نشرة إعلامية فصلية تصدر عن قسم الوقاية والأمان في هيئة الطاقة الذرية السورية

في هذا العدد:

* متطلبات التخلص من النفايات الحاوية على المواد المشعة الطبيعية في المطامر السطحية
*. قياس الجرعات بأثر رجعي
* استمثال الوقاية الإشعاعية في التصوير الطبي الهجين PET-CT
* دور التقانات النووية في تحقيق أهداف التنمية المستدامة
* الصكوك القانونية الدولية المعتمدة تحت رعاية الوكالة الدولية للطاقة الذرية بشأن الأمان والأمن الإشعاعي والنووي

## متطلبات التخلص من النفايات الحاوية على المواد المشعة الطبيعية في المطامر السطحية

تتنوع أشكال النفايات المشعة الحاوية على المواد المشعة الطبيعية (النورمNaturally Occurring Radioactive Materials, NORM ) في صناعة النفط والغاز بحسب مصدر هذه النفايات، ومن تلك الأشكال الرواسب الحرشفية الصلبة، الوحل الملوث، المياه المنتجة المرافقة للنفط والغاز، التربة الملوثة، المعدات الملوثة من الداخل أو الخارج أو كليهما معاً، النفايات الناتجة عن عمليات إزالة التلوث أو التفكيك والنفايات الناتجة عن عمليات إعادة التدوير في عمليات إزالة التلوث.

يعتمد تصنيف النفايات المشعة على مبدأ عام ينص على أنه كلما زاد تركيز النشاط، زادت الحاجة إلى احتواء النفايات وعزلها عن المحيط الحيوي. لقد وضعت الوكالة الدولية للطاقة الذرية تصنيفاً للنفايات المشعة يعطي مؤشرًا يساعد في تحديد خيارات التخلص المناسبة ولقد أدرجت أدناه فقط التصنيفات التي يمكن أن تدرج تحتها النفايات الحاوية على المواد المشعة الطبيعية:

**1. النفايات المعفاة (Exempt waste)**

وهي نفايات ذات محتوى إشعاعي منخفض أقل من حد الاعفاء المقر من الجهة التنظيمية وبذلك يمكن التخلص منها في البيئة.

**2. نفايات قصيرة العمر (Very short-lived waste)**

وهي نفايات تحتوي على نكليدات قصيرة عمر النصف يمكن تخزينها لفترة محدودة تصل إلى بضع سنوات للسماح بالحد من التحلل الإشعاعي. يمكن بعد ذلك إزالتها من الرقابة التنظيمية وفقًا للترتيبات المعتمدة من قبل السلطة التنظيمية للتخلص منها كنفايات عادية أو للاستخدام أو للتخلص الخاضع للرقابة. تشمل هذه الفئة النفايات التي تحتوي على النكليدات المشعة ذات أعمار نصف قصيرة جدًا تستعمل غالبًا للأغراض البحثية والطبية.

**3. النفايات ذات المستوى المنخفض جدًا (Very low level waste)**

تحتوي هذه النفايات عادةً على محتوى إشعاعي أعلى من النفايات المعفاة (أعلى من حدّ الإعفاء بـ 1 – 2 ضعف)، ولكنها مع ذلك قد لا تحتاج إلى مستوى عالٍ من الاحتواء والعزل. وهي مناسبة للتخلص منها في منشآت مدافن نفايات قريبة من السطح مع تحكم تنظيمي محدود. تشتمل النفايات النموذجية في هذه الفئة على التربة والأنقاض ذات المستويات المنخفضة من النشاط الإشعاعي والتي تنشأ من مواقع كانت ملوثة سابقًا بالنشاط الإشعاعي. وقد تحتوي على كميات صغيرة من النكليدات المشعة طويلة العمر.

**4. نفايات منخفضة المستوى (Low level waste)**

تحتوي هذه النفايات على نسبة عالية من النشاط الإشعاعي (أعلى من النفايات المعفاة بحدود تصل حتى 100 ضعف) ولكنها تحتوي على كميات محدودة من النكليدات المشعة طويلة العمر مثل المواد المشعة الطبيعية كالراديوم-226. تتطلب عزلًا واحتواءً كبيرين لفترات تصل إلى بضع مئات من السنين، وهو مناسب للتخلص منها في منشآت قريبة من السطح بعمق يصل الى عشرات الأمتار. وهي تغطي مجموعة كبيرة جدًا من النفايات، وقد تشتمل على النكليدات المشعة قصيرة العمر عند مستويات أعلى من تركيز النشاط، وكذلك النكليدات المشعة طويلة عمر النصف، ولكن فقط عند مستويات منخفضة نسبيًا من تركيز النشاط.

إن نفايات النورم وفقاً للتصنيف السابق تعود لنوع النفايات ذات المستوى المنخفض جدًا كما أنها قد تندرج تحت النفايات المستثناة أعلاه حتى مستوى النفايات المنخفض ولكن مع النكليدات المشعة ذات عمر النصف الطويل (يتجاوز 30 عامًا).

أدى ازدياد الإنتاج العالمي للنفط إلى ازدياد تراكم النفايات المشعة الطبيعية الناتجة عن الصناعة النفطية مع اختلاف كمية وخصائص هذه النفايات. ويرجع الهدف الرئيسي للتخلص النهائي للنفايات المشعة وفق معايير الأمان المعتمدة إلى:

1. حماية الإنسان والبيئة من التأثيرات الضارة للنفايات المشعة.
2. التخلص من النفايات المشعة وفق طرائق تحقق معايير الوقاية الإشعاعية اليوم من جهة وتحفظ الأجيال القادمة من جهة أخرى.

# متطلبات التخلص من النفايات الحاوية على المواد المشعة الطبيعية في المطامر السطحية-تتمة

ولهذا يجب أن يصمم نظام التخلص من النفايات المشعة ليكون معزولاً وبشكل كلي عن التأثيرات الخارجية، وأن يغلق بشكل تام عند نهاية التخزين. كما ويجب أن يقدم استقراراً كاملاً للنفايات المشعة بعد أن يتم تخزنها، مع مراعاة أن يكون موقع التخزين عميقاً بشكل كافٍ لحماية النفايات من العوامل والتأثيرات الخارجية.

تتنوع طرائق التخلص من النفايات المشعة الحاوية على المواد المشعة الطبيعية في حقول النفط كما يلي:

1. إعادة حقنها إلى الطبقات الأرضية التي خرجت منها.
2. إعادة حقنها في آبار مهجورة.
3. تغليفها بالإسمنت والتخلص منها في أنابيب عميقة في الأرض.
4. طرحها في البحر بعد إحلالها بالماء.
5. نثرها على سطح/تحت سطح الأرض.
6. التخلص منها في مطمر نفايات مرخّص.

ويبقى اختيار طريقة التخلص المناسبة مرهونا بموافقة الجهة التنظيمية في البلد المعني.

إن أكثر خيارات التخلص من نفايات النورم المستعملة عالميًا هي:

- منشآت مطامر نفايات سطحية مصممة بشكل هندسي يلبي الغرض منها مع تحكم تنظيمي محدود؛ بالنسبة لنفايات النورم مع تركيز نشاط لكل نكليد مشع في سلسلة تفكك اليورانيوم أو سلسلة تفكك الثوريوم والتي تقل عن 100 بيكرل/غ والمصنفة على أنها VLLW.
- المرافق المصممة بالقرب من السطح؛ بالنسبة لنفايات النورم مع تركيز نشاط لكل نكليد مشع في سلسلة تفكك اليورانيوم أو سلسلة تفكك الثوريوم والتي تزيد عن 100 بيكرل/غ حتى 400 بيكرل/غ وتصنف على أنها LLW.

