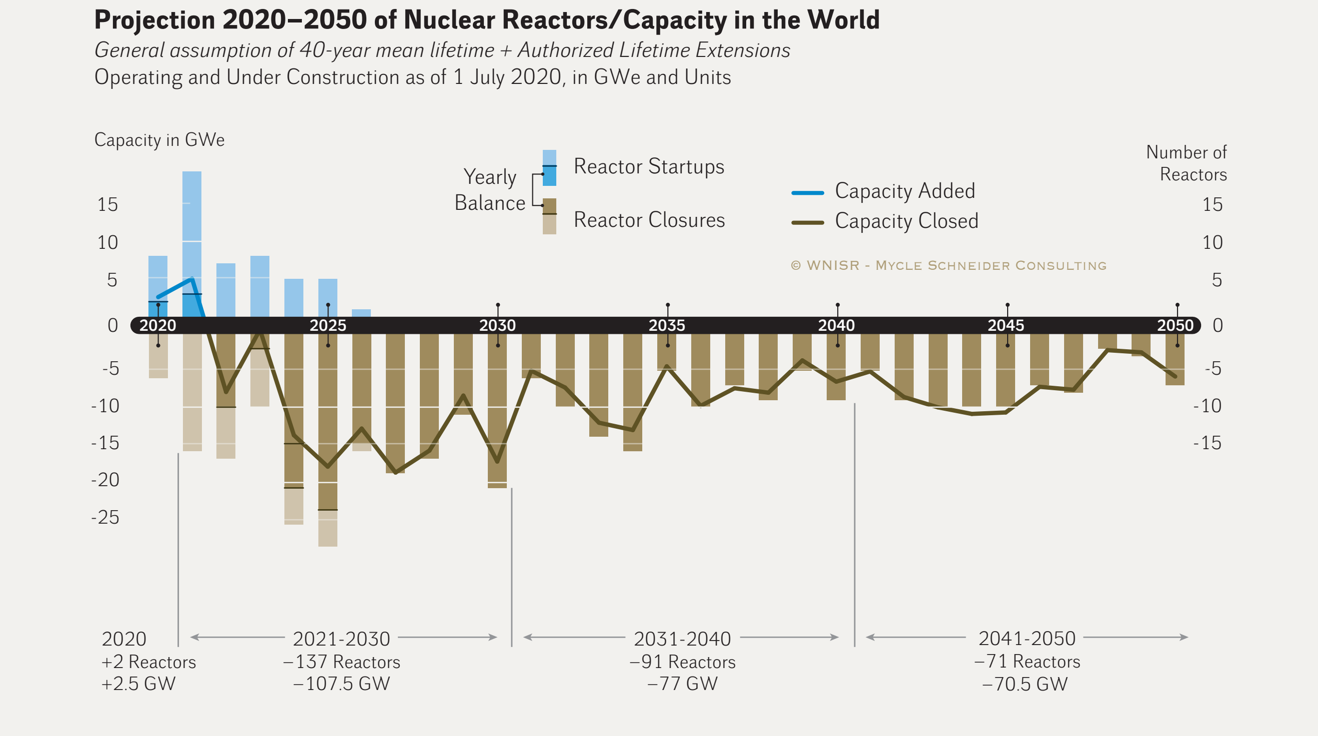
- تشمل هذه الأرقام مفاعلاً يابانياً واحداً (Shimane) ووحدتين صينيتين بقوّة ١٤٠٠ ميغاوات في خليج Shidao، حيث حُدّدت مواعيد بدء التشغيل بشكل اعتباطي في العامين ٢٠٢١ و٢٠٢٥ من دون وجود تواريخ رسمية.
- اعتُبِرت إعادة تشغيل أحد المفاعلات (Darlington-2) عبر نقله من فئة الإغلاق الطويل الأجل قبل ٢٠٢٠/٧ على أنه «بدء تشغيل». في حين لا تظهر عمليّات إعادة تشغيل وإغلاق ٣١ مفاعلاً مُدرجين في فئة «الإغلاق الطويل الأجل» بعد الأوّل من تموز/ يوليو ٢٠٢٠.
- تأخذ الأرقام في الاعتبار «حالات الإغلاق المُبكر» لـ ٥ مفاعلات في الولايات المتحدة؛ فيما تمّ الحرص على عكس حالات الإغلاق المُبكر في ٤ مفاعلات، على الرغم من احتمال إلغائها أو إضافة غيرها (يمكن الاطلاع على القسم الخاص بالولايات المتحدة)؛ فضلاً عن القرارات السياسية بإغلاق المفاعلات قبل إتمام عامها التشغيلي الأربعين (ألمانيا وكوريا الجنوبية).
- في حالة المفاعلات الفرنسية التي أتمت عاملها التشغيلي الأربعين قبل العام ٢٠٢٠ (التي بدأ تشغيلها قبل العام ١٩٨٠)، فقد استخدمنا التاريخ المُحدّد لرابع مراجعة سلامة دورية (زيارة واحدة كلّ عقد) كتاريخ للإغلاق عند وضع توقّعات العمر التشغيلي لـ ٤٠ عاماً. وبالنسبة إلى المفاعلات التي تجاوزت المراجعة الدورية الثالثة للسلامة، فقد استخدمنا التاريخ المُحدّد لمراجعة السلامة الدورية الرابعة لوضع توقّعات للعمر التشغيلي في السيناريو الثاني بمعزل عن تاريخ بدء التشغيل.

في العقد التالي وصولاً إلى العام ٢٠٣٠، يفترض ربط ١٧٦ مفاعلاً جديداً إضافياً بالشبكة (أي نحو ١٥٢,٥ غيغاواط) للحفاظ على الوضع الراهن، وهو ما يشكّل ٣ أضعاف المعدّل الذي تحقّق خلال العقد الماضي (٥٨ شركة ناشئة بين العامين ٢٠١٠ و٢٠١٩).

إن استقرار الوضع بحلول نهاية العام ٢٠٢٠ مُمكن نظراً لأن معظم المفاعلات لن تغلِق على الأرجح في نهاية العام بمعزل عن عمرها. نتيجة لذلك، من المحتمل أن يستمر عدد المفاعلات العاملة في الركود في أحسن الأحوال، إلّا إذا أصبحت رخص تمديد العمر التشغيلي - بعد إعادة التشغيل - هي القاعدة المُتبعة في جميع أنحاء العالم. من الواضح أن تعميم تراخيص تمديد العمر التشغيلي - للمفاعلات التي تجاوزت الـ ٤٠ عاماً من العمل - هو هدف صناعة الطاقة النووية، ولا سيّما في الولايات المتحدة. في الواقع، هناك العديد من المحاولات الناجحة للحصول على دعم للمحطّات النووية غير الاقتصادية من أجل إبقائها على الشبكة (يمكن الاطلاع على القسم الخاص بالولايات المتحدة).

لا تغيّر التطوّرات في آسيا، بما فيها الصين، الصورة العالمية بشكل أساسي. تقلّبت أرقام القدرة النووية المُركّبة التي تهدف الصين في الوصول إليها بحلول العام ٢٠٢٠ بين ٤٠ و١٢٠ غيغاواط. في الواقع، أدّى تجميد بدء البناء لمدّة عامين تقريباً وتراخيص تحديد المواقع الجديدة لمدّة ٤ سنوات إلى تقليل طموحات الصين قصيرة الأجل بشكل كبير.

الصورة ١٧ - توقّعات تمديد العمر التشغيلي للمحطّات وفق السيناريو الثاني
(لا تشمل المفاعلات المُصنّفة في فئة الإغلاق الطويل الأجل)



المصادر: مصادر مختلفة جُمعت في تقرير وضع الصناعة النووية العالمية لعام ٢٠٢٠.

ملاحظة: راجع الملاحظات الخاصّة بالصورة ١٦.

يصمّم تقرير «وضع الصناعة النووية العالمية» سنوياً سيناريو للحفاظ على جميع تراخيص تمديد العمر التشغيلي وتجديد التراخيص (بشكل رئيسي في الولايات المتحدة) والانتهاء من جميع مواقع

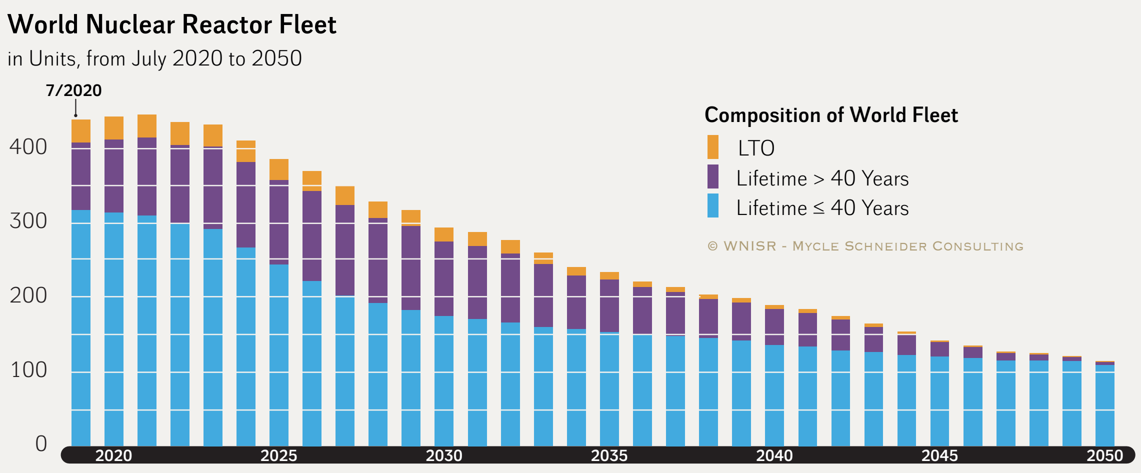
البناء. بالنسبة إلى جميع الوحدات الأخرى، اعتمدنا على توقّعات لمدّة ٤٠ عاماً للعمر التشغيلي، إلّا في حال أُعلِن عن تاريخ سابق أو لاحق لإغلاق المفاعل. بحلول نهاية العام ٢٠٢٠، سوف يزداد صافي عدد المفاعلات العاملة بوحدتين، وسوف تنمو السعة المركّبة بنحو ٢,٥ غيغاوات.

خلال العقد المقبل وصولاً إلى العام ٢٠٣٠، سوف يتحوّل صافي الرصيد إلى سالب بحلول العام ٢٠٢٢، وهو ما يفرض بدء تشغيل ١٣٧ مفاعلاً جديداً (بقدرة ١٠٧,٥ غيغاوات) لتعويض عمليات الإغلاق.

لا تزال توقّعات تمديد العمر التشغيلي تعني أن هناك حاجة خلال العقد المقبل إلى أكثر من ضعف عدد الوحدات المبنية سنوياً طوال العقد الماضي، أي أن يرتفع المعدّل من ٥,٨ وحدة إلى ١٣,٧ (يمكن الاطلاع على الصورتين ١٦ و١٧ والتأثير المُتراكم في الصورة ١٨).

في غضون ذلك، كان عدد إطلاق عمليات البناء في اتجاه هبوطي طوال عقد. بين العامين ٢٠١٠ و٢٠١٤، أُطلِقت عمليات بناء ٤٠ وحدة في جميع أنحاء العالم، من ضمنها ١٨ في الصين و٥ تم التخلّي عنها لاحقاً. من هنا، يتبيّن أن متوسّط عمليات البناء التي تطلق وتستمر سنوياً بلغ ٧ وحدات. بين العامين ٢٠١٥ و٢٠١٩، بدأت عمليات البناء في ٢٧ وحدة فقط، من ضمنها ١٣ في الصين، ما يجعل متوسّط عمليات البناء التي تطلق سنوياً نحو ٥,٤ وحدة، وهو أقل بكثير من نصف العدد المطلوب (أي ١٣,٧ وحدة) وفقاً لسيناريو توقّعات تمديد العمر التشغيلي بموجب السيناريو الثاني خلال العقد المقبل من أجل الحفاظ على العدد الحالي للمفاعلات العاملة في العالم.

الصورة ١٨ - توقّعات تمديد العمر لأربعين عاماً مقابل توقّعات العمر التشغيلي وفق السيناريو الثاني (Plex Projection)



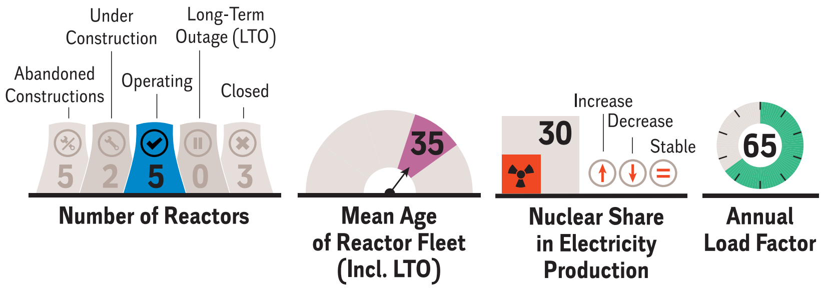
المصادر: مصادر مختلفة جُمعت في تقرير وضع الصناعة النووية العالمية لعام ٢٠٢٠.

ملاحظات: يمثّل هذا الرقم تطوّر أسطول المفاعلات العالمية العاملة أو قيد الإنشاء حصرياً، ولا يأخذ في الاعتبار أي افتراضات بشأن الإنشاءات المُحتملة الإضافية أو عمليات الإغلاق المُبكرة الإضافية والتي يتجاوز عددها فعلياً ما هو مُحدّد حالياً.

لمزيد من التفاصيل، يمكن العودة إلى الملاحظات الواردة تحت الصورة ١٦.

البلدان التي يجري التركيز عليها

سوف تستخدم مؤشّرات «العرض السريع» في القسم المُخصّص للبلدان.



يقدّم الفصل التالي تركيزاً خاصاً على البرامج النووية في الشرق الأوسط في مراحل مختلفة. يغطّي القسم ٦ بلدان في المنطقة إمّا تعمل أو تبني أو تخطّط لبناء محطّات الطاقة النووية.

ما لم يُذكر خلاف ذلك، فإن البيانات المُتعلّقة بعدد المفاعلات العاملة أو قيد الإنشاء وقدرتها الإنتاجية (وفقاً لإحصاءات منتصف العام ٢٠٢٠) وحصّة الطاقة النووية في إنتاج الكهرباء في العام ٢٠١٩ مأخوذة من قاعدة بيانات نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة التابع للوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA-PRIS)[٣٥]. تشير الأرقام التاريخية منذ العام ١٩٨٦ (عندما وقعت كارثة تشيرنوبيل) إلى العام الذي كانت فيه الحصّة النووية من إنتاج الطاقة هي الأعلى في بلد معيّن. يشار إلى أن الأرقام مأخوذة من مجلة الهندسة النووية الدولية (NEI) إلّا في حال ذكر خلاف ذلك[٣٦].

التركيز على الشرق الأوسط

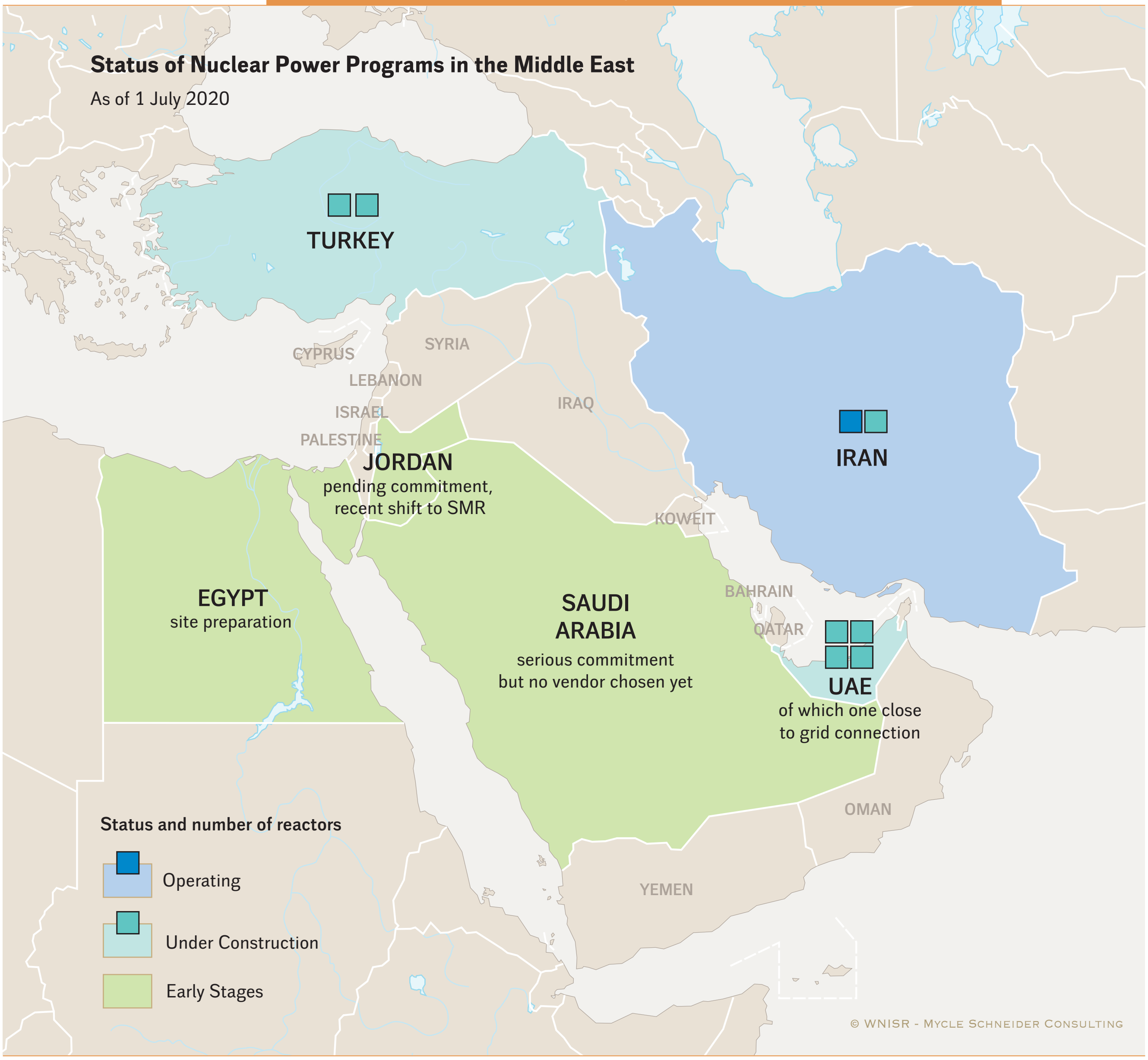
مقدّمة

لم يُحرز أي تقدّم في الشرق الأوسط على الرغم من الخطط المستمرّة منذ عقود لبناء محطّات طاقة نووية. عانت مشاريع الطاقة النووية الإقليمية من ركود وتعاني من انعدام اليقين السياسي والاقتصادي. حالياً هناك ٦ بلدان في المنطقة لديها طموحات في الطاقة النووية وهي: إيران، والإمارات العربية المتّحدة، وتركيا، ومصر، والمملكة العربية السعودية، والأردن (بالترتيب وفقاً لتقدّم برامجها). إلى ذلك، تبيّن الصورة ١٩ إن هذه البلدان تسجّل مستويات مختلفة للغاية من الالتزام والتقدّم.

٣٥ – الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، «Nuclear Share of Electricity Generation in 2019»، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/NuclearShareofElectricityGeneration.aspx*..

٣٦ – مجلة الهندسة النووية الدولية، «Load factors to end December 2019 »، حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

الصورة ١٩ - لمحة عامة على وضع برامج الطاقة النووية في الشرق الأوسط



المصدر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، ٢٠٢٠.

ينبع الاهتمام بالطاقة النووية في بلدان الشرق الأوسط من أسباب مختلفة غالباً غير مُعلنة. يحاجج المنطق المُعلن للاستثمار في الطاقة النووية في هذه البلدان الستة، بالحاجة إلى تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري لإنتاج الكهرباء[٣٧]. بالإضافة إلى ذلك، تدعو بعض البلدان إلى الاستثمار في الطاقة النووية كمسار لإدخال التقنيات المُتقدمة وخلق قاعدة من العمّال ذوي المهارات

٣٧ – علي أحمد، «Energy Transitions in the Gulf: Key Questions on Nuclear Power»، كانون الثاني/ يناير ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.aub.edu.lb/ifi/Pages/publications/books/2017-2018/20180118_energy_transitions_in_the_gulf_key_questions_on_nuclear_power.aspx*، تم الدخول في ١٦ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

العالمية[٣٨]. من ناحية أخرى، إن الاستثمار في البرامج النووية في جميع أنحاء المنطقة، وخصوصاً في إيران والمملكة العربية السعودية، ليس معزولاً عن التوترات السياسية وتداعياتها الأمنية والعسكرية الأوسع.[٣٩]

الجدول ٣ - تصنيف برامج الطاقة النووية في الشرق الأوسط

Country	Nuclear Capacity	Grid size (Year)	Fuel Arrangements	Fuel Chain Activities
Iran	Operating: 915 MW Under construction: 974 MW	83 GW (2020)	Russia to supply and take back spent fuel under JCPOA terms	Uranium mining, milling, conversion and enrichment; fuel fabrication
UAE	Under construction: 5.4 GW	31 GW (2017)	Diversified fuel supply (six contracts); Long-term spent fuel policy is being developed	None
Turkey	Under construction: 2.2 GW “Committed”: 3.6 GW	~91 GW (2019)	Russia to supply and take back spent fuel	None
Egypt	“Committed”: 4.8 GW	42 GW (2018)	Russia to supply and take back spent fuel	None
Saudi Arabia	“Committed”: 2 GW	89 GW (2017)	Unknown	None
Jordan	Unknown	~5 GW (2017)	Unknown	None

المصادر: مصادر مختلفة جُمعت في تقرير وضع الصناعة النووية العالمية لعام ٢٠٢٠.

ملاحظات: UAE= الإمارات العربية المتحدة. JCPOA= خطة عمل شاملة مشتركة.

إن نطاق عمليات البرامج النووية وحجمها عبر المنطقة ليسا موحّدين. وفقاً للجدول ٣، يعتبر البرنامج النووي الإيراني الأكثر تطوّراً، ويضمّ مفاعلاً واحداً عاملاً وآخر قيد الإنشاء، فضلاً عن استثمارات أخرى في تعدين اليورانيوم وتحويله وتخصيبه من بين أنشطة دورة الوقود النووي الأخرى. كان عنصر تخصيب اليورانيوم محور الجهود الدولية المُتضافرة للحدّ من إمكانيات إيران النووية، وهو ما تمّت معالجته من خلال خطّة العمل الشاملة المشتركة (JCPOA) التي التزمت إيران بموجبها بعدم إعادة معالجة الوقود النووي المستنفد وإعادته إلى روسيا[٤٠]. مع ذلك، يبدو مستقبل الاتفاق النووي قاتماً بعد انسحاب إدارة ترامب منه.

٣٨ – علي أحمد، ريم سلامة، م.ف. رامانا، « Localizing Nuclear Capacity? Saudi Arabia and Small Modular Reactors»، معهد عصام فارس للسياسات العامّة والشؤون الدولية، الجامعة الأميركية في بيروت، ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.aub.edu.lb/ifi/Pages/publications/working_papers/2018-2019/20190724-localizing-nuclear-capacity-saudi-arabia-and-small-modular-reactors.aspx*، تم الدخول في ١١ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

٣٩ – آن نيومن وآخرون، « Democratic quality and nuclear power: Reviewing the global determinants for the introduction of nuclear energy in 166 countries»، Energy Research & Social Science، المجلّد ٦٣، أيار/ مايو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221462961930667X*، تم الدخول في ٢٠ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

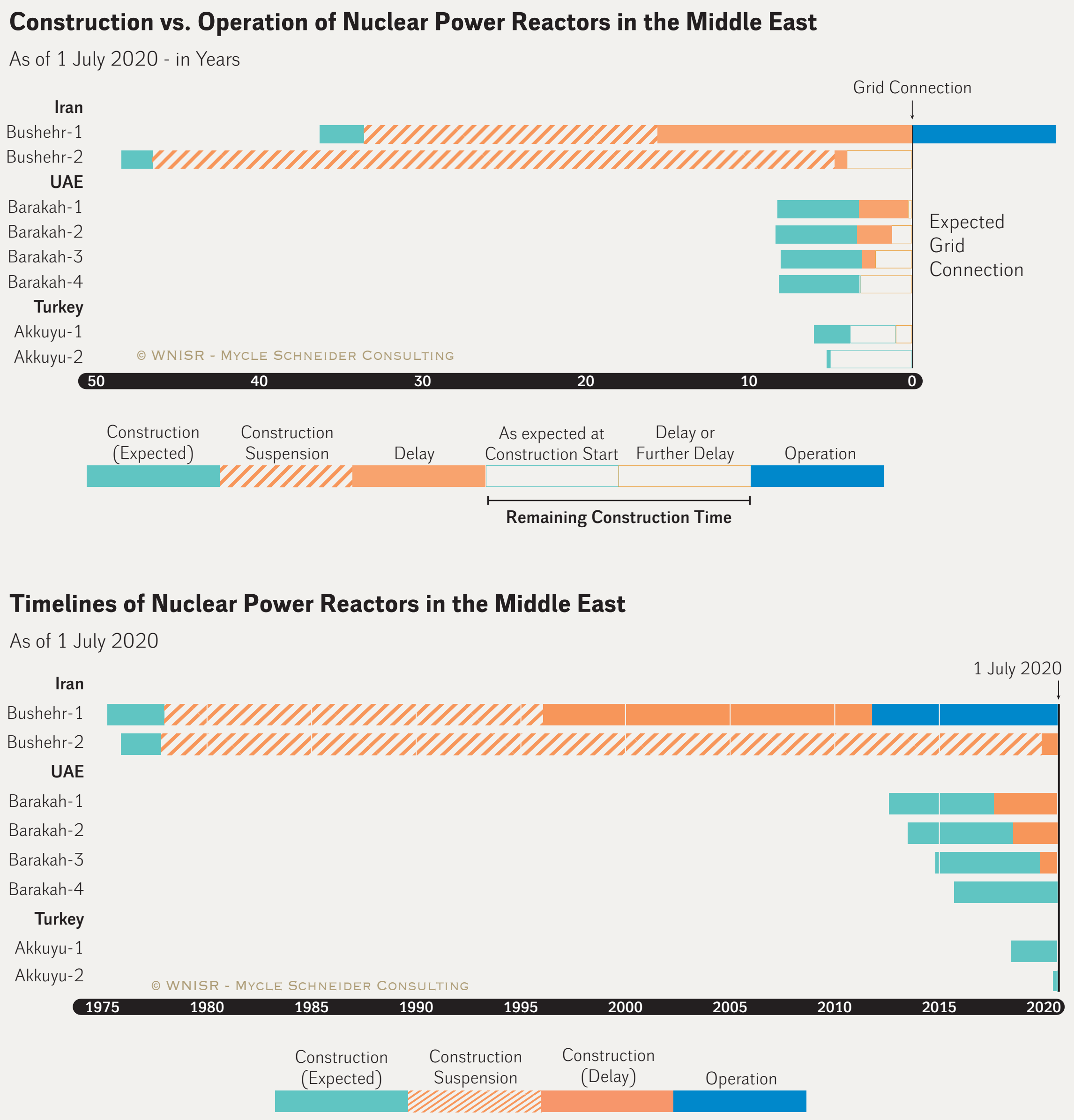
٤٠ – رابطة الحدّ من الأسلحة، «The Joint Comprehensive Plan of Action (JCPOA) at a Glance »، أيار/ مايو ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.armscontrol.org/factsheets/JCPOA-at-a-glance*، تم الدخول في ١٣ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

في منتصف العام ٢٠٢٠، كان مفاعل بوشهر-١ الإيراني الوحيد العامل في المنطقة (يمكن الاطلاع على الصورة ٢٠). إلى ذلك، هناك ٧ وحدات أخرى قيد الإنشاء، من ضمنها ٤ وحدات في الإمارات، و٢ في تركيا وواحدة في إيران. إذا افترضنا عدم حدوث مزيد من التأخيرات، سوف تكون محطة براكة-١، التي تخضع لاختبارات نهائية، المفاعل التالي الذي سوف يربط بالشبكة في المنطقة. عند اكتمالها وتشغيل جميع الوحدات الأربع ضمنها، من المتوقّع أن توفر ٢٥٪ من إمدادات الكهرباء في البلاد[٤١].

عانت برامج الطاقة النووية الإيرانية والإماراتية من تأخيرات في البناء (أكثر من ٣٥ عاماً في حالة بوشهر-١). في حالة إيران، كان التأخير لأسباب سياسية غالباً، أمّا بالنسبة للإمارات فقد ارتبط الأمر بشكل أساسي بالحاجة إلى تدريب الموظّفين المحلّيين وبعض المشكلات الفنية غير المتوقّعة.

٤١ – مجلة الهندسة النووية الدولية، « Fuel loading completed at unit 1 of Barakah nuclear power plant in the UAE»، ٣ آذار/ مارس ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.neimagazine.com/news/newsfuel-loading-completed-at-unit-1-of-barakah-nuclear-power-plant-in-the-uae-7805266*، تم الدخول في ١٣ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

الصورة ٢٠ - الجداول الزمنية لمفاعلات الطاقة النووية في الشرق الأوسط



المصادر: مصادر مختلفة جُمعت في تقرير وضع الصناعة النووية العالمية لعام ٢٠٢٠.

ملاحظات:

إيران: بدأ إنشاء محطتي بوشهر-١ و٢ في العامين ١٩٧٥ و١٩٧٦. لكن مورِّد التكنولوجيا (سمينز) أوقف بناء كلتي الوحدتين في العام ١٩٧٨ بعد اندلاع الثورة الإيرانية. استؤنف بناء الوحدة الأولى في العام ١٩٩٦، تلتها الوحدة الثانية في العام ٢٠١٩. لكن في ظل عدم وجود تاريخ رسمي مُحدّد لبدء تشغيل الوحدة الثانية، يستخدم تقرير «وضع الصناعة النووية العالمية» منتصف العام ٢٠٢٤ لتوضيح المشهد.

الإمارات العربية المتحدة: كان من المتوقّع أن يستمرّ بناء مفاعلات محطة البراكة لمدة ٥ سنوات لكلّ منها. ولتوضيح الصورة، أشار تقرير «وضع الصناعة النووية العالمية» في آب/ أغسطس ٢٠٢٠ إلى ربط محطّة البراكة-١ بالشبكة، تليها المحطّات الأخرى، بفواصل زمنية تصل إلى سنة لكلّ منها.

تركيا: كان من المتوقّع أن يستمرّ بناء Akkuyu-1 و2- لمدّة ٥ سنوات، لكن الوحدة الأولى تأخّرت بالفعل لمدة عام تقريباً.

مورِّدو المفاعلات

تعتبر روس آتوم الروسية من أكثر مزوِّدي المفاعلات نشاطاً في العالم، وبالتالي في الشرق الأوسط حيث توجد مشاريع نشطة في إيران وتركيا وربّما في مصر (يمكن الاطلاع على الجدول ٤). تمتلك **الشركة الكورية للطاقة الكهربائية** (كيبكو) حالياً أكبر عدد من المفاعلات قيد الإنشاء في المنطقة مع تطوير ٤ وحدات في محطّة براكة للطاقة في الإمارات العربية المتحدة. لم تختر السعودية حتى الآن أي مورِّد نووي على الرغم من إبرامها إتفاقيات مع العديد من البائعين. إلى جانب الاهتمام بالمفاعلات الكبيرة، أبدت السعودية والأردن أيضاً اهتماماً بالمفاعلات الصغيرة والمتوسّطة الحجم، على الرغم من أن هذا الاهتمام لم يُترجم بعد بإجراءات ملموسة.

الجدول ٤ - مورِّدو التكنولوجيا النووية في الشرق الأوسط

Large Reactors	
Iran	Rosatom (Russia)
UAE	KEPCO (South Korea)
Turkey	Rosatom (Russia)
Egypt	Rosatom (Russia)
Saudi Arabia	Unknown
Small Modular Reactors	
Saudi Arabia	KAERI (South Korea)
Jordan	Unknown

المصادر: مصادر مختلفة جُمعت في تقرير وضع الصناعة النووية العالمية لعام ٢٠٢٠.

ترد في الجدول ٥ لمحة عامّة عن أحدث تقديرات تكلفة مشاريع الطاقة النووية الإقليمية ونموذج ملكيّتها، وهي لا تشمل، عادة، تكاليف غير مباشرة كبيرة ترتبط بتكييف الشبكة، وإنشاء المؤسّسات الداعمة والتنظيمية، وتدريب الموظّفين، إلخ. في البلدان الستة التي نعاينها في هذا القسم، وعلى الرغم من اختلاف نسب ترتيبات التمويل ونماذج الملكية، إلّا أن الحكومات (في جانبي المتلقي والمورِّد) تلعب دوراً مركزياً في النهوض بالأجندة النووية في المنطقة، وهو ما يتماشى إلى حدّ كبير مع نموذج الأعمال الخاص بالصناعة النووية على مستوى العالم، الذي يعتمد بشكل كبير على الدعم والتدخّلات الحكومية[٤٢].

يقدّم التصنيف الائتماني ونسب الدين إلى الناتج المحلّي الإجمالي، المُدرجين أيضاً في الجدول ٥، لمحة عن البيئات الاقتصادية التي سوف تنشأ فيها المشاريع النووية الإقليمية. تبرز مصر والأردن كبلدين يتمتعان بدرجة تصنيف ائتماني منخفضة ونسبة ديون عالية بالنسبة إلى الناتج المحلّي الإجمالي. أيضاً يعتبر التصنيف الائتماني لتركيا منخفضاً ويندرج ضمن فئة «غير المرغوب فيه» (شديد المضاربة). فيما يؤدّي التأثير المشترك لهذه المؤشّرات الاقتصادية غير المواتية إلى زيادة تكلفة التمويل، وبالتالي تضخّم تكلفة المشاريع النووية التي تتطلّب رأس مال كثيف، إلّا في حال قدّم البلد البائع دعماً مالياً، مثل ضمانات القروض أو معدّلات الفائدة المنخفضة.

٤٢ – نادية بركات الله وعلي أحمد، «Current status and emerging trends in financing nuclear power projects»، Energy Strategy Reviews، ١ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٧.

الجدول ٥ - لمحة عامّة عن تكاليف مشاريع الطاقة النووية في الشرق الأوسط والمؤشّرات الاقتصادية المرتبطة بها

Country	Project Size (GW)	Project Cost Estimate	Ownership Model	Credit Rating Score[43]	Debt-to-GDP
Egypt	4.8	US$29.4 billion	Joint venture	30 (highly speculative)	83%
Iran	2.0	US$10 billion (Bushehr Unit 2 & 3)	Government	NA	32%
Jordan	Unknown	Unknown	Unknown	35 (highly speculative)	94%
Saudi Arabia	Unknown	Unknown	Unknown	76 (upper medium grade)	19%
Turkey	4.8	US$20 billion (Akkuyu)	Build-Own-Operate (BOO)	36 (highly speculative)	29%
UAE	5.6	US$28.2 billion	Joint venture	90 (high grade)	22%

المصادر: مصادر مختلفة جُمعت في تقرير وضع الصناعة النووية العالمية لعام ٢٠٢٠.

الإمارات العربية المتّحدة

من بين البلدان العربية التي لديها طموحات في الطاقة النووية، يُعدُّ برنامج الإمارات الأكثر تقدّماً، بعد أن أطلقته في العام ٢٠٠٩ بتوقيعها عقداً مع الشركة الكورية للطاقة الكهربائية (KEPCO)، قضى بالبدء في بناء ٤ مفاعلات APR-1400 بقدرة ٥,٦ غيغاوات في موقع البراكة في أبو ظبي. حصل المفاعل الأول على رخصة تشغيلية في شباط/ فبراير ٢٠٢٠.[٤٤] إلى ذلك، حصلت شركة KEPCO في تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٦ على ١٨٪ من شركة Nawah للطاقة التي تمتلك المفاعلات الأربعة، فيما تستحوذ مؤسّسة الإمارات للطاقة النووية (ENEC) على الحصّة الباقية فيها (٨٢٪).[٤٥]

عند توقيع العقد في كانون الأول/ ديسمبر ٢٠٠٩، أشارت مؤسّسة الإمارات للطاقة النووية (ENEC) إلى أن «عقد البناء والتشغيل وأحمال الوقود في الوحدات الأربع يبلغ نحو ٢٠ مليار دولار أميركي».[٤٦] مع ذلك، ارتفعت تقديرات التكلفة لاحقاً إلى ما لا يقل عن ٢٨,٢ مليار دولار أميركي.[٤٧] كان التمويل

٤٣ – تحتسب النتيجة من تصنيفات وكالات التصنيف الرئيسية: S&P، وMoody's، وFitch. أيضاً يتمّ دمج تصنيف DBRS Morningstar في حال توافر. النتيجة القصوى هي 100. Trading Economics, « Credit Rating – Countries», 2020، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://tradingeconomics.com/country-list/rating*، تم الدخول في ١٢ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

٤٤ – WNA, « Barakah nuclear power plant takes a big step forward to delivering UAE's clean energy future»، بيان صحافي، ١٩ شباط/فبراير ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.world-nuclear.org/press/press-statements/barakah-nuclear-power-plant-takes-a-big-step-forwa.aspx*، تم الدخول في ١٣ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

٤٥ – مجلة الهندسة النووية الدولية، «Kepco and Enec set up joint venture for Barakah NPP»، ٢٥ تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٦، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.neimagazine.com/news/newskepco-and-enec-set-up-joint-venture-for-barakah-npp-5647366/*، تم الدخول في ٢٢ نيسان/ أبريل ٢٠١٨.

٤٦– مؤسّسة الإمارات للطاقة النووية، « UAE Selects Korea Electric Power Corp, as Prime Team as Prime Contractor for Peaceful Nuclear Power»، مؤسسة الإمارات للطاقة النووية، ٢٧ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠٠٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.enec.gov.ae/news/uae-selects-korea-electric-power-corp-as-prime-team-as-prime-contractor-fo/*، تم الدخول في ٢٢ نيسان/ أبريل ٢٠١٨.

٤٧ – تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، ٢٠١٩.

مدعوماً بشكل أساسي من حكومة أبوظبي، فيما ساهمت كوريا وشركاء آخرون في التمويل من خلال شراء الأسهم وإبرام إتفاقيات قروض[٤٨].

في تموز/ يوليو ٢٠١٠، مُنِحت رخصة لإعداد موقع محطّة البراكة[٤٩] ورخصة محدودة لإنشاء المفاعلات، على بعد ٤٠ كيلومتراً من الحدود مع السعودية و١٠٠ كيلومتر من قطر. توقّع الجدول الزمني المؤقّت الذي نُشر في أواخر كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٠، أنه مع بدء عمليات بناء وحدة سنوياً بين العامين ٢٠١٢ و ٢٠١٥، سوف يبدأ تشغيل محطّة البراكة-١ في أيار/ مايو ٢٠١٧، تليها الوحدة الثانية في ٢٠١٨، ومن ثمّ الوحدة الثالثة في ٢٠١٩، والوحدة الرابعة في العام ٢٠٢٠. مع ذلك، واجه المشروع تأخيرات عدّة، ومن المتوقّع أن يبدأ التشغيل في النصف الثاني من العام ٢٠٢٠. إلى ذلك، صرّح محمد الحمادي، الرئيس التنفيذي لمؤسّسة الإمارات للطاقة النووية، في أيار/ مايو أن محطّة براكة سوف تدخل مرحلة التشغيل الأولي «في غضون شهر»[٥٠].

عموماً تعود التأخيرات الخاصّة إلى العوامل التالية:

- التأخير في تشكيل قوّة عاملة محلّية مُدرّبة ومرخّصة لتشغيل المفاعلات النووية بأمان[٥١].
- وجود شقوق أو «فراغات» في مبنى الاحتواء في الوحدتين ٢ و٣[٥٢].
- إجراءات احترازية ردّاً على فضيحة ضمان الجودة في الصناعة النووية في كوريا الجنوبية[٥٣].
- التأخير في تشغيل مفاعلات KEPCO في كوريا الجنوبية، والتي تعتبر أساساً للتصاميم الإماراتية[٥٤].

في أيار/ مايو ٢٠١٧، أقرّت مؤسّسة الإمارات للطاقة النووية بأن تأخير بدء تشغيل الوحدة الأولى من العام ٢٠١٧ إلى ٢٠١٨ أتى «لإعطاء الوقت الكافي للتقييمات الدولية والالتزام بمعايير أمان

٤٨ – NIW, « Kepco takes 18% of Barakah»، ٢١ تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٦.

٤٩ – Arabian Business, « ENEC Welcomes Regulator’s License Approval»، ١١ تموز/ يوليو ٢٠١٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.arabianbusiness.com/enec-welcomes-regulator-s-licence-approvals-306150.html*، تم الدخول في ٢٢ نيسان/ أبريل ٢٠١٨.

٥٠ – WNN, « ENEC CEO: Barakah plant to start up ‘very soon’»، ٧ أيار/ مايو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://world-nuclear-news.org/Articles/ENEC-CEO-Barakah-to-start-up-very-soon*، تم الدخول في ١٤ أيار/ مايو ٢٠٢٠

٥١ – جاين شانغ وغيرت دو كليرك، «UAE delays launch of first nuclear power reactor»، رويترز، ٤ أيار/ مايو ٢٠١٧، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.reuters.com/article/us-kepco-emirates-nuclearpower-exclusive/exclusive-uae-delays-launch-of-first-nuclear-power-reactor-idUSKBN1801ZD*، تم الدخول في ٢٢ نيسان/ أبريل ٢٠١٨.

٥٢ – شوا هايان، « KEPCO undergoes repairs for cracks in nuclear reactor containment buildings in UAE», The Hankyoreh، ١٧ تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://english.hani.co.kr/arti/english_edition/e_business/866228.html*، تم الدخول في ١٩ أيار/ مايو ٢٠١٩.

٥٣ – ماكس س. كيم، « How greed and corruption blew up South Korea’s nuclear industry», MIT Technology Review، ٢٢ نيسان/ أبريل ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.technologyreview.com/2019/04/22/136020/how-greed-and-corruption-blew-up-south-koreas-nuclear-industry/*، تم الدخول في ١٣ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

٥٤ – أنطوني ماك أولي، « UAE nuclear project enters critical phase», The National، ٧ تموز/ يوليو ٢٠١٥، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.thenational.ae/business/uae-nuclear-project-enters-critical-phase-1.26641*، تم الدخول في ١٣ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

الصناعة النووية، فضلاً عن تعزيز الكفاءة التشغيلية لموظّفي المحطة»[٥٥]. أمّا التأخير في وصول الموظّفين إلى مستوى مناسب من التدريب فيعود إلى تعدّد الثقافات واللغات بين الموظّفين الجدد[٥٦]. من هنا، واعترافاً بحجم المشكلة المستمرّة، وقّعت شركة كهرباء فرنسا (EDF) إتفاقية مع مؤسّسة الإمارات للطاقة النووية في تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٨، لتقديم خدمات «تشغيل وصيانة» المحطّة[٥٧].

أيضاً شكّلت سلامة العمّال تحدّياً، فوفقاً لتقرير إعلامي كوري جنوبي، وقعت حوادث خطيرة في موقع البناء أدّت إلى وفاة العمّال، وتبيّن أن مقاولي شركة KEPCO« فشلوا إلى حدّ كبير في ضمان سلامة العمّال»[٥٨].

كانت مشكلة العيوب في مباني الاحتواء مماثلة للمشكلة التي برزت في التسعينيات في مفاعل HANBET في كوريا الجنوبية، حيث كُشف عن وجود ثقوب كبيرة في البناء[٥٩]، أثارت المخاوف بشأن السلامة وإدارة المشاريع، خصوصاً أن مبنى الاحتواء هو بمثابة حاجز لمنع خروج الانبعاثات المُشعّة المُحتملة في حال وقوع حادث، فضلاً عن أن البناء لم يُنجز بسلاسة ما يثير تساؤلات حول قضايا أخرى تم التغاضي عنها.

ظهرت صعوبات أخرى في تصميم APR-1400 ما أثار تساؤلات حول موثوقية صمّامات الأمان التي شُغِّلت بشكل تجريبي (POSRV)، وخصّصت لحماية الأجهزة من الضغط الزائد. لكن منذ العام ٢٠١٦ اعتُبِرت مشكلة تصميمية عندما فُتِحت عن غير قصد أثناء بدء تشغيل Shin-Kori-3 في كوريا الجنوبية. أثناء عملية الاختبار ، في تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٧، ربّما وقعت المشكلة نفسها في محطة البراكة-١، وخلص المنظّم إلى أن الصمّام لا يتواءم مع معايير السلامة المقبولة[٦٠].

مع ذلك، من المتوقّع أن ينتهي مشروع البراكة قريباً. في كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٩، تم الإبلاغ، بناءً على تقديرات مؤسّسة الإمارات للطاقة النووية، عن إنجاز ٩٣٪ من عملية بناء الوحدات

٥٥ – مؤسّسة الإمارات للطاقة النووية، « ENEC Announces Completion of Initial Construction Work for Unit 1 of Barakah Nuclear Energy Plant & Progress Update Towards Safety-led Operations»، بيان صحافي، ٥ أيار/ مايو ٢٠١٧، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.enec.gov.ae/news/latest-news/enec-announces-completion-of-initial-construction-work-barakah-unit-1-progress-update/*، تم الدخول في ١٨ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٥٦ – ستيفاني كوك، NIW ،«The Challenge of Barakah's Multicultural Workforce »، ٢٣ آذار/ مارس ٢٠١٨.

٥٧ – شركة كهرباء فرنسا وشركة Nawah للطاقة، « EDF and Nawah Energy Company sign operations and maintenance assistance agreement for Barakah Nuclear Energy Plant, United Arab Emirates»، بيان صحافي، ٢٢ تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.edf.fr/en/the-edf-group/dedicated-sections/journalists/all-press-releases/edf-and-nawah-energy-company-sign-operations-and-maintenance-assistance-agreement-for-barakah-nuclear-energy-plant-united-arab-emirates*، تم الدخول في ٩ نيسان/ أبريل ٢٠١٩.

٥٨ – لي هيو-سيك، The Korean Times ،« KEPCO hit by safety lapses at UAE nuke plant site»، ٢٢ شباط/ فبراير ٢٠١٧، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.koreatimes.co.kr/www/biz/2017/02/367_224498.html*، تم الدخول في ٢٢ نيسان/ أبريل ٢٠١٨.

٥٩ – شوا ياهان، Hankyoreh ،« Controversy over Barakah power plant construction fiasco continues»، ١٨ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: http://english.hani.co.kr/arti/english_edition/e_international/874896.html، تم الدخول في ٩ نيسان/ أبريل ٢٠١٩.

٦٠ – ستيفاني كوك، NIW ،« Shared POSRV Nightmares for KHNP and Enec»، ١٥ آذار/ مارس ٢٠١٩.

الأربع. بعد إنجاز الوحدة الأولى، تم الإبلاغ عن اكتمال أكثر من ٩٥ و٩١ و٨٢٪ من الوحدات ٢ و٣ و٤ على التوالي[٦١].

