حلول للتصرف في النفايات

قامت فنلندا ببناء منظومة كبيرة من الأنفاق الجوفية المحفور في الصخر الصلب، مصممة لكي تدوم ١٠٠ ٠٠٠ سنة على الأقل. وسوف يكون موضع المستودع النهائي في أولكيلوتو، على مسافة ٣٠٠ كم تقريبا شمال غربي هلسنكي. (الصورة من: بوسيفا، فنلندا)

بغية التخلص على نحو مأمون وآمن من النفايات المشعة العالية مستوى النشاط الإشعاعي الطويلة العمر، لا بد من تخزين هذه المواد لفترة من الزمن تُعد طويلة جدا مقارنة بخبرتنا الزمنية اليومية. ومن الضروري تصميم مرافق التخلص الجوفية وإنشاؤها في ظروف جيولوجية ملائمة يمكن التثبت بثقة من احتوائها للنفايات الخطرة وعزلها عن بيئتنا لمئات الآلاف من السنين.

وعلى مدى تلك الفترة من الزمن، التي يجب أثناءها ضمان أمان نظام مستودعات النفايات المنشأة تحت سطح الأرض، يضمحل النشاط الإشعاعي في النفايات هبوطا إلى مستوى لا يمكن أن يشكل خطرا على الناس أو على البيئة. وكما أن السجل الآثاري يمكن أن يساعد على تصور تلك الفترة الطويلة من الزمن. ذلك أن المناخات تتغير، والمحيطات تنبجس وتتلاشى، والأنواع الأحيائية تتطور خلال مئة واحدة من الألفيات. وتشهد الصخور على كل هذه التغيرات. وقد عمد الجيولوجيون في سياق بحثهم عن مستودعات آمنة للتخلص الطويل الأمد من النفايات المشعة العالية مستوى النشاط الإشعاعي إلى تحديد التكوينات الصخرية التي ثبت استقرارها الراسخ طيلة ملايين من السنين. ومن المتوقع أن تظل هذه التكوينات الجيولوجية مستقرة لملايين السنين، ويمكن أن تصلح لاستخدامها تكوينات تُؤوي مستودعات النفايات.

وتشمل النفايات التي تنطوي على أعلى نسبة من المحتويات المشعة الوقود النووي المستهلك، عندما يُعلن عنه بأنه نفاية، والمنتجات الثانوية من أنشطة إعادة معالجة الوقود. وهذا النوع من النفايات المشعة العالية مستوى النشاط يجب عزلها بعناية عن المحيط الحيوي. وفي الرأي الذي يتوافق عليه الخبراء الدوليون أنه يجب استخدام تكوينات جيولوجية عميقة في باطن الأرض لإيواء المستودعات النهائية الخاصة بالتخلص الآمن من هذه النفايات. وفي الوقت الراهن، يباشر عدد من البلدان الأخذ بطريقة التخلص الجيولوجي من النفايات العالية مستوى النشاط الإشعاعي. وتوجد من قبل مرافق جيولوجية في ألمانيا والولايات المتحدة للتخلص من النفايات المنخفضة مستوى النشاط الإشعاعي والمتوسطة المستوى أيضا.

وهناك مواقع أخرى في كل من السويد وفرنسا وفنلندا، يجري تطويرها لأغراض التخلص من النفايات المشعة العالية مستوى النشاط الإشعاعي والوقود النووي المستهلك؛ ومن المزمع أن تبدأ عمليات وضع النفايات في العشرينات من هذا القرن، وذلك رهنا بالحصول على موافقة الجهات الرقابية.

وفي عدة بلدان، يقوم العلماء باختبار تقنيات التخلص من النفايات وتقصي الظروف الجيولوجية في مختبرات مبنية خصيصا تحت سطح الأرض من أجل التيقن من أن النفايات في

المستودع سوف تظل معزولة عن الناس والبيئة طيلة مدة ١٠٠٠٠ جيل من الأجيال المقبلة. ومن الناحية النمطية، يقيّم خبراء الأمان أمان المستودعات على مدى فترة قد تبلغ مليون سنة، أو قد تتجاوز ذلك في بعض الحالات.