يحدد تقرير التخلص من النفايات المشعة الصادر عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية (SSR-5 IAEA, 2011) معايير الأمان المتعلقة بالتخلص من النفايات المشعة بجميع أنواعها، والمتطلبات التي يجب تحقيقها عند التخطيط للتخلص من النفايات المشعة بالإضافة الى متطلبات تطوير وتشغيل واغلاق مرافق التخلص من النفايات المشعة. ولتحقيق هذه المعايير قد يلزم اتخاذ تدابير عدة منها؛ تقييم واختيار الموقع، وتصميم وإنشاء وتشغيل وإغلاق مرفق التخلص. ويضيف دليل الأمان الخاص بمعايير الأمان الصادر عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية (رقم SSG-29، مرافق التخلص من النفايات المشعة القرب سطحية، 2014) مزيداً من التفاصيل حول هذه المعايير.

كان الاهتمام بالخزن الطويل للنفايات المشعة، بشكل عام، ونفايات النورم الناتجة عن الصناعة النفطية بشكل خاص من الأمور الهامة التي شغلت اهتمام الدول وشركات النفط لإيجاد أكثر الطرائق ملاءمة للبيئات المختلفة مع الأخذ في الحسبان المعايير الاقتصادية والاجتماعية وتحقيق الأمان الإشعاعي المطلوب في الوقت الحاضر وفي المستقبل.

تعد هذه المتطلبات والمعايير ضرورية من منظور الأمان بحيث يترتب على عدم تحقيق أي من هذه المتطلبات اتخاذ إجراءات تصحيحية.

ونوضح فيما يلي متطلبات الأمان المتعلقة بالتخلص من النفايات المشعة فيما يخص تصميم المطمر السطحي وعمليات التشغيل وحالة ما بعد الإغلاق (تم هنا ذكر رقم المتطلبات وفقا لترتيبها في معيار الأمان SSR-5، 2011 وتم شرح المتطلبات التي تهتم بالأوجه التصميمية والتشغيلية:

**المتطلبات 1–6**: تشرح الإطار الحكومي والقانوني والتنظيمي وبالإضافة الى جوانب الأمان أثناء تشغيل المطمر.

**المتطلب 7: وظائف أمان متعددة**

يجب أن يتم اختيار موقع مطمر التخلص وتصميم حواجزه الهندسية وتشغيله بحيث يضمن تحقيق الأمان من خلال وظائف أمان متعددة (عدة خطوط أمان متتابعة). ان احتواء وعزل النفايات يجب أن يتم من خلال عدد من الحواجز الفيزيائية في نظام التخلص ويتم تحقيق فعالية هذه الحواجز بواسطة عمليات فيزيائية وكيميائية متنوعة في ظل وجود العديد من الضوابط التشغيلية كما يجب اظهار مقدرة الحواجز الافرادية والضوابط التشغيلية مع مقدرة كامل نظام التخلص على العمل بفعالية كما هو مفترض في حقيبة الأمان. من غير الملائم اطلاقا أن يعتمد الأداء العام لنظام التخلص على وظيفة أمان واحدة.

**المتطلب 8: احتواء النفايات المشعة**

"يجب تصميم الحواجز الهندسية، بما في ذلك شكل النفايات والتعبئة والتغليف، واختيار البيئة المضيفة، بما يحقق احتواء النكليدات المشعة المرتبطة بالنفايات والذي بدوره يؤدي إلى تقليل المخاطر التي تشكلها هذه النفايات بشكل كبير.

**المتطلب 9: عزل النفايات المشعة**

"يجب أن يتم تحديد موقع مطمر التخلص وتصميمه وتشغيله بما يؤمن ميزات تحقق عزل النفايات المشعة عن الأشخاص والمحيط الحيوي الذي يمكن الوصول إليه. ويجب أن تهدف الميزات إلى توفير عزل لعدة مئات من السنين للنفايات قصيرة العمر وعدة آلاف من السنين على الأقل للنفايات المتوسطة والعالية المستوى. وعند القيام بذلك، يجب الأخذ بالحسبان كلاً من التغير الطبيعي في نظام التخلص والأحداث التي تسبب اضطرابًا في المطمر".

**المتطلب 10: المراقبة والتحكم في ميزات الأمان غير النشطة**

"يجب تطبيق مستوى مناسب من المراقبة والتحكم لتحقيق ميزات الأمان المستقرة والحفاظ عليها بالقدر الذي يكون فيه ذلك ضروريًا، مما يمكّن من أداء الوظائف المسندة في حقيبة الأمان لأجل تحقيق الأمان بعد الإغلاق".

# متطلبات التخلص من النفايات الحاوية على المواد المشعة الطبيعية في المطامر السطحية-تتمة

**المتطلب 12: إعداد واعتماد واستعمال حقيبة الأمان وتقييم الأمان لمنشأة التخلص**

"يجب إعداد حقيبة الأمان وتنفيذ تقييم الأمان الداعم وتحديثها من قبل المشغل حسب الضرورة، يجري ذلك في كل خطوة من خطوات تطوير مطمر التخلص، سواءً أثناء التشغيل أو بعد الإغلاق. يجب تقديم حقيبة الأمان وتقييم الأمان الداعمة إلى الهيئة التنظيمية للموافقة عليها. يجب أن تكون حقيبة الأمان وتنفيذ تقييم الأمان الداعمة مفصلاً وشاملاً بشكل كافٍ لتوفير المدخلات الفنية اللازمة لإبلاغ الهيئة التنظيمية ولإصدار القرارات اللازمة في كل خطوة".

**المتطلب 13: نطاق حقيبة الأمان وتقييم الأمان**

"يجب أن تصف حقيبة الأمان لمنشأة التخلص جميع جوانب الأمان ذات الصلة بالموقع وتصميم المرفق وتدابير الرقابة الإدارية والضوابط التنظيمية. كما يجب أن توضح حقيبة الأمان وتقييم الأمان الداعم مستوى حماية الأشخاص والبيئة بحيث توفر ضمانًا للهيئة التنظيمية والأطراف المعنية الأخرى بأنه سيتم الوفاء بمتطلبات السلامة".

**المتطلب 14: توثيق حقيبة الأمان وتقييم الأمان**

"يجب توثيق حقيبة الأمان وتقييم الأمان الداعم لمنشأة التخلص بمستوى من التفاصيل والجودة الكافيين لإبلاغ ودعم القرار الذي يجب اتخاذه في كل خطوة، وللسماح بمراجعة مستقلة لحقيبة الأمان ودعم تقييم الأمان".

**المتطلب 15: توصيف الموقع لمنشأة التخلص**

"يجب أن يوصف موقع مرفق التخلص بمستوى كافٍ من التفاصيل تدعم الفهم العام لكل من خصائص الموقع وكيف سيتطور الموقع بمرور الوقت، ويجب أن يشمل ذلك حالته الحالية وتطوره الطبيعي المحتمل والأحداث الطبيعية المحتملة، وكذلك الخطط والإجراءات البشرية في المنطقة المجاورة والتي قد تؤثر على سلامة المنشأة خلال فترة الاستثمار. كما يجب أن تتضمن أيضًا فهمًا واضحاً للتأثيرات المحتملة على سلامة الملامح والأحداث والعمليات المرتبطة بالموقع والمنشأة ".