حصلت المجموعة الأولى من المشغّلين على تراخيصها في تموز/ يوليو ٢٠١٩ بعد برنامج تدريبي استمرّ ثلاث سنوات[٦٢]. في أيلول/ سبتمبر ٢٠١٩، في مؤتمر الطاقة العالمي الرابع والعشرين في أبو ظبي، وقّعت شركتي براكة-١ وKEPCO إتفاقية لاستكشاف فرص تقديم «محطّة براكة» كنموذج للأسواق الخارجية[٦٣].

في شباط/ فبراير ٢٠٢٠، حصلت الوحدة الأولى في محطّة براكة على رخصة تشغيل من الهيئة الاتحادية للرقابة النووية الإماراتية لمدة ٦٠ عاماً. في آذار/ مارس ٢٠٢٠، تم الانتهاء من تحميل الوقود في الوحدة الأولى، ما جعل الإمارات رسمياً البلد العربي الأوّل الذي يمتلك محطّة للطاقة النووية. قال المسؤولون إنه سوف يجري اختبار الأنظمة خلال الأشهر القليلة المُقبلة على أن يبدأ إنتاج الطاقة بعدها، على أن تُربط المحطّة بالشبكة قبل منتصف العام ٢٠٢٠، وهو ما لم يحدث[٦٤].

أدّى التأخير في إنجاز مشروع البراكة إلى زيادة كبيرة في تكاليف البناء والتمويل ولا سيّما من خلال مدفوعات الفوائد والإيرادات المؤجّلة. ووفقاً للصورة ٢١ حصلت هذه التأخيرات بالتزامن مع قفزات هائلة في الطاقة الشمسية سمحت للإمارات بالوصول إلى فعالية التكلفة. في الواقع، بلغ عرض الطاقة الشمسية الكهروضوئية (PV) الأخير في المرحلة الخامسة من مجمع دبي للطاقة الشمسية نحو ١,٧ سنتاً/ كيلوات ساعة في العام ٢٠١٩، أي أقل من ربع تكلفة الطاقة المتوقّع إنتاجها في محطّة براكة والمُقدّرة بـ ٧,٢ سنتات وفقاً لأسعار ٢٠١٢ لكلّ كيلوات ساعة[٦٥]. حتى أن الطاقة الشمسية المُركّزة وصلت إلى أسعار مماثلة للمستويات النووية المتوقّعة وذلك في وقت مبكر من العام ٢٠١٧ في المرحلة الرابعة من مشروع مجمع دبي للطاقة الشمسية.

٦١ – المراجعة التقنية للشرق الأوسط، « ENEC highlights nuclear energy and Barakah plant progress at public forum» ٢ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.technicalreviewmiddleeast.com/power-a-water/power-generation/enec-highlights-nuclear-energy-and-barakah-plant-progress-at-public-forum*، تم الدخول في ١٣ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

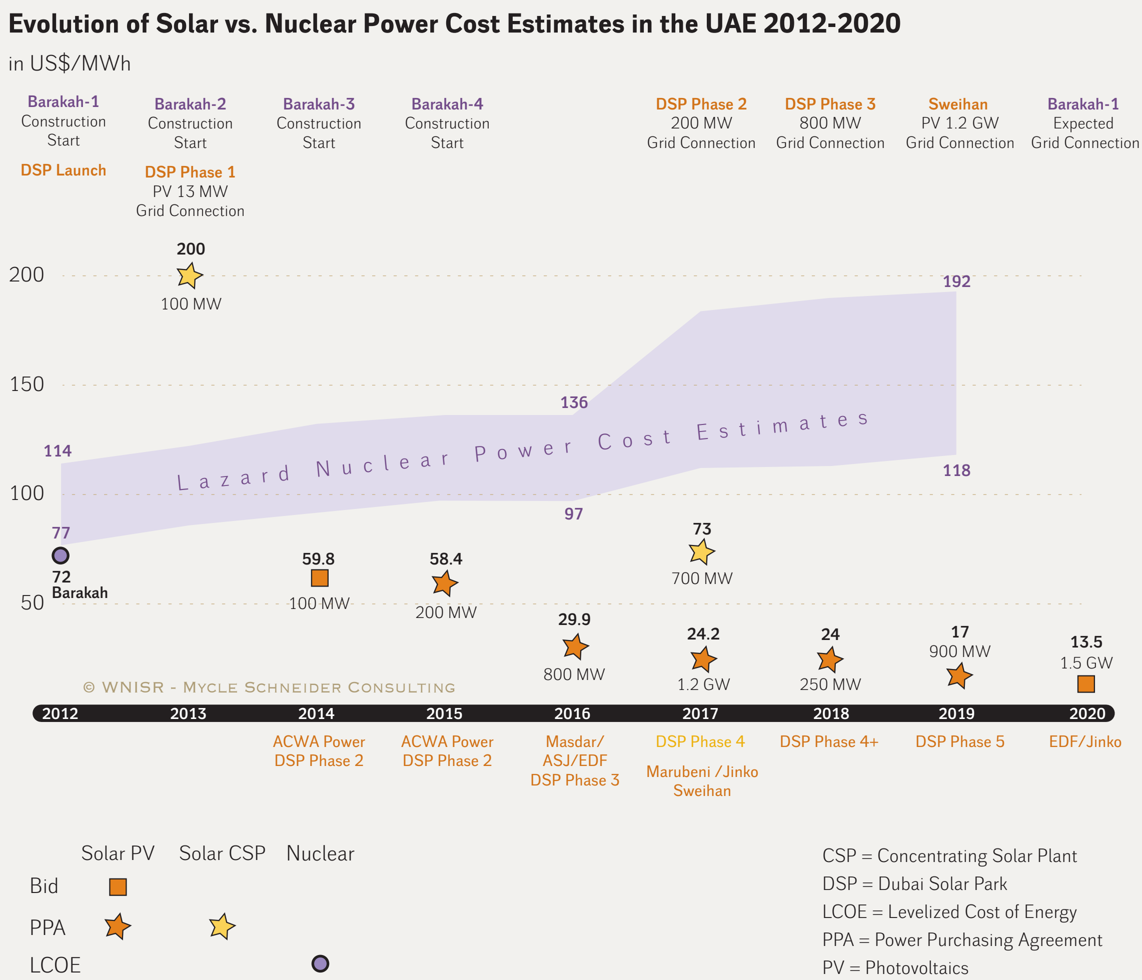
٦٢ – WNN، « First Barakah operators receive regulatory certification»، ٨ تموز/ يوليو ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://world-nuclear-news.org/Articles/First-Barakah-operators-receive-regulatory-certifi*، تم الدخول في ١٣ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

٦٣ – GCR، « Korea and UAE sign nuclear know-how export deal»، Global Construction Review، ١٢ أيلول/ سبتمبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.globalconstructionreview.com/news/korea-and-uae-sign-nuclear-know-how-export-deal/*، تم الدخول في ١٣ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

٦٤ – رُبطت محطّة البراكة بالشبكة في ١٩ آب/ أغسطسط ٢٠٢٠. يمكن العودة إلى: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، «Barakah, UAE: Grid Connection of First Commercial Reactor in the Arab World»، ٢١ آب/ أغسطس ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.worldnuclearreport.org/Barakah-UAE-Grid-Connection-of-First-Commercial-Reactor-in-the-Arab-World.html*، تم الدخول في ٨ أيلول/ سبتمبر ٢٠٢٠.

٦٥ – تقديرات تقرير وضع الصناعة النووية العالمية (بالاستناد إلى تكلفة المشروع الأخير التي بلغت ٢٨,٢ مليار دولار مع معدل حسم بنسبة ٥٪).

الصورة ٢١ - تطوّر أسعار الطاقة الشمسية الكهروضوئية والطاقة الشمسية المركّزة في الإمارات أثناء إنشاء مشروع البراكة



المصادر: مصادر مختلفة جُمعت في تقرير وضع الصناعة النووية العالمية لعام ٢٠٢٠.

ملاحظة: كل الأرقام واردة بالدولار الأميركي الاسمي.

منذ العام ٢٠١٣، كانت الإمارات موطناً لكسر الأسعار القياسية لمشاريع الطاقة الشمسية. منذ ذلك الحين، لم تصبح الطاقة الشمسية أكثر تنافسية من حيث التكلفة مقابل الطاقة النووية فحسب، بل شهدت اتجاهاً متبايناً مع تخفيضات كبيرة في التكلفة، فيما ارتفعت تكلفة الكهرباء النووية وفق ما يمكن وصفه بـ «التعلّم السلبي».

تتماشى التأخيرات في محطّة براكة مع الاتجاه العالمي المُتمثّل في طول فترات تقدّم محطّات الطاقة النووية وبنائها. وتظهر أن المشكلات والتأخيرات في المشاريع النووية تحصل حتى في الإمارات حيث التمويل مُتاح وكذلك إمكانية الوصول إلى أفضل الاستشاريين والخبراء التقنيين في العالم.

المملكة العربية السعودية

ظهر اهتمام المملكة العربية السعودية بالحصول على الطاقة النووية في أواخر العام ٢٠٠٦، وبرز ذلك بداية كجزء من جهد مشترك بين دول مجلس التعاون الخليجي[٦٦]. أنشِئت مدينة الملك عبد الله للطاقة الذرية والمُتجدّدة (KA-CARE) في العام ٢٠١٠، وفوّضت بالإشراف على تطوير برنامج الطاقة النووية في المملكة. في حزيران/ يونيو ٢٠١١، أعلنت KA-CARE عن خطط لبناء ١٦ مفاعل للطاقة النووية بقدرة إجمالية تبلغ ١٧،٦ غيغاوات، على أن يتم وصل المفاعليين الأولين بالشبكة بعد عشر سنوات، وأن يليهما مفاعلان آخران سنوياً حتى العام ٢٠٣٠. لكن القيادة السعودية تخلّت لاحقاً عن هذه الخطط الطموحة.

في آذار/ مارس ٢٠١٨، وافقت الحكومة على برنامج نووي وطني مرفق بتقارير تقترح إبرام عقود لبناء مفاعلين في نهاية العام ٢٠١٨[٦٧]، على أن يبدأ التشغيل في العام ٢٠٢٧[٦٨]. لكن العقود لم توقّع. في حين أشار وزير الطاقة خالد الفالح في كانون الثاني/ يناير ٢٠١٩ إلى أن حكومته ما زالت تخطّط لبناء مفاعلين في العقد المقبل ثم توسيع البرنامج بمجرّد تشغيلهما[٦٩]. إلى ذلك، أكّدت المملكة أن لديها ٥ مورّدي تكنولوجيا نووية مصنّفين وهم: ويستنغهاوس، وروس آتوم، وكيبكو، EDF/Oranog، والمؤسّسة الوطنية النووية الصينية (CNNC)[٧٠]. من بين المشاركين في المناقصة، يرجّح أن تكون كيبكو في وضع قوي نظراً لخبرتها في الإمارات[٧١].

في منتصف العام ٢٠١٨، أجرت الوكالة الدولية للطاقة الذرية مراجعة متكاملة للبنية التحتية النووية (INIR) في البلاد. وصرح ميخائيل شوداكوف، نائب المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية، عند الانتهاء من المراجعة، أن السعودية وضعت إطاراً تشريعياً لدعم المرحلة التالية من التطوير النووي[٧٢].

٦٦ – حسن م. فتاح، « Arab Nations Plan to Start Joint Nuclear Energy Program», The New York Tmes, 11 كانون الأول/ ديسمبر ٢٠٠٦، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.nytimes.com/2006/12/11/world/middleeast/11nuke.html*، تم الدخول في ١٠ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

٦٧ – مجلة الهندسة النووية الدولية، « Saudi Arabia approves national nuclear programme»، ١٩ آذار/ مارس ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.neimagazine.com/news/newssaudi-arabia-approves-national-nuclear-programme-6087593/*، تم الدخول في ٢٥ نيسان/ أبريل ٢٠١٨.

٦٨ – مجلة الهندسة النووية الدولية، « Saudi Arabia to prequalify NPP bids by May»، ١٨ كانون الثاني/ يناير ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.neimagazine.com/news/newssaudi-arabia-to-prequalify-npp-bids-by-may-6029868/*، تم الدخول في ٢٥ نيسان/ أبريل ٢٠١٨.

٦٩ – « Saudi Arabia to use N-energy for electricity production, asserts Al-Falih», Saudi Gazette، ١٦ كانون الثاني/ يناير ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://saudigazette.com.sa/article/557047/SAUDI-ARABIA/Saudi-Arabia-to-use-N-energy-for-electricity-production-asserts-Al-Falih*، تم الدخول في ١٤ نيسان/ أبريل ٢٠١٩.

٧٠ – نورا منصوري، « Commentary: The Saudi Nuclear Energy Project»، مركز الملك عبد الله للبحوث والدراسات النفطية، آذار/ مارس ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.kapsarc.org/research/publications/the-saudi-nuclear-energy-project/*، تم الدخول في ١٠ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

٧١ – فيل شافيه، « Ka-Care Hopes to Choose from Five Bids by Year's End», NIW، ١٩ كانون الثاني/ يناير ٢٠١٨.

٧٢ – الوكالة الدولية للطاقة الذرية، « IAEA Delivers Report on Nuclear Power Infrastructure Development to Saudi Arabia»، ٢٥ كانون الثاني/ يناير ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.iaea.org/newscenter/news/iaea-delivers-report-on-nuclear-power-infrastructure-development-to-saudi-arabia*، تم الدخول في ١٦ حزيران/ يونيو ٢٠١٩.

إلى ذلك، نشرت وكالة رويترز في نيسان/ أبريل ٢٠١٩ عن طرح إجراء مناقصة كاملة في العام ٢٠٢٠[٧٣]، إلا أن استيراد المعدّات من الولايات المتحدة يتطلّب توقيع إتفاقية تعاون نووي (الإتفاقية ١٢٣)، في حين تمارس ضغوطاً متزايدة في الولايات المتحدة لإدراج شرط يمنع السعودية من تخصيب اليورانيوم أو أعادة معالجة الوقود المستنفد، وهو ما يتعارض مع التصريحات السعودية السابقة بشأن رغبتها في السيطرة على نظام الوقود[٧٤]. على الرغم من ذلك، ذكرت وكالة رويترز في آذار/ مارس ٢٠١٩ أن وزير الطاقة الأميركي ريك بيري وافق على منح ٦ تراخيص سرّية، معروفة باسم تراخيص الجزء ٨١٠، لشركات بيع تكنولوجيا الطاقة النووية، تسمح لهم بالقيام بأعمال أولية حول الطاقة النووية قبل إبرام أي صفقة[٧٥]. وقد أكد بيري في تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٩ أن المحادثات جارية بشأن دعم الولايات المتحدة للبرنامج النووي السعودي واحتمال توقيع اتفاقية ١٢٣[٧٦].

أثيرت مخاوف عديدة من وجود علاقة بين البرنامج النووي المدني السعودي وتعبير القيادة السعودية عن رغبتها في امتلاك أسلحة نووية. في آذار/ مارس ٢٠١٨، قال الأمير محمد بن سلمان لشبكة CBS News إن «المملكة العربية السعودية لا تريد امتلاك أي قنبلة نووية. لكن إذا طوّرت إيران قنبلة نووية، لا شكّ سوف نحذو حذوها في أقرب وقت ممكن»[٧٧]. في أيار/ مايو ٢٠٢٠، أفادت بلومبرغ أن المملكة العربية السعودية تواصل بناء مفاعل أبحاث من دون مراقبة الوكالة الدولية للطاقة الذرية، وهو ما يُعدُّ مسألة حسّاسة نظراً لوجوب التحقّق من معلومات تصميم المفاعل أثناء تشغيله[٧٨].

في أيلول/ سبتمبر ٢٠١٩، قال وزير الطاقة السعودي إن المملكة «تمضي بحذر» في خطط إنشاء مفاعلين نوويين، وأنها لا تزال ترغب في المضي قدماً في برنامج لإنتاج دورة متكاملة من الوقود

٧٣ – سيلفيا ويستول، رانيا الجمل وستيفان كالان: « Saudi plans to invite bids for nuclear power project in 2020: sources»، رويترز، ٤ نيسان/ أبريل ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://uk.reuters.com/article/us-saudi-nuclear/saudi-plans-to-invite-bids-for-nuclear-power-project-in-2020-sources-idUKKCN1RG1LL*، تم الدخول في ٩ نيسان/ أبريل ٢٠١٩.

٧٤ – تيموثي غاردنر، «U.S. Senate proposal would block Saudi path to atomic weapon in nuclear deal»، رويترز، ١٣ شباط/ فبراير ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.reuters.com/article/us-usa-nuclear-saudi/u-s-senate-proposal-would-block-saudi-path-to-atomic-weapon-in-nuclear-deal-idUSKCN1Q12UT*، تم الدخول في ٩ نيسان/ أبريل ٢٠١٩.

٧٥ – تيموثي غاردنر، «U.S. approved secret nuclear power work for Saudi Arabia »، رويترز، ٢٧ آذار/ مارس ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.reuters.com/article/us-usa-saudi-nuclear-idUSKCN1R82MG*، تم الدخول في ٤ أيار/ مايو ٢٠١٩.

٧٦ – Power Technology, «US confirms nuclear energy talks with Saudi Arabia », MEED، ٣٠ تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.power-technology.com/comment/us-confirms-nuclear-energy-talks-with-saudi-arabia/*، تم الدخول في ١٠ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

٧٧ – إيلين مورفي، م. ف. رامانا. «The Trump administration is eager to sell nuclear reactors to Saudi Arabia. But why?», Bulletin of the Atomic Scientists، ١٦ نيسان/ أبريل ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://thebulletin.org/2019/04/the-trump-administration-is-eager-to-sell-nuclear-reactors-to-saudi-arabia-but-why/*، تم الدخول في ٤ أيار/ مايو ٢٠١٩.

٧٨ – جوناثان تيرون، «Saudi Atomic Reactor Progresses With Inspectors Still Frozen Out »، بلومبرغ، ٢١ أيار/ مايو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-05-21/saudi-atomic-reactor-progresses-with-inspectors-still-frozen-out*، تم الدخول في ٢١ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

النووي، بما في ذلك إنتاج وتخصيب اليورانيوم[٧٩]. وفقاً للتقديرات السعودية، تمتلك المملكة موارد محلّية قابلة للاسترداد بنحو ٦٠ ألف طن من خام اليورانيوم[٨٠].

كشف ألكسندر فورونكوف، نائب رئيس روس آتوم، في تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٩ أن بلاده تتعاون مع السعودية وتنفذ خارطة طريق مشتركة لبناء مفاعلات صغيرة الحجم، وألمح أيضاً إلى اقتراح قدّمته روس آتوم لدعم المملكة في نشاطات دورة الوقود النووي، ومن ضمنها تدريب الكوادر السعودية[٨١]. إلى جانب المحادثات الحكومية، نظّمت روس آتوم العديد من ورش العمل في محاولة بناء شبكات وعلاقات مع الشركات السعودية[٨٢].

مفاعلات صغيرة الحجم (SMRs)

إلى جانب المفاعلات الكبيرة، تستكشف السعودية أيضاً خيار بناء مفاعلات صغيرة الحجم. في آذار/ مارس ٢٠١٥، وقّعت KA-CARE والمعهد الكوري لأبحاث الطاقة الذرية (KAERI) مذكرة تفاهم لدراسة جدوى بناء مفاعلي SMART (نظام متكامل من المفاعلات الصغيرة المتطوّرة)، وقدّرت تكلفة بناء المفاعل الأول بنحو مليار دولار أميركي[٨٣]، كذلك نصّت الاتفاقية على تعاون البلدين في تسويق هذه المفاعلات في بلدان أخرى.

كان تقدّم التعاون بين السعودية وكوريا الجنوبية في مشروع SMART بطيئاً. عملياً، وقِّع عقد وضع التصاميم الهندسية بين KA-CARE ووزارة العلوم والتكنولوجيا في كوريا الجنوبية في كانون الثاني/ يناير ٢٠٢٠ أي بعد خمس سنوات من الإتفاقية الأولية[٨٤]. وأضفى الاتفاق إلى تأسيس هيئة مشتركة للقيام بالنشاطات المُتعلقة بترخيص وتطوير نماذج الأعمال والبنية التحتية لمفاعل SMART في السعودية.

٧٩ – رانيا الجمل وألكسندر كورنويل، «Saudi Arabia flags plan to enrich uranium as U.S. seeks nuclear pact »، رويترز، ٩ أيلول/ سبتمبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.reuters.com/article/us-energy-wec-saudi-nuclearpower/saudi-arabia-wants-to-enrich-uranium-for-nuclear-power-minister-idUSKCN1VU168*، تم الدخول في ١٠ نيسان/ أبريل 2020.

٨٠ – سيلفيا ويستول، «Saudi Arabia to extract uranium for 'self-sufficient' nuclear program »، رويترز، ٣٠ تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٧، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.reuters.com/article/us-saudi-nuclear-idUSKBN1CZ1ON*، تم الدخول في ١٠ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

٨١ – الزيد صالح، « نائب رئيس «روساتوم»: نتعاون مع السعودية لبناء مفاعلات نووية صغيرة»، الشرق الأوسط، ١٤ تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: https://bit.ly/٣fFezEM، تم الدخول في ١٠ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

٨٢ – الشرق الأوسط، « روساتوم الروسية تنظم ورشة بجدة حول التقنيات النووية والتعاون مع الموردين السعوديين»، ٢٨ تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://bit.ly/2ODIXUg*، تم الدخول في ١٠ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

٨٣ –« Saudi Arabia teams up with Korea on SMART» ,WNN، ٤ آذار/ مارس ٢٠١٥، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.world-nuclear-news.org/NN-Saudi-Arabia-teams-up-with-Korea-on-SMART-0403154.html*، تم الدخول في ١٤ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

٨٤ – « Korea, Saudi Arabia progress with SMART collaboration» ,WNN، ٧ كانون الثاني/ يناير ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://world-nuclear-news.org/Articles/Korea-Saudi-Arabia-progress-with-SMART-collaborati*، تم الدخول في ١٤ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

إلى ذلك، وقّعت إتفاقية تعاون مع شركة مجموعة الهندسة النووية الصينية (CNEC) لتطوير المفاعلات عالية الحرارة المُبردة بالغاز (HTGR) في آذار/ مارس ٢٠١٧[٨٥]. لكن لم يُحرز أي تقدّم هذا التعاون حتى الآن بما يتجاوز توقيع مذكرات التفاهم وإتفاقيات التعاون.

في المقابل، أكّدت القيادة السعودية في «رؤية ٢٠٣٠» لعام ٢٠١٦ على دور وأهمّية توطين سلاسل إمداد الطاقة. في الواقع، تعترف الاستراتيجية بأن التوطين هو ركيزة لاقتصاد جديد وأكثر تنوّعاً في السعودية، وفي أواخر العام ٢٠١٦ أصدرت المملكة «برنامج التحوّل الوطني ٢٠٢٠» (NTP 2020). وفيما يتعلّق بمسألة الطاقة النووية، أولت الخطّة اهتماماً خاصّاً بالمفاعلات الصغيرة والمتوسّطة الحجم، وحدّدت أهداف التوطين النووي ضمن الأهداف الاستراتيجية، التي يمكن تلخيصها على النحو التالي:

- تنمية القدرات البشرية النوعية المطلوبة لقطاع الطاقة الذرّية والمُتجدّدة.
- توطين المفاعلات الصغيرة والمتوسّطة الحجم وفقاً لتكنولوجيا SMART.
- توطين إنتاج اليورانيوم.

لم يُحرَز سوى تقدّم بسيط منذ إصدار خارطة الطريق. درس ثلاثة خبراء مستقلّين قدرة السعودية على توطين الطاقة النووية مقابل مصادر الطاقة المُتجدّدة، وخلصوا إلى أنه «عندما يتعلّق الأمر بالطاقة النووية، تمتلك المملكة قدرات تقنية منخفضة مع دعم سياسي معتدل»[٨٦]. من ناحية أخرى، يفصّل التقرير تجاوز استثمارات سلسلة قيمة الطاقة المُتجددة ونطاقها وسرعتها وإمكاناتها في السعودية الاستثمارات الخاصّة بالطاقة النووية. على سبيل المثال، في آذار/ مارس ٢٠١٩، أطلقت السعودية المرحلة الثانية من برنامج الطاقة المُتجدّدة بقيمة ١,٥ مليار دولار أميركي[٨٧].

على عكس النشاطات النووية التي تتمتع بمركزية عالية في صنع القرار، تطلق الاستثمارات في مصادر الطاقة المُتجدّدة على مستوى الحكومة والقطاع الخاص معاً. على المستوى الحكومي، بُذِلت بعض الجهود الاستثمارية الجادة لتوطين تصنيع الألواح الكهروضوئية. في شباط/ فبراير ٢٠١٩، كشفت شركة LONGi عملاق تصنيع تكنولوجيا الطاقة الشمسية الصينية، عن تخطيطها لافتتاح مصنع لإنتاج الألواح الشمسية في السعودية بقيمة ملياري دولار أميركي[٨٨].

على مستوى القطاع الخاص، تشارك الشركات السعودية حالياً، بما فيها ACWAPOWER - إحدى أكبر شركات الطاقة الإقليمية - في العديد من المشاريع الرائدة داخل وخارج المملكة، بحيث تُطوِّر المشروع الهجين الخاص بالمرحلة الرابعة من مجمع محمد بن راشد آل مكتوم للطاقة الشمسية

٨٥ – مجلة الهندسة النووية الدولية، «Saudi Arabia looks to China and Korea for nuclear assistance»، ٢٠ آذار/ مارس ٢٠١٧، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.neimagazine.com/news/newssaudi-arabia-looks-to-china-and-korea-for-nuclear-assistance-5767240/*، تم الدخول في ٢٥ نيسان/ أبريل ٢٠١٨.

٨٦ – علي أحمد، ريم سلامة، وم.ف. رامانا، « Localizing Nuclear Capacity? Saudi Arabia and Small Modular Reactors»، ورقة عمل رقم ٥١، معهد عصام فارس للسياسات العامة والشؤون الدولية، الجامعة الأميركية في بيروت، تموز/ يوليو ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.aub.edu.lb/ifi/Documents/publications/working_papers/2018-2019/20190708_localising_nuclear_capacity_KSA.pdf*، تم الدخول في ٢٩ حزيران/ يونيو ٢٠١٩.

٨٧ – الشرق الأوسط، «Saudi Arabia Announces 7 Renewable Energy Projects Worth $1.5 Bn»، ١٢ آذار/ مارس ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://english.aawsat.com/home/article/1630351/saudi-arabia-announces-7-renewable-energy-projects-worth-15-bn*، تم الدخول في ١٤ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

٨٨ – جايسون دين، «Saudi Arabia Looks to China for Solar as Power Politics Shift», Greentech Media، ٢ أيار/ مايو ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.greentechmedia.com/articles/read/saudi-looks-to-china-for-solar-as-power-politics-shift*، تم الدخول في ١١ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

بقوة ٩٥٠ ميغاوات (٧٠٠ ميغاوات من الطاقة الشمسية المُركّزة و٢٥٠ ميغاوات من الخلايا الكهروضوئية)، والذي يّعدُ أكبر موقع منفرد لمحطّة طاقة شمسية مُركّزة في العالم[٨٩].

تركيا

بقيت ٣ مشاريع منفصلة في مرحلة التخطيط لسنوات عديدة في تركيا، على الرغم من وجود تصاميم للمفاعلات التي سوف تتضمّنها وخطط تمويل مختلفة، بحيث لم تبدأ أعمال بناء المشروع الأوّل إلّا في منتصف العام ٢٠٢٠.

AKKUYU

بعد مرور أكثر من ٤ عقود على اقتراحه للمرّة الأولى، أُطلِقت شركة روس آتون الروسية عملية بناء محطّة للطاقة النووية في أكويو في مقاطعة مرسين على ساحل البحر الأبيض المتوسط التركي في نيسان/ أبريل ٢٠١٨[٩٠]، بموجب عقد BOO (بناء وتملّك وتشغيل). وقِّعت الإتفاقية في أيار/ مايو ٢٠١٠ لبناء ٤ مفاعلات VVER1200 من الجيل الثالث+، وكان من المتوقّع أن تنطلق أعمال البناء في العام ٢٠١٥. لكن قبل شهرين من بدء الأعمال رسمياً، تخلّى شركاء روس آتوم الأتراك عن المشروع[٩١] وكانت حصّتهم تشكّل ٤٩٪ منه. مع ذلك، صرحت روس آتوم أنها قادرة على إكمال المشروع حتى لو لم تجذب المستثمرين المحلّيين[٩٢]. في نيسان/ أبريل ٢٠١٩، أعلنت الشركة الروسية عن أنها تجري محادثات مع كلّ من الشركات التركية الحكومية والخاصة، وأنها تسعى إلى بيع ٤٩٪ من المشروع[٩٣]. مع ذلك، لا يوجد حتّى الآن أي دليل على نجاح هذه الجهود.

موّل المشروع من خلال إتفاقية شراء طاقة لمدة ١٥ عاماً (PPA)، وتشمل ٧٠٪ من الكهرباء المُنتجة من الوحدتين ١ و٢ و٣٠٪ من الوحدات ٣ و٤، ما يعني أن ٥٠٪ من مجمل الطاقة المُنتجة في المحطّة سوف تباع بسعر مضمون في السنوات الـ ١٥ الأولى، على أن تباع الكمّية المتبقية وفقاً لأسعار السوق. يشار إلى أن تذبذب العملة التركية وانخفاض قيمتها يجعل ضمانات الأسعار بالدولار (١٢٣,٥٠ دولاراً/ ميغاوات ساعة) مسألة إشكالية[٩٤].

٨٩ – Acwa Power, « Noor Energy 1», 2020، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.acwapower.com/en/projects/noor-energy-1/*، تم الدخول في ١٤ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

٩٠ – توفان غومروكو وأورهان كوسكان، « Turkey grants Rosatom construction license for first unit of Akkuyu nuclear plant»، رويترز، ٢ نيسان/ أبريل ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.reuters.com/article/us-turkey-russia-nuclearpower/turkey-grants-rosatom-construction-license-for-first-unit-of-akkuyu-nuclear-plant-idUSKCN1H91OY*، تم الدخول في ٢٢ أيار/ مايو ٢٠١٨.

٩١ – AFP, « Un consortium turc se retire du projet de la centrale nucléaire d'Akkuyu»، وكال فرانس برس، ٦ شباط/ فبراير ٢٠١٨ (بالفرنسي).

٩٢ – رويترز، « Russia capable of building Akkuyu plant without partners: Minister»، نشرت في جريدة Hurriyet اليومية، ٦ نيسان/ أبريل ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.hurriyetdailynews.com/russia-is-able-to-complete-akkuyu-nuclear-power-plant-construction-russian-minister-129886*، تم الدخول في ٦ نيسان/ أبريل ٢٠١٨.

٩٣ – Ahval, « Russia's Rosatom in talks to sell 49 pct stake in Akkuyu nuclear plant»، ١٥ نيسان/ أبريل ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://ahvalnews.com/akkuyu/russias-rosatom-talks-sell-49-pct-stake-akkuyu-nuclear*-plant، تم الدخول في ١٨ نيسان/ أبريل ٢٠١٩.

٩٤ – فيل شافيه، NIW ،« New Build, Revised 2023 Milestone for Akkuyu»، ٢٩ آذار/ مارس ٢٠١٩.

في تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٣، أُعلِن عن بدء تشغيل مشروع AKKUYU بحلول منتصف العام ٢٠٢٠[٩٥]. مع ذلك، حدثت العديد من التأخيرات (يمكن الاطلاع على الإصدارات السابقة من تقرير «وضع الصناعة النووية العالمية»). إلى ذلك، عند إطلاق عمليات البناء في نيسان/ أبريل ٢٠١٨، كان من المتوقّع بدء إنتاج الكهرباء في العام ٢٠٢٣ (بالتزامن مع الذكرى المئوية لتأسيس دولة تركيا الحديثة)، على أن يبدأ تشغيل جميع الوحدات الأربع بحلول العام ٢٠٢٥[٩٦].

في آذار/ مارس ٢٠١٩، أعلنت إدارة المشروع أنها انتهت من صبّ الأرضية الأساسية للوحدة الأولى على أن تكتمل أعمال البناء في العام ٢٠٢٣، على أن يليها بدء إنتاج الطاقة[٩٧]. في أيلول/ سبتمبر ٢٠١٩، أعلنت شركة روس آتوم أنها منحت رخصة لبدء بناء الوحدة ٢ في الشهر السابق، وأنها تستعد لتركيب المعدّات الفولاذية الأولى في الوحدة الأولى في الخريف[٩٨]. إلى ذلك، أعلن سبيربنك، وهو أكبر مصرف في روسيا، في آب/ أغسطس ٢٠١٩ أنه سوف يعطي شركة روس آتوم قرضاً بقيمة ٤٠٠ مليون دولار لبناء المحطّة[٩٩].

في أيار/ مايو ٢٠١٩، تم التبليغ عن «تأجيل» بناء الوحدة الأولى نتيجة اكتشاف تشقّقات في الأساسات بحيث كان لا بدّ من إعادة العمل في الجزء الأكبر من الأساسات[١٠٠]. أمّا بالنسبة للوحدة الثانية من المحطّة فقد أفادت مصادر إعلامية تركية في أواخر حزيران/ يونيو ٢٠٢٠ أن أعمال البناء بدأت في الشهر نفسه[١٠١]. لكن الغريب في الموضوع أن شركة روس آتوم لم تعلن شيئاً عن الأمر حتى أواخر تموز/ يوليو ٢٠٢٠، حين أكّدت الأخبار المتداولة مشيرة إلى أن أعمال صبّ الأرضية بدأت في نيسان/ أبريل ٢٠٢٠[١٠٢].

SINOP

يقع SINOP على الساحل الشمالي لتركيا، وكان من المقرّر أن يستضيف محطّة طاقة بقدرة ٤,٤ غيغاوات مؤلّفة من ٤ وحدات تضمّ مفاعل من تصميم ATMEA، التي تطوّر بالاشتراك بين شركة

٩٥ – أورهان كوسكان وهوميرا باموك، « Turkey’s first nuclear plant facing further delays – sources»، رويترز، ٧ شباط/ فبراير ٢٠١٤، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://uk.reuters.com/article/uk-turkey-nuclear-delay/turkeys-first-nuclear-plant-facing-further-delays-sources-idUKBREA160P220140207*، تم الدخول في ٢٢ نيسان/ أبريل ٢٠١٨.

٩٦ – مجلة الهندسة النووية الدولية، « Construction of Turkey’s Akkuyu NPP begins»، ٤ نيسان/ أبريل ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.neimagazine.com/news/newsconstruction-of-turkeys-akkuyu-npp-begins-6102914/*، تم الدخول في ٢٢ نيسان/ أبريل ٢٠١٨.

٩٧ – فيل شافيه، NIW، « New Build, Revised 2023 Milestone for Akkuyu»، ٢٩ آذار/ مارس ٢٠١٩.

٩٨ – غيرت دو كليرك، « Rosatom wins licence to build second nuclear reactor in Turkey -deputy CEO»، رويترز، ٦ أيلول/ سبتمبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.reuters.com/article/rosatom-nuclearpower-turkey-idUSL5N25X400*، تم الدخول في ١٤ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

٩٩ – ديفيد دالتون، NucNet، « Russia’s Sberbank To Provide $400 Million Loan For Turkish Reactors»، ٢١ آب/ أغسطس ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.nucnet.org/news/russia-s-sberbank-to-provide-usd400-million-loan-8-3-2019*، تم الدخول في ١٤ نيسان/أبريل ٢٠٢٠.

١٠٠ – Ahval، « Cracks discovered during construction of Turkey’s first nuclear plant»، ٦ أيار/ مايو ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://ahvalnews.com/akkuyu/cracks-discovered-during-construction-turkeys-first-nuclear-plant*، تم الدخول في ١١ حزيران/ يونيو ٢٠١٩.

١٠١ – Daily Sabah، « Construction starts on 2nd unit of Turkey’s 1st nuclear power plant Akkuyu»، ٢٨ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.dailysabah.com/business/energy/construction-starts-on-2nd-unit-of-turkeys-1st-nuclear-power-plant-akkuyu*، تم الدخول في ٢٨ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

١٠٢ – NIW، « Turkey: Rosatom Confirms Akkuyu-2’s April First Concrete Pour»، ٢٤ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

Mitsubishi اليابانية وشركة AREVA الفرنسية أو المعروفة حالياً بـ Framatome[١٠٣]. في نيسان/ أبريل ٢٠١٥، وافق الرئيس التركي أردوغان على تصديق البرلمان على الإتفاقية الحكومية الدولية مع اليابان[١٠٤].

مع ذلك، بعد ثلاث سنوات ونصف السنة من المحاولات الفاشلة لإعادة التفاوض على الصفقة (يمكن الاطلاع على الإصدارات السابقة من تقرير «وضع الصناعة النووية العالمية السنوي»)، ذكرت صحيفة Nikkei اليابانية في كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٨ أن شركة Mitsubishi Heavy Industries انسحبت من المشروع[١٠٥]. إلى ذلك، صرّح وزير الطاقة فاتح دونمز أن «الجدول الزمني والسعر اللذين وردا في دراسات الجدوى التي أجرتها الشركة اليابانية لا يرتقيان إلى مستوى توقعات الوزارة. فاتفقنا مع الجانب الياباني على إنهاء تعاوننا في هذا الإطار»[١٠٦].

وبحسب ما ورد، على الرغم من عدم وجود مقاول نووي واضح ولا أي تصميم رسمي محدّد، فقد مضت السلطات التركية قدماً في تقييم الأثر البيئي الإداري (EIA)[١٠٧]. وقدّمت شركة Assyste ENVY Energy and Environment Investment طلباً لتقييم الأثر البيئي في ٣٠ آذار/ مارس ٢٠٢٠ بالنيابة عن EUAS International ICC SINOP Nuclear Power Plant، جزر جيرسي، الفرع المركزي في تركيا. يذكر تقرير تقييم الأثر البيئي بشكل مثير للغرابة مفاعل Flamanville-3 EPR قيد الإنشاء في فرنسا باعتباره «مفاعلاً مرجعياً»، في حين أن تقييم الأثر البيئي الأصلي لعام ٢٠١٨ كان مبنياً على تصميم AREVA-Mitsubishi ATMEA، الذي لم يتجاوز مرحلة التصميم. على الرغم من ذلك، لم تعلّق أي من الشركتين الفرنسيتين، سواء EDF أو فرع Framatome المعروفة سابقاً بـ AREVA NP على الأمر.

İĞNEADA

في تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٥، أعلنت الحكومة التركية عن هدفها ببناء محطة طاقة نووية ثالثة في موقع إغنادا، حيث من المرجّح أن تتعامل مع شركة Westinghouse أو شركة تكنولوجيا الطاقة النووية الصينية (SNPTC). إلى ذلك، تسعى الشركات الصينية «بقوة» للحصول على العقد، الذي تقدر قيمته بنحو ٢٢-٢٥ مليار دولار. في أيلول/ سبتمبر ٢٠١٦، وقّعت الصين وتركيا إتفاقية تعاون نووي مماثلة للآلية المستخدمة لتطوير المشاريع النووية الأخرى في البلاد. لكن الانهيار المالي لشركة Westinghouse أدّى إلى دفن المشروع.

١٠٣ – «Turkish utility eyes large stake in Sinop project» ,WNN، ١٢ أيار/ مايو ٢٠١٥، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.world-nuclear-news.org/C-Turkish-utility-eyes-large-stake-in-Sinop-project-12051501.html*، تم الدخول في ٢٢ نيسان/ أبريل ٢٠١٨.

١٠٤ – «Ground broken for Turkey's first nuclear power plant» ,WNN، ١٥ نيسان/ أبريل ٢٠١٥، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.world-nuclear-news.org/NN-Ground-broken-for-Turkeys-first-nuclear-power-plant-1541501.html*، تم الدخول في ٢٢ نيسان/ أبريل ٢٠١٨.

١٠٥ – ماتسوكوبو هيجيمي، «Mitsubishi Heavy Industries withdraws from the NPP project in Sinop, Turkey ~NPP makers need to switch to realistic track in the age of decommissioning~», Citizens' Nuclear Information Center، ٣٠ كانون الثاني/ يناير ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.cnic.jp/english/?p=4271*، تم الدخول في ١١ حزيران/ يونيو ٢٠١٩.

١٠٦ – مجلة الهندسة النووية الدولية، «Turkey looks to cancel Japan Sinop project», Nuclear Engineering International، ٢٧ كانون الثاني/ يناير ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.neimagazine.com/news/newsturkey-looks-to-cancel-japan-sinop-project-7653758/*، تم الدخول في ١٣ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

١٠٧ – «Turkish utility to cooperate with Rolls-Royce in SMRs» ,WNN، ٢٠ آذار/ مارس ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://world-nuclear-news.org/Articles/Turkish-utility-to-cooperate-with-Rolls-Royce-in-S*، تم الدخول في ١٤ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

المفاعلات الصغيرة الحجم (SMRs)

بالإضافة إلى المشاريع النووية الحالية المخطّط لها، تستكشف تركيا إمكانات بناء مفاعلات صغيرة الحجم. في آذار/ مارس ٢٠٢٠، وقعت شركة Rolls-Royce البريطانية وشركة EÜAS International ICC المملوكة من الدولة التركية إتفاقية لدراسة إمكانات بناء مفاعلات صغيرة الحجم من منظور تقني وترخيصي وتجاري واستثماري، فضلاً عن إمكانية إنتاج مفاعلات صغيرة في تركيا والعالم بشكل مشترك[١٠٨].

المواقف العاقّة والتأثيرات الاجتماعية

يعود سبب انتشار المشاعر المعادية للأسلحة النووية لدى الشعب التركي إلى سبعينيات القرن الماضي، نتيجة نشاط حركات العدالة البيئية المُتجدّرة في البلاد[١٠٩]. كانت التعبئة الاجتماعية ضدّ محطّات الطاقة النووية تجري في المدن الكبرى بالقرب من المواقع النووية المُختارة، احتجاجاً على تهديدات السلامة ومدى قانونية التخلّص من النفايات والتكاليف الباهظة وأوجه القصور الإدارية في التعاطي معها، وقد كانت مدفوعة بالخوف من تكرار الكوارث النووية في تشيرنوبيل أو فوكوشيما[١١٠].

إلى جانب هذه التحدّيات المعروفة والتي لا تنحصر بتركيا، يخلق مشروع Akkuyu بعض التحدّيات الاجتماعية الخطيرة، لا سيّما على مستوى السكّان المحلّيين الذين يعيشون بالقرب من موقع البناء الذي انطلقت الأعمال فيه منذ عامين. وفقاً لبحث ميداني حديث، يؤثّر موقع البناء والعاملين فيه سلباً على سلامة وأمن وصحّة القرويين المحلّيين وكذلك على حالة البيئة[١١١]. من بين الآثار المُبلّغ عنها تبرز الزيادة الحادّة في عدد السكّان في فترة زمنية قصيرة بسبب تدفّق العمّال والمقاولين من الباطن، ما أدّى إلى ارتفاع حالات التحرّش بالنساء والتنمّر والسرقة. وتبيّن نتيجة التحقيق أن السبب الجذري لهذه الحوادث يعود إلى كون عمّال البناء في Akkuyu لا يتمتعون بظروف معيشية لائقة تلبّي احتياجاتهم الاجتماعية والنفسية.

منذ الترخيص لبناء المحطّة في العام ١٩٧٦، تعرّض اختيار الموقع لانتقادات بسبب مخاطره الزلزالية، وزاد التركيز على الأمر في أعقاب كارثة فوكوشيما[١١٢]. منذ ذلك الحين، أجرِي العديد من الاستطلاعات العاقّة والمسوحات لتقييم مشاعر وآراء الناس حول خطط الطاقة النووية التركية (يمكن الاطلاع على الصورة ٢٢). ووفقاً لآخر استطلاع أجرِي في العام ٢٠١٨، تبيّن أن ثلثي الجمهور التركي لا يدعمون جهود بلادهم لبناء محطّات طاقة نووية باعتباره «أمراً محفوفاً بالمخاطر يحول دون بناء

١٠٨ – WNN, « Turkish Utility to Cooperate with Rolls-Royce in SMRs»، ٢٠ آذار/ مارس ٢٠٢٠.

١٠٩ – بينار تيمويسن، « Framing Opposition to Nuclear Power: The Case of Akkuyu in Southeast Turkey», Institute for Peace and Unification Studies، جامعة سيول الوطنية، Asian Journal of Peacebuilding، تشرين الثاني ٢٠١٨.

١١٠ – مصطفى كيباروغلو، « Turkey's Quest for Peaceful Nuclear Power», The Nonproliferation Review، أيلول ١٩٩٧؛ ومصطفى بالاط، « Energy and Nuclear Power Planning Study for Turkey», Energy Exploration & Exploitation، ١ شباط/ فبراير ٢٠٠٦.

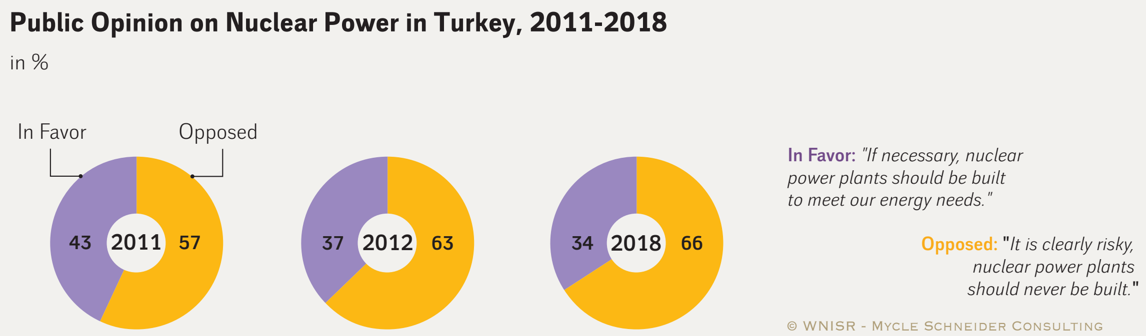
١١١ – بينار ديميركان، « Akkuyu Nuclear Power Plant is already a problem», Yeşil Gazete، ٢٤ تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://yesilgazete.org/blog/2019/10/24/akkuyu-nuclear-power-plant-is-already-a-problem/*، تم الدخول في ٣٠ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١١٢ – جوليا هارت، « Building of Turkey's First Nuclear Plant, Sited on a Fault Line, Facing Fresh Questions»، رويترز، ٢٤ آذار/ مارس ٢٠٢١، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.reuters.com/article/idUS122778134920110325*، تم الدخول في ١٥ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

محطّات الطاقة النووية»[١١٣]، وأظهر الاستطلاع أيضاً أن المشاعر المعادية للأسلحة النووية منتشرة بين أشخاص من كلّ الانتماءات السياسية، حتى داخل حزب العدالة والتنمية الحاكم والمدافع عن الطاقة النووية حيث تبيّن أن نصف مؤيّديه يعارضون الطاقة النووية.

