الهيئة العربية للطاقة الذرية

الذرة والتنمية

نشرة علمية إعلامية فصلية
المجلد الخامس والثلاثون ـ العدد الرابع 2023

التقييم الفني لعروض المحطات النووية

السلع الإستهلاكية التي تحتوي على مواد مشعة

الإشعاع المؤين والتنوع الحيوي

الذرة في خدمة الإنسان

نشرة الذرة والتنمية، نشرة علمية إعلامية فصلية تهتم بزيادة وعي أبناء الوطن العربي بمختلف مجالات العلوم والتقنيات النووية واستخداماتها السلمية
تصدر عن الهيئة العربية للطاقة الذرية

إن الآراء والأفكار والمعلومات التي تنشر بأسماء كتّابها تكون على مسؤوليتهم
يسمح باستعمال ما ورد في هذه النشرة من مواد علمية أو فنية، بشرط الإشارة إلى مصدرها
المقالات والمراسلات توجه إلى رئيس تحرير نشرة الذرة والتنمية على عنوان الهيئة أدناه .

العنوان البريدي : الهيئة العربية للطاقة الذرية، 7، نهج المؤازرة، حي الخضراء 1003، تونس
الهاتف : 71.808.400 ـ الفاكس : 71.808.450
العنوان الإلكتروني: aaea@aaea.org.tn & aaea_org@yahoo.com
الموقع الإلكتروني: www.aaea.org.tn

الذرة والتنمية

نشرة فصلية ربع سنوية

تصدرها الهيئة العربية للطاقة الذرية ـ تونس

المجلد الخامس والثلاثون ـ العدد الرابع 2023

لجنة التحرير

رئيس التحرير : أ. د. سالم حامدي

سكرتير التحرير : م. آمنة الفراتي

المراجعون : أ. د. ضو سعد مصباح

أ. د. يحيى خليل شخاترة

أ. د. خالد زهرمان

جدول المحتويات

الموضوع	الصفحة
✯ التقييم الفني لعروض المحطات النووية – د. م. سامر الحاج علي.....	3
✯ السلع الإستهلاكية التي تحتوي على مواد مشعة – أ. د. محمد منصور.....	20
✯ الإشعاع المؤين والتنوع الحيوي – أ. د. إبراهيم إسماعيل	40
✯ أخبار عربية وعالمية ــ م. آمنة الفراتي	55
✯ أخبار الهيئة	63
✯ قائمة مطبوعات الهيئة العربية للطاقة الذرية.....	73

التقييم الفني لعروض المحطات النووية

Abstract

In view of the growing interest in our Arab countries in peaceful nuclear energy, where some countries started planning for the establishment of nuclear power plants, and they signed agreements with the agencies and companies specialized in their construction, including those who have already started operating this type of stations. For this, it was necessary to support the Arab authorities responsible for nuclear power plant projects with the necessary information and knowledge in order to conduct a sound technical evaluation of the offers submitted by specialized international bodies .

This study includes an examination of the mechanism for conducting a technical evaluation of the proposal for the construction of a nuclear power plant by evaluating the scope and limits of supply and services in addition to the technical design features of the station to be constructed, according to three levels. The first level is an evaluation element of general importance to the performance and safety of the station. In the second level, the station is divided into: the nuclear lot, the turbine, the electrical lot, the mechanical lot and the civil works; then each lot is evaluated. As for the third level, the general technical design of mechanical and electrical components such as pumps, motors, valves and heat exchangers evaluated using evaluation criteria (reliability, function and performance, safety, operation

and maintenance, and materials). The evaluation result is shown either in the form of qualitative evaluation or in the quantitative form.

مقدمـــــة

نظراً لتزايد الإهتمام في بلادنا العربية بإدراج الطاقة النووية ضمن إستراتيجيتها لتنويع مصادر الطاقة، لابد من رفد الجهات العربية المسؤولة عن مشاريع محطات الطاقة النووية بالمعلومات والمعرفة اللازمة من أجل إجراء تقييم فني سليم للعروض المقدمة من قبل الجهات العالمية المتخصصة.

تتضمن هذه المقالة سرداً لآلية إجراء تقييم فني لعرض تشييد محطة نووية من خلال تثمين مجال وحدود التوريد والخدمات بالإضافة إلى ميزات التصميم الفني للمحطة المراد إنشاءها، وذلك وفقاً لثلاثة مستويات حيث يتم بالمستوى الأول تقييم العناصر ذات الأهمية العامة لأداء وسلامة المحطة، وفي المستوى الثاني يُنجز تقسيم المحطة إلى: الجزء النووي، العنفات، الأجزاء الكهربائية، الأجزاء الميكانيكية والأعمال المدنية ثم يتم تقييم كل جزء على حدى. أما في المستوى الثالث فيتم تقييم التصميم الفني العام للمكونات الميكانيكية والكهربائية مثل المضخات والمحركات والصمامات والمبادلات الحرارية، وذلك باستخدام معايير التقييم (الموثوقية، الوظيفة والأداء، سلامة التشغيل والصيانة، والمواد). ويتم إظهار نتيجة التقييم إما بشكلٍ نوعي أو بشكلٍ كمّي. يمكن أن يكون نهج التقييم الفني لعروض محطات الطاقة النووية المقدمة إما نهجاً فردياً أو نهجاً على مرحلتين أو نهجاً متعدد التقييم. كما سيتم تسليط الضوء على الجدولة الزمنية لكل مرحلة من مراحل التقييم الفني للعرض والوقت اللازم لتقييم العرض الفني.

تأتي هذه المقالة في إطار تطوير الخبرة الوطنية في مجال تقييم وتثمين العروض المتعلقة ببناء المحطات الكهربائية وخاصةً النووية منها.

يتألف التقييم الشامل لعرض تشييد محطة نووية من تقييم الجوانب الفنية والإقتصادية والمالية والتعاقدية، والتنظيمية، والسياسية وغيرها من الجوانب القابلة للتطبيق والتي يجب مراعاتها في عملية صنع القرار لتنفيذ المشروع وإختيار الموردين.

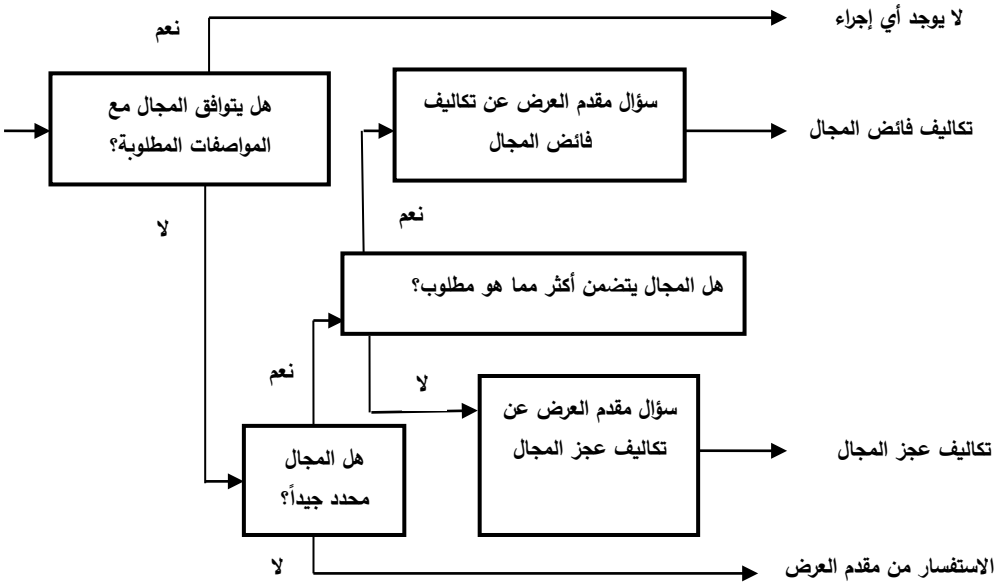
آلية تنفيذ التقييم الفني

إن إجراء التقييم الفني لعرض تشييد محطة نووية هو تثمين لمجال وحدود التوريد والخدمات بالإضافة إلى ميزات التصميم الفني للمحطة المراد إنشائها، ومن ثم تحديد تكاليف العجز والفائض من المواد والخدمات والقبول الفني للعروض المقدمة وبعد ذلك تُحدد الدرجة التقنية لكل عرض للوصول إلى وثيقة عقد العرض الأفضل تقنياً.

مجال وحدود التوريد والخدمات

من أهم التوريدات والخدمات التي تؤخذ بعين الإعتبار هي: المستلزمات والخدمات أثناء البناء والتشغيل، التعبئة والنقل والتأمين على المعدات، قطع الغيار والمواد الاستهلاكية، نقل المعرفة، إختبار المكونات والأنظمة، إختبار ما قبل التشغيل، ضمان الجودة ومراقبتها (QA,QC)، توفير الرسومات والحسابات وغيرها من الوثائق المطلوبة للإشراف على تصميم وبناء المحطة للترخيص وبرامج الكمبيوتر لإدارة الوقود وتشغيل وصيانة المحطة.

ينبغي تطبيق هذا المنطق بشكل منهجي على كل نظام ومكون وهيكل وخدمة يتم تقييمها، وذلك عن طريق إجراء مقارنات مع مواصفات العرض المقدمة من قبل المالك. فإذا كان المجال المعروض يتوافق مع المواصفات المطلوبة فلا يوجد ضرورة لأي إجراء، أما إذا كان المجال غير متطابق مع المواصفات ولكنه محدد بشكل جيد حيث توجد فيه إنحرافات عن المجال المطلوب، عندها يجب أن يتم الحصول على تكاليف أي عجز أو فائض في المواد و/ أو الخدمات من مقدمي العروض. يتم إجراء تقييم لمجال وحدود التوريد والخدمات وفقاً لمنطق التقييم الموضح في الشكل 1.



الشكل 1: منطق تقييم مجال وحدود التوريد والخدمات

تقييم ميزات التصميم الفني

يتم تنفيذ تقييم ميزات التصميم الفني على ثلاثة مستويات وهي:

• المستوى الأول: والذي يغطي تقييم العناصر ذات الأهمية العامة لأداء وسلامة المحطة مثل الأكواد والمعايير، مرونة وإستقرار التشغيل، الصيانة الشاملة والتزود بالوقود والتفتيش أثناء الخدمة، تخطيط المحطة، التقييم العام للسلامة أثناء التشغيل العادي والحوادث، توصيلات المحطة بالمحيط لاسيما فيما يتعلق بإستخدام مياه التبريد والمياه العذبة وإمدادات الطاقة ومعالجة النفايات، نقل وتركيب وإختبار المعدات، تقييم معايير ضمان الجودة والرقابة التي اقترحها العارض، التأثيرات البيئية.

• المستوى الثاني: والذي يتم فيه تقسيم المحطة إلى الأجزاء التالية: جزء نووي، العنفات، الأجزاء الكهربائية، الأجزاء الميكانيكية، الأعمال المدنية. يشمل تقييم المكونات النووية: وعاء وقلب المفاعل، أنظمة أمان المفاعل، الأنظمة المساعدة ونظام معالجة النفايات المشعة. كما يشمل تقييم جزء العنفات، العنفات، نظام خط البخار، المكثف وملحقاته، نظام تسخين مياه التغذية والنظام المساعد للعنفات. ويتضمن أيضاً تقييم الأجزاء الكهربائية، قضبان توصيل المولدات، قواطع دارات المولدات والمحولات الرئيسية والحماية التفاضلية الشاملة، مزود الطاقة الإضافي للمحطة، أنظمة الإمداد بالطاقة العامة للمحطة، أنظمة الإمداد بالطاقة في حالات الطوارئ (AC,DC)، معدات غرفة التحكم ونظام الكمبيوتر وأنظمة التحكم في المحطة، معدات القياس والمراقبة البيئية، أنظمة الإتصالات والإنذار. أما تقييم الأجزاء الميكانيكية فتشمل: نظام مياه التبريد الرئيسي والخدمي، أنظمة الإمداد بالهواء للخدمة، أنظمة مياه الحماية من الحرائق وأنظمة معالجة المياه، نظام التسخين، أنظمة التهوية وتكييف الهواء، معدات النقل والرفع، أنظمة مكافحة الحريق والحماية. ويشمل تقييم الأشغال المدنية: الموقع العام، أنظمة الوصول والسكك الحديدية والطرق ومرافق الوصول إلى الممرات المائية ومرافق الوصول الجوية، مباني المفاعل والعنفات والمبنى الإضافي للمفاعل ومباني النفايات المشعة وتخزين الوقود والتجهيزات الكهربائية ومولدات الديزل والمبنى الإداري ومبنى الخدمات.

• المستوى الثالث: يشمل تقييم التصميم الفني العام للمكونات الميكانيكية والكهربائية، والذي يتضمن المعدات الميكانيكية (المضخات والمبادلات الحرارية والخزانات والأوعية..)، المعدات الكهربائية (المحركات والمفاتيح والكابلات الكهربائية..)، الإنهاءات المعمارية (الجدران والأسقف والأبواب والنوافذ والأرضيات والأسقف..). يجري تقييم ميزات التصميم الفني للعرض وذلك بعد أن نأخذ بعين

الإعتبار معايير التقييم (الموثوقية، الوظيفة والأداء، سلامة التشغيل والصيانة، المواد) ويتم إظهار نتيجة التقييم إما بشكل التقييم النوعي أو بشكل التقييم الكمي.

1- التقييم النوعي (Qualitative Evaluation)

إن الهدف من التقييم النوعي هو تحديد القبول الفني للعرض وتقييم السمات الإيجابية والسلبية للتصميم. إذا اعُتبر معيار تقييم لمكون أو نظام (كالموثوقية على سبيل المثال) أقل من المطلوب المحدد بالمواصفات المقدمة من قبل المالك، فعند ذلك يجري التحقق فيما إذا كان التحسين بالمواصفات ضرورياً، ومن ثم مناقشة العارض عن إمكانية التحسين ليتم النظر إلى نتائج التغيير وتقديم توصية والحكم الفني المقابل فيما يتعلق بالحل الجديد. أما إذا لم يكن التحسين ممكناً فإن تقييم المكون أو النظام المتعلق بالموثوقية يعتبر غير مقبولاً ويجب أن يوضح الحكم الفني سبب عدم قبول مثل هذا الحل، وكذلك شكل العواقب التي قد تنشأ إذا أُعتمد هذا المكون أو النظام.

تُجمع بعد ذلك التقييمات الموجزة لكل مكون أو نظام لعدد من المكونات أو الأنظمة، وتطبق على معايير التقييم كافة مع سرد الميزات غير المقبولة تقنياً فضلاً عن التكاليف الإضافية وخفض التكاليف المطلوب تحقيقها إن أمكن.

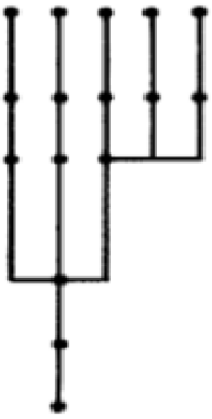
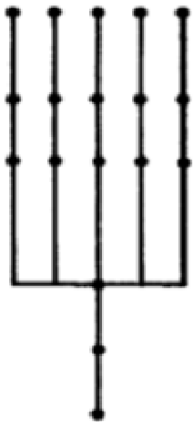
أخيراً، ينبغي أن يجري تقييم شامل للعرض لكل مجموعات المكونات والأنظمة بنفس الطريقة المتبعة لمجموعة معينة من العناصر، أي إعطاء الحكم الفني للعرض؛ مع الإشارة إلى جميع التكاليف الإضافية وخفض التكاليف اللازمة لجعل العرض على المستوى المحدد من قبل المالك وإبراز السمات الإيجابية والسلبية الرئيسية للعرض بشكل عام.

2- التقييم الكمي (Quantitative Evaluation)

يتم إجراء التقييم الكمي بنفس طريقة التقييم النوعي، ولكن بقيم عددية تُحدد السمات الإيجابية والسلبية للتصميم من أجل الوصول إلى ترتيب تقني واضح للعروض.

نهج التقييم

لإجراء التقييم الفني لعروض محطات الطاقة النووية المقدمة، نتبع إما نهجاً فردياً أو نهجاً على مرحلتين أو نهجاً متعدد التقييم. وذلك انسجاما مع الجدول 1.

نهج التقييم / العارض / معلم المشروع	نهج التقييم الفردي	نهج التقييم على مرحلتين	نهج متعدد التقييم
	A	A B C D E	A B C D E
• **إصدار مواصفات العرض** مرحلة تقديم العرض • **إستلام العرض** التقييم الأولي • **تقرير التقييم الأولي** التقييم التقني المفصّل+المفاوضات • **تقرير التقييم النهائي** المفاوضات النهائية • **خطاب النوايا** إنهاء العقد • **العقد**			
مقدم العرض الفائز	**A**	**B**	**C**

الجدول 1: نهج التقييم الفني لعروض المحطات الطاقة النووية

نهج التقييم الفردي

يطبق نهج التقييم الفردي في حالة وجود عقد تفاوضي مع مقدم عرض معين تم إختياره، وذلك لكون هذا المورد تم التعامل معه في مرات سابقة وكان ذو منتج جيد سهل التشغيل والصيانة. أضف إلى ذلك أن تشييد وحدات جديدة مطابقة أو مشابهة لوحدات منشأة سابقاً، يختصر المخزون الكبير من قطع الغيار، كما هو الحال في

وحدتين مختلفتين. كما يوفّر مرونة بتبادل المشغلين وموظفي الصيانة ويعمل على زيادة الخبرة الوطنية الأمر الذي يساهم في زيادة نسبة المشاركة المحلية.

أما في حالة إجراء تقييم وحدات جديدة في نفس الموقع المُنشأ عليه وحدات سابقة الإنشاء مطابقة لهذه الوحدات، يكون تقييم العرض الفني قصيراً وسهلاً نسبياً، في حين أن تقييم وحدة متطابقة أو مماثلة لوحدة سابقة الإنشاء على موقع مختلف يكون أكثر شمولاً وصعوبة نظراً لأخذ الجوانب الضرورية للموقع والتي تتطلب تطبيق مخططات مختلفة لأنظمة مياه التبريد والأساسات ومعايير التصميم الزلزالي. وعندما يكون الإختلاف فقط بحجم الوحدة المراد إنشائها مع وحدة مماثلة تم إنشاؤها سابقاً ينبغي أن يراعي تقييم هذه الوحدة عوامل أخرى مثل إختلافات التخطيط والإختلافات في حجم المعدات وتقييمها والآثار المترتبة على الأمان.

نهج التقييم على مرحلتين

يتكون نهج التقييم هذا من مرحلتين متميزتين:

- مرحلة التقييم الأولي للعرض حيث يجري تقييم للميزات المهمة في العروض المقدمة ليتم بعدها إختيار مقدمي العروض المفضلين (قائمة مختصرة من 2 إلى 3 عرض) كما هو مبين بالجدول 1، ويستبعد عدد معين من مقدمي العروض. تستغرق هذه المرحلة شهراً إلى شهرين من إستلام العروض كحد أدنى.
- مرحلة التقييم التفصيلي للعرض حيث يجري تقييم العروض المفضلة بتفصيل وبعمق أكبر ويتم إجراء مفاوضات مع مقدم (مقدمي) العرض المفضل. ويتم في هذه المرحلة توضيح جميع المسائل التجارية والتعاقدية والتقنية المتعلقة بالعرض المفضل، بحيث يمكن في النهاية تقديم رسالة جوابية لمقدم العرض الفائز. عادة تستغرق هذه المرحلة من خمسة إلى ستة أشهر كحد أدنى.