**المتطلب 16: تصميم مرفق التخلص**

"يجب تصميم مرفق التخلص والحواجز الهندسية الخاصة به لاحتواء النفايات مع المخاطر المرتبطة بها ليكون متوافقًا ماديًا وكيميائيًا مع التكوين الجيولوجي و/أو البيئة السطحية المضيفة، ولتوفير عوامل الأمان بعد الإغلاق التي تكمل تلك الميزات التي توفرها البيئة المضيفة. يجب تصميم المنشأة والحواجز الهندسية الخاصة بها بحيث توفير متطلبات الأمان أثناء فترة التشغيل".

**المتطلب 17: بناء مرفق التخلص**

"يجب إنشاء مرفق التخلص وفقًا للتصميم كما هو موصوف في حقيبة الأمان المعتمدة وتقييم الأمان الداعم. وينبغي أن يتم بناؤه بطريقة تحافظ على معايير السلامة في البيئة المضيفة والتي أثبتت حقيبة الأمان أنها معتبرة بعد الإغلاق. يجب تنفيذ أنشطة البناء بطريقة تضمن الأمان أثناء فترة التشغيل".

**المتطلب 18: تشغيل مرفق التخلص**

"يجب تشغيل مرفق التخلص وفقًا لشروط الترخيص والمتطلبات التنظيمية ذات الصلة من أجل الحفاظ على الأمان أثناء فترة التشغيل وبطريقة تحافظ على وظائف الأمان المفترضة في مرحلة بعد الإغلاق."

**المتطلب 19: إغلاق مرفق التخلص**

"يجب إغلاق مرفق التخلص بطريقة توفر وظائف الأمان التي أثبتت حقيبة الأمان أنها مهمة بعد الإغلاق. ويجب أن تكون خطط الإغلاق للمرفق عملية ومحددة جيدًا بما في ذلك الانتقال من الإدارة النشطة بحيث يمكن تنفيذ الإغلاق بأمان في الوقت المناسب ".

**المتطلب 20: قبول النفايات في منشأة التخلص**

"يجب أن تتوافق حاويات النفايات والنفايات غير المعبأة المقبولة في مرفق التخلص مع المعايير الموضوعة، وتُستمد هذه المعايير من حقيبة الأمان الواجب توافرها في مرفق التخلص بحالتيه؛ قيد التشغيل وبعد الإغلاق."

**المتطلب 21: برامج المراقبة في مرفق التخلص**

"يجب تنفيذ برنامج للمراقبة قبل/وأثناء إنشاء/وتشغيل مرفق التخلص وبعد إغلاقه طالما كان ذلك جزءًا من حقيبة الأمان. تكون الغاية من تصميم هذا البرنامج هي جمع وتحديث المعلومات اللازمة لأغراض الوقاية والأمان لتأكيد الشروط اللازمة لسلامة العمال وأفراد الجمهور وحماية البيئة أثناء فترة تشغيل المنشأة. كما تهدف المراقبة للتأكد من عدم وجود أية حالات يمكن أن تؤثر على سلامة المنشأة بعد الإغلاق ".

**المتطلب 22: الفترة التي تلي الإغلاق والضوابط المؤسساتية**

"يجب إعداد الخطط للفترة التي تلي الإغلاق بغية توجيه الرقابة المؤسساتية والترتيبات الخاصة بالحفاظ على توافر المعلومات حول مرفق التخلص. يجب أن تكون هذه الخطط متسقة مع متطلبات الأمان غير النشطة، ويجب أن تشكل جزءًا من حقيبة الأمان التي يُمنح فيها الإذن بإغلاق المرفق."

**المتطلب 25: أنظمة الإدارة**

"يجب تطبيق أنظمة الإدارة لتوفير ضمان الجودة على جميع الأنشطة والأنظمة والمكونات المتعلقة بالأمان في جميع خطوات تطوير وتشغيل مرفق التخلص. يجب أن يتناسب مستوى الضمان لكل عنصر مع أهميته بالنسبة للأمان ".

**مطمر قرب سطحي Near Surface Landfill**

**إعداد: د. محمد سعيد المصري**

# قياس الجرعات بأثر رجعي

شهد النصف الأخير من القرن العشرين مجموعة متنوعة من انبعاث المواد المشعة من المنشآت الصناعية أو أنشطة البرامج العسكرية أو التعرض المفرط للأشخاص بسبب الاستعمال غير السليم لمصادر الإشعاع والتخلص منها.

أدت هذه الأحداث إلى تعرض عدد كبير من الناس للإشعاع المؤين. جرى تسجيل حوالي 400 حادثة إشعاعية في جميع أنحاء العالم خلال الفترة في 2000-1944 مما أدى إلى تعرض مفرط كبير مؤكد لـ 3000 شخص.

إلى جانب هذه الحوادث، هناك حالات تعرض أخرى لعشرات الآلاف من الأشخاص في هيروشيما وناغاساكي وحوض نهر تيتشا. لقد أثبت التاريخ أنه لا يمكن تجنب الحوادث الإشعاعية على الرغم من جميع الاحتياطات، ولابد من الاستعداد الحكيم للحوادث المستقبلية. وجدت فحوصات المتابعة لهذه الأحداث بشكل عام أن قياسات التلوث الإشعاعي ومعدلات الجرعات لم تكن كافية للحكم على المدى الكامل للحالة. وهذا بدوره يعقد وفي بعض الحالات يمنع تقييم الجرعات المناسب للأفراد. لذلك، فإن التقييم بأثر رجعي للتعرض للإشعاع له أهمية أساسية لتحليل مخاطر الإشعاع وهو جزء أساسي من العديد من الدراسات الوبائية الإشعاعية. يعد قياس الجرعات بأثر رجعي أيضًا أداة أساسية لتقييم الجرعات الفردية كأساس لاختيار التدابير المضادة المناسبة.

يمكن إعادة بناء الجرعة من خلال طرق قياس فيزيائية وبيولوجية مختلفة. تتضمن الطريقة الوراثية الخلوية لقياس الجرعات البيولوجية تقييم الجرعات للأفراد عن طريق تحليل الكروموسومات. تستدعي هذه الطريقة تسجيل انحرافات الكروموسومات ثنائية المركز في الأطوار المحضرة من الخلايا الليمفاوية البشرية تكون عادة الانحرافات ثنائية المركز غير مستقرة، ولهذا السبب يجري التخلص منها من الدم المحيطي بعد التعرض. ويمكن إعادة بناء الجرعات حتى بعد عدة أشهر من التشعيع الحاد لكامل الجسم أو جزء كبير منه.

تصنف عمليات النقل والإدخال التبادلية على أنها انحرافات مستقرة ويمكن تسجيلها عن طريق التألق في التهجين الموضعي (FISH) باستعمال تحقيقات الحمض النووي الخاصة بالكروموسوم، كما يمكن إجراء تقدير سريع للتعرض الإشعاعية وتقييم الجرعات الفردية التي تقل عن 500 mGy عن طريق التسجيل البسيط للنويات.