في استطلاع آخر أجري في العام ٢٠١٨، عارض ٦٧٪ من الأشخاص الذين شملهم الاستطلاع خيار بناء محطّة إنتاج عاملة على الطاقة النووية بالقرب من مكان إقامتهم أكثر من معارضتهم لأي مصدر آخر للطاقة[١١٤]. في آذار/ مارس ٢٠٢٠، رفعت مجموعة من المنظّمات غير الحكومية التركية دعوى قضائية ضدّ وزارة البيئة والتخطيط العمراني لوقف أعمال البناء في مشروع Akkuyu بسبب «عدم وجود تقييم صالح للأثر البيئي وترخيص لإنتاج الطاقة»[١١٥].

الصورة ٢٢ - الرأي العام في تركيا حول الطاقة النووية



المصدر: يورونيوز، ٢٠١٩[١١٦].

تُظهر استطلاعات الرأي المُتكرّرة أن الغالبية العظمى من المواطنين الأتراك الذين شملهم الاستطلاع يعارضون بناء محطّات للطاقة النووية في البلاد بمعزل عن انتماءاتهم السياسية وفقاً لما هو موضح في الصورة ٢٢.

١١٣ – سيرفت ياناتما، Euronews ,«Türkiye'de halkın üçte ikisi nükleer santrallere karşı»، ١٨ آذار/ مارس ٢٠١٩ (بالتركي)، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://tr.euronews.com/2019/03/18/turkiye-halkin-ucte-ikisi-nukleer-santrallere-karsi-ak-partililerde-destek-orani-yuzde-50*، تم الدخول في ١٥ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١١٤ – İklim Haber and Konda Research, «Turkey Climate Survey»، حزيران/ يونيو ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.iklimhaber.org/climatesurvey2018/*، تم الدخول في ١٥ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١١٥ – علي إكبر شن، Hayat ,«Akkuyu Nükleer Güç Santrali'ne durdurma davası»، ١١ آذار/ مارس ٢٠٢٠ (بالتركي)، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.sozcu.com.tr/hayatim/yasam-haberleri/akkuyu-nukleer-guc-santraline-durdurma-davasi/*، تم الدخول في ١٥ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١١٦ – سيرفت ياناتما، Euronews ,«Türkiye'de halkın üçte ikisi nükleer santrallere karşı»، ١٨ آذار/ مارس ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://tr.euronews.com/2019/03/18/turkiye-halkin-ucte-ikisi-nukleer-santrallere-karsi-ak-partililerde-destek-orani-yuzde-50*، تم الدخول في ٢٦ آب/ أغسطس ٢٠٢٠.

الأردن

في العام ٢٠٠٧، أنشأت الحكومة هيئة الطاقة الذرية الأردنية (JAEC) وهيئة تنظيم الطاقة النووية الأردنية، وبدأت JAEC إجراء دراسة جدوى حول الطاقة النووية وتحليل مُقارن للتكلفة والعائد[١١٧].

في أيلول/ سبتمبر ٢٠١٤، وقّعت هيئة الطاقة الذرية الأردنية وشركة روس آتوم إطار عمل لمدّة سنتين لتطوير خطّة بكلفة لا تتجاوز الـ ١٠ مليارات دولار وبالتالي إنتاج الكهرباء بتكلفة ٠,١٠ دولار/ كيلوات ساعة[١١٨]. لكن في أيار/ مايو ٢٠١٨، كشف مسؤول حكومي أردني لم يذكر اسمه لصحيفة Jordan Times عن أن خطّة بناء مفاعلين كبيرين لا تمضي قدماً بسبب الصعوبات المالية، وأن الأردن «يركز حالياً على بناء مفاعلات صغيرة الحجم»[١١٩]. وهو ما يشير إلى عدم قدرة الأردن على تأمين الجزء الخاصّ به من التمويل المُخصّص لتغطية تكلفة بناء مفاعلين بقدرة ١٠٠٠ ميغاوات (نحو ٥ مليارات دولار، أي ما يعادل ٥٠,١٪ من التكلفة التقديرية للمشروع)[١٢٠]، وأيضاً إلى عدم إعطاء روسيا أولوية للمشروع الأردني مقارنةً بالتسهيلات التمويلية التي قدّمتها لتركيا ومصر.

منذ ذلك الحين، يركّز الأردن على المفاعلات الصغيرة الحجم، إذ اعتبر المسؤولون الأردنيون أنها أكثر ملاءمة للبلاد بسبب سهولة تمويلها، وقوتها المنخفضة المناسبة لشبكة الكهرباء الصغيرة في الأردن (نحو ٤ غيغاوات في العام ٢٠١٨)[١٢١]. إلى ذلك، ساهمت ندرة المياه في الأردن في تشكّل الأساس المنطقي لاستبدال خطط المفاعلات الكبيرة بخطط المفاعلات الصغيرة[١٢٢]، واختيرت منطقة العقبة على البحر الأحمر كموقع لبناء هذه المفاعلات، بعد أن استُبعِدت سابقاً، وذلك نظراً إلى قربها من البنية التحتية الصناعية والنقل»[١٢٣].

١١٧ – مارك هيبس، « Jordan reactor siting study to be done in 2009, JAEC says», Nucleonics Week، ٢٧ أيلول/ سبتمبر ٢٠٠٧.

١١٨ – « NIW, « Briefs—Jordan، ١٨ نيسان/ أبريل ٢٠١٤.

١١٩ – محمد غزال، « Jordan to replace planned nuclear plant with smaller, cheaper facility», Jordan Times، ٢٦ أيار/ مايو ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.jordantimes.com/news/local/jordan-replace-planned-nuclear-plant-smaller-cheaper-facility*، تم الدخول في ١ حزيران/ يونيو ٢٠١٨.

١٢٠ – WNA, « Nuclear Power in Jordan»، حدّث في حزيران/ يونيو ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/jordan.aspx*، تم الدخول في ٢٩ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

١٢١ – WNN, « IAEA launches project to examine economics of SMRs»، ٢٦ آذار/ مارس ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.world-nuclear-news.org/Articles/IAEA-launches-project-to-examine-economics-of-SMRs*؛ The Jordan Times, «93 per cent of Jordan's electricity generated by natural gas»، ٥ أيار/ مايو ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.jordantimes.com/news/local/93-cent-jordan%E2%80%99s-electricity-generated-natural-gas*، تم الدخول إلى الرابطين في نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

١٢٢ – رود ولتون، « Jordan, NuScale Partnering on SMR Nuclear Feasibility Study», Power Engineering، ١٦ كانون الأول/ يناير ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.power-eng.com/2019/01/16/jordan-nuscale-partnering-on-smr-nuclear-feasibility-study/*، تم الدخول في ١١ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

١٢٣ – جوي نصر وعلي أحمد، « Middle East Nuclear Energy Monitor: Country Perspectives 2018»، برنامج سياسات أمن الطاقة، معهد عصام فارس للسياسات العامّة والشؤون الدولية، الجامعة الأميركية في بيروت، كانون الثاني/ يناير ٢٠١٩.

الجدول ٦ - اتفاقيات المفاعلات الصغيرة في الأردن (وفقاً لإحصائيات أيار/ مايو ٢٠٢٠)

Vendor / Entity	Year	Purpose / Scope
Rosatom (Russia)	2017	Cooperation
King Abdullah City for Atomic and Renewable Energy (Saudi Arabia)	2017	Cooperation / Feasibility study
Rolls Royce (U.K.)	2017	Feasibility study
CNNC (China)	2018	Cooperation framework
NuScale Power (USA)	2019	Feasibility study
X-energy (USA)	2019	Letter of intent

المصادر: مصادر مختلفة جُمعت في تقرير وضع الصناعة النووية العالمية لعام ٢٠٢٠.

استكشفت السلطات الأردنية شراكات مع العديد من مورّدي المفاعلات الصغيرة. دخل الأردن في مناقشات مع شركة NuScale في الولايات المتحدة، وشركة Rolls Royce في المملكة المتحدة، والمؤسّسة الوطنية الصينية النووية (CNNC)، ومعهد كوريا الجنوبية لأبحاث الطاقة الذرية(KAERI)، وشركة X-Energy في الولايات المتحدة، وشركة Rosatom الروسية[١٢٤]، بانتظار أن تؤتي إحدى المفاوضات ثمارها. بالإضافة إلى ذلك، وقّعت JAEC إتفاقيات مع KA-Care السعودية وRolls-Royce وNuscale لإجراء دراسات الجدوى لبناء مفاعلات صغيرة الحجم[١٢٥]. طبعاً، نظراً لعدم جهوزية أي من هذه التصميمات، لا سيّما تصميم Rolls-Royce يمكن أن تستند دراسات الجدوى فقط على أرقام افتراضية. يشار إلى أن العديد من إتفاقيات المفاعلات الصغيرة ونطاقها مذكورة في الجدول ٦.

تحدّيات مفاعلات الوحدات الصغيرة في الأردن

نظراً لصغر حجم شبكتها ومواردها المالية المحدودة، يبدو أن الأردن تمثّل حالة نموذجية للمفاعلات الصغيرة. يشير عدد وتنوّع إتفاقيات المفاعلات الصغيرة المُبيّنة في الجدول ٦ إلى رغبة المورِّدين الدوليين للمشاركة في تطوير هذه المفاعلات في الأردن. على الرغم من الحماس البارز، لم يُحرِز سوى تقدّم ضئيل في ترجمة هذه الإتفاقات بأفعال. وكما حصل مع اقتراح بناء المفاعل الكبير، لم يخلُ مشروع المفاعلات الصغيرة في الأردن من التحدّيات[١٢٦] مثل:

- تكاليف أعلى لكلّ كيلوات ساعة مقارنة بالمفاعلات الكبيرة بسبب تأثير وفورات الحجم.
- عدم تشغيل أي من خيارات مفاعلات الوحدات الصغيرة في الأردن حتى الآن، فضلاً عن أن العديد منها هي الأولى من نوعها.

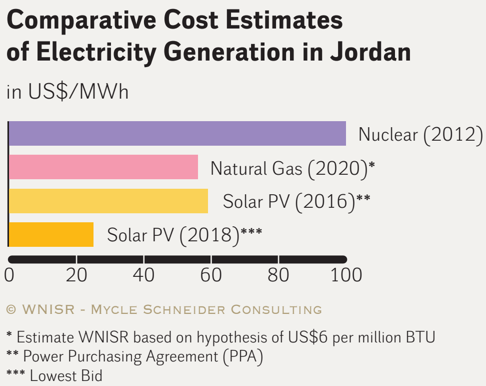
١٢٤ – مجلة الهندسة النووية الدولية، « Jordan and X-energy agree to accelerate work on SMR», Nuclear Engineering International، ٢٢ تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.neimagazine.com/news/newsjordan-and-x-energy-agree-to-accelerate-work-on-smr-7527332*، تم الدخول في ١١ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

١٢٥ – WNN, « Jordan and Saudi Arabia team up on uranium, SMRs»، ٢٩ آذار/ مارس ٢٠١٧، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.world-nuclear-news.org/Articles/Jordan-and-Saudi-Arabia-team-up-on-uranium,-SMRs*؛ WNN، « NuScale SMR to be considered for use in Jordan»، ١٥ كانون الثاني/ يناير ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.world-nuclear-news.org/Articles/NuScale-SMR-to-be-considered-for-use-in-Jordan*، تم الدخول إلى الرابطين في ٢٤ حزيران/ يونيو ٢٠١٩؛ أيضاً WNN, « Rolls-Royce to conduct SMR study for Jordan»، ٩ تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٧، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.world-nuclear-news.org/NN-Rolls-Royce-to-conduct-SMR-study-for-Jordan-09111702.html*، تم الدخول في ٢٤ نيسان/ أبريل ٢٠١٨.

١٢٦ – يمكن الاطلاع على م.ف. رامانا وعلي أحمد، « Wishful Thinking and Real Problems: Small Modular Reactors, Planning Constraints, and Nuclear Power in Jordan», Energy Policy, 2016.

- إمكانية طلب مورّدي التكنولوجيا المقيمين في الولايات المتحدة من الأردن التوقيع على ما يسمّى «إتفاقية ١٢٣».

الصورة ٢٣ - التكلفة المُقارنة للكهرباء في الأردن



المصادر: مصادر مختلفة جُمعت في تقرير وضع الصناعة النووية العالمية لعام ٢٠٢٠.

إذا قرّرت الأردن بناء محطّة للطاقة النووية فوراً، من المحتمل أن يستغرق الأمر ١٥ عاماً على الأقل لوضع جميع الشروط المُسبقة (التشريعات، وهيئات السلامة، والموظّفين المدرّبين...) لبنائها وتشغيلها. مع ذلك، توفّر الخلايا الكهروضوئية الشمسية والغاز الطبيعي، تبعاً للتكاليف الراهنة، مزيجاً فعّالاً لناحية التكلفة الإنتاجية يقل عن نصف تكلفة الطاقة النووية. أمّا إذا تبنّى الأردن خيار المفاعلات الصغيرة كما يدعي حالياً، من المتوقّع أن ترتفع تكاليف إنتاج الطاقة النووية بشكل أكبر.

بالإضافة إلى ذلك، ورث خيار المفاعلات الصغيرة تحدّيات أخرى. وفقاً للصورة ٢٣ يتبيّن أن الكهرباء المُنتجة من الطاقة النووية ليست تنافسية من الناحية الاقتصادية بالمقارنة مع مصادر الطاقة المُتجدِّدة أو الغاز الطبيعي. تشير اكتشافات الغاز الجديدة في شرق البحر المتوسّط إلى قدرة الأردن الموثوقة على الوصول إلى الغاز الطبيعي الرخيص نسبياً. في العام ٢٠١٩، وقّع الأردن صفقة غاز بقيمة ١٠ مليارات دولار مع إسرائيل لتزويد محطّات الطاقة في المملكة لمدة ١٥ عاماً[١٢٧].

إسوة بخيار المفاعل الكبير، تواجه المفاعلات الصغيرة تحدّي عدم القبول العام بها أيضاً[١٢٨]، خصوصاً في المناطق القريبة من الموقع المُقترح. في ظل الوضع الاقتصادي المتوتّر حالياً، الذي أدّى إلى بروز بعض أكبر الاحتجاجات في الأردن في التاريخ الحديث، قد يؤدّي الدفع بالخيار النووي، سواء عبر مفاعلات كبيرة أو صغيرة، إلى إثارة معارضة قويّة وأن يكون مُكلفاً سياسياً.

مصر

برزت الرؤية النووية المصرية في منتصف خمسينيات القرن الماضي مع إنشاء الهيئة المصرية للطاقة الذرية (المعروفة حالياً باسم هيئة الطاقة الذرية). بدأت مصر في استكشاف إمكانيّات بناء

١٢٧ – سليمان الخالدي، «Jordan gets first natural gas supplies from Israel»، رويترز، ١ كانون الثاني/ يناير ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.reuters.com/article/jordan-israel-gas-idUSL8N2960Q9*، تم الدخول في ١١ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

١٢٨ – نديم غصوب، «The Jordanian Nuclear Controversy», Centre international de formation européenne, 2019.

مفاعلات نووية في منتصف السبعينيات، عندما تم إنشاء هيئة محطّات الطاقة النووية (NPPA)، وتوقّعت الخطط الأوّلية تشغيل ١٠ مفاعلات بحلول نهاية القرن.

على الرغم من المناقشات مع الموردّين الصينيين والفرنسيين والألمان والروس، لم يحدث إلّا تطوّر بسيط على مدى عقود، باستثناء اختيار موقع الضبعة على ساحل البحر المتوسّط في العام ١٩٨٤ لاستضافة أوّل محطة للطاقة النووية في مصر[١٢٩].

كثّفت مصر جهودها في السنوات الأخيرة، وفي شباط/ فبراير ٢٠١٥، وقّعت شركة روس آتوم الروسية وهيئة محطّات الطاقة النووية المصرية إتفاقية تعاون، أُتبِعت في تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٥ باتفاقية حكومية دولية لبناء ٤ مفاعلات VVER-1200 في الضبعة. في أيار/ مايو ٢٠١٦، أُعلِن عن إبرام اتفاقية قرض مع روسيا بقيمة ٢٥ مليار دولار وفائدة ٣٪ لتغطية ٨٥٪ من تكلفة بناء مفاعلات نووية على أن يتم سدادها من خلال بيع الكهرباء. في كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٧، بلغت التكلفة الإجمالية للمشروع نحو ٦٠ مليار دولار وفق ما أُعلن، من ضمنها ٣٠ مليار دولار لبناء المفاعل. إلى ذلك، وقّعت ٣ اتفاقيات أخرى لتغطية إمدادات الوقود النووي لمدّة ٦٠ عاماً، وكذلك تكاليف التشغيل والصيانة في السنوات العشر الأولى من التشغيل، وتدريب الموظّفين.

تركّز المرحلة الحالية على إعداد الموقع والترخيص. ووفقاً لأناتولوس كوفاتنوف، رئيس الأعمال الهندسية في مشروع الضبعة، قدّمت شركة روس آتوم جميع المستندات المطلوبة، وهي تأمّل بالحصول على تراخيص لبدء بناء الوحدة الأولى من محطّة الضبعة في العام ٢٠٢٠. إلى ذلك، منحت هيئة محطّات الطاقة النووية المصرية ترخيصاً للموقع في آذار/ مارس ٢٠١٩، وهو الخطوة الأولى للحصول على ترخيص البناء[١٣٠].

في كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٩، حصلت مجموعة الطاقة الأسترالية Worley Limited على عقد استشاري لمواكبة الدولة المصرية في مرحلة البناء[١٣١]. في شباط/ فبراير ٢٠٢٠، أعلنت شركة Atomstroyexport التابعة لشركة روس آتوم أن ثلاث شركات مصرية: Hassan Allamg Petrojet و Aran Contractors فازت بمناقصة المرحلة الأولى من الأعمال التي يتوقّع أن تبدأ في صيف العام ٢٠٢٠ وأن تستمرّ حتى العام ٢٠٢٢. في وقت سابق من الشهر، أجرت شركة Atomstroyexport تدريباً للمهندسين المصريين في مصنع Kursk-II قيد الإنشاء في روسيا[١٣٢].

تتوقّع الحكومة المصرية أن يبدأ تشغيل محطّة الضبعة في العام ٢٠٢٦[١٣٣]. مع ذلك أثيرت أسئلة حول ما إذا كانت هيئة الرقابة النووية والإشعاعية المصرية (ENRRA) التي تأسّست في العام ٢٠١٠،

١٢٩ – جوي نصر وعلي أحمد، «Middle East Nuclear Energy Monitor: Country Perspectives 2018»، التقرير السنوي، معهد عصام فارس للسياسات العامّة والشؤون الدولية، الجامعة الأميركية في بيروت، كانون الثاني/ يناير ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.aub.edu.lb/ifi/Documents/publications/research_reports/2018-2019/20190103_middle_east_nuclear_energy_monitor_country_perspectives_2018.pdf*، تم الدخول في ٢٥ حزيران/ يونيو ٢٠١٩.

١٣٠ – مجلة الهندسة النووية الدولية، «Egypt's El-Dabaa NPP granted site permit»، ١٦ نيسان/ أبريل ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.neimagazine.com/news/newsegypts-el-dabaa-npp-granted-site-permit-7156405/*، تم الدخول في ١٤ حزيران/ يونيو ٢٠١٩.

١٣١ – مجلة الهندسة النووية الدولية، «Worley wins contract to advise Egypt on nuclear plant construction»، ٣١ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.neimagazine.com/news/newsworley-wins-contract-to-advise-egypt-on-nuclear-plant-construction-7581139*، تم الدخول في ٢٠ آذار/ مارس ٢٠٢٠.

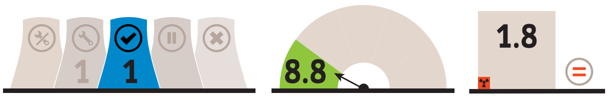
١٣٢ – GCR, « First contracts awarded for Egypt's $25bn Dabaa nuclear power station», Global Construction Review، ١٨ شباط/ فبراير ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.globalconstructionreview.com/news/first-contracts-awarded-egypts-25bn-dabaa-nuclear/*، تم الدخول في ٢٠ آذار/ مارس ٢٠٢٠.

١٣٣ – المصري اليوم، « Three Egyptian companies win tender for Dabaa nuclear plant», Egypt Independent، ١٧ شباط/ فبراير ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://egyptindependent.com/three-egyptian-companies-win-tender-for-dabaa-nuclear-plant/*، تم الدخول في ٢٠ آذار/ مارس ٢٠٢٠.

سوف تتمتّع بالقدرة والاستقلالية للإشراف الفعّال على المشروع. إلى ذلك، يقدّر المسؤولون المصريون أن المشروع سوف يحقّق عائدات بقيمة ٢٤٦ مليار دولار للبلاد على مدى ٦٠ عاماً، لكن بعض الخبراء يثيرون مخاوف من أن يؤدّي المشروع إلى زيادة كبيرة في الدين الخارجي[١٣٤]. وفي هذا السياق، انتقدت منظّمة «المبادرة المصرية للحقوق الشخصية» غير الحكومية «انعدام الشفافية المستمرّ» منذ بدء المشروع النووي.

من المنظار الأمني، يطرح البرنامج النووي المصري تحدّيات عدّة، خصوصاً بعد أن «زاد معدّل وتأثير وتعقيد الهجمات الجهادية في مصر بشكل كبير خلال السنوات الماضية، بحيث لا يستبعد احتمال استهداف المنشآت النووية»[١٣٥].

إيران



في أيار/ مايو ٢٠٢٠ كانت إيران تمتلك مفاعل الطاقة النووية الوحيد العامل في الشرق الأوسط (بوشهر-١)، الذي بدأ تشغيله في العام ٢٠١١، بعد ٣٤ عاماً من بدء أعمال البناء. في العام ٢٠١٩، أنتج مفاعل بوشهر-١ نحو ٥,٨٦ تيراواط ساعة، أي ما يعادل ١,٨٤٪ من مجمل الكهرباء المُنتجة في إيران[١٣٦].

من حيث القدرة الإنتاجية، يمثّل مفاعل بوشهر-١ (٩١٥ ميغاوات) نحو ١,٣٪ (يمكن الاطلاع على الصورة ٢٤) من مزيج طاقة يُهيمن عليه النفط والغاز اللذين يغذّيان قدرة إنتاجية تبلغ نحو ٨١,٣ غيغاوات أي ما يشكّل نحو ٨١٪ من مجمل القدرة الإنتاجية في البلاد. إلى حين بدء تشغيل وحدتي بوشهر-٢ و٣، من المتوقّع أن تنخفض الحصّة النووية من مزيج الطاقة بالتوازي مع ارتفاع قدرة إيران الإنتاجية من مصادر طاقة أخرى لتلبية الطلب المتزايد على الكهرباء. على الرغم من أن حصّة مصادر الطاقة المُتجدّدة غير المائية هي أقل من ١٪ إلّا أنها تضاعفت في عام واحد[١٣٧].

على الرغم من استثمارات إيران الاقتصادية والسياسية الضخمة في البرنامج النووي، إلّا أن الطاقة النووية تساهم بنسبة ١,٣٪ فقط من قدرة إنتاج الكهرباء في البلاد. علماً أن المنتجين - المستهلكين من القطاع الخاص لديهم قدرة إنتاجية كبيرة مركّبة.

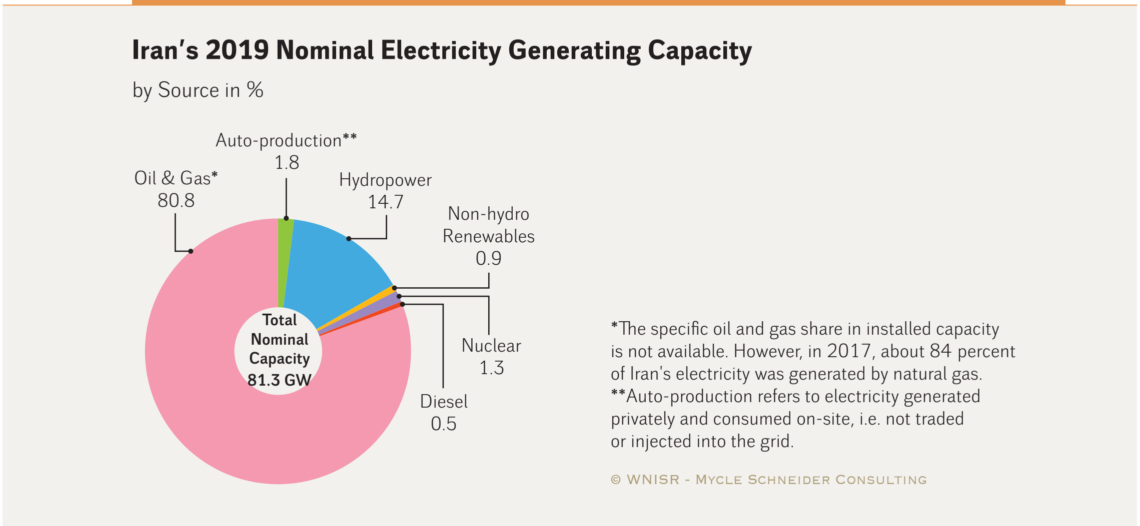
١٣٤ – Warsaw Institute, « Russia Kicks Off Work On Egypt's First Nuclear Power Plant»، ٢٦ شباط/ فبراير ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://warsawinstitute.org/russia-kicks-off-work-egypts-first-nuclear-power-plant/*، تم الدخول في ٢٠ آذار/ مارس ٢٠٢٠.

١٣٥ – كريم جرجس وعلي أحمد، « Egypt's Nuclear Power Program: Security and Economic Risks»، موجز سياسة رقم ٦/٢٠١٨، معهد عصام فارس للسياسات العامة والشؤون الدولية، الجامعة الأميركية في بيروت، تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.aub.edu.lb/ifi/Documents/publications/policy_briefs/2018-2019/20181018_egypt_nuclear_power_program.pdf*.

١٣٦ – الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، « Country Profile: Iran», 2020، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://pris.iaea.org/pris/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=IR*، تم الدخول في ١٧ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١٣٧ – BarghNews، « سهم انرژیهای تجدیدپذیر در تولید برق کشور چقدر است؟»، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://barghnews.com/fa/news/32512*، تم الدخول في ١٨ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

الصورة ٢٤ - القدرة الاسمية لإنتاج الكهرباء في إيران في العام ٢٠١٩ (حسب المصدر)



المصدر: وكالة أنباء الطلبة الإيرانية، تموز/ يوليو ٢٠١٩[١٣٨].

مقارنة بالبلدان الأخرى في المنطقة، تجاوزت إيران مجرّد تحقيق هدف الحصول على مفاعلات للطاقة النووية. وذلك من خلال الاستثمار في نشاطات سلسلة الوقود النووي مثل تعدين اليورانيوم والتخصيب وتصنيع الوقود. على الرغم من أن إيران تمتلك القدرات اللازمة لإنتاج اليورانيوم المُخصّب الخاص بها، لكنها لا تستطيع القيام بذلك في ظل القيود المفروضة بموجب خطّة العمل الشاملة المشتركة (JCPOA). في حين لم يتضح بعد ما إذا كان الاتفاق ساري المفعول، إلّا أن مخزون إيران من اليورانيوم منخفض التخصيب يبلغ ٣٠٠ كيلوغرام حتى العام ٢٠٣٠.

بعد إنجاز وحدة بوشهر-١، في تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٤ وقّعت شركة إنتاج وتطوير الطاقة النووية الإيرانية (NPPD) وشركة Atomstroyexport التابعة لشركة روس آتوم عقداً لبناء وحدتي بوشهر-٢ و٣. توقّعت منظّمة الطاقة الذرية الإيرانية إنجاز الوحدتين في غضون ١٠ سنوات وأن تبلغ التكاليف نحو ١٠ مليار دولار[١٣٩].

بدأت أعمال الحفر لتأسيس الوحدة الثانية في بوشهر - يتم بناؤها بموجب اتفاق بين إيران وروسيا - في ٣١ تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٧[١٤٠]. صبّت الأرضية الأساسية لمبنى المفاعل بما يشير إلى بدء أعمال البناء رسمياً في تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٩. علماً أن الوحدة الثانية هي في الأصل جزءاً من أعمال بناء محطّة بوشهر التي بدأت في العام ١٩٧٦. في الواقع، صنّفت الوكالة الدولية للطاقة الذرية الوحدتين على أنهما «قيد الإنشاء» في العام ١٩٩٤[١٤١]، واعتباراً من أيار/ مايو ٢٠١٩ أكّدت

١٣٨ – ISNA، « جديدترين وضعيت توليد و مصرف برق»، وكالة أنباء الطلبة الإيرانيين، تموز/ يوليو ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.isna.ir/news/98050401733/*، تم الدخول في ١٨ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١٣٩ – داريل بروكتور، «Iran Expands Plans for Nuclear Power», Power Magazine، ١ أيار/ مايو ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.powermag.com/iran-expands-plans-for-nuclear-power*، تم الدخول في ١٣ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

١٤٠ – NIW, «Iran»، ٣ تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٧.

١٤١ – WNISR, « Iran: Construction Restart of Busheer-2»، تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، ١٤ تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.worldnuclearreport.org/Iran-Construction-Restart-of-Busheer-2.html*، تم الدخول في ١٨ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

السلطات الإيرانية أن «وحدتي بوشهر سوف تنجزان في ٢٠٢٤ و٢٠٢٦ على التوالي»[١٤٢]. في نيسان/ أبريل ٢٠٢٠، أعلن المتحدّث باسم منظّمة الطاقة الذرية الإيرانية أن محطة بوشهر-٢ اكتملت بنسبة ٣٠٪، وأن بناء الوحدة الثالثة سوف يبدأ في غضون عامين[١٤٣]. نظراً لاستحالة الانتهاء من ثلث أعمال البناء في غضون خمسة أشهر يرجّح أن يكون المشروع الحالي مستنداً إلى جهود البناء السابقة.

بالإضافة إلى ذلك، ألمح علي أكبر صالحي، رئيس منظّمة الطاقة الذرية الإيرانية، في العام ٢٠١٦ إلى وجود محادثات مع الصين لبناء محطّتين أخرتين لإنتاج الطاقة في Darkhovain وعلى ساحل مكران[١٤٤]. لكن منذ ذلك الحين، لم يتم الإبلاغ عن أي تقدّم بشأن هذه الخطط أو جدولها الزمني، الذي يرجّح أن يتأخّر بسبب البيئة الاقتصادية والسياسية الحالية.

في الماضي، أثارت السعودية مخاوف من أن التسرّب الإشعاعي المُحتمل من محطة بوشهر يمكن أن يعرّض الخليج للخطر، بما في ذلك إمدادات الهواء والغذاء والمياه. وأعربت السعودية والإمارات ودول مجلس التعاون الخليجي الأخرى عن مخاوفها على السلامة العاقّة خصوصاً بعد الزلازل[١٤٥].
في آذار/ مارس ٢٠٢٠، رفض كاظم غريب أبادي، سفير إيران لدى المنظّمات الدولية التي تتخذ من فيينا مقراً لها، الانصياع للقلق السعودي باعتباره محاولة لتسييس القضايا التقنية، وأكّد أن المصنع يتلاءم مع معايير السلامة الدولية[١٤٦]. وأشار غريب أبادي إلى نتائج المراجعة التنظيمية المتكاملة (IRRS) التي أجرتها بعثة الوكالة الدولية للطاقة الذرية في بوشهر في شباط/ فبراير ٢٠٢٠ وأتت بنتيجة «مرضية». وأضاف أن وفد الوكالة الدولية للطاقة الذرية خلص إلى أن «نظام الأمان النووي الإيراني لديه الكفاءة والقدرة على مراقبة الأنشطة النووية».

الدور المتطوّر لمصادر الطاقة المُتجدّدة والغاز الطبيعي في الشرق الأوسط

كما هو الحال في أجزاء كثيرة حول العالم، فإن مزيج الكهرباء القائم على الجمع بين مصادر الطاقة المُتجدّدة والغاز الطبيعي يكتسب قوة في الشرق الأوسط. يعتبر الغاز الطبيعي المصدر الرئيسي لإنتاج الطاق في الدول الإقليمية الست التي لديها طموحات في الطاقة النووية، بحيث تزيد

١٤٢ – WNN, « Rosatom committed to Iranian plant project»، ٩ أيار/ مايو ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://world-nuclear-news.org/Articles/Rosatom-committed-to-Iranian-plant-project*، تم الدخول في ١٣ حزيران/ يونيو ٢٠١٩.

١٤٣ – مجلة الهندسة النووية الدولية، « Iran pushes ahead with nuclear development despite pandemic restrictions»، ١٥ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.neimagazine.com/news/newsiran-pushes-ahead-with-nuclear-development-despite-pandemic-restrictions-7871976*، تم الدخول في ١٦ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

١٤٤ – وكالة تنسيم للأنباء، « China to Build 2 Nuclear Power Plants in Iran: AEOI Chief»، ١٩ كانون الثاني/ يناير ٢٠١٦، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.tasnimnews.com/en/news/2016/01/19/975906/china-to-build-2-nuclear-power-plants-in-iran-aeoi-chief*، تم الدخول في ١٣ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

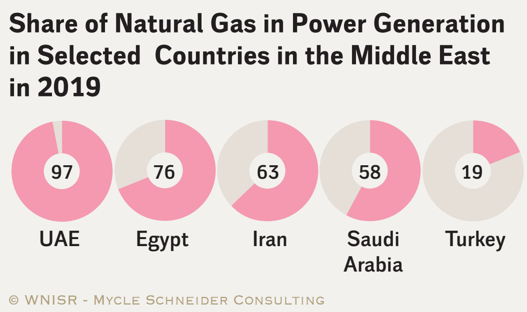
١٤٥ – إليزابيث ديكينسون، « UAE and Saudi Arabia call on Iran to allay nuclear plant fears», The National، ٧ حزيران/ يونيو ٢٠١٣، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.thenational.ae/world/mena/uae-and-saudi-arabia-call-on-iran-to-allay-nuclear-plant-fears-1.478749*؛ أمير طاهري، « Iran Earthquake Raises Concern over Nuclear Plant»، الشرق الأوسط، ١٦ تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٧، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://english.aawsat.com/home/article/1085541/iran-earthquake-raises-concern-over-nuclear-plant*، تم الدخول إلى الرابطين في ١٨ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١٤٦ – Tehran Times, « Iran dismisses Saudi claims over safety at Bushehr plant»، ١٠ آذار/ مارس ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.tehrantimes.com/news/445953/Iran-dismisses-Saudi-claims-over-safety-at-Bushehr-plant*، تم الدخول في ١٣ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

مساهمة الغاز الطبيعي عن ٧٥٪ في ٣ بلدان من ضمنها وترتفع عن النصف في ٥ بلدان (يمكن الاطلاع على الصورة ٢٥).

إلى ذلك، ينمو تطوير مشاريع الطاقة المتجدّدة في المنطقة، إذ سُجِّلت العديد من الأسعار العالمية المنخفضة في السعودية والإمارات في السنوات الأخيرة. وتبيّن الصورة ٢٦ أن أسعار اتفاقية شراء الطاقة (PPA) لمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية هي أرخص بكثير من تقديرات تكلفة الكهرباء النووية، على الرغم من أنها أعلى من التكلفة الفعلية لإنتاج الكهرباء كونها تدمج هامش الربح. طبعاً الأمر ليس مفاجئاً لأن تكاليف الكهرباء الشمسية (لكلّ من محطّات الطاقة الشمسية الكهروضوئية والمركّزة) شهدت انخفاضاً كبيراً خلال العقد الماضي بينما ارتفعت التكاليف النووية. بالإضافة إلى ذلك، تتمتّع المنطقة بموارد شمسية وفيرة من حيث العوائد المُحقّقة وعدد الأيام المُشمسة سنوياً بفضل خصائصها الجغرافية والمناخية.

الصورة ٢٥ - حصة الغاز الطبيعي في إنتاج الطاقة في بلدان إقليمية مختارة في العام ٢٠١٩



المصدر: بريتيش بتروليوم، ٢٠٢٠.

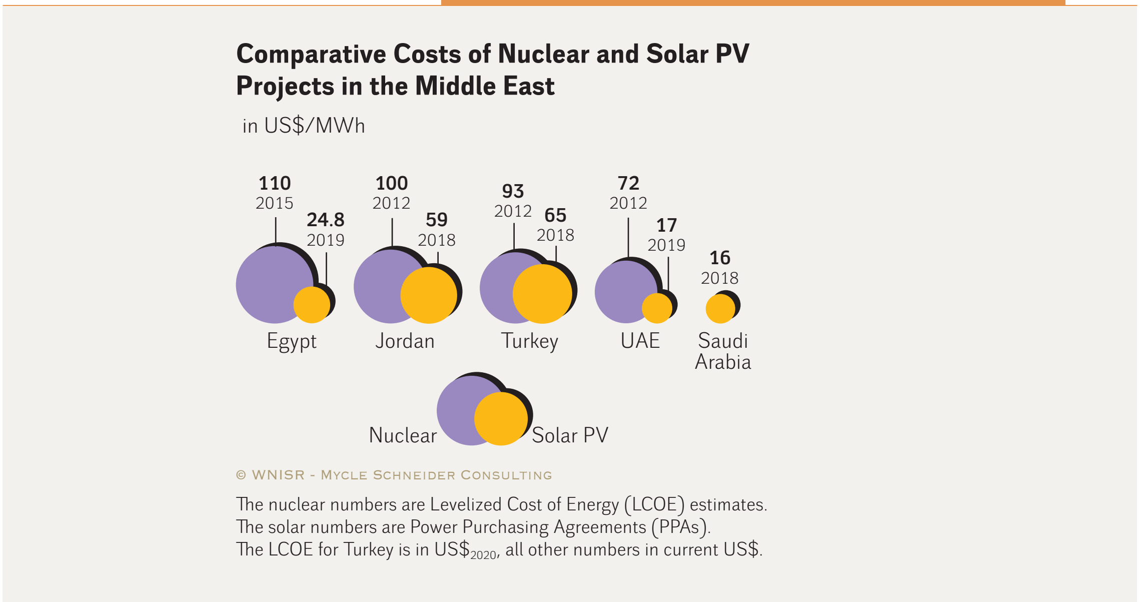
ملاحظات: لا تشمل بيانات بريتيش بتروليوم لعام ٢٠١٩ حصّة الأردن. في العام ٢٠١٧، ووفقاً للوكالة الدولية للطاقة، أنتج الغاز الطبيعي ٨٣٪ من كهرباء الأردن.

وجدت دراسة حديثة نُشرت في مجلة Nature Energy لتحليل محرّكات الأسعار القياسية المنخفضة للطاقة المُتجدّدة (خصوصاً الطاقة الشمسية الكهروضوئية) في الإمارات والسعودية، أن التكلفة المواتية لرأس المال والضرائب المنخفضة لعبت دوراً مهماً من بين عوامل أخرى، ما يؤكّد أن «سياسة الحكومة لا تزال عنصراً هاماً لإزالة الحواجز التي تعيق نشر الطاقة الشمسية»[١٤٧].

في جميع البلدان الطامحة نووياً في المنطقة، يعتبر الغاز الطبيعي الوقود المُهيمن على إنتاج الطاقة، فيما تُعد محطّات الطاقة العاملة على الغاز الطبيعي مكمّلة للاستثمارات المتزايدة في مجال الطاقة المُتجدّدة نظراً لمرونتها التشغيلية والتحميل.

١٤٧ – هاري أبوستوليريس وآخرون، « Evaluating the factors that led to low-priced solar electricity projects in the Middle East»، Nature Energy، ٨ تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٨.

الصورة ٢٦ - التكاليف المقارنة لمشاريع الطاقة النووية والطاقة الشمسية الكهروضوئية في الشرق الأوسط



المصادر: مصادر مختلفة جُمعت في تقرير وضع الصناعة النووية العالمية لعام ٢٠٢٠.

في جميع بلدان المنطقة الطامحة النووية، حقّقت مصادر الطاقة المتجدّدة خطوات كبيرة في السنوات الأخيرة، وتتم مراجعة أهدافها باستمرار لتحقيق المزيد من التطوّر.

في مصر، بلغت السعة المركّبة للطاقة المتجدّدة غير الكهرومائية (الشمسية وطاقة الرياح) نحو ٢,٧ غيغاواط في كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٩[١٤٨]. إلى ذلك، أطلقت الحكومة المصرية «استراتيجية الطاقة المستدامة المتكاملة ٢٠٣٥» في العام ٢٠١٦، التي تخطّط بموجبها لإنتاج ٤٢٪ من الكهرباء من خلال مصادر الطاقة المُتجدّدة، ولا سيّما الطاقة الشمسية الكهروضوئية والطاقة الحرارية الشمسية المُركّزة وطاقة الرياح (يمكن الاطلاع على الصورة ٢٧)[١٤٩]. في حين تبلغ النسبة المخصّصة للطاقة النووية ٣٪ فقط وفقاً لهذه الاستراتيجية، وهو ما يثير تساؤلات حول القيمة الحقيقية للاستثمار في الكهرباء النووية التي لن يكون لها سوى مساهمة إجمالية صغيرة في مزيج الطاقة الوطني. بالتوازي مع ذلك، أطلقت الحكومة المصرية سلسلة من إصلاحات الطاقة مثل التعريفة التكميلية (Feed-in-Tarrif) التي حفّزت القطاع الخاص على المشاركة في قطاع الكهرباء في البلاد وتوفير مسارات تمويل جديدة.

كذلك تخطو مصر خطوات واسعة في تطوير سوق الغاز الطبيعي المحلّي والإقليمي، وفضلاً عن كونها تمتلك حقل ظهر الذي يُعدُّ أكبر حقل غاز في شرق البحر الأبيض المتوسط[١٥٠]، أيضاً استثمرت في البنية التحتية لاستيراد وتصدير الغاز لتتموضع كمحور إقليمي وتصبح مكتفية ذاتياً. سوف يكون

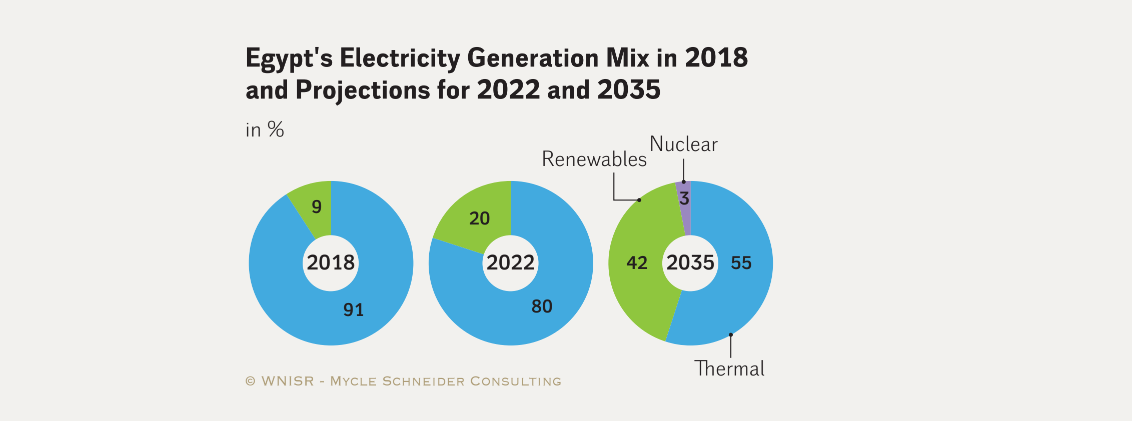
١٤٨ – محمد فرج، « Egypt will produce 61,000MW of renewable energy, of which 12,000MW concentrated solar power»، ٢٨ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٩، Daily News Egypt، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://helioscsp.com/egypt-will-produce-61000mw-of-renewable-energy-of-which-12000mw-concentrated-solar-power/*، تم الدخول في ١٤ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

١٤٩ – MNREA، «أهداف الطاقة المتجددة»، هيئة الطاقة الجديدة والمتجدّدة، ٢٠١٦، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://nrea.gov.eg/test/en/About/Strategy*، تم الدخول في ١٤ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

١٥٠ – رويترز، « UPDATE 1-Egypt's Zohr gas field output rises to 2.7 bln cubic feet per day – minister»، ٢١ آب/ أغسطس ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://af.reuters.com/article/egyptNews/idAFL5N25H1VW*، تم الدخول في ١٤ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

لهذه التطوّرات تأثير كبير على أمن إمدادات الكهرباء في مصر، وكذلك على الخطوات المستقبلية التي قد تتخذها الدولة في تشكيل سياسة الطاقة الخاصة بها. على الرغم من إعطاء الأولوية لمصادر الطاقة المُتجدّدة والغاز الطبيعي، لا تزال الحكومة المصرية ملتزمة ببناء ٤ مفاعلات نووية في موقع الضبعة.

الصورة ٢٧ - توقّعات لتركيبة مزيج إنتاج الكهرباء في مصر في العامين ٢٠٢٢ و٢٠٣٥



المصادر: هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة في مصر، ٢٠١٦ / الوكالة الدولية للطاقة، موازين الطاقة العالمية، ٢٠١٩.

بحلول العام ٢٠٣٥، من المتوقّع أن تساهم محطّة الضبعة للطاقة النووية في مصر بنسبة ٣٪ فقط من إنتاج الكهرباء في البلاد، وهي حصة صغيرة بالنظر إلى حجم الاستثمار (نحو ٦٠ مليار دولار – يمكن الاطلاع على القسم الخاص بمصر).

في الإمارات، أصدرت الحكومة خطّة طويلة الأجل للطاقة في شباط/ فبراير ٢٠١٧، تقضي بتوفير الكهرباء في البلاد من خلال الطاقة المُتجدّدة بنسبة ٤٤٪، والغاز الطبيعي بنسبة ٣٨٪، و«الوقود الأحفوري النظيف» بنسبة ١٢٪، والطاقة النووية بنسبة ٦٪ وذلك بحلول العام ٢٠٥٠.[١٥١] تتماشى الحصة النووية مع الإنتاج المتوقّع من محطّة براكة للطاقة النووية، خصوصاً أن المسؤولين الحكوميين أكدوا في أيلول/ سبتمبر ٢٠١٧ عدم وجود خطط لبناء محطّة ثانية.[١٥٢]

إلى ذلك، تستمر خطط الطاقة النووية في التعثّر في الأردن، وقد أشارت وزيرة الطاقة هالة زواتي في أواخر العام ٢٠١٨ إلى إن الطاقة المُتجدّدة يجب أن توفر أكثر من ٢٠٪ من كهرباء البلاد بحلول العام ٢٠٢٠،[١٥٣] وهو ما يشكّل ضعف الهدف المُحدّد سابقاً.[١٥٤] أما في كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٩، قالت الوزيرة زواتي أن استراتيجية الطاقة المُتجدّدة سوف تزيد حصة الكهرباء المتجددة إلى

١٥١ – لي آن غرايفز، "UAE Energy Plan aims to cut CO2 emissions 70% by 2050", The National «، ١٠ كانون الثاني/ يناير ٢٠١٧، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.thenational.ae/uae/uae-energy-plan-aims-to-cut-co2-emissions-70-by-2050-1.51582*، تم الدخول في ٢٢ نيسان/ أبريل ٢٠١٨.

١٥٢ – أمينة بحر، UAE Abu Dhabi Unlikely to Build a Second Nuclear plant», NIW »، ٢٩ أيلول/ سبتمبر ٢٠١٧.