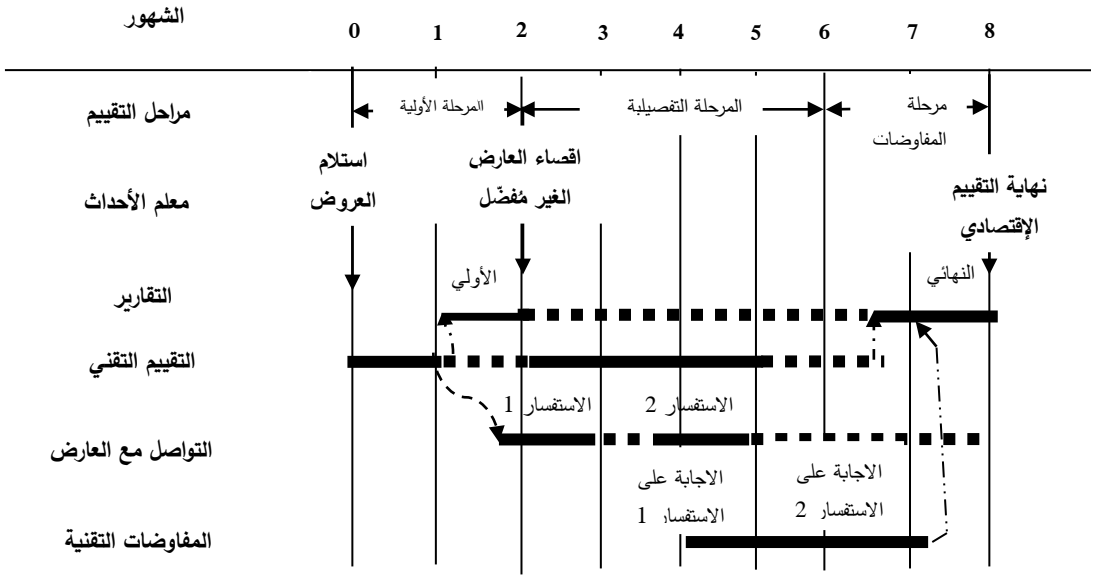
نهج التقييم المتعدد

يتضمن نهج التقييم المتعدد أيضاً مرحلة تقييم أولية ومفصلة، كما هو الحال في نهج التقييم على مرحلتين، ولكن الإختلاف في هذه الحالة أنه ليس من الممكن تحديد العروض المختارة بعد مرحلة التقييم الأولي للعروض الذي لم يُظهر فروقاً

جوهرية فيها، مما أدى إلى تقييم جميع العروض بالتفصيل والإحتفاظ بها خلال كامل فترة تقييم العرض وربما حتى إلى نقطة إصدار الرسالة الجوابية لمقدم العرض الفائز وذلك لأسباب مالية وسياسية، كما هو مبين بالجدول 1.

جدولة تقييم العرض

إن الوقت اللازم لتقييم العرض الفني هو الوقت الذي يبدأ من لحظة إستلام العروض حتى تقديم تقرير التقييم النهائي ويتراوح من ستة إلى ثمانية أشهر. يظهر في الشكل 2 جدول زمني نموذجي لتقييم العرض الفني لمشروع جاهز (تسليم على المفتاح).



الشكل 2: جدول زمني نموذجي لتقييم العرض الفني لمشروع جاهز (تسليم على المفتاح)

تنظيم فريق التقييم

يجب أن يتألف فريق تقييم العروض من: إثني عشر إلى خمسة عشر مهندساً ميكانيكياً (ثلاثة أو أربعة منهم يجب أن تكون لديهم خبرة صناعية لا تقل عن عشر سنوات)، خمسة أو ستة مهندسين مدنيين (واحد أو إثنين منهم بخبرة صناعية لا تقل عن عشر سنوات)، ثمانية إلى عشرة مهندسين كهربائيين (إثنان أو ثلاثة منهم يجب أن تكون لديهم خبرة صناعية لا تقل عن عشر سنوات)، إثنان أو ثلاثة فيزيائيين بخبرة خمس سنوات في المجال النووي، إثنان إلى ثلاثة خبراء إقتصاديين من ذوي الخبرة، واحد أو إثنان من المحامين من ذوي الخبرة الصناعية. في حالة العروض الخاصة بالمشروعات المراد تنفيذها على أساس مفتاح باليد. عادةً ما يكون عدد الفريق 100 إلى 150 عنصراً. وبالنسبة للجزء النووي يكون ما يقرب من 40 إلى 50 عنصراً.

فريق التقييم

يتضمن تقييم العرض الفني المراحل التالية:

1- إستلام وفتح العروض: تُستلم العروض مختومة ومعبأة في عنوان معين قبل تاريخ إغلاق العرض أو أي تاريخ آخر يتم الإتفاق عليه مع مقدمي العروض. إن من مصلحة إدارة المشروع الحفاظ على سرية معلومات الأسعار قدر الإمكان حتى لا يتأثر تقييم العرض الفني والمفاوضات المستقبلية.

2- التقييم الأولي للعروض: يكون هذا التقييم في أول أربعة إلى ثمانية أسابيع (كحد أدنى) بعد إستلام العروض، وذلك لفحص العروض من جهة إستكمال المعلومات المقدمة مع العرض للتحقق من مجال التوريد والخدمات ولتقييم ميزات التصميم الرئيسية للوحدة المعروضة، ولمعرفة ما إذا كان العرض يتوافق بشكل عام مع

مواصفات العرض وما هو نوع المعلومات التي يتوجب طلبها من مقدمي العروض. ويجب التأكيد في هذه المرحلة على تقييم ترخيص المفاعلات، وتقييم حداثة التصميم ومدى إعتماده على التصاميم السابقة المثبتة وتجربة الشركات المصنعة، وتحديد تكاليف تعديل المحطة لتلبية متطلبات المالك والمشكلات المتعلقة بدورة الوقود.

يتم إجراء التقييم الأولي للعرض من قبل كبار المهندسين في فريق التقييم بينما يستخدم مهندسو الفريق الآخرون وقتهم للتعرف على العرض وتقديم الدعم كما هو مطلوب. ينبغي وضع نتائج المرحلة الأولى من تقييم العروض وفقاً لنهج التقييم على مرحلتين في تقرير أولي والذي يتضمن: أسس وأهداف ونطاق التقرير، معلومات أساسية عن مقدمي العروض، ملخص فني لكل عرض، مطابقة العروض لمواصفات العرض، مجال وحدود التوريد والخدمات وكذلك حساب تكلفة الإنحرافات، الإستنتاجات والتوصيات. بالنسبة لنهج التقييم ذي المرحلتين يجب إصدار تقرير أولي عن البنود التجارية والتعاقدية ليتم إقصاء عدد من العروض.

مرحلة تقييم العروض التفصيلية

غاية هذه المرحلة هي الحصول على فهم أفضل للعروض من أجل الوصول إلى حكم مناسب على الأداء المتوقع، وتحديد ميزات التصميم غير الملائمة، والريبة فيما يتعلق بمجال وحدود التوريد والخدمات. تستغرق هذه المرحلة من العمل ما لا يقل عن ثلاثة إلى أربعة أشهر، وتشمل عدداً كبيراً من المهندسين والتقنيين، حيث أنه في نهاية هذه المرحلة تبدأ المفاوضات الفنية مع مقدمي العروض. يغطي التقييم الفني التفصيلي خصائص تصميم المعدات المعروضة: الإمتثال لمواصفات العرض، المصداقية (مكونات وأنظمة مثبتة، هوامش التصميم..)، تقاطع النظام والأداء (مقارنة مع أنظمة مماثلة من قبل مقدم العرض نفسه في مشاريع أخرى..)، إعتبارات الأمان (الحماية من التأثيرات الداخلية والخارجية مثل القذائف الصاروخية والفيضانات و الزلازل..)، التشغيل والصيانة (إعتبارات التشغيل والصيانة بما في ذلك الفحص أثناء الخدمة..)، المواد (الخبرة مع هذه المواد في مشاريع أخرى، مقاومة هذه المواد

للإشعاع..)، الأكواد والمعايير (فحص الأكواد والمعايير التي أشار إليها مقدم العرض في عرضه..)، الإختبارات (مراجعة مدى الإختبار الذي اقترحه مقدم العرض والتحقق ما إذا كان ذلك يتوافق مع مواصفات العرض).

عند الإنتهاء من التقييم التفصيلي للنظام أو المكون الرئيسي، يجب على مهندس التقييم تلخيص النتائج التي توصل إليها بطريقة يمكن دمجها في تقرير التقييم الشامل. ويجب أن تغطي هذه الملخصات الجوانب التالية: الحكم العام على ما إذا كان المكون الرئيسي أو النظام الذي تم تقييمه جيدًا ومرضيًا، وبيان ما إذا كان التصميم نموذجياً أم يوجد فيه نقاط قصور، وكذلك بيان ما إذا كان التقييم مقيداً بسبب نقص المعلومات في العرض مع إبراز المجالات المحددة التي تتطلب مزيداً من المعلومات والتوصيات التي يمكن تقديمها للعارض بشأن تحسين أو تبسيط التصميم. ينبغي فحص نتائج التقييم الفني المفصل من قبل المهندسين المشرفين وتقديمها بطريقة واضحة وموحدة (نماذج تقييم العروض وغيرها من النماذج القياسية) وذلك لإعداد الإستبيان وتقرير التقييم النهائي.

الإستبيانات

يُرسل عدد محدود من الإستبيانات من قبل فريق التقييم إلى مقدمي العروض على فترات منتظمة خلال فترة تقييم العرض من أجل: مطالبة العارض تقديم معلومات مفقودة و/أو تكميلية، توضيح أي شكوك في العرض فيما يتعلق بمجال وحدود التوريدات والخدمات وخصائص التصميم الفني وشروط العقد، وكذلك الإقتراح على العارض تحسين تصميمه أو تبسيطه، كلما كان ذلك مناسباً، والمطالبة بتكلفة العجز أو الفائض المادي. عادة ما يتم إرسال الإستبيان الأول مباشرة بعد مرحلة التقييم الأولي للعرض والذي يكون جاهزاً في غضون ستة إلى ثمانية أسابيع بعد إستلام العروض، بحيث يكون لكل سؤال رقم خاص به ويجب الإشارة في كل سؤال إلى الأجزاء المقابلة في مواصفات العرض وفي وثائق العرض. يمكن توقع الإجابات على الإستبيانات في غضون أربعة إلى ستة أسابيع بعد إرسالها إلى مقدمي العروض. ومن الضروري أن يعطي مقدمو العروض إجابات مكتوبة على الإستبيانات

الأولية لتكون متاحة في سياق التقييم التفصيلي للعرض بحيث يمكن أخذها في الحسبان بالكامل خلال هذه المرحلة من العمل ولتُستخدم لاحقاً. توفر الإستبيانات اللاحقة مع جميع الإجابات على الأسئلة التي ظهرت أثناء التقييم التفصيلي، التأكيد بشأن ما سيتم التعاقد على شرائه والحصول على وثائق جيدة ستكون أساساً للمفاوضات ولصياغة العقود.

تقرير التقييم النهائي

تُوضع نتائج التقييم الفني التفصيلي في تقرير التقييم النهائي والذي يمثّل إجابة قاطعة حول ما يعتبر من الناحية الفنية أفضل عرض، وما هي الميزات التي يجب تحسينها أو مراقبتها بعناية أثناء البناء والإستثمار، وما هي التوصيات للتوصّل إلى وثيقة عقد فني مرضية. يحتوي التقرير النهائي على بيانات الإدخال لتقييم العرض الإقتصادي وعلى تقارير منفصلة لكل جزء (جزء نووي، العنفات، الأجزاء الكهربائية، الأجزاء الميكانيكية، الأعمال المدنية). يعطي التقرير ترتيباً تقنياً للعروض التي تم تقييمها مع إمكانية الإشارة إلى مدى جودة عرض واحد مقارنة بالعروض الأخرى.

يتألف التقرير النهائي من: ملخص وإستنتاجات، أسس التقييم وطريقته، تقييم مجال التوريد والخدمات، تقييم ميزات التصميم الفني للمحطة، التشغيل والصيانة، الأمان، توكيد ومراقبة الجودة، الأكواد والمعايير، الإختبارات والإستثمار، تقييم الأنظمة والمكونات الرئيسية، تقييم المعدات الكهربائية والميكانيكية العامة، تقييم الضمانات الفنية، التصميم والمواد، ضمانات الأداء، مجالات الخلافات الخاصة والإستثناءات من مواصفات العرض.

تغطي بيانات الإدخال لتقييم العرض الإقتصادي العناصر التالية: الناتج الكهربائي الصافي للمحطة، التوافر التشغيلي المتوقع للمحطة على مدار عمرها الإقتصادي بالكامل، ميزان تكاليف المحطة، تكاليف التشغيل والصيانة المتوقعة، التوظيف في المحطة، تكاليف الصيانة والمواد المستهلكة وقطع التبديل، تكاليف دورة الوقود، جدول التزود بالوقود بكميات من الوقود والتخصيب وعمق إحتراق القلب الطازج وعدد مرات إعادة التحميل.

المفاوضات الفنية

تتم المفاوضات على ثلاث مراحل وهي:

1.المفاوضات الأولية التي عادة ما تجرى مع مقدمي العروض المفضلين وذلك بعد تلقي الإجابات على الإستبيان الأول والتي يمكن أن تكون في غضون ثلاثة إلى أربعة أشهر من إستلام العروض، وتستغرق ثلاثة إلى خمسة أيام لكل جهة من مقدمي العرض وذلك لإزالة الشكوك الواردة في العروض من أجل الحصول على فهم أفضل للمسائل التالية: المجال والتكاليف والإنحرافات الرئيسية عن مواصفات العرض، جوانب فنية كبيرة حول كفاية وقبول العروض، معلومات مفقودة.

2. المفاوضات قبل وضع الرسالة الجوابية الخاصة بالعارض الفائز.

3. المفاوضات مع العارض المختار لصياغة العقد الفني النهائي.

وثائق العقد الفني

إن الأساس الذي يُبنى عليه العقد هو مواصفات العرض المقدم من قبل المالك وتعليقات مقدم العرض الفائز على مواصفات العرض، وكذلك الأسئلة التي يتم طرحها على مقدم العرض أثناء التقييم، كما الإجابات الواردة بالإضافة إلى بروتوكولات المفاوضات بشأن الإتفاق على الإنحرافات عن مواصفات العرض. تشمل وثائق العقد الفني ما يلي: مواصفات العقد، وثائق العرض، PSAR لمحطة مرجعية (إن وجدت)، الوثائق الأخرى المتفق عليها كوثائق إتصال فنية. يجب أن يكون لمواصفات العقد الأولوية على وثائق العرض أثناء إنشاء المحطة وتشغيلها فيما يتعلق بأية أمور لم يتم معالجتها بشكل كافٍ في وثائق العرض الخاصة بمقدم العرض المقابل. تمنح مواصفات العقد للمشروع القوة القانونية اللازمة خلال فترة الضمان للمطالبة بتصحيح العيوب الفنية إذا كان أداء المحطة لا يتوافق مع متطلبات مواصفات العقد.

التقييم الفني للوقود النووي

بإعتبار أن الوقود النووي هو المكون الرئيس في المحطة النووية، من المفيد أن نستخدمه كمثال في عملية إجراء التقييم الفني وذلك وفقاً للخطوات التالية:

• المصداقية: وذلك من خلال دراسة سلامة الوقود الذي يكون مرتبط بما يلي: درجة إصدار الغازات الإنشطارية داخل قضيب الوقود، ضغط قضبان الوقود، مادة غلاف قضيب الوقود وأبعادها وخصائصها، التركيب الكيميائي للوقود وكثافة الحبيبات وشكلها وأبعادها، الفراغ الهوائي بين الغلاف وحبيبات الوقود ودرجات الحرارة وتفاعلات كلٍ من الغلاف وحبيبات الوقود، هوامش الأمان وحدود التشغيل، التصنيع وكذلك تطبيق إجراءات ضمان الجودة ومراقبة الجودة.

• الوظيفة والأداء: عمق الإحتراق والتدفق الحراري والإستطاعة الخطية وميزات الأداء الأخرى، يمكن مقارنة أرقام عمق الإحتراق التي تم إيرادها من قبل مقدمي العروض مع بعضها البعض وبالمشاريع السابقة للحكم على مدى الثقة في الوصول إلى هذه الأرقام.

• الأمان: هوامش الأمان والإصدار الإشعاعي المحتمل من الوقود.

• التشغيل والصيانة: تعد المرونة التشغيلية مع الوقود النووي جانباً مهماً من جوانب تقييم الوقود، حيث يجب أن تتوافق هذه المرونة مع مرونة الجزء النووي وإحتياجات المشروع. ينبغي تقييم سرعة تغيير الإستطاعة مقابل زيادة مخاطر تأذي الوقود وتقييم المرونة التشغيلية في بدء التشغيل وتغييرات الحمل في نهاية كل دورة وقود. يمكن تحسين المرونة التشغيلية في المفاعلات ذات الوقود المخصب من خلال زيادة التخصيب الأولي أو عن طريق تقليل درجة حرارة ماء التغذية مما يؤدي لوجود احتياطيات تفاعلية أعلى في نهاية دورة الوقود، الأمر الذي يساهم بتمديد دورة الوقود إلى أبعد من المعتاد على الرغم من وجود بعض العقبات الإقتصادية.

• المواد: يتم تقييم مادة غلاف قضبان الوقود ومادة الأجزاء الداخلية لوعاء المفاعل والمجموعات الوقودية وأنظمة التحكم.

• لا تغطي عملية تقييم الوقود النووي تصميم الوقود فحسب، بل تشمل أيضاً تصميم قلب المفاعل، أي ترتيب مجموعات الوقود داخل وعاء المفاعل والمعدات المرتبطة بها ووسائل بدء التشغيل والتحكم (مصادر النيوترونات وقضبان التحكم والسموم القابلة للإحتراق).

• ينبغي أن يشمل تقييم تصميم قلب المفاعل ما يلي:

– الإستطاعة الحرارية للقلب، عدد مجموعات الوقود، وزن الوقود، التخصيب الأولي والنهائي، عمق الإحتراق، عدد قضبان التحكم، الطول النشط للقلب، قطر القلب، الإستطاعة الخطية وكثافة الإستطاعة.

– الخصائص الحرارية الهيدروليكية: تدفق سائل التبريد، مدخل القلب وظروف التفريغ، حصة البخار، سرعات سائل التبريد وإنخفاض الضغط، درجات حرارة القلب، سطح النقل الحراري، التدفق الحراري وكذلك معدلات التدفق الحراري الحرجة الدنيا (CHFR).

– البيانات النووية: النسبة الحجمية (المهدئ / الوقود)، تفاعلية القلب، هوامش الإغلاق ومعاملات التفاعلية.

– قضبان التحكم: قيم التفاعلية السلبية، الشكل، المواد الماصة، الطول النشط والأبعاد الأخرى، عمر التصميم والأوزان.

– مصادر النيوترونات: العدد، المادة، النشاط والعمر.

– التجهيزات في القلب.

• إن تقييم الوقود النووي مرتبط ارتباطاً وثيقاً مع تقييم المجموعة النووية من خلال النقاط التالية:

– الأجزاء الداخلية لوعاء المفاعل.

– نظام التبريد الأولي.

– قضبان التحكم وأنظمة إمتصاص النيوترونات الأخرى (كنظام التحكم بواسطة البورون).

– أنظمة تبريد القلب وأنظمة الأمان الأخرى.

– أنظمة التزود بالوقود الطازج وآلات إستبدال الوقود المستنفذ بالوقود الطازج وأنظمة تبريد وتنظيف أحواض تخزين الوقود المستنفذ وإمكانية تخزين الوقود المستنفذ.

الإستنتاجات

تبين نتائج هذه المقالة أن العرض المُقدّم يجب أن يوفر ضماناً بمستوى كافٍ من الموثوقية والأمان من الناحية الفنية. وتشكل مخرجات هذه المقالة بيانات الإدخال التي ستكون نقطة البداية لإجراء التقييم الإقتصادي للعرض المُقدّم لتشييد محطة نووية وذلك لرفد صانع القرار بالمعلومات التي تمكنه من تحديد العرض الأنسب الذي يحقق درجة أمان أفضل وبأقل تكلفة لكل وحدة طاقة كهربائية مولدة.

د. م. سامر الحاج علي
م. جورج سابا
مكتب التنظيم النووي والاشعاعي
هيئة الطاقة الذرية السورية
salhajali@aec.org.sy

References

(1) Technical Evaluation of Bids for Nuclear Power Plants, IAEA-TECDOC-204, IAEA, Vienna (1981).
(2) Bid Invitation Specifications for Nuclear Power Plants, IAEA-TECDOC-275, IAEA, Vienna (1987).
(3) Economic Evaluation of bids For Nuclear Power Plants, IAEA-TECDOC-396, IAEA, Vienna (2000).
(4) Potential for Sharing Nuclear Power Infrastructure between Countries, IAEA-TECDOC-1522, IAEA, Vienna (2006).
(5) Basic Infrastructure for a Nuclear Power Project, IAEA-TECDOC-1513, IAEA, Vienna (2006).
(6) Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power, IAEA Nuclear Energy Series No. NG-G-3.1, IAEA, Vienna (2007).
(7) Managing the First Nuclear Power Plant Project, IAEA-TECDOC-1555, IAEA, Vienna (2007).

السلع الإستهلاكية التي تحتوي على مواد مشعة

Abstract

Most of us are aware of the role of nuclear power in producing electricity and many of us know about some nuclear applications in Industry, Engineering, Medicine, Pharmacology, Agriculture, Environment and many other areas of life. Few of us, however, are aware of the fact that there are many consumer products which nuclear technology and are, in fact, radioactive. These consumer products are readily available in the market and, due to their low radioactivity, are not under any kind of regulations.

This article sheds a light on consumer products that are radioactive. The truth is that, these products are not risk free and consumers should be aware of that. The article also deals with the radiation doses that the public may be expose because of using these products. In addition, it covers some basic information about radioisotopes, the types of ionizing radiation they produce and the characteristics of each kind of radiation. Furthermore, it goes over the subject of radiation exposure, absorbed and equivalent dose and the units used in measuring each one of them.