يُعرف قياس الجرعات بالرنين البارامغناطيسي الإلكتروني (EPR) ، باعتباره الطريقة الأساسية لتقييم الجرعة بأثر رجعي بعد الحوادث الإشعاعية تسمح قياسات الرنين البارامغناطيسي الإلكتروني بقياس الجرعات الناشئة عن الجذور المتولدة تحت تأثير الإشعاع المؤين بتحديد الجرعة الممتصة من قبل ضحايا حوادث الإشعاع. من الطرق الفيزيائية الهامة التي تعتمد على قياس الجذور المستقرة التي يسببها الإشعاع في الأنسجة المتكلسة (بشكل أساسي في مينا الأسنان) لجسم الإنسان. إن تطبيق هذه الطريقة للتقييم المستقبلي لمعاملات مخاطر الإشعاع في الجماعات الوبائية حديث نسبيًا (خلال السنوات الخمس إلى السبع الماضية). سنقدم معلومات موجزة حول تقنية EPR ومبادئ وتطبيقات التحليل الطيفي EPR.

قياس الجرعات برنين الدوران الالكتروني EPR dosimetry

تعد طريقة القياس الحيوي بالرنين البارامغناطيسي الإلكتروني (EPR) من الطرق الفيزيائية الحساسة للغاية لقياس الجذور المستقرة التي يسببها الإشعاع في الأنسجة المتكلسة (بشكل أساسي في مينا الأسنان) لجسم الإنسان كما يمكن استعمال العظام والأظافر البشرية لتقييم الجرعة الممتصة باستعمال طريقة EPR . استعملت عينات من ميناء الأسنان (النسيج البيولوجي المستعمل في سيناريوهات التلوث الداخلي) في قياس الجرعات الإشعاعية الفردية بواسطة القياس الطيفي برنين الدوران الالكتروني لأكثر من ثلاثة عقود. تنتج فائدة المينا في قياس الجرعات من محتواه العالي من هيدروكسي اباتيت. يُعد هيدروكسي اباتيت الموجود في العظام والأسنان مسبار مناسب لبناء الجرعات لأنه يحتوي على جذور ثابتة ناتجة عن الإشعاع والتي تُعد توقيعًا تشخيصيًا للتعرض للإشعاع، حيث يجري تحويل شوائب الكربونات التي يتم دمجها أو ربطها بسطح بلورات هيدروكسي اباتيت أثناء التكوين، إلى جذور ثاني أكسيد الكربون من خلال امتصاص الإشعاع المؤين.

بدأ تاريخ قياس جرعات EPR للأنسجة البيولوجية المتكلسة عندما أجرى بعض الباحثون أول كشف EPR للجذور التي يسببها الإشعاع في عظام الجمجمة المشعة بالأشعة السينية. وصف Cole and Silver (1963) بعد بضع سنوات الملاحظة الأولى لإشارات EPR التي يسببها الإشعاع في أسنان الإنسان. وأوضح أن الجذور التي يسببها الإشعاع في مينا الأسنان تبقى محصورة وبالتالي تظل مستقرة جدًا بمرور الوقت (حتى $10^7$ سنوات).

يُعد قياس جرعات EPR في مينا الأسنان في الوقت الحاضر طريقة موثقة جيداً. أظهرت العديد من المقارنات بين المختبرات أن الجرعات بين 0.1 و 0.2 غراي يمكن إعادة بنائها بدرجة ارتياب تبلغ 30% أو أقل. جرى إثبات حد الكشف عن طريق إجراء مقارنة بين المختبرات، ليكون أقل من 0.1 غراي بالنسبة لـ 50٪ من المشاركين وأقل من 0.2 ملي غراي بالنسبة لـ 70٪.

يسمح قياس جرعات EPR بتقييم الجرعة الممتصة الناتجة عن التعرض البيئي والطبي والمهني الخارجي والداخلي مدى الحياة. ومع ذلك، فإن جميع أنواع التعرض تولد نفس الأنواع الجذرية في مينا الأسنان، بحيث يمكن تمييز مساهمة الإشعاع الداخلي والخارجي فقط من خلال استخدام طريقة مستقلة لقياس النشاط الإشعاعي الداخلي، والتي يجري على أساسها حساب الجرعة الداخلية. ثم يجري الحصول على مساهمة الجرعة الخارجية بطرح الجرعة الداخلية المحسوبة من الجرعة التراكمية.

إن الجرعة التي يجري الحصول عليها بواسطة EPR هي جرعة للمادة، أي إلى مينا الأسنان، حيث يُفترض أن يكون تكوين مينا الأسنان هو (هيدروكسي أباتيت). يمكن تحويل هذه الجرعة عندما تتولد عن التعرض الخارجي، إلى كرما الهواء ثم جرعة كامل الجسم بواسطة معاملات تحويل الجرعة. أما عندما تكون الجرعة ناتجة عن التلوث الإشعاعي الداخلي، فهي جرعة لمينا الأسنان ولا تشير إلى أي عضو.

إن النكليدات المشعة التي تعد مهمة بشكل خاص لقياس جرعات EPR هي نظائر العناصر التي تشكل السن. هذه النظائر المشعة هي الكالسيوم $^{45}Ca$ والفوسفور $^{32}p$ والعناصر النذرة الأخرى مثل الرصاص والراديوم والسترونسيوم، والتي يمكن أن تحل محل الكالسيوم.

تُقدر بعد ذلك الجرعة الممتصة لمينا الأسنان من التلوث الداخلي بالنكليدات المشعة في المينا ذاتها أو في الأنسجة المجاورة باستعمال فانتومات حسابية ونماذج مجراعية.

**إعداد: ميسون مغربي**

# استمثال الوقاية الإشعاعية في التصوير الطبي الهجين PET-CT

منذ اكتشاف الاشعة السينية في عام 1895 ما يزال التصوير الطبي الشعاعي الأداة الأكثر أهمية في تشخيص الأمراض المختلفة وخلال القرن الماضي تطورت أساليب التشخيص بالأشعة السينية من الصورة البسيطة الإسقاطية مروراً بالتنظير الشعاعي المرئي والأشعة التدخلية ووصولاً إلى التصوير المقطعي المحوسب الذي يعطي الطبيب صورة تشريحية عرضانية لجسم المريض بأبعادها الحقيقة وبدقة مكانية عالية. وبالرغم من أهمية هذه التقنيات الطبية إلا أنها كانت غير قادرة على تقديم صورة وظيفية للنسيج أو العضو المصور، ونظراً للحاجة لذلك تم اللجوء إلى التصوير بالنظائر المشعة الذي يستعمل مواد صيدلانية مشعة تحقن في المريض وتكون قادرة على الولوج في دورة استقلاب الخلايا من أجل تقديم دليل على أداء هذه الخلايا من الناحية الوظيفية.