١٥٣ – The Jordan Times, «20% of country's energy mix to be supplied from renewable sources by 2020'»، ١١ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.jordantimes.com/news/local/%E2%80%9820-countrys-energy-mix-be-supplied-renewable-sources-2020%E2%80%99*، تم الدخول في ٢٣ تموز/ يوليو ٢٠١٩.

١٥٤ – International Trade Administration, « Jordan - Renewable Energy»، وزارة التجارة الأميركية، Export.gov، ٢٣ شباط/ فبراير ٢٠١٧، التفاصيل عب الرابط التالي: *https://www.export.gov/article?id=Jordan-Renewable-Energy*، تم الدخول في ٧ أيار/ مايو ٢٠١٨.

٣٠٪ بحلول العام ٢٠٣٠.[١٥٥] يُعدُّ سوق الطاقة المُتجدّدة في الأردن أحد أسرع الأسواق نمواً في الشرق الأوسط. في كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٩، بدأت مجموعة ACWA POWER السعودية للطاقة، تشغيل محطّة طاقة شمسية بقدرة ٥٠ ميغاواط في الأردن بموجب اتفاقية شراء طاقة (PPA) بسعر ٥٩ دولاراً/ كيلوات ساعة[١٥٦]. وعلى الرغم من أن مستوى السعر أعلى بكثير (حتى الآن) منه في البلدان المجاورة - ويعود ذلك أساساً إلى حجم الوحدة الإنتاجية الصغير وتكاليف التمويل المرتفعة - إلّا أنه يشكّل نصف التكلفة المستوية المُقدّرة لإنتاج الكهرباء من مفاعل كبير حتى مع وجود افتراضات مواتية[١٥٧]. في الوقت نفسه، وجّهت المجموعة الاستشارية الدولية، المُكلفة بمراقبة تقدّم الأردن في تنفيذ برنامجها النووي، نداءً لإبقاء الطاقة النووية جزءاً من استراتيجية الطاقة في البلاد على المدى المتوسط والطويل[١٥٨].

في السعودية، تم تشغيل محطّة سكاكا للطاقة الشمسية بقدرة ٣٠٠ ميغاواط في تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٩، أي قبل شهر ونصف الشهر من الموعد المحدّد، وكان المشروع قد طرح للمناقصة في شباط/ فبراير ٢٠١٧. علماً أن شركة ACWA POWER المالكة والمُشغّلة سوف تبيع الكهرباء بسعر ٢٣,٦ دولار/ ميغاوات ساعة[١٥٩].

حتى إيران التي لديها برنامج الطاقة النووية الأكثر تقدماً في المنطقة، وتخضع لعقوبات اقتصادية شديدة، يتبيّن أن الطاقة المتجددة آخذة في التوسّع. نمت قدرة طاقة الرياح من ٩٢ ميغاوات في العام ٢٠٠٩ إلى ٢٨٢ ميغاوات في العام ٢٠١٨[١٦٠]، وانتقلت قدرة الطاقة الشمسية من ميغاوات واحد في العام ٢٠١٣ إلى ٢٨٦ ميغاوات في العام ٢٠١٨. مع ذلك، قد يتباطأ هذا المنحى بسبب العقوبات الأميركية المفروضة على إيران. سجّل أحد التقارير من آب/ أغسطس ٢٠١٨ أن مشاريع الطاقة الشمسية التي تبلغ قدرتها ٢,٦ غيغاوات قد توقّفت بسبب العقوبات الأميركية[١٦١].

بغض النظر عن العقوبات المفروضة عليها، تمتلك إيران إمكانات عالية للطاقة المُتجدّدة، فهي تتمتع بميزة الموقع الجغرافي ما يتيح لها الوصول إلى العديد من مصادر الطاقة المُتجدّدة، بما

١٥٥ – Jordan Times, « Gov't to increase renewable energy contribution in 2020-2030 strategy»، ٢٤ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.jordantimes.com/news/local/govt-increase-renewable-energy-contribution-2020-2030-strategy*، تم الدخول في ١١ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

١٥٦ – إميليانو بيلليني، « ACWA Power switches on 50 MW solar park in Jordan», PV Magazine International، ١٢ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.pv-magazine.com/2019/12/12/acwa-power-switches-on-50-mw-solar-park-in-jordan/*، تم الدخول في ١١ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

١٥٧ – علي أحمد، « Economic risks of Jordan's nuclear program», Energy for Sustainable Development، المجلّد ٢٩، ١ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٥، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082615000897*، تم الدخول في ١١ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

١٥٨ – Jordan Times, « Nuclear energy vital in Jordan energy strategy — IAG report»، ٢٩ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://jordantimes.com/news/local/nuclear-energy-vital-jordan-energy-strategy-%E2%80%94-iag-report*، تم الدخول في ١١ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

١٥٩ – إميليانو بيلليني، « Saudi Arabia's 300 MW Sakaka solar plant comes online», PV Magazine International، ٢٧ تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.pv-magazine.com/2019/11/27/saudi-arabias-300-mw-sakaka-solar-plant-comes-online/*، تم الدخول في ١١ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

١٦٠ – الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، « Renewable Capacity Statistics 2019»، آذار / مارس ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2019.pdf، تم الدخول في ٣ نيسان/ أبريل ٢٠١٩.

١٦١ – تسفيتوميرا تسافونا، « US sanctions hit 2.6 GW of solar projects in Iran – report», Renewables Now، ١٤ آب/ أغسطس ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://renewablesnow.com/news/us-sanctions-hit-26-gw-of-solar-projects-in-iran-report-623522/*، تم الدخول في ١٣ حزيران /يونيو ٢٠١٩.

فيها الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة المائية والطاقة الحرارية الأرضية[١٦٢]. إلى ذلك، أظهرت الدراسات الحديثة أن الطاقة المُتجدّدة يمكن أن تساهم في التخلّص من الكربون بالكامل في إيران بحلول العام ٢٠٥٠ عبر تشغيل محطّات تحلية المياه[١٦٣]. تعتبر مصادر الطاقة المتجددة الموزّعة في البلاد مفيدة، وخصوصاً في المناطق الريفية، حيث تكلفة البنية التحتية للنقل وصيانة محطّة الطاقة المركزية عالية.

من حيث إمكانات الطاقة الشمسية، تتعرّض إيران لنحو ٣٠٠ يوم مشمس سنوياً بمتوسّط إشعاع شمسي يبلغ ٢٢٠٠ كيلوات ساعة لكلّ متر مربع[١٦٤]. وفقاً للتقديرات الرسمية، تبلغ قدرة الطاقة الشمسية في إيران ٤٠ ألف غيغاوات[١٦٥] وهو رقم مرتفع للغاية.

إسوة بمصر، تواصل إيران الاعتماد على الغاز الطبيعي كمصدر رئيسي للطاقة، وهو ما يتوافق جيّداً مع إمكانات الطاقة المُتجدّدة في البلاد. من الناحية الاقتصادية، يبدو الأمر منطقياً نظراً لوفرة احتياطيات الغاز الطبيعي المؤكّدة وتأثير العقوبات التي تمنعها من بيع غازها في الخارج. استناداً إلى أرقام العام ٢٠١٧، تعد إيران ثالث أكبر مُنتج للغاز الطبيعي ورابع أكبر مستهلك في العالم. مع ذلك، يحتاج قطاع الغاز في إيران إلى استثمارات كبيرة لمواكبة استهلاك الطاقة المُتزايد في البلاد، ومع التراجع الأخير في الاقتصاد المحلّي بسبب تشديد العقوبات سوف تجد البلاد صعوبة في التمويل بالتوازي مع توسّع كبير في برنامجها النووي.

تأثير جائحة كوفيد-١٩ على البرامج النووية في الشرق الأوسط

كان لوباء كوفيد-١٩ تأثير متنوّع على برامج الطاقة النووية الإقليمية في الشرق الأوسط.

إلى جانب المخاوف المُتعلّقة بالسلامة الموضحة أدناه، من المتوقّع أن تضعف جائحة كوفيد-١٩ الاقتصادات الإقليمية المتوتّرة بالفعل، ما يؤدي إلى مزيد من التقشّف في الميزانيات الحكومية، وبالتالي إجبار الحكومات على إعادة النظر في التزاماتها لا سيّما المرتبطة بالإنفاق على البنية التحتية وتحديداً برامج الطاقة النووية. على سبيل المثال، تتوقّع السعودية أن يتسع عجز موازنتها إلى نحو ٦١ مليار دولار في العام ٢٠٢٠ بعد أن تراجعت إيراداتها بشدّة بسبب انخفاض أسعار النفط[١٦٦]. في المقابل، سوف تجد بلدان عدّة، مثل الأردن التي تعاني من ظروف اقتصادية ضاغطة قبل جائحة كوفيد-١٩، صعوبة في الاستثمار في مشاريع الطاقة النووية بمعزل عن حجمها وما إذا كانت كبيرة أو صغيرة.

١٦٢ – أليريزا تافانا وآخرون، «Toward renewable and sustainable energies perspective in Iran», Renewable Energy، المجلّد ١٣٩، ١ آب/ أغسطس ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148119303271*، تم الدخول في ١٣ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

١٦٣ – نارغز غورباني، أرمان أغاهوسيني وكريستيان براير، «Assessment of a cost-optimal power system fully based on renewable energy for Iran by 2050 – Achieving zero greenhouse gas emissions and overcoming the water crisis», Renewable Energy، المجلّد ١٦، شباط ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148119309139*، تم الدخول في ١٣ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

١٦٤ – شيفا غورجيان وبارات غوباديان، «Solar Thermal Power Plants: Progress and Prospects in Iran», Energy Procedia، المجلّد ٧٥، آب/ أغسطس ٢٠١٥، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215012151*، تم الدخول في ١٣ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

١٦٥ – آراش مولاهوسيني وآخرون، «Renewable energy management and market in Iran: A holistic review on current state and future demands», Renewable and Sustainable Energy Reviews، المجلّد ٨٠، كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٧، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211730881X*، تم الدخول في ١٣ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

١٦٦ – سام بريدج، «Saudi Arabia's budget deficit forecast to widen to $61bn on virus, oil rout», Arabian Business، ٢١ آذار/ مارس ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.arabianbusiness.com/politics-economics/443369-saudi-arabias-budget-deficit-forecast-to-widen-to-61bn-on-virus-oil-rout*، تم الدخول في ١٧ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

فيما يتعلق بالقضايا الخاصة بكلّ دولة، أدخلت مؤسّسة الإمارات للطاقة النووية (ENEC) تدابير مثل إغلاق موقع البراكة ووقف العمل «غير الضروري» في أعقاب تفشّي الوباء[١٦٧]. بالإضافة إلى ذلك، أصدرت شركة NAWAH الفرعية التابعة لمؤسّسة الإمارات للطاقة النووية والمسؤولة عن تشغيل وصيانة موقع براكة، إرشادات لتقليل عدد العاملين في المصنع وفرض الالتزام بقواعد التباعد الاجتماعي. من ناحية أخرى، استعانت الهيئة الاتحادية للرقابة النووية (FANR)، الجهة المنظّمة للطاقة النووية في الإمارات، بفريق عمل لإدارة الأزمة المُستجدة نتيجة تفشّي كوفيد-١٩، ودعت إلى اتخاذ تدابير مثل مطالبة الموظّفين بالعمل عن بُعد، والاستفادة من الوسائل الرقمية في التفتيش والمراقبة، وتقليل عدد المفتّشين في الموقع[١٦٨].

في إيران وتركيا ومصر، حيث تعمل شركة روس آتوم الروسية كمورّد للتكنولوجيا النووية ومزوّد لخدمات أخرى مثل التشغيل والتزويد بالوقود والتدريب، لم يتم الإعلان عن أي تأثيرات ناجمة عن كوفيد-١٩. مع ذلك، يرجّح أن تكون بعض العمليّات في هذه البلدان قد تأثّرت بإجراءات التصدّي لكوفيد-١٩، التي أعلنت عنها الشركة وتضمّنت تلبية حاجة بعض موظّفيها الدوليين للعودة إلى ديارهم[١٦٩].

في تركيا، أفاد عضو برلماني عن محافظة مرسين، حيث أنشِئت محطّة AKKUYU للطاقة، أن أحد العمّال أصيب بكوفيد-١٩، ما أدّى إلى مغادرة بعض العمّال لموقع البناء، الذي يضم أكثر من ٥,٠٠٠ عامل بسبب المخاوف على السلامة العامة[١٧٠]. منذ ذلك الحين، أعرب أعضاء المجموعات المحلّية مثل منصّة مرسين النووية عن مخاوفهم من المخاطر المرتبطة بمواصلة أعمال البناء في AKKUYU[١٧١].

في مصر، صرّح غريغوري سوسنين، مدير مشروع الضبعة، أن الأعمال التحضيرية في الموقع مستمرّة كما هو مخطّط لها، وأن روس آتوم «اتخذت مجموعة من الإجراءات الوقائية الصارمة» مثل تقييد الوصول إلى موقع البناء[١٧٢].

هل تمثّل محطّة البراكة نموذجاً قابلاً للتكرار في الشرق الأوسط؟

على الرغم من التأخيرات، حقّق مشروع البراكة الإماراتي تقدماً أسرع من المشاريع الإقليمية الأخرى؛ فلماذا تقدّم البرنامج النووي الإماراتي وتعثّرت المبادرات الإقليمية الأخرى؟

١٦٧ – ENEC CEO: Barakah Plant to Start up ‘Very Soon » ،WNN«، ٧ أيار/ مايو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://world-nuclear-news.org/Articles/ENEC-CEO-Barakah-to-start-up-very-soon*، تم الدخول في ١٤ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١٦٨ – كريستر فيكتورسون، Viewpoint: Regulators are adapting to an unprecedented challenge», WNN »، ١١ أيار/ مايو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://world-nuclear-news.org/Articles/Viewpoint-Regulators-adapt-to-an-unprecedented-cha*، تم الدخول في ١١ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١٦٩ – روس آتوم، Rosatom State Atomi Energy Corporation ROSATOM global leader in nuclear technologies » nuclear energy»، ٧ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.rosatom.ru/en/press-centre/news/rosatom-arranged-the-return-of-178-employees-from-construction-site-of-rooppur-npp-bangladesh-to-rus/*، تم الدخول في ١٧ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١٧٠ – HABERCi, « AKKUYU’DA COVİD-19 İDDİASI!», Mersin Haberci Gazetesi، ٢٢ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠ (بالتركية)، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.mersinhaberci.com/haber/21748/akkuyuda-covid-19-iddiasi.html*، تم الدخول في ١٧ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١٧١ – علي إكبر شن، 5 binden fazla işçinin çalıştığı Akkuyu’da corona çıktı», Sözcü »، ١٠ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠ (بالتركية)، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.sozcu.com.tr/2020/gundem/5-binden-fazla-iscinin-calistigi-akkuyuda-corona-cikti-5740045/*، تم الدخول في ١٧ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١٧٢ – محمد عبده حسانين، Egypt’s Nuclear Plant Project Continues Despite Virus Restrictions» »، الشرق الأوسط، ٥ أيار/ مايو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://english.aawsat.com/home/article/2268716/egypt%E2%80%99s-nuclear-plant-project-continues-despite-virus-restrictions*، تم الدخول في ١٧ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

تجاوزت الإمارات هذا التحدّي كونها دولة غنية بالنفط ولديها موارد مالية مُتاحة بسهولة وتصنيف ائتماني «عالي الجودة». في حين أن بلدان الشرق الأوسط الأخرى تفتقر إلى إمكانية الحصول على تمويل ميسور التكلفة. حتى السعودية، التي تعدُّ من أكبر منتجي النفط، وتتمتّع عادة بوصول أسهل إلى رأس المال، تتعرّض لضغوط اقتصادية بسبب انهيار أسعار النفط. في المشاريع المموّلة من المورّدين، مثل صفقات مصر وتركيا مع روس آتوم الروسية، هناك خطر ملموس حيال قدرة الشركة المورِّدة على إتمام الصفقة، خصوصاً إذا استمرّ الاقتصاد الروسي في التدهور نتيجة العواقب المشتركة الناتجة عن انخفاض أسعار النفط ووباء كوفيد-١٩. كانت الحكومة الروسية تدعم مشاريع روس أتوم في الخارج من خلال تقديم قروض من حكومة إلى حكومة بالإضافة إلى ضمانات سيادية.

في وقت مبكر من العام ٢٠٠٩، أعلنت مؤسّسة الإمارات للطاقة النووي (ENEC)، والهيئة الاتحادية للرقابة النووية (FANR)، وجامعة خليفة للعلوم والتكنولوجيا والبحوث (KUSTAR) عن برنامج منحة الطاقة النووية للطلاب الإماراتيين، ووعِد الخريجين بمناصب مربحة ومرموقة في الصناعة النووية[١٧٣]. كذلك عقد المسؤولون عدداً من المنتديات العامّة لتقديم المعلومات والتحديثات حول المشروع[١٧٤]. فضلًا عن ذلك، بذلت قيادة دولة الإمارات جهوداً خاصّة لبناء شبكة واسعة من المؤسّسات وأصحاب المصلحة في نجاح البرنامج النووي، وبالتالي الالتفاف على أي تراجع محتمل. كانت الجهود المبذولة لتسويق الرواية النووية للجمهور ضعيفة أو غير موجودة في بلدان أخرى في المنطقة. في الأردن وتركيا وإلى حدّ ما في مصر، كان صوت الرأي العام أعلى عند توجيه الانتقادات إلى المشاريع النووية المُقترحة.

تواجه بعض المشاريع النووية المُقترحة في المنطقة عقبات سياسية تتعلّق بمنع انتشار الأسلحة النووية. تجاوزت الإمارات الكثير من الجدل المُرتبط بالمشاريع النووية الأخرى في المنطقة من خلال الموافقة على التخلّي عن تخصيب اليورانيوم وإعادة معالجة الوقود النووي المستنفد[١٧٥]. وقد أدّى ذلك إلى إزالة التحدّيات السياسية واللوجستية المُتعلّقة بإنشاء بنية تحتية نووية أوسع، وإلّا كان من الممكن أن يتأخّر المشروع أو يتوقّف.

في بعض النواحي، يمكن النظر إلى البرنامج النووي الإماراتي على أنه نموذج «مضاد لإيران». ففي مقابل تجريده من أجزائه الأكثر حساسية، يكافئ بالوصول إلى أحدث التقنيات ودعم دولي أوسع، خصوصاً من الولايات المتحدة. يبدو أن مصر وتركيا تفكّران في اتباع نهج مماثل، لا سيّما أن صفقاتهما مع روسيا تشمل إمدادات الوقود واستعادة الوقود النووي المستنفد.

في الختام، يطرح توسّع الطاقة النووية في الشرق الأوسط تحدّيات أكثر من الفرص المُتاحة، في منطقة اجتاحتها الصراعات والهشاشة والصعوبات الاقتصادية. تشكّل المؤسّسات الضعيفة في المنطقة، لا سيّما المؤسّسات التنظيمية، والتقلّبات الجيوسياسية مخاوف خطيرة تتعلّق بالسلامة والأمن تمتدّ إلى ما وراء حدود الدول التي يتمّ فيها بناء محطّات للطاقة النووية أو التخطيط لها. من الناحية الاقتصادية، بدأت المنطقة بالفعل في التحوّل الطاقوي بعيداً من النفط عبر الاستثمار بكثافة في إنتاج الطاقة من الغاز الطبيعي ومصادر الطاقة المُتجدّدة. باستثناء الإمارات، إذ بناءً على المزيج الطاقوي فيها لا يبدو أن إضافة الطاقة النووية تساهم كثيراً في التحوّل الطاقوي.

١٧٣ – مؤسّسة الإمارات للطاق النووية، «UAE Nuclear Energy Scholarship Now Accepting Applications»، ٢٠ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.enec.gov.ae/news/latest-news/uae-nuclear-energy-scholarship-program-now-accepting-applications/*، تم الدخول في ١٣ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

١٧٤ – «UAE nuclear program reaches out to public»، WNN، ١٦ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٤، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://world-nuclear-news.org/Articles/UAE-nuclear-program-reaches-out-to-public*، تم الدخول في ١٣ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

١٧٥ – مع ذلك، لم تقرّ الإمارات حتى الآن أية سياسة طويلة الأجل للتعامل مع الوقود النووي المستنفد.

البلدان الوافدة حديثاً المُحتملة

آسيا

البرامج المُعلّقة أو المُلغاة

تحتل **إندونيسيا** المرتبة السادسة عشرة من حيث الناتج المحلّي الإجمالي وهي الدولة الوحيدة من بين ٣ دول أخرى في قائمة الدول العشرين الأولى (أستراليا والسعودية)، التي لم تنشر الطاقة النووية. مع ذلك، في العام ١٩٩٧ اعتُمِد قانون للطاقة النووية أعطى إرشادات حول البناء والتشغيل وإيقاف التشغيل. لكن بعد محاولات مختلفة، سحبت الحكومة جميع الخطط النووية في كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٥، حتى المشاريع المستقبلية على المدى الطويل. تشير المراجعة الأخيرة لسياسة مزيج الطاقة الجديدة والمُتجدّدة إلى أنه سوف يُنظر في الطاقة النووية فقط في حالة عدم تحقيق هدف الطاقة المُتجدِّدة لإنتاج ٢٣٪ من الطاقة بحلول العام ٢٠٢٥[١٧٦].

شغّلت **كازاخستان** مفاعل صغير للإنتاج السريع BN350 في أكتاو، بين العامين ١٩٧٢-١٩٩٨، وهي واحدة من ٣ بلدان في العالم (إيطاليا وليتوانيا) تخلّت عن الطاقة النووية التجارية. في السنوات التالية، أجرت كازاخستان عدداً من المناقشات مع البلدان وموّردي المفاعلات. في نيسان/ أبريل ٢٠١٩، خلال اجتماع بين الرئيس الروسي فلاديمير بوتين ورئيس كازاخستان قاسم زومارت توكاييف، قدِّم اقتراح يقضي بأن تساعد روسيا في بناء محطّة للطاقة النووية في أولكن في مقاطعة ألماتي الجنوبية الشرقية. بعدها، قال نائب وزير الطاقة الكازاخستاني ماغزوم ميرزاغالييف إنه لا يوجد «قرار ملموس» لبناء محطّة للطاقة النووية في كازاخستان[١٧٧].

في حزيران/ يونيو ٢٠٠٧، أنشأ مجلس الوزراء في **تايلاندا** مكتب تطوير برنامج الطاقة النووية التابع للمجلس الوطني لسياسة الطاقة، وعيّن اللجنة الفرعية لمرافق الطاقة النووية التي تشرف على مرفق الكهرباء (هيئة إنتاج الكهرباء في تايلاندا – EGAT) في تقييم خيارات الطاقة النووية. منذ ذلك الحين، تم النظر في خيارات وشركات سياسية مختلفة، وفي نيسان/ أبريل ٢٠١٧، وقّعت الصين وتايلاندا إتفاقية تعاون نووي. في هذا السياق، ذكرت CGN أن «الصين على استعداد تام لتزويد تايلاندا بتكنولوجيا الطاقة النووية الأكثر تقدّماً وتوفيراً وأماناً، فضلاً عن المعدّات والخبرة الإدارية والخدمة عالية الجودة»[١٧٨]. مع ذلك، منذ ذلك الحين، يبدو أنه لم يتحقّق أي تقدّم في تطوير الطاقة النووية في تايلاندا.

أعلنت **أوزبكستان** عن نيتّها تطوير الطاقة النووية بمساعدة روسيا. في مقابلة أجريت في نيسان/ أبريل ٢٠١٩ مع مجلة الهندسة النووية الدولية (NEI)، أعلن جورابيك ميرزامخمودوف، المدير العام لشركة أوزاتوم، عن أعمال تحليل الموقع على مدار الـ ١٨ شهراً التالية في ٣ مواقع. يقول ميرزا مخمودوف إنهم اختاروا تصميم مفاعل VVER-1200 الذي سوف يموَّل من خلال اتفاقية هندسة

١٧٦ – Norton Rose Fulbright, « Renewable energy snapshot: Indonesia»، نيسان/ أبريل ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.nortonrosefulbright.com/en/knowledge/publications/0552a1f0/renewable-energy-snapshot-indonesia*، تم الدخول في ٤ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

١٧٧ – بروس نانييه، « Putin Offers Russian Help To Build Kazakh Nuclear Plant», RadioFreeEurope/RadioLiberty، ٦ نيسان/ أبريل ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.rferl.org/a/kazakhstan-putin-offers-russian-nuclear-plant-help/29865177.html*، تم الدخول في ٢٨ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١٧٨ – WNN, « China, Thailand agree to nuclear energy cooperation»، ٥ نيسان/ أبريل ٢٠١٧، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.world-nuclear-news.org/NP-China-Thailand-agree-to-nuclear-energy-cooperation-0504174.html*، تم الدخول في ٢٨ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

ومشتريات وبناء وبقرض ميسّر من روسيا. سوف توفِّر المفاعلات الطاقة للاستهلاك المحلّي، ولكن يمكن أيضاً تصدير بعض منها إلى البلدان المجاورة مثل أفغانستان[١٧٩]. أشير لاحقاً إلى أن النية كانت باختيار موقع وترخيصه بحلول أيلول/ سبتمبر ٢٠٢٠[١٨٠] ولو أن الأمر قد يبدو متفائلًا للغاية.

اعتُبِرت **فيتنام**، مع تنامي اقتصادها والطلب على الطاقة لعقود، بلداً مثالياً لتطوير الطاقة النووية، وفي تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٠، وقّعت اتفاقية حكومية دولية مع شركة Atomstroyexport الروسية لبناء محطّة Ninh Thuan-1 للطاقة النووية، باستخدام مفاعلات VVER بقدرة ١٢٠٠ ميغاوات. كان من المتوقّع أن يبدأ البناء في العام ٢٠١٤، بعد تملّك شركة الكهرباء الفيتنامية الحكومية (EVN) المشروع والتكفّل بتشغيله وتسليمه جاهزاً. أيضاً وقّعت اتفاقية ثانية مع الشركات اليابانية لتطوير مصنع إضافي[١٨١]. من ١٠,١٪ إلى ٥,٧٪ بحلول العام ٢٠٣٠[١٨٢]. مع ذلك، تقلّصت الطموحات بشدّة في تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٦، عندما وافق ٩٢٪ من أعضاء الجمعية الوطنية على اقتراح حكومي لإلغاء المشاريع النووية المُقترحة مع كلّ من روسيا واليابان بسبب تباطؤ زيادة الطلب على الكهرباء ومخاوف تتعلّق بالسلامة وارتفاع تكاليف البناء[١٨٣].

أوروبا القارية

بيلاروسيا

بدأت عمليّات البناء في تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٣ في أول مفاعل نووي في بيلاروسيا في محطّة Ostrovets للطاقة، والتي تسمّى أيضاً بيلاروسيا ١-، كذلك أطلقت عمليات بناء المفاعل الثاني AES-2006 بقدرة ١٢٠٠ ميغاوات في الموقع نفسه في حزيران/ يونيو ٢٠١٤.

في تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١١، وقِّع عقد بين مديرية بناء محطّة الطاقة النووية في بيلاروسيا وشركة AtomStroyExport الروسية (ASE). تنصّ الشروط الرئيسية للعقد إلى بناء مفاعلين ليكونوا بمثابة مشاريع جاهزة للبيع، على أن تشغّل الوحدة الأولى في العام ٢٠١٧ والثانية في العام ٢٠١٨[١٨٤]. بعد تأخيرات مختلفة، أصبحت المفاعلات على وشك الانتهاء ومن المتوقّع تحميل الوقود في الوحدة ١ في تموز/ يوليو ٢٠٢٠، وربطها بالشبكة في وقت لاحق من العام ٢٠٢٠، وعلى أن

١٧٩ – مجلة الهندسة النووية الدولية، «Uzbekistan’s nuclear aspirations »، ٩ نيسان/ أبريل ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.neimagazine.com/features/featureuzbekistans-nuclear-aspirations-7145738/*، تم الدخول في ٢٨ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١٨٠ – WNN, « Russia and Uzbekistan agree to start survey of new plant site»، ١٧ أيار/ مايو ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Russia-and-Uzbekistan-agree-to-start-survey-of-new*، تم الدخول في ٢٨ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١٨١ – WNN, « Vietnam prepares for nuclear power»، ٦ تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١١، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Vietnam-prepares-for-nuclear-power*، تم الدخول في ٢٨ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١٨٢ – فييت فيونغ نغوين، « The fate of nuclear power in Vietnam», Bulletin of Atomic Scientists، ٥ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٦، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://thebulletin.org/fate-nuclear-power-vietnam10245*، تم الدخول في ٢٨ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١٨٣ – NIW, «Briefs-Vietnam», Nuclear Intelligence Weekly، ٢٨ تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٦.

١٨٤ – WNN, « Contract signed for Belarusian reactors»، ١١ تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١١، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Contract-signed-for-Belarusian-reactors*، تم الدخول في ٢٨ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

تليها الوحدة الثانية في العام ٢٠٢١[١٨٥]. مع ذلك، خلال صيف العام ٢٠٢٠، برزت مخاوف حيال انتشار وباء كوفيد-١٩ بين ٤ آلاف عامل بيلاروسيي وروسي في الموقع[١٨٦].

إلى ذلك، يؤدّي اقتراب إنجاز المشروع إلى زيادة الاهتمام السياسي به، فقد اتفقت الحكومتان الروسية والبيلاروسية على أن تقوم روسيا بإقراضها نحو ١٠ مليارات دولار لمدة ٢٥ عاماً لتمويل ٩٠٪ من المشروع. في تموز/ يوليو ٢٠١٢، وقِّع عقد لبناء المفاعلين بتكلفة تقديرية تبلغ ١٠ مليار دولار، بما في ذلك ٣ مليارات دولار لإعداد البنية التحتية الجديدة لاستيعاب بُعد مفاعل Ostrovets الواقع في منطقة نائية في شمال بيلاروسيا[١٨٧]. بموجب شروط الاتفاقية، ييفترض ببيلاروسيا أن تبدأ في تسديد القرض في ١ نيسان/ أبريل ٢٠٢١، الذي تبلغ الفائدة عليه نحو ٥,٢٣٪ كمعدل ثابت سنوياً لنصف قيمة التمويل مضافاً إليها «معدلّ فائدة ليبور بالدولار لستة أشهر (تبلغ حالياً ١,٧٢٪) بالإضافة إلى ١,٨٣٪ سنوياً» للقيمة الباقية من التمويل[١٨٨]. اقترحت بيلاروسيا أيضاً زيادة فترة السداد من ٢٥ عاماً (بدءاً من تاريخ فتح خط ائتمان في العام ٢٠١١) إلى ٣٥ عاماً، ولكن الروس رفضوا الأمر[١٨٩]. كذلك تسعى حكومة مينسك إلى خفض معدّل الفائدة وتأجيل بدء التسديد من نيسان/ أبريل ٢٠٢١ إلى نيسان/ أبريل ٢٠٢٣[١٩٠].

يتكفّل المشروع بتوريد جميع أنواع الوقود وإعادة الوقود المستنفد طوال فترة عمل المحطّة، على أن تتم معالجة الوقود في روسيا وإعادة النفايات المفصولة إلى بيلاروسيا. في أيار/ مايو ٢٠١٦، حدّد موعد بدء التشغيل في تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٨ وتموز/ يوليو ٢٠٢٠[١٩١]. لكن في آب/ أغسطس أثناء مرحلة التثبيت انزلق وعاء ضغط المفاعل الخاص بالوحدة الأولى وسقط عن ارتفاع مترين قبل أن يصطدم بالأرض، ما أدّى إلى تأخير التشغيل لمدة ثمانية أشهر إلى حين استبداله[١٩٢].

زادت التكلفة الرسمية للمشروع بنسبة ٢٦٪ لتصل إلى ٥٦ مليار روبل روسي بأسعار العام ٢٠٠١ (١١,٨ مليار دولار أميركي بأسعار العام ٢٠٠١)[١٩٣]. مع ذلك، يؤثّر انخفاض سعر صرف الروبل مقابل الدولار بشكل كبير على تكلفة المشروع بالدولار.

١٨٥ – مجلة الهندسة النووية الدولية، «Belarus 1 prepares for fuel loading »، ١٤ أيار/ مايو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.neimagazine.com/news/newsbelarus-1-prepares-for-fuel-loading-7924095/*، تم الدخول في ٣٠ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١٨٦ – غاري بيتش، NIW ،«Belarus Prepares Reactor Launch Despite Covid-19 Surge »، ٢٩ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١٨٧ – «Belarus, Aided by Russia and Broke, Europe's Last Dictatorship Proceeds With NPP » ،NIW، ٢٨ أيلول/ سبتمبر ٢٠٢١.

١٨٨ – مجلة الهندسة النووية الدولية، «Finance discussed as unit 1 of Belarus NPP prepares for start-up »، ١٤ شباط/ فبراير ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.neimagazine.com/news/newsfinance-discussed-as-unit-1-of-belarus-npp-prepares-for-start-up-7773070/*، تم الدخول في ٢٨ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١٨٩ – مجلة الهندسة النووية الدولية، «Finance Discussed as Unit 1 of Belarus NPP Prepares for Start-Up »، ١٤ شباط/ فبراير ٢٠٢٠، المرجع السابق.

١٩٠ – غاري بيتش، NIW ،«Belarus Prepares Reactor Launch Despite Covid-19 Surge »، ٢٩ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١٩١ – «Reactor vessel assembly completed for second Belarusian unit » ،WNN، ٢٦ أيار/ مايو ٢٠١٦، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.world-nuclear-news.org/NN-Reactor-vessel-assembly-completed-for-second-Belarusian-unit-26051601.html*، تم الدخول في ٢٨ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١٩٢ – «Briefs – Belarus » ،NIW، ١٥ شباط/ فبراير ٢٠١٩.

١٩٣ – «Astravets NPP Becomes 12 Billion More Expensive In One Day » ،Charter 97، ٣٠ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٦، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://charter97.org/en/news/2016/12/30/236059/*، تم الدخول في ٣٠ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

يُعدُّ المشروع محور معارضة ونقد دوليين، لا سيّما بعد تقديم شكاوى رسمية من الحكومة الليتوانية[١٩٤]، التي نشرت قائمة بالمشكلات الأساسية للمشروع وتشمل مشكلات في البناء وشكوك حول مدى ملاءمة الموقع، واتهامات بعدم الامتثال لبعض التزامات المشاركة العامّة المنصوص عنها بموجب اتفاقية Espoo. أيضاً سُجِّلت حالة عدم امتثال باتفاقية Aarhus في العام ٢٠١٧ نتيجة التعرّض لأعضاء المجتمع المدني الذين يقومون بحملات ضد المشروع[١٩٥]. لاحقاً، في نيسان/ أبريل ٢٠١٩، عقِد اجتماع لاتفاقية Espoo وصوّتت الغالبية ضدّ بيلاروسيا (٣٠ صوتاً مقابل ٦)، التي اعتبُر أنها انتهكت قواعد الاتفاقية أثناء اختيار Ostrovets كموقع لمحطّة طاقة نووية[١٩٦].

في نيسان/ أبريل ٢٠١٧، وقّع جميع أطراف البرلمان الليتواني على اتفاقية تنصّ إلى وجوب اتخاذ جميع التدابير اللازمة لوقف بناء Ostrovets «لضمان عدم السماح بدخول الكهرباء المُنتجة في هذه المحطّة النووية إلى ليتوانيا وعدم السماح ببيعها في السوق الليتوانية تحت أي ظرف من الظروف»[١٩٧].

من أجل تهدئة المخاوف الأوروبية بشأن Ostrovets، أخضعت حكومة بيلاروسيا المشروع لاختبار الإجهاد النووي بعد وقوع كارثة فوكوشيما، وأصدرت تقريراً وطنياً خضع لمراجعة لجنة مؤلّفة من المجموعة الأوروبية لمنظّمي الأمان النووي (ENSREG) والمفوّضية الأوروبية. في حزيران/ يوليو ٢٠١٨، أعلنت المفوضية الأوروبية أن تقرير ENSREG قُدِّم إلى السلطات البيلاروسية ونُشِر ملخّصه التنفيذي، وقد خلص إلى الآتي: «على الرغم من أن التقرير إيجابي بشكل عام، إلّا أنه يتضمّن توصيات مهمّة تتطلّب متابعة مناسبة». على سبيل المثال، فيما يتعلّق بموضوع تقييم إدارة الحوادث الخطيرة يشير إلى «وجوب انعكاس المفهوم العام للتخلّص العملي من الإطلاق المُبكر والكبير بشكل أكثر وضوحاً في حالة سلامة المصنع المُحدّثة». كما قدّم توصيات لتحسين المتانة الزلزالية[١٩٨].

لم تستجب سلطات بيلاروسيا للتقرير، وفي حزيران/ يونيو ٢٠١٩ صرّح مجلس الاتحاد الأوروبي أن «المفوضية وENSREG دعيا بيلاروسيا إلى إعداد وتقديم خطّة عمل وطنية لمعالجة نتائج التقرير والتوصيات الصادرة عنه، بما يتماشى مع الممارسة المتبعة في اختبارات الإجهاد السابقة داخل الاتحاد الأوروبي ومع دول أخرى. في لحظة إعداد هذا التقرير، لا تزال المفوضية وENSREG في انتظار استلام هذه الخطة»[١٩٩]. إلى ذلك، دعا الرئيس الليتواني المفوضية الأوروبية إلى اتخاذ جميع

١٩٤ – براين برادلي، «Lithuania Urges Belarus to Halt Nuclear Project on Safety Issues»، بلومبرغ، ٢٠ آب/ أغسطس ٢٠١٣، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.bloomberg.com/news/articles/2013-08-20/lithuania-urges-belarus-to-halt-nuclear-project-on-safety-issues*، تم الدخول في ٣٠ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١٩٥ – ENECE, « Findings and recommendations with regard to communication ACCC/C/2014/102 concerning compliance by Belarus»، لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا، قدّمت خلال اجتماع أطراف اتفاقية الحق في الوصول إلى المعلومات والمشاركة العامّة في صنع القرار والحق في الوصول إلى العدالة في القضايا البيئية، الاجتماع الـ٥٨، بين ١٠ و١٣ أيلول/ سبتمبر ٢٠١٧، ٢٤ تموز/ يوليو ٢٠١٧، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/pp/compliance/CC-58/ece.mp.pp.c.1.2017.19.e.pdf*، تم الدخول في ٣٠ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١٩٦ – NIW, « Briefs – Belarus»، ١٥ شباط/ فبراير ٢٠١٩.

١٩٧ – البرلمان الليتواني، « Accord between the Parliamentary Political Parties of the Republic of Lithuania on Joint Actions Against the Unsafe Nuclear Power plant in Astraveyets»، نيسان/ أبريل ٢٠١٧.

١٩٨ – ENSREG, « Belarus Stress Test National Report»، المجموعة الأوروبية لمنظّمي الأمان النووي، ٢٢ أيار/ مايو ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.ensreg.eu/news/belarus-stress-test-national-report*، تم الدخول في ٣٠ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

١٩٩ – مجلس الاتحاد الأوروبي، « Report on the implementation of the obligations under the Convention on Nuclear Safety - 8th Review Meeting of the Contracting Parties»، ١٩ حزيران/ يونيو ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-10365-2019-ADD-1/en/pdf*، تم الدخول في ٣٠ أيار/ مايوة ٢٠٢٠.

الإجراءات المُمكنة لضمان سلامة محطّة الطاقة، وفي آذار/ مارس ٢٠٢٠، ناقش المنظّم النووي في بيلاروسيا خطّة العمل الوطنية مع ENSREG[٢٠٠].

كانت بيلاروسيا تاريخياً مستورداً للكهرباء من روسيا وأوكرانيا. حالياً تحاول ليتوانيا إقناع جيرانها باتباع الحظر المفروض على الطاقة النووية من بيلاروسيا، وتستخدم حكم Espoo لإضافة ثقل على مطالباتها. في شباط/ فبراير ٢٠٢٠، أصدرت حكومات إستونيا ولاتفيا وليتوانيا إعلاناً مشتركاً تلعن فيه معارضتها شراء الكهرباء من محطة الطاقة النووية[٢٠١]. بالإضافة إلى ذلك، أصدر البرلمان الليتواني في أيار/ مايو ٢٠٢٠ قراراً بشأن استقلالية الطاقة، يقترح أن تلجأ الحكومة إلى الوسائل التقنية لمنع وصول الكهرباء من بيلاروسيا[٢٠٢]. سوف يكون بيع الكهرباء إلى الغرب أمراً حيوياً لاقتصاديات المشروع، خصوصاً أن زيادة الاستهلاك المحلّي أو حتى إعادة البيع إلى روسيا سوف تؤدي إلى انخفاض الإيرادات بشكل كبير بسبب انخفاض الأسعار. إلى ذلك، سوف تؤدي عدم القدرة على تصدير الطاقة إلى زيادة الطاقة الإنتاجية بشكل كبير. من هنا، قال الرئيس ألكسندر لوكاشينكو إن الحكومة بحاجة إلى ابتكار طرق لجعل السكّان يستخدمون المزيد من الكهرباء، بما في ذلك إعادة تجهيز المنازل بالتدفئة الكهربائية وتركيب المزيد من غلايات المياه[٢٠٣].

بولندا

خطّطت بولندا لتطوير سلسلة من محطّات الطاقة النووية في الثمانينيات، وبدأت في بناء مفاعلين VVER1000/320 في Zarnpwiec على ساحل البلطيق، ولكن كلّ أعمال البناء والخطط أوقِفت بعد حادثة تشيرنوبيل. منذ ذلك الحين، كان هناك سلسلة طويلة ومُكلفة من محاولات إعادة تشغيل البرنامج النووي؛ ففي العام ٢٠٠٨ أعلنت بولندا أنها سوف تعود إلى الساحة النووية وفي تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٠ قدّمت وزارة الاقتصاد برنامجاً للطاقة النووية، وفي ٢٨ كانون الثاني/ يناير ٢٠١٤ اعتمدت الحكومة البولندية وثيقة بعنوان «البرنامج البولندي للطاقة النووية» تحدّد إطار عمل الاستراتيجية. تضمّنت الخطّة مقترحات لبناء ٦ غيغاوات من الطاقة النووية مع بدء تشغيل المفاعل الأوّل بحلول العام ٢٠٢٤[٢٠٤]. وشملت أنواع المفاعلات قيد الدراسة ARVA-EPR وWestinghouse-AP1000 وHitachi-GE-ABWR.

في كانون الثاني/ يناير ٢٠١٣، اختارت شركة PGE (Polska Grupa Energetyczna) المملوكة من الدولة البولندية، شركة WorleyParsons لإجراء دراسة خلال خمس سنوات بقيمة ٨١,٥ مليون دولار بهدف تحديد موقع لمحطّة نووية بقدرة ٣ غيغاوات وكيفية تطويرها[٢٠٥]. في ذلك الوقت، قُدِّرت

٢٠٠ – بيلتا، « Fulfillment of national action plan in wake of Belarusian nuclear power plant stress tests reviewed», News From Belarus، ١١ آذار/ مارس ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://atom.belta.by/en/belaes_en/view/fulfillment-of-national-action-plan-in-wake-of-belarusian-nuclear-power-plant-stress-tests-reviewed-10573/*، تم الدخول في ١٠ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٢٠١ – دومينيك إسترات، « Baltic States will not buy energy from Belarus NPP», Emerging Europe، ١٣ شباط/ فبراير ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://emerging-europe.com/news/baltic-states-will-not-buy-energy-from-belarus-npp/*، تم الدخول في ٣٠ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

٢٠٢ – LRT, « Lithuanian parliament ups the ante on Belarus nuclear plant»، ٥ أيار/ مايو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.lrt.lt/en/news-in-english/19/1175343/lithuanian-parliament-ups-the-ante-on-belarus-nuclear-plant*، تم الدخول في ٣٠ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

٢٠٣ – غاري بيتش، « Belarus Prepares Reactor Launch Despite Covid-19 Surge», NIW، ٢٩ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

٢٠٤ – لوكاسز كوزنيارسكي، «Polish Nuclear Power Programme »، وزار الاقتصاد، ١٧ آذار/ مارس ٢٠١٤، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.iaea.org/NuclearPower/Downloadable/Meetings/2014/2014-03-17-03-21-WS-INIG/DAY2/COUNTRY/L_Kuzniarski_POLAND_IAEA_workshop_Seoul_2014.pdf*، تم الدخول في ٣٠ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

٢٠٥ – NIW, « Briefs – Poland»، ٨ شباط/ فبراير ٢٠١٣.

قيمة المشروع بنحو ١٣-١٩ مليار دولار، وكان من المُقرّر أن يبدأ البناء في العام ٢٠١٩[٢٠٦]. إلى ذلك، حصلت PGE في كانون الثاني/ يناير ٢٠١٤ على ٤ عروض من الشركات التي تتطلّع إلى أن تصبح «المهندس المالك» للشركة، وأن تساعد في طرح المناقصات وتطوير المشروع، الذي فازت فيه أخيراً شركة AMEC النووية البريطانية في تموز/ يوليو ٢٠١٤. فرض الجدول الزمني على شركة PGE اتخاذ قرار استثماري نهائي بشأن المحطّتين بحلول أوائل العام ٢٠١٧[٢٠٧]. وهو ما لم يحدث.

في أواخر العام ٢٠١٧، قال وزير الطاقة، كريسزتوف تشورزيسكي، إنه يرغب برؤية بولندا تبني ٣ مفاعلات نووية كل خمس سنوات، على أن يبدأ تشغيل المفاعل الأول في العام ٢٠٢٩، وأن تبلغ تكلفة كلّ وحدة نحو ٧ مليارات دولار[٢٠٨]. في تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٨ ، نشرت الحكومة مسوّدة لمشروع برنامج استراتيجي لتطوير الطاقة، دعا إلى بناء ٤ مفاعلات (بقدرة ٦-١٠ غيغاوات) بحلول العام ٢٠٤٠، على أن يبدأ تشغيل المفاعل الأول بحلول العام ٢٠٣٣[٢٠٩] وصولًا إلى تشغيل ٦ وحدات بقدرة ٦ إلى ٩ غيغاوات بحلول العام ٢٠٤٣[٢١٠]. من المتوقّع أن تختار وزارة الطاقة موقع المصنع الأول في العام ٢٠٢٠، على أن يتمّ اختيار التكنولوجيا في العام ٢٠٢١ [٢١١].

في الواقع، تثير بولندا غضب الأحزاب السياسية وجيرانها بسبب ندرة المعلومات المنشورة حول خططها النووية. في تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٩، قالت النائبة سيلفيا كوتنغ-أوهل في رسالة بعثت بها إلى وزير الاقتصاد الألماني بيتر ألتماير إن عدم سماع ألمانيا بالأمر حتى الآن هو «غير مفهوم وغير مقبول»، ما يعني أن بولندا تتجاهل القانون الدولي مثل تجاهلها لاتفاقية Espoo [٢١٢].

