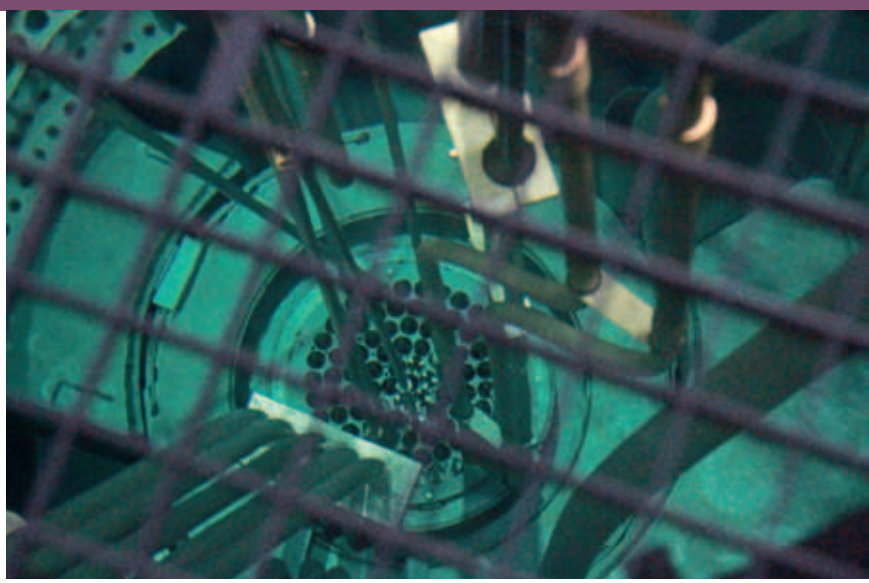
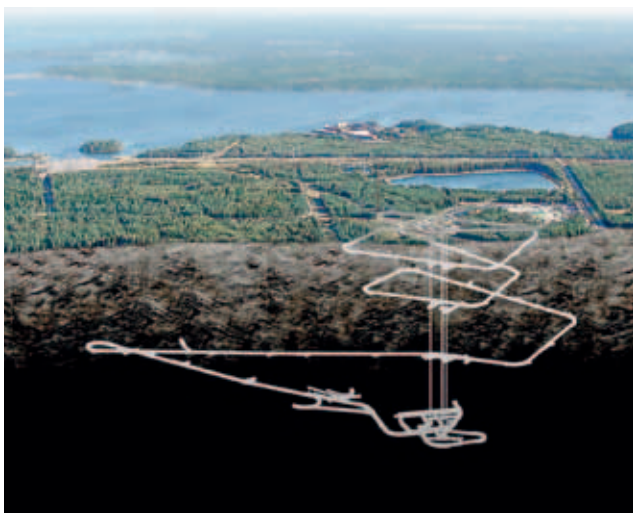
IAEA BULLETIN

مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرّية

العدد ٥٥ - ٣- أيلول/ سبتمبر ٢٠١٤ • www.iaea.org/bulletin

النفايات المشعّة: التصدي للتحديات





تصدر مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية

عن مكتب الإعلام العام والاتصالات

الوكالة الدولية للطاقة الذرية

وعنوانها: P.O.Box 100, A-1400 Vienna, Austria

الهاتف: ٢٦٠٠-٢١٢٧٠ (١-٤٣)

الفاكس: ٢٦٠٠-٢٩٦١٠ (١-٤٣)

البريد الإلكتروني: iaeabulletin@iaea.org

المحرِّرة: آبها ديكسيت

التصميم والإنتاج: ريتو كين

مجلة الوكالة متاحة

> على الإنترنت على العنوان: **www.iaea.org/bulletin**

> وفي شكل تطبيق على الموقع: **www.iaea.org/bulletinapp**

يمكن بحُرية استخدام مقتطفات من مواد الوكالة التي تتضمنها مجلة الوكالة في مواضع أخرى، شريطة الإشارة إلى المصدر. وإذا كان مبيّنا أنَّ الكاتب من غير موظفي الوكالة، فيجب الحصول من الكاتب أو من المنظمة المصدِرة على إذن بإعادة النشر، إلا إذا كان ذلك لأغراض العرض.

ووجهات النظر المُعرَب عنها في أي مقالة موقّعة واردة في مجلة الوكالة لا تُمثِّل بالضرورة وجهة نظر الوكالة الدولية للطاقة الذرية، ولا تتحمَّل الوكالة أي مسؤولية عنها.

صورة الغلاف:

تُستخدَم التكنولوجيا النووية في العديد من المجالات، مثل الصحة البشرية والزراعة وتوليد الكهرباء. وتُتاح تكنولوجيات للتخزين والتخلص من أجل التصرف في النفايات الناتجة عن هذه الأنشطة.

(مصدر الصور: الوكالة الدولية للطاقة الذرية؛ والوكالة الوطنية للتصرف في النفايات المشعة؛ وشركة Posiva Oy؛ وشركة Photodisc)

يُمكن الاطلاع على هذه الطبعة على أجهزة آي باد

الوكالة الدولية للطاقة الذرية

تكمن مهمة الوكالة الدولية للطاقة الذرية في منع انتشار الأسلحة النووية ومساعدة كل البلدان — لاسيما في العالم النامي — على الاستفادة من استخدام العلوم والتكنولوجيا النووية استخدامًا سلميًا ومأمونًا وآمنًا.

وقد تأسَّست الوكالة بصفتها منظمة مستقلة في إطار الأمم المتحدة في عام ١٩٥٧، وهي المنظمة الوحيدة ضمن منظومة الأمم المتحدة التي تملك الخبرة في مجال التكنولوجيات النووية. وتساعد مختبرات الوكالة المتخصصة الفريدة من نوعها على نقل المعارف والخبرات إلى الدول الأعضاء في الوكالة في مجالات مثل الصحة البشرية والأغذية والمياه والبيئة.

وتقوم الوكالة كذلك بدور المنصّة العالمية لتعزيز الأمن النووي. وقد أسست الوكالة سلسلة الأمن النووي الخاصة بالمنشورات الإرشادية المتوافق عليها دولياً بشأن الأمن النووي. كما تركّز أنشطة الوكالة على تقديم المساعدة للتقليل إلى الحد الأدنى من مخاطر وقوع المواد النووية وغيرها من المواد المشعة في أيدي الإرهابيين أو خطر تعرض المرافق النووية لأعمال كيدية.

وتوفِّر معايير الأمان الخاصة بالوكالة نظاماً لمبادئ الأمان الأساسية، كما تجسِّد توافقاً دولياً في الآراء حول ما يشكِّل مستوى عالياً من الأمان لحماية الناس والبيئة من التأثيرات الضارة للإشعاعات المؤيِّنة. وقد وُضِعت معايير الأمان الخاصة بالوكالة لتطبيقها في جميع أنواع المرافق والأنشطة النووية التي تُستَخدَم للأغراض السلمية، وكذلك لتطبيقها في الإجراءات الوقائية الرامية إلى تقليص مخاطر الإشعاعات القائمة.

وتتحقَّق الوكالة أيضًا، من خلال نظامها التفتيشي، من امتثال الدول الأعضاء للالتزامات التي قطعتها على نفسها بموجب معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية وغيرها من اتفاقات عدم الانتشار، والمتمثلة في عدم استخدام المواد والمرافق النووية إلا للأغراض السلمية.

وعمل الوكالة متعدد الجوانب، وتُشارك فيه طائفة واسعة ومتنوعة من الشركاء على الصعيد الوطني والإقليمي والدولي. وتُحدَّد برامج الوكالة وميزانياتها من خلال مقررات جهازي تقرير السياسات بها – أي مجلس المحافظين المؤلف من ٣٥ عضواً والمؤتمر العام الذي يضم جميع الدول الأعضاء.

ويوجد المقر الرئيسي للوكالة في مركز فيينا الدولي. كما توجد مكاتب ميدانية ومكاتب اتصال في جنيف ونيويورك وطوكيو وتورونتو. وتدير الوكالة مختبرات علمية في كلٍّ من موناكو وزايبرسدورف وفيينا. وعلاوةً على ذلك، تدعم الوكالة مركز عبد السلام الدولي للفيزياء النظرية في تريبستي بإيطاليا وتوفر له التمويل اللازم.

المحتويات

مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية، العدد ٥٥-٣، أيلول/سبتمبر ٢٠١٤

تسخير العلم والتكنولوجيا للتصرف في النفايات المشعة على نحو مأمون ومستدام ٢
يوكيا أمانو، المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية

ما هي النفايات المشعة؟ ٣
شعبة الأمان الإشعاعي وأمان النقل وأمان النفايات وشعبة دورة الوقود النووي وتكنولوجيا النفايات بالوكالة

خطوة بخطوة: إدارة دورة عمر النفايات المشعة ٥
شعبة دورة الوقود النووي وتكنولوجيا النفايات بالوكالة

الوكالة الدولية للطاقة الذرية تُشجِّع على تطبيق معايير الأمان وأفضل الممارسات للتصرف في النفايات المشعة ٨
شعبة الأمان الإشعاعي وأمان النقل وأمان النفايات وشعبة دورة الوقود النووي وتكنولوجيا النفايات بالوكالة

التصرف في النفايات المشعة تمهيداً للتخلص منها ١٠
شعبة دورة الوقود النووي وتكنولوجيا النفايات بالوكالة

الاعتبارات الرئيسية في مسألة تخزين النفايات والتخلص منها ١٢
شعبة الأمان الإشعاعي وأمان النقل وأمان النفايات وشعبة دورة الوقود النووي وتكنولوجيا النفايات بالوكالة

من المهد إلى اللحد: التصرف في المصادر المشعة المختومة المُهمَلة في منطقة البحر المتوسط ١٦
ساشا إينريكيز، مكتب الإعلام العام والاتصالات بالوكالة

تكييف المصادر المشعة في الجبل الأسود: دورة تدريبية أقاليمية تنظمها الوكالة ١٨
لويز بوتيرتون، مكتب الإعلام العام والاتصالات بالوكالة، وفيلموس فريدريخ، خبير استشاري دولي ومحاضر في الدورة التدريبية الأقاليمية

الوكالة تعمل على إشراك المجتمع الدولي في الأمور المتعلقة بالتصرّف في النفايات المشعّة ١٩
إدارة الأمان والأمن النوويين وشعبة دورة الوقود النووي وتكنولوجيا النفايات بالوكالة

استشراف آفاق المستقبل: تكنولوجيات ابتكارية لمعالجة النفايات المشعة والتخلُّص منها ٢٢
أليكسندر ف. بيشكوف، إدارة الطاقة النووية بالوكالة

الجوانب القانونية للتصرّف في النفايات المشعّة: الصكوك القانونية الدولية ذات الصلة ٢٤
أنتوني ويثيرال وإيزابيل روبين، مكتب الشؤون القانونية بالوكالة

التنظيم الرقابي للتصرّف في النفايات المشعّة على المستوى الوطني ٢٦
شعبة الأمان الإشعاعي وأمان النقل وأمان النفايات بالوكالة، وساشا إينريكيز، مكتب الإعلام العام والاتصالات بالوكالة

بناء القدرات في مجال التصرّف في النفايات المشعّة ٢٧
عمر يوسف، إدارة التعاون التقني بالوكالة

تسخير العلم والتكنولوجيا للتصرف في النفايات المشعة على نحو مأمون ومستدام

توفِّر التكنولوجيا النووية فوائد هائلة في مجالات عديدة، منها الصحة البشرية والزراعة وتوليد الكهرباء. وغالباً ما يُنظر إلى التصرف في النفايات المشعة الناتجة عن الأنشطة الجارية في هذه المجالات وفي غيرها من المجالات على أنها مشكلة. وفي الواقع، فإنَ تكنولوجيات التخزين تتمتع بسجل أداء طويل وناجح كما أنَّ تكنولوجيات التخلص متاحة.

يُعتبر وجود خلفية علمية وتكنولوجية سليمة شرطًا أساسياً للتصرف في النفايات على نحو مأمون ومستدام.

ويُعتبر وجود خلفية علمية وتكنولوجية سليمة شرطًا أساسياً للتصرف في النفايات على نحو مأمون ومستدام. وما زالت هذه التكنولوجيا تتطوَّر، بما في ذلك في مجالات مثل التخلص الجيولوجي من النفايات القوية الإشعاع والوقود النووي المستهلك.

ومن الضروري أن تكون هناك أطر قانونية وحكومية ورقابية مناسبة.

ولكن من الضروري كذلك إبقاء الجمهور على علم كامل بما يجري. وليس من قبيل الصدفة أن تكون البلدان التي تسود فيها أدنى مستويات من القلق لدى الجمهور إزاء أمان التكنولوجيا النووية هي البلدان ذاتها التي تتسم بأعلى درجات الانفتاح والشفافية.

وقد قرَّرتُ أن أُكرِّس المحفل العلمي للوكالة لعام ٢٠١٤ لتكنولوجيات التصرف في النفايات المشعة لأنني أردت توفير منصة للخبراء من جميع أنحاء العالم من أجل النظر في التحديات والحلول وتفسير التكنولوجيا لطائفة أوسع من الجمهور.

ومن مسؤولية كل بلد يستخدم التكنولوجيا النووية أن يضمن التصرف في النفايات والتخلص منها بأمان. لكن يمكن للبلدان أن تستفيد كثيرًا من خبرات بعضها البعض. وتوفير محفل لتبادل الخبرات وأفضل الممارسات هو أحد الأدوار الرئيسية للوكالة.

وما انفكت الوكالة، منذ البداية، تشارك بفاعلية في مساعدة الدول الأعضاء على التصرف بأمان في النفايات المشعة بهدف حماية الناس والبيئة من التأثيرات الضارة للإشعاعات المؤيِّنة. إننا نضع معايير وإرشادات خاصة بالأمان. كما أننا ننشر تقارير تقنية. ونُنظِّم دورات تدريبية وحلقات عمل واجتماعات تقنية للمساعدة في التنفيذ المأمون والمستدام للبرامج الوطنية المعنية بالتصرف في النفايات المشعة.

وسيقوم المحفل العلمي، المعنون النفايات المشعة: التصدي للتحديات، بتقييم التطورات التكنولوجية المتصلة بالتصرف في جميع أنواع النفايات المشعة. وسيتم النظر في الحلول الموجودة والتكنولوجيات الناشئة. كما سيتم تقاسم الدراية المكتسبة في هذا المجال بين نخبة معروفة من الخبراء والمنظمات.

والغرض من هذا العدد من مجلة الوكالة هو تزويد القراء بفهم واضح لمختلف أنواع النفايات المشعة والتدابير اللازمة لضمان التصرف فيها والتخلص منها بأمان، فضلاً عن دور الوكالة في دعم الدول الأعضاء.

وآمل أن يكون هذا العدد مفيدًا وغنيًا بالمعلومات.

