

التحقق من الوقود النووي المستهلك في المستودعات الجيولوجية العميقة

بقلم إيفا موريللا لام ريدونو

تحت سطح الأرض ومن المقرر أن يعمل لمدة 100 عام قادمة، أحد تلك التحديات. وعند تشغيلها، ستكون محطة التغليف والمستودع الجيولوجي العميق أول مرفقين من نوعيهما في العالم خاضعين لاتفاق ضمانات شاملة مع الوكالة. لذ يتعين على مفتشي الوكالة وُضِع نُهَج ضمانات جديدة ومستدامة للتحقق الآن وفي المستقبل البعيد من المواد النووية التي يصعب الوصول إليها.

وقالت كورتني إيميس، مفتشة الضمانات النووية لدى الوكالة: "نحن كمفتشي ضمانات يلزمنا أن نكون قادرين على التحقق من الوقود النووي المستهلك قبل نقله إلى مرافق محطة التغليف والمستودع الجيولوجي العميق. ومن ثم ننفذ تدابير الضمانات للتأكد من عدم تحريف أو استبدال الوقود المستهلك، وأن المرافق لا تُستخدم لأغراض غير معلنة". وأضافت قائلة: "تمثل مرافق محطة التغليف والمستودع الجيولوجي العميق تحدياً لمفتشي الضمانات لدى الوكالة من حيث الحفاظ على استمرارية المعرفة في أثناء عملية نقل الوقود المستهلك وبعدها، خاصة مع محدودية الوصول المادي إلى المستودع الجيولوجي. ومن خلال استخدام التقنيات الجديدة والعمل الجماعي والتحليل الدقيق، يمكن تحقيق أهدافنا المتعلقة بالضمانات".

وللتعاون بين الوكالة والمفوضية الأوروبية وهيئة الأمان الإشعاعي والنووي في فنلندا أهمية أساسية لوضع تدابير وتقنيات الضمانات، بما في ذلك من خلال تطوير واختبار تكنولوجيات التحقق من الوقود النووي المستهلك قبل التخلص من الوقود المستهلك.

وفي عام 2012، استهلّت الوكالة مشروع محطة التغليف والمستودع الجيولوجي لمعالجة، على وجه التحديد، تحديات تنفيذ الضمانات التي تفرضها الأنواع الجديدة من المرافق. ومن خلال العمل عن كثب مع النظراء، نفذ المشروع نُهَجاً شاملاً يتضمن مبادئ إدراج الضمانات في التصميم، والذي يمكن أن يقلل إلى أدنى حدّ ممكن من الآثار التشغيلية في المستودع الجيولوجي العميق. وبنطوي إدراج الضمانات في التصميم على إدماج اعتبارات الضمانات في وقت مبكر من مرحلتَي تخطيط المرفق وتصميمه، مع استمرار التكامل طوال فترة تشييده وتشغيله وإخراجه من الخدمة. وفي حالة فنلندا، من شأن إدراج الضمانات في التصميم أن يمكن مفتشي

في الوقت الذي يتطلع فيه العالم نحو بدائل للوقود الأحفوري في إطار مكافحة تغيّر المناخ، تقوم بلدان عدة بتطوير برامج قوى نووية لتوفير مصدر مستدام للطاقة المنخفضة الكربون. والبلدان التي تشغّل مفاعلات نووية مسؤولة عن توفير قدرات التخلص الجيولوجي من النفايات القوية الإشعاع. والنّهج الراسخ دولياً لمثل هذا التخلص يتمثل في المستودعات الجيولوجية العميقة. ولدى كندا وفنلندا وفرنسا والسويد وسويسرا البرامج الأكثر تقدماً في مجال المستودعات الجيولوجية العميقة.

ومن الأمثلة على المرافق الجديدة قيد التطوير محطة التغليف والمستودع الجيولوجي العميق في فنلندا. ففي محطة التغليف يُغلف الوقود المستهلك بطريقة مأمونة في عبوات التخلص، ومن ثم تُخزّن العبوات بشكل دائم ومأمون في المستودع الجيولوجي العميق. وكلاهما مطالب بالامتثال لالتزامات فنلندا القانونية الدولية بأن تسمح بتحقيق الوكالة من الاستخدام السلمي للمواد النووية.