إلى ذلط، يُعدّ نموذج التمويل المقترح من الحكومة غير واضح، على الرغم من أن وزير الخارجية البولندي في مستشارية رئيس الوزراء والمفوض الحكومي للبنية التحتية للطاقة الاستراتيجية قالا في تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٩ إن الحكومة تخطّط لإنشاء شركة ذات أغراض خاصّة تمتلك ٥١٪ من الأسهم، على أن يمتلك شريك أجنبي النسبة المتبقية البالغة ٤٩٪. وفي حين يمكن أن تكون PGE مساهماً في تلك الشركة[٢١٣]، إلاّ أن الرئيس التنفيذي الجديد لشركة PGE فويتشاف دوبرفسكي أعلن

٢٠٦ – The Economist, « Going nuclear»، ٣١ كانون الثاني/ يناير ٢٠١٤، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.economist.com/blogs/easternapproaches/2014/01/polish-energy*، تم الدخول في ٣٠ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

٢٠٧ – Nucnet, « Amec Wins USD 430 Million Contract To Support Polish New-Build»، ٩ تموز/ يوليو ٢٠١٤، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.nucnet.org/all-the-news/2014/07/21/amec-wins-usd-430-million-contract-to-support-polish-new-build*، تم الدخول في ٣٠ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

٢٠٨ – فويتشخ زورافسكي، « Poland may have first nuclear power plant by 2029»، رويترز، ٦ أيلول/ سبتمبر ٢٠١٧، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.reuters.com/article/poland-nuclear/poland-may-have-first-nuclear-power-plant-by-2029-idUSL8N1LN222*، تم الدخول في ٣٠ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

٢٠٩ – غاري بيتش، NIW ،« Power Demand in Poland Bolsters Case for Nuclear»، ١١ تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٨.

٢١٠ – WNN, « Poland sets financing target for nuclear plant : Nuclear Policies»، ١٩ تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Poland-sets-financing-target-for-nuclear-plant*، تم الدخول في ٣٠ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

٢١١ – WNN, « Poland already preparing for nuclear plant, says energy minister»، ١٦ أيار/ مايو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://world-nuclear-news.org/Articles/Poland-already-preparing-for-nuclear-plant,-says-e*، تم الدخول في ٣٠ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

٢١٢ – فلورانس شولز، Euractiv ،« Poland’s first nuclear power plants are attracting criticism - from neigbours»، ٢٦ شباط/ فبراير ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.euractiv.com/section/energy/news/polands-first-nuclear-power-plants-are-attracting-criticism-from-its-neigbours/*، تم الدخول في ٤ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢١٣ – WNN, « Poland Sets Financing Target for Nuclear Plant»، ١٩ تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://world-nuclear-news.org/Articles/Poland-sets-financing-target-for-nuclear-plant*، تم الدخول في ٣٠ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

في أيار/ مايو ٢٠٢٠ أنه على الرغم من تأييده لبولندا في تطوير الطاقة النووية لكن «لا يمكن لـ PGE أن تكون مستثمراً في مشروع نووي»[٢١٤].

استمر نشر الطاقة المُتجدّدة في النمو خلال العام ٢٠١٩، وباتت قدرتها الإنتاجية تناهز ١٠ غيغاوات بحلول منتصف العام ٢٠٢٠، علماً أن الطاقة الشمسية كانت أسرع التقنيات المُتجدّدة تطوراً[٢١٥].

إفريقيا

تُعدُّ جنوب إفريقيا البلد الوحيد الذي يمتلك محطّة طاقة نووية عاملة في إفريقيا القارية، على الرغم من الدعم المتقطّع من الحكومات الوطنية وتشجيع الموّردين الدوليين وخصوصاً الصين وروسيا. وفقاً للرابطة النووية العالمية (WNA) أبرمت الصين اتفاقيات مع كينيا والسودان وأوغندا، (لكن لا توجد محطّات قيد الإنشاء)، فيما وقّعت روسيا اتفاقيات مع الجزائر وإثيوبيا والمغرب ونيجيريا والسودان ورواندا وزامبيا[٢١٦].

في الواقع، زاد إنتاج الكهرباء في جميع أنحاء القارة من ٦٧٠ تيراواط ساعة في العام ٢٠١٠ إلى ٨٧٠ تيراواط ساعة في العام ٢٠١٨، ويمثل الغاز الطبيعي والفحم ٤٠٪ و٣٠٪ على التوالي من مجمل مصادر الطاقة المُستخدمة في إنتاج الكهرباء (يتم الاعتماد على الفحم في جنوب افريقيا بشكل كبير)، وتليهما الطاقة الكهرومائية بنسبة ١٦٪، والنفط بنسبة ٩٪، مصادر الطاقة المتجددة غير المائية (الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وغيرها) بنسبة ٣٪، والطاقة النووية بنسبة لا تتجاوز ٢٪. مع ذلك، تلعب إفريقيا دوراً مهماً في الصناعة النووية العالمية، حيث تعتبر ناميبيا والنيجر رابع وخامس أكبر منتجي اليورانيوم في العالم.

لمزيد من المعلومات حول برنامج مصر، يمكن مراجعة القسم المخصّص عن الشرق الأوسط.

إلى ذلك، تدرِج WNA كلّ من إثيوبيا وغانا وكينيا وناميبيا ونيجيريا ورواندا والسنغال وتنزانيا وأوغندا وزامبيا في لائحة البلدان الأفريقية[٢١٧] التي فكّرت في فترة ما بالحصول على الطاقة النووية، إلا أن ذلك لم يكن أكثر من تعبير سياسي بهدف زيادة العلاقات الدبلوماسية مع الموّردين العاملين في البنية التحتية النووية وزبائنهم الرئيسيين. مع ذلك، حدثت بعض التطوّرات خلال العام الماضي، إذ وقّعت رواندا في تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٩ اتفاقية مع روس آتوم لبناء مركز للعلوم النووية بهدف تطوير مفاعلات صغيرة الحجم[٢١٨]. إلى ذلك، دعا مجلس الشيوخ النيجيري، في تشرين الثاني/

٢١٤ – آدم إيستون، S&P Global ,«Poland’s PGE puts forward plan to spin off coal, focus on renewables» ، ١٣ أيار/ مايو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/poland-s-pge-puts-forward-plan-to-spin-off-coal-focus-on-renewables-58602638*، تم الدخول في ٤ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢١٥ – The First News, « Poland generates 10GW from renewables, solar fastest growing source»، ٢٢ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.thefirstnews.com/article/poland-generates-10gw-from-renewables-solar-fastest-growing-source-13528*، تم الدخول في ٢٣ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٢١٦ – WNA, « Emerging Nuclear Energy Countries | New Nuclear Build Countries»، آذار/ مارس ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/others/emerging-nuclear-energy-countries.aspx*، تم الدخول في ٤ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢١٧ – WNA, « Emerging Nuclear Energy Countries»، كانون الثاني/ يناير ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/others/emerging-nuclear-energy-countries.aspx*، تم الدخول في ٢٤ نيسان/ أبريل ٢٠١٨.

٢١٨ – كاتيا غولوبكوفا، « Russia’s Rosatom, Rwanda sign deal to build nuclear science center»، رويترز، ٢٤ تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.reuters.com/article/us-russia-rwanda-nuclear-idUSKBN1X32DV*، تم الدخول في ٤ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

نوفمبر ٢٠١٩، الحكومة إلى النظر في تضمين الطاقة النووية في مزيج الطاقة لمنح تفويض إلى لجنة الطاقة الذرية للتفاوض مع المورّدين النوويين الدوليين. يشار إلى أن نيجيريا سعت سابقاً إلى الحصول على دعم الوكالة الدولية للطاقة الذرية لتطوير خطط تصل إلى ٤ آلاف ميغاوات من الطاقة النووية بحلول العام ٢٠٢٥، لكن يبدو أنها لم تكن قابلة للتحقيق على الأقل في الإطار الزمني الموضوع[٢١٩].

٢١٩ – «Nigerian Senate calls for inclusion of nuclear in energy mix »‏ ,WNN، ٢١ تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Senate-calls-for-nuclear-inclusion-in-Nigeria-s-en*، تم الدخول في ٤ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

مفاعلات صغيرة الحجم (SMRs)

لا تزال مفاعلات الوحدات الصغيرة والمتوسّطة الحجم[٢٢٠] محور الكثير من النقاشات حول مستقبل الطاقة النووية، إذ شهدت العديد من مشكلات التطوير في مشاريع محطّات الطاقة النووية الكبيرة، ولا سيّما فيما يتعلق بالمواعيد النهائية للترخيص والبناء التي تأجّلت والتكاليف التي ارتفعت. مع ذلك، لا تزال معظم التصميمات نظرية، ولم تُنشأ مفاعلات فعلية بالاستناد إليها، ووفقاً للاتجاهات الحالية يرجّح أن لا يتم بناء سوى بعض النماذج الأولية.

من هنا، تجدون تالياً تحديثاً للتحاليل الأولية (لا سيّما في تقرير «وضع الصناعة النووية العالمية» للأعوام ٢٠١٥ و٢٠١٧ و٢٠١٩) حول برامج المفاعلات الصغيرة والمتوسّطة الحجم في بلدان مختارة.

الأرجنتين

بدأ بنا مفاعل CAREM-25 [٢٢١] في الأرجنتين منذ شباط/ فبراير ٢٠١٤[٢٢٢]، فيما تعود الفكرة إلى العام ١٩٨٤ عندما قُدّم المفهوم في مؤتمر الوكالة الدولية للطاقة الذرية حول المفاعلات الصغيرة[٢٢٣]. كان من المتوقّع أن يستقبل Carem-25 حمولة الوقود الأولى في النصف الثاني من العام ٢٠١٧[٢٢٤]، لكن الأمر تأجّل لاحقاً حتى العام ٢٠٢٠[٢٢٥]. إلى ذلك، أشير في تموز/ يوليو ٢٠١٩ إلى أن المشروع تقدّم بنسبة ٥٥٪، وهو ما اعتبره المتحدّث الرسمي للجنة الوطنية للطاقة الذرية في الأرجنتين (CNEA) كافياً للادعاء بأن «الأرجنتين تقود عملية تصميم وبناء مفاعلات صغيرة الحجم من نوعية PWR-مفاعل الماء المضغوط في CAREM-25»[٢٢٦].

لكن التشغيل تأخّر كثيراً على الرغم من هذه الادعاءات. في تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٩، أوقفت شركة Techint Engineering & Construction للمقاولات العمل في المشروع بسبب «تأخّر الحكومة عن الدفع، وحدوث تغييرات في التصميم، وتأخّر تسليم الوثائق الفنية»[٢٢٧]. إلى ذلك، أعلنت شركة

٢٢٠ – تستخدم الوكالة الدولية للطاقة الذرية اختصار SMR للإشارة إلى «مفاعل صغير ومتوسّط الحجم»؛ المفاعل «الصغير» هو الذي لا تتجاوز قدرته الإنتاجية الـ ٣٠٠ ميغاواط، والمفاعل «المتوسط» هو الذي تتراوح قدرته الإنتاجية بين ٣٠٠ و٧٠٠ ميغاواط.

٢٢١ – CAREM هي اختصار Central Argentina de Elementos Modulares.

٢٢٢ – WNN, « Construction of CAREM underway»، ١٠ شباط/ فبراير ٢٠١٤، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.world-nuclear-news.org/NN-Construction-of-CAREM-underway-1002144.html*، تم الدخول في ٢٤ أيار/ مايو ٢٠١٥.

٢٢٣ – سيلفيا لوسيلا مولينا، ناتاليا صوفيا توشي برانكو وماريا نوبليا دوسو، « CAREM Reactor: An Innovative and Achievable Option for Enhancing Nuclear Energy Supply»، قدم خلال INTER JURA 2018، الرابطة الدولية للقانون النووي، ٤ تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://emirates.meeting-app.events/inla2018/congress-papers/*، تم الدخول في ٢٩ حزيران/ يونيو ٢٠١٩.

٢٢٤ – WNN, « Construction of CAREM Underway»، ١٠ شباط/ فبراير ٢٠١٤، المرجع نفسه.

٢٢٥ – مجلة الهندسة النووية الدولية، « Progress for Argentina's CAREM SMR»، ٩ أيار/ مايو ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.neimagazine.com/news/newsprogress-for-argentinas-carem-smr-6144828*، تم الدخول في ٢٠ أيار/ مايو ٢٠١٨.

٢٢٦ – إغناسيو دي أرينازا، « CAREM25 Current Status»، قدمت في مؤتمر حوار INPRO السابع عشر حول فرص وتحديات المفاعلات الصغيرة الحجم، ٢ تموز/ يوليو ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://nucleus.iaea.org/sites/INPRO/df17/IV.2-de%20Arenaza-CAREM.pdf*، تم الدخول في ٤ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢٢٧ – Global Construction Review, « Techint halts work on Argentina's pioneering small modular reactor scheme»، ١٥ تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.globalconstructionreview.com/news/techint-halts-work-argentinas-pioneering-small-mod/*، تم الدخول في ٢٤ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

Nucleoeléctrica Argentina SA في نيسان/ أبريل ٢٠٢٠ أن البناء سوف يُستأنف[٢٢٨] من دون تحديد موعد بدء تشغيل المفاعل.

كندا

خلال السنوات القليلة الماضية، دافعت مجموعة متنوّعة من المسؤولين الكنديين، سواء على المستوى الفيدرالي أو المقاطعات، عن خيار المفاعلات الصغيرة، وعبّروا عن رغبتهم في أن تكون كندا من بين البلدان الأولى التي تنشر مفاعلات صغيرة الحجم. بعد كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٩، زاد الحديث عن هذه المفاعلات عندما أعلن رؤساء الوزراء في أونتاريو وساسكاتشوان ونيو برونزويك أنهم سوف يعملون معاً على البحوث وبناء مفاعلات صغيرة الحجم[٢٢٩]. أدرجت ساسكاتشوان منذ ذلك الحين تطوير هذه التقنية ضمن أهدافها لعام ٢٠٣٠[٢٣٠]، وأعلنت أنها تنشئ مكتباً مخصّصاً لتنسيق السياسات المرتبطة به[٢٣١].

إلى ذلك، تمّ المضي بالاقتراح الأكثر واقعية الذي قدّمته شركة Global First Power بغية تطوير نموذج توضيحي، وهو عبارة عن مفاعل صغير في موقع مختبرات نهر شالك في مقاطعة أونتاريو[٢٣٢]. في آذار/ مارس ٢٠١٩، قدّمت الشركة طلباً إلى لجنة الأمان النووي الكندية (CNSC) للحصول على ترخيص لإنشاء هذا التصميم، وقد حدّدت اللجنة نطاق التقييم البيئي اللازم للمشروع[٢٣٣]. منذ البداية، دُعِم المشروع من شركة Ontario Power Generation، وهي أكبر مشغّل لمحطّات الطاقة النووية في البلاد، والتي انضمّت في حزيران/ يونيو ٢٠٢٠ كشريك إلى Global First Power وUltra Safe Nuclear Corporation[٢٣٤].

وفقاً للمؤيدين، يهدف مشروع المفاعلات الصغيرة إلى أن يكون «مفاعلاً تجريبياً تجارياً» و«نموذجاً لفرص نشر هذه المفاعلات مستقبلياً، حيث يمكن للطاقة منخفضة الكربون ومُتعدّدة الاستخدامات الناتجة من المفاعلات الصغيرة أن تدعم احتياجات الطاقة في المجتمعات النائية وللصناعات

٢٢٨ – WNN, « Argentinean projects to resume after hiatus» ،٢١ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://world-nuclear-news.org/Articles/Argentinean-projects-to-resume-after-hiatus*، تم الدخول في ٢٤ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٢٢٩ – إليز فونسكيل، « Group of premiers band together to develop nuclear reactor technology», CBC News ،١ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: https://www.cbc.ca/news/politics/group-of-premiers-band-together-to-develop-nuclear-reactor-technology-1.5380316، تم الدخول في ٣ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢٣٠ – WNN، « Saskatchewan includes SMRs in growth plan»، ١٥ تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://world-nuclear-news.org/Articles/Saskatchewan-includes-SMRs-in-growth-plan*، تم الدخول في ٥ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢٣١ – ديفيد جيلز، « Saskatchewan's nuclear secretariat tasked to develop, deploy small modular reactors», Global News، ٢٤ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://globalnews.ca/news/7102249/saskatchewan-nuclear-secretariat-small-modular-reactors/*، تم الدخول في ٣ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢٣٢ –GFP, « MMR Project at Chalk River», Global First Power, 2019 ، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.globalfirstpower.com/proposed-project-at-chalk-river-ont*، تم الدخول في ٣ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢٣٣ – CNSC, « New reactor facility projects» ،الهيئة الكندية للسلامة النووية، ٦ آذار/ مارس ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://nuclearsafety.gc.ca/eng/reactors/power-plants/new-reactor-facilities/index.cfm*، تم الدخول في ٣ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢٣٤ – OPG، « OPG marks major milestone in SMR development in Canada»، أونتاريو لإنتاج الطاقة، ٢٩ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.opg.com/story/opg-marks-major-milestone-in-smr-development-in-canada/*، تم الدخول في ٣ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

الثقيلة»[٢٣٥]، وهو ما يتناسب مع الأفكار المنصوص عليها في خريطة طريق المفاعلات الصغيرة الحجم لعام ٢٠١٨ التي وضعتها المرافق الإقليمية والموارد الطبيعية الكندية والطاقة الذرية الكندية المحدودة (AECL) وتحدّث عن وجود «٣ تطبيقات محتملة لمفاعلات الوحدات الصغيرة في كندا؛ سواء عبر ربطها بالشبكة أو تخصيصها لخدمة الصناعات الثقيلة أو توفير الطاقة في المجتمعات النائية»، فضلاً عن وضع تصميمات متعدّدة لتلبية «مُتطلبات الطاقة المختلفة»[٢٣٦]. إلى ذلك، يظهر تقييم صافي الطلب على الكهرباء من المناجم والمجتمعات النائية أن هذه الأسواق غير كافية لتطوير المرافق اللازمة لتصنيع هذه المفاعلات، لا سيّما أن تكاليف الكهرباء المُنتجة فيها واللازمة لتشغيل منجم أو مجتمع نائي سوف تكون باهظة للغاية[٢٣٧].

إلى ذلك، تمثّلت مبادرة كندا الأخرى لتعزيز المفاعلات الصغيرة بـ «مراجعة تصميم المورّد المسبق الترخيص» لـ CNSC، وهي خدمة اختيارية لمورّدي المفاعلات الصغيرة تتم على ثلاث مراحل. تتضمّن المرحلة الأولى «تقييماً شاملاً لتصميم محطّة الطاقة النووية التي وضعها المورّد مقابل أحدث متطلّبات التصميم التي وضعتها CNSC لمحطّات الطاقة النووية الجديدة في كندا»، بالإضافة إلى «تقييم جميع الوثائق التنظيمية الأخرى والمعايير والقوانين الكندية». أمّا المرحلة الثانية فتركّز على «تحديد الحواجز الأساسية المحتملة أمام ترخيص تصميم المورّد لمحطة الطاقة النووية في كندا». فيما تسمح المرحلة الثالثة «للبائع بمتابعة جوانب معيّنة من نتائج المرحلة الثانية من خلال السعي للحصول على مزيد من المعلومات من CNSC حول موضوع المرحلة الثانية؛ و/ أو الطلب من CNSC مراجعة النشاطات التي اتخذها المورّد حول جاهزية تصميم المفاعل بعد الانتهاء من المرحلة الثانية»[٢٣٨].

الجدول ٧ - اتفاقيات تقديم خدمة مراجعة تصميم المفاعل التي يضعها المورّد والقائمة حالياً بين الموردين وCNSC (كما في منتصف العام ٢٠٢٠).

Vendor	Name of design and cooling type	Approximate capacity (MWe)	Applied for	Review start date	Status
Terrestrial Energy Inc.	IMSR Integral Molten Salt Reactor	200	Phase 1	April 2016	Complete
			Phase 2	December 2018	Assessment in progress
Ultra Safe Nuclear Corporation	MMR-5 and MMR-10 High-temperature gas	5-10	Phase 1	December 2016	Complete
			Phase 2	Pending	Project start pending
LeadCold Nuclear Inc.	SEALER Molten Lead	3	Phase 1	January 2017	On hold at vendor's request
Advanced Reactor Concepts Ltd.	ARC-100 Liquid Sodium	100	Phase 1	September 2017	Complete
Moltex Energy	Moltex Energy Stable Salt Reactor, Molten Salt	300	Phase 1 and 2	December 2017	Phase 1 assessment in progress

٢٣٥ – المرجع نفسه.

٢٣٦ – الهيئة التوجيهية لخارطة طريق المفاعلات الكندية الصغيرة، « A Call to Action: A Canadian Roadmap for Small Modular Reactors», 2018/ التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://smrroadmap.ca/wp-content/uploads/2018/11/SMRroadmap_EN_nov6_Web-1.pdf*، تم الدخول في ٣ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢٣٧ – سارة فروسيه، نادجا سي. كونز، وم. ف. راماناء، « Too Small to be Viable? The Potential Market for Small Modular Reactors in Mining and Remote Communities in Canada», Energy Policy, 2020، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030142152030327X*، تم الدخول في ٣ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢٣٨ – CNSC, « Pre-Licensing Vendor Design Review»، الهيئة الكندية للسلامة النووية، ١٥ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://nuclearsafety.gc.ca/eng/reactors/power-plants/pre-licensing-vendor-design-review/index.cfm*، تم الدخول في ٤ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

Vendor	Name of design and cooling type	Approximate capacity (MWe)	Applied for	Review start date	Status
SMR, LLC. (A Holtec International Company)	SMR-160 Pressurized Light Water	160	Phase 1	July 2018	Assessment in progress
NuScale Power, LLC	NuScale Integral pressurized water reactor	60	Phase 2*	January 2020	Assessment in progress
U-Battery Canada Ltd.	U-Battery High-temperature gas	4	Phase 1	February 2017	Project start pending
GE-Hitachi Nuclear Energy	BWRX-300 boiling water reactor	300	Phase 2*	January 2020	Assessment in progress
X Energy, LLC	Xe-100 High-temperature gas	75	Phase 2*	July 2020	Project start pending

المصدر: موقع CNSC، ٢٠٢٠.

ملاحظة: *اختارت GE_Hitachig X Energyg Nuscale معالجة أهداف المرحلة الأولى ضمن نطاق عمل المرحلة الثانية.

على مدار العام الماضي، أكمل تصميم ARC-100 عملية مراجعة المرحلة الأولى، وفي تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٩ أعلن موظّفو CNSC عن استنتاجاتهم التي تشير إلى أن «العمل الإضافي المطلوب من ARC لمعالجة النتائج التي أثيرت كجزء من هذه المراجعة، بما في ذلك الحاجة إلى تنفيذ تغييرات مخطّط لها على نظام إدارتها، ووضع قائمة بعدد من القضايا التي تحتاج إلى حل»[٢٣٩]. أمّا التطوير الجديد الآخر فهو إضافة المفاعل Xe-100 المُبرَّد بالغاز المرتفع الحرارة إلى قائمة المفاعلات التي تخضع للمراجعة. اعتباراً من تموز/ يوليو ٢٠٢٠، أدرجت CNSC نحو ١٢ تصميماً (يمكن الاطلاع على الجدولين ٧ و٨) في مراحل مختلفة من هذه العملية، بما فيها التصاميم المماثلة لـ ARC-100، ضمن فئة المفاعلات التي أكملت المرحلة الأولى لكن من دون إجراء أي مراجعة أخرى مستمرّة.

الجدول ٨ - اتفاقية تقديم خدمة مراجعة تصميم المفاعل قيد التطوير الذي يضعه المورّد بين الموردين وcnsc

Vendor	Name of design and cooling type	Approximate capacity (MWe)	Applied for	Application received
StarCore Nuclear	StarCore Module High-temperature gas	10	Phase 1 and 2	October 2016
Westinghouse Electric Company, LLC	eVinci Micro Reactor solid core and heat pipes	Various, up to 25 MWe	Phase 2*	February 2018

المصدر: موقع CNSC، ٢٠٢٠.

ملاحظة: *سوف يتم تناول أهداف المرحلة الأولى ضمن نطاق عمل المرحلة الثانية.

٢٣٩ – CNSC, « Phase 1 Pre-Licensing Vendor Design Review Executive Summary: ARC Nuclear Canada Inc.» ، الهيئة الكندية للسلامة النووية، ١ تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://cnsc.gc.ca/eng/reactors/power-plants/pre-licensing-vendor-design-review/arc-nuclear-canada-executive-summary.cfm*، تم الدخول في ٤ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

الصين

تواصل الصين بناء مفاعل الحرارة العالية (HTR-PM) في شيداوان (خليج Shidao) في مقاطعة شاندونغ الشرقية، وهو يتكوّن من وحدتين بقدرة ١٠٠ ميغاوات تحرّكان توربيناً واحداً بقدرة ٢٠٠ ميغاوات.

حصل المفاعل على الموافقة النهائية من مجلس الوزراء الصيني ومكتب الطاقة الوطني في العام ٢٠١١[٢٤٠]، وبدأ البناء في كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٢[٢٤١]. في ذلك الوقت، أعلنت شركة Huaneng Shandong Shidao Bay المحدودة للطاقة النووية (HSNPC)، التي تبني المحطّة ومن المفترض أن تشغّلها، عن أن البناء «سوف يستغرق ٥٠ شهراً مقسّمة على النحو التالي: ١٨ شهراً للبناء، و١٨ شهراً للتركيب، و١٤ شهراً للتشغيل المسبق»[٢٤٢]. إلى ذلك، ذكرت HSNPC أن محطّة الطاقة سوف تبدأ في إنتاج الكهرباء التجارية بحلول نهاية العام ٢٠١٧، وهو ما لم يحصل.

في كانون الثاني/ يناير ٢٠١٨، ذكرت شركة إنشاءات معنيّة بتركيب رأس وعاء الضغط الخاص بالمفاعل أنه «كان من المتوقّع ربط المفاعل بالشبكة وبدء إنتاج الكهرباء هذا العام» (أي في العام ٢٠١٨)[٢٤٣]. مرة أخرى، لم يتحقّق ذلك.

في آذار/ مارس ٢٠٢٠، أعلنت المؤسّسة الوطنية النووية الصينية (CNNC) أنه تم إقران وتوصيل «وعاء ضغط المفاعل ومولّد البخار وأنبوب الغاز الساخن بالمفاعل الثاني»[٢٤٤]، ووفقاً لعرض تقديمي في حزيران/ يونيو ٢٠٢٠ كان من المقرّر أن «يبدأ التشغيل» في العام ٢٠٢١[٢٤٥] أي بعد أربع سنوات على الأقل من الموعد المُحدّد أساساً. حالياً، لا يبدو أنه هناك أي خطط لبناء مفاعلات من التصميم نفسه بسبب التكاليف الاقتصادية المرتفعة (يمكن الاطلاع على القسم الخاص بالصين وتقارير وضع الصناعة النووية العالمية السابقة).

تشمل تصاميم المفاعلات الصغيرة الأخرى قيد التطوير كلّ من ACPR50 وACPR100 من شركة الطاقة النووية العامة الصينة (CGN)، وACP100 من المؤسّسة النووية الوطنية الصينية (CNNC). إلى ذلك، أفيد في تموز/ يوليو ٢٠١٩ أن CNNC بدأت في «بناء مفاعل ACP100 في Changjiang في

٢٤٠ – كيث برادشير، « China Building Nuclear Reactors With Radically Different Design»، New York Ties، ٢٤ آذار/ مارس ٢٠١١، التفاصيل على الرابط التالي: http://www.nytimes.com/2011/03/25/business/energy-environment/25chinanuke.html، تم الدخول في ٢٤ نيسان/ أبريل ٢٠١٢.

٢٤١ – زيويي زانغ وآخرون، « The Shandong Shidao Bay 200 MWe High-Temperature Gas-Cooled Reactor Pebble-Bed Module (HTR-PM) Demonstration Power Plant: An Engineering and Technological Innovation»، Engineering، آذار/ مارس ٢٠١٦.

٢٤٢ – NucNet, « China Begins Construction Of First Generation IV HTR-PM Unit», The Communications Network for Nuclear Energy and Ionising Radiation، ٧ كانون الثاني/ يناير ٢٠١٣، التفاصيل عبر الرابط التالي: http://www.nucnet.org/all-the-news/2013/01/07/china-begins-construction-of-first-generation-iv-htr-pm-unit، تم الدخول في ١٠ كانون الثاني/ يناير ٢٠١٣.

٢٤٣ – WNN, « First HTR-PM vessel head in place»، ٤ كانون الثاني/ يناير ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: http://www.world-nuclear-news.org/NN-First-HTR-PM-vessel-head-in-place-0401185.html، تم الدخول في ٩ نيسان/ أبريل ٢٠١٨.

٢٤٤ – WNN, « Key components of second HTR-PM reactor connected»، ٢٥ آذار/ مارس ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Key-components-of-second-HTR-PM-reactor-connected، تم الدخول في ٢٩ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

٢٤٥ – فو لي، « Chinese HTR Program»، قدّمت في سلسلة ندوات IFNEC SMR عبر الإنترنت، ٢٣ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: https://www.ifnec.org/ifnec/upload/docs/application/pdf/2020-06/slides_deck_-_webinar_4.pdf، تم الدخول في ٥ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

Hainan، وهي مقاطعة جزيرة في جنوب البلاد، في نهاية العام»[٢٤٦]، ولكن لم يتمّ تأكيد الأمر. في الخلاصة، يشار إلى أن أحد أسباب عدم نشر ACP100 على نطاق واسع في الصين هو اعتراف CNNC بأن تكلفة بناء كلّ كيلوات في المشروع المقترح هي «أعلى بمرّتين من تكلفة بناء محطة طاقة نووية كبيرة»[٢٤٧].

الهند

تعمل وزارة الطاقة الذرية الهندية (DAE) على تطوير تصميم مفاعل الماء الثقيل المتقدّم (AHWR) منذ التسعينيات[٢٤٨]، لكن إنجازه بالكامل لا يزال بعيد المنال. كان مفاعل AHWR إحدى الطرق التي سمحت لـ DAE باكتساب خبرة في استخدام الثوريوم الذي يعدُّ حلماً يراودها منذ وقت طويل[٢٤٩]. إلى ذلك، ونظراً لعدم إمكانية استخدام الثوريوم كوقود، يفترض بالمفاعل استخدام كمّيات كبيرة من مواد أخرى قد تنشطر تحت تأثير نيوترونات منخفضة الطاقة والثوريوم. استخدم تصميم AHWR الأوّل البلوتونيوم، من ثمّ طوّرت الوزارة نسخة أخرى باستخدام اليورانيوم المنخفض التخصيب (نحو ٢٠ ٪ من تخصيب اليورانيوم ٢٣٥) بدلاً من البلوتونيوم[٢٥٠].

بحلول نهاية التسعينيات، بدأت وزارة الطاقة الذرية الحديث عن إنشاء مفاعل AHWR. في العام ٢٠٠٠، توقّع رئيس مؤسّسة الطاقة النووية في الهند أن يبدأ البناء في العام ٢٠٠٤ على أن ينتهي بحلول العام ٢٠١١[٢٥١]. إلى ذلك، توقّع مدير مركز بهابها للبحوث الذرية في مقابلة معه في العام ٢٠٠١ أن يكون «تقرير المشروع التفصيلي جاهزاً بحلول نيسان/ أبريل ٢٠٠٢، وأن يبدأ البناء في نيسان/ أبريل ٢٠٠٤“[٢٥٢]. بعد عامين تأجّلت عمليّات بدء البناء إلى العام ٢٠٠٥[٢٥٣].

أثبتت كلّ هذه التوقّعات أنها غير واقعية وسابقة لأوانها. بعد عقد، أي في العام ٢٠١٤، كانت وزارة الطاقة الذرية لا تزال تشير إلى أن المشروع «جاهز تقريباً» لبدء البناء»[٢٥٤]، لكن خلال عرض تقديمي

٢٤٦ – ديفيد دالتون، CNNC Announces Plans For ‘Linglong One’ SMR», NucNet »، ٢٣ تموز/ يوليو ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.nucnet.org/news/cnnc-announces-plans-for-linglong-one-smr-7-2-2019*، تم الدخول في ٢٦ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٢٤٧ – دانرونغ سونغ، Opportunities and Challenges in SMR and Its Practice in ACP100» »، قدّمت في مؤتمر حوار INPRO السابع عشر حول فرص وتحديات المفاعلات الصغيرة، ٢ تموز/ يوليو ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://nucleus.iaea.org/sites/INPRO/df17/IV.1.-DanrongSong-ACP100.pdf*، تم الدخول في ٤ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢٤٨ – ر. ك. سينها وأنيل كاكودكار، Advanced Heavy Water Reactor», Nu-Power, 1999 » .

٢٤٩ – م. ف. رامانا، The Power of Promise: Examining Nuclear Energy in India», Penguin India, 2012 » .

٢٥٠ – ك. ل. رامكومار، Th-LEU Fuel in AHWR to enhance proliferation resistance characteristics» »، قدرمت في الاجتماع التقني الثالث للوكالة الدولية للطاقة النووية حول خيارات دمج سمات مقاومة الانتشار الفعلي لمحطات الطاق النووية عبر استخدام المفاعلات الصغيرة النمطية، ١٥ آب/ أغسطس ٢٠١١.

٢٥١ – ف. ك. شاتوفيردي، CMD’s page», Nu-Power, 2000 ».

٢٥٢ – ب. بهاتاشارجيه، Sanctions act as catalyst’: Interview with B. Bhattacharjee, Director, Bhabha Atomic Research Centre», Frontline »، ٢٤ تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠٠١.

٢٥٣ – ب. بهاتاشارجيه، An Overview of R&D in Fuel Cycle Activities of AHWR» »، نشرت في Indian Nuclear Society, « Nuclear fuel cycle technologies: closing the fuel cycle» , INSAC-2003, 2003.

٢٥٤ – فيل شافيه، Behind the First AHWR», Nuclear Intelligence Weekly » ، ١٠ تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٤.

في اجتماع الوكالة الدولية للطاقة الذرية في تموز/ يوليو ٢٠١٩، اعتبرت هذه المفاعلات الصغيرة بمثابة «برنامج بحث وتطوير»، وهو ما يرجّح احتمال عدم بدء عمليّات بنائها في وقت قريب[٢٥٥].

روسيا

تقوم روسيا بتطوير عدد من تصاميم مفاعلات الوحدات الصغيرة، من ضمنها KLT-40S المتوقّع وضعه على بارجة باعتباره محطّة عائمة للطاقة النووية. تم نشر مفاعلين KLT-40S على Akademik Lomonosov، ومن ثم رُبطا بالشبكة في كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٩[٢٥٦]، وبدأ تشغيلهما في أيار/ مايو ٢٠٢٠[٢٥٧] (يمكن الاطلاع على الصورة ٨). استغرق بناء Akademik Lomonosov نحو ٤ أضعاف المدّة المتوقعة. في الواقع، قبل وقت قصير من بدء بناء السفينة في العام ٢٠٠٧، أعلنت روس آتوم أن المصنع سوف يبدأ العمل في تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٠[٢٥٨]. من هنا، ليس مستغرباً أن ترتفع تكلفة المصنع من تقدير أولي بنحو ٦ مليارات روبل (٢٣٢ مليون دولار بأسعار ٢٠٠٧)[٢٥٩] إلى ٣٧ مليار روبل على الأقل في العام ٢٠١٥ (٧٤٠ مليون دولار بأسعار العام ٢٠١٥)[٢٦٠].

تعمل روس آتوم الآن على الترويج لسلسلة RITM من المفاعلات الصغيرة من نوع PWR. ويبدو أنها لم تعد تعطي الأولوية لتصميم KLT-40S. ففي خلال عرض تقديمي للإطار الدولي للتعاون في مجال الطاقة النووية (IFNEC)، والشراكة العالمية للطاقة النووية (GNEP) في حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، وصف مدير التسويق في شركة روس آتوم هذه التصاميم بأنها «أحدث التطوّرات التي تضم أفضل الميزات مقارنة مع سابقاتها»[٢٦١]. يشار إلى أن سلسلة RITM ليست جديدة إذ تم تصنيعها بالفعل لسفن كاسحات الجليد[٢٦٢]. مع ذلك، يفترض بالتطويرات المستقبلية لهذه السلسلة أن تكون إمّا أرضية

٢٥٥ – ألوك شوريه، « R&D Programme in BARC on AHWR-300 Design & Technology Development and Innovative Reactors»، قدّمت في الاجتماع الثاني لفريق العمل التقني على المفاعلات الصغيرة والمتوسطة الحجم أو المفاعلات النميطة (TWG-SMR)، ٩ تموز/ يوليو ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://nucleus.iaea.org/sites/htgr-kb/twg-smr/SitePages/2019.aspx*، تم الدخول في ٢٥ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٢٥٦ – Nuclear Intelligence Weekly، «Russia»، NIW، ٢٠ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٩.

٢٥٧ – ألينا باشينا، « Rosatom RITM series SMRs»، قدمت في سلسلة ندوات IFNEC SMR عبر الإنترنت، ٢٣ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.ifnec.org/ifnec/upload/docs/application/pdf/2020-06/slides_deck_-_webinar_4.pdf*، تم الدخول في ٥ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢٥٨ – روس آتوم، « The first offshore nuclear heat and electrical power plant of small capacity is planned to operate in October 2010 in Severodvinsk (Arkhangelsk district)»، بيان صحافي، ١٥ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠٠٦؛ الفريق الدولي المعني بالمواد الانشطارية، « Global Fissile Material Report 2007 – Developing the technical basis for policy initiatives to secure and irreversibly reduce stocks of nuclear weapons and fissile materials»، التقرير الثاني عن المنتدى العالمي حول المواد الانشطارية، برنامج العلوم والسلامة العالمية، جامعة برينستون، تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٧.

٢٥٩ – « Russian floating reactor construction starts»، WNN، ١٧ نيسان/ أبريل ٢٠٠٧، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.world-nuclear-news.org/newsarticle.aspx?id=13250*، تم الدخول في ٣٠ نيسان/ أبريل ٢٠١٧.

٢٦٠ – تشارلز ديغز، « New documents show cost of Russian floating nuclear power plant skyrockets»، بيلونا، ٢٥ أيار/ مايو ٢٠١٥، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://bellona.org/news/nuclear-issues/2015-05-new-documents-show-cost-russian-nuclear-power-plant-skyrockets*، تم الدخول في ٢٨ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٥.

٢٦١ – إلينا باشينا، «Rosatom RITM series SMRs»، IFNEC، ٢٣ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، المرجع نفسه.

٢٦٢ – « Russia plans next two nuclear icebreakers»، WNN، ٣٠ تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٩، التفاصيل على الرابط التالي: *https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Russia-plans-next-two-nuclear-icebreakers*، تم الدخول في ٧ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

(RITM-200N) أو أن تطيل الفترات بين كلّ عملية إعادة تزود بالوقود نظراً إلى مستويات التخصيب العالية للوقود المستخدم[٢٦٣].

إلى ذلك، تم الترويج لتصميمين آخرين من مفاعلات الوحدات الروسية منذ فترة طويلة وهما؛ SVBR-100 المُبرّد بالرصاص والبزموت، والمفاعلات السريعة BREST-300 المُبرّدة بالرصاص. أفيد في أيار/ مايو عن أن أنشطة ما قبل البناء بدأت في مجمع سيبيريا للمواد الكيميائية (SCC) في سيفيرسك قبل إطلاق عمليّات البناء النهائية لمفاعل BREST المُبرّد بالرصاص[٢٦٤]، وذلك بتأخير ٤ سنوات عما كان مُخطّطاً له، فوفقاً لبرنامج الهدف الفيدرالي الرسمي (FTP) بعنوان «تقنيات الطاقة النووية للجيل الجديد»، كان من المقرّر أن يبدأ بناء نموذج أولي لوحدة المفاعل السريع المُبرّد بالرصاص BREST-300 في العام ٢٠١٦[٢٦٥]. حالياً من المتوقّع أن يكتمل المفاعل «قبل نهاية العام ٢٠٢٦“[٢٦٦].

يبدو أن تطوير المفاعل السريع المُبرّد بالرصاص والبزموت SVBR-100 قد «توقّف»[٢٦٧]، ووفقاً لقرار حكومي رسمي تم تبنيه في تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٧ حول تعديل FTP تأجّلت عملية إنشاء SVBR-100 إلى ما بعد العام ٢٠٢٠[٢٦٨]. إلى ذلك، تعود الحالة المريبة للمشروع إلى كون المفاعل كلّف نحو ٣٦ مليار روبل (٦٣٢ مليون دولار) وهو أكثر ممّا كان مقدراً له في البداية (١٥ مليار روبل)[٢٦٩].

٢٦٣ – إلينا باشينا، IFNEC، «Rosatom RITM series SMRs »، ٢٣ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، المرجع نفسه؛ « IAEA, Advances in Small Modular Reactor Technology Developments: A Supplement to: Advanced Reactors Information System (ARIS) 2018 Edition», 2018.

٢٦٤ – NEI, « Preparatory construction for Brest-300 reactor begins in Russia» ، مجلة الهندسة النووية العالمية، ٢٢ أيار/ مايو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.neimagazine.com/news/newspreparatory-construction-for-brest-300-reactor-begins-in-russia-7936880*، تم الدخول في ٧ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢٦٥ – L. Andreeva-Andrievskaya and Rosatom, « Nuclear R&D Activities in Russia» ، قدّمت خلال ورشة عمل NI2050، تموز/ يوليو ٢٠١٥، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.oecd-nea.org/ndd/workshops/ni2050/presentations/docs/2_20_Russia_Nuclear%20R_D%20Activities%20in%20Russia_L_Andreeva_Andrievskaya,%20ROSATOM.pdf*، تم الدخول في ٢٩ تموز/ يوليو ٢٠١٩.

٢٦٦ – WNN، « Russia awards contract to build BREST reactor»، ٥ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://world-nuclear-news.org/Articles/Russia-awards-contract-to-build-BREST-reactor*، تم الدخول في ٧ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢٦٧ – أناتولي دياكوف وبافيل بودفيغ، « Construction of Russia's BN-1200 fast-neutron reactor delayed until 2030s»، مدوّنة الفريق الدولي المعني بالمواد الانشطارية، ٢٠ آب/ أغسطس ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://fissilematerials.org/blog/2019/08/the_construction_of_the_b.html*، تم الدخول في ٧ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢٦٨ – الحكومة الروسية، « О внесении изменений в федеральную целевую программу 'Ядерные энерготехнологии нового поколения на период 2010-2015 годов и на перспективу до 2020 года' (утратило силу с 01.01.2019 на основании постановления Правительства Российской Федерации от 30.11.2018 N 1451)، Постановление Правительства РФ от 11 ноября 2017 года №1367»، ١١ تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٧، التفاصيل على الرابط التالي: *http://docs.cntd.ru/document/555631831*، تم الدخول في ٣٠ تموز/ يوليو ٢٠١,٩. الشكر لأناتولي دياكوف على المصادر والمعلومات.

٢٦٩ – مجلة الهندسة النووية الدولية، «Russia seeks partners for its SVBR project »، ١٥ تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٦، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.neimagazine.com/news/newsrussia-seeks-partners-for-its-svbr-project-5669556*، تم الدخول في ٣٠ نيسان/ أبريل ٢٠١٧.

كوريا الجنوبية

حصل التصميم المعياري لمفاعل النظام المتكامل المتقدّم (SMART) في كوريا الجنوبية، وهو مفاعل مائي مضغوط بقدرة ١٠٠ ميغاوات، على موافقة لجنة السلامة والأمن النوويين الكورية في تموز/ يوليو ٢٠١٢[٢٧٠]. على الرغم من أن معهد أبحاث الطاقة الذرية الكوري (KAERI)، مطوّر التصميم، كان يخطّط «لبناء مصنع تجريبي وأن يبدأ تشغيله في العام ٢٠١٧»، ولم يكن هناك طلبات لبناء «وحدة مرجعية أولية»[٢٧١].

بالنتيجة، كانت KAERI تتابع طلبات التصدير خصوصاً مع السعودية. وكان تصميم SMART يُعدُّ واحداً من ٨ تصاميم لمفاعلات صغيرة قيد الدراسة في الأردن[٢٧٢]. في العام ٢٠١٥، وقّعت KAERI مذكّرة تفاهم مع مدينة الملك عبد الله للطاقة الذرية والمتجدّدة (KA-CARE) من أجل «إجراء ٣ دراسات أولية لمدة عام لمراجعة جدوى إنشاء مفاعلات SMART في السعودية»[٢٧٣]. انتهت تلك الدراسة بالتركيز على ما أسمته هندسة ما قبل المشروع (PPE)، بما في ذلك تطوير تصميم أول من نوعه وتدريب المهندسين السعوديين. سُلّمت حزمة التصاميم الأولية من SMART إلى KA-CARE في نهاية شباط/ فبراير ٢٠١٩[٢٧٤]، من ثمّ حُدِّثت الاتفاقية في كانون الثاني/ يناير ٢٠٢٠ لإنشاء مشروع مشترك يقضي بـ «استكمال تصميم المفاعل والبنية التحتية غير النووية»، و«السعي للحصول على ترخيص لبناء الوحدة في السعودية وعرضها للتصدير»[٢٧٥]. كذلك قدّمت KA-CARE خططاً طموحة وإن كانت غير واقعية لتوطين بعض مصانع المفاعلات في السعودية[٢٧٦].

٢٧٠ – كوون دونغ جون، « Korean All-in-one SMR Won World's First Standard Design Approval»، etnews، ٥ تموز/ يوليو ٢٠١٢، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://english.etnews.com/20120705200008*، تم الدخول في ٣٠ نيسان/ أبريل ٢٠١٧.

٢٧١ – WNN، « Korea, Saudi Arabia progress with SMART collaboration»، ٧ كانون الثاني/ يناير ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Korea-Saudi-Arabia-progress-with-SMART-collaborati*، تم الدخول في ٤ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢٧٢ – كمال عراج، «Jordan's Nuclear Power Perspective for SMR Deployment»، قدمت في سلسلة ندوات IFNEC SMR عبر الإنترنت، ٢ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.ifnec.org/ifnec/jcms/g_13206/ifnec-smr-webinar-series-june-2020*، تم الدخول في ٥ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢٧٣ – WNN، « Saudi Arabia teams up with Korea on SMART»، ٤ آذار/ مارس ٢٠١٥، التفاصيل عبر الرابط التالي: http://world-nuclear-news.org/NN-Saudi-Arabia-teams-up-with-Korea-on-SMART-0403154.html.

٢٧٤ – جو هيانغ مون، «SMART PPE Achievements»، قدمت في مؤتمر حوار INPRO السابع عشر حول فرص وتحديات المفاعلاص الصغيرة الحجم، ٢ تموز/ يوليو ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://nucleus.iaea.org/sites/INPRO/df17/IV.3-JooHyoungMoon.pdf*، تم الدخول في ٤ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢٧٥ – دان يورمان، « South Korea's SMART SMR Gets New Life»، Neutron Bytes، ١٨ كانون الثاني/ يناير ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: https://neutronbytes.com/2020/01/18/south-koreas-smart-smr-gets-new-life/، تم الدخول في ٤ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢٧٦ – علي أحمد، ريم سلامة وم.ف. رامانا، « Localizing Nuclear Capacity? Small Modular Reactors and Saudi Arabia»، معهد عصام فارس للسياسات العامة والشؤون الدولية، الجامعة الأميركية في بيروت، تموز/ يوليو ٢٠١٩. التفاصيل عبر الرابط التالي: *www.aub.edu.lb/ifi*

المملكة المتحدة

في العام ٢٠١٤، قامت الحكومة البريطانية وائتلاف من منظّمات الصناعة النووية بتكليف المختبر النووي الوطني (NNL) بإجراء دراسة جدوى حول المفاعلات الصغيرة والمتوسطة[٢٧٧] تناولت «٤ تصميمات بالتفصيل» وهي: +ACP100 (من تصميم الشركة النووية الوطنية الصينية – CNNC)؛ وmPower من تصميم B&W وبيكتل؛ المفاعلات الصغيرة من تصميم Westinghouse؛ وNuScale من تصميم Fluor. لاحقاً، تم التخلّي عن mPower وSMR Westinghouse.