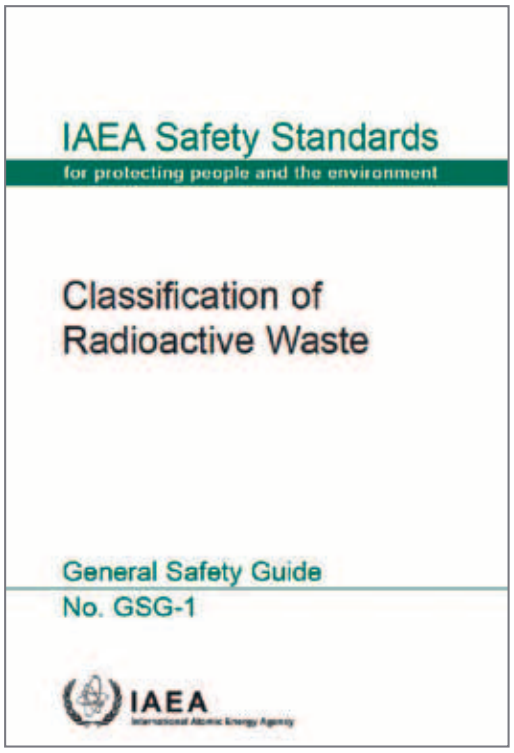
يوكيا أمانو، المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية

ما هي النفايات المشعة؟

توجد الإشعاعات والمواد المشعة في البيئة الطبيعية، ويمكن أن تكون كذلك من صنع الإنسان. ولهذه المواد طائفة واسعة من التطبيقات المفيدة، تتراوح بين توليد القوى والاستخدامات في مجالات الطب والصناعة والزراعة. وتنتج عن هذه الأنشطة نفايات مشعة في أشكال مختلفة غازيّة وسائلة وصلبة. وتُعتبر النفايات مشعة لأنَّ الذرات الموجودة في النفايات غير مستقرة وتُطلق تلقائيًا إشعاعات مؤيِّنة أثناء عملية تحوُّلها لتصبح مستقرة. ويمكن أن تكون لهذه الإشعاعات المؤيِّنة تأثيرات ضارة. وبناءً على ذلك، من الضروري أن يتم التصرف في النفايات بشكل مأمون من أجل حماية الناس والبيئة، والمساعدة على الحيلولة دون أن تصبح النفايات عبئًا على الأجيال المقبلة.

وتنشأ النفايات المشعة من توليد الكهرباء في محطات القوى النووية، وكذلك من عمليات دورة الوقود النووي، مثل تصنيع الوقود وغير ذلك من الأنشطة في دورة الوقود النووي، مثل تعدين ومعالجة خامات اليورانيوم والثوريوم. وفي بعض البلدان، يتم إعلان الوقود النووي المستهلك كنفايات مشعة، لعدم توقع استخدامه مرةً أخرى. وفي بلدان أخرى، يُعتبر الوقود النووي المستهلك مَورداً مُخصصاً لإعادة المعالجة. ومن شأن إعادة المعالجة ذاتها أن تولِّد نفايات عالية الإشعاع ومولِّدة للحرارة، يتم تكييفها عادةً في مصفوفة زجاجية، بالإضافة إلى أنواع أخرى من النفايات المشعة مثل الكسوة المعدنية التي يتم إزالتها من عناصر الوقود قبل المعالجة.

وتنتج النفايات المشعة كذلك من مجموعة واسعة من الأنشطة التي تُجرى في مجالات الصناعة والطب والبحث والتطوير والزراعة. وغالبية هذا النوع من النفايات هي نفايات مكوَّنة من مصادر مشعة مختومة مُهمَلة. وتُستخدم المصادر المختومة في تطبيقات متنوعة، منها على سبيل المثال مصادر الكوبالت ذات النشاط الإشعاعي القوي المستخدمة في علاج السرطان. وهي تحتوي على مواد مشعة مختومة بصفة دائمة في كبسولة. ويتم إعلان المصادر كنفايات مشعة إذا لم تعد تُستَخدم أو لم تعد صالحة للاستخدام في غرضها الأصلي. وتنتج النفايات المشعة كذلك من الأنشطة والعمليات التي تُصبح فيها المواد المشعة الطبيعية المنشأ مركَّزة في مواد النفايات. ومثال ذلك اليورانيوم المستنفد، وهو منتَج فرعي لتصنيع الوقود، يمكن أيضاً إعلانه كنفايات عندما لا يُتوقع أي استخدام آخر له.



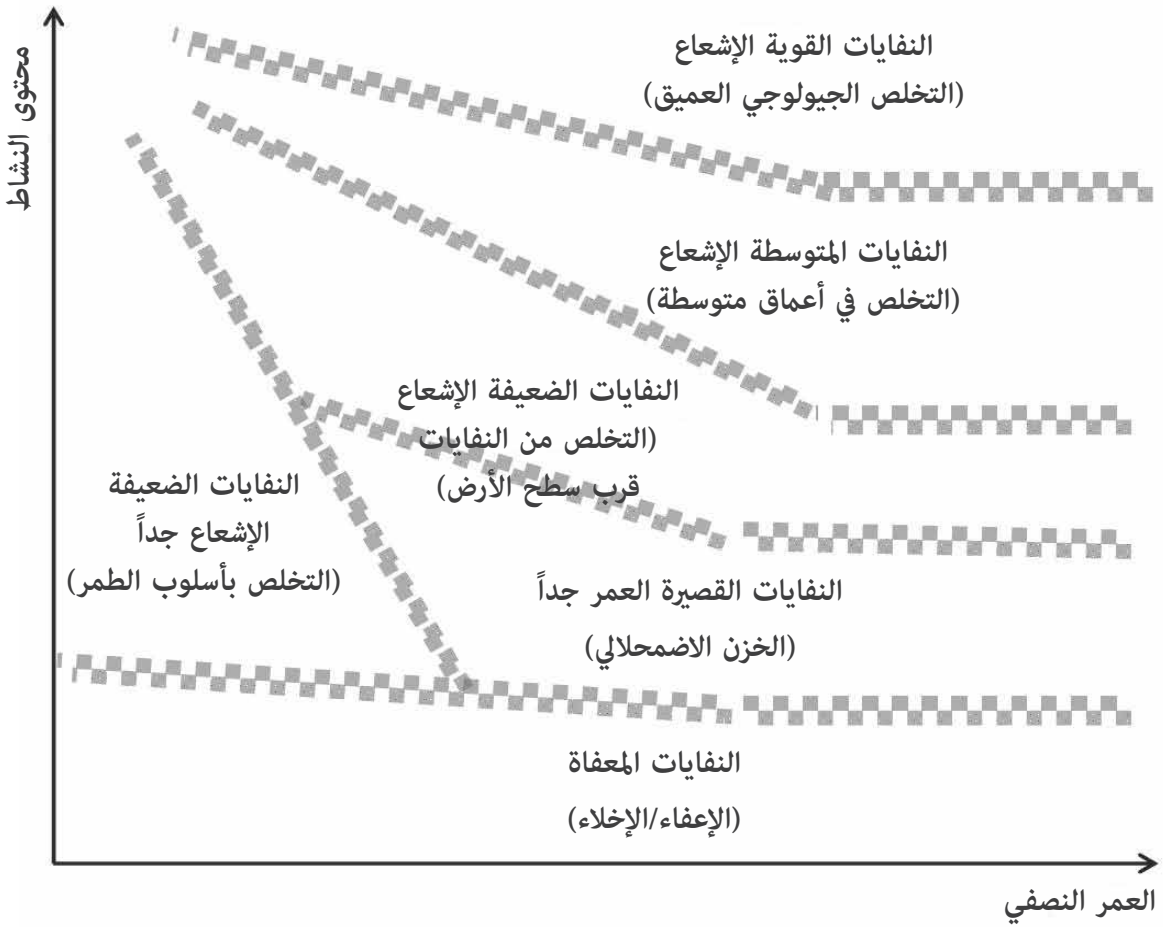
ترسي الوكالة معايير للأمان بهدف تيسير التصرف في النفايات المشعة بشكل مناسب. ومن بين هذه المعايير دليل أمان يتضمن معايير عامة لتصنيف النفايات المشعة وعنوانه: *Classification of Radioactive Waste*

كما يؤدي إخراج المرافق النووية من الخدمة وتنظيف المواقع الملوَّثة إلى إنتاج نفايات مشعة ينبغي التصرف فيها ثم التخلص منها في نهاية المطاف. وتستخدم هذه الأنشطة العديد من التقنيات المختلفة لتقليل حجم النفايات المشعة ولكنها تولِّد مع ذلك كميات متفاوتة من المواد الهيكلية مثل المفردات الخرسانية والمعدنية. ويؤدي استصلاح المواقع حتماً إلى إزالة التربة الملوثة.

وينبغي تقييم مخاطر الإشعاعات التي قد تنشأ عن النفايات المشعة بالنسبة للعاملين والجمهور والبيئة، ويتعين مراقبتها إذا لزم الأمر. وتختلف خصائص النفايات المشعة، ليس فقط من حيث المحتوى الإشعاعي وتركيز النشاط الإشعاعي بل من حيث الخصائص الفيزيائية والكيميائية أيضاً. والقاسم المشترك بين جميع النفايات المشعة هو احتمال أن تشكِّل خطرًا على الإنسان والبيئة. ويمكن أن تتفاوت المخاطر المحتملة من مخاطر بسيطة إلى شديدة.

ولتقليص أي مجازفات مرتبطة بهذه المخاطر لتصل إلى مستويات مقبولة، يجب أن تراعي خيارات التصرف في النفايات المشعة والتخلص منها الخصائص والسمات المتنوعة للنفايات المشعة، وكذلك مجموعة المخاطر المحتملة. ويجب أن تراعي كذلك السلسلة الكاملة لمناولة النفايات المشعة، منذ نقطة توليد النفايات وحتى التخلص منها. ويشمل

نظام الوكالة لتصنيف النفايات، ٢٠٠٩



ذلك معالجة مجاري النفايات لإنتاج أشكال مستقرة وصلبة وذات أحجام مصغَّرة ومثبَّتة قدر الإمكان عملياً، ووضعها في حاويات من أجل تسهيل تخزينها ونقلها والتخلص منها. وفي بعض الحالات، قد تشكِّل النفايات المشعة أيضاً تهديدًا أمنيًا يجب أخذه بعين الاعتبار وتخفيف حدته بشكل مناسب أثناء التصرف في النفايات.

ولضمان مناولة النفايات المشعة بشكل مناسب، تضع الوكالة معايير أمان فيما يتعلق بالتصرف في النفايات المشعة تنطوي على أدلة لتصنيف النفايات المشعة وفقاً للخصائص الفيزيائية والكيميائية والإشعاعية. وتيسّر هذه المعايير استخدام نُهُج مناسبة للتصرف في النفايات المشعة واختيار مرافق مأمونة للتخلص منها.

وترسي الوكالة معايير للأمان بهدف تيسير التصرف في النفايات المشعة بشكل مناسب. ومن بين هذه المعايير دليل أمان يتضمن معايير عامة لتصنيف النفايات المشعة وعنوانه: *Classification of Radioactive Waste* (العدد GSG-1 من سلسلة معايير الأمان). ويركِّز نظام التصنيف المذكور في المقام الأول على الأمان في المدى الطويل، الأمر الذي يتطلَّب وضع نُهُج مناسبة للتخلص من النفايات والتصرف فيها تعالج أنواعاً مختلفة منها. ويحدِّد هذا النظام ستة أنواع من النفايات، وهي: النفايات المعفاة، والنفايات القصيرة العمر جداً، والنفايات الضعيفة الإشعاع جداً، والنفايات الضعيفة الإشعاع، والنفايات المتوسطة الإشعاع، والنفايات القوية الإشعاع.

ويتم التصرف في النفايات الضعيفة الإشعاع جداً، والنفايات الضعيفة الإشعاع، والنفايات المتوسطة الإشعاع، والنفايات القوية الإشعاع، بصورة مأمونة ومستدامة من خلال التخلص منها. وهذه التصنيفات تربط الفئات المختلفة من النفايات بخيارات التخلص التي تكون، من حيث المبدأ، خيارات مناسبة. ويجب أن يكون هناك دليل يُثبت ملاءمة التخلص من نوع محدد من النفايات في مرفق معيَّن للتخلص.

شعبة الأمان الإشعاعي وأمان النقل وأمان النفايات وشعبة دورة الوقود النووي وتكنولوجيا النفايات بالوكالة

خطوةً بخطوة: إدارة دورة عمر النفايات المشعة

١ النفايات المشعة هي منتَج فرعي لا مفر منه عندما تُستَخدم التكنولوجيات النووية لإنتاج الكهرباء وفي الممارسات المفيدة في مجالات الطب والزراعة والبحوث والصناعة.

(مصدر الصورة: ماغدالينا أبلانيدو ألكالا)

وعندما يتجاوز النشاط الإشعاعي للنفايات حدًا معينًا، فإنَّ النفايات تقتضي أساليب خاصة للتخلص منها. ومن خلال البحث المكثَّف، تم وضع معايير ونُهُج من أجل الاستعداد للتخلص من النفايات المشعة والتصرف فيها بشكل مأمون وآمن.

وأثناء رحلة النفايات المشعة من نقطة توليدها إلى التخلص منها، تخضع هذه النفايات لعدد من الخطوات لمعالجتها تمهيدًا للتخلص منها من أجل تحويلها إلى شكل مأمون ومستقر وطيِّع يتلاءم مع نقلها وخزنها والتخلص منها.

نظام اضمحلال النيوترونات الخاملة والنشطة التفاضلي (نظام *PANDDA™*)، نظام رصد أسطواني للقياس العالي الاستبانة لطيف أشعة غاما
(مصدر الصورة: شركة *Pajarito Scientific Corporation*، الولايات المتحدة الأمريكية)

٢ تحديد الخصائص

تحديد الخصائص هو تقنية تقدِّم معلومات عن الخصائص الفيزيائية والكيميائية والإشعاعية للنفايات من أجل تحديد متطلبات الأمان المناسبة وخيارات المعالجة الممكنة، وضمان الامتثال لمعايير الخزن والتخلص المقبولة. كما تُستخدم الأشعة السينية وغيرها من وسائل التصوير المقطعي لتأكيد وجود مواد خطرة أو مفردات محظورة أو للبحث عنها.

صندوق الفرز لفصل النفايات
(مصدر الصورة: شركة *Dounreay Site Restoration* المحدودة والهيئة النووية المعنية بالإخراج من الخدمة، المملكة المتحدة)

٣ المعالجة التمهيدية

تُحضِّر أنشطة المعالجة التمهيدية النفايات لتجهيزها وقد تشمل فرز أنواع مختلفة من النفايات وفصلها، وكذلك تخفيض حجمها أو تقطيعها لتحقيق المستوى الأمثل من معالجتها والتخلص منها. وتخفِّض تقنيات إزالة التلوث حجم النفايات التي تتطلَّب المعالجة، وتقلِّل بالتالي تكاليف التخلص منها إلى أدنى حد.

