

بقلم ديدييه لوفيا وفيل متكالف

إقفال الدورة

تم تطوير عدد من الخيارات للتخلص من النفايات الضعيفة الإشعاع كما تلوح آفاق مشرقة على صعيد التخلص الجيولوجي من النفايات المشعة في العديد من الدول الأعضاء.

وتم الإقرار منذ وقت طويل بأهمية التصرف الآمن في النفايات المشعة حفاظاً على سلامة الأشخاص والبيئة على حد سواء، وتم اكتساب خبرات هائلة على صعيد تحديد الأهداف المنشودة في مجال الأمان النووي ووضع معايير للسلامة وتطوير التكنولوجيا والآليات التي تتيح إيضاح أمان التخلص من النفايات. وفي حين أحرزت الدول الأعضاء في الوكالة تقدماً بارزاً على صعيد التصرف الآمن بنفاياتها المشعة، فلا بد من بذل المزيد من الجهود في عدد من البلدان لوضع استراتيجيات

تعتبر إدارة الوقود المستهلك والنفايات المشعة من المهام الصعبة للغاية التي تواجه البلدان الحائزة على الطاقة النووية وتلك التي قامت بتطويرها مؤخراً ومبعثاً رئيسياً على القلق لدى السكان. وتبرز هذه المسألة بصفة خاصة بالنظر إلى أن مدة حياة برامج الطاقة النووية قد تبلغ ١٠٠ عام أو أكثر وإلى أن الحاجة إلى التصرف الآمن بالوقود المستهلك والنفايات المشعة تستمر إلى ما بعد هذه الفترة بكثير.

عبوات تحوي نفايات مشعة صورية في مركز روكاشو-مورا للزوار في اليابان تبين كيفية تعبئة وتخزين النفايات المشعة. (الصورة: ك. هانسن/ الوكالة).

مبدئياً من سلسلة من الحواجز الصناعية والطبيعية المصممة بهدف عزل النفايات عن المحيط الحيوي واحتواء مكوناتها المشعة من أجل القضاء على خطر تعريض الأشخاص والبيئة للإشعاعات النووية. ويعتبر تخزين النفايات الضعيفة الإشعاع والتخلص منها من الممارسات الراسخة حول العالم وثمة ما يربو على مائة مرفق للتخلص من هذه النفايات، كما أن تخزين الوقود النووي المستهلك والنفايات القوية الإشعاع هما أيضاً من الممارسات الراسخة. ويجري العمل منذ ما يقارب ثلاثة عقود على تطوير مرافق للتخلص من الوقود النووي المستهلك ومن النفايات القوية الإشعاع وقد بدأت هذه الجهود تعطي ثمارها للتو. واخترنا فيما يلي عرض الخيار المتمثل في

وطنية ولتعزيز البنى الأساسية الوطنية الضرورية لتطبيق هذه الاستراتيجيات.

نظام عالمي للأمان النووي

ثمة إقرار عالمي بأهمية التصرف الآمن في النفايات المشعة بالنظر إلى الطبيعة العالمية للصناعة النووية ولأن الأطر الزمنية الطويلة التي تنطوي عليها عمليات التصرف تقلص من أهمية الحدود الدولية. وتزداد أهمية هذا الإقرار مع تزايد استخدام الطاقة النووية. وكفالة التصرف الآمن في النفايات المشعة، وضع المجتمع الدولي والتزم بنظام عالمي للأمان النووي يتألف من عدة عناصر تشمل الاتفاقية المشتركة بشأن أمان التصرف في الوقود المستهلك وأمان التصرف في النفايات المشعة، ومعايير الأمان النووي الدولية. وتكفل هذا النظام الدولي مجموعة من الأطر الوطنية القانونية والتنظيمية.