في العام التالي، أعلنت الحكومة البريطانية عن النية بإنفاق «ما لا يقل عن ٢٥٠ مليون جنيه إسترليني» (٣٨٠ مليون دولار بأسعار العام ٢٠١٥) بحلول العام ٢٠٢٠ على برنامج «طموح» لـ «جعل المملكة المتحدة رائداً عالمياً في التقنيات النووية المُبتكرة»، وأشارت إلى وجود «منافسة» لتحديد أفضل تصميم من المفاعلات الصغيرة والمتوسّطة وبناء «واحدة من أولى شركات هذه المفاعلات في العالم في المملكة المتحدة في ٢٠٢٠»[٢٧٨].

اللافت أن التصميم الذي اختير لتوفير التمويل الحكومي لم يكن من ضمن التصاميم الأربعة التي نُظِر فيها في دراسة العام ٢٠١٤، بل كان تصميماً آخر من شركة Rolls Royce لا يزال في مرحلة مُبكرة من التطوير. في تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٩، أعلنت الحكومة أنها سوف تقدّم «تمويلاً مطابقاً» يصل إلى ١٨ مليون جنيه إسترليني (٢٢,٧ مليون دولار) إلى «ائتلاف يضمّ مجموعة من الشركات» من أبرز أعضائه شركة Rolls Royce[٢٧٩]، وهو أقل بكثير من المبلغ الذي قبل أن الشركة طالبت الحكومة به في العام ٢٠١٩ ويزيد عن ٢٠٠ مليون جنيه إسترليني (٢٥٢ مليون دولار)[٢٨٠]. إلى ذلك، ووفقاً للاقتراحات التي قدّمت إلى الوزراء البريطانيين ارتفع المبلغ إلى ٢٥٠ مليون جنيه إسترليني (٣١٥ مليون دولار) في العام ٢٠٢٠، وكان مُخصّصاً لإنشاء مصانع تبني مفاعلات صغيرة «بحلول العام المقبل»[٢٨١].

على الرغم من أن Rolls Royce كانت تتحدّث عن المفاعلات الصغيرة منذ السبعينيات[٢٨٢]، إلاّ أن تصاميمها لم تكن متناسباً فعلياً مع التعريف المتعارف عليه عن هذه المفاعلات، لا سيّما أن قدرته

٢٧٧ – «National Nuclear Laboratory urges UK investment in SMRs» ,WNN، ٤ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٤، التفاصيل عبر الرابط التالي: https://www.world-nuclear-news.org/NN-National-Nuclear-Laboratory-urges-UK-investment-in-SMRs-4121401.html، تم الدخول في ٦ تموز/ يوليو ٢٠١٩.

٢٧٨ – داميان كارينغتون، «George Osborne puts UK at the heart of global race for mini-nuclear reactors» ,The Guardian، ٢٤ تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٥، التفاصيل عبر الرابط التالي: https://www.theguardian.com/environment/2015/nov/24/mini-nuclear-reactors-answer-to-climate-change-crisis، تم الدخول في ٦ تموز/ يوليو ٢٠١٩.

٢٧٩ – «UK confirms funding for Rolls-Royce SMR» ,WNN، ٧ تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: https://world-nuclear-news.org/Articles/UK-confirms-funding-for-Rolls-Royce-SMR، تم الدخول في ٧ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢٨٠ – سيلفيا فايفر وديفيد شيفرد، «Rolls-Royce leads drive for small nuclear sites: Energy», Financial Times، ٢٨ كانون الثاني/ يناير ٢٠١٩.

٢٨١ – نايل كرافن، «Rolls-Royce triggers £250bn nuclear mini reactor race: Huge boost for economy if UK consortium gets go-ahead to build fleet of mini reactor plants», Financial Mail on Sunday، كما نشر في This is Money، ١٣ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: https://www.thisismoney.co.uk/money/news/article-8417289/Rolls-Royce-triggers-250bn-nuclear-mini-reactor-race.html، تم الدخول في ١٦ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٢٨٢ – سي. دي. هايزينغ غودمن، «Supply of appropriate nuclear technology for the developing world: Small power reactors for electricity generation», Applied Energy, 1981.

الإنتاجية تبلغ ٤٤٠ ميغاواط[٢٨٣]. يصف نظام المعلومات عن المفاعلات المتقدّمة التابع للوكالة الدولية للطاقة الذرية هذا التصميم بأنه «مفهوم ناضج»، من دون تحديد مدى تطوّره. إلى ذلك، يذكر مكتب التنظيمات النووية البريطاني على صفحته الالكترونية الخاصة بتقييم التصميم (في ٢٥ شباط/ فبراير ٢٠٢٠ عندما تم تحديثها آخر مرة)، أنه «يقوم حالياً بتقييم تصميم مفاعل واحد، وهو نظام الطاقة النووية العام UK-HPR1000 أو Hualong[٢٨٤]، وبالتالي يبقى سعي Rolls Royce لبدء بناء مصنع غير واضح، لا سيّما أنها لم تقدّم أي تصميم له ليخضع للمراجعة التنظيمية.

الولايات المتحدة

تواصل الولايات المتحدة سعيها لبناء مفاعلات صغيرة، وقد استثمرت وزارة الطاقة (DOE) مئات الملايين من الدولارات في تعزيز أعمال البحث والتطوير على مدار العقد الماضي. أُنشِئ برنامج التمويل الرئيسي في العام ٢٠١٢ بموجب تمويل يقوم على تقاسم التكاليف لتغطية النفقات المُرتبطة بالبحث والتطوير والحصول على شهادة التصميم والترخيص. ويُعدُّ تصميم Nuscale من التصاميم التي تلقّت تمويلاً من وزارة الطاقة عبر هذا البرنامج، وهو التصميم الأقرب للنشر في الولايات المتحدة، كونه قدّم الطلب الأول للحصول على شهادة تصميم مفاعلات صغيرة إلى الهيئة التنظيمية النووية (NRC).

تلقّت NuScale نحو ٢٢٦ مليون دولار من وزارة الطاقة عبر برنامج العام ٢٠١٢، ومن ثم حصلت على منحة أخرى بقيمة ٤٠ مليون دولار إلى في العام ٢٠١٨[٢٨٥]. وفي شباط/ فبراير ٢٠٢٠، أعلِن عن موافقة وزارة الطاقة «على إنفاق ما يصل إلى ٣٥٠ مليون دولار في صناديق مماثلة جديدة»[٢٨٦]. ووفقاً للمشاريع الأساسية الأولية سوف تنفق وزارة الطاقة ٢٦٣ مليون دولار على مدى السنوات الخمس المقبلة، على أن تنسّق NuScale هذه الأموال مع الاستثمارات. مع ذلك، تسمح الاتفاقية بإمكانية رفع تكلفة المشروع «إلى حدّ أقصى قدرخ ٧٠٠ مليون دولار، على أن تقسّم هذه الزيادة بنسبة ٥٠/٥٠ بين الحكومة والشركة».

يأتي باقي تمويل NuScale من شركة Fluor Corp الأم. ففي آذار/ مارس ٢٠٢٠، أعلم رئيس مجلس الإدارة والرئيس التنفيذي لشركة NuScale Power لجنة مجلس النواب للطاقة والتجارة أن Fluor ومستثمريها ساهموا بنحو ٦٤٣ مليون دولار، أو ٦٧٪ من النفقات حتّى الآن، فيما ساهمت الحكومة الفيدرالية بنحو ٣١٤ مليون دولار، وهو ما يشكّل نحو ٩٥٧ مليون دولار في المجمل[٢٨٧]. عموماً كان

٢٨٣ – مارتن جاي. غودفيلو. «Rolls Royce consortium SMR »، قدمت خلال سلسلة ندوات IFNEC SMR عبر الإنترنت، ٢٣ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.ifnec.org/ifnec/upload/docs/application/pdf/2020-06/slides_deck_-_webinar_4.pdf*، تم الدخول في ٥ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢٨٤ – «Generic Design Assessement (GDA) »، ONR، مكتب التنظيم النووي (ONR)، ٢٥ شباط/ فبراير ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *http://www.onr.org.uk/civil-nuclear-reactors/generic-design-assessment.htm*، تم الدخول في ٧ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٢٨٥ – بيتيه دانكو، «Oregon's small-nuke company wins $40M federal grant», Portland Business Journal، ٢٧ نيسان/ أبريل ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.bizjournals.com/portland/news/2018/04/27/oregon-small-nuke-company-nuscale-wins-40m-federal.html*، تم الدخول في ٢٨ حزيران/ يونيو ٢٠١٩.

٢٨٦ – فيل شافيه، «DOE Agrees Major New Commitment to NuScale», Nuclear Intelligence Weekly، ٢١ شباط/ فبراير ٢٠٢٠.

٢٨٧ – جون ل. هوبكنز، «Building a 100 Percent Clean Economy: Advanced Nuclear Technology's Role in a Decarbonized Future»، قدمت في House Committee on Energy and Commerce Subcommittee on Energy، ٣ آذار/ مارس ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://docs.house.gov/meetings/IF/IF03/20200303/110640/HHRG-116-IF03-Wstate-HopkinsJ-20200303.pdf*، تم الدخول في ٢٣ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

من الممكن استثمار ما لا يقل عن ١,٥ مليار دولار في NuScale قبل أن تتمكّن من الحصول على شهادة التصميم من الهيئة التنظيمية النووية التي تُعدُّ شرطاً ضرورياً لنشر وحداتها.

في الواقع، تأجّل التاريخ المتوقّع للحصول على الشهادة باستمرار، إذ أعلن مسؤولو NuScale في العام ٢٠٠٨ أن الشركة أبلغت الهيئة التنظيمية النووية عن نيّتها الشروع في مراجعات التطبيق المُسبق بهدف تقديم طلب للحصول على شهادة التصميم في العام ٢٠١٠، وقد عُقِد اجتماع التقديم الأول في ٢٤ تموز/ يوليو ٢٠٠٨، فيما التزمت ببدء إنتاج الكهرباء بحلول العام ٢٠١٥-٢٠١٦ في حال حصولها على التراخيص المطلوبة[٢٨٨]». إلى ذلك، توقّع أحد مسؤولي الهيئة التنظيمية النووية في حديث أجري في تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠٠٨ أن تقدّم NuScale طلباً للحصول على شهادة التصميم في أوائل العام ٢٠١٠ وأن تكتمل المراجعة بحلول أوائل العام ٢٠١٥[٢٨٩].

في العام ٢٠١٠، ذكرت شركة Power Daily التابعة لـ SNL Energy أن NuScale تعتزم «تقديم طلب شهادة تصميم إلى الهيئة التنظيمية النووية في وقت مبكر من العام ٢٠١٢، على أن يدخل مفاعلها الأول مرحلة التشغيل في العام ٢٠١٨»[٢٩٠]. حتى أن الهيئة النووية الأميركية وضعت إشعاراً في السجل الفيدرالي تشير فيه إلى أن «شركة Nuscale Power INC قدّمت إعلان نوايا إلى الهيئة التنظيمية النووية لاعتماد شهادة التصميم في العام ٢٠١٢»[٢٩١]. في العام التالي، توقّع تقرير وكالة الطاقة النووية التابع لمنظّمة التعاون الاقتصادي والتنمية حول المفاعلات الصغيرة أن تقدّم NuScale طلب ترخيص في العام ٢٠١١، على أن تنشر المفاعلات في العام ٢٠١٨ مع البدء بأول محطّة من نوعها[٢٩٢]. إلاّ أن Nuscale لم تقدّم تصميمها للمراجعة إلاّ قبل يوم واحد من انتهاء العام ٢٠١٦.

خلال العام الماضي، أصبح واضحاً أن الطريق لن يكون سلساً. ففي آذار/ مارس ٢٠٢٠، أصدرت اللجنة الاستشارية لضمانات المفاعلات التابعة للجنة التنظيمية النووية رسالة تحذّر من «عدم التحقّق من تصميم المولّدات البخارية وأدائها بشكل كافٍ»[٢٩٣]. وأشارت اللجنة إلى أن التصميم الحالي للمولّدات البخارية «يقدم أنماطاً مختلفة للفشل» ما يؤدّي إلى عدم التحقّق بشكل كافٍ من «التصميم والأداء». عملياً، هناك نوعان من المخاوف، أحدهما مرتبط بعدم الاستقرار والآخر بالتآكل المتسارع لمواد أنابيب مولد البخار 690TT السبيكة[٢٩٤]. لاحقاً، وافقت الهيئة التنظيمية النووية على نتائج ACRS وأشار موظّفوها إلى أن هناك حاجة لمزيد من التحليل أو استخراج النتائج «للتأكد من تصميم مولّدات البخار وأدائها»، وتضمينها كجزء من طلب الحصول على ترخيص لبناء وتشغيل المفاعل[٢٩٥].

٢٨٨ – بول لوزينزيني وخوسيه ن. رييس، « Power Plant Design - Compact and bijou: a new approach to design»، Nuclear Engineering International، ٢ تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠٠٨.

٢٨٩ – إدوارد بايكر، « NRC's Advanced Reactor Program», NRC، ١٦ تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠٠٨.

٢٩٠ – وايني بارب، « NuScale sees large upside in small nuclear units», SNL Energy Power Daily، ٣٠ حزيران/ يونيو ٢٠١٠.

٢٩١ – الهيئة التنظيمية النووية، « Nuclear Regulatory Commission: Notices: In the Matter of NuScale Power, Inc. and All Other Persons; Who Seek or Obtain Access to Safeguards Information Described Herein; Order Imposing Safeguards Information Protection Requirements for Access to Safeguards Information (Effective Immediately): [FR DOC # 2010-15730]»، السجل الفدرالي، ٢٩ حزيران/ يونيو ٢٠١٠.

٢٩٢ – NEA, « Current Status, Technical Feasibility, and Economics of Small Nuclear Reactors»، وكالة الطاقة الذرية، دول منظّمة التعاون الاقتصادي والتنمية، ٢٠١١.

٢٩٣ – اللجنة الاستشارية لضمان سلامة المفاعل، « NuScale Area of Focus - Helical Tube Steam Generator Design», 2020، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.nrc.gov/docs/ML2009/ML20091G387.pdf*، تم الدخول في ١٩ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

٢٩٤ – جيسيكا سوندغيروث، « A Pox on NuScale's SMR Design Certification», NIW، ١٥ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

٢٩٥ – مايكل ماك أوليف، « NRC raises questions about NuScale design, delays interim review milestone», NW، ٧ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

إلى ذلك، زادت NuScale أيضاً تصنيف الطاقة في كلّ وحدة من ٥٠ إلى ٦٠ ميغاوات، وهو ما سوف يؤدّي إلى مزيد من التأخير. فيما أوضح متحدّث باسم الهيئة التنظيمية النووية، أن على NuScale أن تنفّذ الأشغال بشكل منفصل من أجل رفع التصنيف، وأن الجدول الزمني الحالي ينطبق فقط على تصميم ٥٠ ميغاوات[٢٩٦]. في الواقع، يفترض بالهيئة التنظيمية النووية أن تقيّم أي تغيير في تصميم المفاعل، وهو ما قد يدفع الهيئة إلى المطالبة بإجراء بتغييرات في التصميم لمعالجة نقاط الضعف المُحتملة.

أيضاً تبرز المشاكل المالية لشركة Fluor Corporation من ضمن مصادر التأخير الأخرى المُحتملة، خصوصاً بعد أن انخفضت سعر سهمها من ٦٠ دولاراً في تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٨ إلى ١٢ دولاراً في أوائل تموز/ يوليو ٢٠٢٠[٢٩٧]. حالياً، تحقّق لجنة الأسواق المالية والبورصات بالموضوع، فيما قدّمت وزارة العدل وثائق أمام المحكمة حول مشروع فيدرالي بسعر ثابت[٢٩٨]. في أيار/ مايو ٢٠١٩، كتب أحد كبار محلّلي Credit Suisse إلى المستثمرين مشيراً إلى أن هناك «فرصة للتغيير الإيجابي في شركة Fluor»، لكنه اقترح أن تقلّل الشركة من «الاستثمارات ضعيفة الأداء»، ومن ضمنها إصرارها على بدء تشغيل المفاعلات الصغيرة «الذي طال انتظاره»[٢٩٩].

وسط كل ذلك، تحاول NuScale تنفيذ أول محطّة لها مع التزام شركة Utah Associated Municipal Power Systems بشراء الكهرباء منهت، لكن بحلول حزيران/ يونيو ٢٠٢٠ لم تكن قد تلقّت بعد الطلبات الكافية من أعضاء UAMPS لاستيعاب كل الناتج الكهربائي في المحطّة المكوّنة من ١٢ وحدة ينتج كل منها نحو ٦٠ ميغاوات في المجمل.

تقدّر NuScale التكلفة المستوية للطاقة المنتجة من مشروع UAMPS بنحو ٦٥ دولاراً/ ميغاوات ساعة، ويعود ذلك إلى التمويل المناسب الذي قد يتاح لهذا المشروع[٣٠٠]. لكن بالنظر إلى تاريخ تجاوز التكاليف في المشاريع النووية، من المرجّح أن ترتفع التكلفة لتراوح بين ٨٦ و١٠٤ دولارات/ ميغاوات ساعة[٣٠١]. مع ذلك، حتى لو تم الالتزام بالتقديرات الأولية يبقى هناك العديد من البدائل الأخرى بتكلفة أقل[٣٠٢] (يمكن الاطلاع على قسم الطاقة النووية مقابل نشر الطاقة المُتجددة).

إلى ذلك، يركّز مورّدو المفاعلات الصغيرة مؤخراً على وزارة الدفاع الأميركية. في الواقع، هناك مجموعة متزايدة من التقارير حول مزايا المفاعلات الصغيرة للقواعد العسكرية. في هذا السياق،

٢٩٦ – ستيفاني كوك، NIW, «US Nuclear's Last Hope Hits Snags »، ٢٦ تموز/ يوليو ٢٠١٩.

٢٩٧ – «Fluor Corporation (FLR) », Yahoo Finance، ١٧ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

٢٩٨ – بول أودونيل، Dallas ,«Fluor faces Justice Department subpoena over costs for Army project » News، ٨ أيار/ مايو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.dallasnews.com/business/local-companies/2020/05/08/fluor-faces-justice-department-subpoena-over-us-army-project-costs/*، تم الدخول في ١٠ أيار/ مايو ٢٠٢٠؛ تومي كيلغور، «Fluor's stock drops after disclosing investigation by regulators over charges recorded », MarketWatch، ٨ أيار/ مايو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.marketwatch.com/story/fluors-stock-drops-after-disclosing-investigation-by-regulators-over-charges-recorded-2020-05-08*، تم الدخول في ٩ أيار/ مايو ٢٠٢٠.

٢٩٩ – ديبرا ك. روبن، -Engineering News ,«Fluor Continues Management Shakeout to Boost Results » Record، ٣٠ أيار/ مايو ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.enr.com/articles/46979-fluor-continues-management-shakeout*، تم الدخول في ٢١ أيلول/ سبتمبر ٢٠١٩.

٣٠٠ – ستيفاني كوك، NIW, «NuScale Prepares for SMR Development Phase » ، ٢٩ آذار/ مارس ٢٠١٩.

٣٠١ – م. ف. رامانا، «Eyes Wide Shut: Problems with the Utah Associated Municipal Power Systems Proposal to Construct NuScale Small Modular Nuclear Reactors », Oregon Physicians for Social Responsibility، أيلول/ سبتمبر ٢٠٢٠.

٣٠٢ – Energy Strategies, «Analyzing the Cost of Small Modular Nuclear Reactors and Alternate Power Portfolios»، تحالف البيئة الصحية في يوتا، أيار/ مايو ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.healutah.org/smnr/*، تم الدخول في ٢٨ حزيران/ يونيو ٢٠١٩.

دعا مشروع الأمن الأميركي، على سبيل المثال، إلى «تزويد المفاعلات الصغيرة بوقود اليورانيوم المنخفض التخصيب عالي المقايسة، وذلك لتخصيب اليورانيوم ٢٣٥ بنسبة تتراوح بين ٥ و٢٠٪»، وهو أعلى من الوقود المستخدم في المحطات النووية التجارية[٣٠٣].

في حين يستمرّ الحديث عن استخدام المفاعلات الصغيرة لتشغيل القواعد العسكرية، أصبحت مصادر الطاقة المُتجدّدة أمصدراً حقيقياً للطاقة في العديد منها. في الواقع، يقع أكبر مشروع للطاقة الشمسية في ولاية نيوجيرسي الأميركية بقدرة ٢٨,٥ ميغاوات على قاعدة بحرية، وقد بنيت «كجزء من مبادرة مرونة الطاقة التابعة للبحرية الأميركية» ودخلت حيز التشغيل في أيار/مايو ٢٠٢٠[٣٠٤]. وعلى الرغم من ربطها بشبكة الكهرباء المحلية، تشير التقارير إلى أنها صُمِّمت أيضاً لتوجيه كل الطاقة إلى القاعدة في حالة الطوارئ ما يجعلها «مرتبطة ومنفصلة عن الشبكة في الوقت نفسه»[٣٠٥].

خلاصة

بينما يستمر الحديث عن المفاعلات الصغيرة، هناك أدلة متزايدة على أن الاتجاهات التي قلّلت كثيراً من احتمالات نشر المحطّات النووية الكبيرة، مثل التأخير في البناء، والاقتصادات الضعيفة، وزيادة توافر البدائل منخفضة الكربون بتكلفة متناقصة باضطراد، تعرقل هذه التقنيات أيضاً، ما يجعل الحاجة لنشرها تتضاءل.

٣٠٣ – أندرو هولان، « Micro Nuclear Reactors: Prospects for Deploying Land-Based Nuclear Energy for the US Military», American Security Project، تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.americansecurityproject.org/perspective-micro-nuclear-reactors/*، تم الدخول في ٦ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٣٠٤ – ليندا ليندنر، « CS Energy completes construction of New Jersey's largest solar project», NJBIZ، ١٨ أيار/ مايو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://njbiz.com/cs-energy-completes-construction-new-jerseys-largest-solar-project/*، تم الدخول في ٦ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٣٠٥ – ميشال لويس، « New Jersey's largest solar farm has been completed»، Electrek، ١٨ أيار/ مايو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://electrek.co/2020/05/18/new-jersey-largest-solar-plant-completed/*، تم الدخول في ٦ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

الطاقة النووية مقابل نشر الطاقة المًتجدّدة

المقدّمة

كما هو الحال مع الأقسام الأخرى في الاقتصاد، سوف يكون تأثير التدابير المُتخذة لاحتواء جائحة كوفيد-١٩ كبيراً على قطاع الطاقة على المديين القصير والمتوسّط وربّما الطويل.

توقّعت وكالة الطاقة الدولية في نيسان/ أبريل ٢٠٢٠[٣٠٦] أن ينخفض الطلب العالمي على الطاقة بنسبة ٥٪ في العام ٢٠٢٠، أي ٨ أضعاف الانخفاض الذي طرأ خلال الأزمة المالية لعام ٢٠٠٩، ولكن تمّ تعديل هذا التقدير إلى ٦٪ في حزيران/ يونيو الماضي[٣٠٧]. مع ذلك، من المرجّح أن يكون التأثير أكبر في بعض المناطق، وهو ما يتضح من خلال الانخفاض الكبير المُسجّل في بعض البلدان، حيث انخفض الطلب اليومي على الكهرباء بنسبة ١٥٪ على الأقل مثل في فرنسا والهند وإيطاليا وإسبانيا والمملكة المتحدة وأجزاء كبيرة من الولايات المتحدة[٣٠٨].

على الرغم من انخفاض الطلب في العام ٢٠٢٠ إلّا أن المساهمة والحجم الفعلي لإنتاج الطاقة من مصادر الطاقة المُتجدّدة استمرّ في الارتفاع. في الربع الأول من العام، زاد الإنتاج العالمي للكهرباء المُتجدّدة بنسبة ٣٪، ويعود ذلك بشكل رئيسي إلى زيادة المُحقّقة في إنتاج الطاقة من الرياح والقفزة المُحقّقة في مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية المركّبة خلال العام السابق. بلغت حصّة مصادر الطاقة المُتجدّدة في إمدادات الكهرباء العالمية، بما في ذلك الطاقة المائية، نحو ٢٧,٥٪ في الربع الأول من العام ٢٠٢٠، بالمقارنة مع ٢٦٪ في الربع الأول من العام ٢٠١٩. من ناحية أخرى، انخفض إنتاج الطاقة النووية بنسبة ٣٪ على أساس سنوي في الربع الأول من العام ٢٠٢٠ استجابةً لانخفاض الطلب وكذلك العدد القليل من المفاعلات العاملة والمحصورة في بعض المناطق[٣٠٩].

أدّى انخفاض الطلب في أسواق الطاقة إلى انخفاض الأسعار. في أوروبا، شوهد أكبر انخفاض على أساس سنوي في سوق نورد بول بنسبة ٧٨٪، فيما بلغ متوسّط السعر ٩ يورو/ ميغاوات ساعة خلال آذار/ مارس ٢٠٢٠، في حين شوهد أقل انخفاض في ألمانيا بنسبة ٢٧٪ ووصل متوسّط السعر إلى ٢٢,٥ يورو/ ميغاوات ساعة[٣١٠]. في اليابان، بلغت الأسعار اليومية في بورصة الطاقة الكهربائية ٠,٠١ ين (٠,٠٠٠١ دولار أو ٠,٠١ سنت) للكيلوات/ ساعة للمرة الأولى في شباط/ فبراير ٢٠٢٠[٣١١]، وهو ما يجعلها مجّانية تقريباً.

٣٠٦ – IEA, « Global Energy Review 2020»، الوكالة الدولية للطاقة، نيسان/ أبريل ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.iea.org/data-and-statistics*، تم الدخول في ١٣ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٣٠٧ – IEA, « Sustainable Recovery - World Energy Outlook Special Report»، حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.iea.org/reports/sustainable-recovery*، تم الدخول في ٢٠ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٣٠٨ – IEA, « Global Energy Review 2020»، نيسان/ أبريل ٢٠٢٠، المرجع نفسه.

٣٠٩ – IEA, « Global Energy Review 2020»، نيسان/ أبريل ٢٠٢٠، المرجع نفسه.

٣١٠ – AleaSoft Energy Forecasting, « Fall in electricity markets prices in march due to the coronavirus crisis»، ٢ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://aleasoft.com/fall-electricity-markets-prices-march-coronavirus-crisis/*، تم الدخول في ١٣ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٣١١ – Financial Tribune, « Japan Power Prices Hit Zero as Coronavirus Hammers Industries»، ١٣ أيار/ مايو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://financialtribune.com/articles/energy/103347/japan-power-prices-hit-zero-as-coronavirus-hammers-industries*، تم الدخول في ١٣ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

يُعدُّ تأثير الوباء على مزيج الطاقة غير واضح على المدى المتوسّط، إذ يرجّح أن يؤدّي انخفاض الطلب على الطاقة وأسعارها إلى تقليل الضرورة الاقتصادية للاستثمار في سعات جديدة، وبالتالي قد يعتمد بناء محطّات طاقة جديدة إلى حدّ كبير على الحوافز الحكومية. وقد دعت وكالة الطاقة الدولية الحكومات «عند تصميم حزم الحوافز إلى وضع الفوائد الهيكلية التي يمكن أن تحقّقها مصادر الطاقة المُتجدّدة في الاعتبار، لا سيّما من حيث التنمية الاقتصادية وخلق فرص العمل بالتوازي مع تقليل الانبعاثات وتعزيز الابتكار التكنولوجي»[٣١٢].

من المرجّح أن يؤدّي الضعف المالي لقطاع الكهرباء إلى تحويل الاستثمار عن الطاقة النووية». وفي حين هناك من دون شك دعم أكبر للطاقة المُتجدّدة، لا ينطبق الأمر نفسه على الطاقة النووية، لا سيّما مع تراجع آفاق الاعتماد على الذرّة. يقول لازلو فارو، كبير الاقتصاديين في وكالة الطاقة الدولية:

> من المرجّح أن يؤدّي الضعف المالي لقطاع الكهرباء إلى تحويل الاستثمار بعيداً من الطاقة النووية، وهناك مؤشّرات إلى أن المرافق القائمة التي أجرت الاستثمارات اللازمة لتعزيز تدابير السلامة والحصول على موافقات للضمانات التي قدّمتها لتمديد فترة تشغيل المفاعل يمكن أن تغلق محطّاتها النووية قبل الأوان لأسباب مالية. يمكن إعادة تشغيل التوربينات الغازية المتوقّفة بسهولة إلى حدّ ما، ولكن عادة ما يكون إغلاق المحطة النووية نهائياً[٣١٣].

لذلك، يمكن أن يؤدّي تأثير الوباء إلى تباطؤ الاستثمار في قطاع الطاقة بشكل عام، مع تأثر مصادر الطاقة المُتجدّدة بشكل أقل. مع ذلك، من الممكن استخدام برنامج التحفيز كوسيلة ليس فقط لخلق فرص العمل، وإنّما لتعزيز أهداف إزالة الكربون أيضاً. عندما يحصل ذلك، سوف يكون النظر إلى الاتجاهات الحديثة مهمّاً لصانعي السياسات والمموّلين كما هو موضح أدناه، فضلاً عن ملاحظة مدى تفوّق الطاقة المُتجدّدة على الطاقة النووية كأداة للتخفيف.

الاستثمار

تقارن الصورة ٢٨ قرارات الاستثمار السنوية لبناء محطّات نووية جديدة بقرارات الطاقة المُتجدّدة منذ العام ٢٠٠٤. بدأ عمليّات بناء ٥ مفاعلات نووية في العام ٢٠١٩؛ ٢ في الصين (ربما هناك ٢ آخران لكن لا يوجد تأكيد رسمي على ذلك. يمكن الاطلاع على القسم المُخصّص بإطلاق عمليات البناء؛ علماً أنها ليست مدرجة في الصورتين ٢٨ و٢٩) ومفاعل واحد في كلّ من إيران وروسيا والمملكة المتحدة. وتنطبق الصورة الرقمية نفسها على العالم في العام ٢٠١٨، في مقابل ٤ مفاعلات جديدة في العام ٢٠١٧، و٣ في العام ٢٠١٦، و٨ مشاريع جديدة في العام ٢٠١٥. تبلغ قيمة استثمارات بناء مشاريع العام ٢٠١٩ بقدرة ٥٫٨ ميغاوات نحو ٣١ مليار دولار. مع ذلك، لا تزال هذه الاستثمارات أقل من ربع قيمة الاستثمارات في طاقة الرياح أو الطاقة الشمسية، التي بلغت أكثر من ١٣٨ مليار دولار ونحو ١٣١ مليار دولار على التوالي.

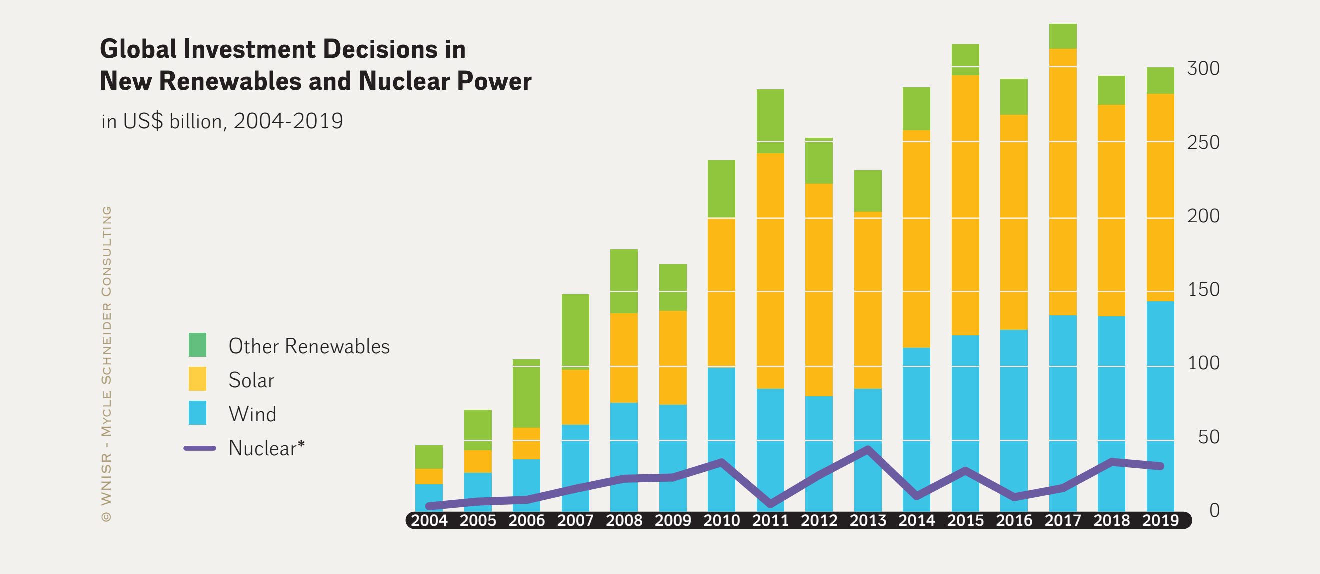
على الصعيد العالمي، لا تزال الأهمّية النسبية لأوروبا وأميركا الشمالية في استثمارات الطاقة المُتجدّدة تتضاءل، مع صعود آسيا وخصوصاً الصين (يمكن الاطلاع على الصورة ٣١). ارتفع الاستثمار

٣١٢ – هايمي باهار، « The coronavirus pandemic could derail renewable energy's progress. Governments can help»، IEA، ٤ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.iea.org/commentaries/the-coronavirus-pandemic-could-derail-renewable-energy-s-progress-governments-can-help*، تم الدخول في ١٣ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٣١٣ – لاسزلو فارو وبيتر فراسير، « The Covid-19 crisis is undermining nuclear power's important role in clean energy transitions»، IEA، ١٢ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر: *https://www.iea.org/commentaries/the-covid-19-crisis-is-undermining-nuclear-power-s-important-role-in-clean-energy-transitions*، تم الدخول في ١٣ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

الصيني في الطاقة المُتجدّدة من ٢٦ مليار دولار (بالدولار الاسمي) في العام ٢٠٠٨ إلى ١٣٥ مليار دولار في العام ٢٠١٧، قبل أن ينخفض بشكل حادّ إلى ٩١ مليار دولار في العام ٢٠١٨، و٨٣ مليار دولار في العام ٢٠١٩. إلى ذلك، بلغ مجمل الاستثمار التراكمي في الطاقة النووية في الصين خلال الفترة نفسها نحو ٩٠ مليار دولار (لا يشمل مفاعلين من طراز CAP1400 إذ لم يتم تأكيد بدء عملية بنائهما بعد).

الصورة ٢٨ - قرارات الاستثمار العالمية في مصادر الطاقة المُتجدّدة والطاقة النووية ٢٠٠٤-٢٠١٩



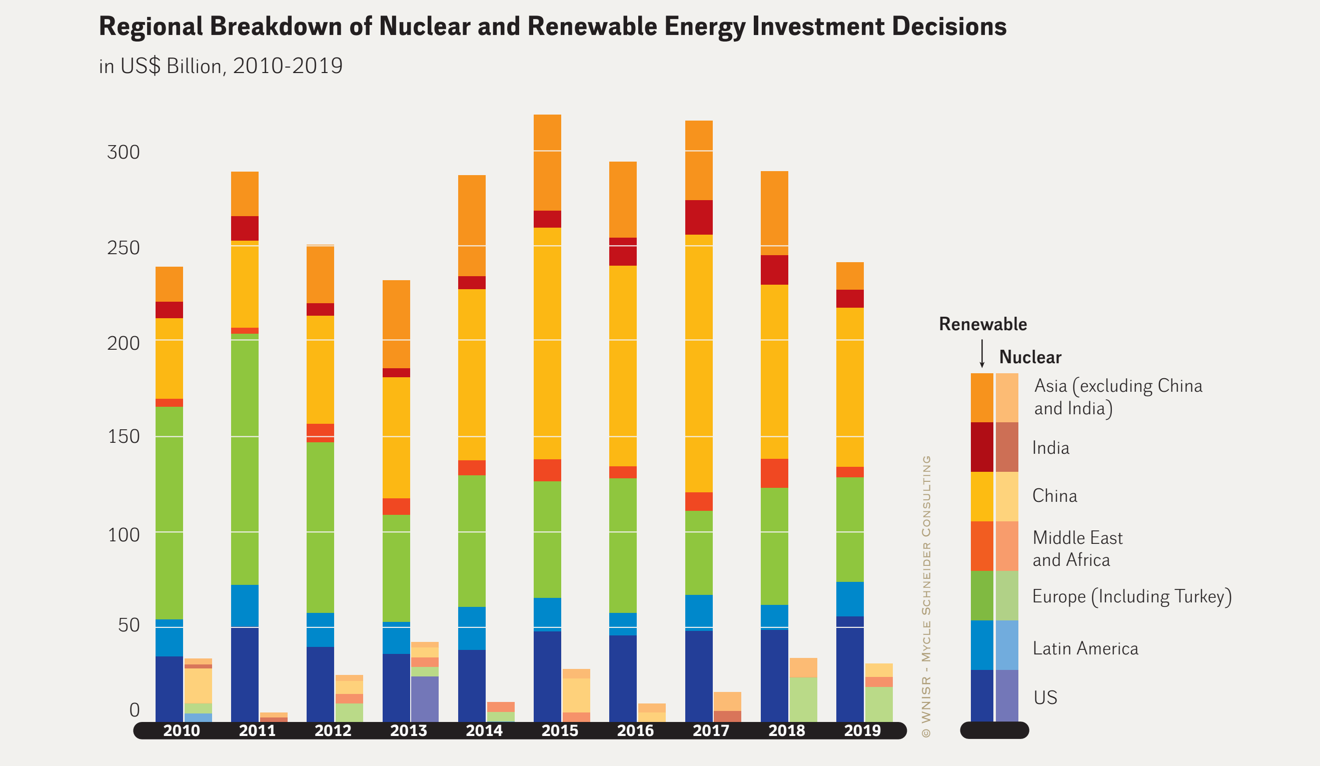
المصادر: مدرسة فرانكفورت وبرنامج الأمم المتحدّة للبيئة/ مؤسّسة بلومبرغ لتمويل الطاقة الجديدة ٢٠١٨، ٢٠٢٠، شبكة سياسة الطاقة المتجددة للقرن الواحد والعشرين ٢٠١٩، والأبحاث الأساسية لتقرير وضع الطاقة النووية العالمية ٢٠٢٠.

ملاحظة:

في ظل عدم وجود تقديرات شاملة ومُتاحة للجمهور حول الاستثمارات السنوية في الطاقة النووية، ولتبسيط النهج المتبع، يتضمّن تقرير وضع الصناعة النووية العالمية مجمل تكاليف الاستثمار المتوقّعة في السنة التي بدأت فيها عملية البناء بدلاً من توزيعها على فترة البناء بأكملها. فضلاً عن ذلك، لا تشمل أرقام الاستثمار النووي الميزانيات المُعدّلة - كما هو الحال بشكل عام - في حال تمّ تخطّي التكاليف المرصودة في الموازنة.

بالإضافة إلى ذلك، لا يُظهر هذا الرسم البياني الاستثمارات المُخصّصة لمفاعلين في الصين - من طراز CAP1400 في Rongcheng/ Shidaowan – أطلِقَت عمليات بنائهما في العام ٢٠١٩ ولكن لم يتم تأكيد ذلك رسمياً.

الصورة ٢٩ - التقسيم الإقليمي لقرارات الاستثمار في الطاقتين النووية والمُتجدّدة ٢٠١٠-٢٠١٩



المصادر: برنامج الأمم المتحدّة للبيئة/ مؤسّسة بلومبرغ لتمويل الطاقة الجديدة ٢٠٢٠،
التحاليل الأساسية لتقرير وضع الطاقة النووية العالمية ٢٠٢٠.

ملاحظات:

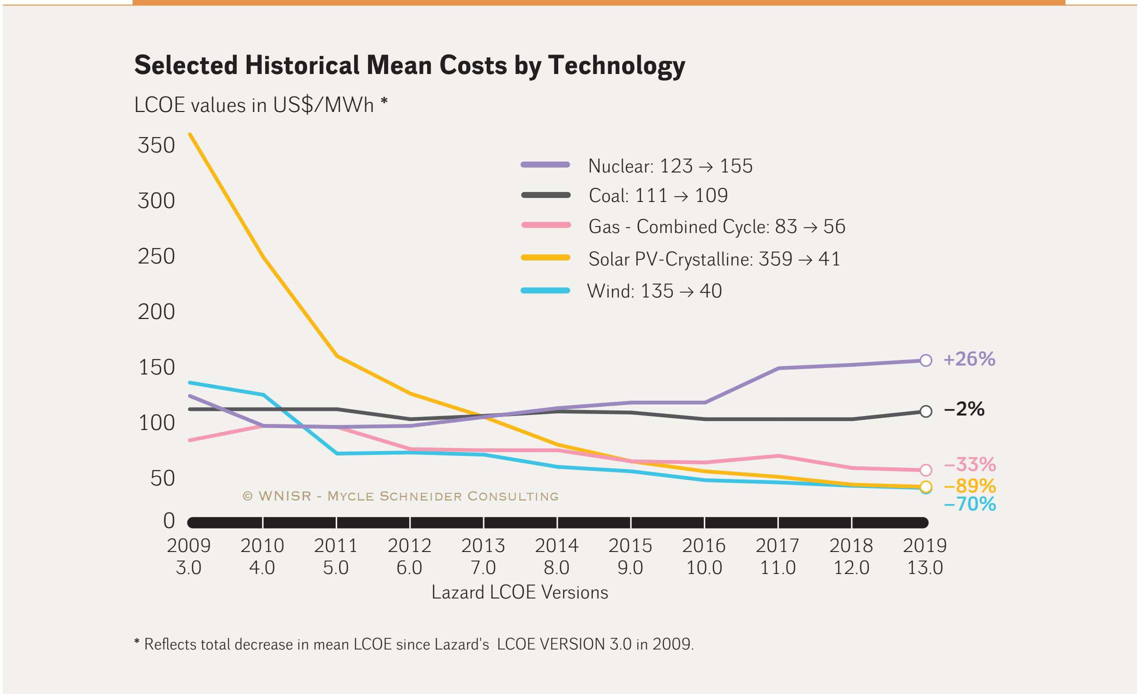
بالإضافة إلى ذلك، لا يُظهر هذا الرسم البياني الاستثمارات المُخصّصة لمفاعلين في الصين - من طراز CAP1400 في Rongcheng/ Shidaowan – أطلِقت عمليات بنائهما في العام ٢٠١٩ ولكن لم يتم تأكيد ذلك رسمياً.

تكاليف التكنولوجيا

يشير التحليل السنوي لتكلفة الطاقة المستوية (LCOE) في الولايات المتحدة، الذي أجرته لازارد في نهاية العام ٢٠١٩ (يمكن الاطلاع على الصورة ٣٠)، إلى أن متوسّط تكلفة الطاقة الشمسية الكهروضوئية يبلغ ٤٠ دولاراً/ ميغاوات ساعة، مقارنة بنحو ٦٥ دولاراً في العام ٢٠١٥؛ تبلغ قيمة طاقة الرياح المركبة على البرّ نحو ٤١ دولاراً/ ميغاوات ساعة مقارنة بـ ٥٥ دولاراً/ ميغاوات ساعة في العام ٢٠١٥، أمّا الطاقة النووية فقد بلغت تكلفتها ١٥٥ دولاراً/ ميغاوات ساعة مقارنة بنحو ١١٧ دولاراً في العام ٢٠١٥. على مدى السنوات الخمس الماضية، ارتفعت تكلفة الطاقة المستوية للطاقة النووية بنسبة تزيد عن ٥٠٪، في حين أصبحت مصادر الطاقة المُتجدّدة الأرخص بين كل مصادر إنتاج الطاقة الأخرى. اللافت في هذه الاتجاهات هو أن تكاليف مصادر الطاقة المُتجدّدة تستمر في الانخفاض بسبب التحسّن التدرّجي في التصنيع والتركيب، في حين أن الطاقة النووية لا تزال تشهد ارتفاعاً في التكاليف على الرغم من مرور أكثر من نصف قرن من الخبرة الصناعية، بحيث باتت أغلى مصدر لإنتاج الطاقة، باستثناء محطّات الغاز[٣١٤].

٣١٤ – لازارد، «Lazard’s Levelized Cost of Energy Analysis—Version 13.0»، تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٩.

الصورة ٣٠ - انخفاض تكاليف مصادر الطاقة المُتجدّدة مقابل مصادر الطاقة التقليدية



المصدر: تقديرات لازارد، ٢٠١٩[٣١٥].

ملاحظات:

LCOE = التكلفة المستوية للطاقة

يعكس هذا الرسم البياني متوسّط النطاق المرتفع والمنخفض للتكلفة المستوية للطاقة غير المدعومة وفقاً لدراسة التكلفة المستوية للطاقة.

تعكس هذه الأرقام مشهد الطاقة المتجددة في أميركا الشمالية بشكل خاص، وكذلك انخفاض التكلفة على نطاق أوسع/ عالمي.

وفقاً لتقدير الوكالة الدولية للطاقة المُتجدّدة (IRENA)، انخفض المتوسّط العالمي للتكلفة المستوية للطاقة في محطّات إنتاج الكهرباء من الطاقة الكهروضوئية بنسبة ١٣٪ على أساس سنوي في العام ٢٠١٩، وبالتالي وصل المتوسّط العالمي إلى ٦٨ دولاراً/ ميغاوات ساعة. أيضاً انخفضت تكلفة طاقة الرياح المُركّبة على البرّ بنسبة ٩٪، ووصلت إلى ٥٣ دولاراً/ ميغاوات في الساعة، فيما وصلت كلفة طاقة الرياح المُركّبة في محطّات بحرية إلى مستوى منخفض جديد بقيمة ١١٥ دولاراً/ ميغاوات ساعة[٣١٦]. وعن التكاليف العالمية، ذكرت وكالة الطاقة الدولية في حزيران/ يونيو ٢٠٢٠[٣١٧] أن انخفاض تكاليف مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح خلال العقد الماضي أدّى إلى زيادة إنتاجية الاستثمار الرأسمالي. في الواقع، إن الإنتاج السنوي المتوقّع من الاستثمار في الطاقة الشمسية الكهروضوئية في العام ٢٠٢٠ هو أكثر بنحو ٧ أضعاف بالمقارنة مع الاستثمار نفسه في العام ٢٠١٠، أمّا بالنسبة لطاقة الرياح المركبة على البرّ فقد تضاعفت الإنتاجية تقريباً، فيما ارتفعت إنتاجية طاقة الرياح المركبة في البحر بنسبة تزيد عن ٦٠٪.