وتتطلع الوكالة بمهمتها للتحقق النووي بتنفيذ سلسلة من التدابير التقنية المعروفة باسم الضمانات للإشراف على المرافق والمواد والأنشطة النووية. وتسمح هذه التدابير للوكالة بالتحقق بشكل مستقل من أن الدول تفي بمسؤوليتها القانونية عن استخدام المواد النووية للأغراض السلمية فقط. وتقبل الدول بهذه التدابير عبر إبرام اتفاقات ضمانات مع الوكالة. وبناء على ذلك، ومن خلال الاضطلاع بأنشطة الضمانات، يمكن للوكالة أن تزود العالم بتأكيدات موثوقة بأن الدول تفي بالتزاماتها المتعلقة بعدم الانتشار النووي.

وقال ماركو هامالاينن، رئيس قسم ضمانات المواد النووية في هيئة الأمان الإشعاعي والنووي في فنلندا: "تعاون فنلندا مع الوكالة يجسد التزاماً قوياً بالوفاء بالتزاماتنا الدولية بعدم الانتشار من خلال ضمانات فعالة".

وتتطوي مرافق محطة التغليف والمستودع الجيولوجي العميق على تحديات وفرص فيما يتعلق بتطبيق الضمانات، وجرّ تطوير حلول مبتكرة بحيث يتمكن مفتشو الضمانات لدى الوكالة من التحقق من المواد النووية المخزنة. ويُعدّ الوصول إلى المستودع الجيولوجي العميق، وهو على عمق نحو 500 متر

"نحن كمفتشي ضمانات يلزمنا أن نكون قادرين على التحقق من الوقود النووي المستهلك قبل نقله إلى مرافق محطة التغليف والمستودع الجيولوجي العميق. ومن ثم ننفذ تدابير الضمانات للتأكد من عدم تحريف أو استبدال الوقود المستهلك، وأن المرافق لا تُستخدم لأغراض غير معلنة".

- كورتني إيميس
مفتشة الضمانات النووية لدى الوكالة



المدخل إلى أونكالو ONKALO،
المستودع الجيولوجي العميق للوقود
النووي المستهلك في فنلندا.
(الصورة: شركة بوسيفا أوي)

بينما تقوم نُظم الاحتواء باستخدام الليزر بتحليل
تهيئة اللحام لغطاء الحاوية لتنتج "توقيعاً" طبيعياً
فريداً من نوعه والذي إذا ما طرأ عليه أي تغيير فإنه
يشير إلى فتح العبوة.

وبحلول عام 2025، ستكون مرافق محطة التغليف
والمستودع الجيولوجي العميق في فنلندا قد بدأت
تعمل بكامل طاقتها من أجل وضع الوقود النووي
المستهلك. وتنفذ الوكالة والمفوضية الأوروبية
وهيئة الأمان الإشعاعي والنووي في فنلندا معاً، من
خلال التعاون والابتكار، ضمانات فعالة وكفاءة تحقق
أهداف الوكالة في مجال التحقق، مع ضمان الحد
الأدنى من التأثير في عمليات المرافق ومن شأن
إدماج إدراج الضمانات في التصميم جنباً إلى جنب
مع مرافق محطة التغليف والمستودع الجيولوجي
العميق أن توفر حلاً لمناولة الوقود النووي المستهلك
والتخلص منه، ما يدعم الانتقال إلى القوى النووية
المنخفضة الكربون، ويبسّر تحقق الوكالة من المواد
والتكنولوجيا النووية.

الضمانات لدى الوكالة واليورأتوم على حدٍ سواء،
والهيئة الوطنية (هيئة الأمان الإشعاعي والنووي)،
من أداء واجباتهم بكفاءة دون تعطيل تشغيل مرافق
محطة التغليف المستودع الجيولوجي العميق.

وقال هامالينن: "من خلال مشروع محطة التغليف
والمستودع الجيولوجي، قمنا بتنفيذ إدراج الضمانات
في التصميم. وهذا النهج الاستباقي يقلل من الحاجة
إلى التعديلات التحديثية ويوفر موارد قيمة للمشغل،
وهيئة الأمان الإشعاعي والنووي في فنلندا، والوكالة،
والمفوضية الأوروبية."

وجار أيضاً تنفيذ مفاهيم وتدابير أخرى وُضعت
مؤخراً، بما في ذلك نُظم الرصد عن بُعد. وباستخدام
نُظم الرصد عن بُعد لمراقبة موقع المواد النووية،
يمكن للوكالة أن تقلل من عمليات التفتيش الميدانية،
وبالتالي أن تخفض انبعاثات الكربون الناشئة عن
السفر إلى المرافق ومنها. كما يمكن لتقنيات مثل
الرصد الزلزالي ونُظم الاحتواء باستخدام الليزر أن
تقوم بدورٍ في الحد من عمليات التفتيش. فالرصد
الزلزالي يمكنه اكتشاف أي اختراقات غير معلنة
للصخور المحطية بالمستودع الجيولوجي العميق،