الجرد العالمي للنفايات المشعة

تشير أرقام الجرد العالمي للنفايات المشعة التي تم التصرف بها حتى الآن، بما فيها الكميات التراكمية التي تم التخلص منها، إلى أنه قد تم التصرف بنحو واحد وأربعين مليون متر مكعب من النفايات الضعيفة والمتوسطة الإشعاع، ومائتي ألف طن متري (معدن ثقيل) من الوقود النووي المستهلك، وأربعمائة ألف متر مكعب من النفايات القوية الإشعاع وملياري متر مكعب من المخلفات المتأصلة عن دورة إنتاج اليورانيوم وذلك منذ أن بدأ استغلال الطاقة النووية في الأربعينات من القرن العشرين. وتجدر الإشارة إلى أن السواد الأعظم من النفايات القوية الإشعاع (نحو ٨٩٪) قد خلفته أنشطة تمت إبان الحرب الباردة لتطوير الأسلحة في الولايات المتحدة والإتحاد السوفييتي سابقاً وإلى أن معظم هذه الكمية هي في حالة سائلة ولم تخضع للمعالجة. ويبلغ متوسط معدل التخلص السنوي العالمي من مختلف أصناف النفايات النووية مجتمعة قرابة ثلاثة ملايين متر مكعب سنوياً، معظمها من النفايات الضعيفة الإشعاع أو ذات الإشعاع المتدني جداً. ويعتبر التراكم السنوي للنفايات القوية الإشعاع ثابتاً نسبياً، إذ يبلغ متوسط معدل التراكم هذا نحو ثمانمائة وخمسين متراً مكعباً سنوياً في العالم (استناداً إلى متوسط حجم النفايات القوية الإشعاع التي يخلفها كل طن متري من الوقود المستهلك الذي تعاد معالجته). وتشكل النفايات الضعيفة والمتوسطة والقوية الإشعاع أصنافاً مختلفة من النفايات التي تحتاج، بحسب قوة إشعاعها، إلى مستويات متفاوتة من الاحتواء والعزل عن كل من الإنسان والبيئة.

خيارات للتخلص من النفايات المشعة

تم التصرف في النفايات المشعة حتى الآن باستخدام طائفة من الطرق المختلفة. إذ يتم تخزين بعض هذه النفايات في مجموعة متنوعة من المرافق المعدة لتخزينها بانتظار اتخاذ قرارات بشأن التخلص منها نهائياً، في حين يتم تخزين بعضها الآخر بانتظار إقامة مرافق للتخلص النهائي منها، بينما أُحيل البعض الآخر إلى مرافق التخلص النهائي. وثمة أنواع مختلفة من المرافق المعدة للتخلص من النفايات، إلا أن جميع هذه المرافق تتكون



التخلص من النفايات في الطبقات الجيولوجية العميقة (طبقات صخرية ذات تكوين معين)، ورغم أن هذا الخيار قد بلغ مرحلة متطورة من التطوير التصميمي، إلا أنه لم يطبق بعد.

التخلص الجيولوجي من النفايات القوية الإشعاع

يعكف عدد من البلدان على تنفيذ مشاريع لتطوير مرافق للتخلص الجيولوجي من النفايات القوية الإشعاع ومن الوقود النووي المستهلك. وركزت نسبة كبيرة من الأنشطة المنفذة حتى الآن على تحري مدى ملائمة شتى الطبقات الجيولوجية المستضيفة وعلى التصميم الخاصة بمرافق التخلص من النفايات وعلى نيل تقبل المجتمعات المعنية. وأحرز تقدم فيما يتصل بهذه النواحي التكنولوجية والاجتماعية السياسية كما تم أيضاً استقاء العديد من الدروس في هذا الصدد، ولا سيما الحاجة إلى إجراء تحريات علمية تقوم على أساس متين وإجراء حوار منفتح وشفاف بين جميع الأطراف المعنية.

البحث عن طرق لكفالة

أمان النفايات المشعة.