من المحتمل حدوث مزيد من الانخفاضات في تكاليف مصادر الطاقة المُتجدّدة، لا سيّما بالنسبة لطاقة الرياح المُركّبة في البحر، حيث تستمرّ التكاليف بالانخفاض إلى أقل بكثير من المتوسّطات

٣١٥ – المرجع نفسه

٣١٦ – IRENA, « Renewable Capacity Statistics 2019»، آذار/ مارس ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2019.pdf*، تم الدخول في ٣ نيسان/ أبريل ٢٠١٩.

٣١٧– IEA, « Sustainable Recovery - World Energy Outlook Special Report» ، حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، المرجع نفسه.

العالمية التي تقدّرها الوكالة الدولية للطاقة المُتجدّدة: على سبيل المثال، انخفضت التكاليف في الدنمارك وهولندا إلى نحو ٥٣-٦٤ دولاراً/ ميغاوات ساعة (باستثناء النقل). فضلاً عن ذلك، قدرّت مؤسّسة بلومبرغ لتمويل الطاقة الجديدة المتوسّط العالمي للتكلفة المستوية لطاقة الرياح المركبة في البحر بنحو ٧٨ دولاراً/ ميغاوات ساعة في تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٩,[٣١٨]

أمّا بالنسبة إلى الولايات المتحدة فتوضح لازارد أن انخفاض تكاليف مصادر الطاقة المُتجدّدة عالمياً يتناقض مع تكاليف الطاقة النووية التي تكون ثابتة في أحسن الأحوال، وفي كثير من الأحيان، عندما تتوافر الأرقام، ترتفع بشكل كبير. نتيجة لذلك، من المُعترف به الآن، على نطاق واسع، أن تكلفة مصادر الطاقة المُتجدّدة هي أقل بكثير من تكلفة الطاقة النووية أو الغاز. وقد ذكرت وكالة الطاقة الدولية في تقييمها لعام ٢٠١٩ أن التكلفة الرأسمالية العالية للطاقة النووية تجعلها أكثر تكلفة بكثير على أساس التكاليف المتساوية بالمقارنة مع إنتاج الكهرباء من طاقة الرياح أو الغاز في كلّ من الاتحاد الأوروبي والولايات المتّحدة[٣١٩].

القدرة المُركّبة وإنتاج الكهرباء

لقد سُجِّل تباطؤ في معدّل زيادة الاستثمار في مصادر الطاقة المُتجدّدة، وهو ما يعكس التغييرات في السياسات في بعض البلدان والمناطق. إلّا إن الانخفاض السريع في تكاليف الاستثمار لكلّ ميغاوات يعني أنه لا يزال هناك ارتفاع في صافي الزيادة السنوية في القدرة الإنتاجية المُركّبة. في المجمل، تم تركيب ١٨٤ غيغاوات من الطاقة المُتجدّدة الجديدة (باستثناء الطاقة المائية) في العام ٢٠١٩، وفقاً لشبكة سياسة الطاقة المُتجددة للقرن الحادي والعشرين (REN21) وهو ما شكّل زيادة بنحو ٢٠ غيغاوات مقارنة مع العام السابق[٣٢٠].

بعد التباطؤ في السنوات الثلاث الماضية، زادت القدرة الإنتاجية الصافية المُضافة من طاقة الرياح بعد تركيب ٥٩,٢ غيغاوات جديدة في العام ٢٠١٩، ولكنها لا تزال أقل من القدرة المركّبة في العام ٢٠١٥. زادت الطاقة الشمسية الكهروضوئية بنحو ٩٧,٦ غيغاوات وسجّلت رقماً قياسياً عالمياً، إسوة بنحو ٩٧,٤ غيغاوات أضيفت في العام ٢٠١٨.

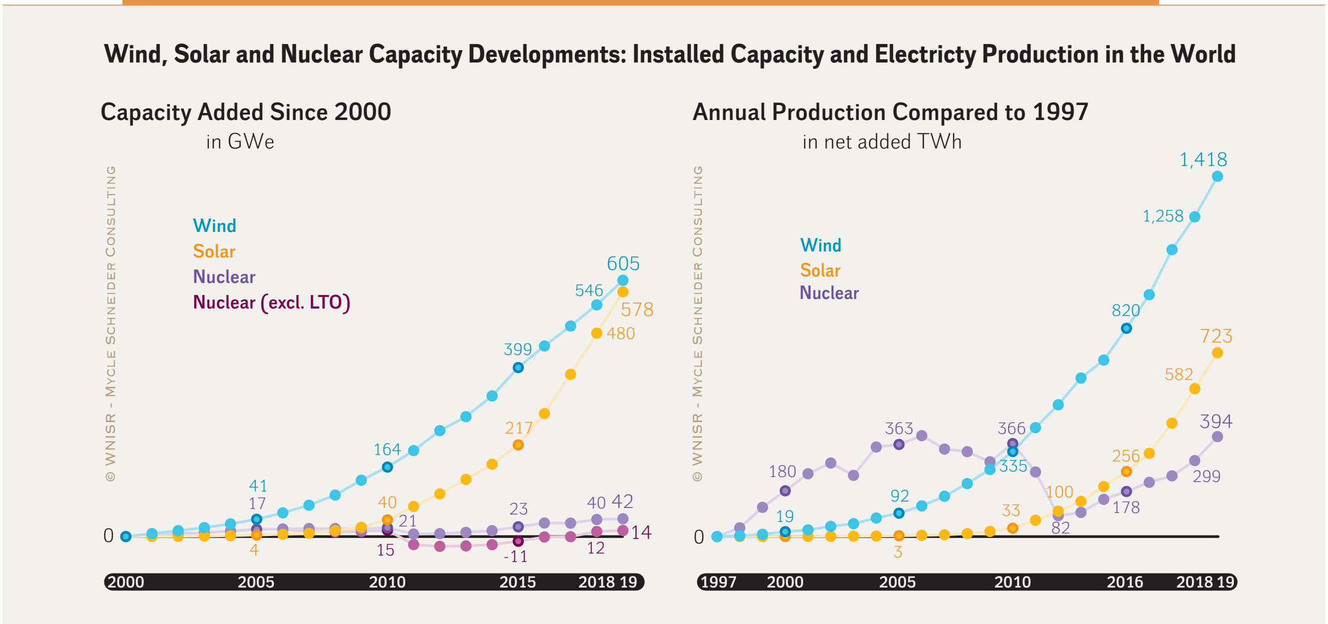
توضح الصورة ٣١ مدى انتشار مصادر الطاقة المُتجدّدة منذ بداية الألفية، إذ ارتفعت القدرة الإنتاجية بنحو ٦٠٥ غيغاوات للرياح، ونحو ٥٧٨ غيغاوات للطاقة الشمسية وفقاً لـ IRENA، مقارنة مع ركود نسبي في القدرة الإنتاجية للطاقة النووية، التي ارتفعت خلال هذه الفترة بنحو ٤٢ غيغاوات، مع إضافة المفاعلات المُدرجة في فئة التوقّف الطويل الأجل. نظراً إلى أن نحو ٢٧,٥ غيغاوات من الطاقة النووية كانت في حالة توقّف طويلة الأجل في نهاية العام ٢٠١٩، وبالتالي لم تعمل، يصبح رصيد الزيادة الصافية في القدرة الإنتاجية نحو ١٤,٥ غيغاوات مقارنة بالعام ٢٠٠٠.

٣١٨ – Renews.biz, « Offshore wind costs ‘drop 32%», reNEWS - Renewable Energy News، ٢٨ تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://renews.biz/56081/offshore-wind-costs-drop-32/*، تم الدخول في ٥ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٣١٩ – IEA, « Nuclear Power in a Clean Energy System»، أيار/ مايو ٢٠١٩، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://webstore.iea.org/download/direct/2779?fileName=Nuclear_Power_in_a_Clean_Energy_System.pdf*، تم الدخول في ٢٣ حزيران/ يونيو ٢٠١٩.

٣٢٠ – مدرسة فرانكفورت للتمويل والإدارة، مدرسة فرانكفورت وبرنامج الأمم المتحدّة للبيئة للتعاون في مجال المناخ وتمويل الطاق المتجددة، ومؤسّسة بلومبرغ لتمويل الطاقة الجديدة، « Global Trends in Renewable Energy Investment in 2020»، حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.fs-unep-centre.org/wp-content/uploads/2020/06/GTR_2020.pdf*، تم الدخول في ٢٠ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

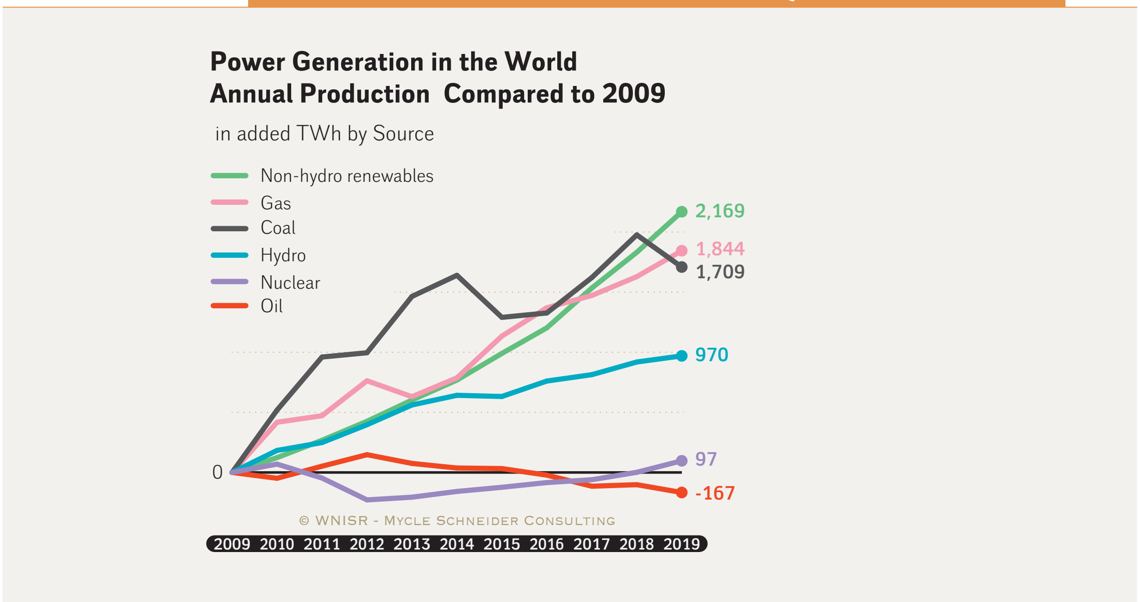
الصورة ٣١ - تغير طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة النووية وإنتاج الكهرباء في العالم



المصادر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة، المراجعة الإحصائية الصادرة عن بريتش بيتروليوم ٢٠٢٠.

تختلف خصائص تقنيات إنتاج الكهرباء باختلاف عوامل الحمولة. تنتج محطّات الطاقة النووية العاملة على مدار السنة المزيد من الكهرباء لكلّ ميغاوات من القدرة المُركّبة عموماً مقارنةً بالطاقة المُتجدّدة. مع ذلك، كما يتضح من الصورة ٣٣، كان هناك ١٥٠٠ تيراوات ساعة إضافية من طاقة الرياح في العام ٢٠١٩ بالمقارنة مع العام ٢٠٠٠. وأكثر من ٧٢٠ تيراوات ساعة إضافية من الكهرباء المُنتجة من الطاقة الشمسية الكهروضوئية، مقارنة بنحو ٢١٥ تيراوات ساعة إضافية من الطاقة النووية.

الصورة ٣٢ - صافي إنتاج الكهرباء المُضافة وفق مصدر الطاقة ٢٠٠٩-٢٠١٩



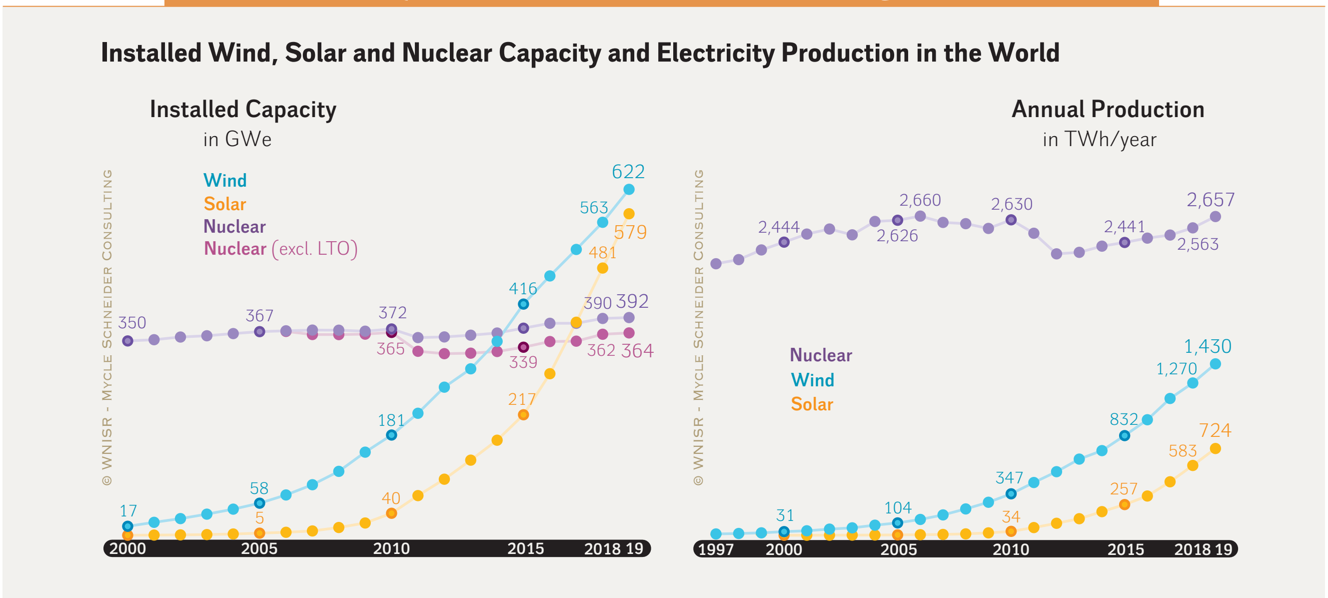
المصدر: المراجعة الإحصائية الصادرة عن بريتيش بيتروليوم، ٢٠٢٠.

في العام ٢٠١٩، بلغ معدّل نمو الإنتاج العالمي السنوي من طاقة الرياح نحو ١٢,٦٪ (١١,٣٪ في ٢٠١٨)، ونحو ٢٤,٣٪ للطاقة الشمسية الكهروضوئية (٣٠,٤٪ في ٢٠١٨)، ونحو ٣,٧٪ للطاقة النووية (٢,٤٪ في ٢٠١٨).

حالياً، لا يتفوّق نمو الطاقة المُتجدّدة على الطاقة النووية فحسب، بل على الوقود الأحفوري أيضاً وبسرعة، وأصبح الخيار الاقتصادي للجيل الجديد. توضح الصورة ٣٢ إلى أي مدى زادت مصادر الطاقة المختلفة من إنتاج الكهرباء خلال العقد الماضي. علماً أن مصادر الطاقة المُتجدّدة غير المائية أضافت النسبة الأكبر من الكهرباء المُنتجة خلال العقد الماضي، بحيث أنتجت نحو ٢١٦٩ تيراواث ساعة إضافية من الطاقة. أمّا مصدر الطاقة الذي حقّق ثاني أكبر نمو فقد كان الغاز الطبيعي، يليه الفحم، ومن ثم الطاقة المائية والطاقة النووية، في حين بقي صافي إنتاج النفط أقل من مستواه في العام ٢٠٠٩.

بسبب ركود تطوير الطاقة النووية، فقد تجاوزتها طاقة الرياح والطاقة الشمسية لناحية مجمل القدرة الإنتاجية المُركّبة. وفي حين أنتجت الطاقة النووية المزيد من الكهرباء في العام ٢٠١٩ (٢٦٥٧ تيراواث ساعة) مقارنة بالعام السابق، لحقت الرياح (١٤٣٠ تيراواث ساعة) والطاقة الشمسية (٧٢٤ تيراواث ساعة) الركب بسرعة، وباتت تمثل معاً نحو ٨١٪ من إنتاج الطاقة النووية (يمكن الاطلاع على الصورة ٣٣).

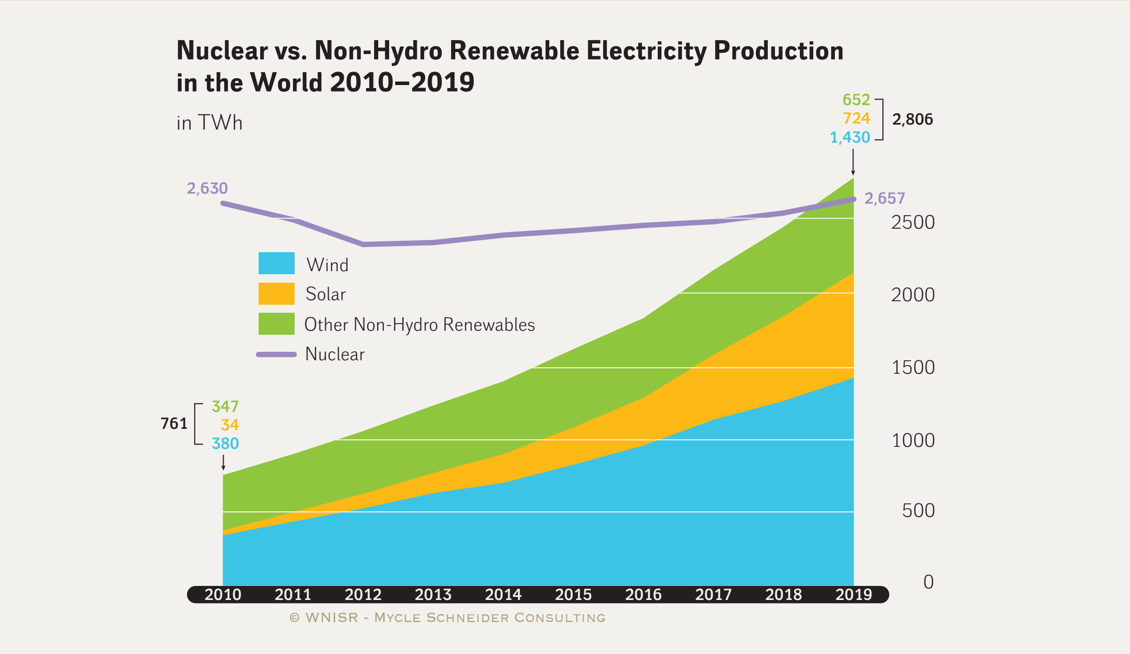
الصورة ٣٣ - طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة النووية وإنتاج الكهرباء في العالم



المصادر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، الوكالة الدولية للطاقة المُتجدّدة، المراجعة الإحصائية الصادرة عن بريتش بيتروليوم ٢٠٢٠.

في العام ٢٠١٩، تجاوز إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المُتجدّدة غير المائية، وطاقة الرياح، والطاقة الشمسية، والكتلة الحيوية، وغيرها من مصادر الطاقة المُتجدّدة غير المائية مثل الطاقة الحرارية الأرضية، إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية للمرّة الأولى (يمكن الاطلاع على الصورة ٣٤). في حين زادت مصادر الطاقة المُتجدّدة غير المائية بنحو ٣,٧ مرة خلال العقد الماضي وأنتجت ٢٨٠٨ تيراواث ساعة (إجمالي)، وصلت الطاقة النووية إلى المستويات نفسها قبل كارثة فوكوشيما إذ أنتجت نحو ٢٦٥٧ تيراواث ساعة (صافي) أو ٢٧٩٦ (إجمالي).

الصورة ٣٤ - مصادر الطاقة المُتجدّدة غير المائية وإنتاج الكهرباء النووية في العالم



المصادر: الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، المراجعة الإحصائية الصادرة عن بريتش بيتروليوم ٢٠٢٠.

الوضع والاتجاهات في الصين والاتحاد الأوروبي والهند والولايات المتحدة

الصين

لا تزال الصين الدولة الأكثر أهمّية من حيث تصنيع الطاقة المُتجدّدة ونشرها. مع ذلك، فإن أحدث مؤشّر لجاذبية الدولة للطاقة المُتجدّدة، الذي نشرته إرنست ويونغ في أيار/ مايو ٢٠٢٠، يُسقِط الصين من المركز الأول إلى المركز الثاني بعد الولايات المتحدة[٣٢١]، ويعود السبب إلى خفض الحكومة الصينية الدعم الذي تمنحه لهذه السوق، فضلاً عن انخفاض الطلب على الطاقة في أعقاب جائحة كوفيد-١٩ في كلّ من الاستخدام المنزلي وتصنيع السلع للتصدير.

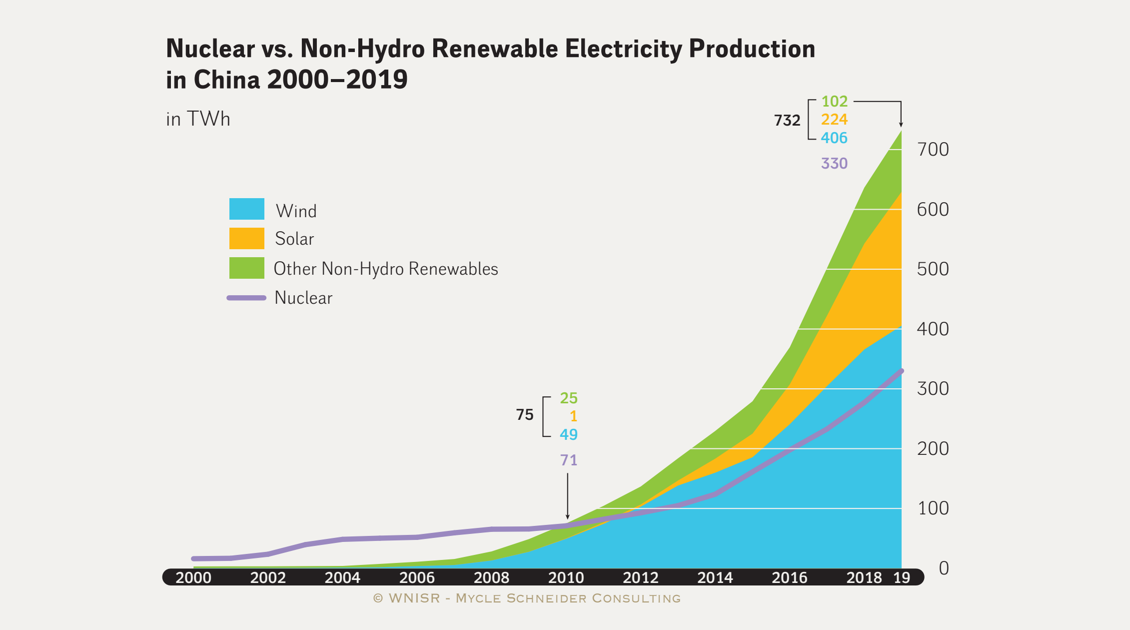
في حالة الصين، عادة هناك مجموعة من الأرقام حول القدرة الإنتاجية وأحجام إنتاج الطاقة خصوصاً للمصادر المُتجدّدة. وفقاً لإدارة الطاقة الوطنية التابعة للحكومة (NEA)، بلغ مجمل القدرة الإنتاجية المُركبة من الطاقة المُتجدّدة نحو ٧٩٤ غيغاواث في نهاية العام ٢٠١٩ بزيادة بنسبة ٩٪ عن العام السابق. وشمل ذلك ٣٥٦ غيغاواث من الطاقة المائية، و٢١٠ غيغاواث من الرياح، و٢٠٤ غيغاواث من الطاقة الشمسية، و٢٢,٥ غيغاواث من الكتلة الحيوية التي تمثّل وحدها نحو ٣٩,٥٪ من السعة المُركّبة. في العام ٢٠١٩، وصل إنتاج الكهرباء من الطاقة المُتجدّدة إلى ٢٠٤٠ تيراواث ساعة

٣٢١ – EY, « Renewable Energy Country Attractiveness Index» ، أيار/ مايو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.ey.com/en_gl/recai* ، تم الدخول في ٤ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

بزيادة بنحو ١٧٦,١ تيراوات ساعة على أساس سنوي. ونتيجة لذلك، استحوذ إنتاج الكهرباء من الطاقة المُتجدّدة على ٢٧,٩٪ من مجمل إنتاج الطاقة، بزيادة بنسبة ١,٢٪ على أساس سنوي[٣٢٢].

مقارنة بالعام ٢٠٠٠، زاد إنتاج الطاقة النووية بحلول العام ٢٠١٩ نحو ٢٠ ضعفاً، في حين لم يكن هناك أي إنتاج من مصادر الطاقة المُتجدّدة الجديدة في العام ٢٠٠٠، مثل الكتلة الحيوية والرياح والطاقة الشمسية باستثناء الطاقة المائية (يمكن الاطلاع على الصورة ٣٥). في العام ٢٠١٠، تفوّقت مصادر الطاقة المُتجدّدة الجديدة على الإنتاج النووي للمرّة الأولى مع تسجيلها إنتاجاً بنحو ٧٥ تيراوات ساعة مقابل ٧١ تيراوات ساعة للطاقة النووية. وعلى الرغم من نمو الإنتاج النووي بمعدّل مذهل بلغ ٤,٦ مرّات بين العامين ٢٠١٠ و٢٠١٩، إلّا أن مصادر الطاقة المُتجدّدة الجديدة زاد إنتاجها أكثر من ضعف الطاقة النووية، بمعدّل ٩,٨ مرّات خلال الفترة نفسها (يمكن الاطلاع عل الصورة ٣٥).

الصورة ٣٥ - الطاقة النووية مقابل مصادر الطاقة المُتجدّدة غير المائية في الصين ٢٠٠٠-٢٠١٩



المصادر: الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة،
المراجعة الإحصائية الصادرة عن بريتش بيتروليوم ٢٠٢٠.

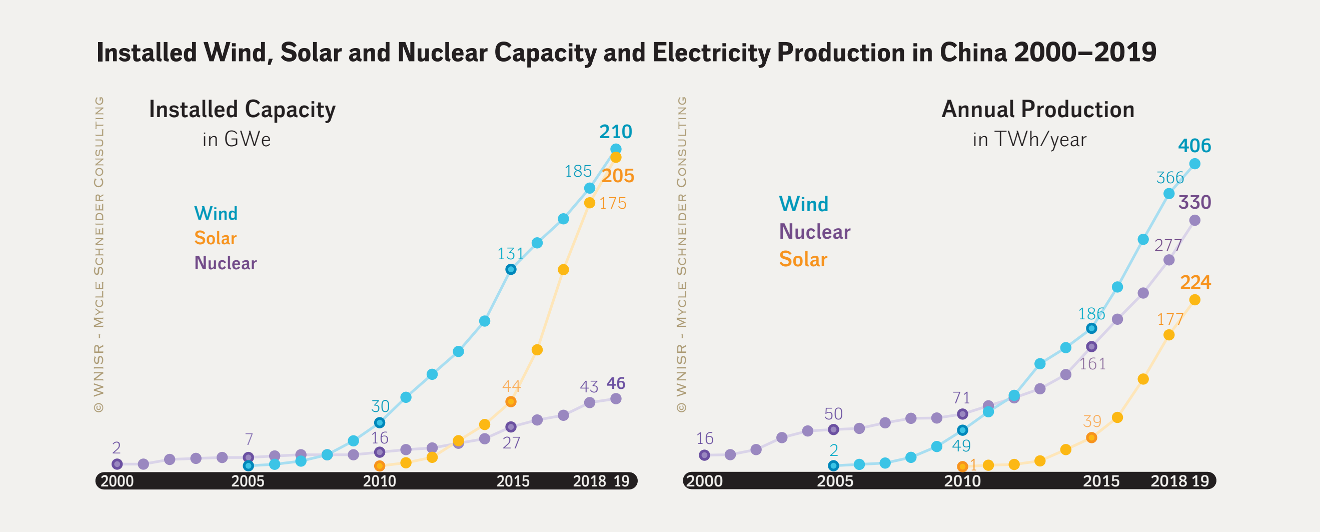
على الرغم من الأرقام الإجمالية المثيرة، كانت الإضافات السنوية في القدرة الإنتاجية للطاقة الشمسية الكهروضوئية في العام ٢٠١٩ أقل بكثير من ٣٠ غيغاوات مقارنة بـ٤٤ غيغاوات في العام ٢٠١٨، وهو ما يشكّل انخفاضاً بنسبة ٣٢٪[٣٢٣]. في العام ٢٠١٩، بلغت القدرة الإنتاجية للطاقة الشمسية الجديدة المركزية نحو ١٧,٩ غيغاوات، في مقابل نحو ١٢,٢ غيغاوات لامركزية. في حين تعبّر حصّة الطاقة الشمسية اللامركزية المُتزايدة بسرعة عن تطوّر ملحوظ، إلّا أن مجمل السعة المُضافة تعبّر عن انخفاض عن الرقم القياسي لنشر هذه المصادر الإنتاجية والذي سجِّل في العام ٢٠١٧ وبلغ ٥٣ غيغاوات (يمكن الاطلاع على الصورة ٣٦).

٣٢٢ – NEA, « NEA press conference on the 2019 status of renewable power generation», China Energy Portal، ٦ آذار/ مارس ٢٠٢٠ (بالصينية)، التفاصيل عبر الرابط التالي: https://chinaenergyportal.org/nea-press-conference-on-the-2019-status-of-renewable-power-generation/، تم الدخول في ٤ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٣٢٣ – Globaldata Energy, « Solar PV Capacity Additions in China Fell by 32% in 2019", Power Technology، ٢٣ كانون الأول/ يناير ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: https://www.power-technology.com/comment/solar-pv-capacity-additions-china-2019/، تم الدخول في ٤ حزيران / يونيو ٢٠٢٠.

وفقاً لـ NEA بلغ إنتاج الطاقة الكهروضوئية نحو ٢٢٤,٣ تيراوات ساعة متجاوزة الـ ٢٠٠ تيراوات ساعة للمرّة الأولى، وهو ما شكّل زيادة سنوية بنحو ٢٦,٣٪. في تموز/ يوليو ٢٠١٩، أصدرت الدولة نتائج المزاد الوطني الأوّل لمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية، ووافقت إدارة الطاقة النووية على تركيب ٢٢,٧٨ غيغاوات من الطاقة الشمسية بنحو ٢٧٩,٥ يوان صيني/ ميغاوات ساعة (٤١ دولاراً/ ميغاوات ساعة) وفقاً للعرض الأدنى، وهو سعر آخذ بالانخفاض لكنه لا يزال مرتفعاً وأعلى من السعر في بلدان أخرى في الشرق الأوسط والولايات المتحدة[٣٢٤].

الصورة ٣٦ - طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة النووية المركّبة وإنتاج الكهرباء في الصين ٢٠٠٠-٢٠١٩



المصادر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، الوكالة الدولية للطاقة المُتجدّدة، المراجعة الإحصائية الصادرة عن بريتش بيتروليوم ٢٠٢٠.

زاد الانتشار السنوي لطاقة الرياح في العام ٢٠١٩، ووفقاً لمجلس العالمي لطاقة الرياح أدخِلت قدرة إنتاجية جديدة بنحو ٢٦,٢ غيغاوات، أي ٤٤٪ من مجمل القدرة الإنتاجية العالمية[٣٢٥]، مقارنة بزيادة بنحو ٢١,٢ غيغاوات في العام ٢٠١٨[٣٢٦]. في العام ٢٠١٩، ركّب نحو ٢,٣ غيغاوات من القدرة الإنتاجية الجديدة في محطّات بحرية، وهو ما يشكّل ٣٩٪ من مجمل القدرة الإنتاجية العالمي، فيما ركّبت القدرة الإنتاجية الجديدة الباقية على محطات برّية. تمتلك الصين حالياً نحو ٣٧٪ من أسطول طاقة الرياح في العالم. ووفقاً لإدارة الطاقة الوطنية، بلغ مجمل إنتاج الكهرباء أقل من ٤٠٦ تيراوات ساعة، متجاوزاً الـ ٤٠٠ تيراوات ساعة للمرة الأولى، بزيادة بنسبة ١٠,٩٪ على أساس سنوي. والأهم من ذلك، إن مستوى تقليص الرياح حين لا يمكن استخدام الطاقة المُنتجة انخفض إلى ٤٪، وهو استمرار لاتجاه مهم داخل القطاع. في الواقع، تهدف الصين إلى أن تلغي كلّ الدعم الحكومي عن

٣٢٤ – Globaldata Energy, « Solar PV Capacity Additions in China Fell by 32% in 2019», Power Technology، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.power-technology.com/comment/solar-pv-capacity-additions-china-2019/*، تم الدخول في ٦ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

٣٢٥ – GWEC, « GWEC: Over 60GW of wind energy capacity installed in 2019, the second-biggest year in history»، المجلس العالمي لطاقة الرياح، ٢٥ آذار/ مارس ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://gwec.net/gwec-over-60gw-of-wind-energy-capacity-installed-in-2019-the-second-biggest-year-in-history/*، تم الدخول في ٤ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٣٢٦ – GWEC, « Global Wind Energy Report 2018»، المجلس العالمي لطاق الرياح، نيسان/ أبريل ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://gwec.net/wp-content/uploads/2019/04/GWEC-Global-Wind-Report-2018.pdf*، تم الدخول في ٢٣ حزيران/ يونيو ٢٠١٩.

سوق الطاقة بدءاً من العام ٢٠٢١، من خلال إلغاء تعرفة التغذية الكهربائية المُنتجة من طاقة الرياح والطاقة الشمسية الكهروضوئية[٣٢٧].

اقترحت الخطة الخمسية الثالثة عشرة (٢٠١٦-٢٠٢٠) أهدافاً جديدة لكفاءة الطاقة وتقليل كثافة الكربون بالإضافة إلى التنويع بعيداً من الوقود الأحفوري، حيث سوف يوفر الوقود غير الأحفوري ١٥٪ من استهلاك الطاقة الأولية بحلول العام ٢٠٢٠، مقارنة مع ٧,٤٪ في ٢٠٠٥[٣٢٨]. مع ذلك، تم تركيب نحو ٣٤,٥ غيغاوات من الطاقة الشمسية الكهروضوئية في العام ٢٠١٦، أي ضعف ما كان متوقعاً (١٥ إلى ٢٠ غيغاوات سنوياً)[٣٢٩]. في تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠١٦، أعلنت إدارة الطاقة الوطنية عن تحديث للخطة الخمسية الثالثة عشرة لقطاع الطاقة (٢٠١٦-٢٠٢٠)، وأصبح الهدف هو الوصول إلى ٢١٠ غيغاوات من طاقة الرياح (مقارنة مع ٢٠٠ غيغاوات وفق الخطة الأولية)، ونحو ١١٠ غيغاوات من الطاقة الشمسية (مقارنة مع ١٥٠ غيغاوات في الخطة الأولية). بالنظر إلى مستويات الانتشار الفعلية للطاقة الشمسية وطاقة الرياح في نهاية العام ٢٠١٩، وكلاهما يزيد عن ٢٠٠ غيغاوات، يتبيّن أن كلا الهدفين تحقّق فعلياً.

أيضاً، نصّت الخطة الخمسية الثالثة عشرة على زيادة القدرة الإنتاجية النووية إلى نحو ٥٨ غيغاوات بحلول العام ٢٠٢٠، بالإضافة إلى ٣٠ غيغاوات قيد الإنشاء. لكن عملياً لم يتمّ تشغيل سوى ٤٤,٥ غيغاوات وفقاً لأرقام الأول من تموز/ يوليو ٢٠٢٠، في مقابل ١٣,٨ غيغاوات قيد الإنشاء (يمكن الاطلاع على القسم الذي يقدّم لمحة عامّة على عمليات البناء الجديدة القائمة). من هنا، تتبيّن استحالة تحقيق هذا الهدف.

في منتصف العام ٢٠٢٠، كانت الحكومة الصينية تُعدّ الخطة الخمسية الرابعة عشرة، على أن تتم الموافقة عليها من قبل أعلى هيئة تشريعية في الصين في أوائل العام ٢٠٢١. دولياً، وكجزء من اتفاقية باريس، تعهّدت الصين بالاستمرار برفع انبعاثات الكربون إلى ذروتها بحلول العام ٢٠٣٠ على أبعد تقدير، لكنها كانت مُتردّدة في وضع حدّ أقصى لهذه الانبعاثات. أيضاً سوف تتأثر الخطة الخمسية الرابعة عشرة بحزمة الحوافز التي تركّز على زيادة إستخدام الكهرباء واستخدام السيارات الكهربائية.

الاتحاد الأوروبي

تستمر مصادر الطاقة المُتجدّدة، بما في ذلك الطاقة المائية، في النمو في الاتحاد الأوروبي[٣٣٠] والمشاركة في إمدادات الطاقة، بحيث سجّلت رقماً قياسياً وصل إلى ٣٥٪ من الطاقة المُنتجة في العام ٢٠١٩، بزيادة قدرها ١,٨٪ عن العام السابق. خلال العام ٢٠١٩، بلغ إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح نحو ١٨٪، وتجاوز الطاقة المُنتجة عن الفحم. فيما ساهمت مصادر الطاقة

٣٢٧ – Globaldata Energy, « Solar PV Capacity Additions in China Fell by 32% in 2019»، المرجع نفسه.

٣٢٨ – China Dialogue, « Climate, energy and China's 13th Five-Year Plan in graphics»، ١٨ آذار/ مارس ٢٠١٦، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.chinadialogue.net/article/show/single/en/8734-Climate-energy-and-China-s*-13th-Five-Year-Plan-in-graphics، تم الدخول في ٤ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٣٢٩ – ريتشارد مارتن، « China Is on an Epic Solar Power Binge», MIT Technology Review، ٢٢ آذار/ مارس ٢٠١٦، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.technologyreview.com/2016/03/22/161462/china-is-on-an-epic-solar-power-binge/*، تم الدخول في ٤ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٣٣٠ – بما أن بريطانيا خرجت من الاتحاد الأوروبي في ٣١ كانون الثاني/ يناير ٢٠٢٠، فإن إحصاءات العام ٢٠١٩ الخاصّة بالاتحاد الأوروبي تضمّ بريطانيا.

المُتجدّدة الأخرى، المائية والكتلة الحيوية بنحو ١٠,٨٪ و٦,٢٪ من الطاقة المُنتجة على التوالي، بينما ساهمت الطاقة النووية بنحو ٢٥,٥٪[٣٣١].

تبيّن الصورة ٣٧ زيادة الإنتاج من مصادر الطاقة المُتجدّدة الجديدة، لا سيّما الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، خلال العقد الماضي بنحو ٢,٥ مرّة. بينما انخفض الإنتاج النووي بأكثر من ٩٪ خلال الفترة نفسها. في العام ٢٠٢٠ تجاوز الإنتاج من مصادر الطاقة المُتجددة الجديدة الإنتاج من المحطّات النووية للمرّة الأولى.

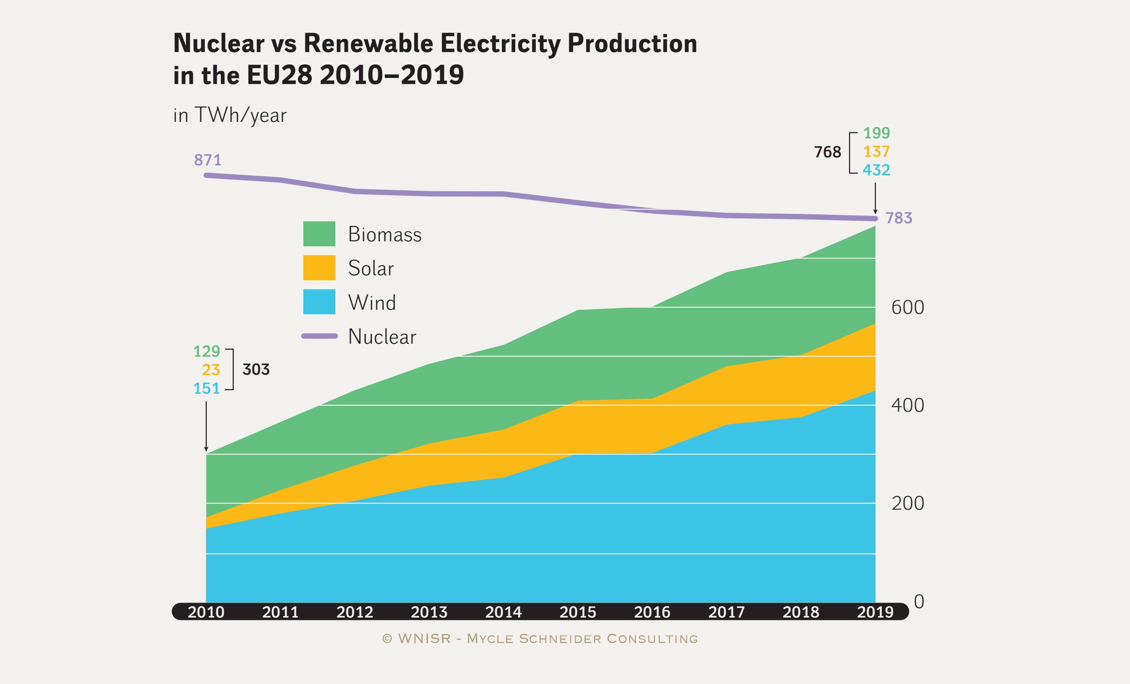
ووفقاً للصورة ٣٨، زاد الإنتاج من طاقة الرياح بنسبة ١٤٪ في العام ٢٠١٩ (+٥٤ تيراوات ساعة) مع استحواز ٥ بلدان فقط على ٧٣٪ من النمو وهي: فرنسا وألمانيا وإسبانيا والسويد والمملكة المتحدة. إلى ذلك، ارتفع الإنتاج من الطاقة الشمسية بنسبة ٧٪ (+ ٩,٥ تيراوات ساعة)، استحوزت هولندا على ٣ تيراوات ساعة من هذه الزيادة وإسبانيا على ٢ تيراوات ساعة، بحيث شكلتا معاً ٥٤٪ من الزيادة المُحقّقة في الإنتاج من الطاقة الشمسية على مستوى الاتحاد الأوروبي. في المقابل، انخفض الإنتاج النووي بشكل طفيف بنسبة ١٪ (-٦ تيراوات ساعة)، مدفوعاً بانخفاض الإنتاج النووي بنسبة ٣٪ في فرنسا ونحو ١٤٪ في المملكة المتحدة.

انخفض الإنتاج من الوقود الأحفوري بنسبة ٦٪، مع زيادة الإنتاج من الغاز الطبيعي بنسبة ١٢٪، وتراجع الإنتاج من الفحم الصلب بنسبة ٣٢٪، ويعود ذلك إلى نمو مصادر الطاقة المُتجددة وارتفاع أسعار ثاني أكسيد الكربون (ما يؤدي إلى زيادة إنتاج الغاز)، في حين انخفض إنتاج الطاقة من الليغنيت بنسبة ١٦٪. إلى ذلك، انخفض استهلاك الكهرباء بنسبة ١,٧٪ في العام ٢٠١٩ (-٥٦ تيراوات ساعة)، ما أدّى إلى عودة الطلب إلى مستويات العام ٢٠١٥. وبالنتيجة انخفضت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة من قطاعات الطاقة بنسبة ١٢٪ [٣٣٢].

٣٣١ – Agora Energiewende وآخرون، « The European Power Sector in 2019: Up-to-Date Analysis on the Electricity Transition»، شباط/ فبراير ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.agora-energiewende.de/en/publications/the-european-power-sector-in-2019/*، تم الدخول في ٢٠ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٣٣٢ – المرجع نفسه.

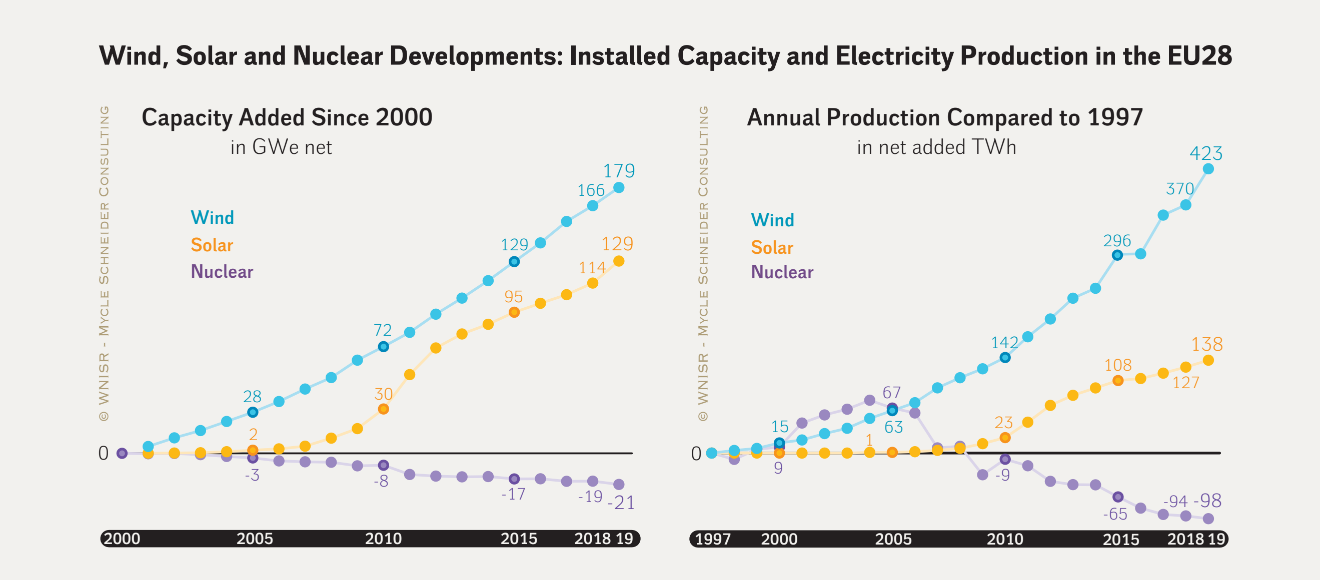
الصورة ٣٧ - الطاقة المُتجدّدة وإنتاج الطاقة النووية في الاتحاد الأوروبي ٢٠١٠-٢٠١٩



المصادر: الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة،
Agora Energiewende/Sandbag

منذ العام ٢٠٠٠، أضافت طاقة الرياح نحو ١٧٨,٥ غيغاوات من القدرة الإنتاجية المُركّبة، في مقابل ١٢٩,٦ غيغاوات من الطاقة الشمسية، بينما انخفضت الطاقة النووية بنحو ٢١ غيغاوات. منذ التوقيع على بروتوكول كيوتو في العام ١٩٩٧، زادت الإنتاج السنوي من طاقة الرياح والطاقة الشمسية بنحو ٤٢٣ تيراوات ساعة و١٣٨ تيراوات ساعة على التوالي، بينما أنتجت الطاقة النووية ٩٨ تيراوات ساعة وهي أقل من الطاقة المُنتجة منذ عقدين سابقين (يمكن الاطلاع على الصورة ٣٨).