مقدمـــة

تعود مسألة إضافة المواد المشعة للسلع الاستهلاكية، بشكل مقصود، لزمن بعيد. فقد إستعملت مركبات اليورانيوم في إنتاج الزجاج الملون وفي صناعة الخزف منذ أكثر من قرن ونصف من الزمن. وأضيف الطلاء المتألق الحاوي على

الراديوم–226 (Radium-226)، بعد اكتشاف التألق الإشعاعي (Radioluminous) لهذا العنصر في بداية القرن الماضي، للعديد من المنتجات الإستهلاكية. تطورت هذه التقنية خلال القرن العشرين وتزايد عدد وأنواع السلع الإستهلاكية المحتوية على مواد مشعة. لكن لابد من الإشارة هنا إلى أن تطور إستخدام النظائر المشعة في المواد الإستهلاكية لم يكن بدون ثمن. فكثير منا سمع بمأساة فتيات الراديوم (Radium girls) التي تعود للربع الأول من القرن الماضي، إذ أستُعملَ هذا العنصر في طلاء أرقام الساعات والعديد من التجهيزات الأخرى لجعلها مضيئة في الليل مما يُسّهل قراءتها، وذلك قبل أن تُعرف التأثيرات الضارة للأشعة المؤينة التي يطلقها الراديوم، والتي أدت إلى نتائج كارثية على الأشخاص الذين قاموا بهذا العمل وكانوا جميعهم من الفتيات. لم يتوقف الموضوع عند هذا الحد فقد دخلت النظائر المشعة، وخاصة الراديوم، في بداية القرن العشرين، نظراً لما كان يعتقد وقتها بقدرته على إكساب الجسم طاقة سحرية، في العديد من المنتجات المعدة للإستعمال البشري، مثل بطانيات الراديوم (Radium blankets) ومشدات الخصر ومستحضرات التجميل وحتى في تحضير مشروبات الطاقة والعديد من الأشياء الأخرى.

لحسن الحظ فقد توقف إنتاج هذه المواد الاستهلاكية كلياً في سبعينيات القرن الماضي ولو أن بعضها قد لا يزال قيد التداول حتى تاريخه. كما حصلت بعدها بعض التطورات التي أدت إلى التقليل من فرص تعرض المستهلكين للأشعة المؤينة. فمثلاً، توقف إستعمال الراديوم في إنتاج مواد الطلاء وأستبدل بعنصر التريتيوم (Tritium) أو البروميثيوم–147 (Promethium-147). كما أدى تحسين التقنية إلى تخفيض كمية المواد المشعة المستعملة في بعض السلع من قبل المصنعين.

ومع تطور إستعمال هذه السلع خلال القرن الماضي فقد قامت العديد من المنظمات الدولية بوضع تعليمات وطباعة دليل إستعمال لهذه السلع بغرض تقليل

التعرض الإشعاعي الناتج عن إستعمالها أو التخلص منها بعد إستهلاكها، إلى حدوده الدنيا، مع إستمرار التمتع بالفوائد والمزايا التي تقدمها. كما منعت، في الوقت نفسه، إستعمالها عندما لا يكون هنالك مبرر حقيقي أو فائدة إضافية من هذا الإستعمال، كمنع إضافة مواد مشعة للعب الأطفال مثلاً.

وعلى إعتبار أن النظائر المشعة باتت تدخل في صناعة عدد كبير من السلع، ولغرض تحديد مجال تغطيتنا هنا، فإننا في هذه المقالة نقصد بالسلع الإستهلاكية كل أداة أو منتج أضيف له عن قصد نظائر مشعة، ويمكن تقديمه للمستهلك دون الحاجة لأي إشراف أو مراقبة. يعني ذلك أننا لن نتطرق للسلع المستعملة في الأماكن العامة والتي يمكن أن تؤدي إلى تعرض إشعاعي مثل إشارات الخروج في الطائرات والمسارح وغيرها المحتوية على مصادر إضاءة تعتمد على التريتيوم الغازي. كما أننا لن نستعرض تلك السلع الإستهلاكية الحاوية على مواد مشعة والمحضرة أساساً لأغراض صناعية، مع أنها يمكن أن تصل إلى مستهلكين غير مستهدفين، ربما عن طريق المواقع الالكترونية.

تهدف هذه المقالة، إلى مراجعة موضوع السلع الإستهلاكية المختلفة الحاوية على مواد مشعة والمتوفرة تجارياً دون خضوعها للرقابة ويسمح بتداولها دون قيود. إضافة إلى ذلك، تتطرق المقالة إلى المعلومات المتوفرة عن مدى تعرض الجمهور للأشعة المؤينة نتيجة للإستعمال المتكرر لمثل هذه السلع والجرعات الإشعاعية المحتمل التعرض لها نتيجة هذا الإستعمال. ولكن قبل البدء بهذا الموضوع فلا بد من التعرض لبعض المعلومات الأساسية مثل التعريف بموضوع النظائر المشعة وأنواع الأشعة المؤينة التي تطلقها هذه النظائر ومدى خطورة كل منها والطرق المحتملة لتعرض الإنسان لها. كما تتطرق المقالة لمفهوم التعرض الإشعاعي والجرعة الممتصة والجرعة المكافئة والوحدات المستعملة في قياس كل منها.

النـظائر

عُرفت النظائر، أو ذرات العناصر المحتوية على العدد نفسه من البروتونات والمختلفة في عدد النيوترونات، منذ بداية القرن العشرين من قبل الكيميائي الإنكليزي سودي (Soddy) الذي كان أول من أطلق عليها هذه التسمية "النظائر" أو "Isotopes" وقد أشتقت هذه الكلمة من اليونانية، وتعني المكان نفسه إشارة إلى كونها تحتل الموقع نفسه في جدول التصنيف الدوري.

النـظائر المشعة

للتعريف بمفهوم النظائر المشعة يَجدرُ بنا أن نذكر أن هنالك توازناً حساساً في نوى ذرات العناصر تحكمه قوى التنافر الموجودة بين البروتونات بسبب الشحنات الموجبة الموجودة عليها من جهة، وقوى التجاذب الكائنة بينها وبين النيوترونات عديمة الشحنة من جهة ثانية. ويعتمد إستقرار النواة، بشكل كبير، على التوازن الكائن بين هذين النوعين من القوى، وتتولد حالة من عدم الإستقرار في النواة عند إختلال هذا التوازن، تؤدي إلى تحول النيوكلونات داخلها من شكل لآخر. ويترافق هذا التحول بتحرير طاقة قد تنطلق خارج النواة على شكل إشعاعات (أشعة ألفا أو بيتا أو غاما) بهدف زيادة إستقرارها وهذا ما يحدث في النظائر المشعة. لكن لابد من الإشارة هنا إلى أن النظائر ليست جميعها مشعة فبعضها مشع وأخرى مستقرة أو– غير مشعة.

ونظراً لتزايد الحاجة للنظائر المشعة، لما لها من أهمية بالغة في مختلف نواحي الحياة، ومحدودية كمياتها، أو– إنعدام وجود بعضها في الطبيعة، فقد طور العلماء طرقاً لإنتاجها صناعياً. تُنتج النظائر المشعة صناعياً بتغيير التوازن بين عدد البروتونات وعدد النيوترونات في نوى ذرات العناصر الطبيعية، وذلك بإنقاص أو زيادة نسبة عدد النيوترونات إلى البروتونات الموجودة فيها، ويتم ذلك باستعمال

المسرعات الإلكترونية والمفاعلات النووية أو المنابع النيترونية، وتشكل النظائر المشعة الصناعية معظم النظائر المشعة المستعملة في العالم في الوقت الحاضر.

الأشعة المؤينة التي تطلقها النظائر المشعة

تطلق النظائر المشعة، أثناء تفككها، ثلاثة أنواع من الأشعة المؤينة هي أشعة ألفا (α) وبيتا (β) وغاما (γ). تصدر أشعة ألفا عن التفكك الإشعاعي لبعض النظائر المشعة مثل الراديوم–226 (Radium-226) واليورانيوم–238 و235 والثوريوم–232 وغاز الرادون الذي ينتج عن تفكك اليورانيوم. وتتكون من أشعة ألفا نوى ذرات الهليوم–4 المشحونة إيجاباً، والحاوية على بروتونين ونيوترونين، مما يجعلها ثقيلة نسبياً ويقلل من قدرتها على الحركة حتى في الأوساط الغازية. كما أن قدرتها على الإختراق محدودة جداً إذ تكفي الألبسة العادية لحماية الجسم منها وبالتالي ينحصر تأثيرها في حالات التلوث الداخلي بذرات النظائر التي تطلق هذا النوع من الأشعة.

وتصدر أشعة بيتا عن عدد من النظائر المشعة، مثل الرصاص–214 (Lead-214) والبيزموت–214 (Bismuth–214)، وتتكون من إلكترونات ذات منشأ نووي. ولذلك فهي أصغر من جسيمات ألفا بكثير وبالتالي أقل قدرة على التأيين من أشعة ألفا، ولكنها أكثر قدرة على الحركة والإختراق وهذا ما يجعلها أكثر خطورة.

أما أشعة غاما فهي أشعة كهرطيسية ذات طاقة عالية جداً وقدرة إختراق شديدة. تنتج أشعة غاما عن النظائر المشعة وخاصة الكوبالت–60 (Cobalt-60) والسيزيوم–137 (Cesium-137). ونظراً لكون هذه الأشعة غير مشحونة كهربائياً فإنها تؤين المادة بشكل غير مباشر عن طريق طرد الإلكترونات من المادة التي إمتصتها. كما أن قدرتها الشديدة على الإختراق وطاقتها العالية، تزيد من خطورتها على الأشخاص الذين يتعرضون لها.

إضافة إلى هذه الأنواع الثلاثة من الأشعة المؤينة التي تنتجها النظائر المشعة فهناك نوعان آخران هما الأشعة السينية والحزم الإلكترونية وكلاهما يُنتج بإستعمال أجهزة كهربائية ولا علاقة للنظائر المشعة في إنتاجها.

التعرض الإشعاعي، الجرعة الممتصة والجرعة المكافئة

التعرض الإشعاعي (Radiation exposure) هو مقدار فيزيائي، يعبر عن كمية التأين الذي تحدثه أشعة X أو γ في الهواء، وقد إستعمل الرونتجن في البداية كوحدة لقياس التعرض الإشعاعي، وعرف على أنه كمية الأشعة اللازمة لإحداث 1.61×10^{15} زوجاً من الأيونات في كيلوغرام واحد من الهواء الجاف في الشرطين النظاميين. يؤخذ على هذا المقدار الفيزيائي (التعرض) بأنه لا يجوز إستعماله إلا على أشعة X أو γ، وآثارهما في الهواء. وللتغلب على هذه المشكلة، خاصة وأن توضع الطاقة قد يختلف من وسط مادي إلى آخر، فقد أُدخل مفهوم الجرعة الإشعاعية الممتصة (Radiation absorbed dose) لوصف كمية الإشعاع المؤين من أي نوع وبأي طاقة وفي أي وسط. تُعرّف الجرعة الممتصة على أنها كمية الطاقة الممتصة في واحدة الكتلة نتيجة لتعرض المادة لأي نوع من الأشعة.

إستعمل الراد (Radiation absorbed dose or Rad) لفترة طويلة كوحدة لقياس الجرعة الممتصة وهو يعبر عن امتصاص 100 أرغة (Ergs) من الطاقة في غرام واحد من المادة، أما في الوقت الحاضر فيُعبر عن الجرعة الإشعاعية الممتصة بوحدة قياس جديدة تدعى الغراي (Gy) نسبة إلى العالم الفيزيائي غراي (Gray). ويعبر الغراي عن كمية الطاقة الإشعاعية الممتصة لكل كيلو غرام واحد من المادة ويساوي جول واحد لكل كيلوغرام. وكما هو الحال بالنسبة للراد.

وبشكل مشابه للأوساط المادية، تعبر الجرعة الممتصة في النسج الحية عن كمية الطاقة الإشعاعية الممتصة (جول) لكل كيلوغرام من المادة الحية. ويتناسب الأذى الذي تحدثه هذه الجرعة للنسج الحية، طرداً، مع قيمتها ونوع الأشعة وطاقة الحزمة الإشعاعية ونوع النسيج المتعرض. تستعمل الجرعة المكافئة

(Equivalent dose) لقياس الجرعة الممتصة في النسج الحية ويستعمل السيفرت (Severt or Sv) أو كوحدة لقياس الجرعة المكافئة. السيفرت يساوي تقريباً واحد غراي عندما نتحدث عن أشعة غاما أو أشعة بيتا التي تزيد طاقتها عن 0.03 ميغا إلكترون فولط (0.03 MeV). أما بالنسبة لأشعة ألفا ونواتج الإنشطار النووي الثقيلة، فيساوي نحو 20 غراي.

حساسية الإنسان للأشعة المؤينة

تأتي البرمائيات في قاعدة السلم الهرمي لحساسية الكائنات الحية الحيوانية الراقية (Higher animals) للأشعة المؤينة من حيث قدرتها العالية على المقاومة، تليها الزواحف ثم الطيور. ويأتي الإنسان، لسوء الحظ، في أعلى الهرم، فهو أكثرها حساسية. وللمقارنة فقط، يبين الجدول 1 الحساسية النسبية لمجموعات مختلفة من الكائنات الحية الحيوانية والجرعة القاتلة لخمسين بالمائة من أفرادها (LD50). ففي حين تصل الجرعة القاتلة لخمسين بالمائة (LD50) من المجتمع المدروس في بعض أنواع البرمائيات إلى 22 غراي، فإن الجرعة قد لا تزيد عن 3 غراي عند الإنسان.

المجموعة	الجرعة القاتلة (غراي) لـ 50% من أفرادها (LD_{50})
البرمائيات	7–22
الزواحف	3–40
الطيور	5–20
الإنسان	2–3

الجدول 1. الحساسية النسبية لمجموعات مختلفة من الكائنات الحية الحيوانية الراقية وجرعة التعرض القاتلة لخمسين بالمائة (LD50) من أفرادها.

كما يبين الجدول 2 بعض المعلومات عن حساسية الإنسان للأشعة المؤينة والحدود اللازم أخذها بعين الاعتبار عند حصول التعرض لمثل هذه الأشعة، إذ يشير الجدول إلى أن جرعة صغيرة جداً (4000mSv) أو 4 غراي يمكن أن تكون مميتة للأفراد الذين يتعرضون لها، في حين أنّ جرعة 500 ميلي سيفرت تؤدي حتماً إلى ظهور بعض الأعراض السريرية مثل التقيؤ وإحمرار الجلد وإنخفاض في أعداد الصفيحات الدموية، كما أن جرعة 6 ميلي سيفرت تستدعي إجراء تقصي من قبل السلطة الرقابية لمعرفة سبب التعرض لهذه الجرعة وإيجاد الحلول المناسبة.

الحد	الجرعة (mSv)
الجرعة القاتلة	4000
عتبة الآثار الحتمية	500
حد التقصي	6
الجرعة السنوية للإشعاع الطبيعي (الحد الوسطي)	2.5
حد الجرعة السنوية لعموم الناس	1

الجدول 2. الحساسية النسبية للإنسان للأشعة المؤينة مقدرة بالميكروسيفرت (mSv) وبعض الحدود الأخرى اللازم أخذها بعين الاعتبار عند التعرض الإشعاعي.

إستخدام النظائر المشعة في السلع الإستهلاكية

تعتمد بعض السلع الإستهلاكية المضاف لها نظائر مشعة على خصائص الأشعة المؤينة للذرات المضافة مثل إستعمال الأمريشيوم-241 (Americium-241) في صناعة كواشف الدخان (Smoke detectors)، في حين تعتمد منتجات أخرى على الخواص الكيميائية أو الفيزيائية للذرات المشعة المضافة مثل

إستعمال مركبات الثوريوم (Thorium-232) في صناعة المصابيح المتوهجة (Thoriated incandescent gas mantles). وتعتمد مجموعة ثالثة على تأثير الأشعة المؤينة في بعض السلع للحصول على مميزات جديدة مثل تعريض الأحجار الكريمة للأشعة المؤينة بغرض تنشيط الذرات فيها إشعاعياً مما يكسبها ألواناً جديدة أو يزيد من درجة اللون الموجود. وبشكل عام، يمكن تقسيم السلع الإستهلاكية الحاوية على نظائر مشعة إلى ثلاثة مجموعات هي:

1.سلع أضيف لها عمداً عناصر مشعة صنعية مثل كاشف الدخان المزود بحجرة تأين.

2.سلع أضيف لها عمداً عناصر مشعة طبيعية مثل الساعات والتجهيزات الأخرى التي تطلى أرقامها بطلاء يجعلها متألقة وقابلة للرؤيا في الظلام.

3.سلع لم يضف لها أية عناصر مشعة، ولكنها عُرضت عمداً للأشعة المؤينة بغرض تنشيط الذرات فيها (Activation) لإكسابها خصائص جديدة (ألوان جديدة أو تغيير درجة اللون) مثل الأحجار الكريمة والزجاج مما يجعلها أكثر جاذبية للمستهلك.

أهم السلع الإستهلاكية الحاوية على نظائر مشعة

كاشف الدخان (Ionization chamber smoke detector)

يحتوي هذا الكاشف على حجرة تأين حيث يؤدي تأين الهواء داخل الحجرة بإستعمال مصدر مشع إلى تطبيق فرق كمون بين القطبين مما يسمح بمرور تيار كهربائي ضعيف. وعندما يدخل الدخان إلى الحجرة تعلق بعض الإيونات بجزيئات الدخان الأكبر حجماً مؤدية إلى تغير في المقاومة، ويستعمل هذا التغير (زيادة المقاومة أو ضعف التيار) إلى قرع جرس الإنذار.

إستعملت سابقاً عدة نظائر في كواشف الدخان مثل الكريبتون–85 (Krypton-85) والراديوم–226 (Radium-226) والبلوتونيوم–283 و289 (Plutonium-238 and 289) ولكن الجرعة العالية نسبياً لمثل هذه العناصر دفعت إلى إستبدالها بعنصر الأميريشيوم–241 (Americium-241) الذي يتميز بجرعة إشعاعية خارجية منخفضة جداً.

السلع الإستهلاكية المتألقة إشعاعياً (Radioluminous products)

أُستعمل الطلاء المتألق إشعاعياً (الدهان المضيء) منذ بداية القرن الماضي في صناعة السلع الإستهلاكية التي تتطلب الرؤية في الظلام مثل الساعات والبوصلات وأجهزة الملاحة وحلقات وضع المفاتيح والعديد من السلع الأخرى. فمع إندلاع الحرب العالمية الأولى وظهور الحاجة عند الجنود للرؤية في الظلام، بدأت المصانع الأمريكية بإنتاج ساعات وتجهيزات عسكرية مختلفة وقد طليت أرقامها بمادة متألقة مصنوعة من الراديوم–226 (Radium-226) تجعلها قابلة للرؤيا في الظلام مما يعطيها ميزات إضافية. وأهم هذه المنتجات هي:

أ. الطلاء المتألق أو الدهان المضيء (Radioluminous paints): إستعملت النظائر المشعة في صناعة الدهانات المضيئة (المتألقة) منذ زمن طويل إذ يتم تحويل الأشعة المنبعثة إلى ضوء عن طريق التألق (الوميض) ويستعمل لذلك سُلفيد الزنك (Zinc sulphide). وقد إستعمل الراديوم–226 (Radium-226) بشكل واسع ولزمن طويل لهذا الغرض، ولكن ولأسباب متعددة فقد إستبدل هذا النظير بالتريتيوم أو البروميثيوم–147 (Promethium-147).

ب. المصادر الضوئية المستعملة للتريتيوم الغازي (Gaseous tritium light sources): تتميز هذه التجهيزات بقدرتها على إصدار أضواء بألوان عدة، ويتم في هذا النوع من المصادر الضوئية وضع غاز التريتيوم ضمن أنبوب زجاجي مطلي من

الداخل بالفوسفور. وعلى إعتبار أن طول الموجة للضوء الصادر يعتمد على الفوسفور، فمن الممكن صنع مصابيح قادرة على إصدار ضوء بألوان مختلفة.

مشغّل الحركة للمصابيح المتألقة (Fluorescent lamp starters)

يستعمل في المصابيح المتألقة، مصدر لتسخين أحد القطبين الكهربائيين مما يسمح بمرور قوس كهربائي من قطب لآخر. عندئذ يزود القوس الكهربائي الفوسفور المغطي للسطح الداخلي للمصباح بالطاقة اللازمة لإنتاج ضوء مرئي. وتعتمد بعض المصابيح المتألقة على إستعمال كميات قليلة من أنواع مختلفة من النظائر المشعة لتأمين تأين أولي للقوس الكهربائي وهذه المصابيح باتت واسعة الانتشار.