يتم على مدار السنة

استخدام مختبر غريمزل

الصخري الذي بني

تحت الأرض في جبال

الألب السويسرية

لتحري طرق التخلص

الآمن من النفايات

القوية الإشعاع. ويبدو

في هذه الصورة نفق

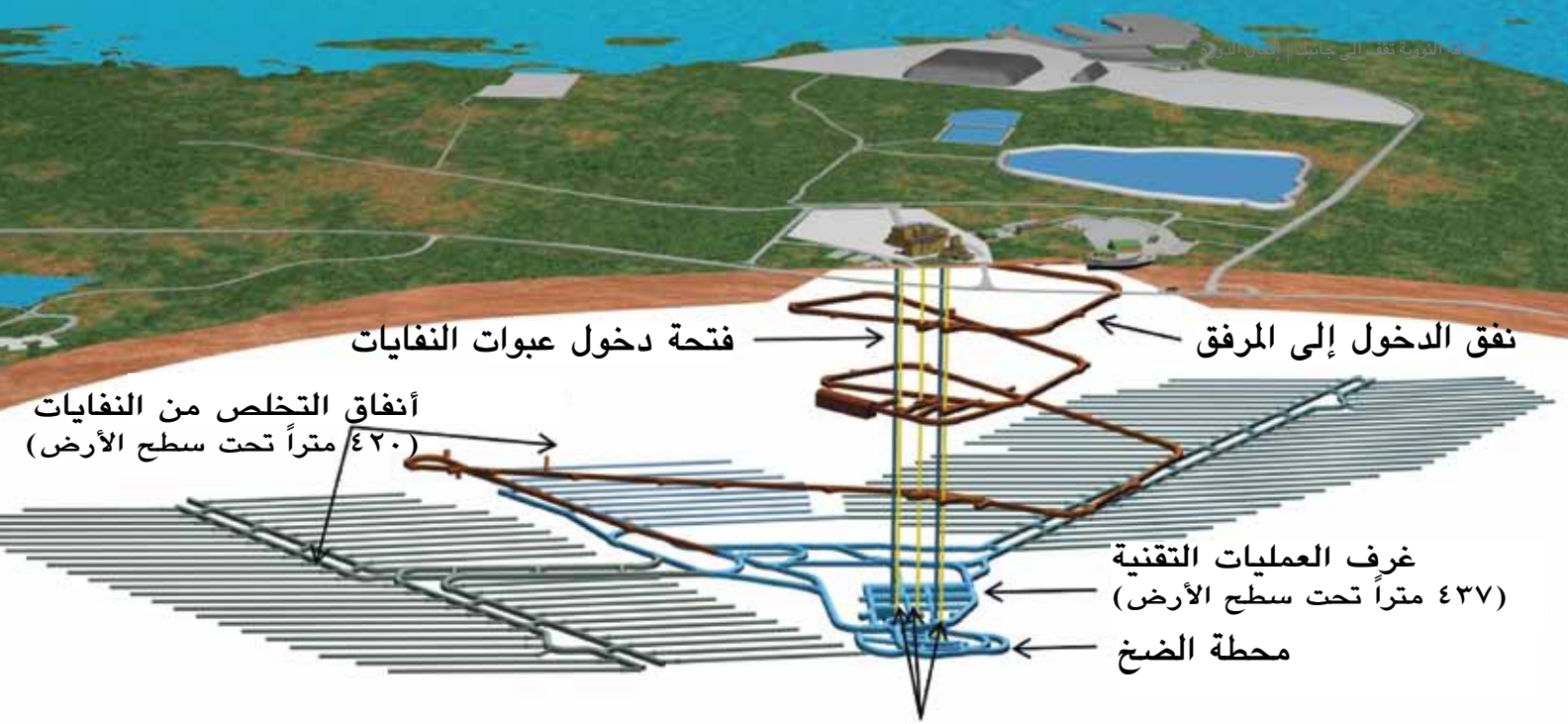
في المستودع العميق

حيث يخزن الوقود

النووي المستهلك. (مختبر

غريمزل الصخري المبني

تحت الأرض، سويسرا).



فتحات دخول الموظفين والتهوية

من النفايات كما تم تطوير الحلول الهندسية للبنى الجوفية المخصصة للتخلص من النفايات. وتم تحضير الحجج لإثبات الأمان ويجري العمل على تجميعها مشفوعة بكل المعلومات والقرائن العلمية والتقنية والإدارية المساندة لتكوين حالات أمان منظمة توفر الأساس للاعتبارات الواجب مراعاتها للحصول على ترخيص. وستبدأ السلطات التنظيمية في السويد وفنلندا وفرنسا باستعراض حالات الأمان هذه وإقرارها. ورغم اكتساب قدر هائل من الخبرات على صعيد ترخيص المرافق النووية، فإن هذه المرافق ظلت حتى الآن محدودة من حيث مدة حياتها وخاضعة للرقابة التشغيلية. وثمة إقرار بأن السلطات التنظيمية لا تزال حديثة العهد بترخيص عمليات التخلص الجيولوجي علماً بأن التحديات الوحيدة في هذا الصدد تنبثق عن طول الأثر الزمنية التي تنطوي عليها هذه العمليات وعن الدور الذي قد تؤديه البيئة الجيولوجية الطبيعية.