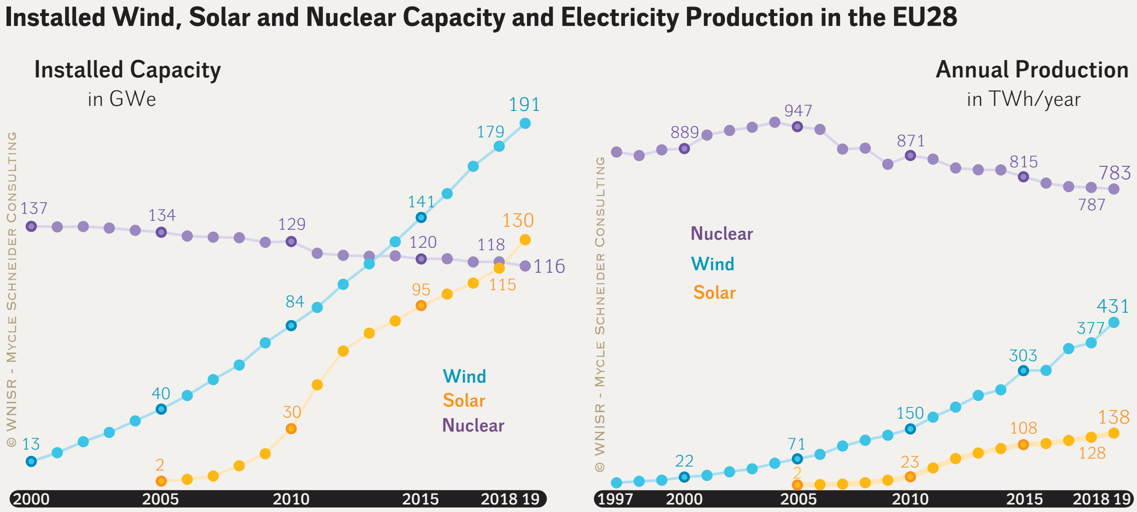
الصورة ٣٨ - القدرة الإنتاجية من طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة النووية وإنتاج الكهرباء في الاتحاد الأوروبي (التطوّرات).



المصادر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، الوكالة الدولية للطاقة المُتجدّدة، المراجعة الإحصائية الصادرة عن بريتش بيتروليوم ٢٠٢٠.

تجاوزت القدرة الإنتاجية من الطاقة الشمسية المُركّبة قدرة الطاقة النووية الإنتاجية في الاتحاد الأوروبي للمرّة الأولى في العام ٢٠١٩، وسجّلت ١٣٠ غيغاوات مقابل ١١٦ غيغاوات. فيما تجاوزت القدرة الإنتاجية من سرعة الرياح تلك من الطاقة النووية في العام ٢٠١٤، وتوسّعت الفجوة بينهما بنحو ١٩١ غيغاوات حتى نهاية العام ٢٠١٩. من ناحية إنتاج الكهرباء، لا تزال الطاقة النووية تنتج أكثر من طاقة الرياح أو الطاقة الشمسية، ولكن مع استمرار تراجعها البطيء (يمكن الاطلاع على الصورة ٣٩).

الصورة ٣٩ - القدرة الإنتاجية من طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة النووية وإنتاج الكهرباء في الاتحاد الأوروبي (أرقام مُطلقة)



المصادر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، الوكالة الدولية للطاقة المُتجدّدة، المراجعة الإحصائية الصادرة عن بريتش بيتروليوم ٢٠٢٠.

من المتوقّع أن يستمرّ النمو في إنتاج الكهرباء المُتجددة بما يتجاوز الأهداف المُحدّدة لعام ٢٠٢٠، لا سيّما بعدما التزم الاتحاد الأوروبي خلال التحضير لاجتماع الأمم المتّحدة للمناخ في باريس في كانون الأول/ ديسمبر ٢٠١٥، على إدخال ما لا يقل عن ٢٧٪ من مصادر الطاقة المُتجدّدة في مزيج الطاقة الأولية بحلول العام ٢٠٣٠، وهو ما يعني أن ٤٠-٥٠٪ من الطاقة سوف تأتي من مصادر الطاقة المُتجدّدة. مع ذلك، في حزيران/ يونيو ٢٠١٨، تم الاتفاق على هدف جديد يتمثل بإدخال ٣٢٪ من مصادر الطاقة المُتجددة في الطاقة الأولية بحلول العام ٢٠٣٠، مع وجود إمكانية لرفع هذا الهدف مجدّداً في العام ٢٠٢٣[٣٣٣]. بحلول العام ٢٠٥٠، يهدف الاتحاد الأوروبي إلى خفض انبعاثات الكربون بالكامل من نظام الكهرباء، وهو ما يتطلّب تسريع المعدّل الحالي لنشر الكهرباء المُتجدّدة، مع العلم أنه لا يوجد أي هدف أوروبي لنشر الطاقة النووية.

خلال العام ٢٠١٩، استمرّت تكاليف تركيب الطاقة المُتجدّدة الجديدة في الانخفاض في معظم البلدان. اختير ١٢ مشروعاً للطاقة الشمسية في فرنسا بقدرة إجمالية تبلغ ٩٤,٢ ميغاوات على أن تُبنى في محطّة Fessenheim للطاقة النووية في مقاطعة Haut-Rhin، والتي أغلقت في النصف الأول من العام ٢٠٢٠. أمّا التوزيع الذي جذب مناقصات بمتوسّط أسعار بلغ ٥٥,٨ - ٩٨,٥ يورو/ ميغاوات ساعة (٦٢-١١٠ دولار/ ميغاوات ساعة)، فقد أتى نتيجة الجولة الثانية من مخطّط Fessenheim، الذي يهدف إلى تركيب ٣٠٠ ميغاوات من الطاقة الشمسية في محيط الموقع النووي الذي سوف يتم إيقافه[٣٣٤]. إلى ذلك، بلغ متوسّط أسعار أحدث مناقصة أقيمت في ألمانيا لشراء الكهرباء المُنتجة من محطات طاقة الرياح المُركّبة على البرّ نحو ٦١,٤ يورو/ ميغاوات ساعة (٦٩ دولاراً/ ميغاوات ساعة)،

٣٣٣ – المفوضية الأوروبية، « Europe leads the global clean energy transition: Commission welcomes ambitious agreement on further renewable energy development in the EU»، بيان صحافي، ١٤ حزيران/ يونيو ٢٠١٨، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/STATEMENT_18_4155*، تم الدخول في ١٤ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٣٣٤ – صوفي فورات، « France solar auction success delivered at nuclear's expense»، Renew Economy، ٣ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://reneweconomy.com.au/france-solar-auction-success-delivered-at-nuclears-expense-59426/*، تم الدخول في ٦ نيسان/ أبريل ٢٠٢٠.

ونحو ٥٢,٧ يورو/ ميغاوات ساعة (٦٠ دولاراً/ ميغاوات ساعة) للطاقة الشمسية[٣٣٥]. أمّا بريطانيا فسوف تسلّم الجولة الثالثة من عقود الفرق الخاصّة بطاقة الرياح المركّبة في البرّ التي أبرمت في العام ٢٠١٩، بسعر يصل إلى ٣٩,٦٥ جنيهاً استرلينياً/ ميغاوات ساعة (٥٠ دولاراً/ ميغاوات ساعة)[٣٣٦].

قدّمت المفوّضية الأوروبية في العام ٢٠١٩ صفقة خضراء جديدة من أجل تلبية أهداف خفض الانبعاثات على المديين المتوسّط والطويل، وهو ما سوف يمكّن الاتحاد الأوروبي من التقدّم نحو اقتصاد بصفر انبعاثات مع الحفاظ على النمو الاقتصادي. في أعقاب الوباء العالمي، قام الاتحاد الأوروبي بمراجعة الأمر، ونشر في أيار/ مايو ٢٠٢٠ خطّة التعافي الأخضر التي تفترض أن احتياجات الاستثمار تصل إلى ١,٥ تريليون يورو على الأقل (نحو ١,١ تريليون دولار) في ٢٠٢٠-٢٠٢١. في الواقع، إن الاستثمار في القطاعات والتقنيات الرئيسية، من الجيل الخامس إلى الذكاء الاصطناعي، ومن الهيدروجين النظيف إلى الطاقات المُتجدّدة المُركّبة في البحر هي مفتاح مستقبل أوروبا[٣٣٧].

طوّرت المفوضية الأوروبية إطار عمل تصنيفي لتسهيل الاستثمار المُستدام. يشير النص الذي وافقت عليه المؤسّسات الأوروبية (البرلمان والمجلس الأوروبيين) إلى أن الطاقة المُتجدّدة هي نشاط اقتصادي يساهم في التخفيف من تغيّر المناخ من دون ذكر الطاقة النووية. إلى ذلك، طلب المنظّمون من فريق الخبراء التقنيين:

> وضع توصيات لمعايير الفرز الفنية للأنشطة الاقتصادية التي يمكن أن تقدّم مساهمة كبيرة في التخفيف من تغيّر المناخ أو التكيّف المناخي، مع تجنّب إلحاق ضرر كبير بالأهداف البيئية الأربعة الأخرى[٣٣٨].

وحول الطاقة النووية خلصت المجموعة إلى التالي:

> لم يكن من الممكن لفريق الخبراء التقنيين أو أعضائه أن يستنتجوا أن سلسلة قيمة الطاقة النووية لا تسبّب ضرراً كبيراً للأهداف البيئية الأخرى وفق المقاييس الزمنية الموضوعة. لذلك لم يوصِ فريق الخبراء التقنيين بإدراج الطاقة النووية في التصنيف في هذه المرحلة[٣٣٩].

وهو ما يُعدُّ تطوّراً مهماً، حيث صُمِّمت حزمة الحوافز لاستخدام أموال إضافية من الاتحاد الأوروبي والدول الأعضاء لإعادة بناء أجزاء من الاقتصاد مع تحقيق أهداف إزالة الكربون. سوف يؤدّي عدم إدراج الطاقة النووية في الإطار التمويلي بالترابط مع سياسة الدعم إلى زيادة الفجوة بين مصادر الطاقة المُتجددة والطاقة النووية، فيما سوف يؤدّي انتشارها المتزايد إلى إنتاج كهرباء أرخص من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.

٣٣٥ – «Latest German onshore auction lacks allure »، renew.BIZ، ٢٤ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://renews.biz/61205/latest-german-onshore-auction-lacks-allure/*، تم الدخول في ٥ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٣٣٦ – «UK offshore wind ‘cheaper than new nuclear’ »، reNEWS.BIZ، ٢٥ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://renews.biz/61228/uk-offshore-wind-cheaper-than-new-nuclear/*، تم الدخول في ٢٦ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٣٣٧ – المفوضية الأوروبية، «The EU budget powering the Recovery Plan for Europe »، ٢٧ أيار/ مايو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://ec.europa.eu/info/files/eu-budget-powering-recovery-plan-europe_en*، تم الدخول في ١٤ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٣٣٨ – مجلس الاتحاد الأوروبي، «Proposal for a Regulation of the European Parliament and the Council on the establishment of a framework to facilitate sustainable investment - Approval of the final compromise text»، ملف مشترك بين المؤسّسات ٢٠١٨/١٧٨٠ (COD)، ١٧ كانون الأول/ ديسمبر ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-14970-2019-ADD-1/en/pdf*، تم الدخول في ١٤ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٣٣٩ – المفوضية الأوروبية، «Technical annex to the TEG final report on the EU taxonomy »، ٩ آذار/ مارس ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://ec.europa.eu/info/files/200309-sustainable-finance-teg-final-report-taxonomy-annexes_en*، تم الدخول في ١٤ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

الهند

وفقاً لـ IRENA، زادت القدرة الإنتاجية للطاقة الشمسية من ٦٥ ميغاوات في العام ٢٠١٠ إلى ٣٥ غيغاوات في نهاية العام ٢٠١٩، بينما زادت القدرة الإنتاجية من طاقة الرياح من ١٣ غيغاوات إلى ٣٧,٥ غيغاوات[٣٤٠]. تبيّن الصورة ٤٠ أن إنتاج طاقة الرياح نما بسرعة منذ مطلع القرن من ١,٥ تيراوات ساعة إلى ٦٣,٣ تيراوات ساعة في العام ٢٠١٩[٣٤١]، وتجاوز مساهمة الطاقة النووية في إنتاج لكهرباء منذ العام ٢٠١٦، والتي تبلغ الآن نحو ٤٥,٢ تيراوات ساعة. تنمو الطاقة الشمسية أيضاً بسرعة، من ٧ ميغاوات في الساعة في العام ٢٠٠٠ إلى ٤٦,٣ تيراوات ساعة في العام ٢٠١٩ متجاوزة الطاقة النووية للمرّة الأولى. من المرجّح أن تزداد الاختلافات بين مصادر الطاقة المُتجدّدة والنووية في السنوات المقبلة بسبب النمو السريع للطاقة الشمسية وطاقة الرياح والركود في القطاع النووي.

وضعت الهند أهدافاً طموحة لنشر ١٧٥ غيغاوات من مصادر الطاقة المُتجدّدة بحلول العام ٢٠٢٢، بما في ذلك ١٠٠ غيغاوات من الطاقة الشمسية و٦٠ غيغاوات من الرياح. بين العامين ٢٠١٤ و٢٠١٨، تضاعف النموّ السنوي لقطاع الطاقة المُتجدّدة الجديدة نحو ١٠ أضعاف من ٢,٦ غيغاوات إلى ٢٨ غيغاوات - أي بمعدّل نمو تراكمي بلغ نحو ١٨٪[٣٤٢]. مع ذلك، تباطأ معدّل النمو الآن. في بداية السنة المالية ٢٠١٩-٢٠٢٠، وافقت وزارة الطاقة الجديدة والمُتجدّدة (MNRE) على إضافة ١١,٨ غيغاوات من القدرة الإنتاجية المُتجدّدة، وهو الهدف الأدنى منذ أربع سنوات، لكن مع ذلك فشلت في تحقيقه بسبب مستويات نشر الطاقة المُتجدّدة. خلال الفترة من نيسان/ أبريل ٢٠١٩ إلى آذار/ مارس ٢٠٢٠، تمكّنت الدولة من إضافة ٨,٧ غيغاوات من القدرة الإنتاجية من الطاقة المُتجدّدة وهو ما شكّل عجزاً بنسبة ٢٦٪[٣٤٣].

يأتي الفشل في تحقيق الأهداف على الرغم من انخفاض التكاليف. ذكرت IRENA أن تكاليف تركيب محطّات الطاقة الشمسية الكهروضوئية كانت الأدنى في الهند في كلّ من العامين ٢٠١٨ و٢٠١٩. انخفض متوسّط التكلفة الإجمالية العالمية للمشاريع التي تم تشغيلها في العام ٢٠١٩ إلى ٩٩٥ دولاراً/ كيلوات، في مقابل ٦١٨ دولاراً/ كيلوات في الهند وهي الكلفة الأدنى عالمياً. إلى ذلك انخفضت تكاليف الطاقة المستوية بين العامين ٢٠١٠ و٢٠١٩ في الهند بنسبة ٨٥٪ ليصل إلى ٤٥ دولاراً/ ميغاوات ساعة في ٢٠١٩ - أي أقل بنسبة ٣٤٪ من المتوسّط العالمي المرجّح وفقاً لأرقام الوكالة الدولية للطاقة المُتجدّدة (IRENA)[٣٤٤].

٣٤٠ – بريتيش بتروليوم، « Statistical Review of World Energy 2020: a pivotal moment»، بيان صحافي، ١٧ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.bp.com/en/global/corporate/news-and-insights/press-releases/bp-statistical-review-of-world-energy-2020-published.html*، تم الدخول في ٢٦ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٣٤١ – بريتيش بتروليوم، « Statistical Review of World Energy», 2020، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/xlsx/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-all-data.xlsx*، تم الدخول في ١٧ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

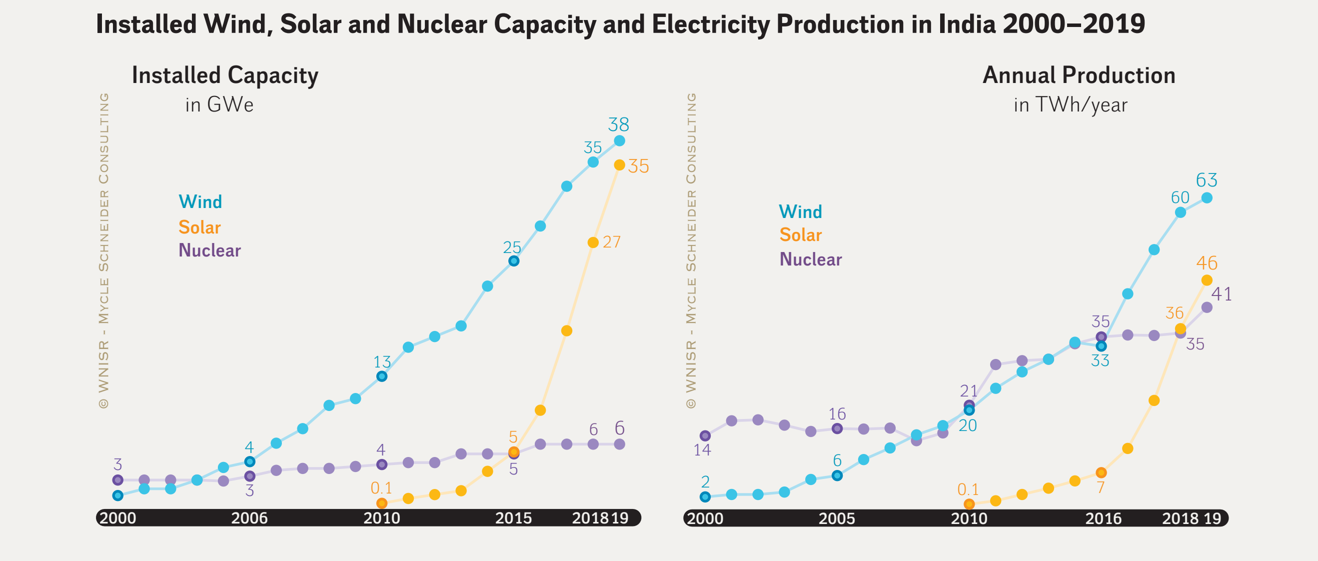
٣٤٢ – Economic Times of India, « India may find it difficult to meet 175 GW renewable energy capacity target by 2022, says think tank»، ١٢ شباط/ فبراير ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://economictimes.indiatimes.com/small-biz/productline/power-generation/india-may-find-it-difficult-to-meet-175-gw-renewable-energy-capacity-target-by-2022-says-think-tank/articleshow/74094698.cms?from=mdr*، تم الدخول في ١٤ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٣٤٣ – CleanTechnica, « India Misses Renewable Energy Targets In 4th Consecutive Year»، ٢٣ أيار/ مايو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://cleantechnica.com/2020/05/23/india-misses-renewable-energy-targets-in-fourth-consecutive-year/*، تم الدخول في ١٤ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٣٤٤ – IRENA, « Renewable Power Generation Costs in 2019»، حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2019*، تم الدخول في ١٣ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

في العام ٢٠١٩، بلغ متوسّط تكلفة الطاقة المستوية العالمي لطاقة الرياح المُركّبة في البرّ نحو ٥٣ دولاراً/ ميغاوات ساعة، ولكنه انخفض في الهند إلى ٤٩ دولاراً/ ميغاوات ساعة، وبات الآن أرخص من خيار الإنتاج من الوقود الأحفوري[٣٤٥]. الجدير بالذكر أن مناقصات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح سمحت بالكشف عن الحدّ الأقصى للأسعار، وهو ما يتناقض مع القطاع النووي حيث المعلومات قليلة. مع ذلك، تشير إحدى التحليلات الأكاديمية إلى أن تكاليف مفاعلات الماء الخفيفة تبلغ نحو ١٤٠ دولاراً/ ميغاوات ساعة تبعاً لاستراتيجية إدارة النفايات[٣٤٦].

الصورة ٤٠ - القدرة الإنتاجية لطاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة النووية وإنتاج الكهرباء في الهند



المصادر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، الوكالة الدولية للطاقة المُتجدّدة، المراجعة الإحصائية الصادرة عن بريتش بيتروليوم ٢٠٢٠.

الولايات المتحدة

على الرغم من تعهّدات إدارة ترامب بدعم قطاعي الفحم والنووي، لم يزدهر أي منهما بل على العكس تراجعا. في العام ٢٠١٩، انخفض استهلاك الفحم للعام السادس على التوالي إلى ١١,٣ كوادريليون BTU، وهو أدنى مستوى منذ العام ١٩٦٤. أيضاً انخفض إنتاج الكهرباء من الفحم بشكل كبير خلال العقد الماضي، ووصل في العام ٢٠١٩ إلى أدنى مستوياته منذ ٤٢ عاماً. في نيسان/ أبريل ٢٠١٩، وللمرّة الأولى منذ ما قبل العام ١٨٨٥، قام قطاع الطاقة المُتجدّدة (الطاقة المائية والكتلة الحيوية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة الحرارية الأرضية) بإنتاج كهرباء أكثر من المحطات التي تعمل على الفحم في جميع أنحاء الولايات المتحدة[٣٤٧]. في العام ٢٠١٩، تم تركيب ٢٣ غيغاوات من الطاقة الإنتاجية الجديدة، من ضمنها ٩,١ غيغاوات من

٣٤٥ – المرجع نفسه

٣٤٦ – أنوب سينغ وآخرون، «Levelised Cost of Electricity for Nuclear Power Using Light Water Reactor Technology in India»، Economic and Political Weekly، ١٠ آذار/ مارس ٢٠١٨.

٣٤٧ – ميكي فرانسيس، «U.S. renewable energy consumption surpasses coal for the first time in over 130 years»، Today in Energy, U.S. EIA، ٢٨ أيار/ مايو ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=43895*، تم الدخول في ٤ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

الرياح، و٨,٣ غيغاوات من الغاز الطبيعي، و٥,٣ غيغاوات من الطاقة الشمسية الكهروضوئية[٣٤٨]. كذلك تجاوزت طاقة الرياح المُركّبة القدرة النووية المُركّبة للمرّة الأولى، ووصلت إلى ١٠٤ غيغاوات مقابل ٩٨ غيغاوات (يمكن الاطلاع على الصورة ٤١).

لم يتم إدخال أي قدرة إنتاجية جديدة من الطاقة النووية خلال السنوات الأربع الماضية وتم إغلاق مفاعل واحد (Three-Mile-Island-1) في أيلول/ سبتمبر ٢٠١٩، مع ذلك نجحت الصناعة النووية في إنتاج حجم قياسي جديد من الكهرباء عبر إمداد نحو ٨٠٩ تيراوات ساعة، وهو ما يشكّل أقل من ٢٠٪ من الكهرباء في جميع أنحاء الولايات المتحدة. في الواقع، هناك ٣٠ دولة لديها محطّات طاقة نووية عاملة، ومن ضمنها ١٢ دولة تنتج أكثر من ٣٠٪ من طاقتها في هذه المفاعلات.

مع استمرار نشر الطاقة الشمسية وطاقة الرياح على نطاق واسع، تستمر تكاليف تركيبها في الانخفاض، وكذلك تكلفة الكهرباء التي تنتجها. وبالتالي، فإن الوقود والصيانة والتكاليف المستقبلية الأخرى للطاقة التي تعمل على الفحم في العديد من المحطّات القائمة أصبحت الآن أكثر تكلفة من التكاليف الإجمالية لمشاريع طاقة الرياح أو الطاقة الشمسية الجديدة. توصّلت شركة Energy Innovation التي دخلت في شراكة مع أبحاث شركة Vibrant Clean Energy إلى أن ٢١١ غيغاوات من القدرة الإنتاجية على الفحم (في نهاية العام ٢٠١٧) في الولايات المتحدة، أو ٧٤٪ من الأسطول الوطني، كانت في العام ٢٠١٨ مُعرّضة لمخاطر خصوصاً أن الرياح المحلّية أو الطاقة الشمسية قادرة على تأمين الكمية نفسها من الكهرباء وبسعر أرخص. بحلول العام ٢٠٢٥، ارتفعت القدرة الإنتاجية من الفحم المُعرّضة للخطر إلى ٢٤٦ غيغاوات، أي ما يشكّل مجمل أسطول الولايات المتحدة تقريباً[٣٤٩]. إلى ذلك توقّع معهد اقتصاديات الطاقة والتحليل المالي (IEEFA) في تشرين الثاني/ نوفمبر ٢٠١٩ أن تتفوّق مصادر الطاقة المُتجدّدة بالكامل على إنتاج الطاقة من الفحم في العام ٢٠٢١. وبحلول آذار/ مارس ٢٠٢٠، افترضوا أن «الانتقال يحصل بسرعة مع التخلّي عن إنتاج الكهرباء من الفحم والتحوّل إلى الغاز والطاقة المُتجدّدة». وافترضوا كذلك أن مساهمة مصادر الطاقة المُتجدّدة في إنتاج الكهرباء، باستثناء الطاقة الشمسية الموزّعة، سوف تتجاوز مساهمة الطاقة النووية بحلول العام ٢٠٢٤[٣٥٠].

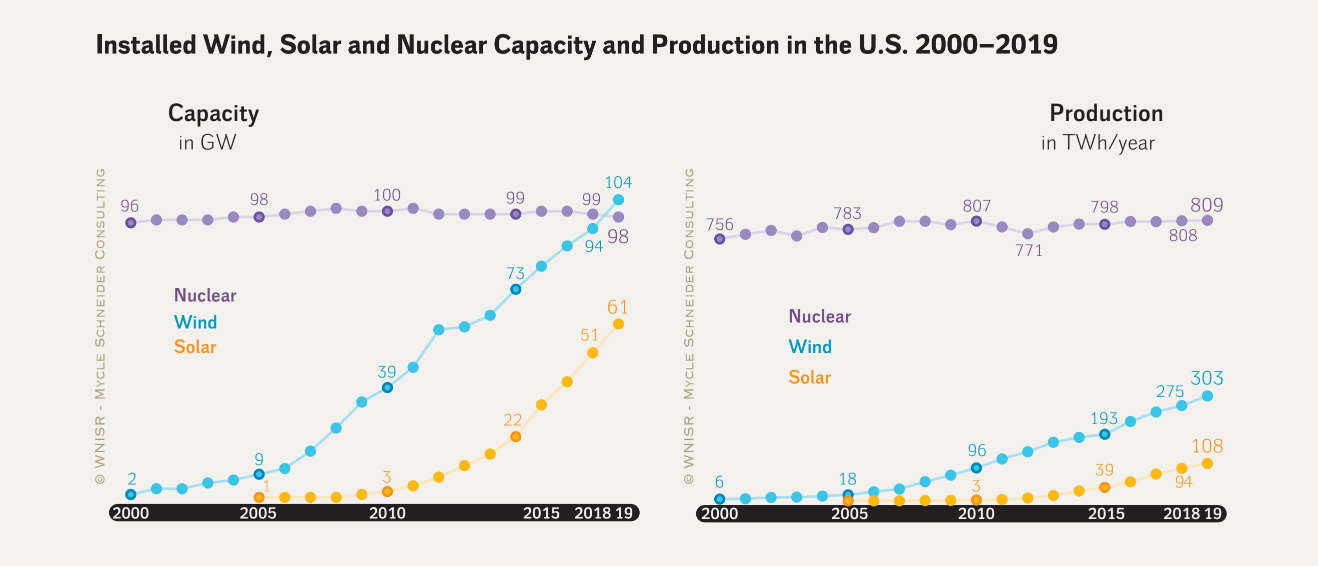
على الرغم من دعم البيت الأبيض، لم تزدهر الطاقة النووية والفحم في ظل رئاسة ترامب، ويعود ذلك بشكل أساسي إلى دعم الدولة لمصادر الطاقة المُتجدّدة والاقتصاد الأساسي. تستمرّ تكاليف مصادر الطاقة المُتجدّدة في الانخفاض في جميع أنحاء الولايات المتحدة، وفقاً لتقييم لازارد (يمكن الاطلاع على الصورة ٣٠)، وقد باتت أرخص بكثير من الإنشاءات النووية الجديدة.

٣٤٨ – مانوساوي سوكونتا، « Wind and natural gas-fired generators led U.S. power sector capacity additions in 2019»، U.S. EIA، نيسان/ أبريل ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=43415*، تم الدخول في ٤ حزيران/ يونيو ٢٠٢٠.

٣٤٩ – إريك غيمون، كريستوفر تي إم كلاك وسارة ماك كي، « The coal cost crossover: economic viability of existing coal compared to new local wind and solar resources»، Energy Innovation and Vibrant Clean Energy، آذار/ مارس ٢٠١٩.

٣٥٠ – دينيس ورمستيد، سيث فيستر وكارل كايتس، « U.S. Coal Outlook 2020: Market Trends Pushing Industry Ever Closer to a Reckoning»، IEEFA، معهد اقتصادات الطاقة والتحليل المالي، آذار/ مارس ٢٠٢٠، التفاصيل عبر الرابط التالي: *https://ieefa.org/wp-content/uploads/2020/03/US-Coal-Outlook-2020_March-2020.pdf*، ٥ تموز/ يوليو ٢٠٢٠.

الصورة ٤١ - القدرة الإنتاجية من طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة النووية وإنتاج الكهرباء في الولايات المتحدة



المصادر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، الوكالة الدولية للطاقة المُتجدّدة، المراجعة الإحصائية الصادرة عن بريتش بيتروليوم ٢٠٢٠.

خلاصة حول الطاقة النووية مقابل انتشار الطاقة المُتجدّدة

في حزيران/ يونيو ٢٠٢٠، طرحت الوكالة الدولية للطاقة خطّة للانتعاش المُستدام لثلاث سنوات، «تركّز على تدابير حول فعالية التكلفة يمكن تنفيذها خلال الإطار الزمني المُحدّد بين ٢٠٢١ و٢٠٢٣»[٣٥١]، وتنطوي على ثلاثة أهداف رئيسية وهي: تعزيز النمو الاقتصادي، وخلق فرص العمل، وبناء أنظمة طاقة أنظف وأكثر مرونة. إلى ذلك، طرح الاقتراح الخاصّ بقطاع الطاقة إعطاء الأولوية للاستثمار في الطاقة المُتجدّدة وتعزيز الشبكة. من هنا، يمكن وضع مجموعة من التدابير لدعم توسيع وتحديث شبكات الكهرباء وتسريع تركيب منشآت طاقة الرياح والطاقة الشمسية وإعادة تشغيل المنشآت الموجودة.

أمّا بالنسبة لجميع مصادر الطاقة الأخرى، بما في ذلك الطاقة النووية، فقد اقترحت وكالة الطاقة الدولية صيانتها أو إدارتها. وقد كانت الرسالة واضحة: الأولوية هي للطاقة المُتجدّدة، وذلك لأسباب اقتصادية توظيفية متعلّقة بالاستدامة.

في الواقع، إذا أقرّت استنتاجات وكالة الطاقة الدولية - التي ذكرت في هذا الفصل - فسوف تسرّع اتجاهاً ساد طوال العقد الماضي، على الأقل، في حين تظهر الطاقة النووية بشكل متزايد كتقنية قديمة، وغير متوافقة، ومكلفة، ولا يمكنها أن تنافس داخل قطاع الطاقة منزوع الكربون مع مجموعة من مصادر الطاقة المُتجددة الأرخص ثمناً.

٣٥١ – وكالة الطاقة الدولية، «Sustainable Recovery - World Energy Outlook Special Report».

الملحق ١ – وضع الطاقة النووية في العالم

الجدول ٩ – وضع الطاقة النووية في العالم (وفقاً للإحصاءات المتوافرة في الأول من تموز/ يوليو ٢٠٢٠)

Country	Nuclear Fleet					Power		Energy	
	Operating		LTO	Mean Age[a]	Under Construction	Share of Electricity[b]		Share of Commercial Primary Energy[c]	
	Units	Capacity (MW)	Units	Years	Units				
Argentina	3	1 633		29.8	1	5.9%	(+)	2.2%	(=)
Armenia	1	375		40.5		27.8%	(+)		
Bangladesh	-	-		-	2				
Belarus	-	-		-	2				
Belgium	7	5 920		40.3		47.6%	(+)	14.4%	(+)
Brazil	2	1 884		29.1		2.7%	(=)	1.2%	(=)
Bulgaria	2	2 006		30.8		37.5%	(+)	19.8%	(+)
Canada	19	13 554		37		14.9%	(=)	6.3%	(=)
China	47	45 498	1	8.2	15	4.9%	(=)	2.2%	(=)
Czech Republic	6	3 932		29		35.2%	(=)	15.8%	(=)
Finland	4	2 784		41.3	1	34.7%	(+)	18.6%	(=)
France	56	61 370		35.1	1	70.6%	(–)	36.8%	(=)
Germany	6	8 113		33.5		12.4%	(=)	5.1%	(=)
Hungary	4	1 902		35.0		49.2%	(–)	14.6%	(=)
India	20	5 960	1	23.3/22.6	7	3.2%	(=)	1.2%	(=)
Iran	1	915		7.8		1.8%	(=)	0.5%	(=)
Japan	9	8 706	24	29.4/30.9	1	7.5%	(+)	3.1%	(=)
Mexico	2	1 552		28.4		4.5%	(=)	1.3%	(=)
Netherlands	1	482		47,0		3.2%	(=)	1%	(=)
Pakistan	5	1 318		16.9	2	6.6%	(=)	2.4%	(=)
Romania	2	1 300		18.5		18.5%	(+)	7.3%	(=)
Russia	38	28 437		28.5	3	19.7%	(+)	6.3%	(=)
Slovakia	4	1 814		28.3	2	53.9%	(–)	21%	(=)
Slovenia	1	688		38.7		37%	(+)	18.5%	(=)
South Africa	2	1 860		35.6		6.7%	(+)	2.3%	(=)
South Korea	22	21 216	2	21.1/20.6	4	26.2%	(+)	10.5%	(+)
Spain	7	7 121		35.4		21.4%	(=)	9.1%	(=)
Sweden	7	7 740		35.4		34%	(–)	26.7%	(–)
Switzerland	4	2 960		44.3		35.2%	(=)	18.2%	(–)

Country	Nuclear Fleet					Power		Energy	
	Operating		LTO	Mean Age[a]	Under Construction	Share of Electricity[b]		Share of Commercial Primary Energy[c]	
	Units	Capacity (MW)	Units	Years	Units				
Taiwan	4	3 844		37.1		13.4%	(+)	6%	(+)
Turkey	-	-		-	2				
UAE	-	-		-	4				
UK	12	7 343	3	36.4/35.8	1	15.6%	(–)	6.4%	(=)
Ukraine	15	13 107		31.4		53.9%	(=)	21.7%	(=)
USA	95	97 154		39.8	2	19.7%	(=)	8%	(=)
EU27	107	105 182		35.1	4				
EU28					5	25.6%[c]	(=)	10.7%	(=)
World	408	362 506	31	30.6	52	10.3%[c]	(=)	4.3%	(=)

المصادر: تقرير وضع الصناعة النووية العالمية، الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، المراجعة الإحصائية الصادرة عن بريتش بيتروليوم ٢٠٢٠.

أ - بما في ذلك المفاعلات في حالة الانقطاع الطويل الأمد/ من دون المفاعلات في حالة الانقطاع الطويل الأمد (عند الاختلاف)

ب - من الوكالة الدولية للطاقة الذرية – نظام المعلومات عن مفاعلات الطاقة، "الحصة النووية من إنتاج الكهرباء في العام ٢٠١٩»، وفقاً للإحصاءات المُسجّل في ٨ آب/ أغسطس ٢٠٢٠ - باستثناء سويسرا، يمكن الاطلاع على «Schweizerische SFOE Elektrizitätsstatistik 2019»، المكتب الفدرالي السويسري للطاقة، حزيران/ يونيو ٢٠١٩ (في الألمانية / الفرنسية).

ج - من بريتيش بتروليوم، «المراجعة الإحصائية للطاقة العالمية»، ٢٠٢٠.

الملحق ٢ – عن المؤلّفين

مايكل شنايدر؛ محلّل دولي مستقلّ في مجال الطاقة والسياسة النووية مقيم في باريس. المؤلّف الرئيسي والناشر لتقارير وضع الصناعة النووية العالمية (WNISR). عضو مؤسّس في المجلس الاستشاري الدولي للطاقة (IEAC) ويعمل منسقاً للمجلس الاستشاري الدولي للطاقة في سيول (SIEAC). عضو في الفريق الدولي المعني بالمواد الانشطارية (IPFM) في جامعة برينستون في الولايات المتحدة والمجموعة الدولية لتقييم المخاطر النووية (INRAG). قدّم العديد من المعلومات والخدمات الاستشارية إلى وزير الطاقة البلجيكي، ووزارتي البيئة الفرنسية والألمانية، والوكالة الأميركية للتنمية الدولية، والوكالة الدولية للطاقة الذرية، والمفوضية الأوروبية، والمعهد الفرنسي للسلامة النووية والحماية من الإشعاعات. قدّم شنايدر الأدلة وعقد جلسات إحاطة في البرلمانات الوطنية في ١٥ بلد وفي البرلمان الأوروبي. ألقى محاضرات في أكثر من ٢٠ جامعة وكلية هندسة حول العالم. حصل في العام ١٩٩٧ مع الياباني جينزابورو تاكاجي على جائزة Right livelihood، المعروفة أيضًا باسم «جائزة نوبل البديلة".

أنطوني فروغات؛ انضمّ إلى Chatham House في العام ٢٠٠٧، وهو زميل باحث رئيس في قسم الطاقة والبيئة والموارد. درس الطاقة والسياسة البيئية في جامعة وستمنستر (Westminster) ووحدة أبحاث السياسة العلمية في جامعة ساسكس (Sussex)، وهو حاليًا عضو مشارك في مجموعة سياسة الطاقة في جامعة إكستر (Exeter). شارك لأكثر من ٢٠ عامًا في نشر تقرير وضع الصناعة النووية العالمية. في Chatham House، يتخصّص في سياسة الكهرباء العالمية والفهم العام لتغيّر المناخ. عمل مستشاراً مستقلاً لنحو عقدين من الزمن مع مجموعات بيئية وأكاديميين وهيئات عامّة في أوروبا وآسيا، بالإضافة إلى عمله كصحافي مستقلّ، ويُعدُّ «فهم الآثار المترتبة عن خروج بريطانيا من الاتحاد الأوروبي على سياسة الطاقة والمناخ» من أجد مشاريعه البحثية.

جولي هازمان؛ مقيمة في العاصمة الفرنسية باريس. تدير خدمة EnerWebWatch التي أطلقت في العام ٢٠٠٤ لمراقبة عمليات التوثيق الدولية المتخصّصة في قضايا الطاقة والمناخ. باعتبارها مهندسة معلوماتية وباحثة، اهتمّت منذ العام ١٩٩٢ بالمحافظة على قاعدة بيانات المفاعلات النووية العالمية، وبعملية نمذجة البيانات وعرضها صورياً في تقرير وضع الصناعة النووية العالمية. ناشطة في إدارة مشاريع المعلوماتية والتوثيق، تهتم بهيكلة المعلومات وتنظيمها وتطوير منتجات إلكترونية عنها. تتولى أيضاً أنشطة الترجمة والبحث المتخصّصة لمشاريع محدّدة. وهي عضو في négaWatt (فرنسا)، وتطوّر EnerWebWatch ضمن إطار Coopanae Coop.

فرانك ن. فون هيبل؛ باحث رئيسي في الفيزياء وأستاذ فخري في الشؤون العامّة والدولية في برنامج جامعة برينستون للعلوم والأمن العالمي، الذي شارك في تأسيسه. شارك في تأسيس وترأس الفريق الدولي المعني بالمواد الانشطارية (IFPM)، وشغل منصب مدير مساعد الأمن القومي في مكتب البيت الأبيض لسياسات العلوم والتكنولوجيا خلال العامين ١٩٩٣-١٩٩٤. عمل على قضايا السلامة النووية والحدّ من انتشار النووي منذ العام ١٩٧٤، حين نظّم دراسة الجمعية الفيزيائية الأميركية (APS) حول سلامة مفاعلات الماء الخفيف. قدّم الاستشارات لإدارة كارتر حول قرار إنهاء برنامج المفاعلات المولّدة للبلوتونيوم الأميركي، ولإدارة كلينتون حول إنهاء التجارب النووية، ومستشاري الرئيس غورباتشوف للحدّ من التسلّح حول إنهاء سباق التسلّح النووي بين الاتحاد السوفياتي والولايات المتحدة. حصل على العديد من الجوائز، ومن ضمنها «genius» من مؤسّسة MacArthur في العام ١٩٩٣، وجائزة APS Leo Szilard لقيادته وعمله المتميّز في استخدام الفيزياء لإلقاء الضوء على السياسة العامة في مجالات مراقبة والحدّ من انتشار الأسلحة النووية والطاقة النووية وكفاءة الطاقة.

جانغمين كانغ؛ مستشار مستقلّ وممثل كوريا الجنوبية في الفريق الدولي المعني بالمواد الانشطارية (IPFM). ترأس لجنة الأمن والسلامة النووية في كوريا الجنوبية في العام ٢٠١٨. هو زميل باحث رئيسي في البرنامج النووي في مجلس الدفاع عن الموارد الطبيعية (NRDC) بين العامين ٢٠١٥-٢٠١٧. كذلك كان أستاذًا زائرًا في المعهد الكوري المتقدّم للعلوم والتكنولوجيا

(KAIST) في دايجون - كوريا الجنوبية. حائز على دكتوراه في الهندسة النووية من جامعة طوكيو في اليابان، وأكمل درجتي البكالوريوس والماجستير في قسم الهندسة النووية في جامعة سيول الوطنية في كوريا الجنوبية. شغل الدكتور كانغ مناصب سابقة في برنامج العلوم والأمن العالمي في جامعة برينستون، ومركز الأمن والتعاون الدوليين (CISAC)، وجامعة ستانفورد، وكلية الدراسات الدولية المتقدّمة (SAIS)، وجامعة جونز هوبكنز، وكلّها في الولايات المتحدة.

علي أحمد؛ زميل باحث في مشروع كلية هارفارد لإدارة الذرة وبرنامج الأمن الدولي (ISP). تتمحور اهتماماته البحثية حول أمن الطاقة والمرونة، والاقتصاد السياسي للطاقة النووية في أسواق الوافدين الجُدد، مع التركيز على الشرق الأوسط. قبل انضمامه إلى MTA، شغل علي منصب برنامج الأمن وسياسة الطاقة في الجامعة الأميركية في بيروت بين العامين ٢٠١٣ و٢٠١٦. وكان زميلًا في مرحلة ما بعد الدكتوراه في برنامج العلوم والأمن العالمي في جامعة برينستون حيث عمل على إعلام الدبلوماسية النووية مع إيران. ومن خارج المجال الأكاديمي، يعمل علي مستشاراً رئيسياً في البنك الدولي حول الممارسات العالمية للطاقة والصناعات الاستخراجية. وهو حائز على إجازة في الفيزياء من الجامعة اللبنانية، ودكتوراه في الهندسة من جامعة كامبريدج.

تاداهيرو كاتسوتا؛ حائز على دكتوراه في فيزياء البلازما من جامعة هيروشيما (١٩٩٧). يعمل حاليًا أستاذًا في جامعة ميجي، في طوكيو - اليابان. خلال العامين ٢٠١٤ و٢٠١٥ كان زميلًا زائرًا في برنامج العلوم والأمن العالمي (PSGS) في جامعة برينستون في الولايات المتحدة. وهو يُجري أبحاثًا حول قضايا إدارة الوقود المستهلك في اليابان، ويدرس أيضاً حادثه محطّة فوكوشيما دايتشي للطاقة النووية، ويتبع معايير التنظيم الجديدة مع التركيز على الجوانب الفنية والسياسية. عُيِّن من قبل هيئة التنظيمية النووي اليابانية (NRA) كعضو في فرق دراسة المتطلبات التنظيمية الجديدة لمفاعلات الطاقة النووية التجارية، ومنشآت الوقود النووي، ومفاعلات الأبحاث، ومنشآت التخزين/ والتخلّص من النفايات النووية. خلال العامين ٢٠٠٨ و٢٠٠٩، أجرى بحثًا حول أنظمة دورة الوقود النووي متعددة الأطراف كزميل زائر في PSGS. وخلال العامين ٢٠٠٦ و٢٠٠٨، أجرى بحثًا في جامعة طوكيو حول قضايا البلوتونيوم المنفصل المرتبط بمحطة Rokkasho لإعادة المعالجة. خلال العامين ١٩٩٩ و٢٠٠٥، عمل باحثاً في مركز المواطنين للمعلومات النووية (CNIC) في طوكيو.

م. ف. رامانا؛ رئيس Simons لنزع السلاح والأمن العالمي والإنساني، ومدير معهد LIU للقضايا العالمية في كلية السياسات العامة والشؤون العالمية في جامعة كولومبيا البريطانية في فانكوفر - كندا. خلال العامين ٢٠٢٠ و٢٠٢١، ينتثل إلى معهد بيتر وول للدراسات المتقدّمة كباحث. حائز على دكتوراه في الفيزياء النظرية من جامعة بوسطن. رامانا هو مؤلف كتاب «The Power of Promise: Ezamining Nuclear Energy in India» (Penguin Books 2012)، وشارك في كتابة مشارك في «Prisoners of the Nuclear Dream» (Orient Longman 2003). أيضاً، هو عضو في الفريق الدولي المعني بالمواد الانشطارية (IFPM) والمجموعة الدولية لتقييم المخاطر النووية (INRAG) ومجموعة Pugwash الكندية. حائز على زمالة Guggenheim وجائزة Leo Szilard من المجتمع الفيزيائي الأميركي.

بن ويلر؛ باحث مشارك في مجموعة العمل حول سياسات الاقتصاد والبنية التحتية (WIP) في جامعة برلين للتكنولوجيا (TU Berlin)، وباحث زائر في DIW في برلين (المعهد الألماني للبحوث الاقتصادية). حائز على ماجستير في الهندسة الصناعية فرع إدارة الطاقة والموارد من جامعة برلين التقنية. يتمحور مجال بحثه حول اقتصاديات الطاقة النووية مع التركيز على النماذج التنظيمية لإيقاف تشغيل محطات الطاقة النووية وإدارة النفايات المشعّة، واقتصاديات بناء محطّة طاقة نووية جديدة، وقضايا الاستخدام المزدوج للطاقة النووية. هو أحد الأعضاء المؤسّسين لمشروع بحثي حول الطاقة النووية في ألمانيا وأوروبا وفي الخارج، ويديره بالاشتراك مع DIW Berling TU Berlin، فضلاً عن أنه شارك في كتابة المسح الألماني الأول المستقل لرصد وقف تشغيل المحطّات النووية.

LEAD AUTHORS' CONTACT INFORMATION

Mycle Schneider
45, Allée des Deux Cèdres 91210 Draveil (Paris) France
Phone: +33-1-69 83 23 79
Email: mycle@WorldNuclearReport.org

Antony Froggatt
53a Neville Road London N16 8SW United Kingdom
Phone: +44-79 68 80 52 99
Email: antony@froggatt.net

معهد عصام فارس للسياسات العامة والشؤون الدولية
الجامعة الأميركية في بيروت

صندوق البريد ١١-٠٢٣٦ ، رياض الصلح / بيروت ٢٠٢٠ ١١٠٧ لبنان
+٩٦١-١-٣٥٠٠٠٠ الخط الداخلي: ٤١٥٠
+٩٦١-١-٧٣٧٦٢٧
ifi.comms@aub.edu.lb
www.aub.edu.lb/ifi
aub.ifi
@ifi_aub