الأجهزة الإلكترونية (Electronic devices)

تدخل العناصر المشعة في تركيب بعض المكونات التي تستعمل في صناعة العديد من أنواع الأجهزة الكهربائية مثل منظمات التيار الكهربائي (Voltage regulators) ودارات الحماية من شدة التيار (Current surge protector) ولمبات الإشارة (Indicator lights) والعديد من القطع الكهربائية الأخرى. تعمل هذه المواد على تحفيز التأين مما يسمح بمرور التيار الكهربائي. تستعمل هذه التجهيزات على نطاق واسع من قبل شريحة واسعة من المستهلكين وهي متوفرة في الأسواق بشكل كبير. وكما هو الحال في مشغّل الحركة للمصابيح المتألقة، تستعمل أنواع كثيرة هذه النظائر لهذا الغرض، وتتميز جميعها بنشاط إشعاعي منخفض.

أجهزة الحماية من الكهرباء الساكنة (Anti-static devices)

تعمل هذه الأجهزة على حماية التجهيزات الكهربائية من الكهرباء الساكنة عن طريق منع تفريغ الشحن الكهربائية الساكنة مما قد يؤدي إلى تعطيل هذه الأجهزة. كما تستعمل لإزالة الغبار من مسودات الصور الفوتوغرافية (Photographic negatives) وعدسات النظارات والكاميرات وأشرطة التسجيل وغيرها. تحتوي هذه الأجهزة على

مصادر لأشعة ألفا مثل البولونيوم–210 (Polonium-210) أو الأمريشيوم– 241 (Americium-241). ومع أن مثل هذه التجهيزات ليست واسعة الإنتشار إلا أنها متوفرة وتستعملها بعض الشرائح الإجتماعية.

مانعات الصواعق (Lightning preventers)

تستعمل نظائر مشعة مثل الأمريشيوم–241 (Americium-241) والراديوم–226 (Radium-226) في صناعة رؤوس القضبان الناقلة للصواعق بغرض زيادة مجال عملها عن طريق تأيين ذرات الهواء في الوسط المحيط. ويبدو أن إستعمال هذه التجهيزات بات قليلاً اليوم.

فوانيس الثوريوم (Thoriated incandescent gas mantles)

هي فوانيس تعطي ضوءاً متوهجاً ساطعاً عند تسخينها. تحتوي هذه الفوانيس على عنصر الثوريوم المشع (Thorium-232) وغالباً ما تخصص للإستعمالات الخارجية، تعمل هذه الفوانيس عن طريق إشباع قطعة من النسيج بمحلول نترات الثوريوم (Thorium nitrate) ثم تسخينها بشعلة، إذ تتحول نترات الثوريوم عند تسخينها إلى أكسيد الثوريوم الذي يعطي ضوءاً ساطعاً أبيضاً. أُستعملت هذه المصابيح لإضاءة الشوارع في المدن الأوروبية في القرن التاسع عشر وما زالت تستعمل حتى يومنا هذا في المخيمات والأماكن التي لا يتوفر فيها تيار كهربائي.

عدسات الثوريوم (Thoriated lenses)

تضاف أحياناً مركبات الثوريوم المشعة إلى الزجاج المستعمل في صناعة بعض أنواع العدسات أثناء عملية التصنيع لتحسين بعض الخصائص البصرية للعدسة، كما تستعمل هذه المركبات أحياناً في تغطية سطح العدسات بغرض تقليل التألق. تتوفر هذه العدسات في الأسواق، لكنها ليست واسعة الإنتشار.

اللحام بالقوس الكهربائي (Thoriated tungsten welding electrodes)

تستعمل أقطاب لحام التنغستين المحتوية على عنصر الثوريوم في تقنية اللحام بالقوس الكهربائي بإستعمال غاز التنغستين الخامل، إذ يضاف الثوريوم إلى الأقطاب الكهربائية بنسبة لا تزيد عن 4% بغرض تخفيض التوتر اللازم للحصول على القوس الكهربائي، ويزيد هذا من عمر الأقطاب الكهربائية. تتوفر أقطاب لحام التنغستين المحتوية على الثوريوم للإستخدامات العامة، ولكن عادة ما تكون هذه التجهيزات مرتفعة الثمن كما يتطلب إستعمالها الكثير من التدريب، مما يقلل من إستخدامها وبالتالي من الجرعة الإشعاعية الناتجة عنها.

أدوات المائدة الحاوية على مركبات اليورانيوم (Tableware incorporating uranium)

كثيراً ما تضاف مركبات اليورانيوم المشع للأواني الزجاجية عند إنتاجها لزيادة تألق مثل هذه المنتجات. كما يمكن أن تضاف للطلاء المستعمل في تلميع وصقل السيراميك والبورسلان وإعطائه ألوان مرغوبة.

الحلي والخزف الحاوي على مركبات اليورانيوم (Jewellery and ceramics with Uranium)

كما في الأدوات الزجاجية، تضاف أحياناً مركبات اليورانيوم المشع عند صناعة الخزف والسيراميك والحلي بغرض إكسابها لمعاناً مميزاً.

التعويضات السنية (Dental products incorporating uranium)

تضاف مركبات اليورانيوم المشع أحياناً للخزف المستعمل في صناعة التعويضات السنية بغرض تحسين مظهر الأسنان التجميلية وجعلها تبدو كالأسنان الطبيعية.

الأحجار الكريمة (Irradiated gemstones)

من المعروف أن قيمة الأحجار الكريمة تتعلق إلى حد بعيد بألوانها ودرجة هذه الألوان وأن تعريض هذه الحجارة للأشعة المؤينة يمكن أن يعطيها ألواناً جديدة أو يزيد من درجة اللون. دفع هذا إلى إعتماد هذا الإجراء بشكل روتيني في صناعة الأحجار الكريمة بغرض الحصول على ألوان جديدة أو تعزيز تلك الألوان، وبالتالي زيادة قيمتها التسويقية. فمثلاً، يُمكّن تشعيع حجر التوباز الشاحب (الباهت) اللون أو حتى عديم اللون من الحصول على عدة ألوان منها أزرق لندن (London blue) والأزرق السويسري (Swiss blue) كما يشعع الألماس العادي للحصول على الألماس الأخضر (Green diamond) والأسود (Black diamond).

تخزن الأحجار الكريمة المشعة، من حيث المبدأ، لفترة زمنية معينة كافية لتخفيض نشاطها الإشعاعي إلى الحدود المقبولة قبل أن توضع في السوق ويسمح بتداولها. ولكن الحقيقة أنها كثيراً ما توضع في التداول قبل أن ينخفض نشاطها الإشعاعي إلى الحدود المقبولة، مما يشكل خطراً على المستهلك.

بعض السلع الأخرى التي توقف إنتاجها (Antique products)

توقف إنتاج الكثير من السلع الإستهلاكية التي تحتوي على عناصر مشعة، والتي سبق وأن راج إستعمالها في النصف الأول من القرن الماضي، وخاصة تلك التي يدخل في صناعتها عنصر الراديوم، وذلك بعد إكتشاف التأثير الضار للأشعة المؤينة التي يطلقها هذا العنصر. فمثلاً، توقف كلياً إستعمال هذا العنصر في بطانيات الراديوم ومشدات الخصر وإضاءة أرقام الساعات وفي مستحضرات التجميل ومشروبات الطاقة والعديد من الأشياء الأخرى منذ السبعينات من القرن الماضي. ومن السلع الأخرى التي توقف إنتاجها وكانت تحتوي على نظائر مشعة القطع النقدية المستعملة للدفع في ماكينات البيع وشيكات البنوك التي كان يضاف إليها الكربون-14 (Carbon-14) بغرض تلميعها وبطاقات الهوية وإجازات قيادة السيارات التي أضيف إليها البروميثيوم-147 للغرض نفسه. كما توقف إنتاج الكثير من مواد

التجميل التي كان يضاف إليها اليورانيوم الطبيعي. ومع أن معظم هذه المواد لم يعد متوفراً في الأسواق بشكل رسمي اليوم، فإن بعضها ربما ما يزال قيد التداول في بعض دول العالم.

طرق تعرض الإنسان للأشعة المؤينة جراء إستعمال هذه السلع

يمكن أن يؤدي إستعمال الإنسان للسلع الإستهلاكية الحاوية على نظائر مشعة إلى التعرض الخارجي للأشعة المؤينة أثناء الإستعمال العادي أو الصيانة أو التنظيف أو عند التخلص من هذه السلع بعد إنتهاء عمرها التشغيلي. كما قد يؤدي إستنشاق ذرات الغبار المحتوية على النظائر المشعة الناتجة عن تلف هذه السلع بسبب الحريق أو التخلص منها بشكل غير مهني، أو إبتلاع الذرات المشعة مع الطعام، إلى حدوث تلوث داخلي. ويؤدي سوء الإستخدام لهذه السلع إلى كلا نوعي التلوث.

جرع التعرض الإشعاعي جراء إستعمال هذه السلع

بشكل عام، فإن مقدار التعرض الإشعاعي لأي من هذه السلع في معظم الحالات هو ضمن حدود الميكرو أو الميلي سيفرت. ونبين فيما يلي مقدار التعرض المحتمل لإستعمال أياً من هذه التجهيزات.

كاشف الدخان

يتميز كاشف الدخان بجرعة إشعاعية خارجية منخفضة جداً. نظراً للإنتشار الواسع جداً لهذا النوع من الكواشف، فلا بد من الإشارة إلى أهمية الجرعات التي يمكن أن نتعرض لها جراء إستعمالها. وتشير التقديرات إلى أن الجرعة الفعالة التي يمكن أن يتعرض لها الشخص جراء الإستعمال العادي لهذا الجهاز هي بحدود ميكرو سيفرت واحد في العام في حين قد تصل الجرعة الفعالة الممتصة نتيجة حدوث حريق، أو سوء الإستعمال، إلى 100 ميكرو سيفرت/حادث.

السلع الإستهلاكية المتألقة إشعاعياً

أ. السلع التي تستعمل الطلاء المتألق إشعاعياً: تشير الدراسات إلى أن الجرعة الفعالة التي يمكن أن تنتج عن الإستعمال العادي والتخلص من المنتجات الحاملة للطلاء الحاوي على التريتيوم أو البروميثيوم-147 تقل عن 2 ميكروسيفرت سنويا. في حين قد تصل الجرعة الفعالة الناتجة عن سوء الإستعمال أو الحريق إلى 400 ميكروسيفرت/حادث. وتشير الدراسات أيضاً إلى أن الجرعة الفعالة التي يمكن أن يتعرض لها شخص بالغ نتيجة إستعمال ساعة غوص حديثة (بأرقام متألقة أو مضيئة) قد تصل إلى 22 ميكروسيفرت سنوياً، علماً بأن النماذج القديمة لهذه الساعة والمضاءة بالراديوم-226 يمكن أن تعطي جرعاً إشعاعية أعلى بكثير.

ب. المصادر الضوئية المستعملة للتريتيوم الغازي: تؤكد الدراسات أن الجرعة الإشعاعية الناتجة عن استعمال مصابيح التريتيوم تقل عن تلك الناتجة عن الطلاء المشع، لكن لابد من الإشارة إلى أنه، عند التعرض للحريق، يمكن أن يتحول التريتيوم إلى تريتيوم مائي (Tritiated water) الذي ينتج عنه جرعة أعلى. وتشير التقديرات إلى أن الجرعة الفعالة الناتجة عن الإستعمال العادي والتخلص من التجهيزات الحاوية على مصباح التريتيوم منخفضة وتقل عن 2 ميكروسيفرت/ سنوياً في حين قد تصل الجرعة التي قد يتلقاها الجلد إلى 0.9 ملي سيفرت في العام. كما تشير التقديرات إلى أن الجرعة الناتجة عن الإحتراق وسوء الإستعمال لا تزيد عن 500 ميكروسيفرت/حادث.

المصابيح المتألقة والتجهيزات الإلكترونية الأخرى

تشير الدراسات إلى أن الجرعة الإشعاعية المحتملة الناتجة عن إستعمال مثل هذه السلع الإستهلاكية، وخاصة الجرعة الناتجة عن التعرض الخارجي، منخفضة جداً

ويمكن إهمالها. ولكن هنالك إحتمال للتعرض الداخلي لجرعة أعلى عند تلف مثل هذه الأجهزة سواء بشكل عارض أو عند التخلص منها بعد إنتهاء عمرها التشغيلي.

أجهزة الحماية من الكهرباء الساكنة

يُعتقد بأن جرعة التعرض الخارجية الناتجة عن مثل هذه التجهيزات منخفضة جداً. لكن هناك إحتمال للتعرض الداخلي لجرعة أعلى نتيجة لتلف مثل هذه التجهيزات أو سوء إستعمالها أو التخلص منها بشكل غير مهني.

مانعات الصواعق

قلما تستعمل مثل هذه التجهيزات من قبل الناس العاديين، وبالتالي فإن جرعة التعرض الإشعاعي الناتجة عنها تكاد تكون مهملة. كما أن إستعمالها بات أقل إنتشاراً اليوم، ولم نستطع الحصول على أية تقديرات لجرع التعرض هذه.

فوانيس الثوريوم

تشير التقديرات إلى أن جرعة التعرض الناتجة عن الإستعمال العادي والتخلص من فانوس الثوريوم عند إنتهاء عمره التشغيلي هي بحدود 140 ميكروسيفرت سنوياً. كما أن الجرعة المقدرة الناتجة عن سوء الإستعمال هي بحدود 10 ميكروسيفرت/ حادث. علماً بأن أكثر طرق التعرض تنجم عن إستنشاق الذرات الناتجة عن تفكك الثوريوم التي تنطلق عند الإحتراق.

عدسات الثوريوم

على إعتبار أن الثوريوم يدخل في مكونات الزجاج المستعمل في صناعة عدسات الثوريوم فإن إحتمال حدوث تعرض داخلي للأشعة منخفض جداً. ولكن التعرض الخارجي للعين من أشعة غاما وبيتا الناتجتين عن تفكك هذا النظير مؤكد. مع ذلك، لم نستطع الحصول على أية تقديرات للجرعة الخارجية الناتجة عن إستعمال مثل هذه العدسات من قبل المستهلكين.

اللحام بالقوس الكهربائي

لا يشكل الإستعمال المحدود للحام بالقوس الكهربائية بإستعمال أقطاب مضاف إليها الثوريوم خطراً كبيراً على المستخدم. ولكن عند الإستخدام الكثيف، وخاصة في الصناعة، فهناك خطر حقيقي من التعرض الداخلي الناتج عن إستنشاق وإبتلاع الغبار الناتج عن تآكل الأقطاب الحاوية على ذرات الثوريوم المشع عند الإستعمال، خاصة عند عدم إتخاذ إجراءات الحماية اللازمة. كما أن الجرعة الناتجة عن ذلك تتعلق، إلى حد بعيد، بمدة الإستعمال.

الزجاجيات وأدوات المائدة الحاوية على اليورانيوم

على إعتبار أن اليورانيوم يدخل في صناعة الأدوات الزجاجية وأدوات المائدة فإن إحتمال التلوث الداخلي بذرات هذا العنصر أو نواتج تفككها ليس عالياً. ولكن إحتمال التعرض الخارجي لأشعة ألفا أو أشعة غاما الناتجة عن تفكك ذرات اليورانيوم مؤكد. وتشير الدراسات إلى أن الجرعة المقدرة لمثل هذا التعرض لا تزيد عن ميكرو سيفرت واحد سنوياً.

السيراميك والحلي المحتوية على مركبات اليورانيوم

بشكل مشابه لأدوات المائدة التي تدخل مركبات اليورانيوم المشع في تركيبها، يمكن للحلي الحاوية على هذا العنصر من إحداث تعرض بأشعة ألفا وأشعة غاما، كما يمكن للذرات التي ترشح من قطع السيراميك أن تسبب تلوث داخلي محدود جداً. وعموما تقدر جرعة التلوث الناتجة عن إستعمال مثل هذه التجهيزات بنحو ميكرو سيفرت واحد في العام.

التعويضات السنية الحاوية على اليورانيوم المشع

كما هو الحال في الحالة السابقة، فإن إحتمال التعرض الداخلي للأشعة المؤينة نتيجة إستعمال اليورانيوم المشع في صناعة الخزف المستعمل في تحضير التعويضات السنية منخفض جداً. ولكن التعرض الخارجي بأشعة ألفا وأشعة غاما الناتجة عن تفكك اليورانيوم مسألة مؤكدة وقد قدرت جرعة التعرض هذه بنحو 7 ميلي سيفرت سنوياً.

الأحجار الكريمة

التعرض الداخلي للأشعة المؤينة نتيجة إستعمال الأحجار الكريمة المشعة قليل الأهمية ولكن التعرض الخارجي نتيجة إستعمالها، سواء بشكل متقطع أو مستمر، له أهميته. وقد قدرت جرعة التعرض السنوية نتيجة الإستعمال المتقطع للأحجار الكريمة المشعة بأقل من واحد ميكرو سيفرت وحتى 1.7 ميكروسيفرت للإستعمال المستمر. ولكن جرعة التعرض للبشرة الملاصقة قدرت بين 1–31 ميلي سيفرت للإستعمال المتقطع و70–3000 ميلي سيفرت للإستعمال المستمر.

خاتمة

تعددت التطبيقات النووية وشملت معظم مجالات الحياة من الكهرباء إلى الطب والصيدلة والهندسة والصناعة والزراعة والبيئة وغيرها. ومع أن معظمنا ليس على تماس مباشر مع معظم هذه التقنيات فنحن نتمتع بالكهرباء التي تنتجها مفاعلات الطاقة النووية، ربما على بعد مئات الكيلومترات، فإن هنالك تطبيقات نووية كثيرة بين أيدينا نستعمل بعضها بشكل يومي، وأحيان دون أن ندري أنها مصدر للإشعاع المؤين. ورغم أهمية الإستفادة من المزايا المتعددة التي تقدمها هذه التطبيقات، فإننا يجب أن نعرف المخاطر التي يمكن أن تنتج عنها، مهما صغرت، مما يمكننا من

الإستعمال الأمثل لها وتقليل الأذى الذي يمكن أن ينتج عن إستعمالها أو التخلص منها بعد انتهاء عمرها التشغيلي.

أ. د. محمد منصور

هيئة الطاقة الذرية السورية

mmansour@aec.org.sy

References

(1) Paynter R A, Shaw P V, Dunderdale J, Ely S Y and O'Mahony M T, The use of radioactive materials in the aluminizing of watches, NRPB Contract Report M-863, November 1997.

(2) Stewart J E, Shaw P V and Robson J C, the radiological hazards associated with gemstones: review and recommendations, NRPB-OS/016/2002.

(3) Show, J., J. Dunderdale and R. Paynter. 2007. A Review of Consumer Products Containing Radioactive Substances in the European Union, Final Report of the Study Contract for the European Commission, B43040/2001/327150/MAR/C4 Radiation protection 146.

(4) IAEA, 2016. Radiation safety for consumer products. IAEA safety standards series No. SSG-36. Specific Safety Guide, No. SSG-36.

(5) Sulaiman, Z.; Ahmad Sugiran, H.S.; Hasbullah, N.N.; Mas'od, A.; Hashim, S.; Bradley, D.A. 2022. Public Awareness of Consumer Products Containing Radioactive Materials: Empirical Evidence from Malaysia. Int. J. Environ. Res. Public Health 19: 2326-2344. https:// doi.org/10.3390/ijerph19042326.

الإشعاع المؤين والتنوع الحيوي

Abstract

A severe impact on biodiversity resulted from the intense use of natural habitats over the last decades. Ionizing radiation is rare but potentially devastating pollutant. This type of radiation is present in the environment at low levels and generally does not cause damage to living organisms. However, human activities, such as nuclear or radiological accidents, can involve releases of ionizing radiation above safety levels. The accident at the Chernobyl nuclear power plant on 26 April 1986, and Fukushima similar disaster on 11 March 2011 had led to the largest release of radioactive material in human history. In both cases, radioactive isotopes released and contaminated the air, soil and water in a substantial area around the power plants. Humans were evacuated from the immediate regions but the wildlife stayed and continued to be affected. In this review, the significant effects of the increased radiation on vegetation, insects, fish, birds and mammals still presented.