واختيرت البيئات الجيولوجية التي سيتم التخلص من النفايات فيها بعد إجراء دراسة دقيقة لخصائصها وتقييم كيفية تطور مرفق التخلص من النفايات وبيئته الجيولوجية على مدى الفترة الزمنية الضرورية لانحلال المكونات المشعة على نحو جذري. وتتراوح هذه الأثر الزمنية بين عشرات الآلاف ومئات الآلاف من السنين، وهي آفاق زمنية طويلة من منظور بشري، بيد أنها أقل طولاً من منظور التاريخ الجيولوجي. وأقرت السلطات التنظيمية في البلدان المهتمة بالتخلص الجيولوجي من النفايات بهذه التغيرات وعكفت خلال العقد المنصرم على إجراء حوارات مستفيضة بهدف وضع نهج متناغمة لتحديد الأهداف والمعايير المتصلة بالأمان النووي وكيفية بلوغها. ويرمي هذا الحوار إلى صياغة معايير دولية تتصل بالأمان. وشاركت هذه الدول أيضاً في مشاريع دولية لتحقيق التناغم بهدف تبادل الأفكار والخبرات المتصلة بعملية منح التراخيص.

وأحرزت عدة بلدان تقدماً كبيراً في مجالي التطوير التكنولوجي ونيل قبول الجمهور لدرجة أنها تعكف حالياً على إعداد طلبات استصدار التراخيص ورفعها إلى السلطات التنظيمية الوطنية. وقدم في عام ٢٠٠٨ طلب لاستصدار ترخيص لمرفق جبل يوكا في الولايات المتحدة الأمريكية وتنتظر فيه حالياً الهيئة الرقابية النووية الأمريكية رغم انعدام اليقين بشأن مستقبل هذا المشروع على الصعيد السياسي*. ومن المتوقع أن تقدم السويد في عام ٢٠١٠ طلباً لاستصدار ترخيص لمرفق يخصص للتخلص الجيولوجي من النفايات المشعة في فورسمارك، ومن المتوقع أن يبدأ تشييد المرفق في عام ٢٠١٥ وأن يستهل العمل فيه في عام ٢٠٢٣.

أما في فنلندا، فمن المتوقع تقديم طلب لاستصدار ترخيص لمرفق التخلص الجيولوجي من النفايات في موقع أولكيلوتو في نهاية عام ٢٠١٢ وأن يصدر الترخيص في عام ٢٠١٨ بحيث يبدأ تشغيل المرفق عام ٢٠٢٠. وفي فرنسا، يتوقع تقديم طلب لاستصدار ترخيص لتشديد مرفق التخلص الجيولوجي في منطقة «موز» الفرنسية في نهاية عام ٢٠١٤ على أن يبدأ تشييد المرفق بعد عام ٢٠١٦ وأن يباشر العمل في عام ٢٠٢٥. وستقوم كل من فنلندا والسويد بالتخلص من الوقود المستهلك بينما ستقوم فرنسا بالتخلص من النفايات المزججة المتأينة عن إعادة معالجة الوقود المستهلك. وتم في جميع هذه الحالات إجراء دراسات علمية مستفيضة بشأن الظواهر والعمليات التي تؤثر على أمان مرافق التخلص

* في كانون الثاني/يناير ٢٠١٠، أعلن وزير الطاقة الأمريكي عن إنشاء لجنة تضم شخصيات رفيعة المستوى للنظر في مستقبل أمريكا النووي سترفع توصيات بشأن التصرف في الوقود المستهلك وفي النفايات النووية. وفي آذار/مارس، سحبت وزارة الطاقة الأمريكية الطلب الذي كانت قدمته لاستصدار ترخيص لإقامة مستودع جيولوجي دائم في جبل يوكا.