آلة رضم فائق لاسطوانات النفايات الصلبة
(مصدر الصورة: شركة *Teollisuuden Voima Oyj*، فنلندا)

٤ المعالجة

تركِّز أنشطة المعالجة على تخفيض حجم النفايات، وإزالة النويدات المشعة من النفايات، كما تركِّز في الكثير من الأحيان على تغيير تكوينها الفيزيائي والكيميائي. وهناك تكنولوجيات لمعالجة النفايات السائلة والنفايات الصلبة على حد سواء.

تغليف كسوة وقود ماغنوكس بالإسمنت في شركة *Sellafield*
(مصدر الصورة: شركة *Sellafield* المحدودة، المملكة المتحدة)

٥ التكييف

يضع التكييف النفايات في شكل مأمون ومستقر وطيِّع لنقلها وخزنها والتخلص منها. والأشكال الشائعة من النفايات المكيَّفة للتخلص منها هي وضع النفايات المغلَّفة أو المصلَّبة في الإسمنت أو القار أو الزجاج. وتُصمَّم تقنيات التكييف لإبطاء انطلاق النويدات المشعة في البيئة من حزمة النفايات التي يتم التخلص منها.

مرفق لخزن النفايات الضعيفة الإشعاع على المدى الطويل
(مصدر الصورة: الهيئة المركزية للنفايات المشعة، هولندا)

٦ الخزن

يجب أن يتم خزن النفايات المعالَجة وغير المعالَجة بأسلوب مأمون وقابل للاسترجاع ومضمون. وتعتمد متطلبات الخزن على نوع النفايات ويمكن أن يكون الخزن قصير المدى لكي يتسنى اضمحلال الإشعاعات، أو يكون بعيد المدى لحين نقل النفايات بشكل مأمون إلى موقع مناسب للتخلص منها. ويلزم أن يكون في جميع مرافق خزن النفايات نظام لرصد سلامة تعبئة النفايات من أجل ضمان أمان البيئة وحمايتها.

التخلص من النفايات الضعيفة الإشعاع في مركز دو لوب
(مصدر الصورة: الوكالة الوطنية للتصرف في النفايات المشعة، فرنسا)

الاستكشاف تحت الأرض لإثبات جدوى التخلص الجيولوجي العميق من النفايات القوية الإشعاع
(مصدر الصورة: شركة *Posiva Oy*، فنلندا)

٧ التخلص

يتوقّف خيار التخلص المناسب ودرجة العزل والاحتواء اللازمة على خصائص النفايات وطول الفترة الزمنية التي تبقى فيها النفايات مشعة. ويجب إثبات ملاءمة التخلص من النفايات في مرفق معيَّن من خلال بيان حالة الأمان وتقييم الأمان الداعم له في المرفق.

أعدَّ النص: شعبة دورة الوقود النووي وتكنولوجيا النفايات بالوكالة

الوكالة الدولية للطاقة الذرية تشجع على تطبيق معايير الأمان وأفضل الممارسات للتصرف في النفايات المشعة

تعمل الوكالة الدولية للطاقة الذرية على تشجيع بلوغ مستوى عالٍ من الأمان مع تيسير الاستخدامات السلمية للطاقة النووية في جميع أنحاء العالم. والوكالة مختصة، بموجب نظامها الأساسي، بأن تضع أو تعتمد معايير أمان بقصد حماية الصحة والتقليل إلى أدنى حد من الأخطار على الأرواح والممتلكات، وأن تتخذ ترتيبات لتطبيق هذه المعايير. والوكالة مفوضة أيضاً، بموجب نظامها الأساسي، بتعزيز تبادل المعلومات العلمية والتقنية من أجل تيسير الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية.

ولهذه الغاية، تضع الوكالة معايير للأمان تتعلق بمواضيع مختلفة، بما في ذلك معايير بشأن أمان التصرف في النفايات المشعة. وهذه المعايير، الصادرة في سلسلة الوكالة لمعايير الأمان، تعكس توافقاً دولياً حول العناصر الكفيلة بتحقيق مستوى عالٍ من الأمان بغرض حماية الناس من التأثيرات الضارة للإشعاعات المؤيِّنة وحماية البيئة.

كما أطلقت الوكالة سلسلتها الخاصة بالطاقة النوويّة، التي تهدف إلى تشجيع أفضل الممارسات في مجال الاستخدامات السلمية للتكنولوجيا النووية، وعلى وجه الخصوص في مجال التصرف في النفايات المشعة. وقد صُمِّمت هاتان السلسلتان لتكمل كلٌّ منهما الأخرى.

سلسلة معايير الأمان الصادرة عن الوكالة

تحدد سلسلة معايير الأمان الصادرة عن الوكالة مبادئ الأمان الأساسية والمتطلبات والتدابير الرامية إلى السيطرة على تعرض الناس للإشعاع وعلى الانبعاثات المشعة في البيئة. وتتناول المعايير منع وقوع حادثات قد تؤدي إلى فقدان السيطرة على قلب مفاعل نووي، أو تفاعل متسلسل نووي، أو مصدر مشع أو أي مصدر آخر للإشعاع، وكيفية التخفيف من عواقب مثل هذه الأحداث في حالة وقوعها. وقد صُمِّمت معايير الأمان لاستخدامها فيما يتعلق بالمرافق والأنشطة التي تولِّد مخاطر إشعاعية، مثل المنشآت النووية، واستخدامات الإشعاع والمواد المشعة، ونقل المواد المشعة، والتصرف في النفايات المشعة. وتَصدر المعايير في ثلاث فئات وهي:

أساسيات الأمان (مبادئ الأمان الأساسية) التي تعرض الهدف الأساسي للأمان ومبادئ ومفاهيم الحماية والأمان، وتوفِّر الأساس لمتطلبات الأمان.

متطلبات الأمان التي تحدد الشروط الواجب الإيفاء بها لضمان حماية الناس والبيئة، الآن أو في المستقبل على حد سواء. وهذه المتطلّبات تحكمها غايات ومبادئ أساسيّات الأمان. ويجب استيفاء تلك المتطلبات؛ فإن لم تُستوفَ، يجب اتخاذ تدابير لبلوغ أو استعادة مستوى الأمان المطلوب.

أدلة الأمان التي توفر توصيات وتوجيهات بشأن كيفية الامتثال لمتطلبات الأمان. وهذه الأدلة تعرض الممارسات الدولية الجيدة، وتعكس بشكل متزايد أفضل الممارسات، وذلك لمساعدة المستخدمين الساعين إلى تحقيق مستويات عالية من الأمان.

وتشكل معايير الأمان الصادرة عن الوكالة أساس خدمات استعراض الأمان التي تقدمها الوكالة للدول الأعضاء. وبالإضافة إلى ذلك، تُستخدَم هذه المعايير من قِبَل الوكالة لدعم بناء الكفاءات، بما في ذلك تطوير المناهج الدراسية والدورات التدريبية.

والنظام الأساسي للوكالة يربط عمليات الوكالة بمعايير الأمان المذكورة، ويقضي بأن تلتزم الدول الأعضاء أيضاً بهذه المعايير في العمليات التي تُجرى بمساعدة الوكالة. كما توفر معايير الأمان الصادرة عن الوكالة الدعم للدول في الوفاء بالتزاماتها بموجب الاتفاقيات الدولية، التي تحدد المتطلبات المُلزِمة للأطراف المتعاقدة.

سلسلة الطاقة النووية الصادرة عن الوكالة

توفر سلسلة الطاقة النووية الصادرة عن الوكالة توجيهات ومعلومات بشأن القوى النووية ودورة الوقود النووي والتصرف في النفايات المشعة وإخراج المرافق من الخدمة، تشمل موضوعات عامة ذات صلة بجميع هذه المجالات. والمعلومات الواردة في هذه السلسلة مبنيّة على خبرة ممثلي الدول الأعضاء المشاركين في الأفرِقة العاملة التقنية.

وقد صُمِّمت هذه السلسلة لمساعدة الدول الأعضاء العاكفة على تنفيذ أو تخطيط أنشطة نووية، ووُضع هيكلها التنظيمي وفقاً للمستويات التالية:

منشور **المبادئ الأساسية للطاقة النووية** الذي يصف منطق ورؤية الاستخدامات السلمية للطاقة النووية.

أهداف سلسلة الطاقة النووية التي تشرح التوقعات المطلوب تلبيتها في شتى المجالات ضمن المراحل المختلفة للتنفيذ.

أدلة سلسلة الطاقة النووية التي توفر توجيهات عالية المستوى حول كيفية تحقيق مختلف الأهداف ذات الصلة بالاستخدامات السلمية للطاقة النووية.

التقارير التقنية لسلسلة الطاقة النووية التي تقدم معلومات إضافية أكثر إسهاباً لاستكمال الموضوعات التي تم تناولها في مواضِع أخرى من سلسلة الطاقة النووية الصادرة عن الوكالة.

كما تقدم سلسلة الطاقة النووية الصادرة عن الوكالة المساعدة للدول الأعضاء في مجالات البحث والتطوير، فضلاً عن التطبيقات العملية للطاقة النووية في الأغراض السلمية. ويشمل ذلك أمثلة عملية ودروساً مستفادة يمكن استخدامها من قِبَل عدة جهات من بينها المؤسسات، ومالكو ومشغلو المرافق، ومنظمات الدعم التقني، والباحثون، والمسؤولون الحكوميون.

سلسلتا الوكالة: العناصر الجامعة

هاتان السلسلتان الصادرتان عن الوكالة هما عناصر إطار دولي للصكوك القانونية والمعايير والتوجيهات الدولية والمتطلبات الوطنية ومعايير الصناعة، وهذه العناصر توفر ككل نظاماً شاملاً لإدارة الطاقة النووية والتصرف في النفايات المشعة بفعالية من أجل حماية الناس من الآثار الضارة للإشعاعات المؤيِّنة وحماية البيئة.

ومن بين الصكوك القانونية المتعلقة بالتصرف في النفايات المشعة تَبرُز الاتفاقية المشتركة بشأن أمان التصرف في الوقود المستهلك وأمان التصرف في النفايات المشعة (الاتفاقية المشتركة). والاتفاقية المشتركة هي الصك الدولي الوحيد المُلزِم قانونياً بين الأطراف المتعاقدة في مجال أمان التصرف في الوقود المستهلك والتصرف في النفايات المشعة. وتضطلع الوكالة بدور الوديع للاتفاقية المشتركة كما توفر لها مهام الأمانة العلمية. وتتمثل أهداف هذه الاتفاقية فيما يلي:

'١' بلوغ مستوى عالٍ من الأمان على نطاق العالم في مجال التصرف في الوقود المستهلك والنفايات المشعة، والحفاظ على ذلك المستوى، من خلال تعزيز التدابير الوطنية والتعاون الدولي على نحو يشمل - عند الاقتضاء - التعاون التقني في الأمور المتعلقة بالأمان؛

'٢' ضمان وجود دفاعات فعالة في جميع مراحل التصرف في الوقود المستهلك والنفايات المشعة ضد الأخطار المحتملة، من أجل حماية الأفراد والمجتمع والبيئة من التأثيرات الضارة للإشعاعات المؤيِّنة؛ على نحو يلبّي احتياجات وتطلعات الجيل الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها؛

'٣' الحيلولة دون وقوع حوادث ذات عواقب إشعاعية، والتخفيف من عواقب تلك الحوادث في حالة وقوعها أثناء أي مرحلة من مراحل التصرف في الوقود المستهلك والنفايات المشعة.

شعبة الأمان الإشعاعي وأمان النقل وأمان النفايات وشعبة دورة الوقود النووي وتكنولوجيا النفايات بالوكالة

التصرّف في النفايات المشعّة تمهيداً للتخلص منها

اعترافاً بأهمية التصرف المأمون في النفايات المشعة جرى، على مر السنين، وضع العديد من التقنيات الراسخة والفعالة، واكتسبت الصناعة النووية والحكومات خبرة هائلة في هذا المجال.

والتقليل من النفايات إلى الحد الأدنى هو مبدأ أساسي يقوم عليه تصميم وتنفيذ جميع العمليات النووية، جنباً إلى جنب مع إعادة استخدام وإعادة تدوير النفايات. وبالنسبة للنفايات المشعة المتبقية التي سيتم إنتاجها، من الضروري أن تكون هناك خطة محددة بدقة (تسمى مسار معالجة النفايات) تكفل التصرف المأمون في النفايات المشعة وفي نهاية المطاف التخلص منها بشكل مأمون، بما يضمن النشر المستدام للتكنولوجيات النووية على المدى الطويل.

وسوف تؤثر سياسة الدولة ولوائحها الوطنية بشأن التصرف في النفايات النووية على خيار المعالجة المختار، ولكن الاستراتيجية العامة هي تركيز واحتواء النفايات المشعة وعزلها عن الناس والبيئة. ولتنفيذ هذه الاستراتيجية، تحتاج الجهة المولِّدة للنفايات (مشغِّل محطة القوى النووية، أو شركة التعدين، أو المرفق الطبي، إلخ) إلى إجراء عدد من أنشطة التخلص التمهيدي التي قد تشمل التوصيف والمعالجة التمهيدية والمعالجة والتكييف والتخزين.

وتُجرى جميع هذه الأنشطة من قِبَل موظفين مدرَّبين يتَّبعون المبادئ التوجيهية الموضوعة لأغراض الحماية من الإشعاع والأمان والأمن. وقد وضعت الوكالة لوائح مُحكمة للتصرف في النفايات المشعة تكفل استيفاء جميع العمليات لمعايير صارمة فيما يتعلق بالأمان والأمن.

وقبل اختيار استراتيجية أو تكنولوجيا للتصرف في النفايات، من الضروري معرفة وفهم مصدر النفايات ومعدل توليد هذه النفايات، فضلاً عن كميات وخصائص تلك النفايات. ويسمح ذلك باختيار استراتيجية مناسبة للمعالجة تكفل أن يكون الشكل النهائي للنفايات متوافقاً مع مسار التخلص المختار.

وبمجرد فهم الخصائص، يلزم تحويل النفايات إلى شكل مناسب للتخلص. والمرحلة الأولى هي تحضير النفايات للمعالجة. وقد يشتمل ذلك على العزل لفصل المفردات الملوثة عن غير الملوثة، أو تقليص الحجم، أو تعديل بعض الخواص الكيميائية مثل درجة الحموضة للمساعدة في المعالجة لاحقاً.

وقد تستفيد أنشطة المعالجة التمهيدية أيضاً من عملية إزالة التلوث حيث تُزال النويدات المشعة من أسطح المباني أو المكونات باستخدام وسائل مادية (مثل التفجير الرملي) أو كيميائية (مثل الغسل بمحلول خاص قادر على إزالة النويدات المشعة من الأسطح بشكل انتقائي).

يميناً: غالباً ما تُستخدَم اسطوانات سعتها ٢٠٠ لتر لتجميع النفايات المشعة

(مصدر الصورة: مشروع معالجة النفايات المختلطة المتقدمة، وزارة الطاقة، الولايات المتحدة الأمريكية)

يساراً: التقليص الفائق بقوة عالية يمكن أن يقلل حجم اسطوانة سعتها ٢٠٠ لتر إلى ارتفاع أقل من ١٠ سم

(مصدر الصورة: شركة Dounreay Site Restoration المحدودة والهيئة النووية المعنية بالإخراج من الخدمة، المملكة المتحدة)

التزجيج خيار عملي وفعال لتكييف النفايات الكيميائية المشعة و الخطِرة.