ملخص

تعمل الأنشطة البشرية على إحداث تغيرات غير مسبوقة في النظم البيئية الطبيعية. حيث أثّر الإستخدام المكثف للموارد الطبيعية بشكل كبير على التنوع البيولوجي. يعتبر التلوث بالإشعاع المؤين على الرغم من ندرة حدوثه ملوثاً مدمراً للبيئة. وهو موجود في البيئة بمستويات طبيعية منخفضة مثل الإشعاع الكوني

والأرضي، ولا يسبب ضرراً للكائنات الحية بشكل عام. ومع ذلك، يمكن أن تؤدي بعض الأنشطة البشرية، مثل إختبارات الأسلحة والحوادث في المفاعلات النووية إلى إطلاق إشعاعات مؤينة أعلى من المستويات الآمنة. تعرض المفاعل رقم 4 في محطة تشيرنوبيل للطاقة في 26 أبريل 1986 لفشل كارثي نتج عنه انفجارات في قلب المفاعل وحرائق هائلة. وفي 11 مارس 2011، تعرضت محطة فوكوشيما لتوليد الطاقة إلى ضربة مزدوجة من الزلزال والتسونامي. نتج عن هاتين الحادثتين إطلاق نظائر مشعة وتلويث الهواء والتربة والمياه في منطقة كبيرة حول محطات الطاقة. كنتيجة لذلك، تم إجلاء البشر من المناطق المجاورة، لكن الحياة البرية بقيت في مكانها متعرضةً للإشعاع العالي في بداية الأمر ثم إلى الإشعاع المتوسط والمنخفض مع تحلل كميات الغبار المتساقط مع مرور الوقت. تهدف هذه المراجعة إلى إستعراض التأثيرات الكبيرة لزيادة نسبة الإشعاع على النباتات والحشرات والأسماك والطيور والثدييات.

مقدمـــة

لا يزال الجدل العلمي قائماً حول الآثار طويلة الأمد الناتجة عن التعرض المزمن لمستويات متوسطة من الإشعاع المؤين على التنوع البيولوجي. في حين دلّت بعض الدراسات عن نتائجه السلبية، أظهرت دراسات أخرى تعافي الحياة البرية وظهور علامات تكيّف مع التعرض المزمن للأشعة. يمكن لديناميكيات الغلاف الجوي وموارد المياه العذبة والمياه الجوفية والتيارات المحيطية أن تحرك جزيئات المواد المشعة إلى ما هو أبعد من نقطة التلوث النووي التي يمكن أن يستمر تلوثها مئات أو حتى آلاف السنين. إذ سببت حادثة تشيرنوبل آثارًا بيولوجية ضارة في المناطق المجاورة على مساحة 100 ألف كم مربع، كما تم التعرف على الغبار المشع الناتج عن هذه الحادثة في معظم أنحاء أوروبا.

بدأت العديد من الدراسات العلمية فورًا بعد كارثة تشيرنوبيل وفوكوشيما بالإعتماد على النماذج الرياضية للتنبؤ بتأثيراتها على النظام البيئي. لسوء الحظ، أن التغيرات في السلسلة الغذائية أمر مؤكد لا مفر منه، ولكن تعتبر الدراسات حول التأثير المزمن للإشعاع على فيزيولوجيا الكائنات الحية المتبقية في البيئة محدودة. تشير العديد من النماذج الحيوانية التجريبية المخبرية، مثل الفئران والجرذان والكلاب والخنازير والرئيسيات غير البشرية، إلى أن الإشعاع المؤين عبارة عن ضربة متعددة الصدمات تؤدي إلى إلحاق الأذى بأكثر من عضو في الكائن الحي. ومن المفترض أن يؤدي الإشعاع المؤين إلى نتائج مماثلة في الحيوانات والنباتات البرية، وفي الشبكة البيئية بمجملها مع مرور الوقت، خاصة عندما يستمر التعرض للإشعاع لفترة طويلة. نستعرض في هذه المقالة بعض الدراسات المتعلقة بالتعرض الإشعاعي المزمن عند الحشرات والنباتات والطيور والأسماك والثدييات. بالإضافة إلى تلك المتعلقة بتكيف الأحياء مع الإشعاع والآليات الجزيئية الكامنة وراء إستجابة الحياة البرية، والتعريف بالمعلمات الحيوية المستخدمة في تقييم التغيرات الحاصلة في النظام البيئي.

تأثير الإشعاع المؤين على الحشرات

أظهرت دراسة أجريت بعد وقت قصير من حادثة تشرنوبل، في منطقة 30 كيلومترًا حول منطقة التأثر بالحادثة، أنه لم تؤثر جرعة 30 غراي بشكل مباشر على الحيوانات البالغة الموجودة في التربة، ولكنها أثرت على بيوضها وأطوارها غير مكتملة النمو. كما تلاشت الإختلافات بين أعداد الحشرات في المناطق الملوثة وغير الملوثة بعد عامين ونصف من الحادثة. حيث بدأت المجاميع الحشرية بالتعافي التدريجي بعد عام واحد من الحادثة، وقد يكون السبب وراء ذلك هو هجرة الحشرات من المناطق غير الملوثة إلى المناطق الملوثة، مما أدى إلى تعافي أعداد المجتمع

الحشري في التربة. إختلفت هذه النتائج عن تلك التي أظهرت وجود تأثير مزمن طويل المدى للإشعاع.

أجريت بعد ذلك دراسة لمقارنة أعداد الحشرات داخل منطقة تشيرنوبل مع أعدادها في مواقع الغابات حول تشيرنوبيل وأوكرانيا وبيلاروسيا، بعد حوالي 23 عامًا من الكارثة. لوحظ إنخفاض كبير في أعداد الحشرات المدروسة (النحل الطنان، الفراشات، نطاطات الورق، الرعاشات والعناكب) بما يتناسب مع زيادة شدة الإشعاع. تركز معظم الإشعاع حول تشيرنوبيل في الطبقة السطحية من التربة حيث تعيش معظم الحشرات، وبالتالي أدى تطور بيوض ويرقات وعذارى الفراشات في طبقة التربة الملوثة بالإشعاع إلى خفض أعداد الحشرات الملقحة للأزهار، وبالتالي إنخفاض خصوبة النبات وإنتاجيته من البذور، مما أثر على بيئة الحشرات. كما أدى إنخفاض أعداد العناكب المفترسة إلى زيادة في أعداد الحشرات الأخرى. لوحظ أن أعداد الحشرات المدروسة قد تأثرت بالعناصر البيئية أيضاً، حيث أن جميع الأنواع الخمسة حساسة للتلوث الإشعاعي، وللتغيرات في العوامل الأخرى (بإستثناء العناكب)، مثل درجة حرارة، الغيوم، الرياح، الوقت خلال اليوم، التاريخ والسنة. تشير النتائج إلى ضرورة اتباع نهج شامل ومتكامل لفهم التأثيرات البيئية. مع الأخذ بعين الإعتبار أن المواقع التي لها نفس مستويات الإشعاع تختلف في التغطية النباتية، أو تركيب التربة، أو مستوى المياه وإمكانية الوصول إليها. يعود ربما التأثير الكبير للإشعاع على الحشرات الكاملة إلى إبتلاعها مزيج من البلوتونيوم والسترونتيوم 90 والأمريسيوم 241 و/أو السيزيوم 137 مما أدى إلى تلوث داخلي مركب بأشعة ألفا وبيتا وغاما في المناطق المدروسة، على الرغم من الإعتقاد أن الحشرات البالغة أكثر مقاومة للإشعاع من الأطوار غير مكتملة النمو كالبيوض واليرقات التي ينمو بعضها على تماس مباشر مع التربة الملوثة. كما لوحظ عند دراسة العلاقة بين جرعة الإشعاع والضرر الجيني الناتج عند حشرة ذبابة الخل في منطقة تشيرنوبل إرتباط معدلات

الوفاة المرتبطة بالجنس بمعدل الجرعة في علاقة خطية بدون عتبة عند الأجيال الأولى التي تعيش في المواقع الملوثة إشعاعيًا، بينما أظهرت الأجيال اللاحقة إستجابة شبيهة بالتكيف مع إستقرار نسب الوفاة المرتبطة بالجنس. يُعتقد أن هذا التكيف مهم لبقاء ذبابة الخل من خلال المنافسة والإختيار أو التطور. في دراسة أخرى إستمرت لعدة أجيال على مجموعة الفراشات الزرقاء (Pseudozizeeria maha)، بعد وقت قصير من كارثة فوكوشيما، درست فيها بعض الخواص والتشوهات المورفولوجية عند هذه الحشرة التي كانت تقضي فصل الشتاء على شكل يرقات عند وقوع الحادثة. لوحظت تشوهات خفيفة نسبيًا عند بعض الفراشات البالغة من الجيل الأبوي التي جمعت بعد شهرين من الحادثة. ومع ذلك، أظهرت فراشات الجيل الأول تشوهات أكثر خطورة استمر تسجيلها حتى الجيل الثاني. كما زادت نسبة هذه التشوهات عند الفراشات البالغة التي جمعت بعد 5 شهور. والأهم من ذلك، تم تأكيد هذه التشوهات تجريبياً بتعريض الفراشات من المناطق غير الملوثة للإشعاع بجرعات منخفضة. وخلص الباحثون إلى أن الضرر الفيزيولوجي والجيني الذي لوحظ في هذه الفراشات ناتج عن التعرض للنكلويدات المشعة القادمة من محطة فوكوشيما للطاقة النووية، والتي قد تؤدي إلى تلف جيني دائم عند الحشرات. تمت مراقبة هذا النوع أيضاً بعد عامين من الدراسة السابقة. وبقي يعتمد معدل التشوهات والوفيات على قيمة جرعة الإشعاع، إذ كانت في ذروتها في خريف عام 2011، ثم عادت إلى مستوياتها الطبيعية بعد ذلك. كان تأثير التعرض المبكر للإشعاع أكبر من التعرض المتأخر له، كما كان هناك تأثير تراكمي للإشعاع عبر الأجيال خلال فترة محددة. هنا إستعاد المجتمع الحشري لهذه الفراشة الحالة الطبيعية بسرعة نسبية بعد حوالي 15 جيلاً في غضون 3 سنوات. وخلص الباحثون إلى أنه حتى الجرعات المنخفضة تسببت في حدوث تشوهات شكلية وموت بعض الفراشات من هذا النوع، في حين لم تتأثر الأفراد الأخرى على الأقل من الناحية الشكلية. تشير هذه الحساسية المتغيرة إلى إمكانية مقاومة أو تطور عملية الأقلمة مع الإشعاع. إدعى المؤلفون عدم وجود

بيانات مقنعة تشير إلى أن الإشعاع المزمن المنبعث في كارثة فوكوشيما تسبب في أضرار جينية. بينما أدى في تشرنوبل إلى زيادة معدل الموت المرتبط بالجنس في ذبابة الخل. ربما يعود السبب إلى كون معدلات الجرعات المزمنة في فوكوشيما أقل بكثير من تلك الموجودة في تشيرنوبيل. ومع ذلك، فإن التغيرات على المستوى الجزيئي في الحياة البرية في تشيرنوبيل وفوكوشيما ليست مفهومة بشكل كامل بعد، وتحتاج إلى مزيد من الدراسات.

تأثير الإشعاع المؤين على النباتات

تعتبر الحساسية الإشعاعية للنباتات خاصة بكل نوع نباتي، إذ تعتمد على حجم الكروموسوم وحجم نواتج التمثيل الضوئي؛ لذلك تقع النباتات في مجال واسع من الجرعات المميتة المحتملة، تبدأ من 3–4 غراي عند شتول بعض المحاصيل وأشجار الصنوبر وتتجاوز 1000 غراي عند بذور البرسيم. وعلى إعتبار أنه لايمكن نقل النباتات من أماكنها، فهي تحت تأثير التعرض المزمن للإشعاع، حيث تزداد حساسية النباتات للأشعة خلال موسم النمو بسبب النشاط الميرستيمي العالي وتوفر الماء، وتكون أقل حساسية خلال موسم الشتاء وفترة سكون العصارة النباتية.

يتأثر إنتاج البذور وإستهلاكها وإنتشارها والحفاظ على المجتمعات النباتية في النظام البيئي بالحيوانات التي تتشارك البيئة معها. حيث أظهرت دراسة العلاقة بين بعض النباتات (مثل التفاح، الورد البري، التوت البري، الإجاص وغيرها) والفراشات والنحل الطنان في منطقة تشيرنوبل. إن نباتات الفاكهة الملقحة بالحشرات تنتج ثمارًا أقل في المناطق ذات التلوث الإشعاعي العالي. وهذا مرتبط بإنخفاض أعداد الحشرات الملقحة وبصغر حجم أشجار الفاكهة بشكل عام. الأمر الذي قلل من أعداد الطيور التي تعيش على هذه الفاكهه، وبالتالي الحد من إنتشار بذورها. مما يشير إلى إرتباط أعداد الحيوانات آكلة الفواكه، والحشرات الملقحة للأزهار، وإنتاج الفاكهة بشكل مباشر بمستويات الإشعاع. بمعنى آخر، كان عدد الأشجار المثمرة منخفضًا عندما كان

مستوى الإشعاع مرتفعًا، بينما كانت مجموعات الفاكهة منخفضة عندما كانت أعداد الحشرات الملقحة منخفضة بسبب إرتفاع مستويات الإشعاع. تشير النتائج مجتمعة إلى أن التفاعل الوثيق بين العديد من الأنواع وبين الحيوانات والنباتات يتأثر بشدة بالتعرض المزمن للإشعاع. وينبغي أيضًا النظر إلى القتل المباشر لأشجار الفاكهة بفعل الإشعاع العالي الذي يؤدي إلى فرط نمو نباتات أخرى بعد سنوات. تشير الدراسات خلال الفترة من 1986 إلى 1991 إلى تضرر أشجار الصنوبر *(Pinus silvestris)* بشكل كبير في منطقة نصف قطرها 10 كيلومترات من محطة تشيرنوبيل، حيث أدت الجرعات الإشعاعية عند 10–60 غراي، و1–10 غراي، و0.1–1 غراي إلى حدوث أضرار عالية ومتوسطة ومنخفضة لأشجار الصنوبر، على التوالي. كما أدت الجرعات الإشعاعية التي تزيد عن 60 غراي إلى موت عدد كبير من أشجار الصنوبر دون القدرة على تجددها منذ عام 1987. حيث جفت أشجار الصنوبر المعرضة للإشعاع و/أو إحترقت، وكانت موبوءة بالحشرات. بينما لم تظهر على أشجار الصنوبر المعرضة لجرعات إشعاعية أقل من 0.1 غراي أي إصابة واضحة. يبدو أن أشجار الصنوبر قادرة على إصلاح درجات الإصابة المتوسطة والمنخفضة، مما يشير إلى أن قدرتها على التجدد لا تزال قائمة. كما وُجد في دراسة عام 2016 في مناطق مختلفة بالقرب من تشيرنوبيل، أنه كلما إرتفع مستوى الإشعاع الذي تتلقاه النباتات الأم لنبات الجزر البري *(Daucus carota)*، زاد الزمن اللازم لإنبات البذور، أي انها نمت ببطىء. كما يؤدي التعرض للإشعاع إلى إطالة الزمن اللازم لإنتاج الأوراق. بعبارة أخرى، كلما كانت الجرعة الإشعاعية أعلى، إستغرق إنتاج الأوراق وقتًا أطول، ويفسر ذلك بإنخفاض قدرة الخلايا على التضاعف بعد التعرض للأشعة.

تأثير الإشعاع المؤين على الطيور

تسبب الأشعة بنوعيها المؤينة وغير المؤينة إعتاماً في عدسة العين، مما يحد من قدرة العين على الرؤية وبالتالي يحد من قدرة الحيوانات المصابة على العيش

بحرية في المناطق الملوثة بالإشعاع. مع زيادة إحتمال إصابة العين الثانية في حال إصابة إحدى العينين، مما يؤدي إلى إضعاف متزايد للرؤية. درست العلاقة بين هذه الظاهرة ومستوى الإشعاع الخلفي عند أكثر من 1100 طائر في منطقة تشيرنوبيل، وجدت الدراسة إزدياداً في حالات إعتام عدسة العين مع إزدياد مستوى الإشعاع الخلفي بنفس المستوى عند الطيور الصغيرة والكبيرة، أي أنه لا توجد زيادة في حالات إعتام عدسة العين مع تقدم العمر. الأمر الذي سبب إزدياد في نسبة الوفيات عند الطيور بسبب إعاقة حركتها الضرورية في تربية فراخها وفي البحث عن الطعام أو الشريك، بالإضافة لعدم قدرتها على تجنب المفترسات. لا يقتصر تأثير الإشعاع على الطيور على زيادة إحتمالية إعتام عدسة العين، ولكن أيضًا من خلال تأثيره على حساسية الطيور للأمراض، وتوفر الغذاء، والعلاقة مع الأنواع الأخرى. على سبيل المثال، إذا عانت الطيور التي تأكل الفاكهة مثل طيور السمان وغيره من الطيور المغردة من إعتام عدسة العين، تقل قدرتها على العثور على ثمار الفاكهه، بالتالي يقل إنتشار البذور، مما يسبب إنخفاض في أعداد الأشجار المثمرة المتاحة وبالتالي إنخفاض كمية الثمار المتوفرة، مما قد يسبب تجويع الطيور المتبقية التي قد تواجه خطر الموت. ولذلك، تتأثر الطيور التي تتغذى على الفاكهة، وقدرة البذور على الإنتشار، وأعداد أشجار الفاكهة وإنتاجيتها من الثمار، بالإضافة إلى إنتشار الأمراض بالإشعاع بشكل جماعي كجزء من النظام البيئي عدا عن تأثرها بشكل منفرد، مما يؤدي إلى تظافر كل هذه النتائج السلبية لتضخيم التأثيرات الضارة على النظام البيئي بالمجمل. أظهرت الدراسات في فوكوشيما على الرغم من محدوديتها، إنخفاض مفاجئ في أعداد وأنواع الطيور منذ وقوع الكارثة، مما يشير إلى أن الجرعة المنخفضة تؤدي إلى نتيجة مماثلة للجرعة العالية من الإشعاع، على الرغم من إختلاف آلية إحداث الضرر بين هاتين الجرعتين. كما لا يقتصر إعتام عدسة العين الناجم عن الإشعاع على الطيور، إذ يصاب به البشر والثدييات الأخرى. لذلك لابد من إجراء المزيد من

الأبحاث على الحيوانات الأخرى بما في ذلك الخنازير والأبقار والرئيسيات غير البشرية.

تأثير الإشعاع المؤين على الأسماك

لا يُعرف الكثير عن التأثيرات البيولوجية الناتجة عن التعرض المزمن لمستويات منخفضة من الإشعاع على الأسماك، إذ تعرضت الأسماك للإشعاع بشكل كبير في بيئة المياه العذبة منذ وقوع كارثة تشرنوبل. درست تأثيرات الأميريسيوم-241، والبلوتونيوم -238-239-240، والسترونتيوم-90، والسيزيوم-137، على نوعي أسماك (الروش الشائع والفرخ الأوروبي) جمعت من سبع بحيرات في كل من أوكرانيا وبلاروسيا، بالإضافة لدراسة العوامل البيولوجية والبيئية المتداخلة. لم تتأثر الحالة الفيزيولوجية والتكاثرية العامة لكلا النوعين بالأشعة. بينما أظهرت أسماك الفرخ في معظم البحيرات الملوثة بالإشعاع تأخراً في نضج الغدد التناسلية مع وجود العديد من الأنماط الظاهرية غير المتطورة التي لم يتم رؤيتها في أسماك الروش، مما يشير إلى أن أسماك الروش أقل تأثراً بالإشعاع من سمك الفرخ. قد يعزى سبب الإختلاف إلى كون سمك الفرخ آكلة للحوم، بالتالي تراكمت لديها كمية أكبر من السيزيوم 137 مقارنة بأسماك فرائسها، كما قد يلعب التركيب الجيني وما فوق الجيني وإنتاج الطاقة دوراً في هذه الإختلافات. لا تُعرف جيداً الآثار البيولوجية لكارثة فوكوشيما الإشعاعية على الأسماك، بسبب صعوبة فصلها عن آثار الزلزال الذي سبقها والتسونامي الذي أعقبه، ولأن معظم التقارير تشير إلى أن جرعات النشاط الإشعاعي التي شوهدت هناك كانت منخفضة للغاية بحيث لا يمكنها إحداث آثار بيولوجية. في ظل كل المتغيرات التي لا يمكن التحكم فيها، من الصعب تقييم مدى التأثير المزمن للإشعاع منخفض الجرعة على النظام البيئي. لذلك ينبغي تشجيع الدراسات حول هذا الموضوع في الظروف المخبرية.