تصور وضعه رسام لمرفق مخصص للتخلص النهائي من النفايات القوية الإشعاع. (الصورة: بوسيفا أوي)

معايير الأمان في المشاريع الدولية

بدأ العمل على إعداد معايير دولية للأمان في مجال التخلص الجيولوجي من النفايات وإثبات الأمان منذ سنوات عديدة وتحقق قدر كبير من التوافق في الآراء في هذا الصدد. وبينما تتقدم العمليات التفصيلية المتمثلة في تجميع حالات الأمان وتقديم طلبات الترخيص لمرافق التخلص الجيولوجي من النفايات، وبينما تستعد السلطات التنظيمية لعمليات الاستعراض التي ستجريها وتستهل هذه العمليات، فإن الكثير من التفاصيل لا تزال عالقة. وجرى إعداد معيار دولي يعنى بمتطلبات الأمان الخاصة بالتخلص من النفايات المشعة وخضع للتقنين والتعزيز وأقرته الدول الأعضاء في الوكالة، وسيتم إصدار النسخة المستوفاة منه هذا العام، وتم إحراز تقدم كبير على صعيد إعداد التوجيهات المفصلة المتصلة بحالة الأمان واستعراضها من قبل السلطات التنظيمية ومن المفترض أن تساعد هذه التوجيهات إلى حد كبير في اعتماد نهج دولي متناغم في هذا الصدد.

وكما ورد سابقاً، تقر البلدان التي تعمل حالياً على استصدار تراخيص لمرافق التخلص الجيولوجي والبلدان الأخرى التي لا تملك برامج متقدمة إلى هذا الحد بالفوائد المتأتمية من اعتماد نهج دولية متناغمة تعنى بالترخيص كما تشارك في مبادرات متنوعة في هذا المجال. وفي منطقة أوروبا، يجري منذ بعض الوقت إعداد مبادرة لتحقيق هذا التناغم، أما على الصعيد الدولي فإن كلاً من الوكالة ووكالة الطاقة النووية/منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي ينفذان مشاريع في هذا الصدد، ولا سيما «المشروع الدولي لإيضاح أمان التخلص الجيولوجي» ومشروع «مجموعة التكامل المعنية بحالة الأمان». وتعالج هذه المشاريع الرامية إلى تحقيق التناغم قضايا رئيسية تتصل بهيكل ومضمون حالة الأمان وبتطورها عبر فترة حياة المشروع، والنهج الذي يدعم تقييم الأمان ومعايير

الأمان الرامية إلى تقييم الأمان في الأجل الطويل غداة إغلاق المرافق. ومن المتوقع أن تقود هذه الجهود إلى التوافق في الآراء بشأن جوانب عدة تتصل بإثبات الأمان وبعملية الترخيص.

الخلاصة

بينما يتجه العالم نحو زيادة توليد الطاقة من مصادر نووية، فإن إنتاج كميات متزايدة من النفايات المشعة سيتواصل. ومع تطور تصاميم المفاعلات والخيارات المتصلة بدورة الوقود، ستزداد من دون أدنى شك مستويات الكفاءة المحققة مما سيفضي إلى تقليص كمية النفايات المشعة. بيد أن أحجاماً متزايدة من النفايات المشعة ستتراكم مما يستوجب التصرف بها على نحو آمن. وقد تم تطوير خيارات للتخلص من النفايات الضعيفة الإشعاع وتلوح آفاق مشرقة على صعيد التخلص الجيولوجي من النفايات المشعة، ومن المفترض أن تتعزز هذه الآفاق خلال العقد القادم وأن نشهد خلاله الإقفال الآمن لدورة الوقود النووي.



كهف من الكريستال
عمره ١٦ مليون
سنة تم اكتشافه في
منطقة غريمزل.

يتأس ديديه لوفاف قسم أمان النفايات والبيئة في الوكالة.
البريد الإلكتروني: D.Louvat@iaea.org

يتأس فيل ميتكالف وحدة التصرف في
النفايات المشعة والوقود المستهلك في الوكالة.
البريد الإلكتروني: P.E.Metcalf@iaea.org

(مختبر غريمزل
الصخري المبني تحت
الأرض، سويسرا).