(مصدر الصور: المختبر الوطني لمنطقة شمال غرب المحيط الهادئ، الولايات المتحدة الأمريكية)

وتُعتبَر تقنيات إزالة التلوث مفيدة خصوصاً عندما ينتشر التلوث الإشعاعي بشكل غير متساوٍ على مساحة سطحية شاسعة، مثل الأرضيات أو الأنابيب، حيث إن تطبيق هذه التقنيات سيقلل بدرجة كبير من حجم النفايات التي تتطلب معالجة.

وبعد الانتهاء من تحضير النفايات بشكل مناسب، تكون الخطوة التالية هي المعالجة. وبشكل عام، تميل عمليات المعالجة إلى تقليص حجم النفايات المشعة من أجل تعزيز الأمان أو التقليل من تكاليف مراحل إضافية للتصرف مثل التخزين أو التخلص.

وعادةً ما تؤدي المعالجة إلى إنتاج تدفُّقَين: تدفُّق صغير الحجم يحتوي على معظم النويدات المشعة، سيتم إخضاعه لمزيد من التكييف لأغراض التخزين والتخلص، وتدفق أكبر حجماً أزيل تلوثه، يمكن توجيهه إلى مسار التفريغ أو التخلص كنفايات غير مشعة.

وثمة مجموعة متنوعة من تقنيات التجهيز لمعالجة النفايات متاحة للاستخدام حسب طبيعة هذه النفايات واشتراطات شكل النفايات في موقع التخلص المختار.

والمثالان الأكثر شيوعاً هما حرق النفايات الصلبة وتبخير النفايات السائلة. وفي حين أن الحرق يقلص أحجام النفايات الصلبة عن طريق تركيز النشاط الإشعاعي في حجم ضئيل من الرماد، فإن تبخير النفايات السائلة ينتج عنه حجم ضئيل من الركاز السائل المشع. وفي خطوة تكييف لاحقة، يخضع الرماد أو الركاز السائل لمزيد من المعالجة من أجل تحويله إلى شكل يتم فيه تثبيت النشاط الإشعاعي بشكل فعال. وتُعرف هذه الخطوة باسم التكييف.

والتكييف يقلل من المخاطر المرتبطة بالنفايات ويجهز النفايات لمناولتها ونقلها وتخزينها والتخلص منها لاحقاً. والطريقة الأكثر شيوعاً لذلك تتم عن طريق خلط النفايات مع مسحوق الإسمنت والماء، والسماح للخليط بالتحول إلى كتلة صلبة في حاوية مناسبة.

ومن بين تقنيات التكييف البديلة تثبيت النويدات المشعة في الزجاج، أو القار، أو في مصفوفة بوليمرية أو معدنية. ولكلٍّ من هذه التقنيات تأثيرها في تقليل احتمالات نزوح أو تشتت النويدات المشعة إلى البيئة. وطرد النفايات المشعة المكوَّن من نفايات مثبَّتة في إحدى الحاويات هو المنتَج النهائي لتلك المعالجة.

شعبة دورة الوقود النووي وتكنولوجيا النفايات بالوكالة

الاعتبارات الرئيسية في مسألة تخزين النفايات والتخلص منها

مرفق HABOG للتخزين، الهيئة المركزية للنفايات المشعة، هولندا

(مصدر الصورة: الهيئة المركزية للنفايات المشعة، هولندا)

عندما يتحدث الناس عن الأخذ بالتكنولوجيا النووية واستخدام المواد المشعة، تكون إحدى القضايا الأكثر إثارةً للجدل هي التخلص النهائي منها.

ويتفاوت بشكل كبير طول المدة الزمنية اللازم للقول بأن النفايات المشعة والوقود النووي المستهلَك المعلَن عنهما كنفايات كليهما لم يعد يمثل خطراً محتملا على صحة الإنسان أو البيئة. ويمكن أن يتراوح ذلك من بضعة أشهر أو سنوات لبعض أنواع النفايات المشعة، إلى آلاف السنين للنفايات القوية الإشعاع، ومئات الآلاف من السنين للوقود المستهلَك. وعلى هذا النحو، تساور الحكومات والمواطنين مخاوف مشروعة حول الأمان على المدى القريب والبعيد.

ويتوفّر الأمان على المدى البعيد عن طريق التخلص، ولحين إقامة مرفق مناسب للتخلص، يتحقق التصرف المأمون بواسطة التخزين. ورغم وجود حلول مأمونة ومستدامة تم تنفيذها أو ما زالت قيد التطوير في جميع أنحاء العالم، فإنه لا يكفي أبداً مجرد إعادة إنتاج ذات الحل في مكان مختلف. فبالنسبة لكل مرفق، لابد من تقييم الأمان ومراجعة طلب الترخيص على أساس حالة الأمان من قِبَل إحدى السلطات المختصة. ويكفل ذلك معالجة كاملة لتلك المخاوف المشروعة من جانب الحكومات والمواطنين واتخاذ الترتيبات اللازمة لحماية الناس والبيئة. وغالباً ما يكون ترخيص مرفق للتخلص عملية طويلة، وبالتالي ثمة حاجة في المدى القريب لتخزين النفايات بأمان لحين التخلص منها.

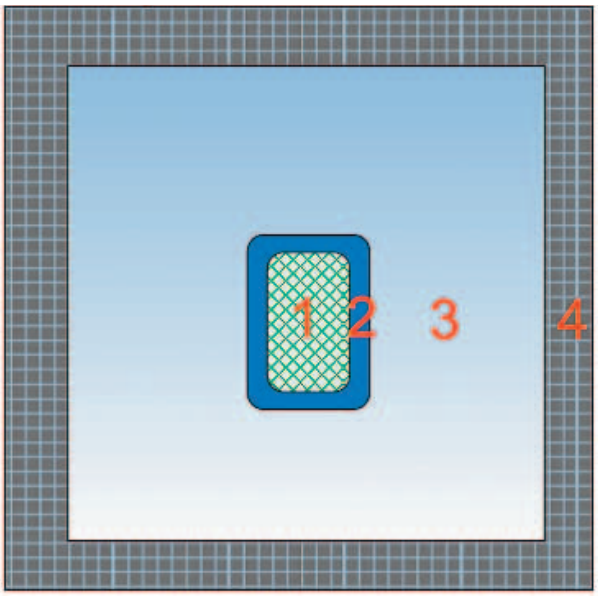
تخزين النفايات

قد تكون هناك حاجة للتخزين في أي مرحلة من مراحل عملية التصرف في النفايات بما يمكن أن يخدم عدة أغراض، مثل السماح باضمحلال النويدات المشعة القصيرة العمر، أو تبديد الحرارة، أو إتاحة الوقت لتراكم نفايات كافية للتمكُّن من المعالجة بكفاءة، أو اتخاذ الترتيبات اللازمة لاحتواء وعزل النفايات لحين تنفيذ مسار مناسب تجاه التخلص.

ويعرَّف التخزين بأنه الاحتفاظ بالمصادر المشعة أو الوقود المستهلك أو النفايات المشعة في مرفق يتيح احتواءها، بنيّة استرجاعها. وبالتالي فإن التخزين، بحكم تعريفه، تدبير مؤقت.

ومن أجل إتاحة تخزين النفايات بشكل مأمون وقابل للاسترجاع وللرصد وآمن بما يكفل حماية العمال والجمهور والبيئة، مطلوب وضع نظام للتخزين يتألف من عنصرين أوليين - حزمة النفايات، ومرفق التخزين ذاته. ويرتبط هذان المكونان ارتباطاً وثيقاً حيث إن خصائص وسلوك أحدهما يؤثران بقوة على تصميم الآخر. ويحتاج كلاهما إلى معالجة بشكل صحيح بما يكفل تلبية النظام لمتطلبات الأمان

بيان تخطيطي لنظام تخزين



تخزين النفايات المعبأة - طبقات الحماية المادية والبيئية

١- شكل النفايات المكيَّفة هو الحاجز الأوّلي.

٢- حاوية النفايات هي الحاجز الثانوي.

٣- السيطرة على بيئة المخزن مهمة للحفاظ على سلامة شكل النفايات وحاوية النفايات.

٤- هيكل المخزن هو طبقة الحماية النهائية لعبوة النفايات من ظروف الطقس/الغلاف الجوي، وهو أيضاً عنصر مهم فيما يخص الأمن المادي للنفايات.

الصورة: الإرشادات الصناعية الصادرة في تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠١٢: التخزين المؤقت لعبوات النفايات الأعلى نشاطاً - نهج متكامل، الهيئة النووية المعنية بالإخراج من الخدمة، المملكة المتحدة

وللمتطلبات الرقابية الضرورية. ويعرض الشكل أعلاه إيضاحاً تخطيطياً لنظام التخزين.

وتشمل عبوة النفايات شكل النفايات والحاوية. وشكل النفايات المفضل هو منتَج صلب مستقر، قد يتم إنتاجه باستخدام تقنية تكييف مناسبة مثل السَمنَتة أو التزجيج. وتكفل الحاوية احتواءً مأموناً للمواد المشعة فيما يخص فترة التخزين المطلوبة ولأغراض التخلص، على أن تتسم بخواص تتيح المناولة والرصّ في المخزن. وتوضِّح الصورة الواردة يساراً بعض الحاويات الشائعة الاستعمال.

ويراعى أن يوفر مرفق التخزين بيئة لا تؤدي إلى تحلل حزم النفايات أثناء فترة التخزين وتتيح استرجاعها ونقلها إلى مرفق التخلص بشكل مأمون. وبالتالي فإن نوعية بناء المخزن وترتيبات التخزين الداخلية الخاصة به كليهما يرتبط بنوع وتصنيف النفايات الجاري تخزينها.

والنفايات الضعيفة الإشعاع، الشائع تخزينها في اسطوانات فولاذية سعتها ٢٠٠ لتر أو حاويات معدنية والمرجَّح توجيهها للتخلص منها في غضون فترة زمنية قصيرة، تتطلب ترتيبات تخزين بسيطة حيث يكون التدريع غير مطلوب. ويمكن أن يكون أحد الهياكل المناسبة مبنى من نوع صناعي قادر على توفير الحماية من الظروف المناخية المحلية، يوجد به لوح خرساني متين وأبواب لدخول المَركبات والموظفين، جنباً إلى جنب مع ترتيبات للرصد والتفتيش؛ وقد يكون من الضروري أيضاً مراقبة الرطوبة.

ويحتاج تخزين النفايات القوية الإشعاع المزجَّجة الطويلة العمر أو الوقود النووي المستهلَك إلى مرفق ذي مواصفات هندسية عالية مصمَّم بعناية لإتاحة إمكانية المناولة عن بعد والتدريع والتبريد، بالإضافة إلى بيئة مضمونة طوال فترة

من أعلى اليسار: أسطوانة من الصلب سعتها ٢٠٠ لتر وصناديق خرسانية وحاوية من الفولاذ المقاوِم للصدأ مخصصة للنفايات القوية الإشعاع

(مصدر الصور من أعلى اليسار: الوكالة الدولية للطاقة الذرية؛ وشركة ماغنوكس المحدودة بالمملكة المتحدة؛ وشركة سيللافيلد المحدودة بالمملكة المتحدة)

خندق للتخلص من النفايات الضعيفة الإشعاع جداً في مرفق سيريس للتخلص في فرنسا

(مصدر الصورة: الوكالة الوطنية للتصرف في النفايات المشعة، فرنسا)

التخزين المطلوبة. كما يجب أن يوفر ذلك المرفق درجة كافية من الأمن، وأن يتيح إخضاع المواد الانشطارية للضمانات في حالة الوقود النووي المستهلَك.

وفي السنوات الأخيرة، بصفة أساسية نظراً لعدم وجود مرافق تخلص مسموح بها، يجري النظر من قِبَل عدد من الدول الأعضاء في التخزين الطويل الأمد (على سبيل المثال لمدة تصل إلى ١٠٠ سنة) كتدبير لتخفيف المخاطر فيما لو تأخَّرت إتاحة مرفق للتخلص النهائي. وينطوي ذلك التخزين الطويل الأمد على اتخاذ تدابير إضافية تضمن استمرار السيطرة بصورة مُرضية وحماية عبوات النفايات والمرفق ذاته، وعلى التثبُّت من أن أمان وأمن المرفق مكفولان طوال الفترة المقررة وأنه قد صدر ترخيص مطابِق، وذلك بعدة وسائل منها أخذ تقادم المواد والهيكل في الحسبان.

ويعدّ مرفق HABOG في هولندا مثالاً كمرفق حديث للتخزين الطويل الأمد للنفايات القوية الإشعاع المزجَّجة الناتجة عن إعادة المعالجة وللوقود المستهلَك من مفاعلات الأبحاث. وحتى في هذا المثال، يُعتبَر التخزين مجرد حل مؤقت، ينفَّذ بنيّة وبهدف استرجاع النفايات في نهاية المطاف للتصرف فيها لاحقاً. والتخلص هو الحل الدائم الوحيد للتصرف في النفايات المشعة القادر دون غيره على توفير الأمان السلبي في الأمد الطويل.

التخلص من النفايات

توجد حلول مختلفة للتخلص، يمكن تصنيفها بشكل عام على النحو التالي:

- مرافق للتخلص قرب سطح الأرض، تناسب النفايات الضعيفة الإشعاع جداً والنفايات الضعيفة الإشعاع؛
- ومرافق للتخلص الجيولوجي، تناسب النفايات المتوسطة الإشعاع والنفايات القوية الإشعاع والوقود النووي المستهلَك المعلن عنه كنفايات.

والنفايات الضعيفة الإشعاع جداً والنفايات الضعيفة الإشعاع كلاهما يمثل خطراً محتملاً لفترات لا تتجاوز بضعة قرون. ويمكن احتواؤها بأمان في مرفق قريب من السطح. وقد تم بنجاح اختيار مواقع نحو ١٤٠ مرفقاً للتخلص قرب سطح الأرض في جميع أنحاء العالم، وجارٍ تشغيلها، أو ربما تكون قد أُغلِقت بالفعل. وثمة حلول فعالة للتخلص من النفايات الضعيفة الإشعاع جداً وهي الخنادق السطحية من نوع المكَبّات باستخدام نظم الحواجز المحدودة. وتعتمد حلول التخلص من النفايات الضعيفة الإشعاع على مزيج من خصائص الموقع والحواجز الهندسية مثل البطانات، وأقبية التخلص الخرسانية، وأغطية تتوفر بها سمات التناوب بين العزل غير المُنفِذ وتحويل المياه، وذلك من أجل توفير الحماية المطلوبة.