ومن تلك النظائر المشعة جرى استخدام السكر الموسوم بالفلور المشع 18 أو ما يسمى FDG والذي يُستقلب ضمن الخلايا كغذاء وبنفس الوقت يكون قادراً على اصدار بوزيترونات (إلكترونات موجبة) لا تلبث أن تتحد مع الإلكترونات الموجودة في الخلية عبر تفاعل الفناء (وفقاً لنظرية اينشتاين في تحول المادة إلى طاقة) الذي يولد فوتونين أشعة غاما متساويين في الطاقة (511 keV) ومتعاكسين في الاتجاه يتم تسجيل أثرهم في كواشف إشعاعية مصفوفة على شكل حلقة حول جسم المريض في جهاز التصوير بالإصدار البوزيتروني PET، وبالرغم من أهمية المعلومات الوظيفية المقدمة في الصور الناتجة عن هذه التقنية إلا أنها افتقرت إلى المعلومات التشريحية للعضو المصور والضرورية من أجل التحديد الدقيق لمكان تركيز المادة المشعة فيه.

ومع بداية الألفية الثانية جرى تطوير تقنية التصوير الهجين التي تجمع جهاز التصوير المقطعي المحوسب بالأشعة السينية CT مع تقنية التصوير بالإصدار البوزيتروني PET في جهاز واحد PET-CT والقادر على إظهار في نفس الصورة المعلومات الوظيفية والتشريحية للعضو المراد تصويره وذلك بالاعتماد على تقنيات معالجة الصورة الرقمية من كلا التقنيتين وبالتالي يؤدي إلى تمييز أفضل ما بين البنى التشريحية السليمة وغير السليمة والتي تعطي مظهراً شاذاً في التصوير المقطعي، كما أنه يسمح بكشف الآفات التي لا تملك مظهراً تشريحياً شاذاً. يستعمل التصوير الهجين PET-CT حالياً في التشخيص الدقيق والمبكر للأورام ويسمح بمتابعة علاجها ويستعمل أيضاً في تشخيص بعض الآفات القلبية وبعض الأمراض العصبية الدماغية إضافة أنه يساعد في تجنب المريض لإجراء اختبارات غير ضرورية قد تكون ذات خطيرة أيضاً.

من ناحية كمية جرعة المريض الإشعاعية الناتجة عن التصوير الهجين PET-CT فعند حقن المريض بمادة FDG ذات النشاطية 10 mCi يكتسب المريض جرعة إشعاعية فعالة تقدر بـ 7 mSV يضاف إليها الجرعة الناتجة عن التصور المقطعي المحوسب والتي تتراوح من 7mSv حتى 15mSv تبعاً لبروتوكول التصوير المستخدم وبالتالي ومن أجل استثمال الوقاية الإشعاعية في التصوير الهجين لابد من وجود التبرير الطبي الكافي لاستخدامه والأخذ بعين الاعتبار الجرعة التراكمية عندما يخضع المريض لإجراءات تصويرية متكررة (مراقبة العلاج، وتطور المرض). كذلك يجب حقن المريض بمقدار النشاطية الإشعاعية الصحيحة من المادة المشعة وبخاصة عند المرضى الأطفال مع تقديم كمية كافية من الماء للمريض بعد الحقن والتأكد من إفراغ المثانة خاصة عند اكتمال الفحص. كما يجب مسح أقصر مسافة من الجسم تلبي الحاجة التشخيصية بالتصوير المقطعي المحوسب، ويؤدي استخدم تقنيات PET 3D عند المرضى الأطفال إلى تخفيض نشاطية المادة المشعة المحقونة بهم.

صورة PET-CT المزدوجة تظهر تراكب صورة التوصير الوظيفي PET مع صورة التصوير المقطعي المحوسب CT، الصورة إلى اليسار هي لجهاز التصوير الهجين PET-CT

أما من ناحية الوقاية الإشعاعية لعموم الناس ونظراً للطاقة العالية لفوتونات أشعة غاما المرافقة للتصوير الهجين PET-CT فهناك حاجة إلى وجود درع إنشائي مناسب للحفاظ على معدلات للتعرض الإشعاعي أقل من الحدود المقبولة وفقاً للمصادر المشعة المراد استخدامها في التصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني بالإضافة إلى تدفق الأشعة السينية المتضمن في التصوير المقطعي المحوسب ويجب أن يصمم قسم التصوير الهجين بحيث يؤمن المساحة المناسبة والانسياب الأفضل لحركة المريض قبل وخلال وبعد الحقن وخلال فترة الانتظار قبل التصوير وبعده حتى خروجه النهائي من قسم التصوير.

وفيما يتعلق بالعاملين في أقسام التصوير الهجين فيجب التقيد بأدوات وإجراءات الوقاية الإشعاعية كاستخدام الملاقط الطويلة عند التعامل مع عبوات المواد المشعة و استعمال العلب المدرعة لحمل المحاقن المدرعة الحاوية على المادة الشمعة المخصصة للتصوير البوزيتروني مع الابتعاد عن المريض وتخفيض الفترة الزمنية للتواصل معه قدر الإمكان أثناء وبعد حقن المادة المشعة والاستعاضة عن ذلك باستخدام كاميرات المراقبة التلفزيونية والتواصل عن بعد حيث يقدر معدل الجرعة الفعالة الصادرة عن المريض المحقون بـ 10 mCi وعلى مسافة 1 متر بـ 24µSv في الساعة. كما يؤدي ترتيب سير العمل في المخبر الحار ووجود وسائل المراقبة الإشعاعية المكانية كمقاييس المسح الإشعاعي ومقاييس التلوث الإشعاعية فيه واستخدام مواد البناء التي يمكن تطهيرها بسهولة على أساس يومي في جميع المناطق التي يتم فيها التعامل مع المواد المشعة السائلة في المخبر الحار إلى تعزيز الوقاية الإشعاعية.

يعد التدريب والتعليم المستمر لفريق العمل في قسم التصوير الهجين ركيزة أساسية في التصميم والإدارة الناجحة في أقسام التصوير الهجين بما في ذلك من تجهيزات المناسبة تكنولوجياً وكيفية وضعها في الاستثمار الأمثل ومن تحقيق لمتطلبات الوقاية الإشعاعية للعاملين والمرضى ولعموم الناس.

**إعداد: د. يحيى لحفي**

# دور التقانات النووية في تحقيق أهداف التنمية المستدامة

إن محدودية الموارد البيئية على كوكب الأرض بشكل عام، والهدر وعدم الاتزان في استهلاك هذه الموارد عند بعض الدول، والتدهور البيئي الذي يواجه العالم هي من أهم أسباب انتشار التدهور الاقتصادي الذي تشهده معظم دول العالم. لذلك شهد العالم سعياً حثيثاً لتحقيق تنمية عالمية تتصف بالاستدامة تأخذ بعين الاعتبار الأبعاد الاجتماعية والبيئية والاقتصادية لحسن استغلال الموارد المتاحة لتلبية حاجيات الأفراد مع الاحتفاظ بحق الأجيال القادمة. تتطلب هذه التنمية المستدامة تحسين ظروف المعيشة لجميع الأفراد دون زيادة استهلاك الموارد الطبيعية إلى ما يتجاوز قدرة كوكب الأرض على التحمل، وهي تُجرى في ثلاثة مجالات رئيسيّة: هي النمو الاقتصادي، وحفظ الموارد الطبيعية والبيئة، والتنمية الاجتماعية من خلال تحقيق المساواة والعدل الاجتماعي. إن من أهم التحديات التي تواجه التنمية المستدامة هي التدهور البيئي والفقر، التي يجب التصدي لها والتغلب عليها من خلال التشجيع على اتباع أنماط إنتاج واستهلاك متوازنة، دون الإفراط في الاعتماد على الموارد الطبيعية، مع عدم التخلي عن حاجات التنمية الاقتصادية وكذلك المساواة والعدل الاجتماعي.