تأثير الإشعاع المؤين على الثديات

أجريت عدة دراسات على الفئران والأبقار والقردة في منطقتي تشيرنوبل وفوكوشيما، أظهرت الدراسة على الفئران المنزلية التي جمعت في الفترة من عام 1986 إلى 1994 من مناطق ملوثة بعد كارثة تشيرنوبيل، إرتفاع نسبة موت الذكور في المناطق الأكثر تلوثا نتيجةً لإرتفاع نسبة التبادلات الصبغية أثناء الإنقسام المنصف في الخلايا المنوية مع إزدياد معدل الجرعة. كما إنخفضت هذه النسبة مع مرور الوقت. علماً أن معدلات جرعة أشعة غاما على سطح التربة قد تراوحت من 0.0002 إلى 2 ملي غراي / ساعة. أثبتت هذه النتائج بدراسة أخرى أجريت على الفئران عام 1992 جمعت من حول محطة تشيرنوبيل للطاقة النووية، حيث أظهرت 5 بالمئة فقط من الفئران تبادلات صبغية، مع إرتفاع في معدل موت الأجنة بالإضافة إلى تشوهات في رؤوس الحيوانات المنوية. تشير هذه النتائج إلى أن الإشعاع يضر بشدة بالجهاز التناسلي، يعود إنخفاض هذه التأثيرات مع مرور الوقت ربما إلى موت المجتمعات الأكثر حساسية وقدرة الأقل تضررا منهاً على التكيف مع الأشعة. لذلك لا بد من مواصلة الدراسات الميدانية للتحقق من ظاهرة التكيف، على إعتبار أن كلاً من المنافسة والإختيار الطبيعي هما مبدآن أساسيان للتطور، ويحتاجان إلى الكثير من الوقت.

أما في الدراسة المنفذة على الأبقار في فوكوشيما، فقد إستخدم الباحثون المعلم الحيوي γ-H2AX الحساس للإشعاع (يحفز عند جرعة 1 ميلي غراي) للدلالة والكشف على تحطم الحمض النووي DNA. وُجد أن مجاميع المعلم الحيوي أعلى بمقدار الضعف في الخلايا الليمفاوية عند الأبقار الموجودة في المنطقة الملوثة بالإشعاع بالمقارنة مع الأبقار الموجودة في المناطق غير الملوثة، مع إنخفاض مستويات تلف الحمض النووي بشكل طفيف خلال فترة جمع العينات، كما لم يرتبط مستوى الضرر بالبعد من موقع الحادث ولكنه إرتبط بعمر الحيوانات المدروسة.

والجدير بالذكر أن هذه الجرعة المنخفضة من الإشعاع في منطقة فوكوشيما كافية لإحداث ضرر مستمر في الحمض النووي حتى بعد فترة جمع العينات التي إمتدت 700 يوم.

أخذت عينات دم من قرود المكاك اليابانية (Macaca fuscata) في الفترة ما بين أيار 2013 وديسمبر 2014 داخل دائرة نصف قطرها 40 كيلومترًا من محطة فوكوشيما للطاقة النووية، بهدف تحليل خلايا الدم البيضاء والحمراء والهيموجلوبين والهيماتوكريت والصفائح الدموية. كما سحبت عينات من نقي العظم لتحليل أمراض الأنسجة. حيث كان متوسط معدل الجرعة الداخلية 7.6 ميكروغراي / يوم (يتراوح من 1.8 إلى 219 ميكروغراي / يوم) ومعدل الجرعة الخارجية 13.9 ميكروغراي / يوم (يتراوح من 6.7 إلى 35.1 ميكروغراي / يوم). لوحظ بنتيجة التحليل إنخفاض في أعداد خلايا الدم البيضاء والصفائح الدموية عند الأفراد الناضجة عندما كان معدل الجرعة الداخلية مرتفعاً. وبالمثل، كان تعداد الخلايا النقوية، والخلايا كبيرة النواة، والخلايا المكونة للدم في عينات نخاع العظم منخفضاً، لكن إرتفع تعداد الخلايا الشحمية في نخاع العظم مع إزدياد معدل الجرعة الداخلية عند المجموعة الناضجة. هذه النتائج تتوافق مع تلك المتحصل عليها من عينات دم الفئران، والخنازير الصغيرة، والرئيسيات غير البشرية المعرضة للأشعة. تثبت هذه النتائج أن التعرض الحاد والمزمن للإشعاع يؤدي إلى استنزاف الخلايا المولدة للدم، وهي متلازمة إشعاع نموذجية ومميتة إذا لم يتم توفير الرعاية المناسبة. خاصة أن تأثير الإشعاع الحاد المتأخر وذلك طويل المدى غير مفهوم بشكل جيد في الحياة البرية، وينبغي تركيز المزيد من الجهود في المستقبل على هذين المجالين.

التأقلم مع الإشعاع

يطلق مفهوم التأقلم على قدرة الكائنات الحية في تطوير أساليب تهدف من خلالها إلى البقاء على قيد الحياة تحت ظروف الإجهاد الإشعاعي، خاصةً مع

انخفاض كثافة الإشعاع مع مرور الوقت. أحد هذه الأساليب هو التطور السريع، الذي تهدف من خلاله الحشرات الوصول إلى مرحلة البلوغ والتكاثر قبل أن يقتلها الإشعاع، على الرغم من تسبب معدلات النمو السريعة في زيادة الإجهاد التأكسدي وما ينتج عنه من جروح مميتة، كما هو الحال عند نطاطات الورق *(albomarginatus Chorthippus)* المدروسة في منطقة تشيرنوبل؛ حيث وجود خطة تكيفية تقتضي بالحفاظ على المجتمع الحشري على حساب تلف الحمض النووي للفرد. كما إستطاعت أحد أنواع الفراشات الزرقاء *Zizeeria maha* التكيف مع الجرعات المنخفضة من الإشعاع في منطقة فوكوشيما. كما يعزز إنخفاض أعداد الجينات المميتة المرتبطة بالجنس في ذبابة الخل مع مرور الأجيال فكرة وجود التأقلم مع الإشعاع عند هذه الكائنات. قد تشتمل مقاومة الإشعاع الحاد والمزمن على آليات أساسية مختلفة. تعد دراسة هذه الظاهرة في الحقل معقدة بسبب عدم القدرة على التحكم بالعناصر البيئية المختلفة مثل الرياح والغيوم ودرجة الحرارة والتغيرات الفصلية والمنافسة بين الأنواع. ومن ناحية أخرى، يعتبر من المستحيل تصميم التجارب المخبرية مع الأخذ بعين الإعتبار جميع هذه العوامل البيئية.

الآليات الجزيئية والمعلمات الحيوية

يعتبر جزيء الماء الموجود في جميع الكائنات الحية الهدف الرئيسي للإشعاع المؤين، ينتج عن إثارته جزيئات ماء متأينة وجذور الهدروجين والهيدروكسيد، يسبب التحفيز المستمر بالإشعاع إنتاج أنواعاً ثانوية من الأوكسجين التفاعلي (ROS)، ومن أهمها الماء الأوكسجيني H_2O_2، حيث يمكن لجذر الهيدروكسيد OH أن يتفاعل بسرعة كبيرة مع أنواع مختلفة من الجزيئات الكبيرة بما في ذلك الدهون والبروتينات وبشكل خاص الحمض النووي DNA. بشكل عام، يعتبر الحمض النووي الموقع الرئيسي للضرر الإشعاعي، مما يفسر توقف إنقسام الخلايا بعد التعرض للإشعاع. على الرغم من وجود آليات خلوية تسمح للخلايا التالفة بإصلاح الضرر في الحمض

النووي إلا أنه يمكن أن تنتقل الأخطاء الحاصلة أثناء عملية الإصلاح هذه إلى الأجيال اللاحقة. لم يتم تحديد الآليات الجزيئية الأساسية التي تشرح التغيرات البيولوجية الناجمة عن الإشعاع في الحياة البرية، كما هو في حالة تلف الحمض النووي عند أفراد نطاط الورق (Chorthippus albomarginatus) الذي جمعت في منطقة تشيرنوبل، وتباين أعداد مجاميع المعلم الحيوي γ-H2AX في الخلايا الليمفاوية بين الماشية المعرضة وتلك غير المعرضة للإشعاع. ينبغي لفهم ذلك إجراء المزيد من الدراسات بإستخدام أحدث التقنيات الجينية، فوق الجينية، الإستقلابية والبروتينية. يؤدي التعرض الحاد للإشعاع إلى ظهور أعراض مختلفة تبعاً لجرعة الإشعاع مثل متلازمة الإشعاع الحادة الدموية، المعدية المعوية، الجلدية، القلب والأوعية الدموية، والمتلازمة العصبية. لم تتم دراسة التعرض المزمن للإشعاع بشكل كاف، كما أن الآليات المعتمدة في دراستها محدودة. يمكن أن يؤثر وجود مشكلة عند أحد الأنواع على نوع آخر (مثال التفاعل بين الأنواع والمنافسة على الغذاء)، وهذا يصعب معالجته في ظروف المختبر. على الرغم من أنه من الواضح أن بعض الكائنات الحية تكون أكثر حساسية للإشعاع في بيئاتها الطبيعية مما هي عليه في المختبر، إلا أنه من الصعب جدًا دراسة الآليات الكامنة وراء هذه الحساسية في الحياة البرية ويكاد يكون من المستحيل نمذجتها في المختبر.

يوجد القليل جدًا من الأبحاث المتعلقة بالمعلمات الحيوية الخاصة بالجرعة الإشعاعية التي تتعرض لها الحياة البرية. مع ذلك، تم تحديد المؤشرات الحيوية الخاصة بأعراض كل عضو من أعضاء الحيوانات التجريبية المتعرضة للإشعاع. حيث تعتمد على معدل جرعة الإشعاع كل من التغيرات الحاصلة في خلايا الدم البيضاء والحمراء، الصفائح الدموية، البروتين السكري المخفز لإنتاج خلايا الدم المحببة (G-CSF) والتيروزين كيناز3 (FLT3LG) (بروتين يسهم في زيادة أعداد الخلايا اللمفاوية)، والإنترلوكين–18 (محفز للجهاز المناعي) والثرومبوبويتين (بروتين سكري ينتجه الكبد والكلية)، والإريثروبويتين (المكون للخلايا الحمراء) والأميلاز A وغيرها. تعد تركيزات التيروزين كيناز والسيترولين–18 من المؤشرات الحيوية

المرتبطة بمتلازمة تكون الدم ومتلازمة الجهاز الهضمي على التوالي. كما يعتبر تركيز البروتين CD31 (المسؤول عن التخلص من العدلات الدموية المعمرة في الدم) في حالة إصابة الجلد وإنتاج الطاقة ATP في أنسجة المخ من المؤشرات الحيوية الجيدة. من المحتمل جدًا أن تكون هناك مؤشرات حيوية مماثلة لأنواع الحياة البرية أيضًا. يجب أن تؤخذ العوامل ذات التأثيرات المتضاربة (مثل: الجنس، العمر، الجروح، الحروق، النزف، كسور العظام، والمبيدات الحشرية، والمخصبات، وغيرها) في الاعتبار عند دراسة المؤشرات الحيوية للنظام البيئي بعد التشعيع مع مرور الوقت كمتغير رئيسي. مع العلم أنه سيكون للتغيرات في النظام البيئي تأثير عميق على الإنسان. وبالتالي معرفة كيفية منع أو تخفيف الإشعاع أو العوامل السلبية الأخرى على النظام البيئي أمراً أساسياً لبقاء الإنسان.

الإستنتاجات والتوصيات

تطرح العديد من الأسئلة حول كيفية تأثير الإشعاع على النظام البيئي. تواجه الإجابة على هذا التساؤل العديد من التحديات منها: (1) عدم توفر خرائط جينية للحياة البرية، (2) عدم توفر الأجسام المضادة للبروتينات المسؤولة عن نقل الإشارة في الثدييات أو إثبات وجودها في الحياة البرية، (3) عدم تطور ومناسبة الطرق البيولوجية المستخدمة في التجارب المخبرية بشكل جيد لدراسة الحياة البرية على الرغم من توفر تقنيات وأدوات جديدة. لا بد من تضافر جهود المجتمع البحثي للتغلب على هذه القضايا الصعبة. في نهاية المطاف، هناك حاجة إلى مزيد من التمويل لتعزيز فهمنا على المستويات كافة، الخلوية، الجزيئية، ومن ثم على مستوى النظام البيئي. يعتبر إكتشاف ظاهرة التكيف عند الكائنات الحية بإتجاه الأشعة أمراً جيداً، لأنه يبشر بإمكانية عودة الحياة البرية إلى وضع ما قبل التلوث الإشعاعي. ومع ذلك، قد يكون من المفيد تصميم نماذج تجريبية تحاكي البيئة الطبيعية بشكل أدق، بما يخدم توضيح الآليات الجزيئية للإستجابة الإشعاعية وإيجاد معلمات حيوية للنظم البيئية المتأثرة. على الرغم من التعقيدات المتمثلة في الحساسية الإشعاعية المرتبطة بالنوع، وعدم

إمكانية إعادة توزيع الكائنات الحية غير البشرية في حالة التلوث الإشعاعي، بالإضافة إلى الصعوبات في فهم التأثيرات العابرة للأجيال في مجموعات الحياة البرية، وتفسير آليات تأثير الجرعات المنخفضة من الأشعة.

أ. د. إبراهيم إسماعيل
هيئة الطاقة الذرية السورية
iismaeil@aec.org.sy

References

(1) Møller, A.P., Mousseau, T.A., 2009. Reduced abundance of insects and spiders linked to radiation at Chernobyl 20 years after the accident. Biol. Lett. 5, 356–359. https://doi. org/10.1098/rsbl.2008.0778.

(2) Cannon, G., & Kiang, J.G. 2020. A review of the impact on the ecosystem after ionizing irradiation wildlife population. International journal of radiation biology, 98, 1054 - 1062.

(3) Ludovici, G.M.; Chierici, A.; de Souza, S.O.; d'Errico, F.; Iannotti, A.; Malizia, A. 2022. Effects of Ionizing Radiation on Flora Ten Years after the Fukushima Dai-ichi Disaster. Plants. 11, 222. https://doi.org/ 10.3390/plants11020222.

(4) Vives, I., Batlle, J., Biermans, G., Copplestone, D., Kryshev, A., Melintescu, A., Mothersill, C., Sazykina, T., Seymour, C., Smith, K., Wood, M.D. 2022. Towards an ecological modelling approach for assessing ionizing radiation impact on wildlife populations. J Radiol Prot. 25;42(2). doi: 10.1088/1361-6498/ac5dd0. PMID: 35467551.

أخبار عربية وعالمية

تركيب أول قطعة نووية في تاريخ مصر بمحطة الضبعة *

أعلن رئيس مجلس إدارة هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء في مصر أ. د. أمجد الوكيل عن تركيب جهاز إحتواء المواد المنصهرة، أو مصيدة قلب المفاعل، في محطة الضبعة النووية على الساحل الشمالي للبلاد، تزامنا مع الذكرى الـ50 لحرب أكتوبر وأعطى إشارة البدء لتنفيذ هذا المشروع النووي المصري، وهو تركيب مصيدة قلب المفاعل، أول معدة نووية طويلة الأجل.

صرحت إدارة هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء في بيان لها أنه في فترة وجيزة تتمثل في 14 شهرا فقط شهد موقع المحطة النووية بالضبعة خمسة معالم رئيسية في مسار تنفيذ المشروع بدءا من أول صب خرساني في الوحدة الأولى في يوليو 2022، مرورا ببدء أول صب خرساني بالوحدة الثانية في نوفمبر من نفس العام، ووصول أولى أجزاء مصيدة قلب المفاعل في مارس من العام الحالي، ثم أول صب خرساني للوحدة الثالثة في مايو، واليوم يتم تركيب أول معدة طويلة الأجل.

أوضح أ. د. أمجد الوكيل أنه من المخطط وضع أول صب خرساني في الوحدة الرابعة بالمحطة النووية قبل نهاية العام الجاري. وتتكون محطة الضبعة النووية، التي تقع على الساحل الشمالي لمصر، بالقرب من محافظة مطروح، من أربعة مفاعلات لتوليد الكهرباء بقدرة إجمالية تبلغ 4800 ميغاوات، بواقع 1200 ميغاوات لكل مفاعل، ومن المنتظر أن يبدأ تشغيل المفاعل الأول عام 2028. ومصيدة قلب المفاعل هي حاوية يتم تركيبها تحت قاع وعاء المفاعل، وفي حال وقوع حادث تلتقط المصيدة قلب المفاعل والأجزاء الأساسية المنصهرة والأجزاء الإنشائية في هيكل المفاعل، ومن ثم تمنع أي ضرر محتمل قد يلحق بوعاء الاحتواء وتمنع

* موقع العربية، بتاريخ 2023/10/06.

إنتشار المواد المشعة في البيئة، وفقا لتعريف شركة روساتوم الروسية، المنفذة للمحطة النووية المصرية، للجهاز في موقعها على الإنترنت. وتمت الإحتفالية بحضور قيادات مجلس إدارة وقيادات الإدارة العليا لهيئة المحطات النووية وقيادات شركة أتوم ستروي إكسبورت وفرق العمل الفنية من الجانب المصري والجانب الروسي. واستغرق تصنيع مصيدة قلب المفاعل نحو 14 شهرا بروسيا، وهي عبارة عن نظام حماية فريد تم تركيبه أسفل قاع وعاء المفاعل بهدف رفع درجة أمان وسلامة المحطة.

بيان مدير عام الوكالة الدولية للطاقة الذرية في مؤتمر المناخ COP28:
لا غنى عن القوى النووية للإنتقال إلى عالم خال من الإنبعاثات *

أعلن المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية السيد رافائيل ماريانو غروسي في بيان بارز أيَّدته عشرات البلدان في فعالية رفيعة المستوى في الدورة الثامنة والعشرين لمؤتمر الأمم المتحدة المعني بتغيُّر المناخ (مؤتمر المناخ COP28) في دبي، بأن العالم بحاجة إلى القوى النووية لمكافحة تغيُّر المناخ، ويجب إتخاذ إجراءات لتوسيع نطاق إستخدام هذا المصدر النظيف للطاقة والمساعدة على بناء "جسر منخفض الكربون" إلى المستقبل. حيث إنَّ الدعم الواسع الدولي الذي لقيه هذا البيان يؤكِّد الإهتمامَ العالمي المتزايد بالقوى النووية من أجل التصدي للتحدي الوجودي المتمثل في إرتفاع درجة حرارة الكوكب بسرعة وهو دليل إضافي على وجود زخم جديد فيما يتعلق بالقوى النووية كمصدر للطاقة الموثوقة المنخفضة الكربون، اللازمة أيضاً لتلبية الطلب المتزايد على الكهرباء وتحقيق تنمية إقتصادية مستدامة. وجاء في البيان الذي تلاه المدير العام أنَّ الوكالة ودولها الأعضاء التي تنتج الطاقة النووية والجهات التي تعمل معها من أجل تعزيز فوائد الإستخدامات السلمية للطاقة النووية وتقرُّ بضرورة الإعتراف بأهمية جميع التكنولوجيات المتاحة المنخفضة الإنبعاثات ودعمها

* أخبار الوكالة الشهرية " IAEA News "، بتاريخ 2023/12/01.

بهمَّة ونشاط. فلا غنى عن القوى النووية للإنتقال إلى عالم خالٍ من الإنبعاثات.

شدَّد السيد رافائيل على أهمية الإبتكارات في القطاع النووي مثل المفاعلات النمطية الصغيرة التي تـهـدف إلى جعل تشييد منـشـآت القوى النووية عملية أسهل، وجعل نشرها أكثر مرونة، وأيسر تكلفة. وبالإضافة إلى ذلك، ذكر بأنَّ تجديد المحطات وإدارة أعمار تشغيلها بصورة متواصلة هما أمران يضمنان أمان المحطات القائمة وموثوقيتها باستمرار، مما يكفل تأمين طاقة خالية من الكربون للشبكات الكهربائية وللقطاعات الأخرى. ومن الجدير ذكر أن محطات القوى النووية القادرة على الصمود والمتينة أن تؤدي دوراً هاماً في مسعى خفض صافي انبعاثات الكربون إلى مستوى الصفر، مع تأمين أعلى مستويات الأمان والأمن النوويين في الوقت ذاته.

ومنذ بداية القرن الحادي والعشرين، أتاحت القوى النووية تجنُّب ما يصل إلى 30 غيغاطن تقريباً من انبعاثات غازات الدفيئة. وسلَّط الضوء على أن هذه القوى يمكن أن تسهم أيضا في معالجة تغيُّر المناخ في مجالات أخرى غير توليد الكهرباء، لا سيما في المساعدة على إزالة الكربون من تدفئة الأحياء السكنية وتحلية المياه وعمليات الصناعة وإنتاج الهيدروجين.

الوكالة الدولية للطاقة الذرية بصدد وضع معايير جديدة للوقاية من الإشعاع والسلامة في حالات التعرض الحالية *

مع إستمرار التوسع في تطبيق الإشعاعات المؤينة في مجالات متنوعة مثل الرعاية الصحية والصناعة والطاقة والزراعة، يجب أيضًا أن تتطور تدابير الحماية من الإشعاع للحفاظ على سلامة الناس والبيئة من الإشعاعات المؤينة. وإستجابة للطلب

* أخبار الوكالة الشهرية " IAEA News " ، بتاريخ 2023/12/19.