وقد تمثل النفايات المتوسطة الإشعاع والنفايات القوية الإشعاع والوقود المستهلك المعلن عنه كنفايات خطراً لفترات تتجاوز مئات الآلاف من السنين. لذا فهي تتطلب التخلص منها في بيئة جيولوجية مستقرة، قادرة على ضمان الأمان في الأمد الطويل دون تدخل بشري لعدة آلاف من السنين (في حالة النفايات المتوسطة الإشعاع) أو عدة مئات آلاف من السنين (في حالة النفايات القوية الإشعاع والوقود المستهلَك).

وقد أصبحت عمليات التخلص من النفايات الضعيفة الإشعاع والنفايات المتوسطة الإشعاع راسخة، وجارٍ تشغيل العديد من مرافق التخلص الجيولوجي من النفايات الضعيفة الإشعاع والنفايات المتوسطة الإشعاع في جميع أنحاء العالم.

وهناك بضعة بلدان (السويد وفنلندا وفرنسا) في مرحلة متقدمة من تطوير مرافق للتخلص الجيولوجي من النفايات القوية الإشعاع بما في ذلك الوقود المستهلك، ومن المتوقع أن يبدأ تشغيل تلك المرافق بحلول عام ٢٠٢٥.

وعلى الرغم من قصص النجاح المذكورة، يظل تنفيذ استراتيجيات التخلص واحداً من أعظم التحديات المستمرة التي يواجهها العديد من الدول الأعضاء في مجال التصرف في الوقود المستهلك والنفايات المشعة.

ومن الناحية التقنية ومن منظور الأمان، يعدّ التخلص الجيولوجي مُجدياً. وقد وُجِد أن مختلف أنواع الصخور العائلة مناسبة للتخلص الجيولوجي المأمون، ووُضِعت ملفات تبيِّن حالة الأمان لأغراض التخلص في الصخور البلوريّة (على سبيل المثال في فنلندا والسويد)، وفي الصخور الرسوبية (أي الطَفليّة) (على سبيل المثال في فرنسا) وفي الصخور البَخرِّية (أي الملحيّة) (على سبيل المثال في ألمانيا).

وفي البداية، يتم تقدير مدى ملاءمة الموقع من خلال القيام، على سبيل المثال، بتقييم ما إذا كانت مخاطر النشاط الزلزالي أو النشاط البركاني أو وجود موارد طبيعية تحول دون إيوائه لمرفق تخلص جيولوجي. وبمزيد من التحرّي تُحدَّد خصائص الموقع إلى مرحلة يمكن فيها فهم السمات والعمليات الطبيعية ذات الصلة بثقة، خاصةً فيما يتعلق بكيفية إسهامها في احتواء وعزل النويدات المشعة الموجودة في النفايات والوقود المستهلَك - وبالتالي كيفية إسهامها في تحقيق الأمان على المدى الطويل.

وبالإضافة إلى خواص الموقع الطبيعية المذكورة، ثمة سمات هندسية مثل شكل النفايات وحزمة النفايات وأي عوازل وأختام يمكن وضعها تساهم أيضاً في الاحتواء، وبالتالي في تحقيق الأمان على المدى الطويل، ويتم كذلك تحليلها وأخذها بعين الاعتبار. وفي الواقع، تعالَج النفايات إلى أشكال نفايات

تحدّ من انبعاثها في المدى الطويل (على سبيل المثال من مصفوفة زجاجية للنفايات القوية الإشعاع). ويجري تكييفها لاحقاً إلى عبوات مُعَدّة للتخلص تحول دون أي تلامس مع الماء لفترات محددة (على سبيل المثال عدة مئات آلاف من السنوات للحاويات النحاسية في تصميم التخلص الجيولوجي السويدي والفنلندي).

شعبة الأمان الإشعاعي وأمان النقل وأمان النفايات وشعبة دورة الوقود النووي وتكنولوجيا النفايات بالوكالة

من أعلى: المرفق الخاص بالمفاعل السريع المبرَّد بالصوديوم لأغراض التخلص الجيولوجي من نفايات محطة القوى النووية العاملة في السويد

(مصدر الصورة: الشركة السويدية للتصرف في الوقود والنفايات النووية، السويد)

من أسفل: تشكيل عائل لأغراض التخلص الجيولوجي العميق من مخزون الوقود النووي المستهلَك الفنلندي.

(مصدر الصورة: شركة Posiva Oy، فنلندا)

من المهد إلى اللحد: التصرف في المصادر المشع

١ تفتقر بعض البلدان في منطقة البحر المتوسط إلى مرافق مناسبة للتصرف في النفايات المشعة مثل المصادر المشعة المهمَلة أو التخلص منها بشكل مأمون. والمصادر المشعة المهمَلة قد يتم فقدانها أو سرقتها أو التخلي عنها، فتقع بالتالي خارج نطاق التحكم الرقابي.

٢ ويشكل ذلك الفقدان للسيطرة على المصادر المهمَلة خطراً جسيماً على الجمهور والبيئة.

٣ وتقدم إدارة التعاون التقني التابعة للوكالة المساعدة إلى بلدان منطقة البحر المتوسط، بناءً على طلبها، في التعامل مع هذه المشكلة والحدّ من خطر وقوع أضرار، وذلك من خلال مشروع مدته أربع سنوات بدأ في عام ٢٠١٢. كما دعمت المفوضية الأوروبية وإسبانيا والولايات المتحدة الأمريكية هذا المشروع من خلال توفير الدراية والتمويل.

٤ والمصادر المشعة المختومة أو "المصادر المختومة" هي مواد مشعة تم عزلها/ختمها في كبسولات معدنية مثل هذه الكبسولة. وتُستخدَم المصادر المختومة في العديد من المجالات، مثل التشخيص والعلاج الطبيين، من أجل السيطرة على العمليات الصناعية وتعقيم المواد الغذائية والمنتجات الطبية.

ة المختومة المهمَلة في منطقة البحر المتوسط

٥ والمصادر المشعة التي لم تعد مستخدمة تظل ضارة بسبب الإشعاع المنبعث منها. وبالتالي، فإن إيجاد حلول للتصرف المأمون والآمن على المدى الطويل في المصادر المهمَلة هو أحد أهم الخطوات في القضاء على مخاطر الإشعاع بالنسبة للجمهور.

٦ وعن طريق حلقات العمل والتدريب الفردي، فضلاً عن التدريبات الإيضاحية باستخدام مصادر فعلية، قدّم مشروع الوكالة للتعاون التقني الأقاليمي المساعدة إلى ١٥ بلداً في جميع أنحاء البحر المتوسط من أجل وضع وتنفيذ استراتيجيات للتحكم في المصادر المختومة بدءاً من توزيعها وحتى تركيبها واستخدامها ووقف استخدامها، إلى أن يتم التخلص منها، بما في ذلك تخزينها ونقلها. ويشار إلى ذلك باسم الإدارة "من المهد إلى اللحد".

٧ ويتناول المشروع أيضاً الجوانب الحكومية والرقابية لإدارة المصادر، من خلال مساعدة البلدان على صياغة السياسات واللوائح والتوجيهات الوطنية على نحو يتماشى مع معايير الأمان الصادرة عن الوكالة وبما يسهم في كفالة تحقيق الأمان النووي والإشعاعي بشكل عام.

٨ وعندما ينتهي المشروع في عام ٢٠١٦، ستَبرُز مساهمته في تعزيز السيطرة على المصادر المشعة المختومة المهمَلة على شواطئ البحر المتوسط، وبالتالي حماية الناس والبيئة.

أعدَّت النص: ساشا إينريكيز، مكتب الإعلام العام والاتصالات بالوكالة

مصدر الصور: محمد مَعلَمي، المركز الوطني للطاقة والعلوم والتكنولوجيا النووية، المغرب

المشروع *INT/9/176*، "تعزيز السيطرة على المصادر المشعة من المهد إلى اللحد في منطقة البحر المتوسط"، مُنفَّذ بتمويل من الاتحاد الأوروبي والوكالة.

تكييف المصادر المشعة في الجبل الأسود:
دورة تدريبية أقاليمية تابعة للوكالة

١ خلال الفترة من ٢٤ إلى ٢٦ حزيران/يونيه ٢٠١٤، قُدِّمت إلى ٢٦ مشاركاً من ١٥ بلداً مختلفاً لمحة عامة عن خيارات التصرف المأمون في المصادر المشعة المختومة المهمَلة من الفئات ٣ إلى ٥، وذلك خلال دورة تدريبية أقاليمية عُقِدت في بودغوريكا، بالجبل الأسود. وشملت مواضيعها دورة حياة المصادر والتصنيف والإجراءات التقنية للتكييف.

٢ وفي اليوم الثاني للتدريب، تَمَكَّن المشاركون من مراقبة عملية تكييف واقعية في المرفق الوطني لخزن النفايات المشعة بالجبل الأسود. وتُخَزَّن هنا الأجهزة التي تحتوي على مصادر مشعة مختومة مهمَلة، يتم تجميعها من جميع أنحاء البلد، انتظاراً للتصرف فيها لاحقاً.

٣ وداخل المرفق، تولى خبراء في مجال التصرف في النفايات المشعة من كرواتيا تعاقدت معهم الوكالة إيضاح عملية التكييف للمشاركين، المعنيين ببرامجهم الوطنية للتصرف في النفايات المشعة.

٤ كما أتاحت الدورة التدريبية للمشاركين فرصة توجيه الأسئلة للخبراء وتقاسم خبراتهم. وتنظم الوكالة دورات تدريبية من هذا النوع بشكل منتظم داخل الدول الأعضاء فيها من خلال برنامجها للتعاون التقني.

مصدر الصور والنص: لويز بوترتون، مكتب الإعلام العام والاتصالات بالوكالة، وفيلموس فريدريك، خبير استشاري دولي ومحاضر في الدورة التدريبية الأقاليمية.

الوكالة تعمل على إشراك المجتمع الدولي في الأمور المتعلقة بالتصرّف في النفايات المشعّة

إن أهمية التصرّف المأمون في النفايات المشعّة بغرض حماية الناس والبيئة أمر معترف به منذ أمد طويل، وقد اكتُسبت خبرة كبيرة في تحديد الأهداف، وإرساء معايير للأمان، وتطوير تكنولوجيا وآليات تحدد أفضل الممارسات لتلبية متطلبات الأمان. ويتسم ذلك بأهمية أساسية بالنسبة للصناعة النووية العالمية وكذلك على ضوء الاستخدام المتزايد للطاقة النووية.

وتعكس معايير الأمان الصادرة عن الوكالة توافقاً دولياً في الآراء على ما يشكِّل مستوى رفيعاً للأمان بغرض وقاية الناس من التأثيرات الضارة للإشعاعات المؤيِّنة وحماية البيئة. وهذا التوافق في الآراء يفيد في تحديد وإبراز المخاوف الشائعة حيال الأمان، ويساعد أيضاً على تزويد الدول بأساس متفَّق عليه لمواءمة تطبيق المعايير.

وتقوم عملية صوغ معايير الأمان على تجميع المعارف والخبرات المتخصّصة المكتسبة من المنظمات القائمة في الدول الأعضاء. وتشكِّل هذه العملية جزءاً من التعاون الدولي المستمر الذي تضطلع به الوكالة في إرساء "معايير أمان بقصد حماية الصحة والتقليل إلى أدنى حدّ من الأخطار على الأرواح والممتلكات" وفقاً للنظام الأساسي للوكالة.

ويتلقَّى المجتمع النووي الدولي الدعم لضمان أمان التصرّف في النفايات المشعّة، وذلك من خلال إطار عالمي للأمان النووي يضم عدّة عناصر تشمل تعزيز الأمان النووي، وتيسير تطبيق معايير الأمان عالمياً، وتنفيذ صكوك دولية معيّنة مثل الاتفاقيات ومدونات قواعد السلوك.

وفي عام ١٩٩٥، أنشأت الوكالة أربع لجان مواضيعية معنية بمعايير الأمان بالإضافة إلى لجنة معايير الأمان التي تشرف على وضع معايير الأمان وتبادل الخبرات بغرض تعزيز الإطار العالمي للأمان النووي.

اللجان المعنية بمعايير الأمان

لجنة معايير أمان النفايات، كإحدى اللجان الأربع المعنية بمعايير الأمان، هي هيئة استشارية دولية دائمة تضم كبار الممثلين العاملين في مجالات أمان النفايات. وتقوم اللجنة باستعراض وإقرار الاقتراحات الخاصة بوضع المعايير المزمع نشرها في سلسلة معايير الأمان الصادرة عن الوكالة، كما تُدعى إلى إبداء تعليقاتها على الاقتراحات ذات الصلة بإعداد المنشورات التي تصدرها الوكالة في سلسلة الأمن النووي.

ولجنة معايير أمان النفايات مسؤولة عن استعراض وإقرار مسوّدات معايير أمان النفايات التي تُعرض على الدول الأعضاء لإبداء تعليقاتها عليها قبل الموافقة على نشرها. ويحظى أمان النفايات بالدعم عن طريق مجموعة شاملة من معايير الأمان المُتَّفق عليها دولياً، التي تُوضع بمشاركة نشطة من الدول الأعضاء وتحت إشراف لجنة معايير أمان النفايات واللجان

> تعكس معايير الأمان الصادرة عن الوكالة توافقاً دولياً في الآراء على ما يشكِّل مستوى رفيعاً للأمان بغرض حماية الناس من التأثيرات الضارة للإشعاعات المؤيِّنة وحماية البيئة.

الأخرى حسب الضرورة والاقتضاء، التي تسدي النصح أيضاً فيما إذا كان يلزم تقديم إرشادات ومساعدة إلى الدول الأعضاء بشأن تنفيذ هذه المعايير.

وتقرُّ لجنة معايير الأمان، وهي هيئة دائمة من كبار المسؤولين الحكوميين، نصوص "أساسيات الأمان" و"متطلبات الأمان" من أجل عرضها على مجلس محافظي الوكالة التماساً لموافقته عليها، كما تسدي النصح بشأن مدى ملاءمة أدلَّة الأمان التي يتم إصدارها تحت سلطة المدير العام للوكالة.

وتعمل الوكالة، بمساعدة لجنة معايير الأمان، على ترويج قبول واستخدام معايير الأمان التي تصدرها عالمياً. ووفقاً للولاية المسندة إلى الوكالة، تساعد لجنة معايير الأمان على تحديد رؤية بشأن مستقبل تطبيق معايير وسياسات واستراتيجيات الأمان، والمهام والمسؤوليات المقابِلة لها.

وتقوم اللجنة التقنية الدولية المعنية بالنفايات المشعّة، وهي فريق عامل من كبار الخبراء الدوليين، بإسداء المشورة إلى الوكالة بشأن أنشطة واتجاهات برنامج التصرّف في النفايات المشعّة، وتدعم تنفيذ هذا البرنامج. وتقوم اللجنة بصوغ واستعراض نخبة من المنشورات لإدراجها في سلسلة الطاقة النووية التي تصدرها الوكالة، وتقيِّم ما يعتريها من ثغرات

مشاركون يناقشون دراسة حالة تتناول إشراك أصحاب المصلحة المعنيين في التخلُّص من النفايات المشعّة، خلال حلقة عمل تدريبية عقدتها الوكالة في وارسو، ببولندا، في تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠١٢.