بتاريخ 25/9/2015 أقرت الجمعية العامة للأمم المتحدة 17 هدفاً عالمياً مترابطاً تعرف بـ "أهداف التنمية المستدامة" وضِعت لتكون "مخططاً لتحقيق مستقبل أفضل وأكثر استدامة للجميع". بحيث يصل العالم إلى تحقيقها بحلول عام 2030. وقد أدرجت في قرار الجمعية العامة للأمم المتحدة ضمن جدول أعمال 2030 أو ما يعرف عالمياً باسم أجندة 2030. بعد عامين 6/7/2017 أصبحت أهداف التنمية المستدامة أكثر "قابلية للتنفيذ" بموجب قرار اعتمدته الجمعية العامة للأمم المتحدة. يحدد القرار أهدافاً محددة لكل هدف، إضافةً إلى المؤشرات المستعملة لقياس مدى التقدم نحو إنجاز كل هدف.

فما هي هذه الأهداف، وكيف يمكن للعلوم والتقانات النووية أن تساهم في تحقيقها؟

تدعم التقانات والعلوم النووية أهداف التنمية المستدامة السبع عشرة بشكل مباشر وغير مباشر كما يلي:

1. **القضاء على الفقر** (القضاء على الفقر بجميع أشكاله في كل مكان)

تساعد الطاقة النووية الاقتصاد من خلال الدعم المباشر وغير المباشر للوظائف المستحدثة عند بناء وتشغيل المرافق النووية. تساعد الكهرباء المستقرة وذات التكلفة المنافسة التي توفرها محطات الطاقة النووية الصناعة المستهلكة للطاقة لزيادة الإنتاج، وبالتالي تخلق المزيد من فرص العمل. يمكن للطاقة النووية أن تدعم تنمية المؤسسات الصغيرة والمتوسطة المحلية وتدعم التوصيلية الإلكترونية غير الملوثة للتنمية الاقتصادية. هذه المؤسسات تولد نشاطاً اقتصادياً محلياً كبيراً على شكل وظائف وعائدات الإنفاق المحلي. تساعد الطاقة النووية أيضاً في بناء مرونة للاقتصاد في مواجهة التغيرات المناخية، حيث أنها تقنية غير مرتبطة بالطقس وتقلباته.

2. **القضاء التام على الجوع** (القضاء على الجوع وتوفير الأمن الغذائي والتغذية المحسّنة وتعزيز الزراعة المستدامة)

تساعد الطاقة النووية على تعزيز إنتاج الغذاء المستدام. إضافة إلى ذلك، تستعمل العديد من البلدان التقنيات النووية لتطوير طرائق زراعية مستدامة، وإنشاء وتحسين برامج التغذية وضمان إمدادات مستقرة من الغذاء الجيد. على سبيل المثال، يوفر التشعيع باستعمال تقنية الحشرات المعقمة خط دفاع قوي ضد الآفات الأكثر ضرراً في الزراعة. يمكن أن تعمل مشاريع تحلية المياه بالطاقة النووية وتساعد على بناء القدرة على التكيف مع تغير المناخ في الزراعة.

3. **الصحة الجيدة والرفاه** (ضمان تمتّع الجميع بأنماط عيش صحية وبالرفاهية في جميع الأعمار) تلعب التقنيات النووية دوراً أساسياً في تشخيص مختلف الحالات الصحية وعلاجها، ولا سيما الأمراض غير المعدية مثل السرطان وأمراض القلب والأوعية الدموية. يمكن أيضاً استعمال تقنيات التشعيع لتعقيم المعدات الطبية. تساهم الطاقة النووية في توفير إمدادات طاقة موثوقة مطلوبة لتشغيل البنية التحتية الصحية الحديثة. وكان لذلك أهمية كبيرة خلال أزمة مثل جائحة COVID-19. تساعد الطاقة النووية على ضمان نظافة الهواء والمياه والأرض وبالتالي تحسين صحة المجتمعات، باعتبارها تقنية ذات انبعاثات منخفضة للغاية.

4. **التعليم الجيد** (ضمان التعليم الجيد المنصف والشامل للجميع وتعزيز فرص التعلّم مدى الحياة للجميع) تستخدم العلوم والتكنولوجيا النووية في العديد من المجالات بما في ذلك الطاقة والطب والزراعة. تخلق الحاجة إلى الفنيين المهرة والمهندسين والفيزيائيين وخبراء الإشعاع والمتخصصين في الطب النووي العديد من الفرص لجهود التعليم والتدريب الوطنية والدولية. يمكن أن تساعد الفرص في القطاع النووي في زيادة الاهتمام بموضوعات العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات (STEM) لدى الطلاب الأصغر سناً. تمنح بعض الدول أيضاً منحاً دراسية للأفراد في مجال الطاقة والطب لتأمين توفير المواهب اللازمة لبرامجهم الوطنية.

5. **المساواة بين الجنسين** (تحقيق المساواة بين الجنسين وتمكين كل النساء والفتيات)

إن المجتمع النووي، بمشاركة نشطة من الوكالات الدولية الرائدة، ملتزم حالياً بجذب واستبقاء النساء المؤهلات في قطاع العلوم والتكنولوجيا النووية. كمجال هندسي تقليدي، يفوق عدد الرجال حالياً عدد النساء في الصناعة النووية، لكن العديد من الشركات تعمل الآن بشكل نشط وعلني على معالجة التوازن بين الجنسين. ونتيجة لذلك، فإن عدد النساء في المناصب القيادية والفنية آخذ في الازدياد.

6. **المياه النظيفة والنظافة الصحية:** (ضمان توافر المياه وخدمات الصرف الصحي للجميع) يمكن استعمال الطاقة النووية لتشغيل مرافق تحلية المياه وتوفير المياه النظيفة للمجتمعات، مما يساعد على دعم أنشطة العلاقة بين الطاقة والمياه والغذاء.

تساعد التقنيات النووية المختلفة العلماء على تعقيم المياه وفي دراسة نوعية وكمية الموارد المائية. يمكن استخدام النظائر الموجودة بشكل طبيعي في الماء لتحديد أصل المياه، وعمرها، ومدى تعرضها للتلوث، وكذلك كيفية تحرك موارد المياه وتفاعلها مع بعضها البعض.

7. **طاقة نظيفة وبأسعار معقولة:** (ضمان حصول الجميع بتكلفة ميسورة على خدمات الطاقة الحديثة الموثوقة والمستدامة)

الطاقة النووية مكملة لمصادر الطاقة المتجددة. عند استخدامها معاً، يمكن أن تساعد هذه التقنيات في تحقيق أنظمة كهرباء خالية من الكربون بتكلفة منخفضة للمستهلكين – كما أثبتت كل من فرنسا والسويد. تتطور تكنولوجيا الطاقة النووية، ويتم تطوير مجموعة من تقنيات المفاعلات الجديدة التي توفر قدراً أكبر من المرونة والكفاءة. يمكن أن تسهم هذه بسهولة أكبر في مجموعة أكبر من خدمات الطاقة مثل التدفئة الصناعية وإنتاج الوقود الاصطناعي.