المتزايد من البلدان الأعضاء فيها، تقوم الوكالة الدولية للطاقة الذرية الآن بوضع دليل أمان للتحكم في حالات التعرض الحالية. عملت الوكالة الدولية للطاقة الذرية بالتشاور المباشر مع العاملين في الصناعة الذين يسعون للحصول على هذا التوجيه، لتخطيط المحتوى الذي يحمل عنوان الحماية من الإشعاع والسلامة في حالات التعرض الحالية ولصياغته شارك أكثر من 100 متخصص في المجال النووي من 71 بلدًا في سلسلة من حلقات العمل التي عقدت في أفريقيا وآسيا والمحيط الهادئ وأوروبا وأمريكا اللاتينية، من أغسطس 2022 إلى أبريل 2023، لتحديد الثغرات في التوجيهات الحالية والتحديات في إدارة حالات التعرض الحالية.

أعربت مديرة شعبة السلامة الإشعاعية والنقل والنفايات في الوكالة السيدة هيلدغارد فاندنهوفب بأنه ستتم تغطية هذه الحالات بشكل شامل في منشور واحد وسوف تدعم التوجيهات إتباع نهج متسق ومنسق للسلامة الإشعاعية في إدارة هذه الأنواع من التعرضات

وفي حديث السيد أولفيدو جوزمان لوبيز أوكون، رئيس وحدة الحماية من الإشعاع في الوكالة الدولية للطاقة الذرية الذي ينسق تطوير المنشور أبرز ما قدمت ورش العمل من قيمة لتكييف المنشور القادم مع إحتياجات السلطات التنظيمية والجهات الأخرى المسؤولة عن إدارة حالات التعرض الحالية. ودعا المشاركون إلى المساعدة في جملة أمور منها زيادة الوعي العام بالتعرض لغاز الرادون، وهو غاز مشع طبيعي يمكن أن يتسلل إلى المباني من التربة ويزيد من خطر التعرض، وتعزيز الرقابة التنظيمية على السلع الإستهلاكية التي قد تحتوي على كميات صغيرة من المواد المشعة، مثل بعض الأسمدة والأغذية.

قالت أناليا كانوبا، رئيسة قسم الدعم العلمي والتقني في هيئة التنظيم النووي الأرجنتينية بأن دليل الأمان المستقبلي سيساعد البلدان على تنفيذ الأطر القانونية

بطريقة منظمة، وتطبيق إستراتيجيات الحماية نحو معيار عالمي للسلامة في حالات التعرض.

تعكس معايير الأمان التي وضعتها الوكالة الدولية للطاقة الذرية إجماعاً دولياً على ما يشكل مستوى عالٍ من السلامة والحماية للأشخاص والبيئة من الآثار الضارة للإشعاعات المؤينة. تقدم أدلة السلامة، وهي واحدة من ثلاث مجموعات من المنشورات التي تشكل معايير الأمان الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية، توصيات بشأن كيفية الإمتثال لمتطلبات الأمان، التي يجب الوفاء بها لضمان الحماية من الإشعاع للجمهور وللبيئة.

بيان المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية بشأن الوضع في أوكرانيا *

صرح المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية السيد رافائيل ماريانو غروسي في بيان بأنه تم إعادة ربط محطة زايروجيا للطاقة النووية في أوكرانيا بخط الطاقة الاحتياطي الوحيد المتبقي لديها بعد إنقطاعها فجأة قبل أسبوعين، لكن إجمالي إمدادات الكهرباء خارج الموقع لا تزال هشة وعرضة لمزيد من الاضطرابات.

أثناء النزاع العسكري، ظل إنقطاع التيار الكهربائي المتكرر مصدر قلق بالغ بشأن السلامة والأمن في أكبر محطة للطاقة النووية في أوروبا (NPP) حيث تحتاج إلى الكهرباء لتبريد مفاعلاتها ولأداء الوظائف الأساسية الأخرى، حتى عندما يتم إغلاق جميع الوحدات. وفي وقت سابق من هذا الشهر، عانت محطة ZNPP من الخسارة الكاملة الثامنة للكهرباء الخارجية في أقل من 18 شهرًا، بسبب أحداث الشبكة

* أخبار الوكالة الشهرية " IAEA News " ، بتاريخ 2023/12/15.

خارج المحطة نفسها. ومنذ 2 ديسمبر 2023، إعتمدت على خط واحد بقدرة 750 كيلوفولت، إلى أن يتم إصلاح وإستعادة الخط الاحتياطي بقدرة 330 كيلوفولت هذا الأسبوع. وأكد المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية أنه لا يمكننا إستبعاد المزيد من إنقطاع التيار الكهربائي الخارجي طالما إستمرت هذه الحرب. ولتأكيد المزيد من المخاطر المحتملة التي تواجه المصنع، واصل خبراء الوكالة الدولية للطاقة الذرية في الموقع سماع إنفجارات قريبة نسبيًا من المصنع، مما يشير إلى الأنشطة العسكرية المستمرة في المنطقة التي يقع فيها المصنع.

على مدى الأسبوع الماضي، واصل فريق الوكالة الدولية للطاقة الذرية إجراء جولات منتظمة، بما في ذلك إلى مركز الإستجابة المؤقت للطوارئ بالمحطة، ومنطقة تخزين الوقود المستهلك الجاف، ومبنى المفاعل بالوحدة رقم 5، وكذلك إلى غرف التحكم الرئيسية في جميع المفاعلات الستة. واحدا تلو الأخرى لتقييم الوضع فيما يتعلق بالوصلات الكهربائية الإحتياطية الخارجية هناك. ومُنح الخبراء حق الوصول الجزئي إلى قاعات التوربينات في جميع وحدات المفاعل الستة.

ويواصل فريق الوكالة الدولية للطاقة الذرية إيلاء إهتمام وثيق لأنشطة الصيانة في الموقع، بما في ذلك الإجراءات التي اتخذتها محطة ZNPP بعد إكتشاف البورون الشهر الماضي في الدائرة الثانوية لمولد البخار في الوحدة رقم 5. وقد أُبلغ خبراء الوكالة مؤخرًا بأن تركيز البورون وكانت المستويات في الدوائر الثانوية لجميع مولدات البخار الـ 24 بالمحطة ضمن الحدود المقررة، ولن يتم إتخاذ أي إجراء آخر في الوقت الحالي.

من بين المفاعلات الستة في الموقع، لا تزال خمسة منها في حالة إغلاق بارد، في حين أن الوحدة الرابعة في حالة إغلاق ساخن لإنتاج البخار والحرارة وتواصل فرق خبراء الوكالة الدولية للطاقة الذرية الموجودة في محطات الطاقة النووية في ريفني

وخميلنيتسكي وجنوب أوكرانيا وموقع تشيرنوبيل في أوكرانيا، الإبلاغ عن الحفاظ على السلامة والأمن النوويين على الرغم من الظروف الصعبة.

الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة الطيران المدني الدولي تعملان على تعزيز التعاون في مجال نقل المواد المشعة الحيوية *

في بيان مشترك وقعه الأمين العام لمنظمة الطيران المدني الدولي خوان كارلوس سالازار والمدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية رافائيل ماريانو غروسي، أكدا أن الإتفاقية تسلط الضوء أيضًا على أهمية الإلتزام بمعايير السلامة الخاصة بالوكالة الدولية للطاقة الذرية للإستخدام الآمن للمواد المشعة ومعايير المنظمة الدولية للطيران المدني للإستخدام العالمي وسلامة وأمن الطيران المدني." إتفقت الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة الطيران المدني الدولي (إيكاو) على تعزيز تعاونهما في مجال نقل المواد المشعة جواً، ولا سيما لتحسين كفاءة وسرعة هذه الشحنات التي تعتبر حيوية لرعاية مرضى السرطان وغير ذلك من الأمراض.

أكد الأمين العام لمنظمة الطيران المدني الدولي سالازار على دور الوكالة الدولية للطاقة الذرية في ضمان النقل الآمن للمواد المشعة عن طريق الجو أمر ضروري لنقل المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية قصيرة العمر وغيرها من المواد المشعة الحيوية وتعمل منظمة الطيران المدني الدولي على تعزيز تعاونها في هذا المجال ذي الأهمية الحيوية والذي يحظى باهتمام مشترك.

وفي حديث المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية غروسي صرح بأنه من المهم جدًا أن يكون العمل الذي تقوم به الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة الطيران المدني الدولي في تطوير وتعزيز تنفيذ المعايير الدولية متكاملاً.

* أخبار الوكالة الشهرية " IAEA "، بتاريخ 2023/11/10.

تقدر الوكالة الدولية للطاقة الذرية تقديرا كبيرا مساهمة الايكاو الطويلة الأمد في تطوير ومراجعة معايير السلامة الخاصة بالوكالة. ويمكننا أن نعمل معًا بشكل أوثق في المجالات الأخرى ذات الاهتمام المشترك، مثل تقليل حالات رفض أو تأخير شحن المواد المشعة عن طريق الجو.

ويشمل الإتفاق تطوير ومراجعة معايير السلامة ذات الصلة الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومواءمة أفضل الممارسات على المستوى العالمي، مع تعاون الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة الطيران المدني الدولي لجمع وتحليل المعلومات ذات الصلة. ومن المتوقع أيضًا رفع مستوى وعي أصحاب المصلحة من خلال التعليم والتدريب والتوعية، بما في ذلك الإستعداد لحالات الطوارئ. تعد الأبحاث الإشعاعية وتبادل المعلومات بشأن الحماية من الإشعاع في الطيران المدني، وخاصة فيما يتعلق بتعرض أطقم الطيران للإشعاع الكوني، أحد محاور التركيز الأخرى في الاتفاقية.

ويسلط البيان المشترك الصادر الضوء على أن "التعاون المتبادل الأقوى سيخلق بيئة مواتية للدول لتسخير فوائد الاستخدامات السلمية للتكنولوجيا النووية في تحقيق أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة"، ويساعد على تمهيد الطريق لتعاون أعمق في المستقبل القريب.

إعداد: م. آمنة الفراتي

أخبار الهيئة

إجتماعات الخبراء

1- إجتماع الخبراء في مجال إنتاج النظائر المشعة (القاهرة – جمهورية مصر العربية: 26-28 /09/ 2023)

نظمت الهيئة العربية للطاقة الذرية بالتعاون مع هيئة الطاقة الذرية المصرية في القاهرة – جمهورية مصر العربية، إجتماع خبراء حول إنتاج النظائر المشعّة في الدول العربية وذلك من أجل مراجعة مقترح المواصفات العربية في "قواعد الممارسات الجيدة لتصنيع المستحضرات الصيدلانية المشعة GMP" والذي وُضعت مسودته في الإجتماع الأخير الذي عقد في بيروت بين 2 و3 ماي 2019. كما وضع تصور لتعاون عربي مشترك حول إنتاج وتصدير النظائر المشعة في الإستخدامات الطبية المختلفة، وعرض البرامج الوطنية في مجال إنتاج النظائر والمستحضرات الصيدلانية المشعة ومن ضمنها الإمكانيات المتاحة والإحتياجات المطلوبة لكل بلد مشارك.

شارك في هذا الإجتماع 8 خبراء من الدول العربية التالية: المملكة الاردنية الهاشمية، الجمهورية التونسية، الجمهورية العربية السورية، الجمهورية اللبنانية، جمهورية مصر العربية ومن جمهورية العراق الخبير العراقي لم يتمكن من حضور الإجتماع، لكنه زودنا بالوثائق المطلوبة حول نشاطات العراق وحول مقترح المواصفات.

تمت مراجعة مقترح المواصفات العربية في "قواعد الممارسات الجيدة لتصنيع المستحضرات الصيدلانية المشعة GMP"، إقترح السادة الخبراء تعديلات جوهرية على مسودة مقترح المواصفات. وحالما يتم التوافق على الصيغة النهائية لهذه المواصفات سيتم رفعها إلى الهيئة العربية للطاقة الذرية. كما تم إقتراح الدعوة لإجتماع يضم

الجهات الرقابية الدوائية بالدول العربية لمناقشة وإقرار المقترح النهائي لممارسات التصنيع الجيد (GMP) تمهيدا لعرضه على المجلس التنفيذي لهيئة الطاقة الذرية العربية لإعتماده.

2 ــ إجتماع خبراء حول وضع النظم التشريعية والمواصفات القياسية الموحدة على مستوى الأقطار العربية ذات الصلة بمعالجة الأغذية بالإشعاع (الجمهورية المصرية – القاهرة: 22 – 2023/10/24)

قامت الهيئة العربية بدعوة مختصين من الدول العربية في مجال سلامة وتشعيع الأغذية وبالتعاون مع هيئة الطاقة الذرية المصرية –لعقد إجتماع خبراء في القاهرة – جمهورية مصر العربية خلال الفترة: 22 – 2023/10/24.

هدف هذا الإجتماع إلى وضع النظم التشريعية والمواصفات القياسية الموحدة على مستوى المنطقة العربية ذات الصلة بمعالجة الأغذية بالإشعاع والتعرف على النقائص وإقتراح الحلول في صيغة توصيات للوزارات المعنية من أجل تحسين الأمن الغذائي العربي. شارك في هذا الإجتماع كل من السادة الخبراء من جمهورية مصر العربية، المملكة الاردنية الهاشمية، مملكة البحرين، جمهورية موريتانيا، الجمهورية العربية السورية، جمهورية العراق، الجمهورية التونسية، الجمهورية اليمنية.

تم خلال فعاليات البرنامج الذي دام 3 أيام شرح أهداف الإجتماع والمتضمن عرض ومناقشة التقارير الوطنية المتعلقة بواقع تشعيع الأغذية لدى الدول المشاركة، بالنسبة لليوم الأول تم إستعراض محاور الإجتماع وتلاه تقديم عرض مفصل عن دور كل من الهيئة العربية للطاقة الذرية وهيئة الطاقة الذرية المصرية. عرض الخبراء المشاركين التقارير الوطنية والتي إشتملت على:

1. مصادر الإشعاع الموجودة في أوطانهم (وحدات تشعيع بحثية – وحدات تشعيع نصف صناعية – وحدات تشعيع تجارية فضلًا عن طاقة وقدرة هذه الوحدات).

2. التشريعات والمواصفات القياسية المنظِّمة لتطبيق تقنية الأغذية بالإشعاع في أوطانهم إن وجدت.
3. وجود معامل للكشف عن الأغذية المعالَجة بالإشعاع من عدمه.
4. البحوث والدراسات التي أجريت في بلدانهم من أجل تقليل الفاقد في كميات الغذاء ومن أجل حفظ الأغذية وإطالة فترة تسويقها ومن أجل تعزيز سلامة الأغذية.
5. أنواع الأغذية التي تناولتها البحوث.
6. أهم الإختبارات التي أجريت على الأغذية المعالَجة بالإشعاع.
7. كميات الأغذية التي يتم معالجتها بالإشعاع على المستوى النصف صناعي أو على المستوى التجاري وهل هي تستخدم للتصدير أم للإستهلاك المحلي.
8. موقف أو رغبة رجال الأعمال والمستثمرين في الدخول والمساهمة في إستثمار أموالهم في بناء وحدات تشعيع خاصة أو بالإشتراك مع الحكومات.
9. التوعية المجتمعية ومدى تقبُّل المُستهلِك العربي للأغذية المعالَجة بالإشعاع.
10. إقتراح مشاريع بحثية.

تم عرض التقارير الوطنية لكل من جمهورية مصر العربية، المملكة الاردنية الهاشمية، مملكة البحرين، الجمهورية التونسية، الجمهورية العربية السورية، جمهورية العراق، الجمهورية اليمنية، جمهورية موريتانيا.

وقد تمت مناقشة وإعداد مسودة مواصفة تشعيع الأغذية في الدول العربية وتم إستعراض بعض المواصفات القياسية الصادرة من بعض الدول العربية والمنظمات والهيئات الدولية المختصة في هذا المجال وذلك للإسترشاد بها بهدف إعداد مسودة مواصفة عربية موحدة تعنى بتشعيع الأغذية.

وبعد إطلاع السادة الخبراء أيضا على "نموذج تشريع في مجال تشعيع الغذاء في الدول العربية" والصادر عن الهيئة العربية للطاقة الذرية في عام 2000 فقد تمت

المناقشة المستفيضة لجميع البنود الواردة في هذا النموذج والتي تضمنت: المرجعية، الأهداف، مجال التطبيق، التعريفات، المتطلبات العامة، منشآت تشعيع الغذاء، قياس الجرع الإشعاعية الممتصة، التوثيق، التفتيش، بطاقة البيانات.

كما ناقش السادة الخبراء حدود الجرعات القصوى الموصي بها من قبل المرجعيات ذات الصلة، وتم تحديد هذه الجرعات لكل فئة من فئات الأغذية الرئيسة التي حددتها المجموعة الإستشارية الدولية لتشعيع الغذاء ICGFI والوكالة الدولية للطاقة الذرية وقد تم الإتفاق على إعتماد هذا النموذج المحدث كتشريع موحد للدول العربية.

وفي الختام، تم تقديم مقترحات وتوصيات ومن أبرزها مساهمة تقنية معالجة الأغذية بالإشعاع في تحسين الأمن الغذائي وسلامة الغذاء وتسهيل التبادل التجاري في الأغذية بين الأقطار العربية وورشة عمل حول رفع وتعزيز التوعية المجتمعية في الدول العربية بشأن إستخدام الإشعاع في معالجة وحفظ الأغذية ودورة تدريبية للكشف عن الأغذية المعالجة بالإشعاع.

3 ــ إجتماعات الخبراء لوضع الخطط التنفيذية لمشاريع الإستراتيجية العربية للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية حتى العام 2030 (تونس – الجمهورية التونسية: 14-2023/11/16)

تم إنعقاد سلسلة من إجتماعات الخبراء بهدف إقتراح مشاريع لكل مجال من مجالات هذه الإستراتيجية وضع تصور عن كيفية تنفيذ الإستراتيجية وما يلزمها من موارد مالية. شارك في هذه الإجتماعات 3 خبراء من الهيئة العربية للطاقة الذرية و28 خبيراً من الدول العربية الآتية: جمهورية موريتانيا، جمهورية العراق، المملكة الاردنية الهاشمية، جمهورية الكويت، الجمهورية العربية السورية، المملكة الليبية، جمهورية مصر العربية.

تمخضت هذه الإجتماعات عن صياغة 14 مشروعاً، تم تبيان مبرراتها وأهدافها العامة والخاصة والأنشطة المصاحبة لها والإجراءات اللازمة لتنفيذها والنتائج المتوقعة منها والميزانيات التقديرية لتنفيذها للأعوام 2024 و2025 و2026.

تم تقسيم الخبراء إلى مجموعات عمل إلى 5 محاور الإستراتيجية: أولاً محور الأمن الغذائي والموارد المائية والبيئة، ثانياً محور الصحة، ثالثاً محور الصناعة والتعدين، رابعاً محور الطاقة وخامساً محور الأطر التشريعية والرقابية والأمان والأمن النوويين.

وفي الختام، قامت مجموعات العمل بعرض المشاريع في جلسة عامة تم خلالها مناقشة جدواها وسياقها في الإستراتيجية. كما قامت المجموعات بتسليم مشاريعها إلى الإدارة العامة والتي بدورها ستعرضها على اللجنة التوجيهية لوضع الخطط التنفيذية للإستراتيجية وعلى المجلس التنفيذي وذلك لتحديد أولويات التنفيذ.

المؤتمرات والمنتديات

1 ـ أعمال الدورة السابعة لمؤتمر التعاون العربي الصيني في مجال الطاقة (هايكو - الصين: 19-2023/9/21)

إستضافت جمهورية الصين الشعبية الدورة السابعة لمؤتمر التعاون العربي الصيني في مجال الطاقة في مدينة هايكو بمقاطعة هاينان، تحت شعار "إطلاق عصر ذهبي للتعاون العربي الصيني في مجال الطاقة، والإلتزام بالجودة والمعايير العالية والمستدامة"، وذلك بمشاركة حوالي 250 مشاركاً من كبار المسؤولين والخبراء والمعنيين بشؤون الطاقة بينهم 90 مشاركاً من الجانب العربي، و160 مشاركاً من الجانب الصيني، إلى جانب الأمانة العامة لجامعة الدول العربية، ومنظمة الأقطار

العربية المصدرة للبترول، والهيئة العربية للطاقة الذرية التي مثلها سعادة المدير العام أ. د. سالم حامدي والخبير المكلف بالشئون العلمية أ. د. ضو مصباح.