(مصدر الصورة: أ. إيزومو، الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

وتسدي النصح بشأن إعداد منشورات جديدة تقع ضمن نطاق مسؤولياتها.

الشبكات - التعاون في المجال النووي

الوكالة هي مركز التعاون العالمي في المجال النووي. ومنذ عام ٢٠٠١، تدافع الوكالة عن مفهوم واستخدام الشبكات المهنية (مجتمعات الممارسة) بهدف الدفع قدماً بتطبيق أفضل الممارسات في مجالات إدارة المعارف النووية، وتنفيذ التكنولوجيا النووية، والتصرّف في النفايات المشعّة، والإخراج من الخدمة، والاستصلاح البيئي. وتهدف مجتمعات الممارسة هذه إلى تعزيز أمان واستدامة الممارسات والمرافق المتصلة بالعلوم والتكنولوجيا النووية، وإلى أن تكون بمثابة محافل دولية للتعلُّم وتنمية الكفاءة في تطبيق إدارة المعارف النووية، وكذلك فيما يتعلق بربط شبكات التعليم النووي. وقد وفرت الوكالة أدوات وخدمات تتيح فرصاً أفضل للعلميين والخبراء في المجال النووي لتقاسم المعارف القائمة والوصول إليها.

وفي الوقت الراهن، تركِّز خمس من هذه الشبكات على مجالات التخصُّص المحدَّدة التالية ذات الصلة بالمجال النووي.

١- شبكة إدارة البيئة واستصلاحها (ENVIRONET)

يشمل نطاق شبكة إدارة البيئة واستصلاحها تعزيز العمل على تنفيذ إجراءات الاستصلاح، فضلًا عن حماية الجمهور والبيئة ورصد المواقع. وقد بُنِي أساس هذه الشبكة على مدى العقد الماضي حيث استُحدِث عدد من أساليب الاستصلاح التي تتناول تنظيف بيئة المواقع الملوثة إشعاعياً.

٢- الشبكة الدولية المعنية بالإخراج من الخدمة (IDN)

تهدف هذه الشبكة إلى تجميع المبادرات القائمة للإخراج من الخدمة سواء المتَّخذة داخل الوكالة أو خارجها لزيادة التعاون والتنسيق. وقد أُطلِقت هذه الشبكة في عام ٢٠٠٧ لتهيئة محفل مستمر لتقاسم الخبرات العملية المتصلة بالإخراج من الخدمة في أوساط الدول الأعضاء، وذلك استجابةً للاحتياجات التي أُعرب عنها في المؤتمر الدولي المعني بالدروس المستفادة من عمليات إخراج المرافق النووية من الخدمة والإنهاء المأمون للأنشطة النووية، الذي عُقد في أثينا، باليونان، في عام ٢٠٠٦.

٣- الشبكة الدولية لمختبرات تحديد خصائص النفايات النووية (LABONET)

تتكوَّن هذه الشبكة من مراكز مختبرية تهدف إلى تحسين تقاسم الخبرات الدولية في تطبيق ممارسات مُثبتة ومضمونة الجودة لتحديد خصائص النفايات المشعّة وحزم النفايات الضعيفة والمتوسطة الإشعاع وإلى تيسير سبل الحدّ من المخاطر الناجمة عن الإرث البيئي فضلاً عن تنظيفه.

٤- الشبكة الدولية للتخلّص من النفايات الضعيفة الإشعاع (DISPONET)

تضم هذه الشبكة مخطِّطي ومطوِّري ومشغِّلي مرافق التخلُّص الراغبين في تحسين الممارسات والنُهُج الدولية المتَّبعة في مجال التصرّف في النفايات الضعيفة الإشعاع.

٥- شبكة المرافق البحثية المقامة تحت الأرض (URF)

تتيح شبكة المرافق البحثية المقامة تحت الأرض منبراً لتعلُّم أساليب التخلُّص الجيولوجي من النفايات المشعّة. وتقوم مختلف الدول الأعضاء، تحت رعاية الوكالة، بتقديم مرافق بحثية مقامة تحت الأرض مطوَّرة وطنياً وما يرتبط بها من مختبرات تُعنى بالتخلُّص الجيولوجي من النفايات المشعّة، لأغراض التدريب على تكنولوجيات التخلُّص وتوضيحها عملياً.

وتعود هذه الشبكات القائمة في مختلف مجالات التصرّف في النفايات المشعّة بالفائدة على الدول الأعضاء. كما تتيح تلك الشبكات محفلاً لتبادل المعلومات ونشرها، وتعمل أيضاً على تعزيز التعاون بين الخبراء في البرامج المتقدِّمة والأقل تقدُّماً. ومن خلال هذا التبادل، تستطيع الوكالة مساعدة الدول الأعضاء التي تلتمس المساعدة في مجال إدارة الوقود المستهلك والتصرّف في النفايات المشعّة.

مشاريع دولية تدرس تطبيق واستخدام معايير أمان النفايات

وضعت الوكالة مشاريع للمقارنة البينية والمواءمة تدرس تطبيق واستخدام معاييرها الخاصة بأمان النفايات، بهدف تعزيز فعّاليتها فضلاً عن السعي إلى مواءمة الأساليب المتعلقة بالتصرّف المأمون في النفايات المشعّة.

المشروع الدولي لإيضاح أمان تشغيل مرافق التخلُّص الجيولوجي من النفايات المشعّة وأمان هذه المرافق على المدى الطويل (GEOSAF Part II) ("المشروع الدولي -الجزء الثاني")

يتيح هذا المشروع محفلاً لتبادل الأفكار والخبرات بشأن صوغ واستعراض حالة الأمان - التي تُعرَّف بأنها مجموعة من الحجج للتدليل على مدى أمان المرافق والأنشطة - فيما يتعلق بمرافق التخلُّص الجيولوجي. ويهدف أيضاً إلى تهيئة منصة لتقاسم المعارف. وعلى ضوء تزايد عدد البلدان التي تفكّر في الأخذ بالقوى النووية، وسعي البلدان التي لديها برامج للقوى النووية إلى تحديد سياسات واستراتيجيات وطنية ترمي إلى تغطية جميع عناصر دورة الوقود، فإن هذه المنصة لا تُعتبر ذات أهمية فحسب، بل ملائمة. وثمة حاجة أيضاً للمحافظة على قواعد المعارف القائمة.

وقد ركّز المشروع الأوّلي (٢٠٠٨-٢٠١١) على قيام المشغِّل بوضع ملف لبيان حالة أمان مرافق التخلُّص الجيولوجي وقيام الرقابيين باستعراضه، وهو مفهوم اكتسب في الآونة الأخيرة أهمية بالغة فيما يتعلق بالتصرّف في النفايات ويجري تناوله في العديد من معايير أمان النفايات.

واستُهلَّ الجزء الثاني من المشروع الدولي في عام ٢٠١٢ بهدف التوصُّل إلى فهم مشترك والعمل على مواءمة وجهات النظر والتوقُّعات بشأن أمان المرحلة التشغيلية للتخلُّص الجيولوجي من النفايات المشعّة وأمان مرحلة ما بعد الإغلاق.

التوضيح العملي واستخدام بيان حالة الأمان في إدارة التخلُّص من النفايات بالقرب من سطح الأرض (PRISM) ("مشروع بريزم")

يركز مشروع بريزم على طبيعة واستخدام بيان حالة الأمان على مدى العمر التشغيلي لمرافق التخلُّص من النفايات المشعّة بالقرب من سطح الأرض. والهدف من هذا المشروع هو تقاسم الخبرة والدراية الفنية لتيسير تطبيق الممارسات الجيدة في مجال التخلُّص المأمون من النفايات المشعّة.

ويوفر هذا المشروع إرشادات بشأن إيضاح حالة الأمان عملياً، من خلال وضع ملف لبيان حالة الأمان، بما يساعد على اتِّخاذ قرارات، كجزء من عملية الترخيص، بشأن إقامة مرافق التخلُّص من النفايات بالقرب من سطح الأرض. ومن خلال تطبيق المتابعة المتمثل في التوضيح العملي واستخدام بيان حالة الأمان في إدارة التخلُّص من النفايات بالقرب من سطح الأرض (PRISMA) ("مشروع بريزما")، سيتم وضع ملف نموذجي لبيان حالة الأمان على أساس الأدوات والمنهجية التي جرى إنشاؤها في إطار مشروع بريزم.

المشروع الدولي بشأن التدخُّل البشري في سياق التخلُّص من النفايات المشعّة (HIDRA) ("مشروع هيدرا")

مشروع هيدرا هو مشروع مدّته سنتان بدأ في عام ٢٠١٢. والهدف من هذا المشروع هو توفير إرشادات بشأن كيفية مراعاة جوانب التدخُّل البشري المحتمل في إطار التوضيح العملي لأمان مرافق التخلُّص من النفايات المشعّة. وستساهم نتائج المشروع، كجزء من تطوير مرافق التخلُّص من النفايات المشعّة، في تحقيق المستوى الأمثل بشأن تحديد المواقع والتصاميم ومعايير قبول النفايات.

وتتولَّى الوكالة تنظيم وإدارة الشبكات والأفرقة العاملة الدولية لمساعدة الدول الأعضاء على استخدام وتطبيق معايير الأمان والإرشادات التقنية وأفضل الممارسات بشأن التصرّف المأمون في جميع أنواع النفايات المشعّة. وثمة أدوات أخرى تكمِّل هذه المساعدة، مثل بعثات استعراض النظراء، والحلقات الدراسية وحلقات العمل، والتعليم والتدريب.

إدارة الأمان والأمن النوويين وشعبة دورة الوقود النووي وتكنولوجيا النفايات بالوكالة

استشراف آفاق المستقبل: تكنولوجيات ابتكارية لمعالجة النفايات المشعة والتخلُّص منها

إن دورات الوقود النووي المأمونة والمقاوِمة للانتشار والمتَّسمة بالكفاءة من الناحية الاقتصادية بحيث تقلِّل إلى أدنى حدّ من توليد النفايات ومن التأثيرات البيئية هي مدخل رئيسي إلى الطاقة النووية المستدامة. ويمكن أن يؤدِّي تطبيق نُهُج وتكنولوجيات ابتكارية إلى الحدّ بشكل ملحوظ من السمِّية الإشعاعية، أو الأخطار التي تشكِّلها المواد المشعّة بالنسبة للإنسان، فضلاً عن الحدّ من النفايات التي تولِّدها. وسيؤدِّي تقليص حجم النفايات والحِمل الحراري والمدة التي يلزم أن تُعزل فيها النفايات عن المحيط الحيوي إلى تبسيط مفاهيم التخلُّص من النفايات بقدر كبير.

كما أن إعادة التدوير وإعادة الاستخدام تقلِّلان حجم النفايات إلى الحد الأدنى. ويشكِّل هذا المفهوم، جنباً إلى جنب مع الاستخدام الأمثل للموارد الطبيعة، الأساس الذي تقوم عليه 'دورة الوقود المغلقة'، حيث يُعاد تدوير الأجزاء القابلة لإعادة الاستخدام من الوقود المستهلك ولا تُعتبَر بمثابة نفايات.

ويمكن معالجة الوقود النووي المستهلك من أجل فصل العناصر المشعّة الطويلة العمر و/أو تحويلها إلى أشكال أقصر عمراً وأقلّ خطورة. ويَنتُج عن هذه العملية، المعروفة باسم 'التجزئة والتحويل'، حجم أصغر من النفايات مع درجة أقل كثيراً من السمِّية الإشعاعية.

إعادة التدوير وإعادة الاستخدام تقلِّلان حجم النفايات إلى الحد الأدنى. ويشكِّل هذا المفهوم، جنباً إلى جنب مع الاستخدام الأمثل للموارد الطبيعة، الأساس الذي تقوم عليه 'دورة الوقود المغلقة'، حيث يُعاد تدوير الأجزاء القابلة لإعادة الاستخدام من الوقود المستهلك ولا تُعتبَر بمثابة نفايات.

التجزئة والتحويل

يتسم الوقود النووي المستهلَك المُفرَغ من مفاعل نووي بدرجة عالية من السمِّية الإشعاعية بسبب احتوائه على ثلاث مجموعات من العناصر: أكتينات رئيسية، هي اليورانيوم والبلوتونيوم؛ وأكتينات ثانوية تشمل النبتونيوم والأميريشيوم والكوريوم؛ ونواتج انشطارية. وبسبب الأكتينات الطويلة العمر والنواتج الانشطارية المُوَلِّدة للحرارة، يُعتبر الوقود المستهلك نفايات قويّة الإشعاع ولا بد من احتوائه وعزله عن المجال الحيوي داخل مرفق جيولوجي عميق لمئات الآلاف من السنين.

وتُعدُّ العناصر الأكتينية الطويلة العمر أكبر مساهم في السمِّية الإشعاعية الطويلة الأجل. والنواتج الانشطارية، رغم أنها تولِّد الحرارة، قصيرة العمر ولا تساهم في السمِّية الإشعاعية إلا خلال الـ١٠٠ سنة الأولى من عمرها.