# دور التقانات النووية في تحقيق أهداف التنمية المستدامة- تتمة

**8. العمل اللائق ونمو الاقتصاد:** (تعزيز النمو الاقتصادي المطّرد والشامل للجميع والمستدام، وتوفير العمل اللائق للجميع)

تدعم الصناعة النووية مجموعة متنوعة من الوظائف، بما في ذلك العديد من المهندسين والفنيين والمتخصصين الآخرين. تميل أجور القطاع إلى أن تكون مدفوعة بشكل أفضل من المتوسط، مما يعكس المهارات المتخصصة المطلوبة. بالإضافة إلى ذلك، توفر الطاقة النووية للعديد من البلدان النامية إمكانية الحصول على كهرباء رخيصة وموثوقة وخالية من الكربون مما يزيد من جودة الحياة والإنتاجية في اقتصاداتها. يعمل هذان التأثيران معاً "كمضاعف للوظائف"، مما يعزز التوظيف الإقليمي بشكل كبير. تتضمن مشاريع الطاقة النووية أيضاً استثمارات كبيرة وتطوير البنية التحتية الإقليمية، مما يساهم في النمو الاقتصادي والتبادل الدولي.

**9. الصناعة والابتكار والبنية التحتية:** (إقامة بنى تحتية قادرة على الصمود، وتحفيز التصنيع الشامل للجميع والمستدام، وتشجيع الابتكار)

تعتبر محطة الطاقة النووية تطويراً رئيسياً للبنية التحتية. مع الصيانة والتحديثات الدورية، يمكن لمحطة الطاقة النووية أن تعمل لمدة 60 إلى 80 عاماً، وبالتالي تقليل أحجام المواد الجديدة اللازمة لإنتاج الطاقة. الابتكار جزء لا يتجزأ من تحقيق طول العمر هذا وتمكين المصانع من العمل بمستويات أداء أعلى من أي وقت مضى. يؤدي الابتكار النووي أيضاً إلى تقنيات فرعية يمكن استعمالها في مجالات أخرى مثل أبحاث المواد. لم تنتشر الطاقة النووية على نطاق واسع حتى الآن في البلدان النامية، وبالتالي هناك إمكانات هائلة لزيادة التواصل الدولي للمساعدة في إدخال التكنولوجيا في هذه البلدان.

**10 الحد من أوجه عدم المساواة:** (الحد من انعدام المساواة داخل البلدان وفيما بينها)

يساعد حصول الجميع على الكهرباء النظيفة منخفضة التكلفة على تقليل التفاوتات الاجتماعية والاقتصادية.

**11. مدن ومجتمعات محلية مستدامة:** (جعل المدن والمستوطنات البشرية شاملة للجميع وآمنة وقادرة على الصمود ومستدامة)

يمكن للطاقة النووية أن تدعم التنمية الحضرية. توفر المحطات النووية كهرباء موثوقة ميسورة التكلفة ومناسبة تمامًا لتزويد المدن التي يوجد بها طلب على الطاقة على مدار الساعة. تزوّد الطاقة النووية النقل العام بالكهرباء، وخاصة شبكات السكك الحديدية، دون المساهمة في تلوث الهواء. يدعم إدارة النفايات البلدية وإعادة التدوير. نظراً لأن المنشآت النووية تقع في الغالب في المجتمعات الريفية، فإن المشاريع النووية ستؤدي إلى تنمية اقتصادية كبيرة للمجتمعات الريفية التي توجد فيها. مفاعلات الوحدات الصغيرة (SMRs) هي مصدر محتمل واعد للكهرباء أو تدفئة المناطق أو تحلية المياه للمجتمعات النائية خارج الشبكة.

**12. الاستهلاك والإنتاج المسؤولان:** (ضمان وجود أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة)

تتطلب الطاقة النووية عموماً مدخلات معدنية أقل من مصادر الطاقة الأخرى، بما في ذلك المواد الخام الهامة. المدخل المعدني الأساسي المستمر هو اليورانيوم؛ ومع ذلك، ولا توجد استخدامات سلمية أولية منافسة لهذا الغرض. إن موارد اليورانيوم وفيرة وموزعة على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم، وتخضع عمليات التعدين والمعالجة لمعايير عالية. تنتج الطاقة النووية نفايات (لا سيما النفايات المشعة عالية المستوى) لكن بكميات صغيرة، وتُدار بمسؤولية قبل التخلص النهائي. يمكن للابتكارات مثل تصميمات الوقود الجديدة أن تزيد من كفاءة محطات الطاقة النووية، مما يقلل من جميع متطلبات المواد بشكل أكبر.

**13. العمل المناخي:** (اتخاذ إجراءات عاجلة لمكافحة تغير المناخ وآثاره من خلال تنظيم الانبعاثات وتعزيز التطورات في مجال الطاقة المتجددة)

الطاقة النووية هي ثاني أكبر مصدر في العالم للكهرباء منخفضة الكربون بعد الطاقة المائية، وهي تزيح مصادر الوقود الأحفوري التي من شأنها أن تنتج حوالي 2 جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون كل عام. ستكون تصاميم المفاعلات المستقبلية قادرة على توفير الحرارة الصناعية والمساعدة في إنتاج الوقود الاصطناعي لتطبيقات النقل، وبالتالي تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من هذه القطاعات.

**14. الحياة تحت الماء:** (حفظ المحيطات والبحار والموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام لتحقيق التنمية المستدامة)

لا تنتج الطاقة النووية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تساهم في تحمّض المحيطات أو انبعاثات كيميائية أخرى تلوث المجاري المائية. بل يستعمل العلماء التقنيات النووية لرصد ودراسة تحمّض المحيطات، وتحديد طرق حماية المحيطات والمجتمعات الساحلية.

**15. الحياة في البرّ:** (حماية النظم البيئية البرية وإدارة الغابات وترميمها وتعزيز استعمالها على نحو مستدام، ومكافحة التصحر، ووقف تدهور الأراضي وعكس مساره، ووقف فقدان التنوع الحيوي)

تتمتع الطاقة النووية بكثافة طاقة عالية جداً، ولا تشغل منشآتها مساحة كبيرة من الأرض. غالباً ما يدعم مشغلو المصانع أنشطة الحفاظ التي تساعد على حماية الأنواع المحلية. يستعمل الخبراء التقنيات النووية لتقييم جودة التربة ودراسة كيفية تناول المحاصيل للمغذيات، وكذلك كيف تتحرك التربة. يمكن استعمال هذا أيضاً لمكافحة التصحر.

**16. السلام والعدالة والمؤسسات القوية:** (تشجيع إقامة مجتمعات سلمية من أجل تحقيق التنمية المستدامة، وتوفير إمكانية الوصول إلى العدالة للجميع وبناء مؤسسات فعالة وخاضعة للمساءلة على جميع المستويات)

تتطلب البرامج النووية المدنية تطوير مؤسسات وطنية قوية، بينما تخضع المنشآت النووية لقوانين صارمة تدعمها في الغالب الاتفاقيات الدولية. تشمل الاتفاقيات البارزة اتفاقية الأمان النووي، واتفاقية الحماية المادية للمواد النووية بالإضافة إلى اتفاقيتي باريس وفيينا (التي تغطي مسؤولية الطرف الثالث؛ تنشئ اتفاقية باريس نظاماً للمسؤولية والتعويض النوويين لتعويض ضحايا حادث نووي).