في الجلسة الإفتتاحية، ألقى سعادة السيد المدير العام للهيئة الوطنية للطاقة Zhang Jianhua (رئيس الجانب الصيني)، بكلمة رحب فيها بالحضور الكرام، وأشار إلى القوة التي تمتلكها الصين كقوة عظمى في قطاع الطاقة، والجهود التي تبذلها البلاد تؤهلها أن تتصدر العالم في مجالات متعددة مثل توليد الطاقة المتجددة وتحول وإنتقال الطاقة، كما أبدى إستعداده للتعاون المشترك وإستغلال الفرص الإستثمارية إلى جانب توفر الخبرة الصينية في هذه المجالات. كما ألقى سعادة أ. د. سالم حامدي – المدير العام للهيئة العربية للطاقة الذرية كلمة عن إنطلاق التعاون العربي الصيني في مجال الطاقة النووية خلال فعاليات الدورة الثانية لمؤتمر التعاون العربي الصيني في مجال الطاقة والذي عقد في الخرطوم عام 2010. حيث عقد إجتماع بين الهيئة العربية للطاقة الذرية واللجنة الوطنية النووية الصينية تم أثناؤه وضع آلية للتعاون العربي الصيني في مجال الطاقة النووية، حيث إقترحت الهيئة برامج على مدى السنوات القادمة في مجالات: التخطيط للطاقة، الأمان النووي، إختيار المواقع، إستكشاف وتنقيب اليورانيوم، الإستعداد للطوارئ والإستجابة لها وإدارة النفايات. وتم تنفيذ عشر أنشطة تدريبية ناجحة في مواضيع مفاعلات القوى وأمانها، سبع منها في الصين وثلاث في تونس منذ سنة 2013، كما أشار إلى توقيع مذكرة التفاهم بين الهيئة العربية للطاقة الذرية والسلطة الصينية للطاقة الذرية بالتنسيق مع الأمانة العامة لجامعة الدول العربية –إدارة الطاقة، يوم 2017/05/25، حيث تم بمقتضاها الإتفاق على البناء المشترك لمركز تدريب عربي معني بإستخدام الطاقة النووية في الأغراض السلمية على أساس الصداقة، والمساواة والمنفعة المتبادلة.

عقدت في هذه الدورة أربع جلسات عمل بالتوازي منها جلسة رئيسية وثلاث جلسات طرحت من خلالها العديد من المواضيع منها النفط والغاز الطبيعي، الطاقة النووية،

الطاقة المتجددة والهيدروجين الأخضر، وقد تضمنت أيضاً بحث آفاق التعاون العربي الصيني في مجالات الطاقة الكهربائية، والطاقة المستدامة، والإستخدامات السلمية للطاقة النووية، والنفط والغاز الطبيعي، وفرص الإستثمار في قطاع الطاقة.

قدم أ. د. ضو مصباح – من الهيئة العربية للطاقة الذرية عرض مرئي حول التعاون العربي الصيني في مجال الطاقة النووية. وقد تطرق العرض إلى الوضع الحالي لتوليد الكهرباء من الطاقة النووية في الدول العربية، وإلى دوافع استخدام الطاقة النووية في الدول العربية، والتحديات التي تواجه الدول العربية في استخدام الطاقة النووية، ثم استعرض مذكرة التفاهم التي تم توقيعها بين الهيئة العربية للطاقة الذرية والسلطة الصينية للطاقة الذرية بتاريخ 2017/5/25، حيث تم بمقتضاها الإتفاق على البناء المشترك لمركز تدريب عربي معني باستخدام الطاقة النووية في الأغراض السلمية على أساس الصداقة، والمساواة والمنفعة المتبادلة، ويهدف المركز إلى تدريب الكوادر العربية في مجال الإستخدام السلمي للطاقة النووية، والإرتقاء بالتعاون بين الإدارات والمؤسسات ذات الصلة بين الصين و الدول العربية، والتواصل وتبادل الخبرات بغية تطوير مجال الطاقة النووية، وتنفيذ التعاون العملي المشترك في هذا الميدان، وأخيراً تطرق العرض إلى مشروع إنشاء محاكي لمفاعلات القوى لتدريب وتأهيل العاملين في برامج القدرة النووية العربية.

وخلال المؤتمر، تم إجتماع جانبي بين الهيئة العربية للطاقة الذرية والشركة الصينية للطاقة النووية CNNC واتفقوا على ما يلي:

- مواصلة التعاون بين المؤسستين وتوقيع مذكرة تفاهم بينهما.
- يقدم الجانب الصيني جملة من منح الماجستير والدكتوراه للمهندسين العرب الشباب المنخرطين في البرامج الوطنية الصاعدة للقدرة النووية. وتكون هذه المنح عن طريق الهيئة العربية للطاقة الذرية.

– تدرس الشركة الصينية للطاقة النووية مدى مساهمتها في إنشاء المركز العربي للتدريب على تشغيل محطات القوى.

في نهاية فعاليات الدورة السادسة لمؤتمر التعاون العربي الصيني في مجال الطاقة، تم التوقيع على البيان الختامي للمؤتمر من جانب كل من سعادة السيد تشانج جيانج هوا مدير الهيئة الوطنية للطاقة بجمهورية الصين الشعبية رئيس الجانب الصيني، وسعادة الدكتور محمد موسى عمران –وكيل وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة بجمهورية مصر العربية رئيس الجانب العربي. وقد تضمن البيان الختامي فيما يخص التعاون العربي الصيني في مجال الطاقة النووية النص الآتي:

"إتفق الجانبان على أهمية تطوير التعاون في مجال الإستخدامات السلمية للطاقة النووية، وتعزيز الإستخدامات السلمية للطاقة النووية، وخاصة بناء القدرات في مجالات توليد الطاقة وإزالة ملوحة مياه البحر، والإستفادة من تجربة الصين، والتأكيد على التعاون بين الصين والدول العربية في مجال أبحاث التكنولوجيا النووية. وأشار الطرفان إلى مذكرة التفاهم الموقعة بين الهيئة العربية للطاقة الذرية وهيئة الطاقة الذرية الصينية في عام 2017 بشأن إنشاء مركز تدريب عربي على الإستخدامات السلمية للطاقة الذرية، وحثا الطرفين على إستئناف التنسيق والجهود المشتركة لتحقيق أهداف هذه المذكرة".

2 ــ دورة تدريبية حول تقنيات محطات القوى النووية وإدارة مشاريعها (بيكين – جمهورية الصين الشعبية: 23/10– 2023/11/03)

بناءً على التنسيق بين الهيئة العربية للطاقة الذرية والهيئة الوطنية الصينية للطاقة والوكالة الدولية للطاقة الذرية فقد تمت دعوة الهيئة للمشاركة في المدرسة الدولية في مجال "تقنيات محطات القوى وإدارة مشاريع الطاقة النووية" التي تهدف إلى مساعدة الدول العربية الراغبة في إدخال الخيار النووي ضمن إستراتيجياتها لتنويع مصادر

الطاقة في تعزيز بنيتها التحتية النووية الأساسية وكذلك المساعدة في تنفيذ الإستراتيجية العربية للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية حتى عام 2030.

تسعى الهيئة العربية للطاقة الذرية، بالتعاون مع الدول الأعضاء والأمانة العامة لجامعة الدول العربية والدول المتقدمة في مجال الطاقة النووية إلى تعزيز البنية التحتية للدول العربية من أجل إنجاح برامجها للإستخدام السلمي للطاقة الذرية. الإستخدام الكفؤ والآمن لمفاعلات القوى والأبحاث يتطلب أخصائيين ومهندسين وعلميين في شتى التخصصات المتعلقة بها إستوعبوا علومها وتقاناتها وتدربوا عليها في جميع مراحلها، من مرحلة الإستعداد إلى التركيب والتشييد ثم التشغيل والصيانة وحتى التفكيك. وهذا بدون شك يحتاج إلى تدريب وتأهيل مستمرين، بالإضافة إلى نظام تعليمي قوي ومتماسك مما يضمن تزويد البرنامج النووي بالكوادر والمهارات والخبرات اللازمة لإنجاحه.

وقد تناولت الورشة المجالات والمواضيع التالية:

1. التجربة الصينية في ميدان تصميم مفاعلات القدرة والأبحاث النووية وبنائها.
2. إدارة مشاريع برامج بناء المحطات النووية.
3. التشريع والرقابة في الأمان النووي.
4. ثقافة الأمان النووي.
5. نظام الرقابة النووية: معايير الأمان، النظام الصيني للرقابة، إجراءات الترخيص.
6. مبادئ التشغيل بإستخدام المحاكيات.
7. تفاصيل تقنيات مفاعلات القوى في الصين، الأنظمة والمعدات الرئيسية في محطات القوى النووية.
8. زيارات ميدانية لمفاعلات أبحاث ومفاعلات قوى في بيكين و وفوكينج.

9. نظرة على دورة الوقود النووي: التقانات، الإتجاه العالمي للتزود بالوقود، حالة دورة الوقود النووي الصينية.

10. آفاق بناء محطات نووية في المنطقة العربية والعالم.

قام بالإشراف العلمي والتنسيق الإداري على هذه الدورة كل من السيد جانج هوانينج من الهيئة الوطنية الصينية للطاقة الذرية والسيد ضو مصباح من الهيئة العربية للطاقة الذرية.

على هامش هذه المدرسة قام ممثل الهيئة بمواصلة النقاش مع الشركة الصينية للطاقة النووية CNNC وتم الإتفاق على ما يلي:

- مواصلة التعاون بين المؤسستين وتوقيع مذكرة تفاهم بينهما حيث قدم ممثل الهيئة مسودة لهذا الإتفاق سيتم دراستها من الجانب الصيني.
- يقدم الجانب الصيني جملة من منح الماجستير والدكتوراه للمهندسين العرب الشباب المنخرطين في البرامج الوطنية الصاعدة للقدرة النووية. وتكون هذه المنح عن طريق الهيئة العربية للطاقة الذرية.
- تدرس الشركة الصينية للطاقة النووية مدى مساهمتها في إنشاء المركز العربي للتدريب على تشغيل محطات القوى.

إعداد: م. أمنة الفراتي

قائمة مطبوعات الهيئة العربية للطاقة الذرية

الرقم	عنوان الكتاب	عدد الصفحات	إسم المؤلف	لغة الكتابة	تاريخ الصدور	السعر بالدولار الأمريكي
1	الهيئة في أربعة أعوام	264	الهيئة العربية	عربية	1993	–
2	وقائع المؤتمر العربي الأول للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	780	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	1993	20
3	إستخدام الاشعاع والنظائر المشعة في الزراعة وعلوم الأحياء	531	مجموعة مؤلفين	عربية	1993	20
4	فيزياء وتقانة المفاعلات	728	مجموعة مؤلفين	إنجليزية	1993	20
5	إستخدام الحاسوب في الفيزياء النظرية	197	مجموعة مؤلفين	عربية	1993	10
6	تداول ومعالجة النفايات المشعة	مجلدان	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1993	20
7	الطب النووي تشخيصاً وعلاجاً	289	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1994	15
8	طرق إعداد تقريري الأمان الأولي والنهائي لمفاعلات البحوث	مجلدان	مجموعة مؤلفين	إنجليزية	1994	20
9	إستخدام التقنيات النووية في تحليل المواد	420	مجموعة مؤلفين	إنجليزية	1994	15
10	مصادر الطاقة في الوطن العربي والعالم : الواقع والآفاق المستقبلية	180	د. نواف الرومي	عربية	1994	10
11	الرادون والتلوث البيئي الإشعاعي	218	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1994	15
12	إعداد برامج الرقابة البيئية	618	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1995	20
13	الإستعداد الطبي للحوادث الإشعاعية والنووية	652	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1995	20
14	تعقيم وحفظ المواد الغذائية بالإشعاع	237	مجموعة مؤلفين	عربية	1995	10
15	إنتاج النظائر المشعة واستخداماتها الطبية	828	مجموعة مؤلفين	إنجليزية	1995	20
16	إستخدام أجهزة الكشف عن الإشعاعات المؤينة ومعايرتها	435	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	1995	نفد
17	إستخدام المصادر المشعة في الصناعة	387	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1995	15
18	أجهزة القياس والإلكترونيات النووية	469	مجموعة مؤلفين	عربية	1995	20
19	إستخدام التقنيات النووية في تحسين الإنتاج النباتي	687	مجموعة مؤلفين	عربية	1995	20
20	وقائع المؤتمر العربي الثاني للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	3 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	1995	30
21	النقل الآمن للمواد ذات النشاط الإشعاعي	374	مجموعة مؤلفين	عربية	1996	15
22	تكنولوجيا الإشعاع في الأغذية والزراعة	599	د. محمود شرباش	عربية	1996	20
23	معايير الأمان الأساسية الدولية للوقاية من الإشعاعات المؤينة	349	الوكالة الدولية	عربية	1996	15
24	الهيئة في أربعة أعوام 93 . 1996	مجلدان	الهيئة العربية	عربية	1997	–
25	دورة الوقود النووي من الخام حتى الركاز الأصفر	635	مجموعة مؤلفين	عربية	1997	20
26	الخامات الذرية في الوطن العربي	386	مجموعة مؤلفين	عربية	1997	15
27	تصميم وإنشاء مرافق حفظ النفايات المشعة	328	مجموعة مؤلفين	عربية	1998	15
28	الإشعاعات المؤينة وحفظ الغذاء من الحشرات	143	أ. د. محمد سعيد هاشم	عربية	1998	10
29	وقائع المؤتمر العربي الثالث للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	3 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	1998	30

دعوة للعلماء والإختصاصيين العرب

ندعوكم لإرسال مقالات علمية مبسّطة مؤلفة أو مترجمة في مجالات العلوم النووية والاستخدامات السلمية للطاقة الذرية حسب القواعد التالية :

1 ـ تكون المقالات موجهة لزيادة تعريف أبناء الوطن العربي بأساسيات العلوم والتقنيات النووية واستخداماتها في مختلف المجالات التطبيقية .

2 ـ يكتب ملخص باللغة الإنجليزية السليمة في بداية المقالة على ألاّ يتجاوز عدد كلماته 200 كلمة، وتضاف قائمة بالمراجع في نهاية المقالة على ألاّ تزيد على 5 مراجع .

3 ـ صياغة المقالات تكون باللغة العربية الفصحى، على أن تكون المصطلحات العلمية المتضمنة مطابقة لما ورد في المعاجم الموحدة لمصطلحات الفيزياء العامة والنووية والكيمياء والبيولوجيا الصادرة عن مكتب تنسيق التعريب بالمنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم (الألكسو) .

4 ـ مراعاة تجنّب التفاصيل العلمية الدقيقة أو الإستنتاجات الرياضية المعقدة التي تفوق مستوى القارىء غير المتخصص باعتباره القارىء المفضل لنشرة الذرة والتنمية .

5 ـ يجب أن تكون الموضوعات المطروحة لم تسبق معالجتها بشكل مشابه في الأعداد السابقة وملائمة لأغراض النشرة ومتوافقة مع سياسة النشر بها ولا تتضمّن أية إشارات سياسية أو خصوصيات أمنية لأي من الدول العربية.

6 ـ يشترط في المقالات المترجمة أن تكون مرفقة بالأصل الذي ترجمت منه، علماً بأنه عند نشر المقالات المترجمة في نشرتنا يشار إلى إسم صاحب المؤلف الأصلي بالإضافة إلى ذكر اسم الوثيقة المنشور فيها سابقاً مع تحديد العدد وتاريخ النشر .

7 ـ يمكن للسادة المؤلفين أو المترجمين إرسال استفساراتهم بشأن المواضيع التي يرغبون في تقديمها للنشرة للحصول على رأي لجنة التحرير قبل إرسالها للنشر.

ISSN : 0330-7123

الرقم	عنوان الكتاب	عدد الصفحات	إسم المؤلف	لغة الكتابة	تاريخ الصدور	السعر بالدولار الأمريكي
30	نظام الضمانات الدولي وأسلوب تطبيقه على المستويين القطري والإقليمي	392	مجموعة مؤلفين	عربية	1998	15
31	البرنامج النظري والعملي للتدريب في عمليات التصوير الشعاعي (المستوى الأول)	243	مجموعة مؤلفين	عربية	1999	20
32	الحفاظ على الحبوب ومشتقاتها بالإشعاعات المؤينة	130	د. محفوظ البشير	عربية	2000	15
33	الأسس العامة لتكنولوجيا معالجة الأغذية بالإشعاع	148	أ. د. علي راضي	عربية	2000	15
34	وقائع المؤتمر العربي الرابع للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	5 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2000	40
35	نظام الضمانات النووية الدولي "الآفاق والآليات والمشاكل"	419	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2000	20
36	الهيئة في أربعة أعوام 97 ـ 2000	مجلدان	الهيئة العربية	عربية	2000	ـ
37	البرنامج النظري والعملي للتدريب في الإختبارات بالأمواج فوق الصوتية (المستوى الأول)	278	مجموعة مؤلفين	عربية	2001	20
38	البرنامج النظري والعملي للتدريب في الإختبارات بالسوائل النافذة والجسيمات المغنطيسية (المستوى الأول)	214	مجموعة مؤلفين	عربية	2001	20
39	التقنيات النووية وتقدير الهرمونات	330	د. أحمد عصام فكري	عربية	2002	20
40	وقائع المؤتمر العربي الخامس للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	5 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2002	نفد
41	وقائع المؤتمرالعربي السادس للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	4 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2003	نفد
42	وقائع المؤتمر العربي السابع للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	3 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2004	نفد
43	مستقبل توليد الكهرباء بالطاقة النووية	56	أ. د. ضو مصباح أ. د. م. نصر الدين	عربية	2006	10
44	وقائع المؤتمر العربي الثامن للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2007	10
45	النشاط الإشعاعي البيئي من المصادر الطبيعية والصناعية والعسكرية	816	(مترجم) أ. د. بهاء الدين معروف	عربية	2007	50
46	Research Reactors Types & Utilization	88	أ. د. إبراهيم داخلي عبد الرازق	إنجليزية	2008	10
47	المفاعلات البحثية : أنواعها واستخداماتها	88	(مترجم) م. نهلة نصر	عربية	2008	10
48	إستخدام التقنيات النووية والذرية في التحليل العناصري والنظائري	176	مجموعة مؤلفين	عربية	2008	20
49	الهيئة العربية للطاقة الذرية في ثماني سنوات 2001 . 2008	174	الهيئة العربية	عربية	2008	ـ
50	الأشعة السينية وبعض تطبيقاتها	190	أ. د. م. نصر الدين	عربية	2008	20

الرقم	عنوان الكتاب	عدد الصفحات	إسم المؤلف	لغة الكتابة	تاريخ الصدور	السعر بالدولار الأمريكي
51	الإستراتيجية العربية للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية حتى العام 2020	160	الهيئة العربية	عربية	2008	20
52	وقائع المؤتمر العربي التاسع للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2009	10
53	توصيات اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع ICRP-105 "الوقاية من الإشعاع في الطب"	69	(مترجم) مجموعة خبراء	عربية	2011	10
54	الفحص البصري للملحومات . المستوى الثاني	352	أ. د. محمود أحمد شافعي	عربية	2011	25
55	الأشعة غير المؤينة : طبيعتها والوقاية من مخاطرها	60	(مترجم) مجموعة خبراء	عربية	2011	10
56	وقائع المؤتمر العربي العاشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2011	10
57	أسئلة امتحان التأهيل للإختبارات اللاّإتلافية وعلم المواد . المستوى الأول	178	أ. د. حسن إبراهيم شعبان أ. د. جمال محمد عاشور الدرويش	عربية	2013	20
58	البرنامج النظري والعملي في الإختبارات اللاّإتلافية بالتيارات الدوامية ـ المستوى الأول	248	أ. د. حسن إبراهيم شعبان أ. د. جمال محمد عاشور الدرويش	عربية	2014	20
59	وقائع المؤتمر العربي الحادي عشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2015	20
60	وقائع المؤتمر العربي الثاني عشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2015	20
61	وقائع المؤتمر العربي الثالث عشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2017	20
62	وقائع المؤتمر العربي الرابع عشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2019	20
63	وقائع المؤتمر العربي الخامس عشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص ذاكرة (Flash)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2022	20
64	التحليل بالتنشيط النتروني ومطيافية أشعة جاما	454	أ.د إبراهيم أبوقصة	عربية	2022	30

للحصول على المطبوعات المذكورة يرجى مخاطبة الهيئة العربية للطاقة الذرية على العنوان أدناه وإرفاق شيك باسم الهيئة بمبلغ المطبوعة يضاف إليه قيمة البريد الجوي عن كل نسخة حسب الوزن. عنوان المراسلة : الهيئة العربية للطاقة الذرية نهج المؤازرة حي الخضراء . تونس . الجمهورية التونسية . هاتف : 71.808.400 . فاكس : 71.808.450 . البريد الإلكتروني: aaea_org@yahoo.com و aaea@aaea.org.tn

أو إجراء تحويل بالمبلغ إلى حساب الهيئة العربية للطاقة الذرية لدى الشركة التونسية للبنك – (STB) الفرع المركزي، نهج الهادي نويرة – تونس، مع إخطار الهيئة بالفاكس بصورة من مستندات التحويل.

رقم الحساب: 840-3-4173-90-100 404 10 // **IBAN:** TN 59 1040 4100 9041 7338 4007

BIC: STBKTNTTXXX