وقد أثبتت الأبحاث التي أنجزت في هذه المختبرات الجوفية صلاحية التخلص من النفايات في الملح (ألمانيا) والصخور المتبلورة (كندا واليابان وسويسرا والسويد)، والصلصال اللّدن (بلجيكا)، والحجر الصلصالي (فرنسا وسويسرا). وتخطط روسيا لإنشاء مختبر أبحاث تحت سطح الأرض في منطقة كراسنويارسك في سيبيريا الوسطى، وذلك بدءا من عام ٢٠١٥. كما تخطط الصين لإنشاء مختبر أبحاث تحت سطح الأرض، من المزمع أن يكون في طور التشغيل قبل عام ٢٠٢٠.

عاملة في نفق جوفي في فورسمارك، وهي قرية على الساحل الشرقي في أبلاند في السويد.
(الصورة من: SKB السويد)

وفي بلجيكا، يوجد مرفق الأبحاث الجوفي للموقع التجريبي للتخلص من النفايات العالية مستوى النشاط، واسمه المختصر بالإنكليزية (HADES)، وهو يقع في بيئة من التكوينات الصلصالية على عمق يربو على ٢٢٠ مترا تحت سطح الأرض. وهو يُعد مرفق الأبحاث الرئيسي في بلجيكا للقيام بالأبحاث التجريبية بشأن التخلص الجيولوجي العميق من النفايات المشعة.

وتضطلع الجمهورية التشيكية بأبحاث بشأن خيارات المستودعات الجيولوجية، التي من شأنها أن تؤدي إلى وضع النفايات العالية مستوى النشاط الإشعاعي في كتلة صخرية صوّانية، أو في بيئة مماثلة؛ وهو مفهوم تصميمي يمكن مقارنته بتصاميم السويد وفنلندا.

وفي فنلندا، بدأ العلماء منذ السبعينات أبحاثا بشأن مستودع نهائي للنفايات. وفي كانون الأول/ديسمبر ٢٠١٢، قدمت "بوسيفا"، الشركة الفنلندية التي تتولى مهمة تحديد موقع لمستودع للوقود المستهلك وتنفيذ إنشائه، طلب رخصة لبناء المستودع في منطقة أولكيلووتو، التي تقع على مسافة ٣٠٠ كم تقريبا شمال غربي هلسنكي. ومن المقرر أن تُباشر في عام ٢٠٢٠ عمليات وضع النفايات في المستودع، شريطة منح الرخصة من قِبل الجهة الرقابية.

وفي مختبر جوفي يقع خارج منطقة بور في شمال شرقي فرنسا، تضطلع الوكالة الفرنسية للتصرف في النفايات المشعة (آندرا) باختبار قدرة الصخور على احتواء وعزل النفايات المشعة العالية مستوى النشاط طيلة عدة مئات أو عدة آلاف من السنين.

وفي اليابان، يقوم مشروع ميزونامي لمختبر الأبحاث الجوفي بأعمال التقصي والتحليل والتقييم الخاصة بالبيئة الجيولوجية العميقة، وتطوير التكنولوجيات الهندسية المراد تطبيقها بخصوص موقع عميق تحت سطح الأرض. ويقوم مختبر ثان، يقع في منطقة هورونوبه، على جزيرة هوكّايدو، بدراسات بشأن البيئة الجيولوجية العميقة في الصخور الترسبية.

وفي السويد، اختارت الشركة السويدية للتصرف في الوقود والنفايات النووية (SKB) موقعا لمرفق للتخلص من النفايات بالقرب من منطقة فورسمارك على الساحل الشرقي من مقاطعة أبلاند، وقدمت طلبا للحصول على رخصة لبناء مستودع الوقود المستهلك، وذلك في آذار/مارس ٢٠١١؛ ويجري النظر في الطلب حاليا من جانب الجهة الرقابية.

في الرأي الذي يتوافق عليه الخبراء الدوليون أنه استخدام تكوينات جيولوجية عميقة في باطن الأرض لإيواء المستودعات النهائية الخاصة بالتخلص الآمن من هذه النفايات.

وأما سويسرا فلديها اثنان من مختبرات الأبحاث تحت سطح الأرض – واحد في منطقة الألب السويسرية، حيث يوجد موقع غريمزل للاختبارات، والثاني هو مرفق أبحاث يقع في مونت تيري – يوفران بيئتين لاختبارات واقعية للظروف الجيولوجية والمعدات والخيارات المتاحة للتخلص من النفايات المشعة العالية مستوى النشاط الإشعاعي.