**17. عقد الشراكة لتحقيق الأهداف:** (إحياء الشراكة العالمية من أجل التنمية المستدامة)

لقد طور المجتمع النووي شراكات مع الحكومات والمنظمات غير الحكومية والمعاهد التعليمية والعديد من هيئات الأمم المتحدة، مما ساعدهم على المساهمة بمهاراتهم ومواردهم في التنمية المستدامة للتكنولوجيا النووية. تعمل الوكالة الدولية للطاقة الذرية على تعزيز تماسك السياسات من خلال وضع معايير الأمان، وتقديم التوصيات الأمنية والإرشادات الفنية للدول الأعضاء فيها. كما تقيم الوكالة الدولية للطاقة الذرية شراكات من خلال برامج التعاون التقني. هناك إمكانات هائلة لدعم الحكومات الجديدة في تطوير مسارات دخول الطاقة النووية المستدامة.

**إعداد: د. محمد حسن عبيد**

# الصكوك القانونية الدولية المعتمدة تحت رعاية الوكالة الدولية للطاقة الذرية بشأن الأمان والأمن الإشعاعي والنووي

تروّج الوكالة للانضمام إلى الصكوك القانونية الدولية المعتمدة تحت رعايتها بشأن الأمان والأمن الإشعاعي والنووي وتشجّع على تنفيذ تلك الصكوك. ويشمل ذلك، بمجال الأمان، اتفاقية الأمان النووي والاتفاقية المشتركة بشأن أمان التصرف في الوقود المستهلك وأمان التصرف في النفايات المشعة، كما يشمل الاتفاقيتين اللتين تشكِّلان الأساس الذي يقوم عليه الإطار الدولي للاستعداد والاستجابة للطوارئ، ألا وهما: اتفاقية التبليغ المبكر عن وقوع حادث نووي واتفاقية تقديم المساعدة في حالة وقوع حادث نووي أو طارئ إشعاعي.

بينما يتألف الإطار القانوني الدولي للأمن النووي والإشعاعي من صكوك قانونية ومبادئ معترف بها ترمي إلى منع وكشف والتصدي إلى الأعمال التخريبية والإجرامية وغيرها من الأفعال غير القانونية الموجهة ضد مواد نووية أو غيرها من المواد المشعة وما يتصل بها من منشآت أو أنشطة. والصكوك القانونية الدولية الرئيسية المعتمدة تحت رعاية الوكالة هي اتفاقية الحماية المادية للمواد النووية لعام 1979 وتعديلها لعام 2005، فضلاً عن مدونة قواعد السلوك بشأن أمان المصادر المشعة وأمنها إلى جانب توجيهاتها التكميلية.

**اتفاقية الأمان النووي Convention on Nuclear Safety (CNS)**

تعد اتفاقية الأمان النووي من الاتفاقيات التحفيزية (Incentive) وتسعى، من بين أمور أخرى، إلى إلزام الأطراف المتعاقدة فيها التي تشغِّل محطات قوى نووية أرضية بالحفاظ على مستوى رفيع من الأمان عن طريق وضع مبادئ ومعايير أساسية للأمان لتتقيَّد بها الدول.

- اعتمدت الاتفاقية في 17 حزيران 1994، فتحت للتوقيع في 20 أيلول 1994، دخلت حيز النفاذ بتاريخ 24 تشرين الثاني 1994، بلغ عدد الدول الأطراف فيها /91/ دولة لغاية 15 آذار 2021.
- وقعت سورية على الاتفاقية في 24 أيلول 1994، صدرت المصادقة عليها بموجب القانون رقم / 22/ لعام 2017، اودعت لدى الوكالة الدولية (الوديع) بتاريخ 18 أيلول 2017، دخلت حيز النفاذ بتاريخ 18 كانون الأول 2017.

**الهدف من الاتفاقية**

- تهدف الاتفاقية إلى بلوغ مستوى عال من الأمان النووي على نطاق العالم، والحفاظ على ذلك المستوى، من خلال تعزيز التدابير الوطنية والتعاون الدولي على نحو يشمل–عند الاقتضاء–التعاون التقني فيما يتعلق بالأمان.
- إنشاء دفاعات فعالة في المنشآت النووية ضد الأخطار الاشعاعية المحتملة، والحفاظ على تلك الدفاعات، لحماية الأفراد والمجتمع ووقاية البيئة من الآثار الضارة للإشعاعات المؤينة الناتجة عن مثل هذه المنشآت.
- الحيلولة دون وقوع حوادث ذات عواقب إشعاعية، وتخفيف هذه العواقب في حالة وقوعها.

**الإيجابيات**

تعطي هذه الاتفاقية الحق للجمهورية العربية السورية بطلب معلومات عن أي منشأة نووية قائمة أو مقترح إنشاؤها في مناطق مجاورة للحدود السورية، وذلك بهدف إجراء دراسة لتقييم الآثار التي قد تنجم عن إنشاء مثل تلك المنشآت من حيث تأثيرها على عموم الناس والبيئة والممتلكات السورية، وتساعد في معرفة مدى الحاجة إلى رفع مستوى الأمان للمنشآت النووية القائمة من خلال إجراء التحسينات عليها أو مستوى الأمان للمنشآت المستقبلية.

- لا تؤثر أحكام هذه الاتفاقية على حقوق والالتزامات الأطراف المتعاقدة بمقتضى قوانينها الخاصة، بمنع إفشاء المعلومات.
- لا تتحمل الجمهورية العربية السورية أية أعباء مالية نتيجة المصادقة على هذه الاتفاقية.

**اجتماعات المراجعة الاستعراضية**

انعقد آخر اجتماع استعراضي (السابع) للأطراف في الاتفاقية بمقر الوكالة من الفترة بين 27 آذار حتى 07 نيسان 2017، ومن المقرر أن ينعقد الاجتماع الاستعراضي الثامن + التاسع من الفترة بين 20 –31 آذار 2023.

**ملاحظة هامة "تعزيز اتفاقية الأمان النووي"**

على الرغم من فشل المحاولات الهادفة إلى تعديل اتفاقية الأمان النووي في أعقاب حادثة فوكوشيما دايتشي (اليابان)، فقد اعتُمِد الإعلان السياسي - إعلان فيينا بشأن الأمان النووي - بالإجماع في عام 2015. ويرشد إعلان فيينا الأطراف المتعاقدة في تصميم محطات القوى النووية الجديدة وتحديد مواقعها وتشييدها، ويتضمن إرشادات بشأن إجراء تقييمات دورية للأمان في المنشآت القائمة لتحديد ما يلزم إجراؤه من تحسينات الأمان بغية الوفاء بأهداف اتفاقية الأمان النووي.

**إعداد: د. جورج سعور**

***شارك في هذا العدد:***

د. محمد سعيد المصري ، د. يحيى لحفي
د. جورج سعور ، د. محمد حسن عبيد، ميسون المغربي
الإخراج الفني: زهير شعيب

***للمراسلة:***
***هيئة الطاقة الذرية السورية—قسم الوقاية والأمان***
***دمشق - سوريا - ص.ب 6091***
**هاتف: 00963112132580- فاكس:00963116112289**
**بريد إلكتروني: atomic@aec.org.sy**
**الموقع الالكتروني: www.aec.org.sy**