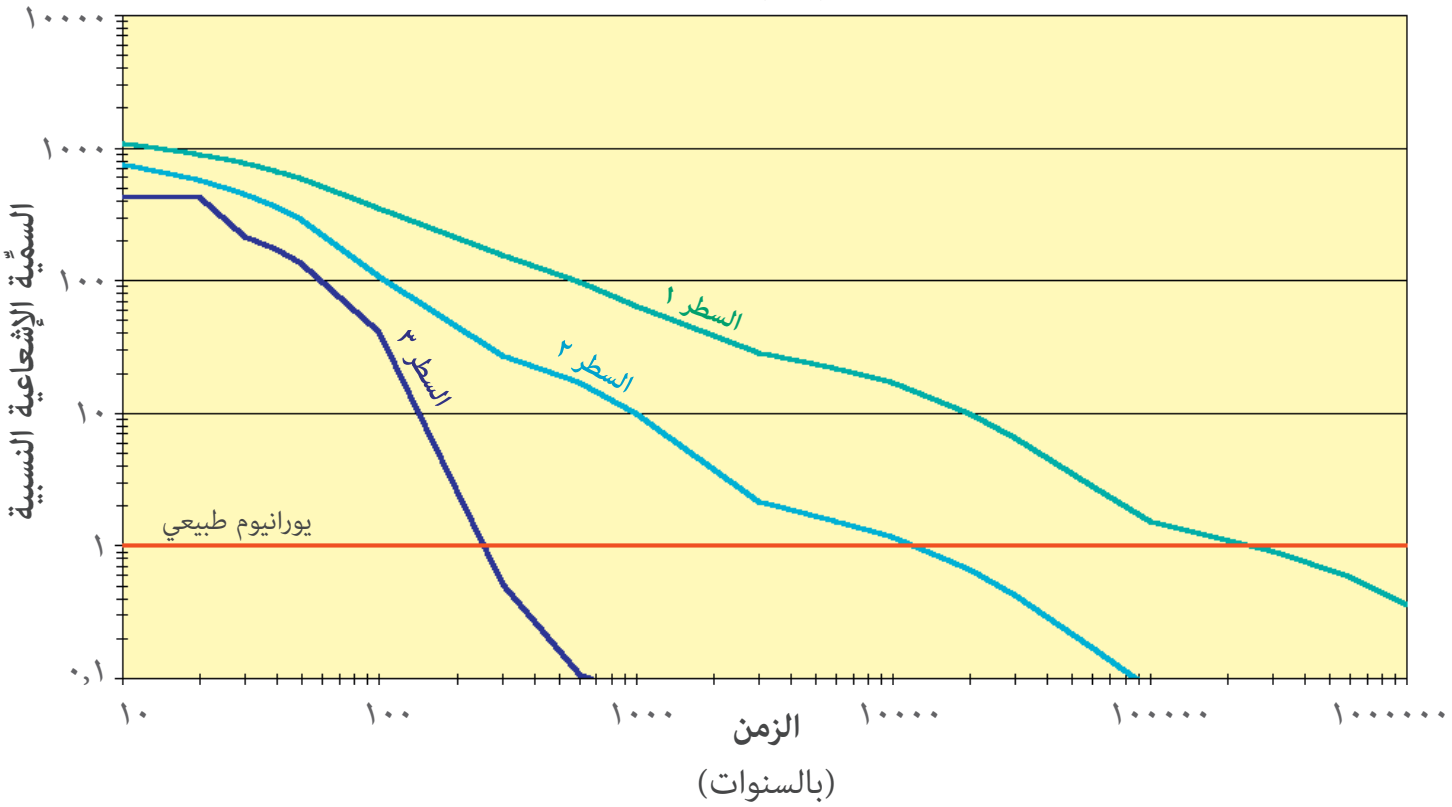
وفي عملية التجزئة والتحويل، يُستخرَج كلٌّ من البلوتونيوم والأكتينات الثانوية من الوقود المستهلك عن طريق الفصل الكيميائي. ويلي ذلك التحويل حيث تُدمَّر عناصر ما وراء اليورانيوم (النبتونيوم والبلوتونيوم والأميريشيوم والكوريوم) عن طريق الانشطار في مفاعل نووي مصمَّم خصّيصاً لهذا الغرض. ويمكن أن يؤدِّي استخدام نهج التجزئة والتحويل إلى تحسين كفاءة التصرّف في النفايات المشعّة بسبب تقليل حجم النفايات الذي يفضي إلى مخطّطات تصرف أكثر فعّالية من حيث التكلفة.

وفي الوقت الحاضر، تُعَدُّ النظم النيوترونية السريعة هي مجال البحث الأكبر لتكنولوجيات التحويل القادرة على تدمير العناصر الأكتينية الطويلة العمر. ويمكن إجراء التحويل في مفاعلات أخرى مثل مفاعلات الماء المضغوط لكن الانشطار يكون أقل كفاءةً فيها.

وثمة مزيَّة تتجلَّى بشكل واضح وهي أنه عندما تُستخدم المفاعلات السريعة مقترنةً بتكنولوجيات دورة الوقود الجديدة، يمكن إعادة تدوير الأكتينات الرئيسية والثانوية دون الحاجة إلى مخطّطات تنقية عالية، كما هي الحال بالنسبة لمحطات إعادة المعالجة القائمة في الاتحاد الروسي وفرنسا والهند واليابان. ويتَّسم هذا النظام بدرجة عالية من مقاومة الانتشار بسبب انعدام الحاجة إلى فصل البلوتونيوم عن الأكتينات الأخرى. والجمع بين المفاعلات السريعة (أو استخدام الطيف السريع) والمعالجة الحرارية المتقدمة للوقود المستهلك ما زال قيد التطوير في الوقت الراهن وتُجرى تجارب إيضاحية عليه في الاتحاد الروسي والاتحاد الأوروبي والهند.

السميِّة الإشعاعية في النفايات النووية

على مرّ الزمن، بالنسبة لمختلف دورات الوقود



السطر ١: نفايات ناجمة عن التخلُّص المباشر من الوقود المستهلك تشمل **FP + MA + Pu**

السطر ٢: نفايات ناجمة عن إعادة تدوير البلوتونيوم تشمل **FP + MA**

السطر ٣: نفايات ناجمة عن إعادة تدوير **MA + Pu** تشمل **FP**

FP= نواتج انشطار **MA**= أكتينات ثانوية **Pu**= بلوتونيوم

يمكن أن تقلِّص تكنولوجيا النيوترونات السريعة من السميِّة الإشعاعية للنفايات إلى مستوى اليورانيوم الطبيعي في نحو ٤٠٠ سنة بدلاً من مئات الآلاف من السنين.

وتتيح إعادة تدوير الأكتينات في المفاعلات السريعة تقليصاً كبيرا في حجم النفايات والحِمل الحراري والزمن اللازم لخفض مستويات السمِّية الإشعاعية إلى مستوى ركاز اليورانيوم الطبيعي المستخدم في وقود مفاعلات الماء الخفيف. وتدلِّل عمليات البحث والتطوير الراهنة على أن مفهوم 'التخلُّص المعادل للاضمحلال الطبيعي' قابل للتطبيق. وبعبارة أخرى، فإنه يمكن من الناحية التقنية توليد نفايات مشعّة من شأنها أن تَضمحلّ إلى مستويات طبيعية معيّنة على مدى يتراوح بين ٣٠٠ و٤٠٠ سنة، بدلاً من الـ ٢٥٠ ٠٠٠ سنة اللازمة لاضمحلالها فيما لو تم التخلُّص من الوقود المستهلك بشكل مباشر. أو يمكن القول ببساطة إن استحداث محطة قوى نووية حديثة سيقلِّل بقدر كبير من عبء النفايات على الأجيال القادمة.

غير أن تلك مهمَّة معقَّدة ومن الضروري تعزيز تكنولوجيات إعادة المعالجة وإعادة التدوير من أجل تحقيق ما يلي: تحسين كفاءة عمليات فصل الأكتينات، وتقليل حجم النفايات الثانوية، وتجنب مشاكل الانتشار. وتدلِّل الدراسات التي تضطلع بها الوكالة في مجال تطوير المفاعلات السريعة وفيما يتعلق بدورات الوقود الابتكارية على أن تلك المسائل يمكن حلُّها وأن الصناعة النووية يمكن أن تمضي قدماً نحو تحقيق دورة وقود جديدة أكثر استدامة.

وتُبذَل أيضاً جهود جدِّية في مجال البحث والتطوير تركِّز على استخدام الثوريوم بدلاً من اليورانيوم، وعلى زيادة استخدام نظم المفاعلات التي تتَّسم بمعدَّلات حرق أعلى للوقود، مثل المفاعلات المبرَّدة بالغاز الفائقة الحرارة ومفاعلات الملح المصهور. وتهدف هذه الجهود إلى تقليص كميات عناصر ما وراء اليورانيوم مع إنتاج القدر ذاته من الكهرباء.

ألكسندر ف. بيشكوف، نائب المدير العام للوكالة لشؤون الطاقة النووية

الجوانب القانونية للتصرّف في النفايات المشعّة: الصكوك القانونية الدولية ذات الصلة*

إن الاستخدام المسؤول للتكنولوجيا النووية يتطلّب التصرّف في النفايات المشعّة على نحو مأمون وسليم بيئياً، الأمر الذي يقتضي من البلدان أن تضع قيد العمل تدابير تقنية وإدارية وقانونية صارمة.

ويمكن الرجوع إلى الجوانب القانونية للتصرّف في النفايات المشعّة ضمن طائفة واسعة من الصكوك الدولية المُلزِمة وغير المُلزِمة قانونياً. وتركّز هذه اللمحة العامة على الصكوك الأكثر أهمية، لا سيما تلك التي تتناول الأمان النووي والأمن والضمانات والمسؤولية المدنية عن الأضرار النووية. وهي تحدِّد أيضاً الصكوك الإقليمية ذات الصلة بشأن المسائل البيئية، لا سيما ما يتعلق منها بالتقييمات البيئية الاستراتيجية، وتقييمات الأثر البيئي، وإتاحة فرص الحصول على المعلومات للجمهور، والمشاركة في اتخاذ القرارات، وكذلك الاحتكام إلى القضاء.

وفي مجال التصرّف في النفايات المشعّة، تُعدُّ الاتفاقية المشتركة بشأن أمان التصرّف في الوقود المستهلك وأمان التصرّف في النفايات المشعّة لعام ١٩٩٧ (الاتفاقية المشتركة) هي المعاهدة الأكثر صلة بهذا الموضوع. وتنطبق الاتفاقية المشتركة على أمان التصرّف في النفايات المشعّة عندما تنشأ هذه النفايات من تطبيقات مدنية، بما في ذلك المصادر المختومة المهمَلة، وتعدين اليورانيوم، والنفايات الناتجة عن عمليات التجهيز، والتصريفات الناجمة عن أنشطة خاضعة للتنظيم الرقابي. وكمثال لذلك، تقضي الاتفاقية المشتركة بأن على الأطراف المتعاقدة المشارِكة في نقل النفايات المشعّة عبر الحدود أن تتَّخذ خطوات مناسبة لضمان الاضطلاع بهذا النقل على نحو يتَّسق مع أحكامها وسائر الصكوك الدولية المُلزِمة ذات الصلة. ويلاحَظ أيضاً أن النفايات المشعّة الناتجة عن تشغيل محطات القوى النووية مشمولة بكلٍّ من الاتفاقية المشتركة واتفاقية الأمان النووي لعام ١٩٩٤.

> يمكن الرجوع إلى الجوانب القانونية للتصرّف في النفايات المشعّة ضمن طائفة واسعة من الصكوك الدولية المُلزِمة وغير الملزمة قانونياً. وتركّز هذه اللمحة العامة على الصكوك الأكثر صلة بالتصرّف في النفايات المشعّة، لا سيما تلك التي تتناول الأمان النووي والأمن والضمانات والمسؤولية المدنية عن الأضرار النووية.

وفي مجال الأمان النووي، تُعتبر أحكام مدونة قواعد السلوك غير الملزمة قانونيًا التي أصدرتها الوكالة في عام ٢٠٠٣ بشأن أمان المصادر المشعّة وأمنها ذات صلة أيضاً فيما يتعلق بالمصادر المشعّة المختومة المهمَلة التي يتم التصرُّف فيها كنفايات مشعّة.

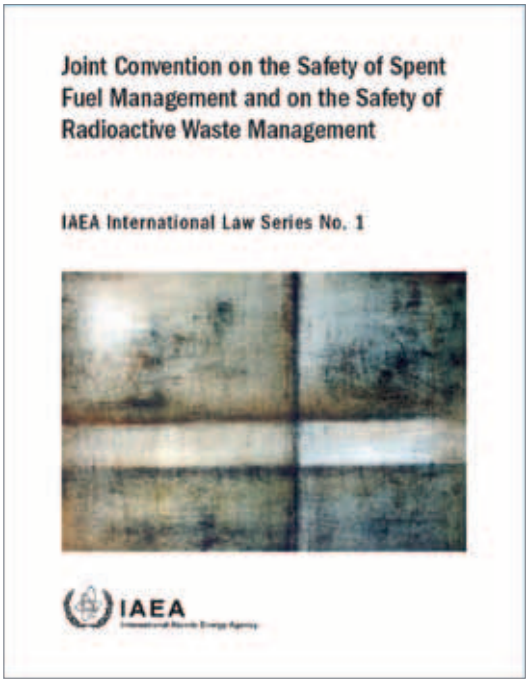
وتستند تلك الصكوك القانونية إلى معايير الأمان ذات الصلة الصادرة عن الوكالة، وبشكل خاص أساسيات الأمان، وكذلك متطلبات الأمان وأدلَّة الأمان التي تتناول الإطار الحكومي والقانوني والرقابي؛ والتصرّف في النفايات المشعّة تمهيداً للتخلُّص منها؛ والتخلُّص من النفايات المشعّة؛ والنقل المأمون للمواد المشعّة؛ ومراقبة المصادر اليتيمة والمواد المشعّة الأخرى في صناعات إعادة تدوير المعادن وإنتاجها.

وفي مجال الأمن النووي، تتناول اتفاقية الحماية المادية للمواد النووية لعام ١٩٨٠ (اتفاقية الحماية المادية)، بصيغتها المعدَّلة في عام ٢٠٠٥، الحماية المادية للمواد النووية (بما في ذلك النفايات المشعّة) المستخدمة للأغراض السلمية وذلك أثناء النقل النووي على الصعيد الدولي وأثناء الاستخدام والخزن والنقل على الصعيد المحلّي. واتفاقية الحماية المادية هي الصك الدولي الوحيد الملزم قانونيًا في مجال الحماية المادية للمواد النووية.

وفضلاً عن ذلك، تُطبَّق ضمانات الوكالة المنصوص عليها بموجب اتفاقات ضمانات شاملة على جميع المواد النووية

---

* يجدر الرجوع أيضاً إلى المقالة المعنونة نظام قانوني دولي متسع: حماية البيئة والتصرّف في النفايات المشعّة، بقلم فولفرام تونهاوزر (رئيس قسم قوانين المجال النووي والمعاهدات التابع لمكتب الشؤون القانونية بالوكالة) والسيد غوردون لينزلي (الرئيس السابق لقسم أمان النفايات بالوكالة)، المنشورة في المجلّد ٤٢، العدد ٣، ٢٠٠٠، من مجلة الوكالة.



التي تباشر** في أراضي الدول المرتبطة باتفاقات ضمانات شاملة نافذة أو تحت ولايتها أو تباشَر تحت سيطرتها في أي مكان. ويشمل ذلك المواد النووية التي تحتويها النفايات المُحتفظ بها لغرض حصري وهو التحقّق من عدم تحريف هذه المواد إلى أسلحة نووية أو أجهزة تفجيرية نووية أخرى. وعلاوةً على ذلك، بموجب البروتوكولات الإضافية التي تبرمها الدول المرتبطة باتفاقات ضمانات شاملة، تتحقَّق الوكالة من المعلومات التي تقدِّمها الدول عن مكان وجود النفايات المتوسطة الإشعاع أو القوية الإشعاع التي تحتوي على بلوتونيوم أو يورانيوم شديد الإثراء أو يورانيوم-٢٣٣، أو أي معالجة إضافية لها.

وفيما يتعلق بالمسؤولية النووية، تشمل الصكوك القانونية الدولية ذات الصلة اتفاقية فيينا بشأن المسؤولية المدنية عن الأضرار النووية لعام ١٩٦٣، وبروتوكول عام ١٩٩٧ لتعديل اتفاقية فيينا بشأن المسؤولية المدنية عن الأضرار النووية، واتفاقية التعويض التكميلي عن الأضرار النووية لعام ١٩٩٧. وتوفِّر هذه الصكوك أساساً لتعويض الطرف الثالث فيما يتعلق بالأضرار النووية الناجمة عن وقوع حادثة نووية أثناء نقل النفايات المشعّة أو عن وقوع حادثة نووية في منشأة نووية، مثل مرفق لخزن النفايات المشعّة، أو مفاعل مُغلق، أو منشأة يجري إخراجها من الخدمة، أو مرفق للتخلُّص من النفايات المشعّة.

** المواد النووية التي تخضع للضمانات بموجب اتفاقات الضمانات الشاملة تتألَّف من اليورانيوم والبلوتونيوم والثوريوم.

وفيما يتعلق بالمسؤولية النووية، تشمل الصكوك القانونية الدولية ذات الصلة اتفاقية فيينا بشأن المسؤولية المدنية عن الأضرار النووية لعام ١٩٦٣، وبروتوكول عام ١٩٩٧ لتعديل اتفاقية فيينا بشأن المسؤولية المدنية عن الأضرار النووية، واتفاقية التعويض التكميلي عن الأضرار النووية لعام ١٩٩٧.

وأخيراً، فإن الصكوك الإقليمية المتعلقة بالمسائل البيئية ذات أهمية خاصة بالنسبة للمنشآت المصمَّمة لمعالجة النفايات المشعّة وخزنها والتخلُّص منها. وتتناول هذه المعاهدات، المعتمَدة تحت رعاية لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا، تقييمات الأثر البيئي، والتقييمات البيئية الاستراتيجية، وإتاحة فرص الحصول على المعلومات للجمهور، ومشاركة الجمهور في اتخاذ القرارات، واحتكام الجمهور إلى القضاء. وهي تشمل اتفاقية عام ١٩٩١ لتقييم الأثر البيئي في إطار عبر حدودي (اتفاقية إيسبو)، وبروتوكول عام ٢٠٠٣ للتقييم البيئي الاستراتيجي الملحق باتفاقية تقييم الأثر البيئي في إطار عبر حدودي (بروتوكول كييف)، واتفاقية عام ١٩٩٨ الخاصة بإتاحة فرص الحصول على المعلومات عن البيئة ومشاركة الجمهور في اتخاذ القرارات بشأنها والاحتكام إلى القضاء في المسائل المتعلقة بها (اتفاقية آرهوس).

أنتوني كريستيان ويثيرال وإيزابيل روبين، مكتب الشؤون القانونية التابع للوكالة

التنظيم الرقابي للتصرّف في النفايات المشعّة على المستوى الوطني

تتولّى الحكومات الوطنية والمحلّية تصميم وإنفاذ قواعد معيّنة بشأن نقل النفايات المشعّة ومعالجتها وخزنها والتخلُّص منها وتصنيفها على نحو مأمون. وتهدف هذه القواعد إلى حماية الناس والبيئة، وتوفير إطار قانوني ورقابي يمكن ضمنه تخطيط عمليات التصرّف في النفايات المشعّة وتنفيذها تنفيذاً مأموناً.

وتشمل اللوائح التي تنظُم شؤون النفايات المشعّة أيضاً تحديد "الجهة" المسؤولة عن الاضطلاع بـ"مهام معيّنة" في كل مرحلة من مراحل عملية التصرّف في النفايات، كما تحدِّد ملامح عملية صنع القرار بشكلها الأمثل على امتداد مختلف مراحل العمر التشغيلي لمرفق النفايات، بما في ذلك إقامته وتشغيله وإغلاقه أو إخراجه من الخدمة.

وتتناول اللوائح التي ينشئها ويقوم بإنفاذها كيان حكومي وطني/محلّي مستقل تتناول أيضاً كيفية السماح لمرفق النفايات بتأمين التمويل اللازم له، وكيفية تعيين الموظفين، وكيفية ومدى استطاعة أطراف خارجية أن تغدو مشارِكة في عمله، والأماكن التي يمكن فيها بناء مرافق النفايات، والتدابير التي يجب اتّخاذها لحماية العاملين في هذه المرافق.

ويتمثَّل دور الوكالة، في المقام الأول، في إسداء المشورة وتوفير الإرشادات عندما يُطلب منها ذلك.

ويستخدم العديد من الدول الأعضاء في الوكالة، البالغ عددها ١٦٢ دولة عضواً، معايير الأمان التي تصدرها الوكالة بشأن النفايات المشعّة كنموذج لاستحداث لوائحها الذاتية المُلزِمة قانونياً. ويتفحَّص خبراء مدى صحة هذه المعايير بالاستناد إلى أفضل الممارسات العالمية.

وتختلف لوائح التصرّف في النفايات المشعّة في كل بلد ، تبعاً للبنية القانونية الوطنية القائمة في الدولة العضو، ولمدى تعقُّد ونطاق المرافق والأنشطة والأرصدة ذات الصلة بالتصرّف في النفايات المشعّة. وعلى سبيل المثال، فإن لوائح التصرّف في النفايات المشعّة بالنسبة لبلدان لديها برامج دورة وقود شاملة تتضمَّن مفاعلات تختلف عن تلك الخاصة ببلدان تملك أرصدة محدودة من المصادر المشعّة المهمَلة.

شعبة الأمان الإشعاعي وأمان النقل وأمان النفايات بالوكالة، وساشا إنريكيز، مكتب الإعلام العام والاتصالات بالوكالة

بناء القدرات في مجال التصرّف في النفايات المشعّة

يؤدِّي برنامج التعاون التقني دوراً كبيراً في دعم عمليات التصرّف في النفايات المشعّة في جميع أنحاء العالم، باعتبارة الآلية الرئيسية التي تستخدمها الوكالة في تقديم الخدمات، من خلال المساعدة على تقاسم المعلومات حول هذا الموضوع، وتدريب العاملين على معالجة النفايات المشعّة والتخلُّص منها بالشكل الصحيح. ويعمل برنامج التعاون التقني على دعم عملية وضع السياسات والاستراتيجيات، وتقييم المرافق القائمة والارتقاء بها (إذا لزم الأمر)، وإقامة مرافق جديدة للتصرّف في النفايات المشعة، خاصةً مرافق للتخلُّص من النفايات المشعة بالقرب من سطح الأرض. ويساعد البرنامج أيضاً على تطوير الكفاءات في مجال التخلُّص الجيولوجي لصالح الدول الأعضاء التي تشغِّل محطات للقوى النووية. وتقدِّم هذه المقالة أمثلة قليلة فقط لمشاريع توضح نطاق البرنامج.

ففي أفريقيا، تتعلَّق التحدّيات الرئيسية التي تواجه الدول الأعضاء في مجال النفايات المشعّة بالافتقار إلى بنية أساسية وطنية وافية وإلى عاملين مدَّربين بالشكل الصحيح. ومن خلال برنامج التعاون التقني، تقوم الوكالة بمساعدة الدول الأعضاء الأفريقية على تحسين قدراتها في مجال التصرّف في النفايات المشعّة وعلى اكتساب خبرات عن طريق الاضطلاع ببرامج شاملة ومعدَّة خصّيصاً لبناء القدرات من شأنها أن تدعم نقل المعارف والتكنولوجيا.

فعلى سبيل المثال، تشغِّل الهيئة التنزانية للطاقة الذرية مرفقاً مركزياً للتصرّف في النفايات المشعّة أنشِئ بمساعدة برنامج الوكالة للتعاون التقني. وتُجمَع المصادر المشعّة المهمَلة من مختلف الأماكن في جميع أنحاء البلد وتُوضع في المرفق لخزنها على نحو مأمون لأجل طويل. وتلقَّت جمهورية تنزانيا المتحدة أيضاً مساعدة بشأن الجوانب التقنية والمتصلة بالأمان فيما يتعلق بالخزن المؤقت للنفايات المشعّة وللتصرّف فيها ورصدها والسيطرة عليها ومناولتها. ونتيجةً لذلك، باتت قيد العمل في البلد تدابير لمراقبة تعرُّض الجمهور للإشعاعات، إلى جانب استراتيجية للتصرّف في النفايات المشعّة وإطار قانوني للنفايات المشعّة. وفي الوقت الحاضر، يجري التصرّف في النفايات المشعّة بجميع أنواعها بالشكل الصحيح، باستخدام تكنولوجيا ملائمة، وبما يتماشى مع معايير الأمان الدولية.

وتشارك جمهورية تنزانيا المتحدة في الوقت الراهن أيضاً في مشروع للتعاون التقني الإقليمي بشأن تحسين البنية الأساسية للتصرّف في النفايات في أفريقيا. ويركِّز هذا المشروع على مواضيع من بينها تحسين رصيد المصادر المشعّة، والتصرّف في المصادر المشعّة 'من المهد إلى اللحد'، وتطبيق تكنولوجيات التصرّف في النفايات والاستصلاح في الصناعات التي تنطوي على مواد مشعّة موجودة في البيئة الطبيعية.

المركز التنزاني لخزن النفايات.

(مصدر الصورة: الهيئة التنزانية للطاقة الذرية، تنزانيا)

وفي مشروع آخر جارٍ في منطقة آسيا والمحيط الهادئ، يشارك أكثر من ٩٠ خبيراً من ٢٢ دولة عضواً في مشروع للتعاون التقني الإقليمي من أجل إرساء بنية أساسية للتصرّف في النفايات المشعّة. ويركِّز المشروع على التصميم النَسَقي لمرافق معالجة وخزن الأحجام الصغيرة من النفايات الضعيفة والمتوسطة الإشعاع، بما في ذلك المصادر المختومة المهملة، كما يدعم التدريب على التصرّف في المصادر المشعّة المختومة المهمَلة باستخدام مفهوم الوكالة للتخلُّص داخل حُفَر السبر والتصرّف في المصادر من المهد إلى اللحد، فضلاً عن تركيزه على التصرّف في نفايات المواد المشعّة الموجودة في البيئة الطبيعية.

ويُسترشَد في عملية التصرّف في النفايات المشعّة بالسياسات والاستراتيجيات الوطنية، التي توفِّر لها الوكالة أيضاً دعماً مهمّاً. ففي إطار المشروع ذاته، تلقَّت كلٌّ من بنغلاديش، وتايلند، وعُمان، وفييت نام، دعماً بشأن إعداد سياساتها واستراتيجياتها الوطنية المتعلقة بالتصرّف في النفايات المشعّة والمصادر المهمَلة. وتلقَّت إندونيسيا مساعدة بشأن تحديد خصائص النفايات المشعّة الصلبة وانتقاء خيارات تتعلق بالتخلُّص من النفايات المشعّة والمصادر المشعّة المختومة

برنامج الوكالة للتعاون التقني يزوِّد الدول الأعضاء بالمهارات والقدرات الأساسية في مجال التصرّف في النفايات المشعّة.

وترد هنا بعض الإحصاءات عن المساعدة التي قُدِّمت على مدى العقد الماضي.

مشاريع التعاون التقني	١٢٢
الحاصلون على منح دراسية	١٣٠
الزائرون العلميون	٣٩٧
المشاركون في دورات تدريبية غير محلِّية	٧٤٠
المشاركون في الاجتماعات	١٥٦٧

المهمَلة. وقُدِّمت المساعدة إلى جمهورية إيران الإسلامية من أجل تقييم أرصدتها وقدراتها على الصعيد الوطني، وإعداد خطة عمل للتصرّف في المصادر المشعّة المختومة المهمَلة.

وكمثال من أوروبا قُدِّمت مساعدة من خلال برنامج التعاون التقني في مجال تقييم سياسة واستراتيجية رومانيا للتصرّف في النفايات المشعّة، شملت استعراض الوثائق وإسداء المشورة بشأن المبادئ التوجيهية وأفضل الممارسات الدولية والإرشادات الرقابية الصادرة عن الوكالة بشأن التصرّف في

> تدعم التفاعلات بين بلدان ذات مستويات مختلفة من الخبرة في مجال العلوم والتكنولوجيا النووية تحقيق مستوى أفضل لممارسات التصرّف في النفايات.

النفايات المشعة. وقد يسَّر هذا المشروع إجراء حوار وطني وعزَّز إلى حدّ كبير قدرة الوكالة المعنية بالنفايات النووية والمشعّة في رومانيا على معالجة المسائل المتصلة بالتصرّف في الوقود النووي والنفايات المشعّة.

وأخيراً، في أمريكا اللاتينية، عملت المشاريع الإقليمية على تعزيز البنية الأساسية والأطر الرقابية الوطنية الخاصة بمراقبة تعرُّض الجمهور للإشعاعات وبالتصرّف المأمون في النفايات المشعّة في المنطقة. وتلقَّت بلدان معيّنة مساعدة في إرساء سياسات وطنية بشأن التصرّف في النفايات المشعّة، بما يتماشى مع التوصيات الدولية، كما تم توفير التدريب للموظفين المسؤولين عن الأنشطة الرقابية وكذلك للمعنيين بالتصرف في النفايات المشعّة.

وتدعم التفاعلات بين بلدان ذات مستويات مختلفة من الخبرة في مجال العلوم والتكنولوجيا النووية تحقيق مستوى أفضل لممارسات التصرّف في النفايات. وقد أنشأت الوكالة عدّة شبكات للمعارف في مختلف مجالات التصرّف في النفايات المشعّة. وتحتوي شبكة إدارة البيئة واستصلاحها على الوثائق المتعلقة بالاستصلاح البيئي، في حين تقدِّم الشبكة الدولية للتخلُّص من النفايات الضعيفة الإشعاع معلومات عن التخلُّص من النفايات بالقرب من سطح الأرض، وتساعد الشبكة الدولية للمختبرات المعنية بتحديد خصائص النفايات النووية في توصيف أرصدة النويدات المشعّة توصيفاً دقيقاً ومضمون الجودة، وهو أمر ضروري لاتخاذ ما يلزم من قرارات تتعلق بخيارات التصرّف في النفايات. وتتيح هذه الشبكات محفلاً لتبادل المعلومات ونشرها في أوساط الدول الأعضاء في الوكالة الدولية للطاقة الذرية، مما يعزز قدرتها على التصرّف في أي نفايات مشعّة بشكل مأمون.

عمر يوسف، إدارة التعاون التقني بالوكالة

المساهمون

يوكيا أمانو
جيرار برونو
ألكسندر ف. بيشكوف
إليانور كودي
آبها ديكسيت
آيهان إيفرينسيل
جيري فالتيجسيك
دينيس فلوري
فيلموس فريدريخ
بيل-سوو هان
ساشا إينريكيز
نيكول جاويرث
برونا ليكوسوا
خوان كارلوس لينتيخو
سوزانا لوف
ستيفان يورغ مايير
فلاديمير ميشال
ستيفانو مونتي
روث إيلين مورغارت
كاي ماولر
ميشال أوجوفان
بيتر أورماي
لويز بوتيرتون
رودولفو كويفنكو
إيزابيل روبين
ريبيكا آن روبينس
سوزانتا كومار سامانتا
أنتوني ويثيرال
عمر يوسف

International Atomic Energy Agency Scientific Forum

RADIOACTIVE WASTE: MEETING THE CHALLENGE

Science and Technology for Safe and Sustainable Solutions

23–24 September 2014, Vienna, Austria

Boardroom D, C Building, 4th Floor

IAEA
International Atomic Energy Agency